RMU SEAT 2022
การประชุมวิชาการระดับชาติ
วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
สร้างสรรค์งานวิจัยและนวัตกรรมเชิงพานิชย์
27 กรกฎาคม 2565

การเปลี่ยนคาบการโคจรและพารามิเตอร์สัมบูรณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo

Orbital Period Variation and Absolute Parameters of Eclipsing Binary TY Boo

ปฐม์พงศ์ พันธ์พิบูลย์

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

Corresponding author : E-mail: patapong.pa@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอัตราการเปลี่ยนคาบการโคจรและพารามิเตอร์สัมบูรณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo โดยการวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากข้อมูลโฟโตเมตรีบนฐานข้อมูลออนไลน์ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็น ได้แก่ AAVSO และ SuperWASP การคำนวณหาคาบการโคจรและค่าพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่อุปราคาจากการวิเคราะห์กราฟแสงโดยใช้โปรแกรม PHOEBE พบว่า ระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo มีคาบการโคจรเท่ากับ 0.31714 วัน อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรมีค่าลดลงด้วยอัตรา 1.7408 x 10^{-7} วัน/ปี ค่าพารามิเตอร์สัมบูรณ์ที่คำนวณได้ทำให้ทราบว่าระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo โดยดาวสมาชิกปฐมภูมิมีความสว่างและความร้อนสูงกว่าดาวสมาชิกทุติยภูมิ นอกจากนี้บนดาวสมาชิกพบว่ามีจุดร้อนบนดาวปฐมภูมิและจุดเย็นบนดาวทุติยภูมิ อีกทั้งยังพบว่าระบบดาวคู่นี้มีวัตถุที่สามโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลของระบบด้วยคาบการโคจรประมาณ 53.05 ปี ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลประมาณ 3.950 AU และมีมวลประมาณ 0.760 เท่าของมวลดวงอาทิตย์

บทนำ

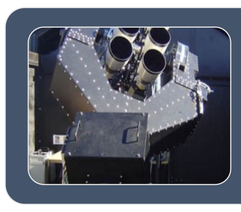
ระบบดาวคู่ TY Boo อยู่ในกลุ่มดาวคนเลี้ยงสัตว์ (Boötis) ซึ่งเป็นกลุ่มดาวที่อยู่ทางซีกฟ้าเหนือ มี Right ascension 15^{h} 00^{m} 46.94^{s} และ Declination +35° 07' 54.74" ถูกค้นพบว่าเป็นดาวแปรแสง จำแนกเป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W Ursae Majoris ชนิด A-type คาบการโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลประมาณ 0.31730 วัน ชนิดสเปกตรัมเป็น G3 และ G7 ระบบดาวคู่นี้มีการผันแปรของอัตราการเปลี่ยนคาบการโคจรและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ อีกทั้งยังมีการค้นพบว่ามีวัตถุที่สามโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลของระบบนี้ด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยได้ตระหนักถึงการผันแปรนี้ ซึ่งส่งผลให้วิวัฒนาการเปลี่ยนแปลง โดยใช้ข้อมูล Photometry บนฐานข้อมูลออนไลน์ วิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum; ToM) คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนคาบการโคจร วิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมและพารามิเตอร์สัมบูรณ์ของ TY Boo สร้างกราฟแสง สร้างแบบจำลองโครงสร้าง ผลจากการศึกษาจะได้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์สำหรับประชาชน กลุ่มคนที่สนใจการศึกษาและวิจัยด้านดาราศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (ToM) ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo
2. คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo
3. ตรวจสอบพารามิเตอร์สัมบูรณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo

วิธีดำเนินการวิจัย



รวบรวมข้อมูลโฟโตเมตรี

- American Association of Variable Star Observers (AAVSO)
- Super Wide Angle Search for Planets (SuperWASP

หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด

- โปรแกรม V Star
- โปรแกรม Minima v27

คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนคาบการโคจร

- Bob Nelson file
- ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของงานวิจัยนี้

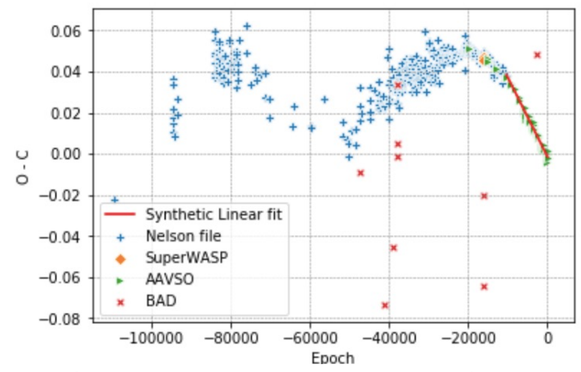
คำนวณค่าพารามิเตอร์สัมบูรณ์

- เขียนกราฟแสงและสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม PHOEBE
- ระเบียบวิธีของ Harmanec (1988)
- วิเคราะห์หาวัตถุที่สามจาก Mass function

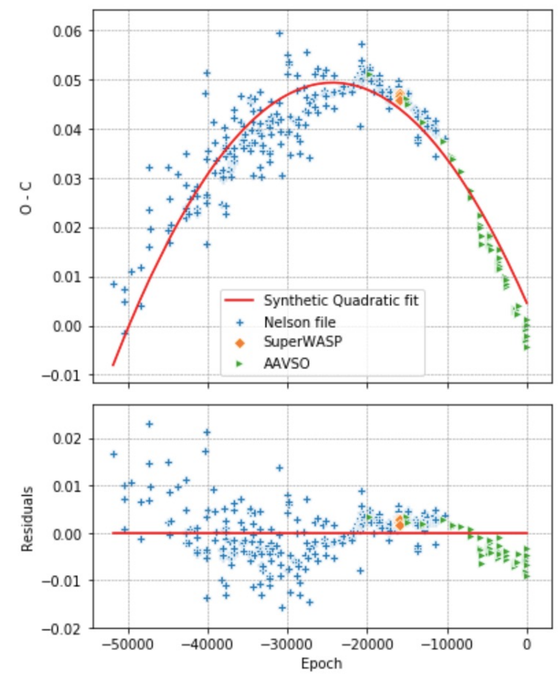
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตารางที่ 1 จำนวนค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจำแนกตามประเภทอุปราคาและฐานข้อมูล

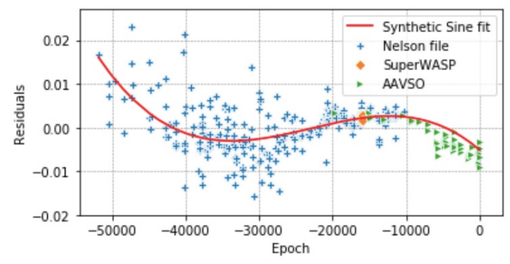
ฐานข้อมูล	แผ่นกรองแสง	โปรแกรม	จำนวนอุปราคาปฐมภูมิ	จำนวนอุปราคาทุติยภูมิ
AAVSO	*V*	V Star	27	25
SuperWASP	*V*	Minima v27	8	7



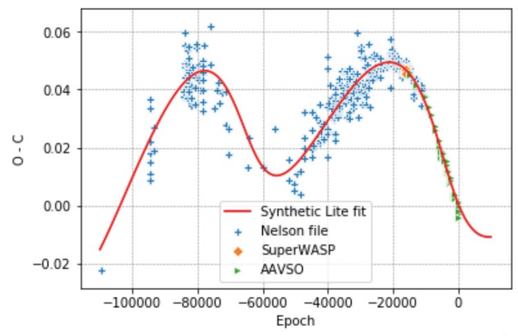
ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ *O - C* และค่า Epoch ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo



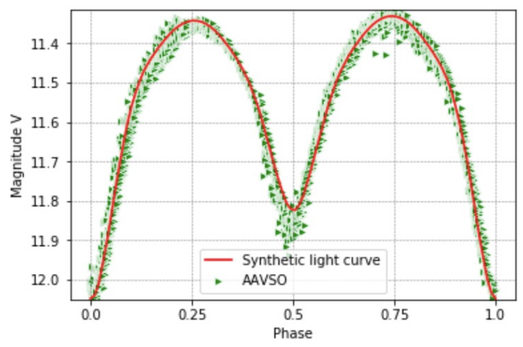
ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ *O - C* และค่า Epoch ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo (บน) และกราฟแสดงการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (ล่าง)



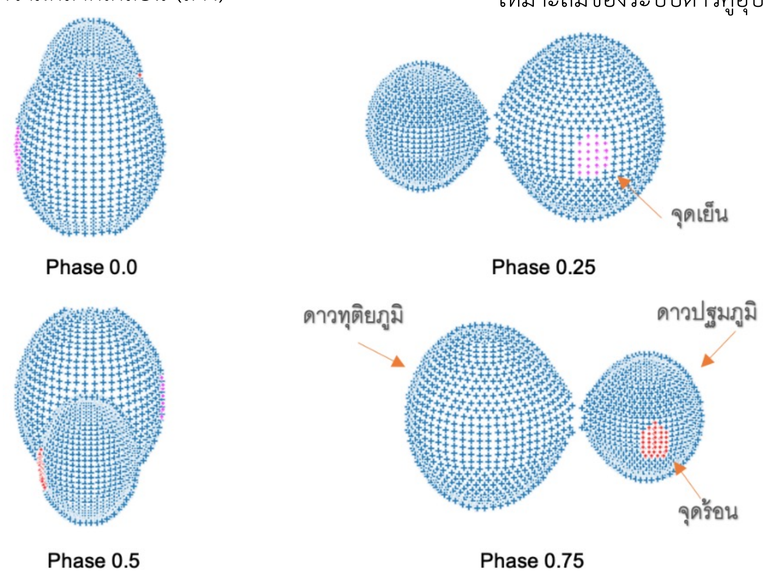
ภาพที่ 3 กราฟแสดงแนวโน้มการผันแปรลักษณะคลื่นรูปไซน์ของค่าการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ *O - C* และ Epoch ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo เมื่อพิจารณาการโคจรของวัตถุที่สามจากความสัมพันธ์ของฟังก์ชันมวลและการผันแปรลักษณะคลื่นรูปไซน์



ภาพที่ 4 กราฟแสงสำหรับหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo



ภาพที่ 5 แบบจำลองโครงสร้างทางกายภาพ ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo

ตารางที่ 2 ผลเฉลยจากกระบวนการสังเคราะห์กราฟแสงของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo

Parameters	Value
$q = M_2/M_1$	2.244(±0.01)
i (°)	72.09(±0.28)
Ω	5.579(±0.01)
T_1 (K)	5467(fixed)
T_2 (K)	4980(±20)

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์สัมบูรณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo

Parameters	Primary	Secondary
$M/M_\odot$	1.02	2.30
$R/R_\odot$	1.07	3.34
$T/T_\odot$	0.94	0.86
$L/L_\odot$	0.79	5.28
M_{bol}	4.78	4.52

