

Received: 25 October 2020

Revised: 12 December 2020

Accepted: 21 December 2020

การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา Pz Uma Orbital Period Change of Eclipsing Binary Star System Pz Uma

ชิวะ ทศนา^{1*} สมยศ ศรีคงรักษ์² ปิแสง มงคลสูตร³ และ อนุชา อุนอก⁴

Chewa Thassana^{1*} Somyod Srikongrug² Peesang Sirimongkol³ and Anucha Aunok⁴

^{1,2}ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

^{2,3}สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

*chewa.t@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา Pz Uma ที่ทำการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 โดยถ่ายภาพด้วยซีซีดี โฟโตมิเตอร์ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงชนิดรีฟlector-เครเทียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.50 เมตร นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ไปทำการกำจัดสัญญาณรบกวนและปรับปรุงภาพเข้าสู่มาตรฐานแล้วนำข้อมูลที่ได้จากภาพไปทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดและสร้างสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการอ้างอิงจากสมการ Ephemeris เดิม $HJD (Min) = 2451337.7141 + 0.2627E$ แล้วนำข้อมูล Epoch และ $HJD (Min)$ ไปหาสมการ O-C ผลปรากฏว่าได้สมการเป็น $O - C = 5.26 \times 10^{-9}E^2 - 6.37 \times 10^{-4}E$ จากสมการ O-C ทำให้ทราบวงโคจรใหม่ของดาวคู่ Pz Uma ว่ามีคาบวงโคจร เท่ากับ 0.2627 วัน และมีช่วงอัตราการโคจรเพิ่มขึ้น 1.052×10^{-8} วันต่อรอบ หรือ 1.0042 วินาทีต่อปี

คำสำคัญ: ดาวคู่อุปราคา, ดาวคู่อุปราคาแบบตะกัน, คาบวงโคจร

Abstract

This research aims to study the period change of binary Pz-Uma. We conducted this research at Regional Observatory for the Public, Chachoengsao, National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization). In December 2017. The observation was done via

CCD photometer in B, V and R-Filter wavelength equipped with Ritchey Chretien Telescope, which has a diameter of 0.50 meter. The data obtained through reduction processed via Iris. The time of minimum eclipse, HJD (Min) = $2451337.7141 + 0.2627E$ and $O-C = 5.26 \times 10^{-9} E^2 - 6.37 \times 10^{-4} E$ were found. The O-C light curve has shown that the orbital period of Pz-Uma is 0.2627 day with an increasing period change of 10.52×10^{-9} day per cycle or 1.0042 second per year.

Keywords: Eclipsing Binary Star, Contact Binary, Orbital Period

บทนำ

การศึกษาคุณสมบัติของเอกภพและดาวฤกษ์เป็นการศึกษาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในทางด้านวิทยาศาสตร์เนื่องจากดาวฤกษ์เป็นวัตถุนับพันล้านดวงที่มีพลังงานและแสงสว่างในตัวเอง ดาวฤกษ์ได้ถือกำเนิดเกิดขึ้นหลังจากการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่หรือเกิดขึ้นตามทฤษฎีของบิกแบงที่ใช้อธิบายการกำเนิดเอกภพ บิกแบงเกิดจากพลังงานได้เปลี่ยนไปเป็นมวลสารก่อตัวรวมกันภายใต้แรงโน้มถ่วงจนกลายเป็นดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ต่าง ๆ การศึกษาดาวฤกษ์แต่ละดวงสามารถอธิบายถึงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์เมื่อเวลาผ่านไป ดาวฤกษ์จะมีการวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงบนแผนภาพ HR เราอาจพบรวมตัวกันเป็นกลุ่มเช่น กระจุกดาว หรือ ระบบดาวคู่

ระบบดาวคู่ PZ Uma ระบบดาวคู่นี้อยู่ที่ตำแหน่งค่า R.A. $9^h 29^m 7^s.08034$ และตำแหน่ง Dec. $+60^\circ 51' 23''.0383$ ประเภท W Uma type จัดเป็นดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน (Contact Binary System) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ PZ Uma โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์จากภาพถ่ายเพื่อวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา PZ Uma และวิวัฒนาการของระบบดาวคู่

