

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลเฉลยของระบบดาวคู่ GR Tau

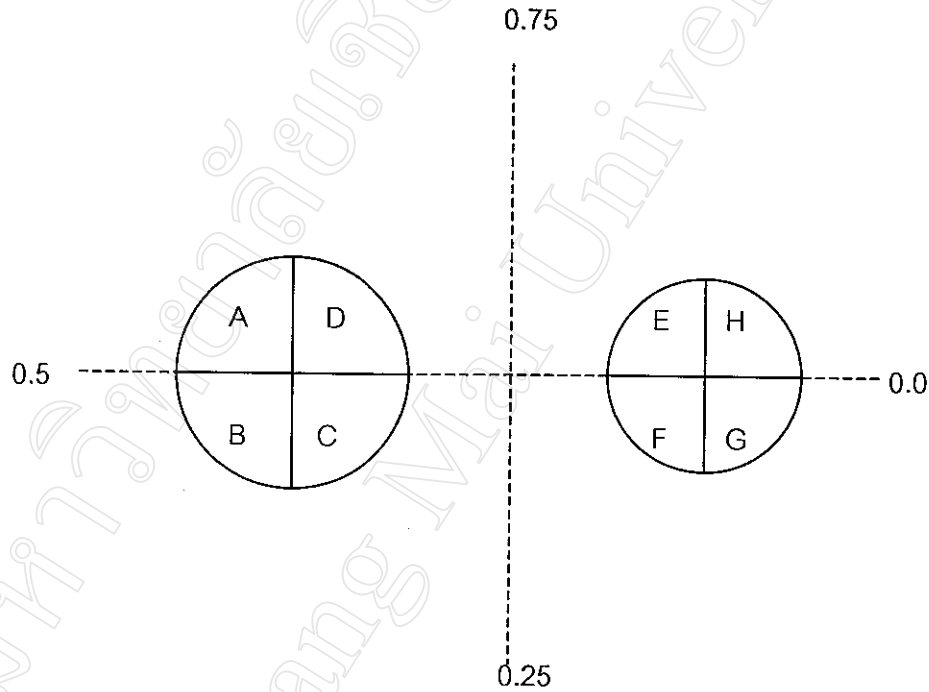
Yamasaki และคณะได้ทำการสังเกตดาวคู่ GR Tauri เมื่อปี ค.ศ.1981 ด้วยวิธีการโฟโตอิเล็กทริก และ สเปกโตรโคปิก (Photoelectric and Spectroscopic) ผ่านแผ่นกรองแสง B และ V ได้ผลสรุปว่า ดาวปฐมภูมิมีสเปกตรัมชนิด A5V และได้คาบของการบังกัน P เท่ากับ 0.4298525 วัน กราฟแสงที่วัดได้มีความไม่สมมาตร (Asymmetric Light Curve) เนื่องจากมีความแตกต่างของความสว่างที่เฟสต่างๆ $\Delta = \text{mag}(p) - \text{mag}(1-p)$ เมื่อ p คือ เฟส ซึ่ง $0.5 < p < 1.0$ จากการสังเกตการณ์โดยวิธีสเปกโตรโคปิก กราฟความเร็ว (Radial Velocity Curve) ได้ความเร็วของการวนรอบเฉลี่ยประมาณ 61.0 kms^{-1} มีค่าฟังก์ชันของมวล (Mass function) เท่ากับ $0.0101 M_{\odot}$ และ $a_1 \sin i$ เท่ากับ $0.361 \times 10^6 \text{ km}$ จากการวิเคราะห์โดยหาค่า $(O-C)^2$ ที่น้อยที่สุด ได้ค่าสัดส่วนมวล $q = 0.32$ แต่การคำนวณจากฟังก์ชันของมวลได้สัดส่วนมวลเท่ากับ 0.20 ทั้งสองค่าสัดส่วนมวลวิเคราะห์กราฟแสงพบว่า ดาวสมาชิกทั้งสองดวงมีขนาดเล็กกว่าพื้นผิวของโรซซ์ แต่ดาวปฐมภูมิมีขนาดใกล้เคียงพื้นผิวของโรซซ์ จากสมบัติทางกายภาพวิเคราะห์ได้ว่าเป็น กราฟแสงที่ไม่สมมาตรของระบบดาวคู่ประเภท Non-contact System

