

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

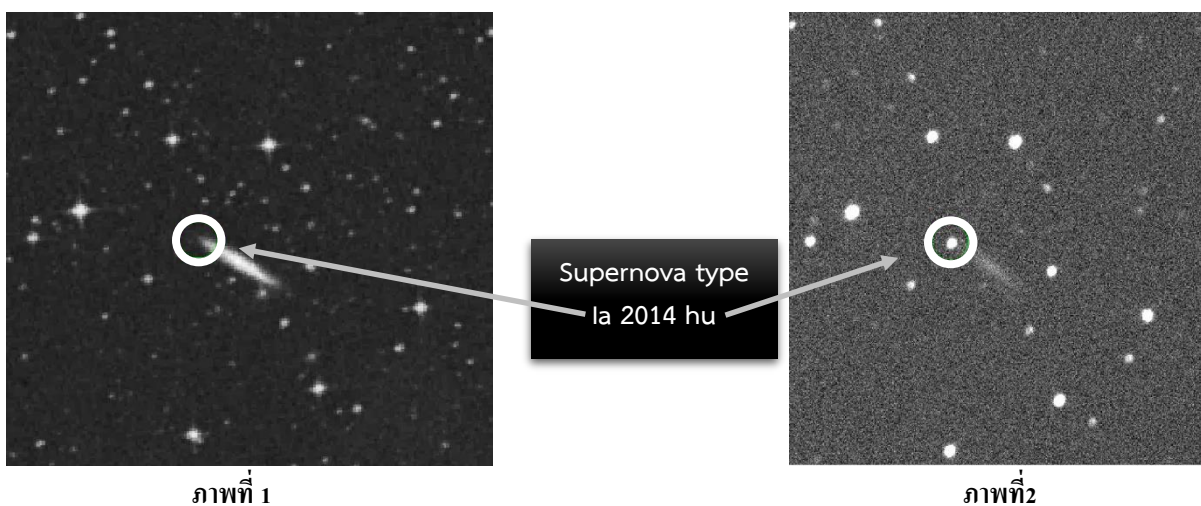
ดวงดาวบนท้องฟ้าที่อยู่ไกลโพ้นหลายร้อยปีแสงมีดวงดาวซึ่งอยู่รวมกันเป็นกาแล็กซี ดวงดาวที่เรามองเห็นบนท้องฟ้าส่วนใหญ่เป็นดาวฤกษ์ ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีจุดจบแตกต่างกัน ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะมีอายุสั้นและจบชีวิตด้วยการระเบิดอย่างรุนแรงเรียกว่าซูเปอร์โนวา ซูเปอร์โนวาชนิด Ia เกิดจากระบบดาวคู่ ระหว่างดาวแคระขาวและดาวยักษ์แดง 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)

