บทที่ 4

ผลของการศึกษาและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อศึกษาทางแสงของระบบดาวคู่แบบแตะกันบางระบบ และศึกษาแนวทางการใช้กล้องโทรทัศน์ขนาดเล็ก ร่วมกับกล่องดิจิตอล DSLR ในการทำวิจัยทางดาราศาสตร์ จากการศึกษาพบว่าภาพถ่ายดาวที่ได้จากการใช้อุปกรณ์รับสัญญาณอย่างง่าย สามารถคำนวณหาตำแหน่งดาวได้ และคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ได้

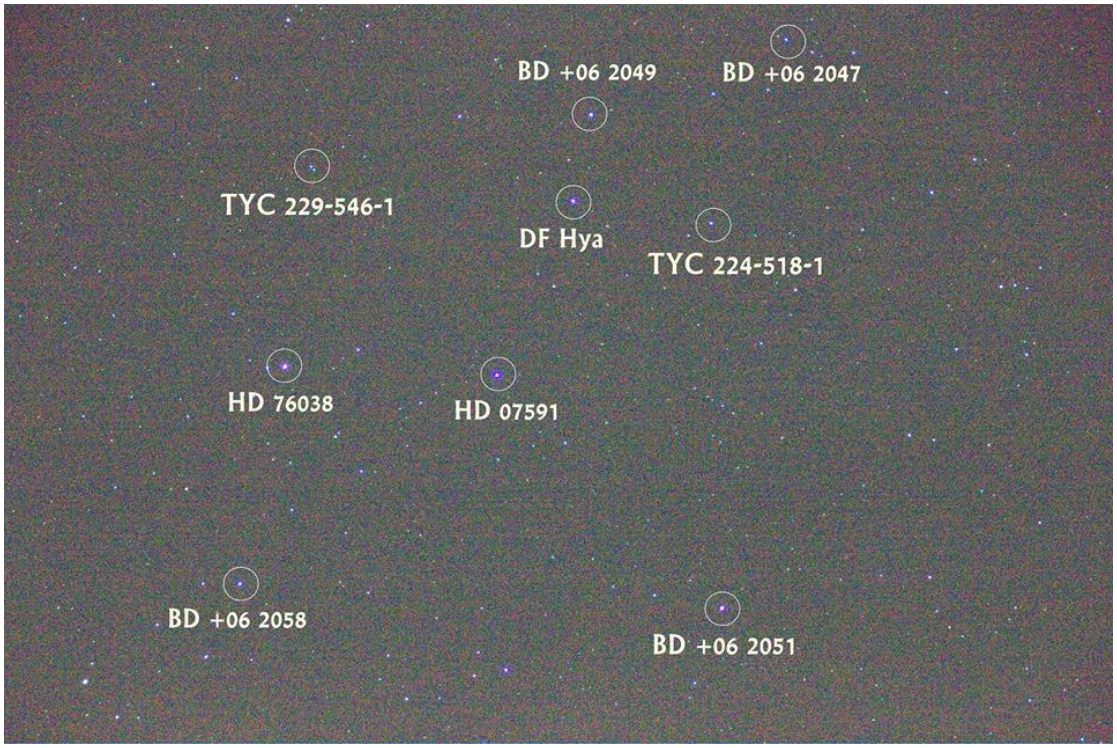
4.1 การหาตำแหน่งดาว

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการศึกษาการหาตำแหน่งดาวจากภาพถ่ายที่ได้จากกล้องดิจิตอล DSLR โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ ดาวคู่ ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ไกลจากโลกมาก และวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ในระบบสุริยะ คือ ดาวเคราะห์น้อย และดาวหาง

การศึกษาการวัดตำแหน่งดาวในครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวที่ได้จากกล้องดิจิตอล DSLR รุ่น Canon EOS kiss X3 โดยต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ความยาวโฟกัส 910 มิลลิเมตร โดยทำการวิเคราะห์ตำแหน่งของระบบดาวคู่ 2 ระบบ คือระบบดาวคู่ DF Hya และ XY Leo และทดลองหาตำแหน่งของดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia

