

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae A Study of the Orbital Period Change of DF Hydrae Binary System

อรดี พิลาโฮม¹ เชิดตระกูล หอมจำปา^{1*} อีรธาร ศรีมหา¹ และ สมานชาญ จันทรเี่ยม²

Oradee Pilahome¹ Choedtrakool Homchampa¹

Teeratan Simaha and Smanchan Chandaiam²

¹ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

² สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

* oradee0799@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาคาบการแปรแสง ของระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W UMa, DF Hydrae ซึ่งมีคาบการโคจร 0.330604 วัน ดำเนินการ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงชนิด ริชชี-เครเทียน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร ทำหน้าที่รวมแสงและบันทึกภาพถ่ายโดยใช้ซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) เฉพาะช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(B) และสีเหลือง(V) ในการวิจัยครั้งนี้ได้สร้างกราฟแสงขึ้นเพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด โดยค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดตั้งแต่อดีตรวมกับค่าแสงที่น้อยที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ นำไปสร้างแผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ DF Hydrae จากการวิเคราะห์พบว่าแผนภาพ O-C มีลักษณะเป็นพาราโบลาหงาย ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.000144 วินาทีต่อปี

คำสำคัญ: DF Hydrae การเปลี่ยนแปลงคาบ ระบบดาวคู่อุปราคา

Abstract

A study on a period change of W UMa eclipsing binary system, DF Hydrae with an orbital period of 0.330604 day, was done at Nakhon Ratchasima Regional Observatory for the Public, A 0.5-m Ritchey-chretien telescope with a CCD photometer was used for observations both in blue (B) and yellow (V) wavelength bands. In this research, the graph was constructed for finding the time of minimum light. The previous published time of minimum and value were used in the research to plot an O-C curve of DF Hydrae. It was found that, this curve trended toward an upturned parabolic variation. The result reveals that the orbital period of the DF Hydrae was increased at the rate of 0.000144 seconds per year.

Keywords: DF Hydrae, Period change, W UMa eclipsing binary system

บทนำ

ดาวฤกษ์บนท้องฟ้าที่สังเกตเห็นมากกว่าร้อยละ 50 เป็นดาวคู่ ถึงแม้จะสังเกตเห็นเป็นดวงเดียวหรือจุดแสงเดียวกก็ตาม แต่ถ้าหากทำการวัดปริมาณของแสงดาวดวงนั้นได้ก็อาจพบว่าไม่ใช่ดาวดวงเดียวแต่อาจมีมากกว่า 1 ดวงอยู่กันเป็นระบบดาวคู่สมบัติทางกายภาพโดยทั่วไปของระบบดาวคู่แบบ 2 ดวงจะอยู่ภายใต้สนามความโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน สมาชิกของระบบดาวคู่แต่ละดวงต่างก็โคจรรอบจุดศูนย์กลางของมวลร่วม ระบบดาวคู่นี้ยังสามารถจำแนกออกเป็นหลายประเภทตามสมบัติทางกายภาพโดยการสังเกตและตรวจวัดปริมาณแสง หากนำข้อมูลที่สามารถนำมาสร้างกราฟแสง (Light Curve) ซึ่งบันทึกข้อมูลการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแสงจากระบบดาวคู่ที่เวลาต่างๆกัน จะได้ลักษณะของกราฟแสงที่มีการลดลงของเส้นกราฟซึ่งเกิดจากการโคจรบังกันภายในระบบดาวคู่ตามแนวสังเกตการณ์ (line of site) โดยถ้าสมาชิกดวงสว่างโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกดวงที่สว่างน้อยกว่า ลักษณะของกราฟแสงที่ได้ในเวลานั้นจะมีการลดลงของแสงในปริมาณที่มาก เรียกว่า อุปราคาปฐมภูมิ (primary eclipse) และเรียกเวลานั้นเป็นค่าต่ำสุดปฐมภูมิ (primary minimum: Min I) ในทำนองกลับกัน ถ้าสมาชิกที่สว่างน้อยกว่าโคจรไปอยู่ด้านหลังสมาชิกดวงที่สว่างมาก กราฟแสงที่ได้ก็จะมีการลดลงของแสงเช่นกัน แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า เรียกว่าอุปราคาทุติยภูมิ (secondary eclipse) และเรียกเวลานั้นเป็นค่าต่ำสุดทุติยภูมิ (secondary minimum; Min II) จากการสร้างกราฟแสงทำให้สามารถวิเคราะห์ประเภทของระบบดาวคู่ได้ เช่น จากการศึกษากราฟแสงของระบบดาวคู่เอ็กวาย ลีโอนีส พบว่า มีลักษณะเป็นระบบดาวคู่อุปราคา ประเภทดับเบิลยู เออร์ซาร์เมเจอร์ริส (W UMa) นอกจากนั้นกราฟแสงอาจบ่งชี้ถึงปรากฏการณ์โอคอนเนล (O'Connell effect) ที่แสดงให้เห็นว่าอาจมีจุดร้อนเกิดขึ้นบนสมาชิกในระบบดาวคู่บางระบบได้ด้วย และการโคจรรอบกับของระบบดาวคู่หนึ่งรอบ จะเกิดการบังกันที่ทำให้ปริมาณแสงลดลงสองครั้ง ซึ่งเวลาที่ระบบดาวคู่โคจรรอบโดยสมบูรณ์เรียกว่าคาบ (period) ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถวิเคราะห์ห้วงโคจรและองค์ประกอบทางกายภาพของระบบดาวคู่ที่นำมาเป็นหลักฐานในการศึกษาวิวัฒนาการของการเปลี่ยนแปลงในระบบดาวคู่ได้

