



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

สมบัติของ cataclysmic variables ในระนาบกาแล็กติก

The global properties of the galactic population of
cataclysmic variables

โดย

อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

มิถุนายน 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

สมบัติของ cataclysmic variables ในระนาบกาแล็กติก

The global properties of the galactic population of
cataclysmic variables

โดย

อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา
และมหาวิทยาลัยนเรศวร

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Prof.Dr. Boris Gänsicke และ รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม สำหรับการ
ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดการทำวิจัย และขอขอบคุณ คุณวริศรา ชื่นอารมย์
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ช่วยกรุณาประสานงานให้เป็นอย่างดี

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5680152

ชื่อโครงการ: สมบัติของ cataclysmic variables ในระนาบกาแล็กติก

ชื่อนักวิจัย: ผศ.ดร. อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail Address: amornrata@nu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 3 มิถุนายน 2556 ถึง 2 มิถุนายน 2558

เรานำเสนอข้อมูลอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรีของ cataclysmic variables (CVs) ที่ค้นพบใหม่จากสมบัติทางการระเบิดใหญ่ซึ่งตรวจพบใน Catalina Real-Time Transient Survey (CRTS) จำนวน 39 ระบบ เราสามารถวัดคาบการโคจร (P_{orb}) และคาบ superhump (P_{sh}) ของ CVs เหล่านี้ได้ทั้งหมดจำนวน 22 ระบบ โดยเราค้นพบ CVs คาบการโคจรสั้น (P_{orb} หรือ $P_{sh} < 2$ ชั่วโมง) จำนวน 19 ระบบ ซึ่งในจำนวน 19 ระบบนี้มี CVs 3 ระบบ (CSS131207:082957-010201: $P_{sh} = 79.6$ นาที CSS140528:210624-160226: $P_{sh} = 78.62$ นาที และ CSS150316:124808-263958: $P_{sh} = 78.17$ นาที) วางตัวที่อยู่บริเวณคาบการโคจรที่น้อยที่สุด ($P_{min} = 75-80$ นาที) ก่อนที่ CVs จะมีวิวัฒนาการย้อนกลับไปในทางกลับในทางคาบการโคจรที่ยาวขึ้นตามแผนภาพวิวัฒนาการของ CVs นอกจากนี้เรายังค้นพบ CVs ที่มีคาบอยู่ในช่วง period gap (P_{orb} หรือ P_{sh} 2-3 ชั่วโมง) ซึ่งเป็น CVs ที่หายาก จำนวน 2 ระบบ (CSS140304:081408+090759: $P_{sh} = 144.56$ นาที หรือ $P_{sh} = 148.45$ นาที และ CSS140424:131640-200708: $P_{sh} = 124.39$ นาที) และ CVs คาบการโคจรยาว ($P_{orb} > 3$ ชั่วโมง) จำนวน 1 ระบบ (CSS131214:233546 +123448: $P_{orb} = 197.66$ นาที) เราจำแนกประเภท CVs 19 ระบบ ที่เกิดการระเบิดใหญ่และพบโครงสร้าง superhump ในกราฟแสงว่าเป็น dwarf novae ชนิด SU UMa และ CSS130604: 215427+155714 ว่าเป็น CV ที่สนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงหรือ Polar นอกจากนี้เรายังค้นพบ AM CVn ระบบใหม่ (CSS150211:091017-200813) จากการระเบิดใหญ่ ซึ่งเป็นระบบดาวคู่ขนาดเล็กที่หายาก โดยมีคาบ superhump $P_{sh} = 29.67$ นาที

คำหลัก: Cataclysmic variables, dwarf novae, SU UMa, Polar, AM CVn

Abstract

Project Code: MRG5680152

Project Title: The global properties of the galactic population of cataclysmic variables

Investigator: Asst.Prof.Dr. Amornrat Aungwerojwit

Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University

E-mail Address: amornrata@nu.ac.th

Project Period: 3 June 2013 to 2 June 2015

We report time-resolved photometry of new 39 cataclysmic variables (CVs) discovery in an outbursting survey, the Catalina Real-Time Transient Survey (CRTS). We have measured the orbital periods and superhump periods for 22 CVs. 19 systems are short-period CVs (P_{orb} or $P_{\text{sh}} < 2$ h) of which 3 (CSS131207:082957-010201: $P_{\text{sh}} = 79.6$ min, CSS140528:210624-160226: $P_{\text{sh}} = 78.62$ min, and CSS150316:124808-263958: $P_{\text{sh}} = 78.17$ min) are located at near the period of minimum CVs ($P_{\text{min}} = 75$ -80 min), or the turning point of evolving back to longer period according to standard scenario. 2 systems (CSS140304:081408+090759: $P_{\text{sh}} = 144.56$ min หรือ $P_{\text{sh}} = 148.45$ min, and CSS140424:131640-200708: $P_{\text{sh}} = 124.39$ min) are in the conventional period gap ($P_{\text{orb}} = 2$ -3 h) which is scarcity region of CVs. CSS131214:233546+123448 is a long period ($P_{\text{orb}} > 3$ h) with the orbital period of 197.66 min. We have classified all 19 systems that the light curves were dominated by superhump structure during the superoutburst as SU UMa-type dwarf novae, and classified CSS130604:215427+155714 as a new CV with strong magnetic field or a Polar. In addition, we also discovered a rare compact binary AM CVn, CSS150211:091017-200813, from a superoutburst with $P_{\text{sh}} = 29.67$ min.

Keywords: Cataclysmic variables, dwarf novae, SU UMa, Polar, AM CVn

สารบัญ

บทที่	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	
1 บทนำ	1
2 การสังเกตการณ์และการรื้อฟื้นข้อมูล	3
2.1 การสังเกตการณ์	3
2.2 การรื้อฟื้นข้อมูล	3
3 การวิเคราะห์ข้อมูล	11
3.1 การสร้างกราฟแสง	11
3.2 การวิเคราะห์คาบการโคจรและคาบ Superhump ของระบบ	35
4 สรุป	53
Output	55
ภาคผนวก	57

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	กราฟแสงของ CSS110114:091246-034916	14
2	กราฟแสงของ CSS110205:121119-083957	14
3	กราฟแสงของ CSS110225:122748-054234	15
4	กราฟแสงของ CSS121120:020633+205707	15
5	กราฟแสงของ CSS121209:042218+334215	16
6	กราฟแสงของ CSS130105:105026+332813	16
7	กราฟแสงของ CSS130317:075117+100016	17
8	กราฟแสงของ CSS130122:154310+045531	17
9	กราฟแสงของ CSS130317:075117+100016	18
10	กราฟแสงของ CSS130923:233823-204052	18
11	กราฟแสงของ CSS130604:215427+155714	19
12	กราฟแสงของ CSS131008:232155+320408	19
13	กราฟแสงของ CSS131015:010946-274524	20
14	กราฟแสงของ CSS131026:024354-160314	20
15	กราฟแสงของ CSS131102:033140+043202	21
16	กราฟแสงของ CSS131207:082957-010201	21
17	กราฟแสงของ CSS131207:085301+020425	22
18	กราฟแสงของ CSS131214:233546+123448	22
19	กราฟแสงของ CSS131223:062450+503111	23
20	กราฟแสงของ CSS140101:123226+140242	23
21	กราฟแสงของ CSS140111:052330-161020	24
22	กราฟแสงของ CSS140205:072342+220006	24
23	กราฟแสงของ CSS140218:091002+164819	25
24	กราฟแสงของ CSS140227:111652+011436	25
25	กราฟแสงของ CSS140304:081408+090759	26
26	กราฟแสงของ CSS140424:131640-200708	26
27	กราฟแสงของ CSS140528:210624-160226	27
28	กราฟแสงของ CSS140925:211636-074910	27
29	กราฟแสงของ CSS141024:044958+312802	28
30	กราฟแสงของ CSS150124:051904+004610	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
31	กราฟแสงของ CSS150124:075450+091019	29
32	กราฟแสงของ CSS150207:073443+504229	29
33	กราฟแสงของ CSS150208:075107+300628	30
34	กราฟแสงของ CSS150209:064643+412060	30
35	กราฟแสงของ CSS150211:091017-200813	31
36	กราฟแสงของ CSS150214:143046-121256	31
37	กราฟแสงของ CSS150226:094607-005602	32
38	กราฟแสงของ CSS150316:124808-263958	32
39	กราฟแสงของ CSS150326:092001-110302	33
40	กราฟแสงของ CSS151130:000911+300308	33
41	กราฟแสงของ WD1145+017	34
42	กราฟแสงของ AR Sco	34
43	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS110114:091246-034916	41
44	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS130105:105026+332813	41
45	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS130121:071946+324534	42
46	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS130122:154310+045531	42
47	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS130604:215427+155714	43
48	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS131026:024354-160314	43
49	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS131102:033140+043202	44
50	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS131207:082957-010201	44
51	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS131207:085301+020425	45
52	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS131214:233546+123448	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
53	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS140111:052330-161020	46
54	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS140227:111652+011436	46
55	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS140304:081408+090759 เมื่อ $P_{orb} = 148.45$ นาที	47
56	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS140304:081408+090759 เมื่อ $P_{orb} = 144.56$ นาที	47
57	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS140424:131640-200708	48
58	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS140528:210624-160226	48
59	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS140925:211636-074910	49
60	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS150124:051904+004610	49
61	AOV periodogram และ phase folded ของ CSS150124:075450+091019	50
62	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS150211:091017-200813	50
63	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS150226:094607-005602	51
64	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS150316:124808-263958	51
65	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS150326:092001-110302	52
66	Scargle periodogram และ phase folded ของ CSS151130:000911+300308	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	รายละเอียดของการสังเกตการณ์	4
2	รายละเอียดของกราฟแสง คาบการโคจรและคาบ superhump	12

บทที่ 1

บทนำ

ระบบดาวคู่มีความสำคัญต่อความรู้ทางดาราศาสตร์ฟิสิกส์อย่างมาก เนื่องจากดาวฤกษ์ส่วนใหญ่บนท้องฟ้าก่อกำเนิดจากระบบดาวคู่ และมากกว่าครึ่งหนึ่งของระบบดาวคู่จะมีอันตรกิริยาต่อกันในช่วงใดช่วงหนึ่งของชีวิต (เช่น Iben 1991) แต่อย่างไรก็ตามนักดาราศาสตร์ยังขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ต่อวิวัฒนาการของระบบดาวเหล่านี้ เนื่องจากแบบจำลองทางทฤษฎีที่ใช้อธิบายวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ถูกพัฒนาขึ้นจากแบบจำลองของวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ดวงเดี่ยวๆ ผนวกเข้ากับผลที่อาจเกิดขึ้นจากอันตรกิริยาระหว่างดาวสองดวง ดังนั้นแบบจำลองวิวัฒนาการของระบบดาวคู่จึงยังมีข้อบกพร่องอยู่มากเมื่อเทียบกับแบบจำลองของดาวฤกษ์ดวงเดี่ยวๆ ทั้งๆ ที่ระบบดาวคู่เหล่านี้เป็นตัวกำหนดกระบวนการทางกายภาพและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ ตั้งแต่การก่อกำเนิดตลอดจนการตายของดาวฤกษ์

เพื่อที่จะพัฒนาความเข้าใจต่อวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ เราจำเป็นต้องสร้างกลุ่มตัวอย่างของระบบดาวคู่ที่มีนัยทางสถิติ เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ในบรรดา ระบบดาวคู่ขนาดเล็ก ระบบดาวคู่แบบใกล้ชิดที่ประกอบด้วยดาวแคระขาว (white dwarf) ที่กำลังดึงดูดมวลสารจากดาวมวลต่ำในแถบลำดับหลัก (low-mass main sequence) ที่เป็นคู่ของ มัน หรือ Cataclysmic Variables (CVs) เป็นระบบที่ใช้ในการตรวจสอบวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ได้ดีที่สุดระบบหนึ่ง เนื่องจากระบบเหล่านี้มีจำนวนมาก ประกอบด้วยสมาชิกที่เราเข้าใจเป็นอย่างดี และมีคาบการโคจรสั้นประมาณ 1 ชั่วโมง ถึง 1 วัน แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มตัวอย่างของ CVs ที่มีในปัจจุบันที่ค้นพบจากเซอร์เวย์ท้องฟ้าที่ “มอง” ได้ในระยะใกล้ หรือสามารถมองวัตถุท้องฟ้าที่มีแมกนิจูดได้น้อยกว่า 17 แมกนิจูด เช่น Palomar Green Survey และ Hamburg Quasar Survey มีแนวโน้มที่จะค้นพบเฉพาะ CVs ที่มีคาบการโคจรยาว เนื่องจากเซอร์เวย์เหล่านี้มีความไวต่อระบบที่มีความสว่างสูงสุด มีสีน้ำเงินมากที่สุด และมีการแปรค่าความสว่างสูงสุด ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างของ CVs ที่ถูกค้นพบจากเซอร์เวย์เหล่านี้จึงไม่สอดคล้องกับประชากรของ CVs ที่สังเคราะห์ได้จากแบบจำลองมาตรฐาน (เช่น Pretorius et al. 2007) ในปัจจุบัน Sloan Digital Sky Survey (SDSS) เป็นเซอร์เวย์ขนาดใหญ่ที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันของกลุ่มตัวอย่างของ CVs มากที่สุดเซอร์เวย์หนึ่งด้วยการคัดเลือก CVs จากสมบัติทางสเปกโตรสโคปี โดย SDSS ค้นพบ CVs มากกว่า 300 ระบบ ถึงแม้ว่า SDSS จะค้นพบ CVs คาบการโคจรสั้นจำนวนมากซึ่งไม่พบในเซอร์เวย์อื่นๆ ก็ตาม แต่คาบการโคจรน้อยที่สุดของ CVs ที่พบมีค่าประมาณ 80 นาที ซึ่ง มีความไม่สอดคล้องกับค่าจากแบบจำลองมาตรฐานซึ่งทำนายไว้ที่ประมาณ 70 นาที และนอกจากนี้ประชากรของ CVs คาบการโคจรสั้น (คาบการโคจร < 2 ชั่วโมง) ควรจะมีจำนวนมากถึง 90% แต่ SDSS กลับค้นพบเพียง 66% ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพของ SDSS ลดลงอย่างมากที่ $i = 19.1$ แมกนิจูด ซึ่งจะเห็นชัดเจนว่าจำนวนของ CVs คาบการโคจรสั้นถูกค้นพบเพิ่มขึ้นเมื่อเรา ‘มอง’ ลึกขึ้น นั่นคือระบบมีความสว่างน้อยลง

จากข้อจำกัดของ SDSS เราจึงเริ่มทำการค้นหา CVs จาก Catalina Real-Time Transient Survey (CRTS; Drake et al. 2009) ซึ่งเป็นเซอร์เวย์ที่ถ่ายภาพของวัตถุท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง ครอบคลุมท้องฟ้าที่กาแล็กติกละติจูด $|b| > 10^\circ$ และเดคลิเนชัน $\delta > -30^\circ$ โดยอาศัยสมบัติทางการระเบิด หรือเมื่อระบบถูกทำให้สว่างขึ้นมากถึง 2-5 แมกนิจูด ซึ่งจะเปิดโอกาสให้เราศึกษา CVs ที่มีความสลัวถึง 20-22 แมกนิจูดขณะไม่เกิดการระเบิด นั่นคือ CRTS สามารถ 'มอง' ได้ลึกกว่า SDSS 3-4 แมกนิจูด ดังนั้น CRTS จะให้กลุ่มตัวอย่างของ CVs ที่สลัวที่สุดในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยให้เราเข้าใจวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิดมากขึ้น

ในโครงการวิจัยนี้เราได้วัดคาบการโคจรและ/หรือคาบ superhump ของกลุ่มตัวอย่างของ CVs ใน CRTS ที่มีความสลัวที่สุด ($i \sim 22$) เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดลักษณะของ CVs ที่มีความสลัวอย่างแท้จริงซึ่งเป็นประชากรโดยส่วนใหญ่ของ CVs โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ขนาด 2.4 เมตร ตั้งอยู่ที่หอดูดาวแห่งชาติฯ บริเวณยอดดอยอินทนนท์ และกล้องโทรทรรศน์ขนาด 0.6 เมตร PROMPT8 ตั้งอยู่ที่ หอดูดาวเซอโร โตโลโล ประเทศชิลี

นอกจากนี้ระหว่างการดำเนินงานในโครงการนี้เราได้ทำการศึกษาระบบดาวคู่แบบใกล้ชิดที่น่าสนใจเช่น WD1145+017 และ AR Sco

บทที่ 2

การสังเกตการณ์และการรีดิวซ์ข้อมูล

2.1 การสังเกตการณ์

เราได้ทำการคัดเลือกและเก็บข้อมูลทางโฟโตเมตรีของ CVs จาก CRTS ซึ่งมีการแปรค่าความสว่างโดยมีความสว่างประมาณ >17 แมกนิจูด รวมถึงระบบที่มีการระเบิดใหญ่ในช่วง $\sim 17-19$ แมกนิจูด ที่มีอยู่ในภาพถ่ายของ SDSS และทำการเก็บข้อมูลโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 2.4 เมตร ต่อพ่วงกับซีซีดีถ่ายภาพความเร็วสูง ULTRASPEC ของหอดูดาวแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติฯ ดอยอินทนนท์ และ CVs ที่มีแมกนิจูดขณะเกิดการระเบิดใหญ่ประมาณ 14-16 แมกนิจูด ด้วย กล้องโทรทรรศน์ควบคุมโดยระบบอัตโนมัติ 0.6 เมตร PROMPT8 ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ และกล้องโทรทรรศน์ PROMPT2 PROMPT5 ที่ติดตั้ง ณ หอดูดาวเซอโร โตโลโล (Cerro Tololo Observatory) ประเทศชิลี PROMPT-SSO1, PROMPT-SSO3 ประเทศออสเตรเลีย โดยการเก็บข้อมูลทันทีที่เป็นไปได้หลังจากการระเบิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดคาบ superhumps ซึ่งสัมพันธ์กับคาบการโคจรของระบบ เราได้เก็บข้อมูลของ CVs จาก CRTS จำนวน 39 ระบบ นอกจากนี้เรายังได้เก็บข้อมูลของระบบที่น่าสนใจอื่นๆ เช่น WD1145+017 AR Sco CVs จาก CRTS ได้แก่

CSS110114:091246-035016 CSS110205:121119-083957 CSS110225:112749-054234
 CSS121120:020633+205707 CSS121209:042218+334215 CSS130105:105026+332813
 CSS130121:071946+324534 CSS130122:154310+045531 CSS130317:075117+100016
 CSS130929:233823-204952 CSS130604:215427+155714 CSS131008:232155+320408
 CSS131015:010946-274524 CSS131026:024354-160314 CSS131102:033140+043202
 CSS131207:082957-010201 CSS131207:085301+020425 CSS131214:233546+123448
 CSS131223:062450+503111 CSS140101:123226+142042 CSS140111:052330-161020
 CSS140205:072342+220006 CSS140218:091002+164819 CSS140227:111652+011436
 CSS140304:081408+090759 CSS140424:131640-200708 CSS140528:210624-160226
 CSS140925:211636-074910 CSS141024:044958+312802 CSS150124:051904+004610
 CSS150124:075450+091019 CSS150207:073443+504229 CSS150208:075107+300628
 CSS150211:091017-200813 CSS150214:143046-121256 CSS150226:094607-005602
 CSS150316:124808-263958 CSS150326:092001-110302 CSS151130:000911+300308

รายละเอียดของการสังเกตการณ์แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของการสังเกตการณ์

Objects	mag	Date	Telescope	Filter	Exp. (s)	No.
CSS110114:091246-035016	19.8	20140429	TNT/USPEC	KG5	10	549
CSS110205:121119-083957	17.8	20140208	TNT/USPEC	KG5	7	706
CSS110225:112749-054234	20.1	20140205	TNT/USPEC	KG5	15	1061
CSS121120:020633+205707	15.5	20130124	TNT/U9000	L	30	301
		20130125	TNT/U9000	L	30	304
		20130126	TNT/U9000	V	45	206
CSS121209:042218+334215	18.8	20140124	TNT/USPEC	KG	15-25	782
CSS130105:105026+332813	22.3	20130106	TNT/U42	L	30	429
CSS130121:071946+324534	> 21.0	20130124	TNT/U9000	V	70	196
		20130125	TNT/U9000	V	85	205
		20130126	TNT/U9000	V	85	165
		20130127	TNT/U9000	V	90	138
CSS130122:154310+045531	21.9	20130124	TNT/U9000	V	75	116
		20130125	TNT/U9000	V	85	118
		20130126	TNT/U9000	V	90	119
CSS130317:075117+100016	18.5	20160214	TNT/USPEC	KG5	15	450
CSS130929:233823-204952	21.4	20131004	SSO1,2,3	V	60	159
		20131005	PROMPT2	V	60	81
		20131005	SSO3,1	V	70	428
		20131006	PROMPT2	V	80	252
		20131007	PROMPT2	V	90	194
		20131008	PROMPT2	V	100	179
		20131008	SSO3	V	90	230
		20131009	PROMPT5,2	V	90	108
		20131009	SSO3	V	100	103
CSS130604:215427+155714	18.0	20151021	TNT/USPEC	KG5	10	882
		20151022	TNT/USPEC	KG5	10	554
CSS131008:232155+320408	20.0	20131009	PROMPT5	V	120-300	5
		20131009	SSO3	Clear	100	118

Objects	mag	Date	Telescope	Filter	Exp. (s)	No.
CSS131015:010946-274524	19.0	20131016	PROMPT8	V	80	103
		20131017	PROMPT8	Clear	80	183
CSS131026:024354-160314	20.2	20131102	SSO3	V	40	88
		20131103	PROMPT5	V	30	3
		20131103	SSO3	V	40	168
		20131104	PROMPT5	V	60	3
		20131105	PROMPT8	V	40	150
		20131105	SSO3	V	60	2
		20131106	PROMPT8	V	40	216
		20131107	SSO3	V	40,60	8
		20131110	PROMPT8	V	80,100	2
CSS131102:033140+043202	21.5	20131103	PROMPT8	V	40	4
		20131103	SSO3,1	V	60	14
		20131104	SSO3	V	80	4
		20131104	PROMPT8	V	40	4
		20131105	PROMPT8	V	40	195
		20131106	PROMPT8	V	40	212
		20131107	PROMPT8	V	60	42
		20131107	SSO3	V	100	24
		20131108	PROMPT8	V	50	217
		20131109	PROMPT8	V	70-80	156
		20131110	PROMPT8	V	90-100	2
CSS131207:082957-010201	22.0	20131211	PROMPT8	V	40-80	54
		20131212	PROMPT8	V	80	20
		20131214	PROMPT8	V	80	158
		20131215	PROMPT8	V	80	179
		20131216	PROMPT8	V	80	90
		20131217	PROMPT8	V	80	6
CSS131207:085301+020425	21.6	20131210	PROMPT8	V	20-30	448
		20131211	PROMPT8	V	35	348
		20131212	PROMPT8	V	45	312
CSS131214:233546+123448	19.3	20151021	TNT/USPEC	KG5	20	517
		20151022	TNT/USPEC	KG5	20-30	189
		20151023	TNT/USPEC	KG5	30-40	262
		20151128	TNT/USPEC	KG5	15	659
CSS131223:062450+503111	18.0	20150212	TNT/USPEC	KG5	40	143
		20151021	TNT/USPEC	KG5	15	580
		20151025	TNT/USPEC	KG5	15	413
		20160119	TNT/USPEC	KG5	15	222

