การศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b
Study on the Orbital Period and Radius of WASP-10b Exoplanet

ทิตลา พรแสน[1*], สุมินทร์ญา เจือเงิน[1], พัฒนพงษ์ จำรัสประเสริฐ[1], ธนวัฒน์ รังสูงเนิน[1]
และ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม[2]
Titala Pornsan[1*], Suminya Chueangoen[1], Patthanapong Jumrusprasert[1],
Thanawat Rangsungnoen[1] and Smanchan Chandaiam[2]

Received: 9 September 2022 ; **Revised**: 14 November 2022 ; **Accepted**:14 December 2022

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b โดยใช้วิธีทรานซิทและวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการใช้เทคนิคโฟโตเมตรี ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายโดยใช้กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ทำการบันทึกภาพถ่ายผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีที่ตามองเห็น (V) ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษานครราชสีมา โดยเก็บข้อมูลในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ระหว่างเวลา 20.00 น. ถึง วันที่ 17พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 เวลา 00.00 น. และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม AstroImageJ จากการวิเคราะห์กราฟแสงของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b เพื่อหาคาบการโคจรและรัศมี พบว่าดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b มีคาบการโคจร 2.925 วัน และมีค่ารัศมี 1.41 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี เมื่อเปรียบเทียบค่าจากพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรม AstroImageJ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณของผู้วิจัยและผลการวิจัยของ Yves Jongen ที่ศึกษาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b ในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ ทรานซิท รัศมี คาบการโคจร

Abstract
The purpose of this research was to determine orbital period and radius of the WASP-10b exoplanet by using photometry method and Analyze the data via AstroimageJ program. Visible(V) – filter was attached to the 0.7 meterreflecting telescope at Regional Observatory for the Public, Nakhon Ratchasima. Data were collected on from 08.00 pm om 16th November , 2020 to 00.00 pm om 17th November , 2020. From the analyzed light curves, the orbital period of WASP-10b exoplanet was 2.925 days and the radius was 1.41 Jupiter radius(R_{jup}). The results of this research arewith the former researcher works.

Keywords: Exoplanet, Transit, Radius, Orbital period

[1] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[2] หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา
[1] Physics and General Science Department Faculty of Science and Technology Nakhonratchasima Rajabhat University
[2] National Astronomical Research Institute of Thailand, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation
* Corresponding author Titala Pornsan E-mail: Titalapornsan@gmail.com

บทนำ

ดาราศาสตร์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ที่เข้ามามีประโยชน์ในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น จึงทำให้เป็นที่สนใจในกลุ่มนักดาราศาสตร์ (กฤตพล ทองจรัส, ออนไลน์, 2563) ปัจจุบันดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะเป็นวัตถุท้องฟ้าที่นักดาราศาสตร์ให้ความสนใจและศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องในอนาคต

ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b เป็นดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่ค้นพบในปี ค.ศ. 2008 ด้วยกล้องโทรทรรศน์ Super WASP ในโครงการ Wide Angle Search for Planets (WASP) ด้วยวิธีทรานซิท จัดเป็นดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะประเภทดาวพฤหัสบดีร้อน WASP-10b มีมวลประมาณ 3 เท่าของดาวพฤหัสบดี (Christian *et al.*, 2008) และรัศมีประมาณ 1.08 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี (Johnson *el al.*, 2009) WASP-10b เป็นดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มีคาบการโคจร 3.092727 วัน มีตำแหน่งอยู่ที่ไรต์แอสเซนชัน 23 ชั่วโมง 15 นาที 58.23 วินาที ค่าเดคคลิเนชัน +31 องศา 27 ลิปดา 47.1 ฟิลิปดา ค่าโชติมาตรปรากฏ 12.7 ค่าความลึกของกราฟแสงที่แสดงแสงที่ลดลง 0.0394 จากค่าแสงปกติ (Christian *et al.*, 2008)

