Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: October 4, 2022 Revised: October 9, 2022
Accepted: October 18, 2022 Published: November 21, 2022

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ จีดับเบิลยู ซีเอ็นซี
Period Change Analysis of the Binary System GW Cnc

สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[1] และ กฤษฎา บุญชม[2*]
Somakorn Chaiwarakorn[1] and Kritsada Boonchom[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
*kritsada_boo@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยระบบดาวคู่ GW Cnc ครั้งนี้ ได้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร โดยใช้ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากกราฟแสงของระบบดาวคู่ด้วยข้อมูลภาพถ่ายที่ได้บันทึก ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา จ.เชียงใหม่ ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพ ซีซีดี โฟโตเมตรี (CCD Photometry) ที่เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V) เมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ.2560 เพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด ในการสร้างแผนภาพ O-C จากข้อมูลสังเกตการณ์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งจากการคำนวณพบว่าการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรมีการลดลงด้วยอัตรา $dP/dt = -1.76 \times 10^{-4}$ วินาที/ปี และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องของระบบดาวคู่ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมผ่านแรงไทดัล

คำสำคัญ: จีดับเบิลยู ซีเอ็นซี, ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด, กราฟแสง, ซีซีดี โฟโตเมตรี, การเปลี่ยนแปลงคาบการ การโคจรของระบบดาวคู่

Abstract

This study of the GW Cnc binary star system analyzed the orbital period change by used the minimum light time from the light curve of the binary star system from the Thai National Observatory (TNO), Thailand. The CCD Photometric System was used to observed the data via reflecting telescope in the blue wavelength (B) and yellow wavelength (V) on 28 January 2017. The time of minimum light was determined to create the O-C diagram that combined with the data in the past. The calculation shows that the orbital period change is decreasing which

the rate of dP/dt = -1.76x10^{-4} s/yr. There is a continuous decreasing that corresponding to the theory of the angular momentum loss through tidal forces.

Keywords: GW Cnc, time of minimum light, Light curve, CCD photometry, O-C

บทนำ

GW Cnc จีดับเบิลยู ซีเอ็นซี เป็นระบบดาวคู่อุปราคา (Eclipsing Binary) ประเภท W Uma อยู่ในกลุ่มดาวปู (Cancer) เป็นดาวฤกษ์ที่มีความสว่างปรากฏประมาณ 12.77 มีพิกัด R.A. 08^h 48^m 12.69^s และ Dec $+21^0$ $07'$ $13.798''$ การศึกษาระบบดาวคู่ประเภทนี้สามารถสังเกตการณ์เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ โดยนำข้อมูลความสว่างที่สังเกตการณ์มาเขียนกราฟแสง (Light Curve) แสดงการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของความสว่างเทียบกับเวลาขณะที่ดาวทั้งสองดวงบังกัน (Zeilik, M. and Gregory, S. A., 1992) ระบบดาวคู่ GW Cnc นี้มีการวิเคราะห์โฟโตเมตรีครั้งแรกโดย Terrell และคณะ ในปี ค.ศ. 2005 มีคาบการโคจรของระบบดาว 0.281415 วัน มีประเภทสเปกตรัมคือ G8V และห่างจากระบบสุริยะเป็นระยะทาง 319 pc ในปี ค.ศ. 2016 Gurol และคณะ ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่นี้ โดยวิเคราะห์ข้อมูลโฟโตเมตรีในปี 2010 และ 2011 ที่หอดูดาวมหาวิทยาลัยอังการา Ankara University Observatory (AUO) และข้อมูลทางสเปกโตรสโกปี ในปี 2010 ที่ TUBITAK National Observatory (TUG) แสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่ GW Cnc นี้ ว่าเป็นระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน ประเภท W Uma โดยดาวสมาชิกดวงที่ 1 และดวงที่ 2 มีมวล 0.257 และ 0.971 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ มีรัศมี 0.526 และ 0.961 เท่าของรัศมีดวงอาทิตย์ ตามลำดับ มีอัตราส่วนมวล q = 3.773 ± 0.007 ด้วยค่าความเอียงของวงโคจร (i) = 83.38^0 ± 0.25 (Gurola, B. et al., 2016)

