



คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis

The Physical Properties of XY Leonis Binary Star System

รณกฤต รัตนมาลา

โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จ.นครราชสีมา 30000

E-mail: ronnakrit.r@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis ในครั้งนี้ ได้ทำการสังเกตการณ์ หนวดดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) โดยใช้กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ที่ต่อกับกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงิน และแสงสีเหลือง แล้ววิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี และสร้างกราฟแสงที่ได้ โดยกราฟแสงที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่ XY Leonis เป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W UMa และกราฟแสงมีลักษณะความไม่สมมาตรซึ่งอาจเกิดจากการมีจุดบนดาว และคำนวณอัตราส่วนมวลและเปอร์เซ็นต์การแตะกัน ได้เท่ากับ 2.802 และประมาณร้อยละ 0 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าระบบดาวคู่ XY Leonis เป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน

ABSTRACT

The study of the physical properties of the XY Leonis binary star was conducted at Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima, National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization). The 0.5 m reflecting telescope that attached by B and V filters was employed to process for a photometry data collection. The light curves showed that the W UMa eclipsing binary type. The asymmetry of light curves analysis may be due to spot on the star. The result of mass ratio (q) and fill out factor (f) calculations were 2.802 and about 0%, respectively. It was shown that the XY Leonis is a contact binary system.

คำสำคัญ : ระบบดาวคู่, เอ็กวาย ลีโอนิส, คุณสมบัติทางกายภาพ

Keywords : Binary Star System, XY Leonis, Physical Properties

1. บทนำ

ระบบดาวคู่ (Binary Star System) เป็นระบบดาวที่ประกอบไปด้วยสมาชิก 2 ดวง ที่อยู่ภายใต้สนามความโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน และสมาชิกของระบบดาวคู่ต่างโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลร่วมกัน ซึ่งในบรรดาดาวฤกษ์ทั้งหมดพบว่าประมาณครึ่งหนึ่งหรือมากกว่าเป็นระบบดาวคู่ (บุญรักษา, 2550) การศึกษาระบบดาวคู่ถือเป็นการศึกษาที่มีความสำคัญหลายประการ เช่น ทำให้เข้าใจถึงคุณสมบัติของดาวฤกษ์ประเภทต่างๆ เพราะระบบดาวคู่จะมีสมาชิกเป็นดาวฤกษ์หลายประเภท หรือทำให้เข้าใจถึงการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ เป็นต้น

ระบบดาวคู่ XY Leonis (BD+18° 2307, GSC 01412-00680) ถูกค้นพบโดย Hoffmeister ในปี ค.ศ.1934 (Hoffmeister, 1934) จากนั้น Struve และ Zebergs ได้สังเกตการณ์และสร้างกราฟความเร็วตามแนวรัศมี (Radial velocity curves) ของแต่ละองค์ประกอบ ในปี ค.ศ. 1959 ซึ่งผลของการสังเกตการณ์พบว่าระบบดาวคู่ XY Leonis จะมีลักษณะเป็นระบบดาวคู่ประเภท W UMa (Struve and Zebergs, 1959) และในปี ค.ศ.1960 Koch ได้รายงานการศึกษากราฟแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลืองและสีน้ำเงิน พบว่าดาวร้อนมีค่ารัศมี 0.63 เท่าของรัศมีดวงอาทิตย์ มวล 0.37 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ และความหนาแน่น 1.2 เท่าของความหนาแน่นดวงอาทิตย์ ขณะที่ดาวเย็นมีรัศมี 0.39 เท่าของรัศมีดวงอาทิตย์ มวล 0.47 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ และความหนาแน่น 1.6 เท่าของความหนาแน่นดวงอาทิตย์ อีกทั้งยังพบความเป็นไปได้ที่จะมีแสงที่สาม (Third light) ในระบบดาวคู่นี้ด้วย (Koch, 1960) และเมื่อปี ค.ศ.1978 Koch และ Shanus ได้ทำการศึกษาและรายงานผลของการ