4.1.1 ตำแหน่งของระบบดาวคู่ DF Hydrae

ในการวิเคราะห์ตำแหน่งของระบบดาวคู่ DF Hya จากภาพถ่าย ซึ่งใช้ช่วงเวลาเปิดหน้ากล้อง 30 วินาที และใช้ค่าความไวแสง (ISO) เท่ากับ 6400 ดังรูปที่ 4.1 โดยใช้ดาวฤกษ์อ้างอิงจำนวน 8 ดวง ซึ่งรายละเอียดของดาวอ้างอิง แสดงดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายระบบดาวคู่ DF Hya และดาวอ้างอิง

ตารางที่ 4.1 ตำแหน่ง ค่าแมกนิจูดของดาวอ้างอิง ที่ใช้ในการหาตำแหน่งของระบบดาวคู่ DF Hya

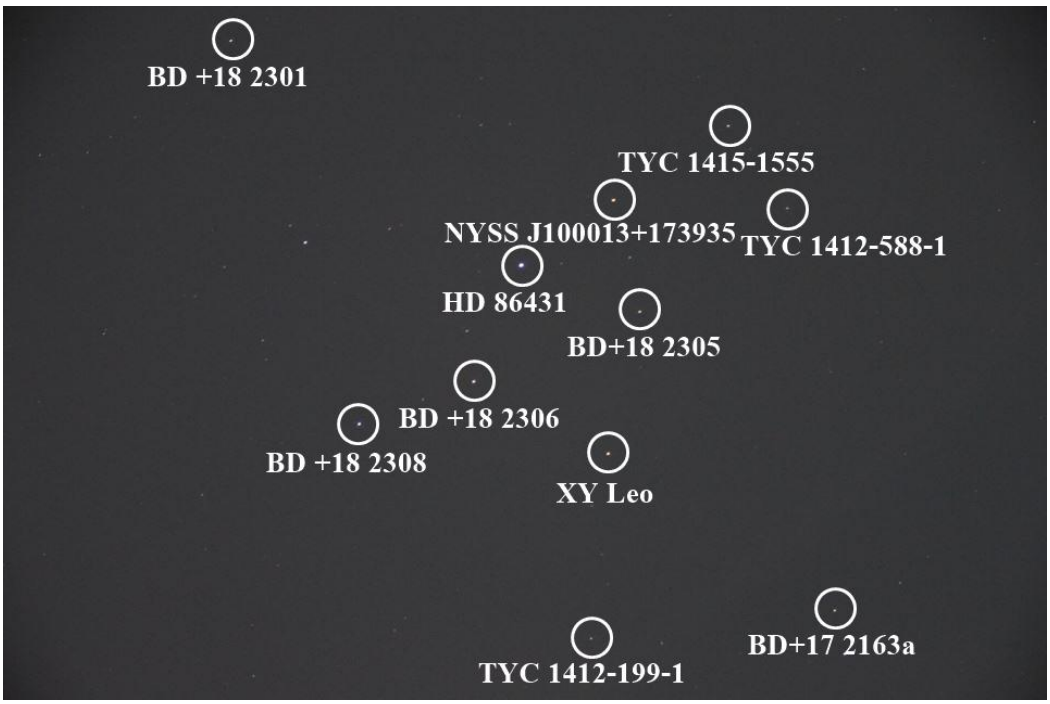
ดาวอ้างอิง	ตำแหน่ง R.A. (h m s) และ Dec. (^{0} ‘ “)	แมกนิจูด V
BD +06 2049	8 51 51.2671 +06 24 16.535	9.86
HD 75901	8 52 59.5493 +06 11 30.288	8.75
HD 76038	8 53 52.9347 +06 20 58.114	8.05
TYC 224-518-1	8 51 38.5170 +06 12 16.051	10.69
BD +06 2051	8 52 40.6495 +5 47 5.299	8.82
BD +06 2047	8 50 48.0360 +06 20 53.118	11.25
TYC 225-546-1	8 53 12.487 +06 32 41.64	11.82
BD +06 2058	8 54 41.1996 +06 8 53.883	9.90

จากการคำนวณหาตำแหน่งของระบบดาวคู่ DF Hya จากโปรแกรม SIP พบว่า ระบบดาวคู่นี้ อยู่ที่ตำแหน่ง R.A. 8h 52m 10.207s และ Dec. 6^0 19’ 26.260” แต่ตำแหน่งมาตรฐานที่อยู่บนแผนที่ดาวคือ R.A. 8h 55m 2.2431s และ Dec. 6^0 5’ 37.287” โดยการศึกษาในครั้งนี้