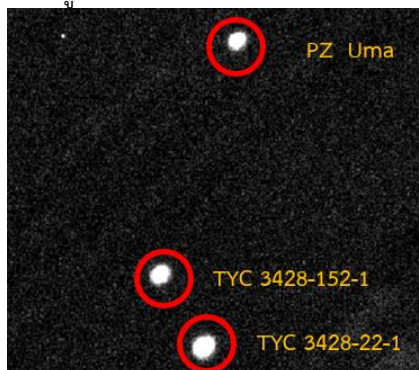
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา PZ-Uma
2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา PZ-Uma กับงานวิจัยก่อนหน้านี้

วิธีดำเนินการวิจัย

1 กลุ่มดาวตัวอย่าง

ระบบดาวคู่ PZ Uma เป็นดาวคู่อุปราคาแบบตะวันตก ประเภท W Uma type อยู่ที่ตำแหน่ง R.A. $9^h 29^m 7^s.08034$ และ Dec. $+6^\circ 51' 23''.0383$ โดยเก็บข้อมูลดาวจากการสังเกตการณ์จากภาพถ่ายผ่านกล้อง CCD ในช่วงความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงิน (B) แสงสีเหลือง (V) และแสงสีแดง (R) ตัวอย่างภาพถ่ายของระบบดาวคู่นี้ดังรูปที่ 1 และข้อมูลเบื้องต้นของระบบดาวคู่ดาว PZ Uma และดาวอ้างอิง แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 ระบบดาวคู่ PZ Uma ดาวเปรียบเทียบและดาวอ้างอิง

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของระบบดาวคู่ PZ Uma และดาวอ้างอิง

Star	R.A. (h m s)	Dec. ($^\circ$ ' ")	Magnitude
PZ Uma	$09^h 29^m$ $7^s.08034$	$06^\circ 51'$ $23''.0383$	12.71 (V)
TYC 3428-152-1 (Comparison)	$09^h 29^m$ $14^s.43110$	$49^\circ 49'$ $15''.2143$	12.58 (V)
TYC 3428-22-1 (Check)	$09^h 29^m$ $12^s.58903$	$49^\circ 48'$ $28''.0723$	11.88 (V)

ข้อมูลจาก : SIMBAD Astronomical Database

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

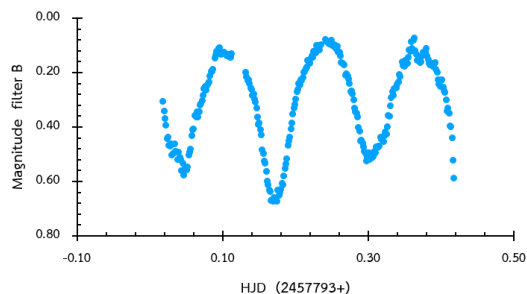
ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. นำภาพถ่ายมาทำการ Reduction ซึ่งเป็นวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ