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b เพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมและเป็นประโยชน์ในทางดาราศาสตร์ โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษานครราชสีมา โดยใช้วิธีทรานซิทและวิเคราะห์ด้วยกระบวนการโฟโตเมตรี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อบ่งบอกคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ โดยทำการสังเกตวัตถุที่สนใจและวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้ ดังนี้

1) กล้องโทรทรรศน์และซีซีดีโฟโตมิเตอร์ กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ในการสังเกตการณ์ในครั้งนี้ คือ กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง Corrected Dall - Kirkham Astrograph Telescope ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ติดตั้งบนฐานแบบอิเควตอเรียล สามารถควบคุมการทำงานได้จากคอมพิวเตอร์และการควบคุมผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

2) ETD - Exoplanet Transit Database เป็นฐานข้อมูลแสดงช่วงเวลาทรานซิทของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b

3) โปรแกรม Maxim DL เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลภาพถ่ายของวัตถุที่สนใจและเป็นโปรแกรมที่เชื่อมต่อกับกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์

4) โปรแกรม AstroImageJ เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการลบสัญญาณรบกวนจากภาพถ่ายทางดาราศาสตร์ และสามารถนำภาพถ่ายมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้กราฟแสงและค่าพารามิเตอร์

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การหาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะมีขั้นตอนการดหำเนินงาน ดังนี้

1) ผู้วิจัยให้เลือกดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b จากฐานข้อมูล ETD - Exoplanet Transit Database (Exoplanet Transit Database, online, 2020) ซึ่งการเลือกดาวที่สนใจนั้นมีเกณฑ์ในการเลือกดังนี้

- เลือกดาวเคราะห์ที่มีคาบการโคจรในช่วง 1-5 วัน
- เลือกดาวเคราะห์ที่มีค่าโชติมาตรปรากฏตั้งแต่ 8-13
- เลือกดาวเคราะห์ที่มีค่าค่าความลึกของกราฟแสง 0.020 ขึ้นไป
- เลือกดาวเคราะห์ที่สังเกตได้บนท้องฟ้าในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม

2) เลือกดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่เกิดจากการตรวจหาโดยใช้วิธีทรานซิท

งานวิจัยนี้เลือกศึกษาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b มีคาบการโคจร 3.092727 วัน มีพิกัดตำแหน่งไรต์แอสเซนชัน 23 ชั่วโมง 15 นาที 58.23 วินาที ค่าเดคคลิเนชัน +31 องศา 27 ลิปดา 47.1 ฟิลิปดา ค่าโชติมาตรปรากฏ 12.7 ค่าความลึกของกราฟแสงที่ลดลง 0.0394 จากค่าแสงปกติ โดยศึกษาเวลาทรานซิทของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b จากฐานข้อมูล ETD - Exoplanet Transit Database และทำการสังเกตดาวโดยปรับกล้องโทรทรรศน์หันหน้าไปตำแหน่งของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b ผ่านโปรแกรม TheSky X ตั้งค่าเวลาในการถ่ายภาพแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีที่ตามองเห็น (V) โดยจะเริ่มถ่าย 1 ชั่วโมงก่อนดาวเริ่มทรานซิทและเมื่อดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b ผ่านช่วงทรานซิทไปแล้ว จะทำการถ่ายต่อไปอีก 1 ชั่วโมง เพื่อจะได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายให้ได้กราฟแสงที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

หลังจากถ่ายภาพเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะทำการถ่ายภาพ Dark, Bias และ Flat แสงผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีที่ตามองเห็น (V) อีกครั้ง อย่างละ 10 ภาพ

นำภาพถ่ายที่ได้มาประมวลผลข้อมูลเพื่อหา Transit light curve โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) การลบสัญญาณรบกวน (Calibration process) เป็นวิธีการนำภาพถ่ายที่ได้มาลบสัญญาณรบกวนด้วยโปรแกรม AstroImageJ ใช้ในกรณีที่ไม่ผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยโปรแกรมอื่น