มีความคลาดเคลื่อนในแกนของ R.A. ประมาณ 0.54 % และในความคลาดเคลื่อนในแกน Dec. ประมาณ 3.64 %

4.1.2 ตำแหน่งของระบบดาวคู่ XY Leonis

การวิเคราะห์ตำแหน่งของระบบดาวคู่ XY Leo ซึ่งใช้ช่วงเวลาเปิดหน้ากล้อง 30 วินาที และใช้ค่าความไวแสง (ISO) เท่ากับ 3200 ดังรูปที่ 4.2 โดยใช้ดาวฤกษ์อ้างอิงจำนวน 10 ดวง ซึ่งรายละเอียดของดาวอ้างอิง แสดงดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายระบบดาวคู่ XY Leo และดาวอ้างอิง

ตารางที่ 4.2 ตำแหน่ง และแมกนิจูดของดาวอ้างอิงที่ใช้ในการหาตำแหน่งของระบบดาวคู่ XY Leo

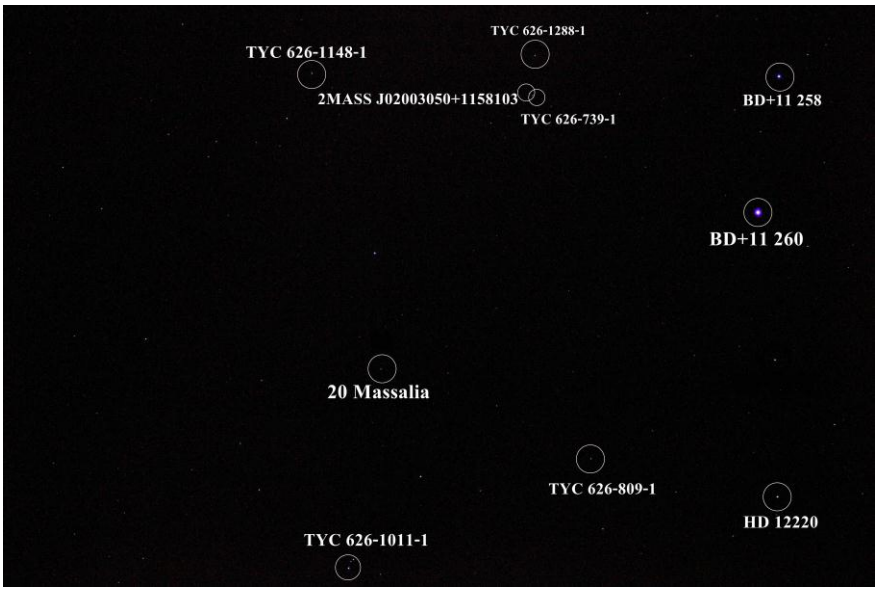
ดาวอ้างอิง	ตำแหน่ง R.A. (h m s) และ Dec. (^{O} ' ")	แมกนิจูด V
TYC 1412-199-1	10 02 43.708 +17 23 20.68	11.64
BD+18 2305	10 00 50.8471 +17 23 56.841	10.29
BD+18 2306	10 01 23.9135 +17 36 18.765	9.68
BD+17 2163a	10 02 20.2083 +17 04 12.658	10.44
BD+18 2308	10 01 44.8198 +17 44 54.844	9.49

NVSS J100013+173935	10 00 13.90 +17 39 35.0	Radio Source
TYC 1412-588-1	10 00 07.5249 +17 13 31.739	10.97
HD 86431	10 00 41.96240 +17 34 04.5536	9.10
TYC 1415-1555-1	09 59 42.6344 +18 00 26.780	10.18
BD+18 2301	09 59 43.162 +17 19 23.48	10.67

จากการคำนวณหาตำแหน่งของระบบดาวคู่ XY Leo พบว่า ระบบดาวคู่นี้อยู่ที่ตำแหน่ง R.A. 10h 01m 40.400s และ Dec. 17^0 25’ 7.966”แต่ตำแหน่งมาตรฐานที่อยู่บนแผนที่ดาวคือ R.A. 10h 01m 40.427s และ Dec. 17^0 24’ 32.712” โดยการศึกษาในครั้งนี้มีความคลาดเคลื่อนในแกนของ R.A. ประมาณ 7.48×10^{-5} % และในความคลาดเคลื่อนในแกน Dec. ประมาณ 0.056 %

