

2012 年 変光星観測者会議集録



2012 年 6 月 23 日-24 日
岡山理科大学

2012年6月23-24の両日、岡山理科大学で、変光星観測者会議が行われました。のべ30名ほどの参加があり、盛況な会となりました。やはり、岡山という地の利があったと思っています。

さて、研究発表の集録をお送りします。発表された方、ありがとうございました。大変立派な研究発表が集まりました。ただ、もっと気軽な発表も増えて欲しい気がします。次回以降に期待したいと思います。

最後に、会場でお世話をしてくださった岡山理科大学の皆様、倉敷天文台への有志によるエクスカージョンで移動を始めお世話になった方々、ネット中継をいただいた方、名前はあげませんが、お礼を述べさせていただきます。

なお、ネット中継に関しては、

<http://www.ustream.tv/channel/vsconf2012>

で、録画が見られます。近年の傾向として、海外にも視聴者がおられたそうです。

来年は、関東近辺での開催を予定しています。

運営を代表して 清田誠一郎

日 時： 2011 年 6 月 23 日(土) 13:30-17:00

6 月 24 日(日) 09:30-12:30

会場:岡山理科大学 21 号館 1F 会議室

6/23

13:30 開会／連絡
13:35 自己紹介・近居報告
14:00 講演 1 岡山理科大学に新設の「天文学コース」の教育理念と変光星観測 田邊健茲
15:00 講演 2 太陽型星におけるスーパーフレア 前原裕之
15:50 休憩 記念撮影
16:00 妹尾呂久サーベイ 中島洋一郎
16:20 KWFC 大規模変光星探査 松永典之
16:40 ミラ型変光星で探る銀河系ハロー構造 坂本強
17:00 終了

18:30 懇親会

6/24

9:30 脈動変光星を含む食連星について 鳴沢真也
9:50 食連星 FR Ori の δ Sct 振動 赤澤秀彦
10:10 LT Gem の周期決定と光度曲線 大島修
10:30 休憩
10:40 食変光星ぎょしゃ座 ζ 星の 2011 年食におけるデジカメ測光観測 今村和義
11:00 短周期食連星 BC Eri に第三体を検出の可能性 永井和男
11:20 近接連星 V1848 Ori のロッシュモデル 永井和男・清田誠一郎
11:40 変光星この 1 年 清田誠一郎
12:00 座談会
12:30 記念撮影

午後 倉敷天文台見学(希望者のみ)

せ の お お く
妹尾観測所 邑久天文台 サーベイ

岡山県瀬戸内市

中島 洋一郎

変光星観測者会議2012

2012年6月23日於岡山理科大学



話の概要

- 現在のサーベイの状況
- **MISAO**プロジェクト
- 撮影機材
- 今までの成果
- 今後の観測の期待

- 岡山市在住の大倉信雄さんが自宅の妹尾観測所で2000年2月から冷却CCDカメラでの撮影が始まりました。
- 撮影画像はMOに書込み、横浜市在住の吉田誠一氏(MISAOプロジェクト)に郵送していました。
- 2006年11月からは、妹尾観測所から冷却CCDカメラ、パソコン、望遠鏡を私の自宅にある邑久天文台に移動し、共同で邑久サーベいの撮影を開始しました。



邑久天文台の外観



2008年ドーム内

邑久サーベイ現在の撮影機材

- 25cmライトシュミット+ST-1001E 1組(1.3x1.3度)
- キヤノンFD500mm F4.5+ST-8 4組(1.1x1.6度)
- キヤノンFD300mm F2.8+ST-8 2組(2.6x1.8度)
- ST-1001Eを中心に南北に対象に配置
- 星数の多い天の川を撮影
- 計7組10度幅で撮影
- 1.3度の画像1/3東に移動
- 120秒で1サイクル
- 1時間に210枚撮影
- Dropbox で画像送信

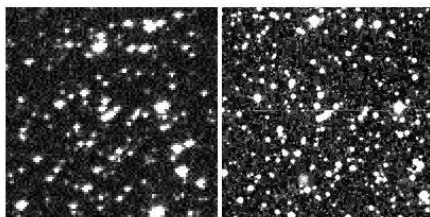


MISAOプロジェクト

- 撮影したCCD画像は、**MISAO**プロジェクトの吉田誠一さんが自作ソフトで新天体を検索してくれます
- 同プロジェクトでは1447の新変光星を発表しています
- 妹尾サーベイでは、提供した9万枚の画像より428の新変光星が発見されています
- 邑久サーベイでは18万枚の画像より81の新変光星が発見されています
- 画像からの自動星像検出と、赤経赤緯、光度の自動測定により、1枚の画像より1万個～2万個の星を検出
- 明るい新天体候補(15等星まで)を自動検索
- DSS(Digitized Sky Survey)画像、過去画像と比較できる画像ギャラリーを自動作成
- 詳しくは**MISAO**プロジェクトホームページ

新天体候補とDSS比較画像ギャラリー

J055003.82+151932.1 [\[Next\]](#)



2011 Jan. 30 13:07:54
14.69
7.9 x 7.9 arcmin

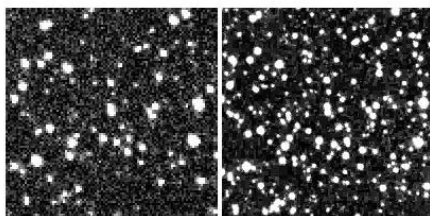
DSS image
5.7 x 5.7 arcmin

[Digitized Sky Survey GIF image \(15 x 15 arcmin\)](#)
[2MASS Quicklook image \(5 x 5 arcmin\)](#)
[SIMBAD Query](#)
[ASAS-3 Light Curve](#)

J055003.82+151932.1 05h50m03s.82 +15o19'32".1 Mag:14.69 Error(arcsec):0.93

2011 Jan. 30 13:07:54 14.69C Chip:KAF-1001E Catalog:USNO-A2.0 Observer:Youichirou Nakashima
Instruments:0.25-m f/4.2 Wright-Schmidt reflector + SBIG ST-1001E

J063724.98+134250.7 [\[Next\]](#)

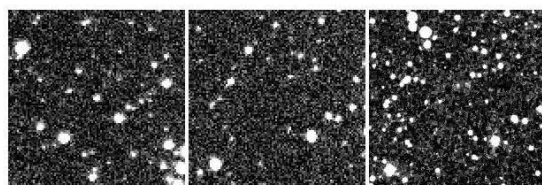


2011 Jan. 30 14:07:26
14.69
6.2 x 6.2 arcmin

DSS image
5.7 x 5.7 arcmin

J055035.10+032501.4 05h50m35s.10 +03o25'01".4 Mag:13.70
ホーヘンシュタイナ Hohensteina (788) 光度 13.4等

J055035.10+032501.4 [\[Next\]](#)



2011 Dec. 19 14:38:30
13.70
10.6 x 10.6 arcmin

2011 Nov. 25 17:39:55
[17.46]
8.2 x 8.2 arcmin

DSS image
5.7 x 5.7 arcmin

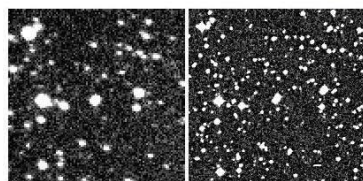
J055035.10+032501.4 05h50m35s.10 +03o25'01".4 Mag:13.70

[Digitized Sky Survey GIF image \(15 x 15 arcmin\)](#)
[2MASS Quicklook image \(5 x 5 arcmin\)](#)
[SIMBAD Query](#)
[ASAS-3 Light Curve](#)

J055035.10+032501.4 05h50m35s.10 +03o25'01".4 Mag:13.70 Error(arcsec):1.68

2011 Dec. 19 14:38:30 13.70C Chip:KAF-1600 Catalog:USNO-A2.0 Observer:Youichirou Nakashima Instruments:300-mm f/2.8 camera lens + SBIG ST-8(ABG) Xml:D:\Miso\Xml\Yoku\2011\12-19\2011-12-19a\3
2011 Nov. 25 17:39:55 [17.46C Chip:KAF-1600 Catalog:USNO-A2.0 Observer:Youichirou Nakashima Instruments:Canon 500-mm f/4.5 camera lens + SBIG ST-8 Xml:xml\Yoku\2011\11-25\2011-11-25c\500mm-A\3

J062608.57-011100.9 [\[Next\]](#)



2011 Dec. 19 15:11:59
13.71
6.2 x 6.2 arcmin

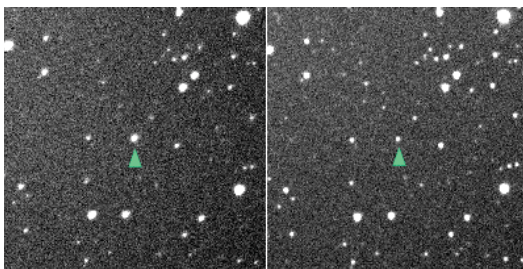
DSS image
5.7 x 5.7 arcmin

妹尾サーベイ特筆すべき天体MisV1181

ケフェウス座新星(らしき天体)

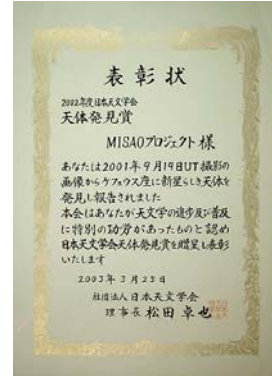
- 大倉信雄さんの2001年9月19日の画像に12.7等で写っていましたが、2001年11月10日には、14.3等と減光していました。

2003年春の日本天文学会で、
MISAOプロジェクトは天体発見賞を受賞しました。



2001 Sept. 19 (12.7C mag)

2001 Nov. 10 (14.3C mag)

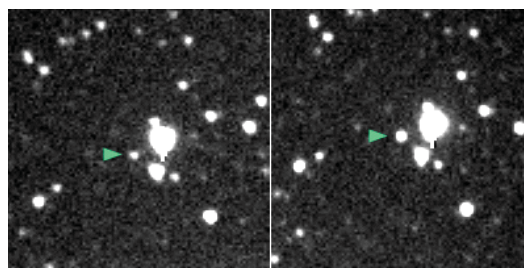


妹尾サーベイ特筆すべき天体

- 2002年発見の新変光星**MisV1147 = V730 Cep**
で、その特徴は、スペクトル型B2の早期型星であるにも関わらず、非常に大きな振幅の減光が観測されたことである

論文

- PASJ: Publ. Astron. Soc. Japan 56, S183-S192, 2004 March 25
Deep Fading of the New Herbig Be Star MisV1147
- 日本天文学会2004年春季年会 N17c
新しい Herbig Be星 MisV1147 の発見とその特異な変光



2000 Oct. 13 (13.4C mag)

2001 Oct. 3 (12.3C mag)

邑久サーベイ特筆すべき天体

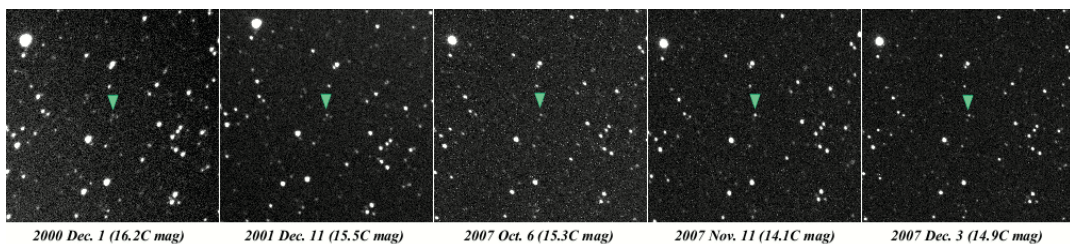
- 2008年2月発見のクエーサーQSO 133+476で、可視光でも18等から14等に増光した、「ブレザー」であることが分かった。

このクエーサーの距離は70億光年を越える(赤方偏移 $z=0.859$)ものが、

14等の明るさに達した事からきわめて光度および増光幅の大きな天体と考えられる

参考文献

CBET 1249: QSO 0133+476 (2008 Feb. 9)



邑久サーベイ特筆すべき天体MisV1443

- 2011年1月8日に撮影した画像よりオリオン座に最大12.8等に達した明るい矮新星を発見

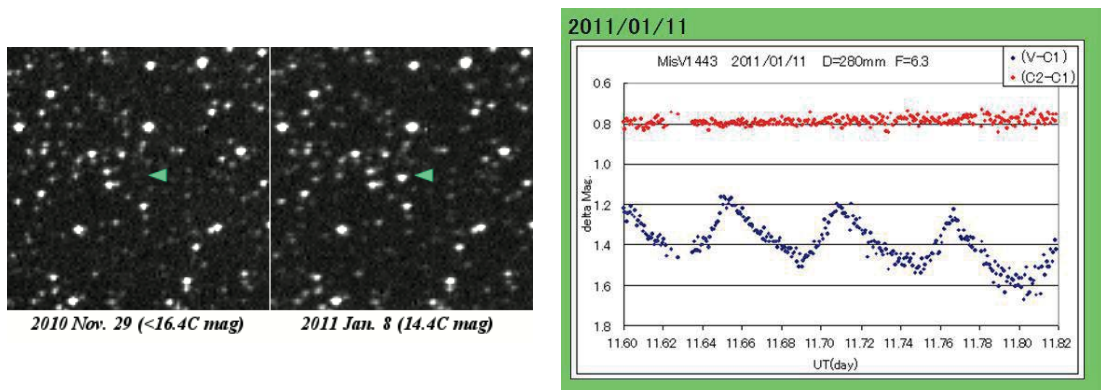
参考文献

CBET 2633

VSOLJ ニュース (262)

オリオン座に新たな矮新星の発見

赤澤秀彦氏(岡山県倉敷市)によるMisV1443の連続測光



邑久サーベイ特筆すべき天体MisV1446

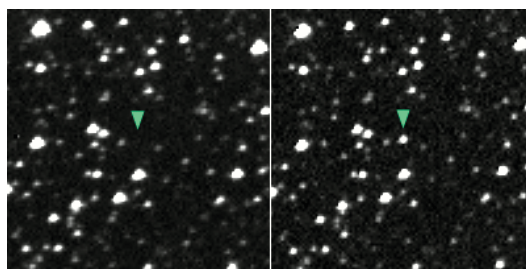
- 2012年1月5日撮影した画像よりX線天体のバーストを捉え、14.1等の新天体を発見しました

天文電報中央局の新天体の確認ページ(TOCP)に掲載されました。

VSNETの加藤太一氏、大島 誠人氏によれば、清田 誠一郎氏、笠井 潔氏、など各氏の観測により

1月11日から15日の観測で、周期 0.07786 日のスーパーハンプ現象が捉えられ、 おおぐま座SU星型の矮新星であることが

確認されました。



2011 Nov. 20 (<15.6C mag)

2012 Jan. 5 (14.2C mag)

今後の観測の期待

- 妹尾観測所でもサーベイを再開
- 晴れていれば天の川を広範囲撮影可能
- 新天体の確認を海外の観測者やリモート観測
- 一晩の撮影画像が多くなり、撮影地でのPC処理
- MisV の追跡観測(藤原 務氏 岡山市)
- 今年になって新変光星候補が150以上見つかる
- 矮新星、激変星の増光を報告
- 多くの方々に支えられ新天体の発見につながりありがとうございました
- これからも宜しくお願いします

KWFC大規模変光星探査

松永典之(東京大学・木曾観測所)

坂本強(日本スペースガード協会)

前原裕之(京都大学・花山天文台)

KWFCチーム

概要

- 木曽観測所の新しい超広視野カメラKWFC
- 大規模観測計画
 - 銀河面変光天体探査(脈動星、新星・矮新星など)
- 皆様のご参加をお願いします！
 - 発見天体を追観測して下さる方
 - データを利用して、研究して下さる方
 - 木曽で参加して下さる方、などなど

木曾シュミット望遠鏡

- 1974年に東大とNikonが建設
- 補正板口径 105 cm
- 視野は6度角四方
(写真乾板使用時)

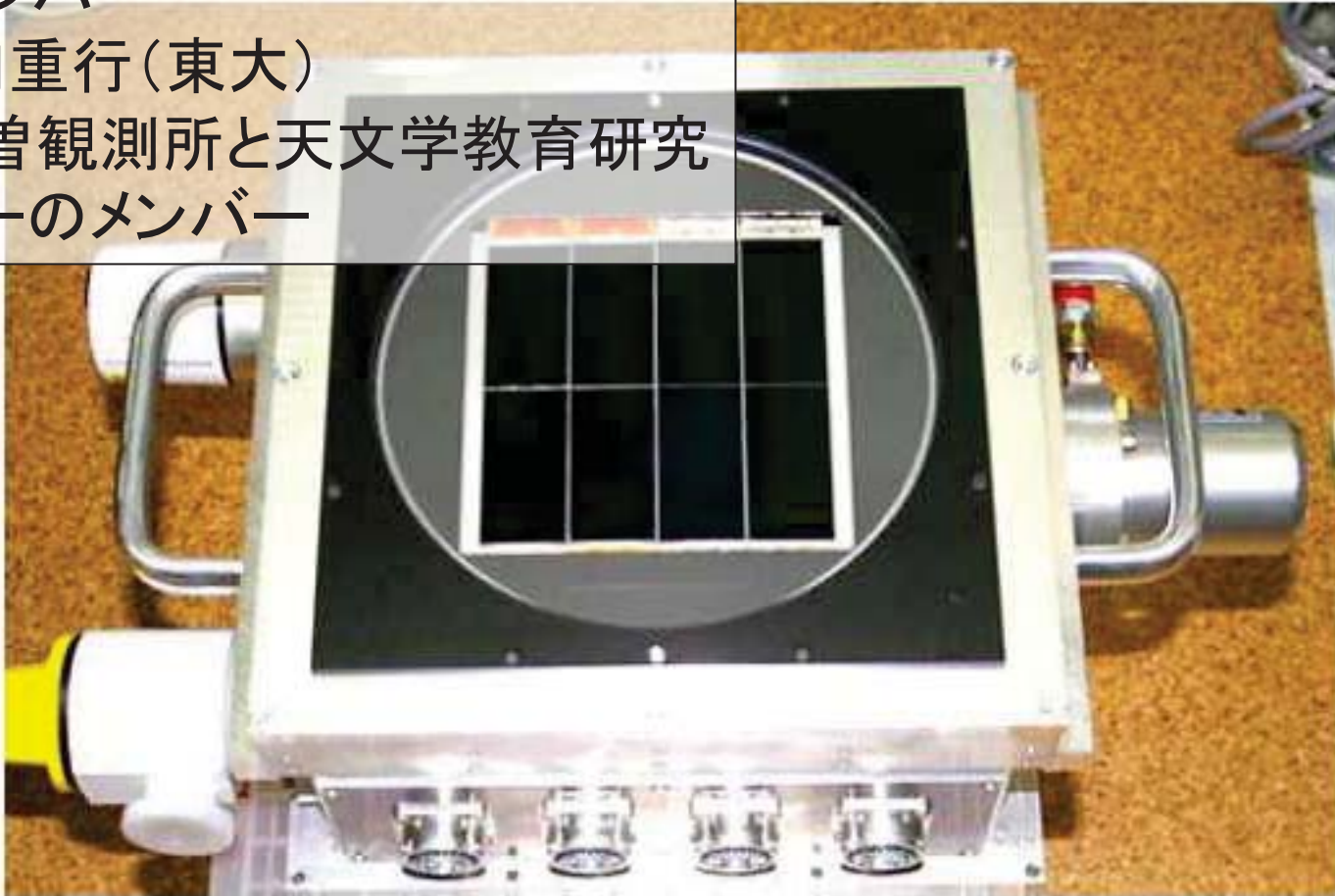


視野 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ の超広視野カメラ KWFC (Kiso Wide Field Camera)

開発メンバー

PI 酒向重行(東大)

他、木曾観測所と天文学教育研究
センターのメンバー



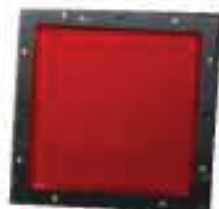
KWFC の性能概要

諸性能

CCD	MIT社 2k x 4k x4枚 SITe社 2k x 4k x4枚
視野	2.1° x 2.1°
ピクセルスケール	0.946 " /pix
像の歪み	視野全域で無し (系統的な歪みは確認されていない)
読み出しノイズ	5 - 20 e ⁻

限界等級 (mag, 推定値)

	U	B	V	R	I
MIT社CCD	20.2	21.9	21.3	20.9	20.2
SITe社CCD	20.9	22.2	21.2	20.9	20.1
S/N=10, 15分積分, シーイングサイズ=3"					



搭載フィルター一覧

16cm x 16cm x 1.5cm, 1kg/枚 の大型フィルタ

バンド名	中心波長 (nm)	帯域幅 (nm)	ステータス
U	368	52	募集中
B	440	111	完了
V	598	53	完了
R	648	145	完了
I	804	155	完了
SDSS-u	354	60	製作中
SDSS-g	477	138	完了
SDSS-r	623	138	募集中
SDSS-i	763	154	製作予定
H α 等狭帯域	---	---	募集中

現段階で7種のフィルタを保有（予定）。追加フィルタを募集します。

2kCCD用フィルタを視野限定で使用可能にする予定

対物分光も可能R~100

KWFCの現状

- ハードウェアの開発はほぼ終了
 - 気象監視システムの導入や望遠鏡のシステムの改良については作業を継続中
- データの品質の評価を行っている。
 - 視野中の歪みは無視できる程度(0.3秒角より小)
 - 検出限界は予想通り2KCCDと同じか少し良い程度
- 解析ソフト、観測支援ソフトを開発中。
 - すでに2KCCDよりも快適・安定的な観測が可能。
- 2012年4月、正式に共同利用での観測を開始。

観測支援ソフト群

- キュー観測、リアルタイム解析の結果の表示、取得データのDBへのアクセス、等

KWFC Quick Look Analysis

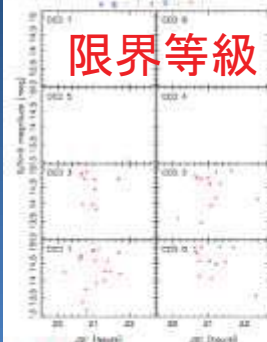
[2012/01](#) [2012/02](#) [2012/03](#) [2012/04](#) [2012/05](#) [2012/06](#)

2012 / 06						
S	M	T	W	T	F	S
-	-	-	-	-	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Quick Look Results on 2012/06/06

vs JST [hours]

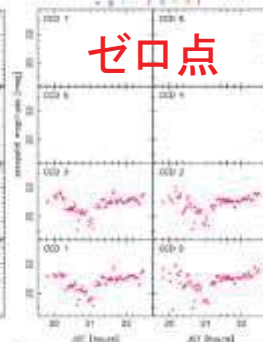
限界等級



vs airmass

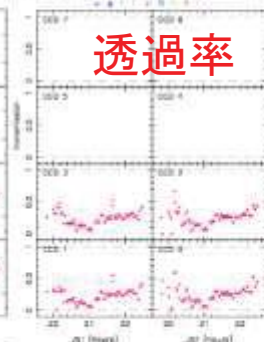
限界等級

ゼロ点



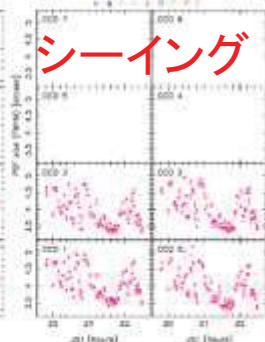
ゼロ点

透過率



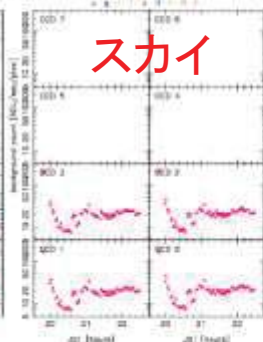
透過率

seeing



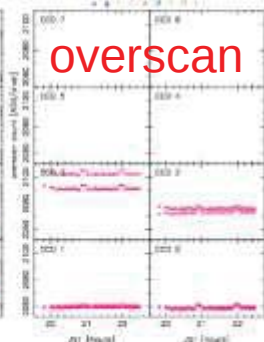
seeing

バックグラウンド



バックグラウンド

overscan



overscan

新しい観測の枠組み

KWFC公開に合わせ、2012年4月から
観測の枠組みを刷新

- 通常観測課題
- モニタリング観測課題
- TOO観測課題
- 大学実習観測課題

共同利用課題
3か月に1度の公募



-
- 大規模観測課題（まず、観測所主導で行う）
 - 観測所課題

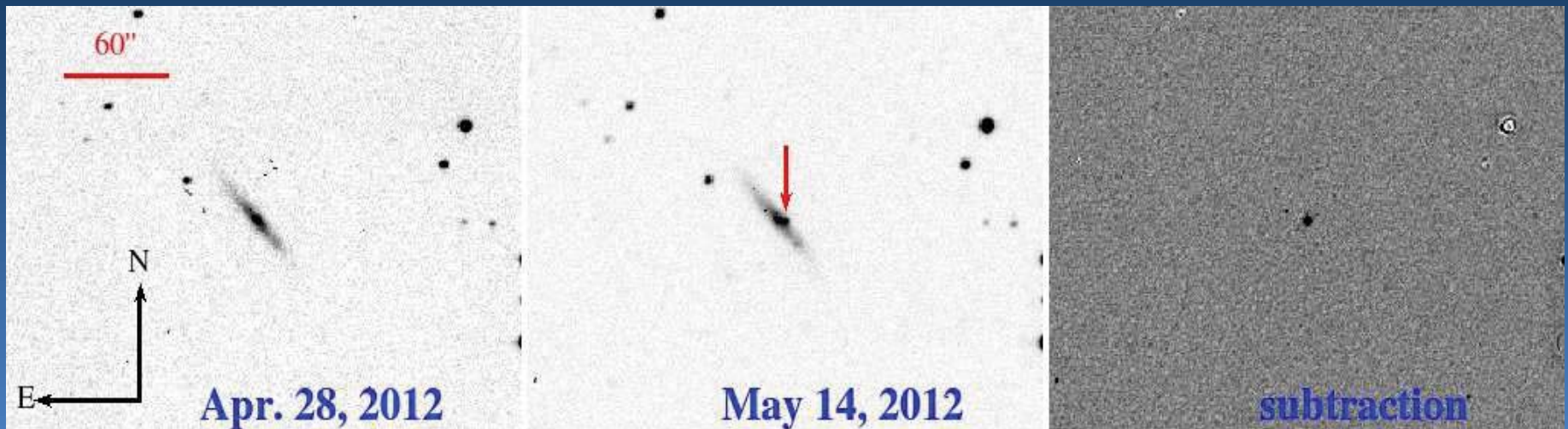
大規模観測課題

- 2012年度から2件開始
 - 2件で150夜程度(全時間の半分程度)
- 超新星探査 KISS
 - PI 諸隈(東大)
 - 超新星(特に爆発初期)の探査、ハローの変光星も
- 銀河面探査 KISOGP
 - PI 松永(東大)
 - 銀河面変光天体(脈動星・新星・矮新星等)の探査

KISSの超新星発見

- 4～6月の観測で3個の超新星を発見
 - SN2012cm (CBET 3126)
 - SN2012cq (CBET 3139)
 - SN2012ct (CBET 3145)

SN2012cq ($z=0.0256$ のIIn型超新星)

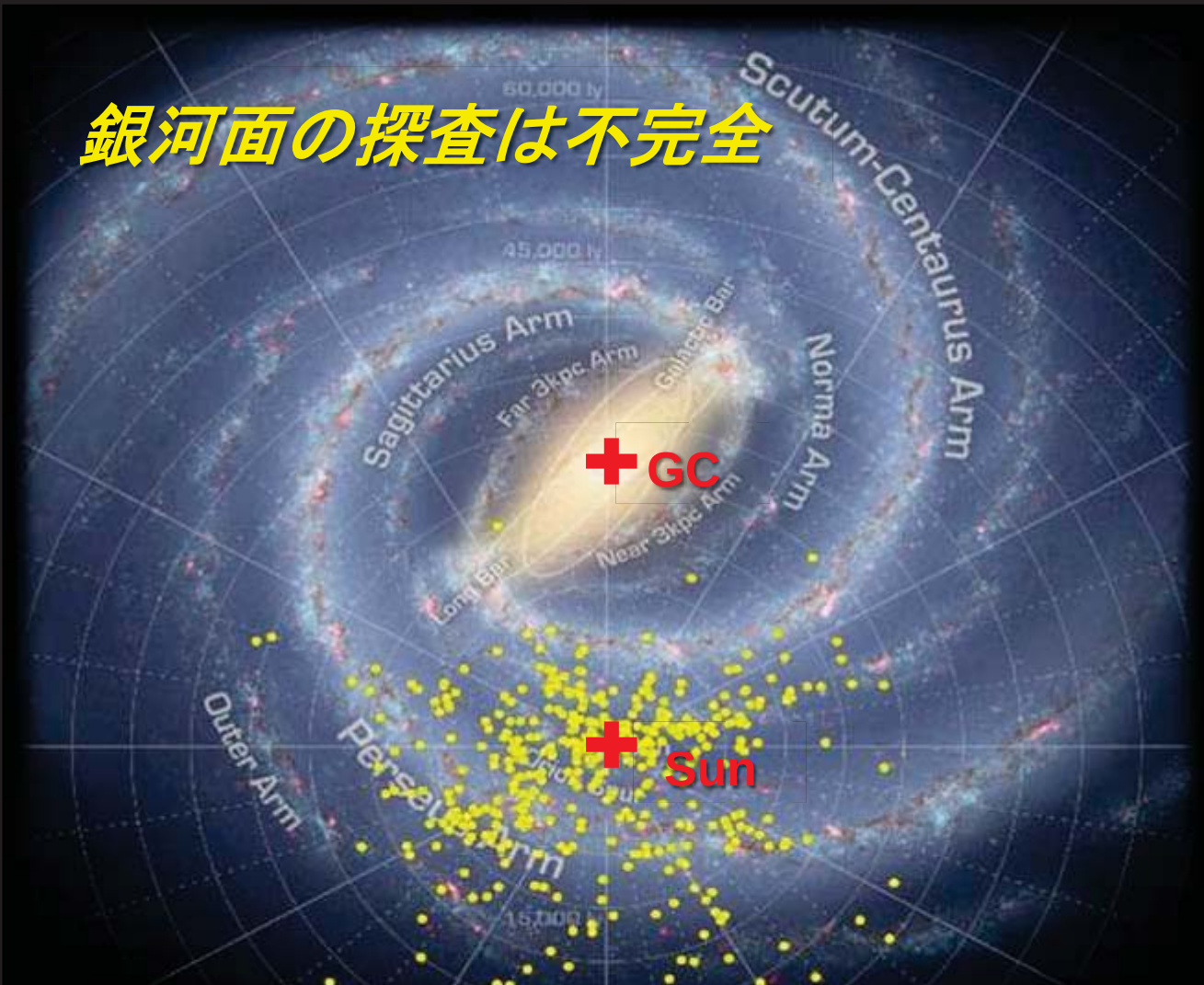


KISOGP

- KWFC Intensive Survey Of the Galactic Plane
- 目的: 銀河面の変光星・新星・矮新星をサーベイ。
 - 変光星で探る銀河系の構造と進化
 - これまでよりも暗いand/or遠い新星・矮新星の発見
 - 観測波長は星間減光の影響が比較的小さい/バンド
- 背景
 - ASASサーベイによって $I=13.5$ magまでの変光星は(ほぼ)全天で見つかる。解像度が悪いため銀河面は難しい。
 - 銀河系全体の構造を調べるには、もっと深い広域探査が不可欠。南天(OGLEやVISTA)だけでなく、北天も必要。