Lazaro และ คณะได้ทำการสังเกตการณ์ดาวคู่ GR Tauri ในปี ค.ศ.1992 กราฟแสงบ่งชี้ได้เป็นดาวคู่แบบไม่ติดกัน (Non-Contact Binaries) และมีคาบสั้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟแสงที่ความยาวคลื่น B,V,J และ K พบว่า เป็นดาวคู่แบบใกล้ชิดติดกัน ผลได้ว่าชนิดของสเปกตรัมของดาวปฐมภูมิ เป็นแบบ A9V อุณหภูมิสัมฤทธิ์ $T_{\text{eff}} \approx 7250\text{-}7500 \text{ K}$ สำหรับดาวปฐมภูมิ กราฟแสงที่ได้จากการสังเกตเป็นแบบสมมาตร แบบจำลองที่ได้ขนาดของดาวปฐมภูมิเกือบเต็มพื้นผิวของโรซซ์ ในขณะที่ดาวทุติยภูมิเต็มพื้นผิวของโรซซ์ มีความคล้ายคลึงกับดาวคู่ใกล้ชิดติดกัน ชนิด FO Vir

จากการพล็อตข้อมูลที่ได้จากการสังเกตได้กราฟแสงดังรูป จะเห็นได้ว่ากราฟแสงมีความไม่สมมาตรจากความสว่างสูงสุด ณ เฟส 0.25 สว่างกว่าความสว่างสูงสุด ณ เฟส 0.75 ได้ผลต่างโชติมาตรประมาณ 0.03 และจากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆโดยโปรแกรมวิลสัน-เดวีนี ได้แบบจำลองที่มีค่าพารามิเตอร์ใกล้เคียงกัน สองแบบจำลอง แบบจำลองที่หนึ่งเป็นดาวคู่ประเภทติดกัน แบบจำลองที่สองเป็นดาวคู่ประเภทกึ่งติดกัน มีดาวปฐมภูมิเต็มพื้นผิวของโรซซ์ และดาว

หุติยภูมิใกล้เคียงเต็มพื้นผิวของโรซซ์ ดาวทั้งสองดวงมีอุณหภูมิค่อนข้างต่างกัน อุณหภูมิดาวปฐมภูมิประมาณ 7500 K อุณหภูมิดาวหุติยภูมิประมาณ 4675 K ได้ค่ามุมเอียงประมาณ 83.77° ค่าอัตราส่วนมวลเท่ากับ 0.25919 ทั้งสองแบบจำลองนำค่าพารามิเตอร์มาพล็อตกราฟแสงได้กราฟแสงดังรูปที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

เป็นที่น่าแปลกใจว่าด้วยเหตุผลใด ความสว่างสูงสุด ณ เฟส 0.25 มีค่ามากกว่าความสว่างสูงสุด ณ เฟส 0.75 จากสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ เสนอด้วยแบบจำลองง่ายๆ โดยมีการสมมติให้ดาวทั้งสองดวงเป็นทรงกลม และมีการโคจรแบบ Synchronous ดังรูป 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงแบบจำลองการแบ่งผิวดาวเพื่อพิจารณาออกเป็นส่วนๆ