4.1.3 ตำแหน่งของดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia

จากผลการวิเคราะห์ระบบดาวคู่ทั้ง 2 ระบบนี้ แสดงให้เห็นว่าการหาตำแหน่งดาวโดยใช้กล้องดิจิตอล DSLR ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก ซึ่งหาได้ง่ายในระดับโรงเรียนมีแนวโน้มที่สามารถทำวิจัย หรือใช้ในการศึกษาทางดาราศาสตร์ที่อาจจะไม่ต้องการใช้ความแม่นยำในระดับสูง ๆ ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองหาตำแหน่งของดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในวันที่ 23 ธันวาคม 2556 เวลา 23:22 น. ตามเวลามาตรฐานประเทศไทย ซึ่งใช้ช่วงเวลาเปิดหน้ากล้อง 30 วินาที และใช้ค่าความไวแสง (ISO) เท่ากับ 1600 ดังรูปที่ 3 โดยใช้ดาวฤกษ์อ้างอิงจำนวน 9 ดวง ซึ่งรายละเอียดของดาวอ้างอิง แสดงดังตารางที่ 3



รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia และดาวอ้างอิง

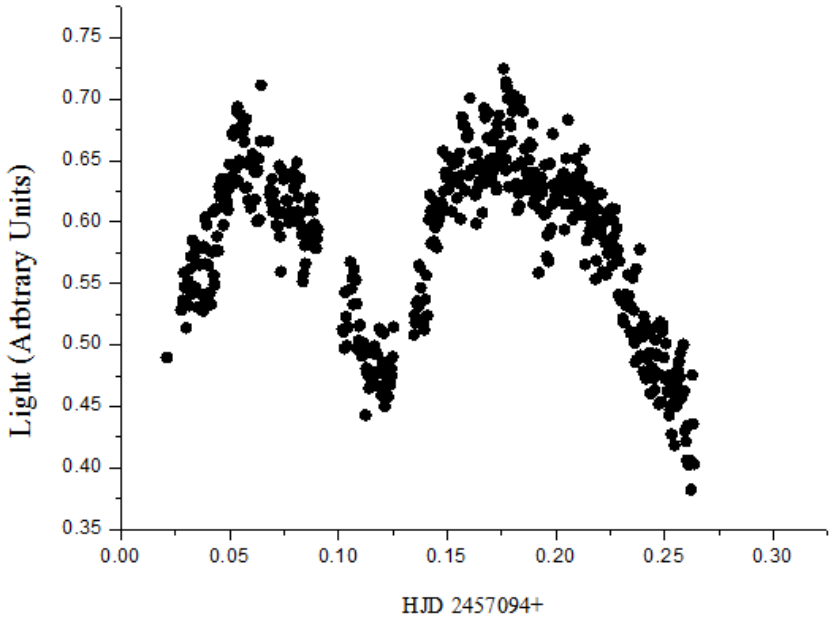
ตารางที่ 4.3 ตำแหน่ง และแมกนิจูดของดาวอ้างอิงที่ใช้ในการหาตำแหน่งของดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia

ดาวอ้างอิง	ตำแหน่ง R.A. (h m s) และ Dec. (^{O} ' ")	แมกนิจูด V
HD 12220	02 00 17.3203 +12 22 19.758	8.20
BD+11 258	01 57 33.4911 +12 14 00.707	9.87
TYC 626-809-1	01 58 03.169 +11 56 59.41	12.03
TYC 626-1288-1	02 00 44.557 +11 59 26.45	11.74
BD+11 260	01 58 27.0014 +12 16 27.320	10.43
TYC 626-739-1	02 00 29.308 +11 58 27.63	12.71
2MASS J02003050+1158103	02 00 30.498 +11 58 10.43	-
TYC 626-1148-1	02 00 55.324 +11 37 48.74	11.27
TYC 626-1011-1	01 58 09.7622 +11 40 23.717	10.49

