บทความวิจัย

การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี

An Analysis of Structure and Evolution of a Binary System SV Tauri

ศราวุฒิ ชูโลก[1] นิคม ชูศิริ[2*] และ บุญรักษา สุนทรธรรม[3]

Sarawut Choolok[1], Nikom Chosiri[2*] and Boonrucksar Soonthornthum[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาโครงสร้างและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี จากการศึกษาพบว่าระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี เป็นระบบดาวคู่อุปราคา ประเภทอัลกอลมีคาบวงโคจร 2.16690510 วัน ทำการเก็บ ข้อมูลด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขนาด 0.4 เมตร ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชื่อมต่อกับกล้องซีซีดี ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟแสง และหาค่าเวลาที่แสงมีปริมาณน้อยที่สุดเพื่อนำมาสร้าง กราฟ O-C ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี มีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบลดลงอยู่ในช่วง 0.00249222 ถึง 0.00615869 วินาทีต่อปี เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และแบบจำลองระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี มีลักษณะเป็นแบบกึ่งแยกกัน และอาจจะมีวิวัฒนาการไปเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน

คำสำคัญ : ระบบดาวคู่อุปราคา ระบบดาวคู่แบบแตะกัน ระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี

---

[1] มหาบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

[2] รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

[3] รองศาสตราจารย์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

* โทรศัพท์ : 0817484122, email : nikom@tsu.ac.th

Thaksin.J., Vol.13 (3) October 2010 - January 2011

Abstract

The purpose of this research is to analyze of structure and evolution of a binary system SV Tauri. SV Tauri (SV Tau) is an algol type eclipsing binary system which has an orbital period of 2.16690510 days. Observations were done at Princess Sirindhorn Observatory,Chiang Mai University using a 0.4-meter reflecting telescope mounted with CCD photometric system in B, V and R bands during December 2009 and January 2010 . The data obtained were used to construct the light curve for each wavelength band and to compute times of its light minima. The values obtained were used with the previously published times of minima to get O–C curve of SV Tau. The result reveals that the orbital period of SV Tau is continuously decreased at rate of 0.00249222 sec/year to 0.00615869 sec/year. From the analysis of physical parameters and model, it was found that SV Tau has a semi-deta ched characteristic. This would lead to a better understanding on the evolution of SV Tau to a contact binary system.

Keywords: Eclipsing Binary System, Contact Binary System, a Binary System SV Tauri

คำนำ

เอสวี ทอรี (SV Tauri) (*BD*+28°921, *HD*24851) เป็นดาวคู่อุปราคาซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดาวประเภท Algol มีคาบการโคจร 2.16690510 วัน ค่าความสว่างสูงสุดของดาว (magnitude)เท่ากับ 9.7 ซึ่งจัดเป็นดาวคู่อุปราคา มีการค้นพบการเปลี่ยนแปลงของดาวดวงนี้เป็นครั้งแรกในปี 1908 โดย Enebo [1] และ Shaplay [2] ได้นำผลการศึกษาของ Enebo มาทำการศึกษาเพิ่มเติมซึ่งในเบื้องต้นได้รับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการโคจรของดาวดวงนี้เท่านั้น จนกระทั่ง Lassovszky[3] ได้ทำการศึกษาระบบของดาวดวงนี้ในระหว่างปี 1930-1936 และได้รายงานผลการศึกษาถึงโครงสร้างของดาวดวงนี้มีการเปลี่ยนแปลงและมีความสว่างของดาวปฐมภูมิเป็น 1.09 และความสว่างของดาวทุติยภูมิเป็น 1.15 จากผลการศึกษาดาว เอสวี ทอรี ของ Koshkina[4] โดยใช้วิธีโฟโตอิเล็กทริก (Photo electric Method) และได้รายงานผลของความสว่างของดาวปฐมภูมิเป็น 1.15 และค่าความสว่างของดาวทุติยภูมิเป็น 0.16

Walker[5] ได้ทำการศึกษาโดยใช้เทคนิคโฟโตอิเล็กทริกในระหว่างปี 1981-1988 โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 0.4 เมตร No.4 ของ KPNO ร่วมกับกล้องโทรทัศน์สะท้อนแสงขนาด 1 เมตร ณ หอดูดาว USNO Flagstaff พบว่ากราฟแสงที่ได้มีค่าสอดคล้องกับการศึกษาโดยใช้เทคนิควิธี WINK และ SIMPLEX Algorithm และได้จัดให้ดาวคู่ เอสวี ทอรีเป็นส่วนหนึ่งของดาวคู่ประเภทอัลกอล เมื่อวิเคราะห์ผลจากภาพถ่าย แสดงให้เห็นว่าวงโคจรของดาวคู่ เอส วี ทอรีมีโคจรที่เป็นวงกลม และค่าความสว่างของดาวดวงนี้อยู่ในประเภท B9V สำหรับดาวปฐมภูมิ และ G5IV สำหรับดาวทุติยภูมิ