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ วิธีการโฟโตเมตรีด้วยโปรแกรม AstroImageJ โดยการดึงไฟล์ภาพที่ลบสัญญาณรบกวนไว้แล้วมาวิเคราะห์

การหาคาบการโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ สามารถดำเนินการโดยเริ่มจาก Figure 1 ทรานซิทของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะในรูปของกราฟ จะเห็นได้ว่าสามารถหาระยะเวลาการเคลื่อนผ่านดาวฤกษ์ได้ ดังสมการที่ 1 (ศวัสกมล ปีจดี, 2563)

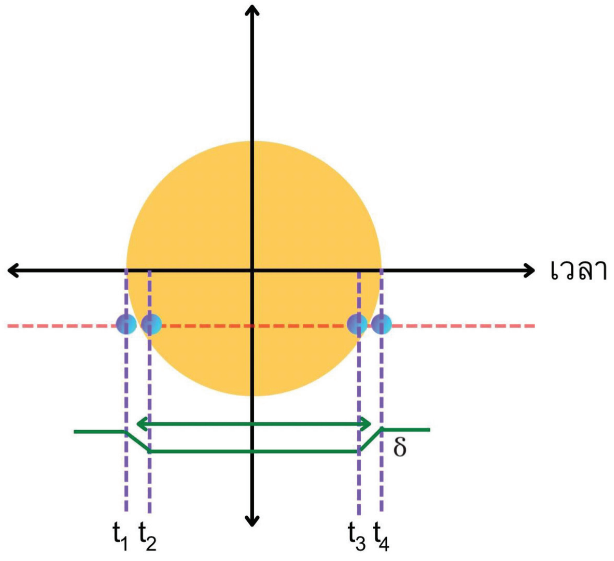

Figure 1 Transits of planets outside the solar system

$$t = t_4 - t_1 \quad (1)$$

เมื่อ

t คือ ระยะเวลาการเคลื่อนผ่าน หน่วย วินาที (s)

t_1 คือ ตำแหน่งแรกที่ดาวเริ่มเคลื่อนผ่าน หน่วย วินาที (s)

t_4 คือ ตำแหน่งสุดท้ายที่ดาวเคลื่อนผ่าน หน่วย วินาที (s)

เมื่อได้ค่าระยะเวลาการเคลื่อนผ่าน จะสามารถนำไปหาคาบการโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะได้ดังสมการที่ 2 (ศวัสกมล ปีจดี, 2563)

$$t = \frac{R_* \cdot P_p}{a \cdot \pi} \quad (1)$$

เมื่อ

t คือ ระยะเวลาของการเคลื่อนผ่าน หน่วย วินาที (s)

R_* คือ รัศมีของดาวฤกษ์ดวงแม่ หน่วย กิโลเมตร (km)

P_p คือ คาบการโคจรของดาวเคราะห์ หน่วย วินาที (s)

a คือ ระยะห่างของดาวถึงกึ่งแกนหลักหน่วย กิโลเมตร (km)

การหารัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ

การคำนวณหารัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ เราสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 (ศวัสกมล ปีจดี, 2563)

$$\delta = \left(\frac{R_p}{R_*}\right)^2 \quad (2)$$

เมื่อ

δ คือ ค่าสเกลความลึกของหลุมจากกราฟแสง หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

R_p คือ รัศมีของดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดาวแม่ หน่วย กิโลเมตร (km)

R_* คือ รัศมีของดาวฤกษ์ดวงแม่ หน่วย กิโลเมตร (km)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

คณะผู้วิจัยได้ทำการเริ่มเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP–10b ในวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เวลา 20:19 น. วันที่ 17 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 เวลา 00:27 น. จากนั้นทำการลบสัญญาณรบกวน ด้วยโปรแกรม AstroImageJ และนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี ซึ่งจะทำให้ได้กราฟแสงเทียบกับดาวอ้างอิง (Transit light curve) โดยกราฟแสงแสดงข้อมูล แสดงดัง Figure 2