セファイド変光星探査の現状

銀河面の探査は不完全



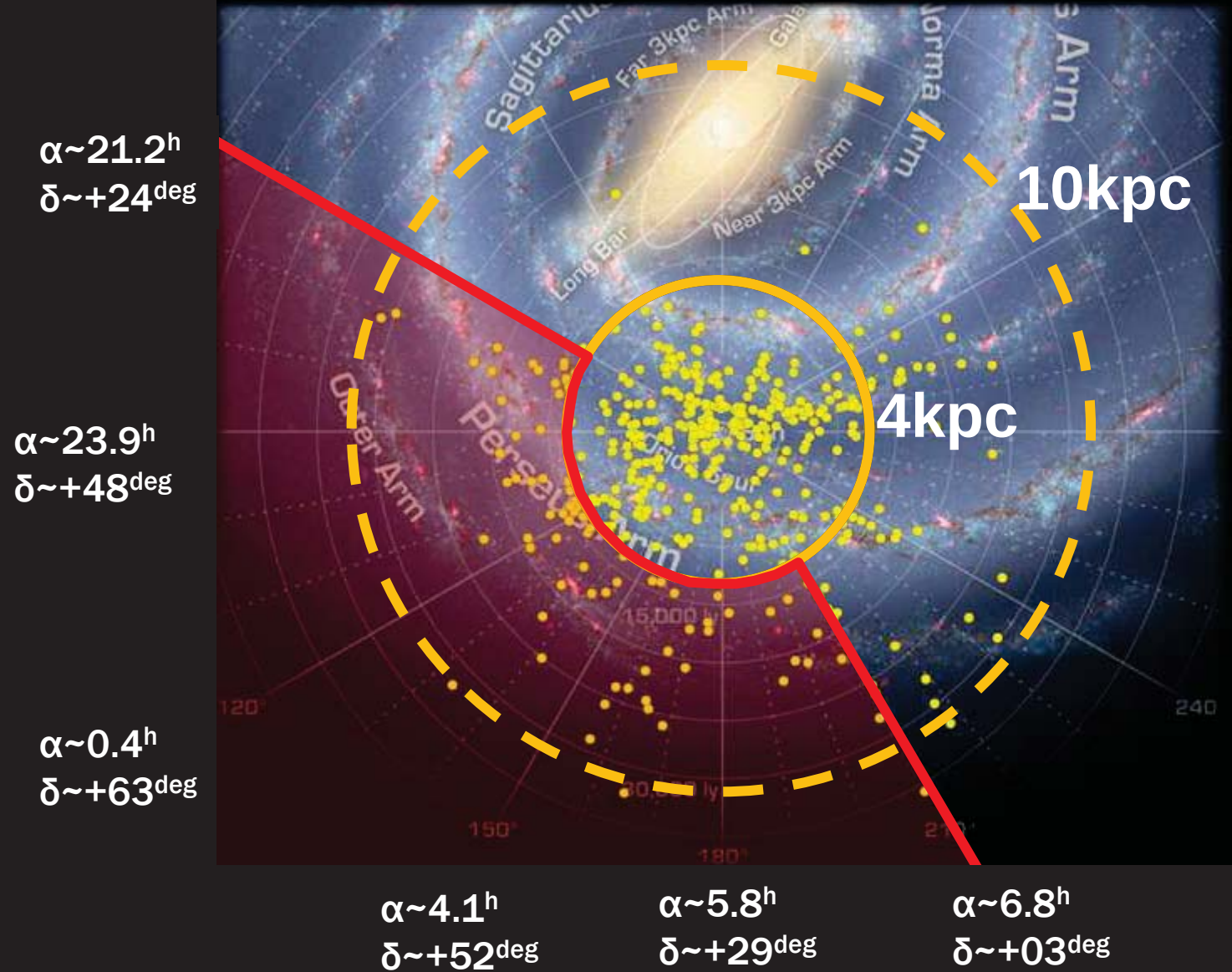
既知の古典的セファイド約500個の分布(DDOデータベース)

<http://www.astro.utoronto.ca/DDO/research/cepheids/>

背景: (c) GLIMPSE project (2008)

観測領域の設定

2度ごとのグリッドに並べて75視野分(300平方度)



観測領域が銀河面をカバーする様子



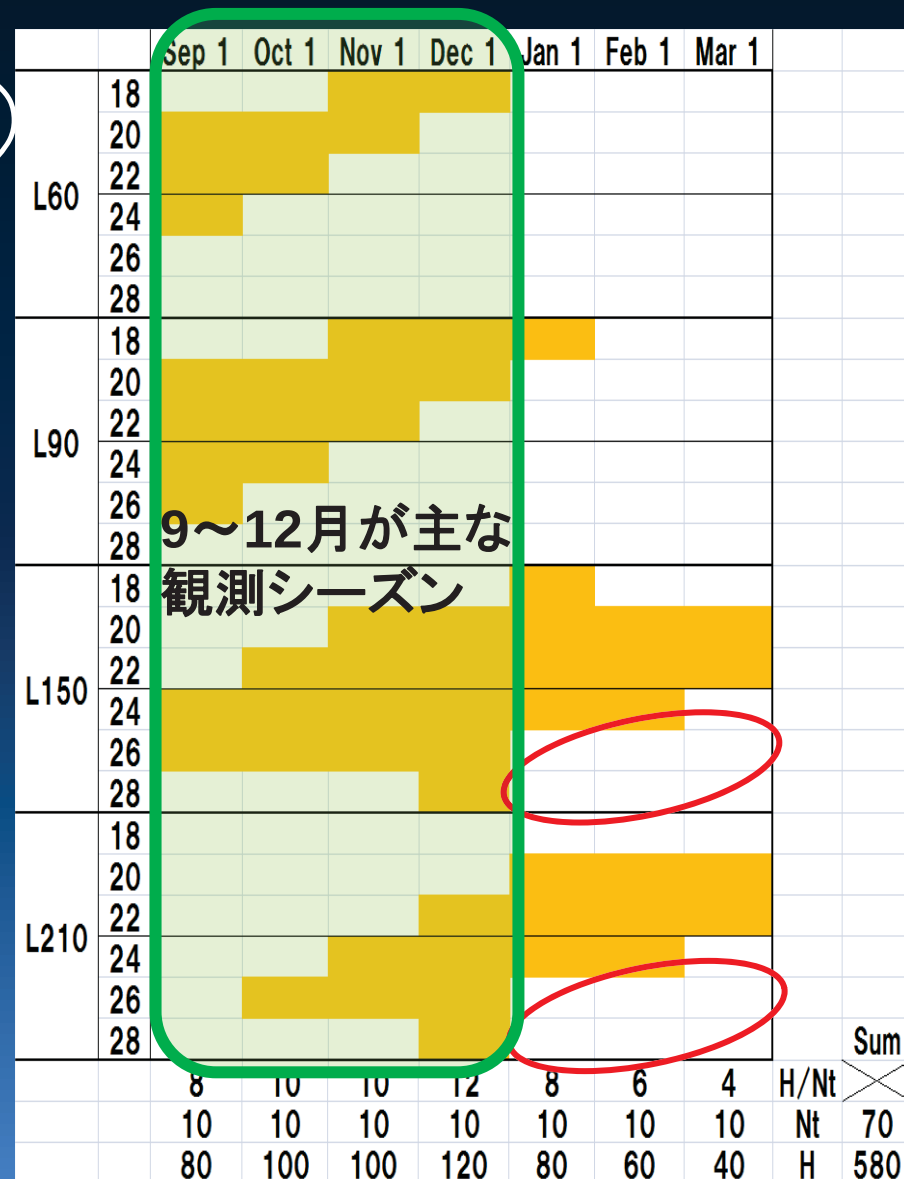
銀経80度付近

30度×30度

チャート: 前原さん作成

観測時間

- 各視野10分 ($I=17^{\text{mag}}$ 限界)
- 一晚10時間で60視野
- 75視野を毎年15回反復
 - 各視野平均10日に1度
- 晴天率33%として
 - 約540時間
 - 約54夜 (7ヵ月間毎月8夜)
- 全配分時間の約20%



限界等級と変光星の等級

I バンド 17 等 (@S/N=30) $\Leftrightarrow$ 19等 (@S/N=5)

変光星 の種類	絶対 等級	絶対等級		
		1kpc $A(I)=1^{\text{mag}}$	5kpc $A(I)=2^{\text{mag}}$	20kpc $A(I)=3^{\text{mag}}$
ミラ	$I \sim -4^{\text{mag}}$	7	11.5	15.5
セファイド (周期5日)	$I \sim -3.5^{\text{mag}}$	7	12	16
RRライリ	$I \sim 0^{\text{mag}}$	11	15.5	19.5

様々な研究へのデータ利用

- 変光星 → 松永、坂本さん
- 新星・矮新星 → 前原さん、今田さん
- 他にも
 - 小惑星
 - フレア・スーパーフレア？ → 前原さん
 - マイクロレンズ現象 → 福井さん
 - WR星・LBVなど大質量星 → 田中さん、高橋さん
 - 超新星：減光が小さめの領域なら十分可能。
- テーマがあれば、ぜひご利用・ご相談下さい。

観測から変光天体発見へ

観測

パイプライン処理

自動でリアルタイムな
データ解析

変光天体の検出

人の目による
確認作業

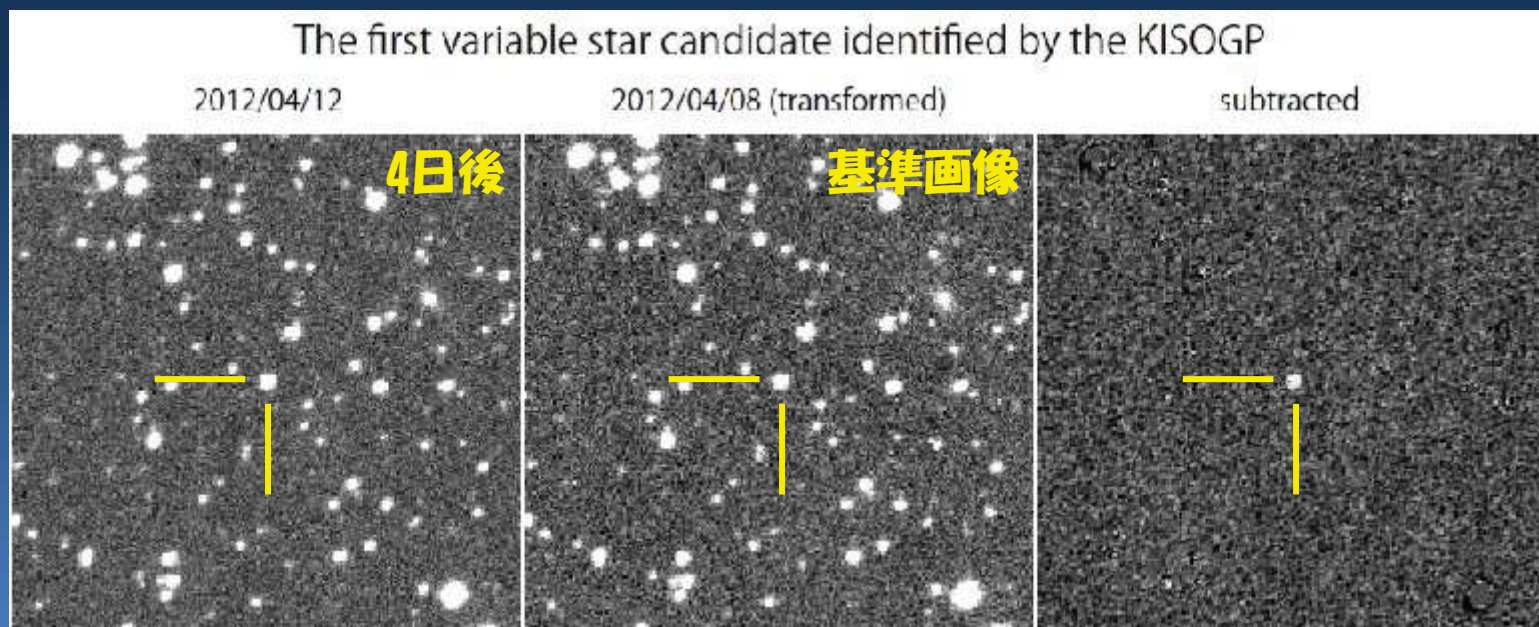
突発天体の速報

この研究は木曽だけでは完結
できません。追観測などへ
ご参加をお願い致します。

突発天体追観測

KISOGPの近況

- 2012年4月から観測を開始。
- 4～6月はあまりよい観測時期ではないが、少しずつ観測データを増やしている。



1つ目の変光星候補天体を初期解析で検出

プロジェクトの目標とタイムスケール

- 銀河面にある脈動変光星の発見
 - 3年間の観測
 - VISTA/VVVサーベイなどが結果を出してくるであろう2015年頃に目標を置く。
- 突発天体(特に矮新星)の発見
 - 2012年度のシーズンで発見のシステムを確立させる
 - 新星・矮新星コミュニティとの連携
 - 大学間連携ネットワークとの連携
- ひとつのサーベイデータから、いろいろな人がいろいろなテーマで論文を書く。
 - 大量なデータの有効利用

まとめ

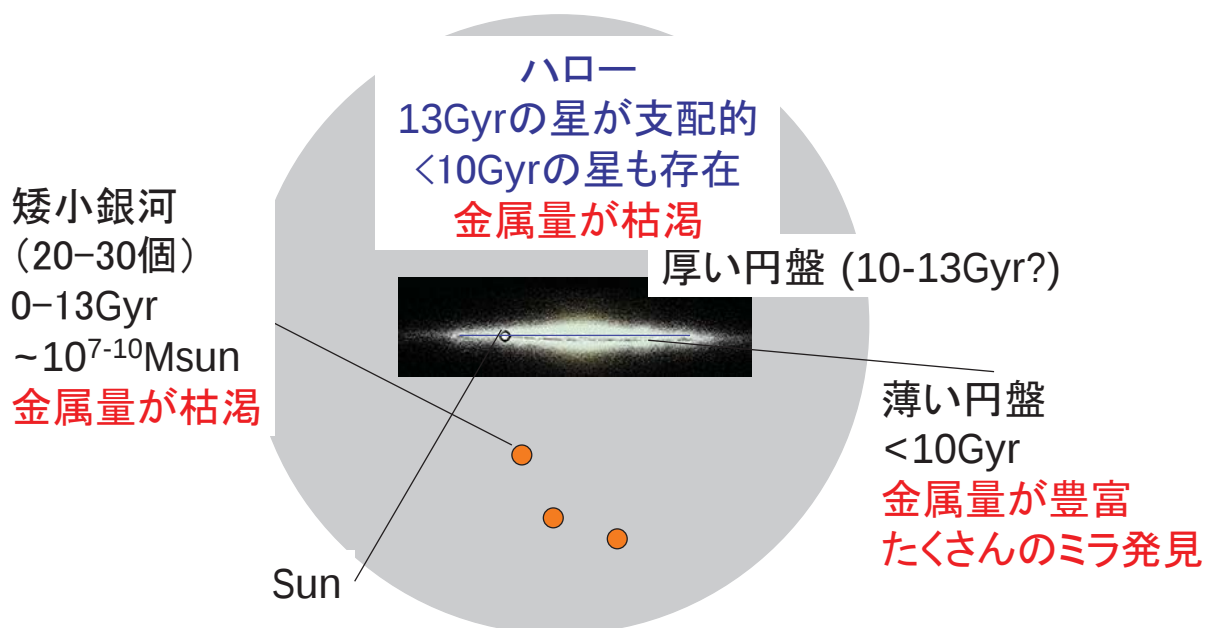
- **KISOGP** = KWFC Intensive Survey Of the Galactic Plane
- 観測領域：銀河面300平方度(75視野)
- フィルター：Iバンド
- 検出限界：I = 17 mag (@S/N=30)
 - ~20kpcくらいのouter diskのセフィイドが見られる。
 - 有効的な新星・矮新星の探査が無かった範囲
- 観測頻度と観測回数：
 - 平均して10日に一度、天気が良い時には連夜
 - 3年間で約45回の反復

ミラ型変光星で探る銀河系ハロー構造



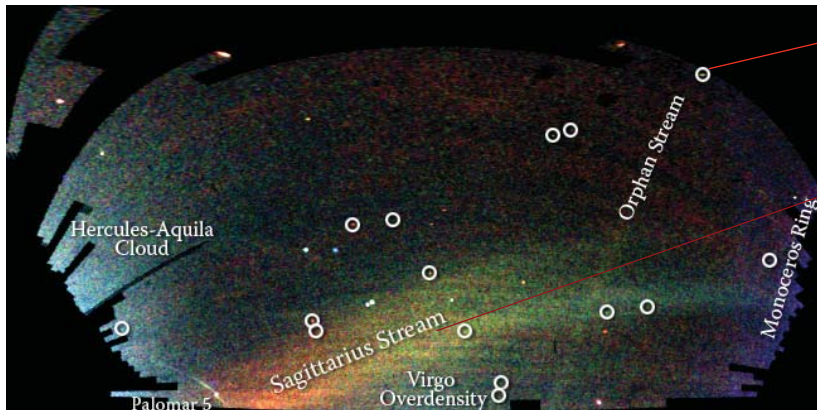
坂本強 (日本スペースガード協会)

銀河系概略図



銀河系ハロー

- SDSSにより大規模な恒星流発見(~100kpc)



矮小銀河
恒星流
矮小銀河の星
が銀河系潮汐
場で剥がされ
形成
(寿命数Gyr)

ミラ型変光星

- 中間的年齢
- 主に銀河系円盤部に分布
- 周期光度関係をもつ→良い距離指標
- 恒星進化の最終段階→大量の質量損失
- 周辺部でダスト形成



銀河系ハローのミラ型変光星 探査の意義

- ミラ型変光星
 - 低金属量下での恒星進化モデルへの制限
 - 低金属量下でのダスト形成への制限
- 銀河系構造
 - 銀河系中間的年齢の空間分布



銀河系ハローにおける 過去のミラ型変光星探査

- 広域にわたる探査なし(一部の矮小銀河のみ)
 - 炭素星の探査あり
(Totten et al. 2000; Ibata et al. 2001; Maun et al. 2007)
 - しかし、炭素星の距離の不定性大きい
(大部分はミラ型変光星。しかし周期が得られていない)
 - 化学組成や年齢にバイアスあり
- ⇒・銀河系ハローにおいて中間的年齢の星がどのように分布し、階層的銀河形成論の予言と合致するのか不明
- ・低金属量下のミラ型変光星の進化、ダスト形成不明

我々の観測

- 銀河系ハローにおいて広域にわたってミラ型変光星を探索し、3次元空間分布を決定する

■ 木曾観測所1m望遠鏡+2KCCD 2009年1月-2012年2月

■ 木曾観測所1m望遠鏡+KWFC 2012年2月-現在

■ OAO50cm望遠鏡2011年11月-現在

■ I-band

■ サンプル619個

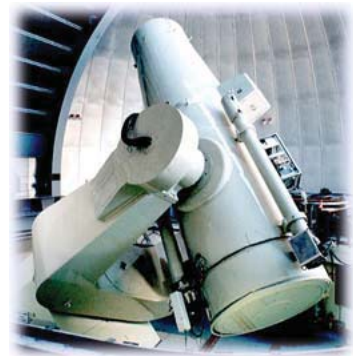
-RA=21-24h, 0-4h, 8h-16.5h, $b > 30^\circ$

2MASS J-H > 0.7, H-K > 0.3, $K < 13.5$

(SDSS $g'-r' > 0.8$, $r'-i' > 0$, $i' < 18.5$)

を満たす星 (stream領域に限定していない)

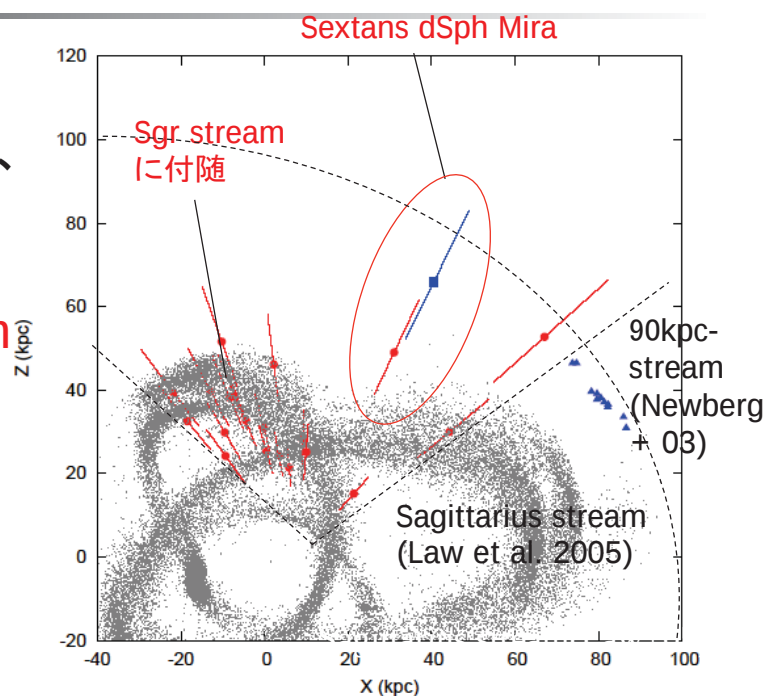
-Sextans dSph方向の振幅大の1星 (Palmar-Quest Survey)



空間分布

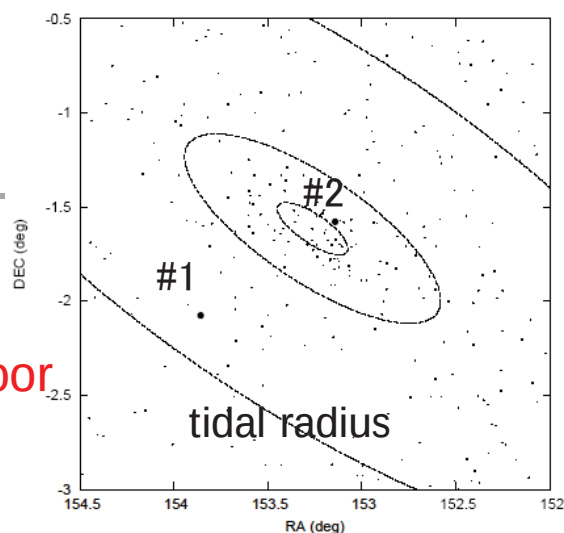
- 16個のミラ発見
- 周期光度関係を使い、距離決定
- 100kpc付近まで存在
- 大部分はSgr streamに付随→中間的年齢の星はSgr dSph起源?

50kpc以内に降着した矮小銀河の多くは早期に星形成が終了?



Sextans dSph

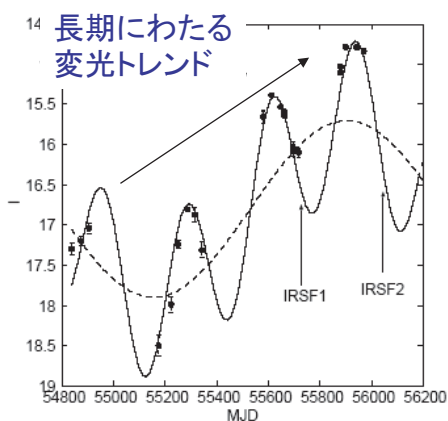
- $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -1.9$ (Battaglia et al. 2011)
cf. LMC $-1 \sim -0.5$
- 2つのミラを発見-最もmetal-poor
- Carbon-rich Mira に
星周ダストの存在を示唆



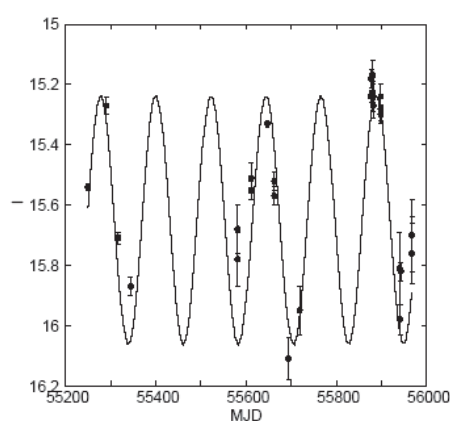
天体名	距離 (kpc)	視線速度 (km s ⁻¹)	周期 (日)	C-rich or O-rich	星周ダスト が存在
Sextans dSph	90.0 ^{+10.0} _{-10.0}	226 ± 8.4	—	—	—
#1	72.0 ^{+12.3} _{-10.3}	202 ± 12	314	C-rich	J-K ~ 2.2
#2	78.8 ^{+11.2} _{-9.9}	228 ± 2	121	O-rich	—

Light curve in the Sextans dSph

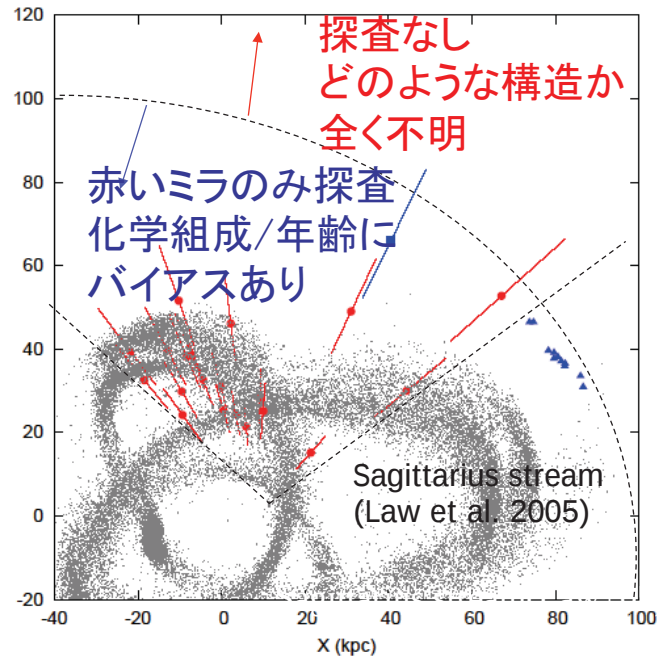
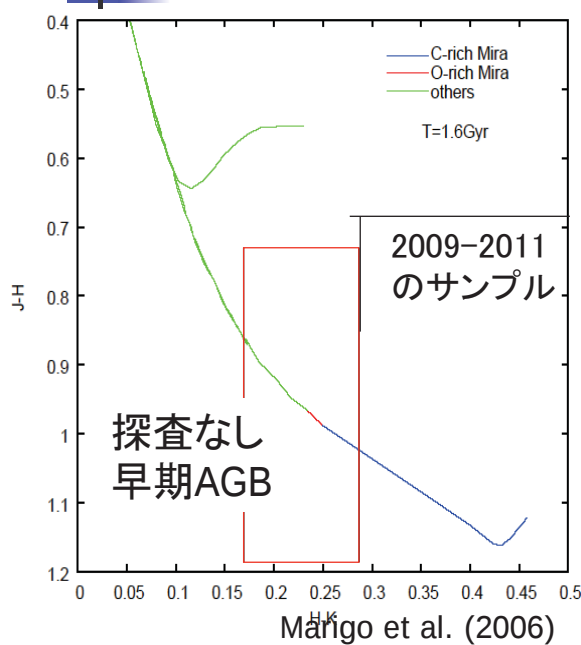
#1



#2



KWFCでの観測



まとめ

- 銀河系ハローの広域にわたってミラ型変光星探査を行った(空間的なバイアスなし)
- ミラは恒星流 or 矮小銀河にのみ付随している
- Sextans dSphに最もmetal-poorな2つのミラを発見。非常にmetal poor($[Fe/H] = -1.9$)の環境下で初めて circumstellar dustの存在を示唆。
- Sgr stream領域では、Sgr dSphで発見されている長周期ミラ($P > 300$ 日)は存在しない。Sgr streamが Sgr dSphよりも金属量が枯渇していることを示唆した。



変光星観測者会議
2012年06月24日

脈動変光星を含む食連星について

鳴沢真也(兵庫県立大学 西はりま天文台)



兵庫県立大学 自然・環境科学研究所

天文科学センター 西はりま天文台



2m「なゆた」望遠鏡



食連星

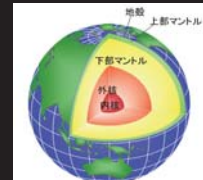
質量、半径、光度、軌道傾斜角、etc



脈動星（非動径振動）

星震学

（成層構造、対流、自転構造、
物質拡散 etc）



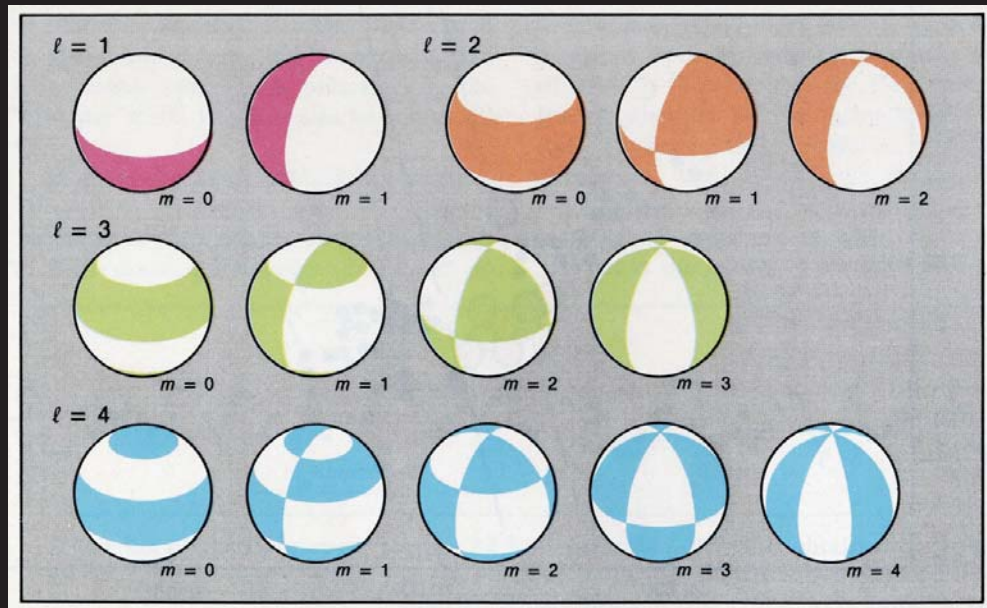
脈動変光星を含む食連星



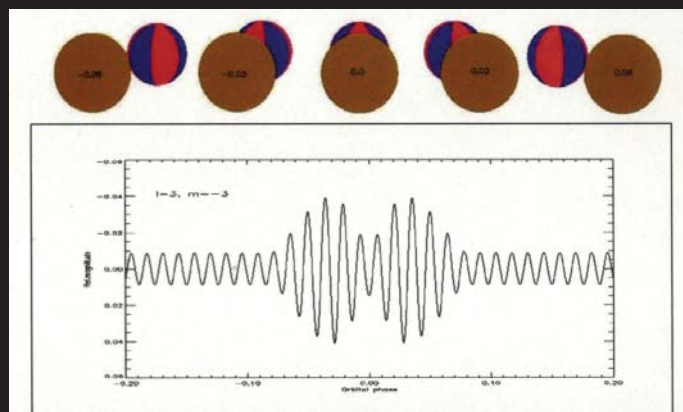
「一粒で二度おいしい」



非動径振動のモード



モードがわかる

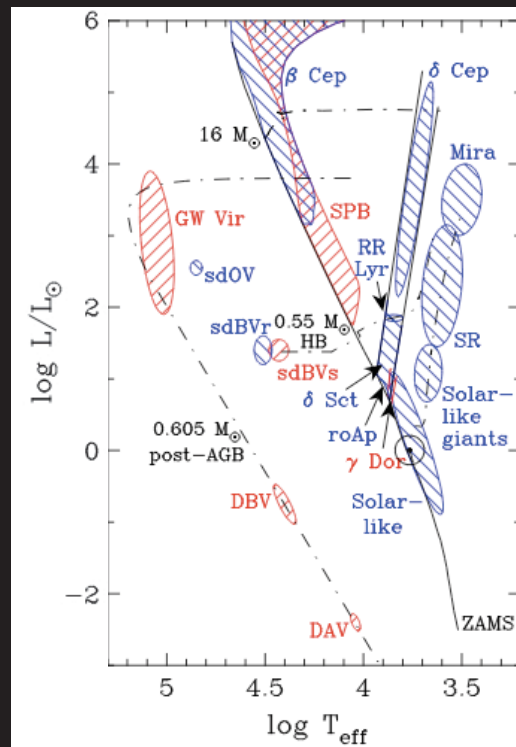


The Spatial filtration Method

Gamrova et al. (2002)



