

บทที่ 3

การสังเกตการณ์และการรีดิวซ์ข้อมูล

3.1 การสังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรี

เราเก็บข้อมูลอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรีของ CVs ทั้ง 6 ดวง ได้แก่ HS 1316, RXJ0315, IPHAS J0130, IPHAS J0258, IPHAS J0518 และ IPHAS J0528 โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ทั้งหมดจำนวน 7 ตัว ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. หอสังเกตการณ์ **Kryoneri Observatory** ใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 1.2 เมตร (ในตารางใช้ตัวย่อเป็น KY) ต่อเข้ากับซีซีดี รุ่น SI-502 ขนาดภาพ 516x516 พิกเซล สังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรีของ RXJ0315 โดยไม่ใช้แผ่นกรองแสง ในเดือนตุลาคม ค.ศ.2002

2. หอสังเกตการณ์ **Observatorio del Teide** ใช้กล้องโทรทรรศน์ Optical Ground Station ขนาด 1.2 เมตร (ในตารางใช้ตัวย่อเป็น OGS) และกล้องโทรทรรศน์ IAC80 ขนาด 0.82 เมตร (ในตารางใช้ตัวย่อเป็น IAC80) ต่อเข้ากับ Thomson ซีซีดี ขนาดภาพ 1000 x 1000 พิกเซล สังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรี RXJ0315 ในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ.2003

3. หอสังเกตการณ์ **Fred Lawrence Whipple Observatory** ใช้กล้องโทรทรรศน์ ขนาด 1.2 เมตร (ในตารางใช้ตัวย่อเป็น Whipple) ต่อเข้ากับซีซีดี ใช้ขนาดภาพ 2048 x 2048 พิกเซล สังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรี HS 1316 ในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2004

4. หอสังเกตการณ์ **Roque de los Muchachos** บนเกาะ La Palma ใช้กล้องโทรทรรศน์ Mercator ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร (ในตารางใช้ตัวย่อเป็น Mercator) ต่อเข้ากับซีซีดี MEROPE ขนาดภาพ 2k x 2k พิกเซล สังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรี IPHAS J0518 ในเดือนธันวาคม ค.ศ. 2006 และเดือนตุลาคม ค.ศ. 2008

5. หอสังเกตการณ์ **Tuorla Observatory** ใช้กล้องโทรทรรศน์ ขนาด 0.7 เมตร (ในตารางใช้ตัวย่อเป็น Tuorla) ต่อเข้ากับซีซีดี SBIG ST-8 สังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรี HS 1316 ในเดือนมกราคม ค.ศ. 2003

6. กล้องโทรทรรศน์ ขนาด 0.5 เมตร ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ตั้งอยู่ ณ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ (ในตารางใช้ตัวย่อเป็น NARIT) สังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรี IPHAS J0518 ในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 2011 และเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 2012

3.2 ขั้นตอนการสังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรี

ก่อนการสังเกตการณ์เชิงอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรีในแต่ละคืน เราจำเป็นต้องทำการถ่ายไบแอสเฟรม (bias frames), ดาร์กเฟรม (dark frames) และแฟลตฟิลด์เฟรม (flat-field frames) เพื่อนำไปใช้ในการรีดิวซ์ภาพถ่ายของวัตถุ (science frame) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ถ่ายไบแอสเฟรม โดยใช้เวลาในการถ่าย 0 วินาที พร้อมกับปิดชัตเตอร์ จำนวน 10 ภาพ
2. ถ่ายดาร์กเฟรม โดยใช้เวลาในการถ่ายเท่ากับเวลาที่ใช้ในการถ่ายวัตถุ พร้อมกับปิดชัตเตอร์ จำนวน 10 ภาพ
3. ถ่ายแฟลตฟิลด์เฟรม ในช่วงเวลาขณะที่ดวงอาทิตย์กำลังจะลับขอบฟ้าหรือขึ้นจากขอบฟ้า (twilight) จำนวน 10 ภาพ
4. ถ่ายภาพของวัตถุที่ต้องการสังเกตอย่างต่อเนื่อง ใช้เวลาในการเปิดหน้ากล้องประมาณ 5-100 วินาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ขนาดของกล้องโทรทรรศน์และอุปกรณ์ และรวมไปถึงความสว่างของวัตถุ

