



การประชุมวิชาการดาราศาสตร์เพื่อเยาวชน ครั้งที่ 1
THE 1st THAI ASTRONOMICAL CONFERENCE
(STUDENT SESSION)

ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่
ระหว่างวันที่ 20 - 21 ธันวาคม 2557



สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
National Astronomical Research Institute of Thailand
(Public Organization)



การศึกษาระยะทางของเนบิวลาจากระยะเชิงมุม

นางสาว จินห์นิภา เปลี่นสมัย

e-mail: 25436jinnipar@chiangkhram.ac.th

โรงเรียนเชิงคำวิทยาคม

คุณครูที่ปรึกษา

คุณครูศักดิ์ดาฤติ เมืองก้อน

บทคัดย่อ

การหาระยะทางของเนบิวลาในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการทางดาราศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการหาระยะทางของวัตถุท้องฟ้า โดยทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 2 วิธี คือ การวัดระยะเชิงมุมของเนบิวลาจากปรากฏการณ์ Light Echo ในเนบิวลา V838 Mon โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากฐานข้อมูลของกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล และการวัดระยะเชิงมุมของเนบิวลาจากการประเมิน Stellar wind ใน NGC 2244 (Rosette Nebula) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากฐานข้อมูล จากการศึกษพบว่าระยะห่างจากโลกถึง Nebula V838 Mon มีค่าเท่ากับ 3.06 ± 0.87 kpc และระยะห่างจากโลกถึง Rosette Nebula มีค่าเท่ากับ $1,669 \pm 67.38$ pc

บทนำ

การศึกษาระยะทางของวัตถุท้องฟ้ามีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีจะนำมาใช้ตามความเหมาะสมกับวัตถุที่ต้องการจะศึกษาระยะทาง ในงานวิจัยครั้งนี้เลือกที่จะศึกษาจากสองวิธี โดยวิธีแรกคือศึกษาจากปรากฏการณ์ Light echo ในเนบิวลา V838 Mon ปรากฏการณ์ Light echo คือ การเดินทางของแสง ซึ่งจากปรากฏการณ์นี้จะเห็นได้ว่าเนบิวลามีการขยายตัว แต่ในความเป็นจริงเนบิวลาไม่ได้เกิดการขยายตัวแต่อย่างใด แต่เป็นการที่แสงเดินทางไปถึงจุดต่าง ๆ ทำให้เห็นว่าเนบิวลาขยายใหญ่ขึ้น จึงนำอัตราการขยายตัวของเนบิวลาตามการเคลื่อนที่ของแสงมาวิเคราะห์หาระยะทางเชิงมุมและระยะทางเชิงเส้น เพื่อนำมาหาระยะทางของเนบิวลาถึงโลกได้ วิธีที่สองคือศึกษาระยะทางของเนบิวลาจากการประเมิน Stellar wind ใน NGC 2244 (Rosette Nebula) จากการศึกษาของ Bengt Strömgren ในปี ค.ศ.1937 พบว่าดาวดวงที่อยู่ใจกลางของเนบิวลานั้นเป็นดาวที่มี Spectral type O ซึ่งจะปล่อยรังสีที่มีพลังงานสูง โดยเฉพาะรังสี Ultraviolet เป็นผลทำให้เกิดไฮโดรเจนที่อยู่รอบเกิดการกระบวนการ ionization ทำให้อิเล็กตรอนของแก๊สไฮโดรเจนหลุดออกไปเป็นอิเล็กตรอนอิสระ และเมื่ออิเล็กตรอนอิสระกลับมารวมกับโปรตอนของแก๊สไฮโดรเจนเหมือนเดิมจะมีการคายพลังงานออกมาในรูปของชุดของโฟตอน ซึ่งชุดของโฟตอนนี้จะไม่สามารถกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ ionization ครั้งต่อไปได้ จากการที่แก๊สไฮโดรเจนเสียดึงอิเล็กตรอนจนกลายเป็นไอออน ทำให้เราไม่สามารถมองเห็นบริเวณดังกล่าวได้ ซึ่งจะเรียกบริเวณนั้นว่า H II Region หรือ Strömgren sphere โดยสามารถหาขนาดได้จากการประเมินผลของการแผ่รังสีของดาวฤกษ์ที่บริเวณใจกลาง และนำมาหาระยะทางของเนบิวลาถึงโลกได้

วิธีการดำเนินงาน

วิธีการศึกษาระยะทางจากระยะเชิงมุมของเนบิวลาจากปรากฏการณ์ light echo ในเนบิวลา V838 Mon

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของ เนบิวลา V838 Mon จากฐานข้อมูล และจากเว็บไซต์
2. แบ่งเวลาให้เป็นช่วง เพื่อศึกษาอัตราการขยายตัวของเนบิวลา โดยการสังเกตจากช่วงเวลาแสงเดินทางไปถึงดาวดวงต่าง ๆ



ภาพที่ 1 แสดงอัตรการเดินทางของแสงในช่วงวันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2545

3. ทำการหาระยะทางเชิงเส้น จากการศึกษ้อัตรการเคลื่อนที่ของแสง จากสมการ

$$s = c\Delta t \quad \dots(1)$$

โดยกำหนดให้

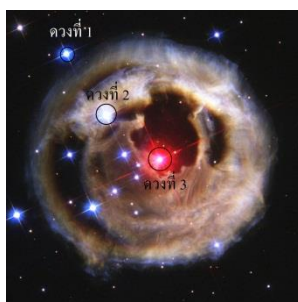
s คือ ระยะทางเชิงเส้น มีหน่วยเป็น m

c คือ ค่าการเดินทางของแสงในสุญญากาศใน 1 วินาที มีค่าเท่ากับ 299,792,458 m/s

Δt คือ ระยะเวลา คัดจากวันที่ 6 มกราคม 2002 ถึงวันที่ 20 พฤษภาคม 2002

จากการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (1) ระยะทางเชิงเส้นจึงมีค่าเท่ากับ 3.471×10^{15} km

4. ทำการค้นหาพิกัด Declination (δ), Right Ascension (α) ของดวงดาวที่อยู่ในเนบิวลา V838 Mon ที่จะนำมาหาระยะเชิงมุม จากฐานข้อมูล ALADIN



ภาพที่ 2 เลือกดาวดวงที่จะหาพิกัดเพื่อนำมาหาระยะทางเชิงมุม

ดาว	RA (α)	Dec (δ)
ดวงที่ 1	07h 04m 06.55s	-03° 50' 21.6"
ดวงที่ 2	07h 04m 05.82s	-03° 50' 38.5"
ดวงที่ 3	07h 04m 04.48s	-03° 50' 51.1"

ตารางที่ 1 แสดงพิกัด RA , Dec ของดาวที่นำมาหาระยะทางเชิงมุม

5. ทำการหาระยะเชิงมุม จากดาวดวงที่อยู่ใจกลางและดาวอีกดวงที่มองเห็นเพิ่มขึ้นจากการที่แสงเดินทาง ไปถึง ในหนึ่งช่วงเวลา โดยทำการหาระยะเชิงมุมจาก สมการ

$$\Delta\theta = \sqrt{(\Delta\delta)^2 + (\Delta\alpha \cos(\delta))^2} \quad \dots(2)$$

โดยกำหนดให้

$\Delta\theta$ คือค่าระยะทางเชิงมุม มีหน่วยเป็น Radian

$\Delta\delta$ คือ ค่าผลต่างของ Declination (Dec) ของดาวสองดวง

$\Delta\alpha$ คือ ค่าผลต่างของ Right Ascension (RA) ของดาวสองดวง

จากการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (2) ระยะทางเชิงมุมจะมีค่าเท่ากับ 1.7265×10^{-5} rad

6. ทำการหาระยะทางจากโลกถึงเนบิวลา จากสมการ

$$d = \frac{s}{\Delta\theta} \quad \dots(3)$$

โดยกำหนดให้

d คือ ระยะทางของเนบิวลาในหน่วย km

s คือ ระยะทางเชิงเส้น มีค่าเท่ากับ 3.471×10^{15} km

$\Delta\theta$ คือ ระยะทางเชิงมุม มีค่าเท่ากับ 1.7265×10^{-5} rad

จากการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (3) และปรับหน่วยแล้ว ระยะทางของเนบิวลาจะมีค่าเท่ากับ 6.51 kpc

7. ทำขั้นตอนที่ 2-6 กับช่วงเวลาอื่นที่ต้องการจะศึกษาอัตราการเคลื่อนที่ของแสง และนำระยะทางที่ได้ในแต่ละช่วงมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น จะได้ผลดังตารางที่ 2

วันที่	t (s)	$\Delta\theta$ (rad)	s (km)	d (kpc)
6ม.ค.2545 - 20พ.ค.2545	11,577,600	1.726×10^{-5}	3.471×10^{15}	6.51
6ม.ค.2545 - 2ก.ย.2545	20,649,600	1.084×10^{-4}	6.190×10^{15}	1.85
6ม.ค.2545 - 17ธ.ค.2545	29,808,000	1.445×10^{-4}	8.936×10^{15}	2.01
6ม.ค.2545 - 8ก.พ.2545	65,923,200	2.168×10^{-4}	1.976×10^{16}	2.95
20พ.ค.2545 - 1ธ.ค.2545	18,921,600	8.203×10^{-4}	5.672×10^{15}	2.24
ค่าเฉลี่ย				3.06 ± 0.87

ตารางที่ 2 แสดงอัตราการเคลื่อนที่ของแสงและค่าระยะทางทั้งหมด

อภิปรายผลการศึกษา

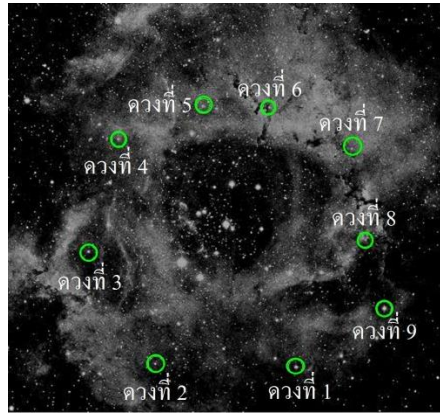
จากการหาระยะทางของเนบิวลา V838 MON โดยการสังเกตรูปภาพเพื่อนำมาหาระยะทางเชิงเส้น และ ศึกษา ระยะทางเชิงมุมจากการสืบค้าข้อมูลจากฐานข้อมูล SIMBAD เพื่อที่จะนำมาคำนวณหาระยะทางเชิงมุม ให้พบปัญหาจากความไม่แม่นยำจากการวัดระยะเชิงมุม ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณระยะเชิงมุม เมื่อนำมาคิดเป็นช่วงเวลา พบว่าช่วงวันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 คำนวณได้ 6.51 kpc มีความใกล้เคียงกับกับ ระยะทางจากฐานข้อมูลมากที่สุด ซึ่งระยะจากฐานข้อมูลมีค่าเท่ากับ 6.6 kpc และเมื่อนำช่วงเวลาที่หามาทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยพบว่าระยะทางที่หาได้คือ 3.06 ± 0.87 kpc

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาพบว่าระยะห่างจากโลกถึง V838 MON โดยจากศึกษาจากระยะเชิงมุมแล้วพบว่า ช่วงวันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 คำนวณได้ 6.51 kpc มีความใกล้เคียงกับกับระยะทางจากฐานข้อมูลมากที่สุด และเมื่อนำช่วงเวลาที่หามาทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยพบว่าระยะทางที่หาได้คือ 3.06 ± 0.87 kpc

วิธีการศึกษาระยะทางจากการวัดระยะเชิงมุมของเนบิวลาจากการประเมิน Stellar wind ใน NGC 2244 (Rosette Nebula)

1. ทำการหาระยะทางเชิงมุมจากสมการที่ (2) โดยหาระยะทางเชิงมุมจากดาวใจกลางกับดาวที่อยู่รอบ Strömgren sphere ในแต่ละด้าน เนื่องจากในแต่ละด้านของ Strömgren sphere มีรัศมีไม่เท่ากัน โดยเลือกดาวที่จะนำมาหาระยะทางเชิงมุมทั้งหมด 9 ดวง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงดาวในแต่ละด้านที่จะนำมาหาระยะทางเชิงมุม

จากการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (2) ระยะเชิงมุมระหว่างดาวใจกลางกับดาวดวงที่ 3 จะมีค่าเท่ากับ 5.42×10^{-3} rad และทำการหาระยะทางเชิงมุมในวิธีเดียวกันนี้กับดาวดวงอื่นที่อยู่รอบ Strömgren sphere จะมีค่าดังตารางที่ 3

ดาว	$\Delta\theta$ (rad)
ดวงที่ 1	6.11×10^{-3}
ดวงที่ 2	6.04×10^{-3}
ดวงที่ 3	5.42×10^{-3}
ดวงที่ 4	5.30×10^{-3}
ดวงที่ 5	4.70×10^{-3}
ดวงที่ 6	4.79×10^{-3}
ดวงที่ 7	5.74×10^{-3}
ดวงที่ 8	5.49×10^{-3}
ดวงที่ 9	6.96×10^{-3}

ตารางที่ 3 แสดงระยะทางเชิงมุมของระหว่างดาวใจกลางกับดาวในแต่ละด้าน

2. ดาวดวงที่อยู่ใจกลางนั้นมี Spectral type O เมื่อนำมาเทียบกับตารางเทียบอุณหภูมิและ luminosity แล้วมาอุณหภูมิ 42,000 องศาเคลวิน และ luminosity มีค่าเท่ากับ $499,000L_{\odot}$ หาความยาวคลื่นที่ดาวใจกลางปล่อยออกมาจากสมการ

$$\lambda = \frac{0.0029}{T_{eff}} \quad \dots(4)$$

โดยกำหนดให้

λ คือ ความยาวคลื่นที่ดาวใจกลางปล่อยออกมา มีหน่วยเป็น nm

T_{eff} คือ อุณหภูมิพื้นผิวของดาวใจกลาง มีหน่วยเป็น K

จากการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (4) ความยาวคลื่นที่ดาวใจกลางปล่อยออกมาจึงมีค่าเท่ากับ 69 nm

3. ทำการหาพลังงานที่ดาวใจกลางปล่อยออกมา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \dots(5)$$

โดยกำหนดให้

λ คือ ความยาวคลื่นที่ดาวใจกลางปล่อยออกมา มีหน่วยเป็น nm

E คือ ค่าพลังงานที่ดาวใจกลางปล่อยออกมา มีหน่วยเป็น J

h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ และมีค่าเท่ากับ 6.625×10^{-34} J.s

c คือ ค่าความเร็วของแสงที่เดินทางในสุญญากาศ มีค่าเท่ากับ $299,792,45$ m/s

เมื่อแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (5) ดาวใจกลางจะปล่อยพลังงานที่มีค่าเท่ากับ 2.88×10^{-18} J

4. ทำการหาจำนวนโฟตอน ซึ่งสามารถหาจำนวนโฟตอนได้จากสมการ

$$N = \frac{L}{E} \quad \dots(6)$$

โดยกำหนดให้

N คือ จำนวนโฟตอนที่ปล่อยออกมาต่อหนึ่งหน่วยเวลา

L คือ $499,000L_{\odot}$ มีค่าเท่ากับ 1.92×10^{32} W

E คือ ค่าพลังงานที่ดาวใจกลางปล่อยออกมา มีค่าเท่ากับ 2.88×10^{-18} J

เมื่อทำการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (6) จำนวนโฟตอนที่เกิดขึ้นจะค่าเท่ากับ 6.65×10^{49} s⁻¹

5. เมื่อทราบค่าตัวแปรที่ต้องการทั้งหมดแล้ว ทำการหารัศมี Strömgren sphere ได้จากสมการ

$$r_s = \left(\frac{3N}{4\pi\alpha}\right)^{\frac{1}{3}} \times (N_H)^{-\frac{2}{3}} \quad \dots(7)$$

โดยกำหนดให้

r_s คือ รัศมีของ Strömgren sphere มีหน่วยเป็น pc

N คือ จำนวนโฟตอนที่ปล่อยออกมาต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีค่าเท่ากับ 6.65×10^{49} s⁻¹

N_H คือ ความหนาแน่นของไฮโดรเจนไอออน

α คือ สัมประสิทธิ์การรวมตัวของกันของโปรตอนและอิเล็กตรอนที่จะกลับมารวมตัวกัน

มีค่าเท่ากับ 6.817×10^{-20} m³s⁻¹ โดย α จะแปรผันตามอุณหภูมิพื้นผิวดังสมการ $\alpha = (2 \times 10^{-16}) \times (T_e)^{-\frac{3}{4}}$

เมื่อนำค่าตัวแปรแทนค่าลงในสมการที่ (7) รัศมีของ Strömgren sphere จะมีค่าเท่ากับ 9.25 pc

6. ทำการหาระยะทางของเนบิวลา แต่เนื่องจาก รัศมีแต่ละด้านไม่เท่ากัน จึงต้องหาระยะทางจากระยะเชิงมุมแต่ละด้านแล้วนำมาเฉลี่ยกันเพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น สามารถหาระยะทางของเนบิวลาได้จากสมการ

$$d = \frac{r_s}{\Delta\theta} \quad \dots(8)$$

โดยกำหนดให้

r_s คือ รัศมีของ Strömgren sphere มีหน่วยเป็น pc

$\Delta\theta$ คือ ระยะทางเชิงมุมมีหน่วยเป็น rad

d คือ ระยะทางของเนบิวลามีหน่วยเป็น pc

หาระยะทางของเนบิวลาจากระยะเชิงมุมทุกด้าน โดยทำการแทนค่าตัวแปรลงในสมการที่ (8) จะได้ผลดังตารางที่ 4

ดาว	$\Delta\theta$ (rad)	r_s (pc)	d (pc)
ดวงที่ 1	6.11×10^{-3}	9.25	1,514
ดวงที่ 2	6.04×10^{-3}	9.25	1,531
ดวงที่ 3	5.42×10^{-3}	9.25	1,707
ดวงที่ 4	5.30×10^{-3}	9.25	1,745
ดวงที่ 5	4.70×10^{-3}	9.25	1,968
ดวงที่ 6	4.79×10^{-3}	9.25	1,931
ดวงที่ 7	5.74×10^{-3}	9.25	1,611
ดวงที่ 8	5.49×10^{-3}	9.25	1,685
ดวงที่ 9	6.96×10^{-3}	9.25	1,330
ระยะทางเฉลี่ย			$1,669 \pm 67.38$

อภิปรายผลการศึกษา

การหาระยะทางของ NGC2244 (Rosette Nebula) จากการหาระยะทางจากระยะเชิงมุม โดยนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาใช้ในการครั้งนี้ศึกษา พบว่าระยะทางที่ศึกษามีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระยะทางจากฐานข้อมูล ระยะทางจากฐานข้อมูลมีค่าเท่ากับ 1,600 pc ซึ่งความคลาดเคลื่อนเกิดจากการวิเคราะห์รัศมีที่เป็นผลจากการที่ดาวใจกลางปล่อยรังสี Ultraviolet

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาพบว่าระยะทางของ NGC2244 (Rosette Nebula) มีค่าเท่ากับ $1,669 \pm 67.38$ pc พบว่าระยะทางที่ศึกษามีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระยะทางจากฐานข้อมูล ซึ่งระยะทางจากฐานข้อมูลมีค่าเท่ากับ 1,600 pc

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การดำเนินงานหลายขั้นตอน นับตั้งแต่ศึกษาหาข้อมูล วิเคราะห์ผลการจัดทำรายงาน จนกระทั่ง งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดระยะเวลาดังกล่าวผู้จัดทำได้รับการสนับสนุนจากโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

กราบขอบพระคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) และเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ท่านที่ให้โอกาสในการทำงานเอื้อเพื่ออุปกรณ์ สถานที่ ตลอดจนความรู้ความสามารถ งานวิจัยประสบผลสำเร็จ

กราบขอบพระคุณ คุณครูศักดิ์ดาวุฒิ เมืองก้อน คุณครูในหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเชิงคำวิทยาคมที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการที่คอยดูแลเอาใจใส่และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ ทุกคนในครอบครัวและเพื่อนผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

NGC 2244 - Simbad." 2012. 7 Dec. 2014

Strömgren sphere - Wikipedia, the free encyclopedia." 2005. 7 Dec. 2014

v838 mon - Simbad." 2012. 9 Dec. 2014

การหาพารามิเตอร์ของดาวคู่อุปราคา YZ phe จากการวิเคราะห์ข้อมูลในโปรแกรม Phoebe

นางสาวกชกร สระโต

E-mail: 26206kochakorn@chiangkhram.ac.th

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ศักดิ์ดาวดี เมืองก้อน

โรงเรียนเชิงคำวิทยาคม

บทคัดย่อ

โครงการการหาค่าพารามิเตอร์ของดาวคู่อุปราคา YZ phe จากการวิเคราะห์ข้อมูลในโปรแกรม Phoebe มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและหาชุดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของดาวคู่ YZ phe โดยใช้โปรแกรม Phoebe ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลของดาวคู่ YZ phe จากเว็บไซต์ Astronomical Society of the Pacific เป็นดาวคู่ชนิด W Ursa Major โดยใช้ค่า phase และ normal flux ในฟิลเตอร์ B และฟิลเตอร์ V เพื่อสร้างเป็นกราฟแสงจากการสังเกตการณ์ (observe light curve) แล้วสุ่มค่าพารามิเตอร์ของกราฟแสงสังเคราะห์ (synthetic light curve) ให้เลื่อนเข้าใกล้กราฟแสงสังเกตการณ์จนกระทั่งซ้อนทับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 เมื่อเทียบกับข้อมูลกราฟต้นแบบ จากการศึกษาพบว่าดาวคู่ YZ phe มีคาบการโคจรเท่ากับ 0.234727 วัน อัตราส่วนระหว่างมวลเท่ากับ 2.03 ความเอียงของระนาบวงโคจรเท่ากับ 84 องศา ดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิมีก่าอุณหภูมิใกล้เคียงกันคือ 4800 และ 5100 เคลวิน ตามลำดับ ค่า Primary star surface potential และ Secondary star surface potential มีค่าเท่ากับ 5 และ 6 ตามลำดับ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรม มีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มาตรฐานจากฐานข้อมูล

คำสำคัญ : ดาวคู่อุปราคา Yz phe การใช้โปรแกรม Phoebe

บทนำ

ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่ในเอกภพไม่ได้อยู่เพียงดวงเดียวเหมือนดวงอาทิตย์ แต่มีสมาชิกอีกดวงโคจรไปรอบ ๆ จุดศูนย์กลางมวลระบบเรียกว่า ระบบดาวคู่ (Binary Systems) ถ้าหากระนาบการโคจรของดาวคู่อยู่ในแนวระดับสายตาจะเห็นพฤติกรรมการอุปราคาของดาวทั้งสอง เมื่อสมาชิกดวงใดดวงหนึ่งโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกอีกดวงจะทำให้ค่าความสว่างลดลง และเมื่อพ้นระยะการบังก็จะกลับมามีค่าความสว่างเท่าเดิม เรียกดาวคู่ชนิดนี้ว่า ดาวคู่อุปราคา (Eclipse binary) เมื่อนำค่าความสว่างที่บันทึกในช่วงเวลาหนึ่ง มาพล็อตกราฟจะพบว่ามีกราฟเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าความสว่างที่สม่ำเสมอเป็นคาบ เรียกว่า กราฟแสง (light curve) ซึ่งข้อมูลกราฟแสงที่ได้จากการบันทึกสามารถนำมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของระบบดาวคู่ได้ด้วยวิธีการทางดาราศาสตร์ โปรแกรม Phoebe เหมือนเป็นทางลัดเพื่อได้มาซึ่งค่าต่าง ๆ ของระบบดาวคู่ที่ต้องการจะศึกษา การทำงานของโปรแกรมเป็นการนำข้อมูลของกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ (observe light curve) เพื่อนำไปเป็นกราฟแสงต้นแบบในโปรแกรม เมื่อทำการสุ่มค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ โปรแกรมจะนำค่าที่สุ่มเข้าไปคำนวณสร้างข้อมูลกราฟแสงสังเคราะห์ (synthetic light curve) และนำไปเปรียบเทียบกับกราฟแสงต้นแบบ เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนจากกราฟแสงต้นแบบเมื่อเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แล้วทำให้กราฟแสงสังเคราะห์ซ้อนทับกับกราฟต้นแบบ แสดงว่าค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำการสุ่มเข้าไป สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลของ

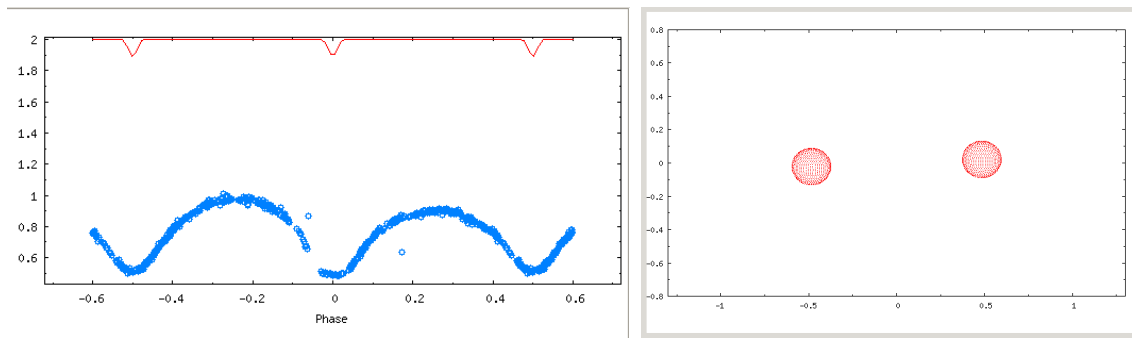
ระบบดาวคู่ที่ได้นั้นได้ โดยอาจประมาณค่าบางค่าได้จากการวิเคราะห์ลักษณะของกราฟแสง หรือประมาณค่าอุณหภูมิของดาวทั้งสอง จากการสังเกตสี ซึ่งมีความสัมพันธ์กับชนิดของสเปกตรัมดาว (spectral type)

วิธีการศึกษา

1. ศึกษาการใช้โปรแกรม Phoebe และปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อความสว่างของดาวฤกษ์และระบบดาวคู่ รวมไปถึงถึงลักษณะและวิวัฒนาการของดาวคู่ในประเภทต่าง ๆ

2. เลือกดาวคู่ที่จะใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์โดยเลือกใช้ดาวคู่ YZ Phoenicis บริเวณกลุ่มดาว Phoenix ที่ตำแหน่ง RA 01 h 42 m 23 s ,Dec -45 d 56 m 56 s จากเว็บไซต์ Astronomical Society of the Pacific ในช่วงความยาวคลื่นฟิลเตอร์ B และฟิลเตอร์ V

3. นำเข้าข้อมูลซึ่งได้แก่ค่า phase และ normal flux ลงในโปรแกรมเลือกฟิลเตอร์ของข้อมูล และประเภทของระบบดาวคู่ดาวคู่ YZ phe เป็นระบบดาวคู่แบบ overcontact ชนิด W Ursa major โดยโปรแกรมจะนำข้อมูลไปพล็อตกราฟซึ่งเป็นกราฟข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ และแบบจำลองรูปร่างของดาว (star shape) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟแสงและแบบจำลองของระบบดาวคู่ YZ phe ที่ยังไม่ได้สุ่มค่าพารามิเตอร์

4. วิเคราะห์ลักษณะของกราฟแสง จากกราฟแสงของดาวคู่ YZ phe มีความลึกของกราฟขณะเกิดการอุปราคาปฐมภูมิ (primary eclipse) และอุปราคาทุติยภูมิ (secondary eclipse) ใกล้เคียงกันและมีความกว้างของช่วงกราฟในแต่ละช่วงมีขนาดพอ ๆ กัน และจากการศึกษาข้อมูลลักษณะของระบบดาวคู่ชนิด Overcontact แบบ W Ursa Major พบว่าระบบดาวคู่ชนิดนี้มีคาบการโคจรสั้น และสมาชิกทั้งสองดวงมีผิวห่อหุ้มร่วมกัน จึงเกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างกัน ทำให้ ชนิดของสเปกตรัม มวล และอุณหภูมิของดาวทั้งสองใกล้เคียงกัน สามารถประมาณค่าอุณหภูมิของดาวทั้งสองได้จากสีของดาวตามตารางตารางแสดงชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ (stellar classification) ดังตารางที่ 1

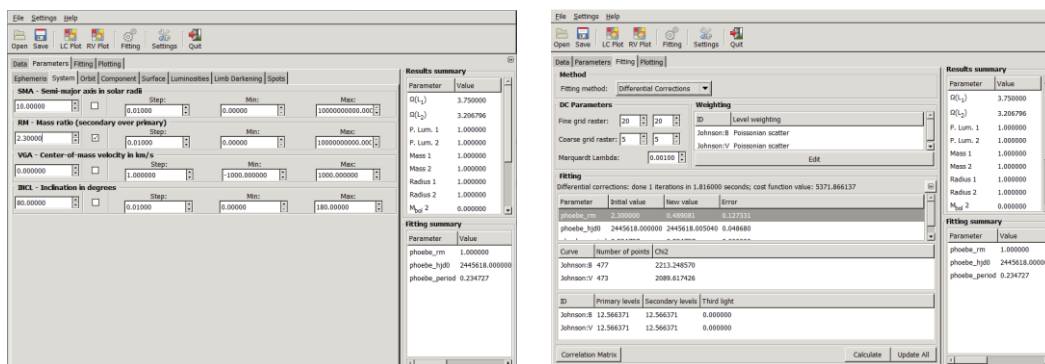
ชนิดของสเปกตรัม	สีของดาวฤกษ์	อุณหภูมิผิว (เคลวิน)
O	น้ำเงิน	35,000
B	ขาวน้ำเงิน	25,000 – 12,000
A	ขาว	10,000 – 8,000
F	เหลืองขาว	7,500 – 6,000

G	เหลือง	6,000 – 4,200
K	ส้ม	5,000 – 3,000
M	แดง	3,200 – 3,000

ตารางที่ 1 การrangแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิและชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์

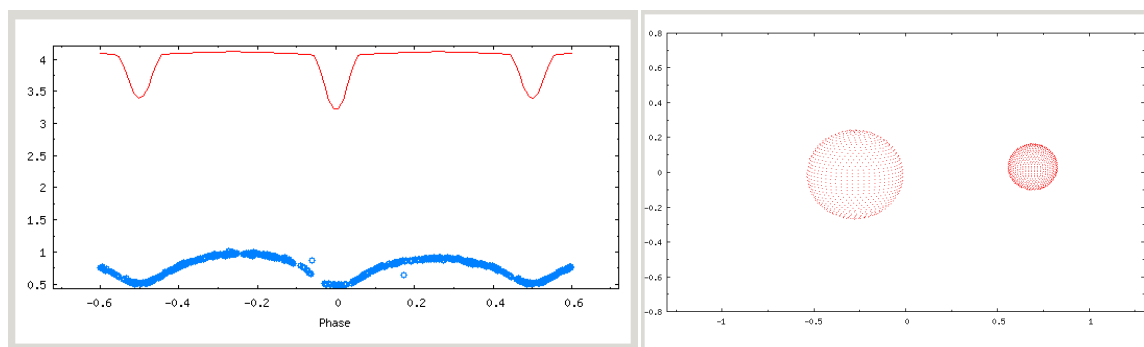
ดาวคู่ YZ phe มีค่าดัชนีสี B - V อยู่ในช่วงชนิดสเปกตรัม K (สีส้ม) จึงประมาณได้ว่าค่าอุณหภูมิของดาวทั้งสองน่าจะอยู่ในช่วงประมาณ 3000 - 5000 เคลวิน

5. ทำการสุ่มค่าพารามิเตอร์ต่างๆซึ่งโปรแกรมจะนำค่าพารามิเตอร์ที่สุ่มไปคำนวณเป็นเป็นค่าพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่สังเคราะห์ และสร้างกราฟแสงสังเคราะห์ เพื่อนำไปเทียบกับกราฟแสงต้นแบบ (กราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์) เพื่อทำการหาความคลาดเคลื่อน (error) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หน้าต่างปรับค่าพารามิเตอร์ และหน้าต่างแสดงค่าความคลาดเคลื่อน

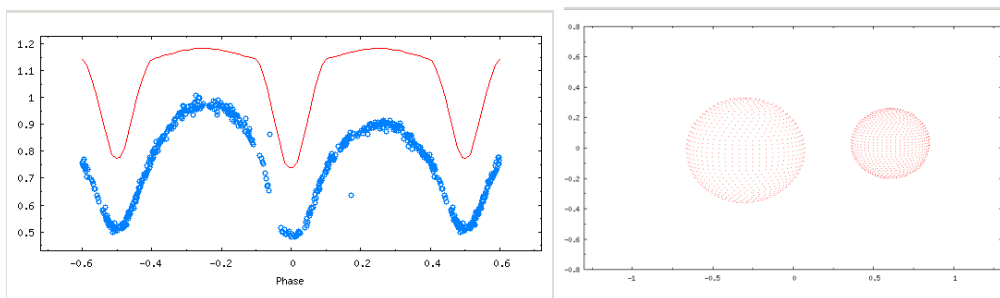
6. ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ จากตัวอย่างได้เปลี่ยนค่าอัตราส่วนมวล ทำให้กราฟแสงสังเคราะห์ที่เลื่อนเข้าใกล้กราฟแสงสังเกตการณ์ และแบบจำลองรูปร่างของดาว ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสงและแบบจำลองเมื่อเปลี่ยนค่าอัตราส่วนมวลเท่ากับ 2

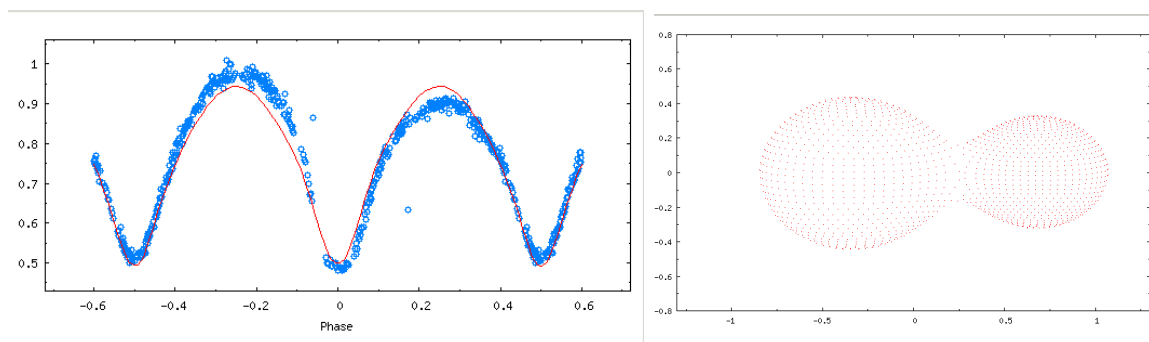
เมื่อพารามิเตอร์ที่สุ่มมีค่าคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ แล้วจึงทำการปรับค่าพารามิเตอร์อื่น โดยอาศัยเทคนิคการสุ่มตัวอย่าง จากงานวิจัยของ Cochran, W.C ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้ในการสุ่มค่าตัวแปรให้มีประสิทธิภาพ

ทำการสุ่มค่า star surface potential ของสมาชิกทั้งสอง ให้อยู่ในช่วง 6 - 7 ทำให้ได้กราฟแสงสังเคราะห์ และแบบจำลองที่สมาชิกทั้งสองมีพื้นผิวอยู่ใกล้กันมากขึ้น ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟแสงและแบบจำลองเมื่อเปลี่ยนค่า PHSV และ PCSV อยู่ในช่วง 6 - 7

เมื่อค่าพารามิเตอร์ทุกค่าที่ทำการสุ่มมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 จึงจะสามารถเป็นข้อมูลที่นำไปใช้เป็นค่าต่าง ๆ ของระบบดาวคู่อุปราคา YZ phe ได้ และจะได้กราฟแสงสังเคราะห์ที่ซ้อนทับกับกราฟแสงจากการสังเกตการณ์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสงและแบบจำลองระบบดาวเมื่อเปลี่ยนค่า PHSV และ PCSV เท่ากับ 5 และ 6 ตามลำดับ และปรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ

7.เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Phoebe กับค่าพารามิเตอร์มาตรฐานจากฐานข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต พบว่าค่าพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่ YZ phe ที่ได้จากโปรแกรม Phoebe มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานจากฐานข้อมูล

ผลการศึกษา

จากการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของดาวคู่อุปราคา YZ phe ในโปรแกรม Phoebe ได้ชุดพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 2

พารามิเตอร์ (parameters)	ผลลัพธ์
อัตราส่วนมวล (Mass ratio)	2.03
ความเอียงระนาบวงโคจร(Inclination)	84°
อุณหภูมิดาว 1 (Temperature1)	4,800 K
อุณหภูมิดาว 2 (Temperature2)	5,100 K
Primary star surface potential (PHSV)	5
Secondary star surface potential (PCSV)	6

ตารางที่ 2 ตารางแสดงชุดพารามิเตอร์ของดาวคู่ YZ phe

จากการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโปรแกรม Phoebe ผลปรากฏว่า พารามิเตอร์ที่ได้จากการใช้โปรแกรม ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มาตรฐานจากฐานข้อมูล

อภิปรายผลการศึกษา

จากโครงการหาค่าพารามิเตอร์ของดาวคู่ YZ phe จากการวิเคราะห์ข้อมูลโปรแกรม Phoebe พบปัญหาการเรียงลำดับของข้อมูลที่จะนำไปพล็อตเป็นกราฟแสงสังเกตการณ์ไม่มีความต่อเนื่อง จึงได้ทำการตัดข้อมูลบางส่วนเพื่อให้กราฟแสงมีความต่อเนื่อง และสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลของกราฟต้นแบบในโปรแกรมได้ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากใช้โปรแกรมมีความคลาดเคลื่อนกับค่าพารามิเตอร์มาตรฐานเล็กน้อย อาจเป็นผลมาจากการหาค่าพารามิเตอร์ไม่ครบทุกตัวแปร เพราะทุกตัวแปรของค่าพารามิเตอร์มีผลต่อกราฟแสง เมื่อทำการหาค่าตัวแปรมาก ความคลาดเคลื่อนก็เล็กลงมากเท่านั้น

สรุปผลการศึกษา

จากการหาค่าพารามิเตอร์ของดาวคู่ YZ phe ในโปรแกรม Phoebe มีคาบการโคจรเท่ากับ 0.234727 วัน อัตราส่วนระหว่างมวลเท่ากับ 2.03 ความเอียงของระนาบวงโคจรเท่ากับ 84 องศาดาวปฐุมภูมิและดาวทุติยภูมิมีค่า 1 อุณหภูมิใกล้เคียงกันคือ 4,800 และ 5,100 เคลวิน ตามลำดับ ค่า Primary star surface potential และ Secondary star surface potential มีค่าเท่ากับ 5 และ 6 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามลักษณะของดาวคู่อุปราคาชนิด W Ursa major ที่สมาชิกทั้งสองดวงในระบบจะมีการถ่ายเทมวลสารระหว่างกัน ทำให้มีชนิดของสเปกตรัมใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายความว่าดาวปฐุมภูมิและดาวทุติยภูมิจะมีอุณหภูมิและมวลไม่ต่างกันมากนัก และค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการใช้โปรแกรม มีความใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มาตรฐานจากฐานข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

ในงานโครงการวิจัยนี้มีการดำเนินงานหลายขั้นตอน ตั้งแต่ศึกษาเริ่มหาข้อมูลวิเคราะห์ผลการจัดทำรายงาน จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตลอดเวลาการทำงานผู้จัดทำได้รับการสนับสนุนจากโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูงสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งให้ความช่วยเหลือ เป็นที่ปรึกษาและแนะนำในหลายด้านตลอดจนให้กำลังใจโอกาสนี้ขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนช่วยให้โครงการนี้สำเร็จไปด้วยดี ดังนี้

กราบขอบพระคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้โอกาสในการทำงาน ให้การดูแลและที่พักอาศัยในช่วงระยะเวลาการอบรม อีกทั้งช่วยฝึกฝนและให้ความรู้ความสามารถในด้านต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์และคำปรึกษาในงานวิจัยประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณคุณมณฑิลา ตั้งมดิธรรมที่ให้คำแนะนำและแนวคิดในการทำงานวิจัย ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ให้ประสบการณ์ที่ดี และให้ความรู้ด้านดาราศาสตร์ อีกทั้งยังเสียสละเวลาช่วยในฝึกฝนการทำโครงการวิจัยนี้

กราบขอบพระคุณคุณตอริก เฮ็งปียา ผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ คอยดูแลเป็นอย่างดี จนทำให้งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณทีมงานสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ทุกท่าน ที่เสียสละเวลาช่วยฝึกฝน ให้ความรู้ ทักทาย และคำแนะนำที่ดีในการทำโครงการวิจัย

กราบขอบพระคุณคุณครูศักดิ์ดาวุฒิ เมืองก้อนคุณครูในหมวดวิทยาศาสตร์ ชำนาญการด้านดาราศาสตร์ โรงเรียนเชิงคำวิทยาคมที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการคอยดูแล เอาใจใส่รายละเอียด และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ คุณตา และคุณยาย ครอบครัวอันเป็นที่รักที่คอยเป็นห่วง ดูแล ให้กำลังใจและโอกาสในการศึกษาเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

มณฑิลาตั้งมดิธรรม. (2557). คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน), เชียงใหม่.

Samec, RG. "YZ Phoenicis: Photometric Study of a W UMa Binary near ..." 1995.

<<http://adsabs.harvard.edu/full/1995PASP..107..427S>>

"PHOEBE | PHysicsOf Eclipsing BinariEs." 2013. 12 Dec. 2014 <<http://phoebe-project.org/>>

"References for YZ Phe." 2006. 12 Dec. 2014 <http://ebola.eastern.edu/star_references_page.php?star_id=263>

"สารานุกรมออนไลน์ : ระบบดาวคู่ - ฟิสิกส์ราชมงคล." 2009. 12 Dec. 2014

<<http://www.atom.rmutphysics.com/CHARUD/oldnews/0/278/cosmos/11.htm>>

Cochran, W.C. Sampling Techniques New York , John Wiley and Sons , 1963.

การศึกษา Initial Mass Function ของกระจุกดาวเปิด

นางสาวสุทธิดา เชื้อนแก้ว

e-mail: 27597suttida.chiangkham.ac.th

อาจารย์ที่ปรึกษา

คุณครูศักดิ์ดาวดี เมืองก้อน

โรงเรียนเชิงคำวิทยาคม

บทคัดย่อ

การศึกษา Initial Mass Function ของกระจุกดาวเปิด ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหา function ที่จะนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในกระจุกดาวเปิด หาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่างๆ และเพื่อศึกษาการยุบตัวของกลุ่มเมฆ โมเลกุลจนกลายเป็นดาวฤกษ์ขนาดต่าง ๆ มีลักษณะใกล้เคียงกันหรือไม่ ซึ่งได้ทำการศึกษากระจุกดาวเปิด M23, M46, IC4651, M11 และ M93 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT 8 หอดูดาว Cerro Tololo Inter-American Observatory โดยนำค่า Apparent magnitude ใน filter B และค่า B-V มาสร้างแผนภาพ H-R เพื่อหามวลของดาวในลำดับหลัก โดยใช้ความสัมพันธ์ Mass – Luminosity และทำการวิเคราะห์ในกระบวนการ IMF ในรูปแบบสมการ power law คือ $y = Ax^n$ จากผลการศึกษาพบว่า จากค่า A และ n ที่ได้จากสมการ โดยกำหนดให้ค่า A และ n แทนค่าคงที่ ค่า y แทนจำนวนของดาวที่เป็นฟังก์ชันของมวล ค่า x แทนมวลเฉลี่ยของดาวในแต่ละช่วงมวล สามารถนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในกระจุกดาวเปิดของแต่ละกระจุกดาวได้ และพบว่า การยุบตัวของกลุ่มเมฆ โมเลกุลกลายเป็นดาวฤกษ์ขนาดต่าง ๆ ของแต่ละกระจุกดาวในเอกภพมีลักษณะที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : initial mass function, power law, กระจุกดาวเปิด

บทนำ

กระจุกดาวเปิด คือ กลุ่มดาวจำนวนมากที่รวมกลุ่มกันอยู่ในเมฆ โมเลกุลชุดเดียวกัน มีแรงโน้มถ่วงดึงดูดกันและกันอย่างหลวม ๆ ไม่แน่นเท่ากับกระจุกดาวทรงกลม เป็นกระจุกดาวที่ส่วนใหญ่เป็นกระจุกดาวเกิดใหม่กว่าร้อยล้านปี ดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเดียวกันจะมีอายุใกล้เคียงกันและมีลักษณะทางเคมีคล้ายคลึงกัน มีความสัมพันธ์กันในทางกายภาพ และด้วยเหตุนี้ระยะทางจึงสมมติให้เท่ากันทั้งกระจุกดาว ข้อแตกต่างคือ Apparent Magnitude ของดาวแต่ละดวงในกระจุกดาวเปิด ซึ่งสามารถประมาณถึงมวลของดาวจากความสัมพันธ์ Mass – Luminosity และจากความสัมพันธ์ Mass – Luminosity ได้กำหนดให้กระจุกดาวที่มีมวลอยู่ในช่วง $0.43M_{\odot} - 2M_{\odot}$ ใช้ค่า $\alpha = 4$ และ กำหนดให้กระจุกดาวที่มีมวลอยู่ในช่วง $2M_{\odot} - 20M_{\odot}$ ใช้ค่า $\alpha = 3.5$ การศึกษาของนักดาราศาสตร์พบว่าดาวฤกษ์เกิดจากการยุบตัวของเมฆโมเลกุล จึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงลักษณะการยุบตัวของเมฆโมเลกุล จากการศึกษา Initial Mass Function ของกระจุกดาวเปิด ในรูปแบบสมการ Power - law คือ $y = Ax^n$ โดยกำหนดให้ค่า A และ n แทนค่าคงที่ ค่า y แทนจำนวนของดาวที่เป็นฟังก์ชันของมวล ค่า x แทนมวลเฉลี่ยของดาวในแต่ละช่วงมวล เพื่อนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในกระจุกดาวเปิดและเพื่อนำเปรียบเทียบกับลักษณะการยุบตัวของกลุ่มเมฆโมเลกุลจนกลายเป็นดาวฤกษ์ขนาดต่าง ๆ ว่ามีลักษณะใกล้เคียงกันหรือไม่

ขั้นตอนการศึกษา

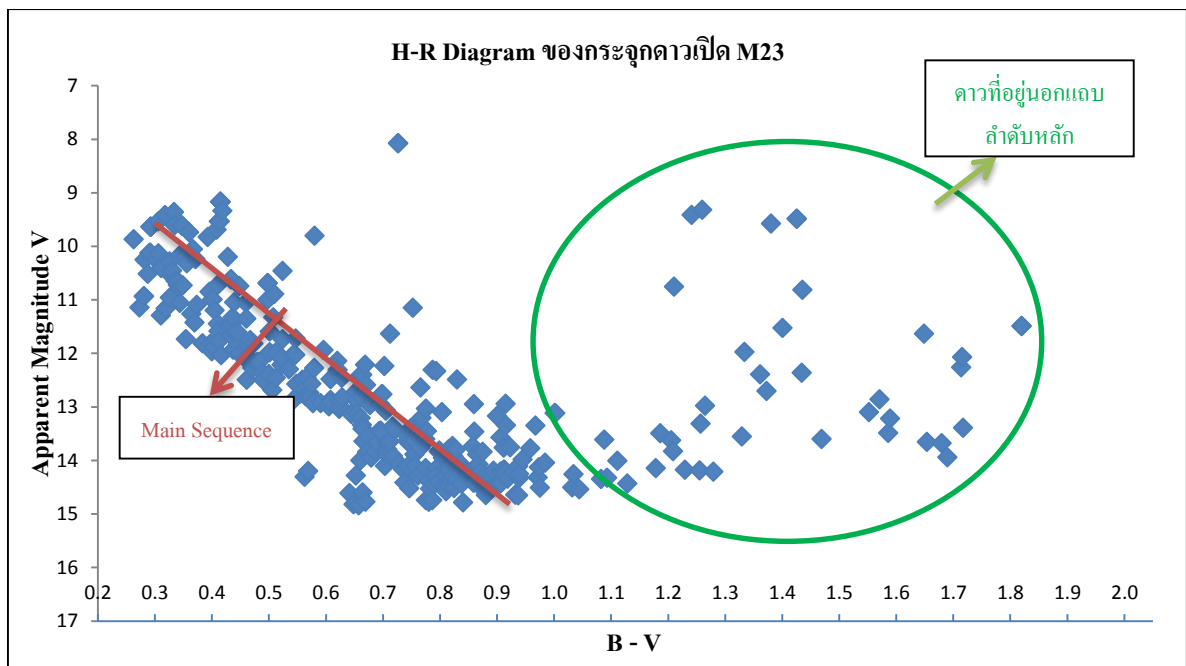
1.) ถ่ายภาพกระจุกดาวเปิด

ถ่ายภาพกระจุกดาวเปิดที่ต้องการศึกษา โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ PROMPT 8 ซึ่งใช้กล้องผ่านทางเว็บไซด์ skynet.unc.edu ตั้งถ่ายกระจุกดาวละ 2 filter คือ filter B และ filter V

2.) การสร้าง H-R Diagram

สร้าง H-R Diagram ในแต่ละกระจุกดาวเปิด เพื่อต้องการที่จะทราบว่าดาวดวงไหน ของทั้ง FilterB และ FilterV อยู่ในแถบลำดับหลัก เพราะเราต้องนำข้อมูลไปเทียบกับตาราง stellar Data โดยใช้ข้อมูล Apparent magnitude จากภาพของ FilterB และ FilterV

จากที่เราทราบค่า แล้ว Apparent magnitude ของทั้ง FilterB และ FilterV เราก็สามารถสร้างแผนภูมิ H-R Diagram โดยที่ แกน X แทนด้วยค่า B - V และแกน Y แทนด้วย Apparent Magnitude V



กราฟที่ 1 ตัวอย่างกราฟ H-R Diagram ของกระจุกดาวเปิด M23 ที่แสดงให้เห็นถึงการเลือกดาวในลำดับหลัก

3.) ขั้นตอน Initial mass function

ขั้นตอนแรกคือการหามวลของดาวแต่ละดวงในกระจุกดาวเปิด ซึ่งหาได้จาก Mass - Luminosity Relation โดยต้องผ่านกระบวนการต่อไปนี้

1. ทำการเปลี่ยน Apparent Magnitude (m) ให้เป็น Absolute magnitude (M) จากใช้สมการ

$$m - M = 5 \log \left(\frac{R}{10} \right)$$

โดย

M คือ Absolute Magnitude ของดาวแต่ละดวง

m คือ Apparent Magnitude ของดาวแต่ละดวงใน Filter B

R คือ ระยะทางจากโลกถึงดาวที่เราต้องการหา Absolute magnitude ซึ่งเราสมมติให้ดาวทุกดวงในกระจุกดาวมีระยะทางจากโลกถึงดาวที่ต้องการหาเท่ากัน

2. ทำการเปลี่ยน Absolute Magnitude (M) ให้เป็น Luminosity จากสมการ

$$M - M_{\odot} = -2.5 \log \left(\frac{L}{L_{\odot}} \right)$$

โดย $\frac{L}{L_{\odot}}$ คือ กำลังส่องสว่างของดาวแต่ละดวงส่วนด้วยกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์

M คือ Absolute Magnitude ของดาวแต่ละดวง

M_{\odot} คือ Absolute mag ของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีค่า = 4.83

3. หามวลของดาวแต่ละดวงจากสมการ $\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{\alpha}$

โดย $\frac{L}{L_{\odot}}$ คือกำลังส่องสว่างของดาวแต่ละดวงส่วนด้วยกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์

$\frac{M}{M_{\odot}}$ คือ มวลของดาวแต่ละดวงในกระจุกดาวเปิดต่อมวลดวงอาทิตย์

α คือค่าที่ ที่ขึ้นอยู่กับว่ากระจุกดาวเปิดนั้นๆมีมวลอยู่ในช่วงใด

4. การเลือกใช้ค่า α ให้เหมาะกับแต่ละกระจุกดาวเปิด โดยเราก็นำค่า $B - V$ ไปเทียบในตาราง stellar data เพื่อที่เราจะได้ทราบมวลของกระจุกดาวเปิดแต่ละกระจุกดาวว่าอยู่ในช่วงใด ควรที่จะใช้ ค่า α เท่าไรโดยกรองข้อมูลเฉพาะดาวฤกษ์ที่อยู่ในลำดับหลัก โดยที่ความสัมพันธ์ Mass - Luminosity ได้กำหนดให้กระจุกดาวที่มีมวลอยู่ในช่วง $0.43M_{\odot} - 2M_{\odot}$ ใช้ค่า $\alpha = 4$ และ กำหนดให้กระจุกดาวที่มีมวลอยู่ในช่วง $2M_{\odot} - 20M_{\odot}$ ใช้ค่า $\alpha = 3.5$

5. ทำการแบ่งช่วงมวล โดยในหนึ่งกระจุกดาว เราได้แบ่งมวลอยู่ 3 ช่วง คือ

กระจุกดาวเปิด	ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3
M23	0.40 - 0.68	0.68 - 0.96	0.96 - 1.24
M46	8.1×10^{-5} - 0.28	0.28 - 0.56	0.56 - 0.84
M11	0.19 - 0.44	0.44 - 0.68	0.68 - 0.93
IC4651	0.40 - 0.68	0.68 - 0.96	0.95 - 1.24
M93	4.9×10^{-5} - 0.02	0.02 - 0.05	0.05 - 0.07

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งช่วงมวลแต่ละช่วงในแต่ละกระจุกดาว

6. นับจำนวนของดาวที่มีมวลอยู่ในทั้ง 3 ช่วง

7. หาค่าเฉลี่ยของมวลดาวในทั้ง 3 ช่วง

8. หาค่าคงที่ A และ n จากสมการ Power law คือ $y = Ax^n$ โดยที่ค่า y แทนจำนวนของดาวที่เป็นฟังก์ชันของมวล ค่า x แทนมวลเฉลี่ยของดาวในแต่ละช่วงมวล ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ Power law ระหว่างมวลและจำนวนของดาวที่มีมวลอยู่ในแต่ละช่วงมวล คือ

$$\log y = n \log x + \log A$$

ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น $y = mx + c$

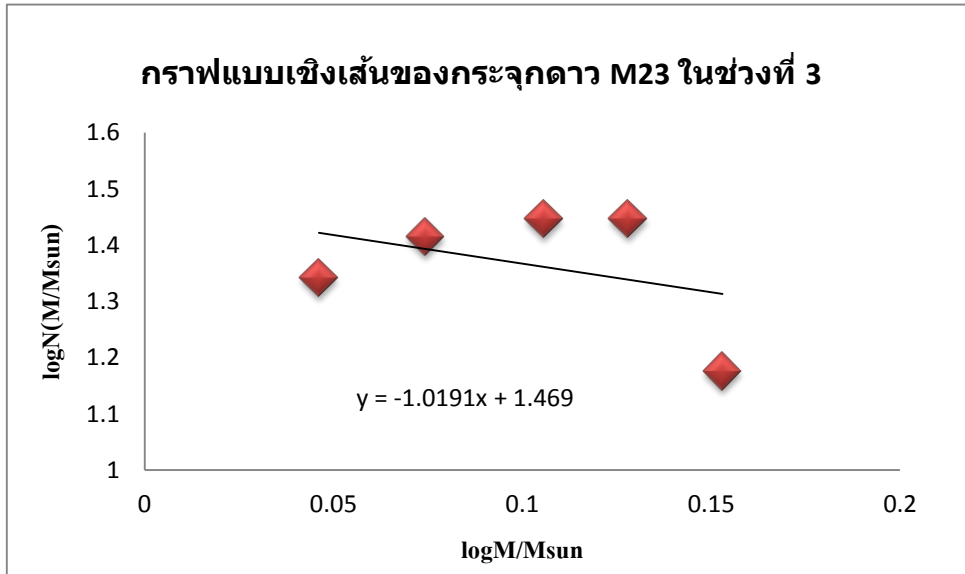
โดยที่ y แทนค่า $\log y$

m แทนค่า n

x แทนค่า $\log x$

c แทนค่า $\log A$

9. พล็อตค่าลงในกราฟแบบเชิงเส้น โดยให้แกน x คือลอการิทึมของมวลเฉลี่ยของดาวในแต่ละช่วงมวลต่อมวลดวงอาทิตย์ และให้แกน y คือลอการิทึมของจำนวนที่เป็นฟังก์ชันมวล



กราฟที่ 2 แสดงกราฟแบบเชิงเส้นของกระจุกดาว M23 ในช่วงที่ 3

สมการเส้นตรงของกระจุกดาวเปิด M23 ในช่วงที่ 3 จึงได้สมการเส้นตรง คือ $y = -1.0191x + 1.469$
 จากกราฟที่ได้ มีค่า $m = -1.0191$ มีค่า $c = 1.469$

ดังนั้นค่า n ของกระจุกดาวเปิด M23 = -1.0191 และ $\log A = 1.47$ เราจึงได้ A ของกระจุกดาวเปิด M23 เท่ากับ 29.4 สมการของ Power-law ของกระจุกดาวเปิด IC4651 ได้แก่ $y = 29.4x^{1.47}$

10. ทำการบวนการเดียวกันในข้อที่ 1 - 10 แต่เปลี่ยนจากมวลในช่วงที่ 3 เป็นมวลในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2

11. เมื่อได้ Initial Mass Function ของแต่ละช่วงมาแล้ว ต่อมาจึงนำค่าคงที่ A และค่าคงที่ n ของแต่ละช่วงมวลมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาสร้าง Initial Mass Function ของทั้งกระจุกดาว

4.) ทำการบวนการเดิมในข้อที่ 1 - 3 แต่เปลี่ยนจากกระจุกดาวเปิด M23 เป็นกระจุกดาวเปิด M46 , M11 , IC4651 และ M93

5.) ทำการวิเคราะห์ค่า A และ ค่า n ของแต่ละกระจุกดาวเปิด M46 , M11 , IC4651 และ M93 ว่ามีความใกล้เคียงกันหรือไม่

5.) การหาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่างๆ ของทุกกระจุกดาว

หาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่าง ๆ เพื่อให้ทราบจำนวนดาวที่อยู่ในแต่ละช่วงมวล คิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของดาวทั้งหมดของดาวในลำดับหลัก ที่อยู่ในกระจุกดาวนั้น ๆ

อภิปรายผลการศึกษา

จากวิเคราะห์ค่าคงที่ A และ ค่าคงที่ n ของแต่ละกระจุกดาวเปิด สามารถเปรียบเทียบลักษณะการยุบตัวของกลุ่มเมฆโมเลกุลจนกลายเป็นดาวฤกษ์ขนาดต่าง ๆ ของแต่ละกระจุกดาวในเอกภพมีลักษณะที่แตกต่างกัน เพราะค่าคงที่ A และ n ในสมการมีค่าต่างกัน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาจากผลการศึกษาพบว่าผลการศึกษาลักษณะการยุบตัวของกลุ่มเมฆ โมเลกุลจนกลายเป็นดาวฤกษ์ ขนาดต่าง ๆ ของแต่ละกระจุกดาวในเอกภพมีลักษณะที่แตกต่างกัน เนื่องจากการศึกษา Initial mass function ในรูปแบบสมการ Power-law สามารถหา function ที่จะนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในกระจุกดาวเปิด คือ

กระจุกดาวเปิด	IMF
M23	$y = 24.4x^{-0.4}$
M46	$y = 36.4x^{-1.6}$
M11	$y = 1.14 \times 10^2 x^{8.4}$
IC4651	$y = 2.6 \times 10^2 x^{1.2}$
M93	$y = 1.2x^{-4.7}$

ตารางที่ 2 แสดง IMF ที่จะนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในแต่ละกระจุกดาวเปิด จากการหาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่างๆ ได้ดังนี้คือ

กระจุกดาวเปิด	มวลช่วงที่ 1	มวลช่วงที่ 2	มวลช่วงที่ 3
M23	33%	31%	35%
M46	77%	19%	4%
M11	1%	17%	82%
IC4651	23%	38%	39%
M93	91%	5%	4%

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่าง ๆ ของทุกกระจุกดาวเปิด

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการทำงานหลายขั้นตอน นับตั้งแต่ศึกษาหาข้อมูล วิเคราะห์ผล การจัดทำรายงาน จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดระยะเวลาดังกล่าวผู้จัดทำได้รับการสนับสนุนจากโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ณ โอกาสนี้ขอขอบคุณทุกท่านดังนี้

กราบขอบพระคุณ คุณมณฑิลา ตั้งมดิธรรม ผู้ให้คำแนะนำทางด้านข้อมูลช่วยเหลือในด้านต่างๆและเสียสละเวลา มาช่วยฝึกฝนในการทำโครงการเรื่องนี้

กราบขอบพระคุณ คุณประณิตา เสพปั้นคำ ผู้ให้คำแนะนำในและช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนทำให้เกิดงานวิจัยเรื่องนี้ขึ้น

กราบขอบพระคุณ คุณครูศักดิ์ดา วัฒนเมืองก้อน คุณครูในหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียน เชียงคำวิทยาคม ที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการที่คอยดูแลเอาใจใส่และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

"Initial Mass Function." 2011. 13 Dec. 2014

<<http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/Courses/Stars/Initial%20Mass%20Function.pdf>>

Adamic, LA. "Zipf, Power-law, Pareto - a ranking tutorial - HP Labs." 2004.

<<http://www.hpl.hp.com/research/idl/papers/ranking/ranking.html>>

"Power law - Wikipedia, the free encyclopedia." 2004. 13 Dec. 2014

<http://en.wikipedia.org/wiki/Power_law>

"OC = Open Clusters (กระจุกดาวเปิด)." 2010. 13 Dec. 2014

<http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/messier_object/html/link_index/oc.html>

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและศึกษาลักษณะทางกายภาพของระบบดาวคู่ อุปราคาประเภท ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ิส V1853 โอโรอนิส

นางสาว สาวิตรี เดชศรีมนตรี

e-mail: Sawitride@gmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กัณฑ์พัฒน์ กิตติอัฐวาลย์

คุณ สมสวัสดิ์ รัตนสุรย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทคัดย่อ

ดาวคู่ วี1853 โอโรอนิส (V1853 Ori) เป็นระบบดาวคู่อุปราคา ประเภทดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ิส (W Ursa Majoris) โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยกล้องโทรทรรศน์พลอม 8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เมตร ณ หอดูดาวซีกฟ้าใต้ ประเทศชิลี ซึ่งเชื่อมต่อกับซีซีทีโพลโตมิเตอร์ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 โดยใช้ โปรแกรม Maxlm DL5 ในการวัดโฟโตเมทรี และใช้โปรแกรม PHOEBE 0.31a ในการหาค่าพารามิเตอร์และสร้างแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ ผลจากการวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้ ดาวคู่นี้มีคาบการโคจร 0.382999000 วัน สามารถสร้างสมการ Linear ephemeris ใหม่ คือ $Min I = 2454066.5779 + 0.3830038E$ แล้วหาค่าเวลาที่ดาวมีความสว่างน้อยที่สุดเพื่อสร้างกราฟ O-C ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าดาวคู่ วี1853 โอโรอนิส มีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบลดลง 0.08074130 วินาทีต่อปี และมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และแบบจำลองของระบบดาวคู่นี้ พบว่ามีลักษณะเป็นแบบแตะกัน ที่มีค่ามุมเอียง $(i) = 84.230173 \pm 0.002098$ และมีอัตราส่วนมวล $(q) = 0.21603 \pm 0.002098$ ซึ่งสามารถมีวิวัฒนาการไปเป็นดาวเดี่ยว เนื่องจากผลของการถ่ายเทมวลระหว่างดาวสมาชิก

คำสำคัญ: ดาวคู่อุปราคา, V1853 Ori

บทนำ

ดาวฤกษ์ที่มองเห็นอยู่บนท้องฟ้าในยามค่ำคืนนั้น โดยมากจะเป็นระบบดาวคู่ที่โคจรรอบกัน ณ จุดศูนย์กลางมวลร่วมกันและภายใต้สนามโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน การศึกษาเรื่องระบบดาวคู่เป็นเรื่องที่สามารถศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐานของการศึกษาวัตถุท้องฟ้าอื่น และเพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรกิริยาระหว่างดาวและวัตถุท้องฟ้าอื่นๆได้มากขึ้น ผู้วิจัยเลือกศึกษาดาวคู่คาบสั้นแบบใกล้ชิด เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ ซึ่งประกอบไปด้วยปรากฏการณ์การสัมผัสกัน การศึกษาคาบการโคจรของระบบดาวประเภทนี้ก็มีประโยชน์ในการเข้าใจถึงเรื่องของโครงสร้างและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ ซึ่งสามารถนำไปประมาณค่าการถ่ายเทมวล และการสูญเสียโมเมนตัมโดยใช้ทฤษฎีเข้ามาใช้ทำนาย ซึ่งจะทำให้การศึกษาต่อไปภายหลัง โดยผู้วิจัยได้เลือกศึกษาดาวแปรแสง วี1853 โอโรอนิส (V1853 Ori) เป็นระบบดาวคู่อุปราคา ประเภท ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ิส (W Ursa Majoris) ที่ไรต์แอสเซนชัน (RA) 05 h 13 m 06.1 s และค่าเดคลิเนชัน (Dec) $+15^\circ 58' 12''$ มีคาบการโคจร 0.38299900 วัน โดยใช้ข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์พลอมแปด (PROMPT-8) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เมตร ที่หอดูดาวซีกฟ้าใต้ (Thai Southern Hemisphere Telescope, TST) ณ หอดูดาว เซนโร โทโลโล อินเตอร์ อเมริกัน (Cerro Tololo Inter-American Observatory, CTIO) ประเทศชิลี

วิธีการศึกษา

1. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 การเลือกดาว

- 1) ดาวคู่ V1853 Ori ที่ผู้วิจัยเลือกนั้น เลือกจากแคตตาล็อกดาวแปรแสง จากเว็บไซต์ <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/Vizie> การเลือกดาวที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาคือดาวคู่คาบสั้น ประเภท W UMa (EW)
- 2) เป็นดาวคู่ที่มีคาบการโคจรต่ำกว่า 1 วัน (0.2-0.3 วัน) เพราะคาบมากจะใช้เวลาดำเนินการนาน
- 3) สามารถดูข้อมูลพื้นฐานของดาวคู่ V1853 Ori ได้จากเว็บไซต์ <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?ident=V%2A%20PS%20Ori>
- 4) ควรเลือกดาวที่สว่างอยู่ใกล้เคียงอย่างน้อย 2 ดวงที่ไม่เป็นดาวแปรแสง มีแมกนิจูด และสีใกล้เคียงกัน เพราะในการวิเคราะห์ใช้วิธี Differential Photometry ในการวัดค่าความสว่างของดาว (ดาวต่างสีกันมีปัญหาเรื่อง Extinction)

1.2 การวางแผนเก็บข้อมูล

- 1) ศึกษาช่วงเวลาที่สามารถเก็บข้อมูลได้จาก http://www.as.up.krakow.pl/mini_calc/VIRPS.HTM โดยสามารถเปลี่ยนเวลาในคอมพิวเตอร์เพื่อดูเวลาที่ต้องการเก็บข้อมูลได้ว่าเฟสที่ต้องการอยู่ช่วงเวลาใด
- 2) ศึกษาเวลาขึ้น-ตก ของดาวเพื่อศึกษาว่าดาวที่จะทำการเก็บข้อมูลจะขึ้นจากขอบฟ้าที่เวลาเท่าใด และจะถ่ายภาพได้เมื่อเวลาเท่าใดและจะตกจากขอบฟ้าที่เวลาเท่าใด โดยสามารถศึกษาข้อมูลนี้จากเว็บไซต์ <http://Caserter.ing.es/staralt/index.php>

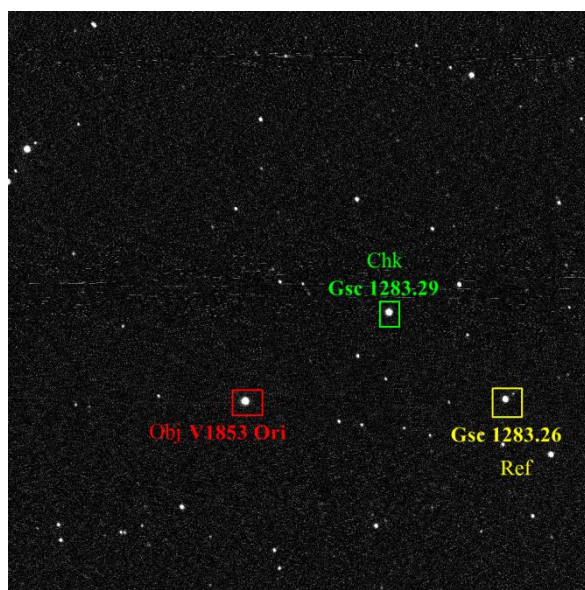
1.3 การถ่ายดาวและดาวโหลดข้อมูล

ส่งถ่ายดาวและดาวโหลดข้อมูลได้ที่ <https://skynet.unc.edu/>

2. การประมวลผลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวและการวิเคราะห์ผล

2.1 การวัดโฟโตเมทรี

การวัดโฟโตเมทรี คือการวัดค่าความสว่างของดาว โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมทรี โดยการเลือกดาวที่ต้องการวัดค่าสว่าง กับดาวเทียบเคียงเพื่อเปรียบเทียบกราฟความสว่าง ในการวิจัยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม MaxIm DL 5 ในการวัดโฟโตเมทรี คำนวณวัน HJD, Phase, Light และ Normalized จากนั้นนำค่า Phase และค่าแมกนิจูดของดาว (Obj1) ไปสร้างกราฟแสง เปรียบเทียบกับดาวตรวจสอบ



รูป 1.1 ตัวอย่างการวัดค่าความสว่างของดาวโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมทรี

2.2 การหาค่าวันศูนย์กลางสุริยะที่ดาวคู่ V1853 Ori มีความสว่างน้อยที่สุด สร้างสมการ Linear ephemeris ของดาว และสร้างแผนภาพ O-C และคำนวณแนวโน้มของคาบการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori

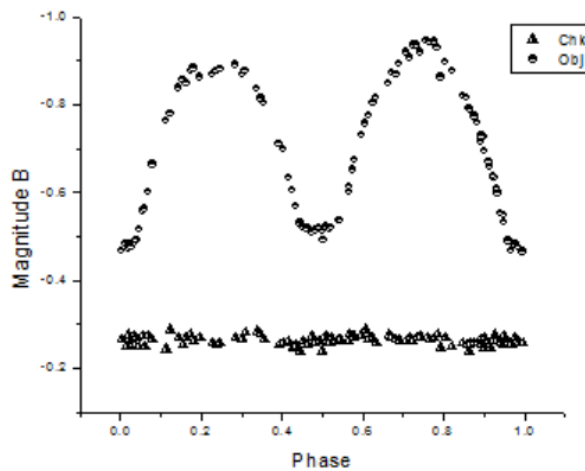
2.3 การหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดและสร้างแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori โดยโปรแกรม PHOEBE 0.31a

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์และคำนวณค่าวันศูนย์กลางสุริยะ, เฟส, ความสว่าง และนอร์มอลไลซ์ของดาว คู่ V1853 Ori สามารถนำผลดังกล่าวมาวิเคราะห์กราฟแสง, การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร, คำนวณ สมการ Linear ephemeris, การหาพารามิเตอร์ลักษณะทางกายภาพและสร้างแบบจำลองการโคจร ของดาวคู่ V1853 Ori ได้ดังต่อไปนี้

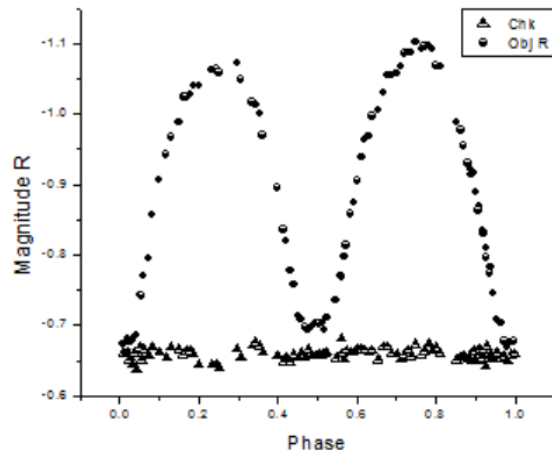
1. กราฟแสงของดาวคู่ V1853 Ori

จากการวิเคราะห์ของดาวคู่ V1853 Ori สามารถสร้างกราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง เพื่อเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสงของดาวคู่ V1853 Ori กับกราฟแสงของดาว ตรวจสอบของช่วงความยาวคลื่นแต่ละสี เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างกับเฟส ดังภาพที่ 1.1 1.2 และ 1.3 ตามลำดับ



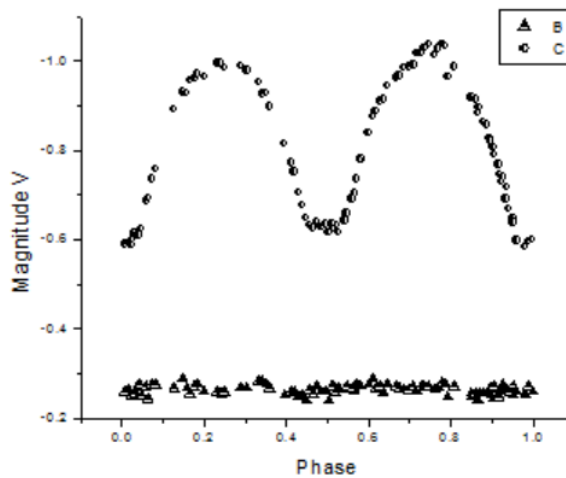
รูป 1.2 กราฟแสงของดาวคู่ V1853 Ori ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงินเทียบกับดาวตรวจสอบ

จากรูป 1.2 แสดงให้เห็นถึงกราฟแสงของดาวแปรแสง V1853 Ori ที่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างในลักษณะที่เป็นคาบ ในขณะที่ดาวตรวจสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างที่ค่อนข้างคงที่ ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลไม่ถึง 0.023



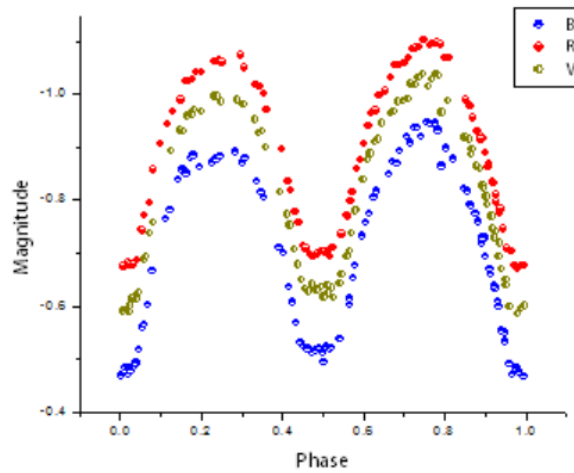
รูป 1.3 กราฟแสงของดาวแปรแสง V1853 Ori ในช่วงความยาวคลื่นสีแดงเทียบกับดาวตรวจสอบ

จากรูป 1.3 แสดงให้เห็นถึงกราฟแสงของดาวแปรแสง V1853 Ori ที่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างในลักษณะที่เป็นคาบ ในขณะที่ดาวตรวจสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างที่ค่อนข้างคงที่ ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลไม่ถึง 0.008



รูป 1.4 กราฟแสงของดาวแปรแสง V1853 Ori ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลืองเทียบกับดาวตรวจสอบ

จากรูป 1.4 แสดงให้เห็นถึงกราฟแสงของดาวแปรแสง V1853 Ori ที่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างในลักษณะที่เป็นคาบ ในขณะที่ดาวตรวจสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างที่ค่อนข้างคงที่ ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลไม่ถึง 0.011



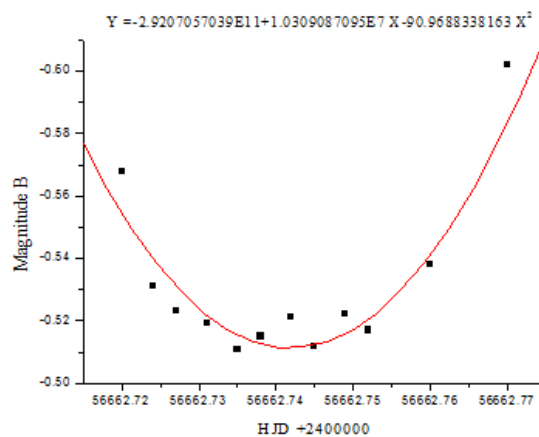
รูป 1.5 แสดงกราฟแสงเปรียบเทียบในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง

จากรูป 1.5 ทำให้ทราบว่า การแปรแสงของดาวคู่ V1853 Ori มีลักษณะการแปรแสงเป็นคาบ โดยจะมีช่วงความสว่างต่ำสุดคือ ช่วงที่เฟสมีค่า 0 และ 0.5 ซึ่งก็คือ ช่วงที่ดาวเกิดการอุปราคา นั่นเอง ในการหาค่าวันที่แสงดาวมีความสว่างน้อยที่สุดสามารถทำได้ ดังนี้

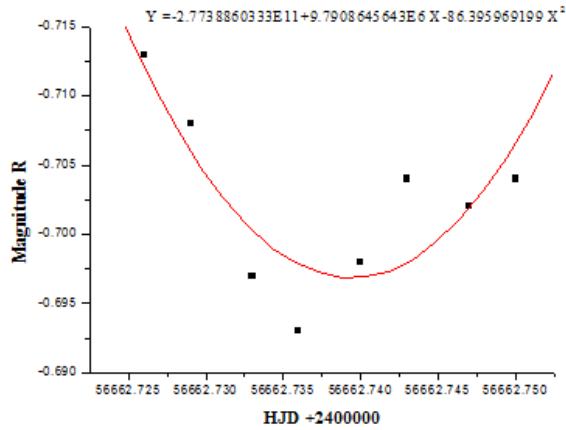
2. การหาค่าวันศูนย์สุริยะที่ดาวคู่ V1853 Ori มีความสว่างน้อยที่สุด

จากนั้นคำนวณหาค่าเวลาที่แสงต่ำสุดโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของกราฟแสง โดยแสดงผลการวิเคราะห์คำนวณได้ดังต่อไปนี้

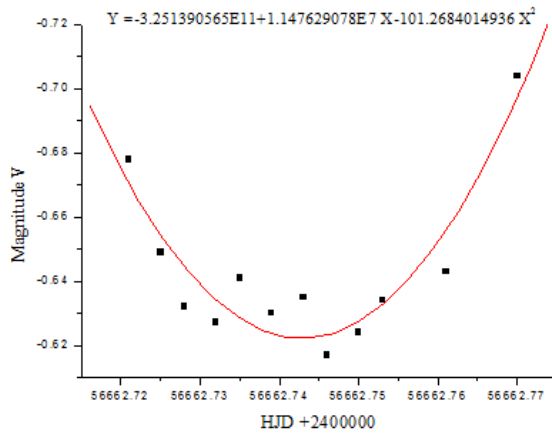
ในการหาวันที่แสงมีค่าความสว่างน้อยที่สุดนั้น สามารถทำได้โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ชนิดดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ริส V1853 Ori ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง โดยพิจารณาค่าต่ำสุดของกราฟในแต่ละช่วงความยาวคลื่น จะสามารถหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดได้ ดังนี้



รูป 1.6 (a) แสดงการคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน



รูป 1.6 (b) แสดงการคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีแดง



รูป 1.6 (c) แสดงการคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง

จากรูป 1.6 แสดงสมการสำหรับการคำนวณหาวันศูนย์สุริยะ ที่ดาวคู่ V1853 Ori มีความสว่างน้อย โดยเมื่อนำเอาแต่ละสมการของแต่ละช่วงความยาวคลื่นมาตีเฟอเรลเซียล และเฉลี่ย จะได้ค่าวันศูนย์สุริยะที่ดาวคู่ V1853 Ori มีความสว่างน้อยที่สุด คือ วัน HJD ที่ 2456662.74064 ตามตาราง 1.1

ตาราง 1.1 แสดงค่าเวลาศูนย์สุริยะที่ดาวคู่มีความสว่างน้อยที่สุดของแต่ละช่วงความยาวคลื่น

ฟิวเตอร์	เวลาที่แสงน้อยที่สุด
	+2400000
B	56662.73933
R	56662.738
V	56662.7446
เฉลี่ย	56662.74064

ตาราง 1.2 แสดงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของดาวคู่ V1853 Ori ตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน

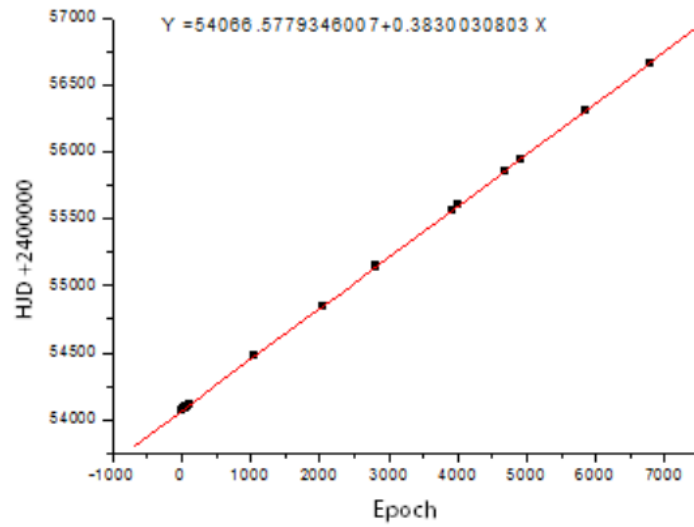
HJD+2400000	ชนิดอุปราคา	E	O-C	อ้างอิงจาก
54066.5778		0	0	IBVS 5799
54066.3849	II	-0.5	-0.001398	IBVS 5781
54066.5781	I	0	0.0003	IBVS 5781
54083.4277	I	44	-0.002276	IBVS 5781
54083.6169	II	44.5	-0.004578	IBVS 5781
54085.3511	I	49	0.006104	IBVS 5781
54085.5383	II	49.5	0.001802	IBVS 5781
54090.3238	I	62	-0.000248	IBVS 5781
54090.5181	II	62.5	0.00255	IBVS 5781
54097.4085	II	80.5	-0.001122	IBVS 5781
54097.5996	I	81	-0.001524	IBVS 5781
54114.2636	II	124.5	0.001802	IBVS 5781
54114.4514	I	125	-0.0019	IBVS 5781
54474.2857	II	1064.5	0.000142	IBVS 5837
54848.671	I	2042	-0.000968	IBVS 5894
55144.917	II	2815.5	-0.008562	IBVS 5920
55564.6861	II	3911.5	-0.011846	IBVS 5992
55601.263	I	4007	-0.011828	IBVS 6070
55857.4885	I	4676	-0.016004	IBVS 6070
55947.6845	II	4911.5	-0.017446	IBVS 6029
56311.727	I	5862	-0.020248	IBVS 6063
56662.74064		6778.5	-0.029774	งานวิจัยครั้งนี้

จากการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถนำค่า Epoch และ HJD มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ เพื่อนำมาพิจารณาหาสมการ Linear ephemeris เพื่อสร้างสมการในการหาค่าช่วงเวลาที่เกิดดาวคู่ V1853 Ori มีความสว่างน้อยที่สุด

3. สมการ Linear ephemeris ของดาว V1853 Ori สมการ Linear ephemeris ของเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ จากอดีต ดังสมการ

$$HJD = 2454066.577800 + 0.38300400E \quad (1.1)$$

หลังการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยจึงรวบรวมวัน HJD ที่แสงน้อยที่สุดและ Epoch ของแต่ละช่วงมาสร้างกราฟเพื่อหาสมการ Linear ephemeris ใหม่ ดังรูป



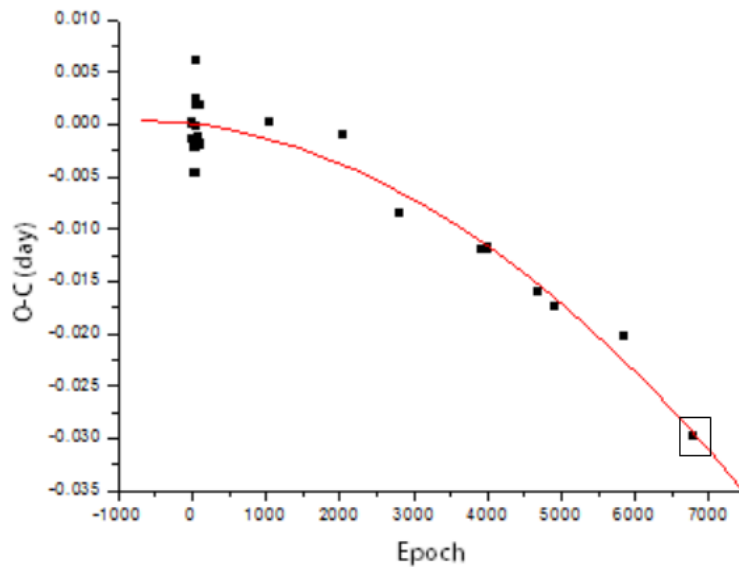
รูป 1.7 แสดงการคำนวณสมการ Linear ephemeris

จะได้สมการ Linear ephemeris จากการวิจัยครั้งนี้ ดังสมการที่ (1.2)

$$HJD = 54066.5779436007 + 0.3830030803E \quad (1.2)$$

4. การสร้างแผนภาพ O-C และคำนวณแนวโน้มของคาบการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori

เมื่อนำข้อมูลค่า Epoch และค่า O-C จากอดีตจนถึงปัจจุบันสามารถสร้างแผนภาพ O-C ได้



รูป 1.8 แสดงค่า O-C Diagram เพื่อดูแนวโน้มคาบการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori

(ข้อมูลในกรอบสี่เหลี่ยมคือข้อมูลของผู้วิจัย)

จากแผนภาพ O-C กับ Epoch ของระบบดาวคู่ V1853 Ori เมื่อวิเคราะห์ค่าในเชิงตัวเลขด้วยสมการโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 (Second-Order Polynomial Fitting) ดังนี้

$$O - C = aE^2 + bE + c \quad (1.3)$$

ทำให้ได้สมการ

$$(O-C) = (-5.0394565061 \times 10^{-10})E^2 - (9.196939792 \times 10^{-7})E - 1.346006689 \times 10^{-4} \quad (1.4)$$

โดย

$$\begin{aligned} a &= -5.0394565061 \times 10^{-10} \\ b &= -9.196939792 \times 10^{-7} \\ c &= -1.346006689 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

จากสมการ $\frac{dP}{dE} = 2a$ นำมาใช้กับสมการ (1.4) จะได้

$$\frac{dP}{dE} = 2(-5.0394565061 \times 10^{-10}) \quad (1.5)$$

$$= -1.007891301 \times 10^{-9} \quad \text{day/cycle}$$

เปลี่ยนจาก day/cycle เป็น sec/year จะได้

$$\frac{dP}{dE} = (-1.007891301 \times 10^{-9} \frac{\text{day}}{\text{cycle}}) \left(\frac{1 \text{ cycle}}{0.38299 \text{ day}} \right) \left(84000 \frac{\text{sec}}{\text{day}} \right) \left(365.25 \frac{\text{day}}{\text{year}} \right)$$

$$= -0.08074130658 \text{ sec/year}$$

ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรที่ได้จากการด้วยแผนภาพ O-C มีค่า เป็นลบหมายถึงถึงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1853 Ori มีค่าลดลงในช่วงอัตรา 0.0106785 วินาทีต่อปี

คาบการโคจร (P) ของดาวคู่ V1853 Ori

$$P = 0.38299 \text{ day}$$

$$P = 0.38299 \times 24 \text{ hours}$$

$$P = 9.19176 \text{ hours}$$

คาบการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori มีค่า 9.19176 ชั่วโมง หมายความว่าในหนึ่งวันดาวคู่ V1853 Ori จะโคจรครบคาบภายในเวลาประมาณ 9 ชั่วโมงโดยประมาณ

5. การหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดและสร้างแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori โดยโปรแกรม PHOEBE 0.31a

จากการสืบค้นข้อมูล ผู้วิจัยพบงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของดาวคู่ V1853 Ori เพื่อนำค่า Input เริ่มต้นมาใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ของดาวคู่นี้

กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าคงที่ (Samec, R. G.: 2554) ดังนี้

ค่าคาบการโคจร	0.38299 day
อุณหภูมิเริ่มต้นของดาวปฐมภูมิ	6200 K
ALB ของดาวปฐมภูมิและทุติยภูมิ	0.50
GR ของดาวปฐมภูมิและทุติยภูมิ	0.32

ส่วนค่า RM นั้นจะถูกตั้งค่าไว้ที่ 0.2, 0.4,..., 6 จนกว่าจะพบพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด

พารามิเตอร์ที่จะสามารถปรับค่าได้ คือ ค่าอุณหภูมิดาวทุติยภูมิ, ค่าSMA, ค่าINCL, ค่า PHSV ของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ และPrimary levels ผู้วิจัยได้ทำการปรับค่าต่างๆ ในโปรแกรมและผลปรากฏว่าค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดเป็น ดังนี้

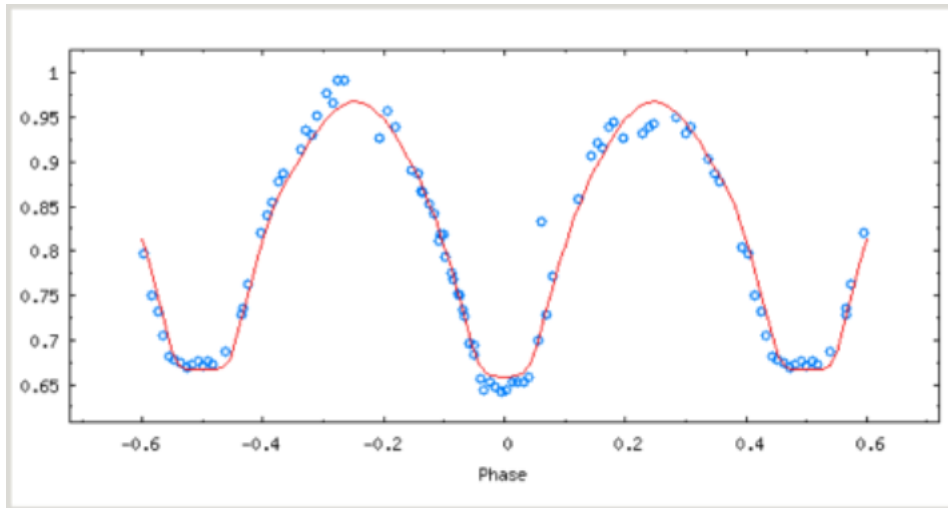
ตารางที่ 1.3 Input Parameter

Ephemeris									
HJD0- Origin of HJD time	2456662.740640								
PERIOD- Orbital period in days	0.3829990000								
System									
SMA- Semi-major axis in solar radii	2.34224±0.008206								
RM- Mass ratio (secondary over primary)	0.21603±0.002098								
INCL-Inclination in degree	84.230173±0.143878								
Component									
TAVH-Primary star effective temperature in K	6200±250								
TAVC- Secondary star effective temperature in K	6261±3								
PHSV-Primary star surface potential	2.19239±0.008477								
PCSV-Secondary star surface potential	2.21942±0.003182								
Surface									
ALB1-Primary star surface albedo	0.32								
ALB2-Secondary star surface albedo	0.32								
GR1- Primary star gravity brightening	0.5								
GR2-Secondary star gravity brightening	0.5								
Luminosity									
	<table> <thead> <tr> <th>Primary Levels</th> <th>Secondary Levels</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Johnson B: 9.359107±0.031163</td> <td>12.566371</td> </tr> <tr> <td>Johnson R: 9.581686±0.028785</td> <td>12.566371</td> </tr> <tr> <td>Johnson V: 9.473290±0.010369</td> <td>12.566371</td> </tr> </tbody> </table>	Primary Levels	Secondary Levels	Johnson B: 9.359107±0.031163	12.566371	Johnson R: 9.581686±0.028785	12.566371	Johnson V: 9.473290±0.010369	12.566371
Primary Levels	Secondary Levels								
Johnson B: 9.359107±0.031163	12.566371								
Johnson R: 9.581686±0.028785	12.566371								
Johnson V: 9.473290±0.010369	12.566371								

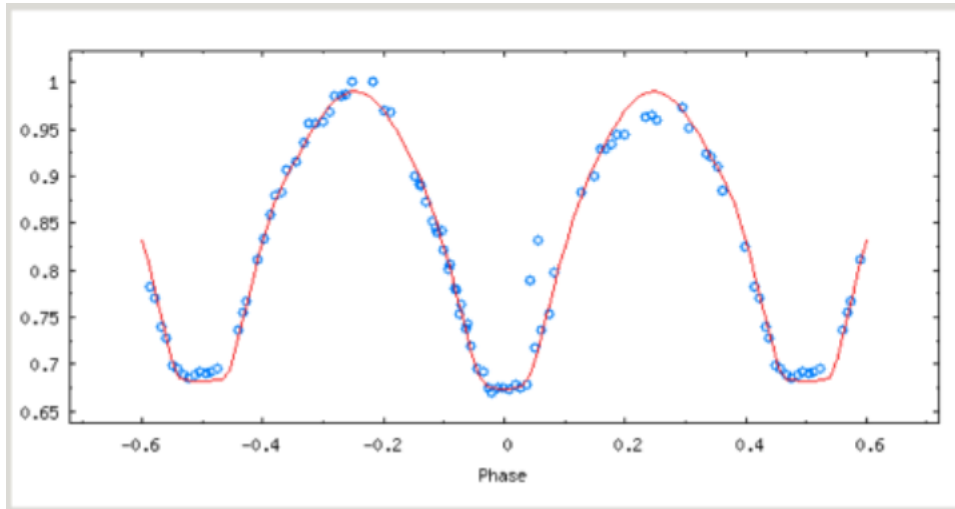
ตาราง 1.4 แสดงค่า Results summary ของพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด

Parameter	Value
$\Omega(L_1)$	2.272138
$\Omega(L_2)$	2.134831
Mass 1	0.969722
Mass 2	0.209409
Radius 1	1.273824
Radius 2	0.673291
Mbol 2	3.954816
Mbol 1	5.406655
Log(g) 1	4.214277
Log(g) 2	4.102605
Surf.Bright.1	0.955546
Surf.Bright.2	0.904444

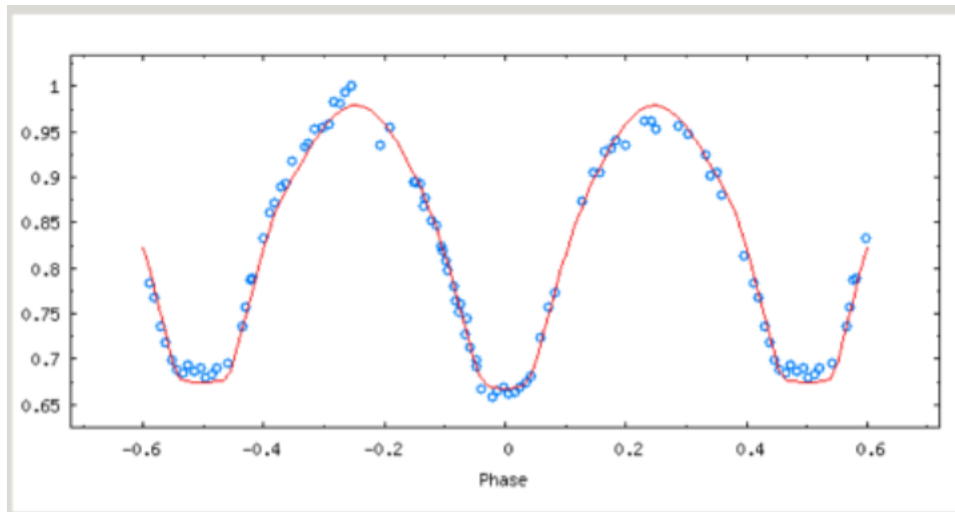
รูปแสดงกราฟแสงและแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori ที่ได้จากโปรแกรม PHOEBE



รูป 1.9 แสดงกราฟแสงที่ได้จากโปรแกรม PHOEBE ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน

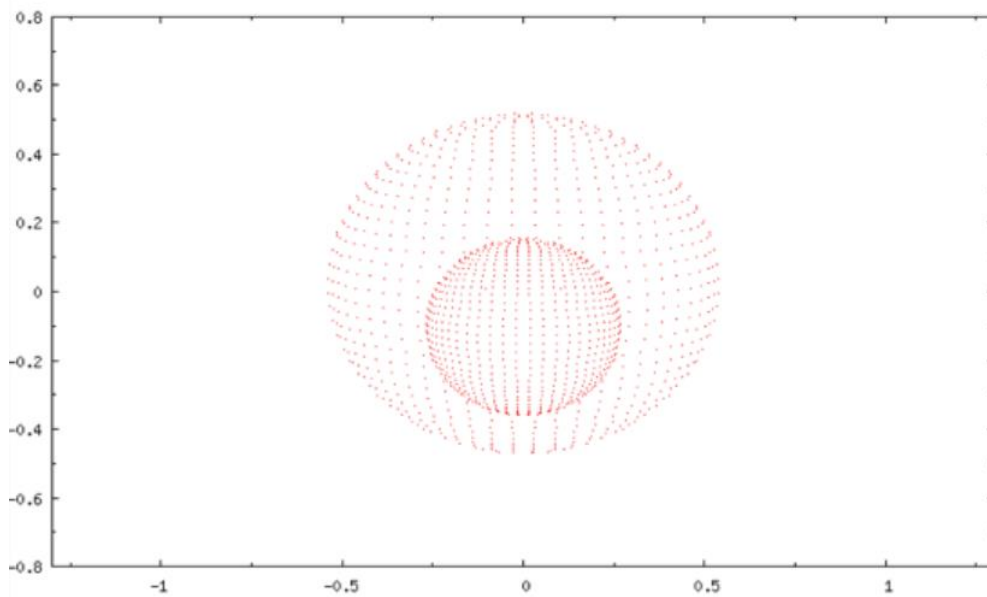


รูป 1.10 แสดงกราฟแสงที่ได้จากโปรแกรม PHOEBE ในช่วงความยาวคลื่นสีสีแดง

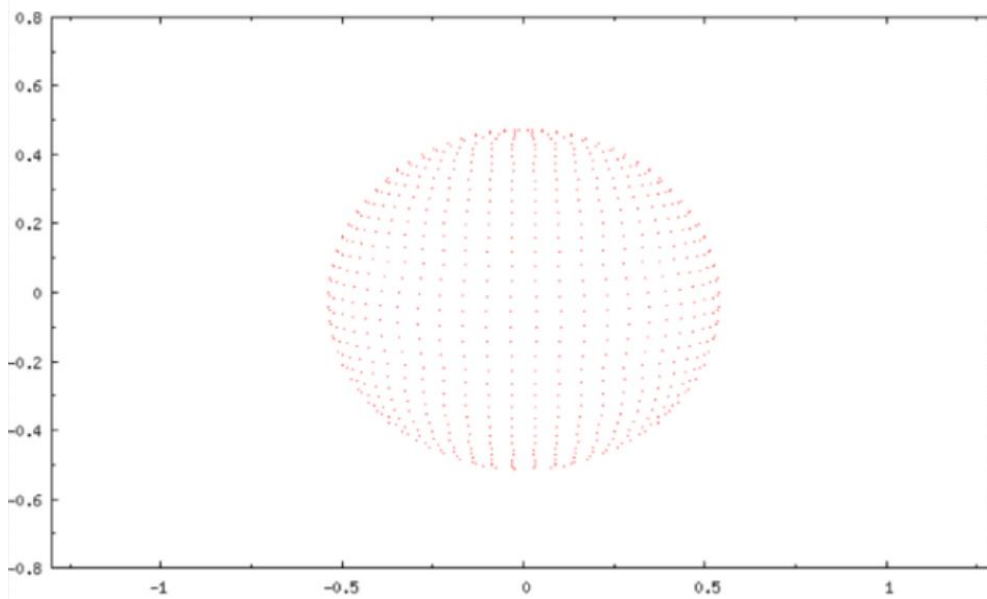


รูป 1.11 แสดงกราฟแสงที่ได้จากโปรแกรม PHOEBE ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง

จากรูป 1.9, 1.10 และ 1.11 ซึ่งแสดงกราฟแสงของดาวคู่ V1853 Ori จะเห็นว่า เส้น Synthetic มีความสัมพันธ์กับกราฟแสงได้เป็นอย่างดี (เส้น Synthetic ทับกราฟแสงพอดี) แสดงให้เห็นว่า พารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของดาวคู่ V1853 Ori ที่ผู้วิจัยใช้ได้ และจากผลของ Input และการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดก็สามารถนำไปสู่การสร้างแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori ได้ ดังนี้

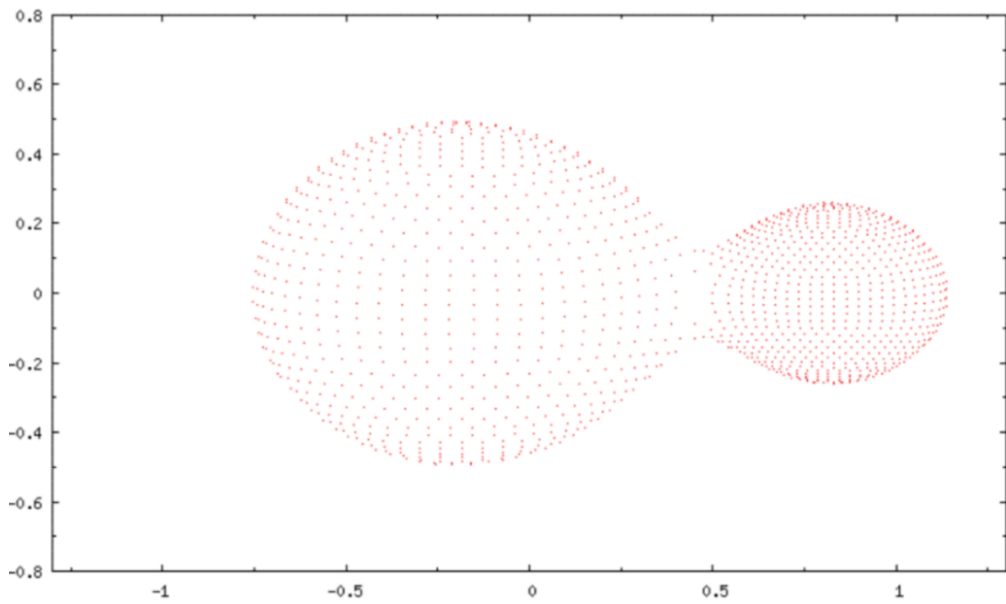


รูป 1.12 แสดงแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori เฟสเท่ากับ 0

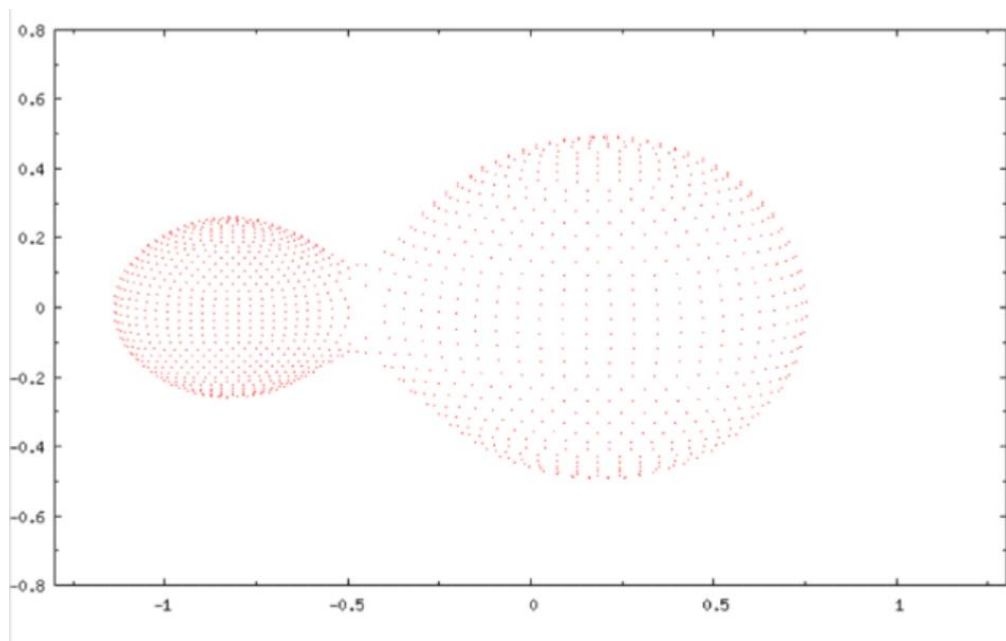


รูป 1.13 แสดงแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori เฟสเท่ากับ 0.5

จากภาพที่ 1.12 และ 1.13 เป็นช่วงที่ดาวเกิดการบังกัน เฟสเท่ากับ 0 เรียกว่า ช่วงปฐมภูมิ สมาชิกดวงที่ใหญ่ และมีอุณหภูมิสูงกว่าจะถูกบังโดยสมาชิกที่เล็กกว่าและอุณหภูมิต่ำกว่า และเฟส เท่ากับ 0.5 เรียกว่า ช่วงทุติยภูมิ สมาชิกดวงที่เล็กกว่าและอุณหภูมิต่ำก็จะถูกบังโดยสมาชิกที่ใหญ่กว่าและอุณหภูมิสูงกว่า



รูป 1.14 แสดงแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori เฟสเท่ากับ 0.25



รูป 1.15 แสดงแบบจำลองการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori เฟสเท่ากับ 0.75

จากรูป 1.14 และ 1.15 ดาวจะมีความสว่างมากที่สุด เพราะสมาชิกทั้งสองดวงไม่ได้ถูกบดบังโดยสมาชิกดวงใดดวงหนึ่ง

สรุปผล

จากการวิเคราะห์ผลของระบบดาวคู่ V1853 Ori ณ หอดูดาวซีกฟ้าใต้ ประเทศชิลี ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ ดังกล่าวสามารถหาคาบการโคจรได้เท่ากับ 0.38299 วัน โดยใช้แผนภาพ O-C ซึ่งสร้างจากค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดคือวัน HJD ที่ 2456662.74064 ตั้งแต่ ค.ศ. 2014 พบว่าคาบการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori มีค่าลดลงในอัตรา 0.08074130658 วินาทีต่อปี ซึ่งหมายถึงระยะห่างระหว่างดาวสมาชิกทั้งสองดวงของระบบดาวคู่นี้จะลดลง อันเป็นผลมาจากกลไกการถ่ายเทมวลระหว่างสมาชิกทั้งสอง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ได้สมการ Linear Ephemeris ใหม่ คือ $MinI = 54066.5779436007 + 0.3830030803E$

จากการวิเคราะห์กราฟแสงโดยโปรแกรม PHOEBE 0.31a โดยคาบการโคจรที่ใช้สำหรับการคำนวณด้วยโปรแกรม PHOEBE เป็นพารามิเตอร์ที่ปรับค่าไม่ได้คือ 0.38299 วัน และได้ แบบจำลองที่สอดคล้องกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ V1853 Ori หนึ่งแบบจำลอง ซึ่ง เป็นแบบจำลองของระบบดาวคู่แบบตะกัน อัตราส่วนมวลค่อนข้างสูง เป็นดาวคู่แบบตะกันชนิด A ซึ่งดาวที่สว่างกว่ามีมวลมากกว่าสมาชิกอีกดวง ระบบดาวนี้มีค่าองค์ประกอบวงโคจรและสมบัติทางกายภาพที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม PHOEBE ดังตาราง 1.5

ตาราง 1.5 ผลเฉลยที่ดีที่สุดของดาวคู่ V1853 Ori ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PHOEBE

พารามิเตอร์	คำตอบที่ดีที่สุด	
	ดาวปฐมภูมิ (Primary Star)	ดาวทุติยภูมิ (Secondary Star)
อัตราส่วนมวล – Mass ratio (secondary over primary)	0.21603±0.002098	
มวล(เท่าของดวงอาทิตย์)	0.960701	0.218511
มุมเอียง – Inclination in degree	84.230173±0.002098	
อุณหภูมิ – Temperature (K)	6200±250	6261±3
ศักย์พื้นผิว – star surface potential (Ω)	2.272138±0.008477	2.134831±0.003182
อัลเบโดพื้นผิว – star surface albedo, ALB1=ALB2	0.50	
ความสว่างโน้มถ่วง – star gravity brightening, GR1=GR2	0.32	
รัศมี – Radius	1.273824	0.673291
Mbol	5.406655	3.954816
Log(g)	4.214277	4.102605
ความสว่างพื้นผิวดาว – Stars Surface Brightness	0.955546	0.904444

อภิปรายผล

งานวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของดาวคู่ V1853 Ori ซึ่งผู้วิจัย คำนวณได้ 0.382999 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิจัยของ samec,R.G.และคณะ ที่คำนวณได้ 0.382888 ตั้งแต่ปีค.ศ. 2011 การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของดาวคู่นี้ ซึ่งมีอัตราลดลงจะนำไปสู่การวิวัฒนาการของดาวคู่ ซึ่งอาจรวมกันเป็นดาวเดี่ยวจากผลของกลไกการถ่ายเทมวลระหว่างสมาชิกของระบบดาวคู่ทั้งสองดวง ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟแสงทำให้ผู้วิจัยสามารถคำนวณหาสมการ Linear Ephemeris ใหม่ได้ ดังสมการ (1.2) ซึ่งจะพบว่าไม่แตกต่างจากสมการ Linear Ephemeris ที่ samec,R.G.และคณะ ได้หาไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 เท่าใดนัก จากกราฟวิเคราะห์กราฟแสงโดยโปรแกรม PHOEBE เทียบกับผลพารามิเตอร์ของ samec,R.G.และคณะ พบว่าไม่แตกต่างกันมาก เช่น อุณหภูมิ (T) ของดาวไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป มุมเอียง (i) ของงานวิจัยครั้งนี้ได้ 84.230173 ± 0.002098 เทียบกับงานวิจัยของ samec,R.G.และคณะ ได้ 83.2 ± 0.1 เป็นต้น แต่ผลจากการวิเคราะห์กราฟแสงดังกล่าว ใช้โปรแกรม Phoebe ซึ่งเป็นโปรแกรมทางดาราศาสตร์ที่ศึกษาหาค่าพารามิเตอร์และสร้างแบบจำลองดาวคู่อุปราคาโดยเฉพาะ และผลปรากฏว่ากราฟแสงและผลเฉลยมีความสอดคล้องกัน จึงสามารถบอกได้ว่าผลเฉลยนี้ใช้ได้

กิจกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ กันตพัฒน์ กิตติอัครวาลย์ ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ได้ให้คำปรึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ นายสมสวัสดิ์ รัตนสุรีย์ เจ้าหน้าที่เทคนิคดาราศาสตร์อาวุโส ที่เป็นที่ปรึกษางานวิจัยคอยให้ความรู้ คำแนะนำ ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ทำการจัดกิจกรรมการประชุมวิชาการดาราศาสตร์เพื่อเยาวชน ครั้งที่ 1 The 1st Thai astronomical Conferane ขึ้น เพื่อเปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้ประสบการณ์และความรู้มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการจัดงานในวันที่ 20 – 21 ธันวาคม พ.ศ. 2557

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิจัยดาราศาสตร์ (องค์การมหาชน). ดาวแปรแสง. สืบค้น กรกฎาคม 16, 2557, จาก <http://www.narit.or.th/index.php/astronomy-article/1330-variable-star>
- กล้องโทรทรรศน์. สืบค้น สิงหาคม 5, 2557, จาก <http://www.narit.or.th/index.php/> 2013-03-08-08-54-19
- ที่ตั้งหอดูดาวซีกฟ้าใต้. สืบค้น สิงหาคม 5, 2557, จาก <http://www.narit.or.th/index.php/> 2013-03-08-08-53-31
- หอดูดาวซีกฟ้าใต้. สืบค้น สิงหาคม 5, 2557, จาก <http://www.narit.or.th/index.php/tst>
- R. G. Samec. *UBVRc* ANALYSIS OF THE RECENTLY DISCOVERED TOTALLY ECLIPSING EXTREME MASS RATIO BINARY V1853 ORIONIS, AND A STATISTICAL LOOK AT 25 OTHER EXTREME MASS RATIO SOLAR-TYPE CONTACT BINARIES. สืบค้น พฤศจิกายน 12, 2557, จาก http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
- V1853 Ori. สืบค้น มิถุนายน 3, 2557, จาก <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic?Ident=v1853+Ori&submit=SIMBAD+search>
- V1853 Ori. สืบค้น มิถุนายน 3, 2557, จาก http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl?script=get%20Aladin%20V*%20V1853%20Ori%2011
- Skynet. V1853 Ori. สืบค้น เมษายน 20, 2557, จาก <http://skynet.unc.edu/>
- V1853 Ori. สืบค้น พฤษภาคม 11, 2557, จาก <http://vizier.u-strasbg.fr/>

เวลาสุริยะปรากฏและสมการเวลาจากการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์

นางสาวขวัญกมล จิตรตระกูล

นายพงศกร คำช่วยสิน

apimuk25@hotmail.com

ครูสายใหม่ การประดับ

โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ชลบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)

บทคัดย่อ

เวลาสุริยะปรากฏและสมการเวลาจากการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บผลค่าเวลาสุริยะปรากฏตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม – 25 สิงหาคม 2557 ในเวลา 7.30 น. และ 8.00 น. โดยการใช้กล้องโทรทรรศน์วัดค่ามุม ชั่วโมงของดวงอาทิตย์และนำมาคำนวณค่าเวลาสุริยะปรากฏ จากนั้นนำค่าเวลาสุริยะปรากฏที่ได้มาสร้างกราฟสมการเวลาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และตรวจสอบค่าที่ได้โดยการเปรียบเทียบกับค่าเวลาสุริยะปรากฏจากโปรแกรมมาตรฐาน ผลการสังเกตการณ์พบว่าค่าเวลาสุริยะปรากฏที่ได้มีแนวโน้มการเพิ่มลดของเวลาตรงกับค่าเวลาสุริยะปรากฏจากโปรแกรมมาตรฐาน โดยมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.51 ในเวลา 7.30 น. และ ร้อยละ 0.80 ในเวลา 8.00 น. และสามารถสร้างกราฟสมการเวลาได้โดยกราฟมีแนวโน้มถูกต้องตามทฤษฎีทั้งในเวลา 7.30 น. และ 08.00 น.

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

เวลาเป็นสิ่งสำคัญที่กำหนดกิจกรรมต่างๆของมนุษย์มาตั้งแต่สมัยโบราณ เวลาบนโลกนิยามวัดกันสองแบบคือ เวลาสุริยะเฉลี่ยซึ่งคำนวณจากตำแหน่งเฉลี่ยของดวงอาทิตย์ในแต่ละวันในรอบหนึ่งปี ซึ่งเป็นเวลาที่ระบุในนาฬิกาที่ใช้กันโดยทั่วไป และเวลาสุริยะปรากฏซึ่งเป็นตำแหน่งจริงของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏบนท้องฟ้า ซึ่งสามารถวัดได้ในรูปของนาฬิกาแดด และวิธีการอื่นๆ เช่น การใช้กล้องโทรทรรศน์ โดยเวลาทั้งสองแบบนี้มีความสัมพันธ์กันในรูปของสมการเวลา ทำให้เราสามารถสร้างกราฟสมการเวลาได้ เมื่อทราบค่าเวลาสุริยะปรากฏ จึงได้จัดทำโครงการนี้ขึ้น เพื่อเก็บค่าเวลาสุริยะปรากฏจากการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์โดยการวัดมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์และนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างกราฟสมการเวลา

วัตถุประสงค์

เพื่อเก็บผลค่าเวลาสุริยะปรากฏตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม - 25 สิงหาคม 2557และนำข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวมาสร้างกราฟสมการเวลา

สมมติฐาน

เวลาสุริยะปรากฏที่ได้จากการสังเกตการณ์สามารถสร้างกราฟสมการเวลาที่มีความถูกต้องและสอดคล้องกับสมการเวลามาตรฐานในช่วงเวลาเดียวกันของปี

ขอบเขตการศึกษา

1. โครงการนี้ทำการเก็บผลค่าเวลาสุริยะปรากฏโดยใช้กล้องโทรทรรศน์เซอร์มันอีควอดเรียลแบบผสมยี่ห้อ MAEDE รุ่น LXD 75
2. โครงการนี้ทำการรวบรวมข้อมูลเวลาสุริยะปรากฏ ณ ตำแหน่ง ละติจูดที่ $13^{\circ}17'35.38''$ เหนือ ลองจิจูดที่ $101^{\circ}9'46.25''$ ตะวันออก

นิยามศัพท์เฉพาะ

MS หมายถึง ตำแหน่งที่แท้จริงที่ปรากฏบนระนาบสุริยวิถีของดวงอาทิตย์

TS หมายถึง ตำแหน่งเฉลี่ยซึ่งปรากฏบนระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าของดวงอาทิตย์

EOT หมายถึง สมการเวลา

Setting circle หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านค่ามุมชั่วโมงของวัตถุท้องฟ้าที่ต้องการ

มุมชั่วโมง (Hour angle) หมายถึง มุมที่แทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากเมริเดียนท้องถิ่นไปทางตะวันออกหรือทางตะวันตก มีค่าเป็นลบในช่วงเวลาก่อนเที่ยงสุริยะ และเป็นบวกหลังเที่ยงสุริยะ โดยมีค่า 15° ต่อหนึ่งชั่วโมง

นิยามเชิงปฏิบัติการ

มุมชั่วโมงวัดได้จากค่าที่สังเกตได้จากกล้องโทรทรรศน์บริเวณ Setting Circle

ระยะเวลาในการศึกษา

ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2557 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2557

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถรวบรวมเวลาสุริยะปรากฏพร้อมทั้งสร้างกราฟสมการ EOT เพื่อเก็บเป็นข้อมูลพื้นฐานทางดาราศาสตร์ของโรงเรียน
2. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองไปขยายผลสู่การทำวิจัยที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต
3. สามารถประยุกต์ใช้งานกล้องโทรทรรศน์ได้อย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพ

วิธีการศึกษา

ตอนที่ 1 การเก็บค่าเวลาสุริยะปรากฏจากการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์

อุปกรณ์

1. กล้องโทรทรรศน์เยอรมันอีเควตอเรียลแบบผสมยี่ห้อ MAEDE รุ่น LXD 75
2. เข็มทิศพร้อมระดับน้ำ
3. เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการบอกเวลามาตรฐานประเทศไทย

วิธีการดำเนินการ

1. ประกอบกล้องโทรทรรศน์ ณ จุดที่ทำการทดลอง
2. ตั้งขาตั้งกล้องโดยให้ขาหน้าชี้ไปทางทิศเหนือ
3. ปรับสมดุลกล้อง (Balancing)
4. ปรับหน้ากล้องให้อยู่ในลักษณะขนานกับพื้น โดยจะให้เข็มทิศพร้อมระดับน้ำวางบนหน้ากล้อง
5. ปรับค่าศูนย์ชั่วโมงที่ Setting Circle ให้ตรงกับเข็ม
6. หาดวงอาทิตย์ให้อยู่ในเฟรมของกล้องโดยใช้ฉากรับ
7. เมื่อถึงเวลาให้อ่านค่าที่ Setting Circle แล้วบันทึกผล
8. ทำซ้ำที่เวลา 8:00:00 น. อีกหนึ่งครั้งแล้วบันทึกผล

ตอนที่ 2 การสร้างกราฟสมการเวลา

วิธีการดำเนินการ

1. นำข้อมูลที่ได้จากตอนที่ 1 กรอกลงในโปรแกรม Microsoft Excel
2. แปลงข้อมูลที่ได้ให้อยู่ในรูปทศนิยม เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์อยู่ในรูปของเวลาในหน่วย ชั่วโมง และนาที
3. แปลงเวลามาตรฐานของประเทศไทยให้อยู่ในรูปมุมชั่วโมงของเวลามาตรฐานท้องถิ่น
4. หาผลต่างของข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 1 และข้อที่ 3 และหาค่าเฉลี่ยของ EOT
5. สร้างกราฟ EOT โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

ผลการศึกษา

กำหนดให้วามุมชั่วโมงที่กล่าวถึงคือ 24^h - มุมชั่วโมงจริง เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ

มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ที่วัดได้จากการสังเกตการณ์

ตารางที่ 1 แสดงมุมชั่วโมงในรูป ชั่วโมง:นาที ของดวงอาทิตย์ในเวลา 7:30:00 น.

day	7:30:00 ICT				
	LHA(TS)				
	1	2	3	4	5
1/7/2014	4:46:00	4:46:00	4:45:00	4:47:00	4:47:00
3/7/2014	4:50:00	4:52:00	4:53:00	4:51:00	4:53:00
7/7/2014	4:49:00	4:50:00	4:50:00	4:50:00	4:51:00
8/7/2014	No data exist				
17/7/2014	4:48:00	4:48:00	4:49:00	4:49:00	4:49:00
18/7/2014	4:50:00	4:50:00	4:51:00	4:51:00	4:51:00
24/7/2014	4:55:00	4:55:00	4:53:00	4:53:00	4:56:00
28/7/2014	4:53:00	4:53:00	4:53:00	4:53:00	4:54:00
30/7/2014	No data exist				
31/7/2014	4:42:00	4:42:00	4:43:00	4:43:00	4:43:00
6/8/2014	4:46:00	4:46:00	4:47:00	4:47:00	4:47:00
13/8/2014	4:43:00	4:43:00	4:43:00	4:42:00	4:42:00
14/8/2014	4:39:00	4:39:00	4:39:00	4:38:00	4:38:00
19/8/2014	4:32:00	4:31:00	4:31:00	4:31:00	4:30:00
25/8/2014	No data exist				

ตารางที่ 2 แสดงมุมชั่วโมงในรูป ชั่วโมง:นาที ของดวงอาทิตย์ในเวลา 8:00:00 น.

day	8:00:00 ICT				
	LHA(TS)				
	1	2	3	4	5
1/7/2014	4:20:00	4:21:00	4:21:00	4:22:00	4:22:00
3/7/2014	4:19:00	4:19:00	4:19:00	4:20:00	4:21:00
7/7/2014	4:20:00	4:21:00	4:21:00	4:21:00	4:22:00
8/7/2014	No data exist				
17/7/2014	4:20:00	4:19:00	4:19:00	4:19:00	4:19:00
18/7/2014	No data exist				
24/7/2014	4:31:00	4:31:00	4:31:00	4:32:00	4:32:00
28/7/2014	4:23:00	4:23:00	4:23:00	4:23:00	4:23:00
30/7/2014	4:19:00	4:18:00	4:18:00	4:18:00	4:17:00
31/7/2014	No data exist				
6/8/2014	4:19:00	4:19:00	4:19:00	4:19:00	4:18:00
13/8/2014	4:19:00	4:19:00	4:19:00	4:19:00	4:18:00
14/8/2014	4:17:00	4:17:00	4:17:00	4:17:00	4:17:00
19/8/2014	4:03:00	4:03:00	4:03:00	4:04:00	4:02:00
25/8/2014	4:08:00	4:08:00	4:09:00	4:09:00	4:09:00

หลังจากนั้น จะทำการแปลงมุมชั่วโมงที่ได้ให้อยู่ในรูป ชั่วโมง เพื่อให้สะดวกในการคำนวณ โดยใช้สูตร
 คำนวณใน Microsoft Excel คือ $=(\text{cell}-\text{INT}(\text{cell}))\times 24$ โดยที่ cell คือข้อมูลในตารางที่ 1 และ 2 จะได้ค่าที่
 ต้องการดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 แสดงมุมชั่วโมงในรูป ชั่วโมง ของดวงอาทิตย์ในเวลา 7:30:00 น.

day	7:30:00 ICT				
	LHA(TS)				
	1	2	3	4	5
1/7/2014	4.766667	4.766667	4.75	4.783333	4.783333
3/7/2014	4.833333	4.866667	4.883333	4.85	4.883333
7/7/2014	4.816667	4.833333	4.833333	4.833333	4.85
8/7/2014	No data exist				
17/7/2014	4.8	4.8	4.816667	4.816667	4.816667
18/7/2014	4.833333	4.833333	4.85	4.85	4.85
24/7/2014	4.916667	4.916667	4.883333	4.883333	4.933333
28/7/2014	4.883333	4.883333	4.883333	4.883333	4.9
30/7/2014	No data exist				
31/7/2014	4.7	4.7	4.716667	4.716667	4.716667
6/8/2014	4.766667	4.766667	4.783333	4.783333	4.783333
13/8/2014	4.716667	4.716667	4.716667	4.7	4.7
14/8/2014	4.65	4.65	4.65	4.633333	4.633333
19/8/2014	4.533333	4.516667	4.516667	4.516667	4.5
25/8/2014	No data exist				

ตารางที่ 4 แสดงมุมชั่วโมงในรูป ชั่วโมง ของดวงอาทิตย์ในเวลา 8:00:00 น.

day	8:00:00 ICT				
	24-LHA(TS)				
	1	2	3	4	5
1/7/2014	4.333333	4.35	4.35	4.366667	4.366667
3/7/2014	4.316667	4.316667	4.316667	4.333333	4.35
7/7/2014	4.333333	4.35	4.35	4.35	4.366667
8/7/2014	No data exist				
17/7/2014	4.333333	4.316667	4.316667	4.316667	4.316667
18/7/2014	No data exist				
24/7/2014	4.516667	4.516667	4.516667	4.533333	4.533333
28/7/2014	4.383333	4.383333	4.383333	4.383333	4.383333
30/7/2014	4.316667	4.3	4.3	4.3	4.283333
31/7/2014	No data exist				
6/8/2014	4.316667	4.316667	4.316667	4.316667	4.3
13/8/2014	4.316667	4.316667	4.316667	4.316667	4.3
14/8/2014	4.283333	4.283333	4.283333	4.283333	4.283333
19/8/2014	4.05	4.05	4.05	4.066667	4.033333
25/8/2014	4.133333	4.133333	4.15	4.15	4.15

มุมชั่วโมงท้องถิ่นของดวงอาทิตย์เฉลี่ย

มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์เฉลี่ยที่เราได้คือมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์เฉลี่ยที่ลองจิจูด 105° ซึ่งจะต้องแปลงให้อยู่ที่ลองจิจูด $101^\circ.162846$ ซึ่งเป็นลองจิจูดท้องถิ่นของผู้สังเกต โดยขั้นตอนแรกจะใช้สูตร

$=(\text{cell}_1 - \text{INT}(\text{cell})) * 24$ โดยที่ cell_1 คือมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์เฉลี่ยที่อยู่ในรูป ชั่วโมง:นาที หลังจากนั้นจะใช้สูตร $=\text{cell}_2 + ((105 - 101.162846) / 15)^1$ โดยที่ cell_2 คือค่าที่ได้ก่อนหน้านี้ เพื่อแปลงให้เป็นค่าที่ต้องการ จะได้ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์เฉลี่ยในเวลา 7:30:00 น. และ 8:00:00 น.

day	7:30:00 ICT			8:00:00 ICT		
	HA(MS)	HA(MS)	LHA(MS)	HA(MS)	HA(MS)	LHA(MS)
1/7/57	4:20	4.333333	4.589144	4:00	4	4.25581
3/7/57	4:30	4.5	4.75581	4:00	4	4.25581
7/7/57	4:30	4.5	4.75581	4:00	4	4.25581
8/7/57	No data exist					
17/7/57	4:30	4.5	4.75581	4:02	4.033333	4.289144
18/7/57	4:30	4.5	4.75581	No data exist		
24/7/57	4:30	4.5	4.75581	4:08	4.133333	4.389144
28/7/57	4:30	4.5	4.75581	4:00	4	4.25581
30/7/57	No data exist			3:58	3.966667	4.222477
31/7/57	4:28	4.466667	4.722477	No data exist		
6/8/57	4:30	4.5	4.75581	4:00	4	4.25581
13/8/57	4:27	4.45	4.70581	4:00	4	4.25581
14/8/57	4:26	4.433333	4.689144	4:05	4.083333	4.339144
19/8/57	4:23	4.383333	4.639144	3:56	3.933333	4.189144
25/8/57	No data exist			4:00	4	4.25581

สมการเวลา

สมการเวลาสามารถหาได้จากนำมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริงลบมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์เฉลี่ย นั่นคือนำตารางที่ 3 และ 4 มาลบกับตารางที่ 5 จะได้ตั้งตารางที่ 6 และ 7

ตารางที่ 6 แสดงสมการเวลาในเวลา 7:30:00 น.

day	7:30:00 ICT				
	EOT				
	1	2	3	4	5
1/7/2014	0.177523	0.177523	0.160856	0.19419	0.19419
3/7/2014	0.077523	0.110856	0.127523	0.09419	0.127523
7/7/2014	0.060856	0.077523	0.077523	0.077523	0.09419
8/7/2014	No data exist				
17/7/2014	0.04419	0.04419	0.060856	0.060856	0.060856
18/7/2014	0.077523	0.077523	0.09419	0.09419	0.09419
24/7/2014	0.160856	0.160856	0.127523	0.127523	0.177523
28/7/2014	0.127523	0.127523	0.127523	0.127523	0.14419
30/7/2014	No data exist				
31/7/2014	-0.02248	-0.02248	-0.00581	-0.00581	-0.00581
6/8/2014	0.010856	0.010856	0.027523	0.027523	0.027523
13/8/2014	0.010856	0.010856	0.010856	-0.00581	-0.00581
14/8/2014	-0.03914	-0.03914	-0.03914	-0.05581	-0.05581
19/8/2014	-0.10581	-0.12248	-0.12248	-0.12248	-0.13914
25/8/2014	No data exist				

ตารางที่ 7 แสดงสมการเวลาในเวลา 8:00:00 น.

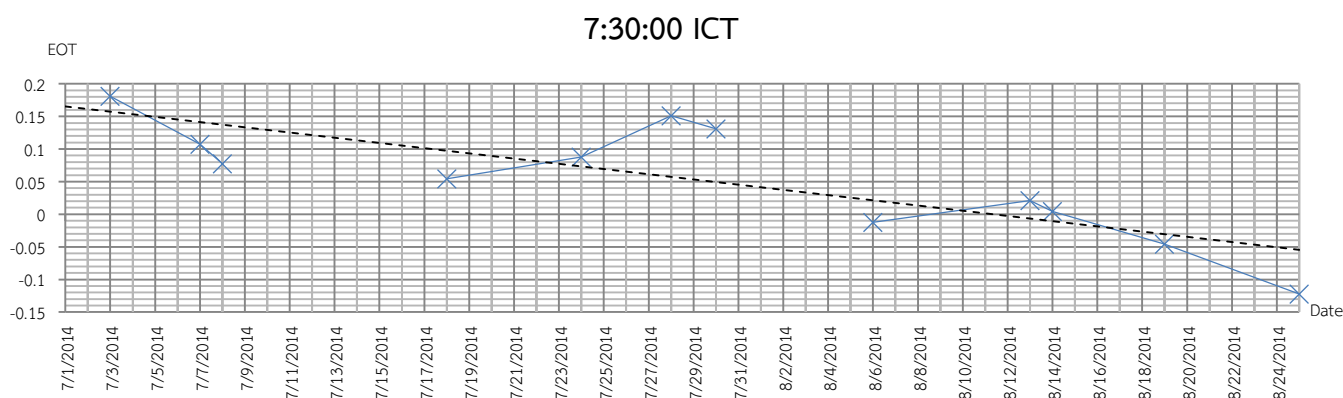
day	8:00:00 ICT				
	EOT				
	1	2	3	4	5
1/7/2014	0.077523	0.09419	0.09419	0.110856	0.110856
3/7/2014	0.060856	0.060856	0.060856	0.077523	0.09419
7/7/2014	0.077523	0.09419	0.09419	0.09419	0.110856
8/7/2014	No data exist				
17/7/2014	0.04419	0.027523	0.027523	0.027523	0.027523
18/7/2014	No data exist				
24/7/2014	0.127523	0.127523	0.127523	0.14419	0.14419
28/7/2014	0.127523	0.127523	0.127523	0.127523	0.127523
30/7/2014	0.09419	0.077523	0.077523	0.077523	0.060856
31/7/2014	No data exist				
6/8/2014	0.060856	0.060856	0.060856	0.060856	0.04419
13/8/2014	0.060856	0.060856	0.060856	0.060856	0.04419
14/8/2014	-0.05581	-0.05581	-0.05581	-0.05581	-0.05581
19/8/2014	-0.13914	-0.13914	-0.13914	-0.12248	-0.15581
25/8/2014	-0.12248	-0.12248	-0.10581	-0.10581	-0.10581

แล้วนำตารางที่ 6 และ 7 มาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้สูตร $=AVERAGE(cell_1:cell_5)$ โดยที่ $cell_1$ คือข้อมูลแรก และ $cell_5$ คือข้อมูลสุดท้าย จะได้ตารางที่ 8

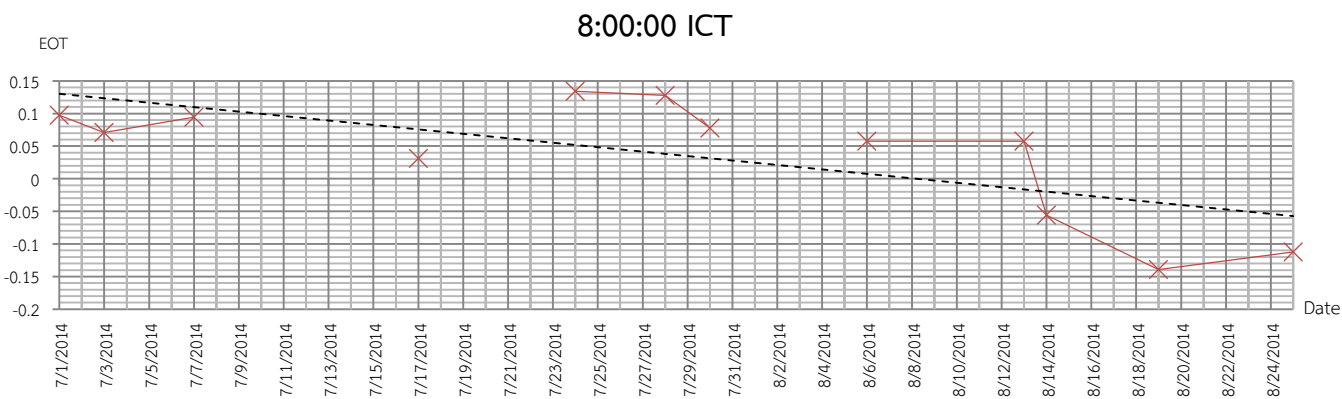
ตารางที่ 8 แสดงสมการเวลาเฉลี่ยในเวลา 7:30:00 น. และ 8:00:00 น.

day	7:30:00 ICT	8:00:00 ICT
	MEOT	MEOT
1/7/57	0.1808564	0.097523067
3/7/57	0.107523067	0.0708564
7/7/57	0.077523067	0.094189733
8/7/57	No data exist	
17/7/57	0.054189733	0.0308564
18/7/57	0.087523067	No data exist
24/7/57	0.1508564	0.134189733
28/7/57	0.1308564	0.127523067
30/7/57	No data exist	0.077523067
31/7/57	-0.012476933	No data exist
6/8/57	0.0208564	0.057523067
13/8/57	0.004189733	0.057523067
14/8/57	-0.045810267	-0.055810267
19/8/57	-0.122476933	-0.1391436
25/8/57	No data exist	-0.112476933

จากตารางที่ 8 จะสามารถสร้างแผนภูมิในแต่ละเวลาได้ดังกราฟที่ 4.1 และ 4.2



กราฟที่ 4.1 แสดงสมการเวลาเฉลี่ยพร้อมเส้นแนวโน้มในเวลา 7:30:00 น. ในช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม 2557 ถึงวันที่ 25 สิงหาคม 2557



กราฟที่ 4.2 แสดงสมการเวลาเฉลี่ยพร้อมเส้นแนวโน้มในเวลา 8:00:00 น. ในช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม 2557 ถึงวันที่ 25 สิงหาคม 2557

สรุปผล

จากการสังเกตการณ์สรุปได้ว่า เวลาสุริยะปรากฏที่ได้จากการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์แบบผสม มีแนวโน้มการเพิ่มลดเวลาตรงกับค่าเวลาสุริยะปรากฏจากโปรแกรมมาตรฐาน และสามารถสร้างกราฟ EOT จากผลดังกล่าว โดยกราฟมีแนวโน้มถูกต้องตามทฤษฎี

อภิปราย

จากการสังเกตพบว่า เวลาสุริยะปรากฏที่ได้จากการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์แบบผสม มีความคลาดเคลื่อนจากเวลาสุริยะปรากฏจากโปรแกรมมาตรฐานร้อยละ 1.51 ในเวลา 7.30 น. และร้อยละ 0.80 ในเวลา 8:00 น. ซึ่งเป็นผลเนื่องจาก

1. ความละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บค่า เนื่องจากสเกลบน Setting circle ของกล้องโทรทรรศน์มีความละเอียดสูงสุดในหน่วยนาที่ ซึ่งจะส่งผลให้ข้อมูลที่ได้อาจมีความละเอียดลดลง
2. ความแตกต่างของดัชนีหักเหของอากาศและชั้นบรรยากาศของโลก ซึ่งส่งผลให้ตำแหน่งภาพของดวงอาทิตย์ที่สังเกตจากโลกเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่แท้จริงเล็กน้อย
3. สภาพอากาศในแต่ละวัน ส่งผลให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาที่เท่ากัน เช่น ลักษณะท้องฟ้าไม่ปลอดโปร่ง มีฝนตก หรือมีเมฆบดบังตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ณ เวลาที่สังเกตการณ์
4. การอ่านข้อมูลของผู้สังเกตการณ์ ซึ่งแก้ไขโดยการอ่านซ้ำ 5 ครั้ง โดยผู้สังเกตมากกว่า 1 คน และใช้ค่าเฉลี่ย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง เวลาสุริยะปรากฏและสมการเวลาจากการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ ได้รับการสนับสนุนจาก ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ชลบุรี นายสุวิทย์ ชื่อดตรง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำโครงการ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ครูสายไหม ภารประดับ ครูที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำระหว่างทำโครงการ ช่วยสืบค้นเอกสารต่างๆ และติดต่อสอบถามไปยังผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้การช่วยเหลือในการทำโครงการนี้ ตลอดจนให้กำลังใจจนข้าพเจ้าสามารถดำเนินโครงการนี้ได้จนเสร็จสิ้น

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการตัดสินโครงการเพื่อคัดเลือกนักเรียนตัวแทนโรงเรียนไปนำเสนองานที่โรงเรียนอริกาว่า ประเทศญี่ปุ่นทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ งานโครงการเล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.ทรงวุฒิ นิมจินดา อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้คำแนะนำและเสนอแนวทางในการแก้ไขข้อผิดพลาดในโครงการแก่คณะผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วุฒิพันธุ์ ปรัชญพฤทธิ์ สำหรับความรู้ที่เป็นแรงบันดาลใจให้เกิดโครงการนี้ขึ้น และขอขอบคุณผู้ปกครองที่สนับสนุนปัจจัยในการทำโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นโครงการ

เอกสารอ้างอิง

สรรค์สนธิ บุญโยทยาน. นาฬิกาแดดต้นแบบ “มิติเวลาของมนุษยชาติ”. [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก :

<http://www.yclsakhon.com//index.php?lay=show&ac=article&Id=539243406>.

โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ชลบุรี. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการเรียนวิชาดาราศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการเรียนวิชาดาราศาสตร์พื้นฐาน (ว 30102).

การศึกษาคาบการแปรแสงของดาว IT CrA

นางสาวสุพมาล กิจสำเร็จ

นางสาวมนต์ชาดา สุหรั่ง

นางสาวภัทราพร สิงคนิภา

e-mail:pandorajung@hotmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์รัชวิชชัย สุขใจ

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์

บทคัดย่อ

โครงการนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาคาบของดาวแปรแสง IT CrA ซึ่งเป็นดาวแปรแสงชนิด Algol-type โดยใช้วิธีการวิเคราะห์จากภาพถ่ายทางดาราศาสตร์ที่ถ่ายด้วยกล้อง Prompt 8 (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ซึ่งตั้งอยู่ ณ หอดูดาว CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory) ประเทศชิลี ผ่านฟิลเตอร์ B ตั้งแต่วันที่ 17 กันยายน 2557 ถึงวันที่ 11 พฤศจิกายน 2557 และใช้วิธีการวิเคราะห์ Aperture Photometry จากโปรแกรม Aperture Photometry Tool โดยเทียบกับดาวอ้างอิง 3 ดวง คือ HD 325245, TYC 7405-49-1 และ HD 325244 เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสงจะได้โซติมาตรปรากฏของดาวแปรแสง IT CrA อยู่ระหว่าง 11.537 ± 0.0058 และ 14.897 ± 2.5572 โดยผลจากการวิเคราะห์ได้คาบของดาวแปรแสง IT CrA จากความสว่างที่ลดลงได้คาบ 5.67 ± 0.38 วัน ซึ่งค่าคลื่อนจากค่าอ้างอิงอยู่ 0.72% ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าวิธีนี้เป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปพัฒนาต่อในการหาคาบดาวแปรแสงอย่างง่ายได้

คำสำคัญ: ดาวแปรแสง, คาบ, Aperture Photometry

บทนำ

ดาวแปรแสง (Variable Stars) คือ ดาวฤกษ์ที่มีความสว่างเปลี่ยนแปลงไปเมื่อสังเกตที่เวลาต่างกันเทียบกับผู้สังเกต การแปรแสงของดาวฤกษ์กลุ่มนี้มีทั้งแบบที่มีคาบการแปรแสงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ และแบบที่ไม่มีคาบการแปรแสงไม่สม่ำเสมอ นักดาราศาสตร์ได้จำแนกดาวแปรแสงตามปัจจัยที่ทำให้เกิดการแปรแสงได้ 2 ประเภท คือ การแปรแสงจากปัจจัยภายใน (Intrinsic variables) การแปรแสงจากปัจจัยภายนอก (Extrinsic variables) (NARIT, 2014)

การแปรแสงจากปัจจัยภายใน (Intrinsic Variables) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในดาวสามารถจำแนกย่อยได้อีก 2 ประเภท คือดาวแปรแสงแบบยุบขยาย (Pulsating Variables) เป็นดาวที่แปรแสงเนื่องจากพื้นผิวเกิดการยุบขยาย และดาวแปรแสงแบบปะทุรุนแรง (Eruptive or Cataclysmic Variables) เป็นดาวแปรแสงที่เปลี่ยนแปลงความสว่างแบบฉับพลัน เกิดจากการระเบิดของดาว (CSIRO, 2011)

การแปรแสงจากปัจจัยภายนอก (Extrinsic Variables) การแปรแสงของดาวแปรแสงประเภทนี้เกิดจากปัจจัยภายนอกดาวหรือการหมุนรอบตัวเองของดาวสามารถจำแนกย่อยได้อีก 2 ประเภท คือดาวคู่อุปราคา (eclipsing binary) แปรแสงจากการบังกันของดาวและดาวแปรแสงแบบหมุน (Rotating Variables) แปรแสงจากจุดดับบนดาวฤกษ์ที่หมุนไปรอบดาวฤกษ์ (ตอริก เอ็งปียา, 2014)

ปัจจุบันนักดาราศาสตร์ได้ทำการศึกษาดาวแปรแสงอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น ใช้เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของดาว หาระยะห่างของดาว หรือแม้แต่หาสิ่งมีชีวิตนอกโลก (M. Saladyga, 2013) และได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับดาวแปรแสงมากมาย เช่น การจำลองบรรยากาศของดาวแปรแสงคาบยาว (G. H. Bowen, 1987) การศึกษาสเปกตรัมและสนามแม่เหล็กของดาวแปรแสง HD125248 (D. W. N. Stibbs, 1950) การตรวจจับดาวแปรแสงโดยวิธีที่เหมาะสมกับการค้นหาโดยฮับเบิลใน NGC 1866 (Peter B. Stetson, 1993)

กลุ่มของเราได้เลือกที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับดาวแปรแสงที่มีคาบคงที่ โดยถ่ายภาพและนำมาวิเคราะห์เพื่อหาคาบดาวแปรแสง Cepheid ซึ่งเป็นประเภทดาวแปรแสงแบบขยาย (Pulsating Variables) ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลดาวแปรแสงจาก *American Association of Variable Star Observers* (AAVSO, 2014) และใช้วิธีการวิเคราะห์อ้างอิงจาก The Nebraska Astronomy Applet Project (NAAP, 2014)

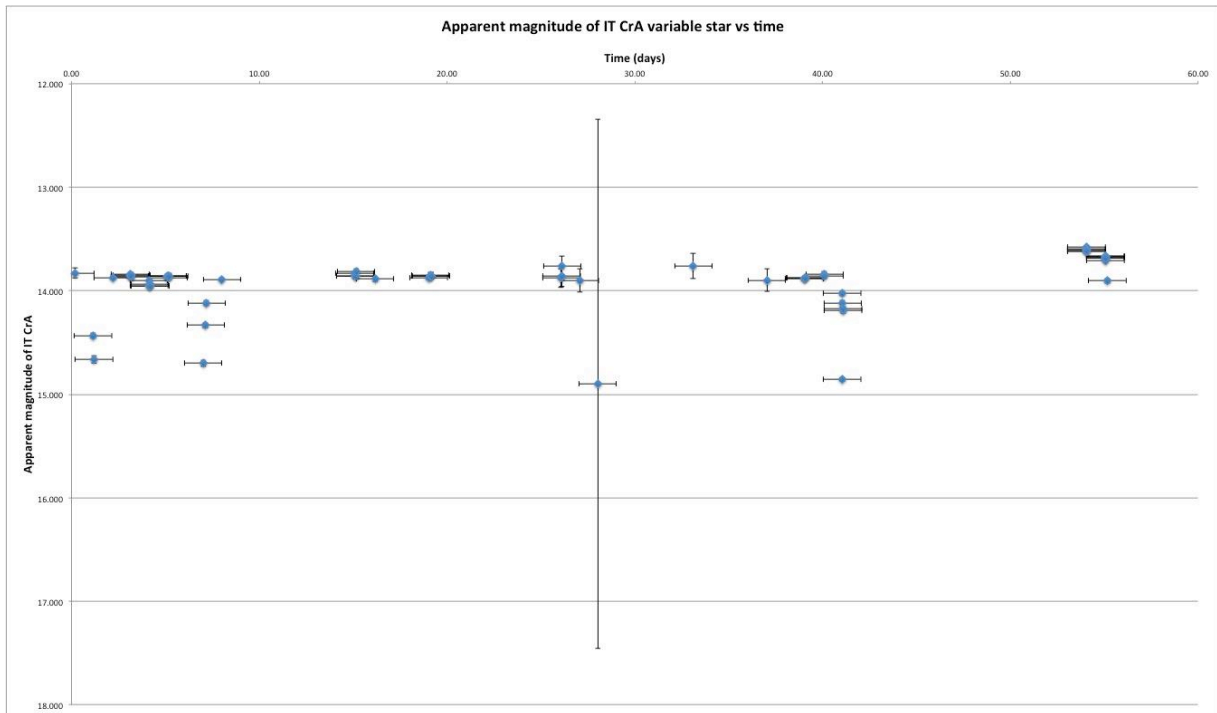
วิธีการศึกษา

ขั้นตอนการทำโครงการ

1. ถ่ายภาพดาวแปรแสง IT CrA โดยใช้กล้อง Prompt 8 ของกล้องโทรทรรศน์ CTIO ประเทศชิลี
 - ใน filter B ตั้งแต่วันที่ 17 กันยายน 2557 ถึงวันที่ 11 พฤศจิกายน 2557
 - เว้นระยะห่างภาพละ 30 นาที
2. ใช้โปรแกรม Aperture photometry Tool 2.4.7 ในการวิเคราะห์หาความสว่างของดาวแปรแสง
 - หาค่าความสว่างของดาว 3 ดวง คือ HD 325245, TYC 7405-49-1 และ HD 325244
 - หาค่าความสว่างของดาวแปรแสง IT CrA
3. คำนวณหาโชติมาตรปรากฏของดาวแปรแสง
4. เขียนกราฟระหว่างโชติมาตรปรากฏของดาวแปรแสง IT CrA และหาคาบการแปรแสงจากความสว่างที่ลดลง

ผลการศึกษา

จากการวัดความสว่างของดาวแปรแสง IT CrA ได้ความสว่างที่เขียนในกราฟได้ดังตาราง



สรุปผล

จากผลการทดลอง โชติมาตรปรากฏของดาวแปรแสง IT CrA อยู่ระหว่าง 11.537 ± 0.0058 และ 14.897 ± 2.5572
 จากการพิจารณาความสว่างที่ลดลงไปและนำมาคำนวณเป็นคาบของดาวแปรแสง IT CrA
 คาดว่าข้อมูลที่โชติมาตรปรากฏมีค่า 14.897 มีความคลาดเคลื่อนมากเกินไป จึงไม่นำมาพิจารณา จากข้อมูลที่เหลือทั้งหมด
 ทำการวิเคราะห์ห้วงของการลดลงของความสว่างดาวแปรแสง IT CrA จะได้ว่าดาวแปรแสง IT CrA มีคาบ 5.67 ± 0.38 วัน

อภิปราย

จากผลการทดลอง โชติมาตรปรากฏของดาวแปรแสง IT CrA อยู่ระหว่าง 11.537 ± 0.0058 และ 14.897 ± 2.5572 และดาวแปร
 แสง IT CrA มีคาบ 5.67 ± 0.38 วัน ซึ่งจากฐานข้อมูลพบว่าดาวดวงนี้มีคาบ 5.71151 วัน ซึ่งผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน
 ไป 0.73% ทั้งนี้ความคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากสิ่งรบกวนจากแสงและบรรยากาศ ซึ่งส่งผลให้ภาพที่ถ่ายในแต่ละวันเวลามี
 ความแตกต่างกัน จำนวนโฟตอนที่นับได้มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้โชติมาตรปรากฏที่วัดได้คลาดเคลื่อนไป นอกจากนี้
 ความคลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นตอนการประมาณคาบของดาวแปรแสง IT CrA ซึ่งเป็นการประมาณจากกราฟแสงที่เขียนขึ้น
 และพิจารณาคาบของความสว่างที่ลดลงไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์รัชชัช สุตใจ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ และนายมติพล ตังมดิธรรม สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความรู้และสนับสนุนอุปกรณ์การทำโครงการ ขอขอบคุณความร่วมมือจากหอดูดาว CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory) ประเทศชิลี สำหรับภาพถ่ายทางดาราศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

มติพล ตังมดิธรรม. คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ. ประเทศไทย, 2013.

Carroll, Ostlie. An introduction to Astrophysics. 2nd edition. Pearson Education, Inc.: San Francisco, 2007.

Cornell. Hertzsprung-Russell Diagram เข้าถึงได้จาก:

http://www.astro.cornell.edu/academics/courses/astro201/hr_diagram.htm (วันที่ค้นข้อมูล :

12 สิงหาคม 2014).

COSMOS. Hertzsprung-Russell Diagram เข้าถึงได้จาก:

<http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/h/hertzsprung-russell+diagram> (วันที่ค้นข้อมูล : 17 สิงหาคม 2014)

CSIRO. Australia Telescope National Facility. The Hertzsprung-Russell Diagram เข้าถึงได้จาก:

http://www.atnf.csiro.au/outreach/education/senior/astrophysics/stellarevolution_hrintro.html (วันที่ค้นข้อมูล :

17 สิงหาคม 2014).

CSIRO. Australia Telescope National Facility. Stellar Evolution Links เข้าถึงได้จาก:

http://www.atnf.csiro.au/outreach/education/senior/astrophysics/stellarevolution_links.html (วันที่ค้นข้อมูล : 17

สิงหาคม 2014).

Dr. Christopher Palma. Measuring the Age of a Star Cluster เข้าถึงได้จาก:

https://www.e-education.psu.edu/astro801/content/17_p6.html (วันที่ค้นข้อมูล : 18 สิงหาคม

2014)

Dr. Hannu *Karttunen*. *Fundamental Astronomy*. 5th edition. Springer, Inc :Berlin Heidelberg New York, 2006

Hertzsprung-Russell Diagram. Basics of the HR diagram เข้าถึงได้จาก:

<http://zebu.uoregon.edu/~soper/Stars/hrdiagram.html> (วันที่ค้นข้อมูล : 12 สิงหาคม 2014).