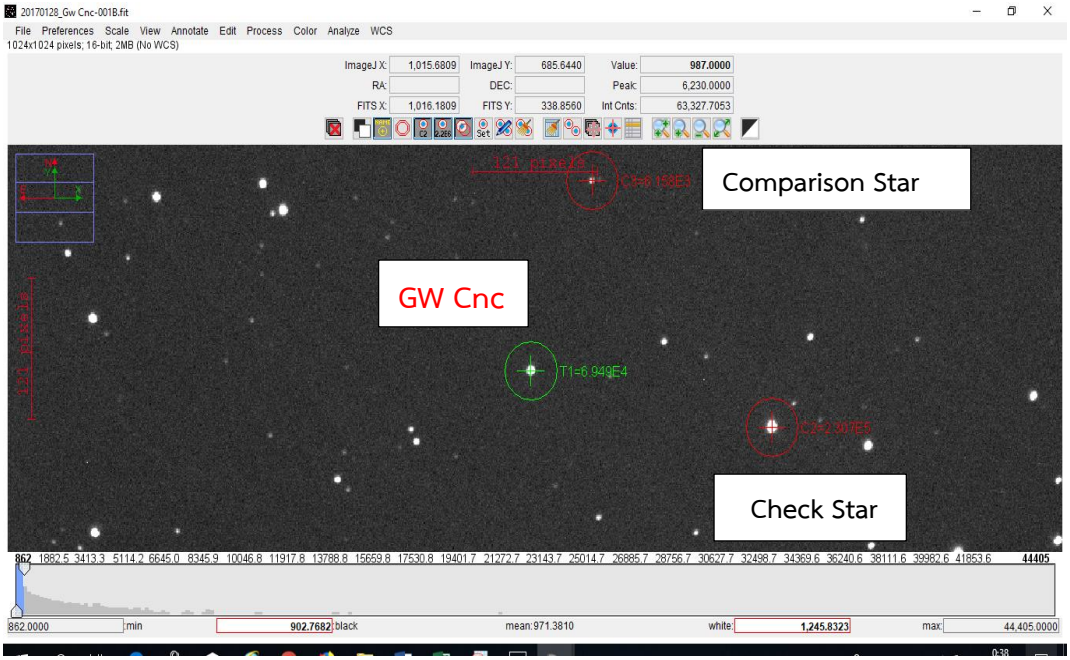
การศึกษาระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน GW Cnc ในครั้งนี้ใช้วิธีการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรจากการสังเกตการณ์โดยเทคนิค ซีซีดี โฟโตเมทรี (CCD Photometry) เชื่อมต่อกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (Blue) และสีเหลือง (Visual) แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Astroimage J เพื่อหาค่าฟลักซ์ของแสงดาวและค่า HJD เพื่อใช้สร้างกราฟแสง และคำนวณค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (time of minima light) แล้วสร้างแผนภาพ O-C (Liu, W. P. et al., 2013) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ GW Cnc

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ GW Cnc

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายที่บันทึก ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา จ.เชียงใหม่ ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพ ซีซีดี โฟโตเมตรี (CCD Photometry) ที่เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ทำการสังเกตการณ์เมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ.2560 โดยตัวอย่างภาพถ่ายดาวแสดงดังรูปที่ 1 และข้อมูลพื้นฐานของดาวจากฐานข้อมูล SIMBAD Astronomical Database แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายระบบดาวคู่แบบแตะกัน Gw Cnc ดาวเปรียบเทียบและดาวตรวจสอบ

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลดาว GW Cnc ดาวเปรียบเทียบและดาวตรวจสอบ ตาม Epoch ค.ศ. 2000

Star	R.A.(h m s)	Dec.(° ' ")
Gw Cnc	08 48 12.69	+21 07 13.798
Comparison Star K1	08 47 36.94	+21 00 02.6
Check Star K2	08 47 42.61	+21 07 25.0