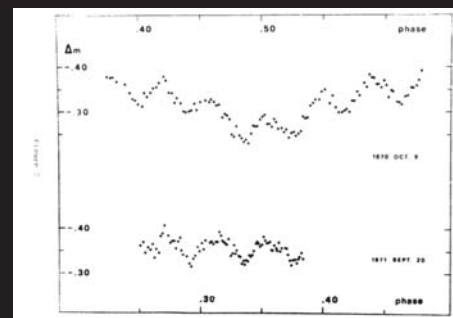
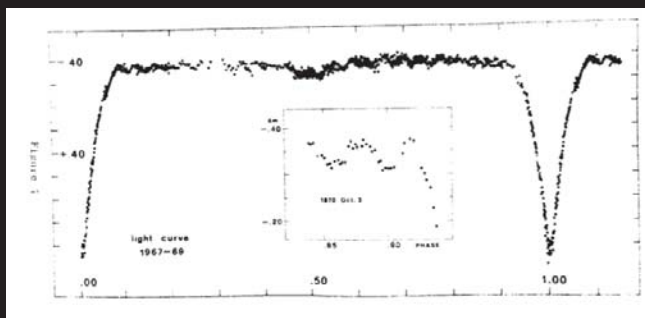
HR図上の脈動変光星



Handler (2012)



初発見



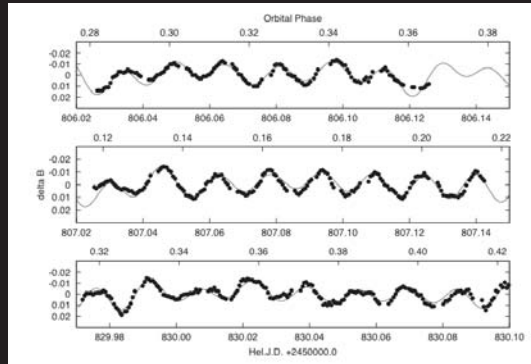
AB Cas アルゴル型+ δ Sct型

Tempesti (1971)

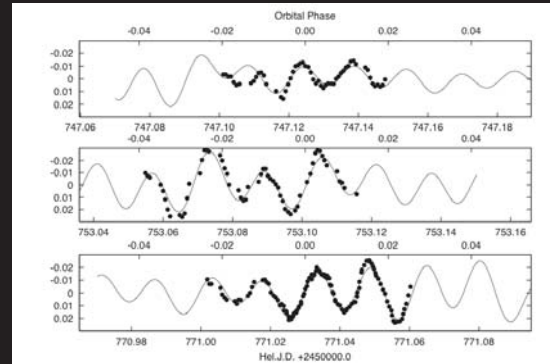


(不確実含めて)13個 アルゴル型+ δ Sct型

RZ Cas にも検出



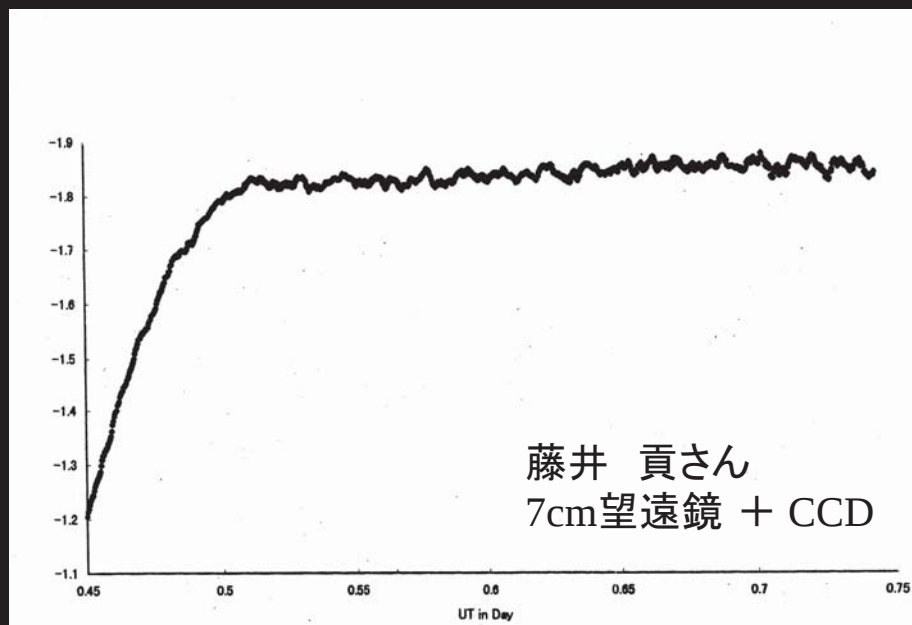
食外



主極小

The Spatial filtration

Ohsima et al. (2001)





国際キャンペーン観測



David E. Mkrтчian



Zhou カタログ

Table 1 A statistics on pulsating binaries based on the presented catalog.

Type of Pulsators	Group Sum	Classes of stellar systems			Others [†]
		Eclipsing Binaries	Spectroscopic Binaries	Visual Binaries	
(1) DCEP: Galactic ^{††}	153	3	123	18	20
DCEP: Extragalactic	4	4	0	0	—
Type II Cepheids:	13	6	7	0	—
(2) DSCT: δ Scuti-type	69	60	8	1	23
(3) sdBV: pulsating subdwarf B/O	36	12	24	—	1
(4) CV: cataclysmic variable	32	29	3	0	0
(5) BCEP: β Cep-type	18	5	13	—	8
(6) SPB: slowly pulsating B stars	13	2	11	1	4
(7) GDOR: γ Dor-type	9	4	2	0	—
(8) Be/X-ray pulsators	9	9	0	0	—
(9) solar-like oscillators	6	2	3	3	—
(10) WD: pulsating white dwarf	5	2	3	0	—
(11) WR: Wolf-Rayet stars	3	3	0	0	—
(12) BY Dra-type	1	1	0	0	—
(13) HADS: high-amplitude DSCT	1	1	0	0	—
(14) RR: RR Lyr-type	1	1	0	0	—
(15) SX Phe-type	1	1	0	0	—
(16) non-classified	2	1	1	0	—
Total	376	146	198	23	56

[†]: Column 'Others' for binarity unconfirmed;

^{††}: galactic classical Cepheids in binaries are adopted from Szabados (2003a);

Zhou (2010)

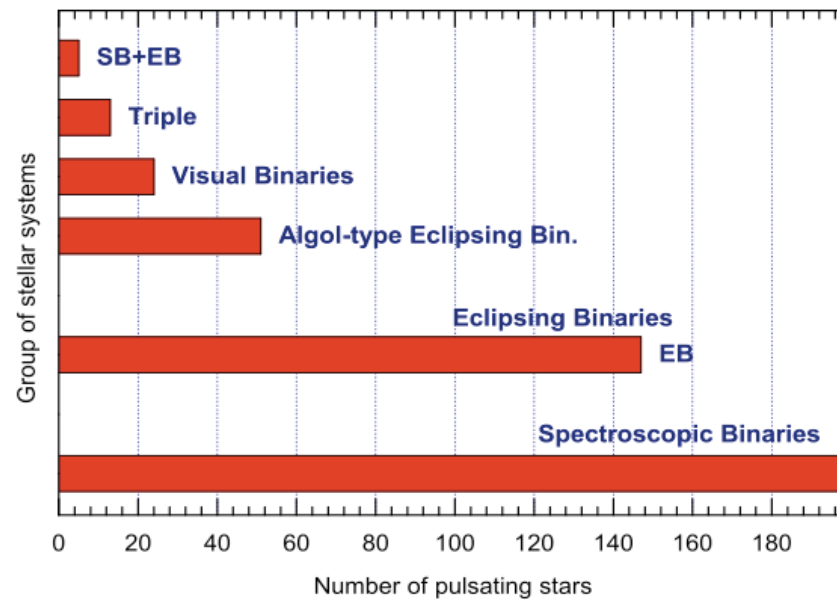


Fig.3 Number of pulsators in different groups of multiple stellar systems.

Zhou (2010)

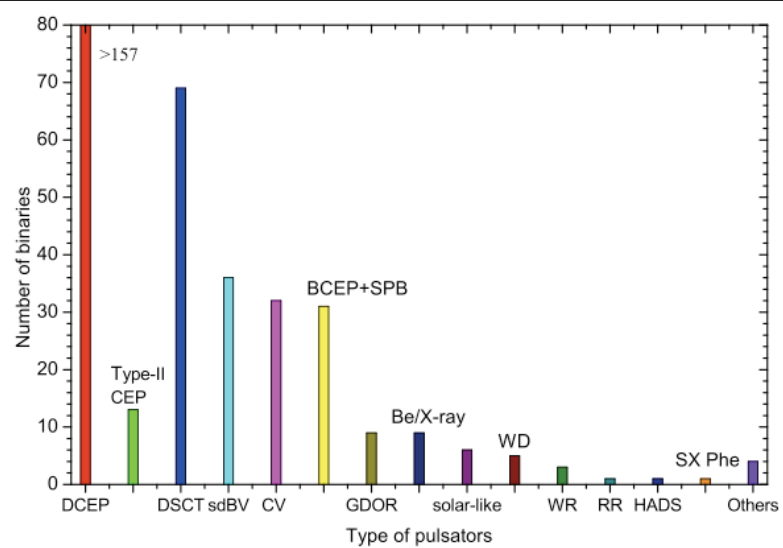


Fig.4 Distribution of binaries or multiples across different pulsators. The column for Galactic DCEP is cutoff at 80 in order to display others better.

Zhou (2010)



oEA型

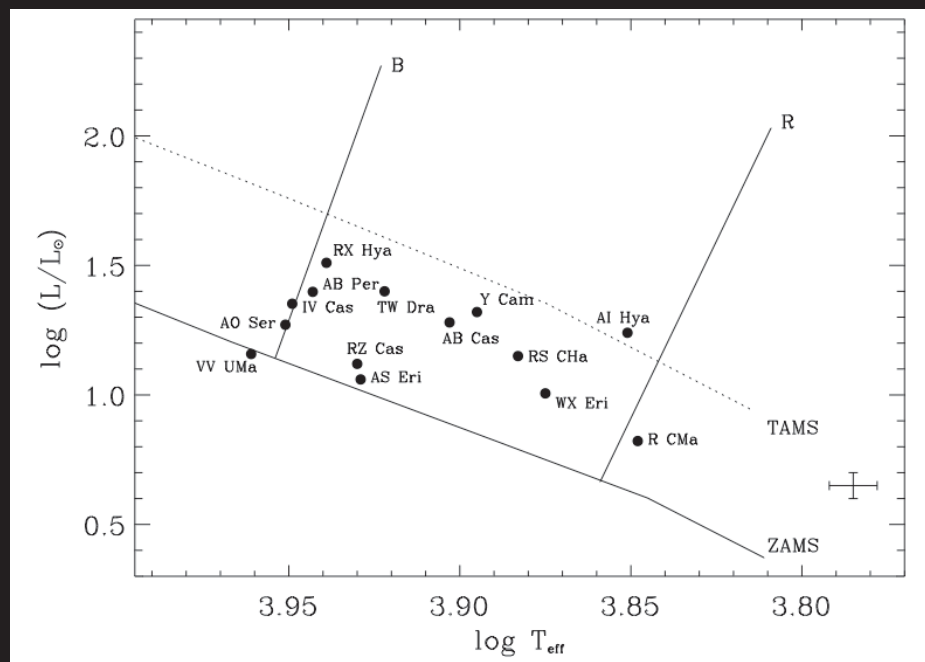
The (B)A-F spectral type mass accreting
main-sequence pulsating stars in a semi-detached
Algol-type system

質量移動により単独星の δ Sctとは異なる進化

Mkrtychian (2012)



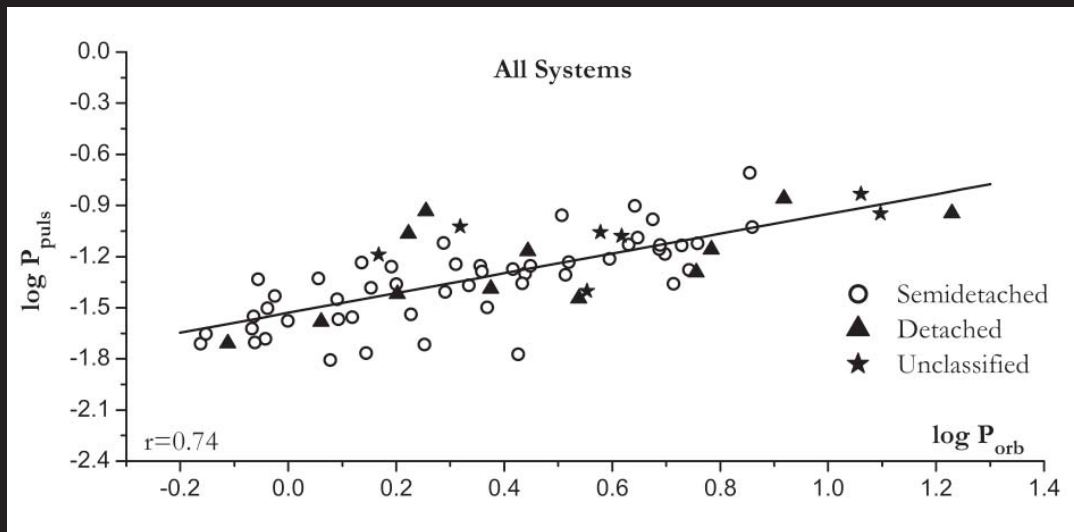
HR図上のoEA(一部)



Soydugan et al. (2006)



脈動周期と公転周期には相関がある



$$\log P_{\text{puls}} = -1.53(3) + 0.58(7) \log P_{\text{orb}} .$$

Liakos et al. (2012)



公転周期変化と脈動

AB Cas

Applegateモデルによる公転周期変化か？

公転周期が変化しても脈動周期は一定

Khaliullin & Khaliullina (2012)

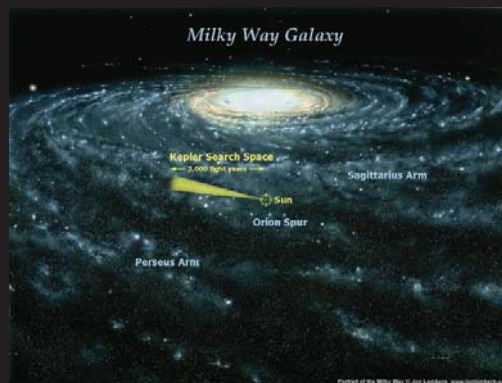
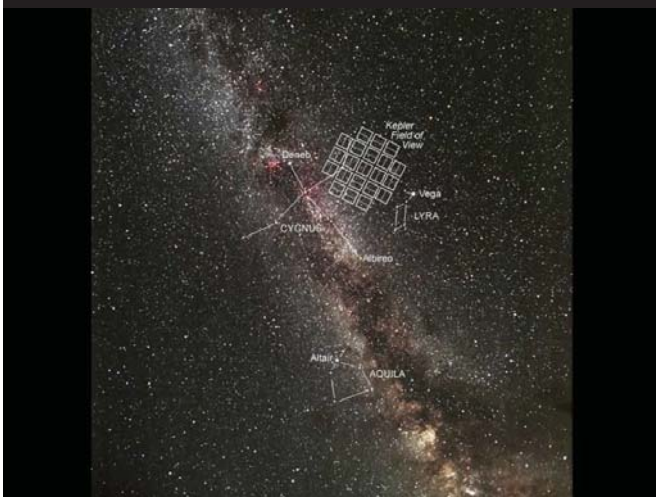
RZ Cas

公転周期が突発的にかつ頻繁に変化

公転周期変化と脈動の関係を知るよいターゲット



Kepler



Keplerでは...

156,000個中

食連星 2165個
(1.4%)

Slawson et al. (2011)





δ Sct型

Kepler 前 498個 Rodriguez (2000)

Kepler 後 1568個 Balona & Dziembowski (2011)

750個の δ Sct型中
7個が食連星

Uytterhoeven et al. (2011)

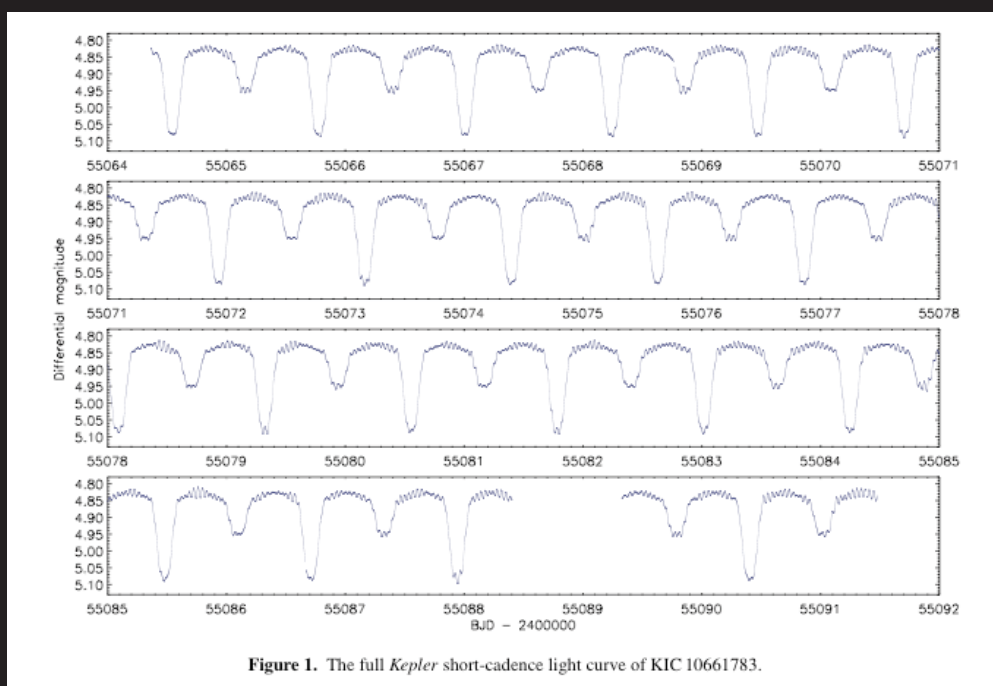
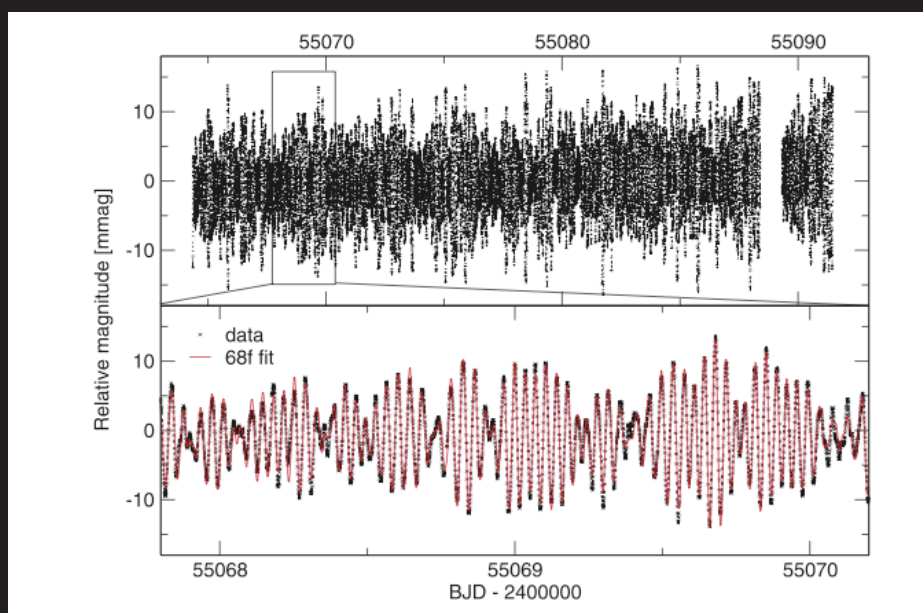


Figure 1. The full *Kepler* short-cadence light curve of KIC 10661783.

Southworth et al. (2011)



68個の周期



ビート

Southworth et al. (2011)



検出観測のおすすめ

まだまだ謎が多い

7cmあればできる

食外が平らなアルゴル系 (B-F型)

なるべく高時間分解能で(1分ほど)

一度受からなくても時期をおいて再観測

(ビート e.g. RZ Cas)



怪しい

AI Dra

DN UMa

X Tri

CD Tau



私の研究

脈動周期

10分

20分

< 6時間



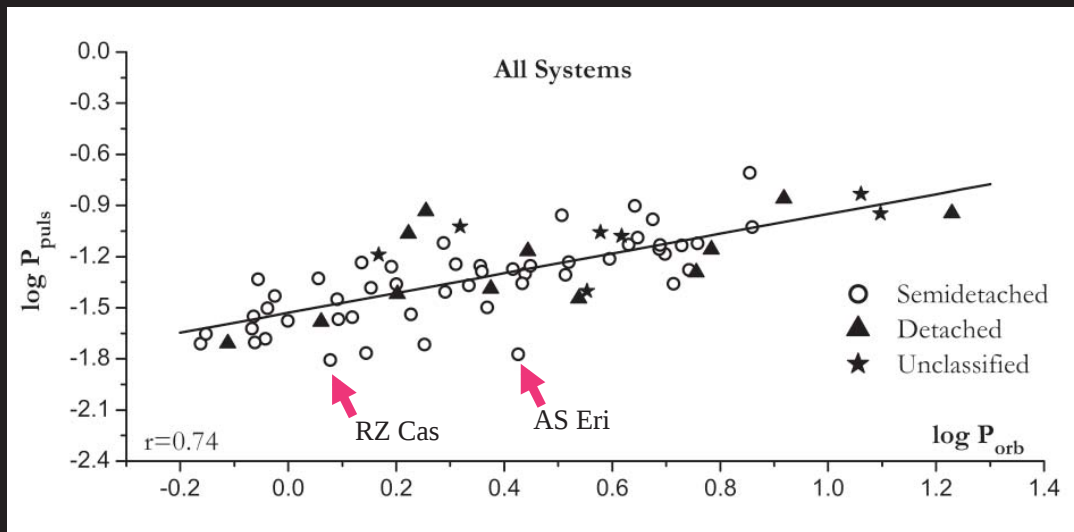
roAp
(H κ)

RZ Cas
AS Eri
(oEA?)

δ Sct
(He κ)



脈動周期と公転周期には相関がある



Liakos et al. (2012)



組成解析

RZ Cas 金属欠乏 $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.63$
(λ Boo like)

AS Eri RZ Casとほぼ同じ金属量

金属量と脈動周期に相関？



Thank you for your kind attention.

短周期食連星 FR Ori の δ Sct 振動

倉敷市立箭田小学校
赤澤 秀彦

FR Ori

- FR Ori=HD248406
- Mag.=11.0 – 11.9
- SP=A7
- P=0.88316217d
- Type=EB

測光観測

- 1990年台 フォトマル測光

- 2007年からCCD測光

系外惑星のトランジット観測

- 2009年から激変星のフォローアップ観測

- 2011年10月から

アウトバーストの合間に

短周期食連星の測光

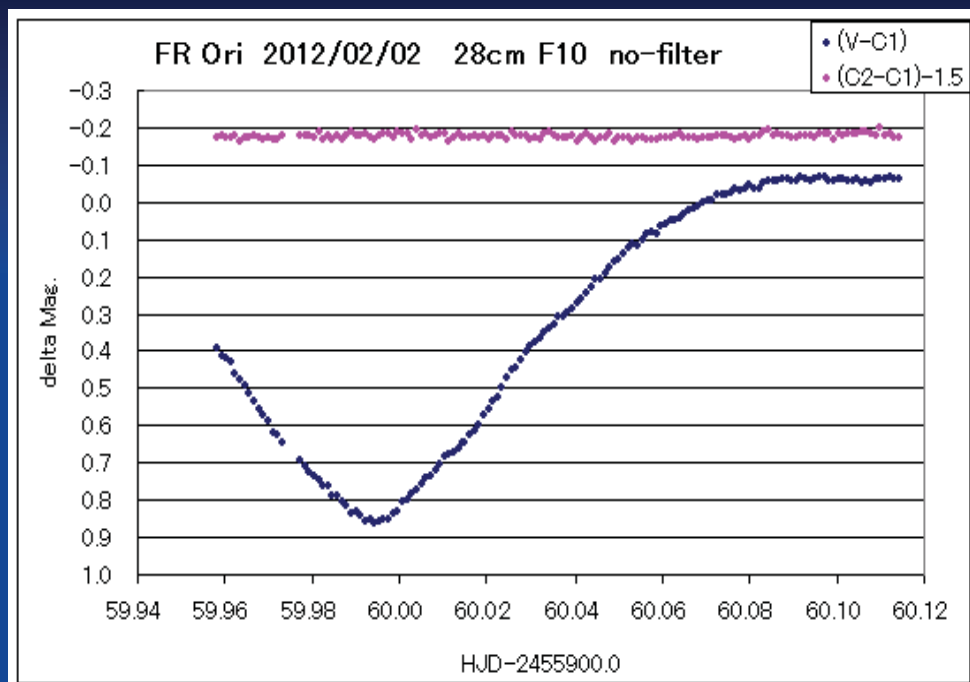


観測に至った経緯

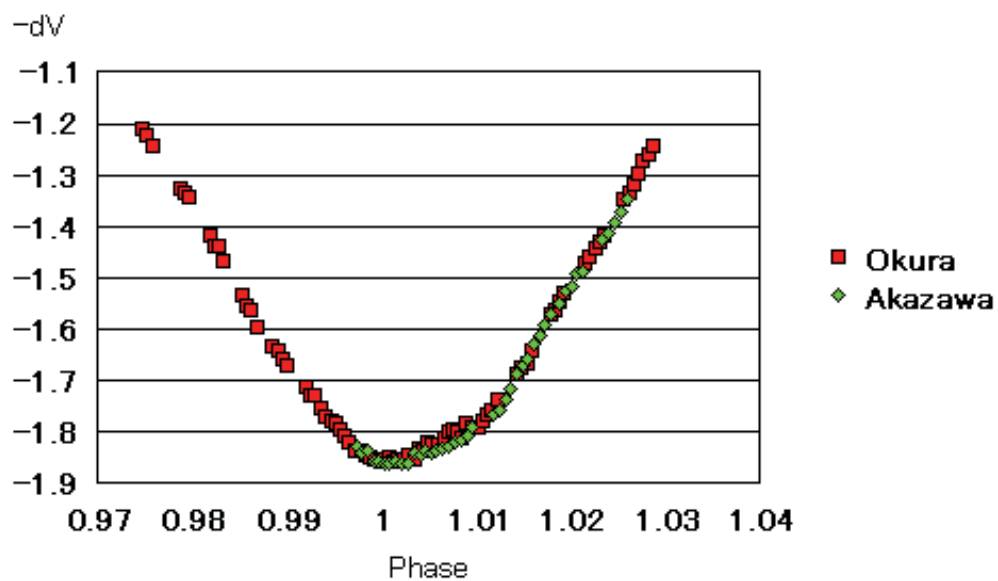
■ 短周期食連星の測光

■ 主な観測機材

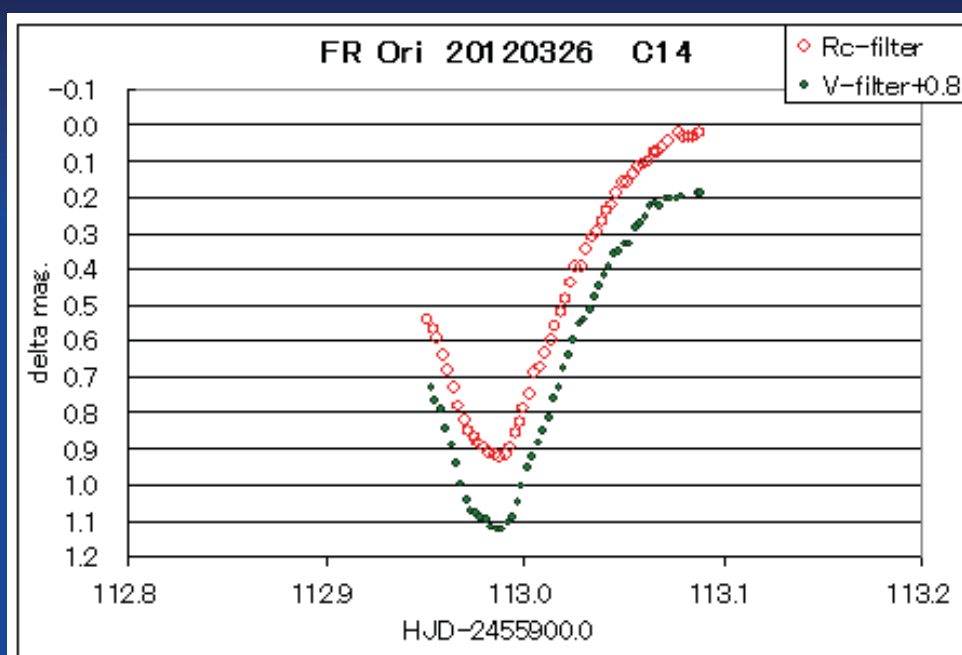
- ① D=280mm F=10 (Celestron C11)
SBIG ST9-XEi no-filter
- ② D=200mm F=6.3 (Meade LX200)
SBIG ST9-XEi Rc-filter
- ③ D=355mm F=7 (Celestron C14)
SBIG ST9-XE (B,V,Rc,Ic)



RZ-Gas Min1 1997.11.18



食の底の「斜めフラット」



観測の概要 1

- 望遠鏡

Celestron C14 D=355mm F7(reducer)

- カメラ

SBIG ST9-XE

Rc-filter (exp.=90sec), V-filter (exp.=120s)

- 比較星(C1)とチェック星(C2)

C1=GSC0719_0690(11.1) , C2=GSC0719_0704(12.4)

