วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.
YRU Journal of Science and Technology
ISSN : 2539-5688

# วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่แบบแตะกัน V416 เจอร์มีนี
# Orbital Period Change Analysis of a Contact Binaries System V416 Gem

สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[1] และ วิระภรณ์ ไหมทอง[2*]
Sommkorn Chaiwarakorn[1] and Wiraporn Maithong[2*]

[1] หลักสูตรฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000
[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50300
[1] Physics Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala, Thailand, 95000
[2]Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology,
Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand, 50300
*Corresponding author, e-mail: wiraporn_mai@cmru.ac.th
(Recieived: Apr 12, 2021; Revised: Jun 4, 2021; Accepted: Jun 14, 2021)

**บทคัดย่อ**

ระบบดาวคู่ V416 Gemini (V416 Gem) เป็นระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน W UMa มีคาบการเกิดอุปราคาประมาณ 0.25614 วัน เมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายด้วยระบบซีซีดีโฟโตเมทริกในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง และสีแดง จากการสังเกตการณ์ที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา ด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาด 0.7 เมตร เมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2561 มาสร้างกราฟแสงเพื่อวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบของระบบดาวคู่นี้ โดยนำมาคำนวณหาค่าของ time of minimum light และสร้างแผนภาพ O-C จากการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรจากตารางฐานข้อมูลของ Bob Nelson โดยเมื่อใช้ quadratic polynomial fitting พบว่าระบบดาวคู่ V416 Gem มีอัตราการลดลงของคาบการโคจรอย่างต่อเนื่องด้วยอัตรา $-1.21 \times 10^{-5}$ วันต่อปี สอดคล้องกับผลจากกลไกของทฤษฎีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุม

**คำสำคัญ :** ซีซีดี คาบการโคจร ระบบดาวคู่แบบแตะกัน

**Abstract**

The V416 Gemini binary star system (V416 Gem) is a W UMa eclipsing contact binary system with an eclipsing period of about 0.25614 day. Light curves of V416 Gem was constructed in Visual and Red wavelength bands from CCD Photometric System Data observation by using 0.7-meter Reflecting Telescope at the Regional Observatory for the Public, Chachoengsao, Thailand on 18 December 2018, UT. The period change rate analysis of this binary star system was calculated to present time of minimum light and the O-C curve of V416 Gem which is constructed from the database table of Bob Nelson, fitted by Quadratic Polynomial Fitting Method. The results showed that the orbital period of V416 Gem had been increased continuously at a rate of $-1.21 \times 10^{-5}$ day/year. That was corresponded of angular momentum loss theory.

**Keywords:** CCD, Orbital period, Contact binary star system

**บทนำ**

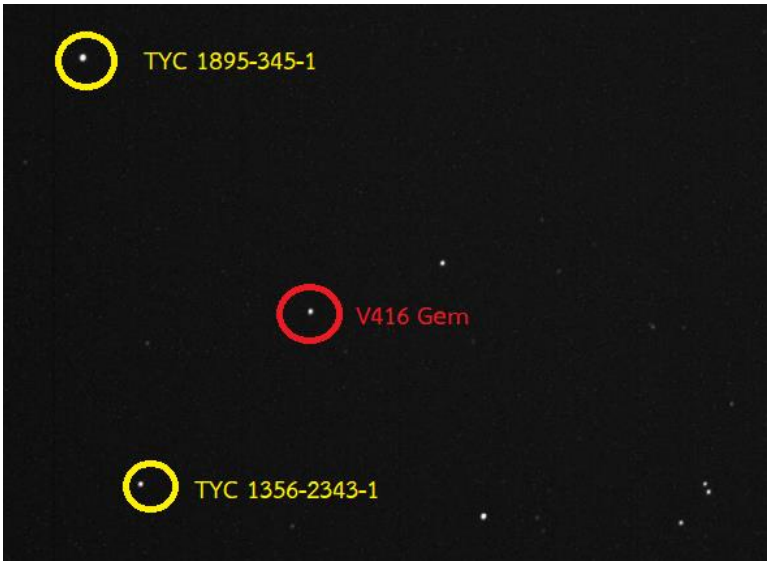
V416 Gem เป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W UMa อยู่ในกลุ่มดาวเจอร์มีนี พิกัด R.A. 06h. 59m 47.302 s และ Dec $+22^0$ $29^{'}$ น. $48.6183^{''}$ (SIMBAD Astronomical Database) จัดเป็นดาวแปรแสงประเภทหนึ่งซึ่งมีกลไกการแปรแสงเกิดจากการโคจรบังกันของดาวสองดวงในแนวสังเกตการณ์จากโลก ที่มีคาบการเกิดอุปราคาประมาณ 0.25614 วัน (Kreiner, 2004, pp. 207-210) โดยสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ได้จากการวัดปริมาณแสงดาวที่แผ่ออกมาเทียบกับเวลา เพื่อนำมาสร้างกราฟแสง (Light Curve) แล้วพิจารณาค่าต่ำสุดที่ตำแหน่งอุปราคาปฐมภูมิ (Time of minimum light) ของเส้นกราฟ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สามารถหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V416 Gem ได้จากวิธี (O-C) ที่เป็นวิธีการแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่จากการสังเกตการณ์ดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน (Zeilik & Gregory, 1998, pp. 235-249)

