

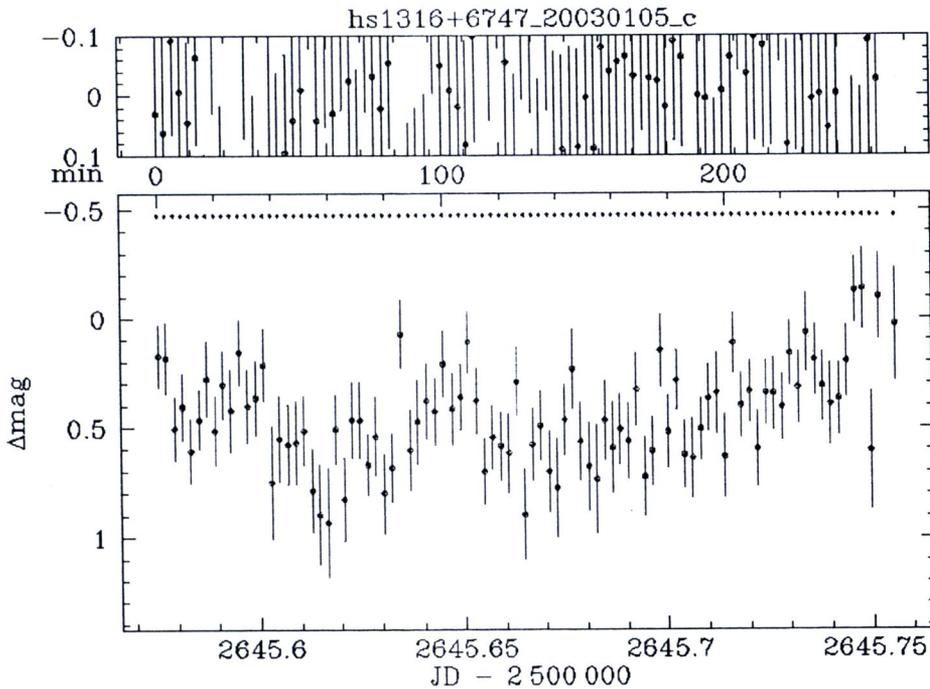
## บทที่ 4

### ผลการจากการสังเกตการณ์และการวิเคราะห์ข้อมูล

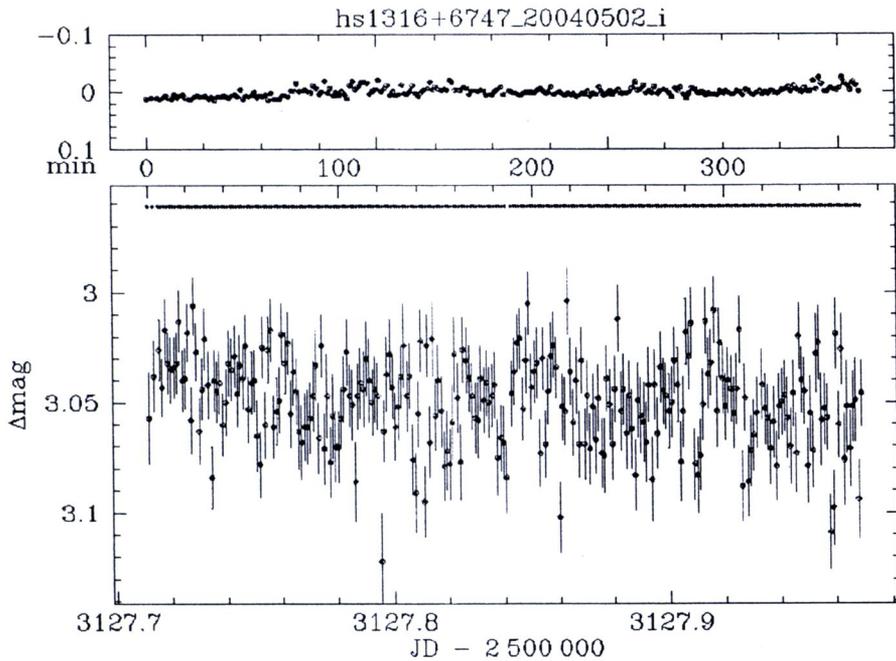
งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลทางโฟโตเมตรีของ CVs ทั้ง 6 ระบบ ได้แก่ HS 1316+6747, RXJ 0315-0814, IPHAS J0130+6221, IPHAS J0258+6352, IPHAS J0518+2941 และ IPHAS J0528+2838 (ต่อไปนี้จะใช้ HS 1316, RXJ0315, IPHAS J0130, IPHAS J0258, IPHAS J0518 และ IPHAS J0528 ตามลำดับ) สังเกตการณ์จากกล้องโทรทรรศน์จำนวน 7 ตัว เริ่มสังเกตการณ์ตั้งแต่ปี ค.ศ.2002 ถึงปี ค.ศ.2012 นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสง ได้กราฟแสงจากการสังเกตซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 HS 1316

จากการติดตามสังเกตการณ์ HS 1316 แบบอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรีจำนวนทั้งหมด 4 คืน ในปี ค.ศ. 2003 และ ค.ศ. 2004 เราไม่พบการแปรค่าความสว่างช่วงสั้นในกราฟแสง ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.1 และ 4.2 เป็นกราฟแสงที่สังเกตการณ์ในวันที่ 5 มกราคม ค.ศ. 2003 โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ ขนาด 0.7 เมตร ณ หอสังเกตการณ์ Tuorla Observatory และวันที่ 2 พฤษภาคม ค.ศ. 2004 ใช้กล้องโทรทรรศน์ ขนาด 1.2 เมตร ณ หอสังเกตการณ์ Fred Lawrence Whipple Observatory (ตามลำดับ)

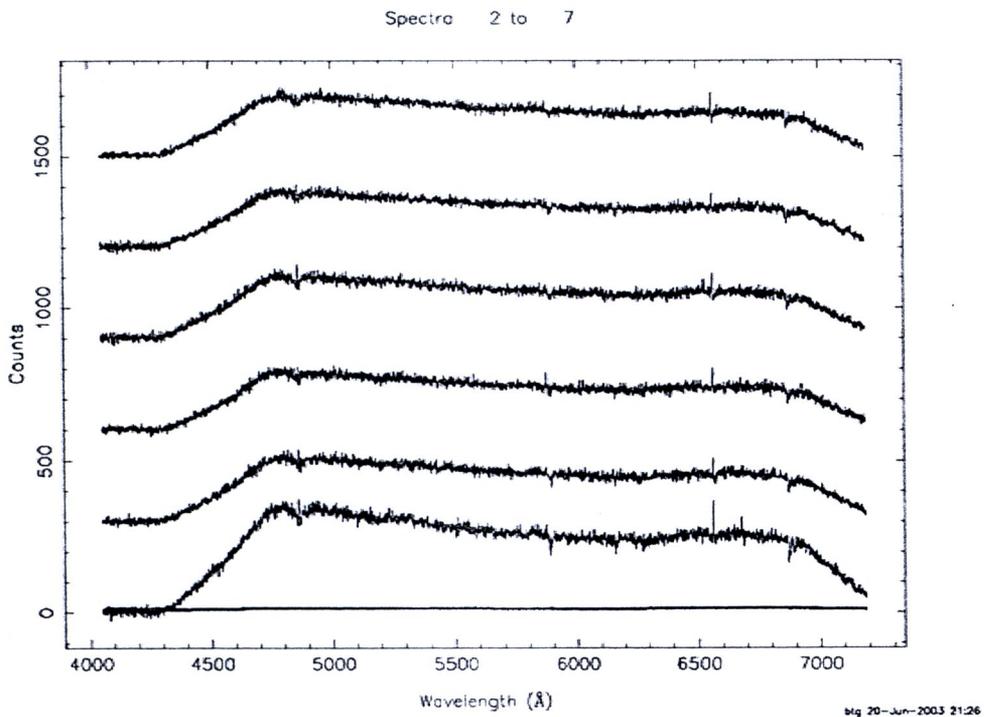


รูปที่ 4.1 ตัวอย่างกราฟแสงของ HS 1316 ในวันที่ 5 มกราคม ค.ศ. 2003



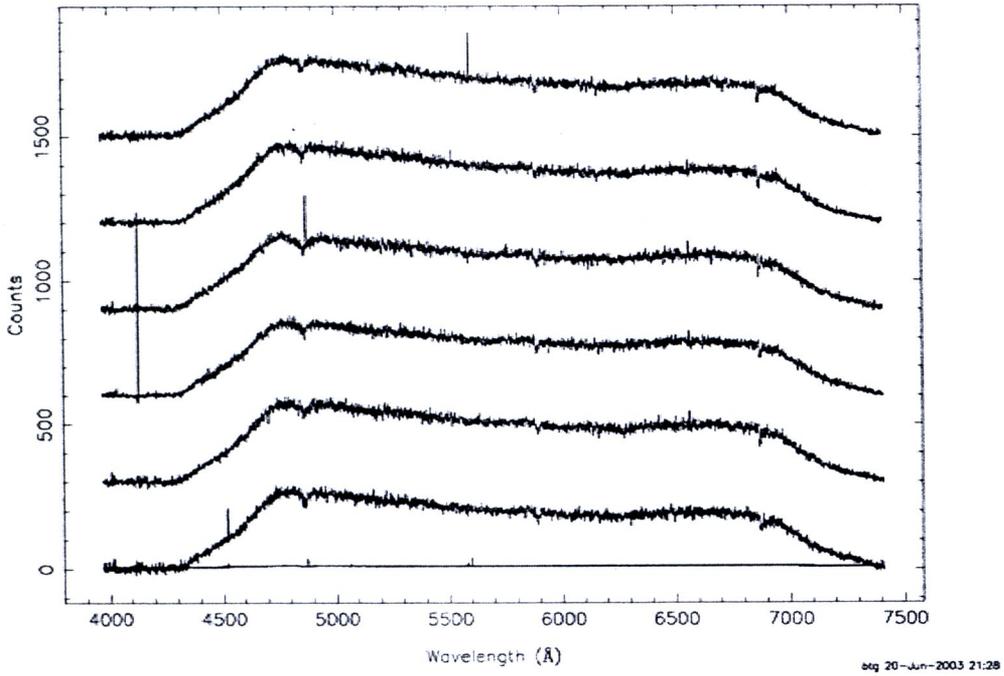
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างกราฟแสงของ HS 1316 ในวันที่ 2 พฤษภาคม ค.ศ. 2004

ต่อมาเราได้ทำการสังเกตการณ์ HS 1316 แบบอนุกรมเวลาทางสเปกโตรสโคปีเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบ ได้ข้อมูลทั้งหมด 51 คืน ดังตัวอย่างรูปที่ 4.3 และ 4.4 เราพบการแปรค่าของสเปกตรัมเส้นสว่างในตระกูลบால்เมอร์อย่างเด่นชัด