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี ด้วยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งใช้กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงชมิดท์ - แคสสิเกรน (Schmidt Cassegrain) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร ต่อเข้าด้วยซีซีดีโฟโตมิเตอร์ SBIG ST10–XME ที่มีความละเอียด 2184 x 1471 พิกเซล ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) ในระบบมาตรฐานยูบีวี (UBV System) และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสงเพื่อหาเวลาที่ปริมาณแสงน้อยที่สุด นำเวลาที่ปริมาณแสงน้อยที่สุดที่ได้รวมไว้นี้กับข้อมูลในอดีตมาสร้างแผนภาพ O-C ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ผลที่มีต่อโครงสร้างของดาวเอสวี ทอรี และสร้างแบบจำลองของดาวคู่ เอสวี ทอรี เพื่อ

วิเคราะห์การวิวัฒนาการของดาวคู่ เอสวี ทอรี ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยระบบดาวคู่อัลกอล เอสวี ทอรี (SV Tauri) เป็นการศึกษาระบบดาวคู่อุปราคา ซึ่งระบบดาวคู่นี้อยู่ในกลุ่มดาววัว (Taurus) การเก็บข้อมูลทางแสงโดยอาศัยวิธีการถ่ายภาพด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตรต่อเข้ากับซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ตำแหน่งละติจูด $18^{0}\,47'\,23.3''$ องศาเหนือ ตำแหน่งลองจิจูด $98^{0}\,55'\,17.03''$ องศาตะวันออก เก็บข้อมูลทางแสงในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ.2553 จำนวน 23 คืน การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ เอส วี ทอรี มีเครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัยหลักๆ 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นตอนการเก็บข้อมูล เป็นการเตรียมอุปกรณ์กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง Meade LX 200 ชมิดส์ แคสสิแกรนด์ ต่อเข้ากับกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ รุ่น SBIG ST10-XME พร้อมทั้ง ติดตั้งโปรแกรม The Sky 6 เข้ากับกล้องโทรทรรศน์ ทำการถ่ายภาพ Bias, Flash และ Dark ผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B), สีเหลือง (V) และสีแดง (R) ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดช่วงเวลาถ่ายภาพผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) เท่ากับ 80 วินาที สีเหลือง (V) เท่ากับ 40 วินาที และสีแดง (R) เท่ากับ 20 วินาที

(2) อุปกรณ์และเครื่องมือการเก็บข้อมูลทางแสงหรือ ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ ระบบดาวคู่ เอส วี ทอรี เป็นกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ยี่ห้อ Meade LX 200 ชมิดส์ แคสสิแกรนด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร ติดตั้งบนฐานกล้องระบบเส้นศูนย์สูตร (equatorial system) และติดตั้งระบบมอเตอร์ตามดาวแบบอัตโนมัติ นอกจากนี้มีระบบตรวจวัด เป็นกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ รุ่น SBIG ST10-XME มีความละเอียด 2184 x 1471 พิกเซล ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทางแสงผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) ตามระบบมาตรฐานยูวีบี (UVB system)