Hyperphysics. Main Sequence on the Hertzsprung-Russell Diagram เข้าถึงได้จาก:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/astro/herrus.html> (วันที่ค้นข้อมูล : 16 สิงหาคม 2014)

Joseph A., Jr. Angelo. *Encyclopedia of Space and Astronomy*. Facts on File, January 1, 2006

LESA. The Messier Objects เข้าถึงได้จาก:

http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/messier_object/html/link_index/gc.html (วันที่ค้นข้อมูล : 24 กันยายน 2014)

Sloan Digital Sky Survey/Skyserver. The Hertzsprung-Russell Diagram เข้าถึงได้จาก:

<http://skyserver.sdss.org/dr1/en/proj/advanced/hr/> (วันที่ค้นข้อมูล : 18 สิงหาคม 2014)

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์โดยใช้ลักซ์มิเตอร์

สุภิญญา พูลเพิ่ม

Supinya7051@gmail.com

อาจารย์บุญส่ง เห็นงาม

โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

โครงการเรื่อง การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ โดยใช้ลักซ์มิเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ ซึ่งมีหลักการดำเนินงานคือ การวัดความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ที่สว่างเต็มดวง โดยใช้ลักซ์มิเตอร์ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ โดยเทียบจากกำลังส่องสว่างของดวงจันทร์ที่สะท้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก และกำลังส่องสว่างที่ดวงจันทร์ได้รับจากดวงอาทิตย์

จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ที่สามารถคำนวณได้มีค่าเป็น 0.11 โดยมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงอยู่ที่ 8.33 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความแปรปรวนเป็น 3.33×10^{-5}

คำสำคัญ: ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์, กำลังส่องสว่าง, ความเข้มแสง

บทนำ

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง เป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบการสะท้อนแสงของพื้นผิวกับปริมาณรังสีทั้งหมดที่ตกกระทบ มักแสดงด้วยตัวเลขทศนิยมระหว่าง 0 ถึง 1 กล่าวคือ วัตถุที่มีการดูดกลืนรังสีอย่างสมบูรณ์ ไม่มีการสะท้อนรังสีกลับคืน จะมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเป็น 0 ส่วนวัตถุที่มีการสะท้อนแสงได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีการดูดกลืนรังสี จะมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเป็น 1 เช่น ถ่าน ไม่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงอยู่ที่ 0.05 ถึง 0.1 และหิมะมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงอยู่ที่ 0.8 ถึง 0.85 เป็นต้น

โดยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสามารถนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานที่พื้นผิว สภาพทางเคมีภายในพื้นผิวของวัตถุได้ ซึ่งหากต้องการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานที่พื้นผิว สภาพทางเคมีภายในพื้นผิวของดวงจันทร์ ก็จำเป็นต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ด้วย ในทางกลับกันถ้าทราบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์แล้ว ก็สามารถนำข้อมูลไปพิจารณา โดยเทียบกับสภาพอากาศในแต่ละช่วงเวลาเพื่อหาแนวโน้มระหว่างสภาพการดูดกลืนแสงกับความแปรปรวนในบรรยากาศโลกเหนือบริเวณที่ทำการสังเกตการณ์ได้ (พิสิฏฐ นิธิยานันท์, 2555)

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ โดยใช้เครื่องมือในการศึกษาคือ ลักซ์มิเตอร์ ทั้งนี้จะทำการวัดความเข้มแสงดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ที่สว่างเต็มดวง ซึ่งเก็บข้อมูลตามมุมอัลติจูด 30, 45 และ 60 องศา โดยทำการเก็บข้อมูล ณ 67/4 หมู่ 7 ต.วังหว่า อ.แกลง จ.ระยอง 21110 เป็นเวลาทั้งหมด 4 เดือนคือ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. สร้างกระบอกรวมกลม สีดำ ที่มีความสูง 1 นิ้ว และเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว
2. นำกระบอกรวมกลมที่สร้างขึ้นต่อเข้ากับบริเวณเซนเซอร์รับแสงของเครื่องลักซ์มิเตอร์
3. วัดความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ ดังภาพที่ 1
4. วัดความเข้มแสงของดวงจันทร์ ซึ่งใช้กล้องโทรทรรศน์ในการรวมแสง โดยการวัดไม่ผ่านเลนส์ตา ดังภาพที่ 2
5. บันทึกข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้ออกไปคำนวณ

ดำเนินการเก็บข้อมูลตามลักษณะข้างต้น ในวันดวงจันทร์เต็มดวง (ขึ้น 15 ค่ำ) ณ ตำแหน่งมุมอัลติจูด 30, 45 และ 60 องศา โดยใช้โปรแกรม Stellarium version 0.13.0 ช่วยในการกำหนดเวลาเก็บข้อมูล ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 รวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง บริเวณ 67/4 หมู่ 7 ต.วังหว่า อ.แกลง จ.ระยอง 21110



ภาพที่ 1 การวัดความเข้มแสงของดวงอาทิตย์



ภาพที่ 2 การวัดความเข้มแสงของดวงจันทร์

ขั้นตอนการคำนวณ

1. คำนวณหาค่ากำลังส่องสว่างที่ดวงจันทร์เต็มดวงสะท้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก (L_M)

โดยคำนวณจาก $L_M = F_M 2\pi r_M^2$ (1)

เมื่อ F_M คือ ความเข้มแสงของดวงจันทร์เต็มดวงที่สะท้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก มีหน่วยเป็น *Lux*

r_M คือ ระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์ มีหน่วยเป็น *Meter*

*หมายเหตุ เนื่องจากในการวัดความเข้มแสงของดวงจันทร์ได้ใช้กล้องโทรทรรศน์ช่วยในการรวมแสง ดังนั้น จึงต้องหารค่าความเข้มแสงที่วัดได้ด้วยอัตราส่วนกำลังรวมแสงก่อนเสมอ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\left[\frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางกล้องโทรทรรศน์}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางเซนเซอร์ลักซ์มิเตอร์}} \right]^2$$

2. คำนวณหาลำลังส่องสว่างที่ดวงจันทร์ได้รับจากดวงอาทิตย์ (L_m)

โดยคำนวณจาก $L_m = \pi R^2 F_s$ (2)

เมื่อ F_s คือ ความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น *Lux*

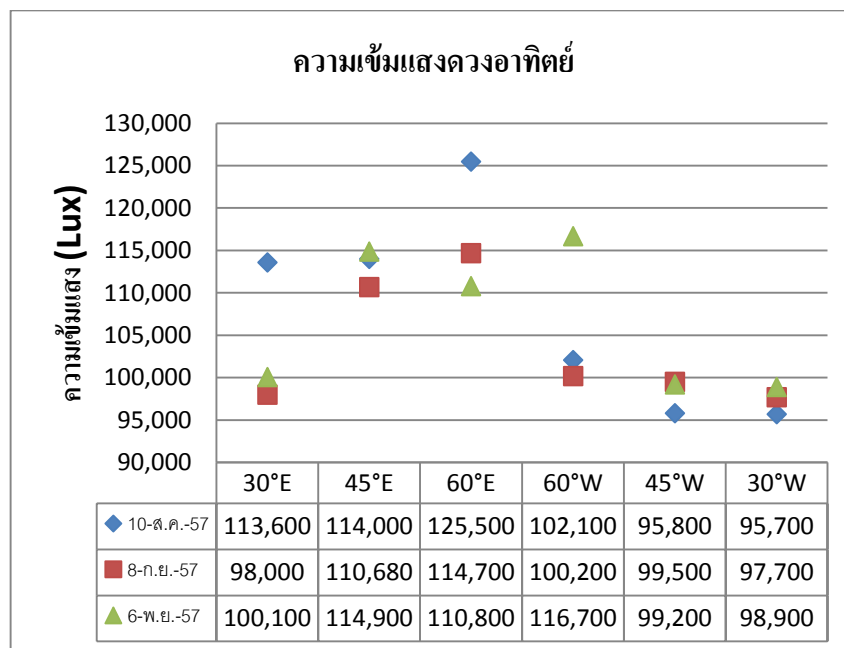
R คือ รัศมีของดวงจันทร์ มีหน่วยเป็น *Meter*

3. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ (A)

โดยคำนวณจาก $A = \frac{L_M}{L_m}$ (3)

ผลการศึกษา

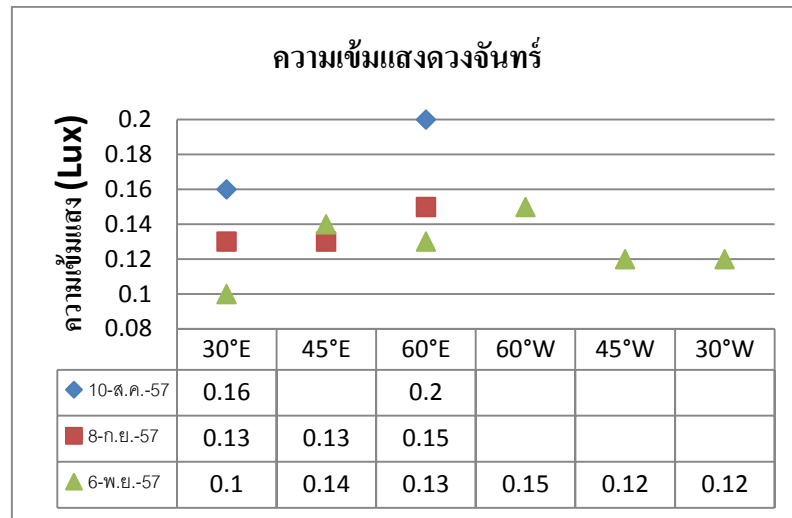
จากการเก็บข้อมูลความเข้มแสงดวงอาทิตย์ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 สามารถ แสดงผลได้ ดังนี้



*หมายเหตุ ไม่สามารถเก็บข้อมูลในวันที่ 8 ตุลาคม 2557 ได้

รูปที่ 3 แสดงความเข้มแสงดวงอาทิตย์

จากการเก็บข้อมูลความเข้มแสงดวงจันทร์ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2557 สามารถแสดงผลได้ ดังนี้



*หมายเหตุ ไม่สามารถเก็บข้อมูลในวันที่ 8 ตุลาคม 2557 ได้

*หมายเหตุ ในแต่ละเดือนอาจไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบทุกค่า

รูปที่ 4 แสดงความเข้มแสงดวงจันทร์

จากข้อมูลความเข้มแสงของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 มีผลการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์

ครั้งที่	มุมอัตรัดจุด (องศา)	วัน/เดือน/ปี				ค่าเฉลี่ย
		10/08/57	08/09/57	08/10/57	06/11/57	
1	30	0.12	0.11	N/A	0.10	0.11
2	45	N/A	0.10	N/A	0.11	0.11
3	60	0.13	0.11	N/A	0.12	0.12
ค่าเฉลี่ยรวม						0.11

ตัวอย่างในการคำนวณ ดังนี้

1. คำนวณหาค่ากำลังส่องสว่างที่ดวงจันทร์เต็มดวงสะท้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก (L_M) โดยคำนวณจาก

$$L_M = F_M 2\pi r_M^2$$

เนื่องจากการวัดความเข้มแสงของดวงจันทร์ได้ใช้กล้องโทรทรรศน์ช่วยในการรวมแสง ดังนั้นจึงต้องหารค่าความเข้มแสงที่วัดได้ด้วยอัตราส่วนกำลังรวมแสงก่อนเสมอ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\left[\frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางกล้องโทรทรรศน์}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางเซนเซอร์ซีซีดี}} \right]^2 = \left[\frac{11.4}{2.2} \right]^2 = 26.85$$

ดังนั้น สามารถหาความเข้มแสงของดวงจันทร์ได้เป็น $F_M = \frac{4.2}{26.85} = 0.16 \text{ Lux}$

$$L_M = 0.16 \times 2\pi \times (3.536 \times 10^8)^2 \text{ Lux} \times m^2$$

$$L_M = 1.26 \times 10^{17} \text{ Lux} \times m^2$$

ดังนั้น กำลังส่องสว่างที่ดวงจันทร์เต็มดวงสะท้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลกคือ $1.26 \times 10^{17} \text{ Lux} \times m^2$

2. กำหนดหาค่ากำลังส่องสว่างที่ดวงจันทร์ได้รับจากดวงอาทิตย์ (L_m) โดยคำนวณจาก $L_m = \pi R^2 F_s$

$$L_m = \pi \times (1.7371 \times 10^6)^2 \times 113600 \text{ Lux} \times m^2$$

$$L_m = 1.08 \times 10^{18} \text{ Lux} \times m^2$$

ดังนั้น กำลังส่องสว่างที่ดวงจันทร์ได้รับจากดวงอาทิตย์คือ $1.08 \times 10^{18} \text{ Lux} \times m^2$

3. กำหนดหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ โดยคำนวณจาก $A = \frac{L_M}{L_m}$

$$A = \frac{1.26 \times 10^{17} \text{ Lux} \times m^2}{1.08 \times 10^{18} \text{ Lux} \times m^2}$$

$$A = 0.12$$

ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์คือ 0.12

สรุปผล

จากการเก็บข้อมูลความเข้มแสงของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ที่สว่างเต็มดวงบนพื้นโลก สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ได้เท่ากับ 0.11 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงอยู่ที่ 8.33 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความแปรปรวนเป็น 3.33×10^{-5}

อภิปราย

จากผลการศึกษาพบว่า ดวงจันทร์มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากับ 0.11 นั้น อาจกล่าวได้ว่าดวงจันทร์มีความสามารถในการสะท้อนแสงคล้ายกับถ่านไม้ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ใกล้เคียงกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์ที่คำนวณได้นี้เป็นค่าที่น้อยกว่าความเป็นจริง ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากสภาพท้องฟ้าที่ไม่โปร่งในเวลาเก็บข้อมูล และการดูดซับแสงของกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ ทั้งนี้มีปัญหาคือพบจากการศึกษาคือ ในแต่ละเดือนมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และความโปร่งของท้องฟ้าแตกต่างกัน ซึ่งอาจไม่เอื้ออำนวยต่อการเก็บข้อมูล ทำให้ข้อมูลบางเดือนขาดหายไป ดังนั้นควรทำการทดลองเป็นระยะเวลาที่นานขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำมากที่สุด โดยสามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานที่พื้นผิว พลังงานภายในดวงจันทร์ สภาพทางเคมีภายในพื้นผิวดวงจันทร์ และสามารถนำไปคำนวณหาแนวโน้มระหว่างสภาพการดูดกลืนแสงกับความแปรปรวนในบรรยากาศโลกเหนือบริเวณที่ทำการสังเกตการณ์ได้

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงการวิทยาศาสตร์เรื่อง การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดวงจันทร์โดยใช้
ลักษณะนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ”
มหาวิทยาลัยบูรพา ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา รองศาสตราจารย์สำเภา จงจิตต์
อาจารย์บุญส่ง เห็นงาม และคุณพิสิษฐ นิธิยานันท์ ที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน เอื้อเฟื้อวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการ
ทำโครงการในครั้งนี้ และขอให้คำปรึกษา แนะนำแนวคิด วิธีการ และเสียสละเวลาอันมีค่าแก้ไขข้อบกพร่องของ
เนื้อหา ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- พิสิษฐ นิธิยานันท์. (2555). การศึกษาค่าอัตราส่วนสะท้อนแสงเชิงเรขาคณิตของดาวเคราะห์ก๊าซยักษ์ โดยการ
สังเกตการณ์โดยตรงของแสงอาทิตย์ที่ดาวเคราะห์สะท้อนออกมาที่หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
งานค้นคว้าอิสระ. ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มดิพล ตั้งมดิธรรม. (2556). คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ. เชียงใหม่: สำนักบริการวิชาการ และสารสนเทศ
ทางดาราศาสตร์.
- วิภู ฐาโปการ. (2554). เอกภพเพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของจักรวาล. (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพมหานคร:
นานมีบุ๊คส์พับลิชั่น.
- หอดูดาวเกิดแก้ว. (2557). อัลบีโด. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.lesa.biz/earth/earth-system/albedo> สืบค้น
ข้อมูลเมื่อ 9 ธันวาคม 2557.
- David R. Williams, NASA Goddard Space Flight Center. (2014). **Moon radius** (online). Available:
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html> [2014, December 10]
- Joseph Castro. (2011). **Coal albedo**. (Online). Available:
<http://blogs.discovermagazine.com/80beats/2011/08/12/exoplanet-reflects-practically-no-light-and-why-its-so-dark-is-a-mystery/> [2014, December 10]
- Robert Vanderbei, Princeton University. (2014). **Moon albedo**. (Online). Available:
<http://rosetta.jpl.nasa.gov/news/navcam%E2%80%99s-shades-grey> [2014, December 10]

การศึกษาและเปรียบเทียบความลึกของหลุมอุกกาบาตบนดวงจันทร์ที่คำนวณได้จากมุมอัลติจูดของ

ดวงอาทิตย์บนหลุมอุกกาบาตที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา

นางสาวชลิดา วุฒินันต์

e-mail:m4connect@gmail.com

อาจารย์บุญส่ง เห็นงาม

โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความลึกของหลุมอุกกาบาตบนดวงจันทร์ที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายของเงาบนหลุมอุกกาบาตในแต่ละช่วงเวลาที่มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์บนหลุมอุกกาบาตเปลี่ยนแปลงไป โดยทำการถ่ายภาพหลุมอุกกาบาต 2 หลุม คือ 1.หลุมอุกกาบาต Goclenius (ความลึก 1.5 km) และ 2. หลุมอุกกาบาต Macrobius (ความลึก 3.9 km) ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 21.46 - 04.46 น.จากนั้นนำภาพของเงาบนหลุมอุกกาบาตที่ถ่ายได้ในแต่ละช่วงเวลามาทำการวัดความยาวของเงาเพื่อคำนวณหาความลึกของหลุมอุกกาบาตโดยใช้หลักทางตรีโกณมิติ

ผลการศึกษาพบว่าการคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต Goclenius (ความลึก 1.5 km) ณ เวลา 03.46 น. ซึ่งมีมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์อยู่ที่ 1.93 องศา มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ 18.13 % ในขณะที่การคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต Macrobius (ความลึก 3.9) ณ เวลา 04.46 น. ซึ่งมีมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์อยู่ที่ 0.85 องศา มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ 74.74 % จึงสรุปได้ว่าการคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต จะมีความคลาดเคลื่อนมากเมื่อมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์มีค่าน้อยมาก เนื่องจากมุมอัลติจูดที่มีค่าน้อยจะทำให้เงาของแสงอาทิตย์ทอดยาวไปเกินกว่าความกว้างของหลุมอุกกาบาต ทำให้วัดความยาวของเงาได้สั้นกว่าความเป็นจริง

คำสำคัญ : หลุมอุกกาบาตบนดวงจันทร์, ความลึกของหลุมอุกกาบาต

บทนำ

พื้นผิวของดวงจันทร์ประกอบไปด้วยหลุมอุกกาบาตจำนวนมาก การศึกษาความลึกของหลุมอุกกาบาตบนดวงจันทร์ทำให้สามารถนำข้อมูลความลึกของหลุมอุกกาบาตไปเป็นข้อมูลประกอบในการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของอุกกาบาตที่พุ่งตกลงมายังพื้นผิวของดวงจันทร์ได้

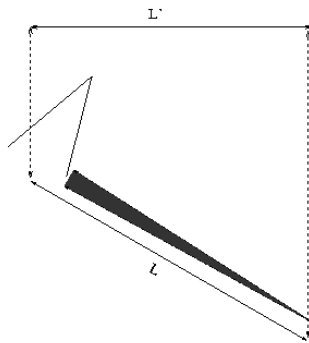
โดยในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความลึกของหลุมอุกกาบาตบนดวงจันทร์ที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายของเงาบนหลุมอุกกาบาตในแต่ละช่วงเวลาที่มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์บนหลุมอุกกาบาตเปลี่ยนแปลงไป โดยทำการถ่ายภาพหลุมอุกกาบาต 2 หลุม คือ 1.หลุมอุกกาบาต Goclenius (ความลึก 1.5 km) และ 2. หลุมอุกกาบาต Macrobius (ความลึก 3.9 km) ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 21.46 - 04.46 น.และใช้วิธีการคำนวณทางตรีโกณมิติในการคำนวณหาความลึกของหลุมอุกกาบาต

วิธีการศึกษา

- (1) ถ่ายภาพเงาที่ทอดลงบนหลุมอุกกาบาตบนดวงจันทร์ โดยทำการถ่ายภาพในแต่ละครั้งทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 21.46 – 04.46 น. ของวันที่ 10 พฤศจิกายน 2557
- (2) นำภาพที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาไปวัดความยาวของเงาในหน่วย pixel โดยใช้โปรแกรม ImageJ
- (3) นำความยาวของเงาที่วัดได้ในหน่วย pixel แปลงไปเป็นหน่วย km โดยใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์กับขนาดของวัตถุในภาพที่เราทราบความยาวจริงในหน่วย km อยู่ก่อนแล้ว
- (4) นำความยาวของเงาที่คำนวณได้จาก ข้อ 3 คูณกับ

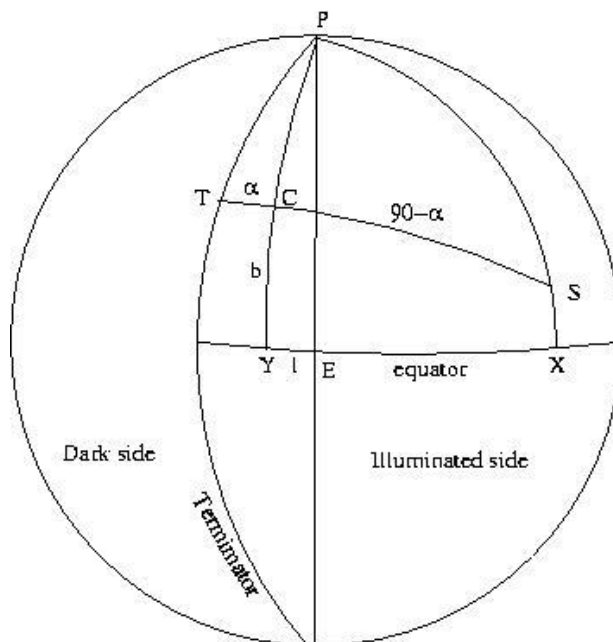
$$\frac{1}{\cos(\text{latitude}) \times \cos(\text{longitude})}$$

เมื่อ latitude และ longitude คือค่าละติจูดและลองจิจูดของหลุมอุกกาบาตที่ทำกรวัดขนาดความลึก เนื่องจากความยาวปรากฏของเงาที่เรามองเห็นจากภาพอาจมีขนาดสั้นกว่าความยาวจริงของเงาที่ทอดลงบนหลุมอุกกาบาต ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงความยาวของเงาที่ปรากฏกับความยาวเงาจริง

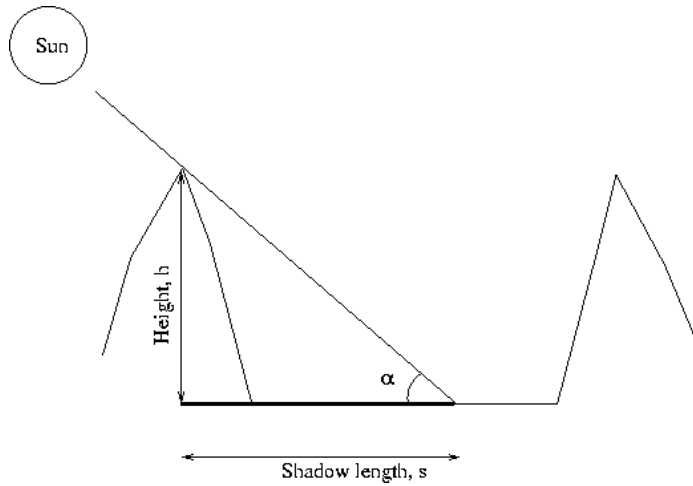
- (5) คำนวณหามุมอัสติจูดของดวงอาทิตย์บนหลุมอุกกาบาต (มุม α) จาก



ภาพที่ 2 แสดงส่วนที่ใช้ในการคำนวณหามุมอัสติจูดของดวงอาทิตย์บนหลุมอุกกาบาต

เมื่อ C คือ ตำแหน่งของหลุมอุกกาบาต, E คือ sub-earth point, P คือ จุดขั้วดวงจันทร์, S คือ sub-solar point, T คือ เส้นแบ่งด้านมืด ด้านสว่างบนดวงจันทร์

(6) คำนวณหาความสูงของหลุมอุกกาบาต จาก $\tan \alpha = \frac{\text{Height}}{\text{Shadow length}}$



ภาพที่ 3 แสดงภาพความสัมพันธ์ระหว่าง มุมอัตรัดิจูดของดวงอาทิตย์บนหลุมอุกกาบาต (α) กับความยาวของเงาและความสูง

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต Goclenius

ครั้งที่	เวลา(น.)	ความยาวของเงา(km)	sub-solar point longitude	มุม α ที่คำนวณได้ ($^{\circ}$)	ความสูงที่คำนวณได้ (km)	% ความคลาดเคลื่อน
1	21.46	20.350	-39.9	4.88	1.737	15.80
2	22.46	21.968	-40.4	4.39	1.686	12.40
3	23.46	24.455	-40.9	3.90	1.667	11.13
4	00.46	24.807	-41.4	3.41	1.478	1.47
5	01.46	27.660	-41.9	2.91	1.406	6.27
6	02.46	31.607	-42.4	2.42	1.336	10.93
7	03.46	52.571	-42.9	1.93	1.772	18.13
8	04.46	57.357	-43.4	1.34	1.342	10.53

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต Macrobius

ครั้งที่	เวลา(น.)	ความยาวของ เงา(km)	sub-solar point longitude	มุม α ที่ คำนวณได้ ($^{\circ}$)	ความสูงที่ คำนวณได้ (km)	% ความคลาด เคลื่อน
1	21.46	48.559	-39.9	4.11	3.489	10.54
2	22.46	57.038	-40.4	3.64	3.628	6.97
3	23.46	63.352	-40.9	3.18	3.520	9.74
4	00.46	63.765	-41.4	2.71	3.191	18.18
5	01.46	63.795	-41.9	2.25	2.507	35.72
6	02.46	65.364	-42.4	1.78	2.156	44.72
7	03.46	68.387	-42.9	1.32	1.576	59.59
8	04.46	66.371	-43.4	0.85	0.985	74.74

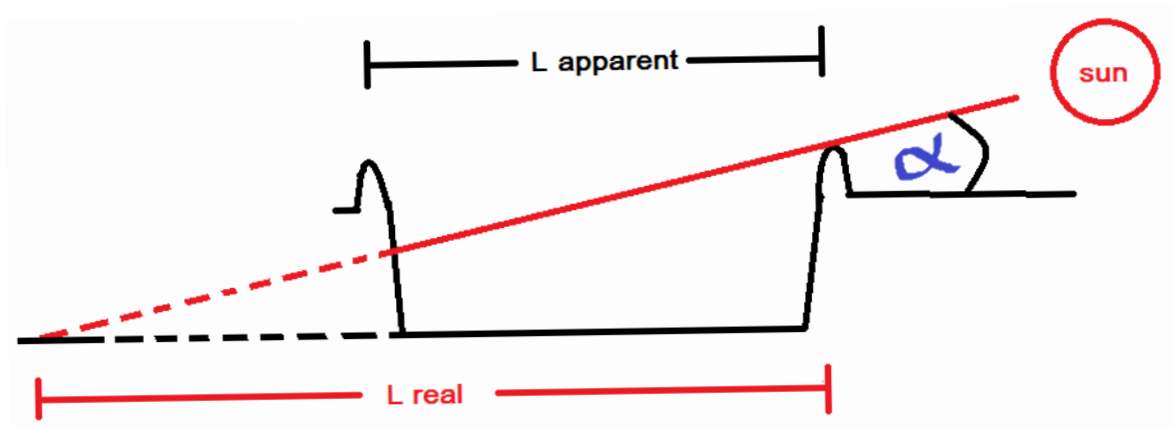
สรุปผล

ผลการศึกษาพบว่าผลการคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต Goclenius (ความลึก 1.5 km) ณ เวลา 03.46 น. ซึ่งมีมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์อยู่ที่ 1.93 องศา มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ 18.13 % ในขณะที่การคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต Macrobius (ความลึก 3.9) ณ เวลา 04.46 น. ซึ่งมีมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์อยู่ที่ 0.85 องศา มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ 74.74 % จึงสรุปได้ว่าการคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต จะมีความคลาดเคลื่อนมากเมื่อมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์มีค่าน้อยมาก

อภิปราย

การคำนวณความลึกของหลุมอุกกาบาต Goclenius ที่มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ 18.13 % สาเหตุของความคลาดเคลื่อนอาจเป็นเพราะขั้นตอนในการวัดความยาวของเงาในหน่วย pixel แต่สำหรับหลุมอุกกาบาต Macrobius ที่มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดถึง 74.74 % สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากเป็นเพราะว่า หลุมอุกกาบาต Macrobius มีตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับเส้น Terminator มากกว่าหลุมอุกกาบาต Goclenius ทำให้มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์บนหลุมอุกกาบาต Macrobius มีขนาดเล็กมาก เมื่อมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์มีขนาดเล็ก จะทำให้ความยาวเงาพาดยาวไปมาก แต่ด้วยข้อจำกัดของขนาดหลุม ทำให้เราสามารถวัดความยาวของเงาได้ยาวที่สุดเท่ากับขนาดของหลุม แต่เงา

จริงๆอาจจะพาดยาวไปเกินกว่าความกว้างหลุม ดังนั้นเมื่อเราวัดความยาวของเงาได้สั้นกว่าความเป็นจริง จึงทำให้คำนวณขนาดความลึกได้สั้นกว่าความเป็นจริงมาก



ภาพที่ 4 แสดงแบบจำลองมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ ความยาวเงาปรากฏและความยาวเงาจริงของหลุมอุกกาบาต

Macrobius

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงการเล่มนี้ สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้เอื้อเฟื้อในเรื่องของอุปกรณ์และสถานที่ อาจารย์บุญส่ง เห็นงาม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และอาจารย์วิโรจน์ เครือภู อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำแนวคิดและวิธีการให้กับการทำโครงการในครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Michael Richmond. 2003. “ Height of Lunar Mountains. ” [online]. Available: http://spiff.rit.edu/classes/phys236/moon_mount/moon_mount.html#altitude (3 October 2014)

“ Moon Ephemeris.” 2000. [online]. Available: <http://www.lunar-occultations.com/rlo/ephemeris.htm> (27 September 2014).

“ The diameter and heights of lunar craters.” 2012. [online]. Available: <http://www.astro.ex.ac.uk/obs/experiments/lunar/script.html> (10 September 2014).

การศึกษาขนาดของดาวเคราะห์น้อย

นายณัฐชนน จิตอารี

e-mail:natchanon_19106@hotmail.com

อาจารย์ที่ศึกษานางจิรภรณ์ กำแก้ว

โรงเรียนปัว

บทคัดย่อ

การศึกษาดาวเคราะห์น้อยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวเคราะห์น้อย โดยทำการวิเคราะห์และใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากหอดูดาว Cerro Tololo Inter American Observatory (CTIO) และนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ จากผลการศึกษพบว่าดาวเคราะห์น้อย 423 Diotima, 41 Daphne และ 121 Hermione มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 207.4 km, 195.0 km และ 286.4 km มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง 0.69%, 12.06% และ 37.02% ตามลำดับ

บทนำ

ดาวเคราะห์น้อย คือ ก้อนหินขนาดเล็กซึ่งรวมอยู่ด้วยกันจำนวนมากหลายพันก้อนในระบบสุริยะ ราชล้อมดวงอาทิตย์ และโคจรรอบดวงอาทิตย์คล้ายดาวเคราะห์ อยู่ระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี เรียกบริเวณนี้ว่า แถบดาวเคราะห์น้อย

C-type Asteroid (Carbonaceous Asteroid) เป็นดาวเคราะห์น้อยที่สะท้อนแสงได้น้อยมาก มองดูคล้ำกว่าดาวเคราะห์น้อยประเภทอื่นๆ โดยส่วนใหญ่ องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์บอน (ถ่าน) ดาวเคราะห์น้อยในกลุ่มนี้มีจำนวนประมาณ 75% ของดาวเคราะห์น้อยทั้งหมด และมีค่าอัลบีด (albedo) 0.03 ถึง 0.09

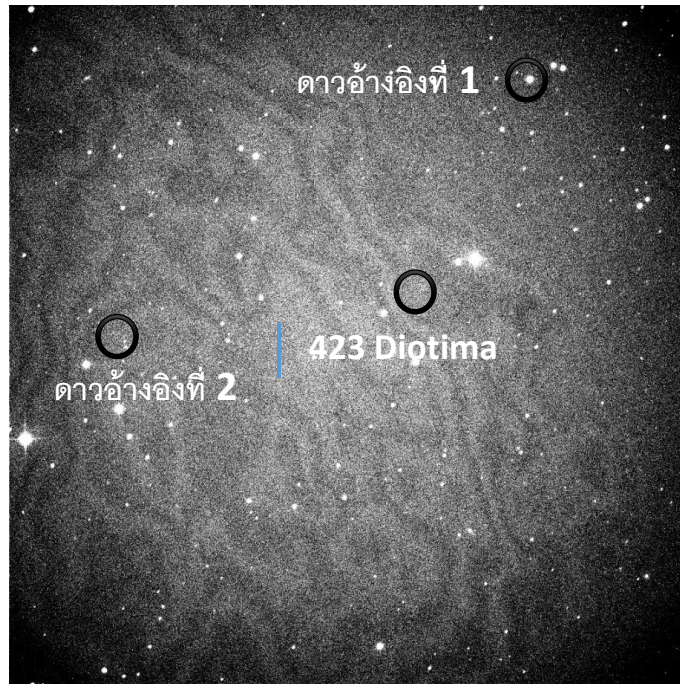
การหาขนาดของดาวเคราะห์น้อยจะใช้การเปรียบเทียบฟลักซ์ของโลกกับฟลักซ์ของดาวเคราะห์น้อย โดยมีความสัมพันธ์คือขนาดดาวเคราะห์น้อยจะแปรผันกับระยะทาง, แมกนิจูดปรากฏ และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดาวเคราะห์น้อย

ขั้นตอนการศึกษา

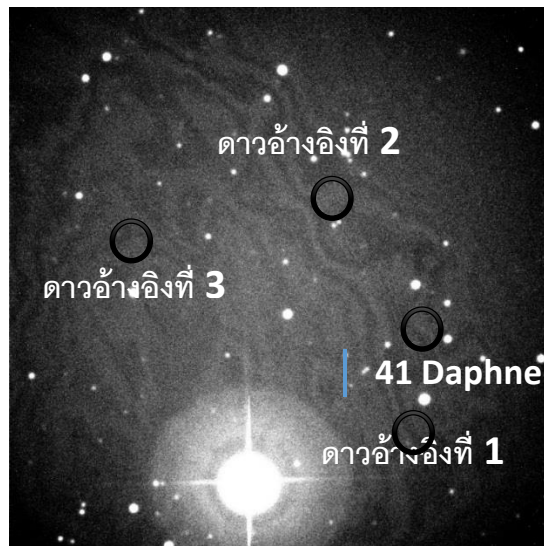
1. ค้นหาข้อมูลของดาวเคราะห์น้อย C-Type จากฐานข้อมูลในเว็บไซต์ http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_notable_asteroids และ http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi#x
2. เลือกดาวเคราะห์น้อยที่เป็น C-Type 3 ดวง ได้แก่ ดาวเคราะห์น้อย 423 Diotima ติดตามระหว่างวันที่ 17-19 สิงหาคม 2557, ดาวเคราะห์น้อย 41 Daphne ติดตามระหว่างวันที่ 24-25 สิงหาคม 2557 และ ดาวเคราะห์น้อย 121 Hermione ติดตามระหว่าง

วันที่ 1-4 กันยายน 2557 ดาวเคราะห์น้อยเหล่านี้ถูกถ่ายภาพในช่วงฟิลเตอร์ Clear จำนวน 3 ภาพ (ภาพที่ 1-3) โดยเปิดหน้ากล้อง 30 วินาที

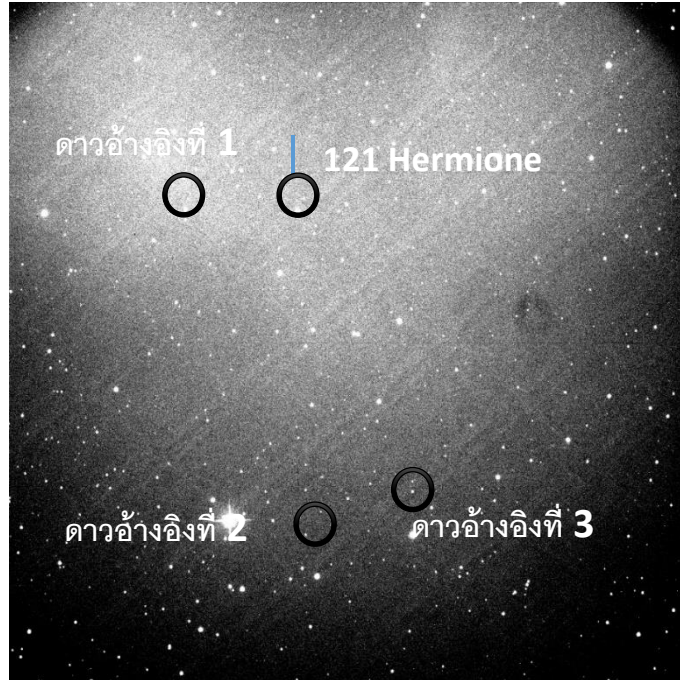
3. นำภาพดาวเคราะห์น้อยทั้ง 3 ดวงมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธี aperture photometry เทียบกับดาวอ้างอิง



ภาพที่ 1 แสดงภาพถ่ายของดาวเคราะห์น้อย 423 Diotima และดาวอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบ



ภาพที่ 2 แสดงภาพถ่ายของดาวเคราะห์น้อย 41 Daphne และดาวอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบ



ภาพที่ 3 แสดงภาพถ่ายของดาวเคราะห์น้อย 121 Hermione และดาวอังคารที่ใช้เปรียบเทียบ

4. เปรียบเทียบและคำนวณหาแมกนิจูดปรากฏของดาวอังคารทั้งหมดแล้วนำไปคำนวณหาแมกนิจูดปรากฏของดาวเคราะห์น้อยจากสมการ

$$m_1 = -2.5 \log f_1 + C$$

โดย m_1 คือ แมกนิจูดปรากฏของดาวเคราะห์น้อย

$-2.5 \log f_1$ คือ แมกนิจูดที่วัดได้จากโปรแกรม APT

C คือ ค่าคงตัวที่ได้จากการเปรียบเทียบดาวอังคาร

5. นำค่าแมกนิจูดปรากฏของดาวเคราะห์น้อยที่ได้มาคำนวณหาขนาดของดาวเคราะห์น้อย จากสมการต่อไปนี้

$$m_A - m_S = -2.5 \log \left(\frac{a \cdot R^2 r_E^2}{4 \Delta^2 r_A^2} \right)$$

โดย m_A คือ แมกนิจูดปรากฏของดาวเคราะห์น้อย

m_S คือ แมกนิจูดปรากฏของดวงอาทิตย์

a คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดาวเคราะห์น้อย (albedo)

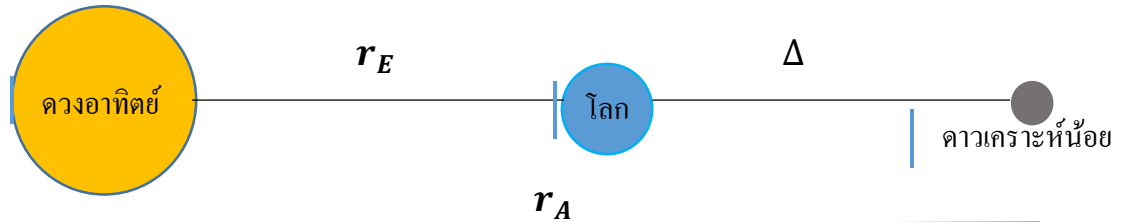
R คือ รัศมีของดาวเคราะห์น้อย (AU)

r_E คือ ระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ (AU)

Δ คือ ระยะทางจากโลกถึงดาวเคราะห์น้อย (AU)

r_A คือ ระยะทางจากดาวเคราะห์น้อยถึงดวงอาทิตย์ (AU)

ซึ่งสมการมาจาก



โลกห่างจากดวงอาทิตย์ = r_E ดาวเคราะห์น้อยห่างจากดวงอาทิตย์ = r_A และดาวเคราะห์น้อยห่างจากโลก Δ

ฟลักซ์ของดวงอาทิตย์ที่วัดจากบนดาวเคราะห์น้อย $f_{S.A} = \frac{L_S}{4\pi r_A^2}$

คนบนโลกมองไปยังดาวเคราะห์น้อย จะเห็นดาวเคราะห์น้อยเป็นวงกลม (2 มิติ) รัศมี R และมีกำลังส่องสว่าง

$$L_A = a \cdot \pi R^2 \cdot f_{S.A}$$

$$L_A = a \cdot \pi R^2 \cdot \frac{L_S}{4\pi r_A^2}$$

โดย a คือ ค่าอัลบีโด (albedo) ของดาวเคราะห์น้อย

ดังนั้น คนบนโลกจะเห็นฟลักซ์ของดาวเคราะห์น้อยที่วัดจากโลกมีค่า

$$f_A = \frac{a \cdot \pi R^2}{4\pi \Delta^2} \frac{L_S}{4\pi r_A^2}$$

แต่ ฟลักซ์ของดวงอาทิตย์ที่วัดได้บนโลก

$$f_S = \frac{L_S}{4\pi r_E^2}$$

จึงได้

$$\frac{f_A}{f_S} = \frac{a \cdot R^2 r_E^2}{4\Delta^2 r_A^2}$$

หรือ

$$m_A - m_S = -2.5 \log \left(\frac{a \cdot R^2 r_E^2}{4\Delta^2 r_A^2} \right)$$

6. นำรัศมีไปคำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางและนำค่าเส้นผ่านศูนย์กลางไปเทียบกับขนาดจริงจากฐานข้อมูลเว็บไซต์ <http://ssd.jpl.nasa.gov/> โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า แมกนิจูดของดาวเคราะห์น้อย 423 Diotima มีค่าเท่ากับ 13.03 แมกนิจูดของดาวเคราะห์น้อย 41 Daphne มีค่าเท่ากับ 12.92 แมกนิจูดของดาวเคราะห์น้อย 121 Hermione มีค่าเท่ากับ 12.25 ใช้ค่า albedo เท่ากับ 0.06 โดยคำนวณจากค่า albedo เฉลี่ยของดาวเคราะห์น้อย C-type ซึ่งมีค่าอัลบีโด (albedo) 0.03 ถึง 0.09 จากเว็บไซต์

<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/text/asteroids.txt> และใช้ค่าระยะทางจากเว็บไซต์ <http://ssd.jpl.nasa.gov/> และโปรแกรม Stellaium ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าแมกนิจูดปรากฏของดวงอาทิตย์, ดาวเคราะห์น้อย และระยะทาง

ดาวเคราะห์น้อย	แมกนิจูดปรากฏของดวงอาทิตย์	แมกนิจูดปรากฏของดาวเคราะห์น้อย	ระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ (AU)	ระยะทางจากดาวเคราะห์น้อยถึงดวงอาทิตย์ (AU)	ระยะทางจากโลกถึงดาวเคราะห์น้อย (AU)
423 Diotima	-26.78	13.03	1.000	3.066	2.664
41 Daphne	-26.78	12.92	1.000	2.765	2.279
121 Hermione	-26.78	12.25	1.000	3.457	2.629

นำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ

$$m_A - m_S = -2.5 \log \left(\frac{a \cdot R^2 r_E^2}{4 \Delta^2 r_A^2} \right)$$

ดาวเคราะห์น้อย 423 Diotima

$$13.03 - (-26.78) = -2.5 \log \left(\frac{0.06 \times R^2 \times 1^2}{4 \times 2.664^2 \times 3.066^2} \right)$$

$$R = 0.0000006929 \text{ AU}$$

$$R = 103.7 \text{ km}$$

ดังนั้นรัศมีของดาวเคราะห์น้อย 423 Diotima เท่ากับ 103.7 km และนำสมการที่ได้ไปคำนวณหารัศมีของดาวเคราะห์น้อย 41 Daphne และ 121 Hermione จะได้รัศมีของดาวเคราะห์น้อย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่ารัศมีของดาวเคราะห์น้อย

ดาวเคราะห์น้อย	รัศมี (Km)
423 Diotima	103.7
41 Daphne	97.5
121 Hermione	143.2

สรุปผล

ดาวเคราะห์น้อย 423 Diotima มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 207.4 km ดาวเคราะห์น้อย 41 Daphne มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 195.0 km และดาวเคราะห์น้อย 121 Hermione มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 286.4 km ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คำนวณได้ของดาวเคราะห์น้อยทั้งสามดวง มีค่าความคลาดเคลื่อนจากขนาดจริง 0.69% ,12.06% และ37.02% ตามลำดับ

อภิปราย

จากการสังเกตดาวเคราะห์น้อยจากหอดูดาว Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ได้ข้อมูลจากภาพถ่ายช่วงคลื่นที่ตามองเห็นหรือฟิลเตอร์ Clear เมื่อทำการถ่ายภาพแล้วเกิดปัญหาจากภาพถ่ายเนื่องจากเกิดการเลื่อนของดาว เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในกระบวนการทางแสง โดยเปรียบเทียบแมกนิจูดของดาวเคราะห์น้อยกับดาวอ้างอิงได้ค่าแมกนิจูดปรากฏของดาวเคราะห์น้อยแล้วนำไปคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดที่คำนวณได้เป็นเปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากปัจจัยต่อไปนี้

- รูปร่างที่ไม่เป็นทรงกลมของดาวเคราะห์น้อย
- เวลาที่ถ่ายภาพดาวเคราะห์น้อยอาจไม่ตรงกับเวลาถ่ายภาพของฐานข้อมูล
- ค่าคลาดเคลื่อนของแมกนิจูดปรากฏที่วัดได้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการดำเนินการหลายขั้นตอน นับตั้งแต่การศึกษาหาข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดระยะเวลาในการทำงานดังกล่าวผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนจากโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกทั้งยังได้รับคำแนะนำในหลายๆด้าน ตลอดจนกำลังใจจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งอย่างยิ่ง ณ โอกาสนี้ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) ที่ได้ให้โอกาสในการทำงาน เอื้อเฟื้ออุปการะ สถานที่ ตลอดจนความรู้ความสามารถจนการวิจัยประสบผลสำเร็จ ขอขอบพระคุณ คุณมติพล ตั้งมิตรธรรม ผู้ให้คำแนะนำทางด้านข้อมูล และช่วยเหลือในด้านต่างๆ ในการทำโครงการงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพิสิฏฐ นิธิยานันท์ ผู้คอยแนะนำและช่วยเหลือด้านความรู้ ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ โรงเรียนบัว ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านการเดินทางและให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณ คุณครูจิรภรณ์ กำแก้ว ที่คอยดูแลเอาใจใส่และให้คำปรึกษาจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีท้ายที่สุด
ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ที่เป็นที่รัก เป็นกำลังใจและให้โอกาสในการศึกษาตลอดมา

อ้างอิง

มติพล ตั้งมดิธรรม. *คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน)
เชียงใหม่, 2556

List of notable asteroids:(ออนไลน์):เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_notable_asteroids

(สืบค้นวันที่ :2557 พฤศจิกายน 1).

JPL Small-Body Database Search Engine:(ออนไลน์):เข้าถึงได้จาก: http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi#x

(สืบค้นวันที่:2557 พฤศจิกายน 1).

SKYNET:(ออนไลน์):เข้าถึงได้จาก :<http://skynet.unc.edu/old> (สืบค้นวันที่:2557 สิงหาคม 17).

การศึกษาคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลก

นางสาวปานชรี อนุจร

e-mail:Pancharee_anujorn@hotmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา นางจิรภรณ์ กำแก้ว

โรงเรียนบัว

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกโดยการเปรียบเทียบห้วงการโคจรของดวงจันทร์เป็นวงกลมและสังเกตระยะเวลาที่ดวงจันทร์ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งหนึ่ง ๆ (ผ่านเส้นเมริเดียน) แล้วกลับมายังตำแหน่งเดิมอีกครั้งในวันต่อมา จากนั้นนำเวลาที่ได้มาคำนวณหาคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกจากความสัมพันธ์ระหว่างคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลก คาบการหมุนรอบตัวเองของโลก และระยะเวลาที่ดวงจันทร์เปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งหนึ่ง ๆ (ผ่านเส้นเมริเดียน) แล้วกลับมายังตำแหน่งเดิมในอีกวันถัดมา การวิจัยในครั้งนี้ได้สังเกตดวงจันทร์ตั้งแต่วันที่ 28 กรกฎาคม ถึง 15 ตุลาคม 2557 พบว่าดวงจันทร์มีคาบการเคลื่อนที่รอบโลกเป็น 36541 นาที หรือ 25.38 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับคาบมาตรฐาน(27.322วัน) พบว่ามีความคลาดเคลื่อน 7.124% การวิจัยในครั้งนี้ถือได้ว่าเป็นการฝึกสังเกตวัตถุบนท้องฟ้าได้เป็นอย่างดี เพราะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำงาน อีกทั้งยังได้ประยุกต์วิธีการหาคาบการโคจรของดวงจันทร์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงอีกด้วย

บทนำ

ดวงจันทร์ เป็นดาวบริวารเพียงดวงเดียวของโลก เป็นวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ใกล้กับโลกมากที่สุด อยู่ห่างจากโลกประมาณ 384,403 กม. ดวงจันทร์โคจรรอบโลกใช้เวลาประมาณ 27.322 วันและดวงจันทร์มีคาบการโคจรตามภูมิศาสตร์ระหว่างโลก-ดวงจันทร์-ดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดเป็นเฟสของดวงจันทร์ ซึ่งจะซ้รอบทุกๆ ช่วง 29.5 วัน โดยระนาบวงโคจรของดวงจันทร์รอบโลกทำมุมกับระนาบสุริยวิถี 5.145° และมีความรีของวงโคจร 0.0554 หากเราสังเกตดวงจันทร์บนท้องฟ้าในแต่ละคืน ดวงจันทร์จะแตกต่างกันไปทุกคืน เกิดจากดวงจันทร์โคจรรอบโลก

การศึกษาคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกในครั้งนี้ได้เปรียบเทียบห้วงการโคจรของดวงจันทร์เป็นวงกลมและสังเกตระยะเวลาที่ดวงจันทร์ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งหนึ่ง ๆ (ผ่านเส้นเมริเดียน) แล้วกลับมายังตำแหน่งเดิมอีกครั้งในวันถัดมา จากนั้นนำเวลาที่ได้มาคำนวณหาคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกโดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T}$$

โดย T คือ เวลาที่ดวงจันทร์กลับมายังตำแหน่งเดิม

E คือ เวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองมีค่า $23.934 \times 60 = 1436.04$ นาที

M คือ คาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลก

วิธีการศึกษา

1. หาเส้นเมริเดียนของผู้สังเกต โดยตั้งเสาปลายแหลมตรงไว้กลางแดด(รูปที่1) แล้วสังเกตเงาของเสาที่ทอดยาวลงบนพื้น และรอสังเกตเงาที่ทอดลงมาบนพื้นที่สั้นที่สุด(รูปที่ 2) ซึ่งเงาที่ทอดลงพื้นเวลานั้นจะชี้ไปทางทิศเหนือ-ใต้ ซึ่งจะขนานหรือเป็นเส้นเดียวกับเส้นเมริเดียนของผู้สังเกต จากนั้นให้ลากเส้นตามแนวเงานั้นไว้



รูปที่ 1



รูปที่ 2

2. ตั้งอุปกรณ์สังเกตการณ์ (แอสโตรแลปหรือกล้องโทรทรรศน์) ให้ลำกล้องขนานกับเส้นเมริเดียนของผู้สังเกต จากนั้นทำการสังเกตดวงจันทร์ แล้วเริ่มจับเวลาในขณะที่ดวงจันทร์ผ่านเส้นเมริเดียนของผู้สังเกต หรือผู้สังเกตสามารถมองเห็นดวงจันทร์ผ่านกล้องที่ตั้งไว้ ดังรูปที่ 3



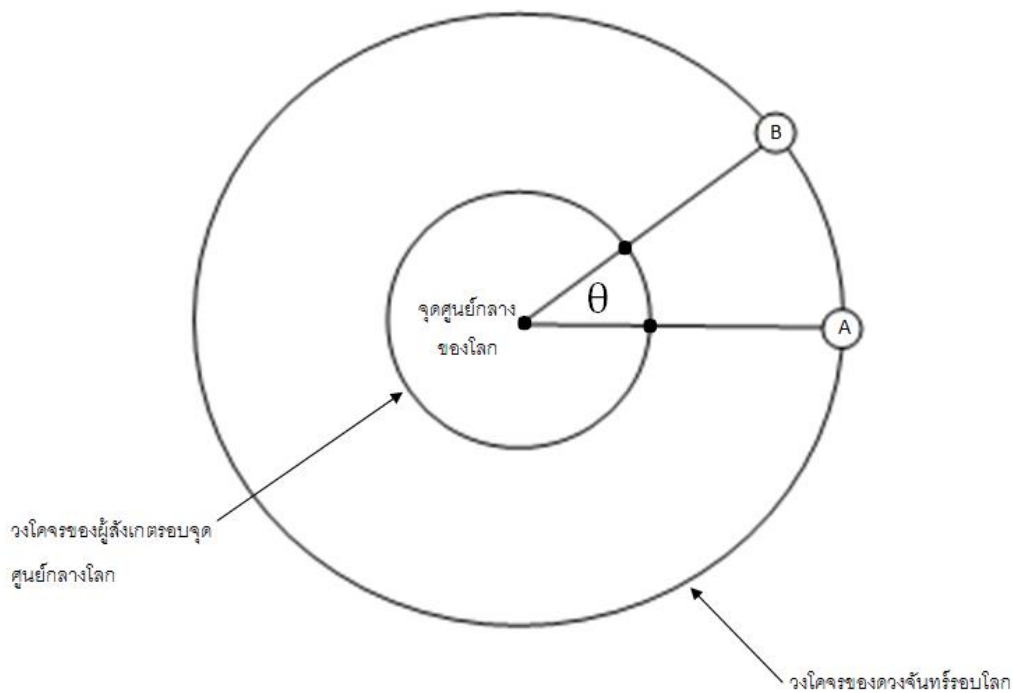
รูปที่ 3

- เมื่อเวลาผ่านไป รอสังเกตดวงจันทร์กลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิมอีกครั้ง กล่าวคือผ่านเส้นเมริเดียนของผู้สังเกตอีกครั้ง แล้วจึงบันทึกเวลาที่ได้ (T)



- ทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 2-3 ในวันต่อๆ ไป
- นำค่าของเวลาที่ได้อ้อมาคำนวณหาคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลก จากสมการ

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T}$$



จากรูปจะได้สมการดังนี้

สมการแรก คือ $\frac{\theta}{T} = \frac{360^\circ}{M}$ จะได้ $\theta = T \times \left(\frac{360^\circ}{M} \right)$

สมการสอง คือ $\frac{\theta}{T - E} = \frac{360^\circ}{E}$ จะได้ $\theta = (T - E) \times \left(\frac{360^\circ}{E} \right)$

เมื่อพิจารณาจากรูป แล้วเทียบขนาดของมุม θ จากทั้ง 2 สมการ พบว่าเป็นมุมเดียวกัน

โดย θ คือการกระจัดเชิงมุมที่ผู้สังเกตและดวงจันทร์จะเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลา T (องศา)

T คือ เวลาที่ดวงจันทร์ใช้กลับมายังตำแหน่งเดิม (ผ่านเมริเดียนของผู้สังเกต) หรือระยะเวลาที่ดวงจันทร์ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งจาก A ไปยัง B (นาที)

M คือ คาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลก 1 รอบ (นาที)

E คือ ระยะเวลาที่ผู้สังเกตใช้ในการหมุนรอบจุดศูนย์กลางของโลก หรือระยะเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเอง
มีค่า $23.934 \times 60 = 1436.04$ นาที

ซึ่งเมื่อพิจารณาสมการทั้ง 2 แล้วจะได้สมการดังนี้

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T}$$

ผลการศึกษา

ครั้งที่	เวลาที่ดวงจันทร์กลับมา ยังตำแหน่งเดิม(T) (นาที)	คาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลก(M) (นาที)
1	1496	35829.15010
2	1494	37015.93789
3	1496	35829.15010
4	1497	35264.95866
5	1499	34190.34244
6	1499	34190.34244
7	1496	35829.15010
8	1496	35829.15010
9	1495	36412.47965
10	1495	36412.47965
11	1496	35829.15010
12	1494	37015.93789
13	1494	37015.93789
14	1493	37640.58497
15	1491	38958.07205
16	1492	38287.55683
17	1490	39653.43958
เฉลี่ย		36541.40120
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		1493.98600

สรุปผล

คาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกมีค่าเฉลี่ย 36541 นาทีหรือ 25.38 วัน ซึ่งคาบเคลื่อนจากคาบมาตรฐาน (27.322 วัน) อยู่ 7.124 %

อภิปราย

คาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกจากการศึกษามีค่าเฉลี่ย 36541 นาทีหรือ 25.38 วัน และคาบเคลื่อนจากคาบมาตรฐาน (27.322 วัน) อยู่ 7.124 % ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากการที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกเป็นวงรีเล็กน้อย และระนาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกไม่อยู่ในระนาบเดียวกับวงโคจรของผู้สังเกตรอบโลก รวมถึงการเล็งตำแหน่งดวงจันทร์ที่มีขนาดใหญ่ และการใช้อุปกรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ซึ่งการศึกษาและลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวควรมีในการศึกษาในครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกในครั้งนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก คุณมณฑิพล ตั้งมิตรธรรม ทีมงานจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ คุณครูจิรภรณ์ กำแก้ว และคุณครูที่มาอบรมวิจัยดาราศาสตร์ชั้นสูงทุกท่าน ที่กรุณาแนะนำ ให้คำปรึกษาและคอยช่วยเหลือจนกระทั่งการทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ข้าพเจ้าหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและนำไปศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

National Aeronautics and Space Administration.Earth's Moon Facts&Figures.(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก

[:http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Moon&Display=Facts.](http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Moon&Display=Facts)

(วันที่สืบค้น : 6 กรกฎาคม 2557)

National Aeronautics and Space Administration.Earth's Facts&Figures. (ออนไลน์).เข้าถึงได้จาก

[:http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Earth&Display=Facts.](http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Earth&Display=Facts)

(วันที่สืบค้น : 6 กรกฎาคม 2557)

การศึกษาการหาระยะทางของกาแล็กซีด้วยการใช้ Supernova ชนิด Ia

นายชนสรณ์ พึ่งเงิน

E-mail : Meekingdom123@gmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา นางจิรภรณ์ กำแก้ว

โรงเรียน ปัว

บทคัดย่อ

การศึกษาซูเปอร์โนวาชนิด Ia ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการหาระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซีที่เกิดซูเปอร์โนวา Ia ASASSN-14hu ที่เกิดขึ้น ณ พิกัด R.A. = 06hr 43m 26s.92, Decl. = -69°38'14".7 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT 8 ที่หอดูดาว Cerro-Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ระหว่างวันที่ 30 กันยายน 2557 ถึงวันที่ 27 ตุลาคม 2557 และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในกระบวนการทางแสงหาอันดับความสว่างปรากฏต่ำสุดของซูเปอร์โนวาชนิด Ia นำมาหาค่าผลต่างของซูเปอร์โนวาต่ำสุดกับอันดับความสว่างหลังจากจุดต่ำสุดไปอีก 15 วันหรือ Δm_{15} เพื่อนำมาหาอันดับความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวา Ia และนำมาหาระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซีดังกล่าวจากสมการในงานวิจัย การศึกษาพบว่าระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซีที่เกิดซูเปอร์โนวา Ia ASASSN-14hu นั้นมีค่าเท่ากับ 100.0 ± 24.78 Mpc

บทนำ

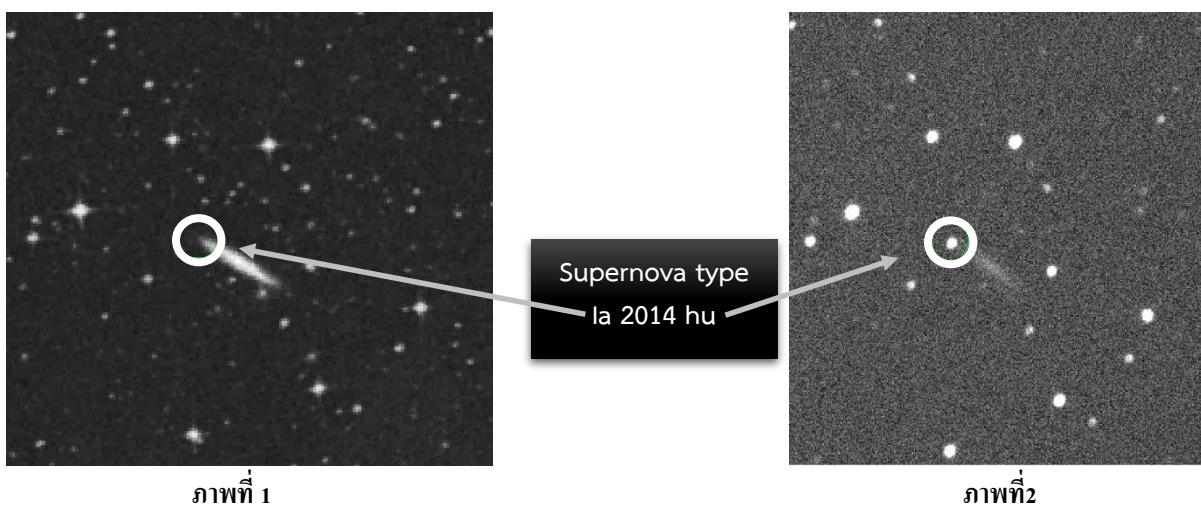
ดวงดาวบนท้องฟ้าที่อยู่ไกลโพ้นหลายร้อยปีแสงมีดวงดาวซึ่งอยู่รวมกันเป็นกาแล็กซี ดวงดาวที่เรามองเห็นบนท้องฟ้าส่วนใหญ่เป็นดาวฤกษ์ ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีจุดจบแตกต่างกัน ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะมีอายุสั้นและจบชีวิตด้วยการระเบิดอย่างรุนแรงเรียกว่าซูเปอร์โนวา ซูเปอร์โนวาชนิด Ia เกิดจากระบบดาวคู่ ระหว่างดาวแคระขาวและดาวยักษ์แดง โดยที่ดาวแคระขาวจะได้รับมวลจากดาวยักษ์แดงที่กำลังขยายตัวและปลดปล่อยมวลสารจำนวนมากออกมา เมื่อได้รับมวลจนมีมวลประมาณ 1.38 เท่าของดวงอาทิตย์ จะทำให้เกิดการระเบิดอย่างรุนแรง ทำให้มีค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ต่ำสุดที่ถือว่าคงที่คือมีค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ประมาณ -19.3 แต่ก็จะมีค่าคลาดเคลื่อนเล็กน้อย สามารถคำนวณได้ตามสมการจากงานวิจัยของ MARIO HAMUY, M. M. PHILLIPS, ROBERT A. SCHOMMER, และ NICHOLAS B. SUNTZEFF (December 1996) ซึ่งจะให้ค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น เมื่อได้ค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์และอันดับความสว่างปรากฏที่น้อยที่สุดแล้ว สามารถนำมาหาระยะทางได้จากสมการ $m - M = 5 \log d - 5$ ในงานวิจัยครั้งนี้ได้คำนวณระยะทางของซูเปอร์โนวา ชนิด Ia ASASSN-14hu ในบริเวณตำแหน่งของกาแล็กซี ESO 58-G12 ที่ตำแหน่ง R.A. = 06hr 43m 26s.92, Decl. = -69°38'14".7 โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT 8 ที่หอดูดาว CTIO ประเทศชิลี

วิธีการศึกษา

สืบค้นข้อมูลการระเบิดของซูเปอร์โนวาชนิด Ia จากฐานข้อมูลในเว็บไซต์

www.rochesterastronomy.org/supernova.html และ <http://www.cbat.eps.harvard.edu/lists/Supernovae.html>

จากนั้นติดตามและถ่ายภาพซูเปอร์โนวา ASASSN-14hu ในบริเวณตำแหน่งของกาแล็กซี ESO 58-G12 ที่ตำแหน่ง R.A. = 06hr 43m 26s.92, Decl. = -69°38'14".7 ในช่วงฟิลเตอร์ B 4 ภาพต่อหนึ่งวัน โดยเปิดหน้ากล้อง 80 วินาที เริ่มเก็บข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 30 กันยายน 2557 ถึงวันที่ 27 ตุลาคม 2557 รวม 28 วัน นำภาพที่ถ่ายได้ (ภาพที่ 2) ไปเปรียบเทียบกับภาพถ่ายของกาแล็กซีที่เกิดซูเปอร์โนวาจากฐานข้อมูล SAO-DSS (ภาพที่ 1)

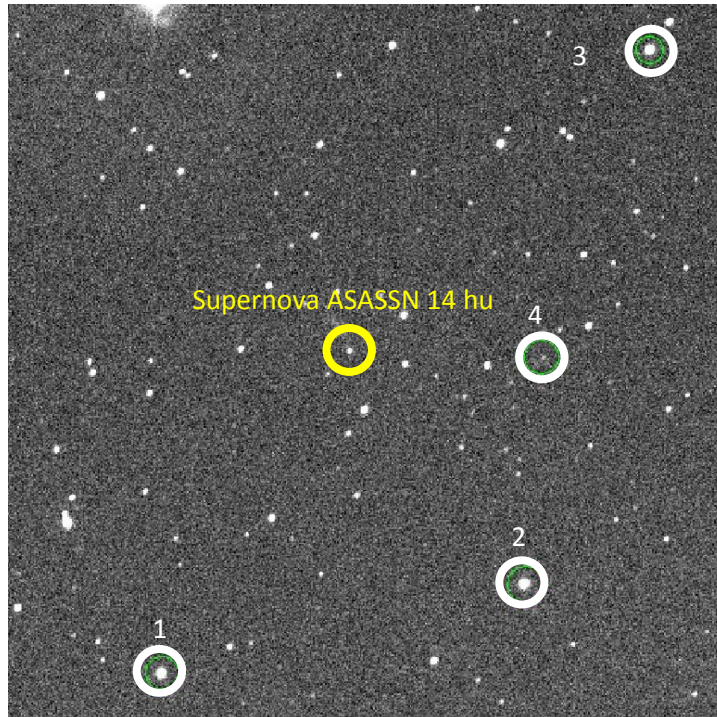


ภาพที่ 1 แสดงภาพถ่ายที่ยังไม่เกิดซูเปอร์โนวา ASASSN-14hu จากฐานข้อมูล SAO-DSS

ภาพที่ 2 แสดงบริเวณที่ปรากฏของซูเปอร์โนวา ASASSN-14hu

นำภาพถ่ายมารวมกัน (stack) ด้วยโปรแกรม Iris หาค่าความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวา Ia โดยเปรียบเทียบกับอันดับความสว่างของดาวอ้างอิง โดยดาวนี้โหลดแคตตาล็อกของดาว (ภาพที่ 3) ในบริเวณภาพถ่ายในโปรแกรม DS9 เลือกดาวอ้างอิงจำนวน 4 ดวง เพื่อเปรียบเทียบและคำนวณหาอันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวา จากฐานข้อมูลของ SIMBAD พบว่าดาวอ้างอิงแต่ละดวงมีค่าอันดับความสว่างปรากฏในฟิลเตอร์ B ดังนี้

ดาวดวงที่ 1 TVC9181-820-1	B apparent mag=12.17
ดาวดวงที่ 2 TVC9181-1230-1	B apparent mag=12.16
ดาวดวงที่ 3 TVC9181-1330-1	B apparent mag=12.19
ดาวดวงที่ 4 2MASX J06432741-6934193	B apparent mag=17.02



ภาพที่ 3 แสดงดาวอ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาความสว่างปรากฏกับซูเปอร์โนวา จากนั้นนำอันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิงไปเปรียบเทียบกับอันดับความสว่างของซูเปอร์โนวา จากสมการ

$$m_1 - m_{ref} = -2.5 \text{Log} \frac{I_1}{I_{ref}}$$

$$m_1 = -2.5 \text{Log} I_1 + 2.5 \text{Log} I_{ref} + m_{ref}$$

$$m_1 = -2.5 \text{Log} I_1 + c$$

$$c = m_{ref} - (-2.5 \text{Log} I_{ref})$$

โดย	m_{ref}	คือ อันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิง
	m_1	คือ อันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวา
	I_{ref}	คือ ค่าของฟลักซ์ของดาวอ้างอิง
	I_1	คือ ค่าของฟลักซ์ของซูเปอร์โนวา
	c	คือ ค่าคงตัวที่เปลี่ยนไปของความสว่างปรากฏที่หาจากค่าเฉลี่ยของดาวอ้างอิง

นำค่าอันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวาในแต่ละวันไปหาค่าเฉลี่ยและค่า Standard Error นำข้อมูลที่
ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอันดับความสว่างปรากฏ(x) และวันจูเลียน(y) พิจารณาเลือกข้อมูลช่วงที่ใกล้จุด
ต่ำสุด จากนั้นสร้างเส้นแนวโน้มพาราโบลาเพื่อนำมาหาค่าอันดับความสว่างปรากฏต่ำสุด และจากนั้นหาค่าอันดับ
ความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาโดยใช้ค่า ΔM_{15} หรือผลต่างของอันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดต่ำ
สุดกับอันดับความสว่างปรากฏหลังจากจุดสูงสุดเป็นเวลา 15 วัน โดยนำไปคำนวณค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ตาม
สมการที่ได้จากงานวิจัยของ MARIO HAMUY, M. M. PHILLIPS, ROBERT A. SCHOMMER, และ NICHOLAS B. SUNTZEFF
(December 1996) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสมการและค่าคงที่จากงานวิจัยของ MARIO HAMUY และคณะ(December 1996)ในฟิลเตอร์ B

Bandpass	$M_{max} = a + b(\Delta m_{15} - 1.1)$	
	a	b
B	-19.258	0.784
	-19.256	0.860

โดย $M_{max}(B)$ คือ อันดับความสว่างสมบูรณ์ของซูเปอร์โนวา

$\Delta m_{15}(B)$ คือ ผลต่างระหว่างอันดับความสว่างสูงสุดกับอันดับความสว่างหลังจากวันที่สูงสุดไป 15 วัน

a และ b คือ ค่าคงตัวของสมการมีค่าตามตาราง

นำอันดับความสว่างปรากฏและอันดับความสว่างสัมบูรณ์มาคำนวณหาระหว่างระหว่างโลกถึงกาแล็กซีที่เกิด Supernova Ia โดยใช้สมการ

$$m - M = 5 \log d - 5$$

โดย d คือ ระยะทางในหน่วย parsec

M คือ อันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวา

m คือ อันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวา

ผลการศึกษา

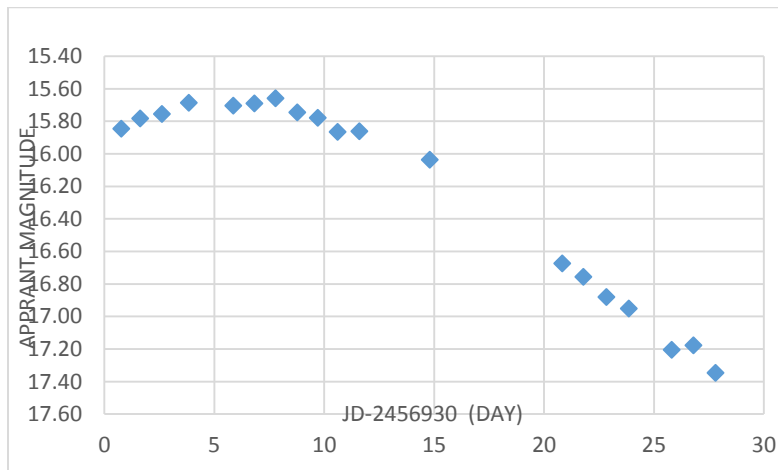
จากการเปรียบเทียบอันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิงทั้ง 4 ดวงเพื่อหาค่าอันดับความสว่างปรากฏเฉลี่ยของซูเปอร์โนวา ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าวันจูเลียนและอันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวา

JD (Day)	JD-2456930 (Day)	Apparent Magnitude	Standard Error
2456930.768	0.76820978	15.85	0.14
2456931.632	1.631993330	15.78	0.17
2456932.625	2.62522537	15.76	0.15
2456933.842	3.84202003	15.69	0.17
2456935.861	5.86055764	15.70	0.19
2456936.824	6.82399411	15.69	0.18
2456937.781	7.78143946	15.66	0.14
2456938.784	8.78361563	15.75	0.16

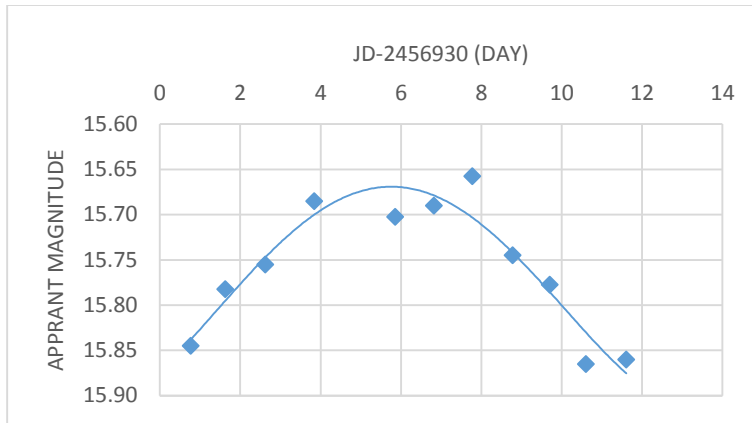
JD (Day)	JD-2456930 (Day)	Apparent Magnitude	Standard Error
2456939.705	9.70545382	15.78	0.17
2456940.604	10.60395035	15.87	0.13
2456941.607	11.60699007	15.86	0.16
2456944.801	14.80087939	16.04	0.19
2456950.822	20.82242007	16.67	0.17
2456951.792	21.7922337	16.76	0.18
2456952.845	22.8446111	16.88	0.18
2456953.854	23.85426641	16.95	0.16
2456955.809	25.80852001	17.21	0.15
2456956.804	26.80438198	17.18	0.13
2456957.796	27.79635163	17.35	0.17

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการทางแสง (photometry) โดยเปรียบเทียบค่าอันดับความสว่างปรากฏเฉลี่ยของซูเปอร์โนวา ดังตารางที่ 2 ได้ค่าอันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวาเทียบกับวันจูเลียนดังกราฟที่ 1



กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันดับความสว่างปรากฏเฉลี่ยของซูเปอร์โนวา Ia กับ วันจูเลียน

เลือกช่วงข้อมูลของอันดับความสว่างปรากฏในบริเวณใกล้เคียงกับจุดสูงสุดของกราฟเพื่อหาค่าความอันดับความสว่างปรากฏที่ต่ำที่สุดของ Supernova ดังกราฟที่ 2



กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวา Ia ที่อยู่บริเวณจุดสูงสุดกับวันจูเลียน จากกราฟทำให้ได้ค่าอันดับความสว่างปรากฏต่ำสุดและและอันดับความสว่าง หลังจากวันที่ต่ำสุดไปอีก 15 วันดังตารางที่ 3 ตารางที่ 3 แสดงอันดับความสว่างต่ำสุดและวันที่หลังจากอันดับความสว่างต่ำสุดไป 15 วัน

JD (Day)	Apparent Magnitude	
Maximum	2456935.785	15.67 \pm 0.16
Maximum + 15 Day	2456950.785	16.68 \pm 0.16

จากตารางที่ 3 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาหาผลต่างของอันดับความสว่างในเวลา 15 วันจากวันที่อันดับความสว่างปรากฏมีค่าต่ำสุดหรือ Δm_{15} เพื่อนำไปหาค่าอันดับความสว่างสมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาชนิด Ia

ผลต่างของอันดับความสว่างเป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \Delta m_{15} &= \text{Apparent Magnitude (15)} - \text{Apparent Magnitude (Maximum)} \\ &= 16.68 \pm 0.16 - 15.67 \pm 0.16 \\ &= 1.010 \pm 0.32 \end{aligned}$$

หาอันดับความสว่างสมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวา ดังนี้

$$\begin{aligned} M_{max} &= a + b(\Delta m_{15}(B) - 1.1) \\ M_{max} &= -19.258 + 0.784(1.010 - 1.1) \\ M_{max} &= -19.258 + 0.784(-0.09) \\ M_{max} &= -19.3334 \pm 0.32 \end{aligned}$$

พิจารณาตามหลักเลขนัยสำคัญ $M_{max} = -19.33 \pm 0.32$

หาระยะทางของกาแล็กซีที่เกิดซูเปอร์โนวาชนิด Ia ถึงโลก

จากการรวบรวมข้อมูลแล้ววิเคราะห์ทำให้ทราบค่าอันดับความสว่างปรากฏต่ำสุดของซูเปอร์โนวา และอันดับความสว่างสัมบูรณ์ซึ่งได้จากการคำนวณ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปหาระยะทางดังนี้

$$m - M = 5 \log d - 5$$

$$\text{จากสมการจะได้ } 15.67 - (-19.33) = 5 \log d - 5$$

$$d = 10^{\left(\frac{15.67+19.33+5}{5}\right)}$$

$$d = 100000000 \text{ pc}$$

$$d = 100.0 \pm 24.78 \text{ Mpc}$$

สรุปผล

จากการเก็บข้อมูลอันดับความสว่างของซูเปอร์โนวาชนิด Ia ASASSN-14hu ในบริเวณตำแหน่งของกาแล็กซี ESO 58-G12 ที่ตำแหน่ง R.A. = 06h 43m 26s.92 , Decl. = -69°38'14".7 พบว่ากาแล็กซีที่เกิดซูเปอร์โนวา มีระยะห่างจากโลกเท่ากับ $100.0 \pm 24.78 \text{ Mpc}$

อภิปรายผล

จากการเก็บข้อมูลภาพถ่ายของซูเปอร์โนวาชนิด Ia ด้วยกล้องโทรทรรศน์ PROMPT 8 ที่หอดูดาว CTIO (Cerro - Tololo Inter-American Observatory) โดยได้ติดตามซูเปอร์โนวาในหลายตำแหน่ง แต่ซูเปอร์โนวาบางดวงที่ติดตามเป็นชนิดอื่นที่ไม่ใช่ชนิด Ia ซูเปอร์โนวาชนิด Ia ที่ได้ติดตามได้แก่ 2014da และ 2014dh แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้เพราะซูเปอร์โนวาอยู่ใกล้กาแล็กซีมากเกินไป ส่วนซูเปอร์โนวา CSS140914:010107-101840 เมื่อนำมาสร้างกราฟพบว่าจุดที่อันดับความสว่างต่ำสุดขาดหายไปจึงไม่สามารถใช้ข้อมูลชุดนี้ได้ และจากการเก็บข้อมูลซูเปอร์โนวา ASASSN-14hu พบว่าภาพถ่ายบางภาพมีปัญหาคือภาพที่ถ่ายได้ไม่ชัดเนื่องจากสภาพอากาศทำให้ต้องคัดเลือกภาพที่ดีที่สุด 3 ภาพแล้วนำมารวมกันในแต่ละวันและเนื่องจากการถ่ายภาพนั้นไม่สามารถถ่ายได้ต่อเนื่องทำให้กราฟในช่วงวันจูเลียน 2456944.801 ถึง 2456950.822 หายไปประมาณระยะเวลาประมาณ 6 วัน เมื่อนำค่าความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวาในแต่ละวันมาเขียนกราฟพบว่าค่าอันดับความสว่างปรากฏมีค่าน้อยที่สุด (minimum magnitude) มีค่าเท่ากับ 15.67 ± 0.16 เมื่อนำค่าที่ได้ไปหาผลต่างของอันดับความสว่าง ณ จุดสูงสุดกับหลังจากจุดสูงสุดไปอีก 15 วันหรือ Δm_{15} ได้ค่าเท่ากับ 1.01 ± 0.32 เมื่อนำค่า Δm_{15} ไปหาอันดับความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวาได้ค่าเท่ากับ -19.33 ± 0.32 แล้วนำไปหาระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซีได้ค่าเท่ากับ $100.0 \pm 24.78 \text{ Mpc}$

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะมีสถาบันและบุคคลต่างๆซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้ากระทั้งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ณ โอกาสนี้ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ NARIT สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ รวมถึงอุปกรณ์ที่สำคัญ โดยเฉพาะกล้อง PROMPT 8 จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ คุณมติพล ตั้งมิตรธรรม ที่เป็นผู้ช่วยเหลือสนับสนุนในด้านการให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อมูลต่างๆตลอดเวลาที่ทำงานวิจัย คุณประณิตา เสพป็นคำ ผู้ให้ความรู้ คำปรึกษา และช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัย นายชาติ กำแก้ว ผู้อำนวยการ โรงเรียนบัว ที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริมกิจกรรมทาง ดาราศาสตร์ของโรงเรียนอย่างเต็มที่ คุณครูจิรภรณ์ กำแก้ว ครูที่ปรึกษางานวิจัยที่คอยดูแลเอาใจใส่ตลอดจนให้คำชี้แนะและปรึกษาตลอดจนให้ความอนุเคราะห์ในการแก้ปัญหาจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง คุณพ่อ คุณแม่ ผู้เป็นที่รักและคุณครู ตลอดจนเพื่อน ๆ ในโรงเรียนทุกคนที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้มีพลังในการทำวิจัยในครั้งนี้ได้สำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

มติพล ตั้งมิตรธรรม.คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ พิมพ์ครั้งที่ 1 .สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เชียงใหม่, 2556.