観測の概要 2

- 観測期間

2012/02/04 — 2012/04/06

- 観測日数 31日

- 観測総時間 128時間

- 観測データ数 V=1789 Rc=1819

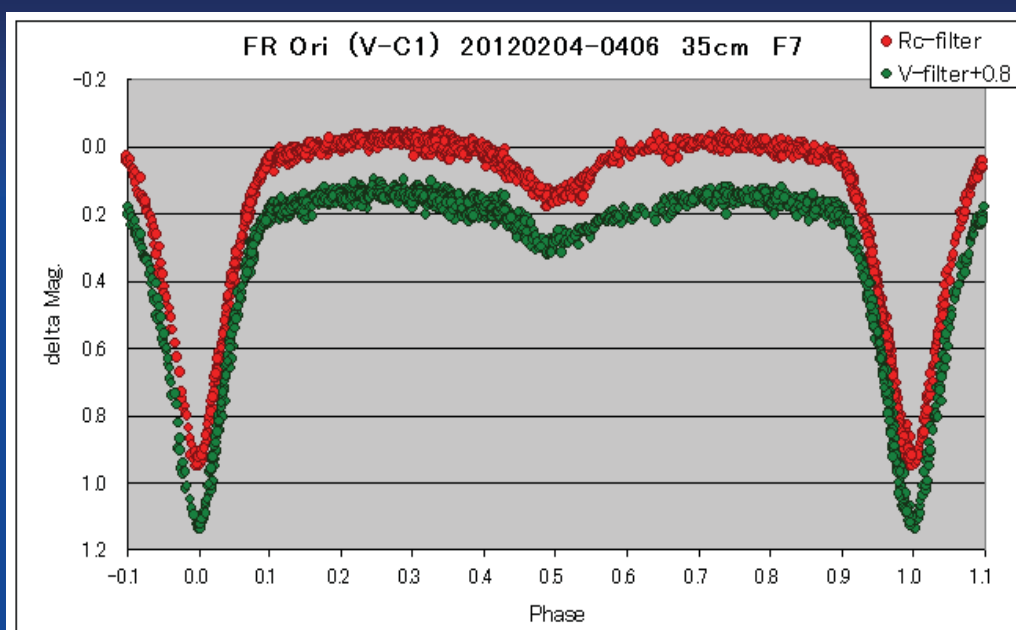
データ処理と解析

- 1 フラットとダークについての一次処理の後、
AIP4Win (Ver 2.40) による

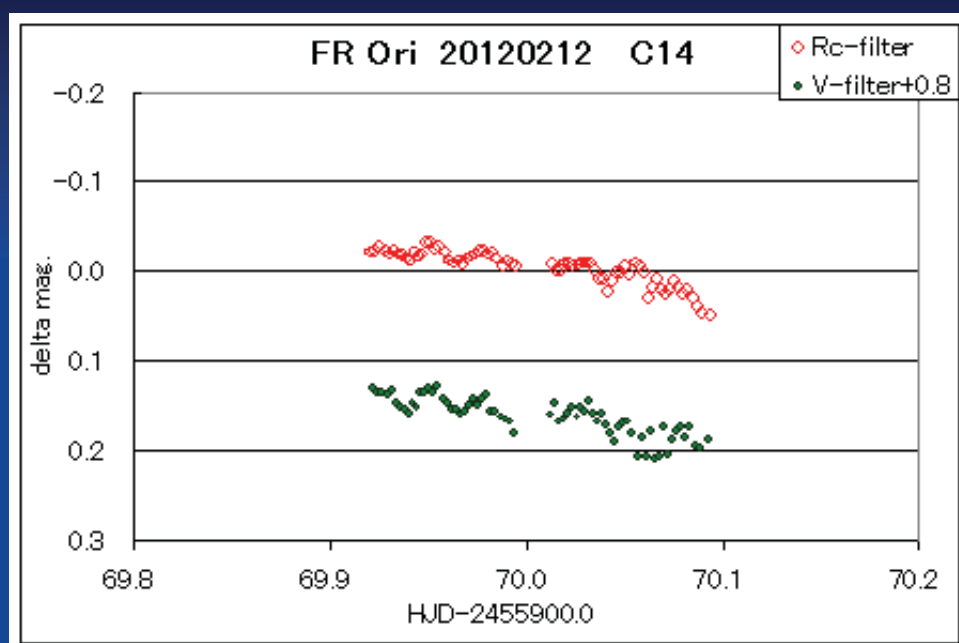
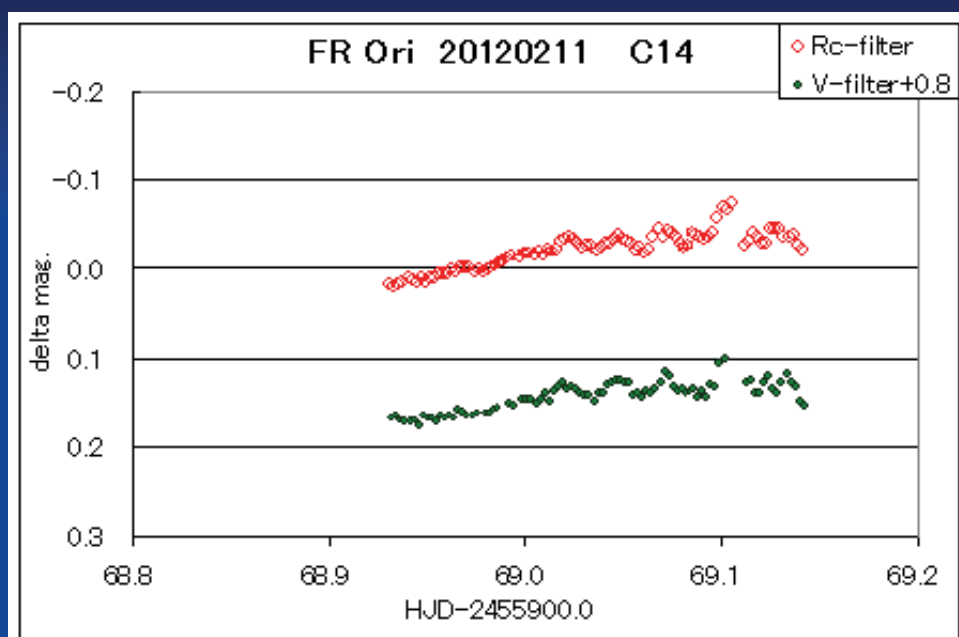
Differential Photometry

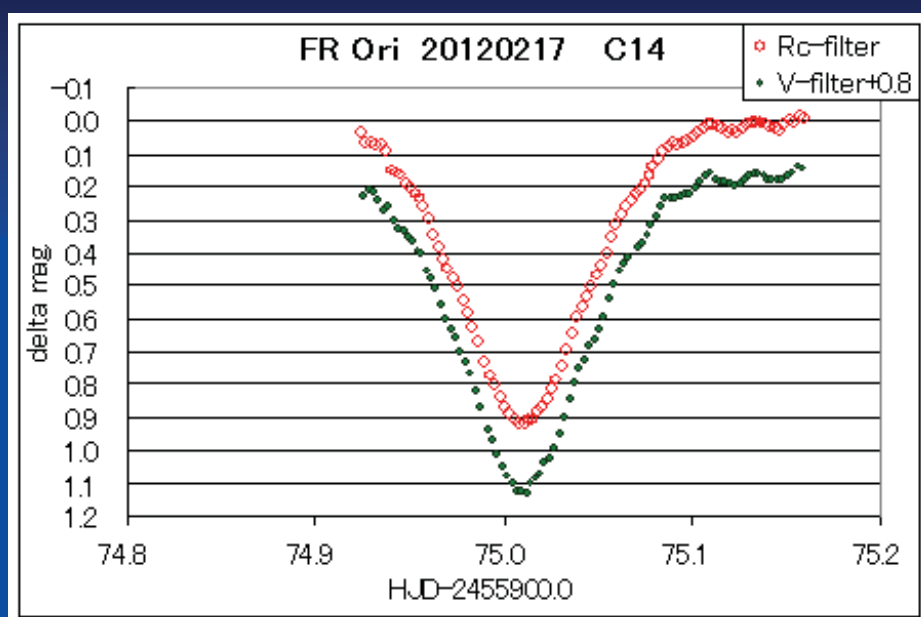
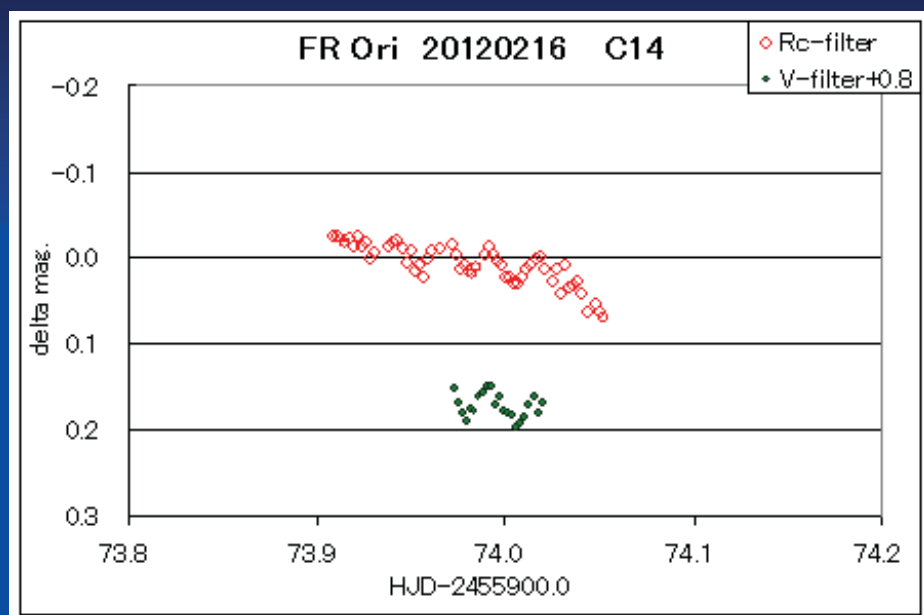
- 2 食外の短周期変動についての解析

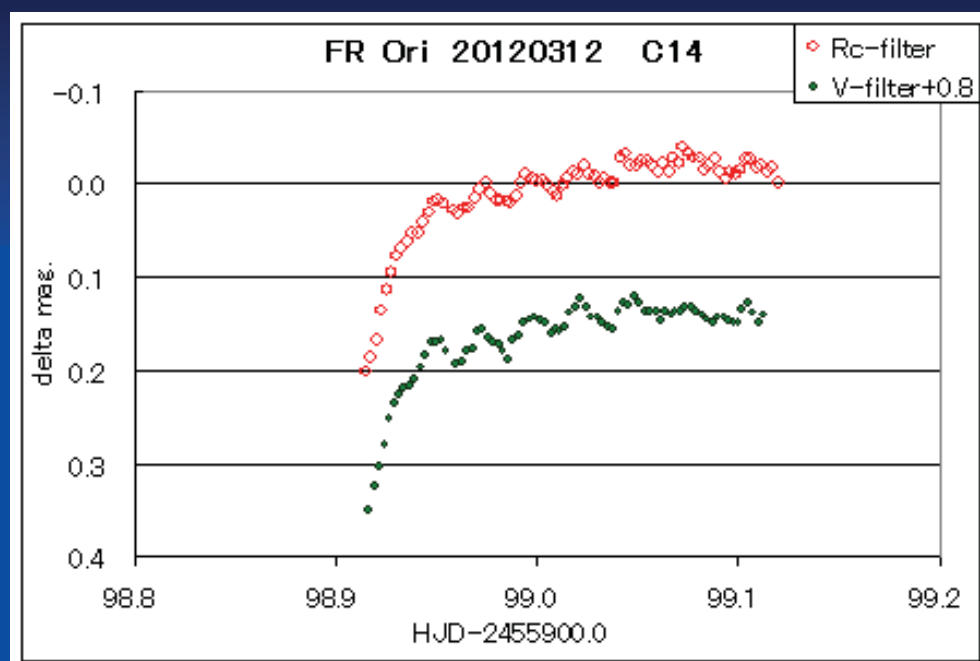
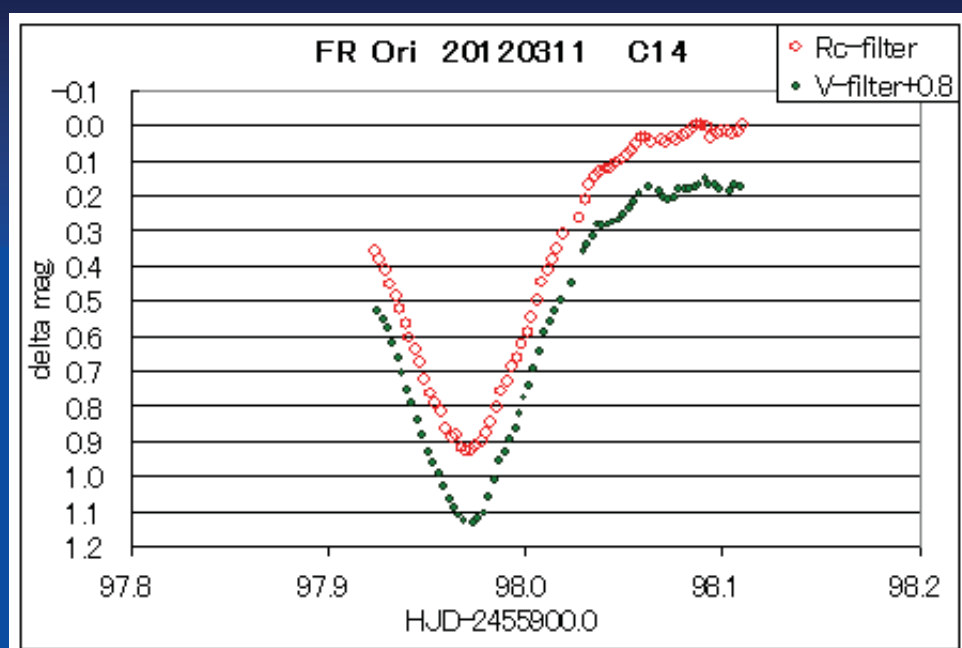
全位相のライトカーブ

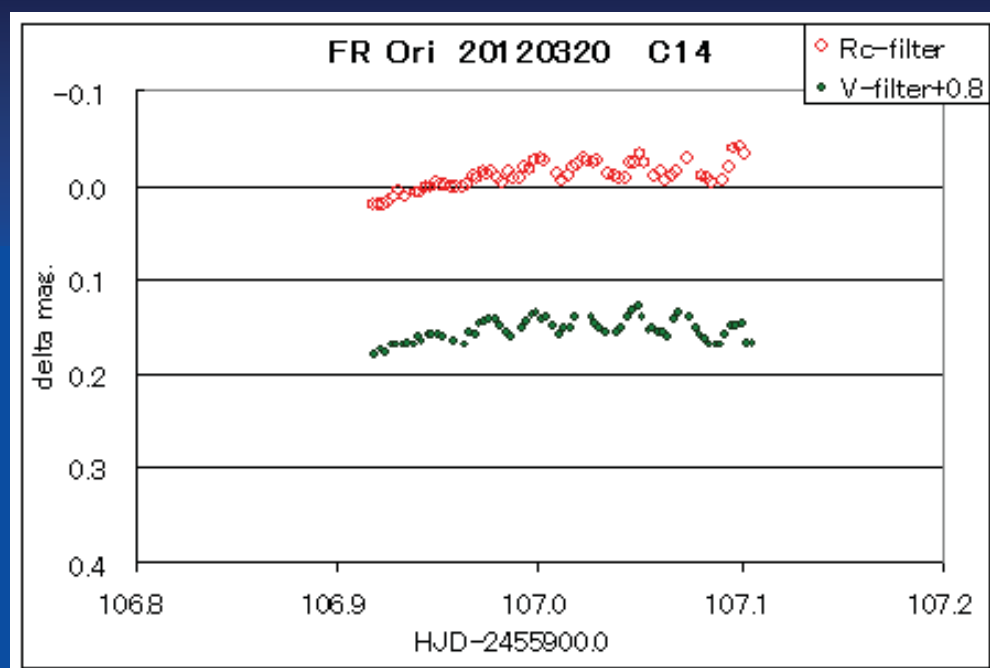
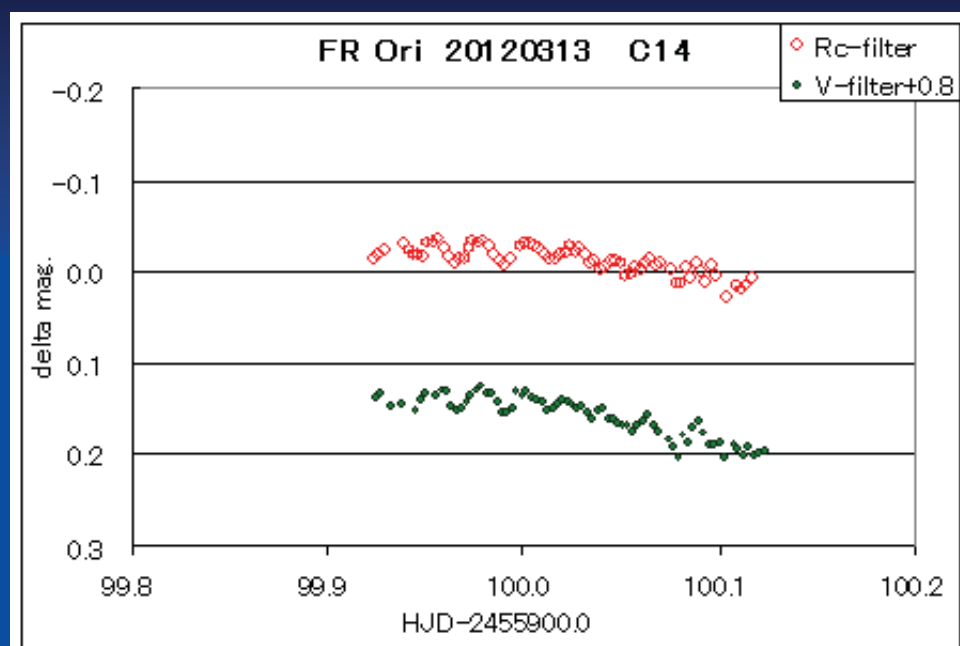


食外の短周期変動







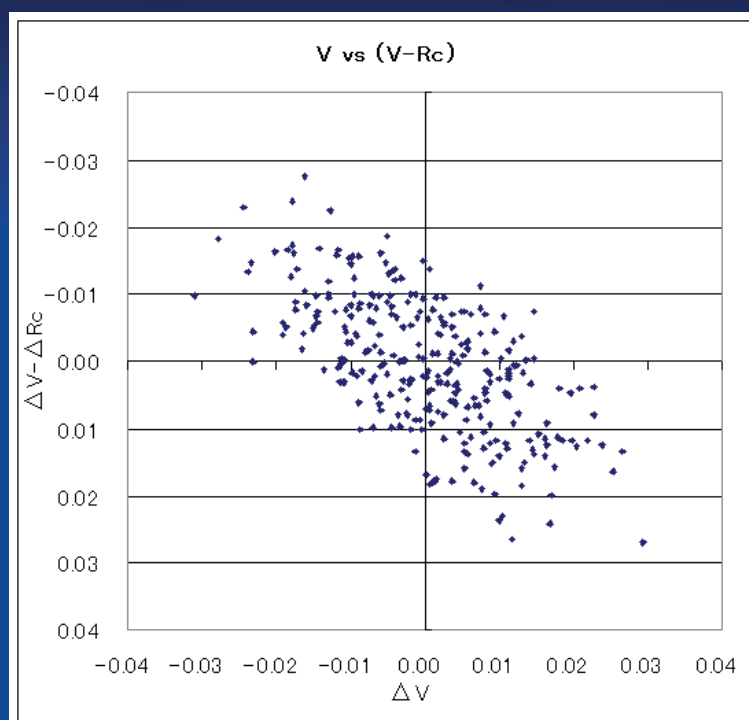


食外の短周期変動解析

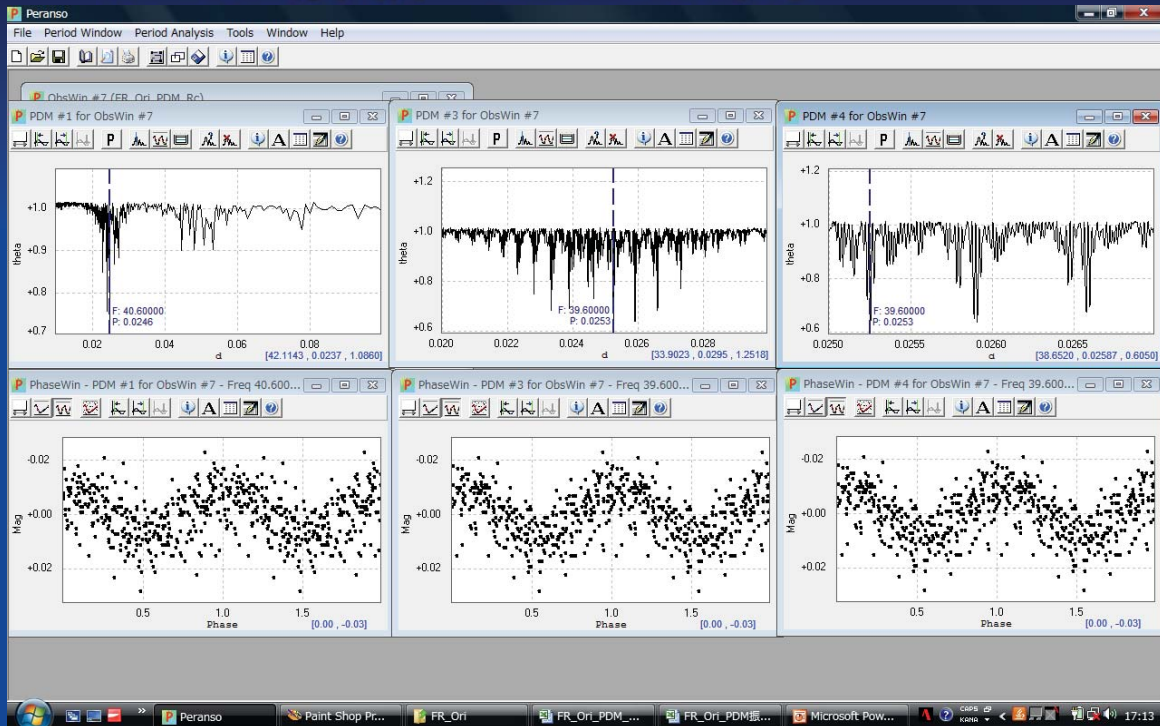
食外で短周期変動が顕著な8日間について

- 日ごとの線形回帰直線を求め、
回帰点と観測値との差を ΔV , ΔR_c とする
- Color-magnitude diagram
(ΔV vs $\Delta V - \Delta R_c$)
- PDM解析

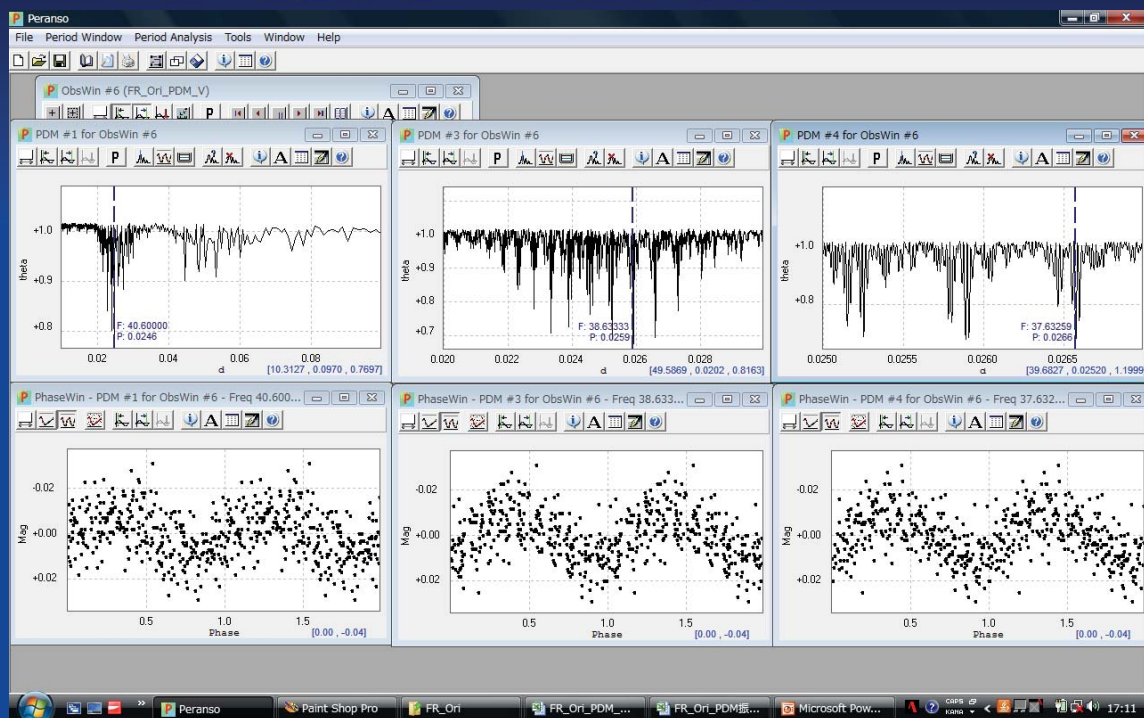
Color-magnitude diagram



PDM解析 Rc 8日間

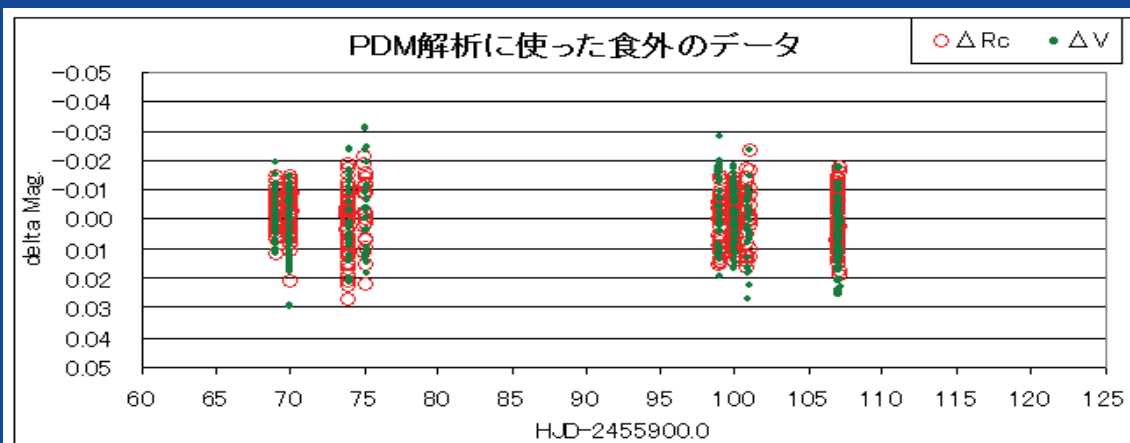
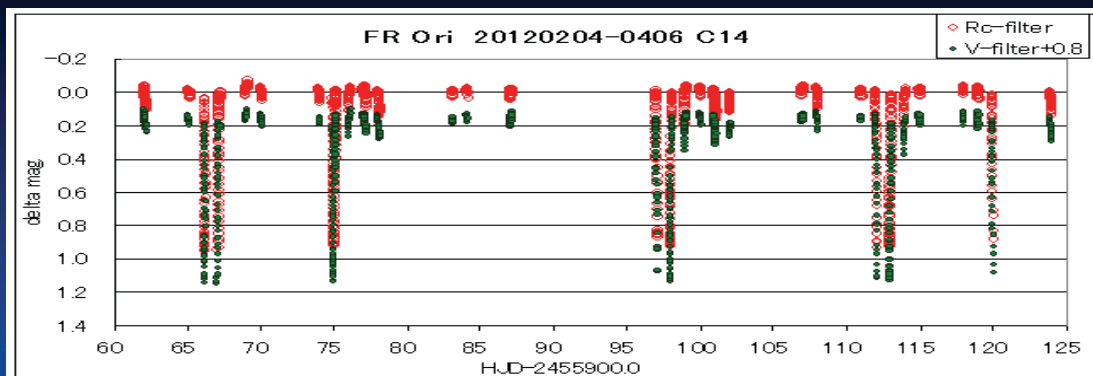


PDM解析 V 8日間



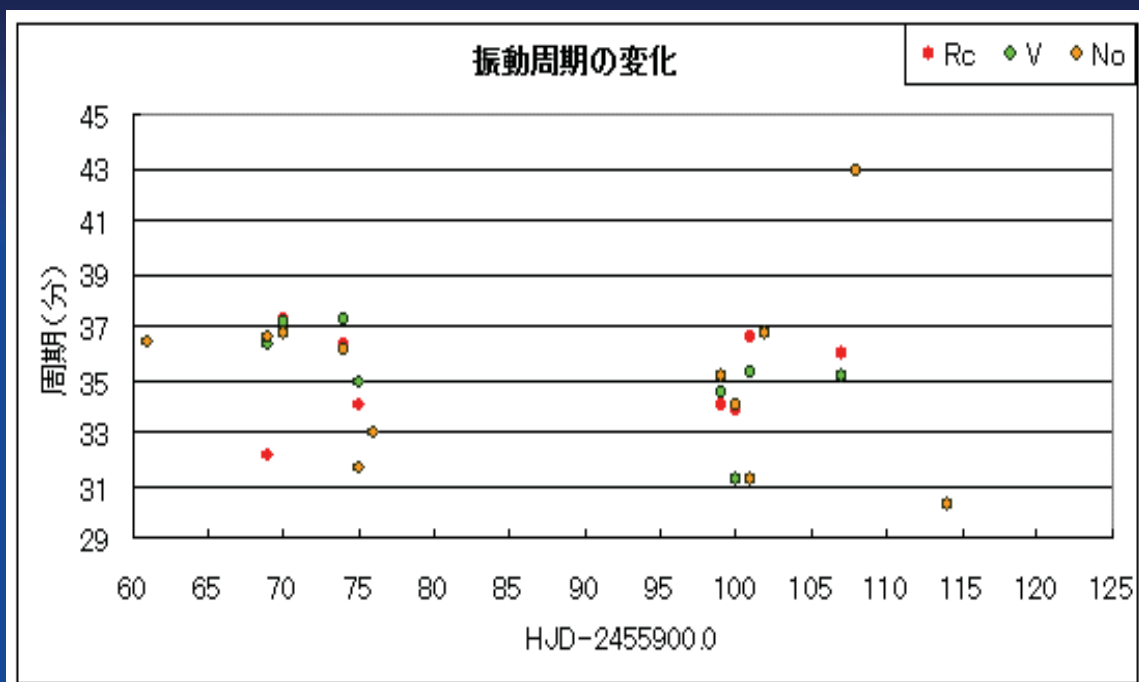
振動周期 35cm(Rc,V 8日)と 28cm(Non 12日) (S=Start E=End R=Resolution)