วิเคราะห์กราฟแสงระบบดาวคู่ XY Leonis ในปี ค.ศ. 1978 พบว่าระบบดาวคู่ XY Leonis อาจเป็นระบบดาวคู่ที่มีลักษณะแบบแตะกัน (Contact) หรือแบบแตะกันมาก (Over contact) และยืนยันการมีวัตถุที่สามในระบบดาวคู่ XY Leonis และคำนวณอัตราส่วนมวลได้ 1.19 (Koch and Shanus, 1978) หลังจากนั้นในปี ค.ศ.1984 ในรายงานของ Hrivnak และคณะ ที่ได้ทำการศึกษาค่าความเร็วในแนวรัศมีของระบบดาวคู่ XY Leonis ด้วยวิธีสเปกโตรสโคปิก (Spectroscopic) พบว่าขนาดความเร็วในแนวรัศมีมีค่า 50 กิโลเมตรต่อวินาที มีอัตราส่วนมวลเท่ากับ 0.5 (Hrivnak et al., 1984) และเมื่อในปี ค.ศ. 1985 Hrivnak ได้ทำการศึกษาระบบดาวคู่ XY Leonis พบว่ากราฟแสงมีความไม่สมมาตร (Asymmetry) ซึ่งอาจเป็นเพราะการมีจุดบนดาวสมาชิกในระบบดาวคู่ และพบว่ามีค่าอัตราส่วนมวลเท่ากับ 2.00 (Hrivnak, 1985) และจากรายงานของ Yakul และคณะ ในปี ค.ศ.2003 ที่ได้ศึกษาระบบดาวคู่ XY Leonis พบว่าคาบวงโคจรมีการเปลี่ยนแปลงแบบส่ายมีคาบการส่าย 19.6 ปี ซึ่งอาจเกิดจากการมีวัตถุที่สาม นอกจากนี้ยังสันนิษฐานว่าการเปลี่ยนคาบวงโคจรมีสาเหตุจากการถ่ายเทมวลภายในระบบดาวคู่ และจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบดาวคู่ XY Leonis จากการประมาณค่าอัตราส่วนมวล 1.64 พบว่ามีร้อยละการแตะกัน (f) เท่ากับร้อยละ 7 (Yakul, 2003) จนกระทั่ง ในปี ค.ศ. 2006 Djurašević และคณะ ได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบแตะกัน XY Leonis พบว่าระบบดาวคู่ XY Leonis มีอัตราส่วนมวลเท่ากับ 1.64 ทั้งกรณีที่มีจุดและไม่มีจุดบนดาว และคำนวณร้อยละการแตะกันเท่ากับร้อยละ 2.44 และร้อยละ 3.87 ในกรณีมีจุดและไม่มีจุดบนดาวตามลำดับ ซึ่งการวิเคราะห์ทั้งหมดจะพิจารณาแสงจากวัตถุที่สามด้วย (Djurašević et

al., 2006) และในปี ค.ศ.2010 จากการศึกษาของ Zola และคณะ ได้ทำการวิเคราะห์หาคณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด XY Leonis กรณีที่พิจารณาแสงที่สามและจุดบนดาว โดยการประมาณค่าอัตราส่วนมวล 0.717 พบว่ามีค่าร้อยละการแตะกันเท่ากับร้อยละ 8 (Zola, 2010)

จากการศึกษาระบบดาวคู่ XY Leonis ที่ผ่านมาพบว่าระบบดาวคู่ XY Leonis จะมีลักษณะกราฟแสงที่ไม่สมมาตรเนื่องจากการมีจุดบนดาวสมาชิกประกอบกับการที่ระบบดาวคู่ XY Leonis มีคาบวงโคจรแบบส่ายเนื่องจากการมีอยู่ของวัตถุที่สามวิเคราะห์หาคณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่และพบว่าค่าอัตราส่วนมวลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะวิเคราะห์หาคณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis เพื่อจะได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบดาวคู่ XY Leonis ในปัจจุบัน

2. การสังเกตการณ์และการวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้จะทำการสังเกตการณ์และเก็บรวบรวมข้อมูลในระหว่างวันที่ 5, 21 และ 22 มกราคม พ.ศ.2558 ที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยการถ่ายภาพระบบดาวคู่ XY Leonis ด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร

ข้อมูลที่ได้จะเป็นภาพถ่ายระบบดาวคู่ XY Leonis แสดงดังรูปที่ 1 โดยใช้ดาว TYC1412-131-1 ($\alpha_{2000} 10^h 0^m 32.88^s$, $\delta_{2000} +17^\circ.424$, $B=12.144$ and $V=12.020$) เป็นดาวตรวจสอบ (Check star) และดาว GSC1412:339 ($\alpha_{2000} 10^h 0^m 50.88^s$, $\delta_{2000} +17^\circ.399$, $B=11.210$ and $V=10.297$) เป็นดาวเปรียบเทียบ (Reference star) (Aladin sky atlas, 2015)

เมื่อได้ภาพถ่ายระบบดาวคู่ XY Leonis มาแล้วก็จะทำการกำจัดสัญญาณรบกวนภาพถ่าย (Reduction image) แล้ววัดแสงโดยใช้เทคนิคโฟโตเมตรี (Photometry) ด้วยโปรแกรม MaxIm DL ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำมาสร้างเป็นกราฟแสง (Light curves) ดังรูปที่ 2 โดยใช้ Linear ephemeris ของ Yakut และ Ibanoglu ในปี ค.ศ. 2001 (Yakut and Ibanoglu, 2001) ดังสมการที่ 1

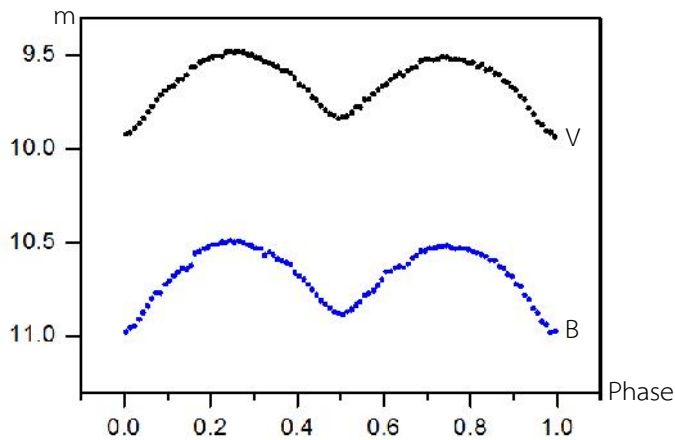
$$HJD_{\text{Min I}} = 2451884.4470 + 0.28410340E \quad (1)$$

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis จะทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมของวิลสัน-เดวินนี่ (Wilson-Devinney Program) ที่ใช้ข้อมูลกราฟแสงจากการสังเกตการณ์ซึ่งกราฟแสงที่ได้เป็นกราฟแสงของระบบดาวคู่ประเภท W UMa (mode 3) ประกอบกับค่าคงที่เบื้องต้นที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายระบบดาวคู่ XY Leonis จากการสังเกตการณ์ในวันที่ 5, 21 และ 22 มกราคม พ.ศ. 2558



รูปที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis จากการสังเกตการณ์ในวันที่ 5, 21 และ 22 มกราคม พ.ศ. 2558

ตารางที่ 1 แสดงค่าคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่า
อุณหภูมิของดาวปฐมภูมิ (T_1)	5200 K ^a
กำลังส่องสว่างของดาวทุติยภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (L_{2B})	3.399 ^a
กำลังส่องสว่างของดาวทุติยภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (L_{2V})	3.360 ^a
ค่า Gravity darkening exponent ของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (g_1, g_2)	0.32 ^b
ค่า Bolometric Albedos ของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (A_1, A_2)	0.5 ^b
ค่าสัมประสิทธิ์ของความมืดคล้ำที่ขอบของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (x_{1B}, x_{2B})	0.873 ^c
ค่าสัมประสิทธิ์ของความมืดคล้ำที่ขอบของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (x_{1V}, x_{2V})	0.786 ^c
ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\cos \gamma$ ในกฎของ Bolometric limb darkening ของดาวปฐมภูมิ (x_1 (bolo))	0.185 ^d
ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\cos \gamma$ ในกฎของ Bolometric limb darkening ของดาวทุติยภูมิ (x_2 (bolo))	0.245 ^d
ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\cos \gamma$ ($\ln \cos \gamma$) ในกฎของ Bolometric limb darkening ของ ดาวปฐมภูมิ (y_1 (bolo))	0.534 ^d
ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\cos \gamma$ ($\ln \cos \gamma$) ในกฎของ Bolometric limb darkening ของ ดาวทุติยภูมิ (y_2 (bolo))	0.465 ^d