ตาราง 3.1 ตารางการสังเกตการณ์

ปี ค.ศ.-เดือน-วัน	เวลา (UT)	กล้อง โทรทรรศน์	แผ่นกรองแสง/ เกรตติง	เวลาที่เปิด หน้ากล้อง (วินาที)	จำนวน (ภาพ)
HS 1316					
2003-01-03		Tuorla	Clear	40-90	104
2003-01-04		Tuorla	Clear	120	82
2003-01-05		Tuorla	Clear	60-150	96
2003-04-07		CA22	G100	600	1
2003-04-22		INT	R632V	600	1
2003-04-23		INT	R632V	600	6
2003-04-24		INT	R632V	600	6
2003-04-25		INT	R632V	600	6
2003-04-26		INT	R632V	600	6
2003-04-28		INT	R632V	600	6
2003-05-19		INT	R632V	600	6
2004-03-01		CA35	T05/T06	600	9
2004-03-02		CA35	T05/T06	600	7
2004-03-04		CA35	T05/T06	600	7
2004-03-28		HST/STIS	G140L	3600	1
2004-05-02		Whipple	I	20	250
2004-05-22		APO		600	3

ตาราง 3.1 (ต่อ)

ปี ค.ศ.-เดือน-วัน	เวลา (UT)	กล้อง โทรทรรศน์	แผ่นกรองแสง/ เกรตติง	เวลาที่เปิด หน้ากล้อง (วินาที)	จำนวน (ภาพ)
HS 1316 (ต่อ)					
2004-07-15		McD	#43	600	2
2004-07-16		McD	#43	600	2
2004-07-17		McD	#43	600	2
2004-07-18		McD	#43	600	1
2004-07-19		McD	#43	600	1
2004-07-21		CA22	G100	600	2
2004-07-22		CA22	G100	600	2
2004-07-24		CA22	G100	600	2
2004-08-08		CA22	G100	600	1
2004-08-09		CA22	G100	600	1
2004-08-10		CA22	G100	600	1
2004-08-11		CA22	G100	600	1
2005-05-22		WHT	R600B/R316R	600	3
2005-05-23		WHT	R600B/R316R	600	3
2005-05-24		WHT	R600B/R316R	600	3
2005-05-25		WHT	R600B/R316R	600	1
2005-07-09		WHT	R600B/R316R	600	1
2005-07-10		WHT	R600B/R316R	600	1
2005-07-11		WHT	R600B/R316R	600	1
2005-07-12		WHT	R600B/R316R	600	1
2005-07-13		WHT	R600B/R316R	600	1
2006-02-02		WHT	B300	600	1
2006-02-03		WHT	R1200	600	1
2006-02-04		WHT	R1200	600	1
2006-02-05		WHT	R600	600	1
2006-07-02		WHT	R600B/R316R	600	1



ตาราง 3.1 (ต่อ)

ปี ค.ศ.-เดือน-วัน	เวลา (UT)	กล้อง โทรทรรศน์	แผ่นกรองแสง/ เกรตติง	เวลาที่เปิด หน้ากล้อง (วินาที)	จำนวน (ภาพ)
HS1316 (ต่อ)					
2006-07-03		WHT	R600B/R316R	600	1
2006-07-04		WHT	R600B/R316R	600	1
2006-07-05		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-06-18		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-06-19		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-06-20		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-06-21		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-06-23		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-07-22		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-07-23		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-07-24		WHT	R600B/R316R	600	1
2007-07-25		WHT	R600B/R316R	600	1
RXJ0315					
2002-10-20	23:02-03:23	KY	clear	20	574
2002-10-21	22:57-02:47	KY	clear	20	500
2003-11-08	22:06-02:31	IAC80	R	70	127
2003-11-15	21:44-03:02	OGS	clear	10	1035
2003-11-17	01:07-02:44	OGS	clear	13	282
IPHAS J0130					
2006-12-22	19:42-21:22		clear	10	68
2007-10-04	20:15-06:12		clear	5-10	527
2007-10-14	19:48-22:42		clear	35-45	151
2008-09-28	22:29-03:54		clear		159



ตาราง 3.1 (ต่อ)

ปี ค.ศ.-เดือน-วัน	เวลา (UT)	กล้อง โทรทรรศน์	แผ่นกรองแสง/ เกรตติง	เวลาที่เปิด หน้ากล้อง (วินาที)	จำนวน (ภาพ)
IPHAS J0258					
2007-10-05	20:10-06:08		clear	10	449
2007-10-13	19:46-01:54		clear	4-7	675
2008-09-26	19:34-04:19		V		786
2008-10-01	19:09-19:25		clear		71
2008-10-03	23:39-09:23		clear		491
2008-10-04	23:45-09:26		V		229
2008-10-09	20:20-05:06		clear		860
2008-10-12	18:06-00:34		clear		938
2008-10-17	17:27-04:37		V		1636
2008-10-18	17:33-01:02		V		608
2008-10-19	17:23-04:17		V		880
IPHAS J0518					
2006-12-22		Mercator	clear		210
2006-12-23		Mercator	clear		58
2008-10-10		Mercator	clear		156
2011-11-18		NARIT	clear		438
2012-02-05		NARIT	clear		298
IPHAS J0528					
2005-12-18	22:45-02:30		clear	45	179
2005-12-21	22:50-03:30		clear	45	228
2006-10-10	21:30-04:30		clear	50	400
2011-11-17	21:30-04:20	NARIT	clear	50	358
2011-11-19	23:00-03:00	NARIT	clear	55	188