Objects	mag	Date	Telescope	Filter	Exp. (s)	No.
CSS140101:123226+142042	18.8	20150212	TNT/USPEC	KG5	40	292
CSS140111:052330-161020	21.5	20140113	PROMPT8	V	30	3
		20140115	PROMPT8	V	30	3
		20140123	PROMPT8	V	40	3
		20140126	PROMPT8	V	80	28
		20140127	PROMPT8	V	80	154
		20140128	PROMPT8	V	75	158
		20140129	PROMPT8	V	75	164
		20140130	PROMPT8	V	80	7
		20140131	PROMPT8	V	85	147
CSS140205:072342+220006	20.5	20140206	TNT/USPEC	KG5	10	356
CSS140218:091002+164819	18.5	20150212	TNT/USPEC	KG5	20	339
CSS140227:111652+011436	21.8	20140301	PROMPT8	V	100	2
		20140302	PROMPT8	V	100	30
		20140303	PROMPT8	V	100	160
		20140304	PROMPT8	V	100	1
		20140305	PROMPT8	V	100	199
CSS140304:081408+090759	20.5	20140305	PROMPT8	V	15	3
		20140306	PROMPT8	V	15	475
		20140307	PROMPT8	V	15	464
		20140308	PROMPT8	V	15	333
		20140309	PROMPT8	V	15	318
		20140311	PROMPT8	V	25-30	295
		20140312	PROMPT8	V	30	3
		20140313	PROMPT8	V	30	3
		20140314	PROMPT8	V	35	130
		20140315	PROMPT8	V	40-45	307
CSS140424:131640-200708	20.5	20140426	PROMPT8	V	30-60	255
		20140428	PROMPT8	V	45-50	364
		20140429	PROMPT8	V	45	332
		20140430	PROMPT8	V	45	349
		201400501	PROMPT8	V	50	203
		20140502	PROMPT8	V	50	125

Objects	mag	Date	Telescope	Filter	Exp. (s)	No.
CSS140528:210624-160226	> 21.5	20140531	PROMPT8	V	15	361
		20140601	PROMPT8	V	15	81
		20140603	PROMPT8	V	20	74
		20140606	PROMPT8	V	25-35	280
		20140608	PROMPT8	V	35	163
		20140609	PROMPT8	V	35	206
		20140610	PROMPT8	V	35	146
		20140613	PROMPT8	V	45	56
		20140614	PROMPT8	V	50	49
CSS140925:211636-074910	21.9	20140927	PROMPT8	V	80	118
		20140928	PROMPT8	V	80	143
		20140929	PROMPT8	V	90	111
		20140930	PROMPT8	V	100	109
CSS141024:044958+312802	18.3	20151023	TNT/USPEC	KG5	20	244
CSS150124:051904+004610	> 22	20150125	TNT/USPEC	KG5	10	1247
		20150126	TNT/USPEC	KG5	10	835
CSS150124:075450+091019	21.1	20150125	TNT/USPEC	KG5	5	1074
		20150126	TNT/USPEC	KG5	5	1150
CSS150207:073443+504229	19.7	20150211	TNT/USPEC	KG5	7,4	897
		20150212	TNT/USPEC	KG5	20	51
CSS150208:075107+300628	19.8	20150211	TNT/USPEC	KG5	7	430
CSS150211:091017-200813	19.3	20150212	PROMPT8	V	30	208
		20150213	PROMPT8	V	45	286
		20150214	PROMPT8	V	35	355
		20150215	PROMPT8	V	55	149
		20150216	PROMPT8	V	40-70	217
		20150217	PROMPT8	V	70-100	135
		20150219-26	PROMPT8	V	100	500
CSS150214:143046-121256	21.0	20150215	PROMPT8	Clear	100	51
CSS150226:094607-005602	20.3	20150227	PROMPT8	V	20-30	249
		20150228	PROMPT8	V	20	256
		20150301	PROMPT8	V	20	243
		20150302	PROMPT8	V	20,-40	199
		20150303	PROMPT8	V	60	154

Objects	mag	Date	Telescope	Filter	Exp. (s)	No.
CSS150316:124808-263958	21.0	20150317	PROMPT8	V	15-20	290
		20150318	PROMPT8	V	15	165
		20150319	PROMPT8	V	15	265
		20150320	PROMPT8	V	15	173
		20150321	PROMPT8	V	20	164
		20150322	PROMPT8	V	20	168
		20150323	PROMPT8	V	20-30	120
		20150327	PROMPT8	V	60	211
		20150328	PROMPT8	V	60	115
		20150330	PROMPT8	V	60	110
		20150401	PROMPT8	V	80-100	52
		20150402	PROMPT8	V	100	
CSS150326:092001-110302	20.0	20150327	PROMPT8	V	20	12
		20150328	PROMPT8	V	20	236
		20150329	PROMPT8	V	20	247
		20150330	PROMPT8	V	30	208
CSS151130:000911+300308	19.9	20151202	TNT/USPEC	KG5	15	230
WD1145+017	16.9	20151128	TNT/USPEC	KG5	5	292
		20151129	TNT/USPEC	KG5	5	1135
		20151130	TNT/USPEC	KG5	5	1516
		20151201	TNT/USPEC	KG5	5	1679
		20151222	TNT/USPEC	KG5	3	1664
AR Sco	14.0	20160119	TNT/USPEC	g	3	1061
		20160307	TNT/USPEC	g	3	361
		20160308	TNT/USPEC	g	3	644
		20160321	TNT/USPEC	g	3	732
		20160408	TNT/USPEC	g	3	910
		20160409	TNT/USPEC	g	3	806
		20160410	TNT/USPEC	g	3	704

2.2 การรีดิวซ์ข้อมูล

การรีดิวซ์ข้อมูล (data reduction) คือการลบสัญญาณที่ไม่ต้องการออกจาก science frames/raw images หรือเป็นการทำให้ภาพ “สะอาด” ขึ้น ซึ่งสัญญาณที่ไม่ต้องการดังกล่าวนี้ เกิดจากโครงสร้างของซีซีดี การรีดิวซ์ข้อมูลทางโฟโตเมตริกจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT และกล้องโทรทรรศน์ 2.4 เมตรที่ต่อพ่วงกับกล้องซีซีดี U42/U9000 ได้ดำเนินการในโปรแกรม MIDAS ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายทางดาราศาสตร์ขั้นสูง ผ่านชุดคำสั่งในโปรแกรมย่อยที่เขียนขึ้นโดย Gänsicke, B. T. (2004) และการรีดิวซ์ข้อมูลจาก ULTRASPEC ดำเนินการผ่านชุดคำสั่งของ ULTRASPEC ซอร์ฟแวร์ ซึ่งพัฒนาโดยทีม ULTRASPEC การรีดิวซ์ข้อมูลทางโฟโตเมตริกมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การลบสัญญาณ bias (bias-subtraction)

โดยทั่วไปในซีซีดี มีสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ผู้ผลิตซีซีดี ใส่เพิ่มเข้าไปเพื่อหลีกเลี่ยงค่าที่เป็นลบในระหว่างการแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัลในกระบวนการอ่านข้อมูลของ ซีซีดี (CCD readout) เราสามารถลบระดับของไบแอส (bias level) ออกจากภาพได้ โดยการนำเอาค่าเฉลี่ยของไบแอสเฟรม (mean bias frame) ประมาณ 10 ภาพ สำหรับกล้องซีซีดีทั่วไป และประมาณ 50 ภาพ สำหรับ USPEC มาลบออกจาก ภาพข้อมูล ซึ่งการถ่ายไบแอส เป็นการถ่ายภาพโดยการปิดชัตเตอร์และใช้เวลาในการถ่าย 0 วินาที หรือเป็นการอ่านค่าสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ในกระบวนการอ่านข้อมูลของซีซีดี

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

โดยทั่วไปในซีซีดี ที่ไม่มีการหล่อเย็นด้วยไนโตรเจนเหลวจะมีความร้อนเกิดขึ้นได้ง่าย อิเล็กตรอนที่เกิดจากความร้อนในซีซีดี เป็นสาเหตุให้เกิด “กระแสมืด” ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่ทำให้ภาพถ่ายซีซีดี “สกปรก” โดยที่จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดจากความร้อนในซีซีดี เป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลาที่ใช้ในการเปิดหน้ากล้องขณะทำการเก็บข้อมูล ดังนั้นเพื่อที่จะลบกระแสมืดเราต้องทำการถ่ายดาร์กเฟรม 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 เพื่อหาเฟลตฟิลด์เฟรมเฉลี่ย (mean flat-field frame) และนำภาพดังกล่าวไปหารภาพข้อมูล ที่ลบระดับไบแอสและกระแสมืดเรียบร้อยแล้ว ตามสมการ

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

บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การสร้างกราฟแสง

การจะนำข้อมูลทางดาราศาสตร์ที่อยู่ในภาพที่รีดิวซ์แล้วมาใช้ประโยชน์นั้น เราจำเป็นต้อง “สกัด” (extract) หรือวัดปริมาณแสงดาวแต่ละดวงที่อยู่ในภาพ หรือทำโฟโตเมตรีของดาวแต่ละดวงนั่นเอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ Bertin's SExtractor (1996) โดยปริมาณที่วัดได้จะอยู่ในรูปของแมกนิจูดเครื่องมือ (instrumental magnitude) เราสร้างกราฟแสงของ CVs จากการทำดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรี ซึ่งเป็นเทคนิคการวัดความสว่างของวัตถุเทียบกับความสว่างของดาวเปรียบเทียบและดาวตรวจสอบ โดยผลที่ได้จะอยู่ในรูปของผลต่างแมกนิจูด (Δm) ตามสมการ

$$\Delta m = m_{\text{target}} - m_{C_1}$$

เมื่อ m_{target} = แมกนิจูดปรากฏของวัตถุ

m_{C_1} = แมกนิจูดปรากฏของดาวเปรียบเทียบ

โดยที่

$$m_{C_1} - m_{C_2} = \text{คงที่}$$

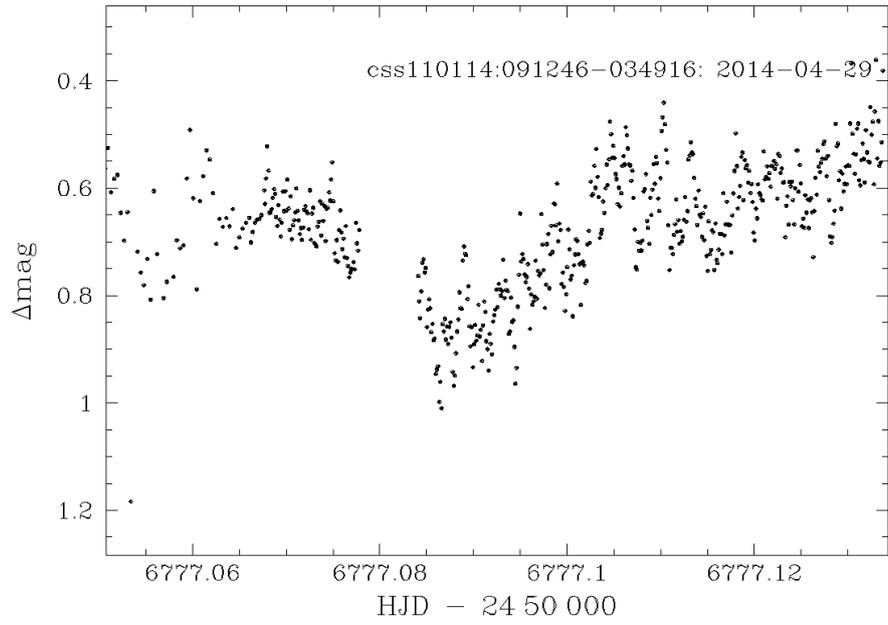
เมื่อ m_{C_2} = แมกนิจูดของดาวตรวจสอบ

รูปที่ 3.1-3.41 แสดงกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตของระบบที่แสดงในตารางที่ 1 และรายละเอียดของกราฟแสง แสดงในตารางที่ 2

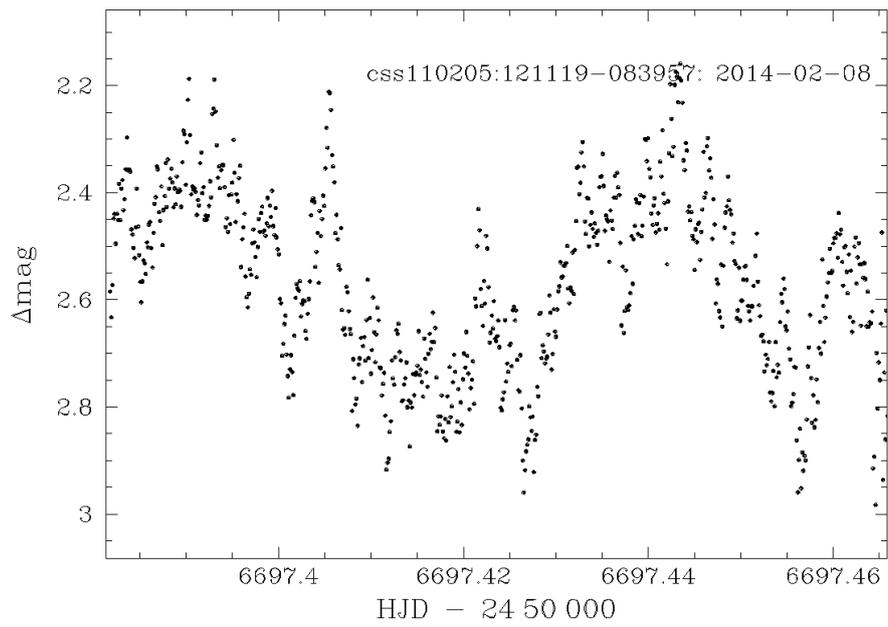
ตารางที่ 2 รายละเอียดของกราฟแสง คาบการโคจรและคาบ superhump

Object	Comments on Light curves	Porb/Psh
CSS110114:091246-035016	0.4-0.6 mag variation with short time-scale variation of 15-30 min	-
CSS110205:121119-083957	flickering superimposed on large variation of 0.8 mag with a trend of orbital modulation at 13.0 d^{-1}	110?
CSS110225:112749-054234	>0.5 mag variation with flickering	-
CSS121120:020633+205707	Short-time scale variation of 15-30 min with no sign of Porb	-
CSS121209:042218+334215	Sharp flare of 0.4 mag with no sign of Porb	-
CSS130105:105026+332813	Superhump structure with the strongest signal at 14.7 d^{-1}	97.8
CSS130121:071946+324534	Superhump structure with the strongest signal at 14.67 d^{-1}	98.1
CSS130122:154310+045531	Superhump structure with equivalent signal at 13.59 d^{-1} and 14.59 d^{-1}	105.9, 98.6
CSS130317:075117+100016	Small variation with flickering	-
CSS130929:233823-204952	Small variation during outburst with no sign of superhump structure	-
CSS130604:215427+155714	Large cyclotron with the strongest signal at 14.87 d^{-1}	96.8
CSS131008:232155+320408	Short-time scale variation of 15-20 min	-
CSS131015:010946-274524	Small variation during an outburst	-
CSS131026:024354-160314	Superhump structure with the strongest signal at 16.59 d^{-1}	86.77
CSS131102:033140+043202	Superhump structure with the strongest signal at 15.81 d^{-1}	91.03
CSS131207:082957-010201	Superhump structure with the strongest signal at 18.08 d^{-1}	79.6
CSS131207:085301+020425	Superhump structure with the strongest signal at 14.82 d^{-1}	97.11
CSS131214:233546+123448	1.0 mag orbital modulation with the strongest signal at 7.28 d^{-1}	197.66
CSS131223:062450+503111	Short-time scale variation of 10-20 min	-
CSS140101:123226+142042	0.3 mag short-time scale variation of 20-30 min	-
CSS140111:052330-161020	Superhump structure with the strongest signal at 16.35 d^{-1}	88.4

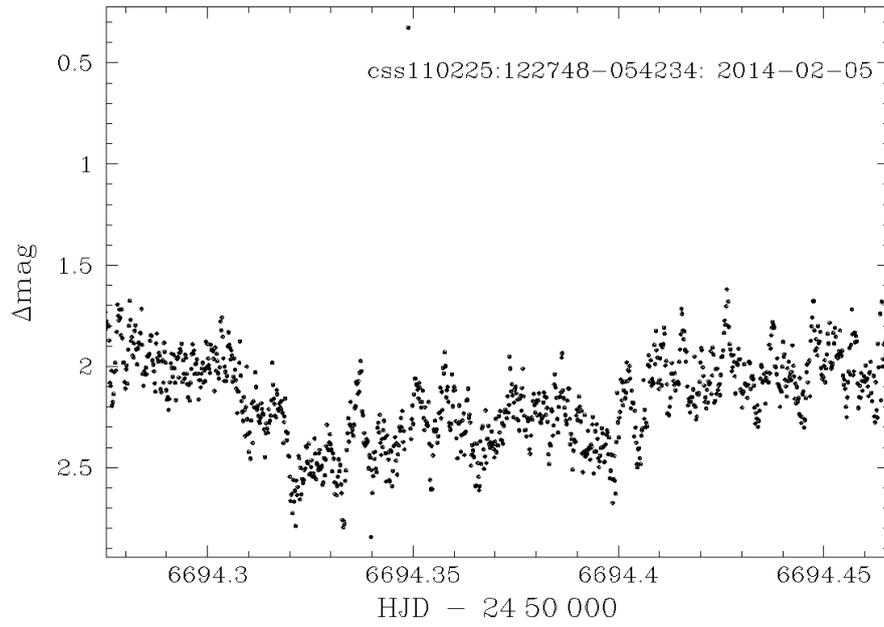
Objects	Comments on Light curves	Porb/Psh
CSS140205:072342+220006	Small/no variation	-
CSS140218:091002+164819	0.5-1.0 mag variation with no sign of Porb	-
CSS140227:111652+011436	Superhump structure with the strongest signal at 15.3 d ⁻¹	94.11
CSS140304:081408+090759	Superhump structure with the strongest signal at 9.71 d ⁻¹ , and 9.96 d ⁻¹	144.56, 148.45
CSS140424:131640-200708	Superhump structure with the strongest signal at 11.57 d ⁻¹	124.39
CSS140528:210624-160226	Superhump structure with the strongest signal at 18.31 d ⁻¹	78.62
CSS140925:211636-074910	Superhump structure with the strongest signal at 17.05 d ⁻¹	84.5
CSS141024:044958+312802	Superhump structure with the strongest signal at 17.50 d ⁻¹	82.28
CSS150124:051904+004610	Superhump structure with the strongest signal at 15.01 d ⁻¹	95.93
CSS150124:075450+091019	Superhump structure with the strongest signal at 15.38 d ⁻¹	93.62
CSS150207:073443+504229	No sign of superhump detected	-
CSS150208:075107+300628	Nearly flat light curve	-
CSS150211:091017-200813	Superhump structure with the strongest signal at 48.52 d ⁻¹	29.67
CSS150214:143046-121256	Short light curve with a few information	-
CSS150226:094607-005602	Superhump structure with the strongest signal at 12.21 d ⁻¹	117.89
CSS150316:124808-263958	Superhump structure with the strongest signal at 18.44 d ⁻¹	78.17
CSS150326:092001-110302	Superhump structure with the strongest signal at 16.96 d ⁻¹	84.86
CSS151130:000911+300308	0.4 mag variation with the strongest signal at 39.9 d ⁻¹ or 36.1 min	-



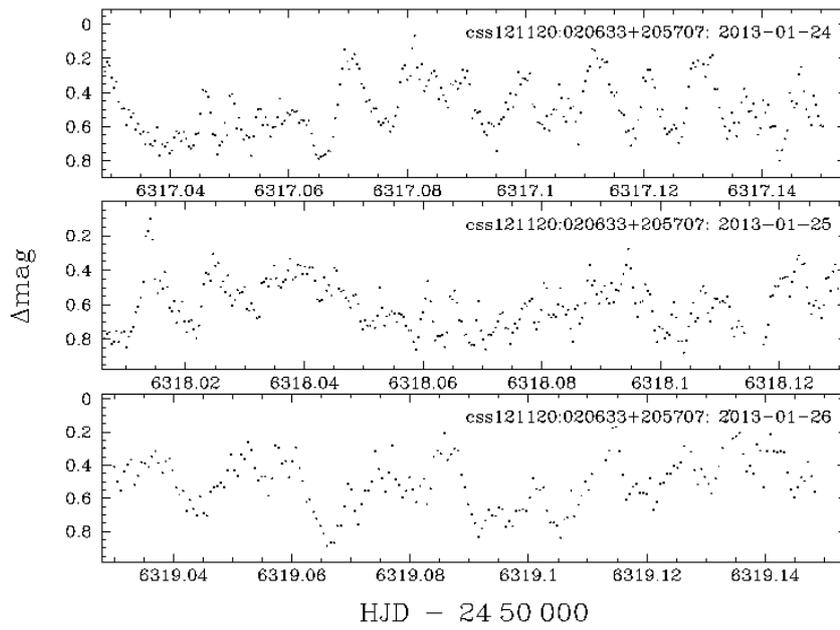
รูปที่ 1 กราฟแสงของ CSS110114:091246-034916



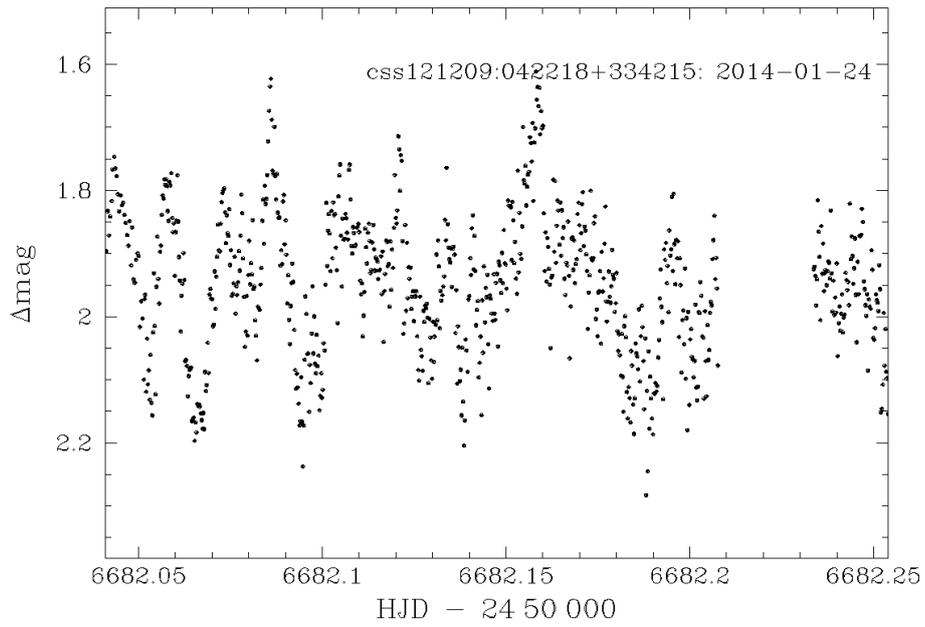
รูปที่ 2 กราฟแสงของ CSS110205:121119-083957