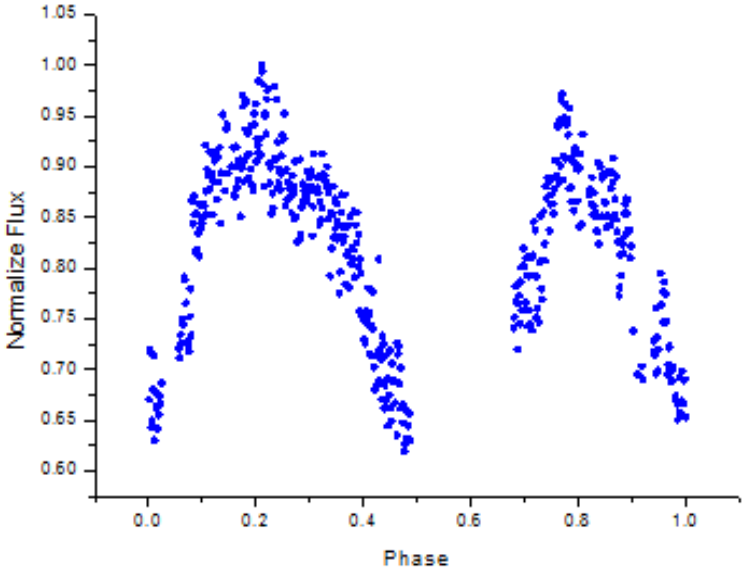
จากการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia พบว่า ดาวเคราะห์น้อย 20 Massalia ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในวันที่ 23 ธันวาคม 2556 เวลา 23:22 น. ตามเวลามาตรฐานประเทศไทยนี้ อยู่ที่ตำแหน่ง R.A. 1h 59m 40.40s และ Dec. 11^{0} 40’ 20.91”

4.2 การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis

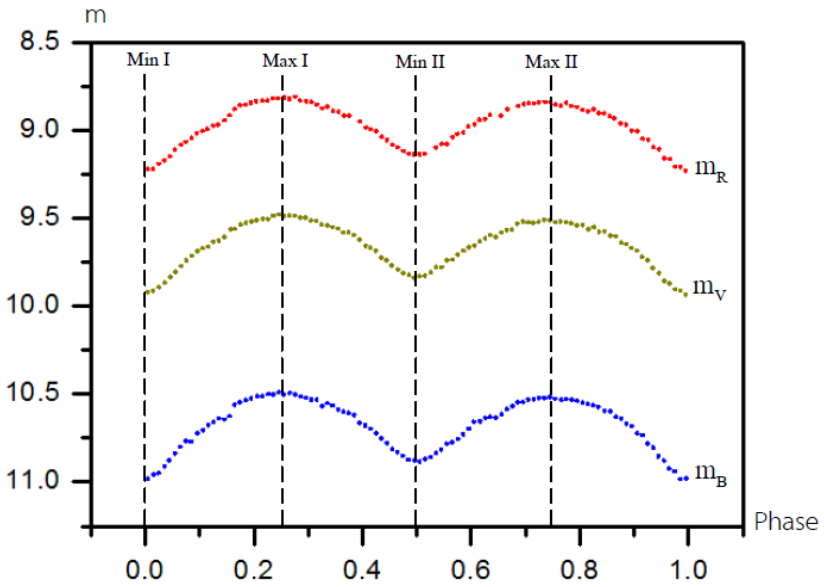
เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกตการณ์ ระบบดาวคู่ XY Leonis ด้วยโปรแกรม IRIS จะได้กราฟแสงดังรูปที่ 4.4 (ข้อมูลที่นำมาพล็อตกราฟในภาคผนวก ค) และสามารถนำกราฟแสงมาวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกราฟแสงที่เฟสการโคจรบังกัน ระหว่างกราฟแสงที่ได้จากกล้องดิจิตอง DSLR และ CCD เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณแสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 กราฟแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis



รูปที่ 4.5 กราฟแสงตามเฟสการโคจรของระบบดาวคู่ XY Leonis



รูปที่ 4.6 กราฟแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis ที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยกล้องขนาด 0.5 เมตร และระบบ CCD Photometer

ที่มา; รณกฤต รัตนมาลา.วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษจากงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 25 ประจำปี 2558