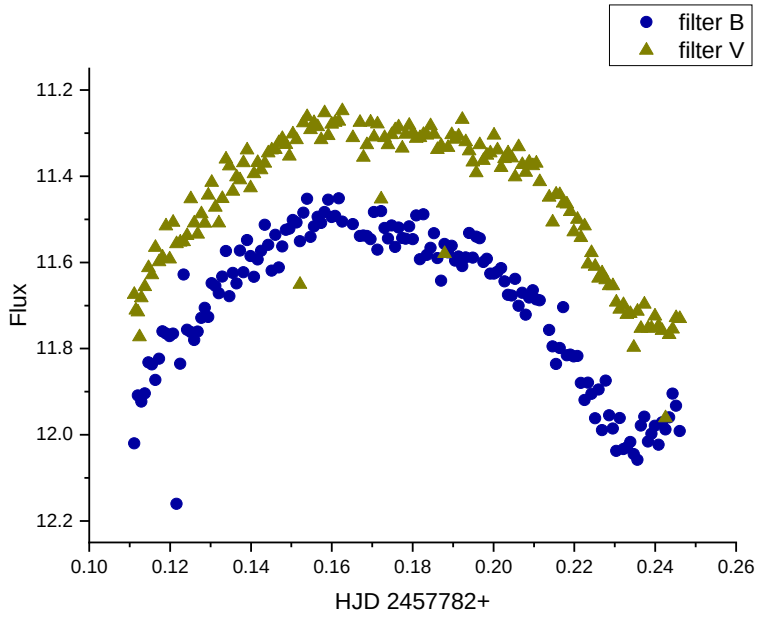
ข้อมูลภาพถ่ายที่ผ่านกระบวนการรีดักชั่นภาพ (Image Reduction) และขั้นตอนโฟโตเมตรี ที่ใช้เทคนิคการสังเกตการณ์เปรียบเทียบ (differential observation) จากโปรแกรม AstroImageJ จำนวน 311 ภาพ สามารถคำนวณค่าฟลักซ์ (Flux) ของปริมาณแสงต่อพื้นที่ต่อเวลา ตามสมการที่ 1 เมื่อ m คือ ผลต่างของแมกนิจูดของระบบดาวคู่ GW Cnc กับดาวเปรียบเทียบ (Comparison Star)

$$f = 10^{-m/2.5} \qquad (1)$$

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลฟลักซ์ และวันจูเลียนศูนย์สุริยะ (Heliocentric Julian Date, HDJ) ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V) แล้วสร้างกราฟแสง เพื่อหาค่าเวลาที่แสงต่ำที่สุด เพื่อสร้างแผนภาพ O-C ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ระบบดาวคู่แบบแตะกัน GW Cnc ถูกนำมาสร้างกราฟแสง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ Gw Cnc ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V)

จากรูปที่ 2 สามารถวิเคราะห์หาค่าเวลาที่สว่างน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าต่ำสุดของกราฟแสง คำนวณหาค่า Epoch กราฟแสงจะมีค่าแปรตามจำนวนเท่าของคาบตามสมการเชิงเส้นเอฟรีเมอริส (linear ephemeris equation) จากฐานข้อมูล AAVSO ดังสมการที่ 2 โดยเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่จากอดีตของนักดาราศาสตร์คนอื่น ๆ กับงานวิจัยนี้ ดังแสดงตารางที่ 2

$$Min.I = HJD2454172.2949 + 0.28141358\ E \qquad (2)$$

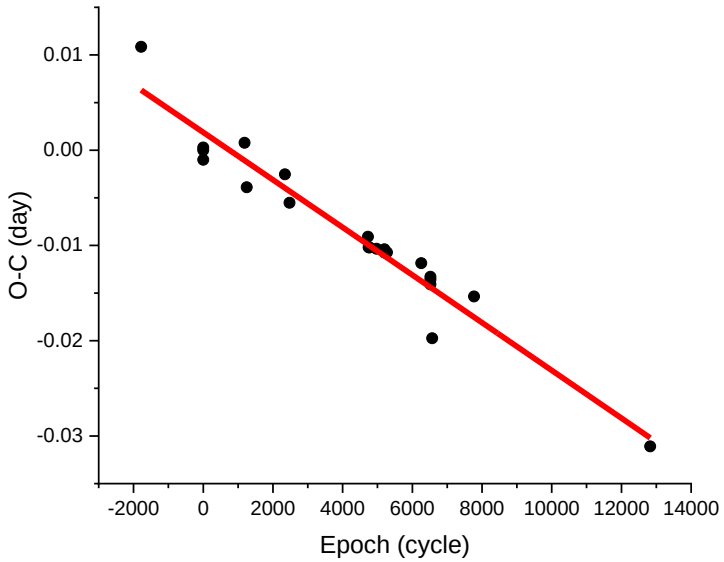
ตารางที่ 2 ค่า O-C ของดาวคู่ GW Cnc ตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน

Epoch	O-C	Source	Date
-1780	0.010852	OEJV 0074	27/10/2005
0	0	IBVS 5802	12/3/2007
0.5	-0.00101	IBVS 5802	12/3/2007
1	0.000286	IBVS 5802	13/3/2007
1187	0.000781	IBVS 5918	9/2/2008
1248	-0.0039	OEJV 0094	26/2/2008
2344	-0.00253	IBVS 5871	31/12/2008
2476	-0.00552	VSB 50	6/2/2009
4727	-0.00909	IBVS 6039	2/11/2010