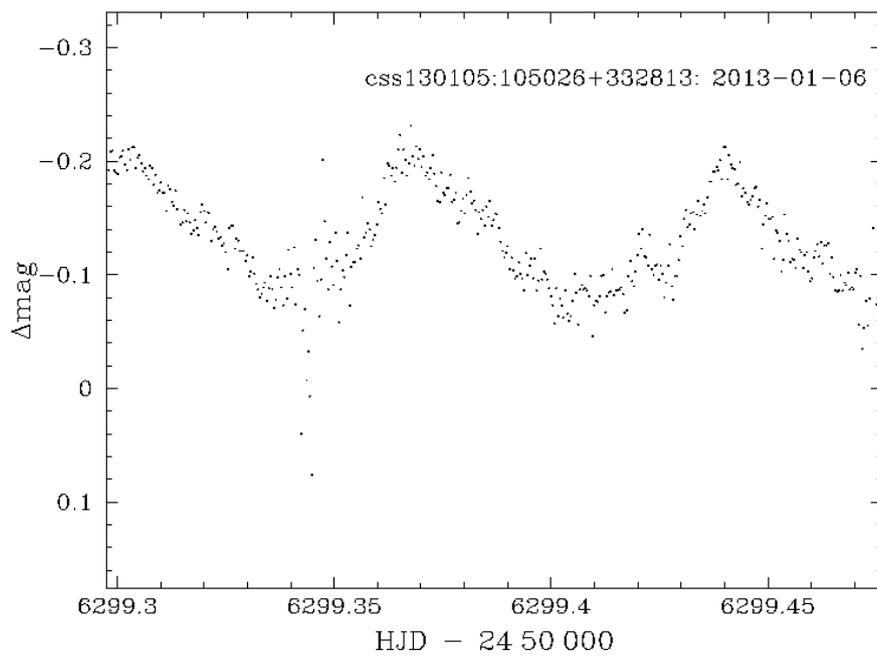
รูปที่ 3 กราฟแสงของ CSS110225:122748-054234



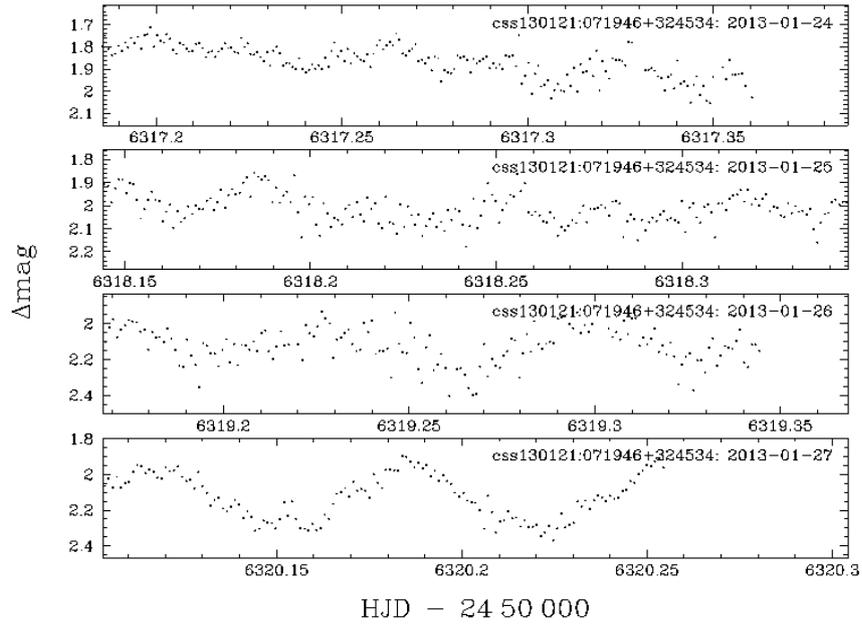
รูปที่ 4 กราฟแสงของ CSS121120:020633+205707



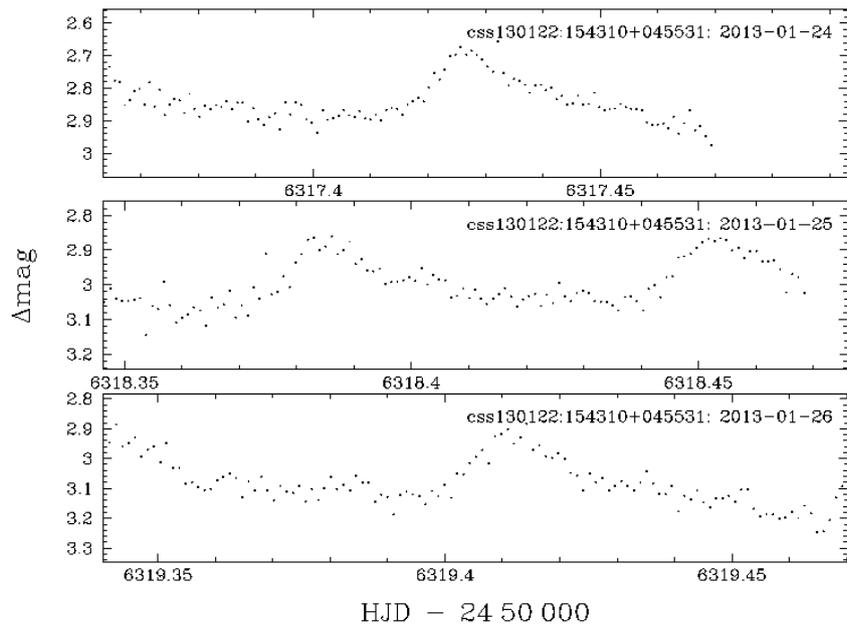
รูปที่ 5 กราฟแสงของ CSS121209:0422+334215



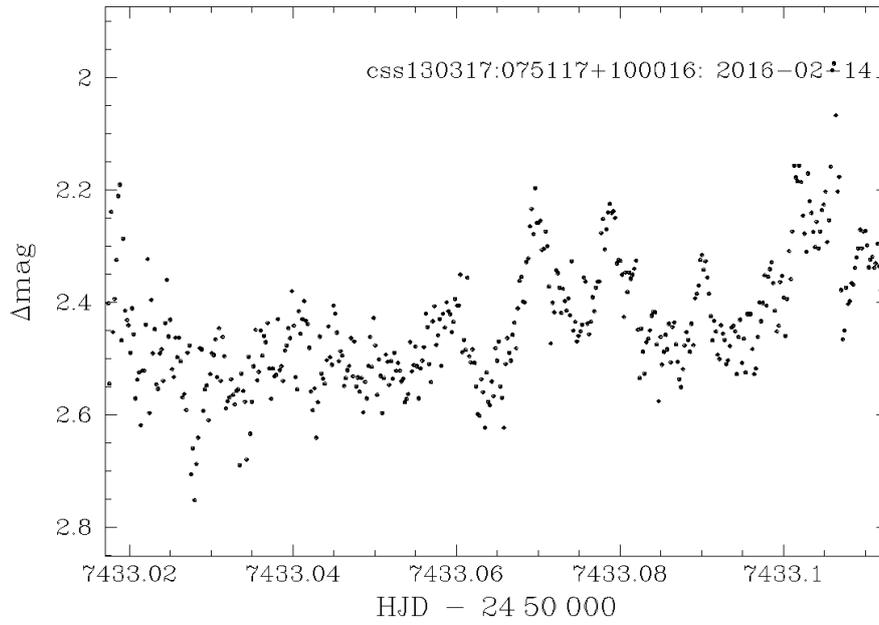
รูปที่ 6 กราฟแสงของ CSS130105:105026+332813



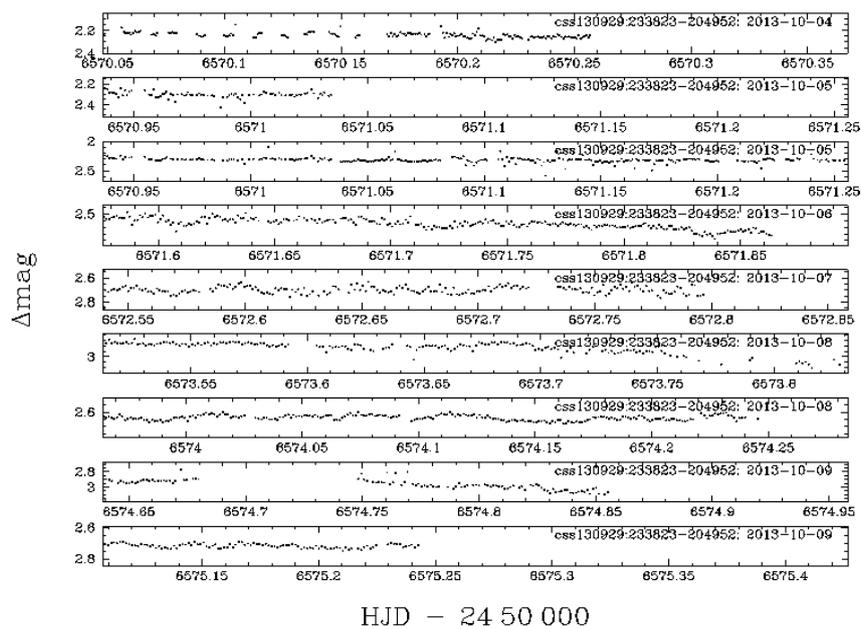
รูปที่ 7 กราฟแสงของ CSS130317:075117+100016



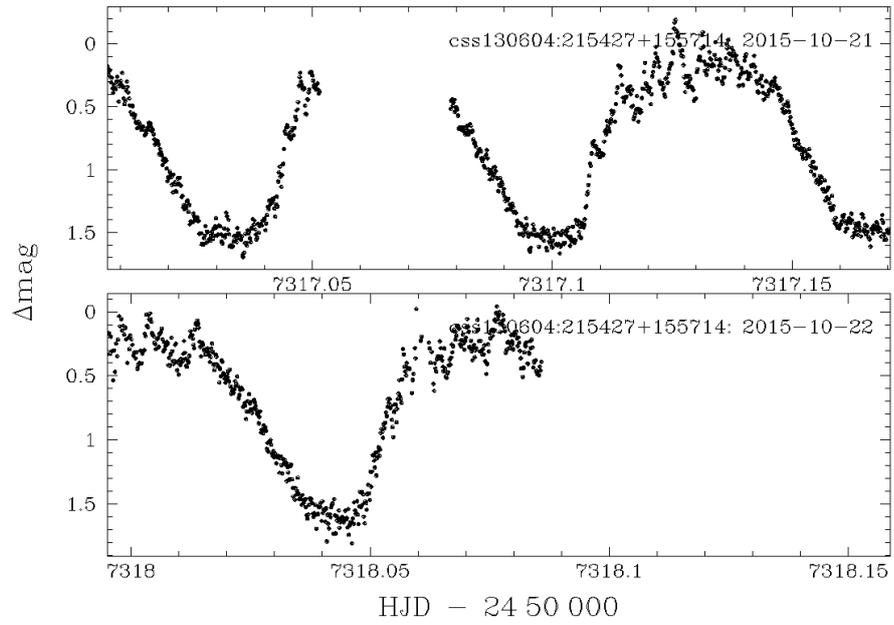
รูปที่ 8 กราฟแสงของ CSS130122:154310+045531



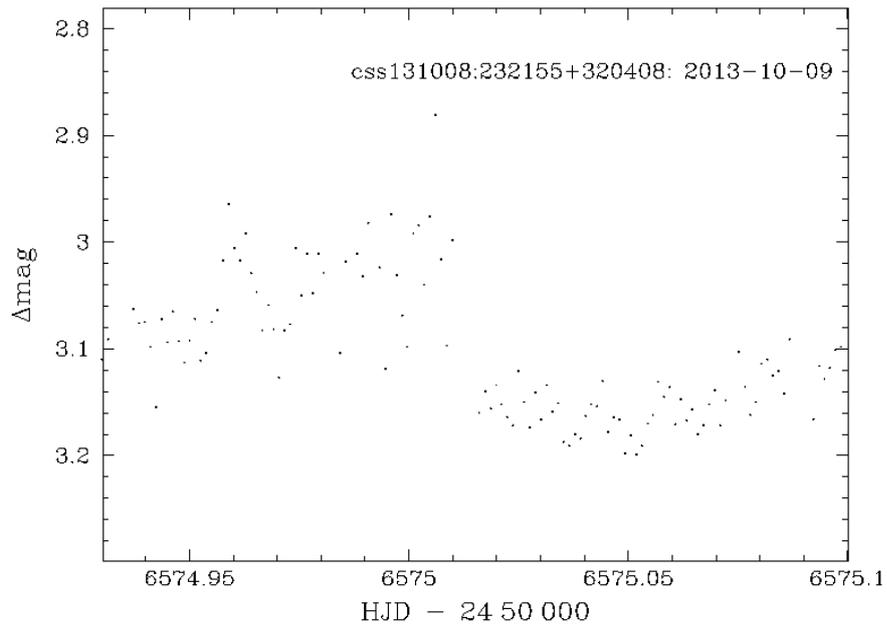
รูปที่ 9 กราฟแสงของ CSS130317:075117+100016



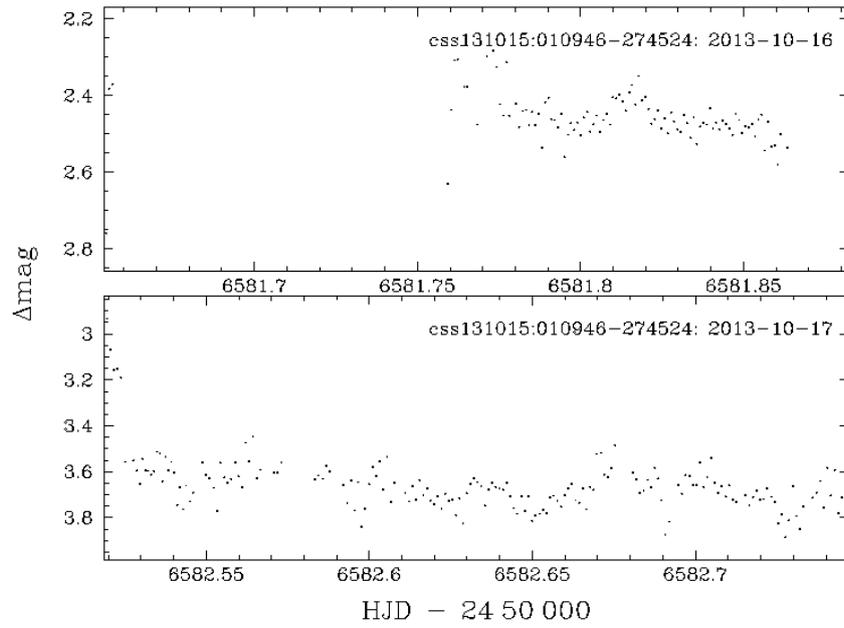
รูปที่ 10 กราฟแสงของ CSS130923:233823-204952



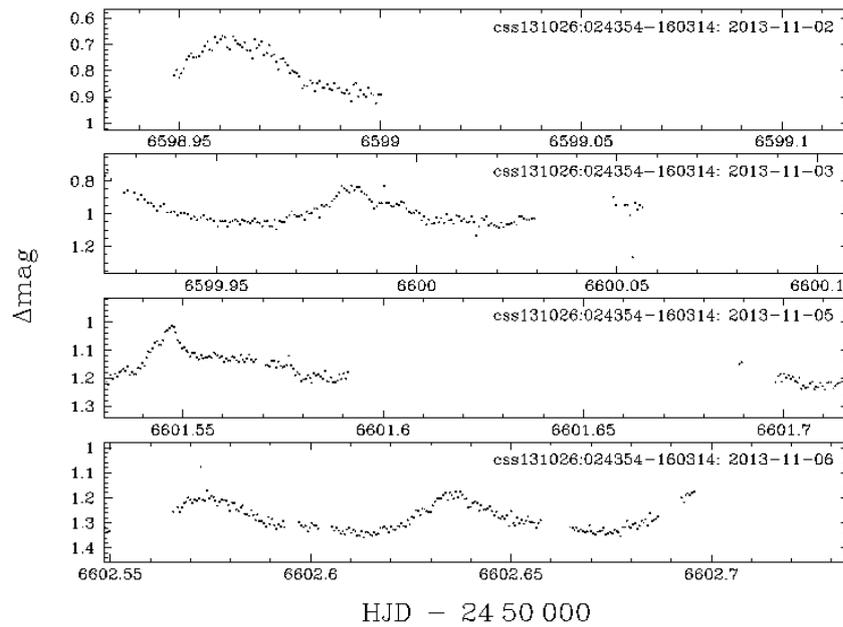
รูปที่ 11 กราฟแสงของ CSS130604:215427+155714



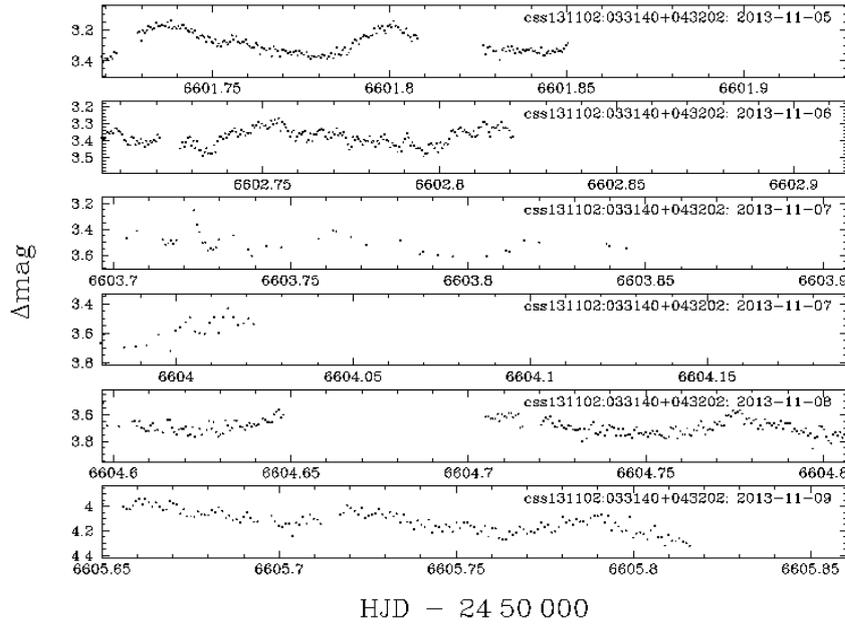
รูปที่ 12 กราฟแสงของ CSS131008:232155+320408



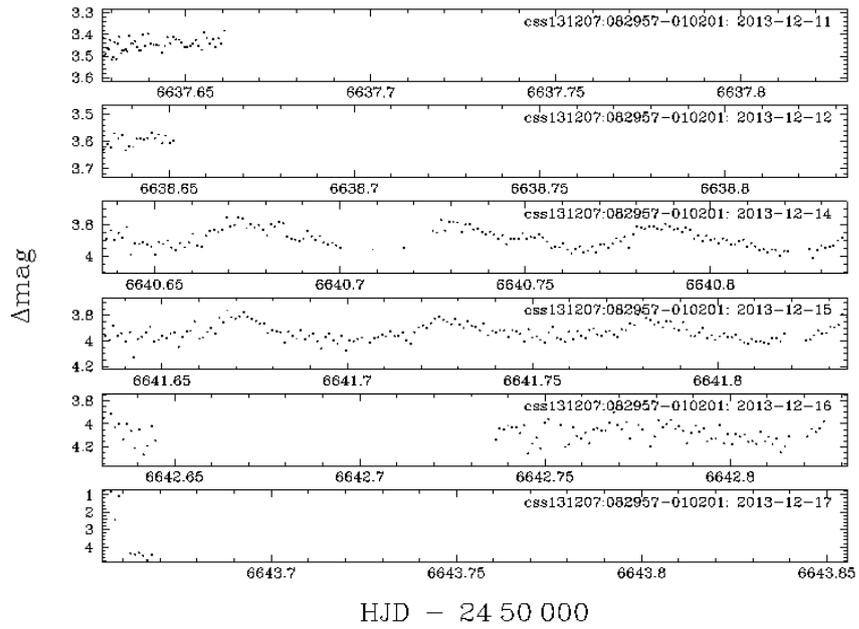
รูปที่ 13 กราฟแสงของ CSS131015:010946-274524



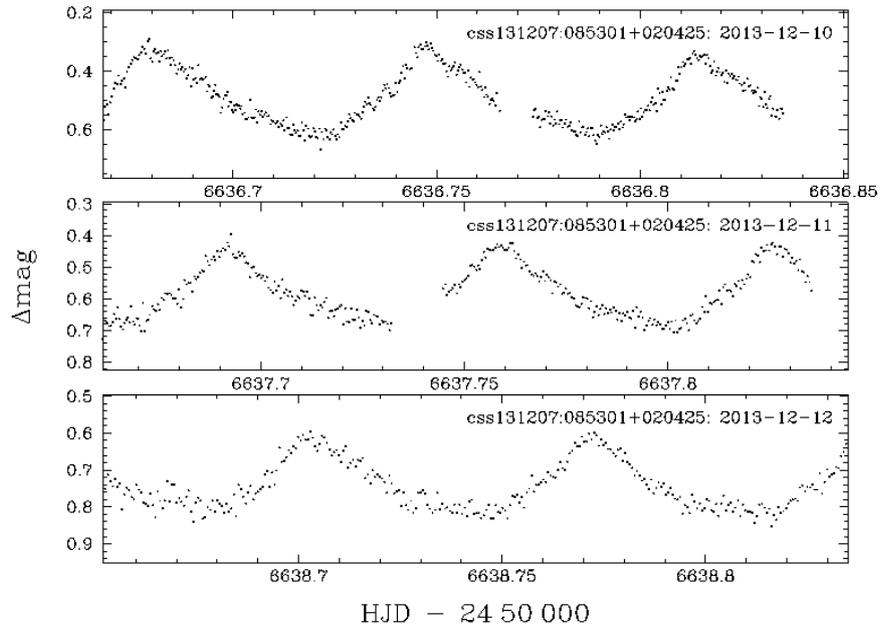
รูปที่ 14 กราฟแสงของ CSS131026:024354-160314