ระบบดาวคู่ ดีเอฟ ไฮแดร (DF Hydrae) เป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W UMa ซึ่งจัดเป็นระบบดาวคู่แบบตะก้น มีตำแหน่งอยู่ที่ R.A. 08h 55m 02.243s และ Dec. 06o 05' 37.69" มีค่าโชติมาตรปรากฏ (Mv) คือ 10.739 ประกอบด้วยสมาชิก 2 ดวงที่เป็นดาวแคระ (Dwarfs) ที่มีขนาดและความสว่างพอๆ กัน และอาจจะมีวิวัฒนาการไปเป็นระบบดาวคู่แบบตะก้น ทำให้รูปร่างของดาวแต่ละดวงบิดเบี้ยวไปจากเดิม เมื่อพิจารณากราฟแสง พบว่ามีความโค้งอย่างสม่ำเสมอ และความลึกของอุปราคาปฐมภูมิกับอุปราคาทุติยภูมิจะมีความลึกพอๆ กัน ถ้าคาบมีค่าลดลงแสดงว่าดาวทั้งสองดวงจะอยู่ใกล้กันมากขึ้นทุกขณะผลที่ตามมาก็คือ การหมุนรอบตัวเองของสมาชิก

แต่ละดวงจะมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงมุมของการโคจรของระบบ คือ ก่อให้เกิดการหน่วงของสนามแม่เหล็ก อันเป็นผลจากทอร์กแม่เหล็กที่เหนี่ยวนำระหว่างดาวฤกษ์ทั้ง 2 ดวงจะทำให้โมเมนตัมเชิงมุมของระบบดาวคู่สูญเสีย (Angular momentum loss) อย่างต่อเนื่องวงโคจรของดาวคู่จึงลดลงอีก ซึ่งผลจากการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมดังกล่าว อาจทำให้ระบบดาวคู่หลอมกลายเป็นดาวเดี่ยวในที่สุด ประเด็นดังกล่าวนี้เป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับวิวัฒนาการของระบบดาวคู่

การศึกษาคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ DF Hydrae ผู้วิจัยได้ศึกษากราฟแสงเพื่อหาค่า Time of Minimum light นำไปสร้างแผนภาพ O-C เพื่ออธิบายถึงวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ DF Hydrae ซึ่งเป็นระบบดาวคู่ประเภท W Uma

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และความยาวคลื่นสีเหลือง (V) ที่เชื่อมต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงชนิดริชชี-เกรเทียน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยและดาราศาสตร์ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำการเก็บข้อมูลในระหว่างวันที่ 6-9 ธันวาคม 2558 ทั้งหมดจำนวน 369 ภาพ 357 ภาพ ตามลำดับ โดยจะวัดแสงด้วยเทคนิคทางโฟโตเมตรี ที่จะต้องอาศัยดาวฤกษ์โดยใช้ TYC 255-943-1 และ GSC1 0225-00202 เป็นดาวเปรียบเทียบ (comparison star) และดาวตรวจสอบ (check star) ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 และตารางที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายดาวคู่ DF Hydrae, comparison star (TYC 255-943-1) และ check star (GSC1 0225-00202)

ที่มา: [http://aladin.u-](http://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/?target=V*%20DF%20Hya&fov=0.033334&survey=P%2fDSS2%2fcolor)

