

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1799 Ori

A Study of the Orbital Period Change of V1799 Ori Binary System

ศราวุฒ ชูโลก^{1*} ยามีละ มะโร๊ะ² และสุนิรัตน์ ลารีนู²
Sarawut Choolok^{1*}, Yameelah Maroh² and Suneerat Lareenu²

บทคัดย่อ

ระบบดาวคู่ V1799 Ori เป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Uma มีคาบการโคจร 0.29031 วัน เมื่อศึกษากราฟแสงของระบบดาวคู่ดังกล่าวตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคาบอย่างต่อเนื่อง ในการวิจัยครั้งนี้ได้สร้างกราฟแสงด้วยวิธีการโฟโตเมตรี (Photometry) ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง สร้างขึ้นเพื่อหาค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุด โดยค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดตั้งแต่อดีตรวมกับค่าแสงในงานวิจัยครั้งนี้ นำไปสร้างแผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ V1799 Ori จากการวิเคราะห์พบว่าแผนภาพ O-C มีลักษณะเป็นพาราโบลาคว่ำ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1799 Ori มีการลดลงในช่วงอัตรา 0.000300268 วินาทีต่อปี ถึง 0.000299477 วินาทีต่อปี

คำสำคัญ: ระบบดาวคู่ ระบบดาวคู่อุปราคา วันจูเลียนศูนย์สุริยะ โฟโตเมตรี

Abstract

V1799 Ori is a W Uma Eclipsing Binary with an orbital period of 0.29031 day. From the previous investigation of its light curve, it was found that this binary system has a continuous orbital period change. In this research, new photometric B V and R light curves have been obtained to compute time of minimum light. Using the previously published time of minima and the value obtained in this research, an O - C curve of V1799 Ori was constructed. It was found that, this curve trends toward a downward parabolic variation. The result reveals that the orbital period of V1799 Ori there was a decrease in the rate 0.000300268 seconds per year to 0.000299477 seconds per year.

Keywords: Binary System, Eclipsing Binaries, Heliocentric Julian Date, Photometry

บทนำ

บิกแบงเป็นอีกทฤษฎีหนึ่งที่ใช้อธิบายการกำเนิดเอกภพ (Universe) ซึ่งเอกภพที่เรารู้จักกำเนิดขึ้นเมื่อหนึ่งหมื่นหกพันล้านปีมาแล้วตามทฤษฎีดังกล่าว พลังงานจากการเกิดบิกแบงได้เปลี่ยนเป็นมวลสารก่อตัวรวมกันภายใต้แรงโน้มถ่วงเป็นดาวฤกษ์เริ่มแรกดวงดาวที่ปรากฏบนท้องฟ้าจึงเป็นดาวฤกษ์เป็นส่วนใหญ่ เมื่อเวลาผ่านไปดาวฤกษ์จะวิวัฒนาการตัวมันเองไปตามระบบของแถบลำดับหลัก ดาวฤกษ์นั้นมีมากมายหลายระบบ ดาวฤกษ์บางระบบมักจะมีคู่เสมอเพื่ออนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมของระบบ เรียกดาวฤกษ์นี้ว่า ระบบดาวคู่ (binary systems)

¹ อ.,โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

² นักศึกษาปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

*Corresponding author: e-mail: choolok@gmail.com Tel. 093-5812435

การศึกษาระบบดาวคู่ที่มีความหมายสำคัญ กล่าวได้ว่าเป็นการศึกษาถึงส่วนหนึ่งของวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ เป็นรอยต่อแห่งการวิวัฒนาการของเอกภพ