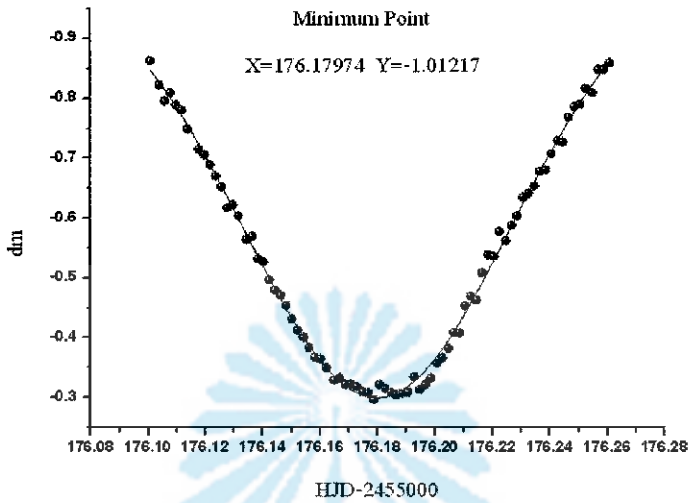
(3) การวิเคราะห์ นำข้อมูลที่ได้ไปทำการรีดักชันภาพ (image reduction) ทำการวัดแสงด้วยเทคนิควิธีดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรี (differential photometry) ใช้โปรแกรมวิลสัน – เดวินนี คำนวณค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของวงโคจร ได้แก่ คาบการโคจรของระบบดาวคู่ อัตราส่วนมวล มุมเอียงของระนาบวงโคจร การสะท้อนแสงที่ผิวดาว (bolometric albedo) อุณหภูมิยังผลเอกโพเนนต์ของการมืดคล้ำเนื่องจากความโน้นถ่วง (gravity darkening exponent) ค่าความมืดคล้ำที่ขอบดวง (limb darkening) และกำลังการส่องสว่าง นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสงสังเคราะห์ (synthetic light curve) และสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อัลกอล เอส วี ทอรี ในรูปกราฟฟิก (graphic image) ด้วยโปรแกรม Binary Maker 3.0 โดยการนำผลการคำนวณผลเฉลยที่ดีที่สุดขององค์ประกอบวงโคจรและสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อัลกอล เอส วี ทอรีมาคำนวณ ได้พารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 1

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

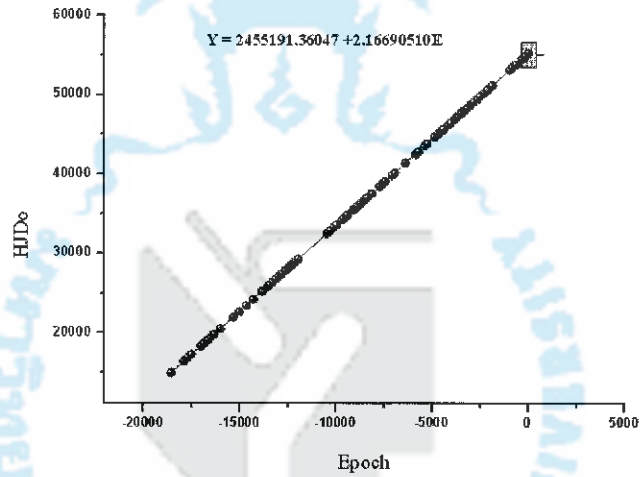
จากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่อุปราคาประเภทอัลกอล เอสวี ทอรี ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดงสามารถนำกราฟแสงมาวิเคราะห์หาค่าเวลาที่ปริมาณแสง น้อยที่สุด โดยพิจารณาค่าต่ำสุดของกราฟแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่น สีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง สามารถนำมาสร้างกราฟแสงและทำการวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด ดังภาพที่ 1

ผู้วิจัยได้หาค่า Linear ephemeris ใหม่ โดยการรวบรวมเวลาที่ปริมาณแสงน้อยที่สุดในอดีตรวมกับเวลาที่ปริมาณแสงน้อยที่สุดในงานวิจัยนี้และเขียนกราฟระหว่าง HJD_0 กับ Epoch ที่มีผู้ทำไว้ในอดีต ได้กราฟดังภาพที่ 2 และได้ค่า Linear ephemeris ใหม่ คือ

$$\text{Min I} = 2455191.36047+2.16690510E \qquad (1)$$



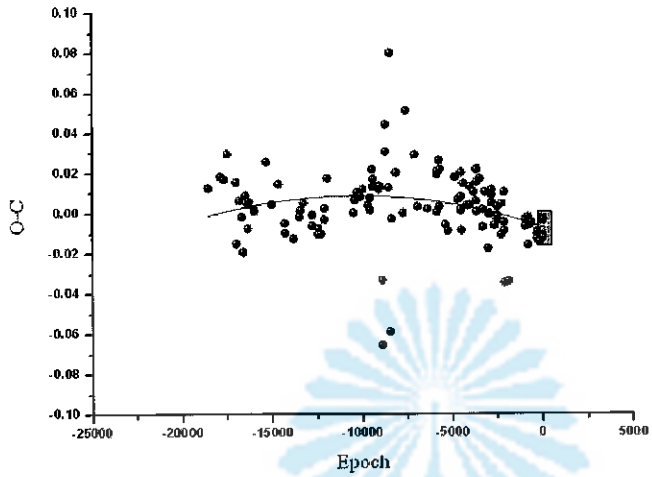
ภาพที่ 1 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุด



