

การวิเคราะห์กราฟแสงของระบบดาวคู่ AP Aur  
THE ANALYSIS OF LIGHT CURVES IN BINARY STAR SYSTEM AP Aur



วันทนา ศิลปะวิลาวัณย์\*  
รณกฤต รัตนมาลา\*

### บทคัดย่อ

การศึกษาระบบดาวคู่ AP Aur ในครั้งนี้ ทำการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวสิรินธรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(B) และสีที่ตามองเห็น(V) ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาสร้างเป็นกราฟแสงปรากฏว่ากราฟแสงของระบบดาวคู่ AP Aur มีลักษณะเป็นระบบดาวคู่แบบดับเบิลยู เออร์ซาร์(W Uma) และจากการวิเคราะห์กราฟแสงด้วยโปรแกรม Wilson – Dewiney พบว่ามีอัตราส่วนมวล 0.4649 มุม 71.78 องศา อุณหภูมิของดาวทุติยภูมิ 9151 เคลวิน จากแบบจำลองของระบบดาวคู่ AP Aur ที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน(Contact binary) โดยมีเปอร์เซ็นต์การแตะกัน 80.24%

### ABSTRACT

The study of AP Aur - binary star system was conducted at Princess Sirindhorn Observatory, Chiang Mai University. The observation was done via CCD photometer in B and V bands. The plot light curves were employed to analyze data. The light curves were shown that AP Aur is W Uma-type binary system. The light curves were analyzed by a Wilson – Dewiney program. It was found that the mass ratio ( $q = m_2/m_1$ ) was 0.4649, angle ( $i$ ) of 71.78 degree and temperature of secondary star ( $T_2$ ) 9151 K. The model of AP Aur presented was a contact binary to fill out factor ( $f$ ) of 80.24%

### ภูมิหลัง

ระบบดาวคู่เป็นระบบดาวที่มีสมาชิก 2 ดวง โคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลเดียวกัน(1) การศึกษาระบบดาวคู่มีความสำคัญมากต่อการศึกษาวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่ปล่อยพลังงานออกมาเช่นเดียวกับดวงอาทิตย์ในระบบสุริยะของเรา

ระบบดาวคู่ AP Aurigae (AP Aur) ค้นพบในปี ค.ศ.1911 โดย A.S. Williams และถูกอ้างว่าเป็นระบบดาวคู่ประเภทเบต้าไลรี (Beta Lyray) หลังจากนั้นในปี ค.ศ.1997 Lifang Li พร้อมคณะได้ทำการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ AP Aur ที่หอดูดาวยูนนาน (Yunnan Observatory) โดยเก็บข้อมูลจากการถ่ายภาพด้วยกล้อง CCD ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (Blue filter) และสีที่ตามองเห็น (Visible filter) พบว่ากราฟแสงของระบบดาวคู่ AP Aur เป็นประเภทดับเบิลยู เออร์ซาร์(W Uma) และเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน (Contract binary)(2)

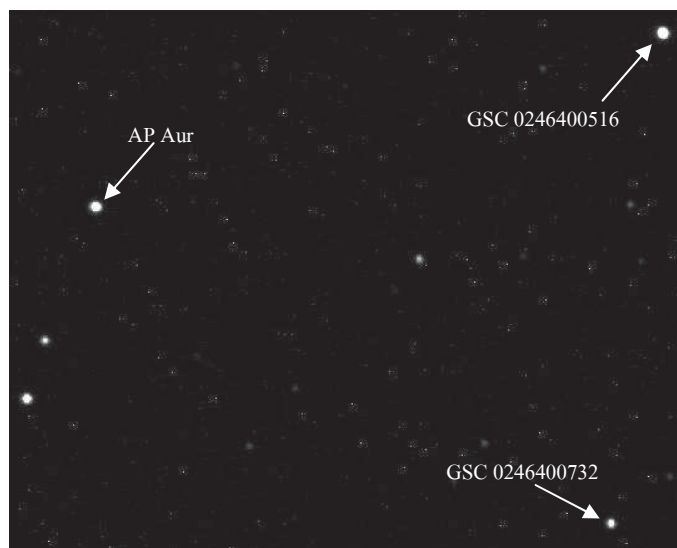
\* โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

การศึกษาระบบดาวคู่ AP Aur ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะกราฟแสงและคุณสมบัติทางกายภาพ ตลอดจนสร้างแบบจำลอง ของระบบดาวคู่ AP Aur

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ AP Aur ทำขึ้น ณ หอดูดาวสิริธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ซึ่งข้อมูลทั้งหมดเป็นข้อมูลภาพถ่าย โดยถ่ายด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(430 nm) และช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น(550 nm) โดยต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงชนิดรีฟlector ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร โดยใช้โปรแกรม TheSky6(3) ในการหาดำแหน่งของระบบดาว ภาพถ่ายและข้อมูลเบื้องต้นของระบบดาวคู่ AP Aur พร้อมดาวเปรียบเทียบ (Referent Star) ดาวตรวจสอบ(Check star) ดังแสดงในรูปที่ 1 และตารางที่ 1