สรุปผล

ระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo เป็นระบบดาวคู่อุปราคาชนิด W Ursae Majoris ชนิด A-type แผนภาพ *O-C* แสดงให้เห็นว่าอัตราการเปลี่ยนคาบการโคจรของระบบดาวคู่ลดลงอย่างต่อเนื่อง การวิเคราะห์กราฟแสงสังเคราะห์กับข้อมูลสังเกตการณ์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากโปรแกรม PHOEBE นำไปสู่การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์สัมบูรณ์ พบว่าลักษณะทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo มีแนวโน้มในการวิวัฒนาการเป็นดาวคู่แบบแตะกันได้ในอนาคต มีจุดร้อนบนดาวปฐมภูมิและจุดเย็นบนดาวทุติยภูมิ นอกจากนี้ยังพบว่ามีวัตถุที่สามโคจรอยู่ในระบบดาวคู่นี้ เพื่อให้การศึกษาสมบูรณ์ยิ่งขึ้นควรวิเคราะห์เกี่ยวกับวิวัฒนาการและตำแหน่งบนแผนภาพแฮรท์สชปรุง-รัสเซลล์ ระยะห่างจากโลก ความเร็วของการเคลื่อนที่ รวมถึงประเภทสเปกตรัมของดาวสมาชิกทั้งสอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทีมงาน AAVSO และโครงการ SuperWASP สำหรับข้อมูลโฟโตเมตรีของระบบดาวคู่อุปราคา TY Boo

เอกสารอ้างอิง

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

AAVSO. *Vstar.* https://www.aavso.org/vstar

Aimar, M. M., Arranz, T., Braunwarth, H., Cynamon, C., Crowson, D., Cook, S., Harris, B., Menzies, K., Poklar, R., Ritzel, J., Sabo, R., Samolyk, G., & Temple, P., (2021). *Observations from the AAVSO International Database*. https://www.aavso.org

Carr, R. B. (1972). Photoelectric UBV photometry of TY Bootis. *The Astronomical Journal.* 77(1), 155–159.

Elmasli, A., Selam, S. O., Albayrak, B., & Ozuyar, D. (2006). Possible light-time effect in the eclipsing binary system TY Boo. *Astrophysics and Space Science*, 304 (1)189-190,

Guthnick, P., & Prager, R. (1926). Neuer Veränderlicher 27. 1926 Bootis. *Astronomische Nachrichten*. 228(1), p.149. https://doi.org/10.1002/asna.19262280905

Harmanec, P. (1988). Stellar masses and radii based on modern binary data. *Bulletin Astronomical Institutes of Czechoslovakia*. 39(6), 329-345.

Milone, E. F., Groisman, G., Fry, D. J. I. & Bradstreet, D. H. (1991). Analysis and solution of the light and radial velocity curves of the contact binary TY Bootis. *The Astronomical Journal.* 370(1), 677-692. https://doi.org/10.1086/169852

O'Connell, D. J. K. (1951). The so-called periastron effect in close eclipsing binaries. *Riverview College Observatory*. 2(6), 85-99.

PHOEBE. *PHOEBE 1.0 (legacy).* http://phoebe-project.org/1.0/download

Pribulla, T., Rucinski, S. M., Lu, W. Mochaki, S. W., Conidis, G., Blake, R. M., DeBond, H., Thomson, J. R., Pych, W. et al. (2006). Radial velocity studies of close binary stars XI. *The Astronomical Journal.* 132(1), 769-780.

Rainger, R. R., Hilditch R. W., & Bell S. A. (1990). The contact binary system TY Bootis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* 246(1), 42-46.

SIMBAD. *TY Boo*. http://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-basic?Ident=TY+Boo&submit=SIMBAD+search

SuperWASP. *Browse the Catalogue*. https://www.superwasp.org/vespa/browse/?search=TY+Boo

Szafraniec, R. (1953). The Light-Curves of 12 Eclipsing Variables. *Acta Astronomica, Series c*. 5(1), 51.

Variable Star South. *Dan Bruton HJD Calculator*. https://www.variablestarssouth.org/wp-content/uploads/2017/05/hjd_dan_bruton.xlsm

Variable Star South. *Software by Bob Nelson*. https://www.variablestarssouth.org/software-by-bob-nelson/

Yang, Y. G., Dai, J. M., & Yin X. G. (2007). Orbital period changes for the weak-contact binary ty bootis. *The Astronomical Journal.* 134(3), 179-184.