David Bishop.//2014. Latest Supernovae. (ออนไลน์).แหล่งที่มา <http://www.rochesterastronomy.org/supernova.html>. . .
สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2557

CBAT.//2014. Latest Supernovae. (ออนไลน์).แหล่งที่มา <http://www.cbat.eps.harvard.edu/lists/Supernovae.html>
.สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2557

Mark M. Phillips.//2011. Delta M 15 absolute magnitude supernovae. (ออนไลน์).แหล่งที่มา
http://en.wikipedia.org/wiki/Phillips_relationship.สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม2557

MARIO HAMUY, M. M. PHILLIPS, ROBERT A. SCHOMMER, และ NICHOLAS B. (December , 1996). THE ABSOLUTE LUMINOSITIES OF THE CALAN/TOLOLO TYPE Ia SUPERNOVAE. Departamento de Astronomia, Universidad de Chile, Casilla 36-D, Santiago, Chile

ชื่อโครงการ การหาอายุกาแล็กซีทางช้างเผือกโดยประมาณจาก H-R Diagram ของกระจุกดาวทรงกลม

ชื่อเด็กหญิงนางนภัส วานกระ

e-mail: antnong.wankra@hotmail.co.th

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชูชาติ เพ็ญน้อย

ที่ปรึกษาพิเศษ นางสาวณัฐยา ศิริวนสกุล

และนายวิษณุ จงเจริญ

โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ 222 ถนนชุมพล ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์หาค่าข้อมูล เพื่อศึกษาหาอายุโดยประมาณของกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยส่งถ่ายภาพกระจุกดาวทรงกลมผ่านกล้อง Promt8 นำภาพที่ได้มาทำ H-R Diagram วิเคราะห์หาค่าอายุของกระจุกดาวทรงกลม แล้วนำค่าอายุโดยประมาณที่มากที่สุดมาประมาณเป็นอายุของกาแล็กซีทางช้างเผือก แล้วค่าอายุของกาแล็กซีทางช้างเผือกมีอายุประมาณ 91.23 พันล้านปี

คำสำคัญ: กาแล็กซีทางช้างเผือก

H-R Diagram

บทนำ

ในอดีตการสังเกตดวงดาวได้มีการเกิดขึ้นมาแล้ว ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับดวงดาว กระจุกดาว และกาแล็กซีมาบ้างแล้ว และได้มีการสันนิษฐานความเกี่ยวข้องของแต่ละอย่างเข้าด้วยกัน และนั่นก็เป็นต้นกำเนิดของการศึกษาเพิ่มเติมในปัจจุบัน การศึกษาเกี่ยวกับความเกี่ยวข้องของดาว กระจุกดาวและกาแล็กซี มีความเกี่ยวข้องกันได้หลายแบบ เช่น การหาอายุ เป็นต้น

กระจุกดาวทรงกลมคือดาวฤกษ์ที่อยู่รวมกันได้ด้วยแรงโน้มถ่วง ดาวในกระจุกดาวจะมีอายุเท่าๆกันและเหมือนกันที่ส่วนประกอบอีกด้วย การที่กระจุกดาวมีอายุเยอะมีข้อสันนิษฐานว่าขบวนการการเกิดกระจุกดาวทรงกลมเกิดพร้อมกับการเกิดดาราจักร(กาแล็กซี) ได้มีการทำ H-R Diagram หาอายุเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป การหาอายุของกาแล็กซีทางช้างเผือกมีการหาอายุได้โดยการประมาณค่าจากกระจุกดาวทรงกลม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเราสามารถหาอายุกระจุกดาวทรงกลมเพื่อที่จะนำไปประมาณเป็นค่าอายุกาแล็กซีทางช้างเผือกได้

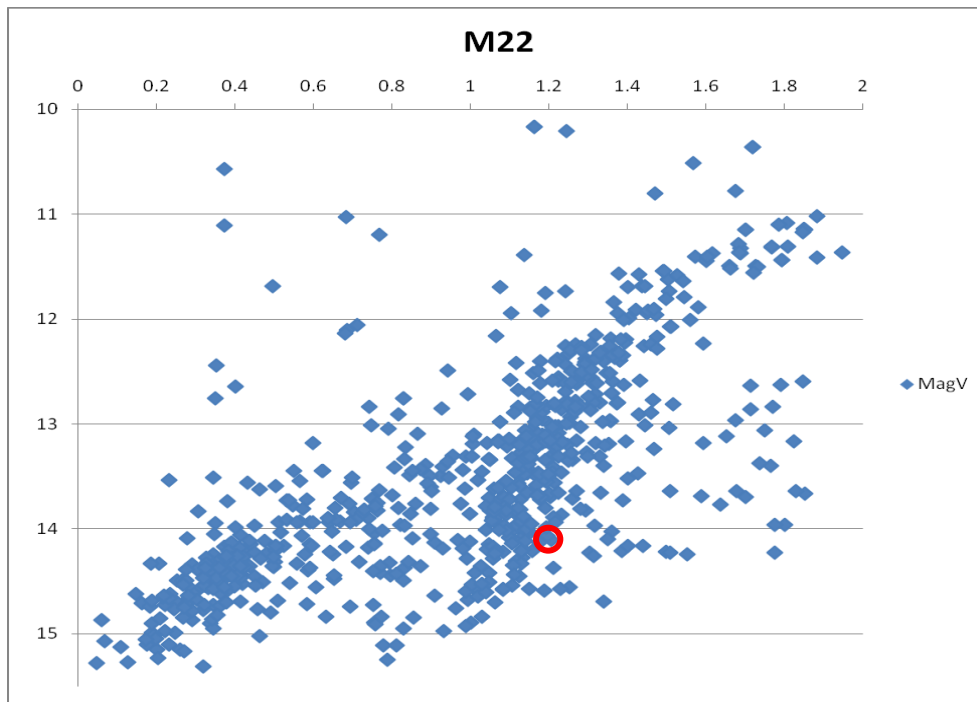
วิธีการศึกษา

1. เลือกกระจุกดาวทรงกลมที่จะใช้ในการหาค่าอายุ
2. สั่งถ่ายภาพกระจุกดาวทรงกลมผ่านกล้อง Promt8 ที่ประเทศชิลี โดยสั่งถ่ายผ่านฟิวเตอร์ B และ V
3. นำภาพมาเข้าโปรแกรม Aperture Photometry Tool คำนวณหาค่าแมกนิจูดของดาวแต่ละดวง
4. หาค่าแมกนิจูดที่แท้จริงของดาวในสองฟิวเตอร์แล้ว นำค่าแมกนิจูดที่แท้จริงของดาวในฟิวเตอร์ B มาลบกับค่าแมกนิจูดที่แท้จริงของดาวในฟิวเตอร์ V จะได้ค่าเป็น B-V ออกมา
5. ทำการพล็อตกราฟ H-R Diagram โดยให้แกน x เป็น B-V และแกน y เป็นค่าแมกนิจูดที่แท้จริงของดาวในฟิวเตอร์ V
6. หาจุดพ้นลำดับหลัก (turnoff point) จากในกราฟ แล้วนำค่า B-V ของจุดพ้นลำดับหลัก ไปเทียบกับ Color Index เพื่อหาอุณหภูมิ และนำอุณหภูมิที่ได้ไปเทียบกับ Stellar Classification เพื่อหาค่ามวลต่อมวลดวงอาทิตย์
7. นำค่ามวลที่ได้ไปแทนในสูตร $MS = 10^{10} * (M/M_{sun})^{-2.5}$ เพื่อหาอายุกระจุกดาว
8. นำค่าอายุของกระจุกดาวทรงกลมที่มากที่สุดที่เราศึกษามาสรุปเป็นค่าประมาณของอายุกาแล็กซีทางช้างเผือก

ผลการศึกษา

กระจุกดาว M22 ในกลุ่มดาวคนยิงธนู

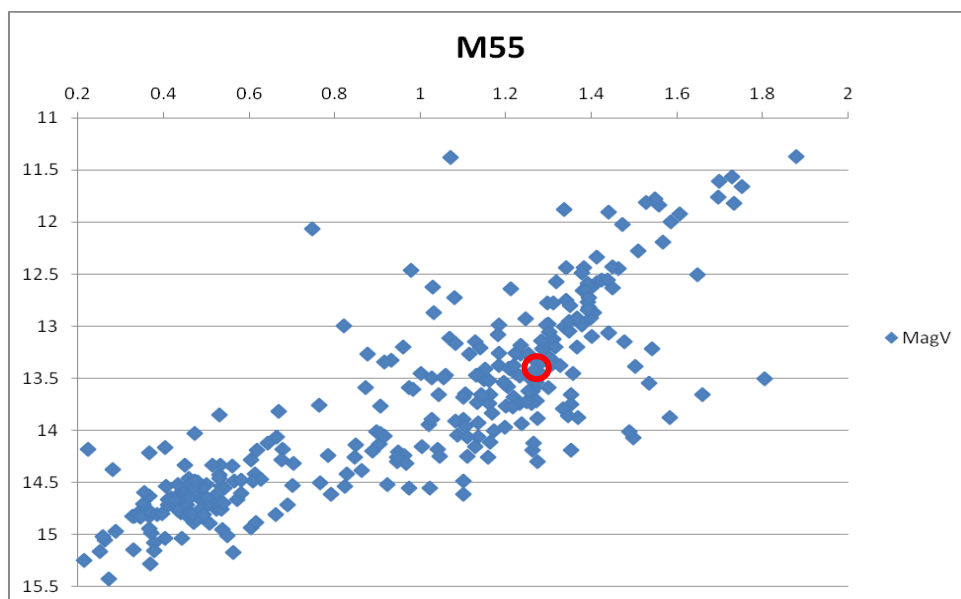
เมื่อจัดค่าแมกนิจูดที่แท้จริง นำมาเขียนภาพ H-R Diagram พบว่าจากกราฟที่ 1 ที่จุดพ้นลำดับหลัก มีค่าดัชนีสี (B-V) ประมาณ 1.2 และเมื่อนำมาคำนวณหาอายุของกระจุกดาว มีอายุประมาณ 43.58 พันล้านปี



กระจุกดาว M55 ในกลุ่มดาวคนยิงธนู

เมื่อจัดค่าแมกนิจูดที่แท้จริง นำมาเขียนภาพ H-R Diagram พบว่าจากกราฟที่ 2

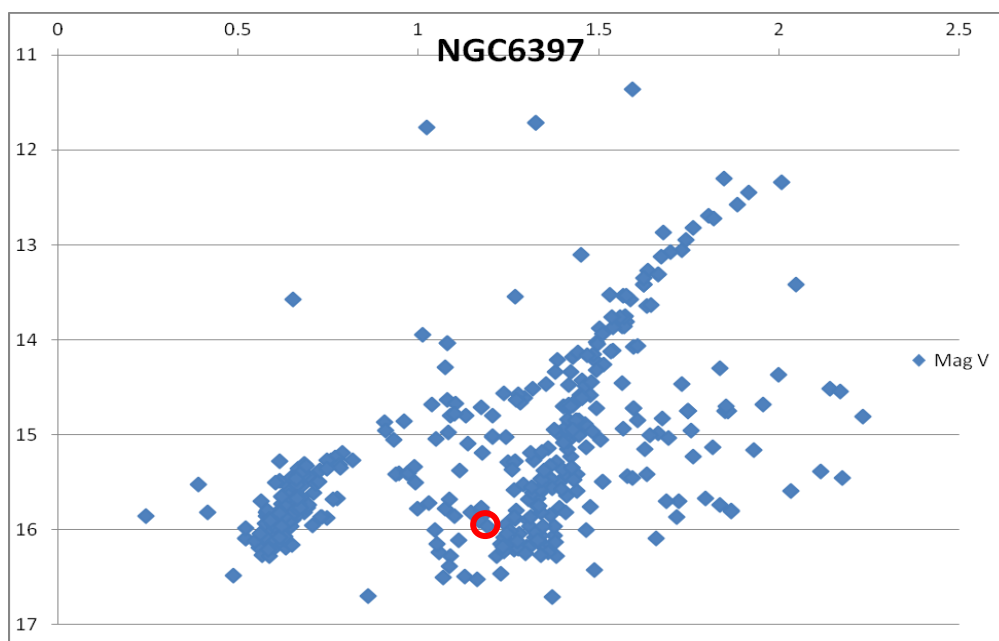
ที่จุดพื้นลำดับหลัก มีค่าดัชนีสี (B-V) ประมาณ 1.3 และเมื่อนำมาคำนวณหาอายุของกระจุกดาว มีอายุประมาณ 61.04 พันล้านปี



กระจุกดาว NGC6397

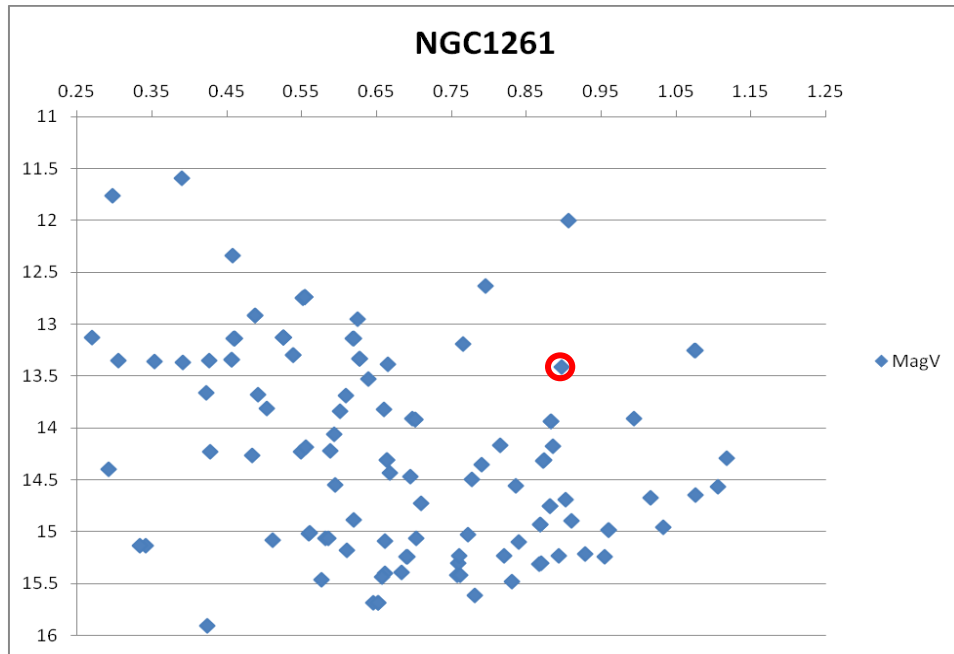
เมื่อจัดค่าแมกนิจูดที่แท้จริง นำมาเขียนภาพ H-R Diagram พบว่าจากกราฟที่ 3

ที่จุดพื้นลำดับหลัก มีค่าดัชนีสี (B-V) ประมาณ 1.25 และเมื่อนำมาคำนวณหาอายุของกระจุกดาว มีอายุประมาณ 51.29 พันล้านปี



กระจุกดาว NGC1261

เมื่อจัดค่าแมกนิจูดที่แท้จริง นำมาเขียนภาพ H-R Diagram พบว่าจากกราฟที่ 4 ที่จุดพื้นลำดับหลัก มีค่าดัชนีสี (B-V) ประมาณ 0.9 และเมื่อนำมาคำนวณหาอายุของกระจุกดาว มีอายุประมาณ 19.54 พันล้านปี



สรุปผล

จากการหาค่าอายุของกระจุกดาวทรงกลมเพื่อประมาณหาอายุของกาแล็กซีทางช้างเผือก พบว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกมีอายุประมาณ 14 พันล้านปี แต่ค่าที่ได้เป็นค่าประมาณเท่านั้น เนื่องจากการหาค่าของกระจุกดาวทรงกลม H-R Diagram ที่ได้มีค่า 61.04 พันล้านปี ที่เป็นเช่นนี้เพราะตอนที่พล็อตกราฟจุดพื้นลำดับหลักที่ได้ไม่ชัดเจนและจุดพื้นจากลำดับหลักที่เลือกมาเป็นแค่จุดๆหนึ่งที่เลือกมาเท่านั้น ดังนั้นอายุที่ได้ตอนนี้จึงเป็นแค่ค่าขอบบนที่เราสามารถบอกได้ว่ากระจุกดาวนี้จะมีอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าอายุที่หาได้ แต่จะไม่มากไปกว่านี้แน่นอน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้จากอาจารย์ชูชาติ เพ็ญน้อย อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยนางสาวณัฐยา ศิริวนสกุล นายวิชญา จงเจริญ ที่ปรึกษาพิเศษที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอด จนรายงานเสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ พ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณพี่ๆของทาง NARIT ที่ได้ให้โอกาสในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆที่ช่วยให้คำแนะนำดีๆ ความคิดเห็นใหม่ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

อายุกาแล็กซีทางช้างเผือก. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน จาก <https://charat602.wordpress.com/กาแล็กซีทางช้างเผือก/>

กระจุกดาวทรงกลม. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน จาก <https://sites.google.com/site/thinkstars/หมวดดาว/>

H-R Diagram. สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน จาก http://en.m.wikipedia.org/wiki/Hertzprung-Russell_diagram

ก่อตั้ง Promt8

ฐานข้อมูล Simbad

มติพล ตั้งมติธรรม ; คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ

ชื่อโครงการ การศึกษาคาบการโคจรดาวบริวารดาวพฤหัสบดี

ชื่อผู้ทำโครงการ นาย วชิระ ยืนยง

e-mail: kong-yuenyong@hotmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชูชาติ แพน้อย

ชื่อโรงเรียน เบญจมราชรังสฤษฎิ์ ฉะเชิงเทรา

222 ถ.ชุมพล ต.หน้าเมือง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาคาบการโคจรดาวบริวารดาวพฤหัสบดี มีที่มาจากสิ่งที่เราสามารถสังเกตเห็นดาวพฤหัสบดีและดาวบริวารของมันได้ทำให้เกิดความสงสัยที่ว่า ดาวบริวารดาวพฤหัสบดีโคจรรอบดาวพฤหัสบดีใช้เวลานานเท่าไร ส่วนวิธีการศึกษานั้น อาจมีได้หลายวิธีแต่เนื่องจากดาวบริวารดาวพฤหัสบดี ที่เราเห็นในแต่ละวันนั้น มีระยะห่างจากดาวพฤหัสบดีไม่เท่ากัน ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะใช้การศึกษาจากภาพและการศึกษาจากภาพจากโปรแกรม Stellarium การบันทึกภาพดาวบริวารดาวพฤหัสบดี จะบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัล นำภาพมาคำนวณหาระยะห่างระหว่างดาวบริวารดาวพฤหัสบดี กับดาวพฤหัสบดี ในวันนั้นๆ

ผลของเราพบว่า จะเห็นได้ว่าคาบวงโคจรของ Callisto ประมาณ 18 วัน คาบวงโคจรของ Ganymede ประมาณ 6 วัน คาบวงโคจรของ Europa ประมาณ 12 วัน ส่วนคาบวงโคจรของ Io ประมาณ 9 วัน และจากกราฟ 2.1 เมื่อเทียบโปรแกรม Stellarium คาบวงโคจรของ Callisto ประมาณ 16 วัน คาบวงโคจรของ Ganymede ประมาณ 7 วัน คาบวงโคจรของ Europa ประมาณ 3 วัน ส่วนคาบวงโคจรของ Io ประมาณ 2 วัน และเมื่อเทียบกับฐานข้อมูล (NASA) มีค่าความคลาดเคลื่อน 7.855% 16.137% 237.91% 408.76% และ 4.128% 2.16% 15.521% 13.6% ตามลำดับ และยังพบว่า จุดไกลสุดมีการเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: คาบการโคจร ดาวบริวารดาวพฤหัสบดี Stellarium

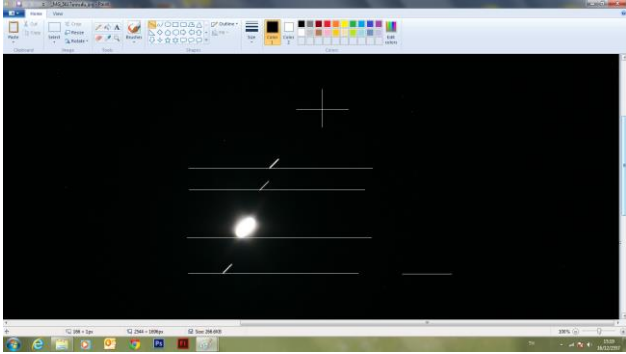
บทนำ

งานวิจัย การศึกษาคาบการโคจรดาวบริวารดาวพฤหัสบดี ได้แนวคิดมาจากการเห็นดาวหนึ่งมีดาวบริวารมาโคจรรอบดาวดวงนั้น เช่น ดวงจันทร์ที่โคจรรอบโลกใช้เวลา 30 วันหรือแม้แต่ว่า กลุ่มดาวแกลิเลียนที่โคจรรอบดาวพฤหัสบดี ทำให้มีแนวคิดอยากทำงานวิจัยเรื่องคาบการโคจรดาวบริวารดาวพฤหัสบดี โดยมีวิธีการศึกษาจากการถ่ายภาพจากท้องฟ้าจริง ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้ทำการศึกษาได้ทำการถ่ายภาพด้วยตนเองโดยใช้อุปกรณ์ที่มีในการถ่ายภาพและมีเป้าหมายในการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงการโคจรของดาวบริวารดาวพฤหัสบดี และขอบเขตในการศึกษาโครงการ อยู่ในช่วงระยะเวลา 3 เดือน โดยแบ่งระยะเวลาเก็บข้อมูลถ่ายภาพจริงตั้งแต่วันที่ 1-17 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 และมี ดาวบริวารดาวพฤหัสบดี ที่ศึกษา 4 ดวงดังต่อไปนี้ 1. Io 2. Europa 3. Ganymede 4. Callisto

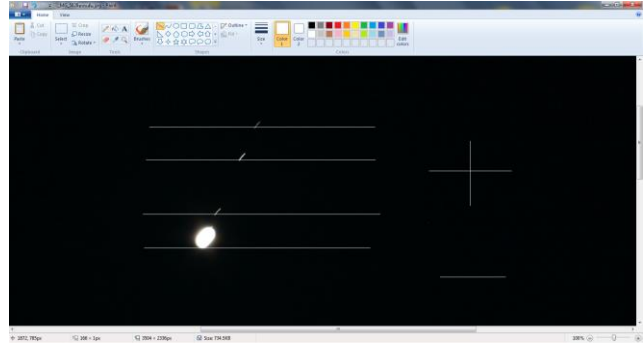
วิธีการศึกษา

1. ถ่ายรูปดาวพฤหัสบดีและดาวบริวารด้วยกล้อง Cannon DSLR EOS60D เลือกรุ่น iso1600และความเร็วชัตเตอร์ 1/3 มิลลิวินาทีโดยใช้ชัตเตอร์เข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบดอปโซเนียน (Dobsonian) โดยถ่ายรูปตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2557 ถึงวันที่ 17 พฤศจิกายน พ.ศ.2557 เวลา 05.00น.
2. นำข้อมูลภาพที่ได้เปิดใน paint เลือกช่อง line เลือกสีที่แตกต่างจากสีดำในช่อง Colors แล้วเปิดภาพที่เราถ่ายได้ ลากเส้นผ่านช่วงระยะเวลาถ่ายเดียวกันโดยลากในแนวนอน
3. ใช้ไม้บรรทัดวัดระยะจากเส้นสีของดาวพฤหัสบดีถึงเส้นสีต่างๆของดาวบริวารดวงต่างๆในหน่วยเซนติเมตร (cm.) หากค่าเฉลี่ย 7 ครั้ง วัดระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวพฤหัสบดีในแต่ละวันในหน่วยเซนติเมตรหากค่าเฉลี่ย 7 ครั้ง พล็อตลงใน Microsoft Office Excel
4. เปิดโปรแกรม Stellarium เลือกตำแหน่งผู้สังเกตอยู่ที่ จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย เปลี่ยนวันเวลาเป็นวันที่ 1 เดือน กันยายน พ.ศ. 2557 เวลา 05.00 Capture หน้าจอของแต่ละวันจนถึงวันที่ 19 เดือน กันยายน พ.ศ. 2557
5. นำค่าระยะห่างมาเทียบบัญญัติไตรยางศ์ ระยะห่างดาวพฤหัสบดีกับดาวบริวารในหน่วยกิโลเมตร (km.) = {ระยะห่างดาวพฤหัสบดีกับดาวบริวารในหน่วยเซนติเมตร (cm.) คูณด้วย 139,822} (เส้นผ่านศูนย์กลางดาวพฤหัสบดีหน่วยkm.) แล้วหาร ด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางในหน่วยcm. พล็อตลงใน Microsoft Office Excel นำมาพล็อตเป็นกราฟโดยให้ดาวพฤหัสบดีเป็นแกนให้ด้านล่างเป็นค่าลบ ให้ด้านบนเป็นค่าบวก
6. เปลี่ยนตำแหน่งผู้สังเกตไปที่ดวงอาทิตย์ เปลี่ยนวันเวลาเป็นวันที่ 1 มกราคม 2557 นำค่าระยะห่างของดาวพฤหัสบดีในหน่วยดาราศาสตร์(AU)มาพล็อตลงใน Microsoft Office Excel เปลี่ยนเวลาไปทุกๆเดือนจนถึงพ.ศ. 2568
7. จากข้อ 6 เปลี่ยนจากการหารระยะจากดวงอาทิตย์ถึงดาวพฤหัสบดีเป็นดวงอาทิตย์ถึงดาวบริวารแต่ละดวงโดยให้ระยะห่างของ Io เป็น 30 นาที จินครบ 85 ครั้ง Europa เป็น 70 นาที จินครบ 72 ครั้ง Ganymede เป็น 120 นาที จินครบ 82 ครั้ง Callisto เป็น 300 นาที จินครบ 62 ครั้ง
8. เปลี่ยนตำแหน่งผู้สังเกตไปที่ดวงอาทิตย์ เปลี่ยนวันเวลาเป็นวันที่ 1 กันยายน 2557 คลิกไปที่ดาวบริวารพฤหัสบดี แล้วนำค่าระยะห่างที่ได้มาพล็อตลงใน Microsoft Office Excel เปลี่ยนเวลาไปทุกๆวันแล้วพล็อตเป็นกราฟ

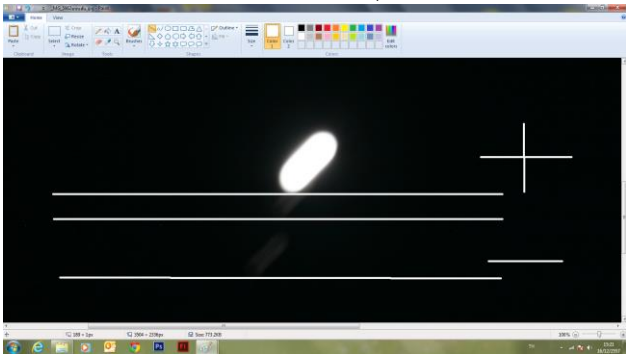
ผลการศึกษา



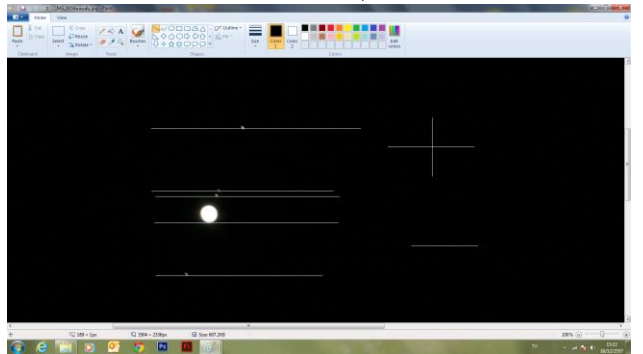
วันที่ 3 พฤศจิกายน



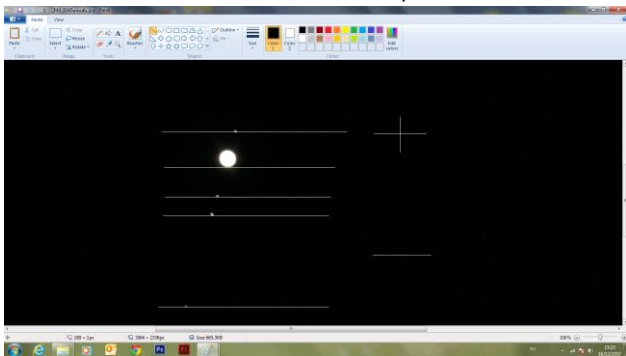
วันที่ 4 พฤศจิกายน



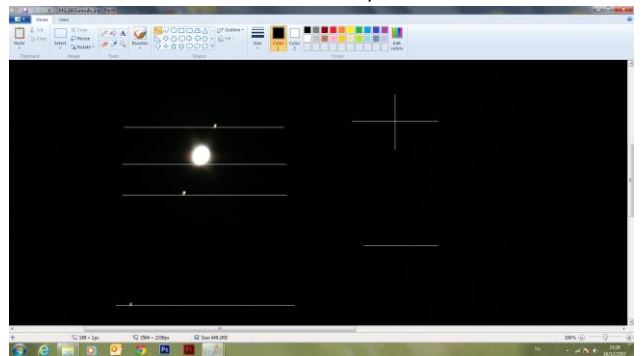
วันที่ 7 พฤศจิกายน



วันที่ 10 พฤศจิกายน



วันที่ 13 พฤศจิกายน



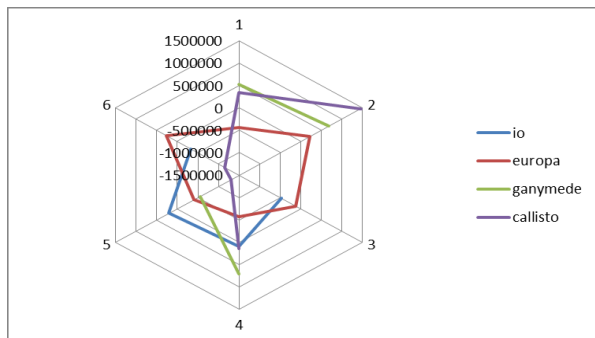
วันที่ 16 พฤศจิกายน

ตารางวัดระยะห่างของดาวพฤหัสบดีถึงดาวบริวาร

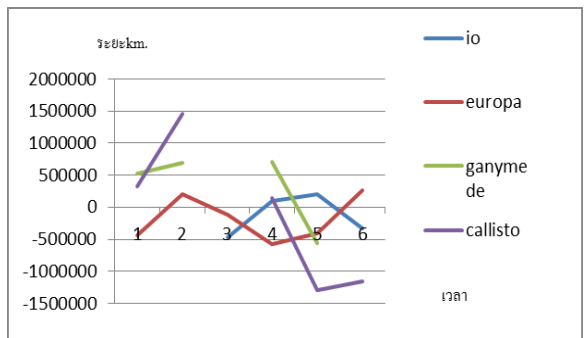
วัน	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	io	europa	ganymede	callisto					
2		1.18	1.43	0.92	1		311	MG_5617	
3		1.16	1.38	0.88	2				
4		1.18	1.41	0.92	3				
5		1.18	1.42	0.9	4				
6		1.2	1.41	0.91	5				
7		1.17	1.42	0.91	6				
8		1.19	1.39	0.89	7				
9		1.18	1.4085714	0.90428571					
10		0.39	1.32	2.83	1		411	MG_5828	
11		0.42	1.34	2.82	2				
12		0.4	1.32	2.82	3				
13		0.39	1.32	2.81	4				
14		0.41	1.33	2.82	5				
15		0.41	1.31	2.8	6				
16		0.4	1.34	2.81	7				
17		0.402857	1.3257143	2.81571429					
18		1.15	0.28		1		711	MG_5962	
19		1.17	0.3		2				
20		1.16	0.28		3				
21		1.15	0.29		4				
22		1.16	0.28		5				
23		1.15	0.28		6				
24		1.15	0.3		7				
25		1.155714	0.287143						
26		0.18	1.18	1.39	0.29	1		1011	MG_6054
27		0.2	1.15	1.42	0.3	2			
28		0.17	1.14	1.4	0.29	3			
29		0.18	1.16	1.39	0.28	4			
30		0.18	1.15	1.41	0.28	5			
31		0.19	1.15	1.41	0.3	6			
32		0.2	1.17	1.42	0.29	7			
33		0.185714	1.157143	1.4057143	0.29				
34		0.42	0.82	1.12	2.6	1		1311	MG_6345
35		0.4	0.81	1.11	2.61	2			
36		0.41	0.81	1.1	2.58	3			
37		0.41	0.82	1.12	2.58	4			
38		0.41	0.83	1.1	2.59	5			
39		0.42	0.81	1.1	2.6	6			
40		0.4	0.8	1.12	2.6	7			
41		0.41	0.814286	1.11	2.59428571				
42		0.75	0.61		2.65	1		1611	MG_6601
43		0.77	0.6		2.65	2			
44		0.74	0.6		2.66	3			
45		0.75	0.59		2.65	4			
46		0.73	0.61		2.64	5			
47		0.74	0.58		2.67	6			
48		0.76	0.62		2.64	7			
49		0.748571	0.601429		2.65142857				

เส้นผ่าศูนย์กลาง	เส้นผ่าศูนย์กลาง		io	europa	ganymede	callisto
0.38	367952	311		-434184	518076	332628
0.27	517859	411		208179	686163	1457773
0.34	411241	711	-474983	-118026		
0.28	499364	1011	92382	-577764	701606	144815
0.28	499364	1311	204739	-406482	-554294	-1295350
0.32	436943	1611	-326833	262602		-1158335

กราฟระยะห่างระหว่างดาวพฤหัสบดีถึงดาวบริวารในหน่วย km. โดยในแนวแกน X ช่องที่ 1 คือวันที่ 03/11/2557 โดยช่องที่ 2 คือวันที่ 04/11/2557 โดยช่องที่ 3 คือวันที่ 07/11/2557 โดยช่องที่ 4 คือวันที่ 10/11/2557 โดยช่องที่ 5 คือวันที่ 13/11/2557 โดยช่องที่ 6 คือวันที่ 16/11/2557 ในแนวแกน Y คือระยะห่างในหน่วย km.



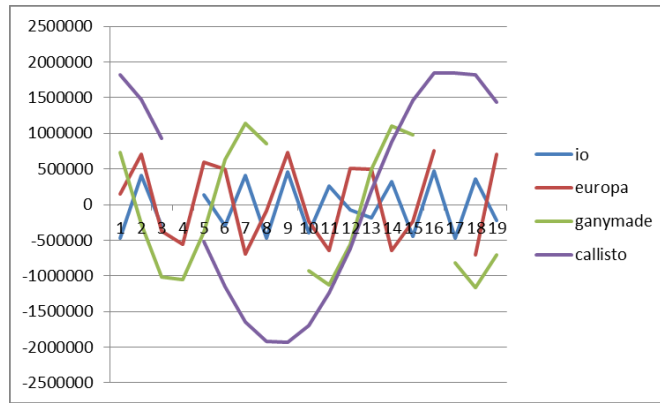
กราฟที่ 1.1



กราฟที่ 1.2

จากการศึกษากราฟที่ 1.1 และ กราฟที่ 1.2 พบว่า คาบวงโคจรของ Callisto ประมาณ 18 วัน Ganymede ประมาณ 6 วัน Europa ประมาณ 12 วัน Io ประมาณ 9 วัน

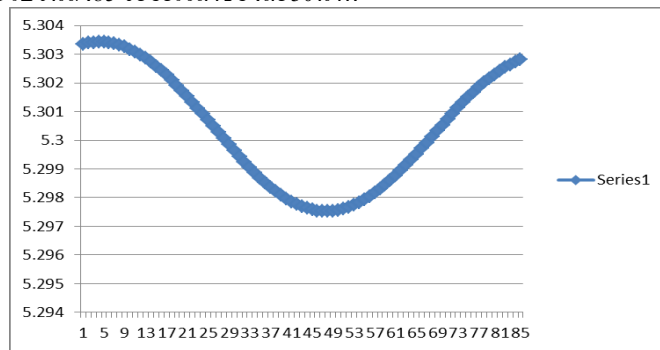
กราฟระยะห่างระหว่างดาวพฤหัสบดีถึงดาวบริวาร 4 ดวงจาก Stellarium ในหน่วย km. ในแกน Y โดยเส้นศูนย์คือดาวพฤหัสบดี โดยจาก 1 ไป 2 คือระยะเวลา 1 วัน ในแกน X



กราฟที่2.1

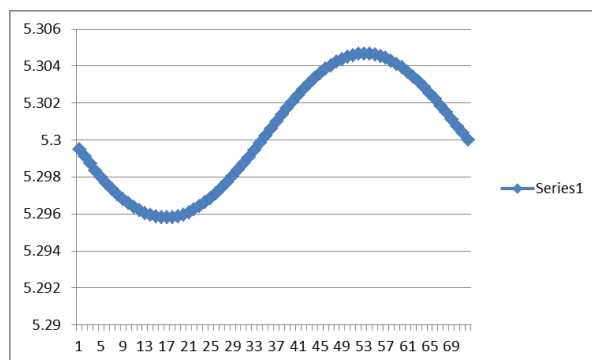
จากการศึกษากราฟที่2.1พบว่า คาบวงโคจรของ Callisto ประมาณ16วันคาบวงโคจรของ Ganymedeประมาณ7วัน
คาบวงโคจรของ Europaประมาณ3วัน ส่วนคาบวงโคจรของ Ioประมาณ2วัน

กราฟระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์ถึงดาวบริวาร Io จาก Stellarium ในหน่วย AU แกนY คือระยะห่างในหน่วยAU
แกนX คือระยะเวลา โดยจาก1 ไปจนถึง85 ระยะเวลาช่องละ30นาที



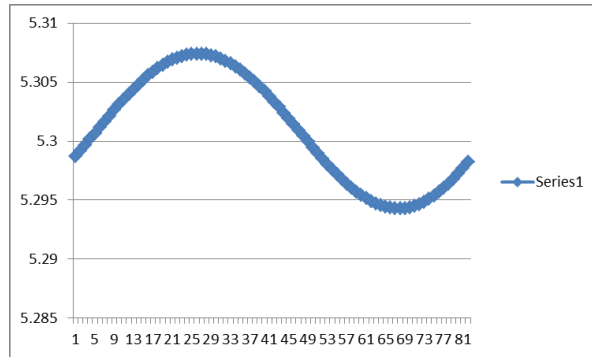
กราฟที่3.1

กราฟระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์ถึงดาวบริวาร Europa จาก Stellarium ในหน่วย AU แกนY คือระยะห่างใน
หน่วยAU แกนX คือระยะเวลา โดยจาก1 ไปจนถึง72ระยะเวลาช่องละ70นาที



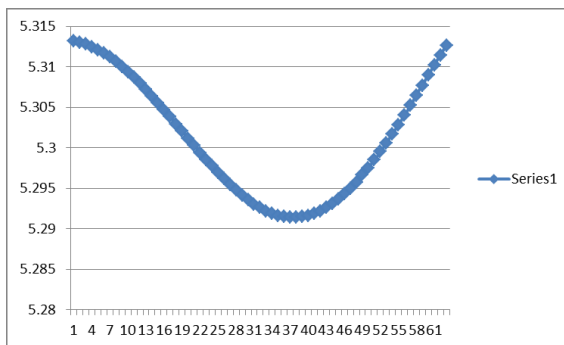
กราฟที่3.2

กราฟระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์ถึงดาวบริวาร Ganymede จาก Stellarium ในหน่วย แกนY คือระยะห่างในหน่วย AU แกนX คือระยะเวลา โดยจาก1ไปจนถึง82ระยะเวลาช่องละ120นาทีก



กราฟที่3.3

กราฟระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์ถึงดาวบริวาร callisto จาก Stellarium ในหน่วย AU แกนY คือระยะห่างในหน่วยAU แกนX คือระยะเวลา โดยจาก1ไปจนถึง62ระยะเวลาช่องละ300นาทีก



กราฟที่3.4

จากการศึกษากราฟที่3.1-3.4 พบว่า คาบการโคจรของดาวแต่ละดวงโดยการนำจำนวนช่องระยะห่างของเวลามาคูณกับระยะเวลาที่เรากำหนด ของดาวบริวารแต่ละดวง Ioประมาณ 2550นาทีก Europaประมาณ 5040นาทีก Ganymedeประมาณ 9840นาทีก Callistoประมาณ18600นาทีก

สรุปผล

จากกราฟ 1.1-กราฟ 1.2 จะเห็นว่า คาบวงโคจรของ Callisto ประมาณ 18 วัน คาบวงโคจรของ Ganymede ประมาณ 6 วัน คาบวงโคจรของ Europa ประมาณ 12 วัน ส่วนคาบวงโคจรของ Io ประมาณ 9 วัน และจากกราฟ 2.1 เมื่อเทียบ โปรแกรม Stellarium คาบวงโคจรของ Callisto ประมาณ 16 วัน คาบวงโคจรของ Ganymede ประมาณ 7 วัน คาบวงโคจรของ Europa ประมาณ 3 วัน ส่วนคาบวงโคจรของ Io ประมาณ 2 วัน และเมื่อเทียบกับฐานข้อมูล (NASA) มีค่าความคลาดเคลื่อน 7.855% 16.137% 237.91% 408.76% และ 4.128% 2.16% 15.521% 13.6% ตามลำดับ และยังพบว่า จุดไกลสุดมีการเปลี่ยนแปลง

อภิปราย

จากการศึกษาพบว่าภาพที่เราถ่ายมีปัญหาจากการที่เราถ่ายภาพเป็นเส้นบางภาพมัวเกิดขึ้นจากตอนแรกเรายังไม่รู้ว่าต้องใช้ค่าความไวแสง (iso) เท่าไร ตอนที่ถ่ายภาพอาจมีลมมากกระทบจนเกิดการสั่นของกล้องโทรทรรศน์ เปิดหน้ากล้องนานก็วินาที และช่วงระยะเวลาที่ถ่ายห่างถึง 3 วัน ซึ่งทำให้คาบวงโคจรของ Europa และ Io คลาดเคลื่อนไปมาก และยังมีปัญหาด้านลมฟ้าอากาศ เพราะในพื้นที่ที่เราถ่ายภาพอยู่ใกล้ทะเลและใกล้แนวชายฝั่งทะเล ในช่วงต้นฤดูหนาวช่วงที่เก็บข้อมูลยังอยู่ในช่วงฤดูมรสุมที่ยังมีฝนตกอยู่ และจะนำไปศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยดาราศาสตร์นี้ ได้รับการสนับสนุน โดยโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาอาจารย์ ชูชาติ แพน้อย นายภานุ อุบลน้อย นายวิษณุ จงเจริญ ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำงานและช่วยให้คำปรึกษาเรื่องการถ่ายภาพในครั้งนี้ และขอขอบคุณคุณแม่และเพื่อน พี่และน้องๆ ที่คอยให้การสนับสนุนในหลายๆด้าน

เอกสารอ้างอิง

นาย อติศักดิ์ มหาวรรณ, ดาวพฤหัสบดี (Jupiter). สืบค้นเมื่อ 02 ธันวาคม 2557

<http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/solar2/Jupiter.htm>

National Aeronautics and Space Administration. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2557

https://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jup_Callisto&Display=Facts

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลก

นางสาวศุพิชญา อ่วมเดือน

e-mail: Supichaya_pearry@gmail.com

ชื่อครูที่ปรึกษา นายชูชาติ แพน้อย

โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลก เกิดจากความสงสัยที่ว่า เมื่อวงโคจรของดวงจันทร์เป็นวงรีแล้ว ในแต่ละวันจะมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างอย่างไร ซึ่งสามารถทำการศึกษาได้หลายวิธี แต่เนื่องจากดวงจันทร์ที่เราเห็นในแต่ละวันนั้น มีขนาดปรากฏไม่เท่ากัน จึงทำการศึกษาจากภาพถ่ายดวงจันทร์ และการศึกษาจากภาพจากโปรแกรม Stellarium การบันทึกภาพดวงจันทร์ จะบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัล Canon DSLR EOS60D โดยถ่ายที่มุมเงยไม่ต่ำกว่า 15 องศา นำภาพมาหาค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเชิงมุมของดวงจันทร์ แล้วนำมาคำนวณหาระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกในวันนั้นๆ

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกที่หาได้จากภาพจริงและภาพจากโปรแกรม Stellarium เท่ากับ 382,030 กิโลเมตรและ 386,990 กิโลเมตร เมื่อเทียบกับฐานข้อมูล(NASA) มีค่าความคลาดเคลื่อน 1.066% และ 2.323% ตามลำดับ ระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน ทำให้วงโคจรไม่เป็นวงกลมแต่เป็นวงรีที่มีค่าความรี เท่ากับ 0.3 และยังพบว่า จุดใกล้สุดและจุดไกลสุดมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนตามปฏิทินจันทรคติ ไม่ตรงตามวันข้างขึ้นหรือข้างแรมเดิม

คำสำคัญ: ระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลก ขนาดเชิงมุม

บทนำ

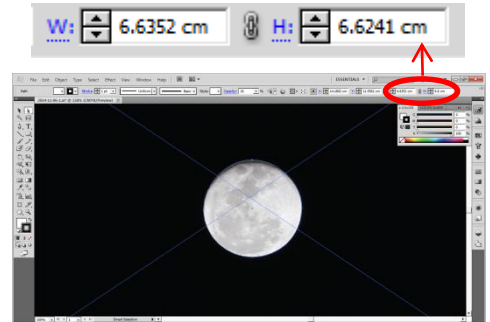
ดวงจันทร์เป็นบริวารตามธรรมชาติเพียงดวงเดียวของโลก โคจรรอบโลกเป็นเวลาประมาณ 1 เดือน โดยโคจรไปทางเดียวกันกับการหมุนรอบตัวของโลก หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และโคจรอยู่รอบโลกที่ระยะห่างเฉลี่ย 378,000 กิโลเมตร ดวงจันทร์โคจรรอบโลกเป็นวงรีที่มีความรีน้อยๆแต่ไม่ใช่วงกลม จึงมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างในวงโคจรอยู่ตลอดเวลา จึงเกิดข้อสงสัยว่าในแต่ละวันดวงจันทร์มีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างจากโลกอย่างไร

จากการสังเกตดวงจันทร์ในแต่ละวัน เราจะเห็นว่าขนาดปรากฏของดวงจันทร์นั้นไม่เท่ากัน ซึ่งก็เกิดจากการที่ดวงจันทร์มีระยะห่างจากโลกไม่เท่ากันในแต่ละวันนั่นเอง ดังนั้นเราจะสามารถหาระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกในแต่ละวันได้จากความสัมพันธ์ของระยะห่างและขนาดเชิงมุมของดวงจันทร์ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลก นอกจากจะทำให้เห็นวงโคจรของดวงจันทร์แล้วอาจทำให้เห็นความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ที่มีผลมาจากดวงจันทร์โดยตรง

วิธีการศึกษา

- 1.ถ่ายภาพดวงจันทร์ด้วยกล้อง Cannon DSLR EOS60D ใช้ค่าโฟกัส 8 และ ค่าความไวแสง 200 ถ่ายที่มุมเงยไม่ต่ำกว่า 15 องศา เป็นจำนวนไม่ต่ำกว่า 7 รูป ในหนึ่งคืน และถ่ายติดต่อกันเป็นเวลา 1 เดือน
- 2.นำมาหาขนาดของดวงจันทร์ในภาพถ่าย ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS5

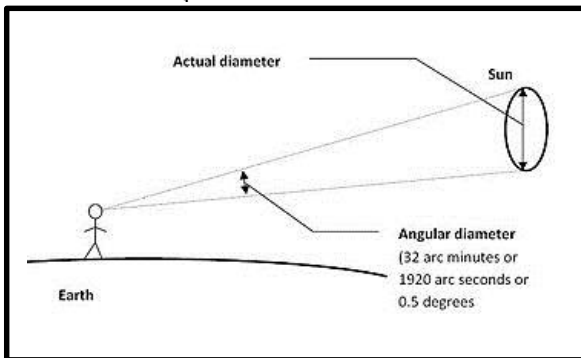
- 2.1.สร้างวงกลมขึ้นมา 1 รูป
- 2.2.ปรับให้จุดศูนย์กลางวงกลม ตรงกับจุดศูนย์กลางภาพ
- 2.3.ปรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลม ให้ทับกับดวงจันทร์พอดี ขยายภาพ 1200%
- 2.4.นำค่าความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางจากทุกภาพที่เป็นวันเดียวกัน มาหาค่าเฉลี่ย



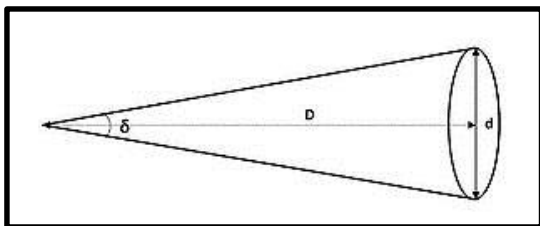
จากนั้นเทียบขนาดดวงจันทร์ในหน่วยเซนติเมตร เป็นหน่วยเรเดียนตามการเทียบหน่วย

$$\text{ขนาดเชิงมุม(เรเดียน)} = \text{ขนาดดวงจันทร์ในภาพ(เซนติเมตร)} \times \frac{\text{ขนาดเชิงมุมที่กล้องรับได้(องศา)}}{\text{ขนาดภาพเต็ม(เซนติเมตร)}} \times \frac{3.14(\text{เรเดียน})}{180(\text{องศา})}$$

- 3.นำขนาดเชิงมุมมาหาระยะห่าง



ภาพที่ 1 ภาพจำลองการมองดวงอาทิตย์ จากผู้สังเกตบนโลก



ภาพที่ 2 ภาพการกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางเชิงมุม

จากภาพที่ 2 ให้ δ คือ ขนาดเชิงมุมของดวงจันทร์ ที่มองเห็น

d คือ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง ดวงจันทร์

D คือ ระยะห่างจากโลกถึงดวงจันทร์

จะได้;

$$\tan\left(\frac{\delta}{2}\right) = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม}}{\text{ด้านประชิดมุม}}$$

$$\tan\left(\frac{\delta}{2}\right) = \frac{d/2}{D}$$

$$D = \frac{d}{2\tan\left(\frac{\delta}{2}\right)}$$

- 4.จากนั้นก็ทำการหาว่าระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกกับวันที่ศึกษาและกับวันข้างขึ้น-ข้างแรม ของแต่ละเดือน
- 5.วิเคราะห์ข้อมูลและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกในแต่ละเดือน
- 6.หาค่าความริชของวงโคจรดวงจันทร์ใน 1 เดือน

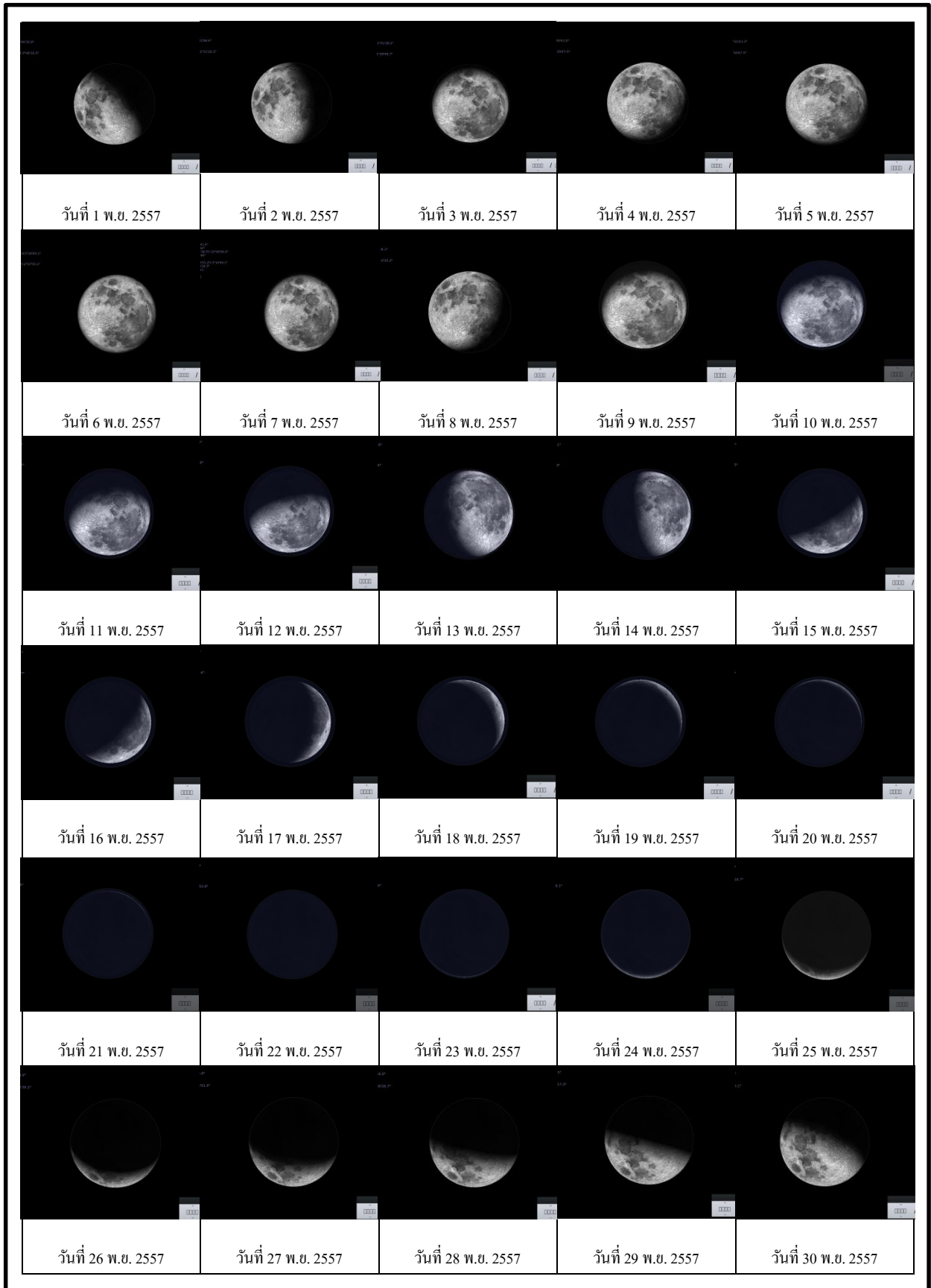
ผลการศึกษา

1. การศึกษาจากภาพดวงจันทร์จากการถ่ายภาพจริง ในวันที่ 1 พ.ย. 2557 – 30 พ.ย. 2557

							
วันที่ 1 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 2 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 3 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 4 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200	
							
วันที่ 6 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 7 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 8 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 9 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200	
							
วันที่ 11 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 13 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 15 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 17 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200	
							
วันที่ 18 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 19 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 20 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 23 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200	
							
วันที่ 24 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 26 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 27 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 28 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200	
							
วันที่ 29 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200		วันที่ 30 พ.ย. 2557 ค่า F8 ISO200					

ภาพที่ 3 การบันทึกภาพดวงจันทร์ วันที่ 1 พ.ย.2557- 30 พ.ย. 2557

2.การศึกษาจากภาพดวงจันทร์จากโปรแกรม Stellarium ในวันที่ 1 พ.ย.2557- 30 พ.ย. 2557



ภาพที่ 4 ภาพที่ได้จากโปรแกรม Stellarium วันที่ 1 พ.ย. 2557- 30 พ.ย. 2557

3.ผลการคำนวณหาระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกจากภาพถ่ายจริงและภาพจากโปรแกรม Stellarium

วันที่	ระยะห่างที่ได้จากการศึกษาจากภาพถ่ายจริง (กิโลเมตร)	ระยะห่างที่ได้จากการศึกษาจากภาพจากโปรแกรมStellarium (กิโลเมตร)
1 พ.ย. 2557	363,420	372,800
2 พ.ย. 2557	364,380	372,990
3 พ.ย. 2557	366,660	373,660
4 พ.ย. 2557	369,580	373,180
5 พ.ย. 2557	-	374,330
6 พ.ย. 2557	377,790	373,430
7 พ.ย. 2557	382,530	378,190
8 พ.ย. 2557	387,270	386,430
9 พ.ย. 2557	391,070	389,300
10 พ.ย. 2557	-	395,110
11 พ.ย. 2557	399,050	399,630
12 พ.ย. 2557	-	404,560
13 พ.ย. 2557	403,850	410,270
14 พ.ย. 2557	-	409,910
15 พ.ย. 2557	405,540	410,490
16 พ.ย. 2557	404,780	409,680
17 พ.ย. 2557	402,680	407,410
18 พ.ย. 2557	399,790	404,490
19 พ.ย. 2557	395,860	398,980
20 พ.ย. 2557	391,370	395,210
21 พ.ย. 2557	-	391,450
22 พ.ย. 2557	-	388,550
23 พ.ย. 2557	-	379,160
24 พ.ย. 2557	372,980	374,800
25 พ.ย. 2557	-	373,180
26 พ.ย. 2557	367,800	372,710
27 พ.ย. 2557	365,480	372,610
28 พ.ย. 2557	363,520	372,230
29 พ.ย. 2557	363,960	372,420
30 พ.ย. 2557	365,420	372,610
ค่าเฉลี่ย	382,030	386,990

ตารางที่ 1 ตารางแสดงระยะห่างจากโลกที่หาได้จากการศึกษาจากภาพถ่ายจริง

THE 1st THAI ASTRONOMICAL CONFERENCE (STUDENT SESSION) 101

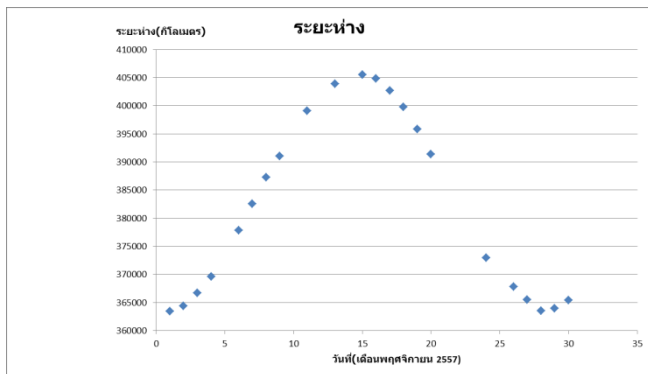
และการศึกษาจากภาพจากโปรแกรม Stellarium

4.การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลก ระหว่างฐานข้อมูล(NASA) การศึกษาจากภาพถ่ายจริงและการศึกษาจากภาพจากโปรแกรม Stellarium

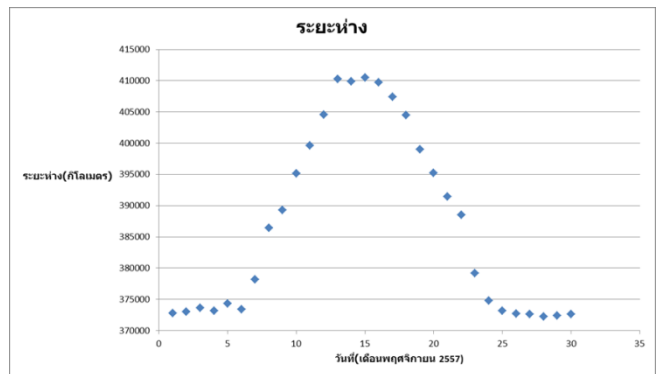
ที่มาข้อมูล	ค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลก (กิโลเมตร)	ผลต่างของระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกเทียบกับฐานข้อมูล (NASA) (กิโลเมตร)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน(%)
ฐานข้อมูล(NASA)	378,000	-	-
ภาพถ่ายจริง	382,030	4,030	1.066%
ภาพจากโปรแกรม Stellarium	386,990	8,990	2.323%

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์และความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้

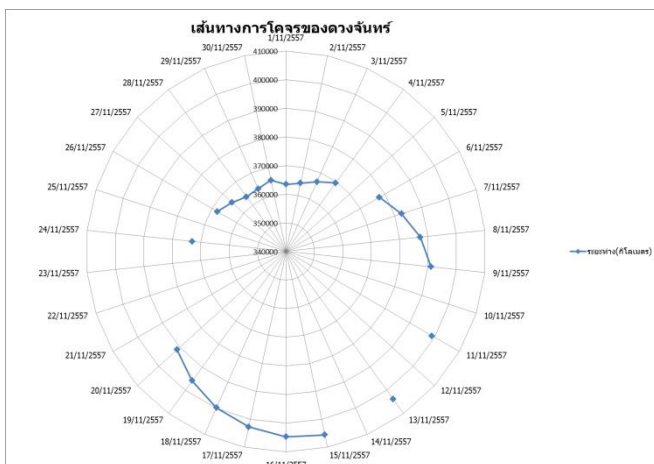
5.กราฟการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกในแต่ละวัน และเส้นทางการโคจรของดวงจันทร์



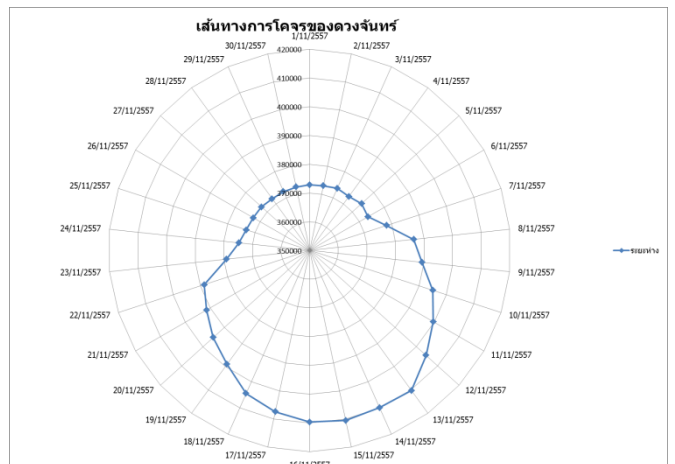
กราฟที่ 1.1 กราฟแสดงระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์วันที่ 1 พ.ย. 2557- 30 พ.ย. 2557 จากการศึกษาด้วยภาพถ่ายจริง



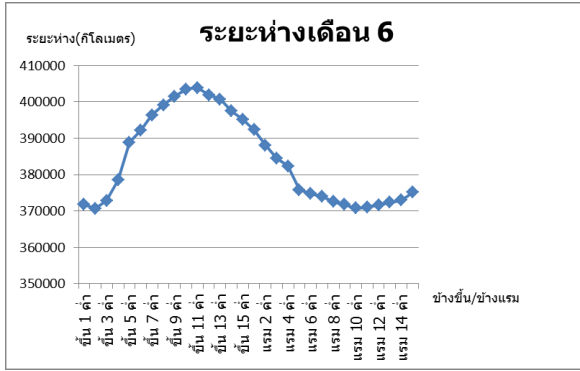
กราฟที่ 1.2 กราฟแสดงระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์วันที่ 1 พ.ย. 2557- 30 พ.ย. 2557 จากการศึกษาด้วยภาพจากโปรแกรม Stellarium



กราฟที่ 1.3 กราฟแสดงเส้นทางการโคจรของดวงจันทร์ วันที่ 1 พ.ย. 2557 – 30 พ.ย. 2557 จากการศึกษาด้วยภาพถ่ายจริง

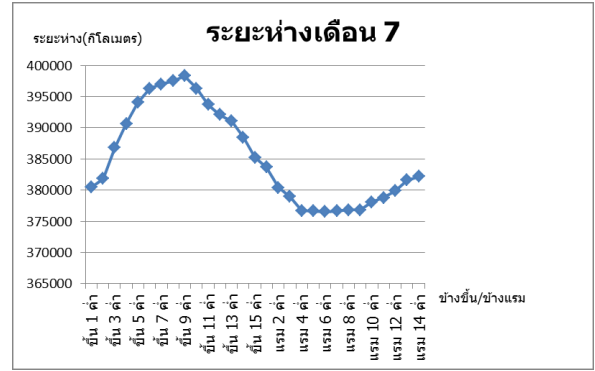


กราฟที่ 1.4 กราฟแสดงเส้นทางการโคจรของดวงจันทร์ วันที่ 1 พ.ย. 2557 – 30 พ.ย. 2557 จากการศึกษาด้วยภาพจากโปรแกรม Stellarium



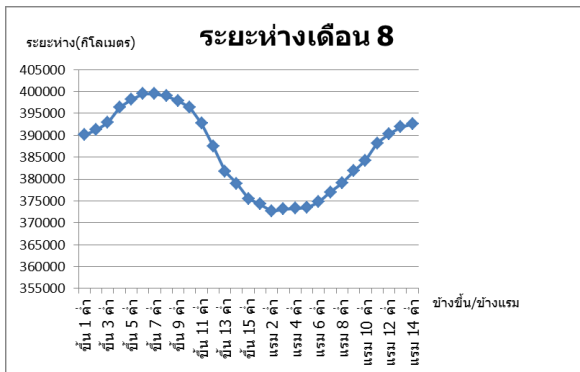
กราฟ 6.9 กราฟแสดงระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์ในเดือน 5

พ.ศ. 2557 (19 เม.ย. 2558 – 18 พ.ค. 2558)



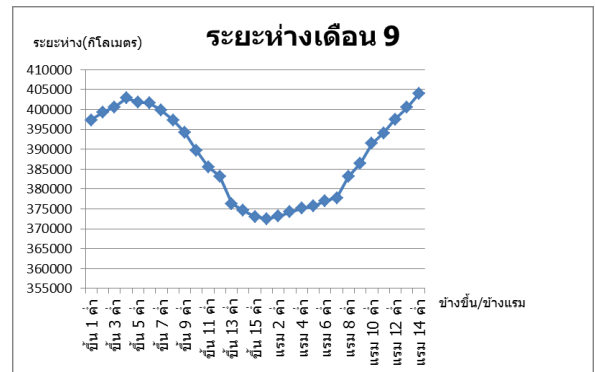
กราฟ 6.10 กราฟแสดงระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์ในเดือน 5

พ.ศ. 2557 (21 พ.ค. 2558 – 18 มิ.ย. 2558)



กราฟ 6.11 กราฟแสดงระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์ในเดือน 5

พ.ศ. 2557 (21 มิ.ย. 2558 – 18 ก.ค. 2558)



กราฟ 6.12 กราฟแสดงระยะห่างระหว่างโลกและดวงจันทร์ในเดือน 5

พ.ศ. 2557 (21 ก.ค. 2558 – 18 ส.ค. 2558)

จากกราฟพบว่า จุดใกล้สุดและไกลสุดมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน ไม่ตรงกับวันข้างขึ้นหรือข้างแรมเดิม

สรุปผล

จากผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกที่หาได้จากภาพถ่ายจริงและภาพจากโปรแกรม Stellarium เท่ากับ 382,030 กิโลเมตรและ 386,990 กิโลเมตร และเมื่อเทียบกับฐานข้อมูล(NASA) มีค่าความคลาดเคลื่อน 1.066% และ 2.323% ตามลำดับ ระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน ทำให้วงโคจรไม่เป็นวงกลมแต่เป็นวงรีที่มีค่าความรี เท่ากับ 0.3 และยังพบว่า จุดใกล้สุดและจุดไกลสุดมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนตามปฏิทินจันทรคติ ไม่ตรงตามวันข้างขึ้นหรือข้างแรมเดิม

อภิปราย

จากการศึกษาจะพบว่าระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลกที่หาได้จาก ภาพถ่ายจริงและภาพจากโปรแกรม Stellarium ที่วันเดียวกันมีค่าที่แตกต่างกันและเกิดความคลาดเคลื่อนจากฐานข้อมูล(NASA) ซึ่งอาจเกิดจากการถ่ายภาพ เนื่องจากกล้องที่ใช้ชুমได้น้อยทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน และภาพที่ได้จากโปรแกรมอาจจะไม่ได้ตรงกับความจริงเสมอไป หรืออาจเกิดจากการหาเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงจันทร์ในภาพ ดังนั้น ควรจะหาวิธีที่ดีที่สุดเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำที่สุด

จากผลการศึกษาทำให้เกิดข้อสงสัยว่าทำไมจุดใกล้สุดและจุดไกลสุดถึงมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนตามปฏิทินจันทรคติ การเปลี่ยนแปลงนี้ อาจเกี่ยวกับการที่ระหว่างที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก โลกก็โคจรรอบดวงอาทิตย์อยู่ด้วย หรืออาจมีความสัมพันธ์กับระนาบการโคจรของโลกและดวงจันทร์ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ และ จะนำไปศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยดาราศาสตร์นี้ ได้รับการสนับสนุนโดยโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่จากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ที่ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือคุณพ่อคุณแม่ที่ให้การสนับสนุน และทุกคนที่ให้กำลังใจ ซึ่งทำให้งานวิจัยเรื่องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างดวงจันทร์และโลก สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณมากค่ะ

เอกสารอ้างอิง

ขนาดเชิงมุม(ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2557 จากวิกิพีเดีย:

<http://th.m.wikipedia.org/wiki/ขนาดเชิงมุม>

ข้อมูลทั่วไปของดวงจันทร์(ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ 26 พฤศจิกายน 2557 จากฟิสิกส์ราชมงคล:

<http://www.atom.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/solar2/datamoon.htm>.

ดวงจันทร์(ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ 26 พฤศจิกายน 2557 จาก LESA&หอดูดาวเกิดแก้ว:

<http://www.lesa.biz/astronomy/solar-system/planets/earth/moon>.

Moon Fact Sheet(ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2557 จาก NASA:

<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>

การศึกษาอัตราเร็วการหมุนและคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์

นางสาวสิดาธิ์ ค่ำกักดี

Email : sidarat.6944@gmail.com

นางพรรณพร บุญทศ

โรงเรียนยโสธรพิทยาคม

บทคัดย่อ

การศึกษาอัตราเร็วการหมุนและคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์เป็นการศึกษาคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์บริเวณชั้นนอกและชั้นในของวงแหวน เพื่อเปรียบเทียบว่าชั้นนอกและชั้นในของวงแหวนมีอัตราการหมุนเท่ากันหรือไม่ โดยใช้วิธีถ่ายภาพสเปกตรัมของวงแหวนดาวเสาร์ และหาค่า redshift และ blueshift โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาอัตราเร็วการหมุนและคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์ 2) เพื่อนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการค้นคว้าข้อมูล 3) เพื่อเรียนรู้กระบวนการทำวิจัยโดยอาศัยกระบวนการวิจัยทางดาราศาสตร์เป็นสื่อ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ เครื่องบันทึกสเปกโตรกราฟ วิธีการศึกษา คือ ใช้เครื่องบันทึกสเปกโตรกราฟบันทึกสเปกตรัมบริเวณชั้นนอกและชั้นในของวงแหวนดาวเสาร์ที่กำลังหมุนเข้าและหมุนออกจากโลก ผลการศึกษาพบว่า อัตราเร็วในการหมุนบริเวณชั้นนอกของวงแหวนดาวเสาร์มีค่าใกล้เคียงกับอัตราเร็วในการหมุนบริเวณชั้นในของวงแหวนดาวเสาร์ แต่มีค่าคาบในการหมุนไม่เท่ากันเนื่องจากบริเวณชั้นนอกและชั้นในของวงแหวนมีรัศมีไม่เท่ากัน

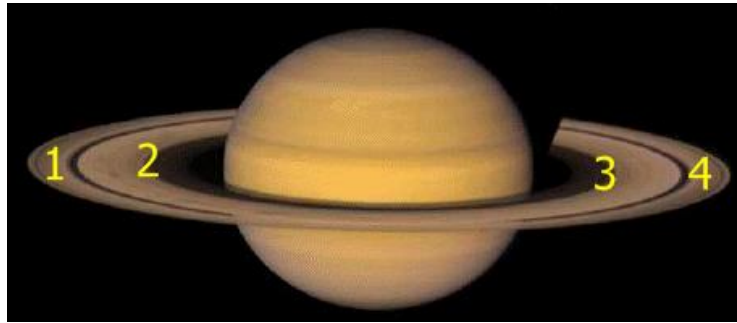
คำสำคัญ : อัตราการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์, คาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์

บทนำ

ดาวเสาร์เป็นดาวเคราะห์ที่มีความสวยงาม เมื่อดูในกล้องโทรทรรศน์จะเห็นวงแหวนที่ล้อมรอบ ซึ่งทำให้ดาวเสาร์มีลักษณะแตกต่างจากดาวดวงอื่นๆ วงแหวนของดาวเสาร์ประกอบไปด้วย เศษหินและน้ำแข็งขนาดเล็กเรียงตัวอยู่ในระนาบเดียวกันและวงแหวนของดาวเสาร์ยังประกอบไปด้วยวงแหวนบางๆ จำนวนมาก แต่เศษวัตถุในวงแหวนสะท้อนแสงได้ดี จึงสามารถสังเกตเห็นได้เมื่อส่องกล้องโทรทรรศน์จากโลก การศึกษาอัตราเร็วและคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์ทำให้ทราบว่าอัตราเร็วในการหมุนบริเวณชั้นนอกของวงแหวนดาวเสาร์มีค่าเท่ากับอัตราเร็วในการหมุนบริเวณชั้นในของวงแหวนดาวเสาร์หรือไม่ โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา คือ 1) เพื่อศึกษาอัตราเร็วการหมุนและคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์ 2) เพื่อนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการค้นคว้าข้อมูล 3) เพื่อเรียนรู้กระบวนการทำวิจัย โดยอาศัยกระบวนการวิจัยทางดาราศาสตร์เป็นสื่อ การศึกษาอัตราการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์ครั้งนี้ ครอบคลุมการหาค่าความเร็วจากการเลื่อนทางแดง (redshift) โดยใช้เครื่องบันทึกสเปกโตรกราฟถ่ายภาพวงแหวนของดาวเสาร์ บริเวณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดนครราชสีมา

วิธีการศึกษา

ถ่ายภาพสเปกตรัมของวงแหวนดาวเสาร์โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร (F/6.8) ต่อท่อใยแก้วนำแสงจากท้ายกล้องโทรทรรศน์ไปยังเครื่องแยกสเปกตรัมของแสง และถ่ายภาพด้วยกล้อง CCD ซึ่งติดตั้งบนเครื่องแยกสเปกตรัม ถ่ายบริเวณขอบชั้นนอกและขอบชั้นในของวงแหวนดาวเสาร์ที่หมุนเข้าหาโลกและหมุนออกจากโลก บริเวณละ 10 ชุด ในเวลาต่างกัน ดังภาพ



- หมายเลข 1 คือบริเวณขอบนอกของวงแหวนที่หมุนเข้าหาโลก
- หมายเลข 2 คือบริเวณขอบในของวงแหวนที่หมุนเข้าหาโลก
- หมายเลข 3 คือบริเวณขอบนอกของวงแหวนที่หมุนออกจากโลก
- หมายเลข 4 คือบริเวณขอบในของวงแหวนที่หมุนออกจากโลก

นำข้อมูลที่ได้ไปประมวลค่าสเปกตรัมโดยโปรแกรม AudeLA เนื่องจากได้บันทึกค่าสเปกตรัมของวงแหวนดาวเสาร์ บริเวณที่หมุนเข้าหาโลกและหมุนออกจากโลก จึงนำมาคำนวณหาค่า การเลื่อนทางแดง (Redshift) โดยสังเกตความยาวคลื่นของ H- α เนื่องจากเป็นความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน และหาค่าการความเร็วรัศมีจากสูตร

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \times c$$

โดย v_r = ความเร็วรัศมี

$\Delta\lambda$ = ผลต่างของความยาวคลื่นบริเวณที่หมุนเข้าและหมุนออก

λ = ความยาวคลื่นเฉลี่ยของความยาวคลื่นบริเวณที่หมุนเข้าและหมุนออก

c = ความเร็วแสง (300,000 กิโลเมตร/วินาที)

เนื่องจากด้านที่วงแหวนหมุนเข้าหาจุดสังเกตแสงจากดาวอาทิตย์วิ่งไปชนอนุภาคบนวงแหวนดาวเสาร์ ขณะที่อนุภาคก็วิ่งเข้าหาแสง และขณะที่อีกด้านที่วงแหวนหมุนออก แสงวิ่งไปหาวงแหวนดาวเสาร์ ขณะที่อนุภาควิ่งออกเช่นกัน จากการศึกษาคู่มือของสเปกโตรกราฟที่ใช้ศึกษาการหมุนของดาวเคราะห์ ได้สมการคำนวณหาอัตราเร็วได้จากสูตร

$$v = \frac{1}{4} v_r$$

ที่มา : คู่มือการใช้สเปกโตรกราฟ Planet's rotation. http://www.shelyak.com/dossier.php?id_dossier=16&lang=2

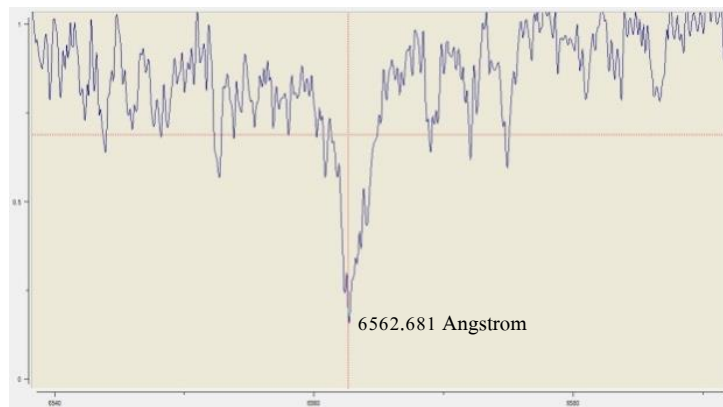
ในวันที่ได้ถ่ายสเปกตรัมของวงแหวน วงแหวนได้ทำมุมเอียงเมื่อเทียบกับผู้สังเกต ความเร็วที่ได้มาควรจะนำมาคูณกับ \cos ของมุมเอียงของวงแหวนด้วย แล้วนำไปหาคาบการหมุนรอบตัวเองของวงแหวนดาวเสาร์ในหนึ่งรอบ

โดยนำความยาวเส้นรอบวงของวงแหวนชั้นนอก (ประมาณ 3034689 กม.) และชั้นใน (ประมาณ 467860 กม.)หารด้วยอัตราเร็วที่ได้ จากนั้นแปลงหน่วยเป็นชั่วโมงต่อรอบ หาอัตราเร็วการหมุนและคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์ทั้งหมดของบริเวณชั้นนอกและบริเวณชั้นในแล้วนำมาหาอัตราความเร็วเฉลี่ยและคาบการหมุนเฉลี่ย นำผลมาเปรียบเทียบ สรุป และอภิปรายผล

ผลการศึกษา

จากข้อมูลการบันทึกสเปกตรัมบริเวณชั้นนอกและชั้นในของวงแหวน เมื่อวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม สามารถอ่านค่าคลื่นความยาวของ H- α ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ภาพตำแหน่งที่ 1



คลื่นความยาวของ H- α ที่ได้จากการประมวลจากโปรแกรม บริเวณชั้นนอกวงแหวนที่หมุนเข้าหาผู้สังเกต

ภาพตำแหน่งที่ 4



คลื่นความยาวของ H- α ที่ได้จากการประมวลจากโปรแกรม บริเวณชั้นนอกวงแหวนที่หมุนออกจากผู้สังเกต

หมายเหตุ : จากกราฟ แกน x แสดงคลื่นความยาวแต่ละช่วง (Angstrom) แกน y แสดงการดูดกลืนแสง

การคำนวณหาอัตราเร็วการหมุนและคาบการหมุน

จากข้อมูลชุดที่ 1 ผลต่างของความยาวคลื่นบริเวณที่หมุนเข้าและหมุนออกมีค่าเท่ากับ 1.28 Angstrom และความยาวคลื่นเฉลี่ยของความยาวคลื่นบริเวณที่หมุนเข้าและหมุนออกเท่ากับ 6563.321 Angstrom หากอัตราเร็วในการหมุนของวงแหวน ได้ดังนี้

$$v \approx \frac{1}{4} \times \frac{1.28}{6563.321} \times 300,000 \text{ กม./วินาที}$$

$$v \approx 14.6267 \text{ กม./วินาที}$$

ซึ่งในวันที่ได้ทำการบันทึกสเปกตรัมของวงแหวนดาวเสาร์ในการศึกษาครั้งนี้งวงแหวนได้ทำมุมประมาณ 17.8 องศา ดังนั้น ค่าความเร็วที่ได้จึงนำไปคูณด้วย $\cos 17.8$ ได้ค่า

$$v = 14.6267 \times \cos 17.8$$

$$v = 7.283$$

หากาบของการหมุนได้จากเอาเส้นรอบวงของวงแหวนชั้นนอก (3,034,689 กิโลเมตร) หารด้วยค่าความเร็วที่หาได้แล้วแปลงค่าเป็นหน่วย ชั่วโมง/รอบ ได้ดังนี้

$$\text{คาบในการหมุน} = \frac{3,034,689}{7.283} \times \frac{1}{3600} \text{ ชั่วโมง/รอบ}$$

$$\text{คาบในการหมุน} = 115.738 \text{ ชั่วโมง/รอบ}$$

จะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงอัตราความเร็วและคาบการหมุนบริเวณขอบชั้นนอกของวงแหวนดาวเสาร์

บริเวณขอบชั้นนอกของวงแหวนดาวเสาร์			
ชุดที่	อัตราเร็วการหมุน		คาบการหมุน (ชั่วโมง/รอบ)
	(กิโลเมตร/วินาที)	(กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
1	7.283	26220.442	115.738
2	7.426	26732.062	113.522
3	8.666	31198.072	97.272
4	7.779	28002.687	108.371
5	6.606	23781.910	127.605
6	7.955	28637.282	105.970
7	6.498	23393.624	129.723
8	9.815	35334.952	85.883
9	9.701	34925.333	86.891
10	7.283	26220.442	115.738
เฉลี่ย	7.970	28691.818	107.886

ตารางที่ 2 แสดงอัตราการเร็วและคาบการหมุนบริเวณขอบชั้นในของวงแหวนดาวเสาร์

บริเวณขอบชั้นในของวงแหวน			
ชุดที่	อัตราเร็วการหมุน		คาบการหมุน (ชั่วโมง/รอบ)
	(กิโลเมตร/วินาที)	(กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
1	8.205	29538.321	15.839
2	7.300	26281.684	17.802
3	8.586	30911.307	15.136
4	8.387	30194.071	15.495
5	7.039	25339.425	18.464
6	8.529	30705.810	15.237
7	7.835	28287.310	16.586
8	7.750	27900.153	16.769
9	9.309	33512.571	13.961
10	8.404	30255.176	15.464
เฉลี่ย	8.134	29292.58	16.075

เมื่อนำคาบการหมุนบริเวณขอบชั้นนอกและขอบชั้นในของวงแหวนดาวเสาร์มาเปรียบเทียบกันจะได้

บริเวณของวงแหวน	คาบการหมุน (ชั่วโมง/รอบ)
ขอบนอก	107.886
ขอบใน	16.075

สรุปผล

จากการศึกษาอัตราเร็วการหมุนและคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์ พบว่า อัตราการหมุนของขอบชั้นนอกวงแหวนดาวเสาร์และขอบชั้นในของดาวเสาร์มีอัตราเร็วการหมุนใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากบริเวณขอบชั้นนอกและขอบชั้นในของวงแหวนดาวเสาร์มีรัศมีไม่เท่ากันจึงทำให้ทั้งสองบริเวณมีคาบการหมุนไม่เท่ากัน

อภิปราย

จากการศึกษาอัตราเร็วการหมุนและคาบการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์ ไม่สามารถหาอัตราเร็วในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งได้จึงต้องหาอัตราเร็วในเวลาที่แตกต่างกันแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และเนื่องจากการหาค่าเลื่อนทางแดง (redshift) จากสมการ $\frac{\text{ความยาวคลื่นสังเกต} - \text{ความยาวคลื่นปกติ}}{\text{ความยาวคลื่นปกติ}}$ ต้องคำนึงถึงอัตราการ

หมุนรอบตัวเองของโลกด้วย ดังนั้นเพื่อชดเชยค่า redshift หรือ blueshift จึงใช้ความยาวคลื่นของวงแหวนทั้งสองฝั่งแทน เพื่อให้เกิดความง่ายต่อความเข้าใจและอาจทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการดาราศาสตร์ เรื่อง การศึกษาอัตราการหมุนของวงแหวนดาวเสาร์ ครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจาก คุณครูพรพรรณ บุญทศ คุณครูที่ปรึกษาโครงการ ที่กรุณาส่งเสริมสนับสนุน ให้คำปรึกษา แนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการมานิต เขียวศรี ผู้อำนวยการโรงเรียนยโสธรพิทยาคม และผู้อำนวยการสุภาพร สุนทรธา อดีตผู้อำนวยการโรงเรียนยโสธรพิทยาคม และคณะครูโรงเรียนยโสธรพิทยาคมทุกท่าน ที่ให้ความเมตตา สนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ศิษย์ตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณมณฑิพล ตั้งมิตรธรรม และคุณสมานชาล จันทร์เอี่ยม ที่ปรึกษาโครงการและเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษานครราชสีมา ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และสนับสนุนการทำโครงการดาราศาสตร์ชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เครื่องสเปกโทรกราฟ. หอดูดาวภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมา

กระทรวงศึกษาธิการ. คู่มือการเขียนรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์

ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สาขาโอลิมปิกวิชาการและพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์, 2554.

การวิเคราะห์อัตราเร็วการหมุนวงแหวนของดาวเสาร์

<http://ebookbrowse.net/the-doppler-effect-red-shift-and-stellar-spectra-doc-d430670402> สืบค้นเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2557

มณฑิพล ตั้งมิตรธรรม , คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ, สำนักบริการวิชาการและสารสนเทศ

ทางดาราศาสตร์, กันยายน 2556.

Acker, Agnès & Jaschek Carlos. Planet's rotation (ออนไลน์).

http://www.shelyak.com/dossier.php?id_dossier=16&lang=2 สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2557

C.L.E.A. Comité de Liaison EnseignantsAstronomes (France). DOPPLER EFFECT AND SATURN SPECTRUM

(ออนไลน์).แหล่งที่มา : <http://www.eaae-astronomy.org/WG3-SS/WorkShops/DopplerSaturn.html>.

สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2557.

Fraser Cain. Circumference of Saturn (ออนไลน์).<http://www.universetoday.com/66660/circumference-of-saturn/>

สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2557.

การศึกษาหาความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนดวงจันทร์

นายชานนท์ ชูรัตน์

e-mail:paivy101_chanon@hotmail.com

คุณครูพรรณพร บุญทศ

โรงเรียนยโสธรพิทยาคม

บทคัดย่อ

การศึกษาหาความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนดวงจันทร์เป็นการศึกษาหาความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมที่เกิดขึ้นจากการพุ่งชนของอุกกาบาตบนพื้นผิวของดวงจันทร์ในด้านที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1) เพื่อศึกษาหาความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนดวงจันทร์ 2) เพื่อจัดทำแผนที่ความสูงของภูเขาและหลุมบนดวงจันทร์โดยการถ่ายภาพของดวงจันทร์มาทำการวิเคราะห์ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือกล้องโทรทรรศน์ Meade LX850 AFC 14" f/8 ความยาวโฟกัส 2,845 มิลลิเมตร กล้อง DSLR พร้อมอุปกรณ์เสริม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Virtual Moon Atlas และการคำนวณ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การหาความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนดวงจันทร์มีความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 2.333 ดังนั้น การหาความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนดวงจันทร์สามารถทำได้โดยใช้เงาที่ทอดไปบนพื้นผิวของดวงจันทร์ และค่าที่ได้ก็มีความใกล้เคียงกับค่าจริง

คำสำคัญ: - พื้นผิวของดวงจันทร์ หมายถึงพื้นผิวดวงจันทร์ในด้านที่หันเข้าหาโลกหรือด้านที่อยู่ไกลโลก

- ความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนดวงจันทร์หมายถึง หลุมที่เกิดขึ้นจากการพุ่งชนของอุกกาบาตบนพื้นผิวของดวงจันทร์ในด้านที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน

บทนำ

เมื่อมองขึ้นไปยังท้องฟ้ายามค่ำคืน ที่เต็มไปด้วยดวงดาวระยิบระยับเต็มท้องฟ้า ในคืนเดือนเพ็ญจะมีดาวที่สว่างที่สุด ใหญ่ที่สุดในตอนกลางคืนอยู่ดวงหนึ่งหรือแม้แต่ตอนกลางวันในช่วงข้างแรมก็สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดาวดวงนั้นนั่นก็คือ “ดวงจันทร์” ดาวบริวารของโลกนั่นเอง

บริเวณพื้นผิวของดวงจันทร์ที่เกิดจากการพุ่งชนของอุกกาบาตและปัจจัยอื่นๆ จะพบว่ามีด้วยกันอยู่ 2 ลักษณะ คือ บริเวณที่มีสีเข้มกับบริเวณที่มีสีอ่อน โดยที่บริเวณที่มีสีเข้ม คือที่ราบบนดวงจันทร์หรือเรียกว่า "ทะเล" บนดวงจันทร์เราพบทะเลบนดวงจันทร์มากบนด้านใกล้ของดวงจันทร์ ส่วนทางด้านไกลมีอยู่ประปรายเพียงประมาณ 2% ของพื้นที่ผิวทั้งหมดเท่านั้น ขณะที่ทางด้านไกลมีทะเลถึงประมาณ 31% ของพื้นที่ผิว ส่วนบริเวณที่มีสีอ่อนกว่าบนพื้นผิวดวงจันทร์นั้นเรียกว่า "ภูเขา" (terrae) หรือบางครั้งก็เรียกง่าย ๆ เพียงว่า "ที่ราบสูง" เพราะมันเป็นบริเวณที่มีความสูงมากกว่าส่วนที่เป็นทะเล และเมื่อใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องดู จะพบว่า พื้นผิวของดวงจันทร์นั้น ประกอบไปด้วยภูเขา และหลุมอยู่มากมาย ซึ่งเมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงกระทบบนพื้นผิวบริเวณที่เป็นภูเขาและหลุมเหล่านี้ จะทำให้เกิดเงาลงบนพื้นผิวของดวงจันทร์ทำให้เราสามารถทราบขนาดของเงาได้และสามารถคำนวณหาความสูงของภูเขาและหลุมบนดวงจันทร์ได้ ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะหาความสูงของภูเขาและหลุมบนดวงจันทร์โดยใช้เงาที่ทอดลงบนพื้นผิวดวงจันทร์ ซึ่งจะทำให้

ให้สามารถทราบถึงความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนพื้นผิวดวงจันทร์ และสามารถสร้างเป็นแผนที่ความสูงบนพื้นผิวดวงจันทร์อย่างง่ายได้

วิธีการศึกษา

1. นำภาพถ่ายพื้นผิวดวงจันทร์ที่ทราบเวลาบันทึกภาพแน่นอนแล้วใช้ซอฟต์แวร์ขยายภาพไปยังภูเขาหรือหลุมที่ต้องการโดยเปิดโปรแกรม Virtual Moon Atlasอ้างอิงตำแหน่งไปด้วยแล้วทำการวัด pixel ของเงาแล้วนำมาเทียบกับอัตราส่วนของ pixel เพื่อหาขนาดของเงาที่ปรากฏ โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ขนาดของวัตถุ} = \frac{\text{ระยะห่างของวัตถุที่ต้องการศึกษา(กิโลเมตร)} \times \text{ขนาดของภาพที่ได้(pixel size ; \frac{\text{เมตร}}{\text{พิกเซล}})}{\text{ระยะที่เกิดภาพ, ระยะโฟกัส (เมตร)}}$$

สมการที่ 1 การหาขนาดของวัตถุจากการถ่ายภาพ

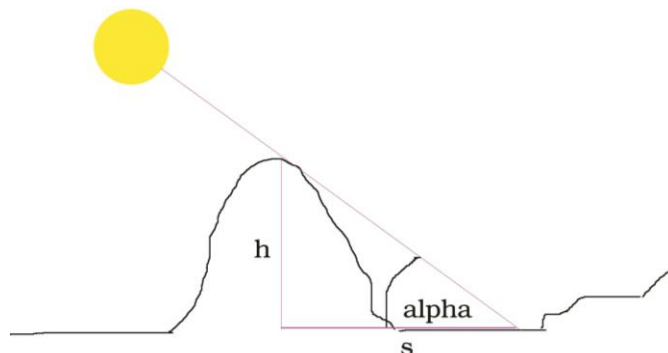
ซึ่งในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2557 เวลา 01:45 น. ดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลก 389,381 กิโลเมตร มีขนาดของภาพหรือ Pixel size เป็น 3.5 ไมโครเมตร และมีระยะโฟกัสของกล้องโทรทรรศน์เป็น 2,845 มิลลิเมตร เมื่อคำนวณแล้วได้ขนาดวัตถุเป็น 0.479028 กิโลเมตรต่อพิกเซล

2. จากนั้นจึงใช้อัตราส่วนดังกล่าวในการหาขนาดเงาที่ปรากฏจากความยาวเงาที่วัดได้จากซอฟต์แวร์และทำการแก้ความคลาดเคลื่อนของเงาเนื่องจากผิวโค้งของดวงจันทร์ตามสมการ

$$x = \frac{1}{\text{Cos(Latitude)Cos(Longitude)}}$$

สมการที่ 2 สำหรับปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของขนาดเงาเนื่องจากความโค้งของพื้นผิว (ค่า X)

3. เมื่อได้ขนาดเงาของภูเขาแล้วจึงนำมาหาความสูงตามหลักตรีโกณมิติดังนี้



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงการหาความสูงของภูเขาบนดวงจันทร์ (h) โดยการสังเกตความยาวเงา (s) และมุม alpha

ในแผนภาพด้านบนสามารถหาความสูงของภูเขาตามหลักทางตรีโกณมิติคือ

$$\tan \alpha = \frac{h}{s}$$

เมื่อ h คือ ความสูงของภูเขาหรือความลึกของหลุม

s คือ ความยาวของเงา

α คือ มุมเงยของดวงอาทิตย์บนพื้นผิวดวงจันทร์ ณ ตำแหน่งที่ศึกษา

นั่นคือความสูงของภูเขาจะสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$h = \tan \alpha \times s$$

และขนาดของมุม α สามารถหาได้จากสมการที่ 3 ซึ่งคำนึงถึงตำแหน่งของหลุมบนดวงจันทร์และตำแหน่งของดวงอาทิตย์ดังนี้ (อ้างอิงจาก Pogge 2002, <http://ftp.astronomy.ohio-state.edu/%7Epogge/Ast350/Labs/index.html>)

$$\sin(\alpha) = \sin(\text{Subsolar point latitude}) \times \sin(\text{Latitude}) + \cos(\text{Subsolar point latitude}) \times \cos(\text{Latitude}) \times \sin(\text{Co-longitude of the Sun} + \text{longitude})$$

เมื่อ Subsolar point latitude คือ ละติจูดที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นผิวของดวงจันทร์ ณ เวลาที่ถ่ายภาพ

Co-longitude of the Sun คือ ลองจิจูดรวมของดวงอาทิตย์ ณ เวลาที่ถ่ายภาพ

Latitude และ longitude คือ พิกัดทางภูมิศาสตร์ของตำแหน่งที่ต้องการศึกษา

สมการที่ 3 สำหรับหาค่า α

4. หลังจากได้ค่าความสูงของภูเขาแล้วจึงนำค่ามาป้อนลงในซอฟต์แวร์การคำนวณและเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากโปรแกรม Virtual Moon Atlas เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของข้อมูลที่ได้และนำค่าที่ได้มากำหนดลงบนภาพดวงจันทร์เพื่อทำเป็นแผนที่ความสูงบนดวงจันทร์ต่อไป

ผลการศึกษา

จากภาพถ่ายพื้นผิวดวงจันทร์ที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์โดยใช้ซอฟต์แวร์ขยายภาพไปยังภูเขาหรือหลุมที่ต้องการและใช้โปรแกรม Virtual Moon Atlas เพื่ออ้างอิงพิกัดจะสามารถวิเคราะห์ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ภาพพื้นผิวดวงจันทร์วันที่ 14 พฤศจิกายน 2557 เวลา 01:45 น. และภาพขยาย (หลุม Delambre)

ในภาพที่ 2 (หลุม Delambre มีพิกัด ลองจิจูด 17.5 องศาตะวันออก ละติจูด 1.9 องศาใต้) เมื่อทราบขนาดของเงา โดยการนำขนาดพิกเซลเงา (34.829 พิกเซล) คูณกับขนาดวัตถุที่ได้จากสมการที่ 1 เพื่อหาความยาวเงาที่ปรากฏแล้ว (16.684 กิโลเมตร) จึงนำค่าลองจิจูดและละติจูดมาหาค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความโค้งของพื้นผิวดวงจันทร์ โดยแทนค่าลงในสมการที่ 2 จะได้

$$X = 1 / [\text{Cos}(1.9) \times \text{Cos}(17.5)] = 1.049$$

ซึ่งจะได้ค่าคลาดเคลื่อนจากความโค้งของพื้นผิวดวงจันทร์ แล้วจึงนำมารวมกับขนาดเงาปรากฏที่ได้จึงจะได้ขนาดเงาที่ถูกต้อง (17.733 กิโลเมตร) แล้วจึงหามุม alpha จากสมการที่ 3 โดยสามารถหาค่า Co-longitude of the Sun (151.1 องศา ณ วันที่ 14 พฤศจิกายน 2557 เวลา 01:45 น.) และค่า Subsolar point Lat (0 องศา ณ วันที่ 14 พฤศจิกายน 2557 เวลา 01:45 น.) ได้จากวันเวลาที่ถ่ายภาพ แล้วนำค่าที่ได้มาแทนค่าในสมการดังนี้

$$\text{Sin}(\alpha) = \text{Sin}(0) \times \text{Sin}(-1.9) + \text{Cos}(0) \times \text{Cos}(-1.9) \times \text{Sin}(151.1 + (17.5))$$

แล้วจึงถอดค่า Arcsine ซึ่งจะได้มุม alpha ณ ตำแหน่งที่ต้องการเพื่อนำมาคำนวณหาความสูงของภูเขาหรือ ความลึกของหลุมโดยใช้หลักตรีโกณมิติดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งจากการแทนค่าข้างต้นสามารถถอด Arcsine ได้มุม alpha เป็น 11.394 องศา

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือจะได้ความสูงของตำแหน่งนี้ คือ Delambre เป็น } & 17.733 \text{ กิโลเมตร} \times \tan 11.394 \\ & = 3.573 \text{ กิโลเมตร} \end{aligned}$$

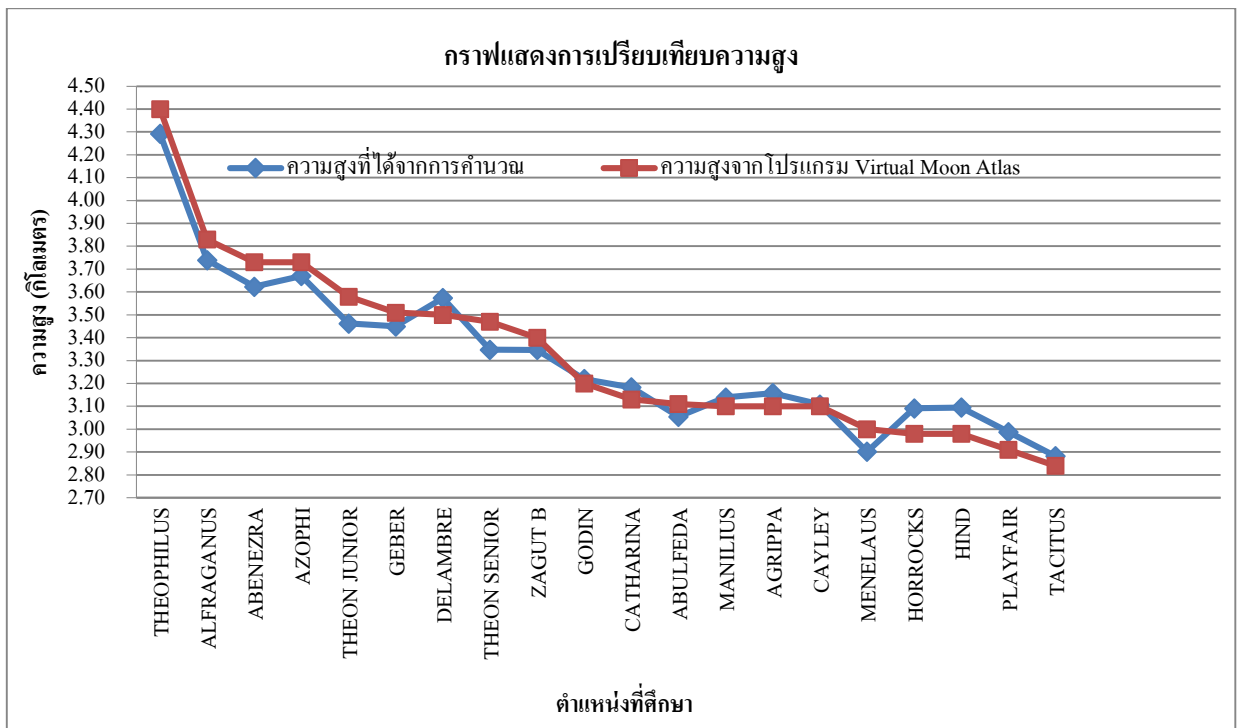
ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว สามารถทำการคำนวณหาความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบน ดวงจันทร์อื่นๆ ได้ดังตารางต่อไป (ในที่นี้จะแสดงไว้เพียง 20 ตำแหน่ง สามารถดูทุกตำแหน่งที่ได้คำนวณไว้ได้ที่ ภาคผนวก)

ตารางที่ 1 ตารางแสดงความสูงที่ได้จากการคำนวณและความสูงจากโปรแกรม Virtual Moon Atlas

ลำดับที่	ชื่อ	longitude (องศา)	latitude (องศา)	ความสูงจากการคำนวณ (เมตร)	ความสูงจากโปรแกรม (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
1	THEOPHILUS	26.4 E	11.4 S	4,292.534	4,400.000	2.442
2	ALFRAGANUS	19 E	5.4 S	3,739.304	3,830.000	2.368
3	ABENEZRA	11.9 E	21 S	3,623.459	3,730.000	2.856
4	AZOPHI	12.7 E	22.1 S	3,670.438	3,730.000	1.597
5	THEON JUNIOR	15.8 E	2.3 S	3,462.265	3,580.000	3.289
6	GEBER	13.9 E	19.4 S	3,449.496	3,510.000	1.724

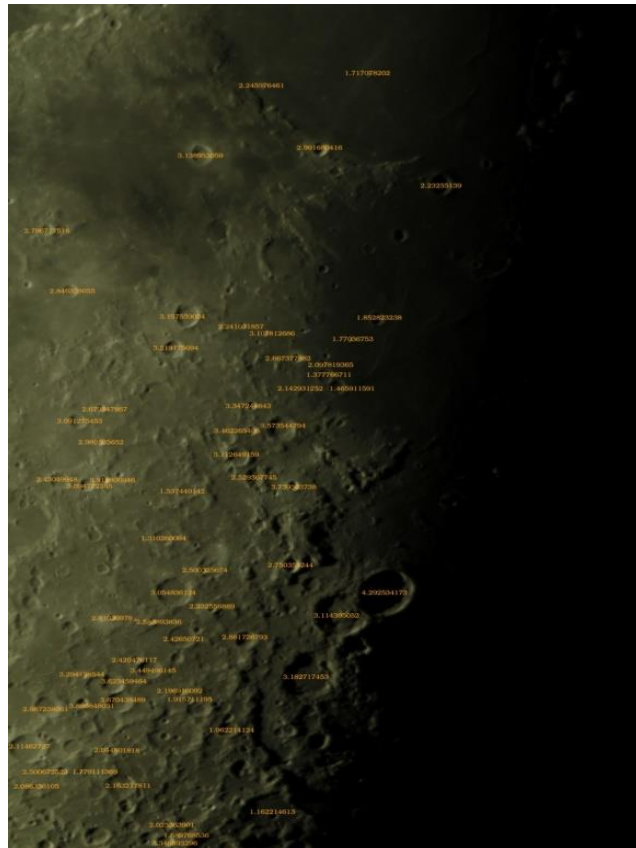
7	DELAMBRE	17.5 E	1.9 S	3,573.545	3,500.000	2.101
8	THEON SENIOR	15.4 E	0.8 S	3,347.245	3,470.000	3.538
9	ZAGUT B	18 E	32.1 S	3,346.893	3,400.000	1.562
10	GODIN	10.2 E	1.8 N	3,219.176	3,200.000	0.599
11	CATHARINA	23.6 E	18 S	3,182.717	3,130.000	1.684
12	ABULFEDA	13.9 E	13.8 S	3,054.836	3,110.000	1.774
13	MANILIUS	9.1 E	14.5 N	3,138.953	3,100.000	1.257
14	AGRIPPA	10.5 E	4.1 N	3,157.539	3,100.000	1.856
15	CAYLEY	15.1 E	4 N	3,107.813	3,100.000	0.252
16	MENELAUS	16 E	16.3 N	2,901.680	3,000.000	3.277
17	HORROCKS	5.9 E	4 S	3,091.275	2,980.000	3.734
18	HIND	7.4 E	7.9 S	3,094.772	2,980.000	3.851
19	PLAYFAIR	8.4 E	23.5 S	2,987.238	2,910.000	2.654
20	TACITUS	19 E	16.2 S	2,881.727	2,840.000	1.469

จากข้อมูลในตารางข้างต้นสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบความสูงได้ดังนี้



กราฟที่ 1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสูงที่ได้จากการคำนวณและความสูงจากโปรแกรม Virtual Moon Atlas

เมื่อนำความสูงของภูเขาทั้งหมดที่สามารถคำนวณหาได้แล้วมาระบุตำแหน่งลงบนภาพถ่ายพื้นผิวดวงจันทร์ จะสามารถสร้างแผนที่ความสูงของภูเขาบนดวงจันทร์อย่างง่ายได้เพื่อใช้ในการศึกษาระดับความสูงของภูเขาสูงๆ บนดวงจันทร์ ดังภาพที่ 3 (แสดงความสูงที่คำนวณถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 9)



ภาพที่ 3 แผนที่ความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนดวงจันทร์ (ค่าจากการคำนวณ)

สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ทราบว่า สามารถที่จะวัดความสูงของภูเขาและความลึกของหลุมบนพื้นผิวดวงจันทร์ได้ด้วยการวัดความยาวของภูเขาหรือเงาของหลุมที่ทอดลงบนพื้นผิว โดยใช้ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของตำแหน่งที่ต้องการศึกษา ประกอบกับตำแหน่งสัมพัทธ์ของดวงอาทิตย์ในวันนั้นๆ ซึ่งจากการศึกษา ค่าที่ได้จากการคำนวณนั้นมีความใกล้เคียงกับค่าจริงในโปรแกรม Virtual Moon Atlas โดยมีความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 2.333

อภิปราย

จากผลการวิเคราะห์จะสังเกตเห็นว่าความสูงที่ได้จากการคำนวณจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดจากปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ความไม่แน่นอนในการวัดของผู้วัด ตำแหน่งที่วัดพิกเซลของเงา ความละเอียดของเครื่องมือ ความแม่นยำของนาฬิกาที่ใช้อ่านเวลาในการถ่ายภาพ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะส่งผลให้การคำนวณเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นมานั่นเอง

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการดาราศาสตร์ เรื่อง การศึกษาความสูงของภูเขาและความลึกหลุมบนดวงจันทร์ครั้งนี้ สำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจาก คุณครูพรพรรณ บุญทศ คุณครูที่ปรึกษาโครงการ ที่กรุณาส่งเสริมสนับสนุน ให้คำปรึกษาแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ มานิต เขียวศรี ผู้อำนวยการโรงเรียนยโสธรพิทยาคม และผู้อำนวยการสุภาพร สุนทรหา อดีตผู้อำนวยการโรงเรียนยโสธรพิทยาคม และคณะผู้บริหาร โรงเรียนยโสธรพิทยาคมทุกท่าน ที่ให้ส่งเสริมสนับสนุนด้วยความเมตตา

ขอขอบพระคุณ คุณครูวาสนา แก่นลา หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคุณครูโรงเรียนยโสธรพิทยาคม ทุกท่าน ที่กรุณาถ่ายทอดวิชาการความรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำ และให้กำลังใจแก่ผู้ศึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณมติพล ตังมดิธรรม และคุณอนันต์พล สุตทรัพย์ ที่ปรึกษาโครงการและเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และสนับสนุนการทำโครงการดาราศาสตร์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ชานนท์ ชูรัตน์

เอกสารอ้างอิง

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล้องโทรทรรศน์ Meade LX850 AFC 14" f/8ความยาวโฟกัส 2,845 มิลลิเมตร
2. กล้องถ่ายภาพ Canon 60 Da : Pixel size 4 ไมโครเมตร x 3 ไมโครเมตร
3. อุปกรณ์เสริม Takahashi TOA 130EX 1.6x 2" Extender

Takahashi CA-35 Camera Adapter with Canon mount

เอกสารอ้างอิง

มติพล ตังมดิธรรม ,คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ,สำนักบริการวิชาการและสารสนเทศทางดาราศาสตร์,กันยายน 2556.

การวัดความสูงของภูเขาบนดวงจันทร์,<http://www.lesa.biz/research/astromony>,สืบค้นวันที่ 13 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557

ดวงจันทร์,<http://en.wikipedia.org/wiki/Moon>, สืบค้นวันที่ 13 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557

The Heights of Lunar Craters. <http://ftp.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast350/Labs/craters02.html>,
สืบค้นวันที่ 18เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557

ภาคผนวก

ตารางที่ 2 ตารางแสดงความสูงที่ได้จากการคำนวณและความสูงจากโปรแกรม Virtual Moon Atlas

ลำดับ ที่	ชื่อ	longitude (องศา)	latitude (องศา)	ความสูงจาก การคำนวณ (เมตร)	ความสูง จากโปรแกรม (เมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
1	THEOPHILUS	26.4 E	11.4 S	4,292.534	4,400.000	2.442
2	ALFRAGANUS	19 E	5.4 S	3,739.304	3,830.000	2.368
3	ABENEZRA	11.9 E	21 S	3,623.459	3,730.000	2.856
4	AZOPHI	12.7 E	22.1 S	3,670.438	3,730.000	1.597
5	THEON JUNIOR	15.8 E	2.3 S	3,462.265	3,580.000	3.289
6	GEBER	13.9 E	19.4 S	3,449.496	3,510.000	1.724
7	DELAMBRE	17.5 E	1.9 S	3,573.545	3,500.000	2.101
8	THEON SENIOR	15.4 E	0.8 S	3,347.245	3,470.000	3.538
9	ZAGUT B	18 E	32.1 S	3,346.893	3,400.000	1.562
10	GODIN	10.2 E	1.8 N	3,219.176	3,200.000	0.599
11	CATHARINA	23.6 E	18 S	3,182.717	3,130.000	1.684
12	ABULFEDA	13.9 E	13.8 S	3,054.836	3,110.000	1.774
13	MANILIUS	9.1 E	14.5 N	3,138.953	3,100.000	1.257
14	AGRIPPA	10.5 E	4.1 N	3,157.539	3,100.000	1.856
15	CAYLEY	15.1 E	4 N	3,107.813	3,100.000	0.252
16	MENELAUS	16 E	16.3 N	2,901.680	3,000.000	3.277
17	HORROCKS	5.9 E	4 S	3,091.275	2,980.000	3.734
18	HIND	7.4 E	7.9 S	3,094.772	2,980.000	3.851
19	PLAYFAIR	8.4 E	23.5 S	2,987.238	2,910.000	2.654
20	TACITUS	19 E	16.2 S	2,881.727	2,840.000	1.469
21	UKERT	1.4 E	7.8 N	2,786.718	2,800.000	0.474
22	TRIESNECKER	3.6 E	4.2 N	2,846.339	2,800.000	1.655
23	PICKERING	7 E	2.9 S	2,679.348	2,740.000	2.214

24	DIONYSIUS	17.3 E	2.8 N	2,667.378	2,700.000	1.208
25	KANT	20.1 E	10.6 S	2,750.355	2,700.000	1.865
26	HALLEY	5.7 E	8 S	2,430.499	2,510.000	3.167
27	TAYLOR	16.7 E	5.3 S	2,529.368	2,480.000	1.991
28	ALMANON	15.2 E	16.8 S	2,426.507	2,480.000	2.157
29	CONON	2 E	31.6 N	2,245.976	2,320.000	3.191
30	PLINIUS	23.7 E	15.4 N	2,232.551	2,300.000	2.933
31	WHEWELL	13.7 E	4.2 N	2,241.032	2,300.000	2.564
32	SCHMIDT	18.8 E	1 N	2,142.931	2,300.000	6.829
33	PONTANUS	14.4 E	28.4 S	2,163.218	2,120.000	2.039
34	APIANUS	7.9 E	26.9 S	2,114.627	2,080.000	1.665
35	FERMAT	19.8 E	22.6 S	1,962.214	2,000.000	1.889
36	ARAGO	21.4 E	6.2 N	1,852.823	1,800.000	2.935
37	BESSEL	17.9 E	21.8 N	1,717.078	1,740.000	1.317
38	MANNERS	20 E	4.6 N	1,770.368	1,700.000	4.139
39	LINDSAY	13 E	7 S	1,537.449	1,550.000	0.810
40	SABINE	20.1 E	1.4 N	1,465.912	1,500.000	2.273
41	ANDEL	12.4 E	10.4 S	1,310.260	1,300.000	0.789
42	RITTER	19.2 E	2 N	1,377.767	1,300.000	5.982
43	HIPPARCHUS G	7.4 E	5 S	2,989.526	-	-
44	HIPPARCHUS C	8.2 E	7.3 S	3,916.807	-	-
45	TAYLOR A	15.4 E	4.2 S	3,112.649	-	-
46	DESCARTES A	15.2 E	12.1 S	2,500.326	-	-
47	ABULFEDA A	10.8 E	16.4 S	2,810.370	-	-
48	ABULFEDA F	13 E	16.2 S	2,583.894	-	-
49	ABULFEDA B	16.4 E	14.5 S	2,232.557	-	-
50	CYRILLUS	24 E	13.2 S	3,114.395	-	-
51	GEBER B	13 E	19 S	2,420.476	-	-
52	ABENEZRA B	10.1 E	20.8 S	3,294.499	-	-
53	ABENEZRA A	10.5 E	22.8 S	3,886.848	-	-
54	SACROBOSCO G	16.2 E	20.7 S	2,196.916	-	-
55	SACROBOSCO F	16.7 E	21.1 S	1,915.711	-	-
56	PONTANUS D	13.2 E	25.9 S	2,044.802	-	-
57	APIANUS C	10.5 E	28.1 S	2,500.673	-	-
58	POISSON A	9.1 E	29.6 S	2,086.336	-	-
59	PONTANUS F	11.6 E	27.8 S	1,779.111	-	-

60	ZAGUT D	19.3 E	31.4 S	1,689.769	-	-
61	ZAGUT C	18.5 E	30.8 S	2,025.364	-	-
62	ROTHMANN C	25.1 E	28.6 S	1,162.215	-	-
63	RITTER B	18.9 E	3.3 N	2,097.819		
เฉลี่ย						2.333

การศึกษาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr

นางสาวรุ่งรัตน์ สาระไทย

e-mail : sarathai.pan@hotmail.com

คุณครูที่ปรึกษา นางสาวอุพาพรรณ วรรณสาย

โรงเรียนหกลีปพรราชวิทยาลัย อุดรราชธานี

บทคัดย่อ

การศึกษาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิช่วง primary minimum และ secondary minimum ของดาวคู่อุปราคา DV Sgr โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ จากกล้อง PROMPT (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ณ Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ประเทศชิลี ใช้ฟิลเตอร์ V และฟิลเตอร์ B ในการถ่ายภาพ และทำการวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี (photometry) เพื่อหาความสว่างปรากฏเปรียบเทียบกับดาวอ้างอิง และสร้างกราฟแสง (Light Curve) เพื่อหาแมกนิจูดช่วง primary minimum และ secondary minimum ของดาวคู่อุปราคา DV Sgr ทำให้ทราบว่าดาวคู่อุปราคาคงกล่าวมีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำลงจากนั้นอุณหภูมิพื้นผิวจะคงที่แล้วอุณหภูมิก็เพิ่มสูงขึ้น จากกราฟมีแนวโน้มว่าอุณหภูมิจะเป็นเช่นนี้ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ทั้งนี้กราฟแสงที่ศึกษาได้เป็นเพียงบางส่วนของกราฟ เนื่องจากไม่สามารถถ่ายภาพในช่วงต่ำสุดของกราฟแสงได้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิว ตรงจุดนี้ได้

คำสำคัญ: ดาวคู่อุปราคา DV Sgr, อุณหภูมิของดาว

บทนำ

ระบบดาวคู่ เป็นระบบที่ประกอบด้วยสมาชิก 2 ดวง และอยู่ภายใต้สนามความโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน สมาชิกของระบบดาวคู่แต่ละดวง จะโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลร่วมกัน สามารถจำแนกระบบดาวคู่ อุปราคา ได้ทั้งหมด 3 ประเภท คือ ระบบดาวคู่อุปราคาแบบแยกกัน (Detached Binary System) ระบบดาวคู่อุปราคาแบบกึ่งแยกกัน (Semi-detached Binary System) และระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน (Contact Binary System)

ดาวคู่อุปราคา DV Sgr มีพิกัดตำแหน่ง RA เท่ากับ 18h 36 m 36.3s และ Dec เท่ากับ $-22^{\circ} 40' 43.5''$ เป็นดาวคู่อุปราคา ประเภทอัลกอล (Algol) จัดเป็นระบบดาวคู่แบบแยกกัน (Detached Binary Systems) โดยสมาชิกทั้งสองดวงของระบบดาวคู่อุปราคาประเภทนี้จะอยู่ห่างกันพอสมควร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr โดยการสร้างกราฟแสง หาช่วง primary minimum และ secondary minimum เพื่อหาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ จากกล้อง PROMPT (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ผ่าน ฟิลเตอร์ V และฟิลเตอร์ B และทำการวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี (photometry) นำค่า Intensity ไปคำนวณหาความสว่างปรากฏเปรียบเทียบกับดาวอ้างอิง จากสมการ $M_1 - M_2 = -2.5 \log(F_1/F_2)$ เมื่อ M_1 คืออันดับความสว่างของดาวที่ศึกษา M_2 คืออันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิง และ F_1, F_2 คือค่า Intensity ของดาวที่ศึกษาและดาวอ้างอิงตามลำดับ แล้วนำไป

สร้างกราฟแสง และนำค่าเม็กนิจูดฟิลเตอร์ B ลบกับและฟิลเตอร์ V เทียบกับเวลา (JD) เพื่อหาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr

วิธีการศึกษา

1. ถ่ายภาพดาว ด้วยกล้อง PROMPT8 ณ Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ใน ฟิลเตอร์ B และ V โดยระยะเวลาการเปิดหน้ากล้อง 5 วินาที ถ่ายภาพทุกๆ 10 นาที
2. วิเคราะห์ตำแหน่งดาวที่ศึกษา และดาวอ้างอิง จากฐานข้อมูล Simbad
3. ทำการวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี เพื่อนำค่า Intensity ไปคำนวณความสว่างปรากฏของดาวคู่อุปราคา DV Sgr เปรียบเทียบกับดาวอ้างอิง จากสมการ

$$M_1 - M_2 = -2.5 \log(F_1/F_2)$$

เมื่อ M_1 คืออันดับความสว่างของดาวที่ศึกษา

M_2 คืออันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิง

F_1, F_2 คือค่า Intensity ของดาวที่ศึกษาและดาวอ้างอิงตามลำดับ

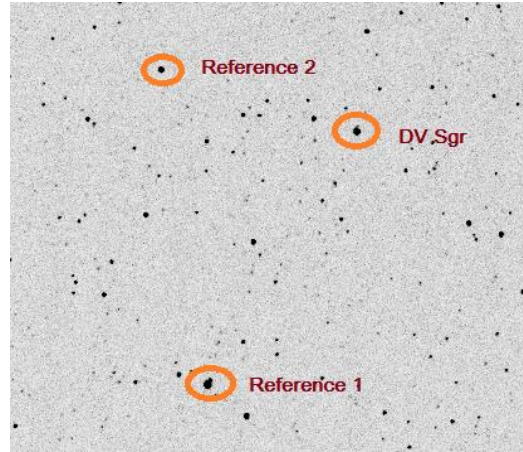
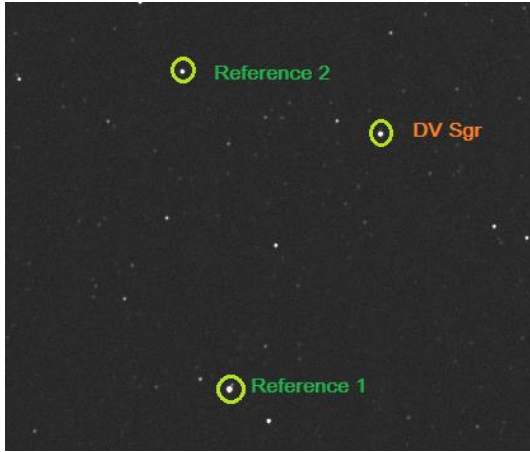
4. สร้างกราฟแสง (Light curves) โดยให้แกน X อยู่ในรูปของจูเลียนเคท (JD) และให้แกน Y อยู่ในรูปของเม็กนิจูดของดาวคู่อุปราคา DV Sgr ทั้งในฟิลเตอร์ B และฟิลเตอร์ V
5. นำกราฟแสงของฟิลเตอร์ B ลบกับฟิลเตอร์ V ในการหาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr พล็อตค่าอุณหภูมิที่ได้ (B-V) เทียบกับเวลา (JD) ของในแต่ละวัน แล้ววิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟที่ได้

ผลการศึกษา

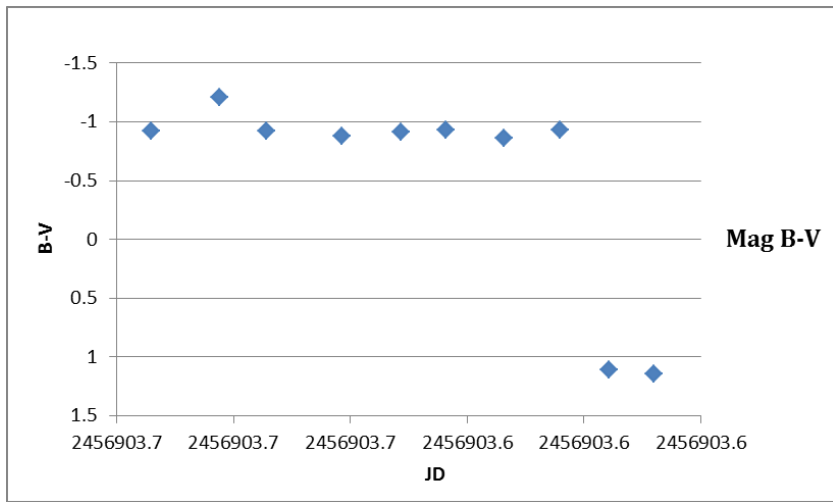
การศึกษาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr จากการทำการวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี คำนวณความสว่างปรากฏเปรียบเทียบกับดาวอ้างอิง และนำไปสร้างกราฟแสง โดยให้แกน X อยู่ในรูปของจูเลียนเคท (JD) และให้แกน Y อยู่ในรูปของเม็กนิจูด พล็อตค่าอุณหภูมิที่ได้ (B-V) เทียบกับเวลา (JD) แล้ววิเคราะห์ ได้ข้อมูลดังภาพที่ 2 - 7

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งดาวคู่อุปราคา DV Sgr และดาวอ้างอิง

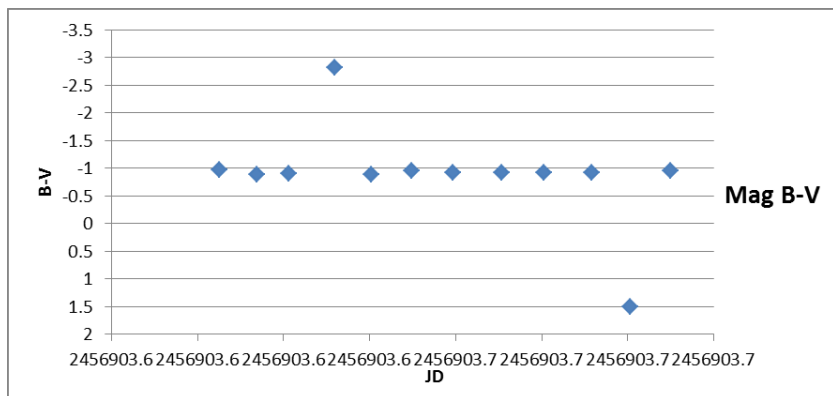
star	ตำแหน่ง RA	ตำแหน่ง Dec	Magnitude in V	Magnitude in B
DV Sgr	18h 39m 36.3s	-22° 40' 43.5"	10.71	10.79
ดาวอ้างอิงดวงที่ 1	18h 39m 16.8498s	-22° 38' 11.236"	9.86	10.35
ดาวอ้างอิงดวงที่ 2	18h 39m 40.702s	-22° 37' 15.86"	11.11	12.75



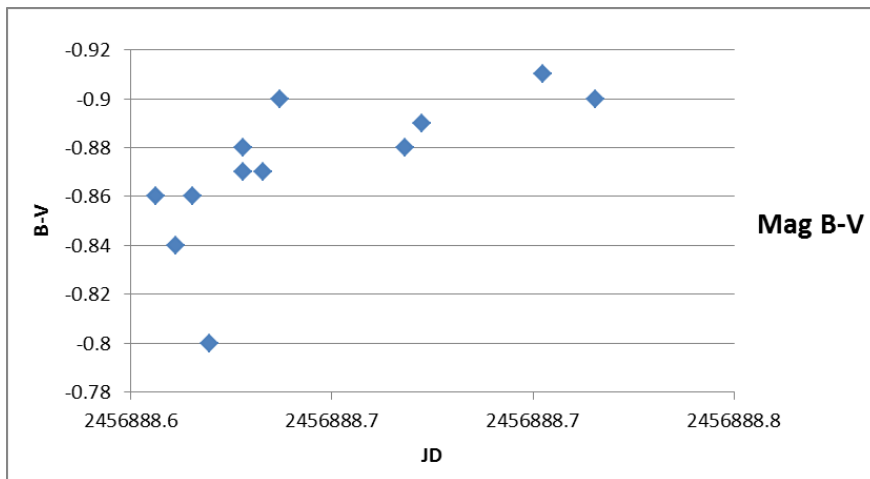
ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งดาวคู่อุปราคา DV sgr และดาวอ้างอิง



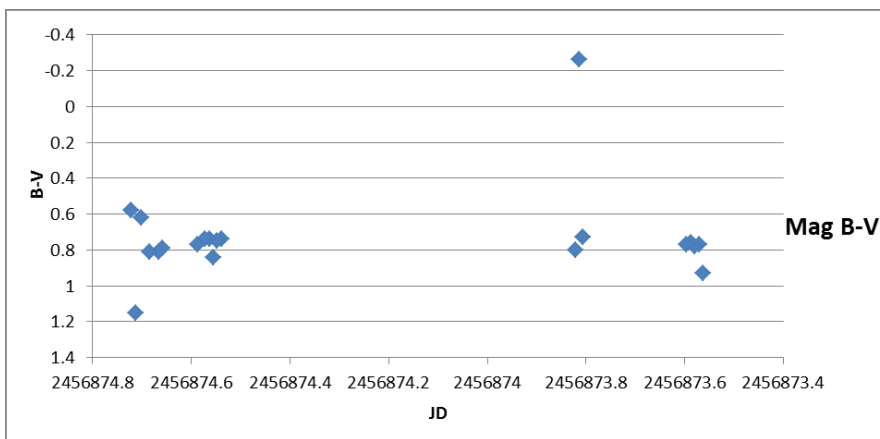
ภาพที่ 2 กราฟแสงแสดงอหุภูมิของดาวในฟิลเตอร์ B ลบ ฟิลเตอร์ V ในวันที่ 4 สิงหาคม 2557



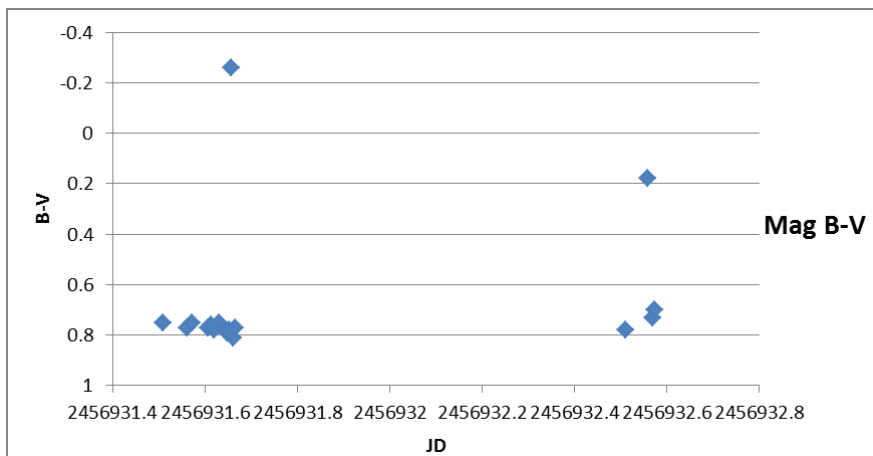
ภาพที่ 3 กราฟแสงแสดงอหุภูมิของดาวในฟิลเตอร์ B ลบ ฟิลเตอร์ V ในวันที่ 5 สิงหาคม 2557



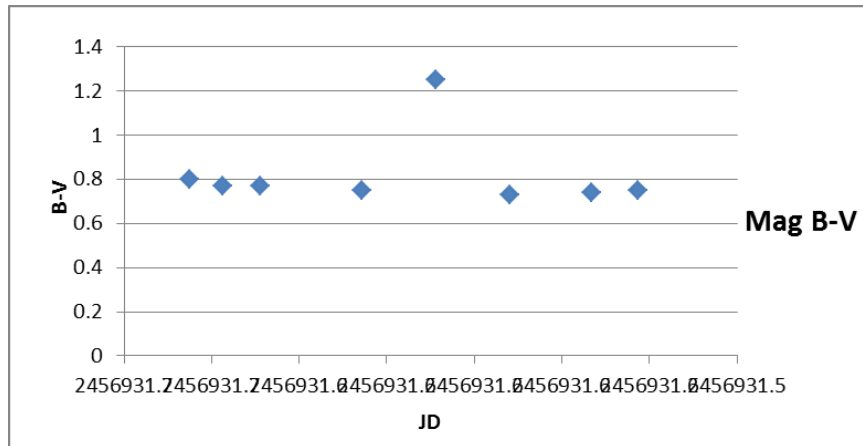
ภาพที่ 4 กราฟแสดงแสงแสดงอุณหภูมิของดาวในฟิลเตอร์ B ลบ ฟิลเตอร์ V ในวันที่ 19 สิงหาคม 2557



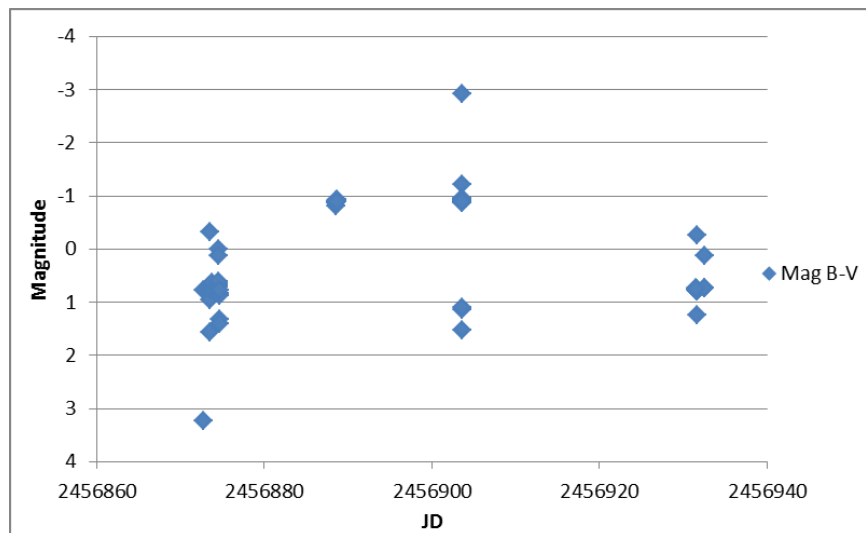
ภาพที่ 5 กราฟแสดงแสงแสดงอุณหภูมิของดาวในฟิลเตอร์ B ลบ ฟิลเตอร์ V ในวันที่ 30 สิงหาคม 2557



ภาพที่ 6 กราฟแสดงแสงแสดงอุณหภูมิของดาวในฟิลเตอร์ B ลบ ฟิลเตอร์ V ในวันที่ 31 สิงหาคม 2557



ภาพที่ 7 กราฟแสดงแสงแสดงอุณหภูมิของดาวในฟิลเตอร์ B ลบ ฟิลเตอร์ V ในวันที่ 2 กันยายน 2557



ภาพที่ 8 กราฟแสดงแสงแสดงอุณหภูมิของดาวในฟิลเตอร์ B ลบ ฟิลเตอร์ V ของภาพที่ได้ทั้งหมด

สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ดาวคู่อุปราคา DV Sgr เพื่อหาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr ซึ่งเป็นดาวคู่อุปราคาประเภทอัลกอล พบว่า อุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr จะมีอุณหภูมิพื้นผิวดวงดาวต่ำลง จากนั้นอุณหภูมิพื้นผิวดวงดาวจะคงที่แล้วอุณหภูมิพื้นผิวดวงดาวก็เพิ่มสูงขึ้น จากกราฟมีแนวโน้มว่าอุณหภูมิพื้นผิวดวงดาวจะเป็นเช่นนี้ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ทั้งนี้กราฟแสงที่ศึกษาได้เป็นเพียงบางส่วนของกราฟ เนื่องจากไม่สามารถถ่ายภาพในช่วงต่ำสุดของกราฟแสงได้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบอุณหภูมิตรงจุดนี้ได้

ปัญหาที่พบในการศึกษาครั้งนี้คือภาพที่ส่งถ่ายได้ไม่ตรงในช่วงเวลาที่เกิด primary minimum และ secondary minimum จึงไม่สามารถหาอุณหภูมิพื้นผิวของดาวในช่วงนี้ได้ แต่จากภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 4 กราฟแสดงอุณหภูมิพื้นผิวของดาวที่ได้มีค่าแมกนิจูด B-V ที่ต่ำสามารถบอกได้ว่ามีการลดลงของแสงในปริมาณที่น้อย เนื่องจากสมาชิกดวงที่สว่างน้อยกว่าโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกดวงที่สว่างมาก ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เกิด secondary eclipse และในรูปที่ 5 ถึง รูปที่ 7 กราฟอุณหภูมิที่ได้จะมีค่าแมกนิจูดที่สูง ช่วงเวลาดังกล่าวมีการลดลงของแสงในปริมาณที่มากเกิดจากสมาชิก

ดาวดวงที่สว่างโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกของดาวดวงที่สว่างน้อยกว่าซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เกิด primary eclipse และภาพที่
ส่งถ่ายบางส่วนไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้เนื่องจากมีฝ้าขาว จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้เพียงอุณหภูมิ
บางส่วนของกราฟเท่านั้น จากกราฟอุณหภูมิที่ได้สามารถนำไปศึกษาต่อถึงลักษณะทางกายภาพต่างๆ ของระบบดาวคู่
DV Sgr อาทิ ความสว่างของดาว อุณหภูมิพื้นผิวของดาวแต่ละดวงในดาวคู่อุปราคาครั้งนี้ รวมทั้งลักษณะทางกายภาพ
อื่นๆ

อภิปรายผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ดาวคู่อุปราคา DV Sgr เพื่อหาอุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV
Sgr ซึ่งเป็นดาวคู่อุปราคาประเภทอัลกอล พบว่า อุณหภูมิของดาวคู่อุปราคา DV Sgr จะมีอุณหภูมิพื้นผิวดวงดาวต่ำลง
จากนั้นอุณหภูมิจะคงที่แล้วอุณหภูมิพื้นผิวดวงดาวก็เพิ่มสูงขึ้น จากกราฟมีแนวโน้มว่าอุณหภูมิพื้นผิวจะเป็นเช่นนี้
ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ เนื่องจากเส้นเวลา JD ในช่วง 2456860 – 2456880 จะมีค่าแมกนิจูดที่สูงจึงทำให้อุณหภูมิพื้นผิว
ดวงดาวในช่วงนี้ต่ำ แล้วแมกนิจูดในเส้นเวลา JD จะคงที่ในช่วง 2456880 - 2456900 ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิพื้นผิว
ดวงดาวคงที่ และเวลา 2456900 ค่าแมกนิจูดจะต่ำลงอุณหภูมิพื้นผิวดวงดาวจึงสูงขึ้น แล้วในเส้นเวลา JD ในช่วง
2456920 – 2456940 อุณหภูมิพื้นผิวดวงดาวจะกลับมามากที่อีกครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ คุณครูยุพาพรรณ วรรณสาย คุณครูที่ปรึกษาโครงการ และพี่เลี้ยงจากสถาบันวิจัย
ดาราศาสตร์แห่งชาติ สำหรับข้อเสนอแนะ คำแนะนำ เทคนิควิธีต่างๆ และโครงการวิจัยดาราศาสตร์นี้ ได้รับการ
สนับสนุนโดย โครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การ
มหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

อ้างอิง

- บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550).ดาราศาสตร์พิลึกส์. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ.เชียงใหม่ หน้า 328 – 349.
ยุทธนา บุญทา. (2551). รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา ประเภทอัลกอล BN Peg.
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การสอนพิลึกส์) .หน้า 23-70.
นายรณกฤต รัตนมาลา.(2552). การเปลี่ยนคาบของวงโคจรและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่เอก คานิส ไมนอร์ส.
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การสอนพิลึกส์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta

นางสาวกมลวรรณ ค้วงกระยอม

e-mail : nutsmile12@gmail.com

คุณครูที่ปรึกษา นางสาวยุพาพรรณ วรรณสาย

โรงเรียนหกลีปพรธาวิทยาคม อุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์จากกล้อง PROMPT (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ณ Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ประเทศชิลี ใช้ฟิลเตอร์ Halpha นำมาคำนวณหาการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย เพื่อการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว และศึกษาทิศทางของการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta ทำให้ทราบว่า ดาวเคราะห์น้อย Ceres มีอัตราการความเร็วในการเคลื่อนที่ คือ 123.205000 /Day และดาวเคราะห์น้อย Vesta มีอัตราการความเร็วในการเคลื่อนที่ คือ 20.597320 /Day แล้วดาวเคราะห์น้อย 4vesta มีการเคลื่อนที่เร็วกว่าดาวเคราะห์น้อย 1ceres

คำสำคัญ ดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta

บทนำ

ดาวเคราะห์น้อยคือวัตถุขนาดเล็กที่อยู่ในระบบสุริยะมีขนาดตั้งแต่ไม่กี่สิบลเมตรจนถึงหลายร้อยกิโลเมตร ดาวเคราะห์น้อยที่ใหญ่ที่สุดคือ ซีเรส มีขนาด 1,000 กิโลเมตร เชื่อว่าดาวเคราะห์น้อยที่มีขนาดใหญ่กว่า 1.6 กิโลเมตร อาจมีมากถึงกว่า 500,000 ดวง แม้ว่าดาวเคราะห์น้อยจะมีอยู่จำนวนมาก แต่ถ้ารวมมวลดาวเคราะห์น้อยทั้งหมดอาจมีมวลเพียงประมาณหนึ่งในพันของมวลโลกเท่านั้น

ดาวเคราะห์น้อยส่วนใหญ่จะมียวงโคจรอยู่ระหว่างดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี เรียกววงโคจรนี้ว่า “เข็มขัดดาวเคราะห์น้อย (asteroid belt)” การศึกษาวงโคจรของดาวเคราะห์น้อยได้รับความสนใจจากนักดาราศาสตร์ เพราะว่ามีดาวเคราะห์น้อยซึ่งวงโคจรที่ค่าความริสูงและอาจเคลื่อนที่เข้าใกล้โลกหรือบางดวงมีวงโคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์และบางดวงอาจจะมียวงโคจรที่ไกลกว่าดาวพลูโต

ในการศึกษาดาวเคราะห์น้อยนั้นอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อยในหมู่ดาวฤกษ์ต่างๆ ที่เป็นฉากหลัง เช่น เมื่อสังเกตด้วยกล้องโทรทรรศน์ดาวเคราะห์น้อยก็ปรากฏให้เห็นคล้ายดาวฤกษ์ดวงหนึ่งเท่านั้น ต่างกันเพียงดาว

เคราะห์เคลื่อนที่ไปเรื่อยๆ แม้ว่าดาวฤกษ์จะมีการเคลื่อนที่เช่นกันแต่เราจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของดาวฤกษ์เพราะอยู่ห่างไกลโลกมาก

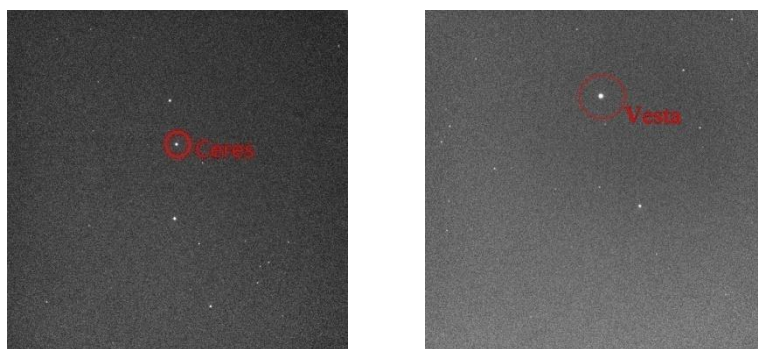
การศึกษาดาวเคราะห์น้อยมีคุณค่าทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างมากเนื่องจากสมบัติของดาวเคราะห์น้อยแทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงเลย จึงเป็นเหมือนกับการบันทึกความเป็นมาของระบบสุริยะ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์จากกล้อง PROMPT (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ณ Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ประเทศชิลี ใช้ฟิลเตอร์ Halpha สาเหตุที่ใช้ฟิลเตอร์ Halpha เป็นฟิลเตอร์ที่ใช้ถ่ายภาพดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta ชัดเจนที่สุด

วิธีการศึกษา

การศึกษาข้อมูลส่วนใหญ่ทางดาราศาสตร์อาศัยข้อมูลทางภาพถ่าย เริ่มต้นจากการใช้ข้อมูลทางภาพถ่าย เช่นเดียวกัน โดยอาศัยหลักการว่าดาวเคราะห์น้อยจะเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆ ผ่านดาวฉากหลังนั้นก็คือดาวฤกษ์ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ไม่ว่าจะสังเกตการณ์ ณ ตำแหน่งและเวลาใดก็ตาม

จากการถ่ายภาพการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อยจะทำให้สามารถหาตำแหน่งของดาวเคราะห์น้อย ณ วันและเวลาต่างๆ ที่ทำการถ่ายภาพดาว บอกค่า Dec R.A และ Julian Day (JD) ต้องหาอย่างน้อย 3 ตำแหน่งในวันเวลาที่ต่างหากกัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการในครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลการถ่ายภาพดาวจำนวน 6 ครั้ง อยู่ในช่วงวันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง วันที่ 25 มิถุนายน 2557



ภาพแสดงตำแหน่งดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta

การศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta ใช้วิธีถ่ายภาพดาวด้วยกล้อง PROMPT8 (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ณ Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ใช้ฟิลเตอร์ Halpha ในการถ่ายภาพเพื่อศึกษาความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta ภาพที่ได้มาใช้เวลาในการเปิดหน้ากล้อง 5 วินาที ถ่ายภาพทุกๆ 5 นาที (สาเหตุที่ต้องใช้เวลาในการถ่ายภาพ 5 นาที เพราะ ดาวเคราะห์น้อยมีการเคลื่อนที่เร็วกว่าดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ จึงเลือกใช้เวลาในการถ่ายภาพที่

เหมาะสม)และหา Dec, RA แล้วนำไปหาค่า Degrees โดยใช้โปรแกรม DS9 จากนั้นนำค่า Degrees (ค่า องศา ที่แปลงมาจาก Dec R.A)ที่ได้ไปคำนวณในสมการ $\Delta s = v\Delta t$ เพื่อหาอัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อยใน 1 วัน จากนั้นนำ Julian Day (JD) มาลบเพื่อหาเวลาในการเคลื่อนที่ในละจุด ($t_2 - t_1$, $t_3 - t_2$) และหาอัตราเร็วเฉลี่ยใน 1 วัน โดยใช้สมการ $V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ จากนั้นหาอัตราเฉลี่ยทั้งหมดได้ในสมการ $\frac{V_1+V_2+V_3}{N}$ (โดย N = จำนวนของอัตราเร็ว (V))

ผลการศึกษา

จากข้อมูลทางการถ่ายภาพที่ได้จากดาวเคราะห์น้อยทั้ง 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะหาอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว และศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta เพื่อที่นำไปสู่การคำนวณหาค่า Dec, RA แล้วนำไปแปลงค่าเป็นค่า Degrees จากนั้นนำค่า Degrees ไปคำนวณในสมการ เพื่อหาอัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อยใน 1 วัน จากนั้นนำ Julian Day (JD) มาลบเพื่อหาเวลาในการเคลื่อนที่ในละจุด ($t_2 - t_1$, $t_3 - t_2$) และหาอัตราเร็วเฉลี่ยใน 1 วัน ซึ่งจะได้ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้ (Degrees คือ องศาที่แปลงมาจากค่า Dec R.A)

ตารางที่ 1 แสดง Dec RA และ Degrees ของดาวเคราะห์น้อย 1Ceres

ดาวเคราะห์น้อย 1Ceres				
วัน/เดือน/ปี	Dec (องศา)	RA (องศา)	Degrees (องศา)	
13 มิ.ย 57	-02:47:31.903	13:35:57.3	203.91348	-2.775293
	-02:47:31.654	13:35:57.3	203.89558	-2.774217
	-02:47:31.380	13:35:57.2	203.89551	-2.80422
14 มิ.ย 57	-02:56:2.856	13:36:38.2	204.14683	-2.939552
	-02:56:2.725	13:36:38.2	204.14198	-2.919777
	-02:56:2.626	13:36:38.1	204.12837	-2.954867
	-02:56:28.079	13:36:40.2	204.12737	-2.976426
	-02:56:27.610	13:36:40.1	204.13000	-2.928323
	-02:56:27.221	13:36:40.1	204.12922	-2.901279
15 มิ.ย 57	-03:05:21.661	13:37:24.0	204.34968	-3.080682
	-03:05:21.287	13:37:23.9	204.33584	-3.061160
	-03:05:20.853	13:37:23.8	204.35668	-3.061161
	-03:59:19.344	13:42:03.4	205.52160	-3.974889

21 มิ.ย 57	-03:59:19.089	13:42:03.3	205.44504	-3.944045
	-03:59:18.898	13:42:03.3	205.53424	-3.900407

ตารางที่ 2 แสดง Dec RA และ Degrees ของดาวเคราะห์น้อย 4Vesta

ดาวเคราะห์น้อย 4Vesta				
วัน/เดือน/ ปี	Dec (องศา)	RA (องศา)	Degrees (องศา)	
21 มิ.ย 57	-04:30:54.980	13:46:31.1	206.62354	-4.529970
	-04:30:54.805	13:46:31.1	206.58986	-4.482796
	-04:30:54.624	13:46:31.0	206.56119	-4.582702
25 มิ.ย 57	-05:13:34.723	13:51:11.6	207.89984	-5.272585
	-05:13:34.542	13:51:11.5	207.91166	-5.225301
	-05:13:34.403	13:51:11.5	207.94931	-5.143244

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1Ceres

ดาวเคราะห์น้อย 1Ceres				
วัน/เดือน/ปี	Dec (องศา)	RA (องศา)	Degrees (องศา)	
13 มิ.ย 57	-02:47:31.903	13:35:57.3	203.91348	-2.775293
	-02:47:31.654	13:35:57.3	203.89558	-2.774217
	-02:47:31.380	13:35:57.2	203.89551	-2.80422
14 มิ.ย 57	-02:56:2.856	13:36:38.2	204.14683	-2.939552
	-02:56:2.725	13:36:38.2	204.14198	-2.919777
	-02:56:2.626	13:36:38.1	204.12837	-2.954867
	-02:56:28.079	13:36:40.2	204.12737	-2.976426
	-02:56:27.610	13:36:40.1	204.13000	-2.928323
	-02:56:27.221	13:36:40.1	204.12922	-2.901279
15 มิ.ย 57	-03:05:21.661	13:37:24.0	204.34968	-3.080682
	-03:05:21.287	13:37:23.9	204.33584	-3.061160
	-03:05:20.853	13:37:23.8	204.35668	-3.061161
21 มิ.ย 57	-03:59:19.344	13:42:03.4	205.52160	-3.974889
	-03:59:19.089	13:42:03.3	205.44504	-3.944045

	-03:59:18.898	13:42:03.3	205.53424	-3.900407
--	---------------	------------	-----------	-----------

ข้อมูลดาวเคราะห์น้อย 1Ceres					
α	β	Julian Day (JD)	S (m/s^2)	t (s)	S/t = V (m/s)
203.91348	-2.775293	2456851.629813	0.017932	0.000240	74.500544
203.89558	-2.774217	2456851.630054	0.030010	0.000255	117.287613
203.89551	-2.80422	2456851.630310			
204.14683	-2.939552	2456852.588934	0.020360	0.000314	64.794540
204.14198	-2.919777	2456852.589249	0.037636	0.000231	162.302384
204.12837	-2.954867	2456852.589481	0.021582	0.053692	0.401974
204.12737	-2.976426	2456852.643173	0.048175	0.000274	175.771097
204.13000	-2.928323	2456852.643447	0.027054	0.000229	118.090040
204.12922	-2.901279	2456852.643676			
204.34968	-3.080682	2456853.638686	0.023929	0.000236	101.282207
204.33584	-3.061160	2456853.638922	0.020840	0.000272	76.474257
204.35668	-3.061161	2456853.639195			
205.52160	-3.974889	2456859.606616	0.081813	0.000297	274.994244
205.44504	-3.944045	2456859.606913	0.099301	0.000231	428.746066
205.53424	-3.900407	2456859.607145			

ตารางที่ 4 แสดงอัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 4Vesta

ข้อมูลดาวเคราะห์น้อย 4Vesta					
α	β	Julian Day (JD)	S (m/s^2)	t (s)	S/t = V (m/s)
206.59153	-4.531823	2456859.61	0.057963	0.000229	252.399232
207.92027	-4.213710	2456863.59			

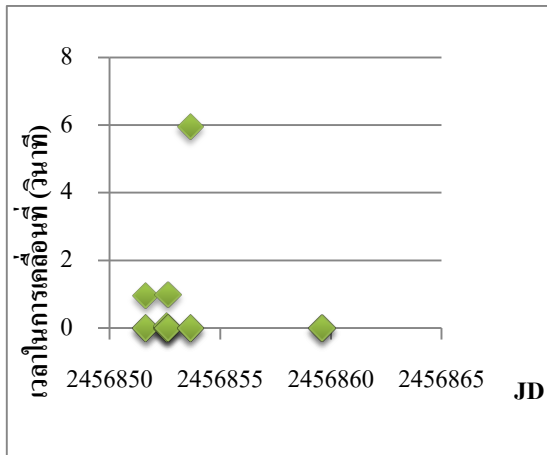
ตารางที่ 5 แสดง Julian Day (JD) และ เวลาในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1Ceres

ดาวเคราะห์น้อย 1Ceres		
วัน/เดือน/ปี	Julian Day (JD)	เวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในการเคลื่อนที่ (วินาที)
13 มิ.ย 57	2456851.629813	0.000241
	2456851.630054	0.000256

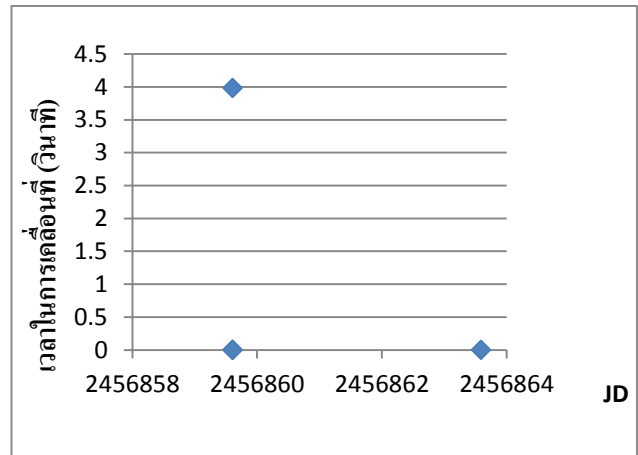
	2456851.630310	0.958625
14 มิ.ย 57	2456852.588934	0.000314
	2456852.589249	0.000232
	2456852.589481	0.053692
	2456852.643173	0.000274
	2456852.643447	0.000229
	2456852.643676	0.995010
	15 มิ.ย 57	2456853.638686
2456853.638922		0.000273
2456853.639195		5.967421
21 มิ.ย 57	2456859.606616	0.000298
	2456859.606913	0.000232
	2456859.607145	

ตารางที่ 6 แสดง Julian Day (JD) และ อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ดาวเคราะห์น้อย 4Vesta

ดาวเคราะห์น้อย 4Vesta		
วัน/เดือน/ปี	Julian Day (JD)	เวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในการเคลื่อนที่ (วินาที)
21 มิ.ย 57	2456859.607551	0.00023
	2456859.607780	0.000233
	2456859.608013	3.98233
25 มิ.ย 57	2456863.590343	0.0003
	2456863.590643	0.000236
	2456863.590879	



ภาพที่ 1 แสดงการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Ceres



ภาพที่ 2 แสดงการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Vesta

สรุปผล

จากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta พบว่า

อัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Ceres คือ 123.205000 " /Day มาจาก $V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = 3.128516$$

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = 2.579342$$

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = 0.452038$$

$$V = \frac{V1 + V2 + V3}{3}$$

$$V = \frac{3.1288516591422 + 2.5793429666698 + 0.452038917207}{3} \times 60$$

$$V = 123.205'' \text{day}$$

อัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Vesta คือ 20.597320 " /Day มาจาก

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = 0.3432886$$

$$V = \frac{V1}{1}$$

$$V = \frac{0.3432886}{1} \times 60$$

$$V = 20.597320457712 \text{''day}$$

จะเห็นได้ว่าอัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Ceres จะมากกว่าอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Vesta เนื่องจากดาวเคราะห์น้อยมีการเคลื่อนที่เร็ว และสามารถศึกษาต่อได้ในการหาคาบวงโคจร ปริมาณและขนาดของดาวเคราะห์น้อยที่เป็นตัวบ่งชี้อายุของดาวเคราะห์น้อย

อภิปราย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta ทำให้ทราบว่าดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta มีการเคลื่อนที่เร็ว อัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Ceres คือ 123.205000''/Day อัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Vesta คือ 20.597320''/Day ได้มาจาก นำค่า Dec, RA แล้วนำไปหาค่า Degrees โดยใช้โปรแกรม DS9 จากนั้นนำค่า Degrees ที่ได้ไปคำนวณในสมการ $\Delta s = v\Delta t$ เพื่อหาอัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อยใน 1 วัน จากนั้นนำ Julian Day (JD) มาลบเพื่อหาเวลาในการเคลื่อนที่ในระนาบ $(t_2 - t_1, t_3 - t_2)$ และหาอัตราเร็วเฉลี่ยใน 1 วันโดยใช้สมการ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ จากนั้นหาอัตราเฉลี่ยทั้งหมดได้ในสมการ $\frac{V_1+V_2+V_3}{N}$ (โดย N = จำนวนของอัตราเร็ว (V)) จะเห็นได้ว่าอัตราการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Ceres จะมากกว่าอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย Vesta เนื่องจากดาวเคราะห์น้อยมีการเคลื่อนที่เร็ว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณคุณครูอุพาพรรณ วรรณสาย คุณครูที่ปรึกษาโครงการ และพี่เลี้ยงจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ สำหรับข้อเสนอแนะคำแนะนำ เทคนิควิธีต่างๆ และโครงการงานวิจัยดาราศาสตร์นี้ ได้รับการสนับสนุนโดยโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

เอกสารอ้างอิง

PROMPT (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ณ Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO)

นางสาวคฤดี งามสม การวิเคราะห์ห้วงโคจรของดาวเคราะห์น้อยจูนและดาวเคราะห์น้อยเวสตาโดยใช้เทคนิคซีซีดีโพโตเมตรี, วิทยาสตรัมหาบัณฑิต (การสอนฟิสิกส์)

แบบจำลองปรากฏการณ์การเหวี่ยงของระบบหลุมดำมวลยวดยิ่งเมื่อเกิดปรากฏการณ์การชนกันของดาราจักรทางช้างเผือกและดาราจักรแอนโดรเมดา

(Model of Separation of Supermassive Black Hole while Galactic Collision of Milky Way and Andromeda Galaxy)

ผู้จัดทำโครงการ นายณัฐกฤต อ่อนอุทัย

littlebear_polaris@icloud.com

ครูที่ปรึกษาโครงการ นางวิชราพร ฉลาด

โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ดาราจักรทางช้างเผือก คือดาราจักรที่ระบบสุริยะตั้งอยู่ ซึ่งดาราจักรที่ถือว่าเป็นเพื่อนบ้านของดาราจักรทางช้างเผือกคือ ดาราจักรแอนโดรเมดา ที่อยู่ห่างจากดาราจักรทางช้างเผือก 2.56 ล้านปีแสง สองดาราจักรนี้เป็นศูนย์กลางของกลุ่มดาราจักรท้องถิ่น (Local Group) ซึ่งอยู่ในกระจุกดาราจักรหญิงสาว (Virgo Supercluster) เนื่องจากว่าแรงโน้มถ่วงของทั้งสองดาราจักร และการเคลื่อนที่ของดาราจักรที่ไม่ได้เป็นวงโคจรซึ่งกันและกัน ทำให้ดาราจักรทั้งสองจะมาชนกัน

โครงการ แบบจำลองปรากฏการณ์ Separation ของระบบหลุมดำมวลยวดยิ่งเมื่อเกิดปรากฏการณ์การชนกันของดาราจักรทางช้างเผือกและดาราจักรแอนโดรเมดา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและจำลองปรากฏการณ์การดึงดูดและการเหวี่ยงของหลุมดำมวลยวดยิ่ง (Supermassive black hole) ซึ่งเดิมอยู่ที่ใจกลางของดาราจักรทางช้างเผือก และดาราจักรแอนโดรเมดา ซึ่งดาราจักรทั้งสองจะชนกันภายใน 3 พันล้านปีตามสมมติฐานของงานวิจัยก่อนๆ ซึ่งผู้จัดทำได้ศึกษาถึงพฤติกรรมของหลุมดำทั้งสองว่า จะมีการเคลื่อนที่โดยได้รับอิทธิพลจากหลุมดำอื่นซึ่งกันและกันอย่างไร โดยใช้การจำลอง N-body Simulation และ Dynamical friction ของ Chandrasekhar ใน โปรแกรม Matlab จากผลการจำลอง ได้ว่า หลุมดำมวลยวดยิ่งของดาราจักรทั้งสองจะชนและรวมกันภายใน 4.5 พันล้านปี

บทนำ

ดาราจักรทางช้างเผือก (Milky Way) เป็นดาราจักรแบบก้นหอยมีแกน ซึ่งระบบสุริยะ ดวงอาทิตย์ รวมถึงโลก เป็นส่วนหนึ่งของดาราจักรนี้ ดาราจักรทางช้างเผือกมีดาราจักรเพื่อนบ้านคือ ดาราจักรแอนโดรเมดา (Andromeda Galaxy:M31) ซึ่งอยู่ห่างจากระบบสุริยะ 770 MPc ทั้งสองดาราจักรเป็นศูนย์กลางของกลุ่มดาราจักรท้องถิ่น (Local Group) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มกระจุกดาราจักรหญิงสาว (Virgo Supercluster) ดาราจักรสองดาราจักรนี้ ไม่ได้เคลื่อนที่เป็นวงโคจรเป็นระบบซึ่งกันและกัน จึงสามารถทำนายได้ว่า ทั้งสองดาราจักร จะชนกัน (Collision) และหลุมดำมวลยวดยิ่ง (Supermassive Black Hole) ซึ่งเป็นศูนย์กลางของทั้งสองดาราจักร จะเกิดการเหวี่ยง (Separation) และรวมกัน โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำนาย

ลักษณะของปรากฏการณ์การเหวี่ยงของหลุมดำมวลยวดยิ่งของดาราจักรทางช้างเผือกและดาราจักรแอนโดรเมดา เมื่อทั้งสองดาราจักรชนกัน และปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเหวี่ยงและการรวมกันของดาราจักร

วิธีการศึกษา

1. ข้อมูลของระบบแอนโดรเมดา-ทางช้างเผือก

ตัวแปร	ค่าของตัวแปร
ระยะห่างระหว่างระบบสุริยะ-ดาราจักรแอนโดรเมดา	770 kPc
ระยะห่างระหว่างระบบสุริยะ-ศูนย์กลางทางช้างเผือก	8.5 kPc
แกนการโคจรรอบตัวเองของดาราจักรแอนโดรเมดา ในระบบพิกัดศูนย์กลางสูตร	39.8 deg 77.5 deg
ตำแหน่งของดาราจักรแอนโดรเมดาในระบบพิกัดฉาก	-379.2 612.7 -283.1
ตำแหน่งของดาราจักรแอนโดรเมดา (RA)	00h 42m 44.3s
ตำแหน่งของดาราจักรแอนโดรเมดา (Dec)	+41 16 09.4
ความเร็วในแนวเส้น	117 km/s
ความเร็วในแนวขวาง	42 km/s

2. ข้อมูลของดาราจักรทางช้างเผือกและดาราจักรแอนโดรเมดา

ตัวแปร	ดาราจักรทางช้างเผือก	ดาราจักรแอนโดรเมดา	ระบบรวม
จำนวนอนุภาค	350000	350000	700000
มวลรวม	335.232666	293.737518	628.97018
Disk mass	15.1457396	34.1285782	-
Bulge mass	5.10096455	12.3888931	-
Halo mass	314.985962	247.220047	-
Disk edge	32	32	-
Bulge Edge	3.05999994	8.05999947	-
Halo Edge	244.48999	201.619995	-

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 แรงโน้มถ่วงระหว่างมวล

ให้มวลรวมของระบบ แทนด้วย M_{tot} จะได้

$$\ddot{r} = -\frac{GM_{tot}}{r^2}$$

คูณพจน์ความเร็วและอินทิเกรตเทียบเวลาทั้งสองข้าง จะได้

$$\int \ddot{r} \dot{r} dt = -\int \frac{GM_{tot}}{r^2} \dot{r}$$
$$\frac{\dot{r}^2}{2} = \frac{GM_{tot}}{r} + C$$
$$|\dot{r}| = \sqrt{\frac{2GM_{tot}}{R} + 2C}$$

เมื่อ R คือตำแหน่งของการเหวี่ยง (Separation)

3.2 ความเสียดทานพลศาสตร์ (Dynamical friction)

เมื่อดาราจักรทั้งสองมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน อนุภาคในดาราจักรจะเคลื่อนที่โดยมีความหน่วง เนื่องจากสสารมืดที่อยู่ในดาราจักร เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าความเสียดทานพลศาสตร์ ซึ่งความเสียดทานพลศาสตร์สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

$$f_d = \frac{CG^2M^2\rho}{v_m^2}$$

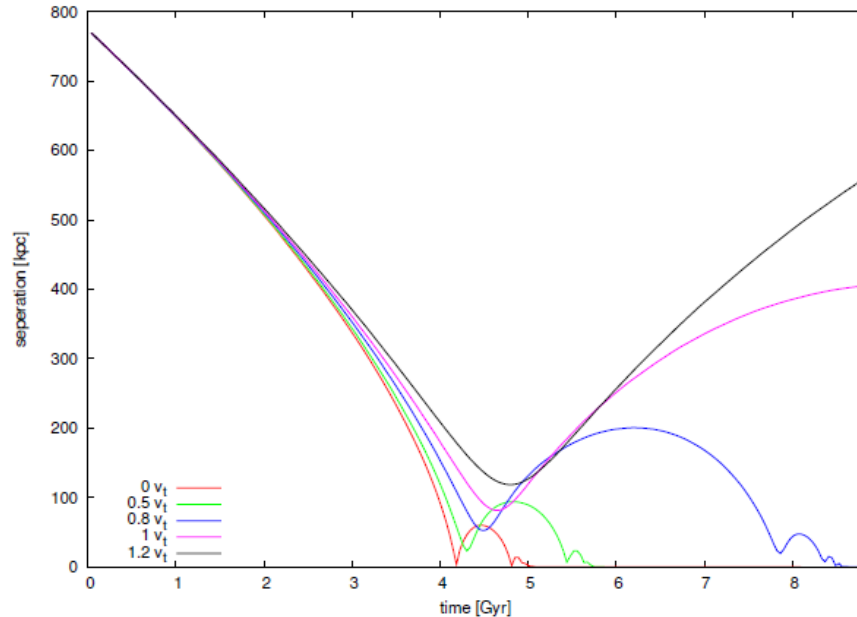
เมื่อ C เป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วยและมีค่าไม่คงที่ เป็นฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับการกระจายความเร็ว (Velocity Dispersion)

4. ขั้นตอนการศึกษา

จากข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปศึกษาในโปรแกรม Matlab โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างกราฟ และ simulation และปรับเปลี่ยนบางค่าของตัวแปร เช่น ความเร็วในแนวขวาง เป็นต้น

ผลการศึกษา

เมื่อให้ความเร็วในแนวเล็ง และความเร็วในแนวขวางของดาราจักรแอนโดรเมดา คือ 117 km/s และ 42 km/s ตามลำดับ และเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วในแนวขวางเป็น $0 v_t$, $0.5 v_t$, $0.8 v_t$ และ $1.2 v_t$ ตามลำดับ



สรุปผลการศึกษา

จากกราฟที่ได้จากการจำลอง จะได้ว่า ถ้าดาราจักรแอนโดรเมดามีความเร็วในแนวขวางเท่ากับ 42 km/s หลุมดำมวลยวดยิ่งของดาราจักรแอนโดรเมดาและดาราจักรทางช้างเผือกจะอยู่ใกล้กันมากที่สุดครั้งแรกในอีก 4.5 พันล้านปีข้างหน้า และจะเกิดการเหวี่ยงจนผ่านไปอีกประมาณ 4 พันล้านปี หลุมดำมวลยวดยิ่งของทั้งสองดาราจักรจะรวมกันเป็นหลุมดำเดี่ยว และดาราจักรทั้งสองจะรวมกันเป็นดาราจักรแบบวงรี ซึ่งจากการทำแบบจำลอง พบว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่สามารถส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการเหวี่ยงของดาราจักร ซึ่งการจะทำให้ความผิดพลาดของการศึกษาดังกล่าวลดน้อยลง คือการเพิ่มปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มความเป็นไปได้ของผลการศึกษามากยิ่งขึ้น

อภิปรายผลการศึกษา

จากกราฟที่ได้จากการจำลอง จะเห็นได้ว่า ยิ่งมีความเร็วในแนวขวางมากขึ้น เวลาในขณะการเหวี่ยงของหลุมดำมวลยวดยิ่งและเวลาจนถึงการรวมกันของหลุมดำจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากถ้ามีความเร็วในแนวขวางมาก โอกาสที่หลุมดำมวลยวดยิ่งทั้งสองจะอยู่ใกล้กันจะมีค่าน้อยลง และถ้าในทุกกรณี มีความเร็วในแนวเล็ง ซึ่งตรวจวัดได้จากปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ มีค่าเท่ากัน ยิ่งความเร็วในแนวขวางเพิ่มขึ้น พลังงานจลน์จะมีค่ามากขึ้นตาม และการใกล้กันของหลุมดำมวลยวดยิ่งที่มีโอกาสน้อยลง ทำให้การห้วงเนื่องจากความเสียดทานพลศาสตร์มีค่าต่ำลงตามไปด้วย จึงต้องใช้เวลานานในการลดพลังงานจลน์ของดาราจักรให้ลดลงพอที่จะรวมกับหลุมดำอื่น

กิตติกรรมประกาศ

1. นางวัชรพร ฉลาด ที่ปรึกษาโครงการ

เอกสารอ้างอิง

J.C.J.G. Withagen. **On the collision between the Milky Way and the Andromeda Galaxy.**

Jennifer Read. **The Stability of Model Disk Galaxies.** 1997

Hubert L. Bray. **On Dark Matter, Spiral Galaxies, and the Axioms of General Relativity.** 2010

Micheal Seeds and Dana Backman. *Foundation of Astronomy.* 12th edition. Cengage Learning Press.

