



คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri

The Physical Properties of V781 Tauri Eclipsing Binary Star System

รณกฤต รัตนมาลา^{1*}

Received: November, 2016; Accepted: April, 2017

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri ที่ได้ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ซึ่งกราฟแสงที่ได้พบว่ามีค่าความไม่สมมาตร โดยจากการวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri พบว่ามีค่าอัตราส่วนมวล 2.347 ค่าอุณหภูมิพื้นผิวของดาวทุติยภูมิ 5,523 เคลวิน และมุมเอียงของระนาบวงโคจรเท่ากับ 66.34 องศา และมีค่าร้อยละการแตะกันเท่ากับ 7.11 จึงจัดว่าเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกันมาก

คำสำคัญ : ระบบดาวคู่อุปราคา; วี 781 ทอริ; คุณสมบัติทางกายภาพ

Abstract

This research aimed to study the physical parameters of the V781 Tauri eclipsing binary star system. The data were obtained from the Regional Observatory center, Nakhon Ratchasima and the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization). The light curves were asymmetry. The calculated parameters obtained for mass ratio (q), temperature of secondary star (T_2), angle (i) and fill out factor (f) were 2.347, 5,523 K, 66.34 degree and 7.11 % respectively. The V781 Tauri is an over contact binary system.

Keywords: Eclipsing Binary Star System; V781 Tauri; Physical Properties

¹ Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

* Corresponding Author E - mail Address: ronnakrit.r@gmail.com

บทนำ

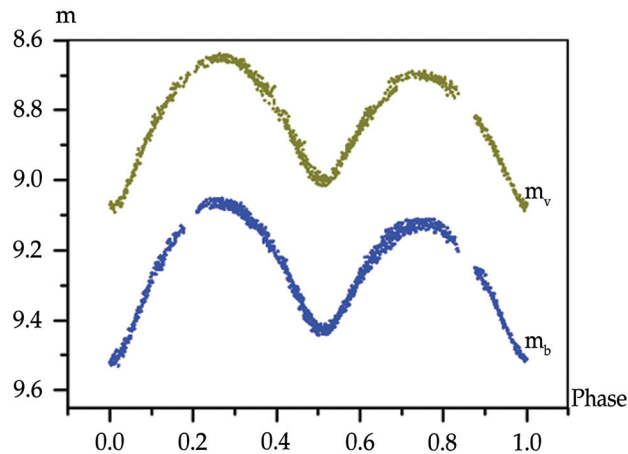
ระบบดาวคู่อุปราคา (Eclipsing Binary Star System) เป็นระบบดาวคู่ที่สังเกตเห็นเป็นดาวดวงเดียว เนื่องจากสมาชิกทั้ง 2 ดวง อยู่ใกล้กันมาก และระนาบวงโคจรของระบบดาวคู่ประเภทนี้เกือบอยู่ในแนวสายตา จึงทำให้สามารถสังเกตเห็นการแปรแสงของดาวอันเป็นผลเนื่องมาจากการบังกัน และนำมาสร้างเป็นกราฟแสงได้ การศึกษาระบบดาวคู่อุปราคาเป็นการศึกษาที่จะทำให้เข้าใจถึงคุณสมบัติทางกายภาพและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ได้ [1]

ระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri (BD+26 971, GSC 01870-00576) ได้ถูกศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพโดย Lu, W. ในปี ค.ศ. 1992 พบว่าระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri เป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W UMa และมีค่าร้อยละการแตะกันเท่ากับ 23 มีอัตราส่วนมวล 2.524 [2] หลังจากนั้นได้มีการศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri โดยสว่างจิตร ตรีพร ในปี ค.ศ. 2006 พบว่าระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri มีคาบวงโคจรลดลง และพบว่าการเปลี่ยนคาบวงโคจรมีลักษณะเป็นคาบซ้อนอยู่ ซึ่งอาจมีวัตถุดวงที่สามอยู่ในระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri [3] ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ J. Kallrath, E.F. Milone, R.A. Breinhorst, R.E. Wilson, A. Schnell, and A. Purgathofer. ในปี ค.ศ. 2006 ที่พบว่าระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri มีคาบวงโคจรลดลง [4] และในปี ค.ศ. 2015 Mathita Gansongkon, Naparat Paladkhonburi, Wunwisa Kluengklangdon, Ronnakrit Rattanamala and Smanchan Chanaiam ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri อีกครั้งพบว่าระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri มีคาบวงโคจรลดลง [5] และเมื่อ Lu, W. ได้นำเสนอผลการศึกษาระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri ในปี ค.ศ. 2016 พบว่าระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri มีอัตราส่วนมวล 2.207 และมีค่าร้อยละการแตะกันเท่ากับ 21.6 ตลอดจนพบว่ามีค่าการเปลี่ยนคาบวงโคจรลดลงเนื่องจากการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมจากลมสุริยะ และมีความเป็นไปได้ว่ามีการสลายเนื่องจากมีวัตถุที่สามในระบบที่วิเคราะห์จากการสลายของกราฟ O-C residual [6] จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าระบบดาวคู่อุปราคาอุปราคา V781 Tauri มีคาบวงโคจรลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีวัตถุดวงที่สามในระบบ ซึ่งส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ อัตราส่วนมวล (q) ร้อยละการแตะกัน (f) หรืออุณหภูมิของดาวฤกษ์ (T_2) เปลี่ยนไป ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้นศึกษาคุณสมบัติของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri ที่วิเคราะห์ในกรณีที่มีวัตถุดวงที่สามในระบบด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในช่วงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557 โดยการถ่ายภาพระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri ด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร โดยจะหันกล้องไปที่ตำแหน่งของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri (R.A. $5^h 50^m 13.124^s$, DEC. $+26^\circ 57' 43.36''$) แล้วทำการถ่ายภาพ

ซึ่งทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 2 คืน เมื่อได้ภาพถ่ายมาแล้วจะนำมากำจัดสัญญาณรบกวน (Reduction) และทำการวัดแสงด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี (Photometry) และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสงของระบบดาวคู่ ฤๅปราคา V781 Tauri ได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟแสงของระบบดาวคู่ฤๅปราคา V781 Tauri

จากกราฟแสงที่ได้พบว่ามีลักษณะไม่สมมาตร (Asymmetry) โดยช่วงที่แสงมากที่สุดช่วงที่ 1 ไม่เท่ากับช่วงที่แสงมากที่สุดช่วงที่ 2 ($\text{Max } 1 \neq \text{Max } 2$) ซึ่งอธิบายได้ด้วยปรากฏการณ์ของโอคอนเนล (O'Connell effect)

ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ฤๅปราคา V781 Tauri จะทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมของวิลสัน-เดวินนี่ (Wilson-Devinney Program) [7] โดยใช้ข้อมูลกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ ซึ่งกราฟแสงที่ได้เป็นกราฟแสงของระบบดาวคู่ฤๅปราคาประเภท W UMa (W Ursa Majoris) ซึ่งในการวิเคราะห์จะถูกกำหนดให้เป็น Mode 3 และใช้ค่าคงที่เบื้องต้นในการพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ฤๅปราคา V781 Tauri แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่า
อุณหภูมิของดาวปฐมภูมิ (T_1)	6,000 K [4]
ค่า Gravity Darkening Exponent ของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (g_1, g_2)	0.32 [4]
ค่า Bolometric Albedos ของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (A_1, A_2)	0.5 [4]
ค่าสัมประสิทธิ์ของความมืดคล้ำที่ขอบของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (x_{1B}, x_{2B})	0.77 [2]

ตารางที่ 1 ค่าคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ต่อ)

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่า
ค่าสัมประสิทธิ์ของความมืดคล้ำที่ขอบของดาวปฐุมภูมิและดาวทุติยภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (x_{1V}, x_{2V})	0.64 [2]
ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\cos \gamma$ ในกฎของ Bolometric Limb Darkening ของดาวปฐุมภูมิ (x_1 (bolo))	0.641 [4]
ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\cos \gamma$ ในกฎของ Bolometric Limb Darkening ของดาวทุติยภูมิ (x_2 (bolo))	0.644 [4]
ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\cos \gamma$ ($\ln \cos \gamma$) ในกฎของ Bolometric Limb Darkening ของดาวปฐุมภูมิ (y_1 (bolo))	0.236 [4]
ค่าสัมประสิทธิ์ของ $\cos \gamma$ ($\ln \cos \gamma$) ในกฎของ Bolometric Limb Darkening ของดาวทุติยภูมิ (y_2 (bolo))	0.229 [4]
ค่าอัตราส่วนของอัตราแกนการหมุนกับอัตราการหมุนเฉลี่ยของวงโคจรของดาวปฐุมภูมิและดาวทุติยภูมิ (F_1, F_2)	1.00
ค่าความรีของวงโคจร (e)	0