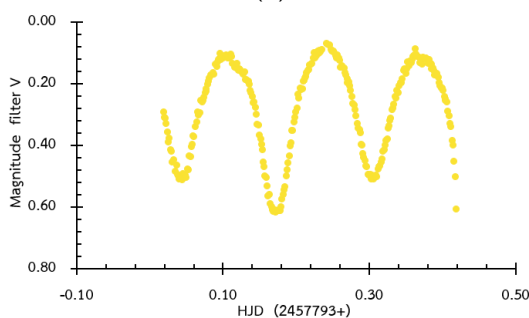
2. นำภาพถ่ายมาทำการ align ซึ่งเป็นวิธีการทำให้ตำแหน่งของดาวในภาพถ่ายตรงกัน โดยการเปิดไฟล์ภาพถ่ายดาวทั้งหมด
3. นำภาพข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่า Photometry ด้วยโปรแกรม IRIS ซึ่งเป็นวิธีการวัดค่าความสว่างของดาวโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรีจะต้องเลือกดาวที่ต้องการวัดค่าความสว่าง ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ
4. นำค่า JD ที่ได้จากโปรแกรม Iris มาแปลงค่าเป็น HJD โดยใช้ไฟล์โปรแกรม Microsoft Excel สำเร็จรูป
5. ทำการพล็อตกราฟแสงระหว่าง Delta Magnitude กับ HJD โดยใช้ไฟล์โปรแกรม Microsoft Excel
6. ทำการหาตำแหน่งของค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum Light)
7. หาสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการนำเอาค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดไปหาค่ายุค (Epoch) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำค่ายุค (Epoch) ไปสร้างสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง HJD กับ Epoch
8. คำนวณหาค่า HJD_C (C) โดยนำค่า HJD_O และ Epoch โดยแทนในสมการ $C = HJD_O + P_O E$
9. นำค่า HJD_O ของช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาที่ได้จากการสังเกตการณ์ O ลบด้วยค่าช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาที่ได้จากการคำนวณ $HJD_C(C)$ โดย $O - C = HJD_O - HJD_C$
10. นำค่า Epoch และค่า O-C ของดาวคู่ PZ Uma ที่ได้จากการคำนวณไปรวมกับข้อมูลค่า Epoch และค่า O-C ที่คำนวณไว้ทั้งหมด หลักจากนั้นนำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า O-C กับ Epoch จะได้แผนภาพ O-C จากการคำนวณ Polynomial Fit Curve
11. หาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของดาวคู่ PZ Uma โดยการใช้ Quadratic Polynomial Fitting Method

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

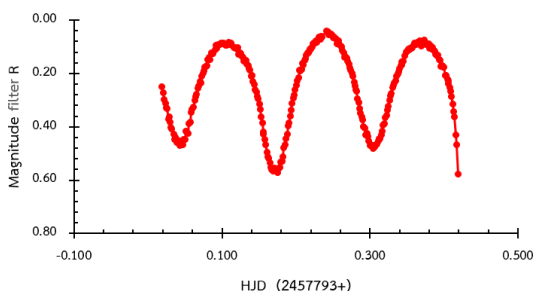
เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ PZ Uma ด้วยโปรแกรม IRIS จะได้เวลาที่เป็น JD จากนั้นแปลงค่า JD เป็น HJD ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel แล้วพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่เป็น HJD กับ Magnitude ส่วนกราฟที่ได้ คือ กราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ดังแสดงในรูปที่ 2



(ก)



(ข)

