

การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ วี 1851 โอไรโอนิดส์ Orbital Period Change and Evolution of the Binary System V1851 Orionids

ฐิติพงษ์ อุ่นใจ

Thitipong Unchai

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Physics Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Submitted 5/12/2023 ; Revised 8/1/2024 ; Accepted 25/03/2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ วี 1851 โอไรโอนิดส์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงแสงที่ตามองเห็นด้วยกล้องดีเอสแอลอาร์ ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เมตร วัดแสงด้วยเทคนิคโฟโตเมตรีเพื่อสร้างกราฟแสงและค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในช่วงอุปราคาปฐมภูมิ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่ วี 1851 โอไรโอนิดส์ มีคาบการโคจรเท่ากับ $0.2702 (\pm 0.0028)$ วัน เมื่อนำข้อมูลมาเขียนเป็นแผนภาพ O - C พบว่าคาบการโคจรมีค่าลดลงในอัตรา $1.2340 \times 10^{-11} (\pm 0.0001 \times 10^{-11})$ วันต่อรอบหรือ $1.4062 \times 10^{-3} (\pm 0.0001 \times 10^{-3})$ วินาทีต่อปี เนื่องจากการถ่ายเทพลังงานระหว่างดาวในระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด

คำสำคัญ: ระบบดาวคู่ วี 1851 โอไรโอนิดส์ อุปราคาปฐมภูมิ คาบการโคจร

ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)

E-mail: Thitipong.u@ubru.ac.th

Abstract

The research objective was to study the orbital period change of the variable star V1851 Orionids using a 0.2-meter reflecting telescope with a DSLR camera in the visible light band. A photometric system was used to observe the light curve and the primary minimum eclipse. The results indicated that the orbital period of V1851 Orionids is 0.2702 (± 0.0028) days. The O – C diagrams of the light curve showed that the orbital period decreased by 1.2340×10^{-11} ($\pm 0.0001 \times 10^{-11}$) day/cycle, or 1.4062×10^{-3} ($\pm 0.0001 \times 10^{-3}$) second/year, influenced by the thermal relaxation oscillation process in the closed binary system.

Keywords: binary star, V1851 Ori, primary eclipse, orbital period

บทนำ

ดาวแปรแสงคือดาวฤกษ์ที่ความสว่างเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ความแปรผันของความสว่างสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย ดาวแปรแสงสามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะของการผันแปรความสว่าง การแปรแสงของดาวฤกษ์มีปัจจัยที่ส่งผลแตกต่างกัน ได้แก่ ดาวแปรแสงชนิดที่มีการแปรแสงจากการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพภายใน (intrinsic variability) แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ pulsating variables คือ ดาวฤกษ์ที่มีการขยายขนาดรัศมีใหญ่ขึ้นอันเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการวิวัฒนาการตามอายุของดาว eruptive variables คือ ดาวฤกษ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันที่พื้นผิวของดาว เช่น การพวยพุ่งของมวลดาว และ explosive variables คือ ดาวฤกษ์ที่กำลังเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลง เช่น การเกิดโนวา หรือ ซูเปอร์โนวา ส่วนดาวแปรแสงชนิดที่มีการแปรแสงเกิดจากสมบัติภายนอก (extrinsic variability) เช่น การหมุน การเกิดคราส [1] แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ การเกิดคราสของดาวคู่หรือดาวแฝด (eclipsing binaries) ซึ่งจากมุมมองบนโลกจะมองเห็นดาวฤกษ์บังกันและกันเป็นบางครั้งตามรอบของการโคจร และดาวแปรแสงจากการหมุน (rotational variability) คือ ดาวฤกษ์ที่มีการแปรแสงอันเกิดจากการปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการหมุนของดาว ตัวอย่างเช่น ดาวฤกษ์ที่มีจุดมืดขนาดใหญ่มาก ๆ จะส่งผลต่อความสว่างที่ปรากฏออกมา หรือ ดาวฤกษ์ที่มีอัตราการหมุนรอบตัวเองเร็วมากก็สามารถมองเห็นเป็นรูปทรงรี [2]