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. สร้างกราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นสีเหลืองและสีแดง ของระบบดาวคู่ V416 Gem
2. หาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V416 Gem

**วิธีดำเนินการวิจัย**

ระบบดาวคู่ V416 Gem ได้เก็บข้อมูลวันที่ 18 ธันวาคม 2561 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย โดยใช้กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง 0.7 เมตร เชื่อมต่อกับกล้องถ่ายภาพ CCD ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (Visual) และสีแดง (Red) ตามมาตรฐานของระบบ UBV ตาม Epoch ค.ศ. 2000 ของ GSC 2000 ดังภาพที่ 1 โดยได้แสดงข้อมูพื้นฐานของระบบดาวคู่ V416 Gem ดาวเปรียบเทียบ (Comparison Star) และดาวตรวจสอบ (Check Star) ตามตารางที่ 1




**ภาพที่ 1** ภาพของ V416 Gem

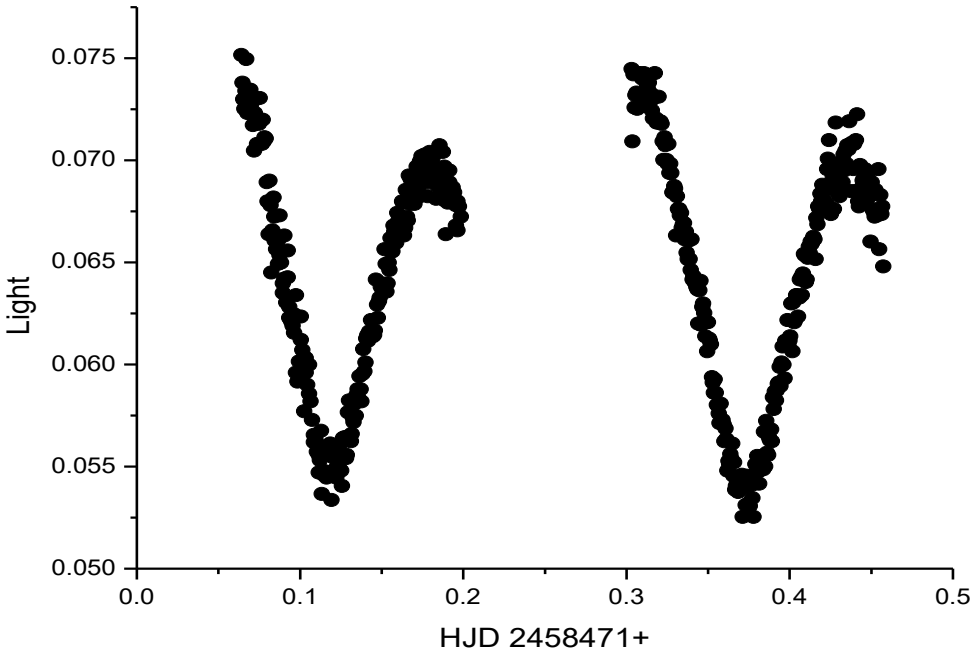
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.
YRU Journal of Science and Technology
ISSN : 2539-5688