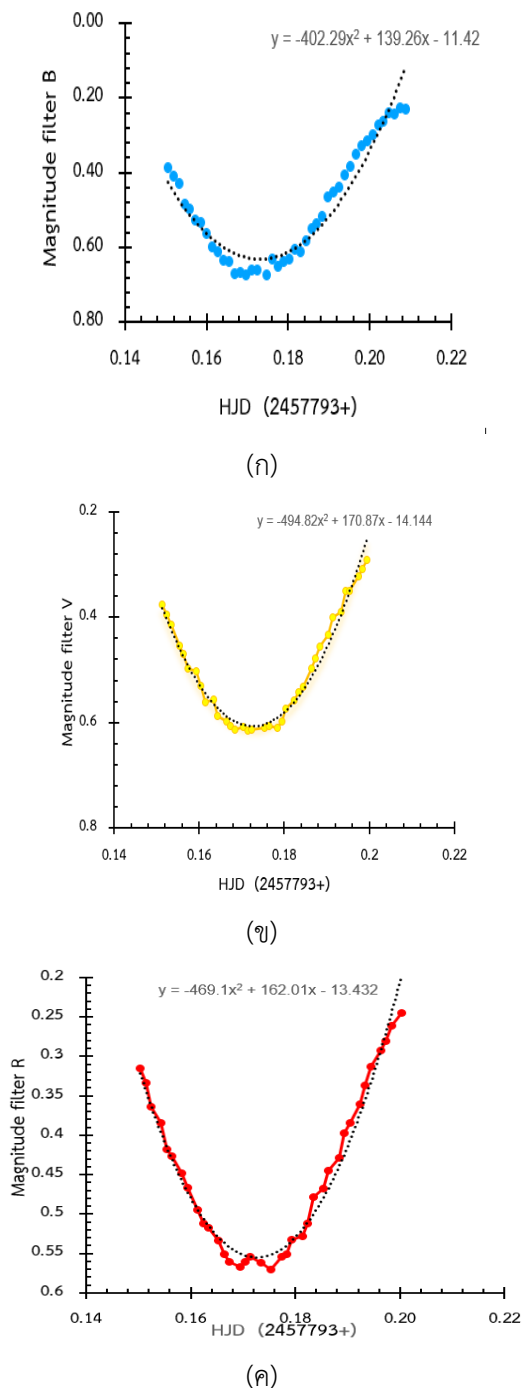


(ค)

รูปที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ PZ Uma ในช่วงความยาว (ก) คลื่นสีน้ำเงิน

(ข) สีเหลือง และ (ค) สีแดง

การหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลในช่วงเวลาการเกิดอุปราคาปฐมภูมิ โดยมีวิธีการดังนี้คือหลังจากที่นำค่าวันจูเลียน (JD) แปลงเป็นค่าวันจูเลียนศูนัยสุริยะ (HJD) แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างวันจูเลียนศูนัยสุริยะ (HJD) กับความสว่างปรากฏของดาวคู่ PZ Uma ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เวลาแสงที่น้อยที่สุดของระบบดาวคู่ PZ Uma ช่วงความยาวคลื่น

(ก) สีนํ้าเงิน (ข) สีเหลือง และ (ค) สีแดง

จากนั้นทำการคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดและหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดได้ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง เท่ากับ 2457793.173, 2457793.173 และ 2457793.173 ตามลำดับ ผลปรากฏว่าได้ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเท่ากับ 2457793.173 ดังตารางที่ 2

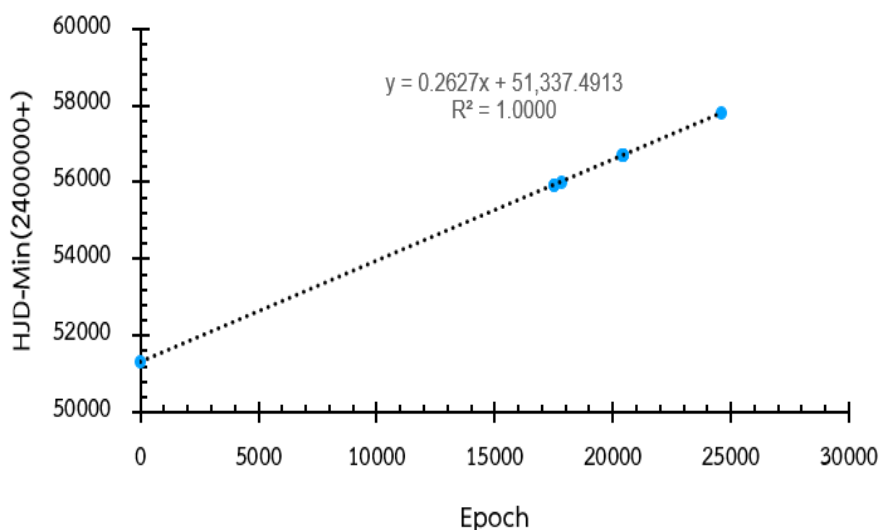
ตารางที่ 2 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากกราฟแสงของระบบดาวคู่ Pz Uma
สังเกตการณ์ได้ในช่วงความยาวคลื่น สีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง

ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดของความยาวคลื่น
สีน้ำเงิน (B)	2457793.173
สีเหลือง (V)	2457793.173
สีแดง (R)	2457793.173
เฉลี่ย	2457793.173