ดาวแปรแสงมีความสำคัญต่อนักดาราศาสตร์เพราะดาวฤกษ์ให้ข้อมูลที่มีคุณค่าเกี่ยวกับคุณสมบัติและกระบวนการของดาวฤกษ์ ด้วยการศึกษาความแปรผันของความสว่าง นักวิทยาศาสตร์สามารถเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างภายใน องค์ประกอบ และวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ได้ [3] ดาวแปรแสงบางประเภท เช่น ดาวแปรแสงชนิดเซเฟอิด (Cepheid variable) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการกำหนดระยะห่างจากกาแลคซีและทำความเข้าใจขนาดของจักรวาล

ดาวคู่อุปราคาวี 1851 โอไรโอนิดส์ หรือ V1851 Ori (หรือ GSC 702-1892 หรือ 2MASS J05124486+1015104 หรือ ASAS J051245+101512 หรือ NSVS 9512770) จัดเป็นระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกันชนิด W Uma [4] ในกลุ่มดาวนายพราน (Orion) ที่ตำแหน่งพิกัด right ascension เท่ากับ $05^{\text{h}} 12^{\text{m}} 44.86^{\text{s}}$ (78.18692°) และ declination เท่ากับ $+10^{\circ} 15' 10.4''$ ($+10.25290^{\circ}$) ถูกค้นพบโดย Blattler and Diethelm ในปี ค.ศ.2007 [5] มีค่าความสว่างในช่วงแสงที่ตามองเห็นเท่ากับ 12.6 [6] และมีคาบการแปรแสง 0.276945 วัน [7]

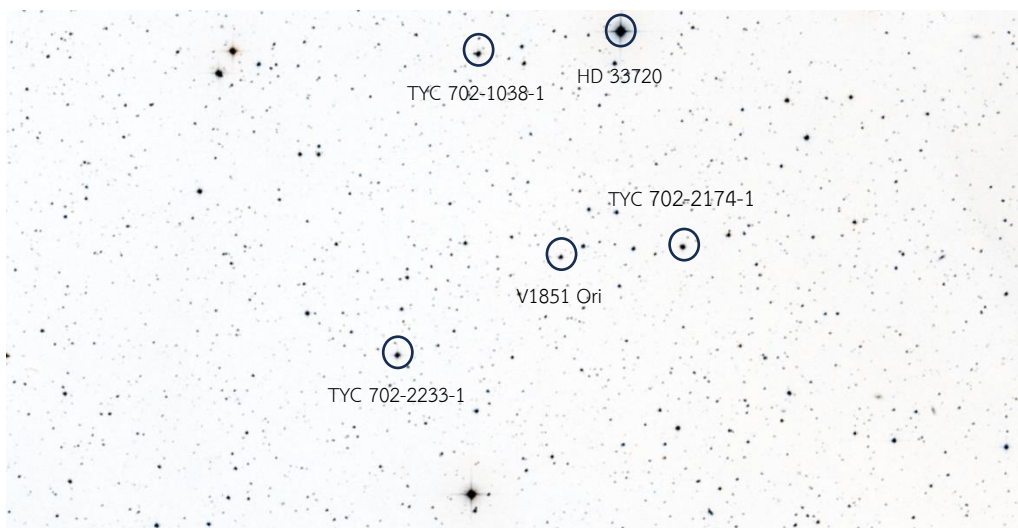
เนื่องจากดาวคู่อุปราคา V1851 Ori เป็นระบบดาวคู่ที่เพิ่งถูกค้นพบ ทำให้มีข้อมูลกายภาพและ วิวัฒนาการของดาวไม่มากนัก ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาวิเคราะห์คาบการโคจรและการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจร และนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาเปรียบเทียบกับทฤษฎีและผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร เพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าการแปรแสงของระบบดาวคู่ V1851 Ori ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ วี 1851 โอไรโอนิดส์
2. ตรวจสอบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าการแปรแสงของระบบดาวคู่วี 1851 โอไรโอนิดส์