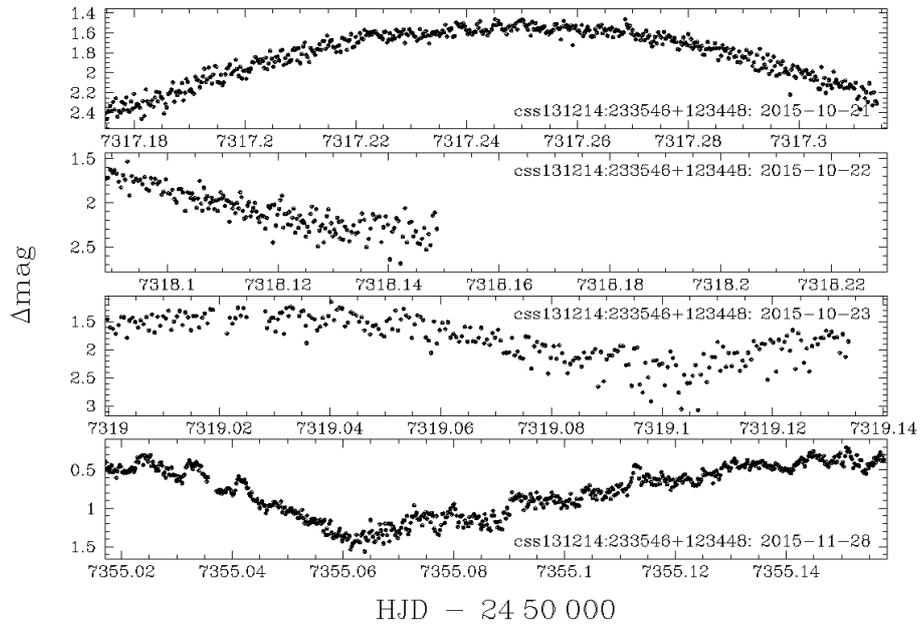
รูปที่ 15 กราฟแสงของ CSS131102:033140+043202



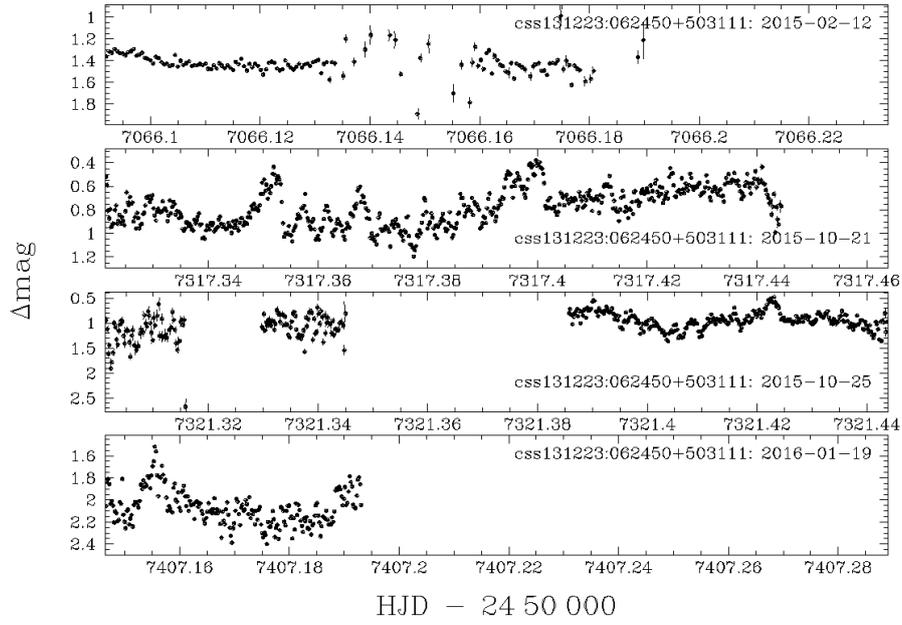
รูปที่ 16 กราฟแสงของ CSS131207:082957-010201



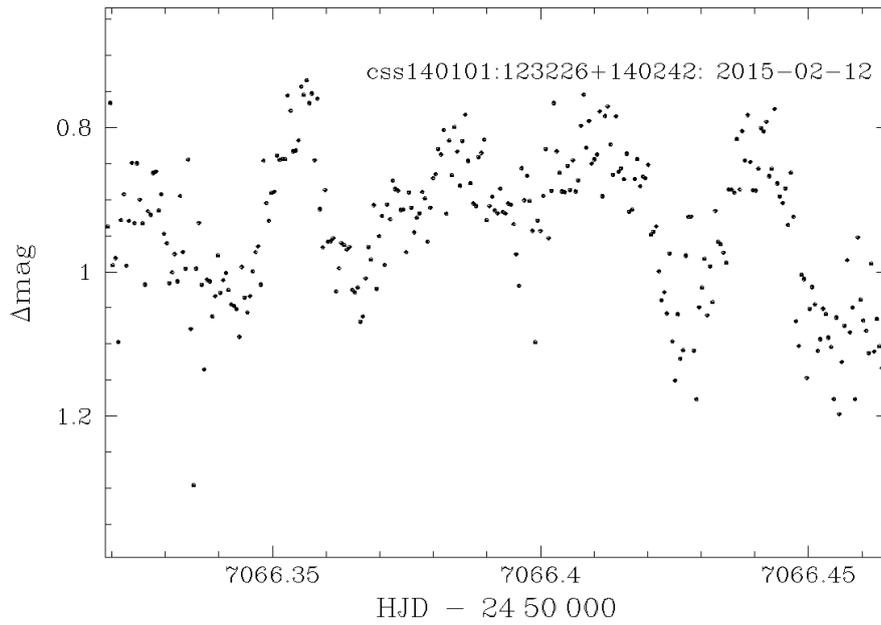
รูปที่ 17 กราฟแสงของ CSS131207:085301+020425



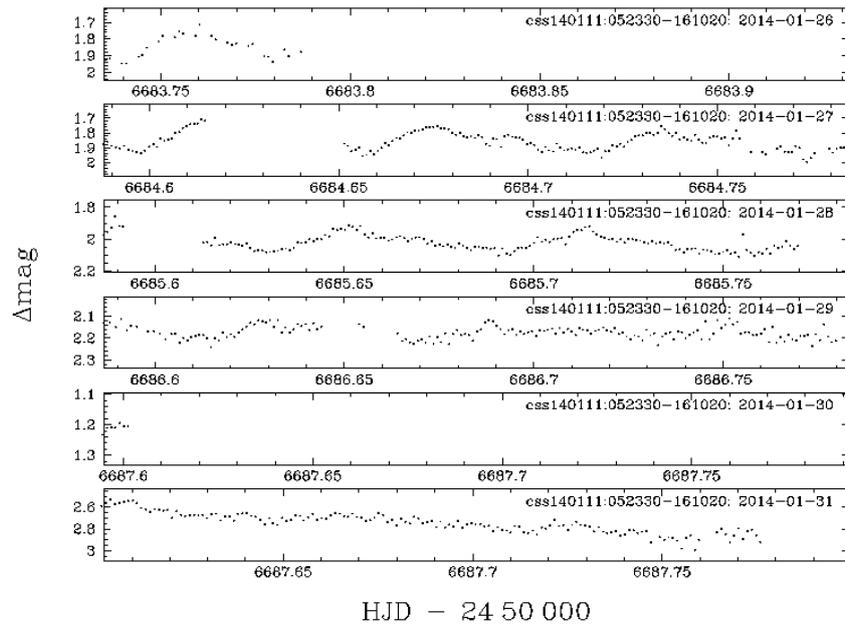
รูปที่ 18 กราฟแสงของ CSS131214:233546+123448



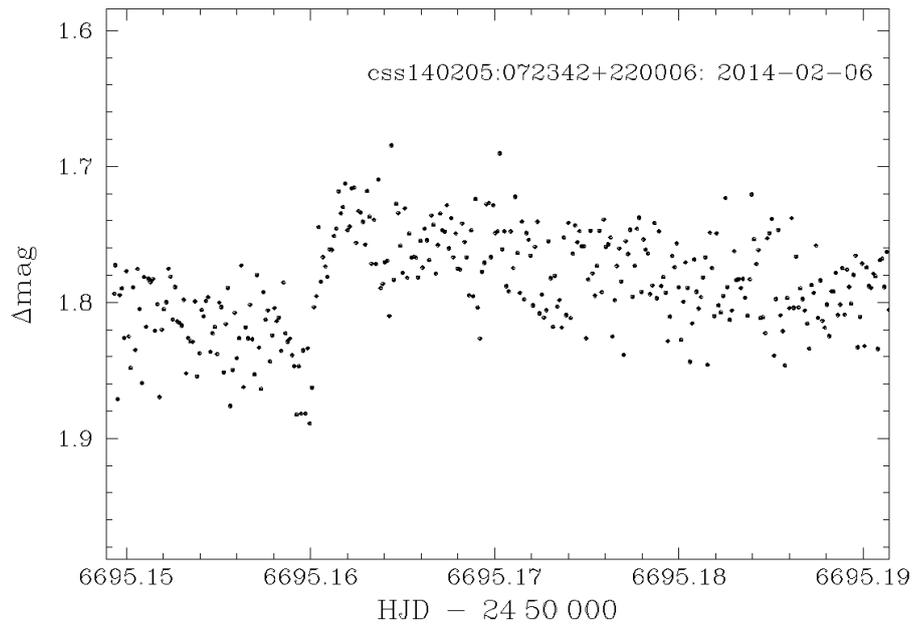
รูปที่ 19 กราฟแสงของ CSS131223:062450+503111



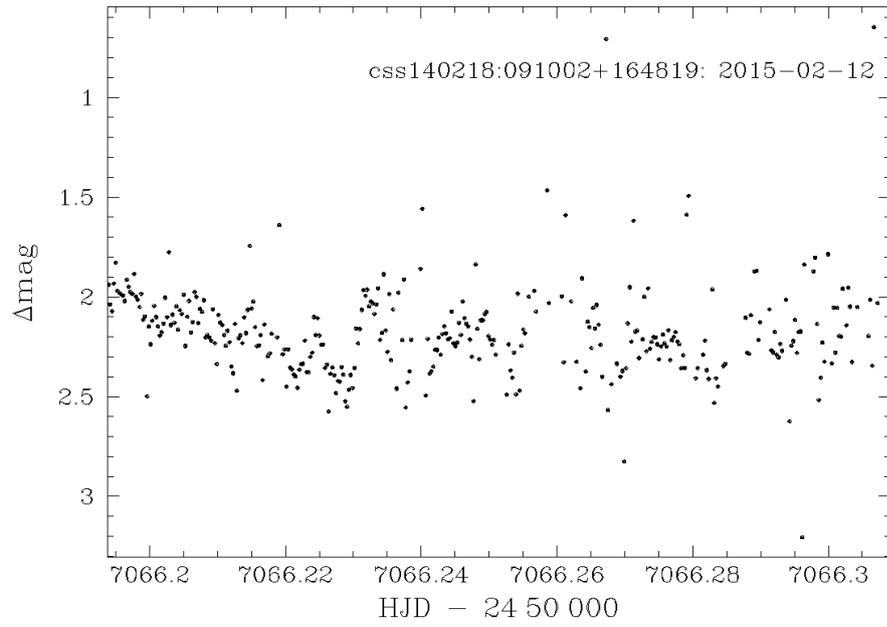
รูปที่ 20 กราฟแสงของ CSS140101:123226+140242



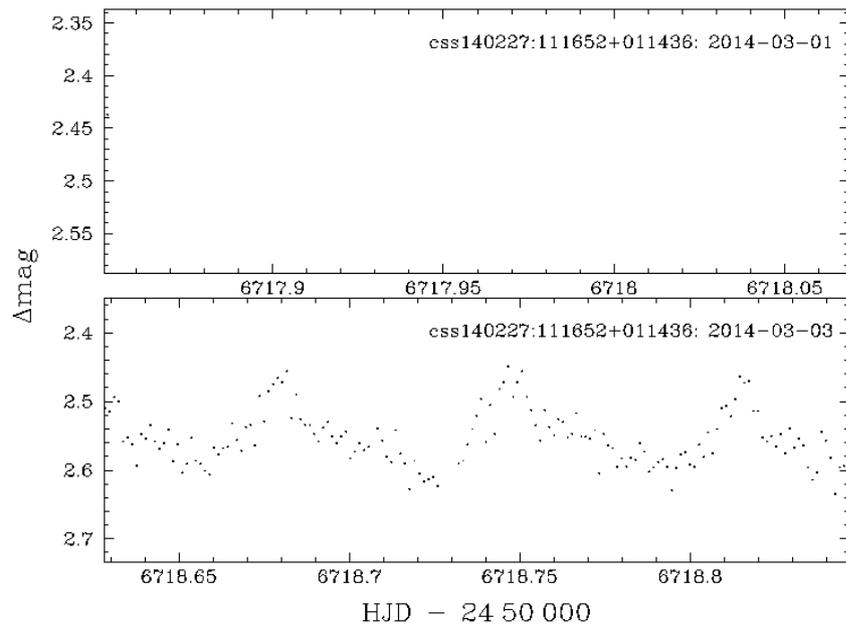
รูปที่ 21 กราฟแสงของ CSS140111:052330-161020



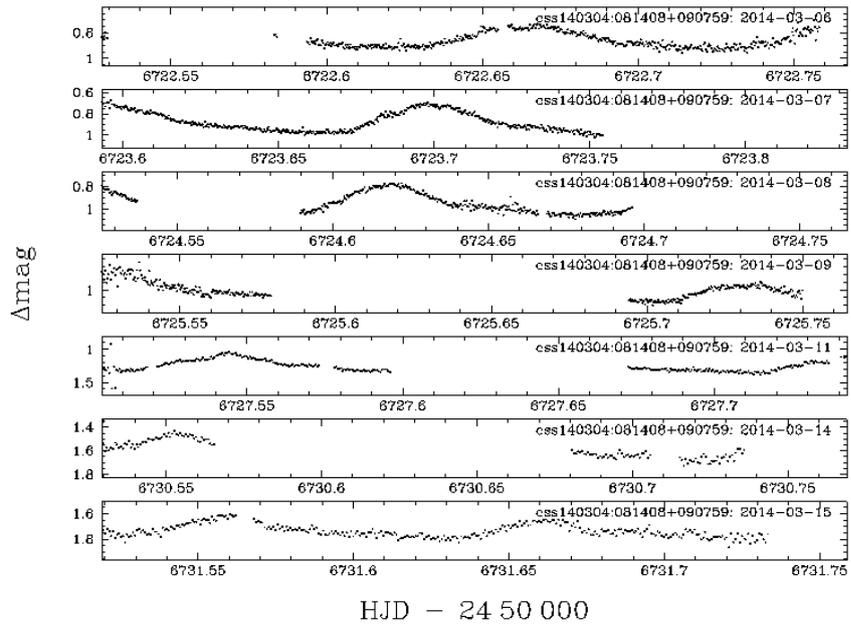
รูปที่ 22 กราฟแสงของ CSS140205:072342+220006



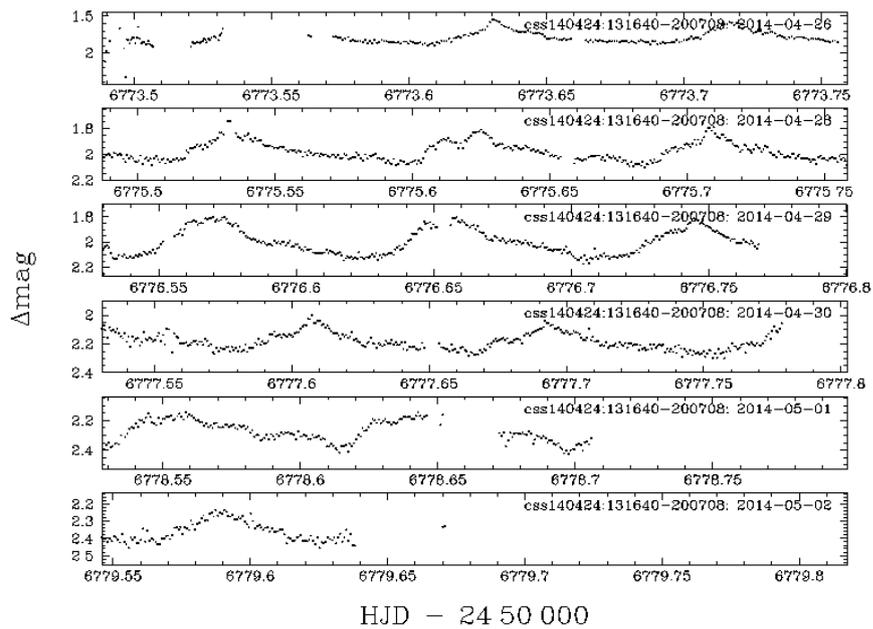
รูปที่ 23 กราฟแสงของ CSS140218:091002+164819



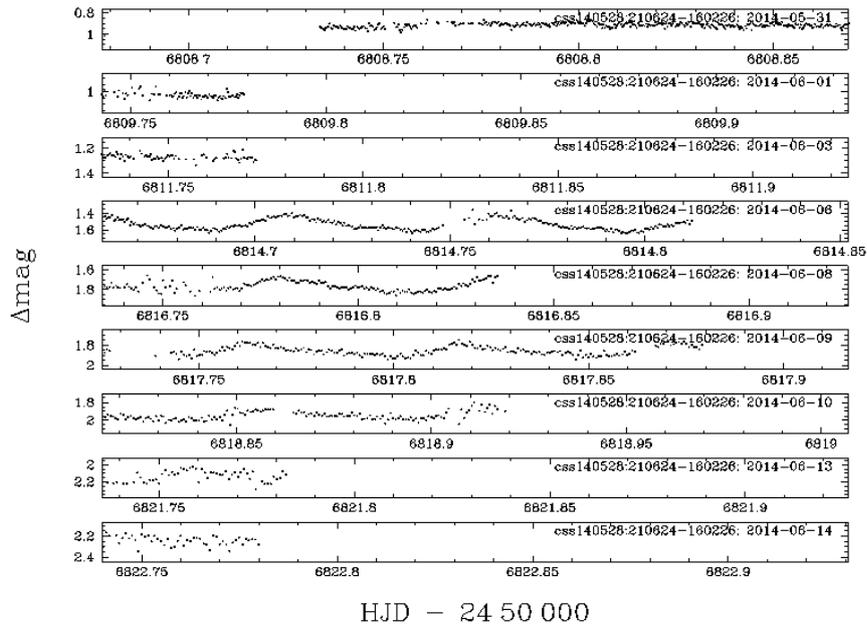
รูปที่ 24 กราฟแสงของ CSS140227:111652+011436



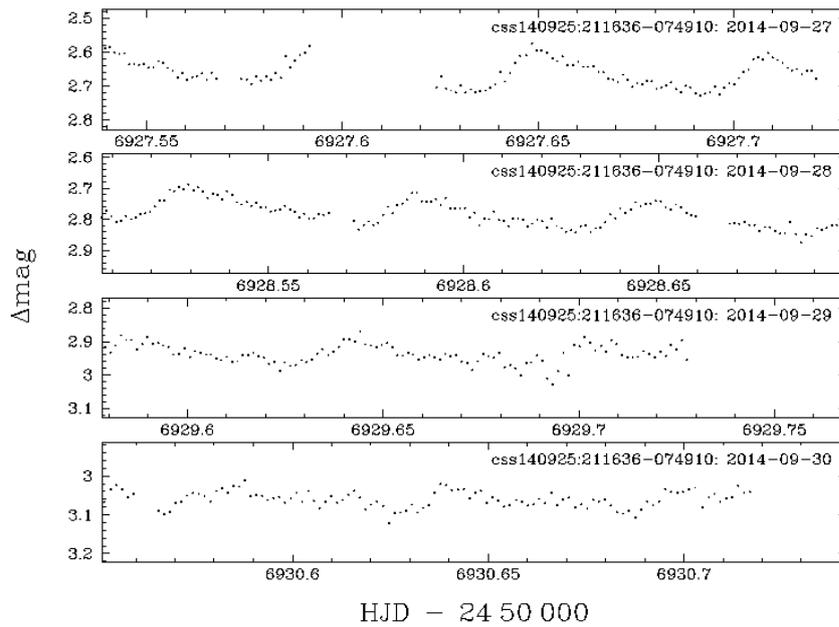
รูปที่ 25 กราฟแสงของ CSS140304:081408+090759



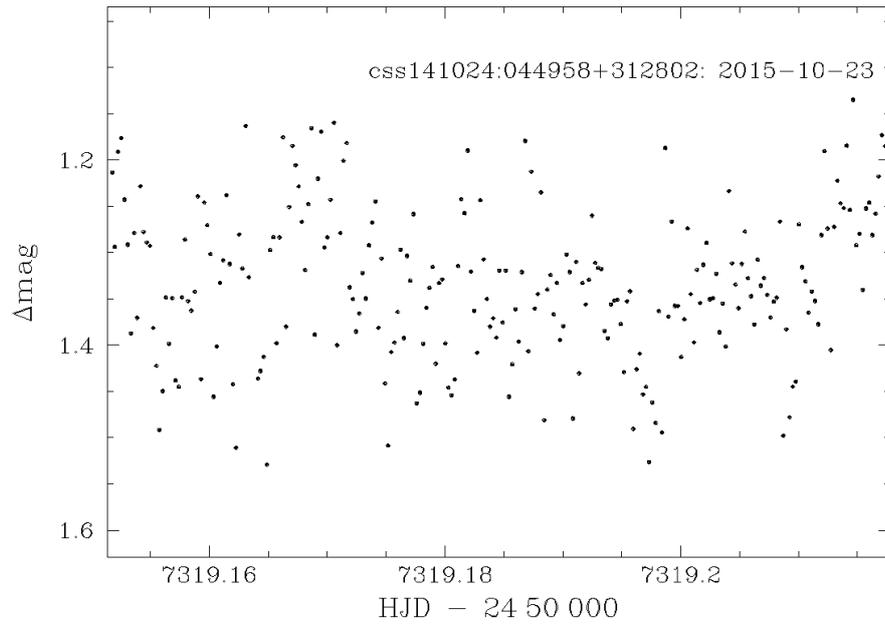
รูปที่ 26 กราฟแสงของ CSS140424:131640-200708