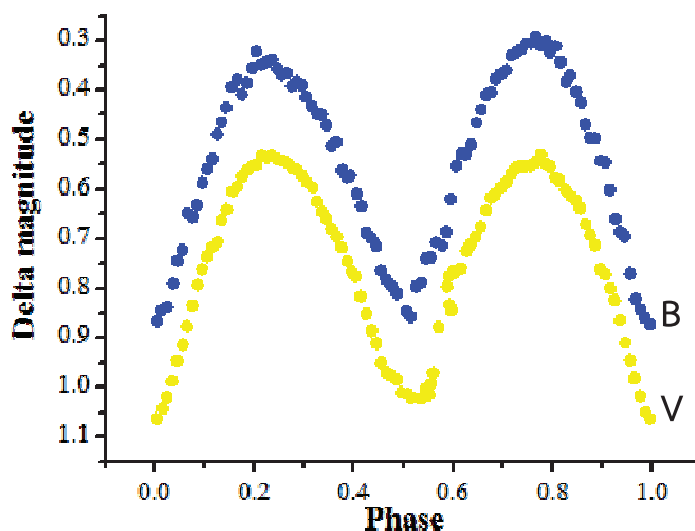
ภาพประกอบ 1 ภาพถ่ายระบบดาวคู่ AP Aur ดาวเปรียบเทียบ (Referent Star) และดาวตรวจสอบ (Check star)

ตาราง 1 ข้อมูลเบื้องต้นของระบบดาวคู่ AP Aur ดาวเปรียบเทียบ (Referent Star) และดาวตรวจสอบ (Check star)

ชื่อดาว	ตำแหน่ง		Mag. B	Mag. V
	RA(2000)	DEC(2000)		
AP Aur	110 <sup>o</sup> .959	+36 <sup>o</sup> .447	11.307	11.012
GSC 0246400516 (Check star)	110 <sup>o</sup> .840	+36 <sup>o</sup> .502	10.896	10.253
GSC 0246400732 (Referent Star)	110 <sup>o</sup> .828	+36 <sup>o</sup> .402	12.823	11.865

The NOMAD Catalog(3)

ภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกตการณ์ทั้งหมด 463 และ 537 ภาพ สำหรับแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน และช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น ตามลำดับ จากนั้นภาพทั้งหมดถูกนำมากำจัดสัญญาณรบกวน (Reduction Image) แล้ววัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม MaxIm DL(5) ค่าที่ได้คือความเข้มแสงกับเวลา หลังจากนั้นทำการเฉลี่ยค่าความเข้มแสงและเวลา ตลอดจนสร้างกราฟแสง ของระบบดาวคู่ AP Aur ดังรูปที่ 2



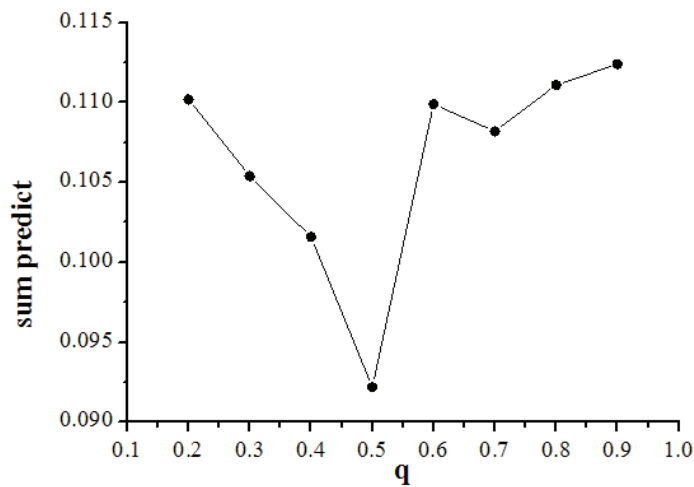
ภาพประกอบ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ AP Aur

หลังจากสร้างกราฟแสงแล้วก็วิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพด้วยโปรแกรม Wilson Dewiney(6) และสร้างแบบจำลองจากโปรแกรม Binary Maker 3.0(7) เพื่อจำแนกประเภทระบบดาวคู่ AP Aur