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการสังเกตการณ์เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยกล้องดีเอสแอลอาร์ (DSLR) Canon รุ่น 80D ความละเอียด 6000×4000 พิกเซล ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง Meade LX200 แบบสมิทท์-แคสสิเกรน (Schmidt-Cassegrain) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เมตร ระยะโฟกัส 2,000 มิลลิเมตร อัตราส่วนความยาวโฟกัส (focal ratio) f/10 สังเกตและเก็บข้อมูลในระหว่างวันที่ 30–31 ธันวาคม 2564 ณ อำเภอเชิงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 106 ภาพ เวลาเปิดหน้ากล้อง 60 วินาที ห่างกันภาพละ 4 นาที เทียบเวลากับกล้องดีเอสแอลอาร์กับเวลามาตรฐานประเทศไทยจากกรมอุทกศาสตร์ บันทึกภาพเป็นไฟล์ข้อมูล RAW บน ADC (analog-to-digital converter) ขนาด 14 บิต เพื่อเป็นการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดขึ้นที่ความไวแสง ISO 400 [8] ทั้งนี้ เนื่องจากกล้อง DSLR ใช้เซ็นเซอร์ CMOS ที่ประกอบด้วยพิกเซลแบบ RGB Bayer filter [9] การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงเก็บรวบรวมข้อมูลเฉพาะช่วงแสงที่ตามองเห็นเท่านั้น จากนั้นวัดแสงด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี (photometry) โดยอาศัยดาว TYC 702-0 2174-1 ดาว TYC 702-2233-1 และดาว TYC 702-1038-1 เป็นดาวเปรียบเทียบ (comparison star) และมีดาว HD 33720 เป็นดาวตรวจสอบ (check star) (ภาพที่ 1) ได้ข้อมูลเบื้องต้นของดาวศึกษา ดาวตรวจสอบ และดาวเปรียบเทียบ [10] (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 ระบบดาวคู่ V1851 Ori ดาวตรวจสอบ และดาวเปรียบเทียบ

ตารางที่ 1 พิกัดและความสว่างของดาวคู่อุปราคา V1851 Ori ดาวตรวจสอบ และดาวเปรียบเทียบ

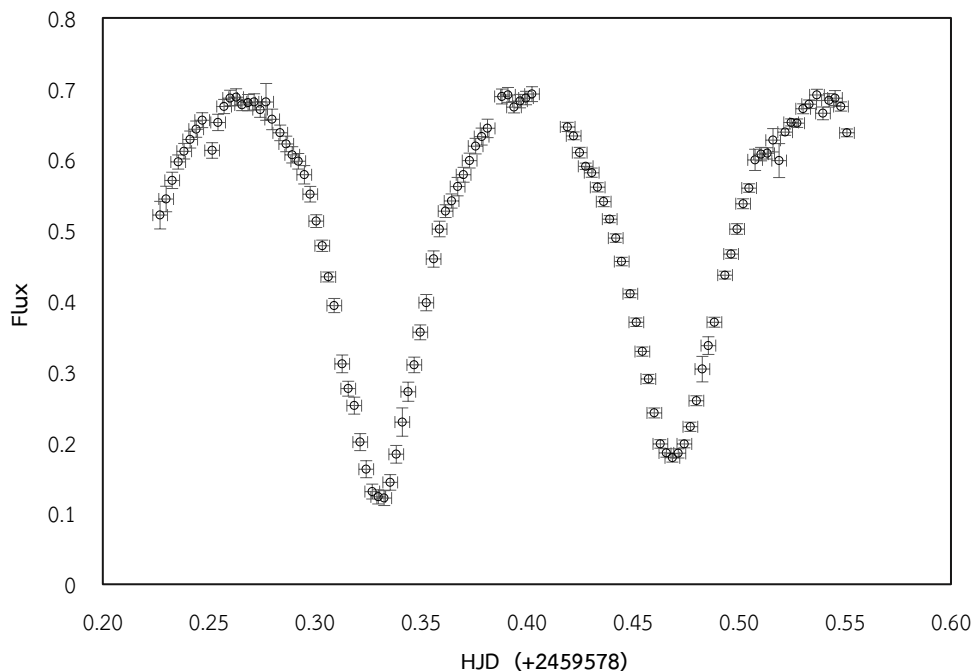
ดาว	Right ascension (J2000)	Declination (J2000)	ความสว่าง
V1851 Ori (ดาวศึกษา)	05 ^h 12 ^m 44.86 ^s	+10° 15' 10.40''	12.45
HD 33720 (ดาวตรวจสอบ)	05 ^h 12 ^m 34.69 ^s	+10° 24' 29.85''	8.28
TYC 702-2174-1 (ดาวเปรียบเทียบ)	05 ^h 12 ^m 24.09 ^s	+10° 15' 34.71''	11.59
TYC 702-2233-1 (ดาวเปรียบเทียบ)	05 ^h 13 ^m 12.26 ^s	+10° 11' 05.30''	11.39
TYC 702-1038-1 (ดาวเปรียบเทียบ)	05 ^h 12 ^m 58.61 ^s	+10° 23' 35.58''	11.27