บุญรักษา สุนทรธรรม(2550). **ดาราศาสตร์ฟิสิกส์.** ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การศึกษาหาคาบการโคจรของดวงจันทร์ไอโอรอบดาวพฤหัสบดีด้วยเทคนิคการหาระยะเชิงมุม

นายกรชวัล มีความรัก

e-mail:tutormk40@hotmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา ครูวัชรพร ฉลาด

โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการศึกษาทางด้านดาราศาสตร์เป็นจำนวนมากทั้งด้านดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์ วัตถุต่างๆบนท้องฟ้า เอกภพวิทยารวมทั้งเทคโนโลยีอวกาศ และมีการศึกษาค้นคว้าโดยผ่านการสำรวจอย่างต่อเนื่องมาเป็นจำนวนมาก รวมถึงการสร้างเครื่องมือที่สามารถนำไปออกไปสำรวจได้ในอวกาศได้นั้นคือ ยานอวกาศ และกล้องโทรทรรศน์อวกาศ ในส่วนของการศึกษาด้านดาวเคราะห์ เป็นงานวิจัยที่ต้องอาศัยความรู้ทางด้านฟิสิกส์ที่เกี่ยวกับการโคจรของดาวเคราะห์ของดวงจันทร์ของดาวเคราะห์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาการหาคาบของดวงจันทร์ไอโอของดาวพฤหัสบดีผ่านการวิเคราะห์จากภาพถ่าย โดยใช้กล้องโทรทรรศน์รีซี-เคเทียนขนาด 8 นิ้วถ่ายไปที่ดาวพฤหัสบดีเพื่อนำภาพมาวิเคราะห์ข้อมูลบนโปรแกรม Adobe Photoshop แล้วหาระยะทางครึ่งแกนหลักของดวงจันทร์ไอโอโดยเทียบตามระยะเชิงมุมของขนาดดาวพฤหัสบดีกับระยะครึ่งแกนหลักของดวงจันทร์ไอโอจากภาพโดยดูจากสเกลไม้บรรทัดของโปรแกรมหลังจากนั้นจึงนำมาเข้าสมการของเคปเลอร์ $P^2 = \frac{4\pi a^3}{G(M+m)}$ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 1.71 วัน ซึ่งผลที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ 3.43 % จากคาบการโคจรของดวงจันทร์จากข้อมูลอ้างอิง เนื่องจากการถ่ายภาพจากบนพื้นดินมีทั้งฝุ่นละอองและควันจากตัวเมืองมาทำให้ภาพที่ออกมาคลาดเคลื่อนได้และเกิดจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ในการทดลอง

คำสำคัญ: คาบการโคจร ,กฎของเคปเลอร์ ,ดาวพฤหัสบดี

บทนำ

ในปัจจุบันมีการศึกษาทางด้านดาราศาสตร์เป็นจำนวนมากทั้งด้านดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์ วัตถุต่างๆบนท้องฟ้า เอกภพวิทยารวมทั้งเทคโนโลยีอวกาศ และมีการศึกษาค้นคว้าโดยผ่านการสำรวจอย่างต่อเนื่องมาเป็นจำนวนมาก รวมถึงการสร้างเครื่องมือที่สามารถนำไปออกไปสำรวจได้ในอวกาศได้นั้นคือ ยานอวกาศ และกล้องโทรทรรศน์อวกาศ ในส่วนของการศึกษาด้านดาวเคราะห์ เป็นงานวิจัยที่ต้องอาศัยความรู้ทางด้านฟิสิกส์ที่เกี่ยวกับการโคจรของดาวเคราะห์ของดวงจันทร์ของดาวเคราะห์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาการหาคาบของดวงจันทร์ไอโอของดาวพฤหัสบดีผ่านการวิเคราะห์จากภาพถ่าย ผลที่ได้จะนำไปศึกษาถึงกฎของฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการโคจรของดวงจันทร์ไอโอ

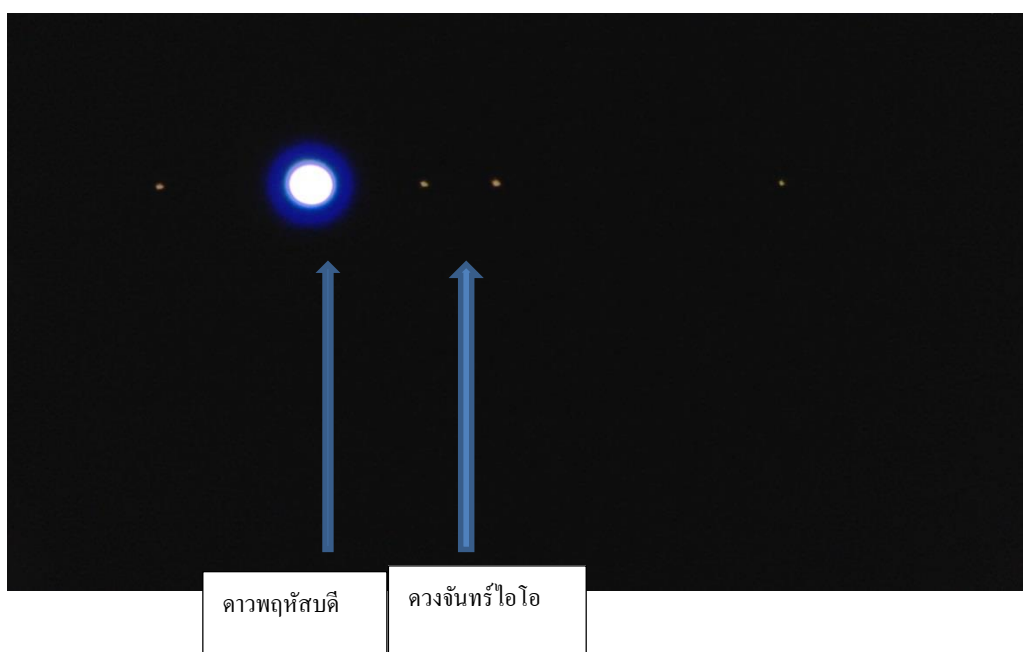
ในกรณีนี้ผู้ศึกษามีความสนใจดวงจันทร์ดวงนี้มากเนื่องจากเป็นดวงจันทร์ที่อยู่ใกล้ดาวพฤหัสบดีที่สามารถมองเห็นได้ กล้องโทรทรรศน์สมัครเล่นทั่วไป ประกอบกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการนำความรู้เรื่องการโคจรของวัตถุหรือแรงดึงดูดระหว่างมวล ไปประยุกต์หาคาบการโคจรของดวงจันทร์อื่นๆ ได้ต่อไป

วิธีการศึกษา

1. ขั้นตอนการถ่ายภาพ

1. ศึกษาระยะเวลาของดวงจันทร์ที่โคจรมาถึงระยะไกลที่สุดของวงโคจร
2. กำหนดเวลาที่จะเริ่มให้กล้องถ่าย ณ จุดที่ดวงจันทร์ไอโอไกลสุดเริ่มถ่ายภาพและจับเวลาตามเวลาที่โคจรได้ครึ่งคาบ
3. ตรวจสอบดาวที่เคลื่อนมายังจุดที่ฝั่งตรงข้ามและนับเวลา

ตัวอย่างภาพที่ถ่ายได้จากกล้องโทรทรรศน์



2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพ

1. นำภาพมาวิเคราะห์ในโปรแกรม Photoshop เพื่อหาระยะเชิงมุมระหว่างดาวพฤหัสบดีกับระยะของดวงจันทร์ไอโอ โดยเทียบจากรูปและแหล่งอ้างอิง
2. ทำในขั้นตอนที่ 1 กับทุกๆ ภาพเพื่อหาค่าเฉลี่ยของระยะทาง
3. นำระยะทางที่ได้มาเข้าสมการของเคปเลอร์

$$P^2 = \frac{4\pi a^3}{G(M + m)}$$

P = คาบของโคจร

a = ระยะครึ่งแกนหลักของไอโอ (ได้จากภาพการทดลอง)

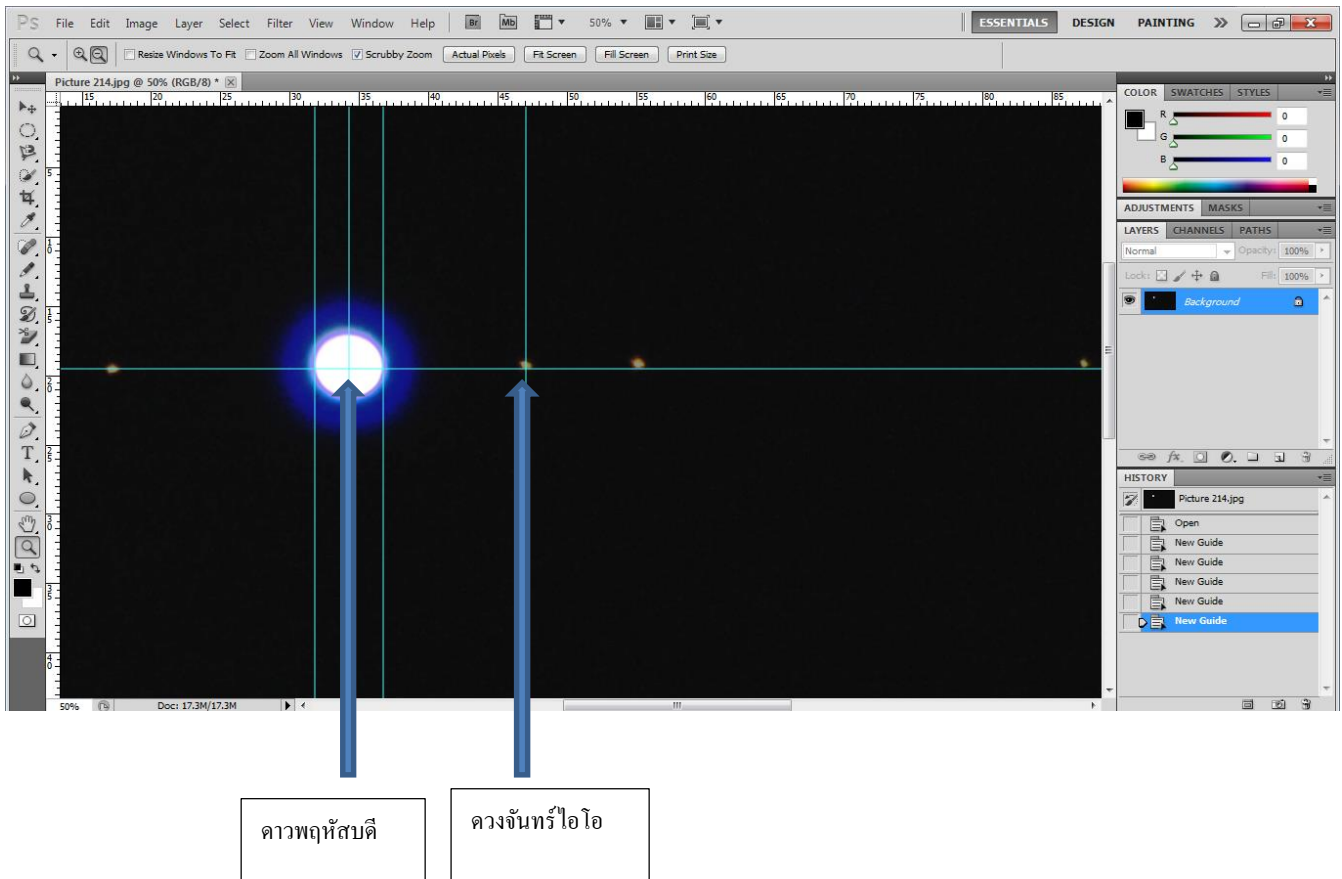
G = ค่าโน้มถ่วงสากล ($6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$)

M = มวลของดาวพฤหัสบดี

m = มวลของดวงจันทร์ไอโอ (ประมาณว่า มวลของดวงจันทร์ไอโอน้อยมากเมื่อเทียบกับดาวพฤหัสบดีจึงแทนแอมวลดาวพฤหัสบดี)

4. นำคาบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการศึกษาคาบของดวงจันทร์ไอโอด้วยวิธีอื่นและข้อมูลอ้างอิงเพื่อหาค่า error ของการทดลองนี้โดยที่ข้อมูลอ้างอิงอยู่ที่ 1.77 วัน

รูปภาพที่ 2 แสดงการนำภาพเข้าโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์เชิงมุม



ผลการศึกษา

จากการศึกษาหาคาบการโคจรของดวงจันทร์ไอโอรอบดาวพฤหัสบดีด้วยเทคนิคการหาระยะเชิงมุม โดยการตั้งกล้องโทรทรรศน์ถ่ายภาพดาวพฤหัสบดีจากพื้นราบตามเวลาที่ดวงจันทร์ไอโออยู่ในตำแหน่งที่ไกลที่สุดของดาวพฤหัสบดี

(western-eastern elongation) จากนั้นก็นำภาพที่ถ่ายมาได้นำมาทำการวิเคราะห์โดยการใส่ลงในโปรแกรม Adobe Photoshop เพื่อหาระยะเชิงมุมของดวงจันทร์ไอโอแล้วนำค่าใส่สมการตามกฎของเคปเลอร์ $P^2 = \frac{4\pi a^3}{G(M+m)}$

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองของการวิเคราะห์ภาพ

ครั้งที่ทดลอง	ระยะเชิงมุมที่วัดได้) cm. จากภาพ(
1	147
2	149
3	143
4	147
5	149
6	138
7	128
8	127
9	129
10	128
เฉลี่ย	138.5

จากตารางจะได้ค่าเฉลี่ยของระยะเชิงมุมอยู่ที่ 138.5 ซม. ซึ่งต้องนำมาเทียบกับขนาดระยะเชิงมุมของดาวพฤหัสบดีที่วัดได้ 47 ซม. ซึ่งขนาดดาวพฤหัสบดีนั้นมีค่าเท่ากับ 139,822 กิโลเมตร ดังนั้นเมื่อเทียบกับขนาดระยะเชิงมุมเฉลี่ยที่ได้จะค่าเท่ากับ 412028.66 กิโลเมตร

จากระยะทางครึ่งแกนหลักของดวงจันทร์ไอโอที่ได้จากการเทียบกับระยะเชิงมุมของดาวพฤหัสบดีกับระยะเชิงมุมของระยะครึ่งแกนหลักของดวงจันทร์ไอโอ นำมาเข้าสมการของเคปเลอร์ เพื่อหาคาบของดวงจันทร์ไอโอ ได้ระยะเวลาของคาบเท่ากับ 1.71 วัน

สรุปผล

จากการศึกษาการหาคาบการโคจรของดวงจันทร์ไอโอรอบดาวพฤหัสบดี ได้เท่ากับ 1.71 วัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ 3.43 % จากข้อมูลอ้างอิง

อภิปราย

จากการศึกษาหาคาบการโคจรของดวงจันทร์ไอโอรอบดาวพฤหัสบดี พบว่า คาบของการโคจรรอบดาวพฤหัสบดีของดวงจันทร์ไอโอมีค่าเท่ากับ 1.71 วัน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้องริชี-เคเทียนขนาด 8 นิ้วจากพื้นดินแล้วนำภาพมาทำการ

วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS5 เพื่อเทียบสเกลและระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางดาวพฤหัสบดีถึงจุดศูนย์กลางดวงจันทร์ไอโอ

$$P^2 = \frac{4\pi a^3}{G(M+m)}$$

นำค่าที่ได้มาเทียบกับขนาดของดาวพฤหัสบดีแล้วนำมาแทนค่าลงในสมการของเคปเลอร์ โดยแทนลงในตัวแปร a ที่มีหน่วยเป็น เมตร แล้วจะได้คาบการโคจรของดวงจันทร์ไอโอรอบดาวพฤหัสบดี ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอยู่ที่ 3.43 % จากข้อมูลอ้างอิง เนื่องจากสภาพอากาศทั้งฝุ่นละอองและควันบริเวณชั้นบรรยากาศที่ทำให้ภาพที่ออกมามีความคลาดเคลื่อนของแสงได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิทยาศาสตร์เรื่อง การศึกษาหาคาบการโคจรของดวงจันทร์ไอโอรอบดาวพฤหัสบดีด้วยเทคนิคการหาระยะเชิงมุม สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้และช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก คุณครู วัชรพร ฉลาด และ อ.ดร.สุวิชา วรรณวิเชียร ที่ให้คำแนะนำ ปรีกษา แนวทางการทดลองตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้โครงการหัวข้อนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับทำโครงการ

เอกสารอ้างอิง

Jupiter , <http://en.wikipedia.org/wiki/Jupiter>

IO , http://en.wikipedia.org/wiki/Io_%28moon%29

ข้อมูลเส้นทางเดินของดาวพฤหัสบดีและตำแหน่งดวงจันทร์ ,

<http://www.calsky.com/cs.cgi/Calendar?obs=32975972684016>

ความสัมพันธ์ระหว่างการวางตัวของปราสาทขอมกับเส้นทางเดินของดวงอาทิตย์

The alignment of Khmer temples related to the solar path.

อมลณัฐ หนูพันธ์ และชูศักดิ์ เสนายอด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

kapmoyak@gmail.com, chusk.beros@outlook.com

บทคัดย่อ

ปราสาทขอมถูกสร้างขึ้นตามความเชื่อของศาสนาฮินดูที่ว่า เขาพระสุเมรุคือศูนย์กลางของจักรวาล ซึ่งล้อมรอบด้วยนทีสี่ทิศและวงแหวนทวีป โดยมีดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดวงดาวทั้งหลายโคจรล้อมรอบ ในระบบโลกเป็นศูนย์กลาง (Geocentric system) โดยสมมติให้ศูนย์กลางของกลุ่มปราสาทเป็นแบบจำลองของเขาสุเมรุ ถูกล้อมรอบด้วยพื้นราบหรือบาราย (สระน้ำ) ซึ่งเป็นแบบจำลองของนทีสี่ทิศ และกำแพงปราสาทรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากซึ่งเป็นแบบจำลองของวงแหวนทวีป ล้อมรอบอยู่หลายชั้น เนื่องจากปราสาทขอมส่วนใหญ่ถูกสร้างขึ้นเพื่อบูชาดวงอาทิตย์ ดังนั้นวิศวกรจึงสร้างปราสาทให้วางตัวในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก โดยพิจารณาจากตำแหน่งขึ้น-ตกของดวงอาทิตย์ในวันอิควิน็อกซ์ อย่างไรก็ตามแกนของโลกส่าย (Precession) หนึ่งรอบใช้เวลา ๒๖,๐๐๐ ปี ตำแหน่งของจุดขั้วฟ้าเหนือและเส้นศูนย์สูตรฟ้าในยุคที่สร้างปราสาทกับในยุคปัจจุบันจึงไม่ตรงกัน หากเราทราบค่ามุมที่เบี่ยงเบนไป เราจะสามารถคำนวณหาอายุของปราสาทได้ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการวัดมุมการวางตัวของปราสาทบันทายฉมาร์ ในจังหวัดบันเตียเมียนเจย ประเทศกัมพูชา พบว่าปราสาทวางตัวทำมุม -๔ องศา กับแนวเส้นศูนย์สูตรฟ้า เมื่อแทนค่ามุมลงในซอฟต์แวร์ Starry Night Pro พบว่าปราสาทถูกสร้างขึ้นเมื่อ ๘๐๐ ปีที่แล้ว ใกล้เคียงกับที่หลักฐานทางโบราณคดีที่บ่งชี้ว่า ปราสาทบันทายฉมาร์ถูกสร้างขึ้นโดยพระเจ้าชัยวรมันที่ ๗ ซึ่งครองราชย์ในช่วงปี พ.ศ. ๑๗๒๔ - ๑๗๖๒

ความเชื่อเรื่องศูนย์กลางของจักรวาล

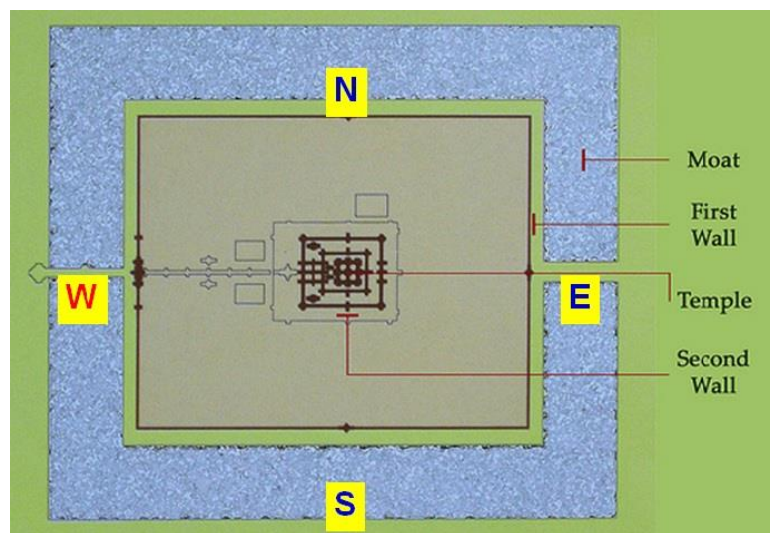
ชาวขอมโบราณนับถือศาสนาฮินดูซึ่งมีความเชื่อในระบบโลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาล (Geocentric system) โดยมีเขาพระสุเมรุอยู่ที่ศูนย์กลางห้อมล้อมด้วยนทีสี่ทิศมหาสมุทรและเขาสวรรค์บริภัณฑ์ โดยมีดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดวงดาวทั้งหลายโคจรล้อมรอบ ดังรูปที่ ๑ จึงได้สร้างศาสนสถานที่เป็นกลุ่มปราสาทจำลองแบบของเขาพระสุเมรุที่ถูกล้อมรอบด้วยพื้นราบและบาราย (สระน้ำ) ซึ่งเป็นแบบจำลองของนทีสี่ทิศและกำแพงปราสาทรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากซึ่งเป็นแบบจำลองของวงแหวนทวีป ล้อมรอบอยู่หลายชั้น



ภาพที่ ๑ แบบจำลองของเขาดวงจันทร์

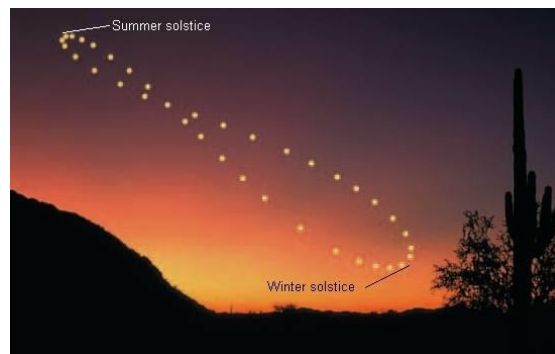
ทิศทางการวางตัวของปราสาท

ชาวขอมโบราณนับถือกษัตริย์ว่าเป็นสมมติเทพที่อวตารลงมาเกิดในร่างของมนุษย์ เมื่อสวรรคตจะกลับคืนสู่สวรรค์ ขณะที่มีชีวิตอยู่พระองค์จึงสร้างปราสาทเพื่อบูชาเทพเจ้าและเป็นสุสานในการส่งวิญญาณของพระองค์เอง ในบรรดาเทพวัตถุทั้งหมด ดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อมนุษย์มากที่สุด เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดของแสงสว่างและความอบอุ่นอันนำมาซึ่งความสมบูรณ์ของชีวิตและพืชพรรณธัญญาหาร ดังนั้นกษัตริย์จึงให้ความสำคัญต่อดวงอาทิตย์ กษัตริย์ขอมบางพระองค์จึงตั้งชื่อเพื่อแสดงความสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ เช่น พระเจ้าสุริย-ชัยวรมันต์ที่ ๒ ผู้สร้างปราสาทนครวัด โดยปราสาทดังกล่าวจะหันหน้าไปทางทิศตะวันตก ตามแผนผังในภาพที่ ๒ โดยเชื่อว่าพระองค์สวรรคตแล้ว จะเสด็จตามดวงอาทิตย์กลับสู่สวรรค์



ภาพที่ ๒ ผังปราสาทนครวัด

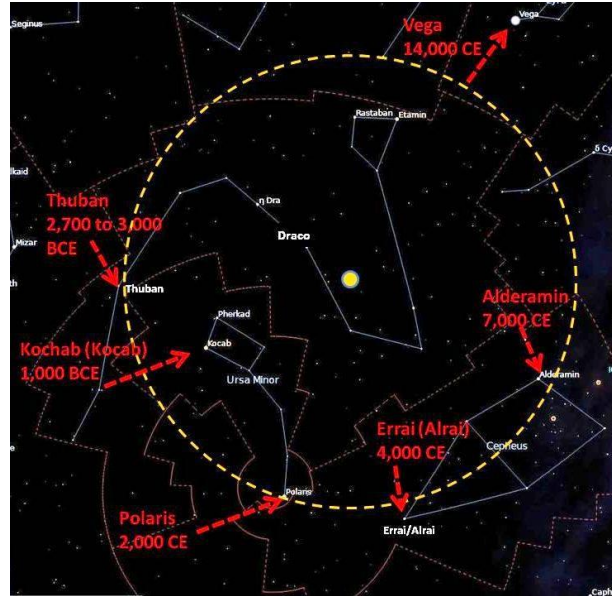
เนื่องจากปราสาทขอมส่วนใหญ่ถูกสร้างขึ้นเพื่อบูชาดวงอาทิตย์ วิศวกรจึงสร้างปราสาทให้วางตัวในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก อย่างไรก็ตามการหาแนวทิศตะวันออก-ตะวันตกในยุคโบราณไม่ใช่เรื่องง่าย เพราะแกนของโลกเอียงทำมุม ๒๓.๕ องศา ขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในรอบปีเปลี่ยนแปลงไป อยู่ระหว่าง ๒๓ องศาเหนือกับ ๒๓ องศาใต้ (Summer Solstice และ Winter Solstice) ดังนั้น วิศวกรจึงกำหนดตำแหน่งทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก โดยการวัดตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันอิควิน็อกซ์ (Equinox) เท่านั้น



ภาพที่ ๓ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในรอบปี

แกนโลกส่าย

แนวทิศตะวันออก-ตะวันตกตั้งฉากกับแนวทิศเหนือ-ใต้ ดังนั้นหากเราทราบตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันอิควิน็อกซ์ เราจะสามารถระบุตำแหน่งของขั้วฟ้าเหนือ (North Celestial Pole) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แกนเหนือของโลกชี้ขึ้นไปในอวกาศได้ โดยปัจจุบันตำแหน่งขั้วฟ้าเหนืออยู่ห่างจากดาวเหนือ (Polaris) ประมาณ ๑ องศา อย่างไรก็ตามแกนหมุนของโลกส่าย (Precession) ในอัตรา ๒๖,๐๐๐ ปี ต่อรอบ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของขั้วฟ้าเหนือ ดาวเหนือในอดีตและในปัจจุบันจึงอาจไม่ใช่ดาวดวงเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น เมื่อสี่พันกว่าปีมาแล้ว แกนเหนือของโลกชี้ไปยังตำแหน่งของดาว Thuban ซึ่งเป็นดาวเหนือของชาวอียิปต์โบราณในยุคนั้น

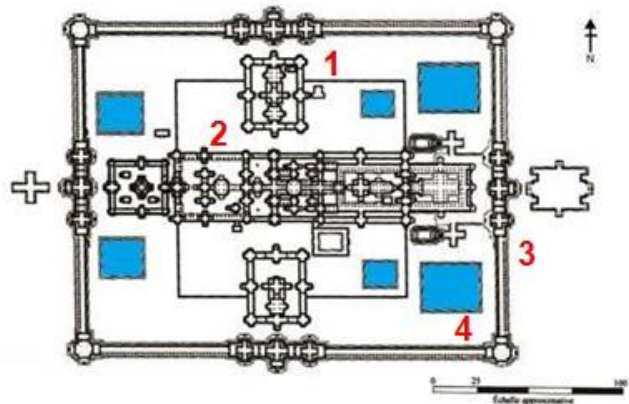


ภาพที่ ๔ ตำแหน่งของขั้วฟ้าเหนือและดาวเหนือในอดีต

การหาอายุของปราสาทด้วยวิธีทางดาราศาสตร์

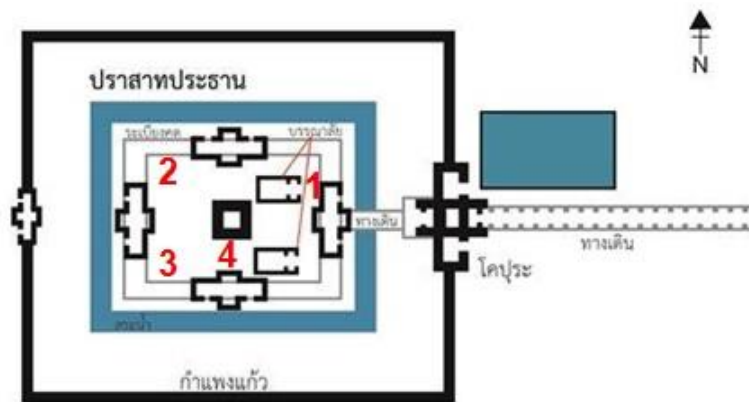
การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาทิศทางการวางตัวของปราสาท ๒ แห่ง คือ ปราสาทบันทายฉมาร์ จังหวัดบันเตียเมียนเจย ประเทศกัมพูชา และปราสาทสติกก้อกรม จังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย โดยตั้งสมมติฐานว่าวิศวกรต้องการสร้างปราสาทให้วางตัวตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก ตรงตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันอิควิน็อกซ์ของยุคนั้น ดังนั้นถ้าเราทราบค่ามุมทิศเหนือของปราสาทว่าเบี่ยงเบนไปจากทิศเหนือในปัจจุบันเท่าไร ก็จะสามารถคำนวณย้อนกลับหาอายุของปราสาทได้ โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

๑. ตรวจวัดมุมของปราสาทบันทายฉมาร์ จำนวน ๔ จุด ตามแผนผังในภาพที่ ๕ ได้ค่ามุมทิศเหนือของปราสาท ๓๕๕° , ๓๕๗° , ๓๕๗° , ๓๕๖° ตามลำดับ เฉลี่ยเป็นมุม ๓๕๖.๒๕°



ภาพที่ ๕ แผนผังแสดงจุดเก็บข้อมูลในปราสาทบันทายฉมาร์

๒. ตรวจวัดมุมของปราสาทสติก๊กอกรม จำนวน ๔ จุด ตามแผนผังในภาพที่ ๖ ได้ค่ามุมทิศเหนือของปราสาท ๓๕๕° , ๓๖๐° , ๒๕๕° , ๑° ตามลำดับ เกลี่ยเป็นมุม ๒๕๕.๗๕°



ภาพที่ ๖ แผนผังแสดงจุดเก็บข้อมูลในปราสาทสติก๊กอกรม

๓. นำค่ามุมที่ได้จากการตรวจวัดปราสาทบันทายฉมาร์ไปแทนค่าในโปรแกรม Starry Night Pro พบว่าค่ามุมทิศเหนือปราสาทเบียงเบนไปจากปัจจุบัน ๔° แสดงว่าปราสาทถูกสร้างขึ้นเมื่อประมาณ ๘๐๐ ปีที่แล้ว ซึ่งตรงกับหลักฐานทางโบราณคดีที่บ่งชี้ว่า ปราสาทบันทายฉมาร์ถูกสร้างขึ้นโดยพระเจ้าชัยวรมันที่ ๗ ซึ่งครองราชย์ในช่วงปี พ.ศ. ๑๗๒๔ - ๑๗๖๒

๔. นำค่ามุมที่ได้จากการตรวจวัดปราสาทสติก๊กอกรม ไปแทนค่าในโปรแกรม Starry Night Pro พบว่าค่ามุมทิศเหนือปราสาทมีค่า ๒๕๕.๗๕° ใกล้เคียงกับทิศเหนือในปัจจุบัน สันนิษฐานว่าที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากโครงสร้างปราสาทเดิมพังหมดแล้ว แต่กรมศิลปากรได้ทำการบูรณะโดยประกอบปราสาทขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. ๒๕๓๘ - ๒๕๕๐

บทสรุป

การศึกษาทิศทางการวางตัวของปราสาทบันทายฉมาร์ จังหวัดบันเตียเมียนเจย ประเทศกัมพูชา และปราสาทสติก๊กอกรม จังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย โดยใช้สมมติฐานว่าวิศวกรต้องการสร้างปราสาทให้วางตัวตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก ให้ตรงตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันอิควิน็อกซ์ของยุคนั้น พบว่าค่ามุมทิศเหนือของปราสาทบันทายฉมาร์เบียงเบนไปจากทิศเหนือในปัจจุบัน ๔° แสดงว่าปราสาทถูกสร้างขึ้นเมื่อประมาณ ๘๐๐ ปีที่แล้ว ตรงกับหลักฐานทางโบราณคดีที่บ่งชี้ว่า ปราสาทบันทายฉมาร์ถูกสร้างขึ้นโดยพระเจ้า

ชัยวัฒน์ที่ ๗ ซึ่งครองราชย์ในช่วงปี พ.ศ. ๑๗๒๔ - ๑๗๖๒ ส่วนคำมุกทิศเหนือปราสาทศักดิ์ก้อกกรมมีค่า
ใกล้เคียงกับปัจจุบัน สันนิษฐานว่าที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากโครงสร้างปราสาทเดิมพังหมดแล้ว แต่กรมศิลปากรได้
ทำการบูรณะโดยประกอบปราสาทขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. ๒๕๓๘ - ๒๕๕๐

Emission Line Identification of 66 Oph

Kanpatom Kasonsuwan¹, Hasan Al Banna², Rukman Nugraha², Luthfiandari³ and Apurba Pandey⁴

¹Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok Thailand 65000

²Institut Teknologi Bandung, Bandung Indonesia 40132

³Indonesia University of Education, Bandung Indonesia 40154

⁴National Association of Nanotechnology and Ultra-science, Nepal 21267

*Corresponding Author: ISYA2013

Abstract

In this paper we analyzed identification spectra of 66 Oph using spectroscopy technique. The observation was done in the clear night sky of 4th September 2013 at National Institute of Public Administration, Jatinangor, West Java, Indonesia (S 06° 54', E 107° 45'). We detected H- α absorption line, $\lambda = 6567.5 \pm 7.9 \text{ \AA}$ in the spectra of 66 Oph which is typically seen in normal B-type star. H α emission profile cannot be seen during our observation, suggesting that 66 Oph is in a Be-shell star status instead of an active Be star status.

Introduction

Be star is a non-supergiant B star which showed emission in one Balmer line (H- α) at least once (Jascheck and Egret, 1982). One example of this type star is 66 Oph, which its emission profile was first identified by Meril and Burewll in 1933. It has spectral type B2Ve (Lesh, 1968), which e here means emission, and 4.64 magnitude in V-band (Kozok,1985). This star also has projected rotational velocity ($V \sin i$) $280 \pm 15 \text{ km/s}$ (Floquet et al., 2002).

Floquet et al., (2002) argue that 66 Oph has long-term variability in H- α emission. They also predicted that H α would disappear in the near future from 2002. Miroshnichenko et al., (2011) predicted that after H α emission of 66 Oph disappeared in 2010, it will return in a few years. Martin (2013) report that 66 Oph is on the verge of resuming an active Be status.

Method

Spectroscopy Observation of 66 Oph

We observed 66 Oph by using DSS-7 spectograph + CCD ST-7 attached on Celestron C-8 (F/10). DSS-7 spectograph has Wavelength range 4000 – 8000 \AA , Grating : 300 grooves/mm blazed at 550 nm fixed position,

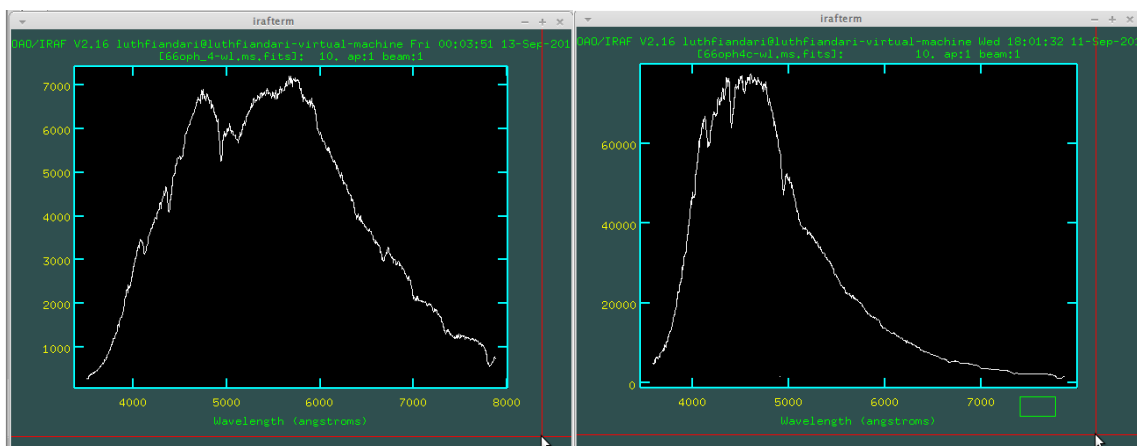
f/D input : 10.0, and Slit Widths : 50, 100, 200 and 400 microns. When combined with CCF ST-7, it has linear dispersion : $5.4 \text{ \AA} / \text{pixel}$, resolution : 400, and wavelength coverage : 4139 \AA . In our project, we use 50 slit width. We also use Phillips Geniewarm as calibrating spectrum. Observation was done in the clear night sky of 4th September 2013 at National Institute of Public Administration, Jatinangor, West Java, Indonesia (S $06^{\circ} 54'$, E $107^{\circ} 45'$).

In observation, we used Vega and Antares to calibrate telescope pointing and tracking. Telescope was pointed to Rasalhague first before pointed to 66 Oph. After compared with star chart, we was convinced that the star we observed was 66 Oph.

In process, we took Bias 1x, 66 Oph with exposure time 10 second 5 x, Dark for target star with exposure time 10 second 5x, and Comparison lamp with exposure time 5 second. Unfortunately we did not take dark for comparison lamp. Flat was taken by other group and then they shared to us.

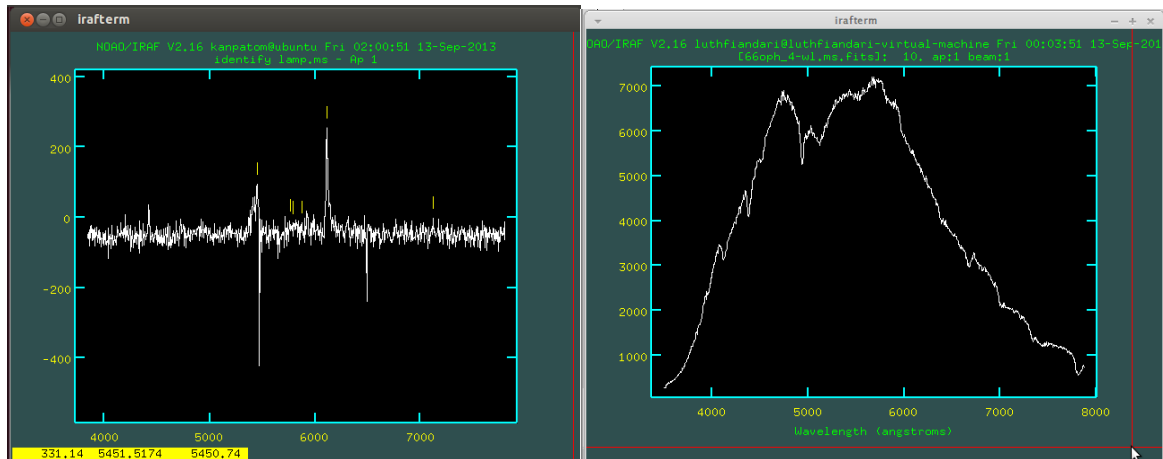
Data Analysis

Data were analysed by using IRAF. In preprocessing data step, after the target star image corrected to flat image, we got no H- α profile on 66 Oph spectrum. So that, we decided to not use the flat image in our data analysis. We only use Dark and Bias image in preprocessing step. Below are two spectrum of 66 Oph that uncorrected and corrected with flat image.



Picture 1. Spectrum of 66 Oph that uncorrected (left) and corrected (right) with flat image

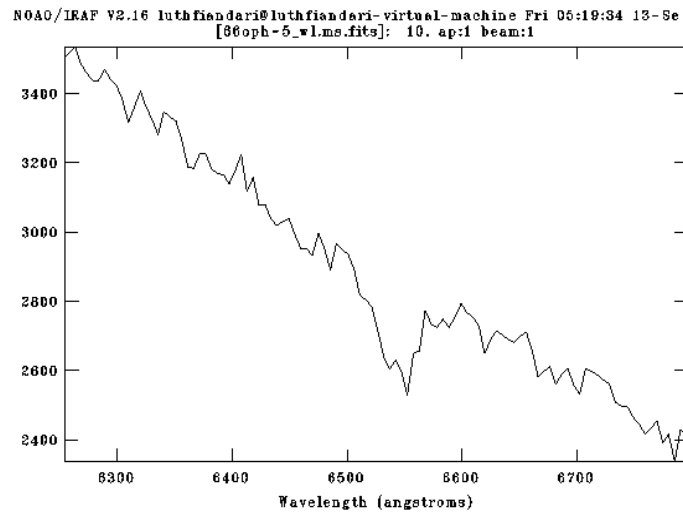
In order to calibrate the wavelength and identify the location of emission profile, spectrum of 66 Oph were corrected to comparison lamp spectrum. We identified the lines in lamp-line spectrum, especially wavelength at peak of the lamp (Phillips Geniewarm). Its spectrum can be seen below in Picture 2 (left). Spectrum 66 Oph after calibrated to this lamp spectrum can be seen below in Picture 2 (right).



Picture 2. Comparison Lamp spectrum (left) Spectrum 66 Oph after calibrated to comparison lamp spectrum (right)

Result and discussion

To identify H- α profile, we zoomed 66 Oph spectrum around 6500 Å. As we can see in Picture 3, there is an H- α absorption line. The next step was finding the center of H- α profile and in this step we used Lorentzian method. After averaging the center in every image, we got the center wavelength of H- α was 6567.5 ± 7.9 Å.



Picture 3. H- α profile of 66 Oph spectrum.

The last step was finding emission sign of H- α profile. Unfortunately we can't identify emission profile of 66 Oph in H- α . We expect that it is because we did not use flux calibration in our project.

Conclusion

We can identify H- α profile from 66 Oph spectrum at $6567.5 \pm 7.9 \text{ \AA}$. H- α emission profile cannot be seen during our observation. According to Martin (2013) that 66 Oph is on the verge of resuming an active Be status. Suggesting that 66 Oph is in a Be-shell star status instead of an active Be star status.

Acknowledgment

1. Mrs. Retno Dyah Hapsari , Our Mentorwho help us in this project
2. 35th International School for Young Astronomers (ISYA2013)
3. Dr. Amornrat Aungwerojwit for more information

References

1. Floquet, M., Neiner, C., Janot-Pacheco, E., Hubert, A. M., et al., 2002, A&A, 394, 137
2. Jascheck, M. & Egret, D. A Catalogue of Be-Stars, in Jascheck, M., & Groth, H.-G., eds. 1982, IAU Symp. 98, Be Stars, (Dordrecht: Reidel)
3. Kozok, J.R. 1985, A&AS, 61, 387.
4. Lesh, J.R. 1968, ApJS, 17, 371.
5. Martin, J., 2013, JAVSO, 41, 151.
6. Miroshnichenko, A.S., Zharikov, S.V., Fabregat, J., Reichart, D.E., et al., 2011, Be Star Newsl., 40, 42.

การทดลองเพื่อพิสูจน์และเปรียบเทียบหลักการอากาศพลศาสตร์ของจรวด
ในสภาวะใกล้เคียงอวกาศเทียบกับสภาวะปกติบนพื้นโลก
(Experiments to measure the Aerodynamics
in the near-space conditions compare to normal ground conditions.)

นายตะวัน ถิ่นถาวรกุล

Email: tawandawei@hotmail.com

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นายอภิมุข เจนวิถีสุข

Email: apimuk.j@gmail.com

โครงการ Twinning Engineering Program คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

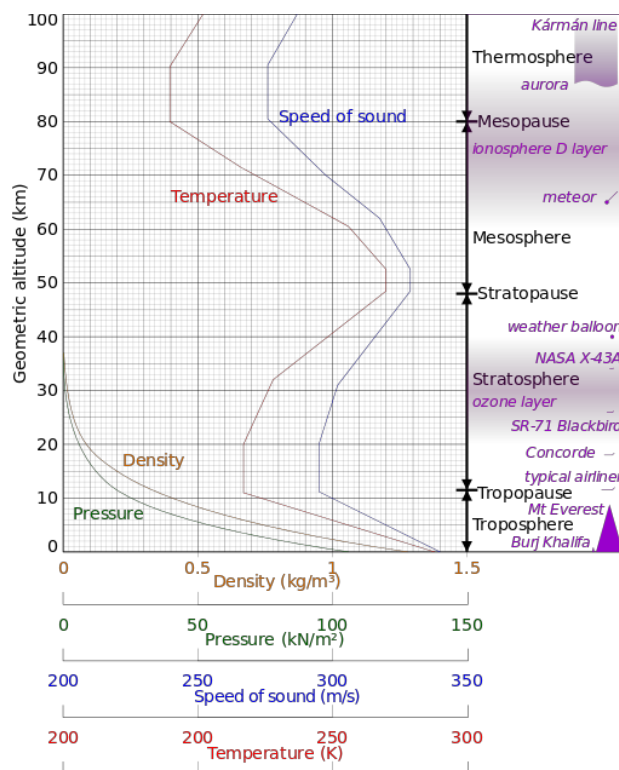
โครงการนี้เป็นการทดลองเพื่อพิสูจน์และเปรียบเทียบหลักการด้านอากาศพลศาสตร์ของจรวดที่เคลื่อนที่ในสภาวะใกล้เคียงอวกาศเทียบกับสภาวะปกติบนพื้นโลก ดำเนินการภายใต้การแข่งขันในโครงการ THASA Contest 2014 จัดโดย สทอภ. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยโครงการนี้เกิดขึ้นมาจากแนวคิดของจรวดที่เป็นหนึ่งในพาหนะนำพา/นำส่งอุปกรณ์การทดลองและอุปกรณ์สารสนเทศด้านดาราศาสตร์และอวกาศขึ้นสู่อวกาศ สำหรับการส่งจรวดขึ้นสู่อวกาศจากภาคพื้นดินต้องเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความหนาแน่นของอากาศอยู่ ส่งผลให้ต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นในการขับเคลื่อนจรวดให้ไปถึงที่หมาย โครงการนี้จึงมีความสนใจที่จะเสนอและพิสูจน์แนวคิดทางอากาศพลศาสตร์ของการปล่อยจรวดบนบอลลูนใกล้อวกาศ ภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศต่ำกว่าบนพื้นโลกใกล้เคียงสุญญากาศ โดยมีสมมุติฐานว่า จรวดสามารถเคลื่อนที่ไปได้สูงมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบจากการปล่อยบนพื้นโลก อันเนื่องมาจากแรงต้านอากาศที่น้อยกว่า ในโครงการนี้ได้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 ศึกษาและวิเคราะห์สภาวะการปล่อยด้วย Free body diagram การเคลื่อนที่ของจรวดในแนวตั้ง และคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab ชั้นที่ 2 คัดเลือก ออกแบบ และประดิษฐ์อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทดลองในโครงการ ประกอบไปด้วย 2.1.การคัดเลือกจรวด ได้พิจารณาความเหมาะสมจากมวล ขนาด และ รูปทรงจรวดให้มีความเสถียรต่อการเคลื่อนที่บนพื้นโลก จรวดในงานวิจัยนี้ได้ขับเคลื่อนด้วยเชื้อเพลิงแข็ง 2.2.การออกแบบฐานปล่อยบอลลูน ได้พิจารณาจากหลักการเชิงสมดุลของการเคลื่อนที่ของบอลลูนในบรรยากาศสูงมาร่วมการออกแบบให้มีความเสถียรในสภาวะบรรยากาศสูง รวมทั้งการคัดเลือกวัสดุที่เบาและเหมาะสมต่อการใช้งานในสภาวะบรรยากาศสูง 2.3.คัดเลือกและทดสอบตัวจรวดระเบิด ตัวจรวดระเบิดในโครงการนี้ได้เลือกใช้ชนิดจรวดระเบิดด้วยไฟฟ้า โดยวิเคราะห์ถึงกำลังไฟฟ้าที่สามารถจุดติดเชื้อเพลิงแข็งได้ทั้งสภาวะบนพื้นโลกและใกล้อวกาศ 2.4.คัดเลือกอุปกรณ์เก็บข้อมูล อุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ใช้ในโครงการนี้สามารถวัดความสูงและบันทึกพิกัด GPS ได้และส่งข้อมูลด้วยสัญญาณวิทยุแบบตลอดเวลา (Real time) ผู้รับสัญญาณภาคพื้นดิน โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะนำติดตั้งกับบอลลูนของโครงการฯ โดยจำกัดมวลทั้งหมดไม่เกิน 1 กก ตามเงื่อนไขของบอลลูนในการแข่งขัน ชั้นที่ 3 ทดลองวัดความสูงที่จรวดทำได้และเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ในสองสภาวะ 1.ปล่อยจากบนพื้นโลก 2.ปล่อยจากฐานบนบอลลูนที่ความสูง 30 กม เหนือระดับน้ำทะเล โดยทำการวัดผลความสูงในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อเป็นการลดตัวแปรความคลาดเคลื่อนของการเปลี่ยนสภาวะอากาศโลกในแต่ละช่วงเวลา สำหรับผลการดำเนินการ พบว่า ในภาคการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีนั้น จรวดที่ปล่อยจากฐานปล่อยบนบอลลูนใกล้อวกาศ สามารถขึ้นไปได้สูงกว่าการปล่อยจากพื้นโลกเมื่อเทียบ

ความสูงที่ได้จากจุดปล่อย สำหรับการดำเนินการต่อไปนั้น จะเป็นการทดสอบยิงจริงเพื่อเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของจรวด และนำมาวิเคราะห์ต่อไป คาดการณ์ว่าจะให้ผลสอดคล้องกับการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีและได้ข้อมูลลักษณะการเคลื่อนที่ที่อยู่นอกเหนือจากการวิเคราะห์ภาคทฤษฎี อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาลักษณะการบินของจรวดภายใต้สภาวะใกล้อวกาศและต่อการพัฒนาโครงการนี้ ให้สามารถใช้งานได้จริงต่อไป

คำสำคัญ: อากาศพลศาสตร์ของจรวด บอลลูนใกล้อวกาศ(บอลลูนบรรยากาศสูง) สภาวะบรรยากาศสูง

บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาโครงการด้านอวกาศต่างๆ ได้แพร่หลายไปในหลายภาคส่วน เช่น ดาวเทียม อุปกรณ์การวิจัยด้านดาราศาสตร์และอวกาศ หุ่นยนต์ปฏิบัติการในอวกาศ ฯลฯ การขนส่งวัตถุขึ้นสู่อวกาศจึงมีความจำเป็นมากขึ้นตามกระแสการเติบโตด้านอวกาศ การขนส่งอุปกรณ์ขึ้นสู่อวกาศมีหลากหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นใช้เครื่องบิน จรวด บอลลูนหรือรูปแบบอื่นๆ แนวโน้มการเติบโตของระบบขนส่งด้านอวกาศในปัจจุบันมีการมุ่งเน้นไปที่ความประหยัดและความคุ้มค่า โดยทั่วไปจรวดมีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นพาหนะนำส่งอุปกรณ์ขึ้นสู่อวกาศและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมาตั้งแต่อุตสาหกรรมด้านอวกาศเริ่มกำเนิดขึ้น สำหรับการส่งจรวดขึ้นสู่อวกาศจากภาคพื้นดินต้องเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความหนาแน่นของอากาศอยู่ (ดังแสดงในรูป 1) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากในช่วงที่เคลื่อนที่ขึ้นจากพื้นโลก



รูป 1 กราฟแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศในแต่ละช่วงความสูง (1962 US Standard Atmosphere)

หนึ่งในแนวคิดของการประหยัดเชื้อเพลิงสำหรับขนส่งอุปกรณ์ขึ้นสู่อวกาศ คือการปล่อยจรวดจากชั้นบรรยากาศสูง ที่ความสูงประมาณ 20-40 กิโลเมตรจากระดับน้ำทะเล (ดังแสดงในรูป 1) โดยมีสภาวะใกล้เคียงกับอวกาศ การขนส่งจรวดขึ้นไปปล่อยที่ชั้นบรรยากาศสูงในปัจจุบันได้ใช้เครื่องบินบรรทุกขึ้นไป (ดังแสดงในรูป 2) แนวคิดนี้เครื่องบินได้ใช้แรงยกของอากาศจากปีกเครื่องบินพาให้บินขึ้นไปที่สูงมากได้ จึงเป็นการประหยัดพลังงานไปได้หลายส่วนหาก

เทียบกับการปล่อยจรวดจากภาคพื้น เทคนิคนี้ได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่งทางอวกาศ เช่น “จรวด Pegasus” เป็นการใช้เครื่องบินบรรทุกจรวดนำส่งดาวเทียมขึ้นสู่ความสูงประมาณ 25 กิโลเมตร จากนั้นทำการยิงจรวดนำส่งดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรต่อไป นอกจากนี้ยังมีโครงการใหม่ด้านอวกาศ “XCOR Lynx” เป็นการใช้อากาศยานมีปีกสำหรับขนส่งมนุษย์และอุปกรณ์ต่างๆ ขึ้นสู่อวกาศที่ความสูงประมาณ 100 กิโลเมตร และโครงการอื่นๆ อีกมากมาย จากโครงการต่างๆ ที่เริ่มก่อตั้งขึ้นนั้น จะเห็นได้ว่าแนวคิดนี้กำลังเป็นประเด็นที่สำคัญมากต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการขนส่งด้านอวกาศ

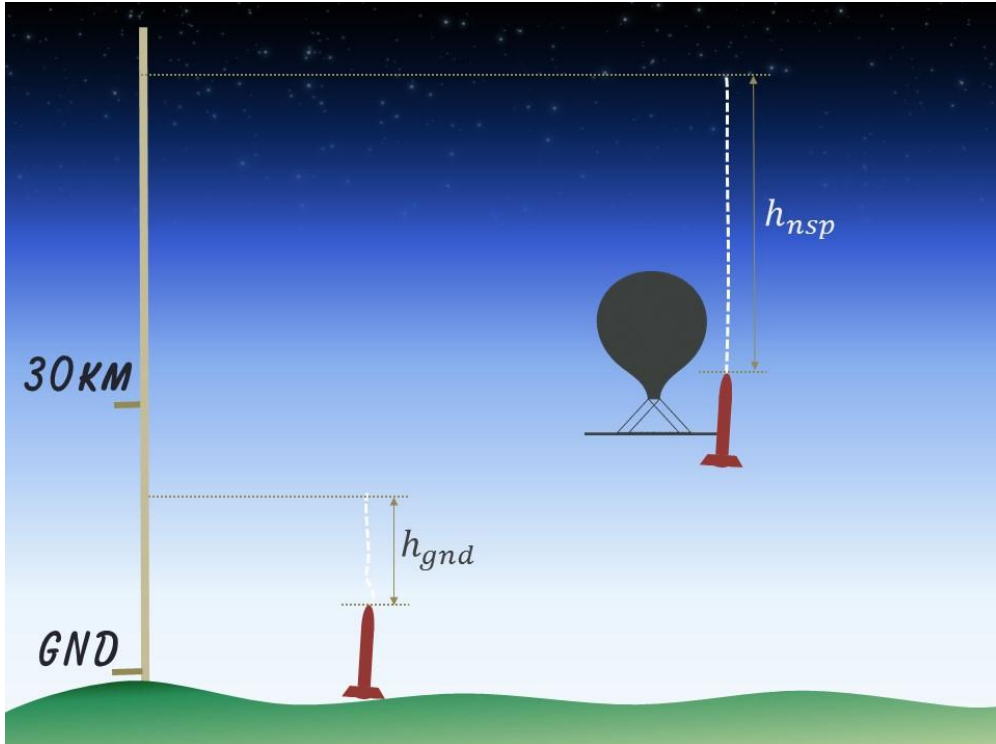


รูป 2 การยิงจรวดอวกาศจากเครื่องบินทางทหารที่ขึ้นบรรยากาศสูงจากภาคพื้นดิน 25 กิโลเมตร

สำหรับโครงการเรื่องนี้เป็นการศึกษาวิจัยและเสนอแนวคิดการปล่อยจรวดนำส่งอุปกรณ์สารสนเทศด้านดาราศาสตร์และอวกาศขนาดเล็กขึ้นสู่อวกาศโดยใช้บอลลูนบรรยากาศสูง โครงการนี้เริ่มดำเนินการภายใต้การแข่งขันในโครงการ THASA Contest 2014 จัดโดย สทอภ. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยทางโครงการฯ ได้สนับสนุนบอลลูนบรรยากาศสูงสำหรับทดลองและวิจัยในช่วงการแข่งขัน สำหรับบอลลูนบรรยากาศสูงนั้นเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับขนส่งจรวดบรรทุกสัมภาระขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศสูงได้ในต้นทุนต่ำ ทางคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจเริ่มต้นการวิจัยแนวคิดทางอากาศพลศาสตร์ของการยิงจรวดภายใต้สภาวะใกล้อวกาศจากบอลลูนใกล้อวกาศเทียบกับสภาวะบนโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเก็บข้อมูลเชิงการเคลื่อนที่ของจรวดสำหรับใช้เป็นกรณีศึกษาเริ่มต้นและวิเคราะห์ทิศทางสำหรับการพัฒนาต่อยอดแนวคิดโครงการส่งจรวดขึ้นสู่อวกาศจากฐานปล่อยบนบอลลูนบรรยากาศสูง โดยมีสมมุติฐานว่าจรวดสามารถเคลื่อนที่ไปได้สูงมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบจากการปล่อยบนพื้นโลก อันเนื่องมาจากแรงต้านอากาศที่น้อยกว่า การดำเนินการโครงการนี้มุ่งสู่การเป็นจุดเริ่มต้นของโครงการพัฒนาระบบขนส่งจรวดขึ้นสู่อวกาศในงบประมาณต่ำต่อไปในอนาคตอันใกล้

วิธีการศึกษา

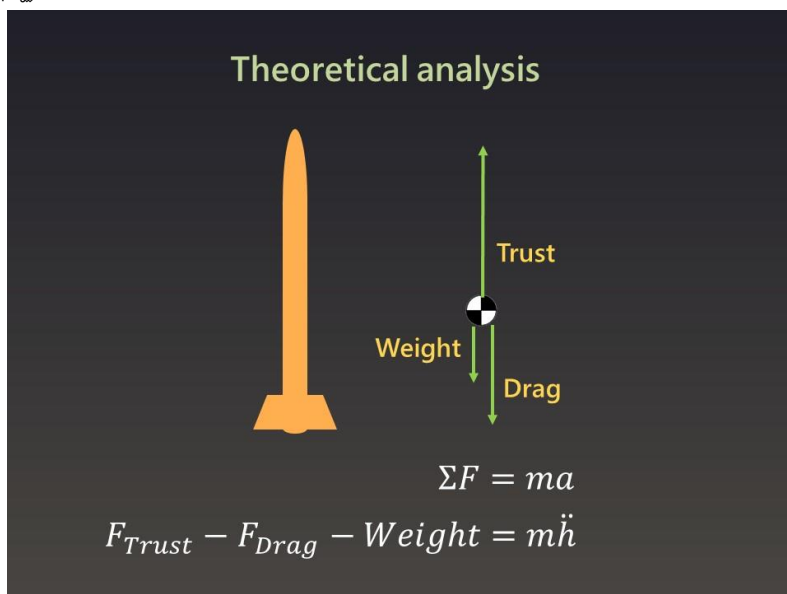
สำหรับโครงการนี้จะทำการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของจรวดในสองสภาวะ ได้แก่ สภาวะบนพื้นโลก และ สภาวะบนบอลลูนใกล้อวกาศตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ดังแสดงในรูป 3 และได้แบ่งการดำเนินการออกเป็นสาม ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้



รูป 3 แสดงการทดลองยิงจรวดจากบนพื้นโลกเทียบกับบนบอลลูนที่ความสูง 30 กิโลเมตร

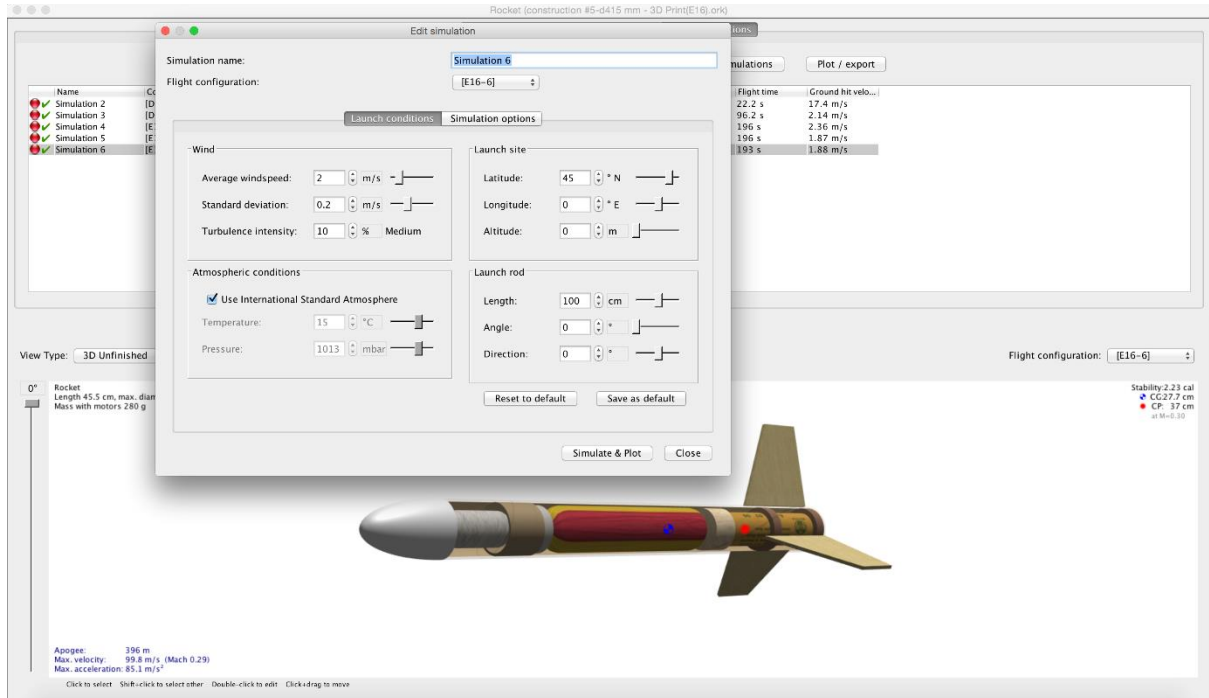
ขั้นที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนที่ของจรวดในสภาวะใกล้เคียงอวกาศเทียบกับสภาวะบนพื้นโลก

ในส่วนแรกเป็นการใช้ Free body diagram วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของจรวดในแนวแกนตั้ง ดังแสดงในรูป 4 เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานและหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องอย่างง่ายของการเคลื่อนที่ของจรวดในสองสภาวะที่ต่างกัน



รูป 4 แสดง Free body diagram การเคลื่อนที่ของจรวดอย่างง่ายในแนวแกนตั้ง

นอกจากนี้ ได้ใช้การ Simulation การบินของจรวดด้วยโปรแกรม OpenRocket ดังแสดงในรูป 5 เข้ามาวิเคราะห์หาความสูงและลักษณะการบินที่จรวดทำได้ในสองสภาวะที่ต่างกันได้ด้วย เพื่อใช้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของแนวคิดในเชิงทฤษฎี รวมถึงแนวโน้มของการเคลื่อนที่จรวดในมุมมองที่ละเอียดมากกว่าการวิเคราะห์อย่างง่ายด้วย Free body diagram แนวแกนตั้ง



รูป 5 แสดงการตั้งค่าการ Simulation สภาวะต่างๆ ของการเคลื่อนที่ของจรวดด้วยโปรแกรม OpenRocket

ขั้นที่ 2 คัดเลือก ออกแบบ และประดิษฐ์อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทดลองในโครงการ ประกอบไปด้วย

- 2.1 การคัดเลือกจรวด ได้พิจารณาความเหมาะสมจากมวล ขนาด และ รูปทรงจรวดให้มีความเสถียรต่อการเคลื่อนที่บนพื้นโลก โดยใช้การอ้างอิงการออกแบบจรวดจากตำราการออกแบบจรวดร่วมกับการใช้โปรแกรม OpenRocket และมีการคัดเลือกเชื้อเพลิงจรวดให้มีความเหมาะสมต่อการทดลองในโครงการนี้
- 2.2 การออกแบบฐานปล่อยบอลลู่น ได้พิจารณาจากหลักการเชิงสมดุลของการเคลื่อนที่ของบอลลู่นในบรรยากาศสูงมาร่วมการออกแบบให้มีความเสถียรในสภาวะบรรยากาศสูง รวมทั้งการคัดเลือกวัสดุที่เบา และเหมาะสมต่อการใช้งานในสภาวะบรรยากาศสูง
- 2.3 เตรียมและทดสอบตัวจุดระเบิด ตัวจุดระเบิดในโครงการนี้ได้เลือกใช้ชนิดจุดระเบิดด้วยไฟฟ้า โดยจะทำการเลือกค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถจุดติดเชื้อเพลิงแข็งได้ทั้งสภาวะบนพื้นโลกและใกล้อวกาศ
- 2.4 เตรียมอุปกรณ์เก็บข้อมูล อุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ใช้ในโครงการนี้สามารถวัดความสูงและบันทึกพิกัด GPS ได้ และส่งข้อมูลด้วยสัญญาณวิทยุแบบตลอดเวลา (Real time) สู่ตัวรับสัญญาณภาคพื้นดิน โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะนำติดตั้งกับบอลลู่นของโครงการฯ โดยจำกัดมวลทั้งหมดไม่เกิน 1 กก ตามเงื่อนไขของบอลลู่นในการแข่งขัน

ขั้นที่ 3 ทดลองวัดความสูงที่จรวดทำได้และเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ในสองสภาวะ

1. ปล่อยจากบนพื้นโลก
2. ปล่อยจากฐานบนบอลลู่นที่ความสูง 30 กม เหนือระดับน้ำทะเล

การวัดผลความสูงจะทำการวัดในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นการลดตัวแปรความคลาดเคลื่อนของการเปลี่ยนสภาวะอากาศโลกในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นทำการเก็บค่าผลการทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป

ผลการศึกษา

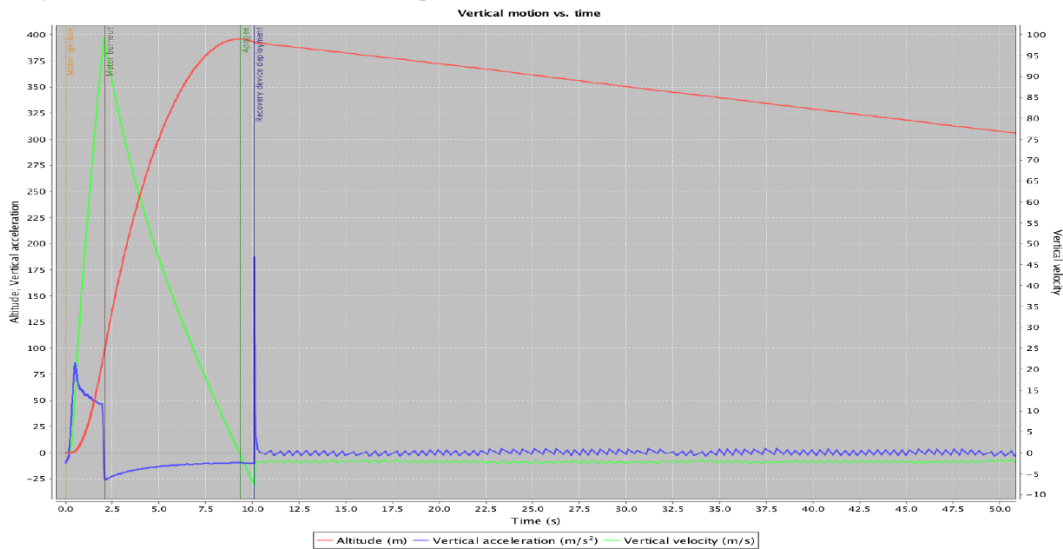
ผลการดำเนินงานขั้นที่ 1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนที่ของจรวดในสภาวะใกล้เคียงอวกาศเทียบกับสภาวะบนพื้นโลก

ในส่วนของการใช้ Free body diagram วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของจรวดในแนวแกนตั้ง ได้ชี้ให้เห็นว่ามีตัวแปรหลัก 2 ตัวแปร (ภายใต้ข้อบ่งชี้ของวัตถุประสงค์โครงการ) เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของจรวดในสภาวะที่ต่างกัน ได้แก่ ความหนาแน่นของอากาศและแรงโน้มถ่วงของโลก โดยความหนาแน่นของอากาศนั้นมีผลอย่างมากต่อการเคลื่อนที่ของจรวด สังเกตได้จากการแปรผกผันเป็นกำลังสองของแรงต้านอากาศดังแสดงในสมการที่ 1 และแรงโน้มถ่วงโลกนั้นมีผลน้อยมากต่อการเคลื่อนที่ของจรวดดังแสดงในสมการที่ 2

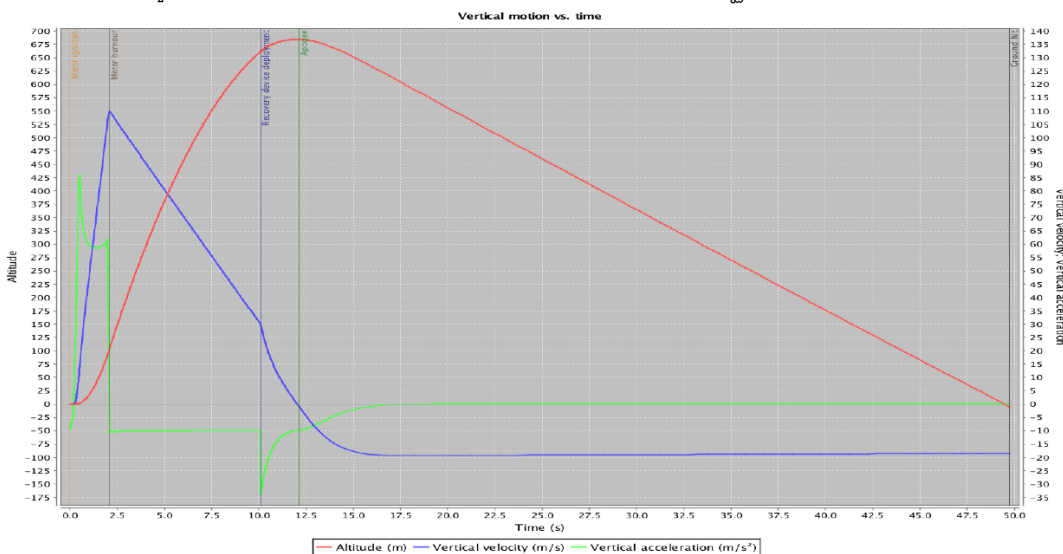
$$F_{drag} = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2 \quad \dots(1)$$

$$g_h = g_0 \left(\frac{R_{earth}}{R_{earth} + h} \right)^2 \quad \dots(2)$$

นอกจากนี้ ผลการ Simulation การบินของจรวดด้วยโปรแกรม OpenRocket นั้นเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ นั่นคือการเคลื่อนที่ของจรวดภายใต้สภาวะบรรยากาศสูงสามารถไปได้สูงกว่าการปล่อยจรวดบนภาคพื้นดินหากเทียบจากจุดปล่อยเกือบเท่าตัว ดังแสดงในกราฟรูป 6 และ 7



รูป 6 กราฟแสดงค่าทางการเคลื่อนที่ของจรวดที่ปล่อยจากฐานบนภาคพื้นดิน



รูป 7 กราฟแสดงค่าทางการเคลื่อนที่ของจรวดที่ปล่อยจากฐานบนบอลูนบรรยากาศสูงที่มีความสูง 30 กิโลเมตร

สำหรับการดำเนินงานในขั้นที่ 2 และ 3 ณ ขณะนี้ (14 ธันวาคม 2557) กำลังอยู่ในระหว่างการดำเนินงาน

สรุปผลการศึกษา

สำหรับผลการดำเนินการ พบว่า ในภาคการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีนั้น จรวดที่ปล่อยจากฐานปล่อยบนบอลลูนใกล้อวกาศ สามารถขึ้นไปได้สูงกว่าการปล่อยจากพื้นโลกเมื่อเทียบความสูงที่ได้จากจุดปล่อย เนื่องจากปัจจัยด้านแรงต้านอากาศที่เกี่ยวข้องต่อการเคลื่อนที่ของจรวดเป็นหลัก

สำหรับการดำเนินการต่อไปนั้น จะเป็นการทดสอบยิงจรวดจริงเพื่อเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของจรวดและนำมาวิเคราะห์ต่อไป คาดการณ์ว่าจะให้ผลสอดคล้องกับการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีและได้ข้อมูลลักษณะการเคลื่อนที่ที่อยู่นอกเหนือจากการวิเคราะห์ภาคทฤษฎี อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาลักษณะการบินของจรวดภายใต้สภาวะใกล้อวกาศและต่อการพัฒนาโครงการนี้ให้สามารถใช้งานได้จริงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.สวัสดิ์ ตันติพันธุ์ดี อดีตรองอธิการบดี NASA และที่ปรึกษาการบริหารจัดการการวิจัย สวทช. สำหรับการให้คำปรึกษาและแนะนำทิศทางการดำเนินการของโครงการ จนสามารถผ่านเข้ารอบโครงการ THASA และดำเนินงานต่อไป

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อรรณพ เรืองวิเศษ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มจร. สำหรับการให้คำปรึกษาด้านการดำเนินการโครงการ ตลอดจนสนับสนุนการจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับโครงการทดลองจริง

ขอขอบคุณ น.อ.สุภากร เกิดแก้ว สำหรับการสนับสนุนด้านการดำเนินการของโครงการในหลายๆ ด้าน ตลอดจนให้การสนับสนุนอุปกรณ์การประดิษฐ์จรวด

ขอขอบคุณ สทอภ.(GISTDA) ที่ได้จัดโครงการ THASA ขึ้นในปีแรก ทำให้ผู้จัดทำโครงการมีโอกาสในการพัฒนางานให้สามารถเกิดขึ้นได้จริงได้

ขอขอบคุณทีมงาน TSR สำหรับการให้การสนับสนุนด้านวงจรถอดและเก็บข้อมูลผลการทดลอง ตลอดจนความราบรื่นในการลงมือพัฒนาชิ้นงานจริง

ขอบคุณ อาจารย์ทุกท่าน เพื่อนพี่น้องทุกท่าน และครอบครัวของผู้จัดทำโครงการ ตลอดจนทุกภาคส่วนที่ให้การสนับสนุนการดำเนินโครงการนี้ได้

เอกสารอ้างอิง

G. Harry. Stine. Bill Stine, Handbook of model rocketry, George W. Stine., 7th Edition, Follett Publishing company, Chicago, USA, 2004.

Martin J. L. Turner, *Rocket and Spacecraft Propulsion, Principles, Practice and New Developments*, 2nd Edition, Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK.

Travis S. Talor, *Introduction to Rocket Science and Technology*, Talor & Francis Group, Boca Raton, Florida, 2009.

Pulsar navigation using Doppler's effect

Jompoj Wongphecauxsorn

e-mail:Jompoj.bjstp@gmail.com

Dr.Phрудth Jaroenjittichai

National Astronomical Research Institute of Thailand

Dr.Siramas Komonjinda

Chiang Mai University

Abstract

Autonomous technology to navigate in space is key to exploring the solar system. However, nowadays space navigation is required to contact with The Earth. In order to find the new method which not require Earth-contact. Doppler's effect has been used with pulsar's pulse period to evaluate the velocity. The equation has been examined by creating a C/C++ program with turn spacecraft velocity in axis x, y, z and three's pulsar's position to velocity in each pulsar direction which relate to pulse profile which is included Doppler's effect. After that, the information will use to calculate the spacecraft velocity in x, y, z axis. The error of this method can be estimate from variance in input velocity in x, y, z direction and output velocity in x, y, z direction.

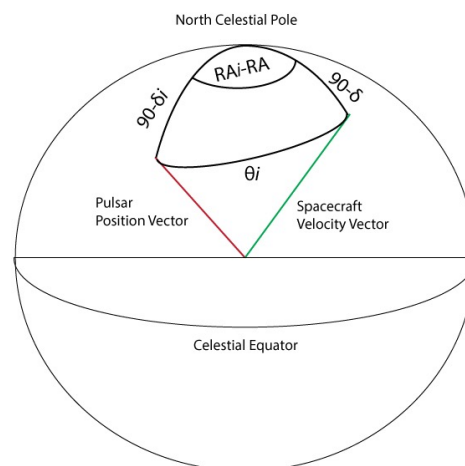


Figure 1.1 Navigation sphere

Key words : Pulsar,Navigation,Simulation

Introduction

Most of spacecraft mission which are widely used are depend on ground-based communication. In addition, Ground-based tracking system is not require active hardware on spacecraft itself with low-cost maintenance. However, the position evaluation error are increases with the range from the earth. For example, in Viking mission the accuracies of position estimation error is about 50 km at Mars [1]. Although, this method has been used successfully in many mission. Nonetheless, It might be necessary for future mission for autonomous navigation in space mission or space navigation with highly precision. The new autonomous spacecraft navigation method could be discussed.

There are varies of autonomous method were previously considered. For example, spacecraft's position can be determined by measuring angles between solar system bodies and astronomical object but the uncertainty in this method is in term of thousand kilo meters [2]. As a conclusion they have relatively large result compared to ground-based.

The new choice in autonomous spacecraft navigation is based on pulsar timing information [3] which specific with X-ray pulsars navigation which require small X-ray detector with low uncertainty. Because of the radio pulsar are require large antenna due to the angular resolution limits. Moreover, Pulsar have stable periodic profile [1] and distributed in all direction in space. The position of spacecraft can be evaluated by comparing pulse arrival times measured onboard the spacecraft with predicted arrival times at an inertial reference location [4]. From the simulation this method can have position accuracies around 5 km [2]. On the other hand, this work will evaluate the velocity of spacecraft by comparing pulse period between onboard measured and prediction the diagram has been shown in Figure 1.1.

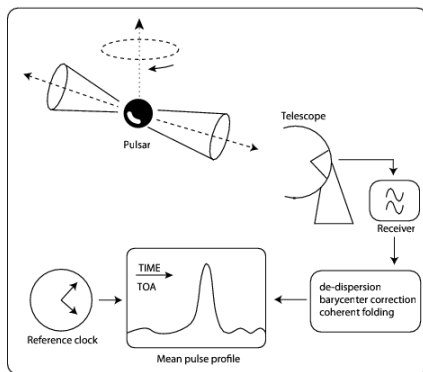


Figure 2.1 Show Diagram of X-ray pulsar navigation [2]

In this work, the celestial coordinate that described by Declination and Right Ascension has been used. Declination is the length between the star and Celestial equator. Right Ascension is the length between Vernal equinox (Υ) and intersection between the star and Celestial equator which has been describe in Figure 2.2 [5].

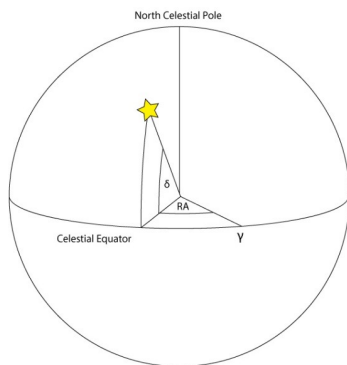


Figure 2.2 described the definition of RA and DEC

After the position in this work has been defined. The Doppler's effect has been used as navigation tool. From the change of period the velocity in each axis can be evaluated from the equation [6]. Now the absolute velocity can be determined.

Method

If we assume that every pulsars is far from the Earth. We can expect that every pulsar is on the celestial sphere with the incident of spacecraft velocity vector, pulsar positional vector and celestial pole. This situation can be written as a spherical triangle in figure 3.1

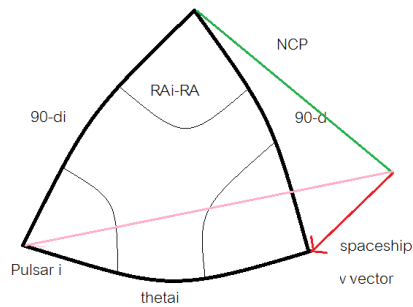


Figure 3.1

Now we can calculate RA with this equation ! From equation i , This equation can be written as

$$v_i = \frac{v_i}{(\sin D_i \sin D + \cos D_i \cos D \cos (RA_i - RA))}$$

Owing to, v value was constant to equation j and k .so

$$\frac{v_i}{(\sin D_i \sin D + \cos D_i \cos D \cos (RA_i - RA))} = \frac{v_j}{(\sin D_j \sin D + \cos D_j \cos D \cos (RA_j - RA))}$$

Since D is only variable left in this equation. Thus,

$$(\sin D_i \sin D + \cos D_i \cos D \cos (RA_i - RA))xv_j = (\sin D_j \sin D + \cos D_j \cos D \cos (RA_j - RA))xv_i$$

The equation above can be expressions as

$$\sin D \times (\sin D_i x v_j - \sin D_j x v_i) = \cos D \times (\cos D_i \times \cos (RA_i - RA) x v_j - \cos D_j \times \cos (RA_j - RA) x v_i)$$

So, using the property that $\tan(a) = \sin(a) / \cos(a)$

$$\tan D = \frac{(\sin D_i x v_j - \sin D_j x v_i)}{(\cos D_i \times \cos (RA_i - RA) x v_j - \cos D_j \times \cos (RA_j - RA) x v_i)}$$

When we know D and RA we can calculate velocity from equations i or j or k.

Conclusion

A spacecraft with velocity (v), declination (D), right ascension (Ra) from three know pulse period pulsars i,j,k with D_i, D_j, D_k and RA_i, RA_j, RA_k can be evaluate with three equation .First,

$$\tan(RA) = \frac{(C\beta_{ik} - \beta_{ij})}{(\gamma_{ij} - C\gamma_{ik})}$$

When $\beta_{mn} = \cos RA_m \tan D_m - \cos RA_n \tan D_n$ and $\gamma_{mn} = \sin RA_m \tan D_m - \sin RA_n \tan D_n$

and $C = \frac{\alpha_{ij}}{\alpha_{ik}} = \frac{(\cos(RA) \times \beta_{ij} + \sin(RA) \times \gamma_{ij})}{(\cos(RA) \times \beta_{ik} + \sin(RA) \times \gamma_{ik})}$

Second,

$$\tan D = \frac{(\sin D_i \times v_j - \sin D_j \times v_i)}{(\cos D_i \times \cos(RA_i - RA) \times v_j - \cos D_j \times \cos(RA_j - RA) \times v_i)}$$

Last,

$$V_i = Vx(\sin D_i \sin D + \cos D_i \cos D \cos(RA_i - RA)) \quad (i)$$

$$V_j = Vx(\sin D_j \sin D + \cos D_j \cos D \cos(RA_j - RA)) \quad (j)$$

$$V_k = Vx(\sin D_k \sin D + \cos D_k \cos D \cos(RA_k - RA)) \quad (k)$$

Result and Discussion

At Deci=-90,RAi=0,DECj=-22,RAj=66,DECK=-33,RAk=140 and RA=30 ,DEC= 45 the result from simulation has been shown in figure 3.1. The code of this experiment has been shown in appendix 1.

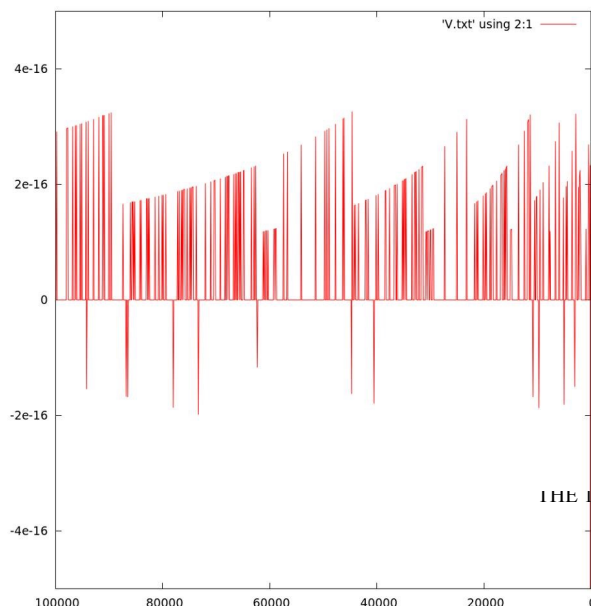


Figure 4.1 Show the relation between $(V_{in}-V_{out})/V_{in}$ and V_{in}

At this orientation the error are low. However, there are no relation between two axis the error may

come from computational roundoff errors.