การคำนวณหาสมการ Ephemeris ใหม่ โดยผู้วิจัยได้ทำการอ้างอิงถึงสมการเดิมที่คำนวณไว้ในอดีต เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่ Pz Uma มีการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรไปจากเดิมอย่างไร สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการอ้างอิงสมการ Ephemeris เดิมที่คำนวณไว้ใน ปี ค.ศ.1999 โดยสมการ Ephemeris เดิม ได้คำนวณและแสดงผลของสมการ $HJD(Min) = 2451337.7141 + 0.2627E$ โดยขั้นตอนแรกนั้นจะทำการหาค่ายุค (Epoch) ณ ช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุดของการเกิดอุปราคาทั้งแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิในอดีตที่นักดาราศาสตร์ทำการคำนวณไว้ สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ค่ายุค (Epoch) ที่ได้ทำการคำนวณและรวบรวมไว้ หลังจากได้ค่ายุคใหม่ของระบบดาวคู่ Pz Uma การนำค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดหรือ $HJD(Min)$ กับค่ายุค (Epoch) ที่ได้มาจากการคำนวณ ณ เวลาปัจจุบันไปรวมกับค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดหรือ $HJD(min)$ กับค่ายุค (Epoch) ที่นักดาราศาสตร์ในอดีตได้ทำการคำนวณไว้แล้ว ดังที่แสดงในตารางที่ 3 หลังจากนั้นนำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Epoch กับ $HJD(Min)$ เพื่อหาสมการ Ephemeris ใหม่ ซึ่งผลปรากฏว่าได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Epoch กับ $HJD(Min)$ ดังรูปที่ 4

ตารางที่ 3 ค่ายุค (Epoch) ณ ช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุด

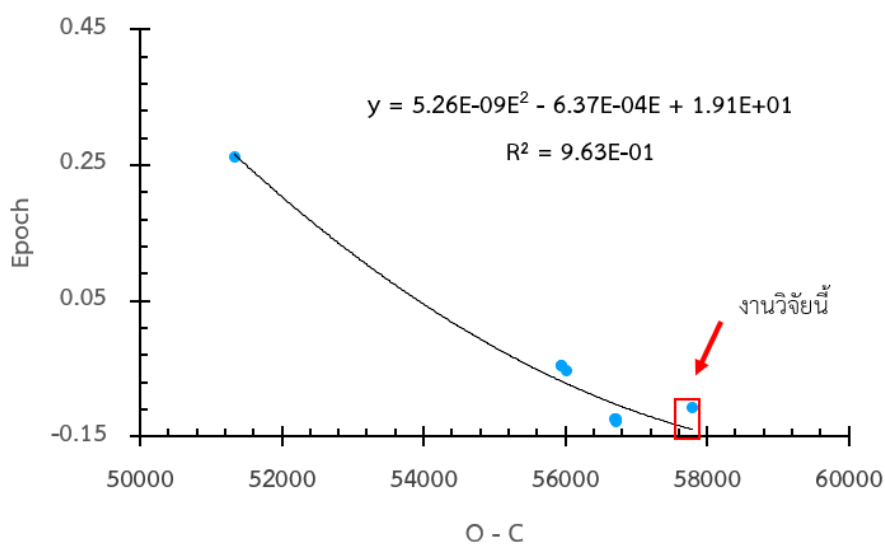
Source	HJD (O)	HJD (C)	Epoch	O-C
VSX	51337.714	51337.451	-1.0	0.263
IBVS 6029	55937.809	55937.854	17511.0	-0.045
IBVS 6029	55937.939	55937.985	17511.5	-0.046
IBVS 6029	56017.662	56017.715	17815.0	-0.053
IBVS 6118	56698.378	56698.502	20406.5	-0.124
IBVS 6149	56706.390	56706.514	20437.0	-0.124
IBVS 6149	56709.540	56709.664	20449.0	-0.127
IBVS 6149	56711.377	56711.505	20456.0	-0.128
CCD	57793.173	57793.304	24574.0	-0.131
CCD	57793.325	57793.435	24574.5	-0.110