### ผลการวิจัย

กราฟแสงของระบบดาวคู่ที่ทำการเฉลี่ยค่าแล้วถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์โดยโปรแกรม Wilson Dewiney ซึ่งโปรแกรมจะสร้างกราฟแสงสังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ โดยการดำเนินการของโปรแกรม จะทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ (T) อัตราส่วนมวล ( $q = m_2/m_1$ ) มุมระหว่างเส้นตั้งฉากระนาบวงโคจรกับแนวเล็งจากโลก (i) ศักย์พื้นผิวของดาว ( $\Omega$ ) เป็นต้น โดยเริ่มจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ ได้แก่ อุณหภูมิของดาวปฐมภูมิ เท่ากับ 9016 K ( $T_1 = 9016$  K) ค่า GRAVITY DARKENING EXPONENT ของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ เท่ากับ 1.00 ( $g_1 = g_2 = 1.00$ ) ค่า BOLOMETRIC ALBEDO ของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ เท่ากับ 1.00 ( $A_1 = A_2 = 1.00$ ) ค่า LIMB DARKENING COEFFICIENT ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงินของดาวปฐมภูมิและทุติยภูมิ เท่ากับ 0.610 ( $X_{1B} = X_{2B} = 0.610$ ) และ LIMB DARKENING COEFFICIENT ในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นของดาวปฐมภูมิและทุติยภูมิ เท่ากับ 0.549 ( $X_{1V} = X_{2V} = 0.549$ )(2)

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ในโปรแกรม Wilson – Dewiney แล้วเลือกโหมดเป็นโหมด 3 (เป็นระบบดาวคู่แบบตะกั่ว) โดยเริ่มจากการกำหนดค่าอัตราส่วนมวลเป็นค่าคงที่เป็น 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 ตามลำดับ เพื่อหาค่าผลเฉลยที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่า sum predict ที่มีค่าน้อยที่สุด ดังรูปที่ 3



ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงค่า sum predict ในแต่ละอัตราส่วนมวล(q)

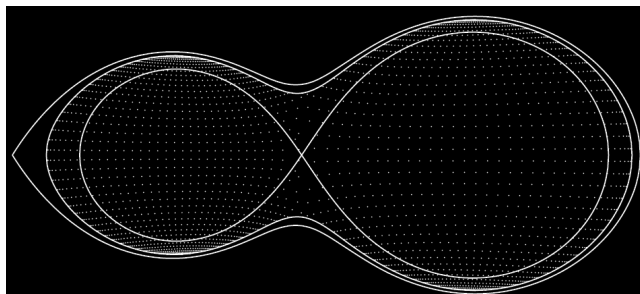
เมื่อได้ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของอัตราส่วนมวลแล้วทำการรันโปรแกรมอีกครั้งโดยกำหนดให้อัตราส่วนมวลเปลี่ยนค่าได้ ซึ่งผลที่ได้จะเป็นผลเฉลยที่ดีที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด

พารามิเตอร์	ผลเฉลยที่ดีที่สุด	
	ปฐมภูมิ	ทุติยภูมิ
$q (m_2 / m_1)$	0.4649 ± 0.0068	
$i(\text{degree})$	71.78 ± 0.5022	
$T(\text{K})$	9016*	9151 ± 0.0041
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.5845 ± 0.0174	
$\Omega_{in}$	2.8095	
$\Omega_{out}$	2.5291	
$f(\%)$	80.24%	
$A$	1.00*	1.00*
$g$	1.00*	1.00*
$r(\text{pole})$	0.4624 ± 0.0038	0.3393 ± 0.0051
$r(\text{side})$	0.5042 ± 0.0056	0.3630 ± 0.0069
$r(\text{back})$	0.5549 ± 0.0091	0.4538 ± 0.0237
$\Sigma \text{ input}$	0.0878	
$\Sigma \text{ predict}$	0.0876	

\* กำหนดเป็นค่าคงที่

จากชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจะถูกนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ในครั้งนี้ โดยการสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่จะใช้โปรแกรม Binary Maker3.0 ซึ่งแบบจำลองแสดง ดังรูปที่ 4



ภาพประกอบ 4 แบบจำลองระบบดาวคู่ AP Aur

### สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระบบดาวคู่ AP Aur สามารถจำแนกประเภทของระบบดาวคู่จากกราฟแสงที่สร้างขึ้นได้ว่าเป็นระบบดาวคู่ประเภทดับเบิลยู เออร์ซาร์ และจากการสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่พบว่า มีลักษณะเป็นระบบดาวคู่แบบตะก้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การแตะกัน (f) 80.24 %

### เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.

Lifang Li et al., "Photometric study of an A-type contact binary : AP Aurigae," The Astronomical Journal. Volume 121 : 1091-1097, February 2001.

TheSky6, Astronomy Software, Software Bisque, 2006.

Aladin Sky Atlas : [Online]. Available: <http://aladin.u-strasbg.fr/~>. [2012, April 2]

MaxIm DL CCD Imaging Software, 1997.

R.E. Wilson and W.Van Hamme, Computing Binary Star Observables, 2010.

David H. Bradstreet and David P. Steelman, Binary Maker 3, Contact Software, 2004.