**ตารางที่ 1** ข้อมูลพื้นฐานของ V416 Gem จากการสังเกตนี้ (SIMBAD Astronomical Database)

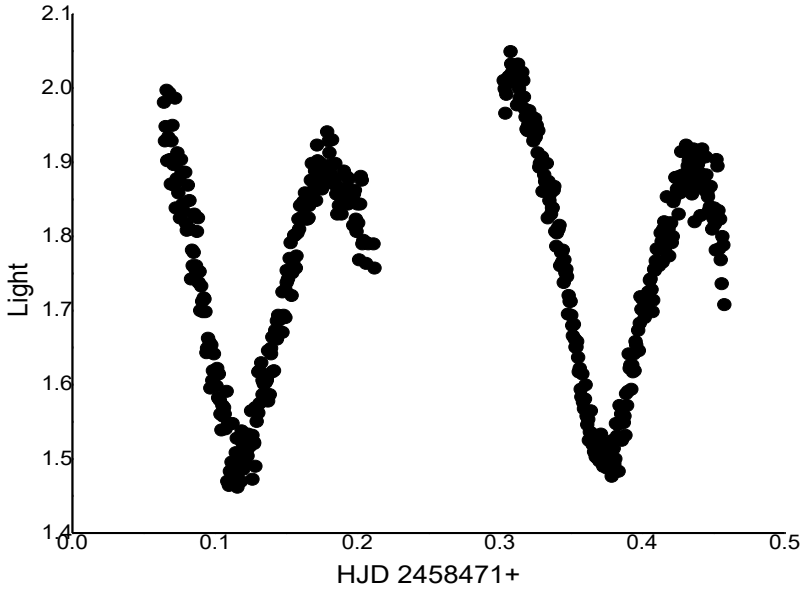
| Star | R.A.(h m s) | Dec.(° ' ") | Magnitude |
|---|---|---|---|
| V416 Gem | 06 59 47.302 | +22 29 48.618 | 12.10 |
| TYC 1895-345-1 | 06 59 50.702 | +22 31 57.691 | 11.01 |
| TYC 1356-2343-1 | 06 59 57.575 | +22 27 34.894 | 12.58 |

ข้อมูลภาพถ่ายที่สังเกตการณ์ได้จะผ่านกระบวนการรีดักชั่นภาพ (Image Reduction) และขั้นตอนโฟโตเมตรี (Photometry) (Karen *et al*., 2017, p. 115) ที่ใช้เทคนิคการสังเกตการณ์เปรียบเทียบ (Differential observation) (Palmen & Davenhall, 2001, p. 11) โดยใช้โปรแกรม AstroImageJ วิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างกราฟแสงช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (Visual) และสีแดง (red) ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3

ข้อมูลกราฟแสงที่ได้นี้จะมีค่าที่สำคัญในการวิเคราะห์คือค่า time of minima light คำนวณหาค่า Epoch และกำหนด linear ephemeris สร้างจากค่า O-C ในงานวิจัยนี้รวมกับค่าของนักดาราศาสตร์คนอื่น ๆ ในอดีต (Lister *et al*., 2000, pp. 111-119) เพื่อนำไปสร้างแผนภาพ O – C ทำการ Quadratic polynomial fitting แล้วจึงหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V416 Gem (Vilhu & Heise, 1985, p. 40)




**ภาพที่ 2** เส้นโค้งแสงของ V416 Gem ที่ผ่านตัวกรอง V




**ภาพที่ 3** เส้นโค้งแสงของ V416 Gem ที่ผ่านตัวกรอง R

**ผลการวิจัย**

จากผลการสังเกตการณ์สามารถนำกราฟแสงมาวิเคราะห์หา ค่า Time of minima light จากกราฟแสงเพื่อคำนวณหาค่า Epoch (E) ของระบบดาวคู่ V416 Gem โดยกราฟแสงมีค่าแปรตามจำนวนเท่าของคาบตามสมการเชิงเส้นเอฟรีเมอริส (Linear ephemeris equation) ตามสมการที่ 1 และนำไปสร้างแผนภาพ O-C ในงานวิจัยนี้รวมกับค่าของนักดาราศาสตร์คนอื่น ๆ จากฐานข้อมูล O-C ระบบดาวคู่ V416 Gem ของ Bob Nelson, AAVSO (Bob Nelson, database of Eclipsing Binary O-C Files): ดังแสดงในตารางที่ 2