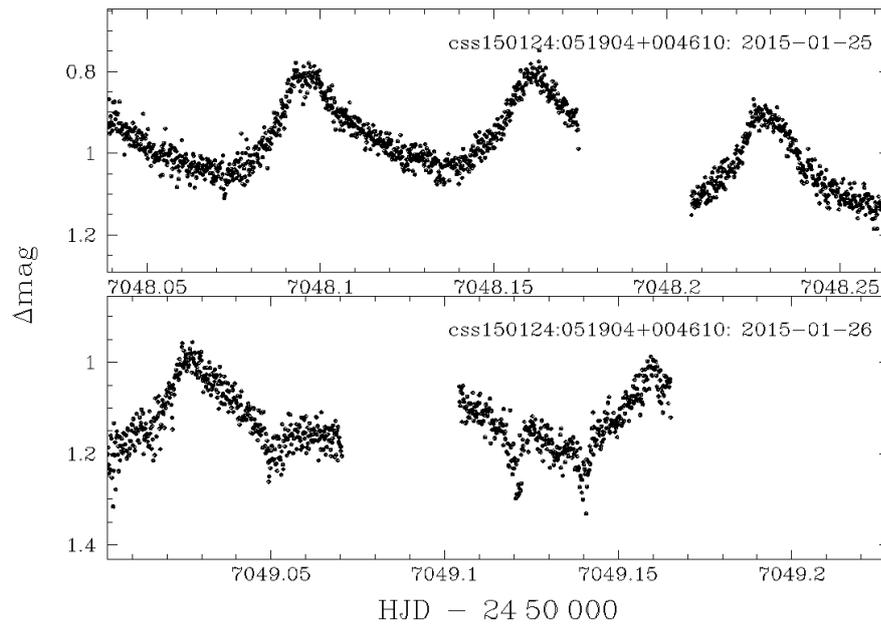
รูปที่ 27 กราฟแสงของ CSS140528:210624-160226



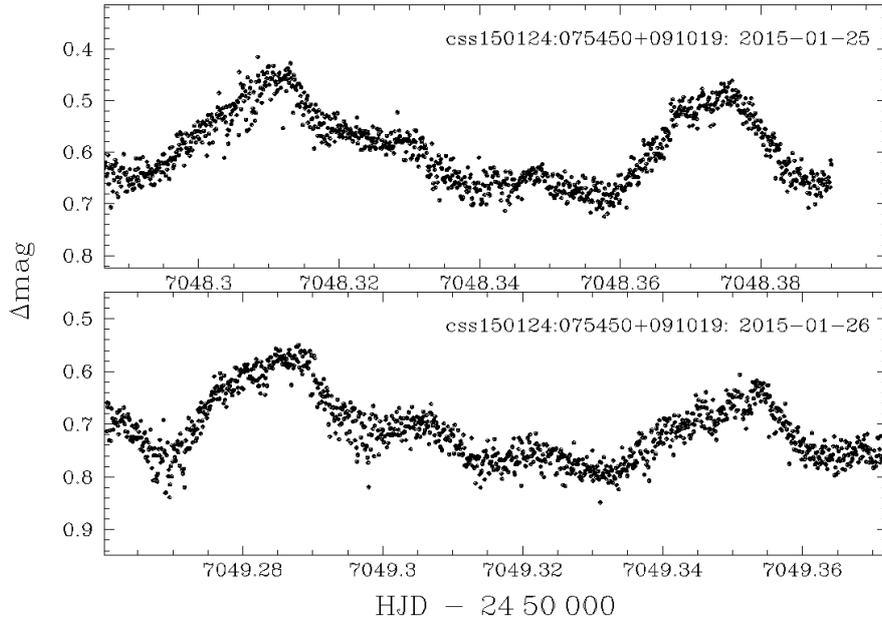
รูปที่ 28 กราฟแสงของ CSS140925:211636-074910



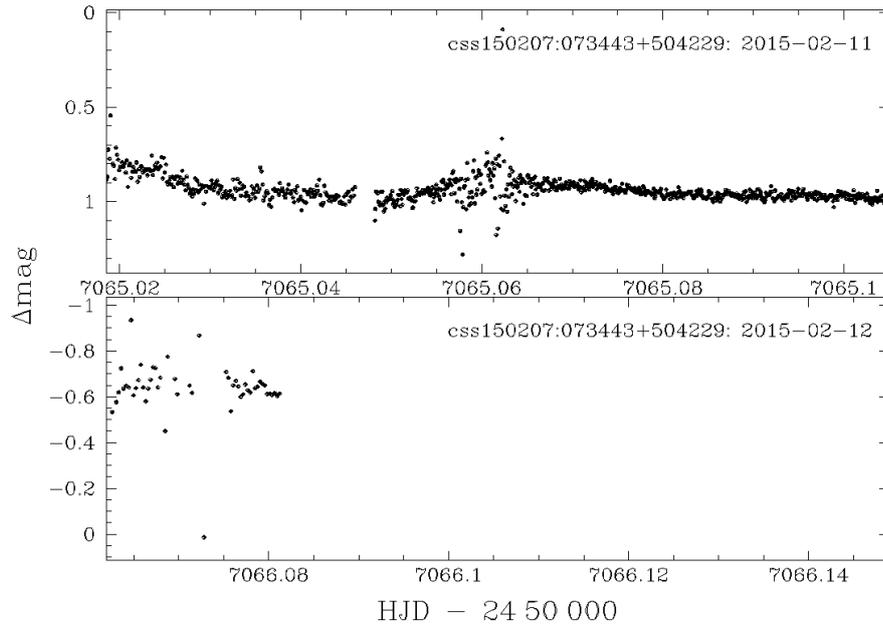
รูปที่ 29 กราฟแสงของ CSS141024:044958+312802



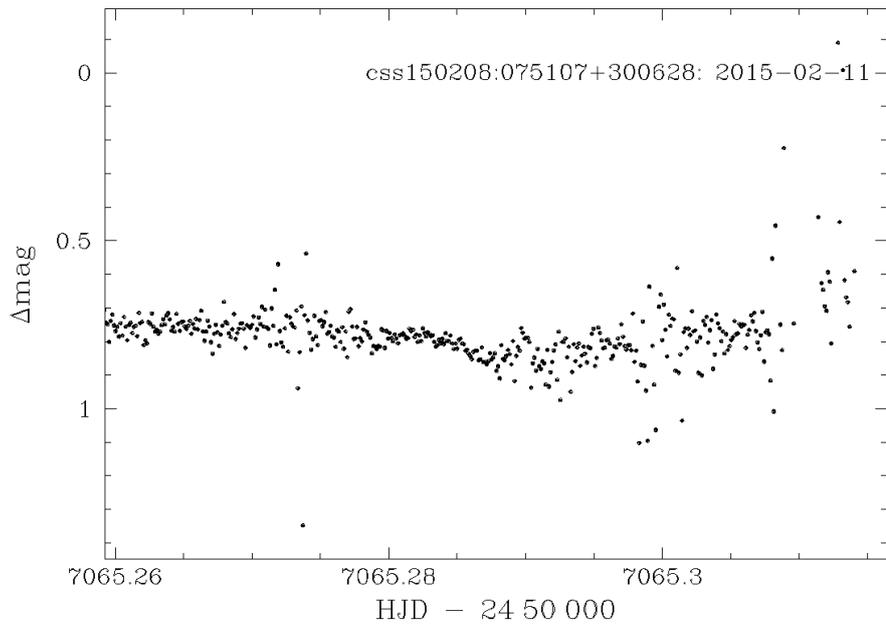
รูปที่ 30 กราฟแสงของ CSS150124:051904+004610



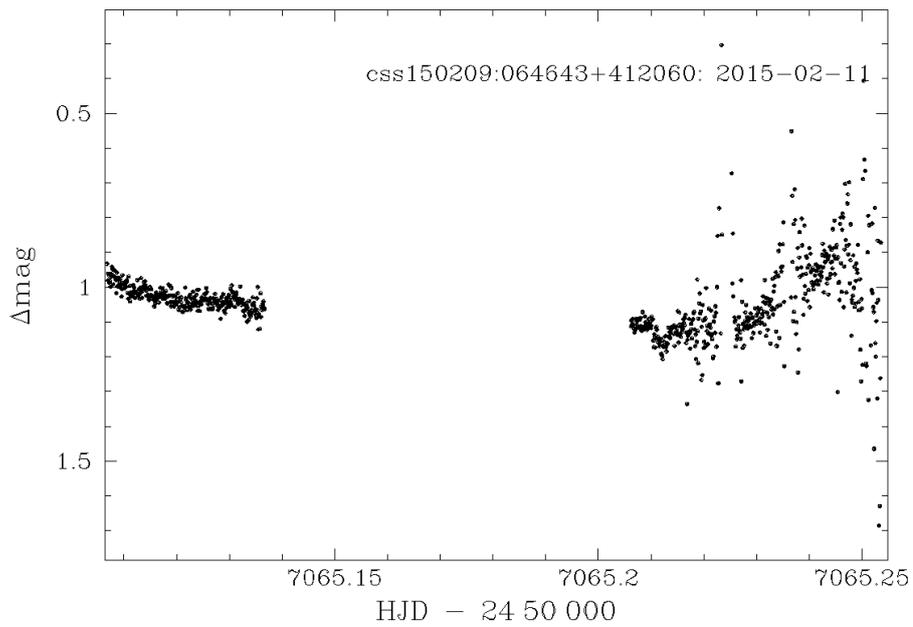
รูปที่ 31 กราฟแสงของ CSS150124:075450+091019



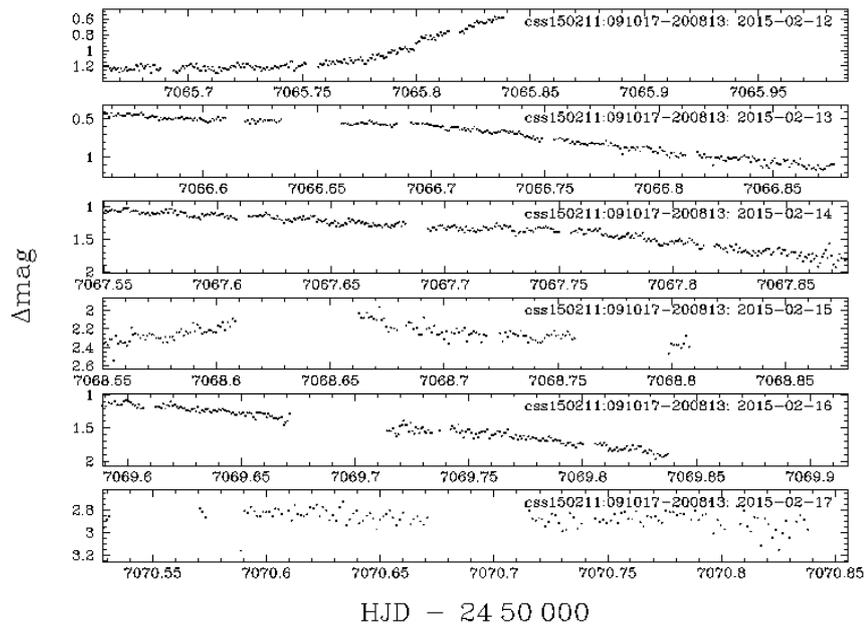
รูปที่ 32 กราฟแสงของ CSS150207:073443+504229



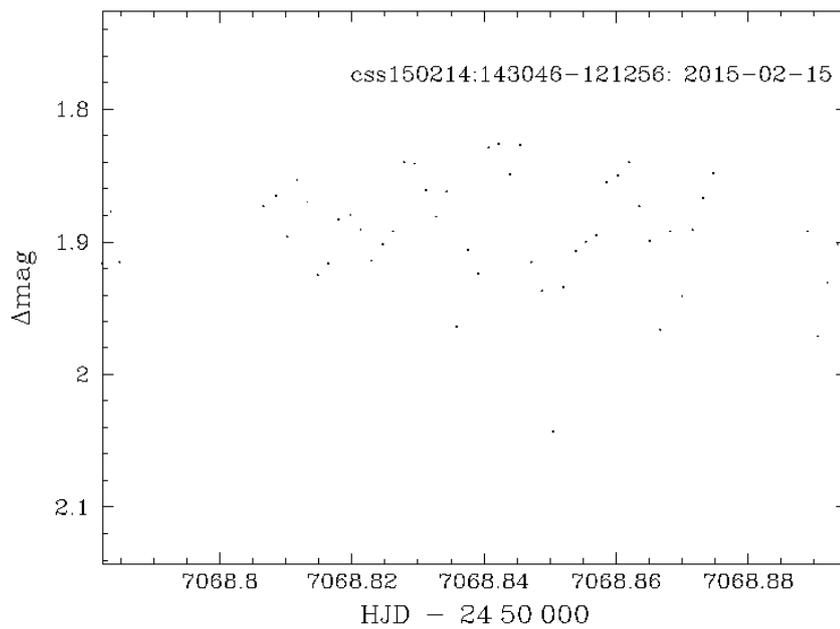
รูปที่ 33 กราฟแสงของ CSS150208:075107+300628



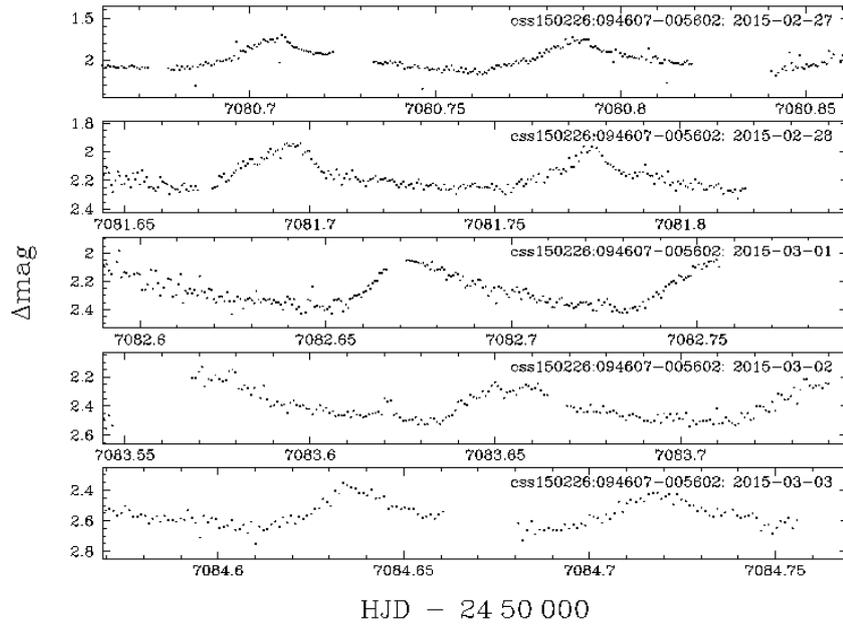
รูปที่ 34 กราฟแสงของ CSS150209:064643+412060



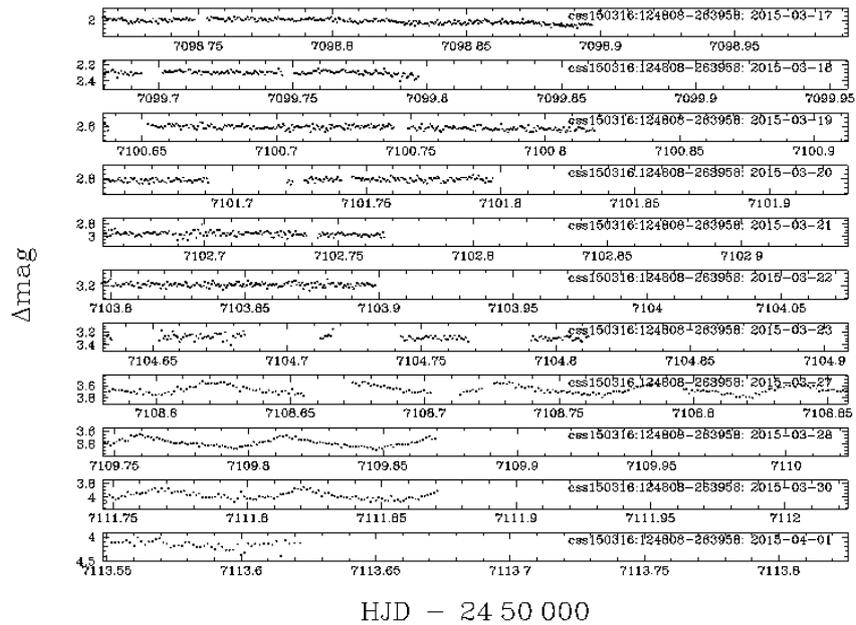
รูปที่ 35 กราฟแสงของ CSS150211:091017-200813



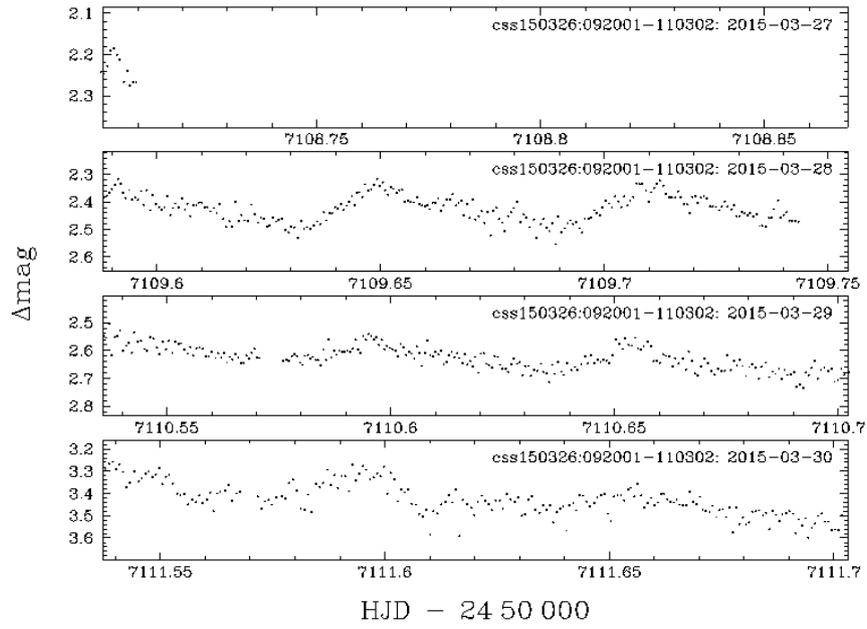
รูปที่ 36 กราฟแสงของ CSS150214:143046-121256



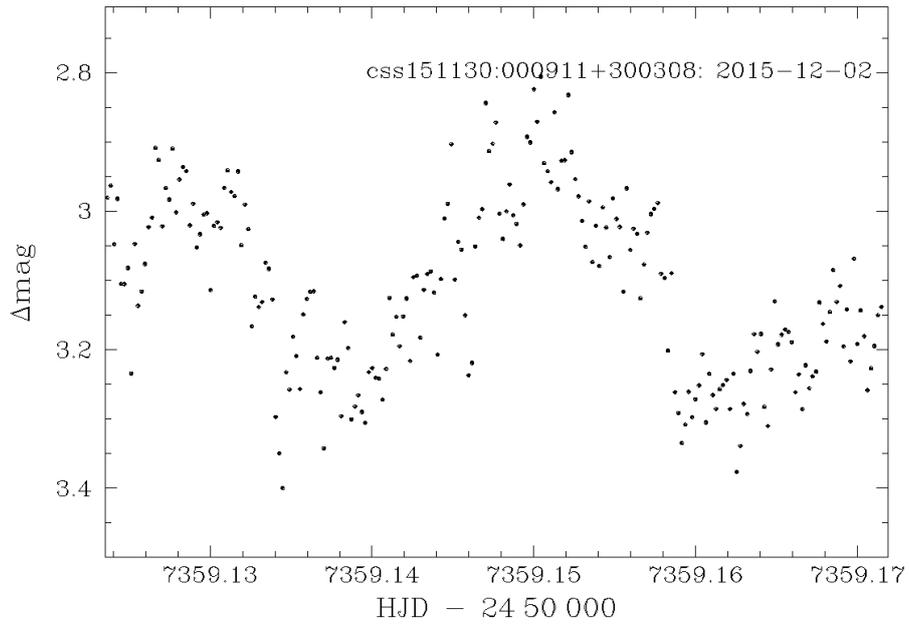
รูปที่ 37 กราฟแสงของ CSS150226:094607-005602



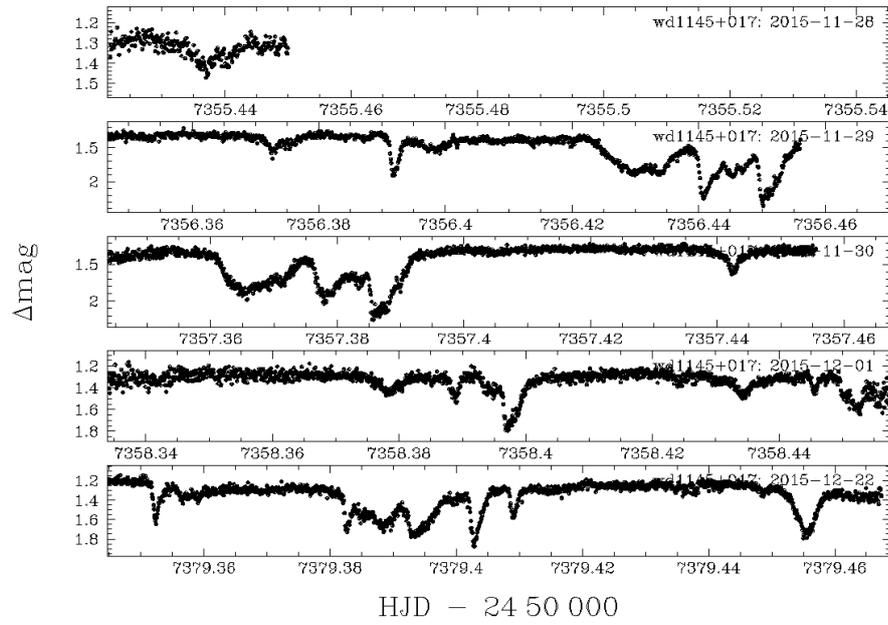
รูปที่ 38 กราฟแสงของ CSS150316:124808-263958



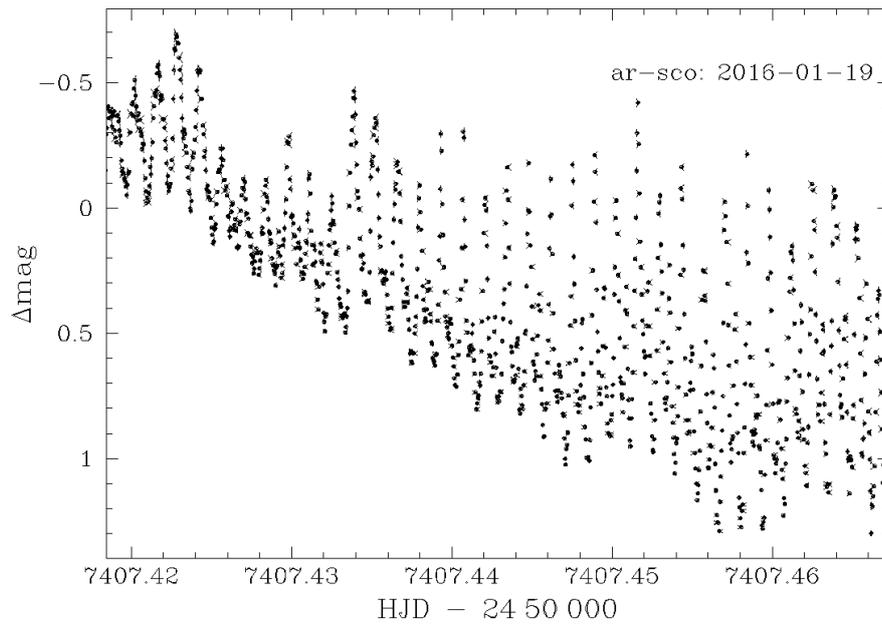
รูปที่ 39 กราฟแสงของ CSS150326:092001-110302