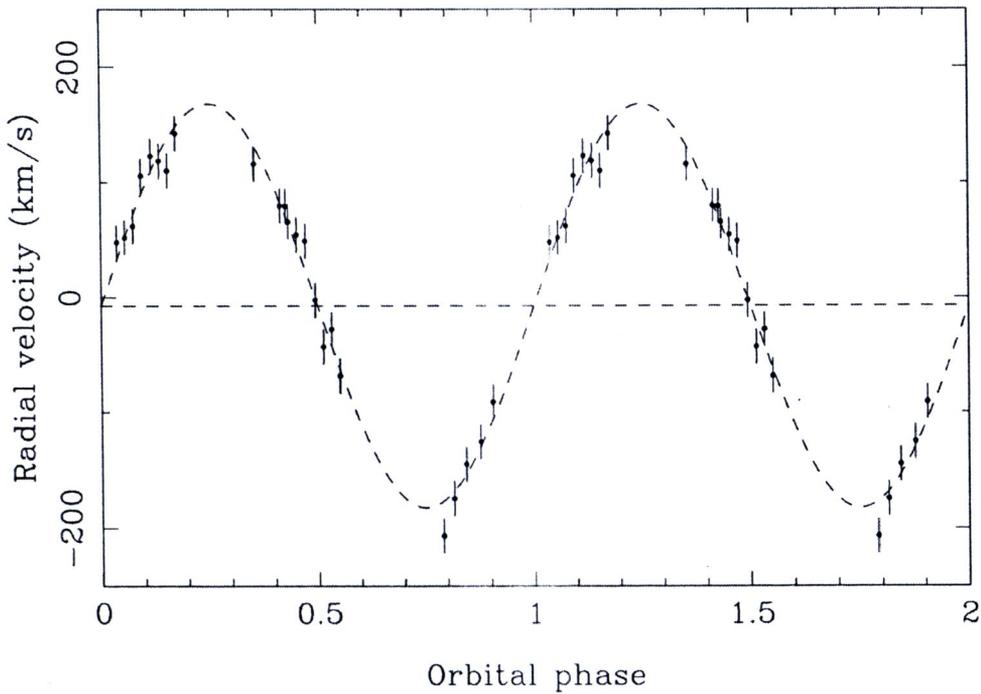
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างเส้นสเปกตรัมของ HS 1316 ในวันที่ 23 เมษายน ค.ศ. 2003

Spectra 8 to 13



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างเส้นสเปกตรัมของ HS 1316 ในวันที่ 24 เมษายน ค.ศ. 2003

$$rstar.vels, P = 0.379549 \text{ d}, \chi^2 = 20.1428$$



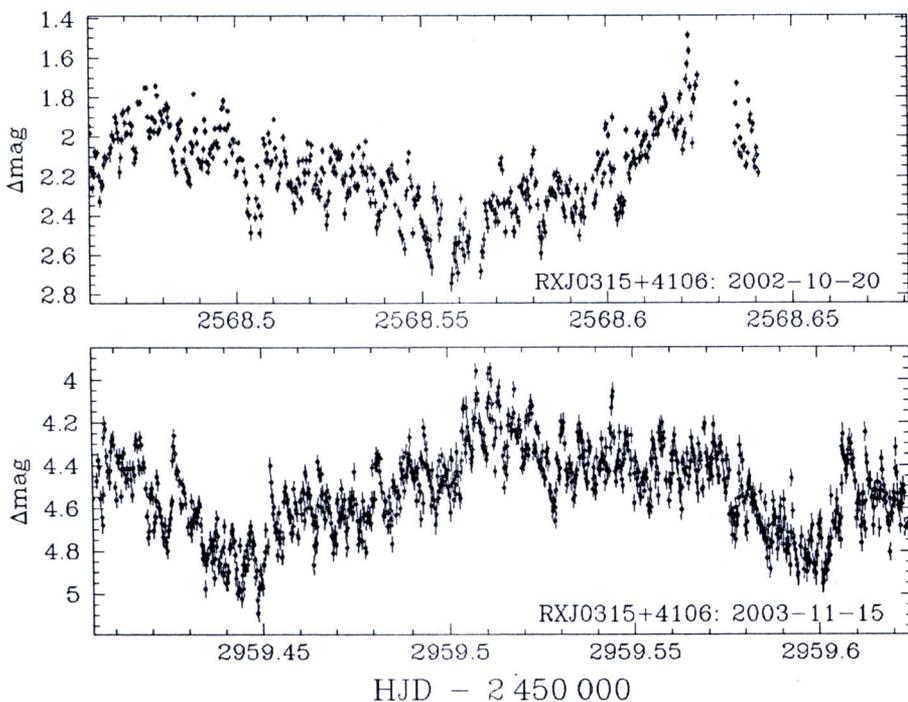
รูปที่ 4.5 กราฟความเร็วในแนวเส้นของ HS 1316

และเมื่อกำหนดกราฟความเร็วในแนวเส้นของระบบ (รูปที่ 4.5) พบว่า HS 1316 เป็น pre-CV คาบการโคจรยาว มีคาบประมาณ 3.38 วัน จากลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบประกอบด้วยดาวแคระขาวและดาวมวลต่ำในแถบขบวนหลักที่ยังมีมวลอยู่ในผิวห่อหุ้มของโรซ

#### 4.2 RXJ0315

##### 4.2.1 กราฟแสงของ RXJ0315

ตัวอย่างกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ตลอดคืนของ RXJ0315 จำนวน 2 คืน ในวันที่ 20 ตุลาคม ค.ศ. 2002 และวันที่ 15 พฤศจิกายน ค.ศ. 2003 (รูปที่ 4.6) จากทั้งหมดจำนวน 5 คืน โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 1.2 เมตร ณ หอดูดาว Kryoneri observatory กล้องโทรทรรศน์ Optical Ground Station ขนาด 1.2 เมตร ณ หอดูดาว Observatorio del Teide ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระบบมีการแปรแสงในช่วงสั้น ทุกๆ 10-15 นาที ซึ่งวางซ้อนอยู่กับการแปรค่าความสว่างอันเนื่องมาจากวงโคจรของระบบซึ่งมีค่าประมาณ 0.8-1.0 แมกนิจูด

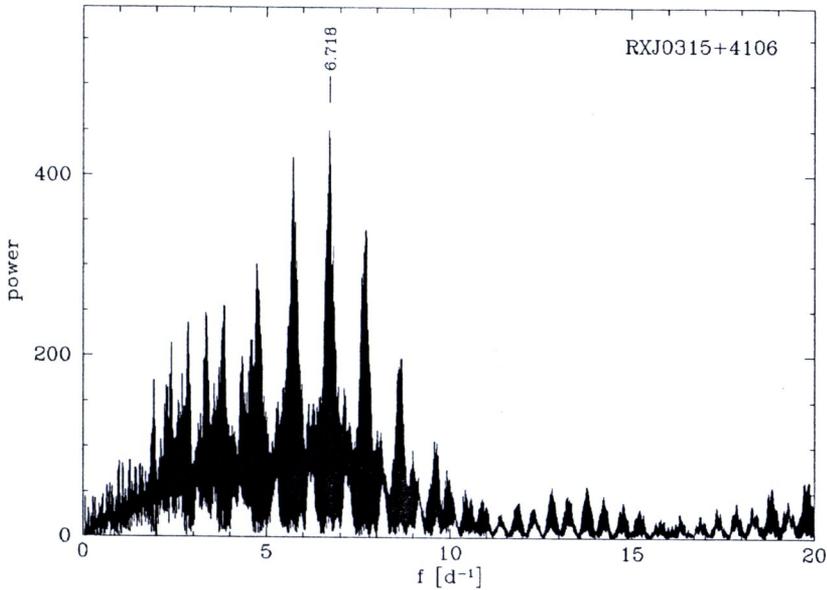


รูปที่ 4.6 ตัวอย่างกราฟแสงของ RXJ0315 วันที่ 20 ตุลาคม ค.ศ. 2002 (บน) และวันที่ 15 พฤศจิกายน ค.ศ. 2003 (ล่าง)

##### 4.2.2 คาบการโคจรของ RXJ0315

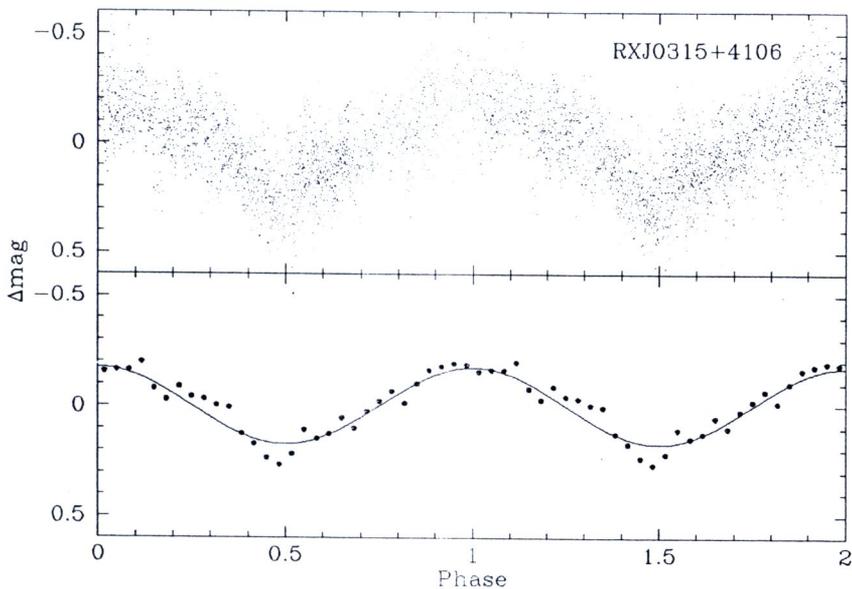
จากการใช้กราฟแสงที่ได้จากการเก็บข้อมูลตลอดคืนจำนวน 3 คืน จากกล้องโทรทรรศน์ขนาด 1.2 เมตร ณ หอดูดาว Kryoneri observatory กล้องโทรทรรศน์ Optical Ground Station ขนาด 1.2 เมตร ณ หอดูดาว Observatorio del Teide ที่แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการแปรแสง

เนื่องจากการโคจรของระบบอย่างชัดเจน มาทำการวัดคาบการโคจรของระบบ รูปที่ 4.7 แสดง AOV periodogram ของ RXJ0315 ซึ่งให้พีคสูงสุดที่  $f = 6.718$  รอบ/วัน และล้อมรอบด้วยความถี่อื่นๆ ที่มีพีคต่ำกว่า ดังนั้นคาบการโคจรของ RXJ0315 คือ  $P_{\text{orb}} = 3.5725$  ชั่วโมง



รูปที่ 4.7 AOV periodogram ของ RXJ0315

รูปที่ 4.8 แสดงข้อมูลทางโฟโตเมตรีของ RXJ0315 ที่ได้จากการสังเกตการณ์ตลอดคืนทั้ง 3 คืน สร้างขึ้นโดยการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของเฟสของการโคจรที่มีคาบการโคจร 3.5725 ชั่วโมง



รูปที่ 4.8 (รูปบน) ข้อมูลทางโฟโตเมตรีที่ได้จากการสังเกตการณ์ตลอดคืนของ RXJ0315 และ (รูปล่าง) กราฟแสงเฉลี่ยแสดงร่วมกับกราฟรูปไซน์ (เส้นสีดำ)



### 4.3 IPHAS J0130

#### 4.3.1 กราฟแสง

ตัวอย่างกราฟแสงของ IPHAS J0130 ดังแสดงในรูปที่ 4.9 เฟสการโคจรถูกคำนวณตาม ephemeris ในสมการที่ (4.1) กราฟแสงของ IPHAS J0130 แสดงให้เห็นลักษณะโครงสร้างของอุปราคาเป็นรูปตัว V ที่มีความลึกประมาณ 2.4-3.6 แมกนิจูด เวลาของการเกิดอุปราคาในแต่ละครั้งยาวนานประมาณ 0.2 เท่าของคาบการโคจร หรือประมาณ 40 นาที เราไม่พบลักษณะของ orbital hump ทั้งที่บริเวณก่อนและหลังอุปราคา อันเกิดขึ้นจากจุดสว่างเนื่องจากธารแก๊สที่ตกบริเวณขอบนอกของ accretion disk ซึ่งเป็นลักษณะกราฟแสงของ novalike variable ที่มีค่าความเอียงของระนาบวงโคจรสูง โดยกราฟแสงของ IPHAS J0130 มีลักษณะคล้ายกับกราฟแสงของ CVs ประเภท SW Sex ตัวอย่างเช่น DW UMa (Shafter et al. 1988), V1315 Aql (Dhillon et al. 1991), HS 0129+2933, HS 0220+0603, HS 0455+8315 (Rodriguez-Gil et al. 2007)

