การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ XY Leo

Orbital Period Change of a Binary System XY Leo

ช่อจิต จันทา[1*], ณัฐญาพร คมพยัคฆ์[1], ทิพานนท์ ยวญกลาง[1], รณกฤต รัตนมาลา[2], สมานชาญ จันทร์เอี่ยม[3]
Chorjit Janta[1], Nattayaporn Khompayak[1], Tipanon Yuanklang[1], Ronnakrit Rattanamala[2], Smanchan Chandaiam[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจร และวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ XY Leo โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ ๗ รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ XY Leo จากกราฟ O-C พบว่าคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ XY Leo มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในอัตรา 4.5379×10^{-12} วันต่อรอบ อย่างไรก็ตามกราฟ O-C มีลักษณะแบบส่ายเป็นคาบ

คำสำคัญ : ระบบดาวคู่ การเปลี่ยนคาบ เอ็กวาย ลีโอ

Abstract

This research was aimed to study the orbital period change of XY Leo binary star. We conducted this research at Regional Observatory for the Public, Nakhon Rattchasima, National Astronomical Research Institute of Thailand(Public Organization). The CCD photometer in blue(B),visible(V) and red(R) filters was employed to operate with the 0.5-meter reflecting telescope. The period change analysis by O-C diagram was shown the increase rate at 4.5379×10^{-12} day/cycle. However the O-C diagram was likely shown the oscillated curve.

Keywords : Binary star**,** Period change, XY Leo

บทนำ

ดาวฤกษ์ที่ปรากฏบนท้องฟ้ามีมากมายและในบรรดาดาวฤกษ์ทั้งหมดมีประมาณครึ่งหนึ่งหรือมากกว่าเป็นระบบดาวคู่ อีกทั้งดาวฤกษ์ก็มีวิวัฒนาการเรื่อยมา ระบบดาวคู่ในกาแลกซี่เรานี้มีจำนวนมากมาย มหาศาล ทำให้นักดาราศาสตร์ส่วนมากให้ความสนใจ[1]

ระบบดาวคู่(Binary System) เป็นระบบที่ประกอบด้วยดาวฤกษ์สมาชิก 2 ดวง ที่อยู่ภายใต้สนามความโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน สมาชิกของระบบดาวคู่แต่ละดวงต่างก็โคจรรอบศูนย์กลางของมวลร่วมกัน โดยทั่วไปแล้วสมาชิกทั้งสองดวงของระบบดาวคู่จะถือกำเนิดจากกลุ่มก๊าซเดียวกัน โดยกลุ่มก๊าซจะมีการแยกส่วนออกจากกันอย่างน้อย 2 บริเวณ แล้ว

---

[1] *นักศึกษา, [2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000*

[3] *หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ ๗ รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์(องค์การมหาชน) อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000*

[1] *Student, [2]Assist. Prof., Physics and General Science Program, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand.*

[3] *Regional Observatory for the Public, Nakhon Rattchasima, National Astronomical Research Institute of Thailand(Public Organization), Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand.*

* *Corresponding author ; Chorjit Janta, General Science Program, Faculty of Education, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand, E-mail : Kim_ji45669@hotmail.co.th*

เกิดการยุบตัวภายใต้ความโน้มถ่วงเกิดเป็นดาวฤกษ์โคจรรอบกันและกัน ภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วง ดังนั้นสมาชิกแต่ละดวงจึงมีอายุและองค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นเหมือนกัน อย่างไรก็ตามอาจเป็นไปได้ว่า ระบบดาวคู่บางระบบเกิดจากกระบวนการจับโดยความโน้มถ่วงระหว่างดาวเดี่ยว หรือเกิดการแลกเปลี่ยนคู่ซึ่งกันและกันระหว่างระบบดาวคู่ด้วยกัน หรือดาวเดี่ยวก็ได้ ทำให้สมาชิกแต่ละดวงของระบบดาวคู่อาจมีอายุและองค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นแตกต่างกัน โดยระบบดาวคู่สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ระบบดาวคู่แบบมองเห็นแยกกัน และระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด[1]