ผลการวิจัย

กราฟแสงของระบบดาวคู่

การวิเคราะห์องค์ประกอบวงโคจรและสมบัติทางกายภาพ ตลอดจนการสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ จำเป็นที่จะต้องสร้างกราฟแสงจากการสังเกตการณ์ (observational light curve) ระหว่างเวลา หรือนิยามกำหนดในรูปของเฟส (phase) และโชติมาตร (magnitude) ของระบบดาวคู่ในช่วงความยาวคลื่นที่สังเกตการณ์ โดยนักดาราศาสตร์นิยามเฟสของวงโคจร (orbital phase) ของระบบดาวคู่ โดยกำหนดให้ขณะที่ดาวดวงที่สว่างกว่าในระบบดาวคู่ถูกบดบังโดยสมาชิกอีกดวงหนึ่งที่สว่างน้อยกว่า เป็นช่วงเกิดอุปราคาปฐมภูมิ (primary minimum eclipse : Min.I) จะมีเฟสเท่ากับ 0 และความสว่างจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีความสว่างมากที่สุดที่เฟสเท่ากับ 0.25 ซึ่งเป็นช่วงที่ดาวคู่ทั้งสองไม่บดบังกัน หลังจากนั้นค่าความสว่างจะลดลงจนน้อยอีกครั้งในช่วงเกิดอุปราคาทุติยภูมิ (secondary minimum eclipse : Min.II) โดยในตำแหน่งนี้เฟสจะมีค่าเท่ากับ 0.5 หลังจากนั้นความสว่างจะเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากที่สุดที่ตำแหน่งเฟสเท่ากับ 0.75 และกลับสู่ตำแหน่งเกิดอุปราคาปฐมภูมิอีกครั้งนับเป็นการโคจรครบหนึ่งรอบ ซึ่งตรงกับตำแหน่งเฟสเท่ากับ 0 ดังนั้น เฟสการโคจรของระบบดาวคู่จึงมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 แบบนี้ต่อไปเป็นวัฏจักร [11]

เมื่อนำภาพถ่ายที่ได้มาผ่านกระบวนการรีดักชันภาพ (image reduction) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนและวัดแสงโดยวิธีโฟโตเมตรี (photometry) [12] ผ่านโปรแกรม AstrolmageJ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างกราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นพร้อมความคลาดเคลื่อน (error bar) ของเวลา จากการเปิดหน้ากล้องรับแสงในแนวนอน และความคลาดเคลื่อน (uncertainty) ของความสว่างจากการเปรียบเทียบจากดาว HD 33720 (ดาวตรวจสอบ) ในแนวตั้ง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ V1851 Ori

คาบการโคจรของระบบดาวคู่

การสังเกตการณ์ระบบดาวคู่อุปราคาระบบหนึ่งอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน [13] สร้างกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์จะเกิดคาบเวลาที่แสงน้อยที่สุด (time of minimum) ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเหล่านี้จะมีลักษณะเป็นคาบตามสมการเชิงเส้นเอพริเมอร์ริส (linear ephemeris equation) ดังสมการ

$$\text{Min.I} = \text{HJD}_0 + P \cdot E \quad (1)$$

โดยที่ Min.I คือ เวลาที่แสงน้อยที่สุด ในหน่วยวันจูเลียนศูนยสุริยะ
 HJD_0 คือ เวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ epoch = 0 ในรูปของวันจูเลียนศูนยสุริยะ
 P คือ คาบการโคจรของระบบดาวคู่
 E คือ ยุค (epoch) หรือจำนวนรอบการโคจรของระบบดาวคู่ นับจากวันจูเลียนศูนยสุริยะ