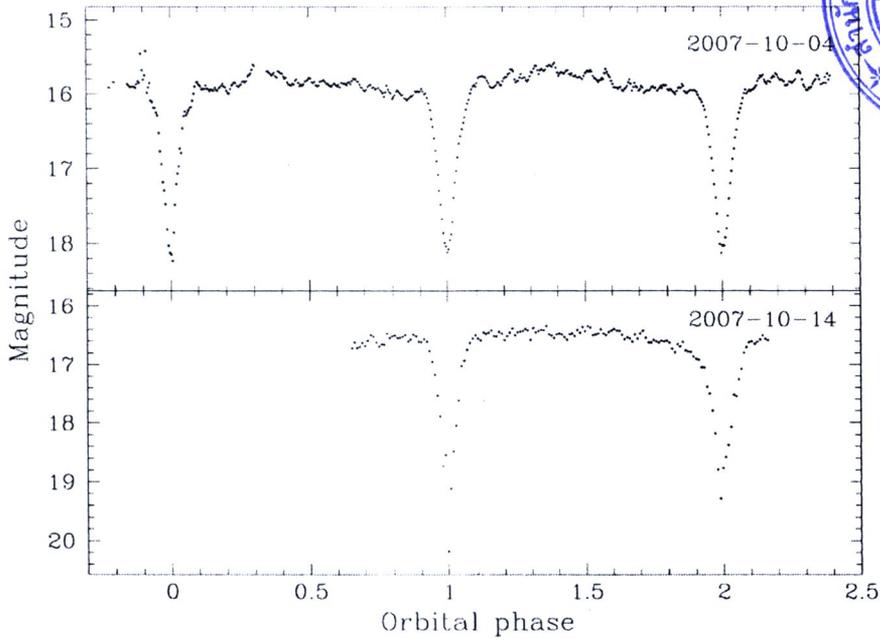
#### 4.3.2 Eclipse ephemeris

กราฟแสงคืนแรกของ IPHAS J0130 ในเดือนธันวาคม ค.ศ. 2006 แสดงให้เห็นแนวโน้มของแมกนิจูดที่ลดลงเล็กน้อย ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการบังกันของระบบ ส่วนกราฟแสงในปี ค.ศ. 2007 และ ค.ศ. 2008 แสดงให้เห็นว่าระบบมีอุปราคาที่ลึก (deep eclipses) โดยอุปราคาของระบบมีความสว่างลดลงอยู่ในช่วงประมาณ 2.4-3.6 แมกนิจูด เราสังเกตการณ์อุปราคาอย่างต่อเนื่องและพบว่าคาบการโคจรของระบบโดยประมาณอยู่ที่ 3.6 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับผลในเบื้องต้นที่ได้จากข้อมูลความเร็วในแนวเล็งของ Witham et al. (2007) ซึ่งให้คาบการโคจรประมาณ 3.12 ชั่วโมง หรือ 3.58 ชั่วโมง

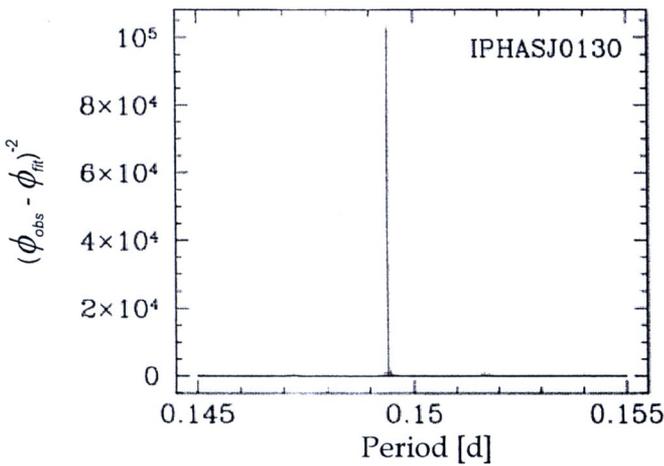
เราคำนวณ ephemeris ของ IPHAS J0130 จากสมการ

$$T_0 = \text{HJD}2454378.404149(23) + 0.149413882(45) \times E \tag{4.1}$$

นั่นคือ  $P_{\text{orb}} = 3.5859332(11)$  ชั่วโมง โดยกำหนดให้  $T_0$  คือเวลาที่กลางของอุปราคา และความคลาดเคลื่อนแสดงในวงเล็บ จำนวนรอบของการเกิดอุปราคา และค่าจากการสังเกตการณ์ลบด้วยค่าจากการคำนวณ (O-C) ของการเกิดอุปราคา แสดงในตารางที่ 4.1 รูปที่ 4.10 แสดง periodogram ที่ได้จากการหา ephemeris ในสมการที่ (4.1)



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างกราฟแสงของ IPHAS J0130



รูปที่ 4.10 periodogram ของ IPHAS J0130

ตารางที่ 4.1 Eclipse minima และ O-C ของ IPHAS J0130

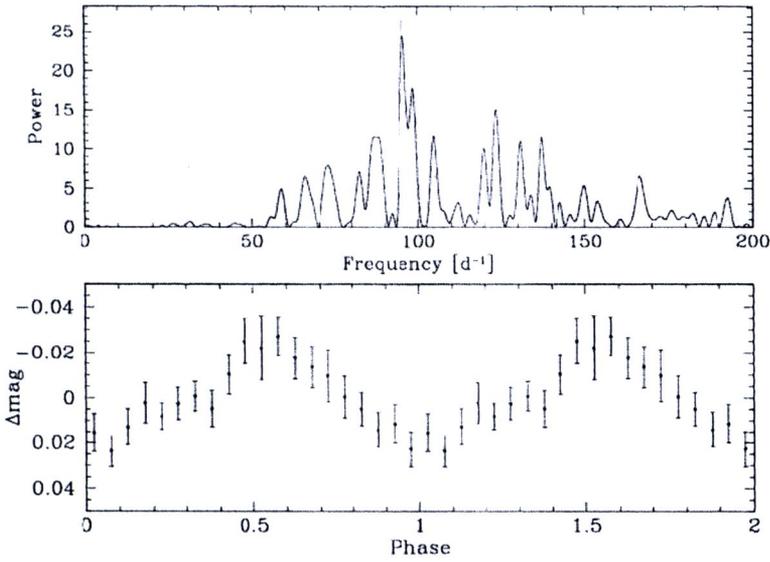
Date	Eclipse minima (HJD)	Cycle	O - C (s)
<b>IPHAS J0130</b>			
2007 Oct 04	2454378.403963	0	-16
2007 Oct 05	2454378.553556	1	1
2007 Oct 05	2454378.703136	2	14
2007 Oct 14	2454388.414913	67	3
2008 Sep 28	2454738.491627	2410	2
2008 Sep 28	2454738.640995	2411	-2

- **Long-term variability**

IPHAS J0130 มี  $R = 16.9$  แมกนิจูด ในแค็ตตาล็อกของ USNO-A2.0 จากข้อมูลทางโฟโตเมตรีแสดงแนวโน้มการแปรแสงในระยะยาวของวัตถุ จากการสังเกตการณ์โดยใช้ฟิลเตอร์ของ IPHAS J0130 ในปี ค.ศ. 2006 และ ค.ศ. 2007 เราพบว่ามีแมกนิจูดเฉลี่ยนอกช่วงการเกิดอุปราคาประมาณ 15.9 แมกนิจูดและประมาณ 16.5 แมกนิจูด ในช่วงปี ค.ศ. 2008 สิ่งที่น่าสนใจคือ ความลึกของอุปราคาของ IPHAS J0130 มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงการสังเกตการณ์ ในช่วงปี ค.ศ. 2007 ความลึกของอุปราคาวัดได้ประมาณ 2.4 แมกนิจูด สำหรับปี ค.ศ. 2008 วัดจากความลึกของอุปราคาที่เกิดการบังต่อเนืองกันสองอุปราคา โดยอุปราคาครั้งแรกวัดได้ประมาณ 3.6 แมกนิจูด และครั้งที่สองวัดได้ประมาณ 2.7 แมกนิจูด อาจเป็นไปได้ว่าอุปราคาครั้งที่สองนั้นอาจไม่ได้สะท้อนให้เห็นความลึกที่แท้จริงของอุปราคาเนื่องจากช่วงเวลาที่เปิดหน้ากล้องนานเกินไป (low time resolution) แต่อย่างไรก็ตาม เป็นที่ชัดเจนแล้วว่าความลึกของอุปราคาเปลี่ยนแปลงของ IPHAS J0130 สัมพันธ์กับสภาวะความสว่างของวัตถุ ซึ่งคล้ายกับ CVs ประเภท SW Sex ที่เป็นที่ยอมรับกันดีคือ DW UMa ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกของอุปราคาในช่วงที่กว้างอันเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรัศมีของ accretion disc นั่นคือ ที่ความลึกประมาณ 1.2 แมกนิจูดในสภาวะที่ระบบมีความสว่างมาก และประมาณ 3.4 แมกนิจูดในสภาวะที่ระบบมีความสว่างปานกลาง (Stanishev et al. 2004)

- **Short time-scale variability**

กราฟแสงของ IPHAS J0130 แสดงให้เห็นการแปรแสงในระยะสั้นนอกบริเวณอุปราคามีค่าประมาณ 10-15 นาที โดยเฉพาะในวันที่ 4 ตุลาคม ค.ศ. 2007 ซึ่งเป็นวันที่สังเกตการณ์นานที่สุด เพื่อค้นหาสัญญาณดังกล่าว เรานำโครงสร้างของอุปราคาออกจากกราฟแสงและ detrend ข้อมูลด้วยความถี่ของการโคจรและที่ความถี่ต่ำ ด้วยการนำไปคำนวณขนาดด้วยอนุกรมฟูเรียร์ ผลที่ได้พบว่า มี periodogram มีพีคสูงสุดที่ 15.0 นาที ตามด้วยพีคที่สองที่ 14.6 นาที (รูปที่ 4.11 ซองบน) นำข้อมูลที่ detrend แล้วไปพล็อตด้วยคาบดังกล่าวจะได้การแปรค่าแบบ quasi-sinusoidal modulations ที่ชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 4.11 ซองล่าง