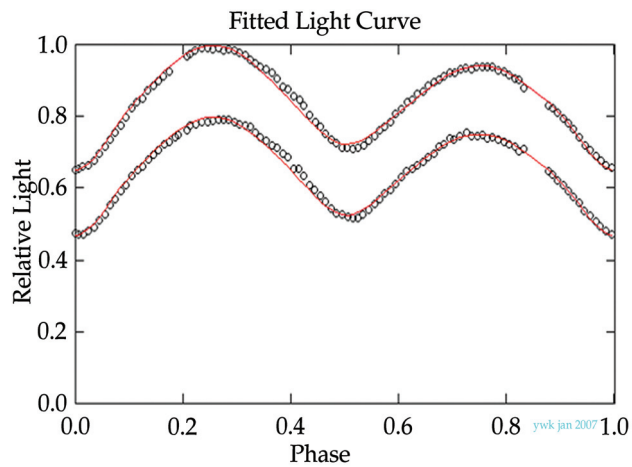
โดยการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri จะทำการวิเคราะห์อัตราส่วนมวล (q) มุมเอียงของระนาบวงโคจร (i) อุณหภูมิของดาวทุติยภูมิ (T_2) ศักย์พื้นผิวของดาวปฐุมภูมิ (Ω_1) กำลังส่องสว่างของดาวปฐุมภูมิ (L_1) และคุณสมบัติของจุดบนดาว ตลอดจนแสงของวัตถุดวงที่สาม ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 2 และกราฟจากการสังเกตการณ์กับกราฟแสงสัณเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมวิลสัน-เดวินีก็มีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดี ดังรูปที่ 2 และทำการคำนวณค่าร้อยละการแตะกันจากสมการ $f = (\Omega_{in} - \Omega) / (\Omega_{in} - \Omega_{out})$ โดย Ω คือ ค่าศักย์พื้นผิวของดาวที่วิเคราะห์ได้จากโปรแกรม Ω_{in} คือ ศักย์พื้นผิวภายในดาว และ Ω_{out} คือ ศักย์พื้นผิวภายนอกดาว [8]

ตารางที่ 2 ผลเฉลยของคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่า
อัตราส่วนมวล (q)	2.347 ± 0.026
ร้อยละการแตะกัน (f)	7.11 %
มุมเอียงของระนาบวงโคจร (i)	66.34 ± 1.21 องศา
อุณหภูมิของดาวทุติยภูมิ (T_2)	$5,523 \pm 20$ เคลวิน
ศักย์พื้นผิวภายในดาว (Ω_{in})	5.5420 [6]
ศักย์พื้นผิวภายนอกดาว (Ω_{out})	4.9389 [6]
ศักย์พื้นผิวของดาวปฐุมภูมิ และดาวทุติยภูมิ ($\Omega_1 = \Omega_2$)	5.4991 ± 0.0373
กำลังส่องสว่างของดาวปฐุมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (L_{1B})	$4.7956 \pm 0.2670 L_{\odot}$

ตารางที่ 2 ผลเฉลยของคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri (ต่อ)

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่า
กำลังส่องสว่างของดาวปฐมภูมิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (L_{1V})	$4.5870 \pm 0.2525 L_{\odot}$
กำลังส่องสว่างของแสงดาวดวงที่สามในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (L_{3B})	$0.1197 \pm 0.0458 L_{\odot}$
กำลังส่องสว่างของแสงดาวดวงที่สามในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (L_{3V})	$0.0849 \pm 0.0478 L_{\odot}$
รัศมีแนวขั้วของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (r_1, r_2 (pole))	$0.307, 0.446 R_{\odot}$
รัศมีด้านหน้าของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (r_1, r_2 (side))	$0.323, 0.480 R_{\odot}$
รัศมีด้านหลังของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (r_1, r_2 (back))	$0.372, 0.515 R_{\odot}$
จุดบนดาวปฐมภูมิ	
ตำแหน่งละติจูด (CO-LATITUDE)	1.88218 เรเดียน
ตำแหน่งลองจิจูด (LONGITUDE)	1.85278 เรเดียน
รัศมีของจุด (SPOT RADIUS)	0.47418 เรเดียน
อัตราส่วนของอุณหภูมิจุดกับผิวดาว (TEMP. FACTOR)	0.76419
Σ_{input}	0.0279
$\Sigma_{predict}$	0.0275