เมื่อจำนวนรอบการโคจรของระบบดาวคู่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เวลาในการเกิดอุปราคาปฐุมภูมิจะมีค่าเคลื่อนไปจากสมการ (1) เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ สามารถพิจารณาห้อตราการเปลี่ยนแปลงคาบเชิงมุม ด้วยแผนภาพ O - C ได้ว่า

$$O = \text{HJD}_0 + P_{\text{obs}} \cdot E \quad (2)$$

และ

$$C = \text{HJD}_0 + P_{\text{est}} \cdot E \quad (3)$$

โดยที่	O	คือ เวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์
	C	คือ เวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการคำนวณ
	P_{obs}	คือ คาบการโคจรของระบบดาวคู่ที่ได้จากการสังเกตการณ์
	P_{est}	คือ คาบการโคจรของระบบดาวคู่ที่คำนวณได้จากสมการเชิงเส้น ephemeris

เมื่อนำสมการ (2) – (3) จะได้

$$O - C = (P_{\text{obs}} - P_{\text{est}}) \cdot E \quad (4)$$

เมื่อนำค่า $O - C$ ที่ได้จากการวิจัยมาเขียนเป็นแผนภาพ $O - C$ ร่วมกับค่าทั้งหมดที่นักดาราศาสตร์ในอดีตเคยคำนวณไว้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวโน้มความสัมพันธ์ หากแผนภาพ $O - C$ มีการกระจายแบบพาราโบลา จะได้ว่า

$$O - C = a \cdot E^2 + b \cdot E + c = (P_{\text{obs}} - P_{\text{est}}) \cdot E \quad (5)$$

อนุพันธ์สมการ (5) เทียบกับ epoch จะได้

$$\frac{dP}{dE} E = (P_{\text{obs}} - P_{\text{est}}) \cdot E = 2a \cdot E + b \quad (6)$$

เทียบสัมประสิทธิ์ทั้งสองข้างของสมการจะได้

$$\frac{dP}{dE} = 2a \quad (7)$$

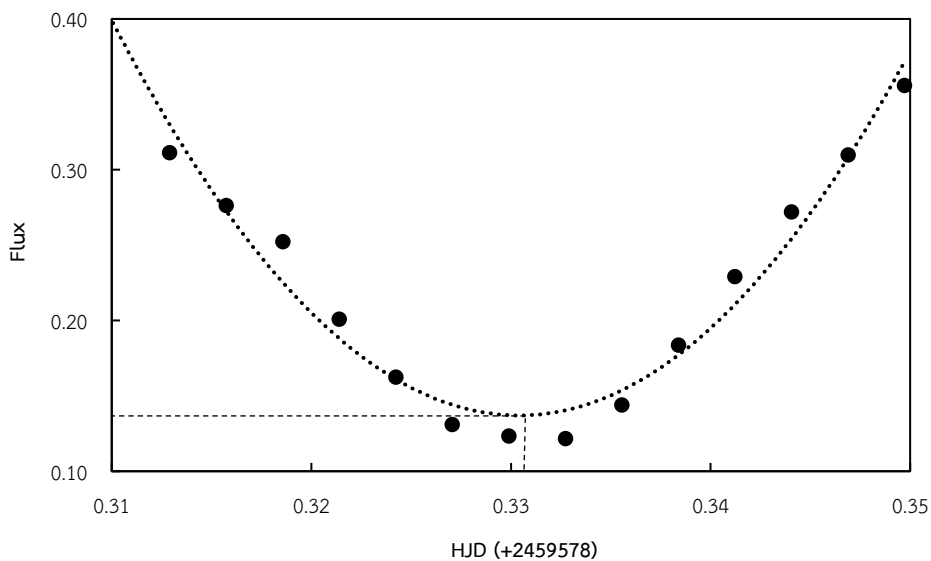
การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ จะใช้การพิจารณาแผนภาพ $O - C$ โดยการหาค่า a จากการใช้ quadratic polynomial fitting method โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ในหน่วยวันต่อรอบ

ข้อมูลกราฟแสงที่ได้มีความสำคัญในการนำมาวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (time of minimum light) [14] ของกราฟแสงของระบบดาวคู่ V1851 Ori (ภาพที่ 3) พบว่า ข้อมูลที่ได้จากกราฟแสงในช่วงอุปราคาปฐมภูมิ (primary eclipse) เส้นแนวโน้มตามสมการ

$$\text{Flux} = - (940.42 \cdot \text{HJD}^2) + (621.56 \cdot \text{HJD}) - 89.65 \quad (8)$$