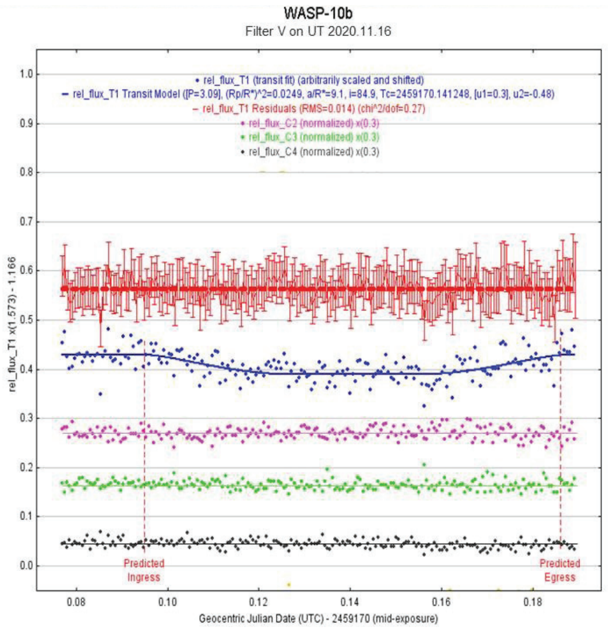

Figure 2 Light curve of exoplanet WASP-10b as of November 16, 2020 through the optical filter in the visible light wavelength (V) relative to the reference star.

แกน X แสดงเวลาแบบ JD และแกน Y แสดงความเข้มแสงในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร ใช้ค่าที่แสดงบนแกน X และแกน Y มาวิเคราะห์หาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b กราฟสีแดงแสดงความคลาดเคลื่อนแสงในแต่ละภาพถ่ายของดาว WASP–10b กราฟสีน้ำเงิน แสดงผลของความเข้มแสงของดาว WASP–10b โดยโปรแกรม AstroImageJ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) ความกว้างของกราฟ แสดงถึงระยะเวลาทรานซิท ตั้งแต่ดาวเคราะห์ WASP-10b ยังไม่เริ่มบดบังดาวฤกษ์ดวงแม่ (เส้นปะแรก) จนเริ่มเคลื่อนเข้าไปบดบังดาวฤกษ์ดวงแม่และเคลื่อนออกจากการบดบังดาวฤกษ์ดวงแม่ (เส้นปะที่ 2) ซึ่งระยะเวลาของทรานซิทจะนำไปคำนวณหาคาบการโคจร

2) ความลึกของกราฟ แสดงถึงความเข้มแสงของดาวฤกษ์ดวงแม่ที่ลดลงหรือค่าค่าความลึกของกราฟแสง โดยค่าความลึกของกราฟแสงนำไปคำนวณหารัศมี

กราฟสีชมพูกราฟสีเขียวและกราฟสีดำ แสดงความเข้มแสงของดาวอ้างอิง

เส้นประสีแดง แสดงถึงขอบเขตเวลาตั้งแต่เริ่มทรานซิทจนถึงสิ้นสุดทรานซิท ความกว้างของทรานซิทจะนำมาหาเวลาทรานซิทของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP–10b และนำเวลาทรานซิทไปคำนวณหาคาบการโคจรต่อไป

การคำนวณหาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟ จะสนใจเพียงคาบการโคจรและรัศมี โดยค่าพารามิเตอร์แสดงค่ารัศมี มีค่าเท่ากับ 1.41 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี ดัง Figure 3 ค่าพารามิเตอร์กราฟแสงของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b (ข) แสดงรัศมี WASP-10b