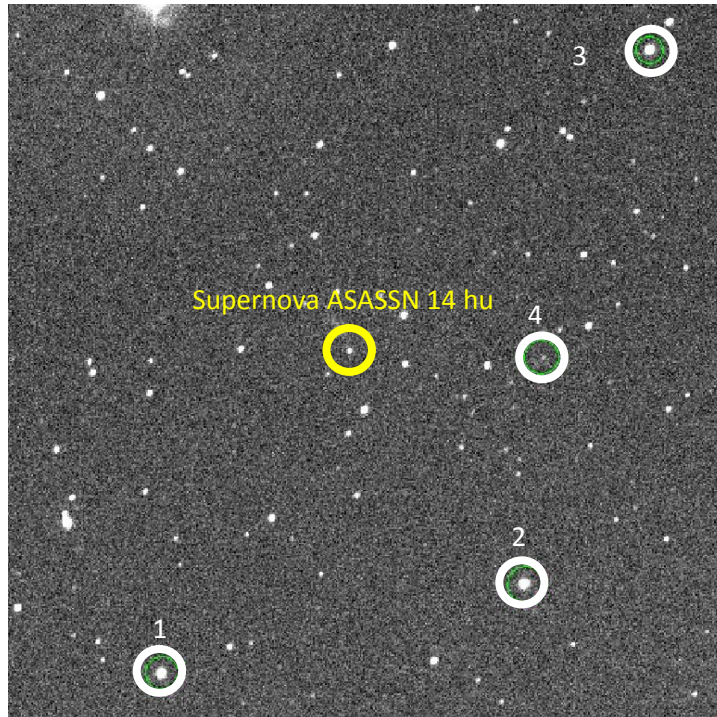


ภาพที่ 1 แสดงภาพถ่ายที่ยังไม่เกิดซูเปอร์โนวา ASASSN-14hu จากฐานข้อมูล SAO-DSS

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

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

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

$$m_1 = -2.5 \log I_1 + c$$

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

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

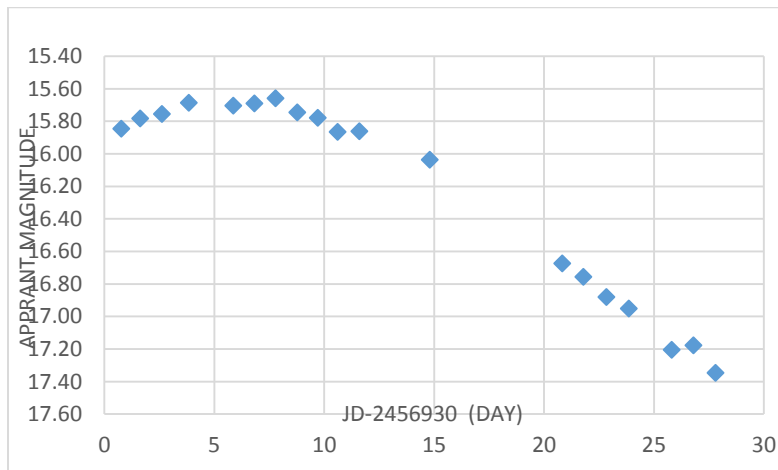
จากการเปรียบเทียบอันดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิงทั้ง 4 ดวงเพื่อหาค่าอันดับความสว่างปรากฏเฉลี่ยของซูเปอร์โนวา ได้ผลดังตารางที่ 2

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

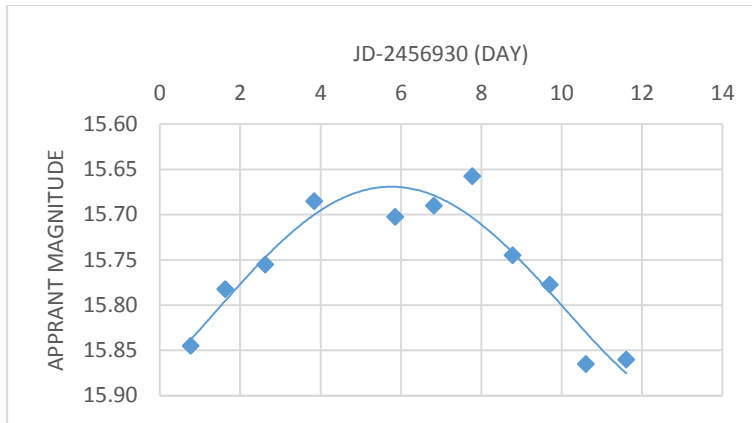
JD (Day)	JD-2456930 (Day)	Apparent Magnitude	Standard Error
2456939.705	9.70545382	15.78	0.17
2456940.604	10.60395035	15.87	0.13
2456941.607	11.60699007	15.86	0.16
2456944.801	14.80087939	16.04	0.19
2456950.822	20.82242007	16.67	0.17
2456951.792	21.7922337	16.76	0.18
2456952.845	22.8446111	16.88	0.18
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} ไปหาค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ของซูเปอร์โนวาได้ค่าเท่ากับ -19.33 ± 0.32 แล้วนำไปหาระยะทางจากโลกถึงกาแล็กซีได้ค่าเท่ากับ $100.0 \pm 24.78 \text{ Mpc}$

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะมีสถาบันและบุคคลต่างๆซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้ากระทั้งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โอกาสนี้ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ NARIT สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ รวมถึงอุปกรณ์ที่สำคัญ โดยเฉพาะกล้อง PROMPT 8 จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี 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