ทำให้สามารถคำนวณหาช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุด time of minimum light (O) จากสมการ (8) ได้เท่ากับ 2459578.3312 มีคาบการโคจรใหม่เท่ากับ $0.2702 (\pm 0.0028)$ วัน สามารถนำมาเขียนเป็นสมการ ephemeris ใหม่เป็นจากงานวิจัยนี้ได้ดังสมการ (9)

$$\text{HJD Min.I} = 2459578.3312 (\pm 0.0009) + 0^{\text{d}}.2702 (\pm 0.0028) \cdot E \quad (9)$$



ภาพที่ 3 กราฟแสงในช่วงอุปราคาปฐมภูมิ

การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1851 Ori จากการวิจัยนี้ จำเป็นต้องอ้างอิงถึงสมการ linear ephemeris เดิมของนักดาราศาสตร์ท่านอื่น ๆ จากฐานข้อมูล Bob Nelson และงานวิจัยอื่น คือ

$$\text{HJD Min.I} = 2452617.77 + 0^{\text{d}}.27695 \cdot E \quad (10)$$

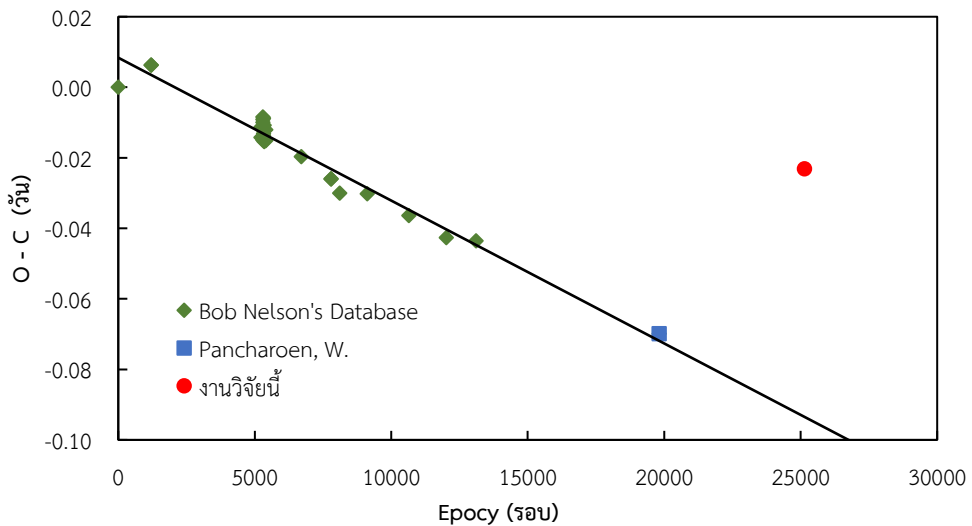
เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่ V1851 Ori มีการเปลี่ยนแปลงค่าวงโคจรไปจากเดิม แทนค่า time of minimum light (O) เพื่อหาค่ายุค (epoch) และคำนวณหาค่า time of minimum light (C) จากสมการ (10) จะได้ค่า O – C เท่ากับ -0.0231 และเมื่อนำค่าที่ได้จากการวิจัยนี้มาเขียนเป็นแผนภาพ O – C รวมค่าที่ได้จากนักดาราศาสตร์ท่านอื่นที่ได้เคยหาค่าไว้ก่อนหน้านี้ (ตารางที่ 2) จะได้ (ภาพที่ 4)