รูปที่ 40 กราฟแสงของ CSS151130:000911+300308



รูปที่ 41 กราฟแสงของ WD1145+017



รูปที่ 42 กราฟแสงของ AR Sco

3.2 การวิเคราะห์คาบการโคจรและคาบ Superhump ของระบบ

เพื่อที่จะวัดคาบการโคจร ของระบบและ คาบ superhump จากการระเบิดใหญ่ ซึ่งสัมพันธ์กับคาบการโคจรของระบบ เราทำการวิเคราะห์กราฟแสงของ CVs ในตารางที่ 1 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (time-series analysis) จากโปรแกรมย่อย Time-Series Analysis ใน MIDAS (MIDAS/TSA package) ที่เขียนโดย A.Schwarzenberg-Czerny โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบฟูเรียร์ (Fourier analysis) ภายใต้บริบท Scargle/TSA สร้างโดย Scargle ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาคาบการโคจรของระบบที่ให้สัญญาณที่มีการแปรค่าแบบราบเรียบ เช่นสัญญาณรูปไซน์ (sinusoidal signals) และบริบท AOV/TSA (analysis-of-variance) ซึ่งเป็นวิธีที่วิเคราะห์หาคาบการโคจรของระบบโดยการนำกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตมาซ้อนทับกับคาบที่สร้างขึ้นแล้วคำนวณกราฟแสงออกมาในรูปของ phase-binned ซึ่งเหมาะกับระบบที่ให้สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างกะทันหันและสัญญาณรูปอื่นๆ ที่ไม่ใช่สัญญาณไซน์ (non-sinusoidal signals)

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดของกราฟแสง คาบการโคจร (P_{orb}) และคาบ superhump (P_{sh}) ของระบบ รูปที่ 3.45--3.68 แสดง periodogram ที่คำนวณจากกราฟแสงของแต่ละระบบ และการนำ ข้อมูลทางโฟโตเมตริกที่ได้จากการสังเกตการณ์มาพล็อตใน รูปของเฟสการโคจร (phase folded) โดยใช้ความถี่ของพีคสูงสุดของสัญญาณที่ได้จาก periodogram ดังรายละเอียดต่อไป

- **CSS110205:121119-083957**

กราฟแสงของ CSS110205:121119-083957 แสดงให้เห็นถึงการแปรค่าความสว่างในช่วงสั้นๆ วางตัวอยู่บนแนวโน้มของการแปรค่าความสว่าง (ประมาณ 0.8 แมกนิจูด) Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ความถี่ประมาณ 13 รอบต่อวัน หรือ $P_{orb} \sim 110$ นาที ข้อมูลทางโฟโตเมตริกที่พล็อตในรูปของเฟสของวงโคจร แสดงแนวโน้มการแปรค่าในสัญญาณรูปไซน์

- **CSS130105:105026+332813**

CSS130105:105026+332813 เป็น CV ที่มีแมกนิจูดประมาณ 22.3 และเกิดการระเบิดใหญ่ใน CRTS ทำให้ระบบสว่างขึ้นถึง 5 แมกนิจูด ข้อมูลทางโฟโตเมตริกจากกล้องโทรทรรศน์ 2.4 เมตร TNT แสดงให้เห็นถึงโครงสร้าง superhump ที่มีคาบประมาณ $P_{sh} = 97.8$ นาที

- **CSS130121:071946+324534**

ขณะที่ไม่เกิดการระเบิดมีแมกนิจูดประมาณ 21 แมกนิจูด และเกิดการระเบิดสว่างขึ้น 3.5 แมกนิจูด เราพบโครงสร้าง superhump ในกราฟแสงของ CSS130121:071946+324534

ประมาณ 5 วัน หลังการรายงานการระเบิดจาก CRTS การวิเคราะห์คาบ superhump ของระบบพบพีคสูงสุดที่ $f = 14.67$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 98.1$ นาที

● **CSS130122:154310+045531**

CSS130122:154310+045531 เป็น CV ที่มีแมกนิจูดประมาณ 21.9 และเกิดการระเบิดสว่างขึ้น > 4.5 แมกนิจูด กราฟแสงจำนวน 3 คีน แสดงให้เห็นถึงโครงสร้าง superhump อย่างชัดเจน Scargle periodogram ของ CSS130122:154310+045531 ให้พีคสองพีคที่มีความสูงในระดับเดียวกัน ซึ่งมีค่าต่างกันประมาณ 1 วัน คือ $f = 13.59$ รอบต่อวัน และ 14.59 รอบต่อวัน หรือคาบ superhump ที่เป็นไปได้คือ $P_{sh} = 105.9$ นาที หรือ $P_{sh} = 98.6$ นาที

● **CSS130604:215427+155714**

เราเก็บข้อมูลทางโฟโตเมตรีของ CSS130604:215427+155714 จำนวน 2 คีน โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ 2.4 เมตร TNT ต่อพ่วงกับ ULTRASPEC เราพบโครงสร้างของ cyclotron humps ซึ่งสามารถพบได้ใน CVs ที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กสูง หรือ Polars โดยมีการแปรค่าความสว่างประมาณ 1.3-1.5 แมกนิจูด อย่างเป็นคาบ และพบการแปรค่าความสว่างในช่วงสั้นๆ หรือ flickering บน cyclotron humps การวิเคราะห์อนุกรมเวลาของกราฟแสงให้ Scargle periodogram ที่พีคสูงสุดที่ $f = 14.87$ รอบต่อวัน หรือ $P_{orb} = 96.8$ นาที

● **CSS131026:024354-160314**

CSS131026:024354-160314 เป็น CV ที่มีความสลัวมากถึง 20.2 แมกนิจูดขณะไม่เกิดการระเบิด และมีความสว่างมากถึง 14.30 แมกนิจูดขณะเกิดการระเบิดใหญ่ ข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPTs แสดงให้เห็นถึงการปรากฏของโครงสร้างของ superhump อย่างชัดเจน Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 16.59$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 88.77$ นาที

● **CSS131102:033140+043202**

CSS131102:033140+043202 เกิดการระเบิดใหญ่ใน CRTS โดยมีความสว่างเพิ่มขึ้นเป็น 15.77 แมกนิจูด จาก 21.5 แมกนิจูด เราเก็บข้อมูลทางโฟโตเมตรีทันทีภายหลังการแจ้งเตือนการระเบิด กราฟแสงจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPTs แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของการเกิด Superhump และการเริ่มกลับสู่สภาวะปกติ ตลอด 11 คีนสังเกตการณ์ Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 15.81$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 91.03$ นาที

● **CSS131207:082957-010201**

CSS131207:082957-010201 มีแมกนิจูด 22.0 ขณะไม่เกิดการระเบิด และมีแมกนิจูด 15.62 ขณะเกิดการระเบิดใหญ่ใน CRTS เราพบโครงสร้าง superhump ในกราฟแสงของระบบ

ขณะเกิดการระเบิดใหญ่ Scargle periodogram ของข้อมูลทางโฟโตเมตรีจำนวน 2 คิน ที่ปรากฏ superhump อย่างต่อเนื่อง ให้พีคสูงสุดที่ $f = 18.08$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 79.6$ นาที นั่นคือใกล้ค่าคาบการโคจรที่น้อยที่สุดของ CVs ที่ถูกค้นพบจากการสังเกต ข้อมูลทางโฟโตเมตรีจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPTs แสดงให้เห็นว่า ระบบความสว่างลดลงประมาณ 0.1-0.2 แมกนิจูดต่อวัน

- **CSS131207:085301+020425**

CSS131207:085301+020425 เป็น CV ที่มีความสว่างประมาณ 21.6 ขณะไม่เกิดการระเบิด และ 15.50 แมกนิจูดขณะเกิดการระเบิดใหญ่ใน CRTS เราเก็บข้อมูลทางโฟโตเมตรีจำนวน 3 คิน จากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 พบโครงสร้าง superhump ซึ่งแปรค่าความสว่างประมาณ 0.3 แมกนิจูดอย่างชัดเจน Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ความถี่ $f = 14.82$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 97.11$ นาที

- **CSS131214:233546+123448**

CSS131214:233546+123448 เป็น CV ที่มีความสว่าง 19.3 แมกนิจูดขณะไม่เกิดการระเบิด และเป็น CVs ที่มีการแปรค่าความสว่างในช่วงประมาณ 19.5-17.5 แมกนิจูด ใน CRTS เราได้ทำการเก็บข้อมูลของ CSS131214:233546+123448 ด้วยกล้องโทรทรรศน์ 2.4 เมตร TNT ต่อพ่วงกับ ULTRASPEC จำนวน 4 คิน กราฟแสงแสดงให้เห็นถึงการแปรค่าความสว่างเนื่องจากวงโคจรของระบบ โดยแปรค่าประมาณ 1 แมกนิจูด Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 7.28$ รอบต่อวัน หรือ $P_{orb} = 197.66$ นาที

- **CSS140111:052330-161020**

CSS140111:052330-161020 เป็น CV ที่มีแมกนิจูดประมาณ 21.5 แมกนิจูด ซึ่งไม่ค่อยพบการระเบิดใน CRTS โดยมีการแปรค่าความสว่างในช่วงแคบๆ ประมาณ 0.5 แมกนิจูด CRTS รายงานการระเบิดใหญ่ของ CSS140111:052330-161020 เพียง 1 ครั้ง โดยระบบมีความสว่างประมาณ 13.98 ขณะเกิดการระเบิดใหญ่ โฟโตเมตรีจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 สามารถตรวจวัดโครงสร้าง superhump ในกราฟแสงได้ประมาณ 10 วัน หลังจากการตรวจวัดการระเบิดใหญ่ของ CRTS ซึ่งแสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของการเกิดและการหายไปของโครงสร้าง Superhump โดย Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 16.35$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 88.4$ นาที

- **CSS140227:111652+011436**

CSS140227:111652+011436 เป็น CV ที่มีแมกนิจูด 21.8 ขณะไม่เกิดการระเบิด และเกิดการระเบิดใหญ่มีความสว่างเพิ่มขึ้นถึง 16.91 แมกนิจูด ซึ่งพบโครงสร้าง superhump ใน

กราฟแสง การวิเคราะห์คาบ superhump ให้พีคสูงสุดที่ $f = 15.3$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 94.11$ นาที

● **CSS140304:081408+090759**

CSS140304:081408+090759 มีแมกนิจูด 20.5 ขณะไม่เกิดการระเบิด และพบการแปรค่าความสว่างเนื่องจากการระเบิดบ่อยครั้ง ใน CRTS โดยมีแมกนิจูดของการระเบิดประมาณ 2-3 แมกนิจูด และพบการระเบิดใหญ่ซ้ำโดยมีระยะห่างกันประมาณ 500 วัน กราฟแสงจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 แสดงวิวัฒนาการของโครงสร้าง superhump โดยกราฟแสงช่วงวันที่ 6-9 มีนาคม 2557 ให้สัญญาณใน Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 9.71$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 148.45$ นาที และกราฟแสงช่วงวันที่ 11-15 มีนาคม 2557 ให้พีคสูงสุดที่ $f = 9.96$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 144.56$ นาที

● **CSS140424:131640-200708**

CSS140424:131640-200708 มีแมกนิจูดประมาณ 20.5 แมกนิจูด ขณะไม่เกิดการระเบิด CRTS รายงานการระเบิดใหญ่ขณะระบบมีความสว่าง 15.75 แมกนิจูด และพบการระเบิดใหญ่ซ้ำในช่วงเวลาประมาณ 800 วัน ข้อมูลทางโฟโตเมตรีจาก PROMPT8 แสดงโครงสร้าง superhump อย่างชัดเจน โดย Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 11.57$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 124.39$ นาที

● **CSS140528:210624-160226**

CSS140528:210624-160226 หรือ ASASSN-14bg เป็น CV ที่มีแมกนิจูด >21.5 ขณะไม่เกิดการระเบิด CRTS รายงานแมกนิจูดขณะเกิดการระเบิดใหญ่เป็น 14.69 เราพบโครงสร้างของ superhump ในกราฟแสงจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 ประมาณ 6 วัน หลังการรายงานการระเบิดใหญ่ Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 18.31$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 78.62$ นาที

● **CSS140925:211636-074910**

CSS140925:211636-074910 เป็น CV แปรค่าความสว่างใน CRTS โดยมีการแปรค่าความสว่างประมาณ 1-2 แมกนิจูด และมีแมกนิจูดเฉลี่ย 21.9 ขณะไม่เกิดการระเบิด CRTS รายงานการระเบิดใหญ่เพียง 1 ครั้งในช่วงเวลาประมาณ 4,000 วัน กราฟแสงขณะเกิดการระเบิดใหญ่จากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของ superhump และ Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 17.05$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 84.5$ นาที

- **CSS141024:044958+312802**

CSS141024:044958+312802 เป็น CV ที่มีแมกนิจูดประมาณ 20.5 และเป็น CV แปรค่าความสว่างใน CRTS ซึ่งเกิดการระเบิดบ่อยครั้งโดยมีแมกนิจูดของการระเบิดประมาณ 1.0-2.0 แมกนิจูด และ 6.1 แมกนิจูดขณะเกิดการระเบิดใหญ่ โดย CRTS รายงานการระเบิดใหญ่ 2 ครั้งในช่วงเวลาประมาณ 3 ,000 วัน ขณะเกิดการระเบิดใหญ่ ช่วงเดือนกันยายน 2557 เราติดตามการระเบิดโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 พบโครงสร้าง superhump ในกราฟแสงของ CSS141024:044958+312802 การวิเคราะห์คาบจาก Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 17.50$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 82.28$ นาที

- **CSS150124:051904+004610**

CSS150124:051904+004610 เป็น CV แมกนิจูด >22 ขณะไม่เกิดการระเบิด และเป็น CV ที่ไม่ค่อยเกิดการระเบิดใน CRTS ขณะเกิดการระเบิดใหญ่ มีแมกนิจูดประมาณ 17.9 เราใช้กล้องโทรทรรศน์ 2.4 เมตร TNT ร่วมกับ ULTRASPEC ในการเก็บข้อมูลทางโฟโตเมตรี ขณะเกิดการระเบิดใหญ่ เราพบโครงสร้างของ superhump ในกราฟแสงของระบบ Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 15.01$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 95.93$ นาที

- **CSS150124:075450+091019**

CSS150124:075450+091019 เป็น CV แมกนิจูด 21.1 ขณะไม่เกิดการระเบิด มีการแปรค่าความสว่างใน CRTS ประมาณ 1.0-1.5 แมกนิจูด CRTS รายงานการระเบิดใหญ่ 2 ครั้งในช่วงประมาณ 4 ,000 วัน โดยมีระยะเวลาห่างกันประมาณ 1 ,000 วัน ขณะเกิดการระเบิดใหญ่ มีแมกนิจูดประมาณ 17.30 เราใช้กล้องโทรทรรศน์ 2.4 เมตร TNT ร่วมกับ ULTRASPEC ในการเก็บข้อมูลทางโฟโตเมตรีขณะเกิดการระเบิดใหญ่ เราพบโครงสร้างของ superhump ในกราฟแสงของระบบ AOV periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 15.38$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 93.62$ นาที

- **CSS150211:091017-200813**

CSS150211:091017-200813 เป็น CV candidate ใน CRTS ที่มีแมกนิจูดประมาณ 19.3 และมีการแปรค่าความสว่างประมาณ 1.5 แมกนิจูด วันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558 CRTS รายงานแมกนิจูดของ CSS150211:091017-200813 มีค่าประมาณ 16.22 กราฟแสงจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 วันที่ 12 กุมภาพันธ์ แสดงให้เห็นว่าวัตถุกำลังสว่างขึ้น และมีค่าความสว่างลดลงในคืนต่อมา เราพบโครงสร้าง superhump ที่มีการแปรค่าความสว่างทุกๆ ประมาณ 30 นาทีบนกราฟแสง Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 29.67$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 48.52$ นาที เราจัดประเภท CSS150211:091017-200813 ว่าเป็นดาวคู่แบบใกล้เคียงประเภท AM CVn

- **CSS150226:094607-005602**

CSS150226:094607-005602 เป็น CV ที่มีแมกนิจูดประมาณ 20.3 ขณะไม่เกิดการระเบิด มีการแปรค่าความสว่างประมาณ 1 แมกนิจูดใน CRTS ขณะเกิดการระเบิดใหญ่มีแมกนิจูดประมาณ 15.16 แมกนิจูด กราฟแสงจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 จำนวน 5 คีน แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของ superhump โดย Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 12.21$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 177.89$ นาที

- **CSS150316:124808-263958**

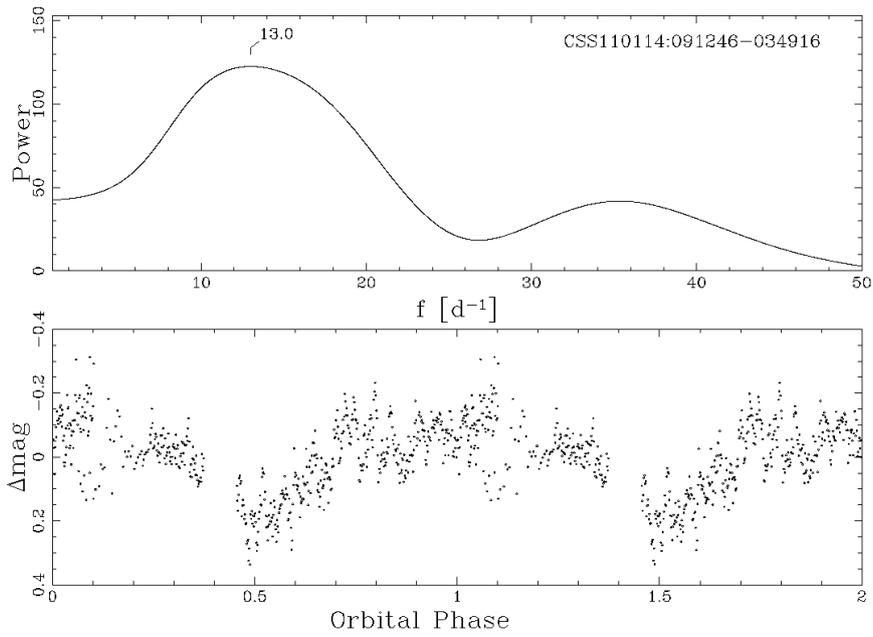
CSS150316:124808-263958 เป็น CV แมกนิจูด 21.0 ขณะไม่เกิดการระเบิด และมีแมกนิจูดประมาณ 14.43 ขณะเกิดการระเบิดใหญ่ใน CRTS กราฟแสงจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของ superhump โดย Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 18.44$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 78.17$ นาที

- **CSS150326:092001-110302**

CSS150326:092001-110302 หรือ ASASSN-15eu เป็น CV ที่มีแมกนิจูดประมาณ 20.0 ขณะไม่เกิดการระเบิด มีการแปรค่าความสว่างประมาณ 1 แมกนิจูดใน CRTS ขณะเกิดการระเบิดใหญ่มีแมกนิจูดประมาณ 15.17 แมกนิจูด กราฟแสงจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT8 แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของ superhump โดย Scargle periodogram ให้พีคสูงสุดที่ $f = 16.96$ รอบต่อวัน หรือ $P_{sh} = 84.86$ นาที

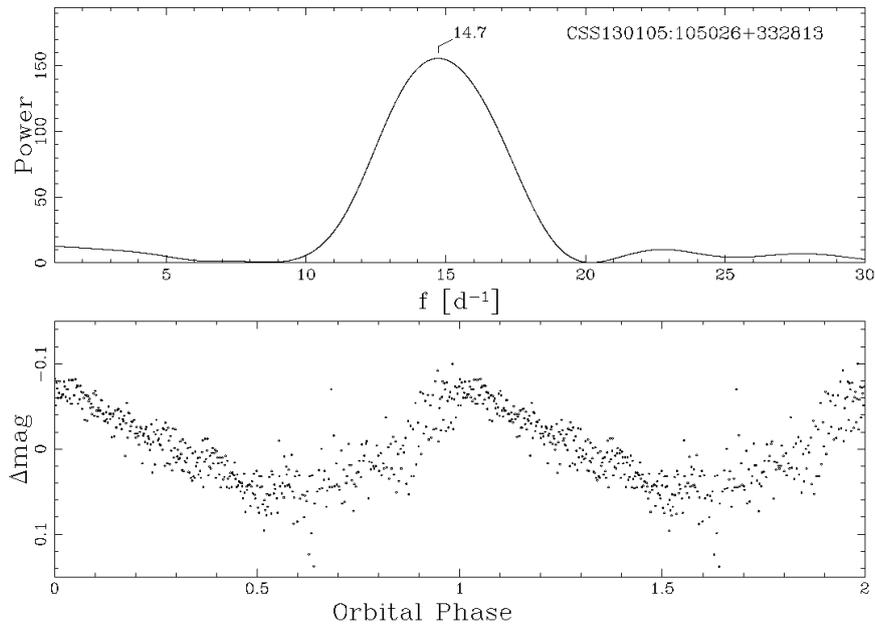
3.3 WD1145+017 และ AR Sco

นอกจากการวิเคราะห์คาบการโคจรและคาบ superhump ของระบบข้างต้นแล้ว เรายังได้ทำการศึกษาาระบบดาวคู่แบบใกล้ชิดที่น่าสนใจเช่น WD1145+017 และ AR Sco รายละเอียดของการวิเคราะห์ดูได้จากผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติในภาคผนวก



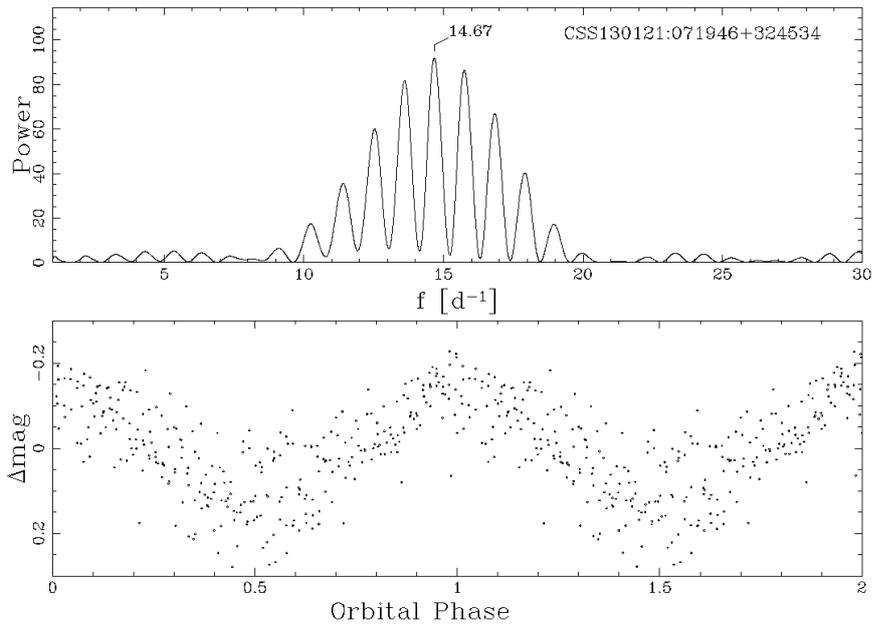
รูปที่ 43 Scargle periodogram และ phase folded ของ