ระบบดาวคู่ เอ็กวาย ลีโอ(XY Leo) เป็นระบบดาวคู่แบบใกล้ชิดกัน(Contact Binary) ประเภท W UMa มีคาบวงโคจร 0.2841 วัน ถูกค้นพบโดย Hoffmaister ในปี ค.ศ.1934 จากการศึกษากราฟแสงครั้งแรกของระบบดาวคู่นี้ได้จากการสังเกตการณ์ในปี ค.ศ.1956 และนำเสนอโดย Koch ในปี ค.ศ. 1960 จากนั้นในปี ค.ศ.1982 J. Kaluzny และG. Pojmanski ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(B) และช่วงความยาวคลื่นสีที่ตามองเห็น(V) ที่รวบรวมข้อมูลระหว่างปี ค.ศ.1981 ถึง ปี ค.ศ.1982 และได้อธิบายไว้ว่าระบบดาวคู่ XY Leo มีกราฟแสงเป็นประเภท W - subclass และแผนภาพ O - C มีลักษณะเป็นคาบซึ่งอาจเกิดจากการมีวัตถุที่สามในระบบดาวคู่นี้[2] ในปี ค.ศ.1985 Bruce J.Hrivnak ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์แสงของระบบดาวคู่ XY Leo โดยอาศัยกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยสเปกโทรสโกปิก จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่ พบว่าระบบดาวคู่นี้ยังไม่มีการวิวัฒนาการ อีกทั้งกราฟแสงที่ได้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมของจุดบนดาว(Starspot Activity) ของดาวดวงใดดวงหนึ่งหรือทั้งคู่ อย่างไรก็ตามจากแผนภาพ O-C ยังพบการเปลี่ยนแปลงเป็นคาบซึ่งบ่งบอกการมีอยู่ของวัตถุดวงที่สาม[3]

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจร ซึ่งถือเป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นของการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและอธิบายแนวโน้มวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ XY Leo

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ ๗ รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา โดยการถ่ายภาพดาวคู่ XY Leo ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) ที่ต่อเข้ากล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีที่ตามองเห็น (V) ในระหว่างวันที่ 21-22 มกราคม พ.ศ.2558 โดยจำนวนภาพถ่ายในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน 349 ภาพ และในช่วงความยาวคลื่นสีที่ตามองเห็น 349 ภาพ จากนั้นภาพถ่ายที่ได้จะถูกนำมากำจัดสัญญาณรบกวน(Reduction) และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MaxIm โดยใช้เทคนิคโฟโตเมตรี(Photometry) หลังจากนั้นก็จะทำการสร้างกราฟแสง และวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด(Time of Minimum) ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้ และวิเคราะห์การเปลี่ยนคาบวงโคจรด้วยกราฟ O-C

ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ XY Leo ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน และสีที่ตามองเห็น ซึ่งเป็นข้อมูลของภาพถ่าย และมีตำแหน่งของระบบดาวคู่ XY Leo (Figure 1 และ Table 1)

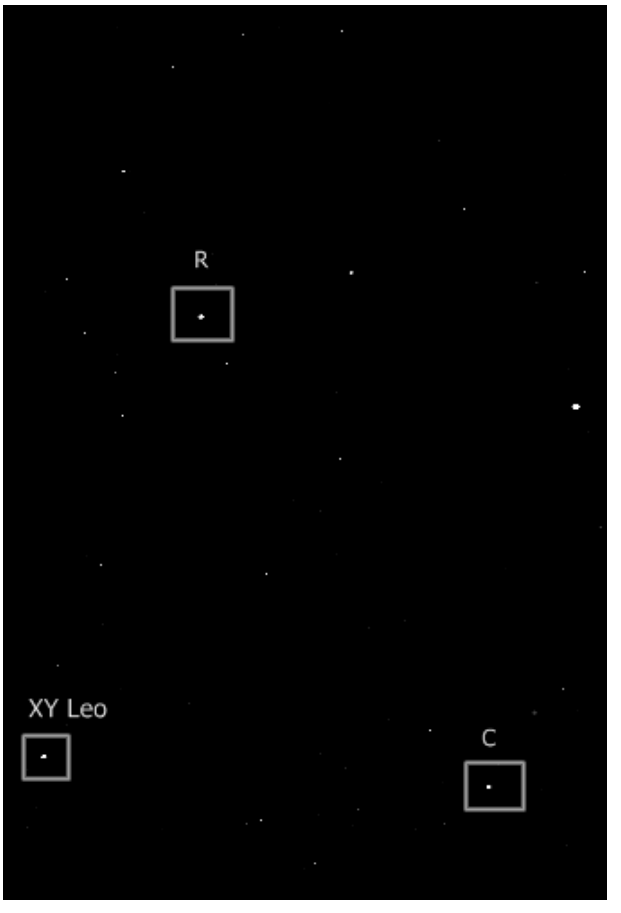

Figure 1 Image of XY Leo, R Star(1073 - 0217734) and C Star(1074 – 0213672)