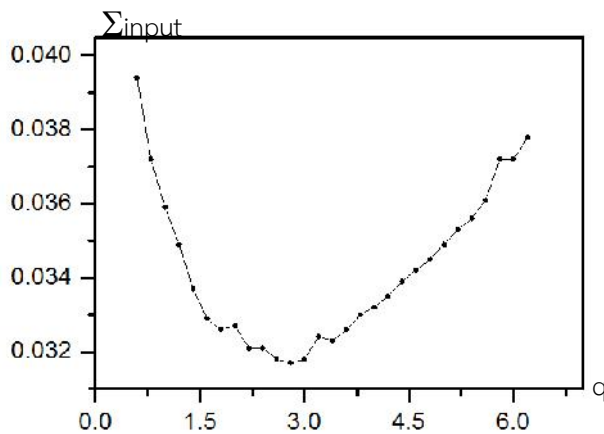
ตารางที่ 1 แสดงค่าคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ต่อ)

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่า
ค่าอัตราส่วนของอัตราแกนการหมุนกับอัตราการหมุนเฉลี่ยของวงโคจรของดาวปฐุมภูมิและดาวพฤหัสบดี (F_1, F_2)	1.00^e
ค่าความรีของวงโคจร (e)	0^e

หมายเหตุ ^a คือ Zola et al., (2010), ^b คือ Koch and Shanus (1978), ^c คือ Yakut et al., (2003), ^d คือ Liu et al., (2009) และ ^e คือ ค่ากำหนดเอง

จากค่าคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นตามตารางที่ 2 สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis ซึ่งจะทำให้การกำหนดให้อัตราส่วนมวล (q) เป็นค่าคงที่ตั้งแต่ 0.6 ถึง 6.2 เพื่อวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุด และค่าที่สามารถปรับค่าได้ ได้แก่ มุมเอียงของระนาบวงโคจร

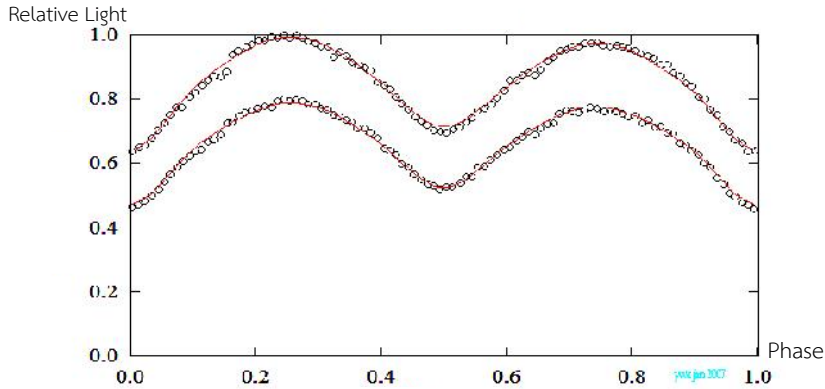
(i), อุณหภูมิของดาวพฤหัสบดี (T_2), ศักย์พื้นผิวของดาวปฐุมภูมิ (Ω_1) และกำลังส่องสว่างของดาวปฐุมภูมิ (L_1) ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าอัตราส่วนมวลที่ทำให้ผลเฉลยออกมาดีที่สุดแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวล (q) และ Σ input (ผลรวมของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล)