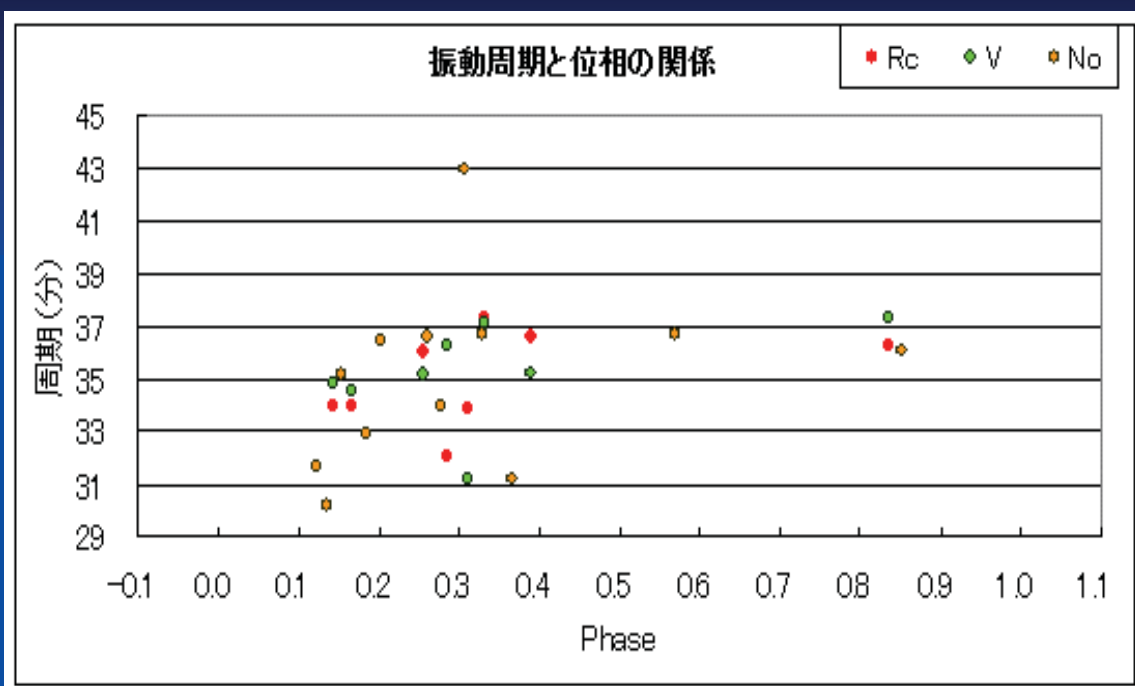
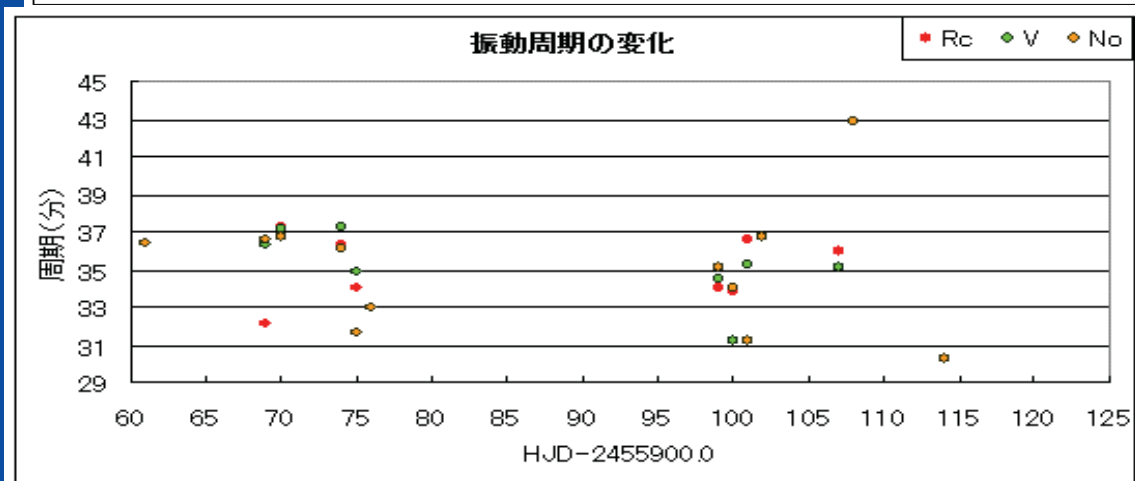
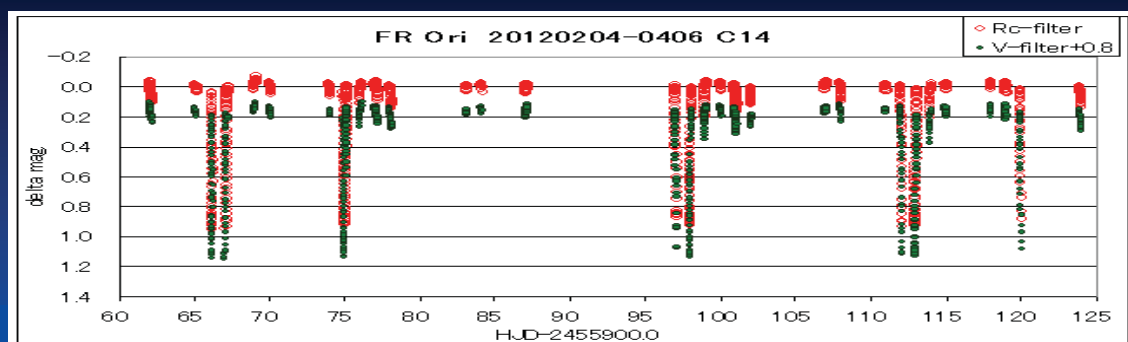
	S=0.01day E=0.1day R=500	S=0.02 day E=0.03 day R=1000	S=0.025 day E=0.027 day R=1000
35cm Rc-filter	0.0246 day =35.4m	0.0253 day =36.4m	0.0253 day =36.4m
35cm V-filter	0.0246 day =35.4m	0.0259 day =37.3m	0.0266 day =38.4m
28cm No-filter	0.0246 day =35.4m	0.0259 day =37.3m	0.0259 day =37.3m

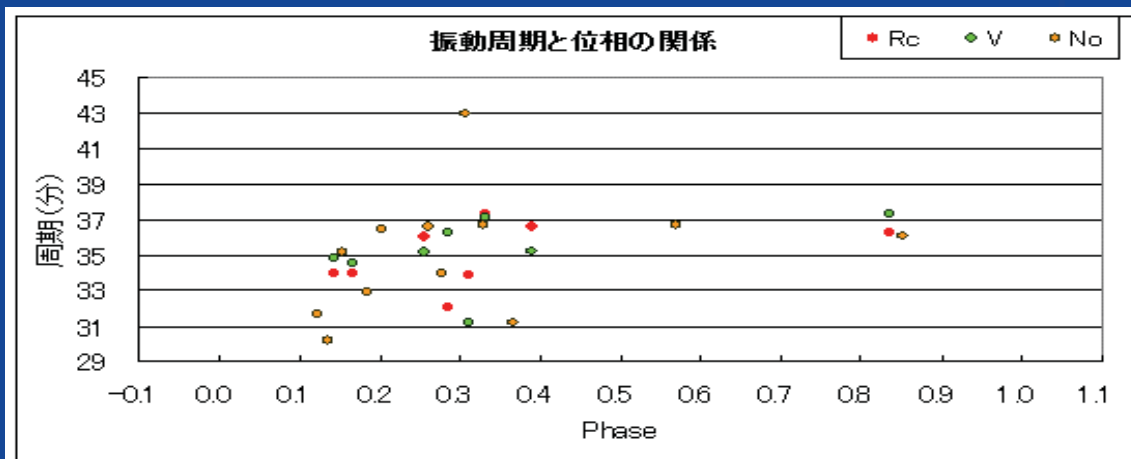
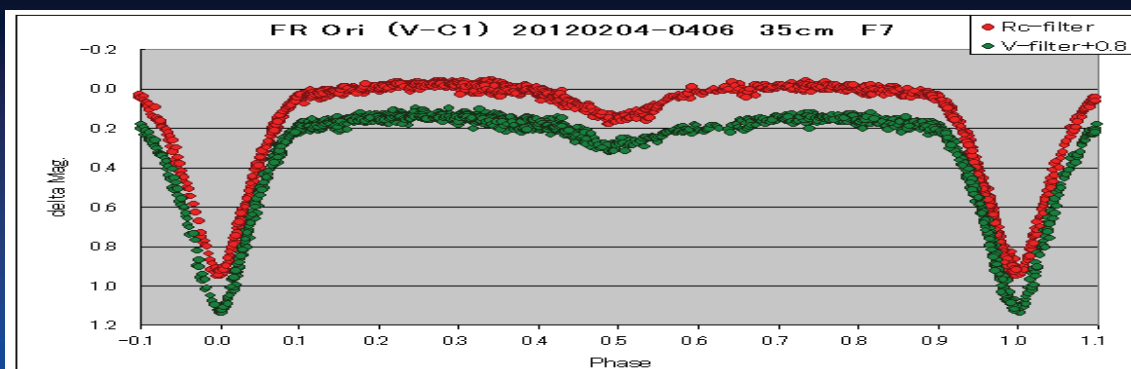


振動周期の変化

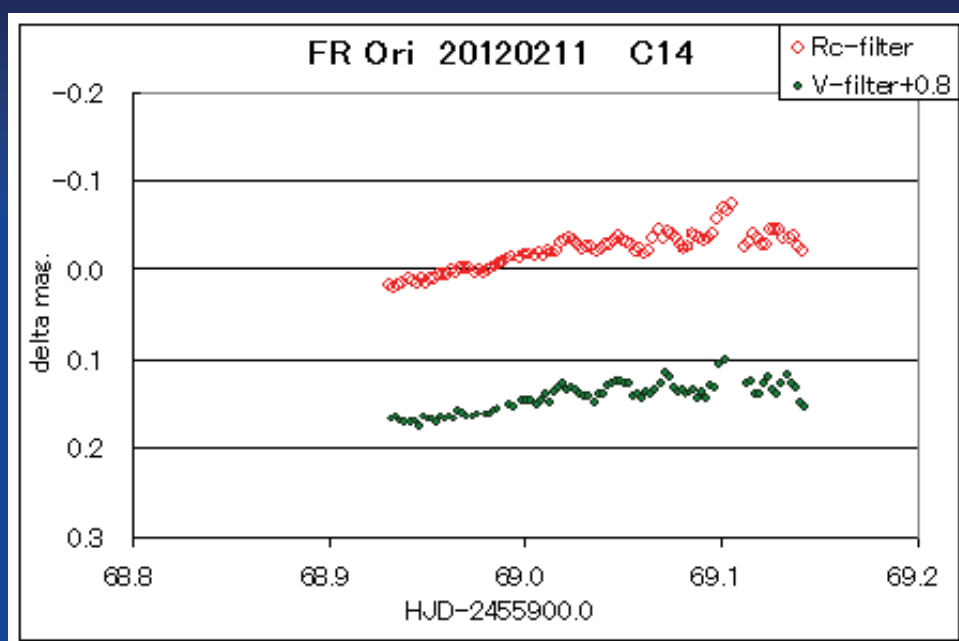
		S=0.02 day E=0.03 day R=1000
前4日	Rc	0.0259 day = 37.3m
前4日	V	0.0259 day = 37.3m
前6日	Non	0.0228 day = 32.8m
後4日	Rc	0.0240 day = 34.6m
後4日	V	0.0252 day = 36.3m
後6日	Non	0.0266 day = 38.3m
後4日	Non	0.0228 day = 32.8m

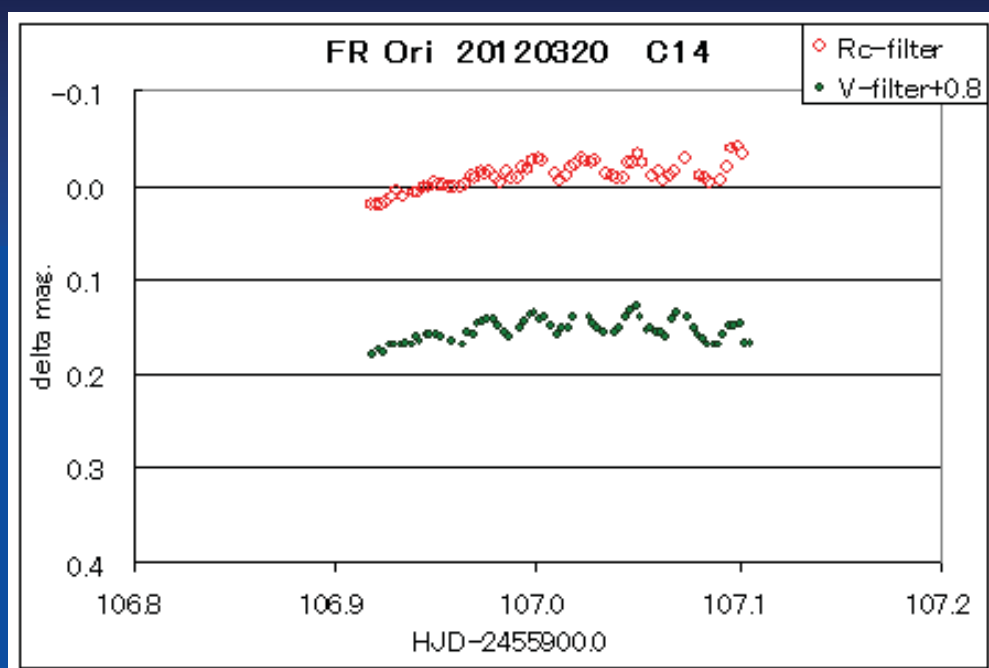
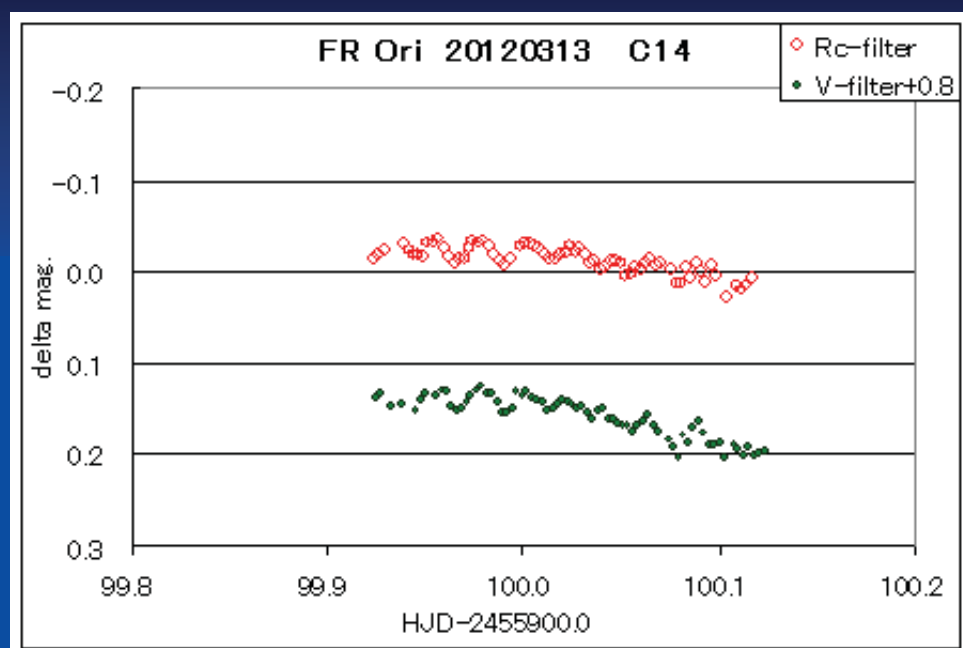






変動幅の変化





まとめ

- FR Ori に、33分～38分の振動がある。
- (特に36～37分の頻度が高い)
- 振動周期の確定は難しい。
- FR Oriは脈動変光星を含む食連星である。
- 振動の顕著な時間は短い。

疑問点

- 振動幅の変化
振動が顕著な時間が短い
- 振動周期が定まらない

(多重周期が存在か?)

感想

- ① C1,C2の選択の問題
- ② データの質の問題
 - 連続観測 観測は生活の一部
 - 取捨選択の基準
- ③ 機材の限界
 - おもちゃの剣で戦うようなもの
 - 個人観測所のメリット
- ④ 研究者と観測者の連携

おわり

ご静聴ありがとうございました。

OBアソシエーションに属する
食連星 LT Gem の周期の決定

<http://bf-astro.com/ic443-444sho.htm>

IC 443

大島 修（岡山県立水島工業高校）

食連星 LT Gem

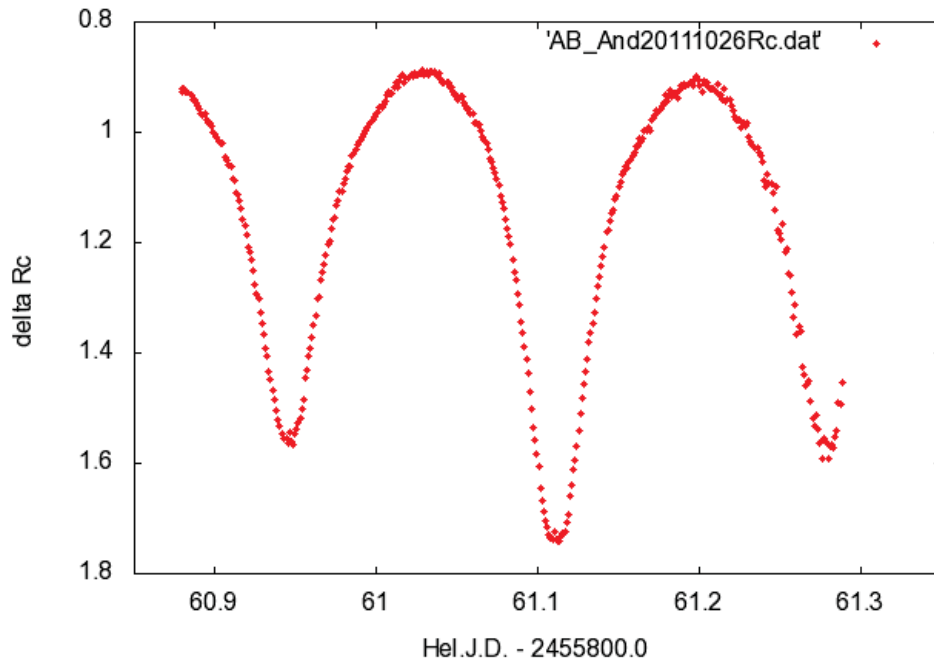
- 観測するようになった経緯
- 知られていたこと
- 結局、周期はいくら？
- 光度曲線

なぜこの星

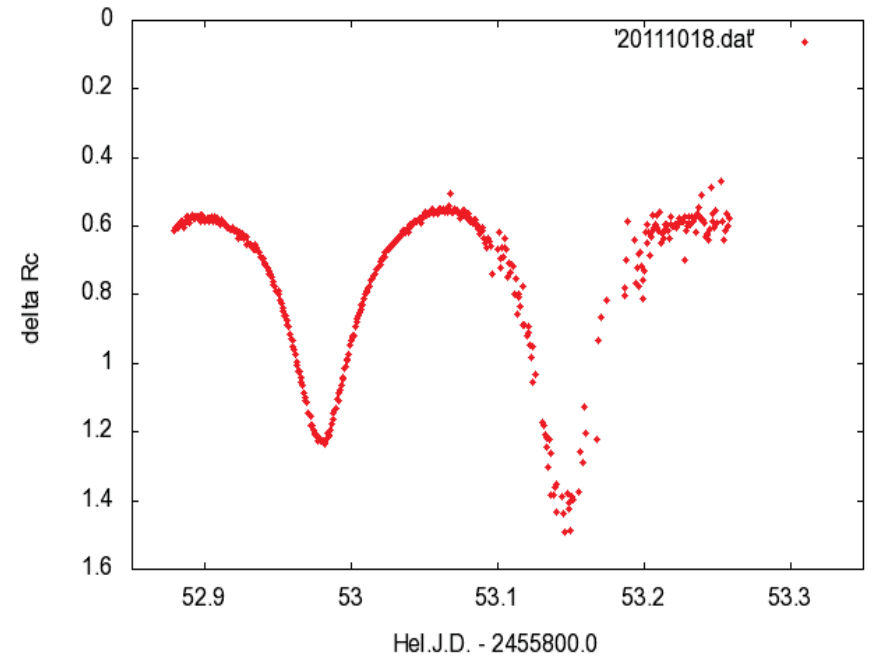
- たまたま
- 系外惑星探査の副業として連星系を観測
 - 条件のよい夜は300mm望遠レンズで自動観測⇒もう1台の20cm望遠鏡が遊んでいる
 - 短周期の連星系、できれば0.3日くらい、10等より明るくて、夕方から明け方まで追えるものをGCVSから適当に
 - 10月から観測した系
 - AB And, X Tri *, V881 Per, Gr Tau *
- 1月から 一晩中観測しやすいもの
- ふたご座の9等、周期0.6日⇒まあいいか

AB And

AB And Rc-band @OTO 20cm f/6.3 ST-9XE -20deg 90sec



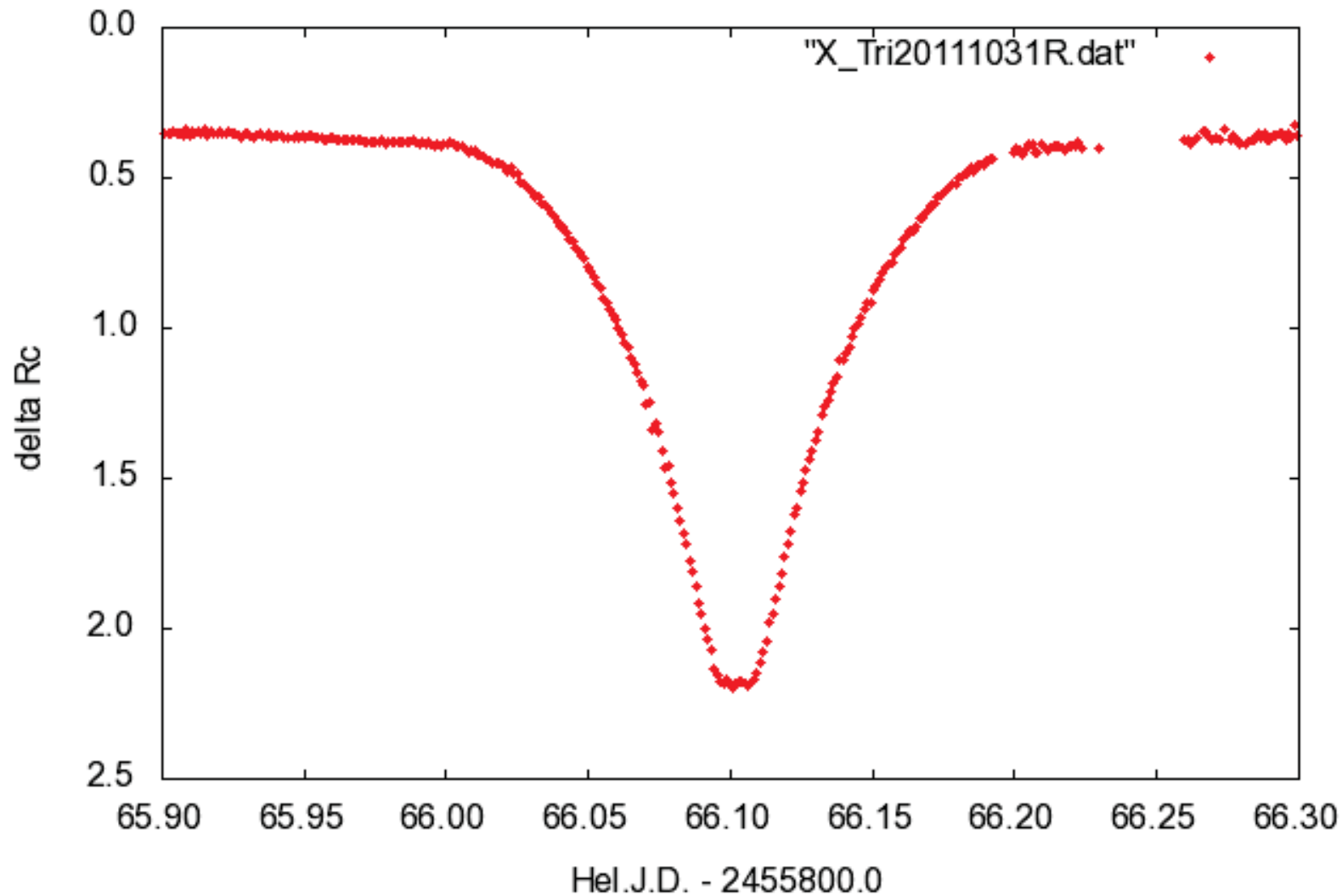
AB And Rc-band @OTO 20cm f/6.3 ST-9XE -20deg 90sec



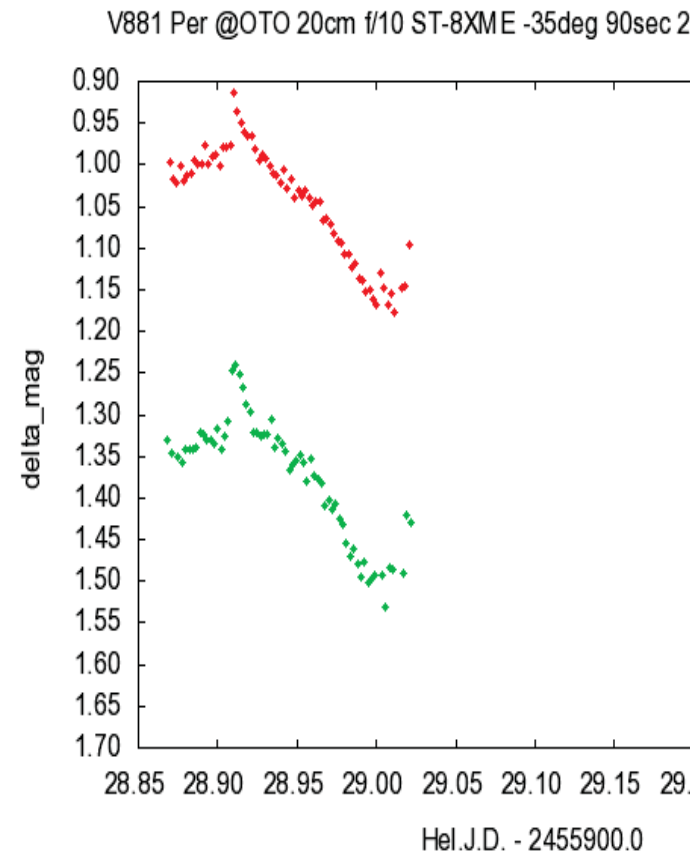
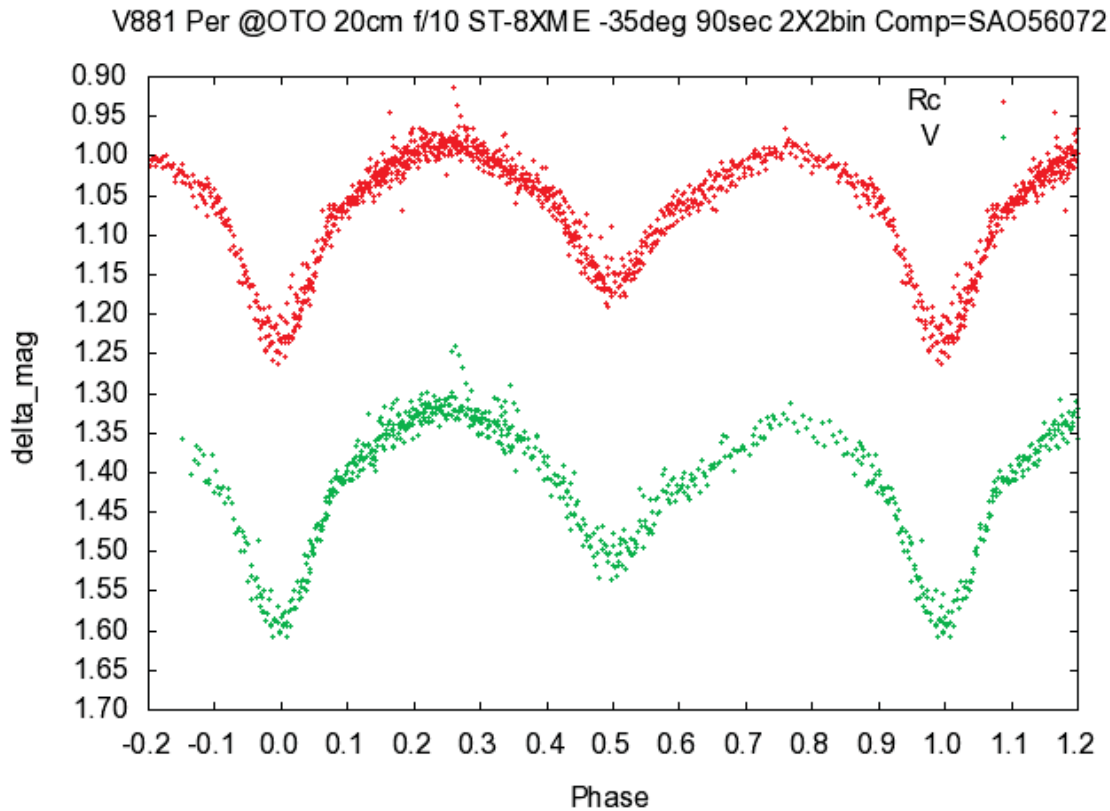
今年は天候が安定しない

X Tri

X Tri Rc-band @OTO 20cm f/6.3 ST-9XE -20deg 90sec



V881 Per



LT Gemとは

GCV Sによれば

- Eclpsing
- Max=9.35 Min=9.51
- **P=0.6258day**
- B1V
- Ref. 08665

- Ref. 08665.

A.Figer, GEOS NC 191,
1978.