Table 1 The Data of XY Leo, R and C Stars

Stars	RA(2000)	DEC(2000)	Mag. V
XY Leo	$10^h\ 1^m\ 40.42^s$	+17.24°	9.45
1073 – 0217734 (Referent Star)	$10^h\ 1^m\ 39.15^s$	+17.34°	13.34
1074 – 0213672 (Check Star)	$10^h\ 1^m\ 40.43^s$	+17.41°	9.68

The NOMAD Catalog[4]

เมื่อนำภาพถ่ายที่ได้มากำจัดสัญญาณรบกวนและวัดค่าโชติมาตรแล้ว ก็นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสง (Figure 2) และวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Table 2)

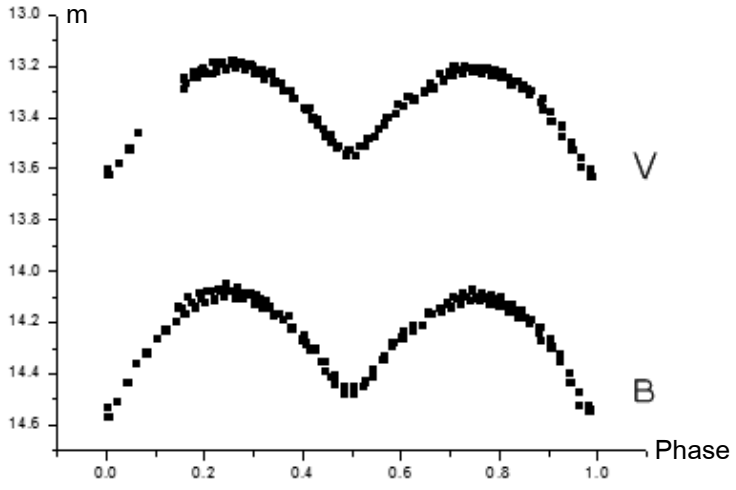

Figure 2 Light Curves of XY Leo

Table 2 Times of Minimum

Times of Minimum(HJD)	Type
2457044.185	Primary
2457044.398	Secondary
2457045.179	Primary
2457045.322	Secondary

เมื่อวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดได้แล้ว ประกอบกับค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากฐานข้อมูลของ Nelson[5] สามารถคำนวณสมการ Ephemeris ได้ใหม่ ดังสมการที่ (1)

$$MinI = 2457045.1623 + 0.284102893E \qquad (1)$$

จากสมการที่ (1) พบว่าระบบดาวคู่ XY Leo มีค่าการโคจร 0.284102893 วัน และเมื่อวิเคราะห์กราฟ O-C(Figure 3) ของดาวคู่ XY Leo พบมีแนวโน้มการเปลี่ยนคาบวงโคจรเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากสมการโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 อธิบายได้ด้วยสมการที่ (2)

$$O\text{-}C = -0.0213241 + (2.07767907 \times 10^{-7})E + (2.26897442 \times 10^{-12})E^2 \qquad (2)$$

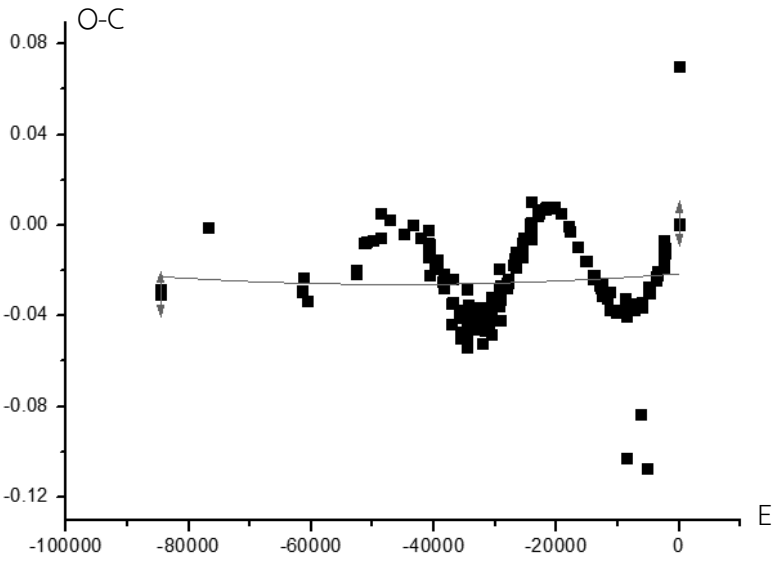

Figure 3 O-C Graph

จากสมการที่ (2) สามารถคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของดาวคู่ XY Leo ได้คือ