Every variable except has been varies the relation between each variable has been show in figure 3.2 and 3.3.

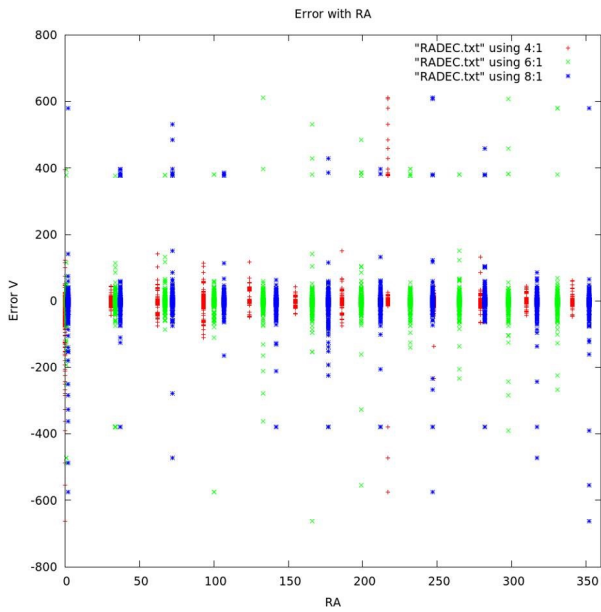


Figure 3.2 The relation between error V and Dec $i, Dec j, Dec$

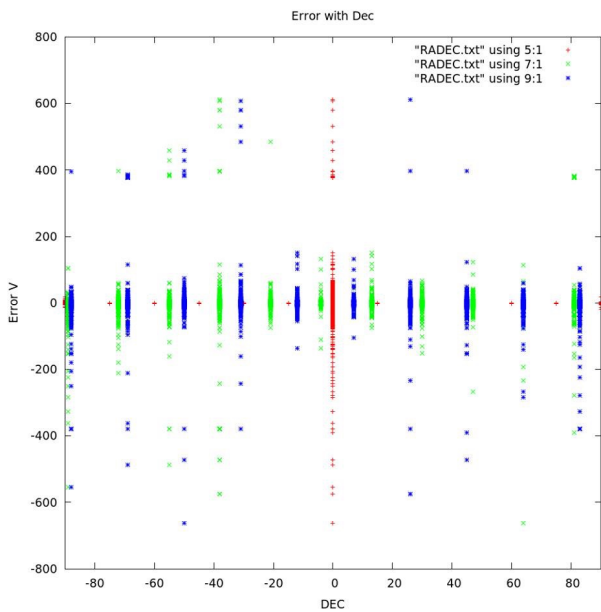


Figure 3.3 The relation between error V and RA_i, RA_j, RA_k

From figure 3.2 and 3.3 there are no relation between errors of v and pulsar's position. However, the velocity uncertainty are depends on the position of each pulsar and no explanation for this error.

Suggestion and Future work

The relation between pulsar position and error of V should be explained. In addition, the relativistic effect and other effect should be concerned to develop more accuracies simulation. Currently we are exploring for the explanation for errors. The future simulation should improve to be more realistic. The gamma-rays pulsar navigation should be concern as navigation tools due to their short wavelength.

References

- [1] J. S. Amir Abbas Emadzadeh, *Navigation in Space by X-ray Pulsars*, Springer, 2011.
- [2] W. B. T. P. M. B. W. Mike Georg Berhardt, "Autonomous Spacecraft Navigation Based on Pulsar Timing Information," in *2nd International Conference on Space Technology*, Athens, Greece, 2011.
- [3] T. J. C. a. S. A. Butman, "Navigation Using X-Ray Pulsars," *TDA Progress report*, pp. 22-25, 1981.
- [4] T. X.-r. P. w. A. t. S. Navigation, "Timing X-ray Pulsars with Application to Spacecraft Navigation," *High Time Resolution Astrophysics IV - The Era of Extremely Large Telescopes - HTRA-IV*, , pp. 1-5, 2010.
- [5] P. K. O. P. D. H. Karttunen, *Fundamental Astronomy*, Berlin Heidelberg: Springer , 2007.
- [6] R. A. F. Huge D. Young, *University Physics with Modern Physics*, San Francisco: Addison-Wesley , 2012.
- [7] J. E. H. H. G. J. P. Suneel I. Sheikh, "Spacecraft Navigation and Timing Using X-ray Pulsar," *Navigation: Journal of The Institute of Navigation*, pp. 165-186, 2011.
- [8] D. S. T. L. Rawlet, "Millisecond Pulsar Rivals Best Atomic Clock Stability," in *Proceedings of the Eighteenth Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Applications and Planning Meeting*, Washington, 1986.

การหาความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์ และการประเมินค่า Interstellar Extinction ในกาแล็กซีทางช้างเผือก

รัชชานนท์ บัวรอด

hanon.18@hotmail.com

ชูชาติ เพ็ญน้อย

โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์

บทคัดย่อ

โครงการงานวิจัยดาราศาสตร์นี้จัดทำขึ้นศึกษาเกี่ยวกับกาแล็กซีทางช้างเผือก เริ่มศึกษาตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม ถึง 15 ธันวาคม พ.ศ.2556 มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและหาค่าความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์ต่อ 1 ตารางอาร์คนาที (1 อาร์คนาที คือ 1 ลิปดา หรือ 1 ส่วน 60 องศา) โดยศึกษาบริเวณใจกลางของกาแล็กซี แนวลองจิจูดที่ 0 และประเมินค่า Interstellar Extinction โดยได้รับความร่วมมือจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การ-มหาชน) และ University of North Carolina ในการส่งถ่ายภาพข้อมูล โดยกล้องที่ใช้ถ่ายคือกล้อง PROMPT telescopes ในประเทศชิลี

จากการศึกษาสรุปได้ว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์มากที่สุด โดยการเปิดหน้ากล้องปกติ ตามแนวลองจิจูดที่ 0 คือ ละติจูดที่ 10 มีความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์เฉลี่ย 6.99 ดวงต่อ 1 ตารางอาร์คนาที จากการศึกษาดังนั้นสรุปได้ว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยของจำนวนดาวฤกษ์มากที่สุด คือ ลองจิจูดที่ 0 ละติจูดที่ 0 มีความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์เฉลี่ย 43.38 ดวงต่อ 1 ตารางอาร์คนาที ถ้าเปิดหน้ากล้องปกติจะมีความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์เฉลี่ย 4.82 ดวงต่อ 1 ตารางอาร์คนาที โดยค่า Interstellar Extinction คิดเป็น 88.89% ของดาวฤกษ์ทั้งหมดในตำแหน่งนั้น ซึ่งถือว่ามีค่ามากที่สุดในตำแหน่งที่กำหนดในใจกลางกาแล็กซี และจากการศึกษาดังนั้นตำแหน่งลองจิจูดที่ละติจูดที่ 0 ซึ่งเป็นใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก cutoff magnitude ที่ได้คือลำดับความสว่างของดาวฤกษ์ที่ 16.2 และทำให้ทราบว่าบริเวณใจกลางของกาแล็กซี จำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมากที่สุดอยู่ในช่วงลำดับความสว่างที่ 15.5-16.5

คำสำคัญ อาร์คนาที, Interstellar Extinction

บทนำ

กาแล็กซีทางช้างเผือก (Milky Way Galaxy) เป็นดาราจักรที่มีระบบสุริยะของเราอยู่ เราสามารถมองเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกได้บนท้องฟ้าจะปรากฏเป็นแถบคล้ายนมของแสง กาแล็กซีทางช้างเผือกประกอบด้วย ดาวฤกษ์จำนวนมากนับพันล้านดวง และระบบสุริยะของเราก็เป็นสมาชิกหนึ่งในนั้น ดาราจักรที่มีรูปร่างเป็นแผ่นจานเนื่องจากความหนาแน่นของกลุ่มดาวฤกษ์ในกาแล็กซีแตกต่างกันไปตามพื้นที่ หากมองทางช้างเผือกด้วยตาเปล่า จะเห็นทางช้างเผือกเป็นแถบสว่างสองแถบขนาดกัน โดยมีแถบสีดำนั่นระหว่างกลาง บริเวณนั้นเป็นแนวระนาบของกาแล็กซี ซึ่งมีฝุ่นและแก๊สซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำอยู่อย่างหนาแน่น (Dust lane) ทำให้บังแสงสว่างจากดาวฤกษ์ เนื่องจากผู้จัดทำมีความสนใจในเรื่องกาแล็กซีทางช้างเผือก จึงศึกษาความหนาแน่นบริเวณส่วน โป่งหรือบริเวณใจกลางกาแล็กซีที่ลองจิจูดที่ 0 โดยได้รับความร่วมมือจาก สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การ-มหาชน) และ University of North Carolina ในการส่ง

ถ่ายภาพข้อมูล โดยกล้องที่ใช้ถ่ายคือกล้อง PROMPT telescopes ในประเทศชิลี จุดมุ่งหมายของการศึกษา คือเพื่อศึกษาความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์ในกาแล็กซีทางช้างเผือกต่อ 1 หน่วยพื้นที่ และเพื่อประเมินค่า Interstellar Extinction ในกาแล็กซีทางช้างเผือก สมมติฐานของโครงการ คือ ความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์มีแนวโน้มลดลงจากศูนย์กลางกาแล็กซีในแนวลองจิจูดที่ 0 และ ค่า Interstellar Extinction ในกาแล็กซีมีค่าที่แตกต่างกันเนื่องจากแนวการวางตัวของแถบฝุ่นและแก๊สบริเวณระนาบกาแล็กซี ขอบเขตการศึกษาโครงการ ศึกษาความหนาแน่นของดาวฤกษ์ในลองจิจูดที่ 0 และศึกษาค่า Interstellar Extinction ในกาแล็กซีตามแนวระนาบกาแล็กซีลองจิจูดที่ 0, 10, 20, 30, 330, 340 และ 350 ระหว่างละติจูดที่ 30 ถึง -30 ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2556 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ คือให้ทราบถึงความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์ในกาแล็กซีทางช้างเผือกต่อ 1 หน่วยพื้นที่ และให้ทราบถึงค่า Interstellar Extinction ในกาแล็กซีทางช้างเผือก

วิธีการศึกษา

จากการสังเกตกาแล็กซีทางช้างเผือก เพื่อหาความหนาแน่นของจำนวนดาวฤกษ์ และประเมินค่า Interstellar Extinction ซึ่งทำการสังเกตการณ์ในวันที่ 13 กรกฎาคม 2556 และทำการเก็บข้อมูลในวันที่ 5 สิงหาคม 2556 จากกล้องโทรทรรศน์ Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes (PROMPT) ซึ่งตั้งอยู่ที่หอดูดาว Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ประเทศชิลี ซึ่งอยู่ ณ ละติจูดที่ $30^{\circ}10'10.78''S$ ลองจิจูดที่ $70^{\circ}48'23.49''W$ สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 2,207 เมตร

ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. การเลือกตำแหน่งที่ต้องการศึกษา

1.1 กำหนดลองจิจูดที่จะศึกษาโดยแบ่งเป็นลองจิจูดที่ 0 ทุกๆ 10 ละติจูด ระหว่างละติจูดที่ 90 ถึง -90 และลองจิจูด 10 ถึง 30, 330 ถึง 350 รอบกาแล็กซี ทุกๆ 10 ละติจูด ระหว่างละติจูดที่ 30 ถึง -30

1.2 เปลี่ยนจากระบบพิกัด Galactic (Latitude, Longitude) เป็นระบบพิกัด Equatorial (RA, DEC) จาก <http://ned.ipac.caltech.edu/forms/calculator.html>

2. การถ่ายภาพดาว

2.1 ตรวจสอบสภาพอากาศก่อนถ่ายจริง

2.2 ถ่ายภาพด้วยกล้องที่ชิลี (CTIO : Cerro Tololo Inter-American Observatory) ขนาดของความกว้างหน้ากล้อง (Field of view) 10 อาร์คนาที ใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง 120 วินาที

3. วิเคราะห์ความหนาแน่นของดาวฤกษ์

3.1 ใช้โปรแกรม Aperture Photometry Tool ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2 นับจำนวนดาวฤกษ์เพื่อหาความหนาแน่นเฉลี่ยของดาวฤกษ์ต่อ 1 ตารางอาร์คนาที

3.3 วิเคราะห์และอภิปรายผล พร้อมแสดงข้อมูลในรูปแบบแผนภูมิ

4. วิเคราะห์ค่า Interstellar Extinction ในใจกลางกาแล็กซี

4.1 ใช้โปรแกรม SAO Image ds9 เพื่อใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล

4.2 นำข้อมูลของดาวฤกษ์มาหาค่าเฉลี่ยของดาวฤกษ์ที่หายไปต่อ 1 ตารางอาร์คนาที

- 4.3 นำข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบกับกับความหนาแน่นดาวฤกษ์เฉลี่ยในการเปิดหน้ากล้องปกติ
- 4.4 วิเคราะห์และอภิปรายผล พร้อมแสดงข้อมูลในรูปแบบแผนภูมิ 11

5. การทำกราฟแสง (Histogram)

- 5.1 เลือกตำแหน่งในการทำกราฟแสง (ตำแหน่งลองจิจูดที่ 0 ละติจูดที่ 0 ซึ่งเป็นใจกลางกาแล็กซี)
- 5.1 เลือกตำแหน่งในการทำกราฟแสง (ตำแหน่งลองจิจูดที่ 0 ละติจูดที่ 0 ซึ่งเป็นใจกลางกาแล็กซี)
- 5.2 ใช้โปรแกรม SAO Image ds9 เพื่อใช้ข้อมูลลำดับความสว่างของดาวอ้างอิง
- 5.3 หาฟลักซ์ของดาวนั้น โดยดูจากช่อง Value หลังจากนั้น นำไปเข้าสมการ

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log 10 \frac{F_1}{F_2}$$

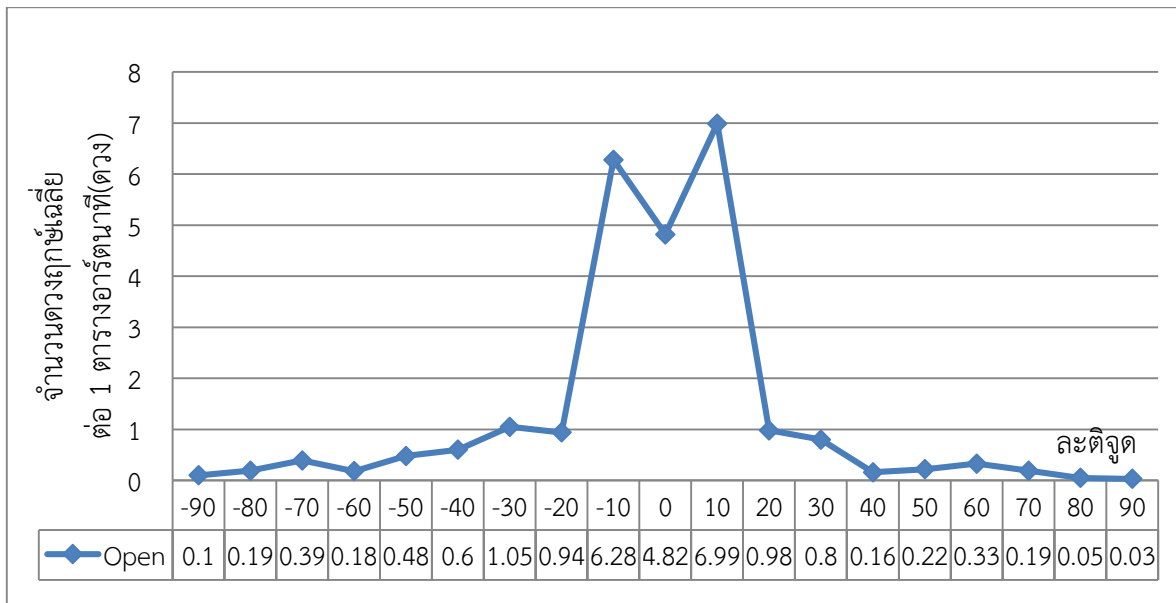
เมื่อ m_1 คือ ลำดับความสว่างปรากฏของดาวที่ต้องการหา, m_2 คือ ลำดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิง, F_1 คือ ฟลักซ์ ของดาวที่ต้องการหา, F_2 คือ ฟลักซ์ของดาวอ้างอิง บันทึกผล

- 5.4 หลังจากนั้นหาลำดับความสว่างของดาวทุกดวงในภาพ บันทึกผล
- 5.5 เมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดแล้ว กำหนด cutoff magnitude (ดาวฤกษ์ที่มีความสว่างน้อยที่สุดที่เราต้องการ)
- 5.6 นำข้อมูลของดาวที่มีลำดับความสว่างมากกว่า cutoff magnitude มาทำเป็นกราฟแสง

ผลการศึกษา

ตอนที่ 1 หาความหนาแน่นเฉลี่ยของจำนวนดาวฤกษ์ต่อ 1 ตารางอาร์คนาที ณ ตำแหน่งลองจิจูดที่ 0

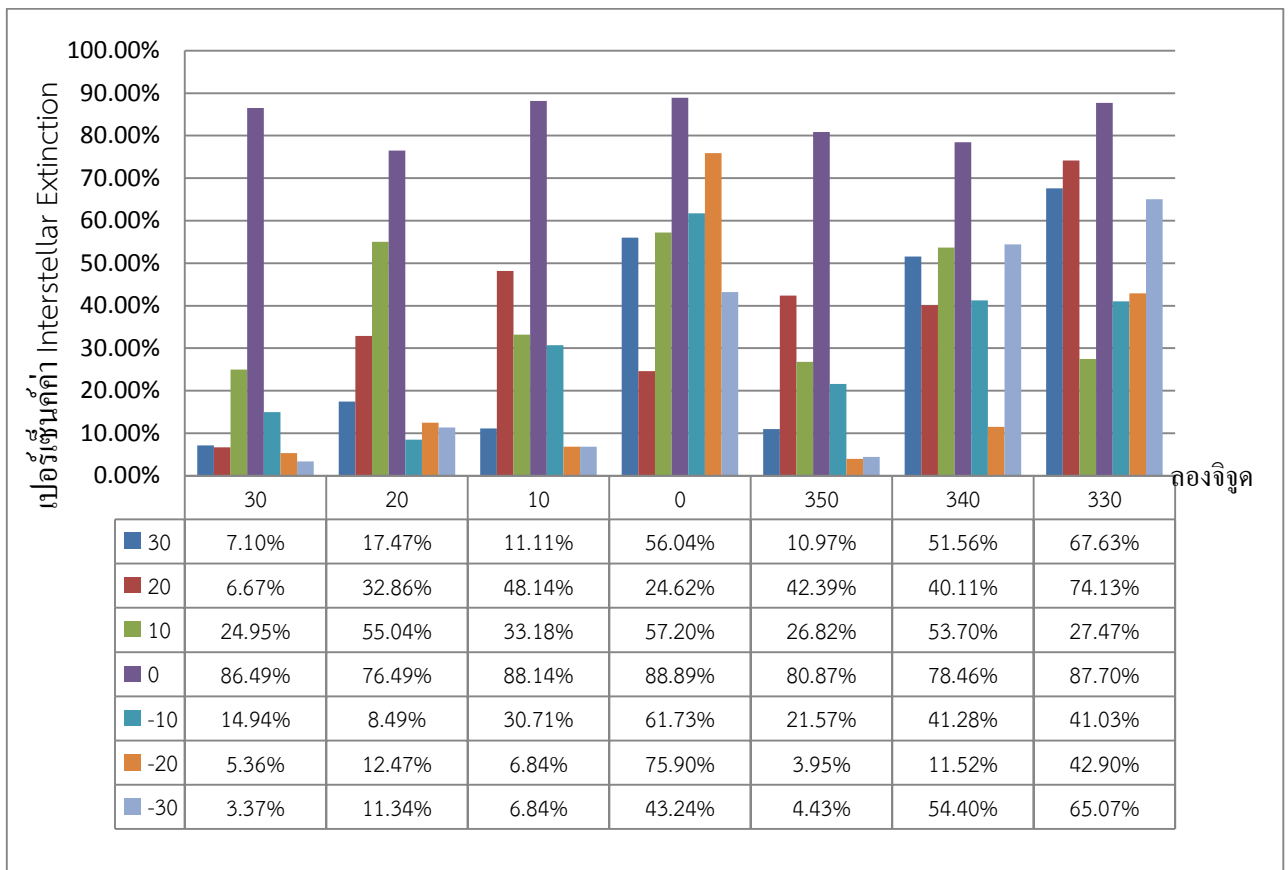
จากข้อมูลได้ข้อสังเกตว่าบริเวณละติจูดที่ 0 ควรมีความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มดาวฤกษ์มากที่สุด แต่กลับเป็นบริเวณละติจูดที่ 10 ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มดาวฤกษ์มากที่สุดถึง 6.99 ดวงต่อตารางอาร์คนาที เนื่องมาจากแถบฝุ่นและก๊าซขนาดใหญ่ที่พาดผ่านใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยเฉพาะระนาบของกาแล็กซี เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาแสดงในรูปแบบแผนภูมิ จะเห็นได้ชัดเจนถึงการลดลงของความหนาแน่นของดาวฤกษ์เฉลี่ยอย่างเฉียบพลัน ซึ่งแสดงในแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 แสดงความหนาแน่นเฉลี่ยของจำนวนดาวฤกษ์ต่อ 1 ตารางอาร์คนาที

ตอนที่ 2 ประเมินค่า Interstellar Extinction บริเวณใจกลางกาแล็กซี

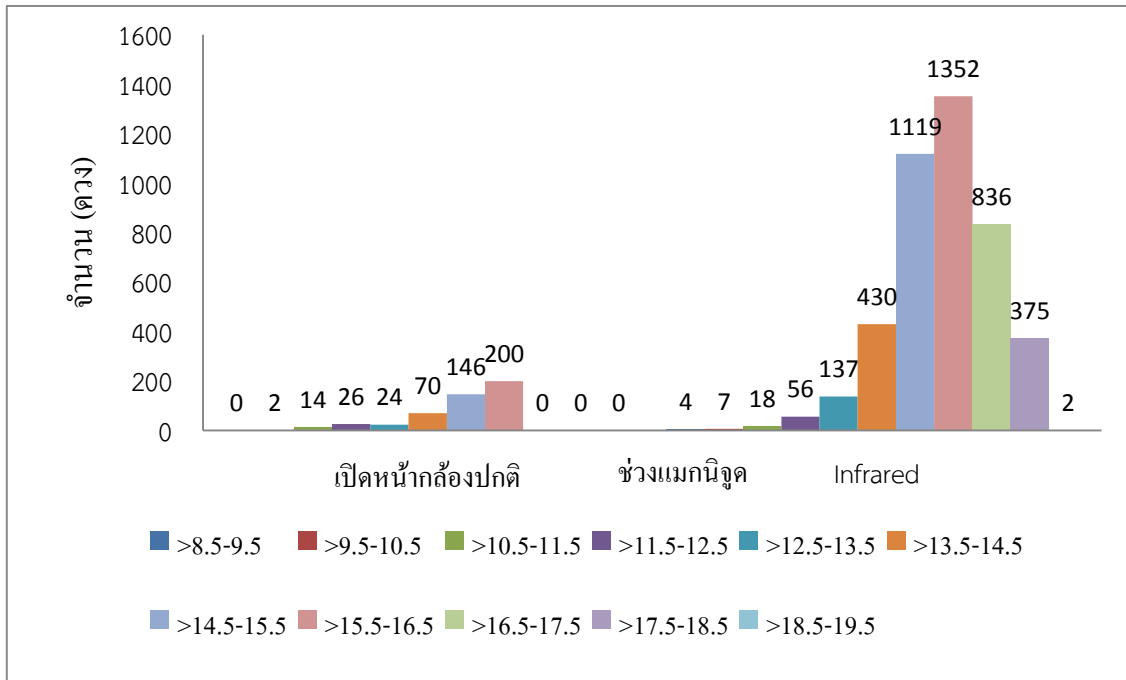
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนต้นที่ 1 มีการลดลง และการเพิ่มขึ้นอย่างเฉียบพลันของความหนาแน่นเฉลี่ยของจำนวนดาวฤกษ์ในช่วงละติจูดที่ -30 ถึง 30 เนื่องจากแถบฝุ่นและก๊าซทำให้ความสว่างของดาวฤกษ์ลดลง หรือที่เรียกว่า การลดของแสงดาวเนื่องจากสารระหว่างดาว (Interstellar Extinction) โดยมีการนำความหนาแน่นเฉลี่ยของจำนวนดาวฤกษ์ปกติเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลความหนาแน่นเฉลี่ยของจำนวนดาวฤกษ์ในฟิลเตอร์อินฟราเรด มีการประเมินค่า Interstellar Extinction ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์



แผนภูมิที่ 2 แสดงการประเมินค่า Interstellar Extinction

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์กราฟแสง (Histogram)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำกราฟแสงในตำแหน่งลองจิจูดที่ 0 ละติจูดที่ 0 ซึ่งเป็นใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก cutoff magnitude ที่ได้คือลำดับความสว่างของดาวฤกษ์ที่ 16.2 และทำให้ทราบว่าบริเวณ ใจกลางของกาแล็กซี จำนวนประชากรของดาวฤกษ์ที่มีมากที่สุดอยู่ในช่วงลำดับความสว่างที่ 15.5-16.5 ดังแสดงในแผนภูมิต่อไป (แผนภูมิที่ 3)



แผนภูมิที่ 3 แสดงกราฟแสง (Histogram) ตำแหน่งลองจิจูดที่ 0 ละติจูดที่ 0

อภิปราย สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์แผนภูมิที่ 4.1 ได้ข้อสังเกตว่าบริเวณละติจูดที่ 0 ควรมีความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มดาวฤกษ์มากที่สุด แต่กลับเป็นบริเวณละติจูดที่ 10 ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มดาวฤกษ์มากที่สุดถึง 6.99 ดวงต่อตารางอาร์คนาที เนื่องมาจากแถบฝุ่นและก๊าซขนาดใหญ่ที่พาดผ่านใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยเฉพาะระนาบของกาแล็กซี ทำให้ความสว่างของดาวฤกษ์ลดลง หรือที่เรียกว่า การลดของแสงดาวเนื่องจากสารระหว่างดาว (Interstellar Extinction)

จากการวิเคราะห์แผนภูมิที่ 4.9 พบว่าค่าการประเมิน Interstellar Extinction มากที่สุดอยู่ที่แนวละติจูดที่ 0 หรือแนวระนาบกาแล็กซี บริเวณลองจิจูดที่ 0 มีค่าถึง 88.89% ของดาวฤกษ์ทั้งหมดในตำแหน่งนั้น โดยการกระจายตัวของแถบฝุ่นและก๊าซมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน มีการกระจายอยู่ทั่วไปในใจกลางกาแล็กซี จากการวิเคราะห์แผนภูมิที่ 4.10 ตำแหน่งลองจิจูดที่ 0 ละติจูดที่ 0 ซึ่งเป็นใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก cutoff magnitude ที่ได้คือลำดับความสว่างของดาวฤกษ์ที่ 16.2 ความหนาแน่นดาวฤกษ์เฉลี่ย เท่ากับ 4.82 ดวงต่อตารางอาร์คนาที และทำให้ทราบว่าบริเวณใจกลางของกาแล็กซี จำนวนประชากรของ ดาวฤกษ์ที่มีมากที่สุดอยู่ในช่วงลำดับความสว่างที่ 15.5-16.5 รองมาคือช่วง 14.5-15.5 และ 13.5-14.5 ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสรุปได้ว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นดาวฤกษ์มากที่สุดโดยการเปิดหน้ากล้องปกติตามแนวลองจิจูดที่ 0 คือ ละติจูดที่ 10 มีความหนาแน่นดาวฤกษ์เฉลี่ย 6.99 ดวงต่อ 1 ตารางอาร์คนาที จากผลการศึกษาในตอนที่ 2 สรุปได้ว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยของจำนวนดาวฤกษ์มากที่สุด คือ ลองจิจูดที่ 0 ละติจูดที่ 0 มีความหนาแน่นดาวฤกษ์เฉลี่ย 43.38 ดวงต่อ 1 ตารางอาร์คนาทีถ้าเปิดหน้ากล้องปกติจะมีความหนาแน่นดาวฤกษ์เฉลี่ย 4.82 ดวงต่อ 1 ตารางอาร์คนาที โดยค่า Interstellar Extinction คิดเป็น 88.89% ของดาวฤกษ์ทั้งหมดในตำแหน่งนั้นซึ่งถือว่ามีค่ามากที่สุดในตำแหน่งที่กำหนดในใจกลางกาแล็กซี

จากผลการศึกษาในตอนที 3 ตำแหน่งลองจิจูดที่ 0 ละติจูดที่ 0 ซึ่งเป็นใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก cutoff magnitude ที่ได้คือลำดับความสว่างของดาวฤกษ์ที่ 16.2 และทำให้ทราบว่าบริเวณใจกลางของกาแล็กซี จำนวนประชากรของดาวฤกษ์ที่มีมากที่สุดอยู่ในช่วงลำดับความสว่างที่ 15.5-16.5

ข้อเสนอแนะ

การเร่งถ่ายภาพกาแล็กซี เนื่องจากบริเวณที่ต้องการนำข้อมูลมาวิเคราะห์กำลังใกล้ตัดจากขอบฟ้า และการถ่ายภาพละติจูดได้ไม่ทั้งหมด เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอยู่ต่ำกว่าขอบฟ้า หรือบางบริเวณอยู่ต่ำกว่า Airmass 3 (ต่ำกว่า 18 องศาจากขอบฟ้า) การทำงานควรวางแผนการทำงานให้มีระบบ ไม่ต้องรอให้ได้ข้อมูลมาทั้งหมด แล้วจึงทำการวิเคราะห์ ข้อมูล ควรวิเคราะห์ข้อมูลไปเรื่อยๆ พร้อมทั้งเขียนสรุปเล่มรายงานควบคู่กันไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ที่สนับสนุนและช่วยเหลือการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อยตามวัตถุประสงค์ ดังรายชื่อผู้สนับสนุนต่อไปนี้

- | | | |
|--|-------------|---|
| 1. นายชูชาติ | แพน้อย | ครูที่ปรึกษาโครงการวิจัย |
| 2. นายชาติรี | คุ้มคำ | ครูที่ปรึกษาโครงการวิจัยพิเศษ |
| 3. นายมณฑิพล | ตั้งมติธรรม | นักวิชาการ โครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) |
| 4. นางสาวรัตนาวดี | ทีชะวงษ์ | ที่ปรึกษาโครงการวิจัย |
| 5. ผู้ปกครองของนายรัชชานนท์ | บัวรอด | |
| 6. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) | | |
| 7. University of North Carolina, PROMPT telescopes | | ในประเทศไทย |
| 8. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) | | |

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. 2550.ดาราศาสตร์ฟิสิกส์.500 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: หน่วยพิมพ์เอกสาร

วิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มณฑิพล ตั้งมติธรรม. 2556. คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยดาราศาสตร์
แห่งชาติ (องค์การมหาชน).

LESA โครงการวิจัยโดยหอดูดาวเกิดแก้ว .“กาแล็กซีทางช้างเผือก”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

[http:// www.vcharkarn.com/varticle/41239](http://www.vcharkarn.com/varticle/41239). (วันที่ค้นข้อมูล: 5 พฤศจิกายน2556).

Richard Powell. (2006). “An Atlas of the universe” **The galactic plane**, Retrieved November
5, 2013, from <http://www.atlasoftheuniverse.com/index.html>

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มของอัตราการกระพริบของดวงดาว

นายปิยวัฒน์ บุตรสมบัติ

piyawatbootsombat@hotmail.com

นางพรรณพร บุญทศ

โรงเรียนโยธินวิทยา

บทคัดย่อ

การกระพริบของดาวเกิดจากความแปรปรวนในบรรยากาศของโลก ทั้งดาวเคราะห์และดาวฤกษ์ก็สามารถกระพริบได้ ดาวเคราะห์ไม่กระพริบระยิบระยับมาก เนื่องจากดาวเคราะห์สะท้อนแสงของดวงอาทิตย์เป็นลำแสงและเดินไปมาภายในลำแสงนั้น จึงไม่ปรากฏการกระพริบ ยกเว้นเมื่อเวลาอยู่ใกล้ขอบฟ้าซึ่งบรรยากาศโลกแปรปรวนทำให้ดาวเคราะห์กระพริบแสงเช่นเดียวกัน แต่ไม่มากนัก ส่วนดาวฤกษ์เป็นดาวที่มีแสงสว่างในตัวเองสามารถกระพริบแสงระยิบระยับได้เนื่องจากดาวฤกษ์อยู่ไกลจากโลก แสงเดินทางผ่านมายังชั้นบรรยากาศจะเดินทางเป็นเส้นแสง เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศโลกซึ่งมีความแปรปรวนตลอดเวลา เส้นแสงจึงหักเหไปมาทำให้มองเห็นระยิบระยับ

โครงการดาราศาสตร์ เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มของอัตราการกระพริบของดวงดาว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการกระพริบของดวงดาว วิธีการศึกษาทำโดยถ่ายภาพดาวและนำมาวิเคราะห์ด้วยตาเปล่าและใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ เครื่องมือที่ใช้คือ กล้อง DSLR และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสังเกตด้วยตาเปล่าและใช้โปรแกรม MaxIm DL 6 . Cyanogen™ Imaging Products ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาดาวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้ Altitude ของดาว, Magnitude ของดาว, Azimuth ของดาว, ความชื้นในอากาศ, อุณหภูมิ และมลพิษทางแสง จากผลการศึกษา พบว่า อัตราการกระพริบของดาวจะเพิ่มขึ้นเมื่อ Altitude ของดาวน้อยลงหรือเข้าใกล้ขอบฟ้ามากขึ้น มีความชื้นสูงขึ้น หรือมีอุณหภูมิต่ำลง ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบของดาว คือ Magnitude ของดาว Azimuth ของดาว และมลพิษทางแสง

คำสำคัญ :

- อัตราการกระพริบของดาว หมายถึง การกระพริบของดาวที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา
- ชั้นบรรยากาศของโลก หมายถึง อากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่โดยรอบ โดยมีขอบเขตนับจากระดับน้ำทะเลขึ้นไปประมาณ 1000 กิโลเมตร
- Atmospheric Refraction หมายถึง การหักเหของแสงในชั้นบรรยากาศของโลก

บทนำ

การที่เรามองเห็นดาวกระพริบระยิบระยับนั้นเป็นเพราะบรรยากาศของโลกแปรปรวนหรือสภาพอากาศไม่ดีไม่ว่าจะเป็นดาวฤกษ์หรือดาวเคราะห์ย่อมมีแสงกระพริบด้วยกันทั้งนั้น หากเราขึ้นไปดูดาวบนยอดดอยสูงซึ่งมีบรรยากาศเบาบางจะพบว่าไม่ว่าจะเป็นดาวฤกษ์หรือดาวเคราะห์ต่างก็ส่องแสงนวลไม่กระพริบซึ่งดาวฤกษ์หรือ

ดาวเคราะห์แต่ละดวงก็จะมีลักษณะ (Characteristics) ที่แตกต่างกันออกไป และลักษณะที่แตกต่างกันไปเหล่านั้นก็มีความเป็นไปได้ที่จะมีผลต่อการกระพริบของดาวเช่นกัน โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่น่าจะมีผลและไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบของดวงดาวและเพื่อตอบข้อสงสัยของผู้จัดทำเกี่ยวกับการกระพริบของดวงดาวซึ่งเมื่อได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ผลออกมาแล้ว ก็จะสามารถทราบได้ว่าสิ่งใดมีผลหรือไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบของดวงดาว โดยมีขอบเขตการศึกษาค้นคว้าคือ ภายในอำเภอเมือง จังหวัดยโสธร ในช่วงเดือนกรกฎาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 และทำการศึกษาดัชนีต่างๆ ดังต่อไปนี้ Altitude ของดาว, Magnitude ของดาว, Azimuth ของดาว, ความชื้นในอากาศ, อุณหภูมิ และมลพิษทางแสง

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนของการศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเก็บข้อมูล ทำได้โดยการถ่ายภาพดาวด้วยกล้อง DSLR โดยใช้เทคนิคการถ่ายแบบเปิดหน้ากล้อง (เปิด speed shutter ค้างไว้) 15 วินาทีและสายกล้องให้ได้ภาพดาวเป็นทางยาวโดยการถ่ายแบบเปิดหน้ากล้องจะมีหลายลักษณะคือ หากวัตถุอยู่นิ่ง เมื่อเปิดหน้ากล้อง ภาพจะสว่างขึ้น เพราะกล้องจะเก็บภาพที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและนำมารวมกันในภาพเดียว แต่ถ้าหากวัตถุเคลื่อนที่และเปิดหน้ากล้องทิ้งไว้โดยไม่เคลื่อนที่ตามวัตถุ ภาพที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นเส้น และในทางกลับกัน ถ้าหากวัตถุอยู่นิ่งแต่เราเป็นคนเคลื่อนกล้องเอง ภาพที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นเส้น เช่นเดียวกัน โดยการที่ภาพมีลักษณะเป็นเส้นนี้ จะทำให้เราสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของความสว่างของดาวและสามารถนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์ได้
2. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล ผู้จัดทำได้แบ่งออกเป็นสองส่วน ดังนี้
 - 1) การวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่า เป็นการวิเคราะห์อย่างหยาบทำได้โดยการนำภาพที่ถ่ายได้มาวิเคราะห์เทียบเคียงกันเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลการกระพริบของดาว และพิจารณาว่าตัวแปรตัวใดที่น่าจะมีผลต่ออัตราการกระพริบของดาว
 - 2) การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบผลการวิเคราะห์จากข้อแรก ทำได้โดยการนำภาพดาวที่ถ่ายได้มาทำการวิเคราะห์ในโปรแกรม MaxIm DL 6 โดยการเลือกจุดที่อยู่บนเส้นแสงของดาวในภาพมาประมาณ 20 จุด แต่ละจุดห่างกันประมาณ 5% ของเส้นแสงดาว, อ่านค่า count (Units of perceived brightness in B) ที่ได้จากโปรแกรมในแต่ละจุดและนำไป plot เป็นกราฟ จากนั้น นำไปวิเคราะห์หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อตรวจสอบการกระจายของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel โดยดาวที่มีการกระพริบมาก ข้อมูลจะมีการกระจายและมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มากส่วนดาวที่มีการกระพริบน้อยข้อมูลจะไม่ค่อยมีการกระจายและมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่น้อย

ผลการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลและการคัดเลือกข้อมูล ได้ผลดังนี้

Date	Mean Temp (°C)	Av. Humid	star	time	Altitude (°)	SD	Azimuth (°)
19/10/2014	23	86	Vega	21:15	+28	32.359	-
				22:00	+20	35.652	-
			Deneb	21:40	+44	24.434	-
22/10/2014	27	77	Capella	22:30	+24	28.989	-
23/10/2014	23	80	Vega	20:30	+34	18.659	-
				20:45	+30.5	20.199	-
			Deneb	20:45	+50	12.203	-
30/10/2014	26	78	Vega	20:50	+25	29.806	-
			Altair	21:00	+35	11.221	-
			Capella	21:10	+15	32.261	-
04/12/2014	19	79	Sirius	21:50	+22	40.222	+116
			Procyon	22:00	+18	40.282	+89.5
			Capella	22:00	+47	4.973	+37
			Rigel	22:05	+48	4.940	+123

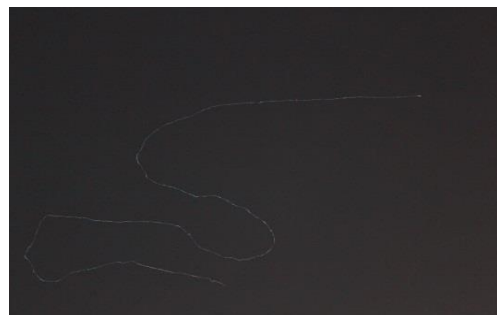
เมื่อทำการแบ่งภาพออกเป็นกลุ่มๆ ตามตัวแปรที่ต้องการศึกษาเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. Capella (วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น.) และ Vega (วันที่ 30/10/2014 เวลา 20:50 น.)

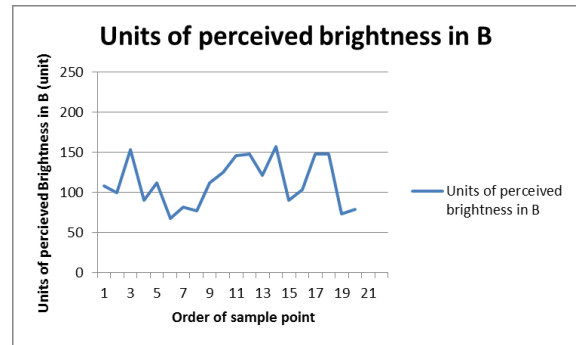
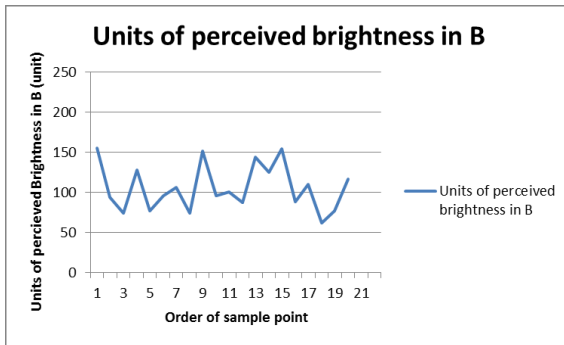
: ศึกษาตัวแปร magnitude



Capella 22/10/2014 ; 22:30 น. Apparent Magnitude 0.1



Vega 30/10/2014 20:50 น. Apparent Magnitude 0.0



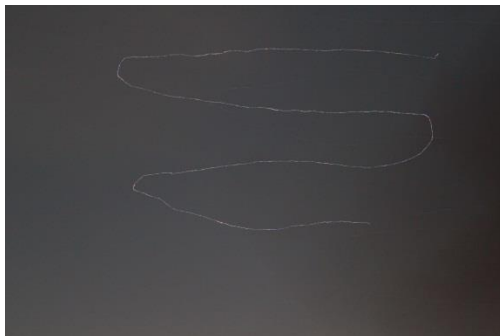
จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่า สามารถประมาณได้ว่าดาว Capella ณ วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.1 มีการกระพริบเท่ากับดาว Vega ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 20:50 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.0 และเมื่อวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม และวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Capella ณ วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.1 มีค่า S.D. = 28.989
- ดาว Vega ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 20:50 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.0 มีค่า S.D. = 29.806

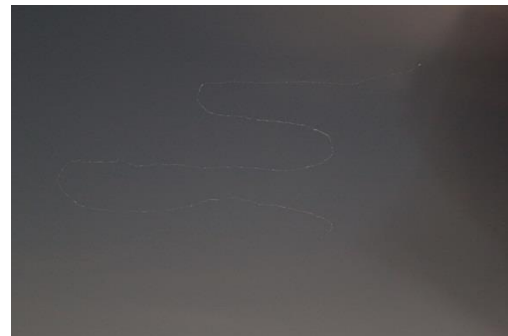
ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าดาว Capella ณ วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.1 และดาว Vega ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 20:50 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.0 มีอัตราการกระพริบที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

2. Sirius (วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น.) และ Procyon (วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น.)

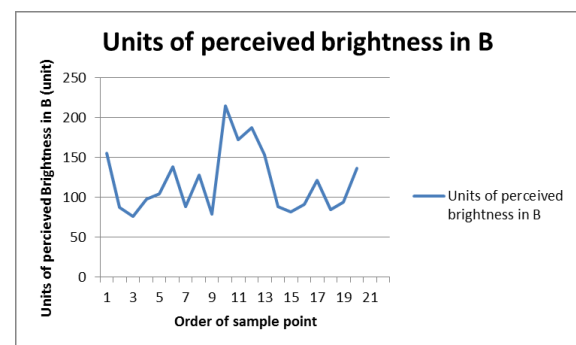
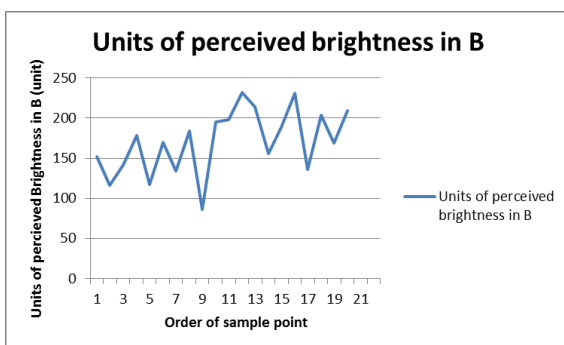
: ศึกษาตัวแปร magnitude



Sirius 04/12/2014 21:50 น. App.Magnitude -1.5



Procyon 04/12/2014 22:00น. App.Magnitude 0.4

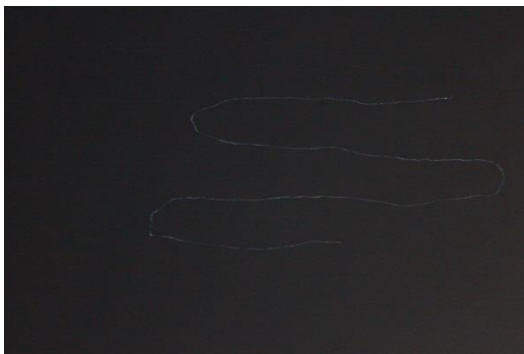


จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่าสามารถประมาณได้ว่าดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude -1.5 มีการกระพริบเท่ากับดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.4 และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม และวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude -1.5 มีค่า S.D. = 40.222
- ดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.4 มีค่า S.D. = 40.282

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude -1.5 และดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมี Apparent Magnitude 0.4 มีอัตราการกระพริบที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

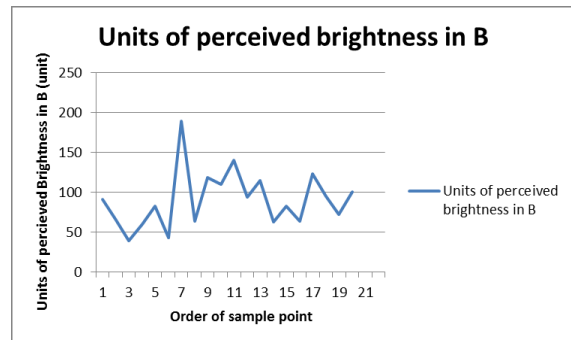
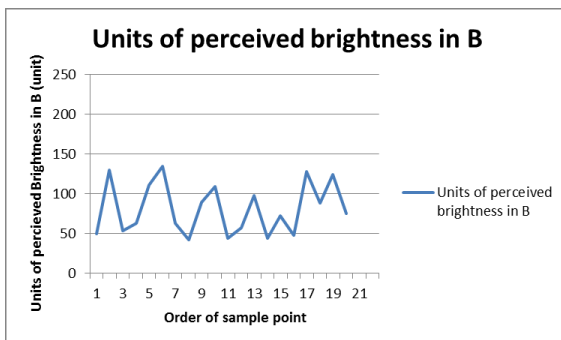
3. Vega (วันที่ 19/10/2014 เวลา 21:15, 22:00 น.) : ศึกษาตัวแปร altitude



Vega 19/10/2014 21:15 น. Alt. +28°



Vega 19/10/2014 22:00 น. Alt. +20°



จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่า สามารถประมาณได้ว่าดาว Vega ณ วันที่ 19/10/2014 เวลา 22:00 น. ที่ Alt. +20° มีการกระพริบมากกว่าดาว Vega ณ วันที่ 19/10/2014 เวลา 21:15 น. ที่ Alt. +28° และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม และวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Vega ณ วันที่ 19/10/2014 เวลา 21:15 น. ที่ Alt. +28° มีค่า S.D. = 32.359
- ดาว Vega ณ วันที่ 19/10/2014 เวลา 22:00 น. ที่ Alt. +20° มีค่า S.D. = 35.652

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าดาว Vega ณ วันที่ 19/10/2014 เวลา 22:00 น. ที่ Alt. +20° มีอัตราการกระพริบมากกว่าดาว Vega ณ วันที่ 19/10/2014 เวลา 21:15 น. ที่ Alt. +28°

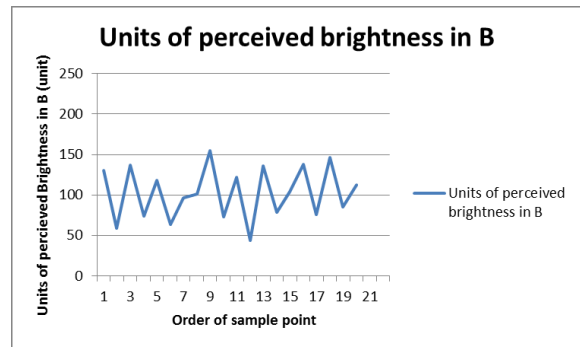
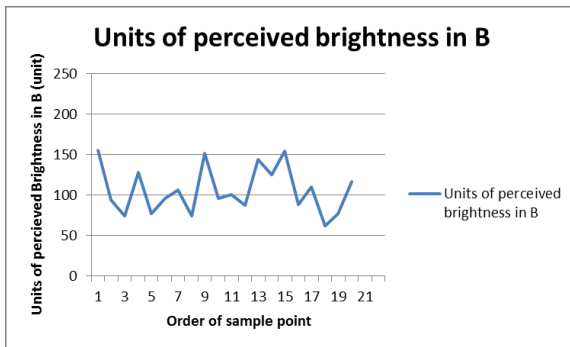
4. Capella (วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น. และวันที่ 30/10/2014 เวลา 21:10 น.) : ศึกษาตัวแปร altitude



Capella 22/10/2014 ; 22:30 น. Alt. +24°



Capella 30/10/2014 ; 21:10 น. Alt. +15°



จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่าสามารถประมาณได้ว่าดาว Capella ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:10 น. ที่ Alt. +15° มีการกระพริบมากกว่าดาว Capella ณ วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น. ที่ Alt. +24° และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม และวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Capella ณ วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น. ที่ Alt. +24° มีค่า S.D. = 28.989

- ดาว Capella ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:10 น. ที่ Alt. +15° มีค่า S.D. = 32.261

ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าดาว Capella ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:10 น. ที่ Alt. +15° มีอัตราการกระพริบมากกว่าดาว Capella ณ วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น. ที่ Alt. +24°

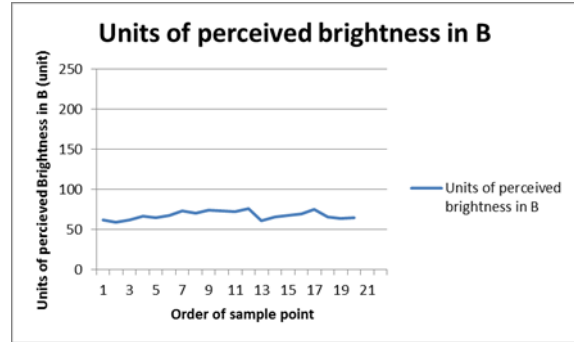
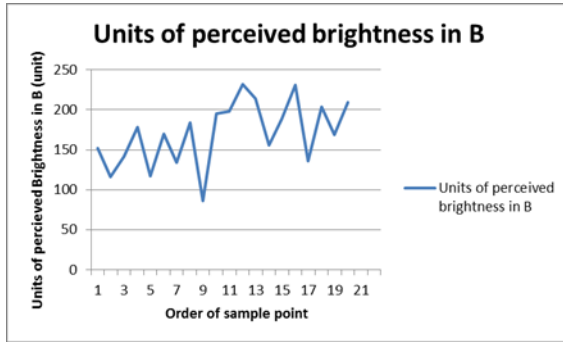
5. Sirius (วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น.) และ Rigel (วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:05 น.) : ศึกษาตัวแปร altitude



Sirius 04/12/2014 ; 21:50น. Alt. +22°



Rigel 04/12/2014 ; 22:05 น. Alt. +48°

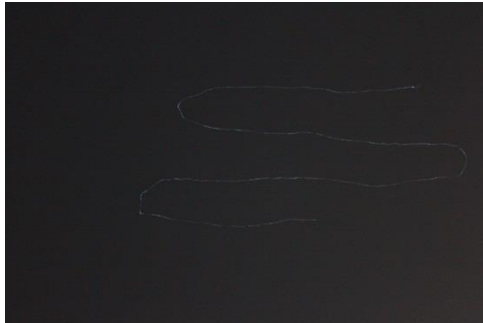


จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่าสามารถประมาณได้ว่าดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ที่ Alt. +22° มีการกระพริบมากกว่าดาว Rigel ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:05 น. ที่ Alt. +48° และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม และวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ที่ Alt. +22° มีค่า S.D. = 40.222
- ดาว Rigel ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:05 น. ที่ Alt. +48° มีค่า S.D. = 4.940

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ที่ Alt. +22° มีอัตราการกระพริบมากกว่าดาว Rigel ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:05 น. ที่ Alt. +48°

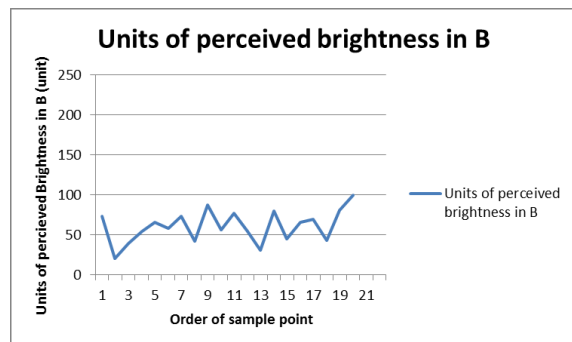
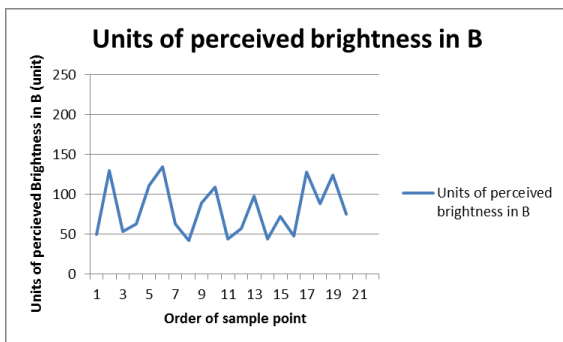
6. Vega (วันที่ 19/10/2014 เวลา 21:15 น. และ วันที่ 23/10/2014 เวลา 20:45 น.) : ศึกษาตัวแปร ความชื้น



Vega 19/10/2014 ; 21:15 น. ค่าความชื้น 86



Vega 23/10/2014 ; 20:45 น. ค่าความชื้น 80



จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่า สามารถประมาณได้ว่าดาว Vega ณ วันที่ 19/10/2014 เวลา 21:15 น. ซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 86 มีการกระพริบมากกว่าดาว Vega ณ วันที่ 23/10/2014 เวลา 20:45 น. ซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 80

และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม และวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Vega ณ เวลา 20 :45 น. เวลา 23/10/2014 ซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 80 มีค่า S.D. = 20.199

- ดาว Vega ณ เวลา 21:15 น. เวลา 19/10/2014 ซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 86 มีค่า S.D. = 32.359

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ดาว Vega ณ วันที่ 19/10/2014 เวลา 21:15 น. ซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 86 มีอัตราการกระทบมากกว่า ดาว Vega ณ วันที่ 23/10/2014 เวลา 20:45 น. ซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 80

7. Capella (วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น.) และ Rigel (วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:05 น.)

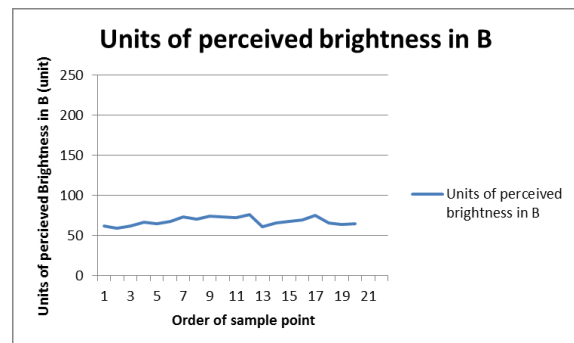
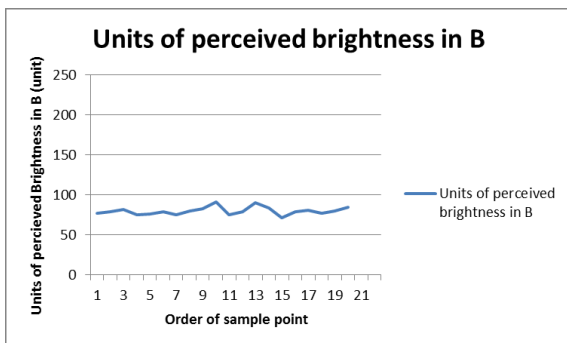
: ศึกษาตัวแปร azimuth



Capella 04/12/2014 ; 22:00 น. Azimuth = +37°



Rigel 04/12/2014 ; 22:05 น. Azimuth = +123°



จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่าสามารถประมาณได้ว่าดาว Capella ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมี Azimuth = +37° มีการกระทบเท่ากับดาว Rigel ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:05 น. ซึ่งมี Azimuth = +123°

และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมและวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

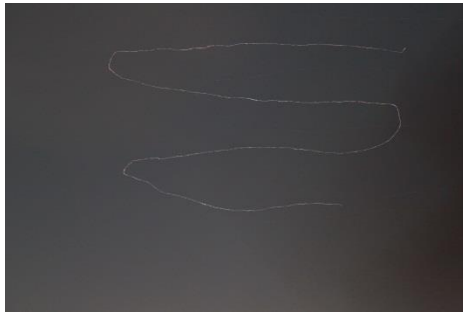
- ดาว Capella ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมี Azimuth = +37° มีค่า S.D. = 4.973

- ดาว Rigel ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:05 น. ซึ่งมี Azimuth = +123° มีค่า S.D. = 4.940

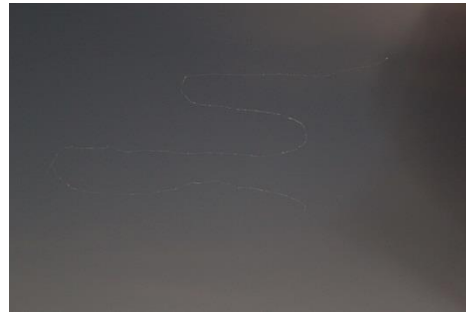
ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าดาว Capella ณ วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น. ซึ่งมี Azimuth = +37° และดาว Rigel ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:05 น. ซึ่งมี Azimuth = +123° มีอัตราการกระทบที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

8. Sirius (วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น.) และ Procyon (วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น.)

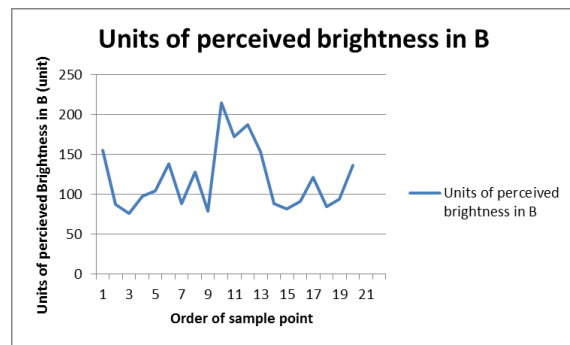
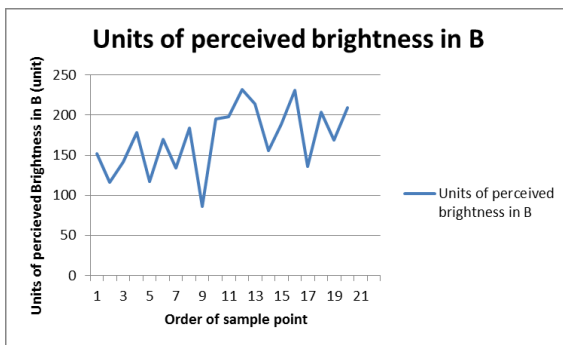
: ศึกษาตัวแปร azimuth



Sirius 04/12/2014 ; 21:50 น. Azimuth = +116°



Procyon 04/12/2014 ; 22:00น. Azimuth = +89,5°



จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่าสามารถประมาณได้ว่าดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ซึ่งมี Azimuth = +116° มีการกระพริบเท่ากับดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00น. ซึ่งมี Azimuth = +89.5° และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมและวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ซึ่งมี Azimuth = +116° มีค่า S.D. = 40.222
- ดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมี Azimuth = +89.5° มีค่า S.D. = 40.282

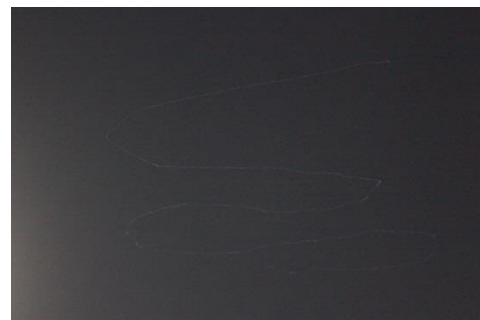
ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าดาว Sirius ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 21:50 น. ซึ่งมี Azimuth = +116° และดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมี Azimuth = +89.5° มีอัตราการกระพริบที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

9. Vega (วันที่ 23/10/2014 เวลา 20:30 น.) และ Altair (วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:00 น.)

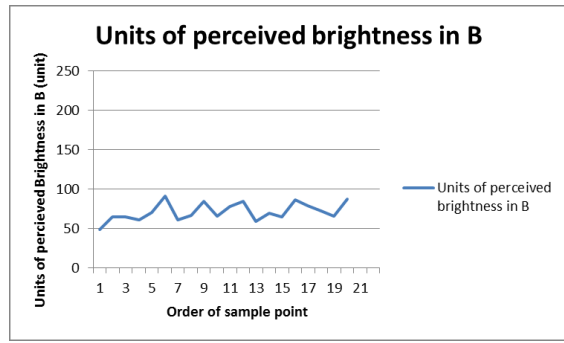
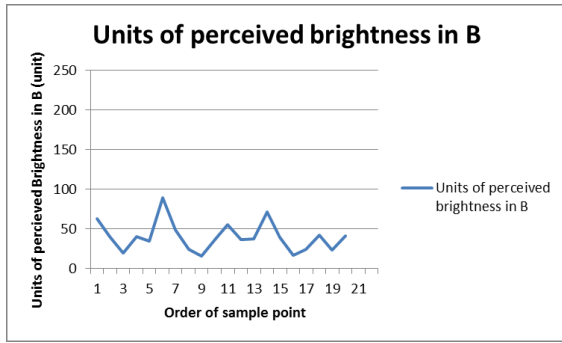
: ศึกษาตัวแปร อุณหภูมิ



Vega 23/10/2014 ; 20:30 น. อุณหภูมิเฉลี่ย 23°C



Altair 30/10/2014 ; 21:00 น. อุณหภูมิเฉลี่ย 26°C



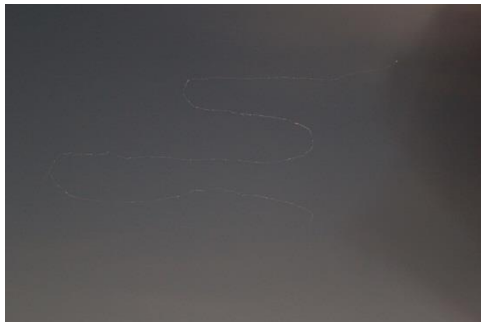
จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่าสามารถประมาณได้ว่าดาว Vega ณ วันที่ 23/10/2014 เวลา 20:30 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 23°C มีการกระพริบมากกว่าดาว Altair ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26°C และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมและวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Altair ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26°C มีค่า S.D. = 11.221
- ดาว Vega ณ วันที่ 23/10/2014 เวลา 20:30 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 23°C มีค่า S.D. = 18.659

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าดาว Vega ณ วันที่ 23/10/2014 เวลา 20:30 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 23°C มีอัตราการกระพริบมากกว่าดาว Altair ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26°C

10. Procyon (วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น.) และ Capella (วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:10 น.)

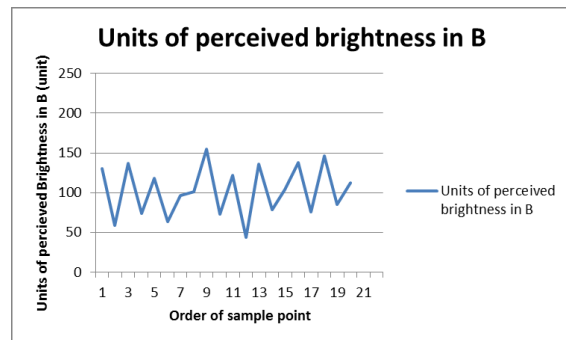
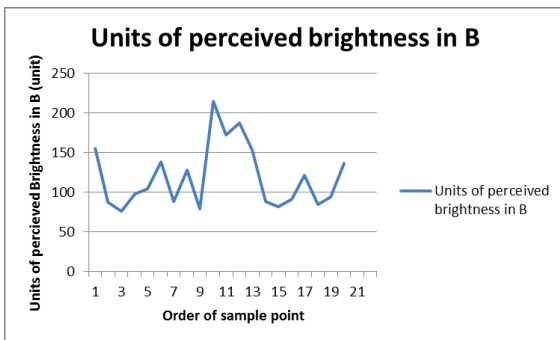
: ศึกษาตัวแปร อุณหภูมิ



Procyon 04/12/2014 ; 22:00 น. อุณหภูมิเฉลี่ย 19°C



Capella 30/10/2014 ; 21:10 น. อุณหภูมิเฉลี่ย 26°C



จากการวิเคราะห์โดยใช้ตาเปล่า สามารถประมาณได้ว่าดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 19°C มีการกระพริบมากกว่าดาว Capella ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:10 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26°C

และจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม และวิเคราะห์หาค่า S.D. ได้ผล ดังนี้

- ดาว Capella ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:10 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26°C มีค่า S.D. = 32.261

- ดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 19°C มีค่า S.D. = 40.282

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าดาว Procyon ณ วันที่ 04/12/2014 เวลา 22:00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 19°C มีอัตราการกระพริบมากกว่าดาว Capella ณ วันที่ 30/10/2014 เวลา 21:10 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26°C

11. Capella (วันที่ 22/10/2014 เวลา 22:30 น.) และ Vega (วันที่ 30/10/2014 เวลา 20:50 น.)

ศึกษาตัวแปร : แสงรบกวน (ผลการวิเคราะห์อยู่ในข้อที่ 4)

จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า นอกจาก magnitude ของดาวจะไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบแล้ว แสงรบกวนหรือมลพิษทางแสง ก็ยังไม่มีผลเช่นเดียวกัน แต่มลพิษทางแสงจะมีผลต่อการมองเห็นดาวเหล่านั้น โดยแสงจากพื้นดินจะไปบดบังวิสัยทัศน์การมองเห็นของเรา

สรุปผล

จากผลการศึกษา เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มของอัตราการกระพริบของดวงดาว พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการกระพริบของดาว(ตามตัวแปรที่ศึกษา) มีดังนี้ Altitude ของดาว, ความชื้นในอากาศและอุณหภูมิ โดยอัตราการกระพริบของดาวจะเพิ่มขึ้นเมื่อ Altitude ของดาวน้อยลงหรือเข้าใกล้ขอบฟ้ามากขึ้น มีความชื้นสูงขึ้นหรือมีอุณหภูมิต่ำลง ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบของดาว คือ Magnitude ของดาว, Azimuth ของดาว และมลพิษทางแสง โดยบริเวณที่เกิดการกระพริบในภาพนั้นสามารถสังเกตได้โดยดูจากลักษณะที่ว่า บริเวณที่เกิดการกระพริบนั้นมีขอบบริเวณที่เส้นแสงดาวขาดหายไปทันที (ภาพลักษณะนี้ ส่วนใหญ่จะเกิดจากความผิดพลาดทางเทคนิค เช่น กล้องไม่นิ่ง เป็นต้น) แต่จะเป็นบริเวณที่เส้นแสงดาวนั้นห้ร้างลงไป

อภิปราย

จากผลการศึกษาค้นคว้าของงานวิจัย เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มของอัตราการกระพริบของดวงดาว พบว่า อัตราการกระพริบของดาวจะเพิ่มขึ้นเมื่อ

1. **Altitude ของดาวน้อยลงหรือเข้าใกล้ขอบฟ้ามากขึ้น** เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของ Altitude นั้นจะเกี่ยวกับระยะทางซึ่งจะส่งผลต่อการหักเหผ่านชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Refraction) โดยที่ Atmospheric Refraction นี้จะมีค่าเป็น 0 ที่จุด Zenith (เพราะระยะทางจากอวกาศถึงผิวโลกมีค่าน้อยที่สุด) และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตาม Altitude ที่ลดลง (เพราะระยะทางจากอวกาศถึงผิวโลกมีค่ามากขึ้น)

2. **มีความชื้นสูงขึ้น** เนื่องจากความชื้นในบรรยากาศจะเกี่ยวข้องกับการหักเหของแสงในชั้นบรรยากาศ เพราะเมื่อแสงเดินทางผ่านละอองน้ำในอากาศ แสงจะเกิดการหักเหและเลี้ยวเบน ทำให้เกิดการกระพริบขึ้น

3. **มีอุณหภูมิต่ำลง** เพราะอุณหภูมิจะสัมพันธ์กับความหนาแน่นของอากาศ โดยเมื่ออุณหภูมิต่ำ โมเลกุลของอากาศจะอยู่ห่างกัน ทำให้ความหนาแน่นต่ำ แสงหักเหได้น้อย ส่วนอุณหภูมิต่ำ โมเลกุลของอากาศจะอยู่ใกล้กัน ทำให้ความหนาแน่นของอากาศสูง แสงหักเหได้มาก

ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบของดาว คือ

1. **Magnitude ของดาว** ไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบของดาว เพราะ magnitude ที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นจะมีผลแค่กับความสว่างของดาว แต่ไม่มีผลต่อการหักเหของแสงผ่านชั้นบรรยากาศ

2. **มลพิษทางแสง** นอกจาก magnitude ของดาวจะไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบแล้ว แสงรบกวน หรือ มลพิษทางแสง ก็ยังไม่มีผลเช่นเดียวกัน แต่มลพิษทางแสงจะมีผลต่อการมองเห็นดาวเหล่านั้น โดยแสงจากพื้นดินจะไปบดบังวิสัยทัศน์การมองเห็นของเรา

3. **Azimuth ของดาว** ไม่มีผลต่ออัตราการกระพริบของดาว

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการดาราศาสตร์ เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มของอัตราการกระพริบของดวงดาว สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจาก คุณครูพรรณพร บุญทศ คุณครูที่ปรึกษา โครงการ ที่กรุณาส่งเสริมสนับสนุน ให้คำปรึกษา แนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการมานิต เขียวศรี ผู้อำนวยการโรงเรียนยโสธรพิทยาคม และผู้อำนวยการ สุภาพร สุนทรหา อดีตผู้อำนวยการโรงเรียนยโสธรพิทยาคม และคณะครูโรงเรียนยโสธรพิทยาคม ทุกท่าน ที่ให้ความเมตตา สนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ศิษย์ตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณมณฑิลา ตั้งมดิธรรม และคุณธีระยุทธ ลอยธิป ที่ปรึกษาโครงการและเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และสนับสนุนการทำโครงการดาราศาสตร์ขึ้นนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ปิยวัฒน์ บุตรสมบัติ

เอกสารอ้างอิง

กล้อง Canon EOS 550D

แอปพลิเคชัน Star Walk. Vito Technology, Inc.

โปรแกรม MaxIm DL 6 . Cyanogen™ Imaging Products

มณฑิลา ตั้งมดิธรรม , **คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ**, สำนักบริการวิชาการและสารสนเทศ

ทางดาราศาสตร์, กันยายน 2556.

Historical Weather (ออนไลน์)

แหล่งที่มา : <http://www.wunderground.com/history/สืบค้นเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2557>

Atmospheric Refraction (ออนไลน์)

แหล่งที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_refractionสืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2557

Why do stars twinkle?(ออนไลน์)

แหล่งที่มา : http://www.weather.gov.hk/education/edu06nature/ele_star_e.htm#q2 สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2557

เรื่องน่ารู้ของดวงตะวัน แสงตะวัน และรุ้งกินน้ำ(ออนไลน์)

แหล่งที่มา : <http://www.magnoliathailand.com/webboard/index.php?topic=12857.5;wap2>
สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2557

Using Excel to do Basic Statistical Tests

แหล่งที่มา: <http://depts.alverno.edu/nsmt/stats.htm> สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม 2557

คาบการแปรแสงของระบบดาวคู่อุปราคา V357 peg

นางสาวรัตนาดี ทิฆะวงษ์

e-mail:Rattanawadee.tkv@gmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา นายชูชาติ แพน้อย

โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ ๓ ฉะเชิงเทรา

บทคัดย่อ

โครงการนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบดาวคู่ โดยเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่วันที่ 7 กันยายน 2555 ถึง 15 มกราคม 2556 เพื่อที่จะศึกษาหาคาบการแปรแสง ประเภทดาวคู่อุปราคา (Eclipsing Binaries) ที่พิกัด RA 23h 45m 35.06s, Dec +25° 28' 28.94" (V357 Peg) ลักษณะการแปรแสงระหว่างดาวสองดวงเกิดจากการเคลื่อนที่บังกัน (Eclipse) ส่งผลให้ค่า Magnitude ในแต่ละช่วงแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟแสง (Light Curve) และกราฟแสงที่ได้นั้น สามารถนำมาหาคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ได้

เนื่องจากผู้จัดทำมีความสนใจการแปรแสงของระบบดาวคู่อุปราคา จึงศึกษาการแปรแสงของระบบดาวคู่อุปราคา (V357 Peg) เพื่อหาคาบการแปรแสง การศึกษารั้งนี้ได้รับความร่วมมือจาก สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และ University of North Carolina ในการส่งถ่ายภาพเพื่อเก็บข้อมูล โดยใช้ PROMPT telescopes ประเทศชิลี หลังจากที่ได้ภาพมาแล้ว นำภาพมาวิเคราะห์เพื่อ หาตำแหน่งของระบบดาวคู่อุปราคา (V357 Peg) จากนั้นนำตำแหน่งที่ได้ มาหาค่าของข้อมูลที่เป็น Magnitude แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นกราฟแสง (Light Curve) จากนั้นนำกราฟแสงที่ได้มาหาคาบการแปรแสง จากผลการศึกษาและเก็บข้อมูล ได้คาบการแปรแสงของ V357 Peg ประมาณ 0.80 วัน

บทนำ

ระบบดาวคู่โดยทั่วไปนั้นมีอยู่ 4 ลักษณะคือ ระบบดาวคู่แบบมองเห็นแยกกัน ระบบดาวคู่แบบการวัดทางดาราศาสตร์ ดาวคู่แบบสเปกโทรสโคปี และระบบดาวคู่แบบอุปราคา ในที่นี้เราจะศึกษาเกี่ยวกับระบบดาวคู่อุปราคาซึ่งเป็นระบบดาวคู่ที่จะสังเกตเห็นเป็นดาวดวงเดียวเท่านั้น เนื่องจากดาวทั้งสองอยู่ใกล้กัน และมีระนาบการโคจรอยู่ในแนวใกล้เคียงกับระดับสายตา แต่จะสามารถสังเกตเห็นการแปรแสงของดาวโดยการถ่ายภาพแสงซึ่งบันทึกข้อมูลของแต่ละช่วงเวลาเพื่อหาการเพิ่มหรือลดของแสงภายในระบบดาวที่สังเกต ลักษณะของกราฟแสงที่มีการลด เกิดจากดาวทั้งสองโคจรมาบังกันภายในระบบดาวตามแนวสังเกตการณ์ และลักษณะของกราฟแสงที่มีการเพิ่ม เกิดจากดาวทั้งสองโคจรออกจากการบังกันภายในระบบดาวตามแนวสังเกตการณ์ซึ่งเวลาที่คาบการแปรแสงกลับมาที่ตำแหน่งเดิมจากจุดที่เริ่มสังเกตเรียกว่า คาบ

ระบบดาวคู่อุปราคา V357 peg เป็นระบบดาวที่มีดาวสองดวงโคจรรอบและติดกัน อาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งในด้านของสมบัติทางกายภาพ วิวัฒนาการ และเปลี่ยนแปลงการแปรแสงของระบบได้ คาบการแปรแสงเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในการที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การบ่งบอกประเภทของแต่ละระบบที่ศึกษา การหาอัตราเร็ว นอกจากนี้ คาบการแปรแสง ยังสามารถนำไปสู่การคำนวณหา

มวด หรือระยะห่างระหว่างระบบดาวคู่ จนกระทั่งนำไปสู่การกำเนิด และวิวัฒนาการ รวมไปถึงการนำมาสร้างแบบจำลองระบบของดาวคู่ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาการหาคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่อุปราคา V357 peg ที่พิกัด RA 23h 45m 35.06s, Dec +25° 28' 28.94" และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการหาผลกระทบที่เกิดขึ้นภายในระบบ นำไปเป็นพื้นฐานในการศึกษา หาคาบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ วิวัฒนาการของระบบดาวคู่อุปราคา และนำไปสู่การค้นพบอันเนื่องมาจากค่าของกราฟแสงที่เปลี่ยน ต่อไป

ขอบเขตการศึกษาโครงการ

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบดาวคู่อุปราคา V357 peg อยู่ในกลุ่มดาว Pegasus การนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในกราฟแสง และศึกษาในช่วงระหว่างเดือน กันยายน ถึง ธันวาคม 2555

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ศึกษา เรียนรู้เรื่องของระบบดาวคู่อุปราคา การใช้ Software ต่างๆที่ใช้ทางด้านดาราศาสตร์ ฝึกทักษะการเขียนรายงานเชิงวิชาการ การวางแผนอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนการทำงาน และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาเพื่อนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ๆได้

วิธีการศึกษา

1. เลือกฐานข้อมูลที่จะนำมาศึกษาคาบการแปรแสง เลือกจากระบบที่มีคาบการแปรแสงที่สั้น และสามารถถ่ายภาพด้วย PROMPT telescopes ในช่วงระหว่างเดือน กันยายน ถึง ธันวาคม 2555 จึงเลือก V357 Peg โดยได้รับการอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์บุญรักษา สุนทรธรรม ในเรื่องของฐานข้อมูล

2. ถ่ายภาพด้วย PROMPT telescopes (CTIO: Cerro Tololo Inter-American Observatory) ใช้ฟิลเตอร์ V เปิดหน้ากล้อง 10 วินาที ความถี่ 15 นาที ต่อ 1 ภาพ

3. นำภาพที่ได้มาหาตำแหน่งของ V357 Peg และ หาตำแหน่ง Magnitude ของดาวอ้างอิง

4. ภาพที่รู้ตำแหน่งแล้วนำมาหาค่า Flux

5. นำข้อมูลที่ได้ (Flux) ไปหาค่า Apparent Magnitude ของดาวที่ศึกษาต่อโดยใช้สูตร $m_2 = m_1 + 2.5 \log(f_1 / f_2)$

โดยที่ m_2 คือ Apparent Magnitude ดาวที่ศึกษา

m_1 คือ Apparent Magnitude ดาวอ้างอิง

f_1 คือ Flux ดาวอ้างอิง

f_2 คือ Flux ดาวที่เราศึกษา

6. หลังจากได้ค่า Apparent Magnitude แล้วก็นำมาทำ Light Curve จะได้ ส่วนของคาบที่เฟสยังไม่ตรงกัน จึงต้องใช้วิธี Period Stacking โดยการนำส่วนของคาบในแต่ละชุดข้อมูลมาเรียงต่อกัน โดยพิจารณาจากส่วนที่ใกล้เคียงกันมาต่อกันด้วยมือจนครบคาบ

7. นำกราฟที่ได้มาวิเคราะห์คาบการแปรแสง ณ ตำแหน่งที่ Apparent Magnitude กลับมาใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งให้เป็นจุดเริ่มต้น

สภาพอากาศไม่อำนวยต่อการเก็บข้อมูลอยู่บ่อยครั้ง เช่น ลมแรง หรือ ในวันที่มีแสงดวงจันทร์รบกวน การหาค่า Flux และขั้นตอนนำข้อมูลมาสรุปผลเป็น Light Curve ตอนที่เลื่อนให้เฟสตรงกันค่าที่ใช้เป็นการหาค่าโดยใช้มือ จึงอาจจะมี ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า เป็นดาวแปรแสงและคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่อุปราคา V357 peg มีคาบการแปรแสงที่ Magnitude ระหว่าง 8.2 ถึง 9.1 โดยคาบการแปรแสงประมาณ 0.80 วัน

อภิปราย

หลังจากทำวิธี Period Stacking สามารถสังเกตลักษณะของกราฟของระบบดาวคู่นี้ได้ จากกราฟแสงสามารถประมาณคาบการแปรแสงประมาณ 0.8 วัน เนื่องจากสภาพอากาศไม่อำนวย เป็นผลมาจากลม หรือแสงจากดวงจันทร์ ซึ่งส่งผลให้มีขีดจำกัดในการสังเกตการณ์ และในขั้นตอนการ Period Stacking ทำโดยการเลื่อนตำแหน่งของกราฟแต่ละช่วงมาเรียงต่อกันด้วยมืออาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการงานวิจัยดาราศาสตร์นี้ได้รับการสนับสนุนโดยโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษานักวิทยาศาสตร์ที่เลี้ยงจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือ และสนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม (2550), ดาราศาสตร์ฟิสิกส์ พิมพ์ครั้งที่ 1: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อาริยา มณีสม. ดาราศาสตร์(ระบบดาวคู่). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.learners.in.th/blogs/posts/456276>. (วันที่ค้นข้อมูล : 7 กันยายน 2555).