รูปที่ 4.11 ช่องบน: Scargle periodogram ที่คำนวณจากกราฟแสงของ IPHAS J0130 ในเดือน ตุลาคม ค.ศ. 2007 ช่องล่าง: กราฟแสงที่นำมา folded บนคาบที่ 15 นาที

quasi-periodic oscillation (QPOs) ที่มีคาบเวลาอยู่ในช่วง 10-30 นาที ซึ่งพบในดาว SW Sex จำนวนมาก (Patterson et al. 2002) ปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้โดย accretion scenario ของ Rodríguez-Gil et al. (2001) ซึ่งเป็นปฏิกริยาระหว่างมวลสารที่ล้นออกมาจากกระแสของสนามแม่เหล็กที่ชั้น magnetosphere ของดาวแคระขาว รัศมีของการโคจรร่วมโดยประมาณหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างคาบการโคจรและคาบการหมุนรอบตัวเองของดาวแคระขาว (spin period) ดังนี้

$$P_1 = 0.31 f^{(3/2)} P_{orb} \quad (4.2)$$

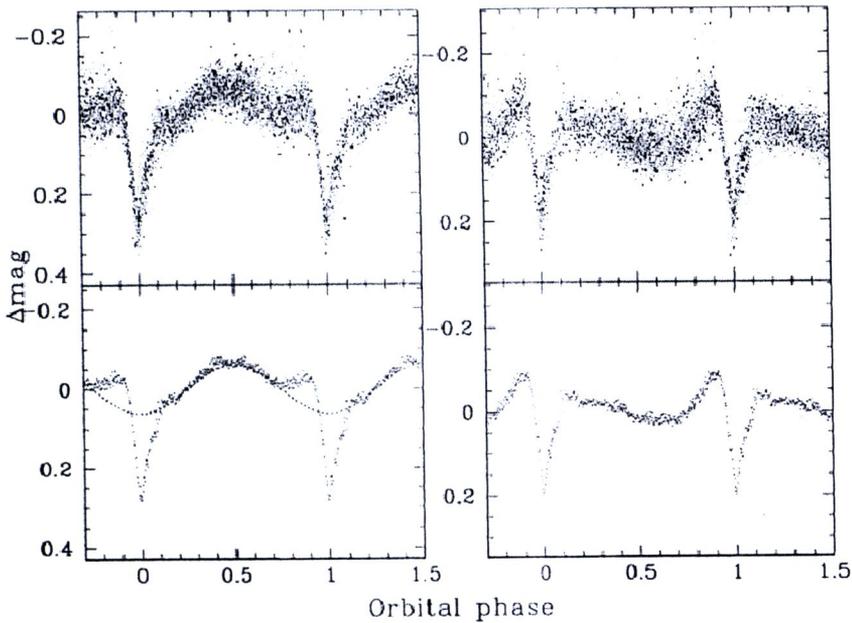
โดยที่  $f \sim 0.4 - 0.6$  สำหรับ IPHAS J0130 เราได้ค่า  $P_1$  ประมาณ 17-31 นาที สำหรับ two-pole accretion สำหรับขั้วเดียวคาดว่าน่าจะมีช่วงเวลาที่เป็นครึ่งหนึ่งของ  $P_1$  นั่นคือประมาณ 9-16 นาที ซึ่งสอดคล้องกับการแปรแสงในช่วงสั้นที่ประมาณ 15 นาที ซึ่งพบในกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์

#### 4.4 IPHAS0258

IPHAS J0258 นั้นถูกพิสูจน์ว่าเป็น CV candidate จากการปรากฏของสเปกตรัมเส้นสว่างในตระกูลบาร์เมอร์และเส้นสว่างฮีเลียม He I  $\lambda 6678.2$  โดย Witham et al. (2007) Identification spectrum ของวัตถุแสดงให้เห็นพีคคู่ของเส้นสว่างในตระกูลบาร์เมอร์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการมีอยู่ของ accretion disc ซึ่งถูกสังเกตที่มุมเอียงปานกลางถึงมุมเอียงสูง นอกจากนี้ยังตรวจพบเส้นสว่าง

He II ที่มีความเข้มสูงและยังพบเส้นสว่างอื่นๆ อีก ในบทสรุป ผู้เขียนชี้ให้เห็นว่า IPHAS J0258 มีแนวโน้มว่าเป็นวัตถุที่มีความสว่างสูงที่เต็มไปด้วยธาตุคาร์บอนและไนโตรเจนอย่างผิดปกติ

ในเดือนตุลาคม ค.ศ. 2007 และเดือนกันยายน/ตุลาคม ค.ศ. 2008 เราทำการสังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรีของ IPHAS J0258 ทั้งหมดจำนวน 87 ชั่วโมง ตัวอย่างกราฟแสงที่ folded บน ephemeris ในสมการ (4.3) กราฟแสงของ IPHAS J0258 แสดงให้เห็นโครงสร้างอุปราคาที่มีลักษณะเป็นรูปตัว "V" ที่ไม่สมมาตร โดยปราศจาก per-eclipse hump ที่ชัดเจน อันเนื่องมาจากจุดสว่าง ซึ่งเป็นลักษณะที่ถูกสังเกตได้ใน eclipsing novalike variables อุปราคาที่ตี้นประมาณ 0.3-0.4 แมกนิจูด บ่งบอกถึง accretion disc บางส่วนถูกบัง การแปรแสงในช่วงสั้นประมาณ 30-50 นาที โดยมี amplitude ประมาณ 0.1 แมกนิจูด ซึ่งถูกตรวจพบจากกราฟแสงในบางวัน (ตัวอย่างเช่น วันที่ 26 กันยายน และวันที่ 17 ตุลาคม) การแปรแสงที่เกินจริงถูกทำให้ลดลงจากการรวมกราฟแสง ดังแสดงในรูปที่ 4.12 นอกจากนี้ การแปรค่าเนื่องจากการโคจรนอกบริเวณอุปราคาจากพีคถึงพีคมี amplitude ประมาณ 0.1 แมกนิจูด โดยถูกตรวจพบในกราฟแสงที่นำมารวมกันแล้วอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากผลของการสะท้อนของดาวทุติยภูมิ กราฟแสงที่นำมารวมกันแล้วหลังจาก detrend ความถี่ของการโคจรตาม ephemeris แล้วเผยให้เห็น pre-eclipse hump ขนาดเล็กที่  $\phi \sim 0.7-0.9$



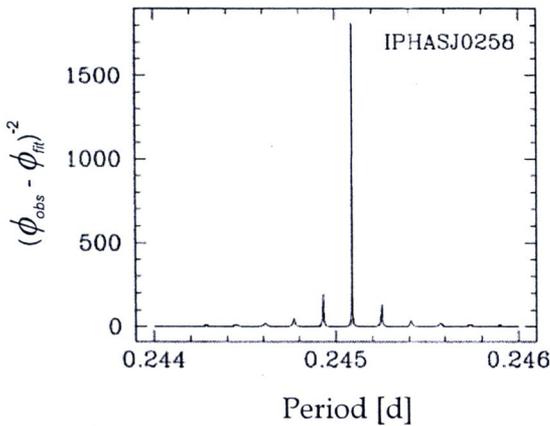
รูปที่ 4.12 สองช่องด้านซ้ายมือ: กราฟแสงที่นำมารวมกันแล้วของ IPHAS J0258 ที่ folded บนคาบการโคจร 5.8 ชั่วโมง สองช่องด้านขวามือ: กราฟแสงที่นำมารวมกันแล้วของ IPHAS J0258 หลังการ detrended ความถี่ของการโคจรที่  $4.08 \text{ d}^{-1}$

เราวัดคาบการโคจรของ IPHAS J0258 เช่นเดียวกันกับ IPHAS J0130 โดยใช้ 17 minima ที่ได้จากการคำนวณตาม ephemeris

$$T_0 = \text{HJD}2454379.36394(81) + 0.2450942(6) \times E \quad (4.3)$$

กล่าวคือ  $P_{\text{orb}} = 5.882261(14)$  ชั่วโมง periodogram แสดงในรูปที่ 4.13 และค่า O-C นั้นแสดงดังตารางที่ 2

ตลอดช่วงการสังเกตการณ์ของเรา ค่าเฉลี่ยของแมกนิจูดนอกบริเวณอุปราคาของ IPHAS J0258 มีค่าเป็น  $V = 13.3$  ซึ่งสอดคล้องกับแมกนิจูดจาก USNO-A2.0 การขาดแคลนของการแปรแสงในระยะยาวชี้ให้เห็นว่า IPHAS J0258 เป็น novalike variable candidate



รูปที่ 4.13 periodogram ของ IPHAS J0258

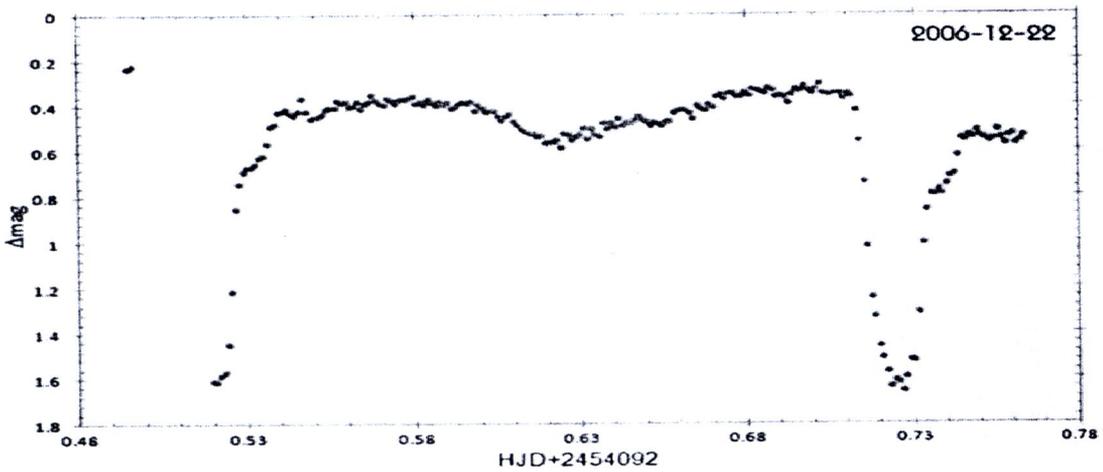
ตารางที่ 4.2 Eclipse minimum และ O-C ของ IPHAS J0258

Date	Eclipse minima (HJD)	Cycle	O - C (s)
<b>IPHAS J0258</b>			
2007 Oct 05	2454379.365104	0	101
2007 Oct 06	2454379.608729	1	-26
2007 Oct 13	2454387.451053	33	-86
2008 Sep 26	2454736.466507	1457	26
2008 Oct 04	2454743.575474	1486	132
2008 Oct 04	2454743.817825	1487	-105
2008 Oct 05	2454744.553807	1490	-44
2008 Oct 05	2454744.800607	1491	103
2008 Oct 09	2454749.459188	1510	258
2008 Oct 12	2454749.700849	1511	-39
2008 Oct 12	2454752.397702	1522	32
2008 Oct 17	2454757.298526	1542	-60
2008 Oct 18	2454757.541174	1543	-271
2008 Oct 18	2454758.278857	1546	-64
2008 Oct 19	2454758.525603	1547	79
2008 Oct 19	2454759.259778	1550	-17
2008 Oct 20	2454759.504827	1551	-21