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Epoch กับ HJD (Min)

จากรูปที่ 4 กราฟกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Epoch กับ HJD(Min) เป็นกราฟเส้นตรง ซึ่งค่าความชันที่ได้จากกราฟสามารถนำมาเขียนเป็นสมการ Ephemeris ใหม่เป็น $HJD(Min) = 2451337.4913 + 0.2627E$ ทั้งนี้จากสมการ Ephemeris ใหม่แสดงให้เห็นว่าระบบดาว Pz Uma มีคาบวงโคจรใหม่เป็น 0.2627 วัน

รูปที่ 5 แสดงแผนภาพ O-C ที่ได้จากการคำนวณโดยวิธี Polynomial Fit Curve ซึ่งเส้นกราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาหงาย แสดงให้เห็นว่าดาวคู่ Pz Uma มีแนวโน้มว่าคาบวงโคจรมีค่าที่ลดลง และจากการใช้ Quadratic Polynomial Fitting Method จะได้ $\frac{dp}{dE} = 1.052 \times 10^{-8} \text{ day/cycle}$ ดังนั้นดาวคู่ Pz Uma มีอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรเท่ากับ 8×10^{-10} วันต่อการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ หรือเมื่อต้องการบอกเป็นอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรเทียบกับเวลา จะได้ $\frac{dp}{dE} = 1.0042 \text{ sec/year}$ ดังนั้นดาวคู่ Pz Uma มีอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.0977 วินาทีต่อปี



รูปที่ 5 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ Pz Uma

ตารางที่ 4 อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ Pz Uma เทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้

ผู้วิจัย	ปี พ.ศ. ที่สังเกตการณ์	อัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจร (วินาทีต่อปี)
ม.ป.ก.(ทุติยภูมิ)	2556	0.0955
งานวิจัยนี้(ปฐมภูมิ)	2560	1.0042

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อปี 2556 งานวิจัยก่อนหน้านี้มีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรเท่ากับ 0.0955 วินาทีต่อปี และปี 2560 งานวิจัยนี้มีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรเท่ากับ 1.0042 วินาทีต่อปี ซึ่งพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรลดลงแสดงว่าระบบดาวคู่ Pz Uma กำลังแยกออกจากกัน

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรของดาวคู่ Pz Uma โดยถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน และสีเหลือง ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงชนิดรีฟlector-เคเรเทียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าระบบดาวคู่ Pz Uma มีคาบวงโคจรเท่ากับ 0.2627 วัน และอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจร 1.052×10^{-8} วันต่อรอบ หรือ 1.0042 วินาทีต่อปี ซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างดาวทั้งสอง จึงกล่าวได้ว่าดาวคู่ Pz Uma มีวิวัฒนาการที่สอดคล้องกับทฤษฎี Thermal Relaxation Oscillation

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวคู่อุปราคา Pz-Uma จากคุณสุนิตย์ วุฒิสังข์ นักวิชาการหอดูดาวของ สถาบันดาราศาสตร์แห่งชาติ เฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา

เอกสารอ้างอิง

- ยุทธนา บุญทา. (2551). รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคาประเภทอัลกอล BN Peg. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(การสอนฟิสิกส์).หน้า 23-70.
- รณกฤต รัตนมาลา.(2560).คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis. โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป. มหาวิทยาลัยนครราชสีมา.
- ศราวุฒ ชูโลก. (2553). การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่เอส วี ทอริ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ศิริมาศ โกมลจินดา. (2546). โครงสร้างทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบตะ
กัน อาร์ เซดทอรี.วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. เชียงใหม่ :
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปกิจ สังสิริ. (2552). การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่แบบ
ตะกัน 5 ระบบ คือ CE Leonis, DF Hydrae, FZ Orion, YY Eridani
และ FG Hydrae. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์