จากรูป จะเห็นได้ว่า

$$I_{phase\ 0} = F_{DC} (\pi R_1^2 - \pi R_2^2) + F_{HG} \pi R_2^2 \quad (5.1)$$

$$I_{phase\ 0.25} = F_{BC} \pi R_1^2 + F_{FG} \pi R_2^2 \quad (5.2)$$

$$I_{phase\ 0.5} = F_{AB} \pi R_1^2 \quad (5.3)$$

$$I_{phase\ 0.75} = F_{AD} \pi R_1^2 + F_{EH} \pi R_2^2 \quad (5.4)$$

จากกราฟแสงจะเห็นได้ว่า ที่เฟส 0.25 ค่าความหนาแน่นฟลักซ์จะมีค่าสูงกว่าที่เฟส 0.75 ดังนั้น

$$I_{\text{phase } 0.25} > I_{\text{phase } 0.75} \quad (5.5)$$

$$I_{\text{phase } 0.25} - I_{\text{phase } 0.75} > 0 \quad (5.6)$$

$$(F_{BC} - F_{AD})\pi R_1^2 + (F_{FG} - F_{EH})\pi R_2^2 > 0 \quad (5.7)$$

เนื่องด้วยฟลักซ์ของดาวพฤหัสบดี มีผลน้อยสำหรับกราฟแสง ดังนั้น F_{FG} จะประมาณ F_{EH} เพราะฉะนั้นได้ว่า $F_{BC} > F_{AD}$ จากสมการด้านบนทำให้เราสามารถวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ว่าฟลักซ์ด้าน BC มากกว่าด้าน AD อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งทางกายภาพของดาว

อีกสาเหตุที่อาจจะทำให้เกิดกราฟแสงแบบไม่สมมาตรก็คือ เกิดการถ่ายเทมวลสาร หรือที่เรียกว่า Mass Transfer จากดาวปฐมภูมิลงไปยังคู่สมมาตรอีกดวงหนึ่ง ทำให้เกิดการชนระหว่างมวลสารที่ถูกถ่ายเทกับชั้นบรรยากาศของดาวคู่สมมาตรนั้น ส่งผลทำให้เกิดจุดสว่างขึ้นมาบนชั้นบรรยากาศของดาว จึงสามารถตรวจวัดปริมาณฟลักซ์ที่สูงกว่าปกติ

แต่ด้วยทั้งสองเหตุผลยังไม่สามารถรู้ได้ว่าเพราะเหตุใด ฟลักซ์ด้าน BC ถึงเข้มกว่าด้าน AD และทำไมเมื่อมีการถ่ายเทมวลลงสู่ชั้นบรรยากาศของดาว ถึงมีฟลักซ์เข้มด้าน FG มากกว่าด้าน EH เนื่องด้วยที่เฟส 0.25 วัดความสว่างได้มากกว่า ที่เฟส 0.75 ซึ่งดาวคู่แบบใกล้เคียงกันนั้นมีอยู่สองประเภทคือ V1010 Oph และ F0 Vir ดาวประเภท V1010 Oph นั้นมีกราฟแสงไม่สมมาตรและความสว่างที่เฟส 0.25 สูงกว่าความสว่าง ที่เฟส 0.75 ส่วนดาวประเภท F0 Vir กราฟแสงมีความสมมาตร ดังนั้นยังเป็นที่ไม่กระจ่างในการอธิบายว่าทำไมฟลักซ์ด้าน FG ถึงเข้มกว่าฟลักซ์ด้าน EH