CSS110114:091246-034916

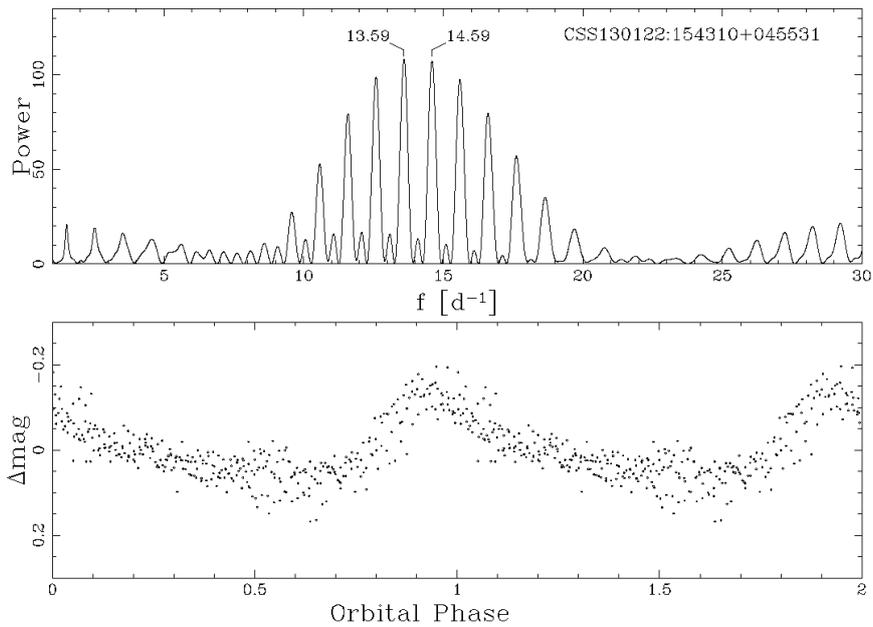


รูปที่ 44 Scargle periodogram และ phase folded ของ

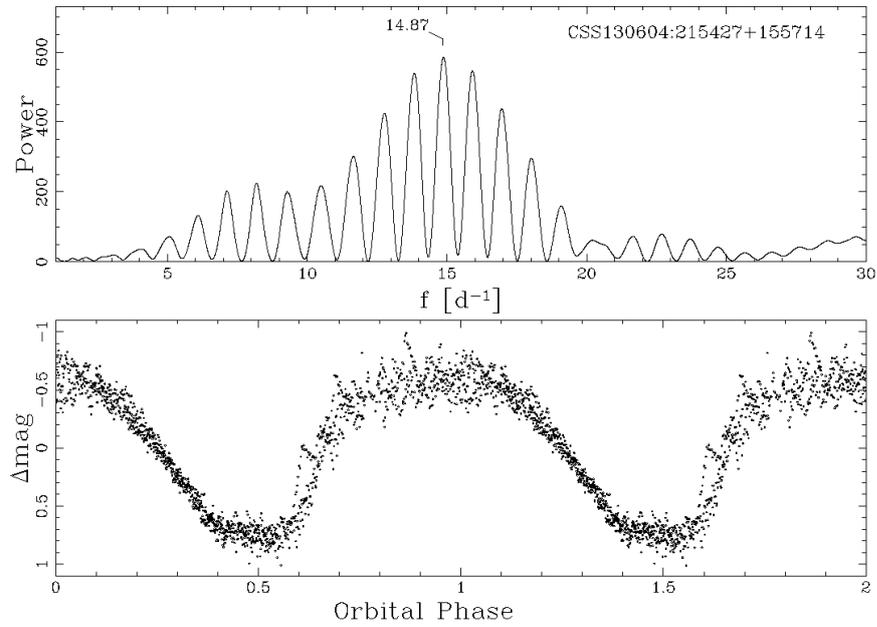
CSS130105:105026+332813



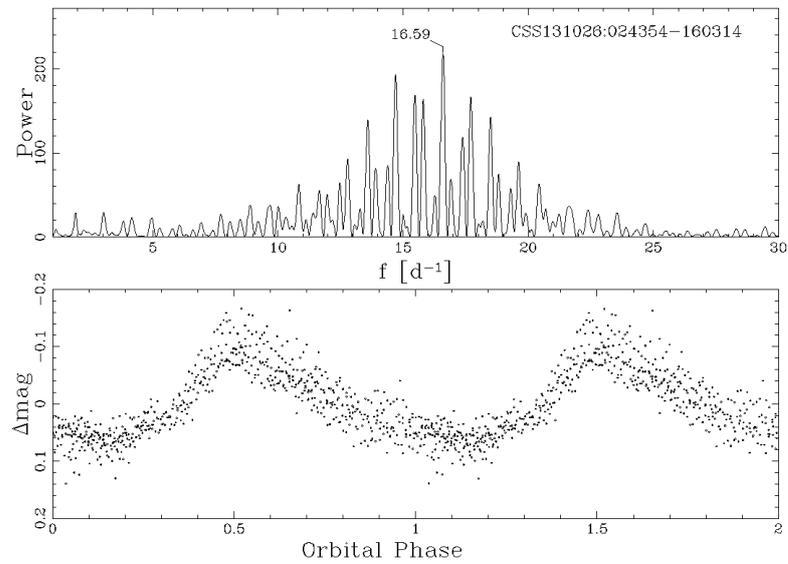
รูปที่ 45 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS130121:071946+324534



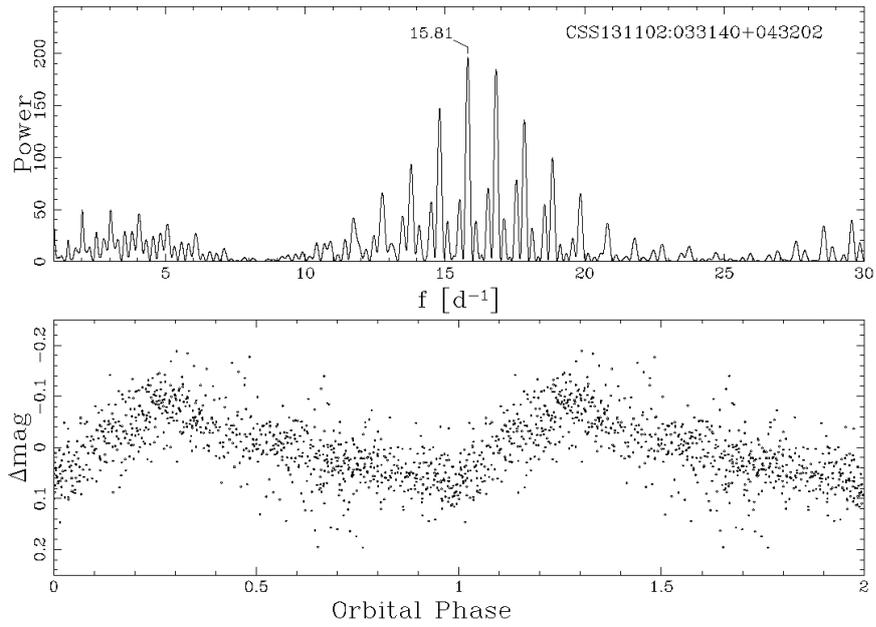
รูปที่ 46 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS130122:154310+045531



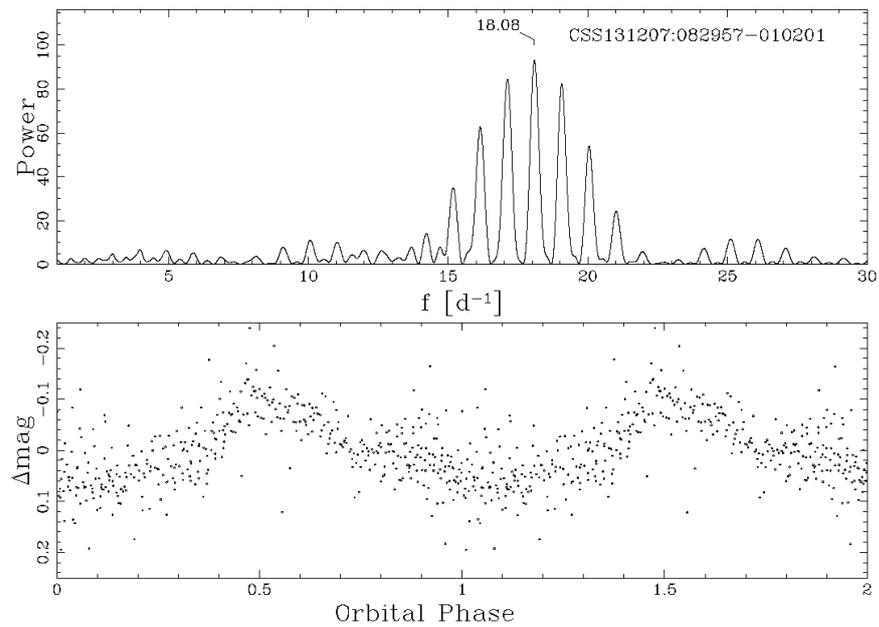
รูปที่ 47 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS130604:215427+155714



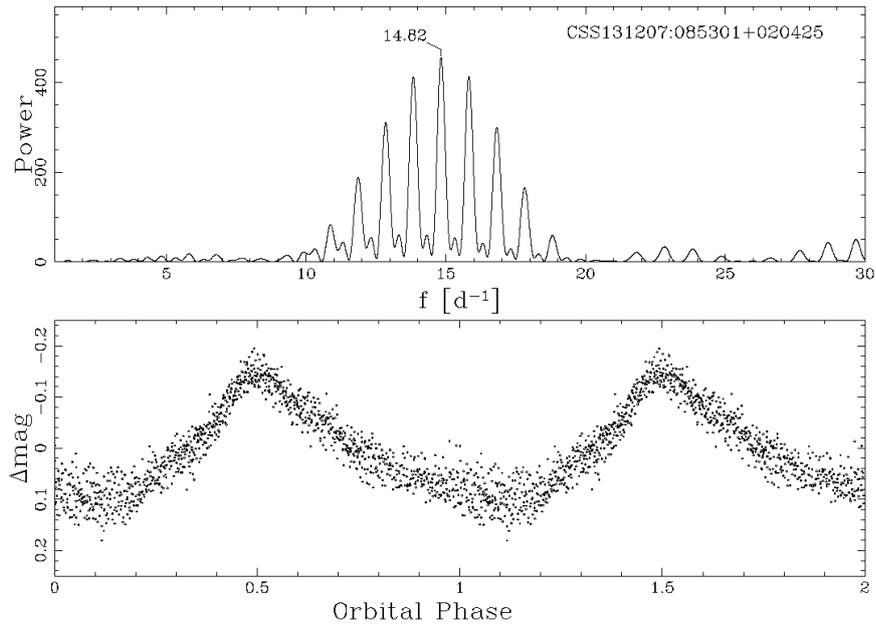
รูปที่ 48 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS131026:024354-160314



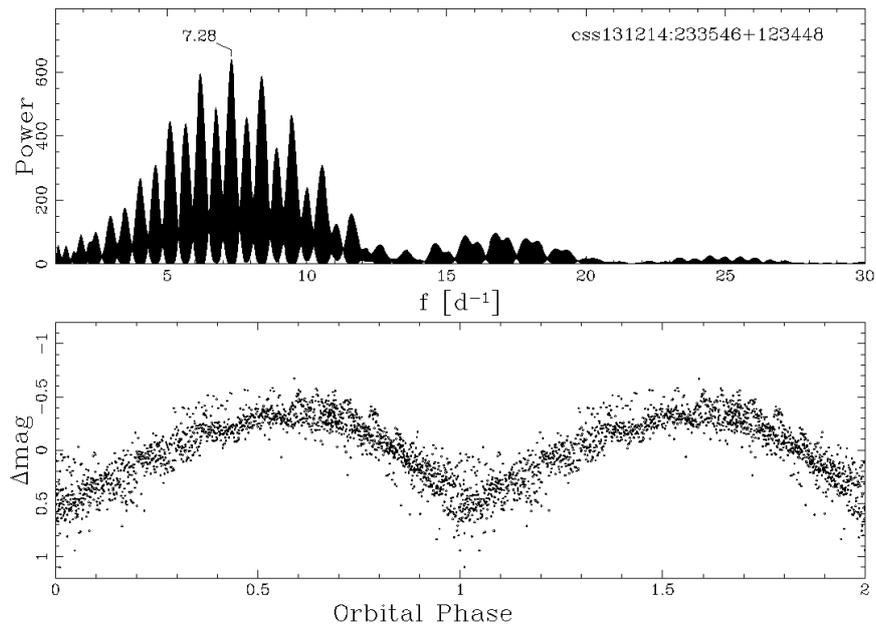
รูปที่ 49 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS131102:033140+043202



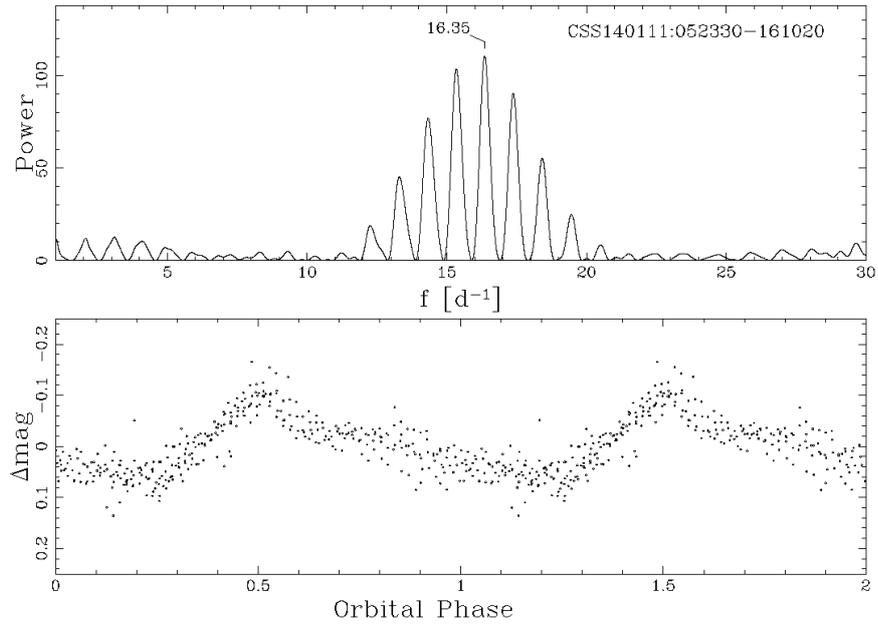
รูปที่ 50 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS131207:082957-010201



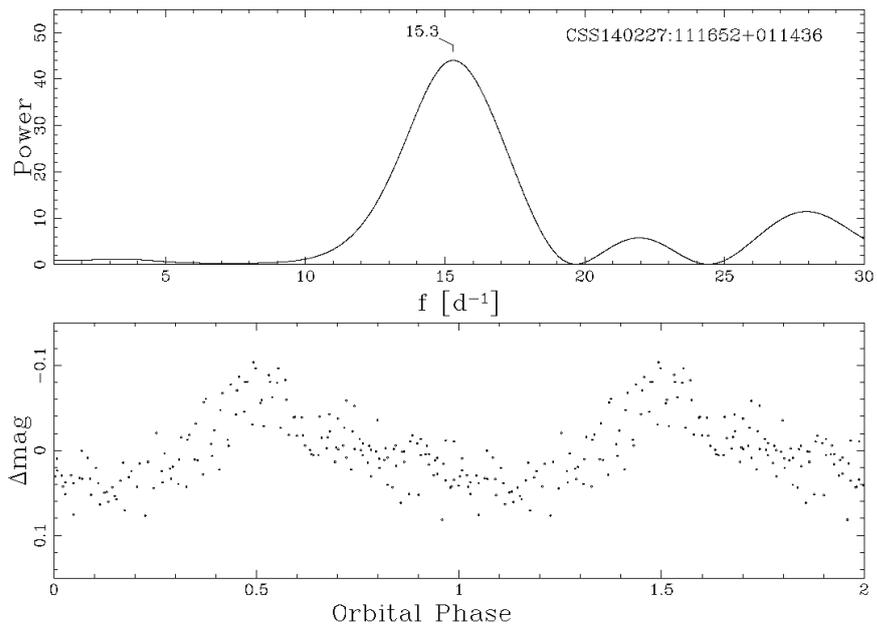
รูปที่ 51 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS131207:085301+020425



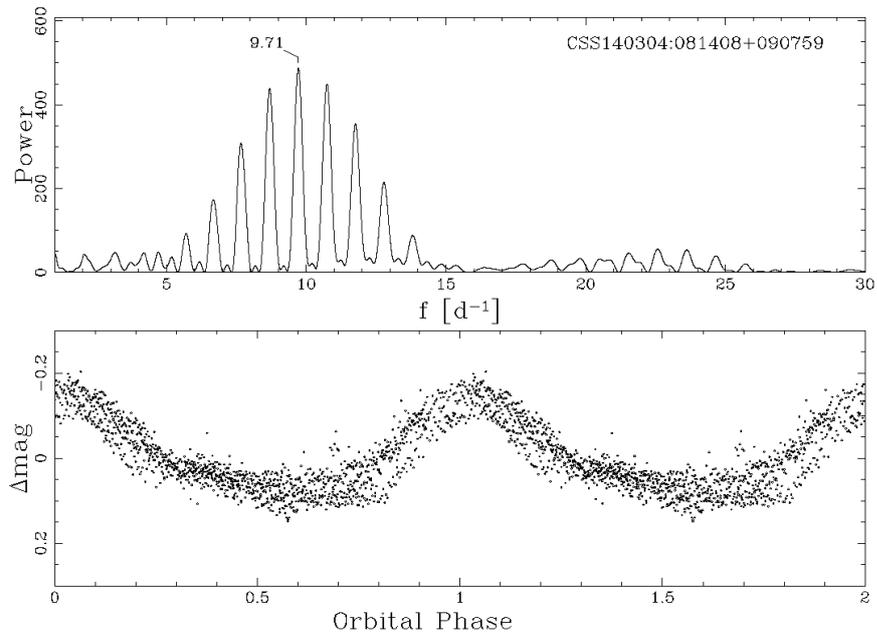
รูปที่ 52 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS131214:233546+123448



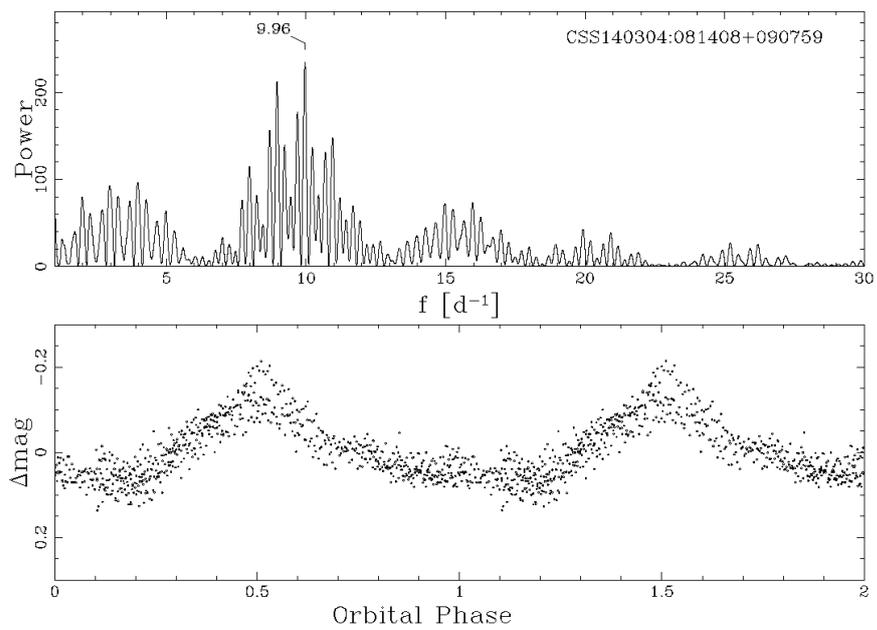
รูปที่ 53 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS140111:052330-161020



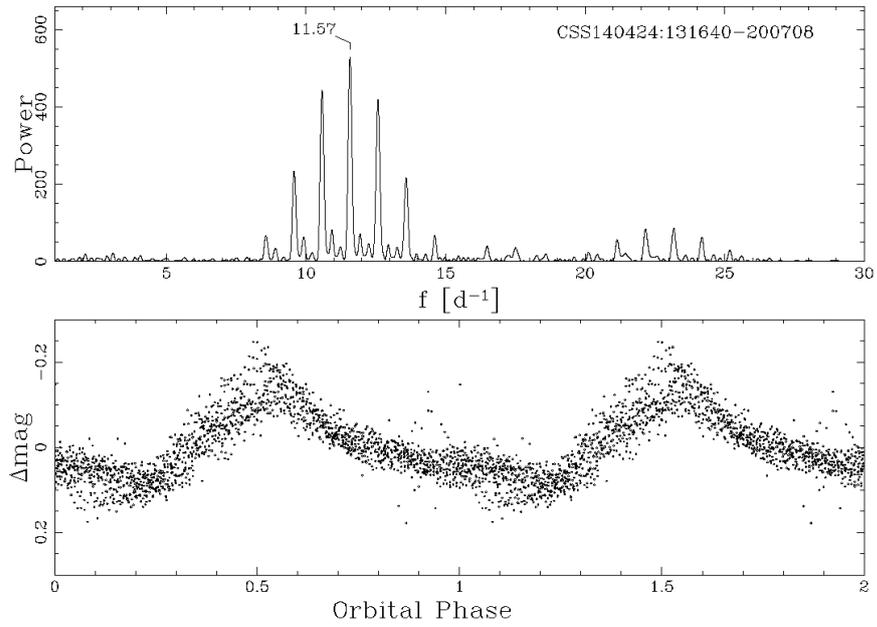
รูปที่ 54 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS140227:111652+011436