$$\text{HJD Min} = 2453051.306 + 0.25614E \quad (1)$$

เมื่อ HJD Min คือ เวลาของกราฟแสงต่ำสุด

E คือ จำนวนรอบของการเกิดอุปราคา

**ตารางที่ 2** ค่า O-C ของ V416 Gem

| Time of Minimum | Epoch | O-C | Source |
|---|---|---|---|
| 2453051.3060 | 0 | 0 | IBVS 5600 |
| 2454811.8639 | 6870.5 | 0.74803 | IBVS 5871 |
| 2454857.7415 | 7049.5 | 0.77657 | IBVS 5929 |
| 2456643.4143 | 14018 | 1.53778 | IBVS 6118 |
| 2456643.5415 | 14018.5 | 1.53691 | IBVS 6118 |
| 2456643.6695 | 14019 | 1.53684 | IBVS 6118 |
| 2458471.11837 | 21153.5 | 1.55488 | งานวิจัยนี้ |
| 2458471.37388 | 21154.5 | 1.55425 | งานวิจัยนี้ |

สร้างแผนภาพ O–C ตามสมการที่ 2 จากข้อมูลในงานวิจัยนี้รวมกับค่า O-C ของนักดาราศาสตร์คนอื่น ๆ ในอดีตตามตารางที่ 2 สามารถหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V416 Gem แล้วทำการ Quadratic

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. YRU Journal of Science and Technology ISSN : 2539-5688

Polynomial Fitting Method (Latkovic *et al*., 2009, pp. 45-48) โดยรูปแบบแผนภาพ O–C มีการกระจายตัวแบบพาลาโบลา ทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์จากการดิฟเฟอเรนชิเอทเทียบกับ Epoch ตามสมการที่ 3 สามารถหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V416 Gem ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 4

$$O - C = (P(E) - P_{est})E \qquad (2)$$

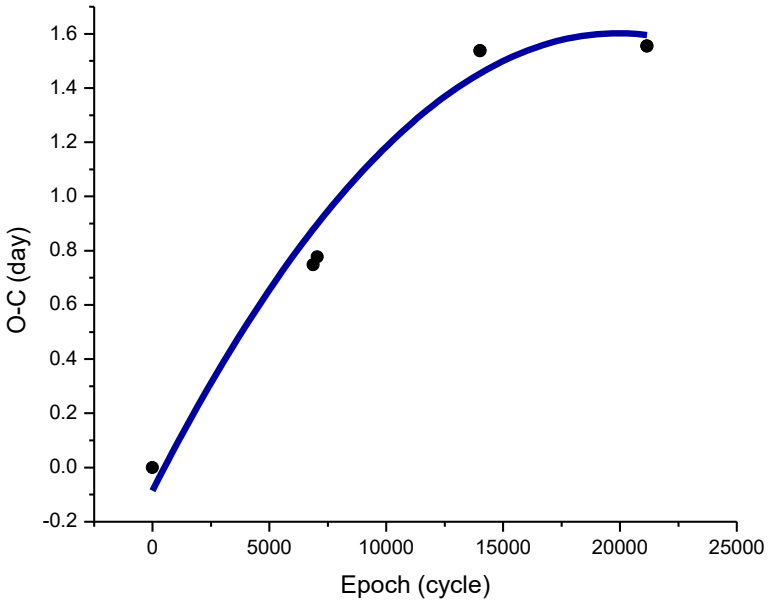
$$O - C = -4.26\times10^{-9}E^2 + 1.69\times10^{-4}E - 0.08514 \qquad (3)$$

O คือ Time of minimum light ที่สังเกตการณ์ (Observed) ได้

C คือ Time of minimum light ที่คำนวณได้จากการคำควณ (Calculated) จากสมการเชิงเชิงเส้นเอฟรีเมอริส (Linear ephemeris equation)