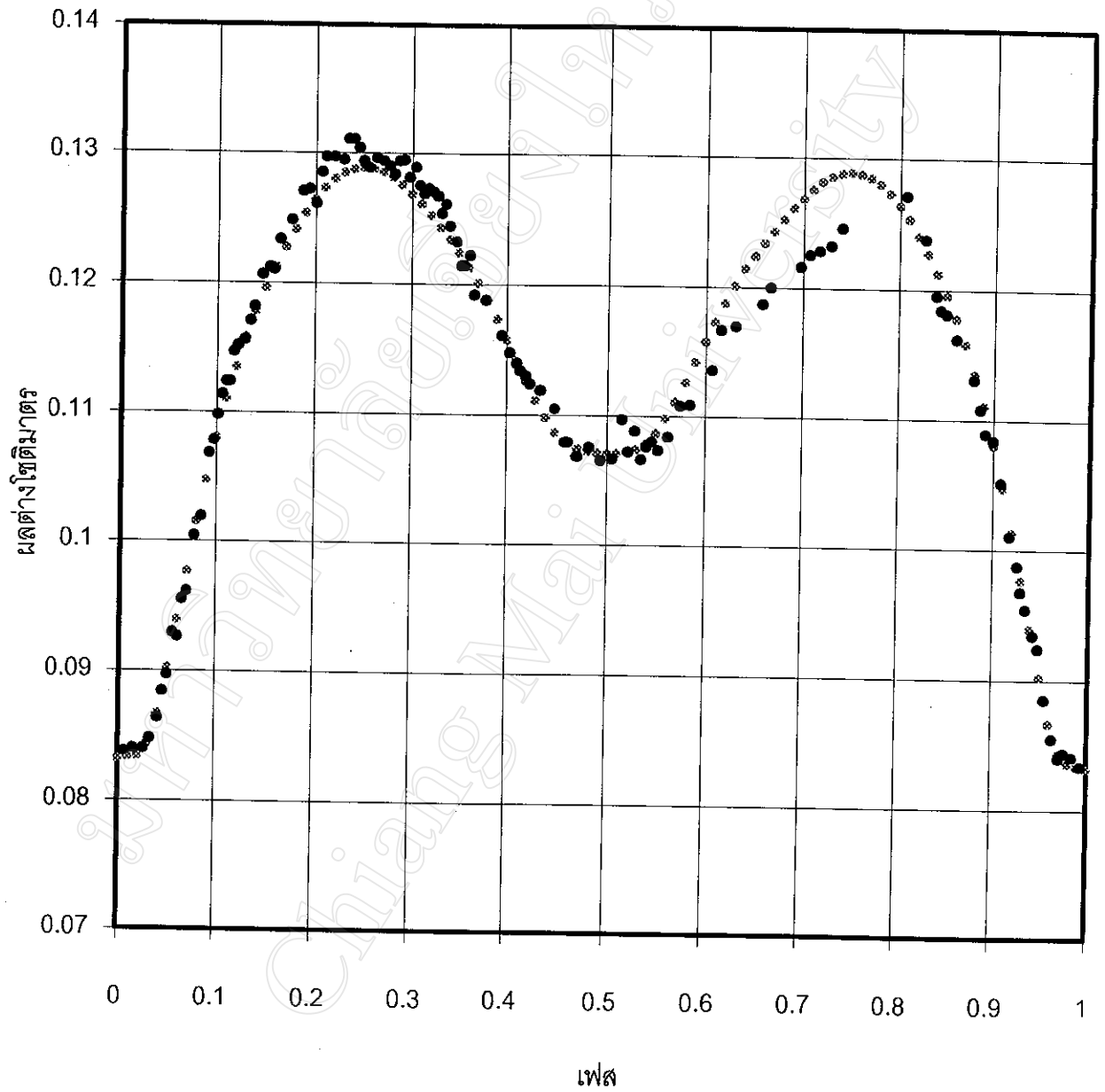
ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบ ผลต่างโชติมาตร ที่เฟสต่างๆของแต่ละกลุ่มสังเกตการณ์

V(0.75) - V(0.00)	V(0.75) - V(0.50)	V(0.25) - V(0.75)	Year	Observer
0.46	0.17	0.03	1980	Yamasaki et al. (1984)
0.37	0.13	~0.03	1989	Hanzl (1990)
0.39	0.13	0.00	1992	Lazaro et al. (1995)
0.48	0.17	0.05	1993	Fang et al. (1994)