วิภู ธิปไตย. การค้นหาดาวแปรแสง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://lesawiki.com/index.php?title=%E0%B8%94%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B9%81%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87>. (วันที่ค้นข้อมูล : 1 ตุลาคม 2555).

มติพล ตั้งมติธรรม. Period Stacking. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://lesawiki.com/index.php?title=Period_Stacking&oldid=179. (วันที่ค้นข้อมูล : 16 พฤศจิกายน 2555).

การศึกษาคาบการโคจรของดาวคู่อุปราคา V396 Peg

นางสาวมุกชิดา ขำมี

E-Mail moukthida05@gmail.com

โรงเรียนหกลีบพรรณาวិทยาคม อุบลราชธานี

คุณครูที่ปรึกษา

นางสาวยุพาพรรณ วรรณสาย

บทคัดย่อ/Abstract

การศึกษาคาบการโคจรของดาวคู่อุปราคา V396 Peg มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคาบการโคจรของดาวคู่อุปราคา V396Peg โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ จากกล้อง PROMPT (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ณ Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ประเทศชิลี ใช้ฟิลเตอร์ V ในการถ่ายภาพ และทำการวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี (photometry) เพื่อหาความสว่างปรากฏเปรียบเทียบกับดาวอ้างอิง และสร้างกราฟแสง (Light Curve) เพื่อหาคาบการโคจรของดาวคู่อุปราคา V396Peg ทำให้ทราบว่าดาวคู่อุปราคาดังกล่าวมีคาบการโคจรรอบกันประมาณ 0.334 วัน หรือ 8.016 ชั่วโมง กราฟแสงมีความลึกช่วงอุปราคาปฐมภูมิ และอุปราคาทุติยภูมิ ไม่ต่างกันมาก เนื่องจากดาวทั้งสองดวงมีความสว่างในช่วงความยาวคลื่นของฟิลเตอร์ V ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ความเป็นไปได้ที่ดาวสองดวงจะสว่างใกล้เคียงกันคือดาวทั้งสองดวงอาจมีขนาดและอุณหภูมิพื้นผิวไม่ต่างกันมาก

บทนำ/Introduction

ระบบดาวคู่ เป็นระบบที่ประกอบด้วยสมาชิก 2 ดวง และอยู่ภายใต้สนามความโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน สมาชิกของระบบดาวคู่แต่ละดวง จะโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลร่วมกัน ระบบดาวคู่อุปราคาสามารถจำแนกได้ทั้งหมด 3 ประเภท คือ ระบบดาวคู่อุปราคาแบบแยกกัน (Detached Binary System) ระบบดาวคู่อุปราคาแบบกึ่งแยกกัน (Semi-detached Binary System) และระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน (Contact Binary System)

ดาวคู่อุปราคา V396 Peg มีพิกัดตำแหน่ง RA เท่ากับ 23h 32 m 32.5s และ Dec เท่ากับ +10° 33' 19.5" เป็นดาวคู่อุปราคา ประเภทดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ (W Ursa Majoris) จัดเป็นระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน (Contact Binary System) โดยสมาชิกทั้งสองดวงจะเป็นดาวแคระ (Dwarfs) มีขนาดและความสว่างพอๆกัน สมาชิกทั้งสองดวงอยู่ใกล้กันมาก รูปร่างของสมาชิกแต่ละดวงจึงบิดเบี้ยว

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคาบการโคจรของดาวคู่อุปราคา V396Peg โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ จากกล้อง PROMPT (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) ผ่าน Filter V และทำการวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี นำค่า Intensity ไปคำนวณหาความสว่างปรากฏเปรียบเทียบกับดาวอ้างอิง จากสมการ $m_1 - m_2 = -2.5 \log (f_1 / f_2)$ และนำไปสร้างกราฟแสง เพื่อหาคาบการโคจรรอบกันของดาวคู่อุปราคา V396Peg

ขั้นตอนการศึกษา/Procedure

1. ถ่ายภาพดาว ด้วยกล้อง PROMPT8 ณ Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ในฟิวเจอร์ V โดยระยะเวลาการเปิดหน้ากล้อง 60 วินาที ถ่ายภาพทุกๆ 30 นาที
2. วิเคราะห์
3. ทำการวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี เพื่อนำค่า Intensity ไปคำนวณหาความสว่างปรากฏของดาวคู่อุปราคา V396 Peg เปรียบเทียบกับดาวอ้างอิง จากสมการ

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log (f_1 / f_2)$$

เมื่อ m_1 คืออันดับความสว่างของดาวที่ศึกษา

m_2 คืออันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิง

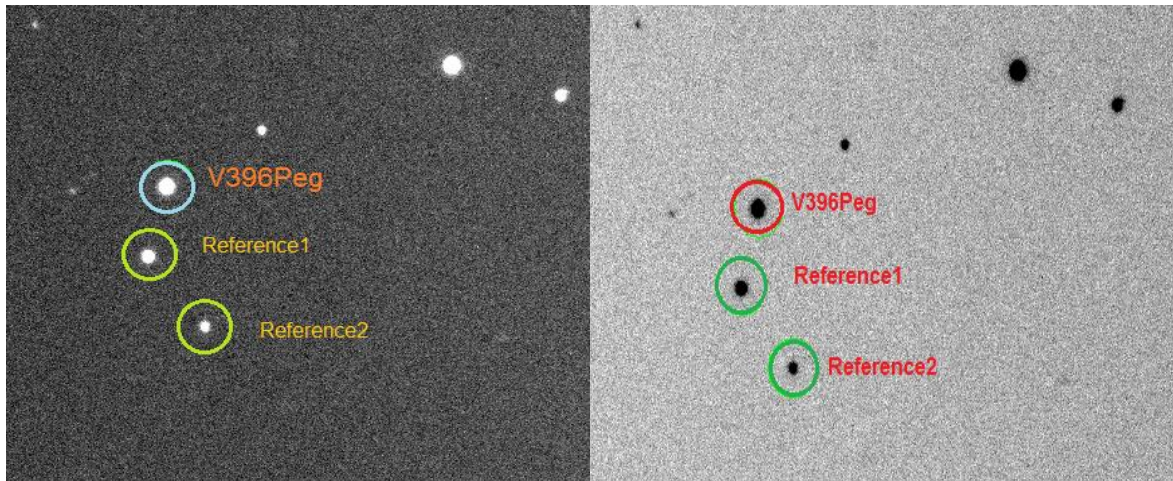
f_1, f_2 คือค่า Intensity ของดาวที่ศึกษาและดาวอ้างอิงตามลำดับ

4. สร้างกราฟแสง (Light curves) โดยให้แกน X อยู่ในรูปของเวลา (วัน) ซึ่งได้จากการนำจูเลียนเดท (JD) ของภาพถ่าย ลบ จูเลียนเดท (JD) ที่เกิดอุปราคาปฐมภูมิ ที่ได้จากสมการ Ephemerid : $2452500.1643 + E \times 0.3422861$ และแกน Y ของกราฟแสงอยู่ในรูปของอันดับความสว่าง (Magnitude)

5. วิเคราะห์ข้อมูลกราฟแสงเพื่อหาคาบการโคจรรอบกันของดาวคู่อุปราคา V396 Peg

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งดาวคู่อุปราคา V396 Peg และดาวอ้างอิง

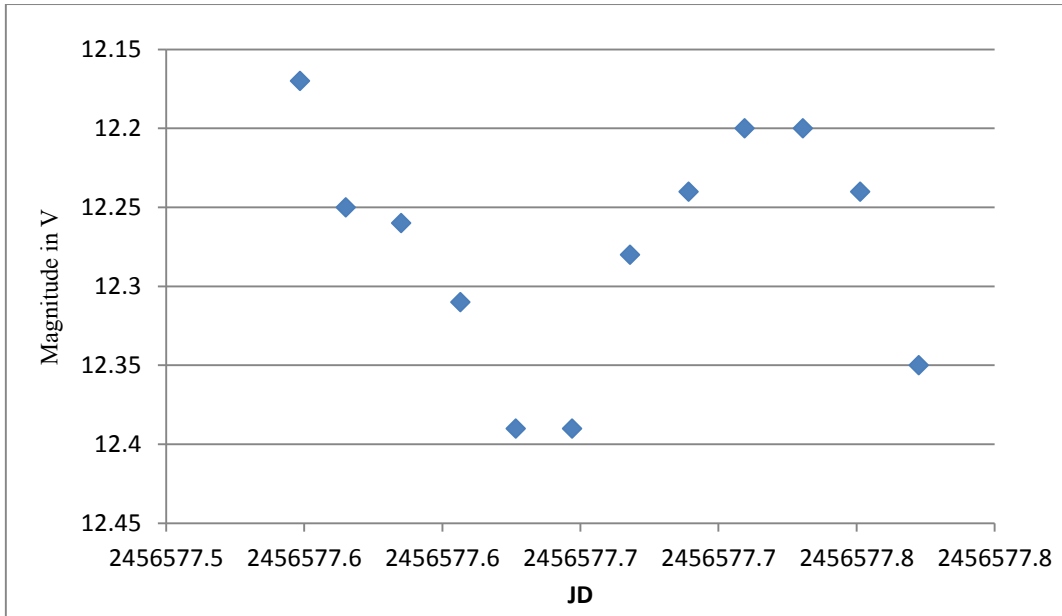
Star	ตำแหน่ง RA	ตำแหน่ง Dec	Magnitude in V
V396Peg	23h 32m 32.5s	+10° 33' 19.5"	
ดาวอ้างอิง1 (Reference1)	23h 32m 33.072s	+10° 32' 44.39"	13.23
ดาวอ้างอิง2 (Reference2)	23h 32m 31.200s	+10° 32' 11.10"	14.60



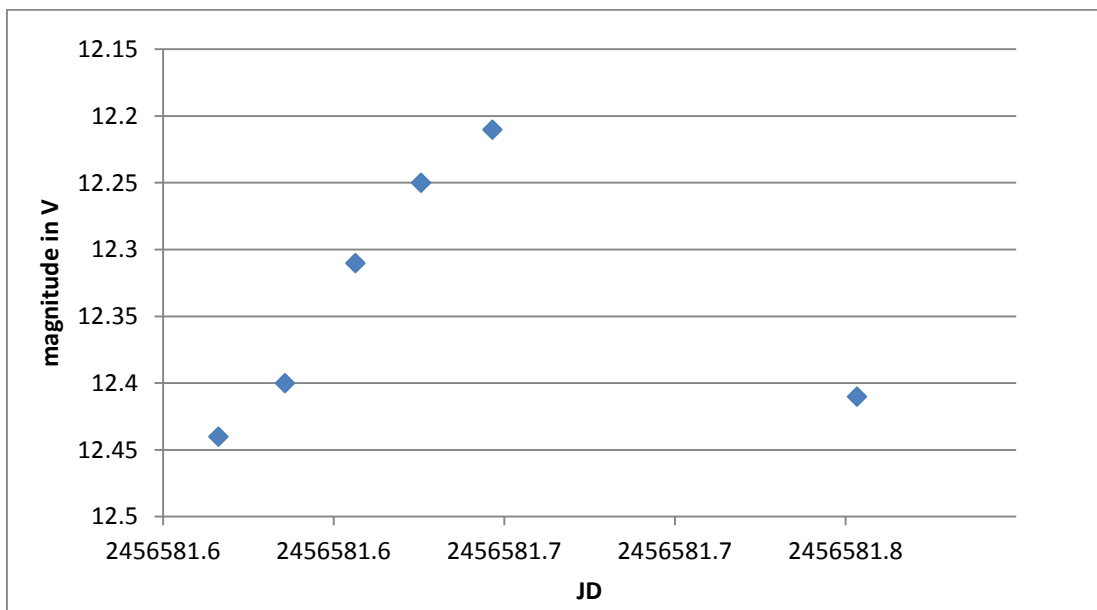
ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งดาวคู่อุปราคา V396Peg และดาวอ้างอิง

ผลการศึกษา & วิเคราะห์ข้อมูล/Results & Data Analysis

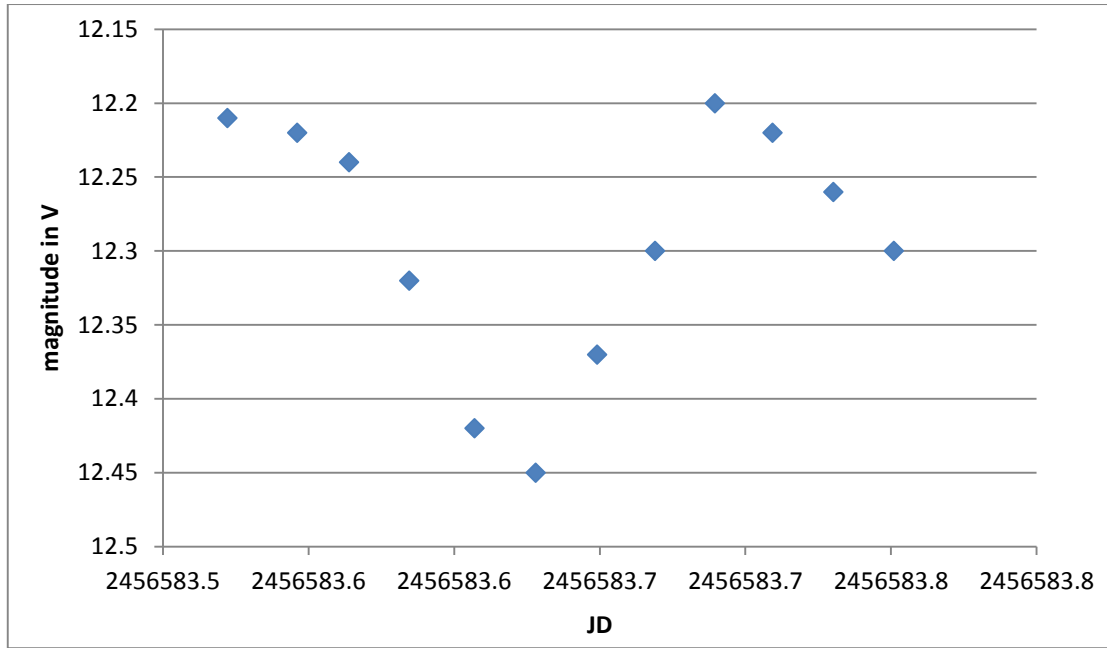
การศึกษาคาบการโคจรรอบกันของดาวคู่อุปราคา V396 Peg จากการทำการวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตริก คำนวณความสว่างปรากฏเปรียบเทียบกับดาวอ้างอิง และนำไปสร้างกราฟแสง โดยให้แกน X อยู่ในรูปของเวลา (Day) และแกน Y ของกราฟแสงอยู่ในรูปของอันดับความสว่าง (Magnitude) ได้ข้อมูลกราฟแสงดังนี้



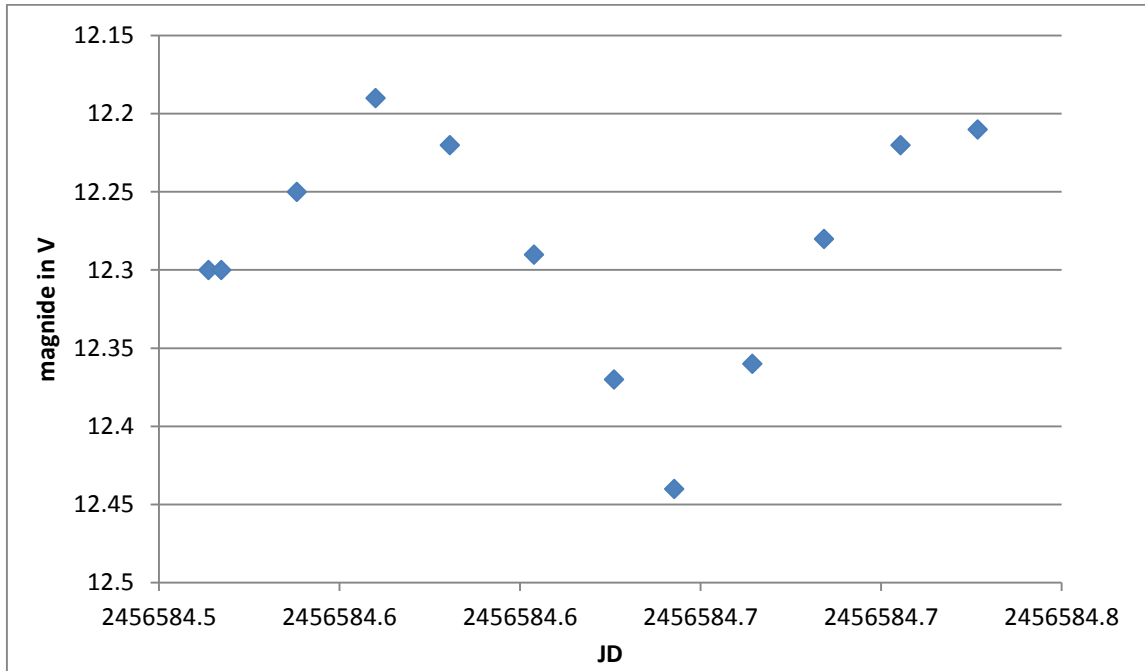
ภาพที่ 2 กราฟแสดงแสดงอันดับความสว่างของดาวคู่อุปราคา V396Peg ในวันที่ 12 ตุลาคม 2556 ระหว่าง 01.00-06.30 UT



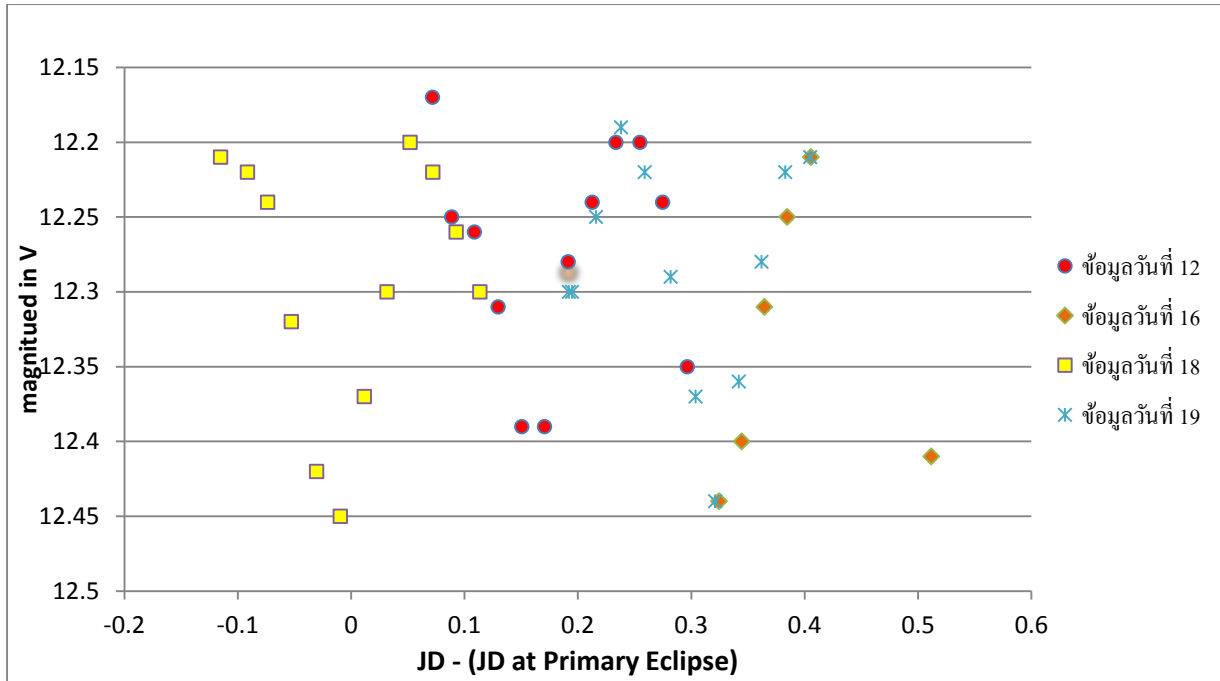
ภาพที่ 3 กราฟแสดงแสดงอันดับความสว่างของดาวคู่อุปราคา V396Peg ในวันที่ 16 ตุลาคม 2556 ระหว่าง 01.30-06.00 UT



ภาพที่ 4 กราฟแสดงแสดงอันดับความสว่างของดาวคู่อุปราคา V396Peg ในวันที่ 18 ตุลาคม 2556 ระหว่าง 00.30-06.00 UT



ภาพที่ 5 กราฟแสดงแสดงอันดับความสว่างของดาวคู่อุปราคา V396Peg ในวันที่ 19 ตุลาคม 2556 ระหว่าง 23.50-05.50 UT



ภาพที่ 6 กราฟแสงของดาวคู่อุปราคา V396 Peg ในช่วงความยาวคลื่นของฟิวเตอร์ V

อภิปราย/Discussion

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟแสงดาวคู่อุปราคา V396 Peg พบว่าดาวคู่อุปราคาดังกล่าวมีการโคจรรอบกัน ประมาณ 0.334 วัน โดยคำนวณจากตำแหน่งต่ำสุดของกราฟ 2 ตำแหน่ง หรือระยะห่างระหว่างการเกิดอุปราคาปฐมภูมิ 2 ครั้งที่อยู่ติดกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ -0.0095 และ 0.3245 วัน ซึ่งจากกราฟแสงดาวคู่อุปราคา V396Peg เกิดช่วงอุปราคาปฐมภูมิ มีค่าอันดับความสว่าง 12.45 และเกิดอุปราคาทุติยภูมิ มีค่าอันดับความสว่าง 12.39 กราฟแสงมีความลึกช่วงอุปราคาปฐมภูมิ และอุปราคาทุติยภูมิ ไม่ต่างกันมาก เนื่องจากดาวทั้งสองดวงมีความสว่างในช่วงความยาวคลื่นของฟิวเตอร์ V ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ความเป็นไปได้ที่ดาวสองดวงจะสว่างใกล้เคียงกันคือ ดาวทั้งสองดวงอาจมีขนาดและอุณหภูมิพื้นผิวไม่ต่างกันมาก และจากกราฟแสงที่ได้สามารถนำไปศึกษาต่อถึงลักษณะทางกายภาพต่างๆของระบบดาวคู่ V396Peg อาทิ มวล การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร รวมทั้งลักษณะทางกายภาพอื่นๆ

สรุปผล/Summary

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ดาวคู่อุปราคา V396 Peg เพื่อหาคาบการโคจรรอบกันของดาวคู่อุปราคา V396Peg ซึ่งเป็นดาวคู่อุปราคาประเภทดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ พบว่า มีการโคจรรอบกัน ประมาณ 0.334 วัน หรือ 8.016 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ/Acknowledgement

ผู้จัดทำขอขอบคุณ คุณครูอุพาพรรณ วรรณสาย คุณครูที่ปรึกษาโครงการ และพี่เลี้ยงจาก สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ สำหรับข้อเสนอแนะ คำแนะนำ เทคนิควิธีต่างๆ และโครงการวิจัยดาราศาสตร์นี้ ได้รับการสนับสนุนโดยโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

อ้างอิง/Reference

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550).ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ.เชียงใหม่ หน้า 328 – 349.

ยุทธนา บุญทา. (2551). รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา ประเภทอัลกอล BN Peg. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(การสอนฟิสิกส์).หน้า 23-70.

การวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยใช้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด

นางสาวบุษราคัม นามยุคา

email: bootsarakam@gmail.com

โรงเรียนหกลีบพรรณษาวิทยาคม อุบลราชธานี

อาจารย์ที่ปรึกษา

นางสาวยุพาพรรณ วรรณสาย

วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2556

บทคัดย่อ/Abstract

การวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยใช้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกราฟการแปรแสง และวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยกระจุกดาวทรงกลมที่เลือกศึกษามีสองกระจุกดาว คือ NGC7089 และ NGC5139 ตามลำดับ ใช้ข้อมูลภาพถ่ายกระจุกดาวทรงกลมจาก กล้อง Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes (PROMPT5) ณ ประเทศชิลี เป็นภาพถ่ายใน filter Vสร้างกราฟแสงของดาวเซฟีอิดโดยวิธีการทำ Aperture Photometry แล้ววัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม

จากการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์พบว่ากระจุกดาวทรงกลม NGC7089 มีระยะทางห่างจากโลกเป็นระยะทาง 36,000 ปีแสง และ NGC5139 มีระยะทางห่างจากโลกเป็นระยะทาง 20,000ปีแสง

บทนำ/Introduction

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการที่ทำเพื่อวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยใช้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิดโดยที่กระจุกดาวทรงกลม คือ กระจุกดาวที่มีดาวฤกษ์รวมกันอยู่ได้โดยแรงโน้มถ่วงระหว่างกันและมีดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่รวมกันเป็นก้อนทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระจุกดาวมีตั้งแต่หลายสิบลปีแสงเป็นต้นไป และดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด (Cepheid Variable Star) คือดาวขนาดใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของธาตุฮีเลียมบนพื้นผิว เมื่อ He^+ สูญเสียประจุกลายเป็น He^{2+} ทำให้ดาวมีลักษณะทึบแสง และสามารถดูดกลืนแสงได้ง่าย ทำให้ผิวร้อนขึ้นจึงมีการพองตัวออกและจะเกิดการเย็นตัวลงกลับมาเป็น He^+ ซึ่งโปร่งแสง จะเกิดการยุบ-ขยายตัวในลักษณะนี้ซ้ำไปซ้ำมา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิดมีความสัมพันธ์ระหว่าง

คาบ คือมีคาบการแปรแสงที่สม่ำเสมอและมีกำลังการส่องสว่างที่ชัดเจน นักดาราศาสตร์จึงกำหนดให้เป็นเทียนมาตรฐานที่ใช้ในการวัดระยะห่างระหว่างโลกกับวัตถุในอวกาศ โดยขอบเขตของการศึกษาคือ การสร้างกราฟแสงของดาวเซฟีอิด ซึ่งเป็นดาวเซฟีอิดประเภท Type II Cepheid ในกระจุกดาวทรงกลมเพื่อหาคาบการแปรแสง และวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลม โดยใช้หลักการการหาโมดูลัสของระยะทาง กล่าวคือ ถ้าหากทราบค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ และค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ย ก็สามารถวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลมได้ โดยใช้สมการการหาระยะทาง $m - M = 5 \log(d) - 5$ โดยที่ m คือแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ย, M คือแมกนิจูดสัมบูรณ์ และ d คือระยะทางระหว่างโลกกับดาวเซฟีอิดดวงที่ศึกษาโดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีหน่วยเป็น parsec และมีสมการที่เกี่ยวข้องในการทำการศึกษาครั้งนี้ คือ

สมการการหาแมกนิจูดปรากฏ $m_1 - m_2 = -2.5 \log(f_1 / f_2)$ โดยที่ m_1 และ f_1 คือแมกนิจูดของดาวอ้างอิงที่เราทราบค่าแน่นอนอยู่แล้ว และค่า values ของดาวอ้างอิงตามลำดับส่วน m_2 และ f_2 คือแมกนิจูดของดาวเป้าหมายที่ต้องการทราบและค่า values ของดาวเป้าหมายเช่นกัน สมการการหาแมกนิจูดสัมบูรณ์ $M_V = -1.64 \log P + 0.05$ โดยที่ M_V คือค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ในภาพถ่าย filter V และ P คือคาบการแปรแสงของดาวที่หาได้จากการ plot กราฟ

ประโยชน์ที่ได้จากการทำโครงการวิจัย คือ ทำให้เราทราบถึงคาบการแปรแสงของดาวและทำให้เราได้ทราบถึงระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 และ NGC5139 และหากต้องการทราบระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลมอื่นๆ สามารถทำได้เช่นกันโดยสามารถใช้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปได้

ขั้นตอนการศึกษา/Procedure

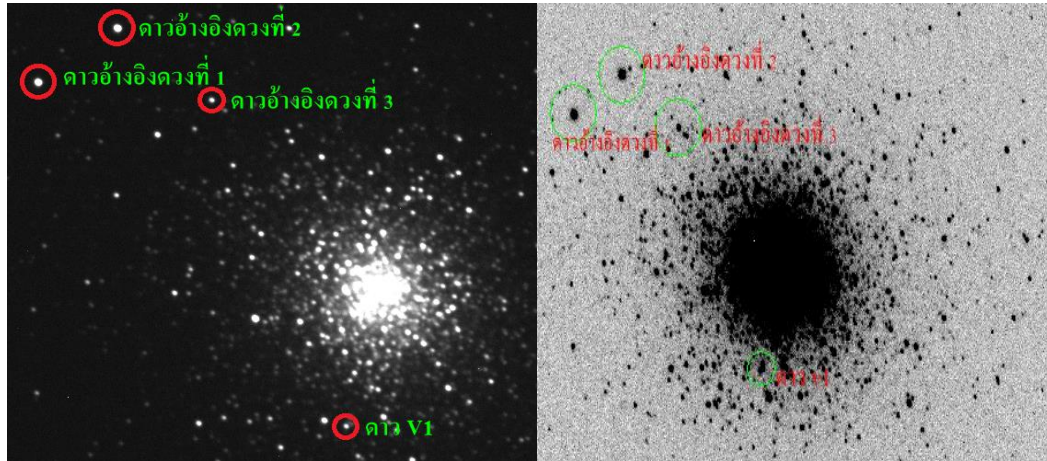
โครงการวิจัยการวัดระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลมโดยใช้ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิดสามารถทำได้โดยการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อโครงการซึ่งได้แก่ ศึกษาประเภทของดาวเซฟีอิดที่ศึกษา ศึกษาโปรแกรมที่จำเป็นต้องใช้ในการทำโครงการ, เลือกดาวที่เราสามารถใช้ศึกษาได้ในระยะเวลาที่ต้องการศึกษา และศึกษาสมการที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิจัยนี้ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการครั้งนี้คือ กล้อง Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes (PROMPT5) ถ่ายภาพกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 และ NGC5139 โดยใช้ filter V ในระบบมาตรฐาน UVB System ใช้เวลาในการเปิดหน้ากล้อง 40 วินาที และ 45 วินาที ตามลำดับของ

กระจุกดาวทรงกลม โดยส่งถ่ายทุกวันวันละ 1 ภาพ และนำภาพถ่ายที่ได้ในแต่ละวัน ไปตรวจสอบ ตำแหน่งดาวเซฟีอิด V1 ใน NGC7089 และ V29 ใน NGC5139 และหาดาวอ้างอิงประเภท star หรือ ดาวอ้างอิงที่ไม่เป็นดาวแปรแสงจาก SIMBAD

เมื่อทราบตำแหน่งดาวแปรแสงและดาวอ้างอิงขั้นตอนต่อไปเป็นการวัดความสว่างโดยวิธีการทำ Aperture Photometry เทียบกับดาวอ้างอิงสามดวงโดยเลือกใช้โปรแกรม Iris เมื่อทำ Aperture Photometry ก็จะทราบค่า Intensity แล้วนำค่า Intensity ที่ได้นี้ไปหาแมกนิจูดปรากฏของแต่ละวัน โดยแทนในสมการ $m_1 - m_2 = -2.5 \log (f_1 / f_2)$ เมื่อทราบแมกนิจูดปรากฏของแต่ละวันแล้วให้นำไป plot เป็นกราฟแสง เพื่อหาคาบการแปรแสง เมื่อกราฟแสงสมบูรณ์แล้วจะต้องนำค่าแมกนิจูดปรากฏของแต่ละวันของดาวทุกภาพมาเฉลี่ยรวมกัน เพื่อให้ทราบแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ย (m) ของดวงดาว และวัดคาบการแปรแสงโดยการนำค่า JD ของภาพถ่ายดาวจุดครบคาบการแปรแสงมาลบกับค่า JD ของภาพถ่ายดาวจุดเริ่มต้นคาบการแปรแสง ($JD_{\text{last of period}} - JD_{\text{start of period}}$) เมื่อทราบคาบการแปรแสงจากการ plot กราฟแสงแล้วจะต้องนำค่าคาบที่ได้นี้ไปหาค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ (M) โดยแทนลงในสมการ $M_V = -1.64 \log P + 0.05$ เมื่อทราบค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ยและค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวัดระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลมโดยสมการ $m - M = 5 \log (d) - 5$ โดยหน่วยที่ได้จะเป็น parsec โดย 1 parsec จะมีค่าประมาณ 3.26 ปีแสง

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล/Results and Data Analysis

- ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด V1 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC7089



(ก)

(ข)

ภาพที่ 1: ภาพถ่ายดาว V1 และดาวอ้างอิงทั้ง 3 ดวง ในกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 โดยภาพ (ก) เป็นภาพปกติ และภาพ (ข) เป็นภาพที่ปรับขาวดำ

- ตารางแสดงตำแหน่ง RA , DEC

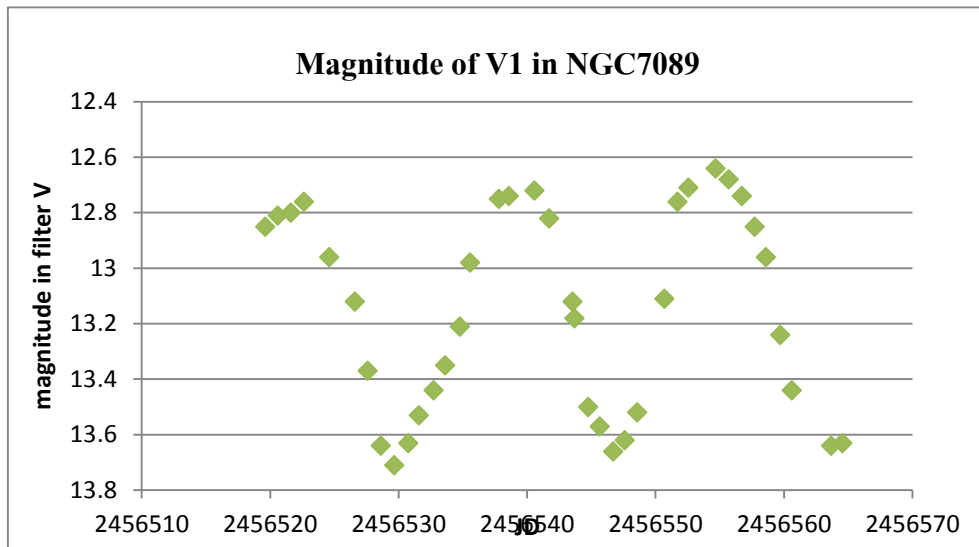
ดาว	ตำแหน่ง RA	ตำแหน่ง DEC	Magnitude in filter V
V1	+21h 33m 28.5s	-00° 47' 55"	-
ดาวอ้างอิงดวงที่ 1	+21h 33m 41.890s	-00° 51' 40.10"	11.50
ดาวอ้างอิงดวงที่ 2	+21h 33m 38.560s	-00° 52' 15.59"	11.47
ดาวอ้างอิงดวงที่ 3	+21h 33m 34.328s	-00° 51' 28.46"	13.74

จากการหาค่า Intensity ของ V1 และดาวอ้างอิงประเภท star ทั้งสามดวง ใน Iris แล้ว เมื่อนำมาแทนลงในสมการ $m_1 - m_2 = -2.5 \log(f_1 / f_2)$ เพื่อหาค่า แมกนิจูดปรากฏของ V1 เมื่อเทียบกับดาวอ้างอิงทั้งสามดวงในแต่ละวัน ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงค่าแมกนิจูดปรากฏในแต่ละวันของดาวเซฟีอิด V1

Julian day(JD)	Magnitude NGC7089 V1
2456530.741	13.63
2456531.563	13.53

2456532.708	13.44
2456533.619	13.35
2456534.774	13.21
2456535.563	12.98
2456537.796	12.75
2456538.584	12.74
2456540.564	12.72
2456541.723	12.82
2456543.527	13.12
2456543.696	13.18
2456544.758	13.5
2456545.644	13.57
2456546.692	13.66
2456547.592	13.62
2456548.563	13.52
2456550.693	13.11
2456551.699	12.76
2456552.563	12.71
2456554.671	12.64
2456555.702	12.68
2456556.708	12.74
2456557.722	12.85
2456558.594	12.96
2456559.716	13.24
2456560.609	13.44
2456563.664	13.64
2456564.55	13.63



ภาพที่ 3: กราฟแสงที่ได้จากการหาแมกนิจูดปรากฏในแต่ละวัน เมื่อเทียบกับดาวอ้างอิง 3 ดวง

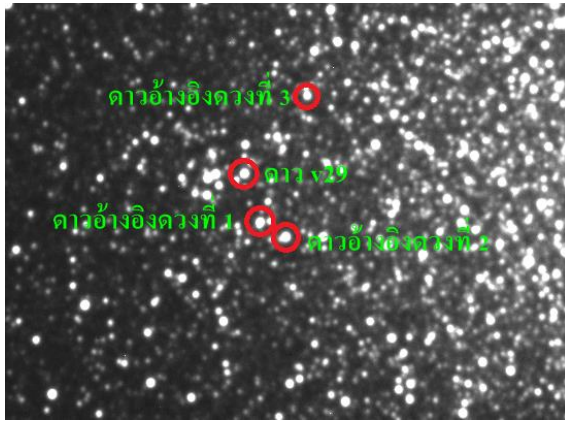
จากกราฟกำหนดให้แกน X แทนค่า Julian day (JD) โดยที่ Julian day คือ จำนวนวันที่ผ่านไปบนโลกนับจากวันที่ 1 มกราคม เป็นเวลา 4713 ปีก่อนคริสตกาลมาจนถึงปัจจุบัน และแกน Y แทนค่าแมกนิจูดปรากฏในแต่ละวัน เมื่อนำค่าแมกนิจูดปรากฏที่ได้จากการเทียบกับดาวอ้างอิงสามดวงทั้งหมดในตารางมาเฉลี่ยรวมกัน แมกนิจูดของดาว V1 นี้จะมีค่าประมาณเป็น 13.24

จากค่า JD ในตารางสามารถหาคาบการแปรแสงได้ดังนี้ 2456547.592 - 2456530.741 และคาบการแปรแสงที่คำนวณได้จะมีค่าประมาณเป็น 16.85 วัน

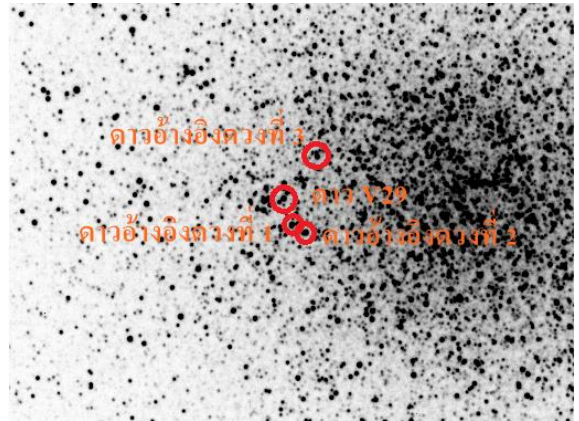
จากสมการ $M_V = -1.64 \log P + 0.05$ โดยการแทนคาบการแปรแสงที่หาได้ลงในสมการ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่าของแมกนิจูดสัมบูรณ์จะมีค่าประมาณเป็น -1.96

ได้ค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ย(m) และค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์(M) นำมาหาระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลมนี้ ได้โดยการแทนค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ยคือ 13.24 และค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ คือ -1.96ลงในสมการ $m - M = 5 \log (d) - 5$ เมื่อแทนค่าแล้วค่าระยะทางจากโลกถึงดาวเซฟีอิด V1ในกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 นี้จะเป็น 11,000 parsec

ดาวแปรแสงแบบเซฟีอิด V29 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2: ภาพถ่ายดาว V29 และดาวอั้งอิงทั้งสามดวง ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139 โดยภาพ (ก) เป็นภาพปกติ และภาพ (ข) เป็นภาพที่ปรับขาวดำ

-

- ตารางแสดงตำแหน่ง RA ,DEC

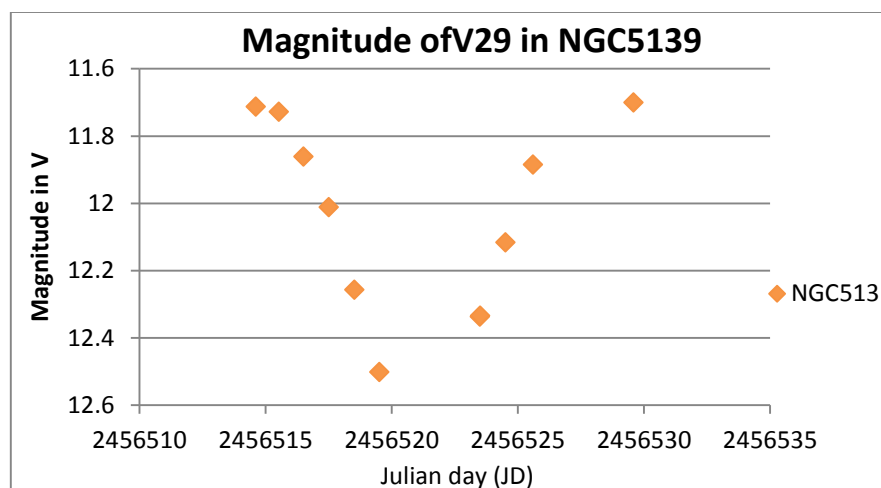
ดาว	ตำแหน่ง RA	ตำแหน่ง DEC	Magnitude in filter V
V29	+13h 26m 27.2s	-47° 28' 48"	-
ดาวอั้งอิงดวงที่ 1	+13h 26m 28.33s	-47° 29' 15.89"	11.636
ดาวอั้งอิงดวงที่ 2	+13h 26m 29.557s	-47° 29' 23.89"	11.603
ดาวอั้งอิงดวงที่ 3	+13h 26m 30.869s	-47° 28' 01.81"	12.340

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของกระจุกดาวทรงกลมนี้จะเหมือนกันกับกระจุกดาวที่ผ่านมา แต่สิ่งที่จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันออกดังต่อไปนี้

จากการหาค่า Intensity ของ V29 และดาวอั้งอิงประเภท star ทั้งสามดวง ใน Iris แล้วนำมาแทนลงในสมการ $m_1 - m_2 = -2.5 \log (f_1 / f_2)$ เพื่อหาค่าแมกนิจูดปรากฏของ V29 เมื่อเทียบกับดาวอั้งอิงทั้งสามดวงในแต่ละวันได้ดังตารางต่อไปนี้

- ตารางแสดงค่าแมกนิจูดปรากฏในแต่ละวันของดาวเซฟีอิด V29

Julian day (JD)	Magnitude NGC5139 V29
2456514.611	11.712
2456515.523	11.727
2456516.504	11.86
2456517.504	12.011
2456518.513	12.256
2456519.508	12.501
2456523.497	12.336
2456523.503	12.333
2456524.502	12.115
2456525.592	11.884
2456529.579	11.7



ภาพที่ 4: กราฟแสงของดาวเซฟีอิด V29 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139

จากกราฟกำหนดให้แกน X แทนค่า JD และแกน Y แทนค่าแมกนิจูดปรากฏที่หาได้ในแต่ละวันและเมื่อนำแมกนิจูดปรากฏที่ได้จากการเทียบกับดาวอ้างอิงสามดวงทั้งหมดในตารางมาเฉลี่ยรวมกัน แมกนิจูดของดาว v29 นี้จะมีค่าประมาณเป็น 12.04

จากค่า JD ในตารางสามารถหาคาบการแปรแสงได้ดังนี้ 2456529.579 - 2456514.611 และคาบที่หาได้จากการคำนวณจะมีค่าประมาณเป็น 14.97 วัน

จากสมการ $M_V = -1.64 \log P + 0.05$ โดยการแทนคาบการแปรแสงที่หาได้ลงในสมการ ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการคำนวณค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์จะมีค่าประมาณเป็น -1.88

เมื่อได้ค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ยและค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์แล้ว นำมาหาระยะห่างระหว่างโลกกับกระจุกดาวทรงกลมนี้ ได้โดยการแทนค่าแมกนิจูดปรากฏเฉลี่ยคือ 12.04 และค่าแมกนิจูดสัมบูรณ์ คือ -1.88 ลงไปในสมการ $m - M = 5 \log (d) - 5$ เมื่อแทนค่าแล้วค่าระยะทางจากโลกถึงดาวเซฟีอิด V29 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139 เป็น 6,100 parsec

อภิปราย/Discussion

จากการศึกษาพบว่าคาบการแปรแสงของดาวเซฟีอิด V1 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC7089 มีคาบการแปรแสงเป็น 16.85 วัน มีระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลมนี้ได้เป็น 10964.7819614316 parsec หรือประมาณ 10964.7820 parsec

ส่วนดาวเซฟีอิด V29 ในกระจุกดาวทรงกลม NGC5139 มีคาบการแปรแสงเป็น 14.97 วัน มีระยะทางจากโลกถึงกระจุกดาวทรงกลมนี้ได้เป็น 6081.350012787 parsec หรือประมาณ 6081.3500 parsec

จากการทำโครงการวิจัยนี้อุปสรรคที่พบในระหว่างทำโครงการ คือ สภาพอากาศที่ไม่ค่อยอำนวยจึงทำให้กล้องโทรทรรศน์ (PROMPT) ไม่สามารถถ่ายภาพให้ได้ จึงส่งผลทำให้กราฟแสงที่ได้มาไม่ค่อยสมบูรณ์เท่าที่ควร

สรุปผล/ Summary

- กระจุกดาวทรงกลม NGC7089 มีระยะทางห่างจากโลก 11,000 parsec หรือประมาณ 36,000 ปีแสง
- กระจุกดาวทรงกลม NGC5139 มีระยะทางห่างจากโลกเป็น 6,100 parsec หรือประมาณ 20,000 ปีแสง

กิตติกรรมประกาศ/Acknowledgement

ผู้จัดทำขอขอบคุณ คุณครูอุษาพรรณ วรรณสาย คุณครูที่ปรึกษาโครงการและพี่เลี้ยงจาก สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะ คำแนะนำ เทคนิควิธีต่างๆ และโครงการวิจัยดาราศาสตร์นี้เกิดขึ้นได้เพราะได้รับการสนับสนุนโดยโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

อ้างอิง/Reference

- บุญรักษา สุนทรธรรม.(2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ. เชียงใหม่หน้า 328 – 349.
- มติพล ตั้งมติธรรม.(2556).คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ.สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

การศึกษาระยะทางของกาแล็กซี่และการขยายตัวของเอกภพโดยใช้ Supernova ประเภท Ia

นาย พลวัต ย้อยฝอย

Email: Keroro.ranger@gmail.com

คุณครูที่ปรึกษา คุณครูศักดิ์คำวุฒิ เมืองก้อน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

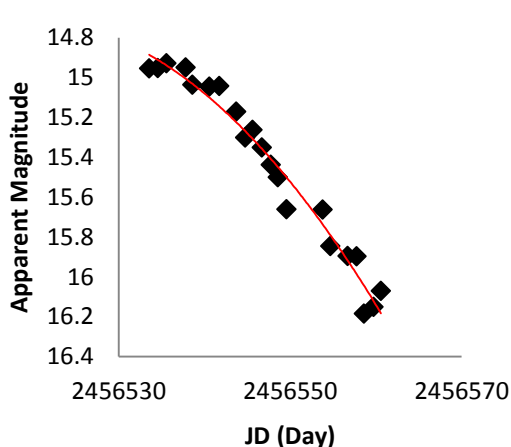
การศึกษาซูเปอร์โนวาประเภท Ia ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะห่างจากโลกจนถึง supernova PSN J05033510+0134176 at RA 5hr 3 m 37.0 s, Dec +1° 34' 24.0" โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้อง prompt 5 จากหอดูดาวซีกไฟใต้ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ และนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ในกระบวนการทางแสง จากผลการศึกษาพบว่าระยะห่างจากโลกจนถึง ซูเปอร์โนวา มีค่าเท่ากับ 75.23 ± 5.88 Mpc และผลจากปรากฏการณ์การเลื่อนทางแดงของกาแล็กซี่ทำให้ทราบว่ากาแล็กซี่มีความเร็วในแนวตั้งเท่ากับ 4752.91 km/s ผลจากกราฟระหว่างความเร็วในแนวตั้งกับระยะทางร่วมกับข้อมูลของ Adam G.Riess (2004) พบว่าสอดคล้องกับกฎของฮับเบิลคือเอกภพในปัจจุบันมีการขยายตัวด้วยความเร่ง

บทนำ

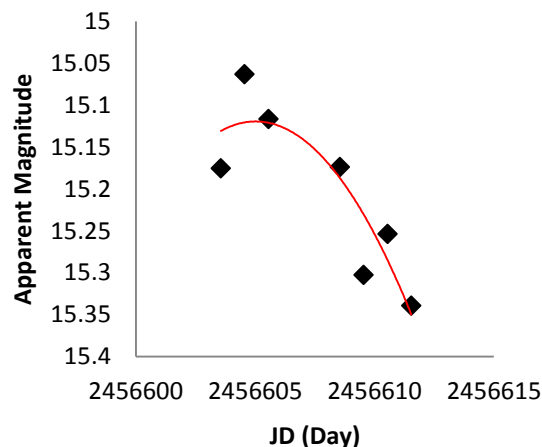
การขยายตัวของเอกภพเป็นหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีการระเบิดครั้งใหญ่ ในการศึกษาของนักดาราศาสตร์บ่งบอกว่า เมื่อกาแล็กซี่ยังมีระยะห่างจากโลกมาก จะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับความเร็วในทิศทางที่มีการเลื่อนทางแดง (Red shift) ของกาแล็กซี่ ทำให้ทราบว่าเอกภพมีการขยายตัว โดยการวิเคราะห์ข้อมูลของนักดาราศาสตร์ซึ่งใช้ค่าอันดับความสว่างของวัตถุท้องฟ้าที่ทราบค่าก่อนข้างแน่นอนหลายชนิดเพื่อหาระยะทางของกาแล็กซี่แล้วนำมาวิเคราะห์การขยายตัวของเอกภพ ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ซูเปอร์โนวาประเภท Ia ซึ่งเกิดจากการระเบิดของดาวแคระขาวที่มีมวลเกิน 1.4 เท่าของดวงอาทิตย์ซึ่งเกิดในดาวคู่ที่มีการถ่ายเทมวลจากดาวข้างเคียงไปยังดาวแคระขาว การระเบิดทุกครั้งเกิดในดาวแคระขาวที่มีมวลใกล้เคียงกันทำให้ ความสว่างของซูเปอร์โนวาประเภท Ia มีค่าก่อนข้างแน่นอน โดยความสว่างสัมพันธ์อยู่ที่ประมาณ -19.3 ทำให้สามารถใช้ในการวัดระยะทางจากโลกถึง กาแล็กซี่ที่เกิดการระเบิดของดาวฤกษ์นั้นได้ค่อนข้างแม่นยำ

วิธีการดำเนินงาน

ทำการค้นหาข้อมูลการระเบิดของซูเปอร์โนวาชนิด Ia จากฐานข้อมูลในเว็บไซต์ Rochester Academy of Science โดยได้ติดตามซูเปอร์โนวาประเภท Ia หลายตำแหน่ง คือ ซูเปอร์โนวา PSN J17194328-7721305 ที่กาแล็กซี่ ESO 44-G10 โดยได้ทำการติดตามตั้งแต่วันที่ 29 สิงหาคม-25 กันยายน 2556, ซูเปอร์โนวา 2013fz ที่กาแล็กซี่ NGC 1578 โดยได้ทำการติดตามตั้งแต่วันที่ 7-15 พฤศจิกายน 2556 และ ซูเปอร์โนวา 2013gh ที่กาแล็กซี่ NGC 7183 โดยได้ทำการติดตามตั้งแต่วันที่ 13-18 สิงหาคม 2556 แต่เมื่อได้ทำการถ่ายภาพติดตาม แล้วผลปรากฏว่าซูเปอร์โนวา ดังกล่าวมีความสว่างที่ลดลงดังกราฟ จึงไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ทำวิจัยได้



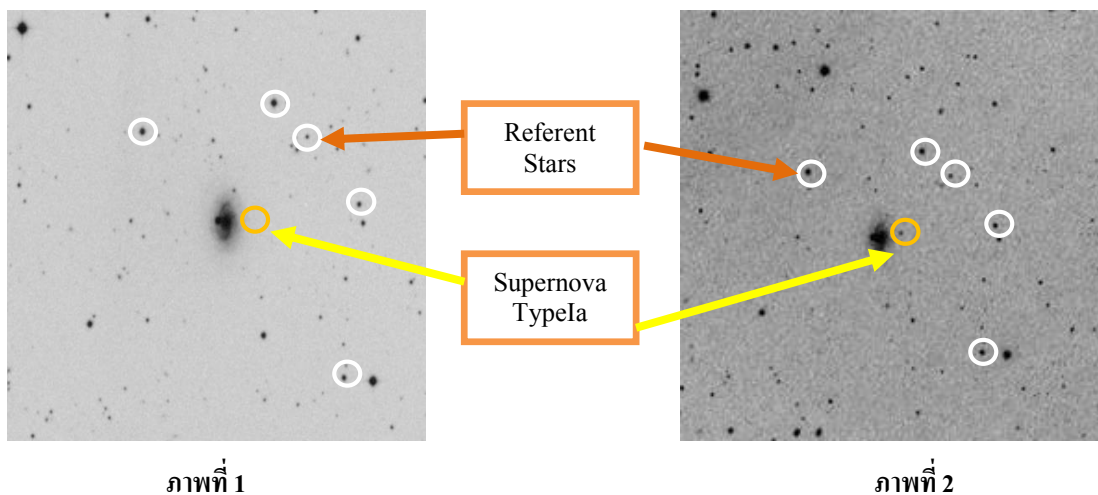
กราฟแสงของซูเปอร์โนวา PSN J17194328-7721305
ในกาแล็กซี่ ESO 44G-10



กราฟแสงของซูเปอร์โนวา 2013fz
ในกาแล็กซี่ NGC 1578

จึงได้ซูเปอร์โนวา PSN J05033510+0134176 ในบริเวณกาแล็กซี่ NGC 1762 ที่ตำแหน่ง RA 5 hr 3 m 37.0 s, Dec +1° 34' 24.0" เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2556 แล้วจึงทำการถ่ายภาพ โดยถ่ายภาพในช่วงฟิลเตอร์ V โดยถ่าย 4 ภาพ ต่อหนึ่งวัน ถ่ายภาพ 180 วินาทีโดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 7 กันยายน 2556 จนถึงวันที่ 15 พฤศจิกายน 2556 รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 38 วัน

เมื่อได้ข้อมูลภาพถ่าย 4 ภาพ ในแต่ละวัน แล้วนำภาพมารวมกันให้เป็น วันละหนึ่งภาพ จากนั้นคำนวณหาอันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิงทั้ง 5 ดวง



ภาพที่ 1 แสดงภาพที่ได้จากฐานข้อมูล STSCI-DSS ขณะที่ยังไม่เกิดซูเปอร์โนวา โดยมีดาวอ้างอิงอยู่.

ภาพที่ 2 แสดงภาพของของกาแล็กซี่ขณะเกิดซูเปอร์โนวาและดาวอ้างอิงทั้งหมด.

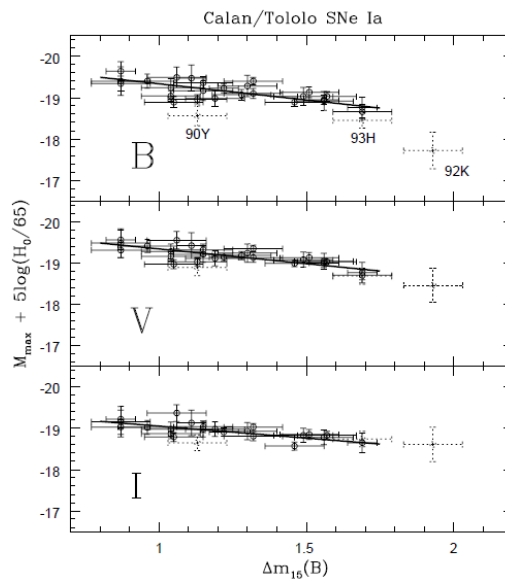
เมื่อได้ค่าอันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิงแล้วนำไปหาอันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวา จากสมการ

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log \left(\frac{f_1}{f_2} \right) \quad (1)$$

เมื่อได้อันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวาในแต่ละวันแล้วนำข้อมูลไปหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ข้อมูลมีค่าแม่นยำขึ้น จากนั้นพล็อตกราฟระหว่างอันดับความสว่างปรากฏกับวันจูลียน

ทำการเลือกข้อมูลช่วงที่ใกล้จุดสูงสุด จากนั้นสร้างเส้นแนวโน้มและสมการของเส้นแนวโน้มและนำสมการมาหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันเพื่อที่จะหาจุดสูงสุดของกราฟ

ทำการหาค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาโดยใช้ค่าผลต่างของอันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดสูงสุด และ ณ จุดหลังจากจุดสูงสุดเป็นเวลา 15 วัน โดยนำไปคำนวณค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ตามสมการที่ได้จากงานวิจัยของ Mario Hamuy (1996) ที่ทำการวัดค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวาในแต่ละครั้ง โดยได้ทำการเก็บข้อมูลของซูเปอร์โนวาจนถึงผลต่าง 15 วัน หลายตัวอย่างแล้วสร้างเส้นแนวโน้มดังภาพที่ 5



ภาพที่ 3 แสดงเส้นแนวโน้มของอันดับความสว่างจากจุดสูงสุดเป็นเวลา 15 วัน ของ Mario Hamuy

จากผลงานวิจัยของ Mario Hamuy พบว่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวา ณ จุดที่สว่างที่สุดจะไม่เท่ากับ -19.3 เสมอไป โดยจะมีค่าลดลงตามค่าผลต่างของอันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดสูงสุด กับ อันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดหลังจากจุดสูงสุด 15 วัน ซึ่งจะสามารถนำไปคำนวณหาค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ได้ตามสมการ

$$M_{\max} = a + b[\Delta m_{15} - 1.1] \quad (2)$$

โดย Δm_{15} คือ ผลต่างอันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดสูงสุด และ ณ จุดหลังจุดสูงสุด 15 วัน

M_{\max} คือ อันดับความสว่างสัมบูรณ์

$$a = -19.267$$

$$b = 0.707$$

เมื่อได้อันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาแล้วทำการหาระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซี่ที่เกิดการซูเปอร์โนวาจากสมการ

$$m - M = 5 \log d + 25 \quad (3) \quad \text{โดย } d \text{ คือระยะทางในหน่วย Mpc}$$

ทำการคำนวณหาความเร็วของกาแล็กซี่ในแนวเส้น จากสมการ

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \quad (4)$$

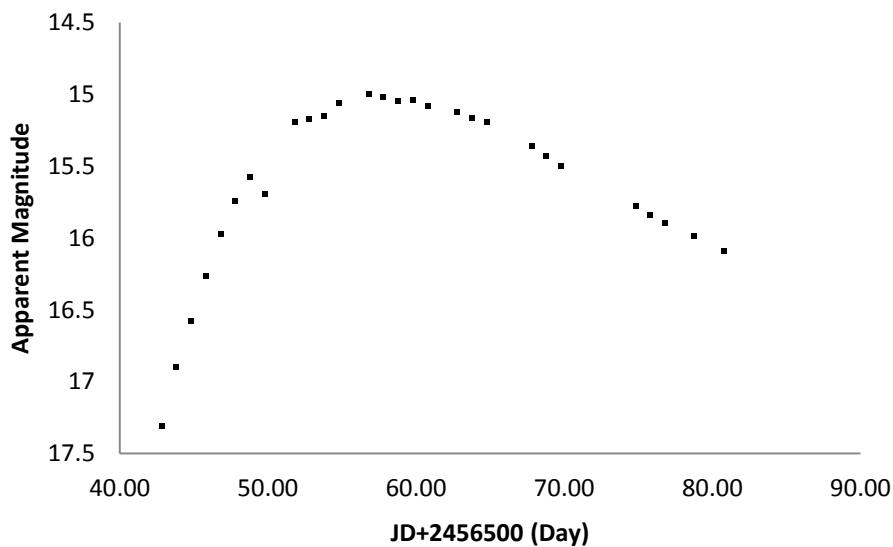
โดย z หรือ Red shift ได้จากฐานข้อมูล NASA/IPAC Extragalactic Database (NED)

c คือ ความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 299,792,458 m/s

เมื่อได้ความเร็วในแนวเส้นของกาแล็กซี่ กับ ระยะห่างจากโลกจนถึงกาแล็กซี่ที่เกิด ซุปเปอร์โนวา แล้วนำข้อมูลไปพล็อต ร่วมกับข้อมูลของ Adam G. Riess จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวเส้น กับ ระยะห่างจากโลกจนถึงกาแล็กซี่ที่เกิดซุปเปอร์โนวานั้น

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการทางแสงโดยเปรียบเทียบค่าอันดับความสว่างปรากฏเฉลี่ย ของซุปเปอร์โนวา ทำให้ได้ค่าอันดับความสว่างปรากฏของซุปเปอร์โนวาเทียบกับดาวอ้างอิง ดังกราฟ



ตารางที่ 2 แสดงจุดสูงสุดของกราฟโดยได้ค่า JD Maximum, apparent Magnitude Maximum และ Apparent Magnitude₁₅

JD Maximum (Day)	Apparent Magnitude	JD Maximum+15	Apparent Magnitude ₁₅
2456558.345	15.01 ±0.16	2456573.345	15.95 ±0.16

จาก Apparent Magnitude กับ Apparent Magnitude₁₅ ทำให้ได้ ผลต่าง 15 วันจากจุดสูงสุดเป็น $\Delta m_{15} = 0.95$ จากนั้นทำการคำนวณหา Absolute Magnitude ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงโดยคำนวณจากสมการที่ 2

$$M_{\text{Max}} = a + b[\Delta m_{15} - 1.1]$$

$$M_{\text{Max}} = -19.267 + 0.707[0.95 - 1.1]$$

$$M_{\text{Max}} = -19.38 \pm 0.16$$

การวิเคราะห์ระยะทางของกาแล็กซี่จนถึงโลก

ในการสังเกตการณ์ค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาจะนำมาหาระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซี่ได้ดังสมการที่ 3

$$m - M = 5 \log d + 25$$

จากสมการที่ 3 จะได้

$$15.01 + 19.38 = 5 \log d + 25$$

$$d = 75.23 \pm 5.88 \text{ Mpc}$$

การวิเคราะห์หาความเร็วในแนวตั้งของกาแล็กซี่

โดยทำการคำนวณหาระยะทางจากสมการที่ 4

$$z = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

$$\text{จะได้} \quad 0.015854 = \frac{v}{299792458}$$

$$\therefore v = 4752909.63 \text{ m/s}$$

จากกราฟแสงของซูเปอร์โนวาทำให้ทราบจุดสูงสุดของกราฟโดยการตัดกราฟช่วงที่ใกล้จุดสูงสุดละทำการหาอนุพันธ์ของเส้นแนวโน้ม้มจะได้ค่า อันดับความสว่างที่จุดสูงสุดอยู่ที่ 15.01 ± 0.16 . เมื่อทำการหาความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวาจากความสัมพันธ์ของ Mario Hamuy ทำให้ได้ค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์อยู่ที่ -19.38 ± 0.16 เมื่อได้ค่าอันดับความสว่างปรากฏและอันดับความสว่างสัมบูรณ์นำไปหาค่าระยะทางจากโลกจนถึงกาแล็กซี่ที่เกิดซูเปอร์โนวาจากสมการ $m - M = 5 \log d + 25$ ทำให้ได้ค่าระยะทางอยู่ที่ $75.23 \pm 5.88 \text{ Mpc}$.

อภิปราย

จากการสังเกตซูเปอร์โนวาประเภท Ia จากหอดูดาว Cerro Tololo Inter-American Observatory ได้ข้อมูลภาพถ่ายความยาวคลื่นในช่วงที่ตามองเห็นหรือฟิลเตอร์ V โดยเมื่อทำการถ่ายภาพพบปัญหาเรื่องถ่ายภาพเกินจุดสูงสุดของซูเปอร์โนวาและปัญหาสภาพบรรยากาศทำให้ข้อมูลไม่ต่อเนื่องและทำให้ช่วงที่สำคัญขาดหายไป เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในกระบวนการทางแสง โดยเทียบอันดับความสว่างปรากฏของซูเปอร์โนวาเฉลี่ยกับดาวอ้างอิงจำนวน 5 ดวง ทำให้ได้อันดับความสว่างปรากฏ ณ จุดสูงสุดอยู่ที่ 15.01 ± 0.16 จากนั้นได้ทำการหาค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ที่เป็นไปได้ของซูเปอร์โนวาโดยได้ค่าอยู่ที่ -19.38 ± 0.16 แล้วได้นำค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์และอันดับความสว่างปรากฏไปหาระยะทางจากโลกจนถึงกาแล็กซี่โดยได้ระยะทาง $75.23 \pm 5.88 \text{ Mpc}$

ได้หาข้อมูลจากฐานข้อมูลปรากฏการณ์เลื่อนทางแดง (Red shift) เพื่อวัดความเร็วในแนวตั้งของ กาแล็กซี่ โดยได้ความเร็วของกาแล็กซี่มีค่าเท่ากับ 4752.91 km/s จากนั้นนำข้อมูลความเร็วในแนวตั้งและระยะทางของกาแล็กซี่พล็อตร่วมกับข้อมูลของ Adam G. Riess ทำให้ได้กราฟที่บอกว่าเอกภพมีการขยายตัวโดยสังเกตว่าเมื่อสร้างเส้นแนวโน้ม้มของกาแล็กซี่ที่มีระยะห่างใกล้โลกซึ่งมีความชันสูงกว่าเส้นแนวโน้ม้มของกาแล็กซี่ทั้งหมด โดยเมื่อดูตามกฎของฮับเบิลแล้ว

จะทำให้ทราบว่ากาแล็กซี่ซึ่งห่างออกไปเท่าไรความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางจะไม่เป็นไปตามกฎของฮับเบิล โดยเริ่มมีการเบี่ยงเบนออกจากเส้นตรงมากขึ้น นั่นคือมีความเร็วที่น้อยกว่าที่ควรจะเป็น และนอกจากนี้ยังพบว่ากาแล็กซี่ในอดีต (กาแล็กซี่ที่มีระยะห่างมาก) มีอัตราการถอยห่างออกไปช้ากว่ากาแล็กซี่ในปัจจุบัน นั่นคือเอกภพในปัจจุบันขยายตัวด้วยความเร็วมากกว่าในอดีตหรือขยายตัวแบบมีความเร่งนั่นเอง

สรุปผล

กาแล็กซี่ที่เกิดซูเปอร์โนวาที่มีระยะห่างจากโลกเป็น 75.23 ± 5.88 Mpc และความเร็วของกาแล็กซี่มีค่า 4752.91 km/s และจากกราฟที่พล็อตระหว่างความเร็วและระยะทางร่วมกับข้อมูลของ Adam G. Riess พบว่าเอกภพมีการขยายตัวและมีความเร่ง

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการดำเนินงานหลายขั้นตอน นับตั้งแต่ศึกษาหาข้อมูล วิเคราะห์ผลการจัดทำรายงาน จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดระยะเวลาดังกล่าวผู้จัดทำได้รับการสนับสนุนจากโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำในหลายด้าน ตลอดจนกำลังใจจากบุคคลหลายท่าน ทางผู้จัดทำตระหนักและซาบซึ้งใจในความกรุณาจากทุกๆ ท่านเป็นอย่างยิ่ง ณ โอกาสนี้ขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังนี้

กราบขอบพระคุณ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และเจ้าหน้าที่ทุกๆ ท่านที่ให้โอกาสในการทำงานเอื้อเฟื้ออุปการะ สถานที่ ตลอดจนความรู้ความสามารถ งานวิจัยประสบความสำเร็จ

กราบขอบพระคุณ คุณครูศักดิ์ดาวฤกษ์ เมื่อก่อน คุณครูในหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียน เขียวคำวิทยาคม ที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการที่คอยดูแลเอาใจใส่และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษา

อ้างอิง

Adam G. Riess. (2004). *Type Ia Supernova Discoveries at $z > 1$ From the Hubble Space Telescope:*

Evidence for Past Deceleration and Constraints on Dark Energy Evolution.

Mario Hamuy. *THE ABSOLUTE LUMINOSITIES OF THE CALAN/TOLOLO TYPE Ia SUPERNOVAE.*

University of Arizona University of Arizona, Steward Observatory, Tucson, Arizona 85721

Red shift Database. (Online). สืบค้นจาก :<http://www.http://ned.ipac.caltech.edu/forms/byname.html>

[12 September 2013]

Rochester astronomy supernova. (Online). สืบค้นจาก :

<http://www.rochesterastronomy.org/supernova.html> [26 June 2013]

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์จากภาพถ่าย

นายวิศรุต ภิรมย์ชม, นายศุภกิจ หาญเสนา, นายสันติ บุญกองชาติ*

e-mail : b_santi21@hotmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา นายธณกฤต รัตนมาลา

โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์จากภาพถ่าย โดยถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น 550D ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์หักเหแสง ยี่ห้อ CELESTRON รุ่น C6-R ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และทำการถ่ายภาพบริเวณดาวฟ้า อาคารจุฬารามณ์วิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำนวน 15 ภาพ จากการวิเคราะห์หาค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 1.3689×10^9 เมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 1.6594 เปอร์เซ็นต์ จากค่าที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาคุณสมบัติของดวงอาทิตย์ เช่น ขนาดรัศมีเฉลี่ย เท่ากับ 0.68445×10^9 เมตร พื้นที่ผิวเฉลี่ย เท่ากับ 5.844×10^{12} ตารางกิโลเมตร ปริมาตรเฉลี่ย เท่ากับ 1.342×10^{18} ลูกบาศก์กิโลเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย เท่ากับ 1481 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และขนาดเชิงมุมของดวงอาทิตย์ เท่ากับ 0.524 องศา หรือ 31.44 ลิปดา

ความสำคัญ : ดวงอาทิตย์, การถ่ายภาพ, เส้นผ่านศูนย์กลางดวงอาทิตย์

บทนำ

การสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์เกิดขึ้นมานานตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งมนุษย์สมัยโบราณไม่มีอุปกรณ์ทางดาราศาสตร์ที่สามารถวัดและวิเคราะห์ปริมาณต่างๆ ได้ดีมากนัก แต่ด้วยความพยายามที่ต้องการจะศึกษาวัตถุท้องฟ้า มนุษย์จึงได้สร้างอุปกรณ์สังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ขึ้นมากมาย เช่น กล้องโทรทรรศน์ และกล้องถ่ายภาพ เป็นต้น เพื่อที่จะทำการศึกษาดาราศาสตร์ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติหรือโครงสร้างต่างๆ ของวัตถุท้องฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการศึกษาดวงอาทิตย์ที่เป็นดาวฤกษ์ศูนย์กลางของระบบสุริยะของเรา ดังนั้นการศึกษาคงสมบัติของดวงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้มนุษย์เข้าใจดวงอาทิตย์มากยิ่งขึ้น

การสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์มีหลากหลายวิธี แต่วิธีหนึ่งที่สามารถทำได้ง่ายก็คือการถ่ายภาพดวงอาทิตย์ แล้วนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของดวงอาทิตย์ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมี พื้นที่ผิว และปริมาตร เป็นต้น

การศึกษาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาขนาดของดวงอาทิตย์จากภาพถ่าย และบูรณาการองค์ความรู้สู่การเรียนการสอน เพื่อเป็นการฝึกกระบวนการและทักษะการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

วิธีการศึกษา

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้จะทำการถ่ายภาพดวงอาทิตย์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ และคุณสมบัติเบื้องต้นของดวงอาทิตย์ เช่น รัศมี พื้นที่ผิว ปริมาตร และขนาดเชิงมุมของดวงอาทิตย์ โดยการสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์จะทำการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น 550D ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์หักเหแสง ยี่ห้อ CELESTRON รุ่น C6-R โดยใช้เทคนิคพาร์โฟกัส(Par Focus) และใช้แผ่นกรองแสงดวงอาทิตย์ปิดหน้ากล้องโทรทรรศน์ ซึ่งทำการสังเกตการณ์บริเวณหาดฟ้า อาคารจุฬารามณ์วิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 อุปกรณ์การสังเกตการณ์

เมื่อได้ภาพถ่ายดวงอาทิตย์แล้วจะนำมาปรับบนกระดาษ จากนั้นทำการวัดขนาดขนาดของภาพด้วยไม้บรรทัด แล้วเทียบขนาดภาพกับขนาดเซ็นเซอร์ของกล้องดิจิทัล โดยกล้องดิจิทัล DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น 550D ที่มีขนาดของเซ็นเซอร์ 22.3×14.9 มิลลิเมตร จากนั้นทำการคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์จากสมการที่ (1)

$$\frac{D}{S} = \frac{d}{f} \quad (1)$$

โดย D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ ในหน่วย เมตร

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาพดวงอาทิตย์ ในหน่วย เมตร

S คือ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก เท่ากับ 149.6×10^9 เมตร

f คือ ระยะโฟกัส ในหน่วย เมตร

หลังจากที่คำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดวงอาทิตย์แล้วก็สามารถคำนวณหาคุณสมบัติของดวงอาทิตย์ ได้แก่ ขนาดรัศมีเฉลี่ย พื้นที่ผิวเฉลี่ย ปริมาตรเฉลี่ย ความหนาแน่นเฉลี่ย และขนาดเชิงมุมของดวงอาทิตย์ จากสมการ (2) ถึงสมการที่ (6) ตามลำดับ โดยการประมาณว่าดวงอาทิตย์มีลักษณะเป็นทรงกลมสมมาตร และมวลของดวงอาทิตย์ เท่ากับ 1.989×10^{30} กิโลกรัม

$$r = \frac{D}{2} \quad (2)$$

$$S.A. = 4\pi r^2 \quad (3)$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (4)$$

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (5)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{D}{S} \right) \quad (6)$$

โดย r คือ ขนาดรัศมีเฉลี่ยของดวงอาทิตย์

$S.A.$ คือ พื้นที่ผิวเฉลี่ยของภาพดวงอาทิตย์

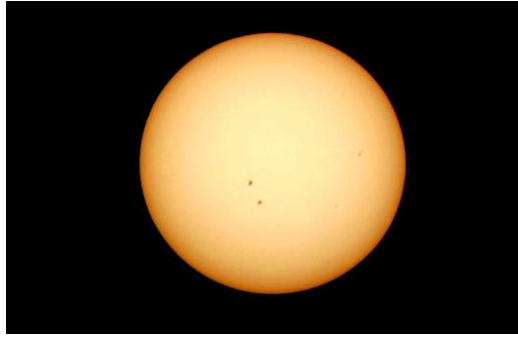
V คือ ปริมาตรเฉลี่ยของดวงอาทิตย์

ρ คือ ความหนาแน่นเฉลี่ยของดวงอาทิตย์

θ คือ ขนาดเชิงมุมของดวงอาทิตย์ ในหน่วย องศา

ผลการศึกษา

จากการสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์ได้ภาพถ่ายดวงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 2 ทั้งหมดจำนวน 15 ภาพ และทำการวิเคราะห์หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 1 และคำนวณหาค่าคุณสมบัติของดวงอาทิตย์ เช่น รัศมีเฉลี่ย พื้นที่ผิวเฉลี่ย ปริมาตรเฉลี่ย ความหนาแน่นเฉลี่ย และขนาดเชิงมุมของดวงอาทิตย์ แสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพดวงอาทิตย์

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดวงอาทิตย์

ภาพที่	ความยาวโฟกัส (เมตร)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดวงอาทิตย์จากภาพถ่าย		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดวงอาทิตย์จากเซ็นเซอร์		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดวงอาทิตย์จากการคำนวณ		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (เมตร)
		แนวนอน (เมตร)	แนวตั้ง (เมตร)	แนวนอน (เมตร)	แนวตั้ง (เมตร)	แนวนอน (เมตร)	แนวตั้ง (เมตร)	
1	1.24	0.0638	0.0630	0.011432	0.011458	1.3748×10^9	1.3781×10^9	1.3764×10^9
2	1.24	0.0638	0.0638	0.011432	0.011432	1.3748×10^9	1.3793×10^9	1.3764×10^9
3	1.24	0.0639	0.0630	0.01145	0.01458	1.3748×10^9	1.3824×10^9	1.3764×10^9
4	1.24	0.0638	0.0630	0.011432	0.011458	1.3700×10^9	1.3781×10^9	1.3740×10^9
5	1.24	0.0638	0.0638	0.011432	0.01432	1.3750×10^9	1.3781×10^9	1.3765×10^9
6	1.24	0.0638	0.0627	0.011434	0.011407	1.3750×10^9	1.3781×10^9	1.3740×10^9
7	1.24	0.0631	0.0626	0.011304	0.011379	1.3790×10^9	1.3706×10^9	1.3748×10^9
8	1.24	0.0635	0.0626	0.011379	0.011379	1.3790×10^9	1.3706×10^9	1.3748×10^9
9	1.24	0.0635	0.0622	0.011379	0.011304	1.3790×10^9	1.3706×10^9	1.3748×10^9
10	1.24	0.0629	0.0620	0.01127	0.01127	1.3778×10^9	1.3778×10^9	1.3778×10^9
11	1.24	0.0629	0.0620	0.01127	0.01127	1.3861×10^9	1.3778×10^9	1.3819×10^9
12	1.24	0.0629	0.0622	0.01127	0.01304	1.3778×10^9	1.3778×10^9	1.3778×10^9
13	1.24	0.0624	0.0617	0.01119	0.01122	1.3389×10^9	1.3482×10^9	1.3435×10^9
14	1.24	0.0626	0.0618	0.01122	0.01124	1.3482×10^9	1.3451×10^9	1.3466×10^9
15	1.24	0.0626	0.0615	0.01122	0.01119	1.3482×10^9	1.3451×10^9	1.3466×10^9
เฉลี่ย								1.3689×10^9
เส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์เฉลี่ยจากฐานข้อมูล								1.3920×10^9
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน								1.6594 %

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติของดวงอาทิตย์จากการคำนวณ

ปริมาณ	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากฐานข้อมูล	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
รัศมีเฉลี่ย	0.68445×10^9 เมตร	0.69550×10^9 เมตร	1.58879 %
พื้นที่ผิวเฉลี่ย	5.844×10^{12} ตารางกิโลเมตร	6.090×10^{12} ตารางกิโลเมตร	4.039 %
ปริมาตรเฉลี่ย	1.342×10^{18} ลูกบาศก์กิโลเมตร	1.410×10^{18} ลูกบาศก์กิโลเมตร	4.823 %
ความหนาแน่นเฉลี่ย	1481 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	1490 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	0.6 %
ขนาดเชิงมุม	0.524 องศา(31.44 ลิปดา)	31.6 ลิปดา	0.5 %

สรุปผล

จากการศึกษาหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์จากภาพถ่ายทั้งหมด 15 ภาพ สามารถคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์เฉลี่ยได้ 1.3689×10^9 เมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 1.6594 เปอร์เซ็นต์ และจากค่าที่คำนวณได้ก็สามารถนำไปคำนวณหาคุณสมบัติของดวงอาทิตย์ ได้ดังนี้คือ รัศมีเฉลี่ย 0.68445×10^9 เมตร พื้นที่ผิวเฉลี่ย 5.844×10^{12} ตารางกิโลเมตร ปริมาตรเฉลี่ย 1.342×10^{18} ลูกบาศก์กิโลเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 1481 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และขนาดเชิงมุม 0.524 องศา(31.44 ลิปดา) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานจากฐานข้อมูล

จากกระบวนการที่ได้ศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ในครั้งนี้สามารถนำไปบูรณาการกับการเรียนการสอนดาราศาสตร์ในชั้นเรียน เพื่อเป็นการฝึกกระบวนการและทักษะการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์เบื้องต้น

อ้างอิง

กรกมล ศรีบุญเรือง และประณิศา เสพปั้นคำ. (ม.ป.ป.). ระบบสุริยะ. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน). เชียงใหม่.

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2532). ดาราศาสตร์ทั่วไป เล่ม 1. ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ศุภฤกษ์ คฤหานนท์ และคณะ. (2552). เอกสารเนื้อหาประกอบการอบรมดาราศาสตร์เบื้องต้น : การถ่ายภาพทางดาราศาสตร์เบื้องต้น. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน). เชียงใหม่.

Canon EOS 550D. (2014). **Wikipedia**. (online). Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Canon_EOS_550D [13 Dec. 2014].

Measuring the Distance to the Sun. (1996). **Astronomy online**. (online). Available : <http://www.eso.org/public//outreach/eduoff/aol/market/collaboration/solpar/> [14 Dec. 2014].

Sun. (2014). **Wikipedia**. (online). Available : <http://en.wikipedia.org/wiki/Sun> [14 Dec. 2014].



สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
191 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 66 53 225569 โทรสาร 66 53 225524
E-mail : adv_astroteacher@narit.or.th