รูปที่ 2 กราฟแสงสังเคราะห์ (เส้น) และกราฟแสงจากการสังเกตการณ์ (จุด) จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิลสัน-เดวินี่

บทสรุป

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri จากกราฟแสงในครั้งนี้ ดำเนินการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิลสัน-เดวินี่ ผลที่ได้พบว่าระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri มีอัตราส่วนมวล

2.347 ± 0.026 อุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ได้ $5,523 \pm 20$ เคลวิน และมุมเอียงของระนาบวงโคจร (i) เท่ากับ 66.34 ± 1.21 องศา และมีค่าร้อยละการแตะกันเท่ากับ 7.11 ซึ่งน้อยกว่าค่าที่คำนวณไว้ในอดีต ซึ่งอาจเกิดจากการที่พิจารณาค่าแสงของวัตถุดวงที่สามในระบบดาว อย่างไรก็ตามระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri ก็ยังเป็นระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกันมาก (Over Contact) และสามารถคำนวณค่าคุณสมบัติของจุดบนดาวได้ดังนี้ คือ ตำแหน่งละติจูดเท่ากับ 1.88218 เรเดียน ตำแหน่งลองจิจูดเท่ากับ 1.85278 เรเดียน รัศมีของจุดเท่ากับ 0.47418 เรเดียน และอัตราส่วนของอุณหภูมิจุดกับผิวดาวเท่ากับ 0.76419 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นจุดมีดบนดาวสอดคล้องกับผลของ Li, K., Gao, D.-Y., Hu, S.-M., Guo, D.-F., Jiang, Y.-G., and Chen, X. ที่คำนวณคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri ไว้ในปี ค.ศ. 2016 เช่น อัตราส่วนมวลเท่ากับ 2.207 ตำแหน่งละติจูดเท่ากับ 1.90 เรเดียน ตำแหน่งลองจิจูดเท่ากับ 1.40 เรเดียน รัศมีของจุดเท่ากับ 0.44 เรเดียน และอัตราส่วนของอุณหภูมิจุดกับผิวดาวเท่ากับ 0.75 และระบบดาวคู่อุปราคา V781 Tauri เป็นระบบดาวคู่แบบแตะกันมาก [6]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และขอขอบคุณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการสังเกตการณ์

References

- [1] Boonrucksar Soonthornthum. (2007). Astrophysics. Department of Physics, Faculty of Science, Chaingmai University (in Thai)
- [2] Lu, W. (1992). Radial-Velocity Observations and Absolute Dimensions of Eclipsing Binary: V781 Tau. *Astronomical Journal*. Vol. 105. No. 2. pp. 646-651
- [3] Sawangjit Treeporn. (2006). Orbital Period Change of a Contact Binary System V781 Tauri. Independent Study of Master Degree in Science. Chaingmai University (in Thai)
- [4] J. Kallrath, E.F. Milone, R.A. Breinhorst, R.E. Wilson, A. Schnell, and A. Purgathofer. (2006). V781 Tauri: a W Ursae Majoris Binary with Decreasing Period. *Astronomy and Astrophysics*. Vol. 452. pp. 959-967. DOI: 10.1051/0004-6361:20053270
- [5] Mathita Gansongkon, Napat Paladkhonburi, Wunwisa Kluengklangdon, Ronnakrit Rattanamala and Smanchan Chanaiam. (2015). Orbital Period Change of Binary Star System V781 Tauri. *Naresuan University Journal : Science and Technology*. Vol. 23. No. 2. pp. 108-114 (in Thai)
- [6] Li, K., Gao, D.-Y., Hu, S.-M., Guo, D.-F., Jiang, Y.-G., and Chen, X. (2016). The Active W Uma Type Binary Star V781 Tau Revisited. *Astrophysics and Space Science*. Vol. 361. pp. 1-16. DOI: 10.1007/s10509-016-2649-8

- [7] Wilson, Robert E., Devinney, Edward J. (1971). Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *Astrophysical Journal*. Vol. 166. pp. 605-619. DOI: 10.1086/150986
- [8] Yakut, K., Ulas, B., Kalomeni, B. and Gülmen, Ö. (2005). Basic Physical Properties of the Low-Temperature Contact Binary System V781 Tau and the Near-Contact Binary System V836 Cyg. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* Vol. 363. Issue 4. pp. 1272-1278. DOI: 10.1111/j.1365-1966.2005.09534.x