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้คำนวณหาคาบการโคจรจากระยะเวลาทรานซิทที่แสดงในกราฟพารามิเตอร์ดัง Figure 3 ค่าพารามิเตอร์กราฟแสงของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b (ก) แสดงระยะเวลาการทรานซิท เท่ากับ 0.091396 วัน หรือ 7,896.6144 วินาที และหาคาบการโคจรจากสมการ

$$t = \frac{R_* \cdot P_p}{a \cdot \pi}$$

และ

$$P_p = \frac{a \cdot t \cdot \pi}{R_*}$$

P_p = 252,758.8445 วินาที

หรือ

P_p = 2.925 วัน

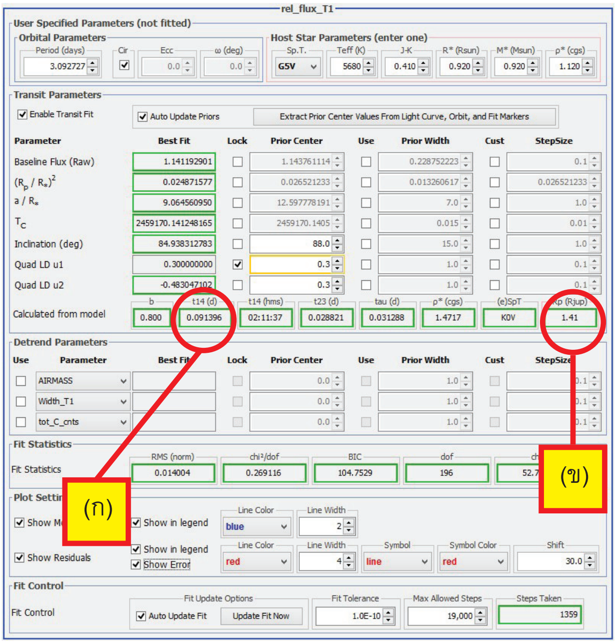

Figure 3 Optical graph parameters of the exoplanet WASP-10b (a) show the transit period (b) show the WASP-10b radius.

ในการคำนวณหาคาบการโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะจะใช้เวลาเริ่มต้นถึงเวลาสิ้นสุดของทรานซิท

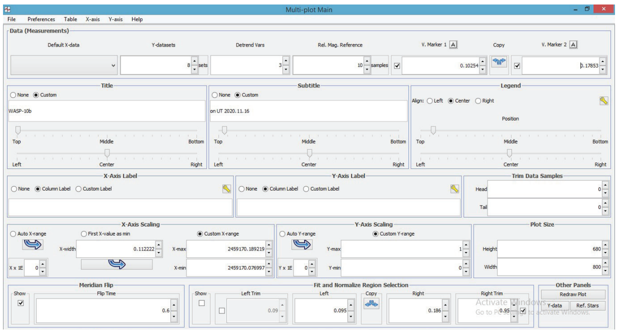

Figure 4 The value of the start to end time of the transition.

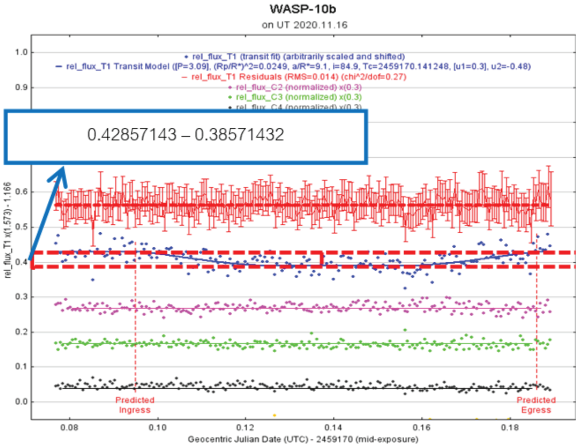

Figure 5 Optical depth graph of exoplanet WASP-10b.