しかし、この文献は
ADSでは出てこないの
で私には調べられな
い

Name Listによれば

57th Name-list IBVS No.480

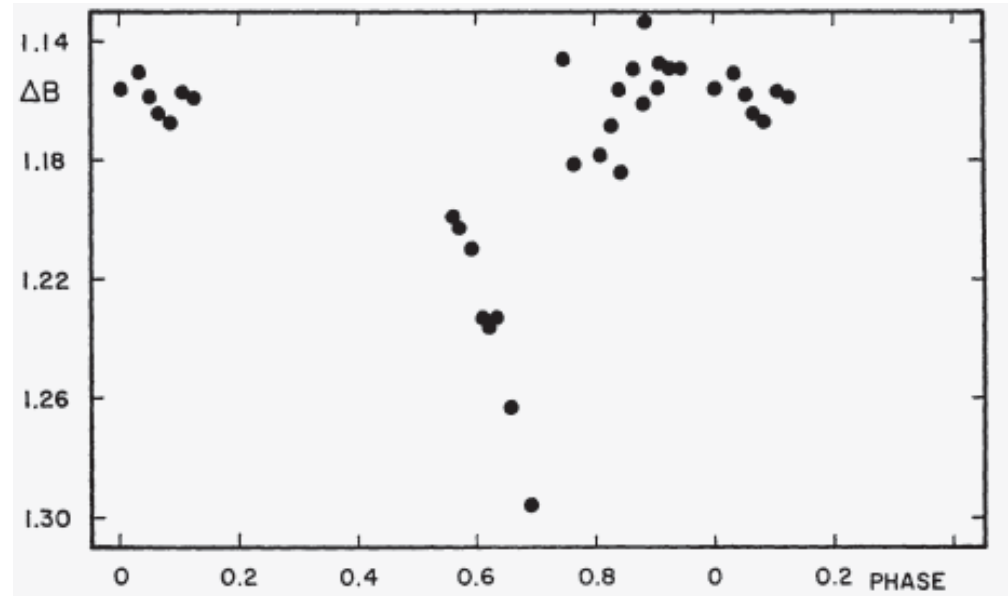
- LT Gem=BD+23 1286 (9.1)=HD 254699
- (B5)
- Ref: [5522].
→ G.Hill,ApJ Suppl 130,1967

Graham Hill(1967) によれば

- Graham Hill(1967) Ap.J.Supl.14.301

"SOME NEW VARIABLE IN NEARBY ASSOCIATIONS AND GALACTIC CLUSTERS"

- **At least two periods,**
 $1d.0748 \pm 0.002$
 $2d.1497 \pm 0.004$
- The depth of minima is
 $\sim 0.15\text{mag.}$



何だろう、この光度曲線は？

SIMBADによれば

Basic data :

V* LT Gem -- Eclipsing binary

query around with radius

Other object types:

EB* () , * (AG,ALS,BD,GEN#,GSC,HD,Hilt,LS,MCW,PPM,SAO,TYC,UBV,YZ)
, V* (V*) , IR (2MASS)

ICRS coord. (ep=J2000) :

06 18 25.6116 +23 34 17.206 (~) [27.92 23.91 90] B
[1998A&A...335L..65H](#)

FK5 coord. (ep=J2000 eq=2000) :

06 18 25.612 +23 34 17.21 (~) [27.92 23.91 90] B
[1998A&A...335L..65H](#)

FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) :

06 15 22.80 +23 35 31.1 (~) [89.47 88.30 89] B
[1998A&A...335L..65H](#)

Gal coord. (ep=J2000) :

188.3005 +03.7415 (~) [27.92 23.91 90] B
[1998A&A...335L..65H](#)

Proper motions *mas/yr* [error ellipse]: -1.80 -0.90 [1.70 1.70 0] B [1998A&A...335L..65H](#)

Spectral type:

B1V C ~

Fluxes (6) :

U 8.95 [~] D [2003AJ....125.2531R](#)
B 9.36 [~] C ~
V 9.05 [~] C ~
J 7.979 [0.030] C [2003yCat.2246....0C](#)
H 7.949 [0.059] C [2003yCat.2246....0C](#)
K 7.856 [0.023] C [2003yCat.2246....0C](#)

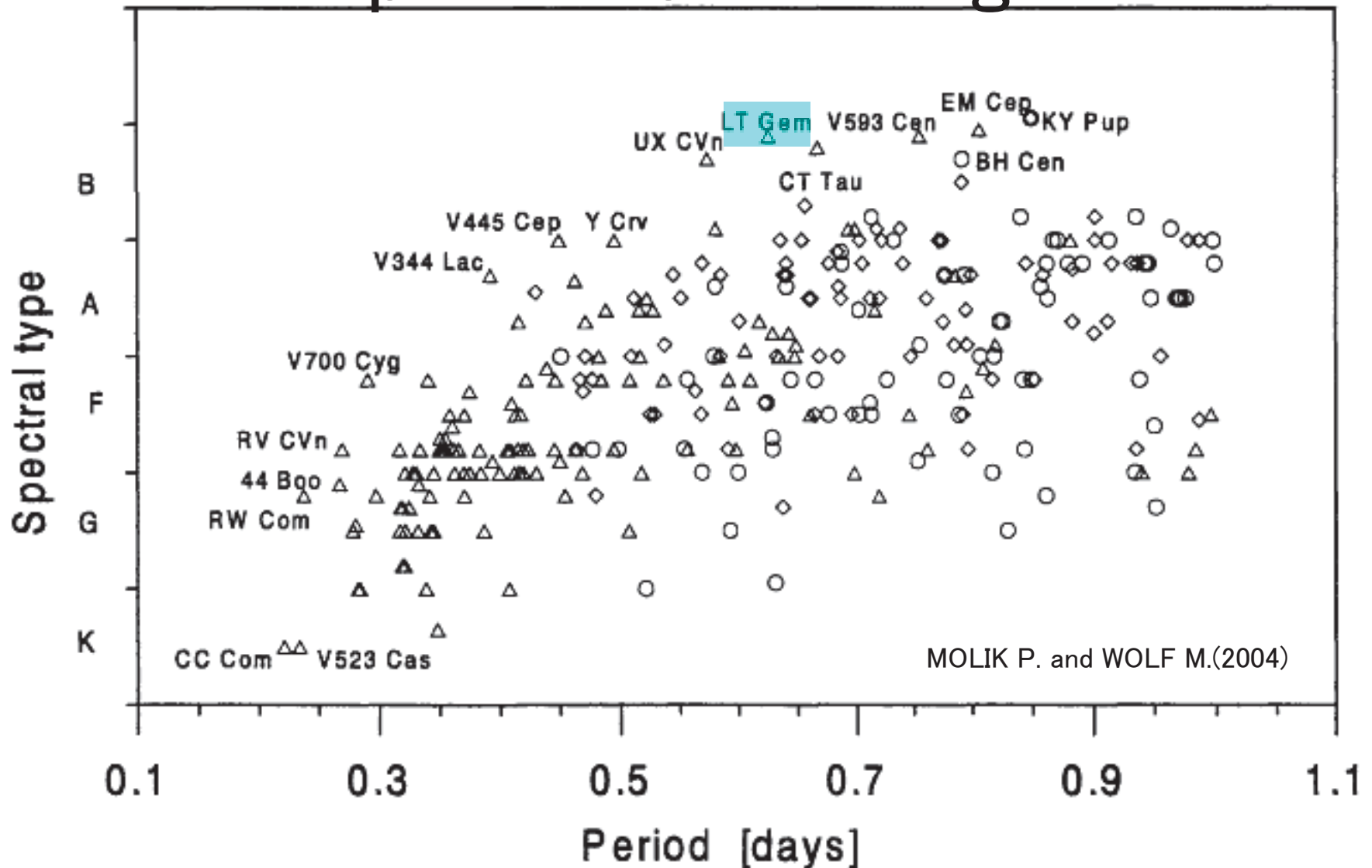


• 参考文献 21編 between 1850 and 2012

21編の論文の中身は

- 偏光 1
- OB星・青色星・高光度星・アソシエーション 8
- DIB 1
- 星間減光カタログ 5
 $E(B-V)=0.66$ $A_V=2.0$
- **変光星 G.Hill 1**
Peri-color relation 1
- 変光星カタログ 4 GCVS
1 name-list1 星団中の連星系カタログ 2
- ほとんどカタログ中のデータの1つとして
- 個別の変光星としての研究は G.Hillのものだけ

The blue envelope of the period-color diagram

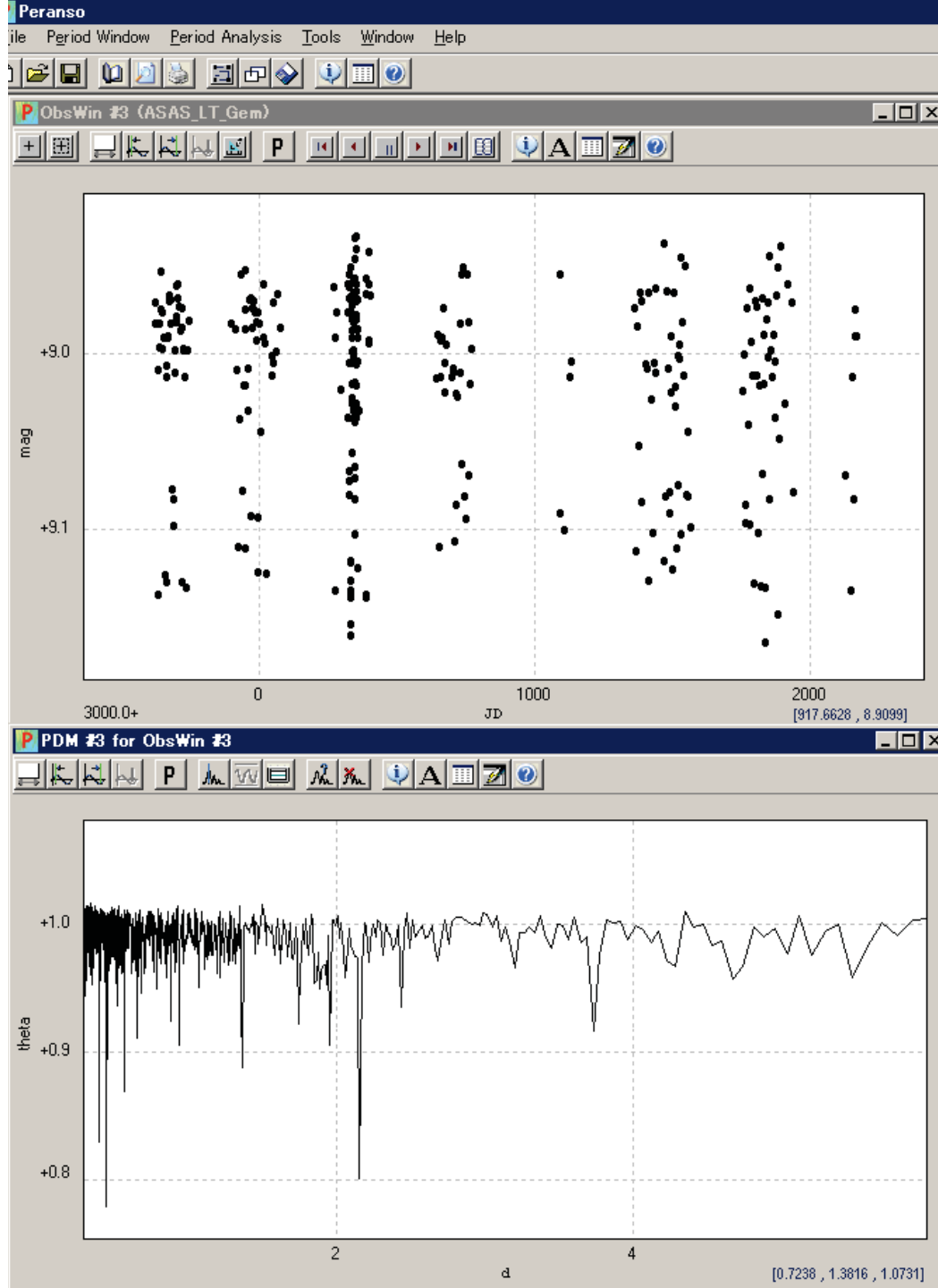


ASAS データベース

- 8年間の観測
データがあった

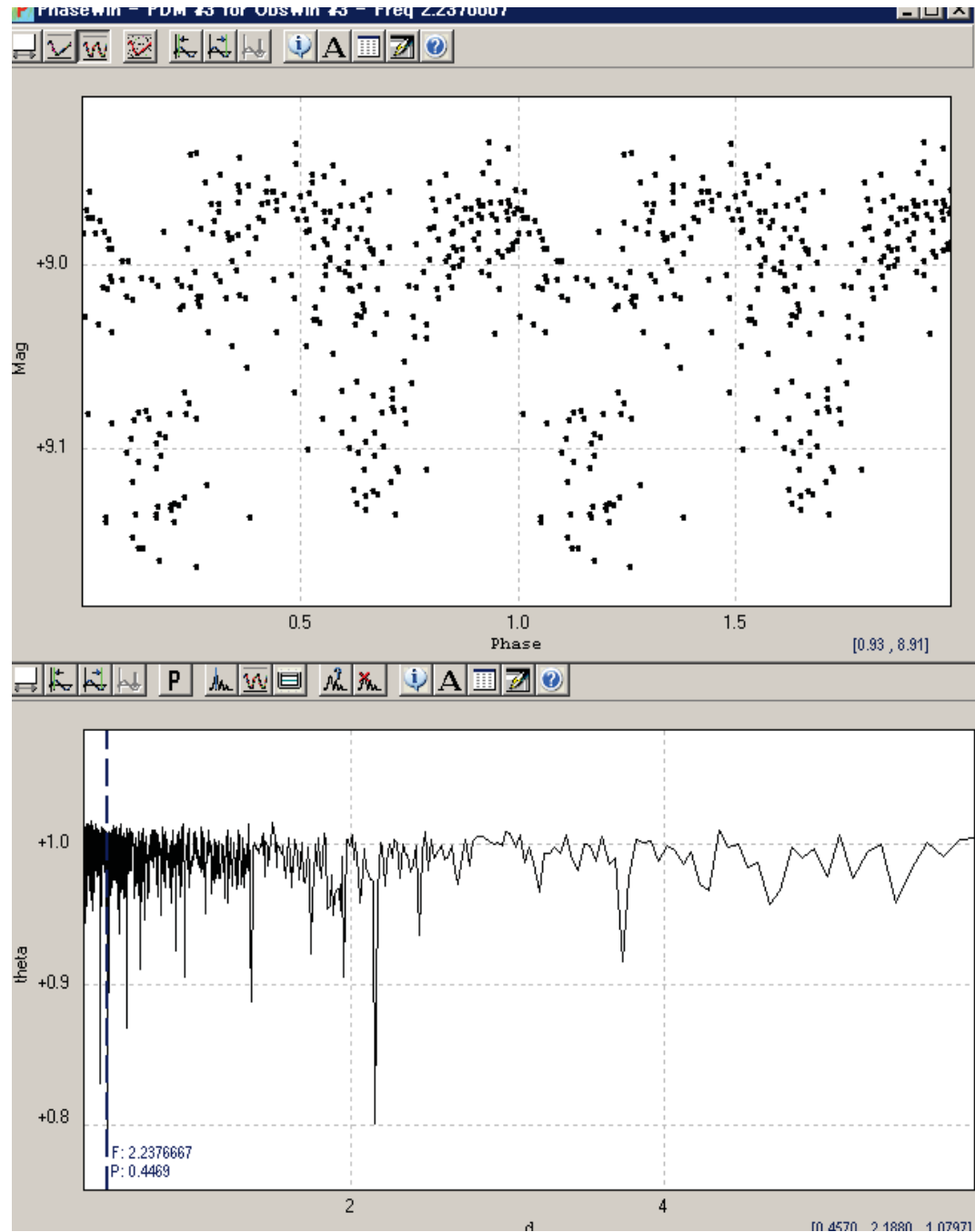
- PDM周期解析

0. 44日、2. 14日
、3. 73日、4. 2
日付近に信号が



ASASデータ 周期0.44日 では

一番信号が強く
てこの程度な
のか、あまりき
れいではない

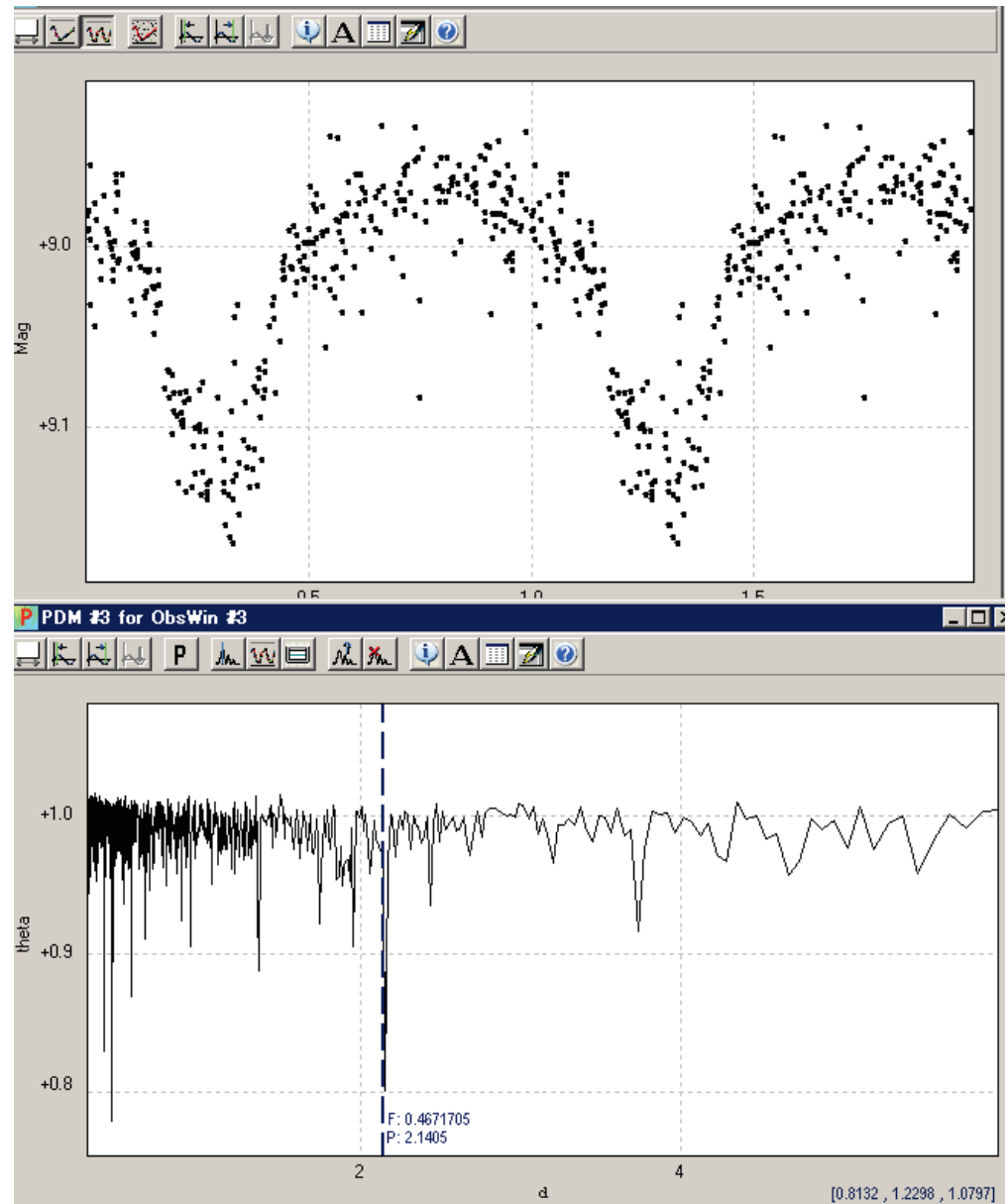


ASASデータ 周期2.14日 では

つまりG.Hillのもの
と同じ周期

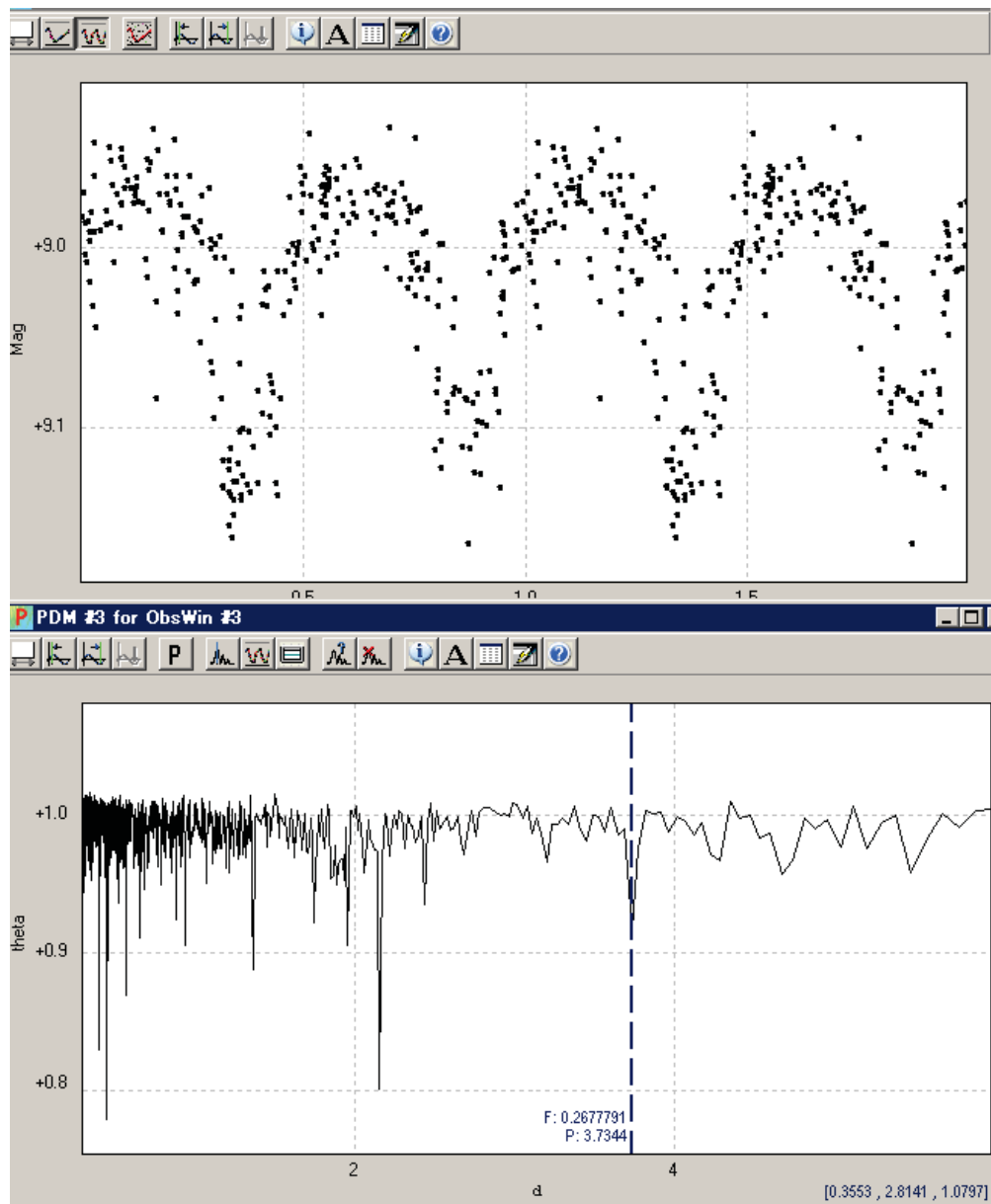
→極小レベルが2
重になっている

→さらに長い周期
の方がよい



ASASデータ 周期3.73 日では

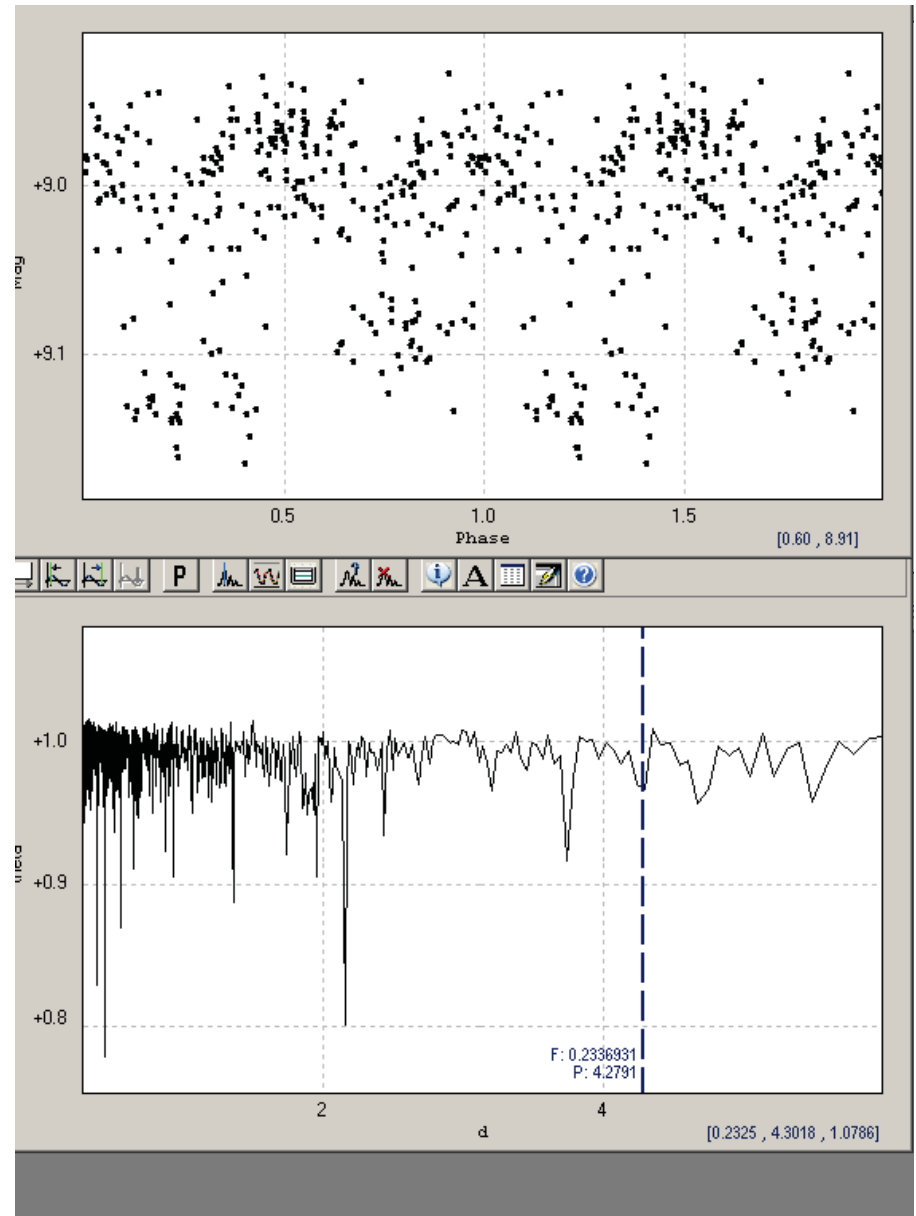
これも食連星らしい



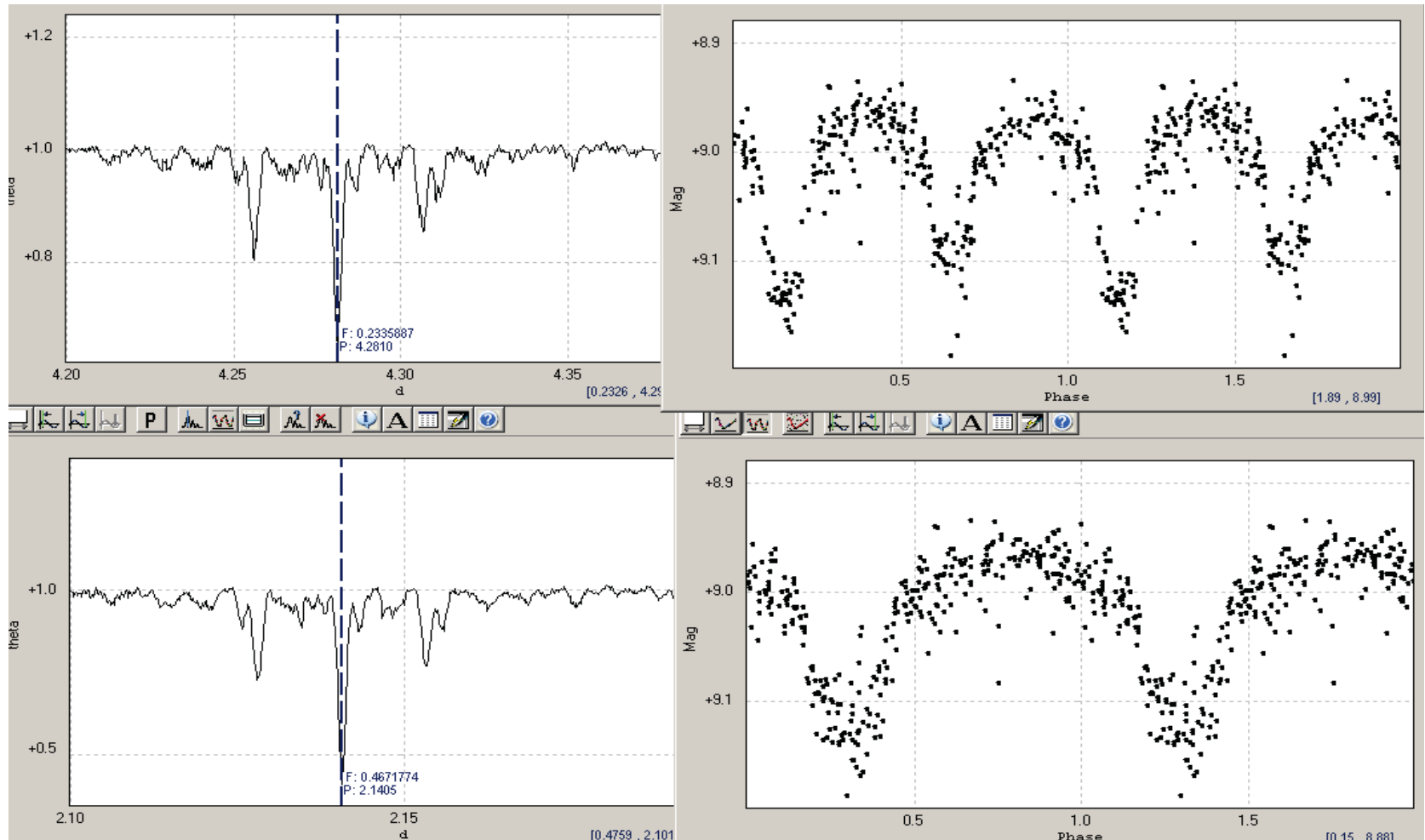
ASASデータ 周期4. 28日 では

あんまりきれいな
折り返しではない
なあ、、

しかし、PDMでは、
一度に広い範囲
を調べて結論し
てはいけない



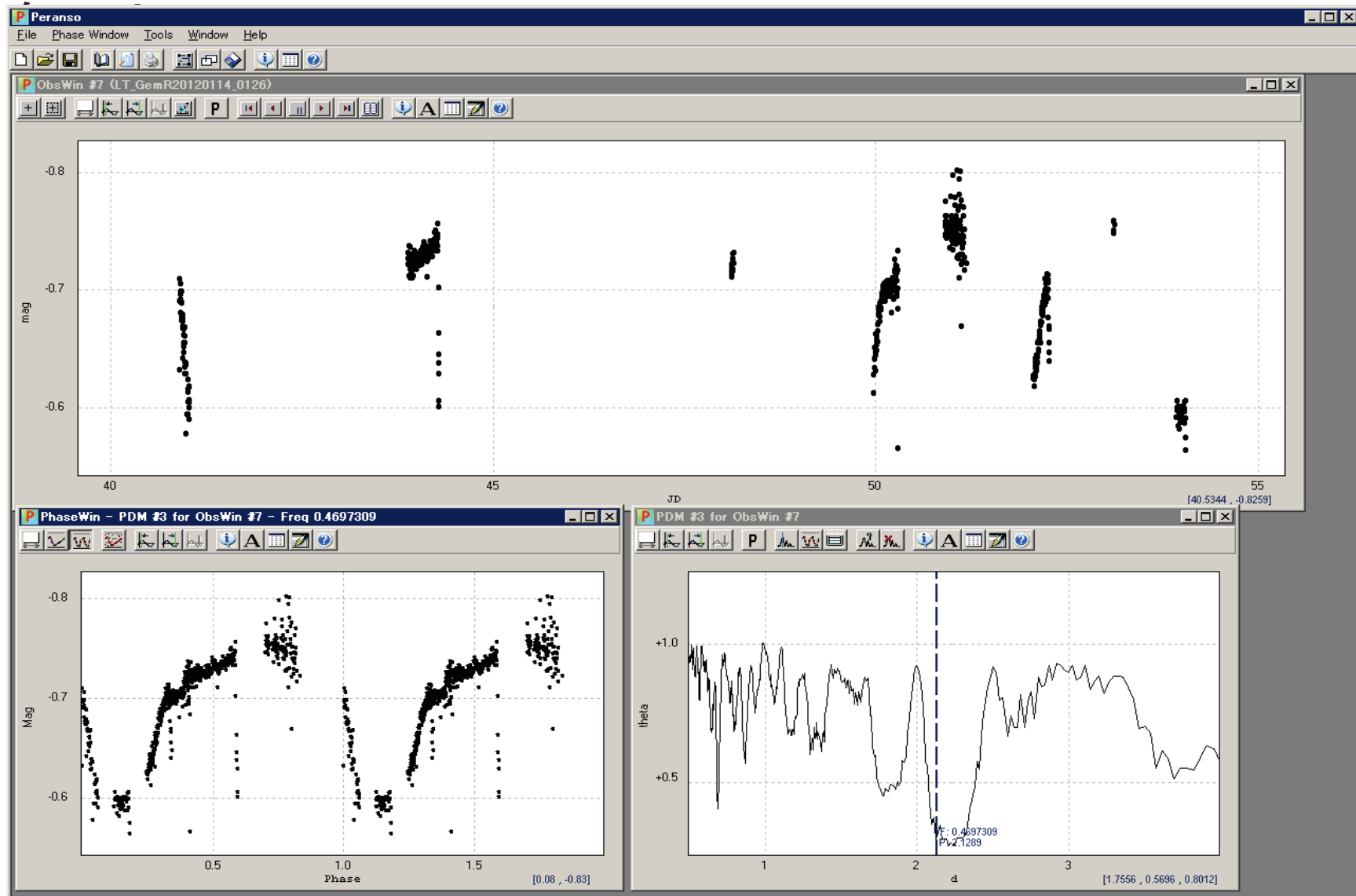
周期範囲を狭くして調べると



2. 14日か、4. 28日か？

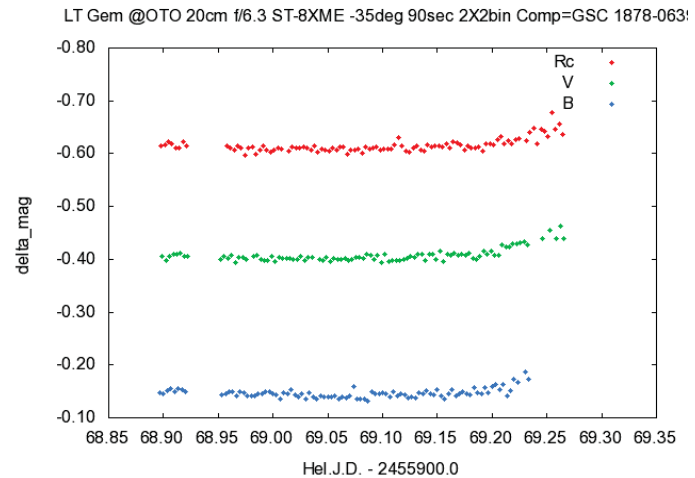
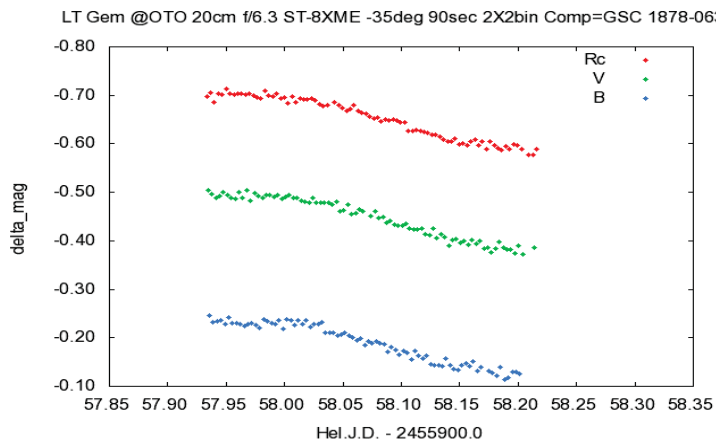
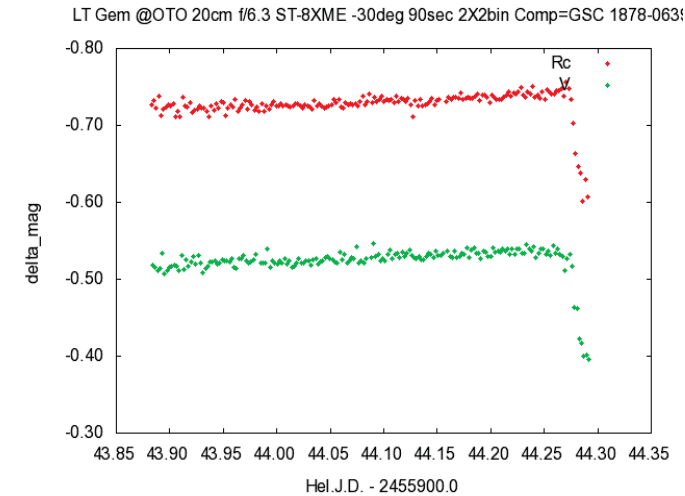
短い方であって欲しい、観測者の都合からは、