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

4748.5	-0.01018	IBVS 6039	8/11/2010
4773.5	-0.01022	IBVS 6039	15/11/2010
4973.5	-0.01034	IBVS 5992	10/1/2011
5199	-0.0104	IBVS 6039	14/3/2011
5202.5	-0.01075	IBVS 6039	15/3/2011
5275	-0.01073	IBVS 5992	5/4/2011
6256.5	-0.01186	IBVS 6011	6/1/2012
6521	-0.01409	OEJV 0160	20/3/2012
6521	-0.01359	OEJV 0160	20/3/2012
6521	-0.01329	OEJV 0160	20/3/2012
6572	-0.01975	IBVS 6029	4/4/2012
7773	-0.01536	IBVS 6092	8/3/2013
12828	**-0.03109**	**งานวิจัยนี้**	**28/1/2017**

จากข้อมูลตารางที่ 2 สามารถสร้างแผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ GW Cnc และเมื่อวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยสมการโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 (Second-Order Polynomial Fitting) เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของดาวคู่ Gw Cnc ได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ GW Cnc

จากรูปที่ 3 จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3

$$O\text{-}C = -7.8654\times10^{-13}\,E^2 - 2.49095\times10^{-6}E + 0.00188 \qquad (3)$$

เมื่อดิฟเฟอเรนชิเอทสมการที่ (3) เทียบกับ E สามารถเทียบสัมประสิทธิ์ของทั้งสองข้างสมการ ทำให้ได้อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ dP/dE คือ -1.6x10-^{12} day/cycle นั่นหมายถึง การเปลี่ยนแปลงคาบมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราโดยประมาณ 2.04x10^{-9} วัน/ปี หรือ 1.76x10^{-4} วินาที/ปี

สรุปผลการวิจัย

จากการสังเกตการณ์ข้อมูลของระบบดาวคู่ GW Cnc ด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง พร้อมด้วย ซีซีดี ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) แล้วทำการวิเคราะห์ความสว่างด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี เพื่อหาค่าโชติมาตรปรากฏ กับค่า HJD และสร้างกราฟแสงเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ดังกล่าว โดยใช้แผนภาพ O-C พบว่าคาบการโคจรของดาวคู่ GW Cnc มีค่าลดลงในอัตรา 1.76x10^{-4} วินาทีต่อปี ซึ่งหมายถึงระยะห่างระหว่างดาวสมาชิกทั้งสองดวงของระบบดาวคู่นี้จะลดลง นั่นคือ สมาชิกของดาวคู่ Gw Cnc มีแนวโน้มที่จะรวมกันเป็นดาวดวงเดียวซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมผ่านแรงไทดัล ทำให้ระบบดาวคู่มีระยะระหว่างดาวลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มที่จะหลอมรวมเป็นดาวดวงเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ในการสังเกตการณ์

เอกสารอ้างอิง

ดำรงศักดิ์ มณีพงษ์สวัสดิ์. (2548). *ดาราศาสตร์ฟิสิกส์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Bradstreet, D. H. and 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. Accessed on 29 Jan 2022. from https://www.aavso.org/bob-nelsons-o-c- files

Gurola, B. and Gokaya, G. (2016). Absolute and Geometric Parameters of Contact Binary GW Cnc. *New Astronomy*, 46, 31-39.

Karen, A. C., John, F. K., Keivan, G. S. (2017). Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves. *The Astrophysical Journal*, *115*(2).

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

Latkovic, O., Zboril, M. and 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.

Liu, W. P., Qian, S. B., Zhao, E. G. and Jiang, L. Q. (2013). First photometric study of W UMa binary star LU Lac. *New Astronomy*, 31, 65-68.

Palmen, J. and 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). Accessed on 29 Jan 2022. from http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/

Tanrıver, M. (2013). The first photometric solution and period variation of BG Vul binary star. *New Astronomy*, 28, 79–84.

Terrell, D., Gross, J. and Cooney, W. (2005). *GW CANCRI: A W-TYPE W UMa SYSTEM WITH COMPLETE ECLIPSE*. IBVS 5625, 1.

Vilhu, O. (1982). Detact Contact scenario for the origin of W UMa stars. *Astronomy and Astrophysics*, 103.

Zeilik, M., Gregory, S. A., and Smith, E. P. (1992). *Introductory astronomy and astrophysics*. Philadelphia, PA: Saunders College, 235-248.

Zubairi, A. W., Goderya, S. and Khan, F. M. (2019). Photometricstudy of contact binary star MW. *New Astronomy*, 66, 68-73.