[strasbg.fr/AladinLite/?target=V*%20DF%20Hya&fov=0.033334&survey=P%2fDSS2%2fcolor](http://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/?target=V*%20DF%20Hya&fov=0.033334&survey=P%2fDSS2%2fcolor)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเบื้องต้นของระบบดาวคู่ ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ

Star	RA.	DEC.	B	V
DF Hydrae (Program star)	08h 55m 02.243s	06° 05' 37.69"	11.45	11.8
Comparison (TYC 255-943-1)	08h 55m 9.488s	+06° 09' 43.65"	11.44	10.92
Check star (GSC1 0225- 00202)	08h 54m 50.754 s	+06° 10' 27.49"	12.22	12.01

ภาพถ่ายที่ได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการรีดักชันภาพ (Reduction image) หรือการกำจัดสัญญาณรบกวน และวัดแสงด้วยเทคนิคทางโฟโตเมตรี ด้วยโปรแกรม IRIS นำข้อมูลที่ได้จากการวัดแสงไปสร้างกราฟแสงเพื่อวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยสุด (Time of Minimum light) ของกราฟแสง โดยถ้าสังเกตการณ์ระบบดาวคู่คาบสั้นด้วยระยะเวลานาน กราฟแสงที่ได้จะมีค่าต่ำสุดหลายจุดซึ่งวนเป็นคาบการโคจรบังกันของระบบ ซึ่งค่าเวลาที่แสงน้อยสุดของกราฟแสงจะมีการเปลี่ยนแปลงตามจำนวนเท่าของคาบตามสมการเชิงเส้นเอพริเมอร์ส (Linear Ephemeris Equation) และนำค่าเวลาที่แสงน้อยสุดไปสร้างแผนภาพ O-C เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบเชิงมุม

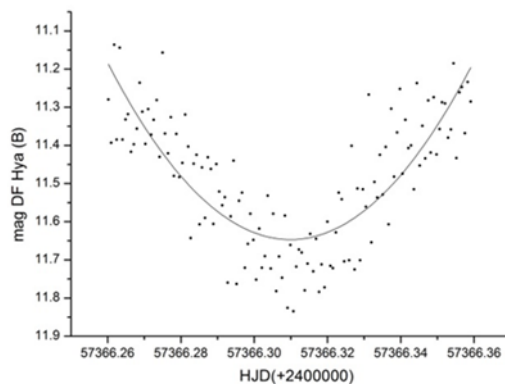
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การสังเกตการณ์และวิเคราะห์เฟสของระบบดาวคู่อุปราคา จะต้องคำนวณวันจูเลียน (Julian Date: JD) และวันจูเลียนศูนย์กลางสุริยะ (Heliocentric Julian Date: HJD) โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ 1

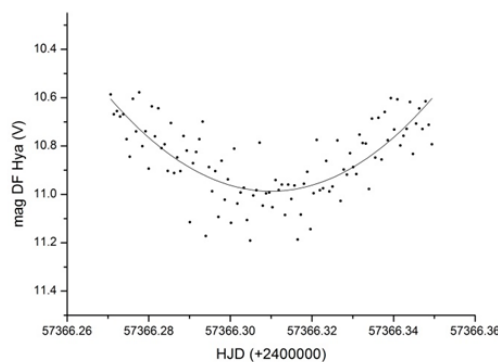
$$HJD = JD + \Delta t \quad (1)$$

เมื่อ Δt เป็นค่าการแก้ศูนย์สุริยะ (Heliocentric Corrention) ซึ่งแปลงเวลาการสังเกตการณ์บนโลก ให้เป็นเวลาการสังเกตการณ์เมื่อยึดตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นจุดอ้างอิง

ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ DF Hydrae ในวันที่ 6-9 เดือนธันวาคม พ.ศ.2558 ซึ่งมีคาบการโคจร 0.330604 วัน ข้อมูลที่ได้จากกราฟแสงในช่วงอุปราคาปฐมภูมิ พบว่าช่วงเวลาที่แสงลดลงกับเวลาในวันจูเลียนศูนย์กลางสุริยะมีค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum light) ในช่วงอุปราคาปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และความยาวคลื่นสีเหลือง (V) ดังแสดงในรูปที่ 2-3 และแสดงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในตารางที่ 2



รูปที่ 2 กราฟแสงช่วงอุปราคาปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B)



รูปที่ 3 กราฟแสงช่วงอุปราคาปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดได้จากกราฟแสงของระบบดาวคู่ DF Hydrae ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน และสีเหลือง