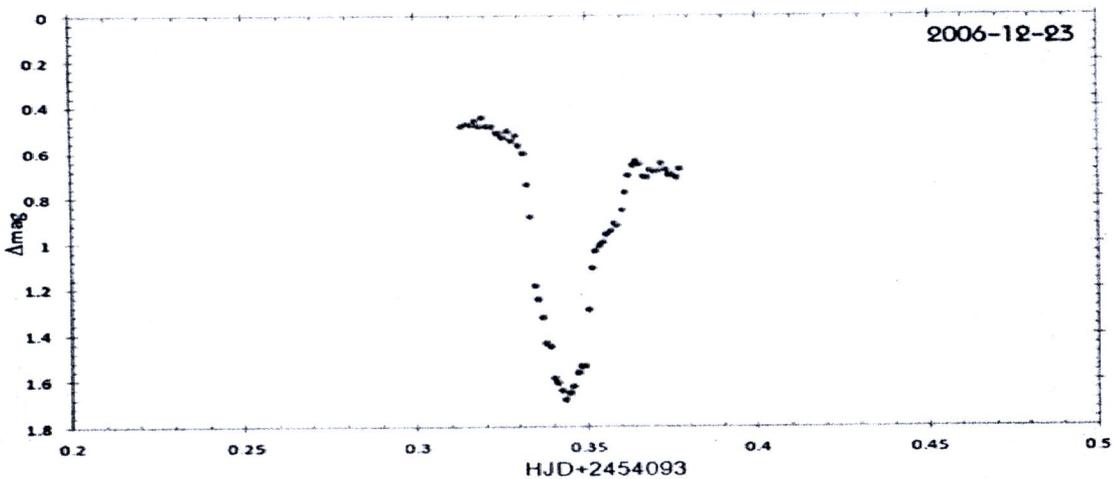
## 4.5 IPHAS J0518

### 4.5.1 กราฟแสงของ IPHAS J0518

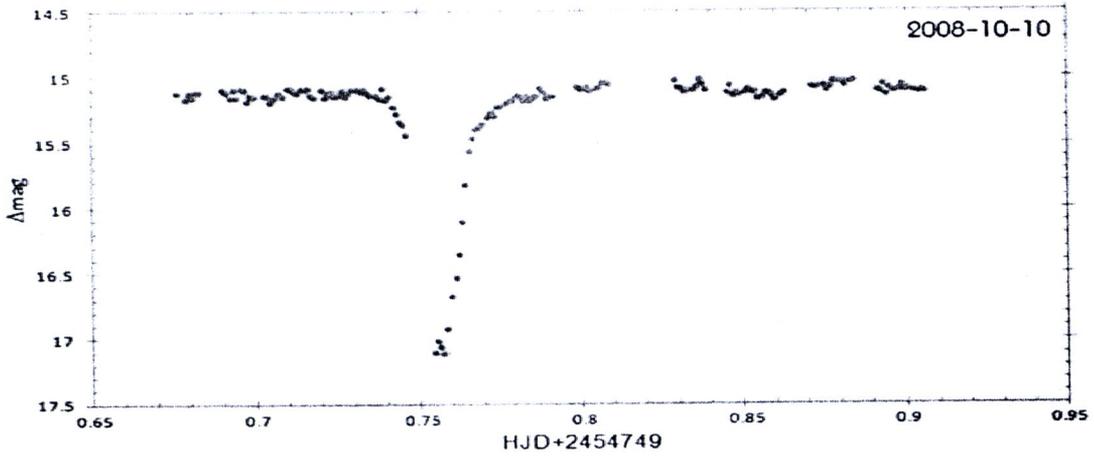
กราฟแสงที่ได้ในวันที่ 22 และ 23 ธันวาคม ค.ศ. 2006 (รูปที่ 4.14 - 4.15) ในช่วงการบังกันแบบปฐมภูมิ ความสว่างลดลงประมาณ 1.4 แมกนิจูด และการบังกันแบบทุติยภูมิ ความสว่างลดลงประมาณ 0.2 แมกนิจูด ส่วนกราฟแสงนอกช่วงอุปราคา มีความสว่างค่อนข้างคงที่ จุดเด่นของกราฟแสงในสองข้างต้นนี้ คือการบังกันแบบปฐมภูมิ กราฟแสงที่ได้ไม่สมมาตรนี้แสดงถึงโครงสร้างของ accretion disc



รูปที่ 4.14 กราฟแสงของ IPHAS J0518 ในวันที่ 22 ธันวาคม ค.ศ. 2006

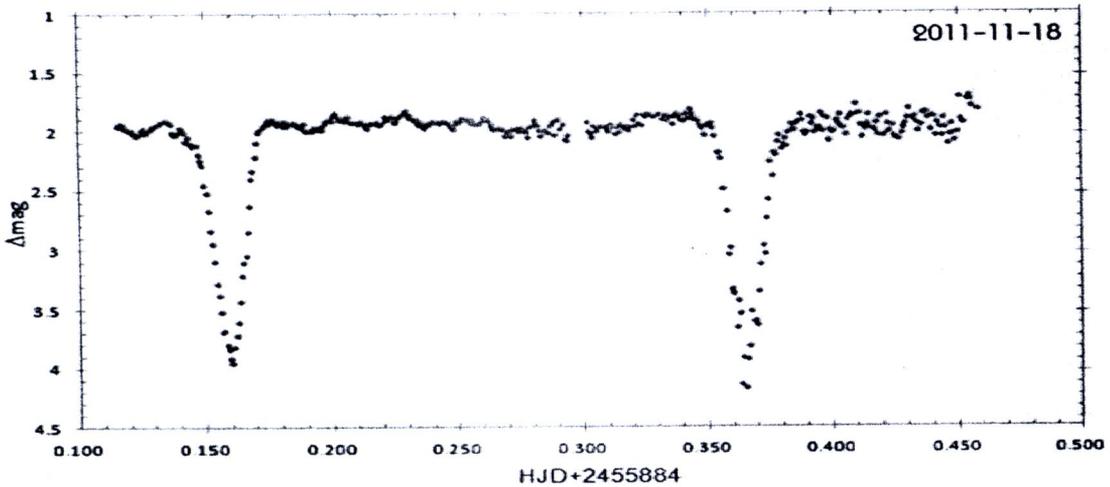


รูปที่ 4.15 กราฟแสงของ IPHAS J0518 ในวันที่ 23 ธันวาคม ค.ศ. 2006

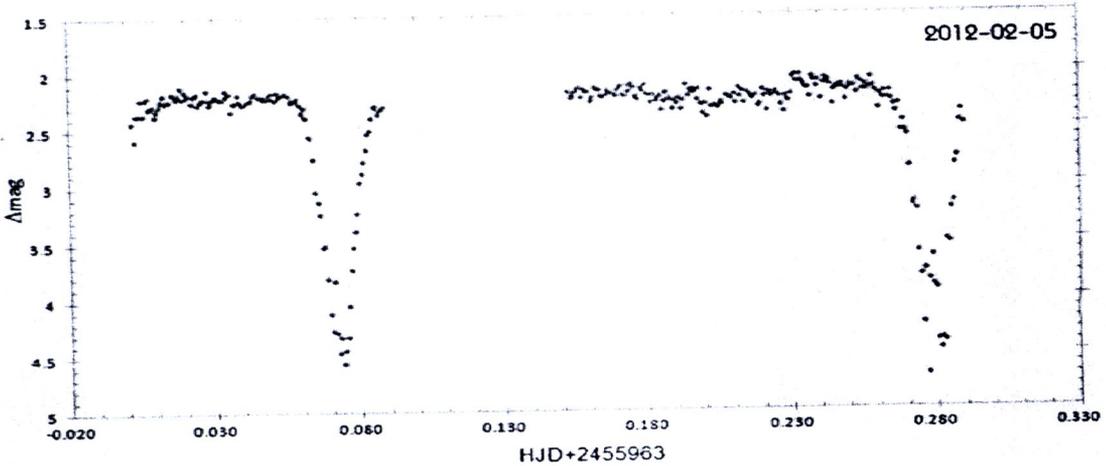


รูปที่ 4.16 กราฟแสงของ IPHAS J0518 ในวันที่ 10 ตุลาคม ค.ศ. 2008

กราฟแสงของ IPHAS J0518 ในวันที่ 10 ตุลาคม ค.ศ. 2008 (รูปที่ 4.16) แสดงความแตกต่างจากกราฟแสงในวันที่ 22 และ 23 ธันวาคม ค.ศ. 2006 โดยกราฟแสงในช่วงการบังกันปฐมภูมิ ความสว่างลดลงประมาณ 2.0 แมกนิจูด ส่วนการบังกันแบบทุติยภูมิ ไม่สามารถสังเกตการลดลงของแสงได้อย่างชัดเจน และที่แตกต่างอย่างมากคือ กราฟแสงในช่วงการบังกันแบบปฐมภูมิ สมมาตรเป็นรูปตัววี และไม่พบโครงสร้างของ accretion disc



รูปที่ 4.17 กราฟแสงของ IPHAS J0518 ในวันที่ 18 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011

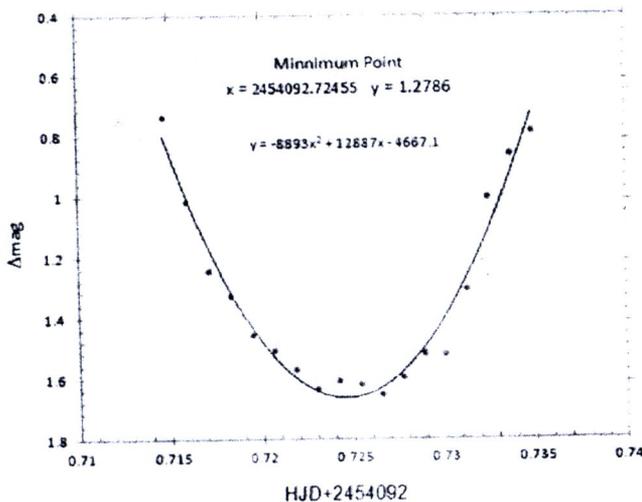


รูปที่ 4.18 กราฟแสงของ IPHAS J0518 ในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012

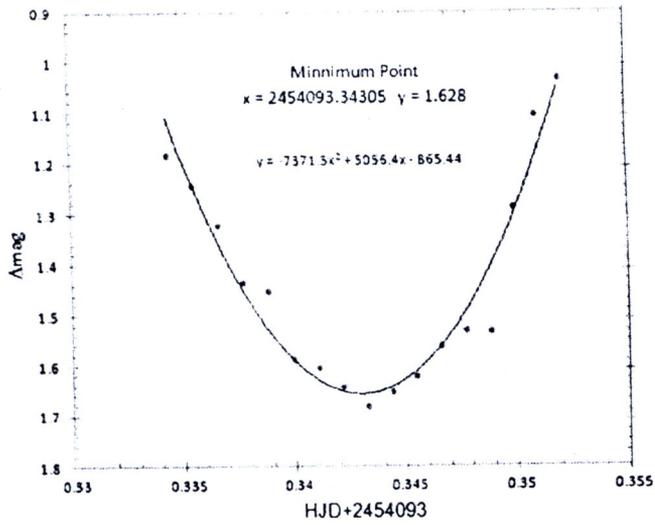
กราฟแสงของ IPHAS J0518 วันที่ 18 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011 และวันที่ 5 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012 (รูปที่ 4.17 - 4.18) แสดงลักษณะคล้ายกับกราฟแสงในวันที่ 10 ตุลาคม ค.ศ. 2008 แต่ในช่วงการบังกันแบบปรมุขุมิความสว่างจะลดลงมากกว่า ซึ่งมีค่าลดลงประมาณ 2.3 แมกนิจูด

#### 4.5.2 การวิเคราะห์ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด

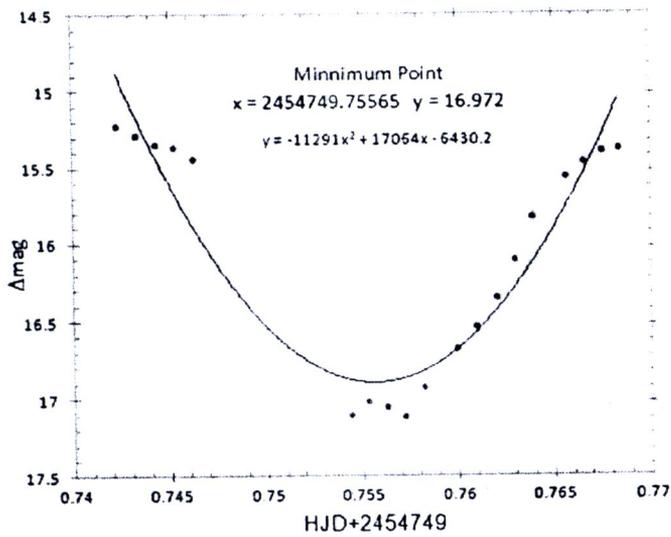
จากกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ IPHAS J0518 สามารถนำกราฟแสงมาวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of minimum) จากการใช้กระบวนการ Quadratic Polynomial Fitting Method โดยนำส่วนหนึ่งของกราฟแสงในช่วงเวลาที่เกิดจุดต่ำสุดมาพิตกับสมการ Quadratic Polynomial แล้วทำการแก้สมการเพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด รูปที่ 4.19 - 4.23 แสดงการพิตกับสมการ Quadratic Polynomial ในช่วงที่แสงน้อยที่สุดในวันและช่วงเวลาต่างๆ