ภาพที่ 2 กราฟระหว่าง HJD กับ Epoch ที่แสงน้อยที่สุด
(ข้อมูลในกรอบสี่เหลี่ยมคือข้อมูลของผู้วิจัย)

จากเวลาที่ปริมาณแสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์(O) ตั้งแต่อดีตรวมกับงานวิจัยนี้ นำมาคำนวณหาค่า E จากสมการที่ (1) และหาผลต่างของเวลาที่ปริมาณแสงน้อยที่สุด (O-C) จากสมการที่ (2) มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง O-C กับ Epoch ได้กราฟดังภาพที่ 3

เมื่อคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของคาบวงโคจรที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยแผนภาพ O-C พบว่าคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี มีการลดลงในช่วง



ภาพที่ 3 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ เอส วี ทอรี
(ข้อมูลในกรอบสี่เหลี่ยมคือข้อมูลของผู้วิจัย)

$$O\text{-}C = (-1.485040 \pm 0.629397)\times10^{-10}E^2 + (2.03507 \pm 1.134)\times10^{-6}E + (67.9 \pm 3.98)\times10^{-4} \qquad (2)$$

อัตรา 0.00249222 วินาทีต่อปี ถึง 0.00615869 วินาทีต่อปี และในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ เอส วี ทอรี ด้วยโปรแกรมวิลสัน – เดวินนี ทำการวิเคราะห์หาผลเฉลยที่ดีที่สุดประกอบด้วยชุดพารามิเตอร์ต่างๆ ตามตารางที่ 1

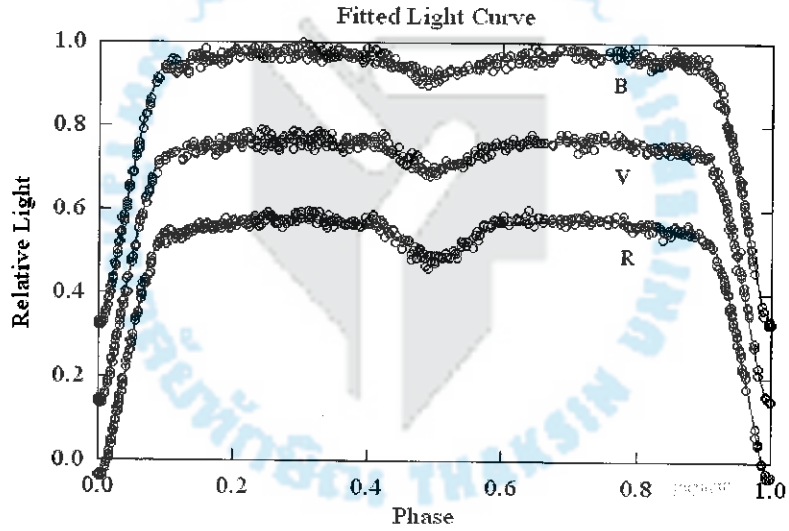
ใช้โปรแกรมนี้สร้างข้อมูลกราฟแสงสังเคราะห์จากชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด เปรียบเทียบกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์สำหรับความยาวคลื่นสีน้ำเงิน

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดในระบบดาวคู่เอสวี ทอรี จากโปรแกรม วิลสัน – เดวินนี

พารามิเตอร์	ผลเฉลยที่ดีที่สุด	
	ปฐมภูมิ	ทุติยภูมิ
$q\ (=m_2/m_1)$	0.338050±0.002368	
i(degree)	82.38 ±0.080801	
T(K)	11000	5693 ±0.002937
Ω_{in}	2.279164	
Ω_{out}	3.825224±0.0142537	
$L_{1B}/(L_{1B}+L_{2B})$	11.72477	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ผลเฉลยที่ดีที่สุด	
	ปฐมภูมิ	ทุติยภูมิ
$L_{1V}/(L_{1V}+L_{2V})$	11.34261	
$L_{1R}/(L_{1R}+L_{2R})$	10.99783	
A	1	0.5
g	1	0.5
r (pole)	0.285962±0.078075	0.269815±0.218993
r (side)	0.290623±0.086888	0.281059±0.231395
r (back)	0.293797±0.100384	0.313781±0.231275
Sum Square Residual for input values	0.225157	
Sum Square Residual predicted	0.225103	