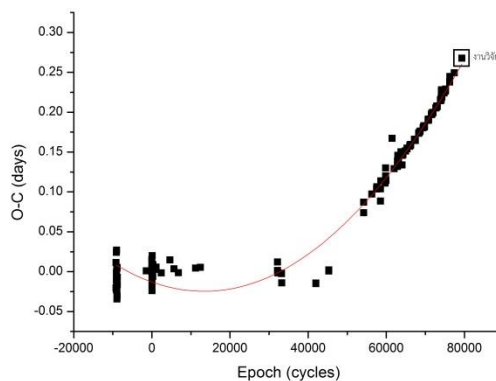
ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum light)	ชนิดของอุปกรณ์
สีน้ำเงิน (B)	2457366.3103	ปฐภูมิ
สีเหลือง (V)	2457366.3096	ปฐภูมิ
เฉลี่ย	2557366.3099	ปฐภูมิ

จากการวิเคราะห์กราฟแสงช่วงอุปราคาปฐภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน และสีเหลือง ของระบบดาวคู่ DF Hydrae คำนวณค่า Time of Minimum light เท่ากับ 2457366.30995 สามารถคำนวณและสร้างแผนภาพ O-C จากสมการ Linear Ephemeris Equation ที่ Whitney B.S. คำนวณไว้ในปี ค.ศ. 1959 คือ

$$HJD = JD + \Delta t \quad (2)$$

เมื่อ แทนค่า Time of Minimum light (O) จากตารางที่ 2 เพื่อหาค่า Epoch และคำนวณค่า Time of Minimum light (C) จากสมการที่ 2

ค่า O-C ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้จะประกอบกับค่า O-C ที่นักดาราศาสตร์ท่านอื่นๆ [6] เคยทำไว้ นำมาสร้างแผนภาพ O-C ได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ DF Hydrae เมื่อใช้ Quadratic Polynomial Fitting Method ทำให้ได้สมการ

$$O - C = -0.01302 - 1.74477 \times 10^{-6} E + 6.54236 \times 10^{-11} E^2 \quad (3)$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae จึงเท่ากับ

$$\frac{dP}{dE} = 2(6.54236 \times 10^{-11}) \quad \text{วันต่อรอบ}$$

$$= 1.44 \times 10^{-4} \quad \text{วินาทีต่อปี}$$

ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยแผนภาพ O-C มีค่าเป็นบวก หมายถึงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.000144 วินาทีต่อปี คาบการโคจร (P) จะพบว่าระยะห่างของดาวทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้คาบโคจรของดาวทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ระยะทางระหว่างดาวทั้งสองนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนดาวทั้งสองแยกจากกัน ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทของระบบดาวคู่จากระบบดาวคู่แบบตะกังกันไปเป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งตะกังและกลับมาเป็นระบบดาวคู่แบบตะกังสลับกันไปมา

สรุปผลการวิจัย

จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ DF Hydrae ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เมื่อทำการวิเคราะห์กราฟแสงและวิเคราะห์แผนภาพ O-C เพื่อศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ DF Hydrae พบว่ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.44×10^{-4} วินาทีต่อปี ซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างดาวทั้งสอง สอดคล้องกับทฤษฎี TRO จนดาวทั้งสองแยกจากกัน ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทของระบบดาวคู่จากระบบดาวคู่แบบตะกังไปเป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งตะกังและกลับมาเป็นระบบดาวคู่แบบตะกังสลับกันไปมา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์รณกฤต รัตนมาลา ที่ได้ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่สำหรับการทำงานทำวิจัยนี้ และขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เชิดตระกูล หอมจำปา. (2553). แบบจำลองของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด DF Hydrae, รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รณกฤต รัตนมาลา. (2558). การวิเคราะห์กราฟแสงของระบบดาวคู่เอ็กวายา. วารสาร มหาวิทยาลัยทักษิณ. ปีที่ 18 (ฉบับที่ 3). หน้า 145-148.
- ศราวุฒิ ชูโลก, ยามี่ลี๊ะ มะโร๊ะ และสุณีรัตน์ ลารีนุ. (2558). การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V1799 Ori. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18 (ฉบับที่ 3). หน้า 265-272
- อาทิตย์ ลภีรัตนากุล. (2545). การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่แบบตะกัน เอเอช ทอรี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- American Association of Variable Star Observers. 6 July 2016. “ Bob Nelson’s O-C files” [online].Available <https://www.aavso.org/bob-nelson-o-c-files> (18 May 2017).