ระบบดาวคู่เป็นระบบดาวที่ประกอบด้วยสมาชิกสองดวงโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลร่วมกัน และอยู่ภายใต้สนามโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน [1] ในบรรดาดาวฤกษ์ทั้งหมดพบว่า ประมาณครึ่งหนึ่งหรือมากกว่าเป็นระบบดาวคู่ จึงได้จำแนกออกเป็นประเภทหลายประเภทตามสมบัติทางกายภาพโดยการสังเกตและตรวจวัด ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาสร้างกราฟแสง (light curve) ซึ่งบันทึกข้อมูลการลดลงหรือการเพิ่มขึ้นของแสงจากระบบดาวคู่ที่เวลาต่างๆกัน ลักษณะของกราฟแสงที่มีการลดลงของเส้นกราฟหมายถึงมีการโคจรบังกันภายในระบบดาวตามแนวสังเกตการณ์ โดยถ้าสมาชิกดวงสว่างโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกดวงที่สว่างน้อยกว่า ลักษณะของกราฟแสงที่ได้ในเวลานั้นจะมีการลดลงของแสงในปริมาณที่มาก เรียกเป็นอุปราคาปฐมภูมิ (primary eclipse) และเรียกเวลานั้นเป็นค่าต่ำสุดปฐมภูมิ (primary minimum, Min I) ในทำนองกลับกัน ถ้าสมาชิกที่สว่างน้อยกว่าโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกดวงที่สว่างมาก กราฟแสงที่ได้ก็จะมี การลดลงของแสงเช่นกัน แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า เรียกเป็นอุปราคาทุติยภูมิ (secondary eclipse) และเรียกเวลานั้นเป็นค่าต่ำสุดทุติยภูมิ (secondary minimum, Min II) การโคจรรอบกันของระบบดาวคู่หนึ่งรอบ จะเกิดการบังกันที่ทำให้ปริมาณแสงลดลงสองครั้ง ซึ่งเวลาที่ระบบดาวคู่โคจรรอบโดยสมบูรณ์ เรียกว่า คาบ (period) ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถวิเคราะห์วงโคจร และองค์ประกอบทางกายภาพของระบบดาวคู่ที่นำมาเป็นหลักฐานในการศึกษาวิวัฒนาการของการเปลี่ยนแปลงในระบบดาวคู่ได้

วิธีการวิจัย

งานวิจัยดาวคู่ V1799 Ori เป็นการศึกษาาระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Uma มีตำแหน่งค่าไรต์แอสเซนชัน $4^{\text{h}} 47^{\text{m}} 18.2^{\text{s}}$ และเดคลิเนชัน $6^{\circ} 40' 56''$ ซึ่งมีคาบการโคจรที่น้อยมาก การศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวคู่ V1799 Ori ในช่วงวันที่ 1-3 กุมภาพันธ์ 2557 นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสงเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ขั้นตอนการหาข้อมูลของดาวคู่ V1799 Ori

1.1 โดยค้นหาแค็ตตาล็อกของดาวแปรแสง ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยค้นหาจากเว็บไซต์ <http://vizier.u-strasbg.fr/Viz-bin/Vizier> โดยเลือก gcv5 [2]

1.2 ค้นหาข้อมูลของดาว V1799 Ori จากเว็บไซต์ <http://aladin.u-strasbg.fr> และศึกษาตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดาว จากเว็บไซต์ <http://catserver.ing.iac.es/staralt/index.php>

2. ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกข้อมูลภาพถ่ายดาว V1799 Ori โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดเชียงใหม่ ต่อเข้ากับกล้องซีซีดี (Apogee Altra U42) ที่มีแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง (Filter B, V and R) ต่อผ่านระบบคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการถ่ายภาพดาว โดยใช้โปรแกรม The sky version 6.0 ในการตามหาตำแหน่งดาว และโปรแกรม MaxIm DL 5 ในการถ่ายภาพดาว เก็บบันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 1-3 กุมภาพันธ์ 2557

3. เพื่อให้ภาพถ่ายมีความถูกต้องมากขึ้น ต้องทำการถ่ายภาพ Dark Flats และ Bias ผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) จำนวนหลายภาพ แล้วนำภาพมารวมกัน [3]

4. นำภาพถ่ายที่ผ่านการ calibrate มาทำ Photometry เพื่อวิเคราะห์แสงของดาว

5. นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสงสังเคราะห์ (synthetic light curve) หรือกราฟความเร็วในแนวเล็งสังเคราะห์ (synthetic radial velocity curve) โดยใช้โปรแกรม LC