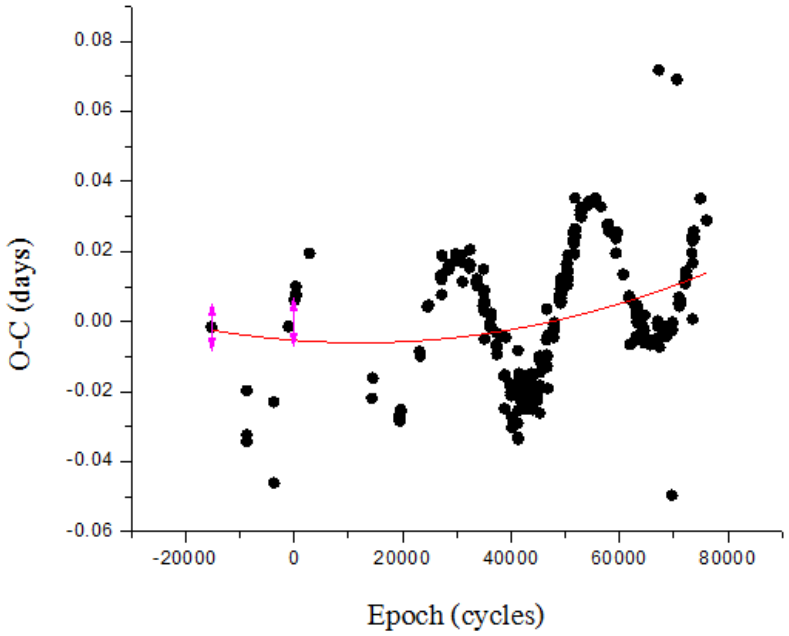
เมื่อพิจารณาลักษณะกราฟแสงที่เฟสการโคจรตามรูปที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นว่า ลักษณะรูปกราฟ (shape) เป็นรูปทรงที่คล้ายคลึงกัน โดยมีค่าแสงสูงสุดอยู่ที่เฟสประมาณ 0.25 และ 0.75 และปริมาณแสงน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.5 ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์หา Time of Minimum Light (ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด) จากกราฟแสงตามรูปที่ 4.4 ได้โดยการสร้างกราฟจากโปรแกรม Microcal origin 8 ทำการ Fit Polynomialได้ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์ (O) ได้เป็น 2457094.17948

จากข้อมูลการศึกษา Linear Ephemeris ของ Pan, Lian-De; Cao, Ming ได้คำนวณไว้ในปี ค.ศ. 1998 ดังสมการที่ (4.1)

$$\text{Min I} = 2435484.0283 + 0.2841026\ E \qquad (4.1)$$

จากค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์ (O) นำมาคำนวณหาค่า Epoch และค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากการคำนวณ (C) หาได้จากจากสมการที่ (4.1) จะได้ 76064.5 และ 2457094.20844 ตามลำดับ แล้วหาผลต่างของค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด O – C

ค่า O – C ที่ได้จากการสังเกตการณ์นี้ประกอบกับค่า O – C ที่นักดาราศาสตร์ท่านอื่นๆ เคยทำไว้ (ข้อมูลที่นำมาสร้างกราฟในภาคผนวก ง) นำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง O – C กับ Epoch ได้กราฟดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง O – C กับ Epoch ของระบบดาวคู่ XY Leonis

จากกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O – C กับ Epoch ของระบบดาวคู่ XY Leonis เมื่อวิเคราะห์หาในเชิงตัวเลข ด้วยสมการโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 (Second Order Polynomial Fitting) ดังนี้