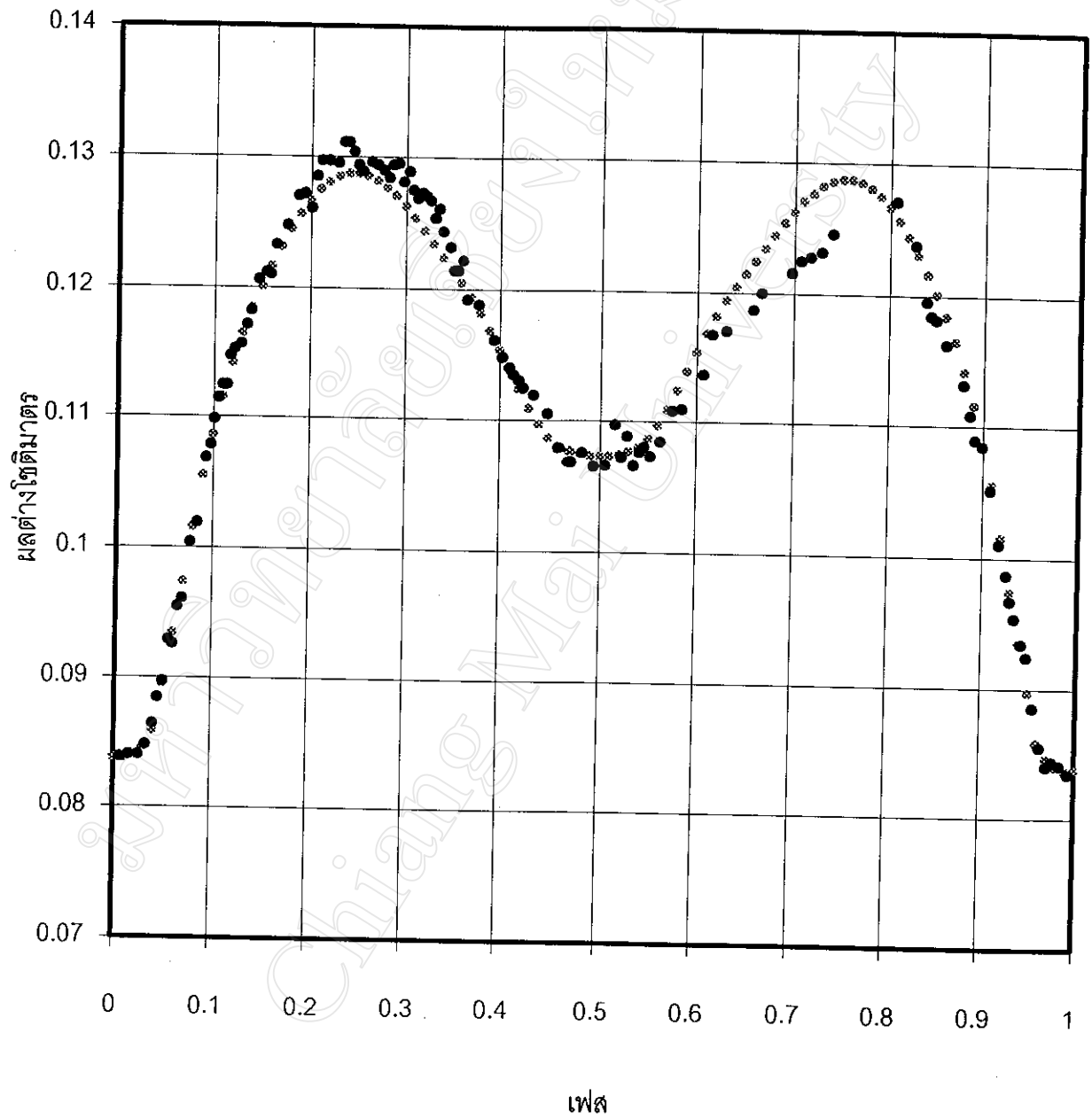
จากรายงานผลงานวิจัยของกลุ่ม Lazaro นั้นมีข้อสังเกตดังตารางข้างบนนี้ พิจารณาตารางข้างบน เห็นว่าที่ $V(0.25)$ - $V(0.75)$ ได้แสดงค่าให้เห็นว่าความสว่างสูงสุดมีค่าไม่เท่ากัน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า กลุ่มของ Yamasaki และ Hanzl ได้สังเกตทางแสงในปี ค.ศ.1980 และ ค.ศ.1989 ตามลำดับ กราฟแสงมีความไม่สมมาตร เมื่อกลุ่มของ Lazaro สังเกตทางแสงในปี ค.ศ.1992 ได้กราฟแสงมีความสมมาตร และเมื่อกลุ่มของ Fang สังเกตทางแสงในปี ค.ศ.1993 ได้กราฟแสงมีความไม่สมมาตร และจากข้อมูลกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตที่หอสังเกตการณ์ยูเนียนในปี ค.ศ.1995 ได้กราฟแสงที่มีความไม่สมมาตร เป็นที่น่าแปลกว่า เพราะเหตุใดกราฟแสงจึงมีความไม่สมมาตร และสมมาตร สลับกันไปมา เนื่องด้วยข้อมูลของกลุ่ม Lazaro สังเกตการณ์ที่หลายความยาวคลื่น จึงมีความเชื่อถือค่อนข้างสูง และข้อมูลของการทำงานของหลายกลุ่มได้กราฟแสงแบบไม่สมมาตร กระบวนการอธิบายปรากฏการณ์ส่วนนี้ยังคงคลุมเครือ แต่อาจเกิดจากปรากฏการณ์การถ่ายเทมวลสารไม่ปรากฏในช่วงเวลาของการสังเกตการณ์ของกลุ่ม Lazaro แต่ด้วยแบบจำลองของกลุ่ม Lazaro นั้น ดาวพฤหัสบดีมีขนาดโตเต็มพื้นผิวของโรซ

จากการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ดังกล่าว อาจเกิดจาก ก่อนช่วงเวลาที่กลุ่มทำงานของ Lazaro ได้สังเกตการณ์นั้น ดาวพฤหัสบดีได้มีวิวัฒนาการมาตามลำดับ และชั้นบรรยากาศของดาวได้ขยายตัวล้นพื้นผิววิกฤตของโรซ (Critical Potential Surface) มวลสารถูกถ่ายเทสู่ดาวสมาชิกเกิดอันตรกิริยาระหว่างชั้นบรรยากาศของดาวกับมวลสารที่ถ่ายเทไป ทำให้เกิดจุดสว่างบนชั้นบรรยากาศ เมื่อเวลาผ่านไปกระบวนการถ่ายเทมวลอาจหยุดลงชั่วคราวเนื่องจากเสียมวลแก่คู่สมาชิกมาก มวลสารที่ถ่ายเทไปยังคู่สมาชิกได้มีจำนวนมากขึ้นตามลำดับ ส่งผลทำให้ขนาดมวลของดาวคู่สมาชิก หรือดาวพฤหัสบดีนั้น มีมวลมากกว่าวิวัฒนาการตามปกติ และมีชั้นบรรยากาศที่โตเต็มพื้นผิวของโรซ ในขณะที่ดาวพฤหัสบดีมีขนาดล้นพื้นผิวของโรซ อาจเป็นช่วงเวลาที่กลุ่มทำงานของ Lazaro ได้สังเกตการณ์นั่นเอง

ถึงอย่างไรสมบัติและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ใกล้ติดกันเช่น GR Tau ยังคงไม่กระจ่างทั้งหมด ยังคงต้องรอข้อมูลและทำการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงรวมถึงวิวัฒนาการความเป็นไปของดาวต่อไป



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ ระหว่างกราฟแสงสังเกตการณ์
กับ กราฟแสงจากการคำนวณ ของแบบจำลอง ดาวคู่ประเภทติดกัน



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ ระหว่าง กราฟแสงสังเกตการณ์
กับ กราฟแสงจากการคำนวณ ของแบบจำลอง ดาวคู่ประเภทกึ่งติดกัน