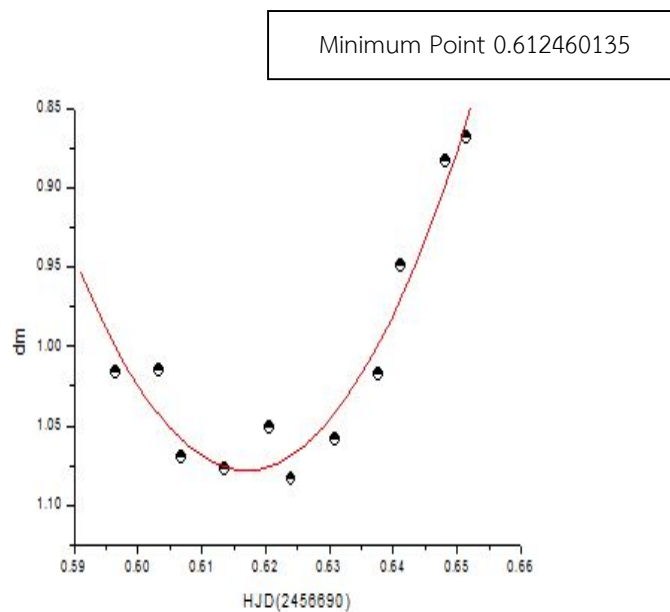
ผลการศึกษา

การวิเคราะห์เฟสของระบบดาวคู่อุปราคา จะต้องคำนวณวันจูเลียน (julian date, JD) และวันจูเลียนศูนย์กลางสุริยะ (heliocentric julian date, HJD) โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ 1

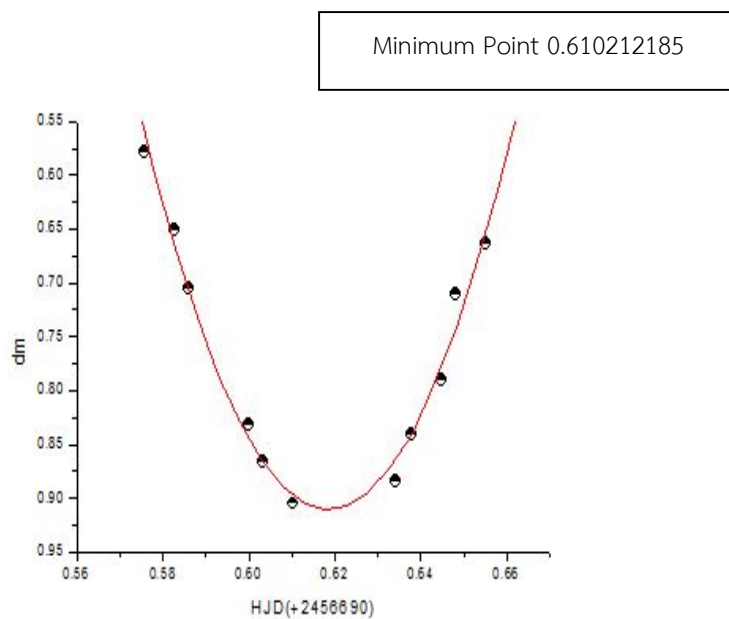
$$HJD = JD + \Delta t \quad (1)$$

โดย Δt เป็นค่าการแก้ศูนย์กลางสุริยะ (heliocentric correction) ซึ่งแปลงเวลาการสังเกตการณ์บนโลก ให้เป็นเวลาการสังเกตการณ์เมื่อยึดตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นจุดอ้างอิง

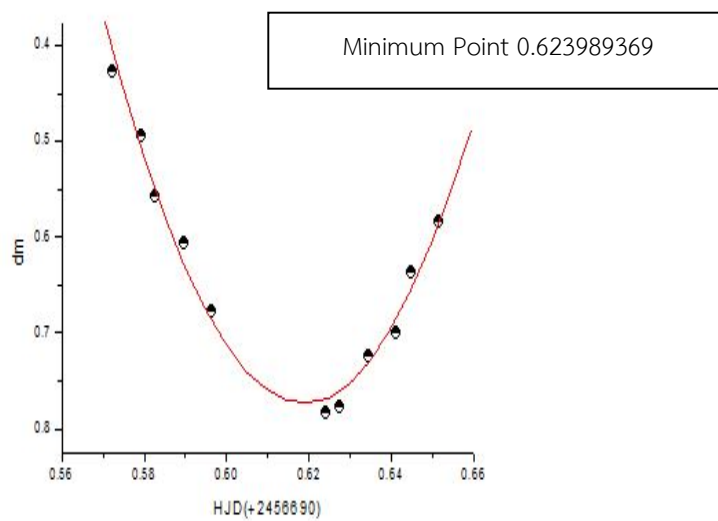
ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ V1799 Ori ในวันที่ 1 - 3 กุมภาพันธ์ 2557 ซึ่งมีคาบการโคจร 0.29 วัน ข้อมูลที่ได้จากกราฟแสงในช่วงอุปราคาปฐมภูมิ พบว่าช่วงเวลาแสงที่ลดลงกับเวลาในวันจูเลียนศูนย์กลางสุริยะมีค่าเวลาแสงต่ำสุดในช่วงอุปราคาปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ดังแสดงในภาพที่ 1-3 และได้ค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุด (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 การหาค่าเวลาของแสงที่น้อยที่สุดในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน