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผลเฉลยที่ดีที่สุดที่พิจารณาจากค่า Σ input น้อยที่สุด เท่ากับ 0.0318 อยู่ที่ อัตราส่วน (q) เท่ากับ 2.8 อย่างไรก็ตามเนื่องจากกราฟแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis ที่ได้จากการสังเกตการณ์มีลักษณะกราฟแสงแบบไม่สมมาตรเนื่องจากการมีจุดบนดาวที่ทำให้กราฟแสงบริเวณแสงมากที่สุดในช่วงแรกกับช่วงที่สองไม่เท่ากัน ($Max I \neq Max II$) ประกอบกับการรายงานของ Hrivnak ในปี ค.ศ. 1985 พบว่าระบบดาวคู่ XY Leonis มีวัตถุดวงที่

3 อยู่ในระบบด้วย (Hrivnak, 1985) ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis โดยการพิจารณากำหนดจุดบนดาวปฐุมภูมิและแสงจากวัตถุดวงที่ 3 ซึ่งผลการวิเคราะห์กราฟแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis ด้วยโปรแกรมวิลสัน-เดวินี พบว่ากราฟแสงสังเคราะห์มีความสอดคล้องกับกราฟแสงจากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้แสดงดังรูปที่ 4 และคุณสมบัติทางกายภาพของผลเฉลยที่ดีที่สุดแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 4 กราฟแสงสังเคราะห์ (เส้น) และกราฟแสงจากการสังเกตการณ์ (จุด) ของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม วิลสัน-เดวินนี่

ตารางที่ 2 ผลเฉลยคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดของระบบดาวคู่ XY Leonis

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่า
อัตราส่วนมวล (q)	2.802±0.013
ร้อยละการแตะกัน (f)	~0% (-0.002 %)
มุมเอียงของระนาบวงโคจร (i)	62.28°±0.84°
อุณหภูมิของดาวทุติยภูมิ (T ₂)	4912±16 (K)
ค้ำยพื้นผิวของดาวปฐมภูมิ และดาวทุติยภูมิ ($\Omega_1=\Omega_2$)	6.354±0.028
กำลังส่องสว่างของดาวปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (L _{1B})	5.779±0.276
กำลังส่องสว่างของดาวปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (L _{1V})	5.165±0.257
กำลังส่องสว่างของแสงดาวดวงที่สามในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (L _{3B})	-0.216±0.063
กำลังส่องสว่างของแสงดาวดวงที่สามในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (L _{3V})	-0.215±0.065
รัศมีแนวขั้วของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (r ₁ ,r ₂ (pole))	0.2739, 0.4420
รัศมีด้านหน้าของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (r ₁ ,r ₂ (side))	0.2854, 0.4729
รัศมีด้านหลังของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (r ₁ ,r ₂ (back))	0.3180, 0.4990
จุดบนดาวปฐมภูมิ	
ตำแหน่งละติจูด (CO-LATITUDE)	152.92 องศา
ตำแหน่งลองจิจูด (LONGITUDE)	59.62 องศา
รัศมีของจุด (SPOT RADIUS)	113.75 องศา
อัตราส่วนของอุณหภูมิจุดกับผิวดาว (TEMP. FACTOR)	0.9905

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการสร้างกราฟแสงสัณฐาน (เส้น) มีความสอดคล้องกับกราฟแสงจากการสังเกตการณ์ (จุด) ได้เป็นอย่างดี โดยใช้ค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดที่แสดงในตารางที่ 2 เป็นตัวที่พิจารณา

4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ XY Leonis จากกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้ โดยทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการของวิลสัน-เดวินนี่ พบว่าค่าอัตราส่วนมวลมีค่า 2.802 ± 0.013 มุมเอียงของระนาบวงโคจร (i) เท่ากับ 62.28 ± 0.84 องศา อุณหภูมิของดาวทุติยภูมิ (T_2) เท่ากับ 4912 ± 16 เคลวิน และคำนวณค่าร้อยละการแตะกัน (f) ได้ประมาณร้อยละ 0 (ร้อยละ -0.002) โดยผลของค่าอัตราส่วนมวลที่คำนวณได้มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งอาจเกิดจากการถ่ายเทมวลภายในกลับไปกลับมาของสมาชิกในระบบดาวคู่ XY Leonis อีกทั้งค่าร้อยละการแตะกันมีค่าติดลบ ซึ่งแสดงว่าดาวสมาชิกของระบบดาวคู่ XY Leonis มีขนาดไม่เต็มผิวห่อหุ้มของโรช (Roche Lobe) นั้น อาจหมายความว่าระบบดาวคู่ XY Leonis เป็นระบบดาวคู่แบบแยกกัน (Detached Binary) ไม่ใช่ระบบดาวคู่ที่แตะกัน (Contact Binary) ซึ่งก็เป็นไปได้เนื่องจากการศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ XY Leonis ของ Yakut และคณะ ในปี ค.ศ. 2003 พบว่าระบบดาวคู่ XY Leonis มีค่าระยะห่างเพิ่มมากขึ้น เพราะคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ XY Leonis มีค่าเพิ่มขึ้น (Yakut et al., 2003) ซึ่งก็สอดคล้องกับกฎข้อที่ 3 ของเคปเลอร์ ($P^2 \propto a^3$) อย่างไรก็ตามค่าร้อยละการแตะกันก็มีค่าใกล้ศูนย์แสดงว่าระบบดาวคู่ XY Leonis มีลักษณะยังเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน

(Contact Binary) ถ้าการเปลี่ยนคาบวงโคจรเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ อาจส่งผลให้ระบบดาวคู่ XY Leonis เป็นระบบดาวคู่แบบแยกกัน (Detached Binary) ได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการสังเกตการณ์

6. เอกสารอ้างอิง

- บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 328.
- Aladin Sky Atlas, The NOMAD Catalog. แหล่งข้อมูล: http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl?script=get%20Aladin%20V%*%20XY%20Leo%2011arcmin%3bget%20simbad%20V%*%20XY%20Leo%2011arcmin&from=Simbad4. ค้นเมื่อวันที่ 29 มกราคม 2558.
- Djurašević, G., Dimitrov, D., Arbutina, B., Albayrak, B., Selam, S.O. and Atanackovic-Vukmanović, O. (2006). A Photometric Study of the Contact Binary: XY Leo, EE Cet and AQ Psc. Publications of the Astronomical Society of Australia 23 : 154-164.
- Hoffmeister, C. (1934). 132 neue Veränderliche. Astronomical Notes Astronomische Nachrichten, แหล่งข้อมูล: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asna.19342531003/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer

- =www.google.co.th&purchase_site_license=L
LICENSE_DENIED. ค้นเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2558.
- Hrivnak, B.J., Milone, E.F., Hill, G. and Fisher, W.A. (1984). A Radial Velocity Study of XY Leonis. *The Astronomical Journal* 285 : 683-687.
- Hrivnak, B.J. (1985). A Photometric Study and Analysis of XY Leonis. *The Astronomical Journal* 290 : 696-706.
- Koch, R.H. (1960). Photoelectric Light Curves of XY Leonis. *The Astronomical Journal* 65(6): 374-380.
- Koch, R.H. and Shanus, C.R. (1978). Light Curve Syntheses for the Overcontact Binary XY Leonis. *The Astronomical Journal* 83(11): 1452-1454.
- Liu, L., Qian, S.B., He, J.J., Li, L.J. and Liao, W.P. (2010). First R and I Light and Their Photometry Analysis of GSC 02393-00680. *Astronomical Society of Japan* 62: 81-89.
- Struve, O. and Zebergs, V. (1959). The Velocity-curve of XY Leo. *The Astrophysical Journal* 130: 137-138.
- Yakut, K. and Ibanoglu, C. (2001). UBVR Photometry of Contact Binary XY Leonis. *COMMISSIONS 27 AND 42 OF THE IAU INFORMATION BULLETIN ON VARIABLE STARS* Number 5042, แหล่งข้อมูล: <http://www.konkoly.hu/cgi-bin/IBVS?5042>. ค้นเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2558.
- Yakut, K., Ibanoglu, C., Kalomeni, B., and Degirmenci, O.L. (2003). New Light Curve analysis and Period Changes of the Overcontact binary XY Leonis. *Astronomy and Astrophysics* 401: 1095-1100.
- Zola, S., Gazeas, K., Kreiner, J.M., Ogloza, W., Siwak, M., Koziel, W.D. and Winiarski, M. (2010). Physical Parameters of Components in Close Binary System-VII. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 408: 464-474.