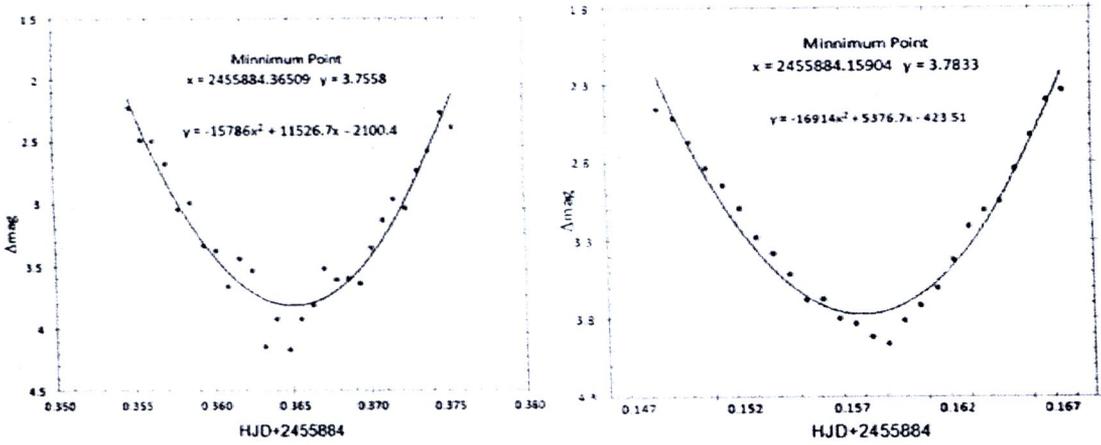
รูปที่ 4.19 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดในวันที่ 22 ธันวาคม ค.ศ. 2006



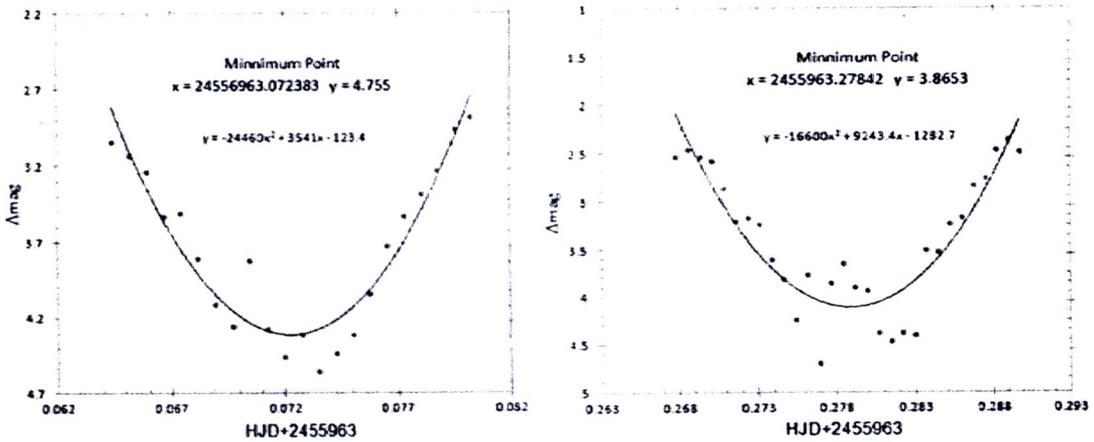
รูปที่ 4.20 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุด ในวันที่ 23 ธันวาคม ค.ศ. 2006



รูปที่ 4.21 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุด ในวันที่ 10 ตุลาคม ค.ศ. 2008



รูปที่ 4.22 (ก) การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุด ในวันที่ 18 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011 ช่วงที่ 1  
 (ข) การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุด ในวันที่ 18 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011 ช่วงที่ 2



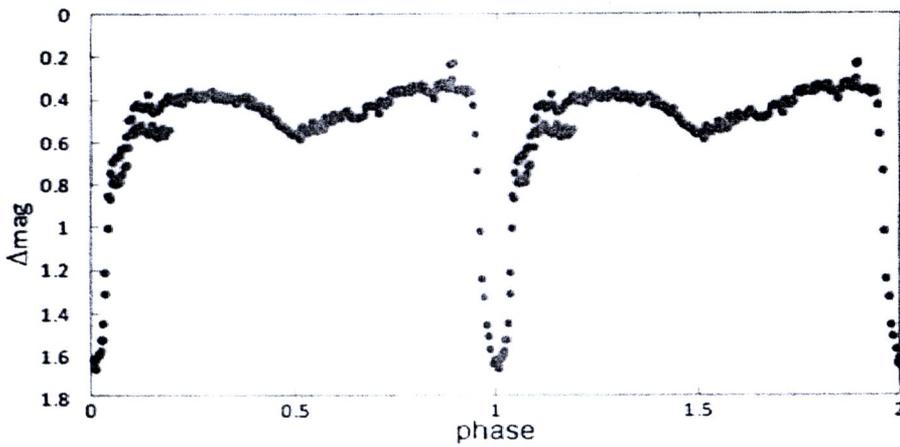
รูปที่ 4.23 (ก) การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุด ในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012 ช่วงที่ 1  
 (ข) การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุด ในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012 ช่วงที่ 2

ตาราง 4.3 ตารางแสดงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในวันต่าง ๆ ของ IPHAS J0518

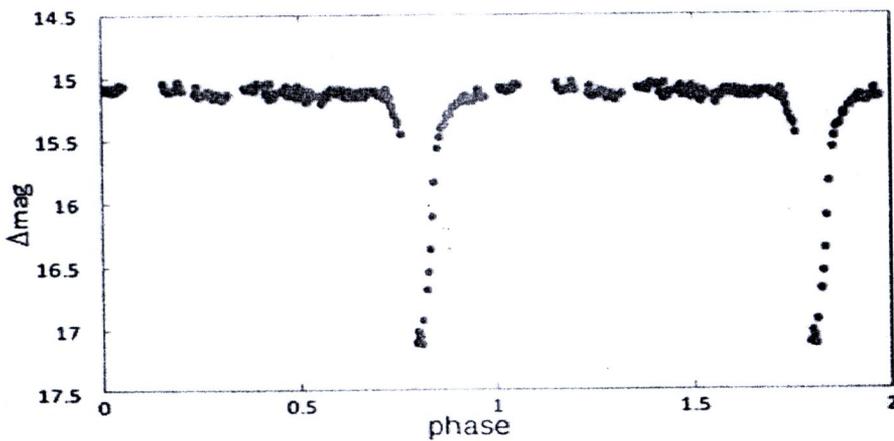
วันที่	ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (HJD)
22 ธันวาคม ค.ศ. 2006	2454092.72455
23 ธันวาคม ค.ศ. 2006	2454093.34305
10 ตุลาคม ค.ศ. 2008	245479.75365
18 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011	2455884.15904
18 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011	2455884.36509
5 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012	2455963.072383
5 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012	2455963.27842

### 4.5.3 การวิเคราะห์คาบการโคจร

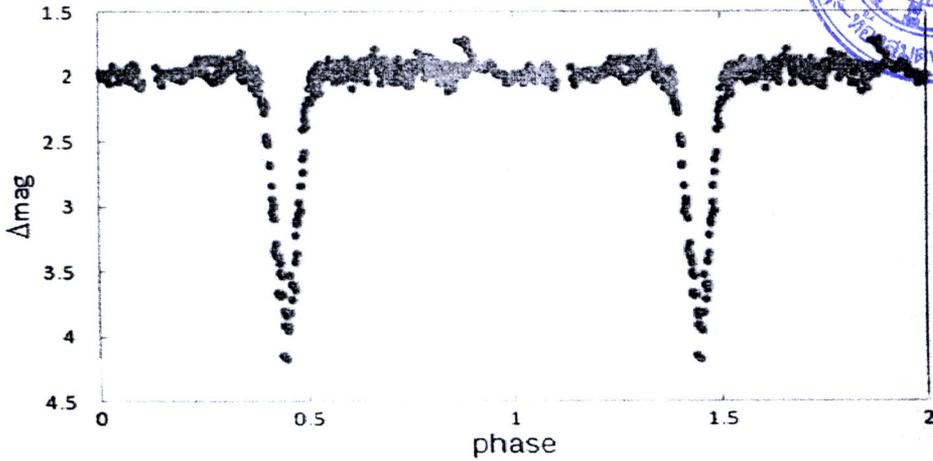
เราสามารถหาคาบการโคจรของระบบได้จากระยะห่างระหว่างการบังกันแบบปฐมภูมิที่เกิดติดกันไป ซึ่งในที่นี้คือค่าต่ำสุดของกราฟแสงที่อยู่ติดกัน จากการเก็บข้อมูลและกราฟแสงที่เราได้มีกราฟที่แสดงค่าต่ำสุดสองครั้งที่ติดกันคือ วันที่ 18 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011 โดยหาค่าต่ำสุดของแสงครั้งแรกได้ที่เวลา HJD 2455884.15904 และครั้งถัดไปได้ที่เวลา HJD 2455884.36509 ซึ่งหาคาบการโคจรได้ 0.20605 วัน กับวันที่ 5 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012 โดยหาค่าต่ำสุดของแสงครั้งแรกได้ที่เวลา HJD 2455963.072383 และครั้งถัดไปได้ที่เวลา HJD 2455963.27842 ซึ่งหาคาบการโคจรได้ 0.206037 วัน ซึ่งทำการเฉลี่ยคาบการโคจรทั้งสองเข้าด้วยกัน ประมาณได้ 0.2060435 วัน หรือประมาณ 4.945044 ชั่วโมง



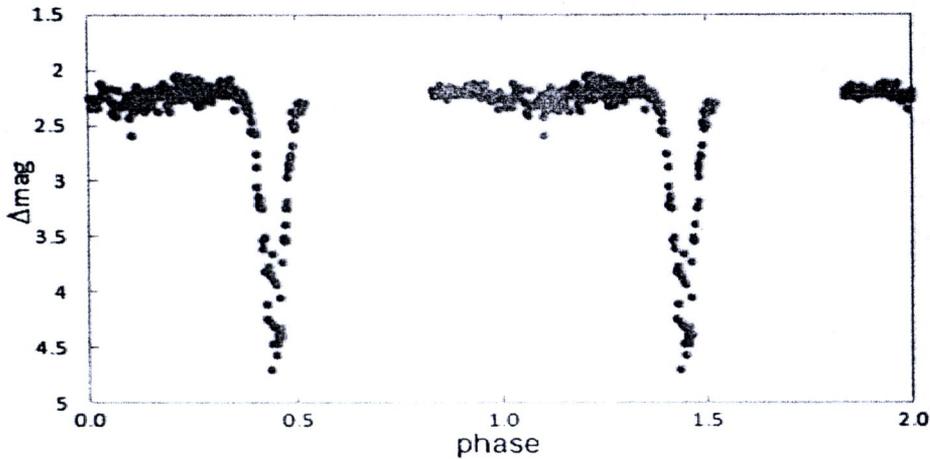
รูปที่ 4.24 กราฟแสงในรูปเฟสของการโคจรของวันที่ 22 ธันวาคม ค.ศ. 2006



รูปที่ 4.25 กราฟแสงในรูปเฟสของการโคจรของวันที่ 10 ตุลาคม ค.ศ. 2008



รูปที่ 4.26 กราฟแสงในรูปเฟสของการโคจรของวันที่ 18 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011