$$O - C = aE^2 + bE + c \qquad (4.2)$$

โดยจากภาพที่ 4.2 จะได้สมการ Polynomial Fitting Method ดังนี้

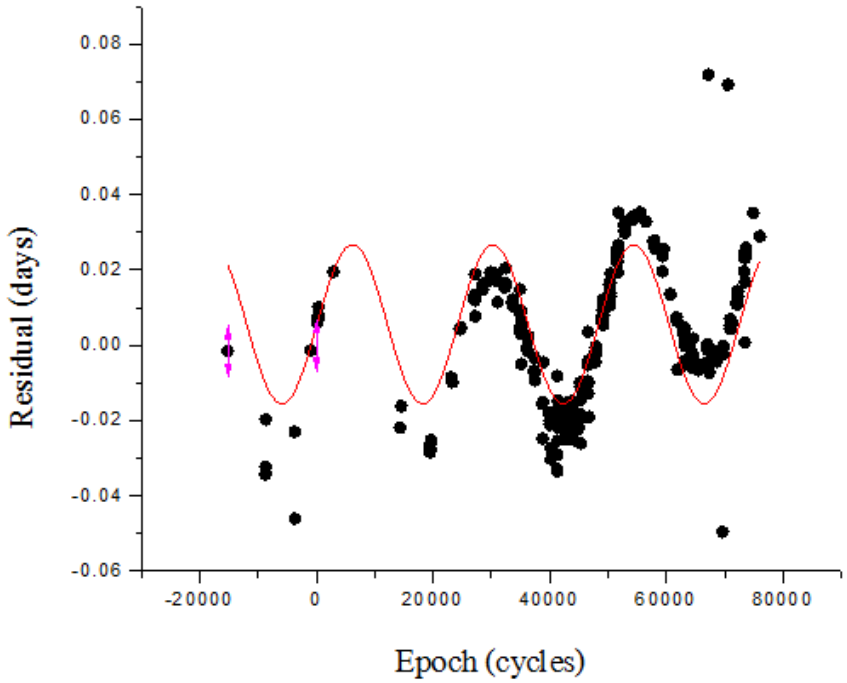
$$O - C = 4.87011 \times 10^{-12} E^2 - 1.17990 \times 10^{-7} E - 0.00530 \qquad (4.3)$$

จากสมการ (4.3) สามารถคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ได้ คือ

$$dP/dE = 2(4.87011 \times 10^{-12})$$
$$= 9.74022 \times 10^{-12} \text{ วัน/รอบ}$$
$$= 0.00108 \text{ วินาที/ปี}$$

ดังนั้น อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยแผนภาพ O – C มีค่าเป็นบวก หมายถึงคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ XY Leonis มีการเพิ่มขึ้นในช่วงอัตรา 0.00108 วินาทีต่อปี พบว่าระยะทางระหว่างดาวทั้งสองจะมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้คาบการโคจรของดาวทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ระยะทางระหว่างดาวทั้งสองนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนดาวทั้งสองแยกออกจากกัน ดังนั้น จึงเกิดการเปลี่ยนประเภทของระบบดาวคู่ จากระบบดาวคู่แบบติดกันไปเป็นระบบดาวคู่ดาวคู่แบบแตะกัน และกลับมาเป็นระบบดาวคู่แบบติดกันอีก สลับกันไปเรื่อยๆ เป็นไปตามทฤษฎี Thermal Relaxation Oscillation (TRO)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Residual กับ Epoch ได้แผนภาพ Residual ดังรูปที่ 4.8 (ข้อมูลที่นำมาสร้างกราฟในภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.8 แผนภาพ Residual ของระบบดาวคู่ XY Leonis

จากรูปจะเห็นว่าค่า Residual ที่ได้นี้ มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน แต่มีแนวโน้มในลักษณะเป็นคาบ และหา Periodic Ephemeris ที่ดีที่สุดสำหรับค่า Residual ดังสมการ

$$O - C = 0.02122 \sin [(2.602762296 \times 10^{-4}) E - 6.306404849] \qquad (4.4)$$

จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรในลักษณะที่เป็นคาบ อาจเกิดเนื่องจากการมีอยู่ของวัตถุที่สาม (Third Body) ในระบบ โดยค่า Residual มีการเปลี่ยนแปลงเป็นคาบที่มี Amplitude เท่ากับ 0.02122 วัน และค่า Light time หาจากค่า Amplitude โดยการแปลงหน่วยวันให้เป็นวินาที แล้วคูณด้วยความเร็วแสง จะได้ระยะทางเท่ากับ 3.66682 AU เมื่อเทียบกับสมการคลื่นแล้วจะได้ค่าเลขเชิงมุม (k) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $2.602762296 \times 10^{-4}$ จากเลขคลื่นเชิงมุมจะได้ค่า $k = 2\pi/\lambda$ ซึ่งสามารถนำมาคำนวณคาบการโคจรของระบบดาวคู่ได้ประมาณ 18.78 ปี