私の観測では I



8,

私の観測では II



一晩10時間以上観測しても、1周期のほんの一部しかカバーできない

私の観測では III

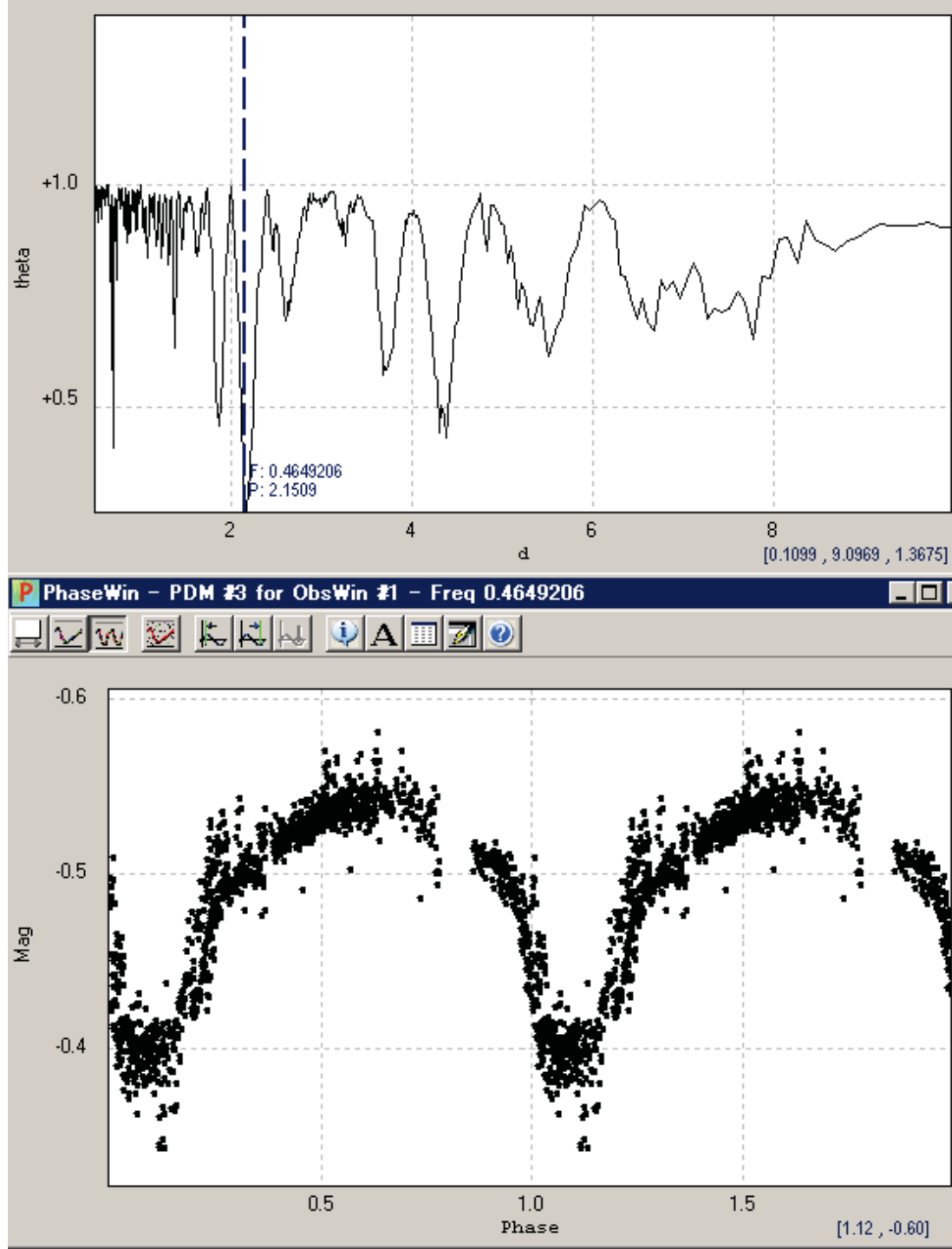
周期2.14日での
折り返し

=G.Hillのもの
と同じ周期

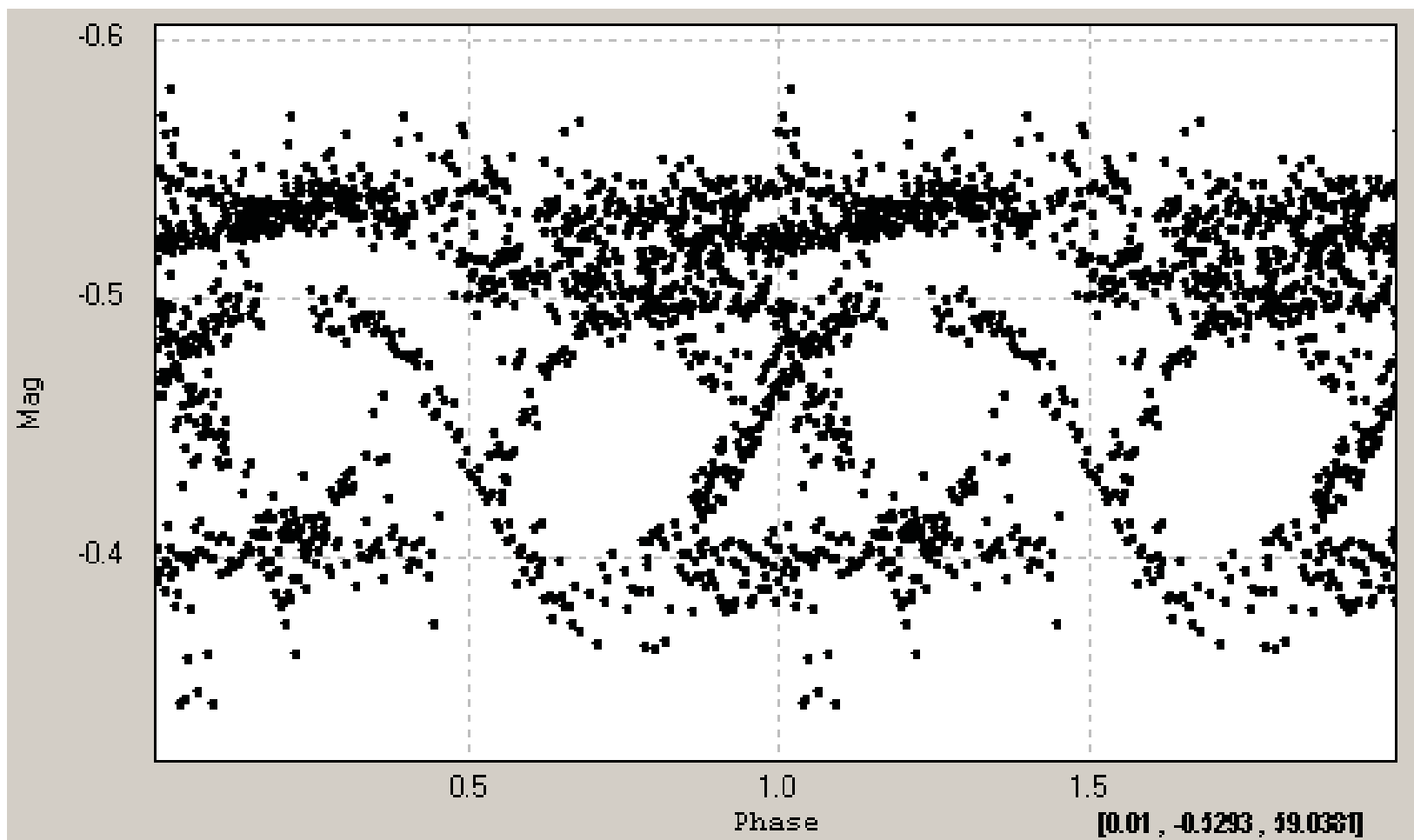
食の底が分厚い

→さらに2倍の周期の
方がよい

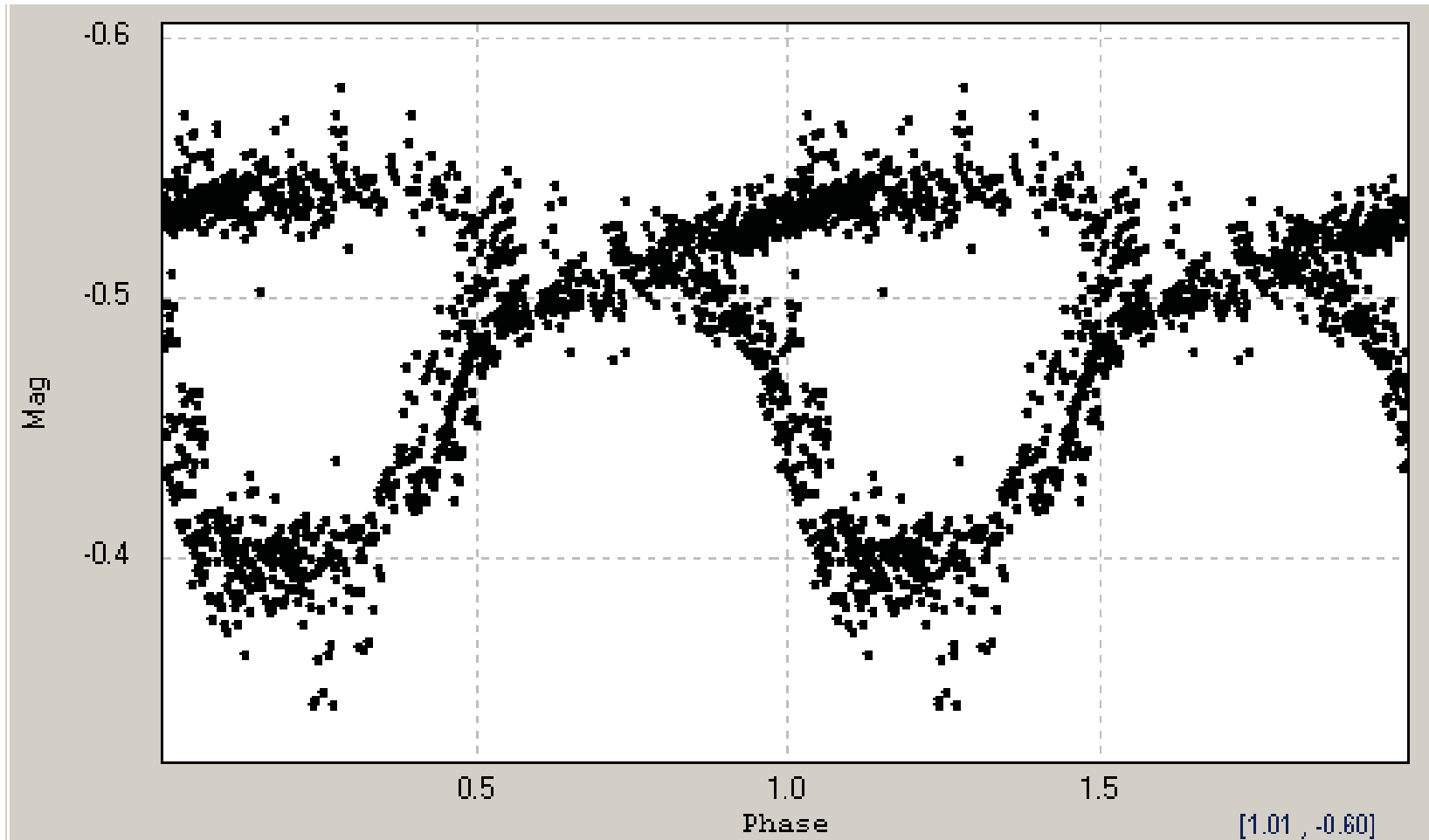
P=4.2811day



周期0.6253での折り返し

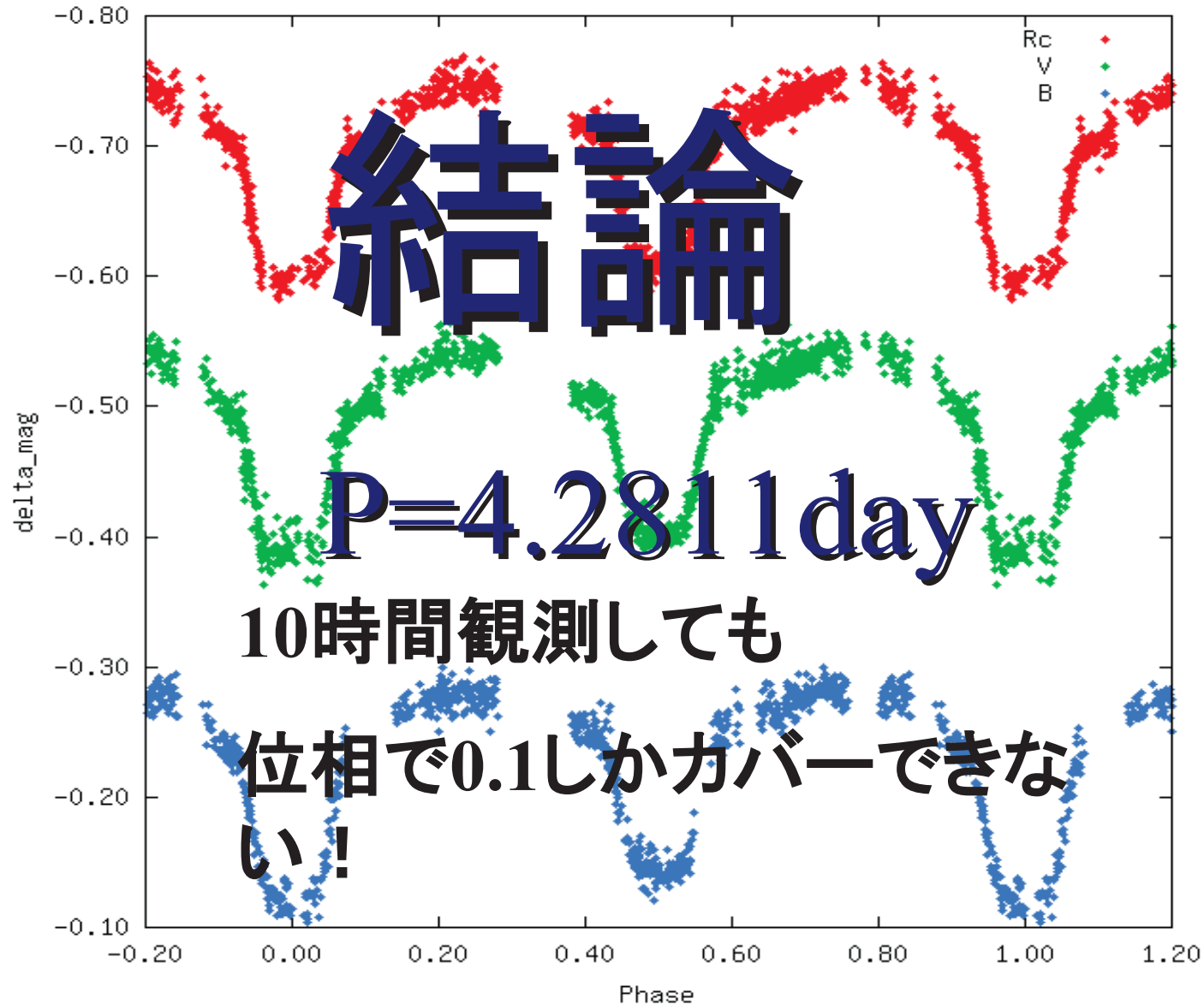


周期1.074日での折り返し



BVRc光度曲線

LT Gem @OTO Comp=GSC 1878-0639

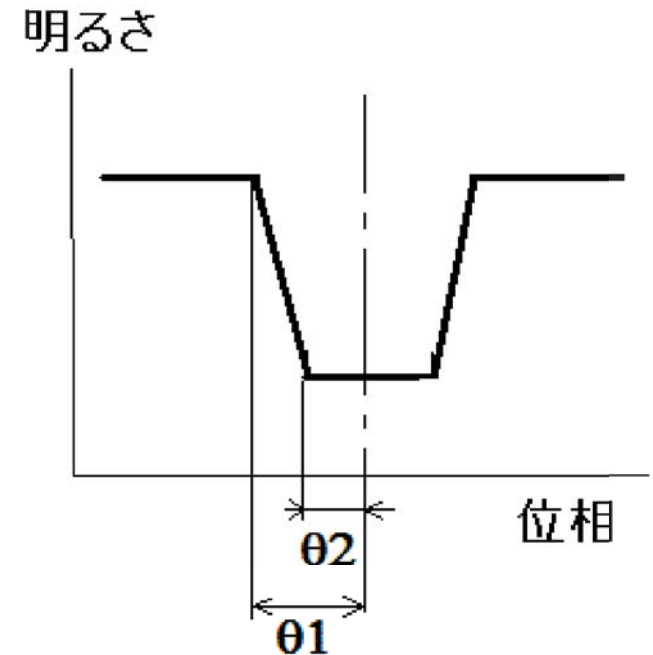
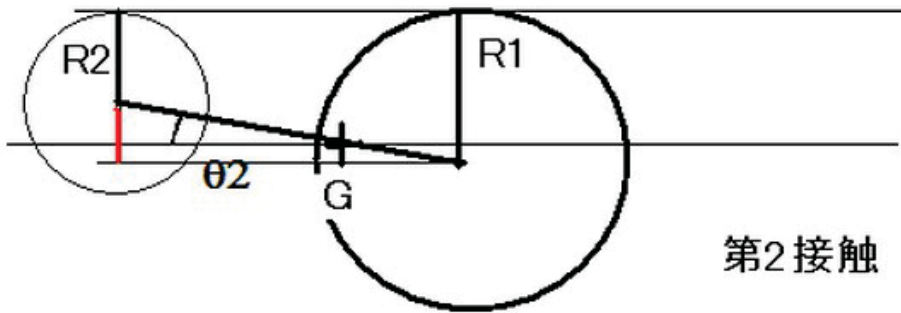
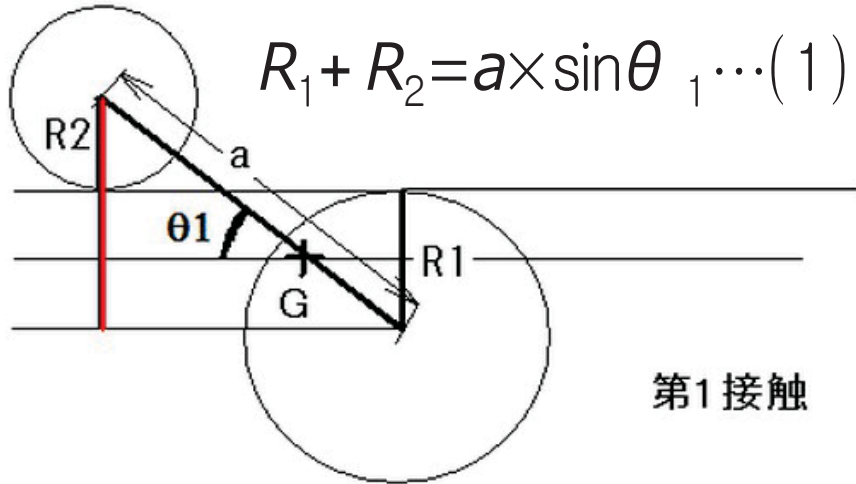


どのような連星系か

- 詳しくは、これからの光度曲線解析で
- 食の幅が広い 8時間以上
 - ⇒ 観測的な困難…食の中央時刻を決定できない(地上では、マルチサイト観測か極夜地帯で観測するしかない)
 - ⇒ 大きな半径を持つ伴星
B1V + 後期B型～AOVか

食の継続時間から半径比を求める

星1の半径を R_1 、星2の半径を R_2 、円軌道の半径 a 、軌道の位相角 θ とすると



皆既食の光度曲線

(1)、(2)式より

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\sin \vartheta_1 - \sin \vartheta_2}{\sin \vartheta_1 + \sin \vartheta_2}$$

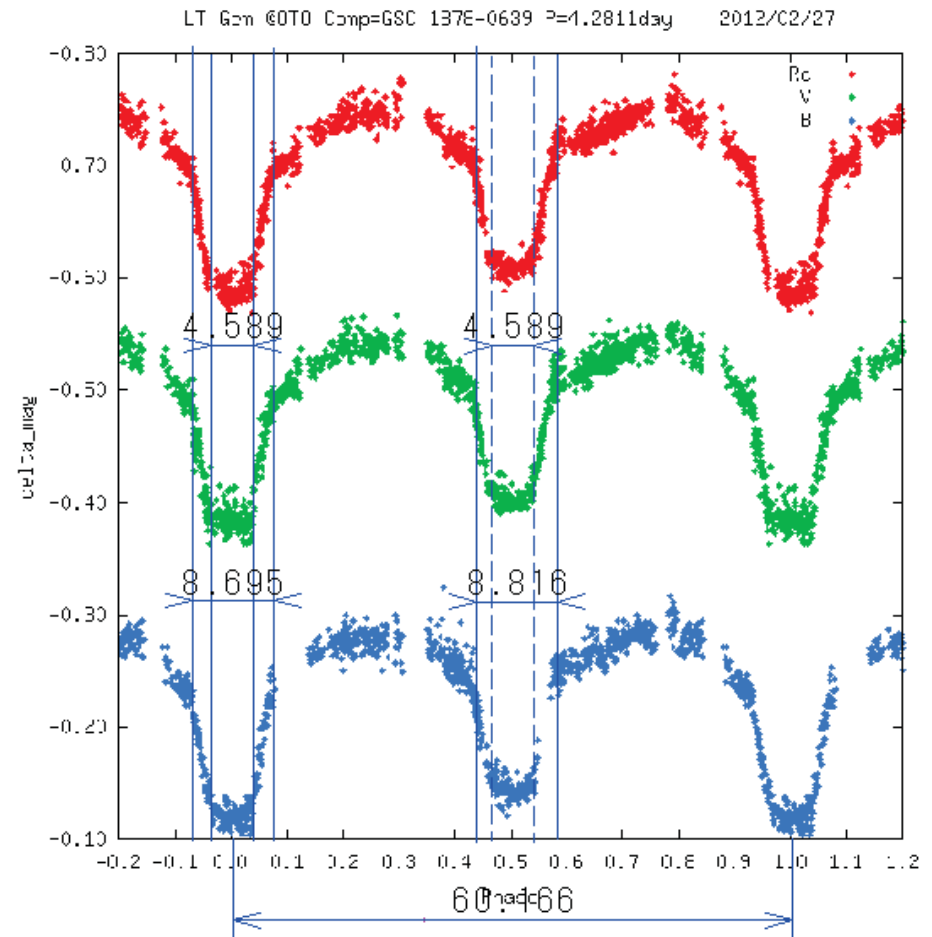
LT Gemの成分星のサイズ

- 食の期間から求める

$$\theta_1 = 0.46 \text{ rad}, \theta_2 = 0.24 \text{ rad}$$

半径比

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\sin \vartheta_1 - \sin \vartheta_2}{\sin \vartheta_1 + \sin \vartheta_2} = 0.30$$



LT Gemの成分星のサイズ

LT Gem @OTO Comp=GSC 1878-0639 P=4.2811day

- 食の深さから求める

V等級

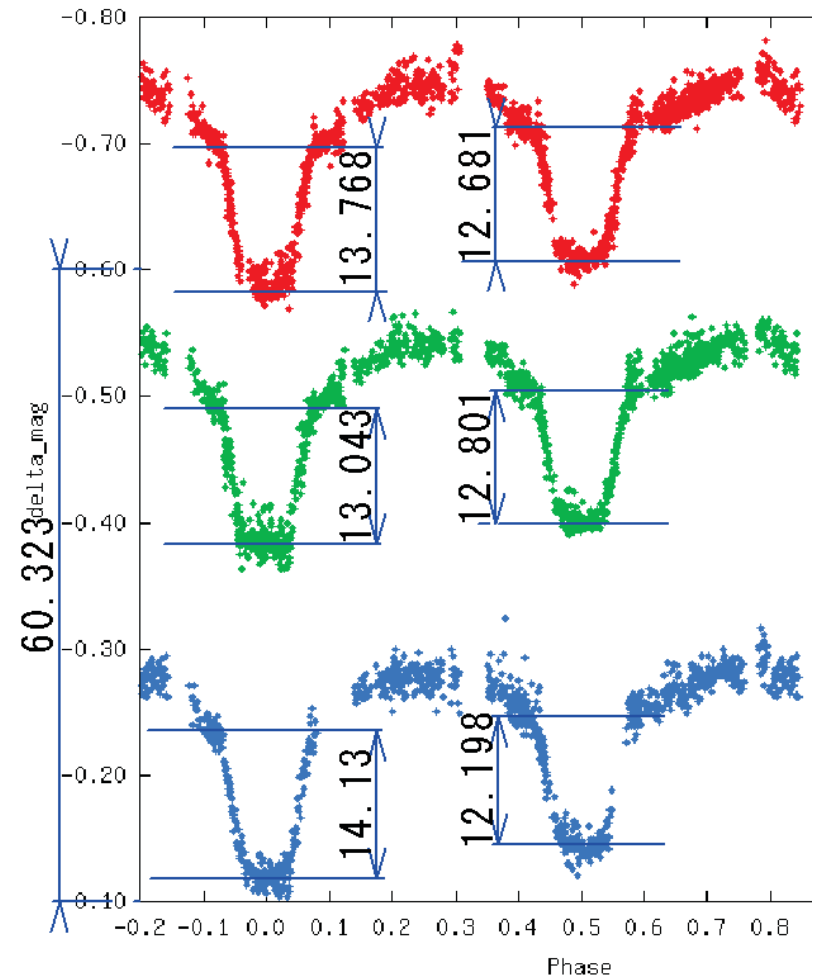
$$I: \frac{13.043}{60.323} \times 2 = 0.108 \text{ mag}$$

$$II: \frac{12.80}{60.323} \times 2 = 0.106 \text{ mag}$$

$$\text{depth}_{\text{total}} = 1 - I_1 = 1 - 0.905 = 0.0895$$

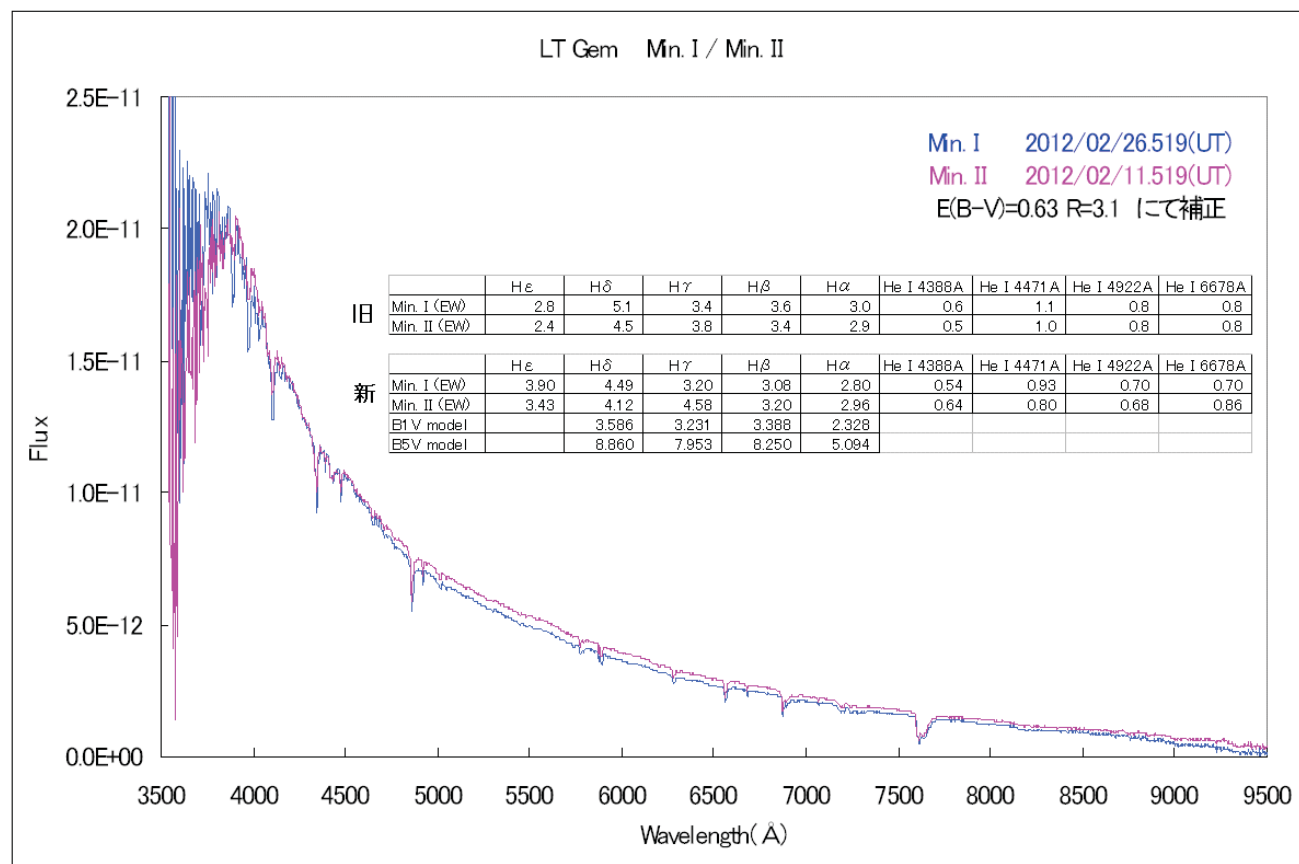
$$\text{depth}_{\text{ann}} = 0.907 = I_1 \times \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 = 0.0895 \times \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{\frac{0.907}{0.0895}} = 0.32$$