ตารางที่ 2 ค่า O - C ของระบบดาวคู่ V1851 Ori

เวลาที่แสงน้อยที่สุด	ยุค	ค่า O - C	ผู้วิจัย	อ้างอิง
2452617.77	0	0	Bob Nelson's database	[15]
2452950.8087	1202.5	0.00633	Bob Nelson's database	[15]
2452950.8087	1202.5	0.00633	Bob Nelson's database	[15]
2454066.3455	5230.5	-0.0115	Bob Nelson's database	[15]
2454066.4841	5231	-0.0113	Bob Nelson's database	[15]
2454066.6197	5231.5	-0.0142	Bob Nelson's database	[15]
2454083.3803	5292	-0.0091	Bob Nelson's database	[15]
2454083.517	5292.5	-0.0109	Bob Nelson's database	[15]
2454083.6523	5293	-0.014	Bob Nelson's database	[15]
2454085.3181	5299	-0.0099	Bob Nelson's database	[15]
2454085.4516	5299.5	-0.0149	Bob Nelson's database	[15]
2454085.5966	5300	-0.0084	Bob Nelson's database	[15]
2454090.3	5317	-0.0131	Bob Nelson's database	[15]
2454090.4428	5317.5	-0.0088	Bob Nelson's database	[15]
2454090.5764	5318	-0.0137	Bob Nelson's database	[15]
2454097.3646	5342.5	-0.0108	Bob Nelson's database	[15]
2454097.4984	5343	-0.0154	Bob Nelson's database	[15]
2454114.2573	5403.5	-0.012	Bob Nelson's database	[15]
2454114.3927	5404	-0.0151	Bob Nelson's database	[15]
2454474.2846	6703.5	-0.0197	Bob Nelson's database	[15]
2454777.8156	7799.5	-0.0259	Bob Nelson's database	[15]
2454777.954	7800	-0.026	Bob Nelson's database	[15]
2454862.6967	8106	-0.03	Bob Nelson's database	[15]
2455144.9085	9125	-0.0302	Bob Nelson's database	[15]
2455566.6972	10648	-0.0364	Bob Nelson's database	[15]
2455946.6664	12020	-0.0426	Bob Nelson's database	[15]
2456246.8793	13104	-0.0435	Bob Nelson's database	[15]

ตารางที่ 2 ค่า O - C ของระบบดาวคู่ V1851 Ori (ต่อ)

เวลาที่แสงน้อยที่สุด	ยุค	ค่า O - C	ผู้วิจัย	อ้างอิง
2458105.0490	19813.5	-0.06982	Pancharoen, W.	[16]
2459578.3312	25133	-0.0231	งานวิจัยนี้	



ภาพที่ 4 แผนภาพ O - C ของระบบดาวคู่ V1851 Ori

อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1851 Ori หาได้จากการเปลี่ยนแปลงระหว่าง epoch และ O - C ที่นักดาราศาสตร์ในอดีตเคยคำนวณไว้ทั้งหมดมาเป็นข้อมูลในการกำหนดแนวโน้มความสัมพันธ์ พบว่า เส้นแนวโน้มมีลักษณะความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน (negative correlation) แสดงให้เห็นว่า ระบบดาวคู่ V1851 Ori มีแนวโน้มที่จะมีคาบการโคจรลดลง และเมื่อใช้การวิเคราะห์ quadratic ephemeris จะได้เส้นแนวโน้มความสัมพันธ์เป็น

$$O - C = 6.1702 \times 10^{-12} (\pm 0.0001 \times 10^{-12}) \cdot E^2 - 4.1668 \times 10^{-6} (\pm 0.0027 \times 10^{-6}) \cdot E + 8.7792 (\pm 0.0014) \quad (11)$$

เมื่อนำมาหาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1851 Ori จะได้

$$\frac{dP}{dE} = 2 \cdot (6.1702 \times 10^{-12}) (\pm 0.0001 \times 10^{-12}) = 1.2340 \times 10^{-11} (\pm 0.0014 \times 10^{-12}) \text{ วัน/epoch} \quad (12)$$