เวลาทรานซิทหาได้จากสมการ ที่ (1) จะได้ว่า

$t = t_4 - t_1$

t = 2459170.18853 - 2459170.09254 GJD

นำค่าจากตารางแปลงจากหน่วย JD เป็นเวลาสากลจะได้ว่า

t = 16 hr : 31 m : 28.99 s – 14 hr : 13 m : 15.46 s

เปลี่ยนเวลาให้เป็นวินาที

จะได้ t = 8,293.53 วินาที

หรือ t = 138.226 นาที

หาคาบการโคจรจากสมการที่ (2) จะได้ว่า

$$P_p = \frac{a \cdot t \cdot \pi}{R_*}$$

$$P_p = \frac{(0.0371 \times 149{,}597{,}871) \times 8293.53 \times \pi}{0.783 \times 695{,}700}$$

P_p = 265,463.5206 วินาที

หรือ 3.072 วัน

ในการคำนวณหาค่ารัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ จะพิจารณาความเข้มแสงของดาวฤกษ์ที่ลดลงหรือความลึกของกราฟ โดยที่ แกน X แสดงเวลาแบบ JD และแกน Y แสดงความเข้มแสงในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร ดัง Figure 5

หารัศมีจากสมการที่ (3) จะได้ว่า

$$\delta = \left(\frac{R_p}{R_*}\right)^2$$

$R_P^2 = \delta \cdot R_*^2$

หา δ จากกราฟ ได้ดังนี้

δ = 0.42857143 – 0.38571432

= 0.04285711

แทนค่า

R_P^2 = 0.04285711 x (0.783 x 695,700)^2

R_P = 112,770.4222 กิโลเมตร

R_P/R_j = 112,770.4222 ÷ 71,492 กิโลเมตร

R_P = 1.577 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี

จากการคำนวณหาคาบการโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b ผู้วิจัยได้คาบการโคจรจากกราฟเท่ากับ 3.072 วันและได้รัศมีจากการคำนวณเท่ากับ 1.577 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี

เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การวิจัยของ Yves Jongen ที่เก็บข้อมูลภาพถ่ายของดาว WAS-10b ในวันที่ 22 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ทราบค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง คือ ระยะเวลาในทรานซิทเท่ากับ 139.8 นาทีและค่าความลึกของกราฟแสงเท่ากับ 0.0361 ดัง Figure 6 โดย กรอบสีม่วง แสดงเวลาทรานซิท กรอบสีเขียว แสดงค่าความลึกของกราฟแสงเนื่องจากความเข้มแสงที่ลดลง Yves Jongen และคณะได้ระยะเวลาทรานซิท 139.8 นาทีและความลึกของกราฟแสงที่ 0.0361 เมื่อเทียบกับผลการวิจัยที่ได้ คือ เวลาทรานซิท 0.091396 วัน

หรือ 131.6 นาที ค่าความลึกของกราฟแสงเท่ากับ 0.042857 ดัง Figure 5

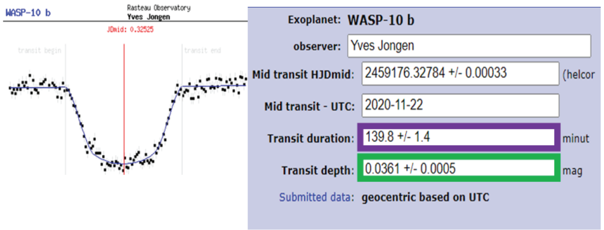

Figure 6 The results of Yves Jongen's research. The purple frame shows the transition time. The green frame shows the depth of the light curve due to the light intensity decrease.