3.3 การรีดิวซ์ข้อมูล

การรีดิวซ์ข้อมูล (data reduction) คือการลบสัญญาณที่ไม่ต้องการออกจาก science frames/raw images หรือเป็นการทำให้ภาพ “สะอาด” ขึ้น ซึ่งสัญญาณที่ไม่ต้องการดังกล่าวนี้เกิดจากโครงสร้างของซีซีดี การรีดิวซ์ข้อมูลทางโฟโตเมตรีในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ดำเนินการในโปรแกรม MIDAS ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายทางดาราศาสตร์ขั้นสูง ผ่านชุดคำสั่งในโปรแกรมย่อยที่เขียนขึ้นโดย Gänsicke, B. T. (2004) ซึ่งการรีดิวซ์ข้อมูลทางโฟโตเมตรีมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การลบสัญญาณ bias (bias-subtraction)

โดยทั่วไปในซีซีดี มีสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ผู้ผลิตซีซีดี ใส่เพิ่มเข้าไปเพื่อหลีกเลี่ยงค่าที่เป็นลบในระหว่างการแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลในกระบวนการอ่านข้อมูลของ ซีซีดี (CCD readout) เราสามารถลบระดับของไบแอส (bias level) ออกจากภาพได้โดยการนำเอาค่าเฉลี่ยของไบแอสเฟรม (mean bias frame) ประมาณ 10 ภาพ มาลบออกจาก ภาพข้อมูล ซึ่งการถ่ายไบแอส เป็นการถ่ายภาพโดยการปิดชัตเตอร์และใช้เวลาในการถ่าย 0 วินาที หรือเป็นการอ่านค่าสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ในกระบวนการอ่านข้อมูลของซีซีดี

2. การลบ “กระแสมืด” (dark current-subtraction)

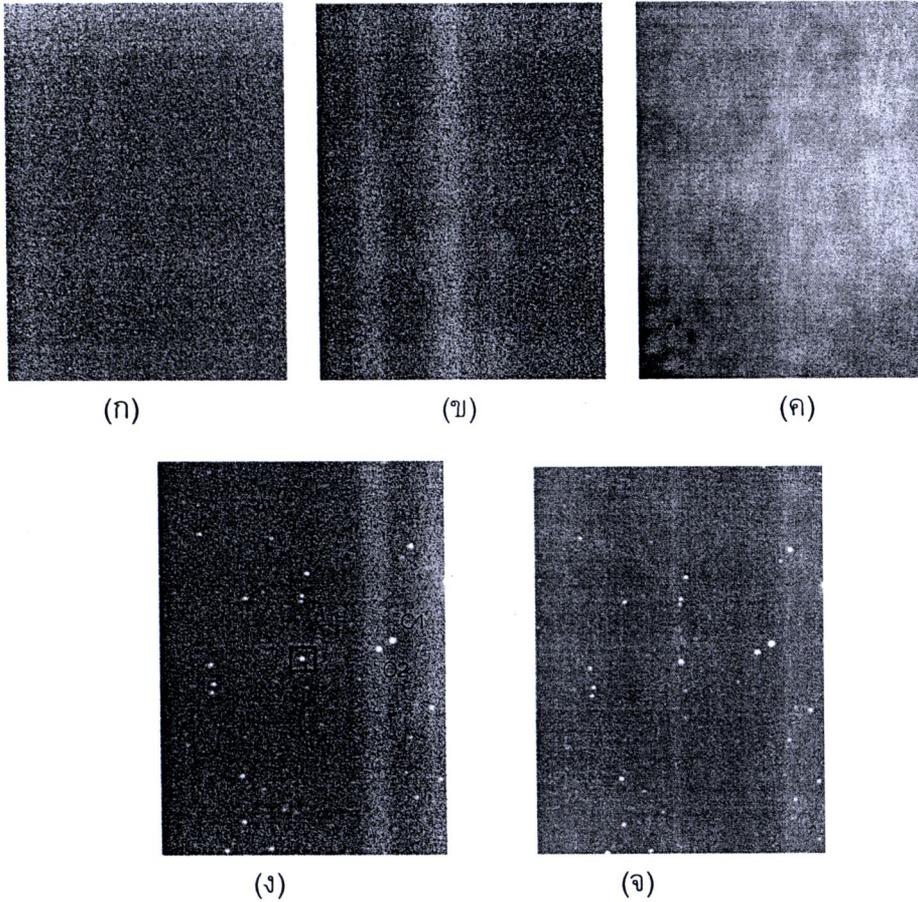
โดยทั่วไปในซีซีดี ที่ไม่มีการหล่อเย็นด้วยไนโตรเจนเหลวจะมีความร้อนเกิดขึ้นได้ง่าย อิเล็กตรอนที่เกิดจากความร้อนในซีซีดี เป็นสาเหตุให้เกิด “กระแสมืด” ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่ทำให้ภาพถ่ายซีซีดี “สกปรก” โดยที่จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดจากความร้อนในซีซีดี เป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลาที่ใช้ในการเปิดหน้ากล้องขณะทำการเก็บข้อมูล ดังนั้นเพื่อที่จะลบกระแสมืดออกไปเราต้องทำการถ่ายดาร์กเฟรม โดยการปิดชัตเตอร์ และใช้เวลาในการเปิดหน้ากล้องเท่ากับเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประมาณ 10 ภาพ เพื่อนำมาหาดาร์กเฟรมเฉลี่ย (mean dark frame) และนำภาพดังกล่าวไปลบออกจากภาพข้อมูล