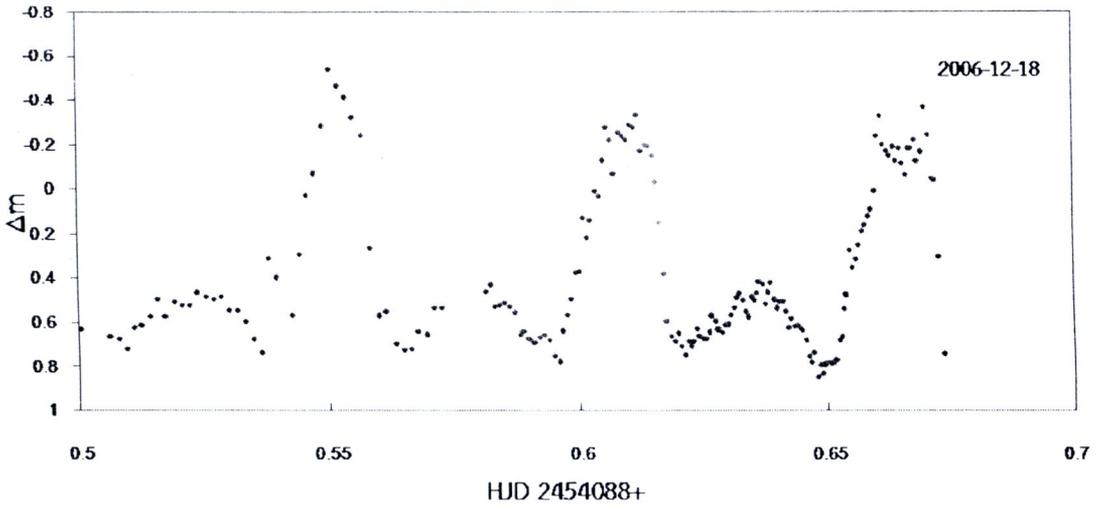


รูปที่ 4.27 กราฟแสงในรูปเฟสของการโคจรของวันที่ 5 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012

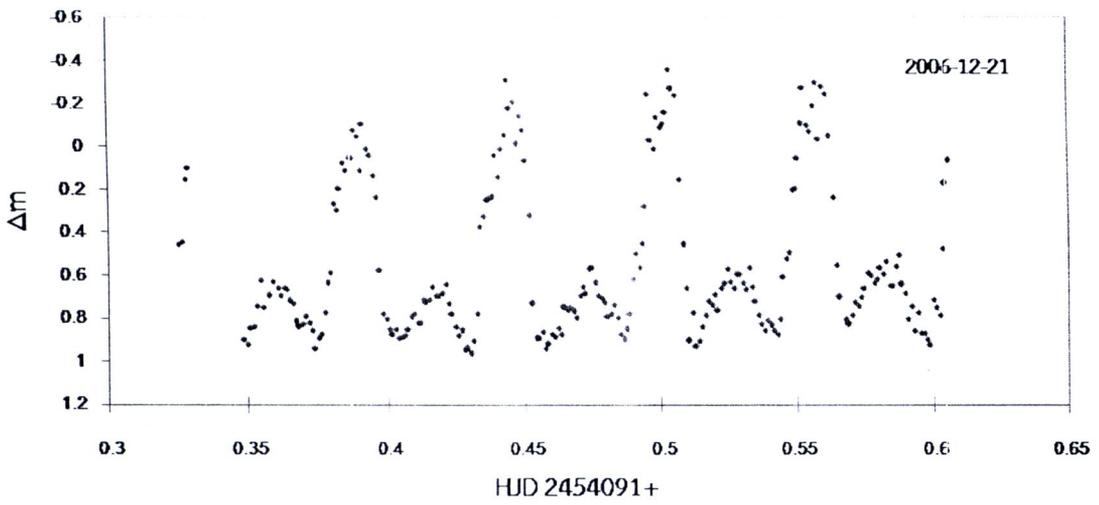
#### 4.6 IPHAS0528

##### 4.6.1 กราฟแสงของ IPHAS J0528

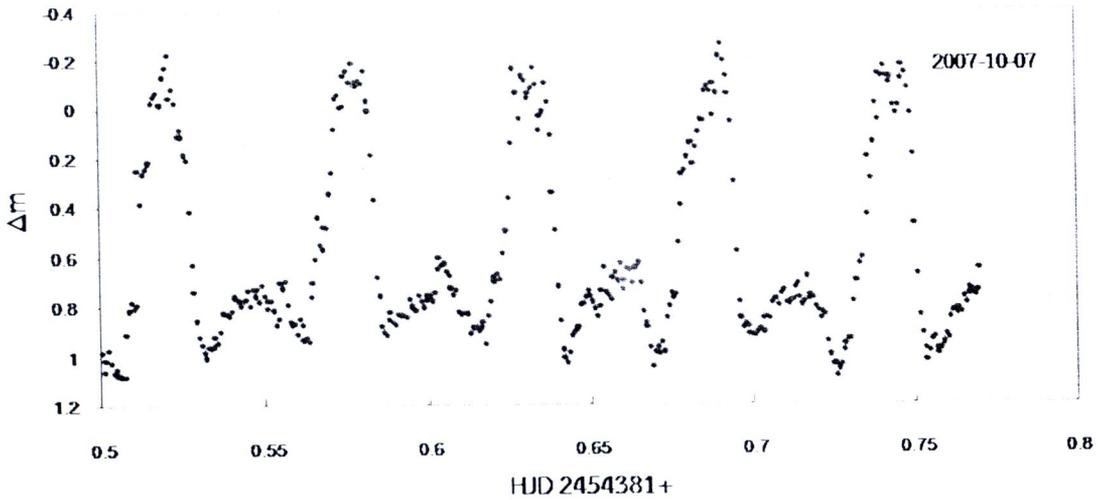
กราฟแสงของ IPHAS J0528 ที่ได้จากการสังเกตตลอดทั้งคืน (รูปที่ 4.28 – 4.31) แสดงให้เห็นถึงการแปรค่าความสว่างประมาณ 1.2 แมกนิจูด อันเนื่องมาจากวงโคจรของระบบ ซึ่งมีแนวโน้มการแปรค่าความสว่างอย่างเป็นคาบทุกๆ ประมาณ 80 นาที แสดงให้เห็นว่า IPHAS J0528 เป็น CV ที่มีคาบการโคจรสั้น นอกจากนี้กราฟแสงของ IPHAS J0528 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการแปรแสงที่คล้ายกับ SDSS J0854 +3905 ซึ่งเป็น CVs ที่มีสนามแม่เหล็กความเข้มสูง หรือ Polar (Dhillon 2008) กล่าวคือ พบการแปรแสงอย่างรุนแรง อันเนื่องมาจาก cyclotron beaming จาก accretion column ใกล้ขั้วของดาวแคระขาว และบางส่วนของ accretion region ถูกบังโดย การหมุนรอบตัวเองของดาวแคระขาว ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ AM Her (Gänsicke และคณะ 2001)



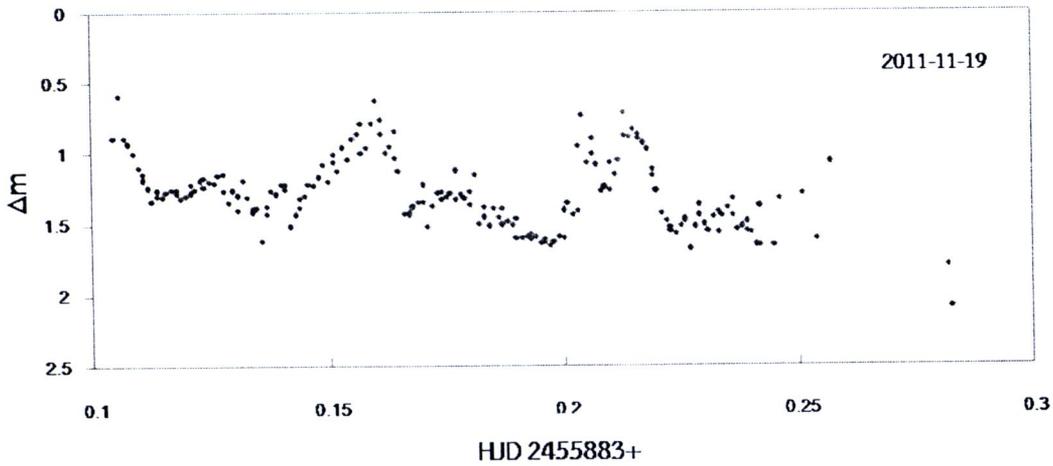
รูปที่ 4.28 กราฟแสงของ IPHAS J0528 ในวันที่ 18 ธันวาคม ค.ศ. 2005



รูปที่ 4.29 กราฟแสงของ IPHAS J0528 ในวันที่ 21 ธันวาคม ค.ศ. 2005



รูปที่ 4.30 กราฟแสงของ IPHAS J0528 ในวันที่ 7 ตุลาคม ค.ศ. 2006

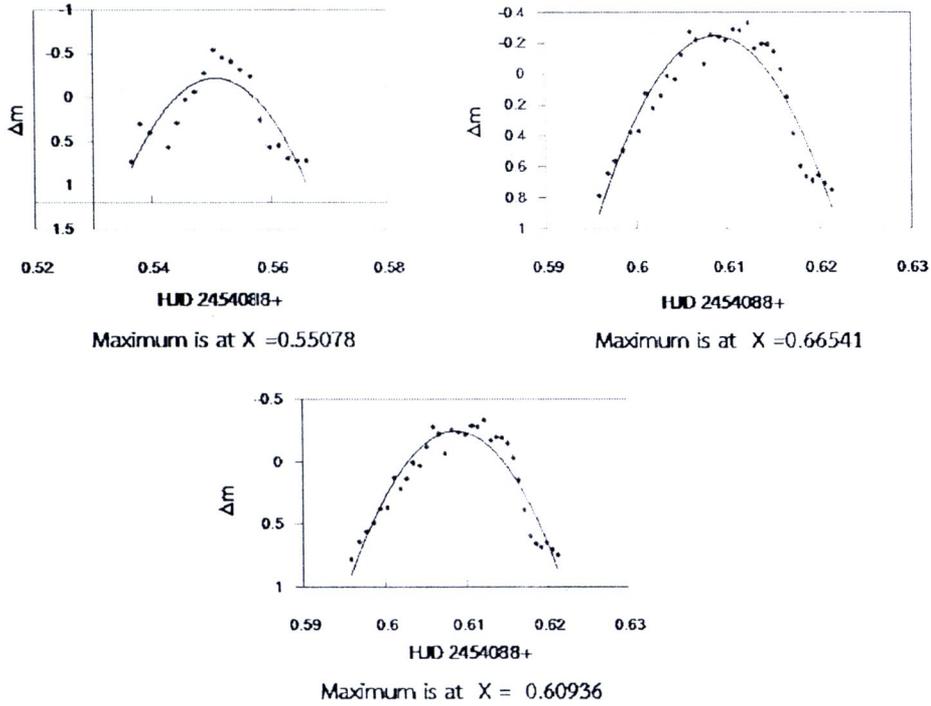


รูปที่ 4.31 กราฟแสงของ IPHAS J0528 ในวันที่ 19 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011