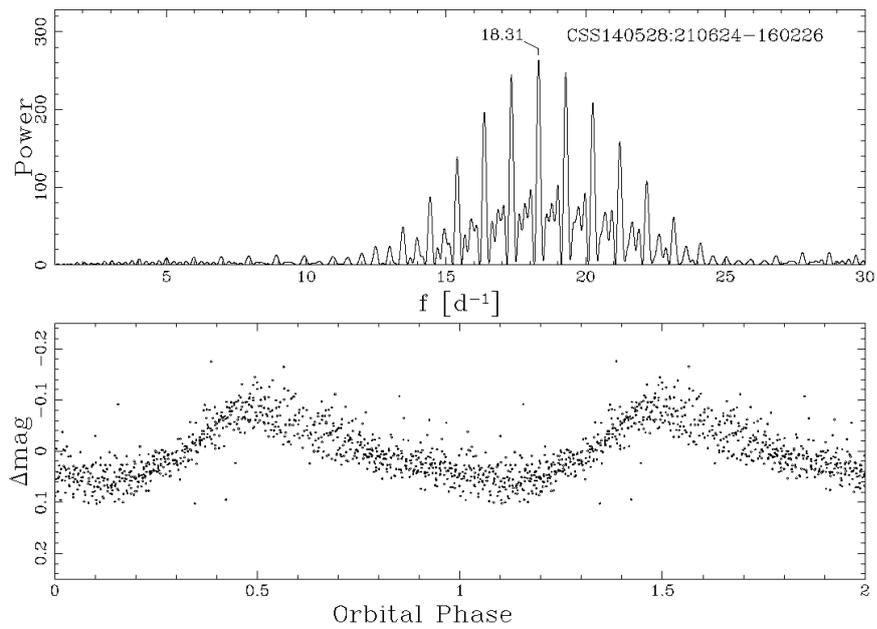
รูปที่ 55 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS140304:081408+090759 เมื่อ $P_{\text{orb}} = 148.45$ นาที



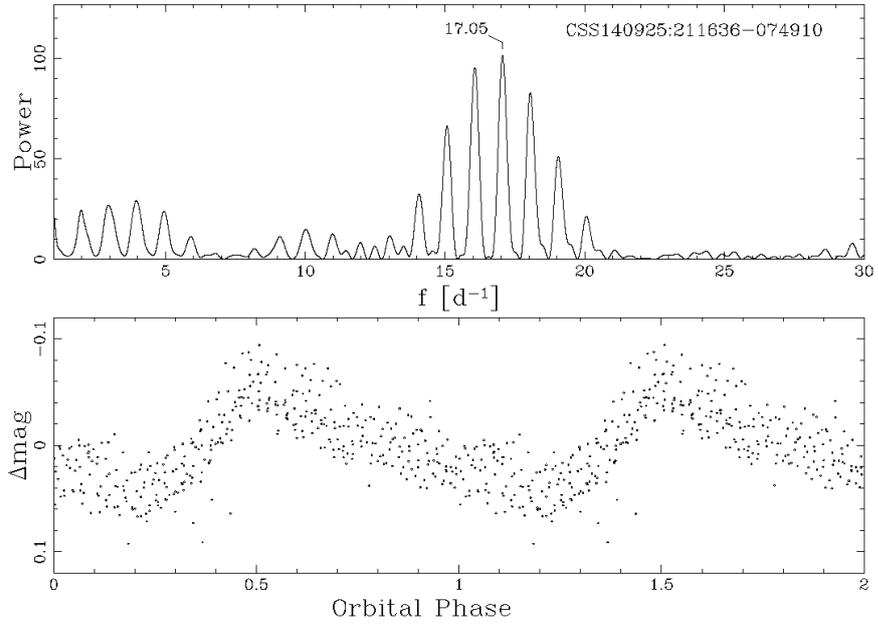
รูปที่ 56 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS140304:081408+090759 เมื่อ $P_{\text{orb}} = 144.56$ นาที



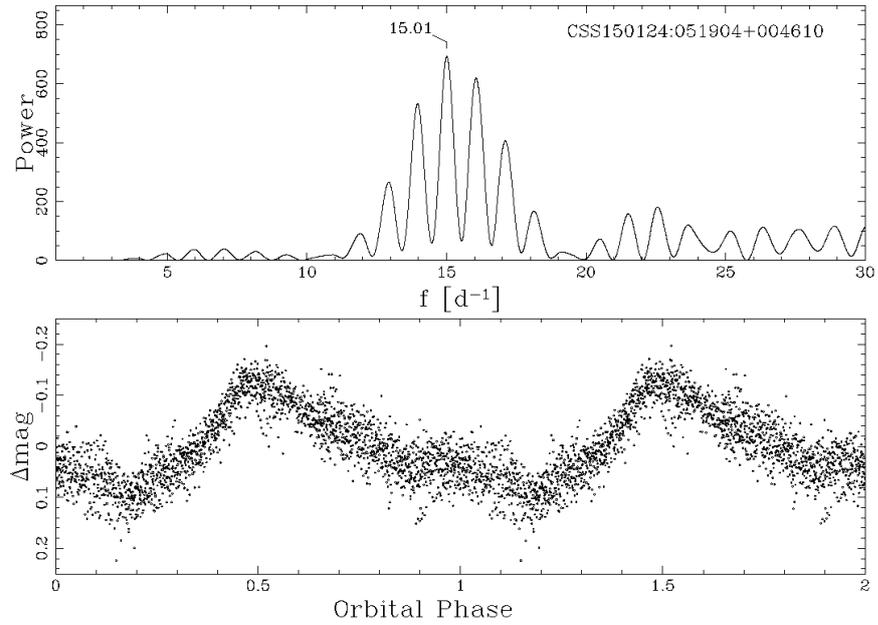
รูปที่ 57 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS140424:131640-200708



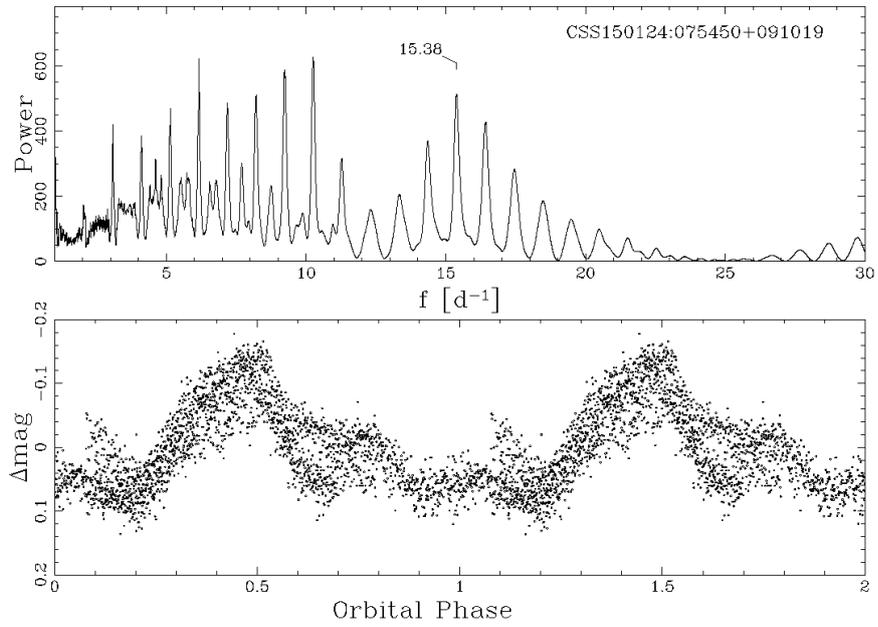
รูปที่ 58 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS140528:210624-160226



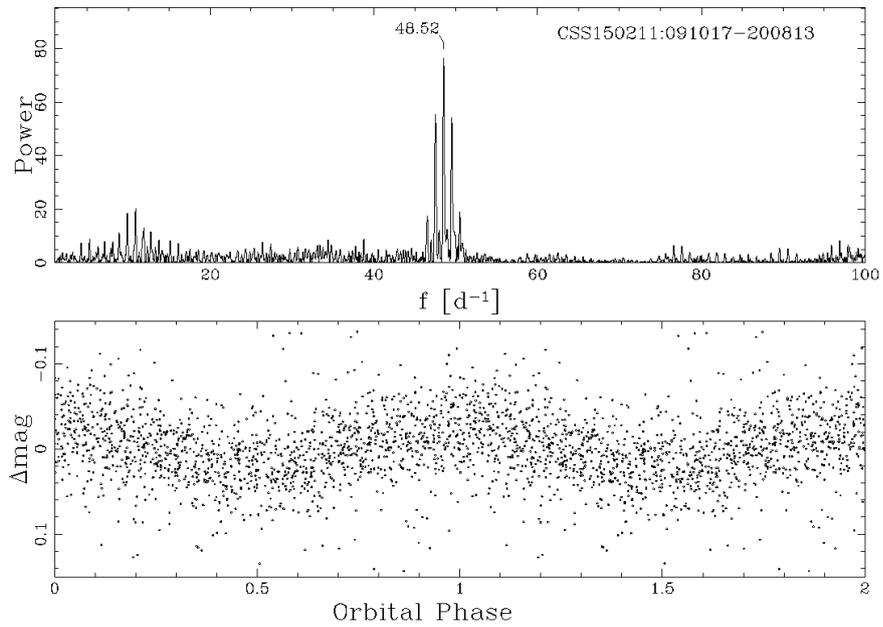
รูปที่ 59 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS140925:211636-074910



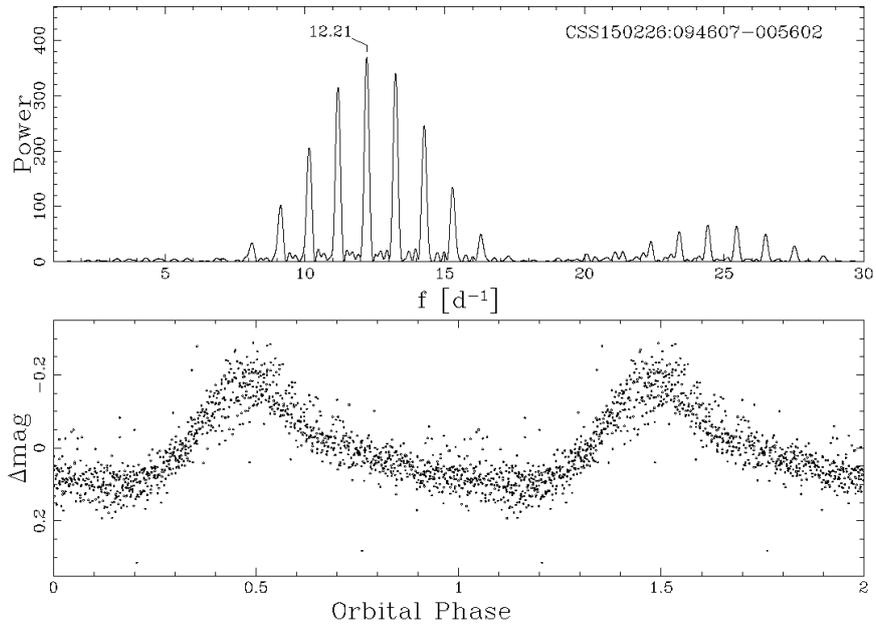
รูปที่ 60 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS150124:051904+004610



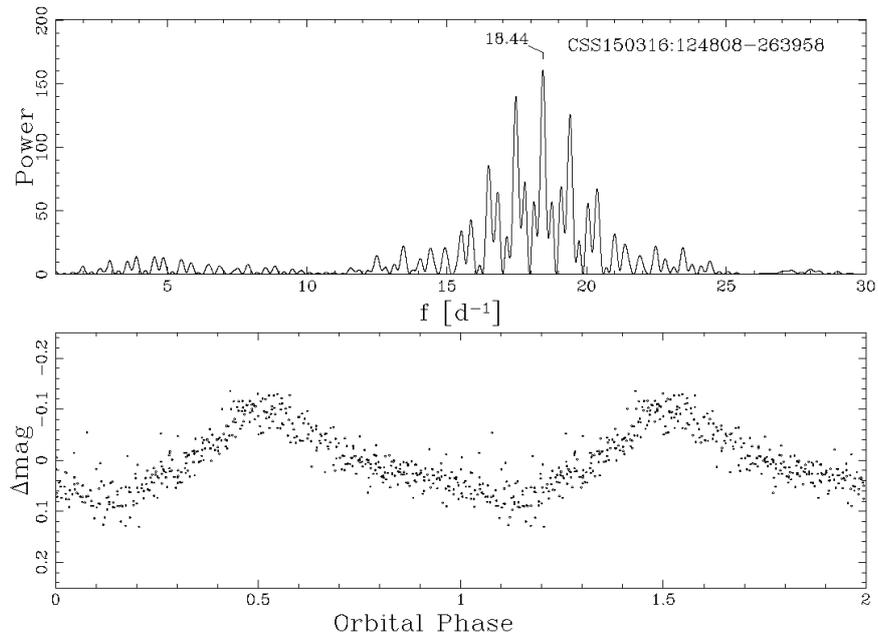
รูปที่ 61 AOV periodogram และ phase folded ของ
CSS150124:075450+091019



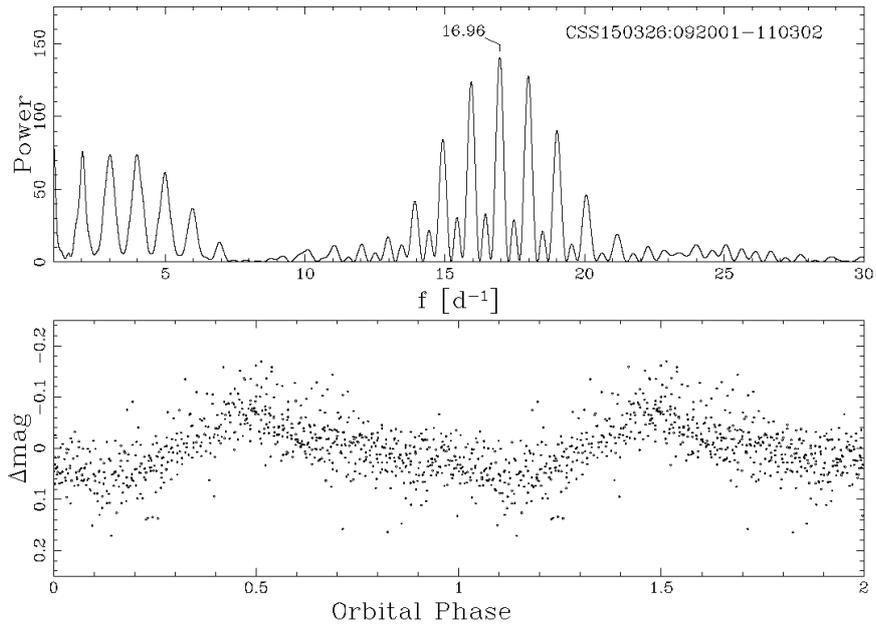
รูปที่ 62 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS150211:091017-200813



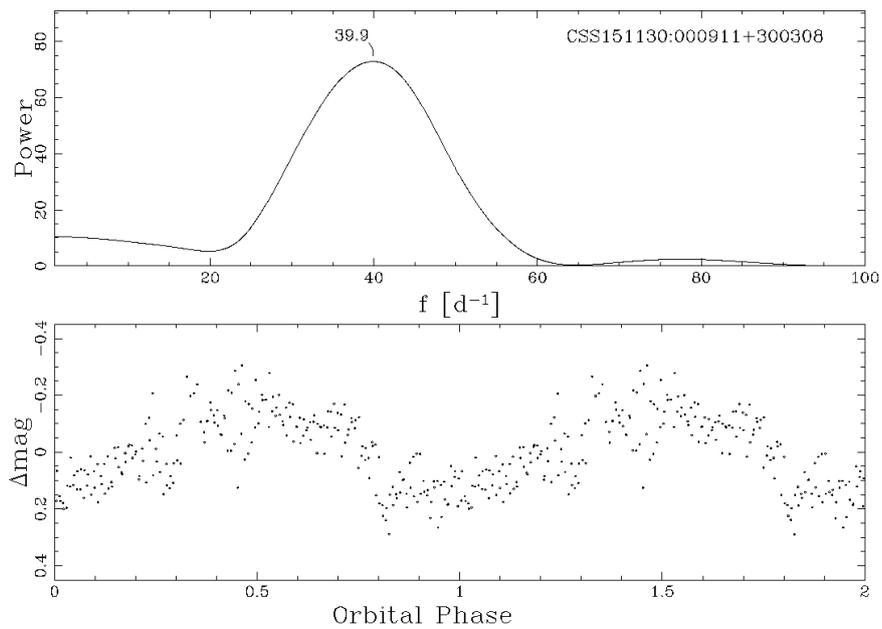
รูปที่ 63 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS150226:094607-005602



รูปที่ 64 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS150316:124808-263958



รูปที่ 65 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS150326:092001-110302



รูปที่ 66 Scargle periodogram และ phase folded ของ
CSS151130:000911+300308

บทที่ 4

สรุป

งานวิจัยนี้ทำการค้นหา CVs คาบการโคจรสั้นระบบใหม่ๆ จากสมบัติทางการระเบิดใหญ่ ซึ่งตรวจพบเซอร์เวย์ขนาดใหญ่ เช่น Catalina Sky Survey (CSS) เพื่อวัดคาบการโคจรและ superhump ของระบบ โดยทั่วไปคาบ superhump สัมพันธ์กับคาบการโคจรของระบบ กล่าวคือ คาบ superhump ขณะเกิดการระเบิดใหญ่จะมีค่ามากกว่าคาบการโคจรของระบบเล็กน้อย (ประมาณ 3-5 นาที) เนื่องจากโครงสร้างที่บิดเบี้ยวของ superhump ซึ่งเกิดจากการส่ายของมวลสารใน accretion disc เราเก็บข้อมูลอนุกรมเวลาทางโฟโตเมตรีของ CV candidates จำนวน 39 ระบบ และ วัดคาบการโคจรและคาบ superhump ของ CVs ทั้งหมดจำนวน 22 ระบบ และ AM CVn 1 ระบบ (CSS150211:091017-200813: $P_{sh} = 29.57$ นาที) (ตารางที่ 2) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- CVs ที่สามารถวัดคาบการโคจรได้

เราวัดคาบการโคจรของ CVs คาบการโคจรสั้น ($P_{orb} < 2$ ชั่วโมง) ได้ 2 ระบบดังนี้ CSS110205:121119-083957 ซึ่งพบสัญญาณคาบการโคจรที่ประมาณ 110 นาที แต่อย่างไรก็ตามเราต้องยังต้องการข้อมูลเพิ่มเติมในการยืนยันคาบการโคจรของระบบ และ CSS130604:215427+155714 ($P_{orb} = 96.8$ นาที) กราฟแสงของระบบแสดง cyclotron hump เราจึงจัดประเภท CSS130604:215427+155714 ว่าเป็น CV ที่มีสนามแม่เหล็กแบบเข้ม หรือ Polar และ CV คาบการโคจรยาว ($P_{orb} > 3$ ชั่วโมง) จำนวน 1 ระบบ ได้แก่ CSS131214:233546+123448 ($P_{orb} = 197.66$ นาที)

- CVs ที่สามารถวัดคาบ superhump ได้

เราวัดคาบ superhump ของ CVs ได้ 19 ระบบ โดยมีระบบที่มี $P_{sh} < 2$ ชั่วโมง จำนวน 17 ระบบ ในบรรดาทั้ง 17 ระบบนี้มีเพียง 3 ระบบที่คาบ superhump มีค่าประมาณค่าคาบการโคจรที่น้อยที่สุดของ CVs ($P_{min} \sim 80$ นาที) ซึ่งได้แก่ CSS131207:082957-010201 ($P_{sh} = 79.6$ นาที) CSS140528:210624-160226 78.62 ($P_{sh} = 78.62$ นาที) และ CSS150316:124808-263958 ($P_{sh} = 78.17$ นาที) และ P_{sh} 2-3 ชั่วโมง หรือในช่วง period gap จำนวน 2 ระบบ ได้แก่ CSS140304:081408+090759 ($P_{sh} = 144.56$ นาที หรือ $P_{sh} = 148.45$ นาที) และ CSS140424:131640-200708 ($P_{sh} = 124.39$ นาที) เนื่องจากกราฟแสง

ของ CVs เหล่านี้แสดงให้เห็นโครงสร้าง superhump อย่างชัดเจน เราจึงจำแนกประเภทระบบเหล่านี้เป็น SU UMa dwarf novae

Output

- ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

1. Marsh, T.R., Gänsicke, B.T., Hümmelich, S., F.-J. Hambach, F.J., Bernhard, K., Lloyd, C., Breedt, E., Stanway, E.R., Steeghs, D.T., Parsons, S.G., Toloza, O., Schreiber, M.R., P.G. Jonker, P.G., van Roestel, V., Kupfer, T., Pala, A.F., Dhillon, V.S., Hardy, L.K., Littlefair, S.P., **Aungwerojwit, A.**, Arjyotha, S., Koester, D., Bochinski, J.J., Haswell, C.A., Frank, P., Wheatley, P.J., “A radio pulsing white dwarf binary star”, *Nature*, accepted, (IF = 41.456)
2. Gänsicke, B. T., **Aungwerojwit, A.**, Marsh, T. R., Dhillon, V. S., Sahman, D. I., Veras, Dimitri Farihi, J. Chote, P., Ashley, R., Arjyotha, S., Rattanasoon, S., Littlefair, S. P., Pollacco, D., Burleigh, M. R., “High-speed Photometry of the Disintegrating Planetesimals at WD1145+017: Evidence for Rapid Dynamical Evolution”, *The Astrophysical Journal Letters*, 2016, 818, Issue 1, article id. L7, 6 pp. (IF = 5.993)
3. **A. Aungwerojwit** et.al. “High-speed photometry of Cataclysmic Variables from CRTS I: orbital periods of intrinsically faint systems”, (in preparation)

- ผลงานที่ตีพิมพ์ในเอกสารการประชุมวิชาการ (Full paper)

1. Arjyotha, S., and Aungwerojwit, A., “On the role of short period Cataclysmic Variables from Catalina Sky Survey”, Siam Physics Congress 2015 (SPC 2015), proceeding of the conference, held on 20-22 May 2015, Krabi, Thailand, p. 4-7

- การเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติ

1. ปิยวัฒน์ ทองทวี และ อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์ “การสังเกตการณ์ทางโฟโตเมตรีของ CSS140528:210624-160226 ขณะเกิดการระเบิดใหญ่” การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 7 วันที่ 30-31 มีนาคม 2558 มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ชัยพร นิลรัตน์ และ อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์ “การวิเคราะห์คาบการโคจรของระบบดาวคู่แบบใกล้เคียง CSS131102:033140+403202” การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 7 วันที่ 30-31 มีนาคม 2558 มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. กนกอร จันทิมา และ อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์ “การวิเคราะห์คาบ superhump ของระบบดาวคู่แบบใกล้เคียง CSS131207:085301+020425” การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 7 วันที่ 30-31 มีนาคม 2558 มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. ตะวัน ถาวร และ อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์ “CSS140424:131640-200708: Dwarf nova ใน period gap” การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 7 วันที่ 30-31 มีนาคม 2558 มหาวิทยาลัยนเรศวร
5. อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์ และ ศิริินภา อาจโยธา “การวิเคราะห์สมบัติทางการระเบิดของ CSS071946+324534” การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6 วันที่ 20-21 มีนาคม 2557 มหาวิทยาลัยบูรพา