$$\frac{dP}{dE} = 2(2.26897442 \text{ x } 10^{-12})$$

$$\frac{dP}{dE} = 4.5379488 \text{ x } 10^{-12} \text{ วันต่อรอบ}$$

อย่างไรก็ตามลักษณะของกราฟ O-C ก็มีลักษณะของการส่ายเป็นคาบ(Figure 4) ซึ่งอาจเกิดจากการมีอยู่ของวัตถุดวงที่ 3 และเมื่อวิเคราะห์ด้วยสมการคลื่น ดังสมการที่ (3) จะพบว่าขนาดของ Semi-Amplitude มีค่า 0.0252 วัน คำนวณระยะทางของแสงที่ 3 ได้ 4.35 A.U. และมีคาบการส่าย 19.05 ปี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ K. Yakut และคณะ ที่คำนวณคาบการส่ายได้ 19.6 ปี[6]

$$O - C = -0.0174 - 0.0252 \sin\left(\frac{\pi(E - 9553.987)}{12255.666}\right) \qquad (3)$$

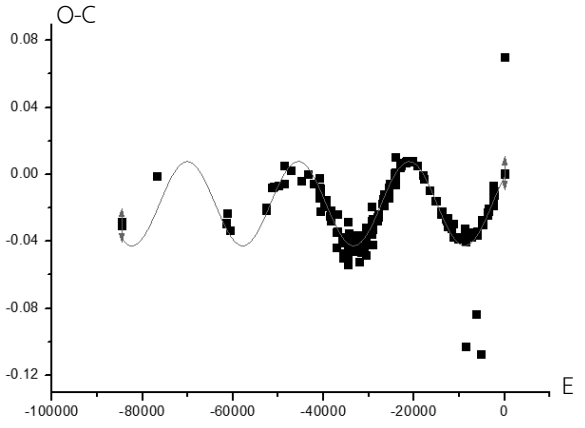

Figure 4 O-C Graph for Oscillate curve

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ XY Leo ในครั้งนี้ จากแผนภาพ O-C พบว่าระบบดาวคู่ XY Leo มีแนวโน้มคาบวงโคจรเพิ่มขึ้น$4.5379488 \times 10^{-12}$ วันต่อรอบ ซึ่งอาจเกิดจากการที่สมาชิกของระบบดาวคู่มีระยะห่างเพิ่มขึ้น ตากกฎของเคปเลอร์ข้อที่ 3() และแผนภาพ O-C มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นคาบซึ่งอาจเกิดจากการมีอยู่ของวัตถุดวงที่ 3 ที่มีค่า Semi-Amplitude เท่ากับ0.0252 วัน คำนวณระยะทางของแสงที่ 3 ได้ 4.35 A.U. และมีคาบการส่าย 19.05 ปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ ๗ รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. บุญรักษา สุนทรธรรม, ดาราศาสตร์ฟิสิกส์ เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสารวิชาการคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.
2. J. Katuzny and G. Pojmanski, XY Leo and the Cause of the W - Subclass Light Curves, AOTA ASTRONOMICA, Vol.33 No.2, 1983.
3. Bruce J. Hrivnak, A photometric study and analysis of XY Leonis, The Astrophysical Journal, Vol.290 No.696-706, 1985.
4. Aladin sky atlas [homepage on the internet]. [revised 2015, June. 8] Available from: URL: http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl~.
5. American Association of Variable Star Observers (AAVSO) [homepage on the internet]. [revised 2015, June. 15] Available from: URL: http://www.aavso.org/bob-nelsons-o-c-files.
6. K. Yakut and et al. ,New light curve analysis and period changes of the overcontact binary XY Leonis, Astronomy & Astrophysics, Vol.401 No.1095-1100, 2003