ภาพที่ 2 การหาค่าเวลาของแสงที่น้อยที่สุดในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง



ภาพที่ 3 การหาค่าเวลาของแสงที่น้อยที่สุดในช่วงความยาวคลื่นสีแดง

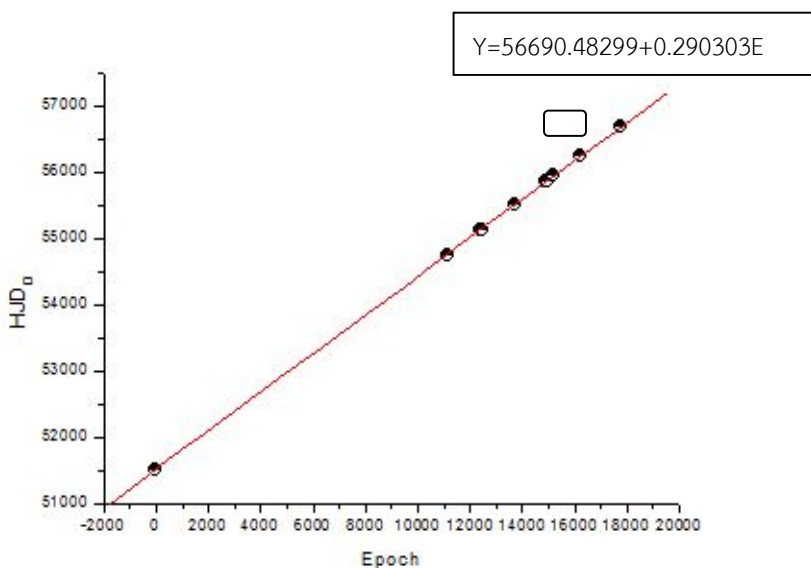
ตารางที่ 1 แสดงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากกราฟแสงของระบบดาวคู่ V1799 Ori ที่สังเกตการณ์ได้ในช่วงความยาวคลื่น สีนํ้าเงิน สีเหลือง และสีแดง

ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุด	ชนิดอุปกรณ์
สีนํ้าเงิน	2456690.234	ปฐุมภูมิ
สีเหลือง	2456690.202	ปฐุมภูมิ
สีแดง	2456690.206	ปฐุมภูมิ
เฉลี่ย	2456690.440	ปฐุมภูมิ

การวิเคราะห์ค่า O-C

นักดาราศาสตร์ได้ทำการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ V1799 Ori และบันทึกค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดเอาไว้ ผู้วิจัยจึงหาค่า Linear ephemeris (สมการที่ 2) ใหม่โดยการรวบรวมค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในอดีตรวมกับค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในงานวิจัยนี้เพื่อหาค่า Min I ใหม่ได้จากกราฟที่พล็อตระหว่าง HJD_0 กับ Epoch จากค่า Linear ephemeris ที่ J.M. Kreiner คำนวณไว้ในปี ค.ศ. 1999 (ภาพที่ 4)