P(E) คือ คาบการโคจรจริงของระบบดาวคู่ที่ได้จาการสังเกตการณ์

$P_{est}$ คือ คาบการโคจรของระบบดาวคู่ที่คำนวณจากสมการเชิงเชิงเส้นเอฟรีเมอรีส




**ภาพที่ 4** แผนภาพ O-C ของ V416 Gem

**อภิปรายผลการวิจัย**

แผนภาพ O-C ในภาพที่ 4 การทำ Quadratic Polynomial Fitting Method ได้สมการที่ดีที่สุดของ Quadratic ephemeris แสดงเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์จากการดิฟเฟอเรนชิเอทเทียบกับ Epoch ให้เห็นว่าระบบดาวคู่ V416 Gem มีการเปลี่ยนแปลงคาบที่ลดลง $dP/dE = 2(-4.26 \times 10^{-9})$ วัน/รอบ พบว่าแผนภาพ O-C แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรมีค่าเป็นลบ หมายถึงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V416 Gem มีการลดลงอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราโดยประมาณ $-1.21 \times 10^{-5}$ วัน/ปี

**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการสังเกตการณ์ของระบบดาวคู่ V416 Gem วันที่ 18 ธันวาคม 2561 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา โดยใช้กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง 0.7 เมตร เชื่อมต่อกับกล้องถ่ายภาพ CCD โดยวิธีการทางแสงผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (Visual) และช่วงความยาวคลื่นสีแดง (Red)

สามารถสร้างแผนภาพ O-C จากค่า Time of minimum light พบว่าระบบดาวคู่ V416 Gem มีคาบการโคจรลดลงด้วยอัตรา -1.21 x $10^{-5}$ วันในช่วงเวลา 1 ปี สอดคล้องกับผลจากกลไกของทฤษฎีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมผ่านการหน่วงของสนามแม่เหล็ก และนำไปสู่วิวัฒนาการของระบบดาวคู่ในมุมมองที่มีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมของระบบของระบบ ดาวคู่ V416 Gem ที่มีแนวโน้มจะรวมตัวเป็นดาวเดี่ยวตามทฤษฎีการกำเนิด Blue stragglers (Bradstreet & Guinan, 1994, pp. 228-243)

**กิตติกรรมประกาศ**

ผู้เขียนขอขอบคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สำหรับการสังเกตการณ์ข้อมูลในครั้งนี้

**เอกสารอ้างอิง**

Bradstreet, D. H., & Guinan, E. F. (1994). Stellar mergers and acquisitions: The formation and evolution of W Ursae majoris binaries, interacting binary stars. California Astronomical Society of the Pacific, 56, (228-243).

Bob Nelson's Database of Eclipsing Binary O-C Files, AAVSO. https://www.aavso.org/bob-nelsons-o-c- files

Karen, A. C., John, F. K., Keivan, G. S., et al. (2017). Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves. The Astrophysical Journal, 115, no. 2.

Kreiner, J.M., (2004). An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars., Acta Astronomica, 54, 207-210.

Latkovic, O., Zboril, M. & Djurasevic, G. (2009). Light Curve Analysis of the Late Type Binary V523 Cassiopeiae., Serb. Astron. J., 178, 45-48.

Lister, T. A., Mcdermid R. M., and Hilditch, R. W., (2000). A Photometric Study of the Contact Binaries V523 Cas and TY Uma., Mon. Not. R. Astron. Soc. 317, 111-119.

Palmen, J., & Davenhall, A. C. (2001). The CCD photometric calibration cookbook. Rutherford Appleton Laboratory Particle Physics & Astronomy Research Council Starlink Project, starlink project 6.4. SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg)http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/

Vilhu, O., & Heise, J. (1985). EXOSAT observations of the contact binary Vw-Cephei. *Space Science Reviews, 40.*

Zeilik, M., & Gregory, S. A. (1998). *INTRODUCTORY ASTRONOMY & ASTROPHYSICS* (4th ed.). Philadelphia: Saunders College, 235-249)