อภิปรายผลการวิจัย

เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ V1851 Ori มีค่าเป็นจำนวนบวก ส่งผลให้คาบการโคจรของระบบดาวคู่จึงมีค่าลดลงในอัตรา $1.2340 \times 10^{-11} (\pm 0.0001 \times 10^{-11})$ วันต่อรอบ หรือคาบการโคจรลดลง ในอัตรา $1.4062 \times 10^{-3} (\pm 0.0001 \times 10^{-3})$ วินาทีต่อปี ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ V1851 Ori มีคาบการโคจรลดลง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Pancharoen และคณะ [16] เนื่องจากวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ที่ดาวสองดวงอยู่ใกล้กันมากจนมีการโคจรรอบจุดศูนย์กลางการโคจรร่วมกัน วิวัฒนาการต่อมาจนกระทั่งสมาชิกดวงหนึ่งกลายเป็นดาวยักษ์แดง กระทั่งมีการขยายตัวของชั้นบรรยากาศจนเต็มผิวห่อหุ้มโรซ (Roche lobes) เกิดการถ่ายเทมวลระหว่างกัน คาบการโคจรของระบบที่ลดลงแสดงให้เห็นว่าดาวทั้งสองดวงอยู่ใกล้กันมากขึ้นทุกขณะ เนื่องจากเกิดการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุม (angular momentum lost) อย่างต่อเนื่อง คาบการโคจรของดาวคู่จึงลดลง และอาจนำไปสู่การหลอมกลายเป็นดาวเดี่ยวในที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ V1851 โอโรไอนิดส์ ระหว่างวันที่ 30–31 ธันวาคม 2564 ณ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี วัดแสงด้วยเทคนิคโฟโตเมตริกเพื่อหาช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุดได้เท่ากับ 2459578.3312 คำนวณคาบการโคจรได้เท่ากับ $0^d.2702 (\pm 0.0028)$ วัน ได้สมการ ephemeris ใหม่เป็น $HJD Min.I = 2459578.3312 (\pm 0.0009) + 0^d.2702 (\pm 0.0028) \cdot E$ เมื่อวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรโดยใช้แผนภาพ O – C พบว่า คาบการโคจรของระบบดาวคู่มีค่าลดลงในอัตรา $1.2340 \times 10^{-11} (\pm 0.0001 \times 10^{-11})$ วันต่อรอบ จึงเป็นไปได้ว่า ระบบดาวคู่ V1851 โอโรไอนิดส์ มีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมโดยการถ่ายเทมวลระหว่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] เชิดตระกูล หอมจำปา. (2552). *โครงสร้างทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด*. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- [2] บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). *ดาราศาสตร์ฟิสิกส์*. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [3] บุญรักษา สุนทรธรรม. (2546). *การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบเกือบแตะกันบางระบบ*. รายงานวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- [4] Essam, A., Nakhlawy, A., & Rassem, M. A. (2013). The first photometric analyses and classification of the W-UMa eclipsing binary systems GSC 1283-53 and GSC 702-1892. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 2(1), 1–7.
- [5] Blattler, E., & Diethelm, R. (2007). Observations of variables. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5799, 1 – 4.
- [6] Lasker, B. M., Sturch, C. R., McLean, B. J., Russell, J. L., Jenkner, H., & Shara, M. M. (1990). The Guide Star Catalog. I - Astronomical foundations and image processing. *Astronomy Journal*, 99, 2019–2058.

- [7] Lohr, M. E., Norton, A. J., Payne, S. G., & West, R. G. (2015). Orbital period changes and the higher-order multiplicity fraction amongst SuperWASP eclipsing binaries. *Astronomy & Astrophysics*, 7, 1–7.
- [8] American Association of Variable Star Observers. (2023). AAVSO DSLR Observing Manual. [ออนไลน์], สืบค้นจาก https://www.aavso.org/sites/default/files/AAVSO_DSLR_Observing_Manual_v1-2 (10 มกราคม 2567).
- [9] Park, W., Pak, S., Shim, H., Le, H. A. N., Im, M., Chang, S., & Yu, J. (2015). Photometry Transformation from RGB Bayer Filter System to Johnson-Cousins BVR Filter System. *Advances in Space Research*, 57(1), 509–518.
- [10] Université de Strasbourg. (2023). SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg). [ออนไลน์], สืบค้นจาก <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad> (15 มกราคม 2567).
- [11] ฟาร์รุ่ง สุริยา บุญทิศ. (2565). ฟิสิกส์ดาราศาสตร์เบื้องต้นของโนวา (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงราย: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- [12] Karen, A. C., John, F. K., & Keivan, G. S. (2017). Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves. *Astrophysical Journal*, 115, 2.
- [13] ChangQing, L., XiaoBin, Z., Licai, D., Kun, W., Yangping, L., & Xiangsong, F. (2017). Photometric investigation of two contact binaries in the young open cluster NGC 957. *New Astronomy*, 52, 29–34.
- [14] Zasche, P., Liakos, A., Niarchos, P., Wolf, M., Manimanis, V., & Gazeas, K. (2008). Period changes in six contact binaries: WZ And, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau. *New Astronomy*, 14(2), 121–128.
- [15] American Association of Variable Star Observers. (2023). Bob Nelson's Database of Eclipsing Binary O - C. [ออนไลน์], สืบค้นจาก <https://www.aavso.org/bob-nelsons-o-c-files> (9 มกราคม 2567).
- [16] Pancharoen, W., & Maithong, W. (2021). The first study of a period change of the V1851 Orion binary system. *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports*, 24(3), 9–14.