ที่มา: Exoplanet Transit Database, online, 2020

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b พารามิเตอร์ ที่ได้จากโปรแกรม AstroImageJ ทำให้ทราบคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-10b พบว่ามีคาบการโคจร 252,758.8445 วินาที หรือ 2.925 วัน และมีค่ารัศมี 1.41 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี ซึ่งผลที่ได้ จากพารามิเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณของผู้วิจัย โดยการคำนวณของผู้วิจัยมีคาบการโคจร 265,463.5206 วินาที หรือ 3.072 วันและมีค่ารัศมี 1.577 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี และใกล้เคียงกับผลการวิจัยของ Yves Jongen ที่ได้ทำการวิจัย ในระยะเวลาที่ใกล้กัน โดยข้อมูลจากพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรม AstroImageJ ผู้วิจัยทราบระยะทรานซิท 131.6 นาทีและค่าความลึกของกราฟแสงเท่ากับ 0.0428 และ Yves Jongen ทราบระยะทรานซิท 139.8 นาทีและค่าความลึกของกราฟแสงเท่ากับ 0.0361 เมื่อเปรียบเทียบระยะทรานซิทมีค่าความแตกต่าง 6.23 เปอร์เซ็นต์ ค่าความลึกของกราฟแสงมีค่าความแตกต่าง 15 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น ค่าที่ได้จากพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรม AstroImageJ จึงใกล้เคียงกับการคำนวณของผู้วิจัยและใกล้เคียงกับผลการวิจัยของผู้ที่วิจัยท่านอื่นในระยะเวลาที่สังเกตใกล้เคียงกัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่สำหรับการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณ คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัย ที่ช่วยแนะนำ และให้ความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี และขอขอบคุณบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องในการวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ดาราศาสตร์. (2559). เนื้อหา ประวัติทางดาราศาสตร์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://iceeicee27.wixsite.com/astronomy/ blank-4. (10 สิงหาคม 2563)

ดาวฤกษ์.(ม.ป.ป.). ความส่องสว่าง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https:// sites.google.com/a/samakkhi.ac.th/dawvks/khwam-sxng-swang. (10 สิงหาคม 2563)

ศวัสกมล ปิจดี. (2558). การสังเกตการณ์ด้วยเทคนิคโฟโตเมตรีและการวิเคราะห์ดาวเคราะห์นอก ระบบสุริยะแบบดาวยูเรนัสร้อน GJ3470 b ด้านวิธีผ่านหน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

หอดูดาวสำหรับโรงเรียน. (2560). กล้องถ่ายภาพซีซีดี. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://nso.narit.or.th/index.php/2017. (10 สิงหาคม 2563)

หอดูดาวสำหรับโรงเรียน. (2560). ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nso.narit.or.th/index.php/2017. (10 สิงหาคม 2563)

หอดูดาวสำหรับโรงเรียน. (2560). แผ่นกรองแสง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nso.narit.or.th/index.php/2017. (10 สิงหาคม 2563)

หอดูดาวสำหรับโรงเรียน. (2060). การตรวจหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nso.narit.or.th/index.php/2017. (10 สิงหาคม 2563)

AstroImageJ ImageJ for Astronomy. (2017). louisvill (Online). Avaliable URL : https://www.astro.louisville.edu/software/astroImageJ/. (15 August 2020)

Astronomy Technology Today. (2017) Planwave Teloscopes. (Online). Avaliable URL : https://astronomytechnologytoday.com/ 2017. (15 August 2020)

Christian.et.al (2008). WASP-10b: a $3M_J$, gas-giant planet transiting a late-type K star. Journal, Queen's University. Volume 5 pages 1585-1590.

ETD - Exoplanet Transit Database. Varia Star and Exoplanet Section (Online). Avaliable URL : http://var .astro.cz/EN/tresca/transit detail=1606131123. (10 March 2021)

Exoplanets Exploration nasa. (2014). About Exoplanets. (Online). Avaliable URL : https://exoplanets.nasa.gov/what-is-an-exoplanet/about-exoplanets/. (10 August 2020)

Grauzhanina *el at*. (2017). Spectroscopic observations of the exoplanet WASP-32b transit. Article, Astrophysical Bulletin. Volume 72 pages 67–72.

Johnson.et.al. (2009). A smaller radius for the transiting exoplanet WASP-10b. Journal, University of Hawaii. Volume 692 pages L100-L104.

NARIT. (2562). หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.narit.or.th/index.php/caas/87-observatory/2019. (10 สิงหาคม 2563)

Quora. (2018). How does the transit method work in practice for exoplanet discovery. (Online). Avaliable URL : https://www.quora.com/ How-does-the-transit-method-work-in-practice-for-exoplanet-discovery. (15 August 2020)

Regulusastro. (1997). How-To Help keep this site up and running!. (Online). Avaliable URL : https://regulusastro.com/how-t