3. การทำ flat-fielding

เนื่องจากซีซีดี แต่ละพิกเซล มีความไวต่อการรับแสงไม่เท่ากัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตซีซีดี หรืออาจเกิดจากการสะสมของฝุ่นบนกระจกและเลนส์ของกล้อง หรือในตัวซีซีดีเอง ในทางปฏิบัติเราสามารถ “ปรับ” ให้ซีซีดี แต่ละพิกเซลมีความสามารถในการรับแสงเท่ากันได้ โดยการถ่ายภาพบริเวณที่แสงมีการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอ เช่น ท้องฟ้า หรือ sky flat-field โดยใช้แผ่นกรองแสงหรือฟิลเตอร์เดียวกันกับการเก็บข้อมูล ประมาณ 10 ภาพ เพื่อหาแฟลตฟิลด์เฟรมเฉลี่ย (mean flat-field frame) และนำภาพดังกล่าวไปหารภาพข้อมูล ที่ลบระดับไบแอสและกระแสมืดเรียบร้อยแล้ว ตามสมการ (3.1)

$$\text{Reduced images} = \frac{\text{Raw images} - \text{mean bias} - \text{mean dark}}{\text{Mean flat fields}} \quad (3.1)$$

รูปที่ 3.1 (ก-ค) แสดงตัวอย่างของ mean bias frame, mean dark frame และ mean flat-field frame และรูปที่ 3.1 (ง-จ) แสดงตัวอย่างของภาพก่อน (raw image) และหลัง (reduced image) ผ่านกระบวนการรีดิวซ์ข้อมูล ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างภาพถ่าย CCD ชนิดต่าง ๆ จากกล้องโทรทรรศน์ขนาด 0.5 เมตร

- หมายเหตุ: (ก) mean bias frame ที่ได้จากการเฉลี่ย bias frames จำนวน 10 ภาพ
(ข) mean dark frame ที่ได้จากการเฉลี่ย dark frames จำนวน 10 ภาพ
(ค) mean flat-field frames ที่ได้จากการเฉลี่ย flat-field frame จำนวน 10 ภาพ
(ง) raw image ประกอบด้วย CV (สีเหลือง) ดาวเปรียบเทียบ (C1) และ ดาวตรวจสอบ (C2)
(จ) reduced image

3.4 การสร้างกราฟแสง

การจะนำข้อมูลทางดาราศาสตร์ที่อยู่ในภาพที่รีดิวซ์แล้วมาใช้ประโยชน์นั้น เราจำเป็นต้อง “สกัด” (extract) หรือวัดปริมาณแสงดาวแต่ละดวงที่อยู่ในภาพ หรือต้องทำโฟโตเมตรีของดาวแต่ละดวงนั่นเอง ปริมาณที่วัดได้จะอยู่ในรูปของแมกนิจูดเครื่องมือ (instrumental magnitude) ในการสร้างกราฟแสงของ CVs ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของดาว (แกน y) กับเวลา (แกน x) โดยทั่วไปอยู่ในรูปของวันจูเลียน (J.D.) วันจูเลียนศูนย์กลางสุริยะ (H.J.D.) ซึ่งคำนวณได้จากเฟสของวงโคจร เราจำเป็นต้องทำดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรี ซึ่งเป็นเทคนิคการวัดความสว่างของวัตถุเทียบกับความสว่างของดาวเปรียบเทียบ (C_1) และดาวตรวจสอบ (C_2) โดยผลที่ได้จะอยู่ในรูปของผลต่างแมกนิจูด (Δm) ตามสมการ (2.14)

ในการทำโฟโตเมตรีของดาวแต่ละดวงในภาพนั้นใช้โปรแกรม Bertin's SExtractor (1996) ขณะที่กระบวนการสร้างกราฟแสงทั้งหมดในงานวิจัยนี้ดำเนินการใน MIDAS