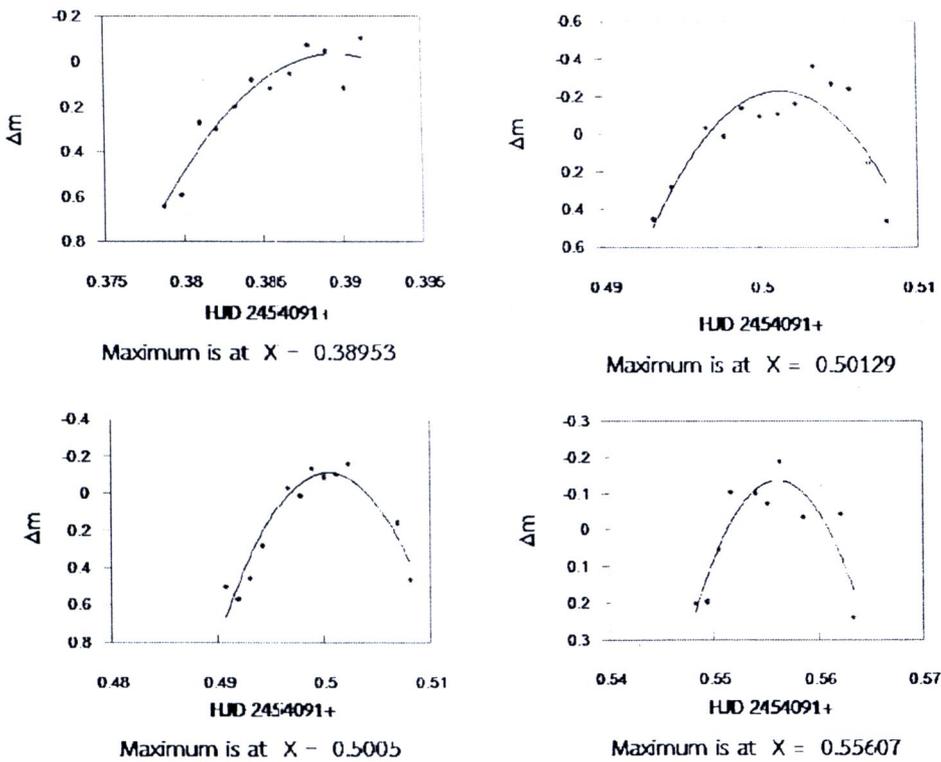
จากรูปที่ 4.31 กราฟแสงของ IPHAS J0528 ในวันที่ 19 พฤศจิกายน ค.ศ. 2011 นั้นมีโครงสร้างที่คล้ายกับกราฟแสงในปี ค.ศ. 2005 - 2006 ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นโครงสร้างของ cyclotron beaming และบางส่วนของ accretion region ที่ถูกบังโดยดาวแคระขาว

#### 4.6.2 การวิเคราะห์คาบการโคจร

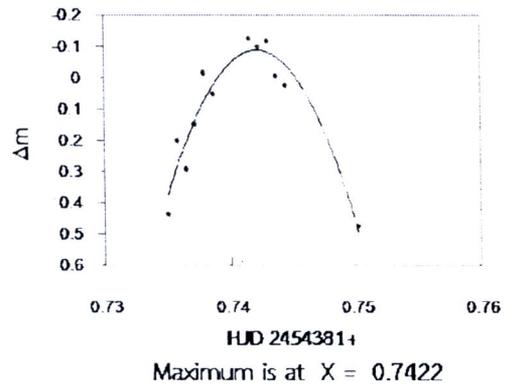
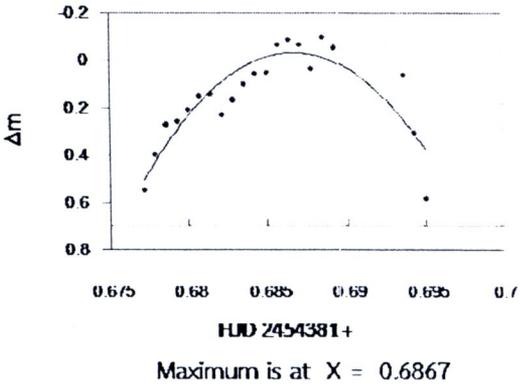
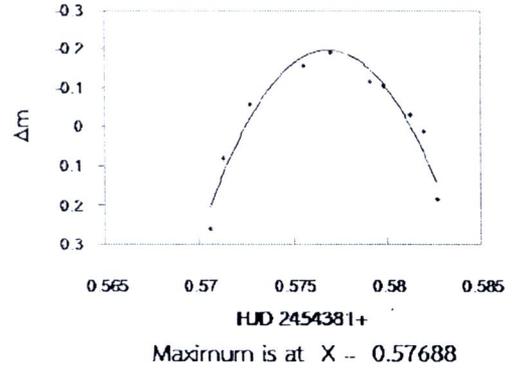
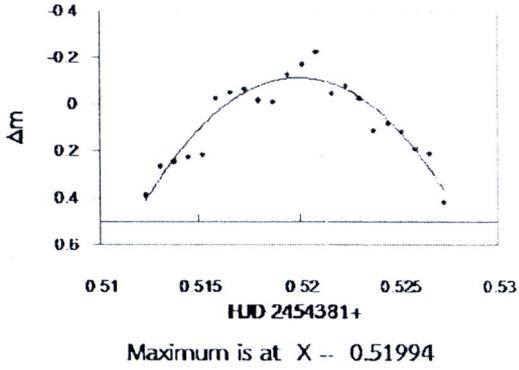
เนื่องจากกราฟแสงของ IPHAS J0528 แสดงแนวโน้มการแปรค่าความสว่างอย่างเป็นคาบประมาณ 80 นาที ดังนั้นเพื่อที่จะวัดคาบการโคจรที่แท้จริงของระบบ เราใช้กระบวนการ Quadratic Polynomial Fitting Method โดยนำส่วนหนึ่งของกราฟแสงในช่วงเวลาที่เกิดจุดสูงสุดมาพิตกับสมการ Quadratic Polynomial แล้วทำการแก้สมการเพื่อหาค่าเวลาที่แสงมากที่สุด รูปที่ 4.32 - 4.35 แสดงการพิตกับสมการ Quadratic Polynomial ในช่วงที่แสงมีค่ามากที่สุดในวันและช่วงเวลาต่างๆ



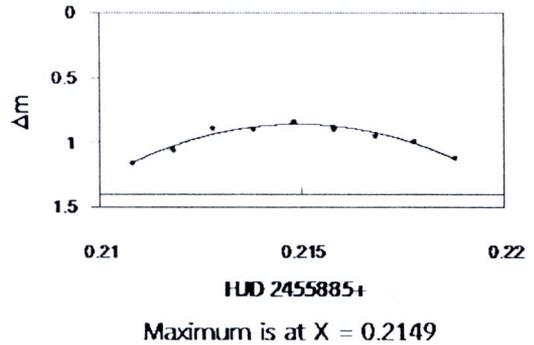
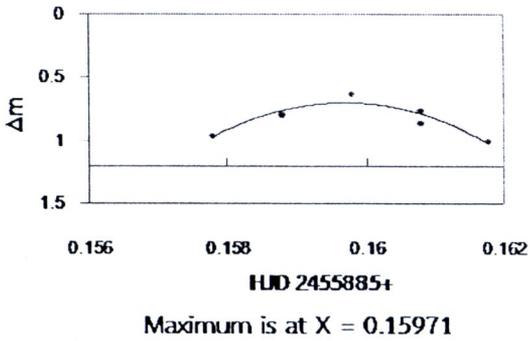
รูปที่ 4.32 การหาค่าเวลาของแสงที่มีค่ามากที่สุด ในวันที่ 18 ธันวาคม 2548



รูปที่ 4.33 การหาค่าเวลาของแสงที่มีค่ามากที่สุด ในวันที่ 21 ธันวาคม 2548



รูปที่ 4.34 การหาค่าเวลาของแสงที่ค่ามากที่สุด ในวันที่ 7 ตุลาคม 2549

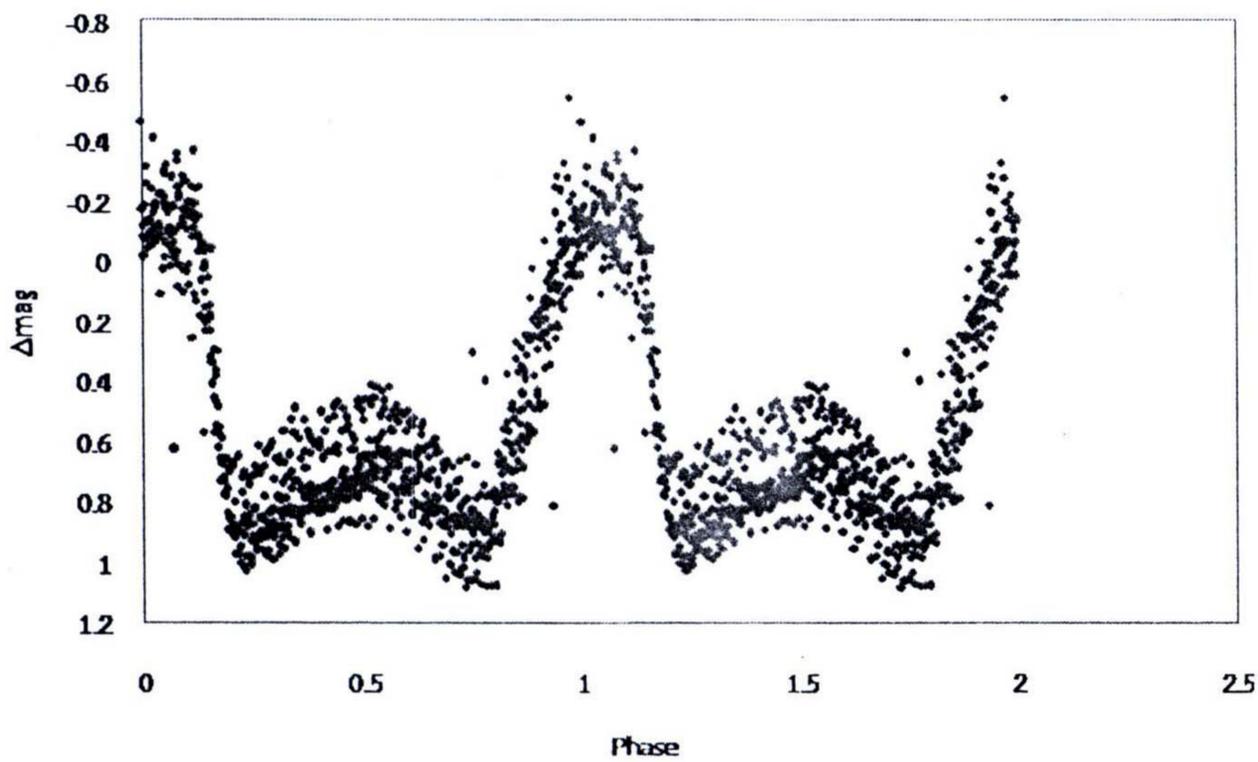


รูปที่ 4.35 การหาค่าเวลาของแสงที่ค่ามากที่สุด ในวันที่ 19 พฤศจิกายน 2554

#### 4.4 ตารางค่าเวลาที่แสงมีค่ามากที่สุด (HJD)

วัน/เดือน/ปี	ตารางค่าเวลาที่แสงมีค่ามากที่สุด (HJD)	ผลต่างของค่าสูงสุด ( $\Delta Y_{max}$ )
18 ธันวาคม 2548	2454088.55078	$X_2 - X_1 = 0.05858$
	2454088.60936	$X_3 - X_2 = 0.05605$
	2454088.66541	
21 ธันวาคม 2548	2454091.38953	$X_2 - X_1 = 0.05588$
	2454091.50129	$X_4 - X_3 = 0.05557$
	2454091.5005	
	2454091.55607	
7 ตุลาคม 2549	2454381.51994	$X_2 - X_1 = 0.05694$
	2454381.57688	$X_4 - X_3 = 0.0553$
	2454381.6867	
	2454381.7422	
19 พฤศจิกายน 2554	2455885.15971	$X_2 - X_1 = 0.05519$
	2455885.2149	

จากข้อมูลในตาราง 4.4 พบว่า IPHAS J0528 มีคาบการโคจร 80.95 นาที



รูปที่ 4.36 ข้อมูลทั้งหมด plot ในรูปของเฟสการโคจร

รูปที่ 4.36 แสดงข้อมูลทางโฟโตเมตรีของ IPHAS J0528 ที่ได้จากการสังเกตการณ์ตลอดคืนทั้งหมด สร้างขึ้นโดยการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของเฟสของการโคจรที่มีคาบการโคจร 80.95 นาที จะเห็นได้ว่าข้อมูลทั้งหมดนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ในแต่ละคืนเป็นอย่างดี