$$HJD = 51524.829 + 0.29031E \quad (2)$$

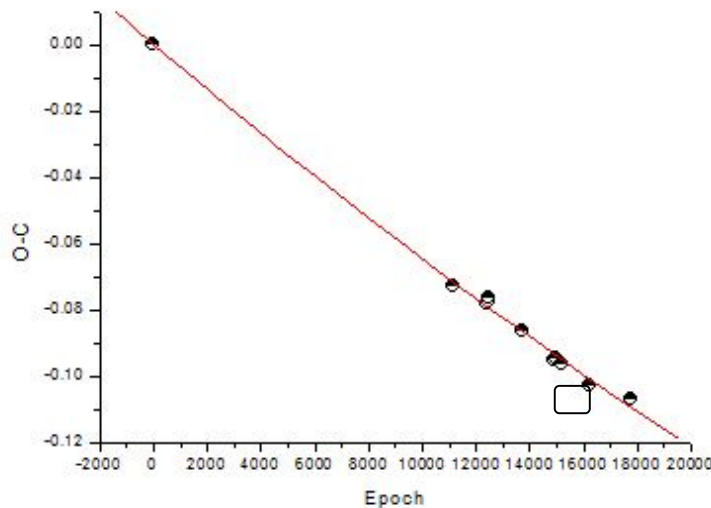


ภาพที่ 4 กราฟระหว่าง HJD_0 กับ Epoch ที่แสงน้อยที่สุด (ข้อมูลในกรอบสี่เหลี่ยมคือข้อมูลของผู้วิจัย)

จากกราฟระหว่าง HJD_0 กับ Epoch ที่แสงน้อยที่สุด จะได้ค่า Linear ephemeris ใหม่ ในสมการที่ 2

$$Min I = 56690.48299 + 0.290303E \quad (3)$$

จากค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์ (O) ตั้งแต่อดีตรวมกับงานวิจัยนี้ นำมาคำนวณหาค่า E ที่ได้มาคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (C) จากสมการ 3 แล้วหาผลต่างของค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (O-C) มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง O-C กับ Epoch ได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ V1799 Ori (ข้อมูลในกรอบสี่เหลี่ยมคือข้อมูลของผู้วิจัย)

จากกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O-C กับ Epoch ของระบบดาวคู่ V1799 Ori เมื่อวิเคราะห์ค่าในเชิงตัวเลขด้วยสมการพหุนามเมื่อยลำดับที่ 2 (Second-Order Polynomial Fitting) ดังนี้

$$O-C = aE^2 + bE + C \quad (4)$$

$$\text{โดยค่า } a = (1.3562968623 \pm 0.0017887414) \times 10^{-12}$$

$$b = (6.8546809067 \pm 3.8972213564) \times 10^{-6}$$

$$c = (3.8780014633 \pm 2.1879731783) \times 10^{-11}$$

จากสมการของกราฟระหว่าง (O-C) และ Epoch ของระบบดาวคู่ V1799 Ori โดยสมการพหุนามเมื่อยลำดับที่สอง (สมการที่ 4) พบว่าอัตราการลดลงของคาบวงโคจรอยู่ในช่วง $2.716171208 \times 10^{-12}$ ถึง $2.709016242 \times 10^{-12}$ วันต่อรอบ แปลงหน่วยวันต่อรอบเป็นวินาทีต่อปี

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dE} &= (2.716171208 \times 10^{-12} \text{ วันต่อรอบ}) \times (1/0.285464 \text{ รอบต่อวัน}) \times (86400 \text{ วินาทีต่อวัน}) \times (365.25 \text{ วันต่อปี}) \\ &= 0.3002684909 \times 10^{-3} \text{ วินาทีต่อปี} \end{aligned}$$

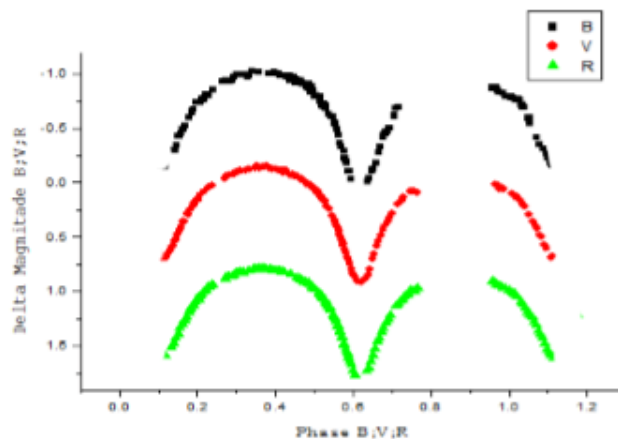
$$\begin{aligned} \frac{dP}{dE} &= (2.709016242 \times 10^{-12} \text{ วันต่อรอบ}) \times (1/0.285464 \text{ รอบต่อวัน}) \times (86400 \text{ วินาทีต่อวัน}) \times (365.25 \text{ วันต่อปี}) \\ &= 0.2994775206 \times 10^{-3} \text{ วินาทีต่อปี} \end{aligned}$$

ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยแผนภาพ O-C มีค่าเป็นลบ หมายถึงคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ V1799 Ori มีค่าลดลงในช่วงอัตรา 0.000300268 วินาทีต่อปีถึง 0.000299477 วินาทีต่อปี คาบการโคจร (P) ของระบบดาวคู่ V1799 Ori

อภิปรายผล

เฟสของวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคาในขณะที่ดาวดวงที่สว่างกว่าในระบบดาวคู่ถูกบังโดยสมาชิกอีกดวงหนึ่งที่สว่างน้อยกว่า ซึ่งเป็นช่วงเกิดอุปราคาปฐมภูมิเฟสจะมีค่าเท่ากับ 0 และค่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนค่าความสว่างมากที่สุด ที่เฟสมีค่าเท่ากับ 0.25 ซึ่งเป็นช่วงที่ดาวทั้งสองไม่บังกัน หลังจากนั้นค่าความสว่างจะลดลงจนความสว่างน้อยที่สุดอีกครั้ง ในช่วงเกิดอุปราคาทุติยภูมิตำแหน่งเฟสจะมีค่าเท่ากับ 0.5 หลังจากเฟสนี้สว่างจะเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากที่สุดอีกครั้งที่เฟสมีค่าเท่ากับ 0.75 แล้วกลับไปสู่อุปราคาปฐมภูมิ เป็นการโคจรครบ 1 รอบพอดี และเริ่มนับเฟส 0 ใหม่ในการโคจรบังกันในรอบต่อไป ดังนั้นช่วงเฟสของวงโคจรจึงมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ V1799 Ori ในช่วงระหว่างวันที่ 1 - 3 กุมภาพันธ์ 2557 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง สามารถนำมาสร้างกราฟแสงด้วยวิธีการโฟโตเมตรี (Photometry) ซึ่งได้กราฟแสงของระบบดาวคู่ V1799 Ori ในแต่ละช่วงความยาวคลื่นแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสงดาวคู่ V1799 Ori ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R)

สรุปผล

สำหรับระบบดาวคู่ V1799 Ori นั้นเป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Uma ที่มีคาบการโคจร 0.290278 วัน โดย J.M. Kreiner คำนวณไว้ในปี ค.ศ.1999 แต่เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงต่ำสุดในช่วงอุปราคาปฐมภูมิ (primary minimum) และอุปราคาทุติยภูมิ (secondary minimum) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสามารถคำนวณคาบการโคจรที่เปลี่ยนไปของระบบดาวคู่ V1799 Ori โดยใช้สมการ Linear ephemeris ได้เท่ากับ 0.29031 วัน และเมื่อเมื่อผู้วิจัยหาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ดังกล่าวโดยใช้แผนภาพ O-C ซึ่งได้จากค่าเวลาแสงต่ำสุดจากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่า อัตราคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1799 Ori ลดลงในช่วง

ระหว่าง 0.000300268 วินาทีต่อปี ถึง 0.000299477 วินาทีต่อปีซึ่งหมายถึง การลดลงของระยะห่างระหว่างดาวสมาชิกทั้งสองดวงของระบบดาวคู่เป็นผลอันเนื่องมาจากกลไกการถ่ายเทมวลสารระหว่างสมาชิกทั้งสองนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). **ดาราศาสตร์ฟิสิกส์**. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] Peters, G.J. and Poliden, R. (1984). "Evidence for a High Temperature Accretion Region in Algol-Type Binary Systems", **Astronomical**. (283), 745-759.
- [3] ศิรามาศ โกมลจินดา. (2546). **โครงสร้างทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบแคระกัน อาร์ แชด ทอรี**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.