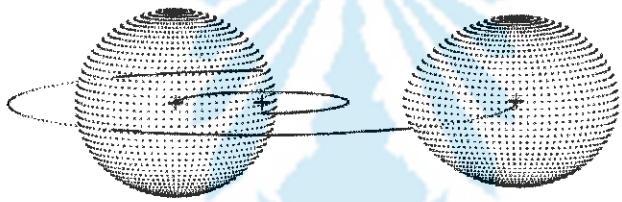
ภาพที่ 4 กราฟแสงสังเคราะห์ (เส้นทึบสีแดง) กับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง(R) จากโปรแกรมวิลสัน-เดวินนี

สีเหลือง และสีแดง ตามลำดับ ดังภาพที่ 4

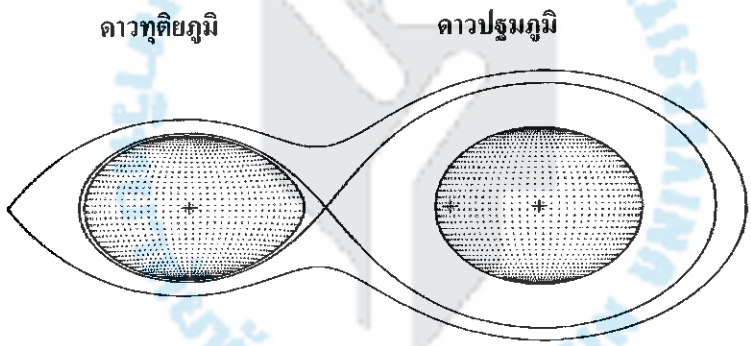
จะเห็นว่ากราฟแสงสังเคราะห์มีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว จึงน่าจะเป็นพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี

เมื่อนำข้อมูลจากชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดเหล่านี้มาสร้างแบบจำลองลักษณะของระบบดาวคู่เอสวีทอรีและแบบจำลอง Surface Potential โดยใช้โปรแกรม Binary Maker 3.0 ก็ได้ดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแบบจำลองของระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี พบว่ามีจุดศูนย์กลางมวลอยู่บริเวณผิวของดาวปฐมภูมิ ซึ่งดาวปฐมภูมิมีขนาดใหญ่กว่าดาวทุติยภูมิเล็กน้อย ดาวทุติยภูมิมีขนาดใกล้เคียงผิวห่อหุ้มของโรช อาจมีการถ่ายเทมวลจากดาวทุติยภูมิไปดาวปฐมภูมิ พบว่าดาวสมาชิกแต่ละดวงมีลักษณะเป็นทรงกลม และจำแนกระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี เป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน



ภาพที่ 5 แบบจำลองของระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี จากโปรแกรม Binary Maker 3.0



ภาพที่ 6 แบบจำลอง Surface Potential ของระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี จากโปรแกรม Binary Maker 3.0

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี (SV Tauri) ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553 สามารถคำนวณหาคาบการโคจรได้ 2.16690510 วัน และจากแผนภาพ O-C พบว่าคาบของวงโคจรลดลงอยู่ระหว่าง 0.00249222 ถึง 0.00615869 วินาทีต่อปี ซึ่งอาจเกิดจากการถ่ายเทมวลในระบบดาวส่งผลให้เกิดการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุม และระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี อาจวิวัฒนาการไปเป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน และหลอมรวมเป็นดาวเดี่ยวได้ตามทฤษฎีการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ เมื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิลสัน – เดวินนี ได้กราฟแสงสังเคราะห์ที่สอดคล้องกับการสังเกตการณ์เป็นอย่างดี และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี ด้วยโปรแกรม Binary Maker 3.0 พบว่าระบบดาวคู่ เอสวี ทอรี มีลักษณะเป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือการทำวิจัยและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลตลอดมา และสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Enebo, S. (1908). On the period and light curve of variable star. **Astronomic Nacchrichten. 184,** 255.

[2] Shapley, H. (1913). The orbits of eighty-seven eclipse binary a summary. **Astrophys Journal. 38,** 158.

[3] Lassovszky, C. (1930-1938). Period and Light Curve of SV Tauri. **Astronomical. 227,** 1-7.

[4] Koskina, L.N. (1961). A study of the Eclipsing Binary SV Tauri. **Perem Zvezdy. 13**, 142.

[5] Walker, R.L. (1980). An Analysis of Eclipsing Binary SV Tauri. **Ass Meeting. 22,**129.