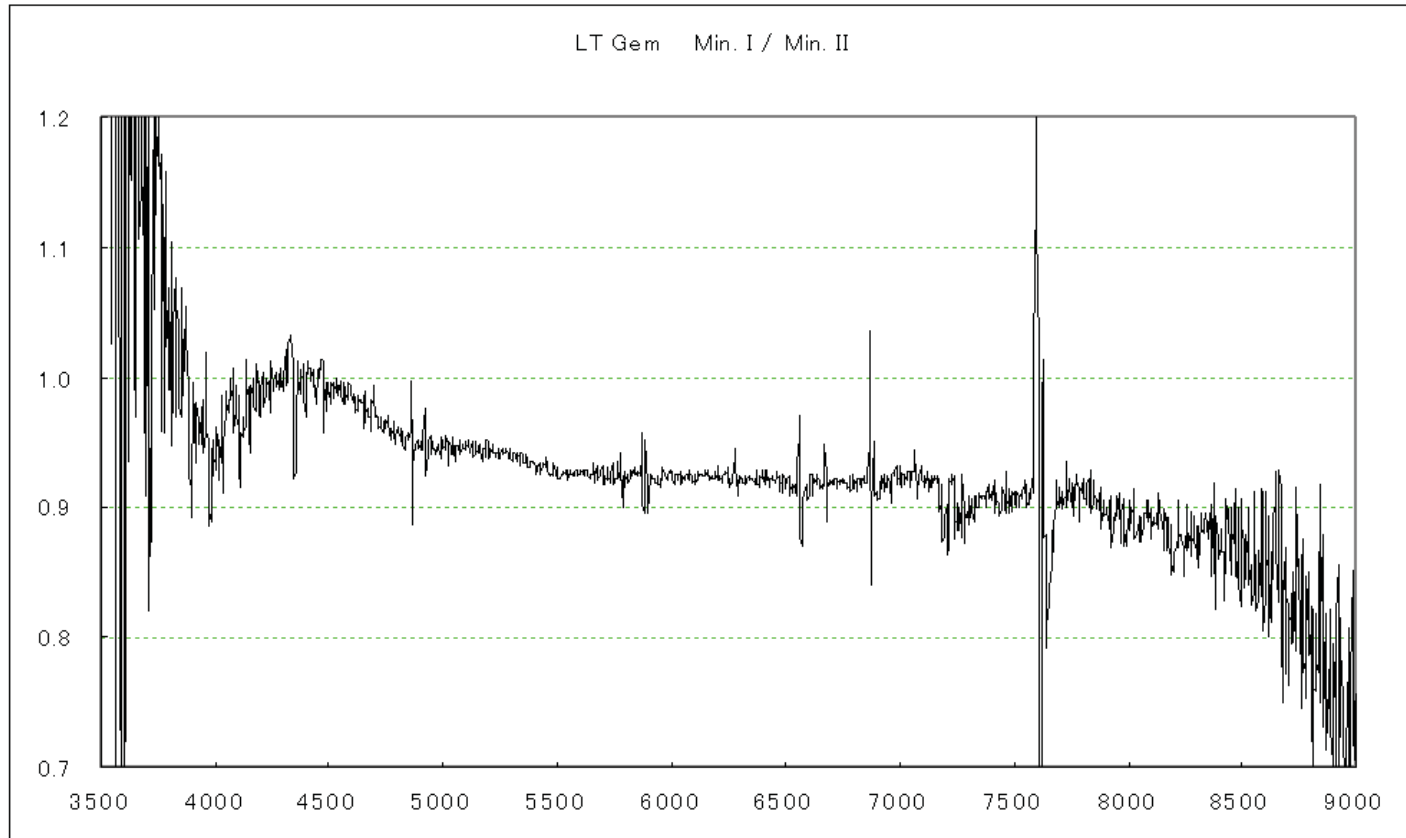


食のスペクトルI(FBO)

- 主極小時のSpではバルマー吸収線強度が強くなっている→晩期型成分が入る
- H γ 線だけは副極小の方が強い

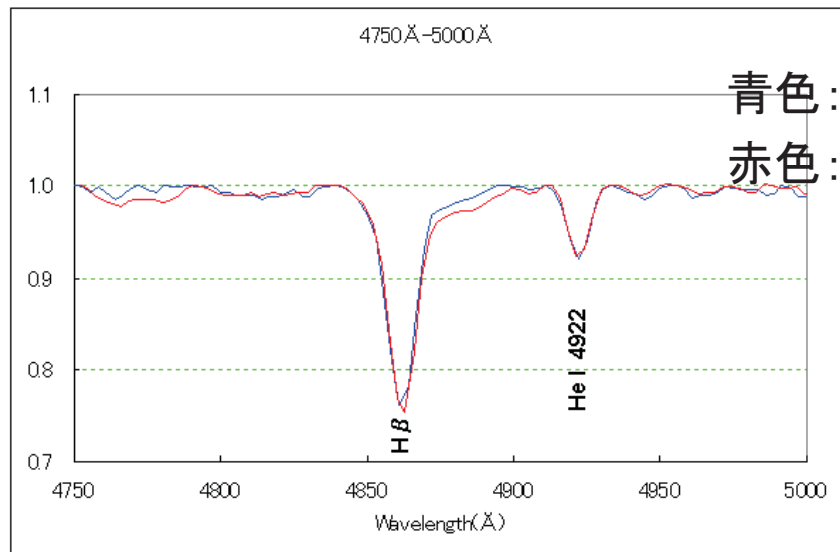
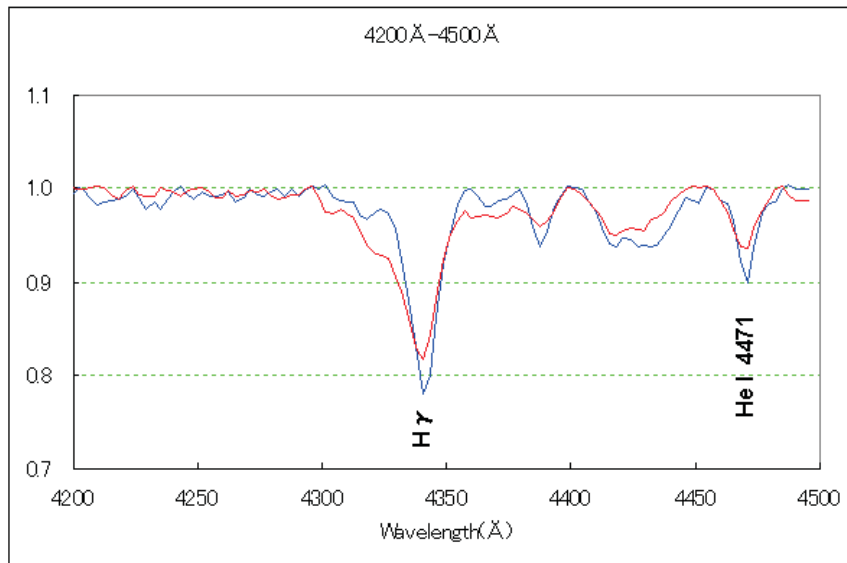
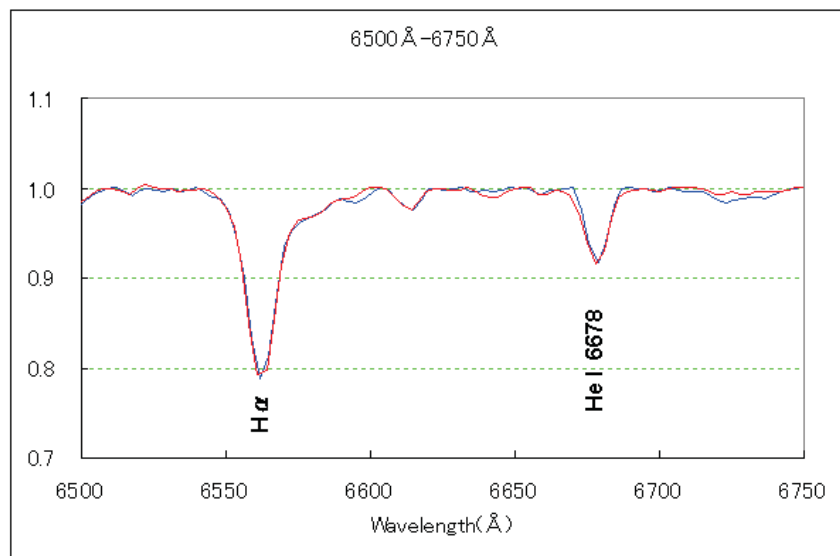


食のスペクトルII (FBO)

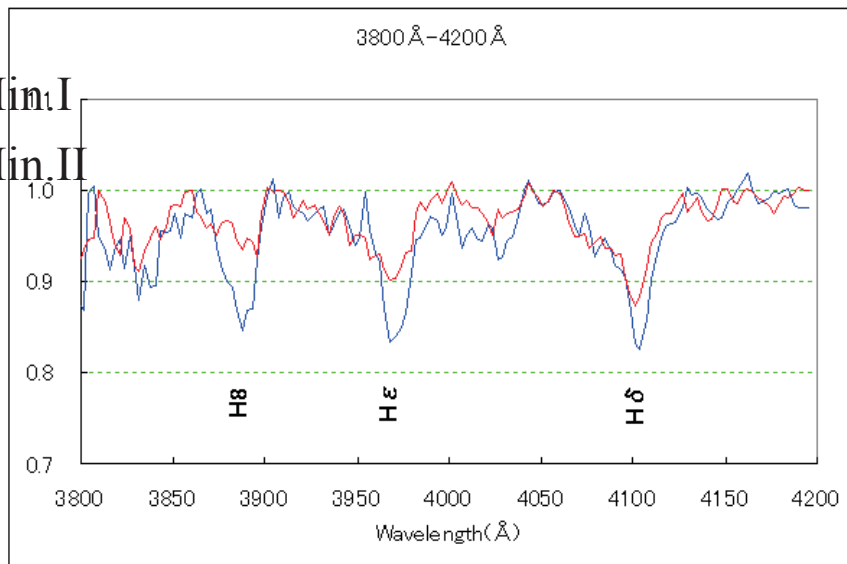


- 主極小と副極小の比較(矛盾しているように見える)
 - 副極小では、5000Åより長波長側の連続光が成分が大きい→低温成分が見えている→伴星が低温
 - しかし、主極小の方でバルマー吸収線が特に高次側で強くなっている(特に高次側で)→B型星ではバルマー線の吸収が増えるのは低温成分が強い→主星が低温？

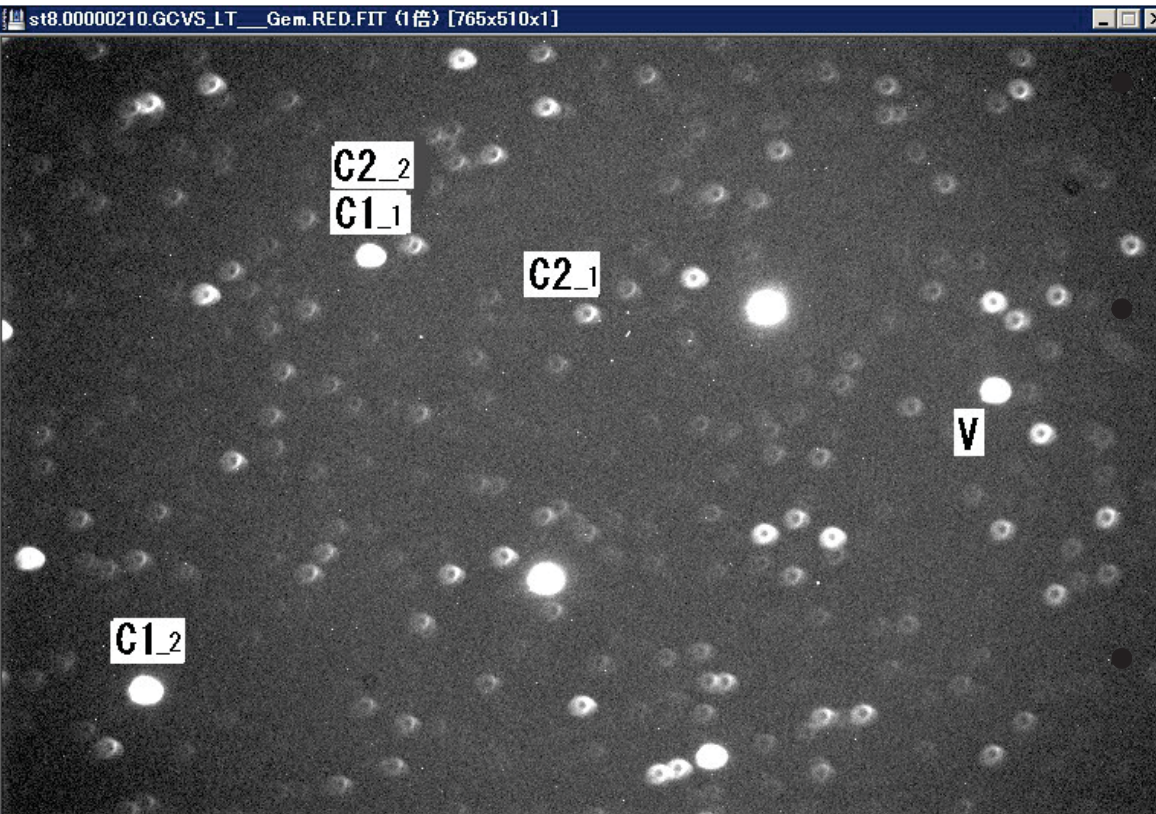
食のスペクトルIII (FBO)



青色: Min. I
赤色: Min. II



比較星がなくなりそう



初期の比較星C1_1、チェック星C2_1

後期の比較星C1_2、チェック星C2_2

比較星が変光している？

• チェック星も変光している？

• 同一視野内には、他に、同じ色で同じような明るさの星はない！

→困った

食変光星ぎょしゃ座ζ星の 2011 年食におけるデジカメ測光観測

今村 和義 (岡山県岡山市)

1. はじめに

近年デジカメ (Digital Single Lens Reflex camera; DSLR) の普及と低価格化に伴い、デジカメを用いた変光星観測者が増加している。伝統的な眼視観測や CCD 測光に加えてデジカメは第三の観測手段としての期待も大きい。さらにデジカメは天文用の冷却 CCD より安価に入手でき、且つセンサーに使われている CMOS のサイズは市販の天文用冷却 CCD に比べて大きい (広い画角がとりやすい)。そのため近年、新天体の探索などでもデジカメを用いる観測者が増加している。

デジカメを使った測光観測は、国内では大金要次郎氏 (「変光星観測」, 2009, pp. 115 - 119) にはじまる。大金氏によれば、デジカメのカラー画像 (RAW 形式) を 3 色 (R, G, B) に分解して得られる G 画像の測光値が Tycho-2 星表の VT 等級と強い相関関係を示すことが確かめられている。その後、永井和男氏によってデジカメ測光観測のマニュアルやソフトウェアが製作されており、それらはインターネット上で公開されている。また G 画像の測光値は Tycho-2 星表の V 等級とも強い相関関係がある (VT 等級のほうが強い相関を示す; 今村 2010)。現在国内では永井氏製作の測光支援ソフト 'digphoto3' を用いて (G 画像の測光値 vs V 等級の相関関係より) G 画像の測光値を V バンドに近い等級に変換する方法が広く普及している。この方法で得られた結果は VSOLJ では 'cG' という光度体系記号を用いて報告されている。一方で筆者はデジカメの測光値 (R, G, B) を測光標準システム (B, V, Rc) に変換するという試みを行っており (詳しくは変光星観測者会議 2010 集録を参照)、およそ 0.1 等の精度で標準システムに変換することが可能である。

本稿では、ぎょしゃ座ζ星の 2011 年における食をデジカメで観測し、測光値を標準システムに変換した結果(光度変化) について報告する。

2. ギョしゃ座ζ星と 2011 年の食

ぎょしゃ座ζ星 (zeta Aur) は ε 星や η 星の近くに位置し、それらの中でもひと際赤く輝く約 3.8 等の星である (Fig. 1)。この星は K 型の超巨星と B 型の主系列星から成る食連星であることが知られている (軌道周期 = 約 972 日)。青い方の星 (B 型星) が隠される主極小のときに、V バンドで約 0.15 等、U バンド約 2 等減光し、青い波長域での減光幅が大きいのが特徴である (諸量は Table 1 を参照)。食による減光が visual では僅かなため、眼視観測で食を観測することは難しく、食のときは青い波長域での測光観測が望まれる。

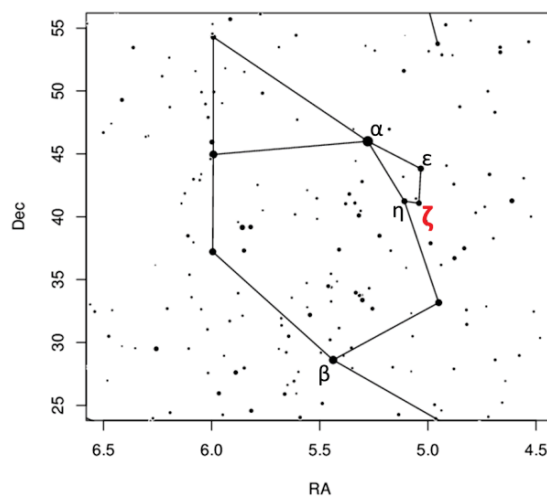


Fig. 1 ギョしゃ座ζ星

Table 1. ゑよしゃ座ζ星の諸量

食外の等級:	3.75等 (V)
色指数:	B-V = 1.22
スペクトル型:	K4Ib + B7V
減光幅(主極小):	V~0.15等, U~2等
軌道周期:	972日 (2.66年)
質量($M_{\odot}$):	$M_K = 5.8, M_B = 4.8$
半径($R_{\odot}$):	$R_K = 148, R_B = 4.5$
軌道長半径($R_{\odot}$):	6.3

Bennett et al. (1996), Nha (1992)

Table 2. 観測機材について

カメラ:	Canon EOS Kiss Digital N (2005年購入)
センサーサイズ:	22.2×14.8mm (1pix = 6.4×6.4μm)
レンズ:	Carl Zeiss Planar T* 50mm, F1.4
画角:	16 x 24 deg (26" /pix)
脚:	カメラ三脚
赤道儀:	手動の簡易ポータブル赤道儀 (永井氏製作)

ぎよしゃ座ζ星の2011年における食はJ. Hopkins氏によって観測キャンペーンが行われており、予報をWeb上で確認することができる(<http://www.hposoft.com/EAur09/zeta%20Aurigae/zeta.html>)。主極小の予報にはBennett et al. (1996)の報告が使われている:

$$\text{Min (主極小)} = 2438386.540 + 972.183E.$$

2011年食の予報は以下の通りである(食継続時間はおおよそ45日間にわたる):

第一接触=2011年10月29日

第二接触=2011年11月2日

食中央=2011年11月20日

第三接触=2011年12月9日

第四接触=2011年12月13日.

3. 観測とデータ処理

観測機材はTable 2の通りである。観測時の装置の設定はISO400、絞りF4、露出30秒とし、一晚に3~5枚の撮像を行った。さらにフォーカスはぼかしている(Fig. 2)。3色(RGB)分解にはIRIS(フリーソフト)を使用し、測光にはマカリィ(フリーソフト)を用いた。比較星は10個選び、B-V=0~1の範囲で可能な限り色の異なる星を採用している。標準システムへの変換は自作の'R'のコードを使い、B, V, Rcへの結果をVSOLJの報告形式(STD)として保存している。

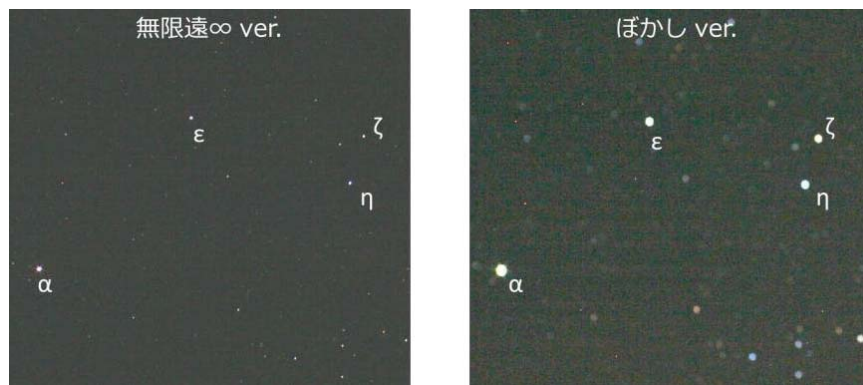


Fig. 2 フォーカスのぼかし具合

4. 結 果

Fig. 3, 4, 5 はそれぞれ V バンド、B バンドの光度曲線、色指数 (B-V) の時間変化を示す。破線状の垂線は図左端からそれぞれ第一接触、第二接触、食中央、第三接触、第四接触の予報日を表す。

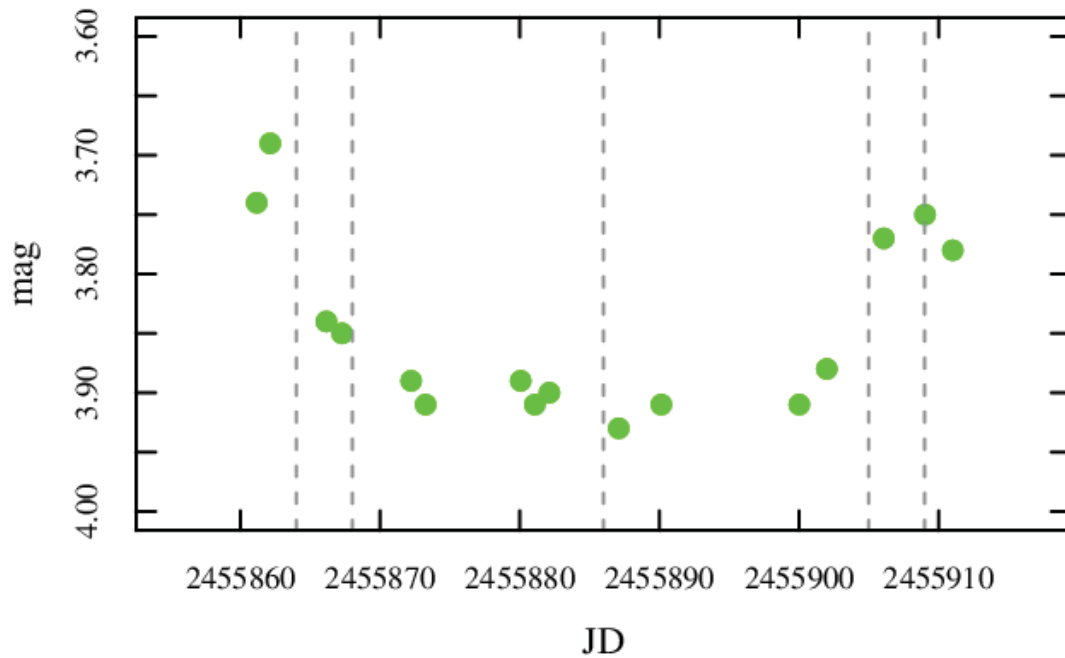


Fig. 3 Vバンドの光度曲線 (zeta Aur 2011 eclipse)

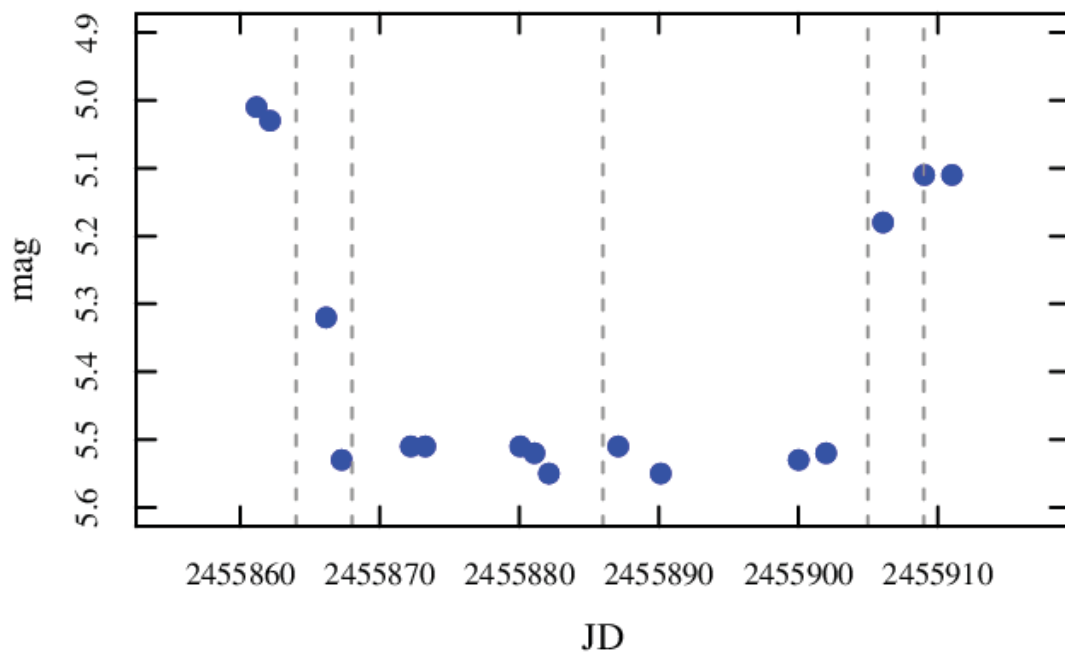


Fig. 4 Bバンドの光度曲線 (zeta Aur 2011 eclipse)

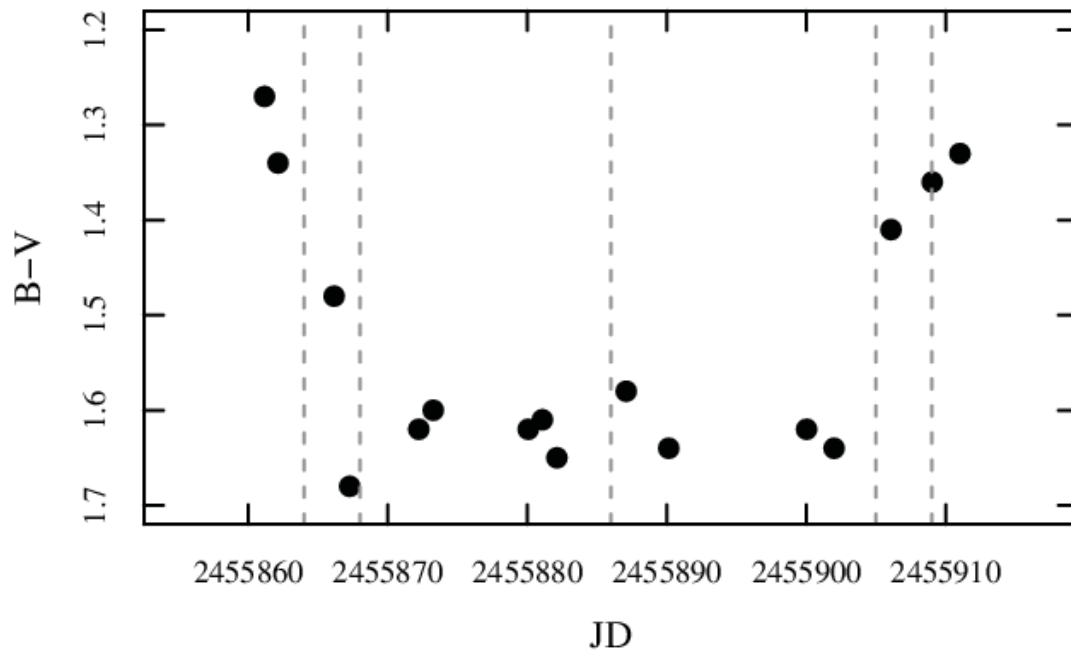


Fig. 5 色指数 (B-V) の時間変化 (zeta Aur 2011 eclipse)

V バンドでおよそ 0.2 等、B バンドでおよそ 0.5 等の食による減光を捉えることができた。一方で Rc バンドでは有意な減光を捉えることはできなかった。色指数は食外でおよそ $B-V \sim 1.3$ を示しているが、食によって $B-V \sim 1.6$ となり、色が赤くなる様子を捉えることにも成功した。食中央日 (JD) を B バンドの光度曲線を使って KW 法で暫定的に求めると以下ようになった (予報日も示す):

$$\text{Min (2011)} = 2,455,884 \pm 1 \text{ (JD)},$$

$$\text{Min (予報)} = 2,455,886 \text{ (JD)}.$$

2011 年の食による主極小は予報から二日早い結果であった。

5. まとめと今後の展望・課題

以上の結果から以下のようにまとめる:

- i. デジカメ+50mm レンズを用いてぎょしゃ座 ζ 星の食を観測
- ii. 測光結果 (R, G, B) を標準システム (B, V, Rc) に変換
- iii. V バンドで約 0.2 等、B バンドで約 0.5 等の減光を検出
- iv. デジカメで色指数 (B-V) の変化を検出

今後の展望としては、デジカメと標準レンズを用いた明るい変光星の観測が期待される。変更幅が 0.1~0.2 等以上あれば、眼視観測よりも高い精度で観測することが可能であろう。また測光標準システムへの変換を行えば一枚の画像から 3 色 (B, V, Rc) の情報を得ることができるので、3 色同時測光観測も可能になると思われる。今後の課題としては、良質なフラットフィールドを得るための工夫や、さらに広視野な場合は大気減光の影響も考慮すべきであろう。

参考資料

1. 今村和義,「デジタル一眼レフカメラによる測光観測の検証」, 2010 年変光星観測者会議集録, 2010
2. 大金要次郎,「天体観測の教科書変光星観測, 4-3 デジタルカメラによる観測」, 誠文堂新光社, 2009
3. 大沢清輝,「星の色」, 地人書館, 1984
4. 永井和男氏の HP (<http://eclipsingbinary.web.fc2.com/>)
5. Bennett, P. D. et al., 1996, ApJ, 471, 454
6. Hopkins, J., “*International Zeta Aurigae Campaign 2011*”
(<http://www.hposoft.com/EAur09/zeta%20Aurigae/zeta.html>)
7. Nha, I. S., 1992, IAUS, 151, 399

短周期食連星BC Eridani に第三体を検出か

Nagai K, VSOLJ

2012/6/23-24 変光星観測者会議

@岡山理科大

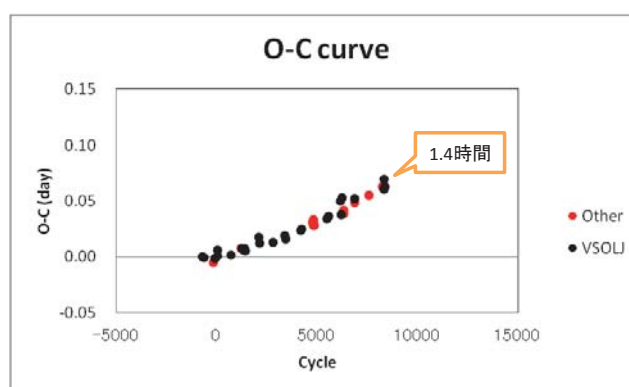
Abstract

- BC EriのLight ElementはNagai K, Kiyota S(2000, IBVS4937)によって明らかにした
- その後、徐々にO-Cが大きくなっている
- 予報精度を向上させる為に周期解析を行った
- その過程で長周期のLTEを検出したので報告します

Introduction

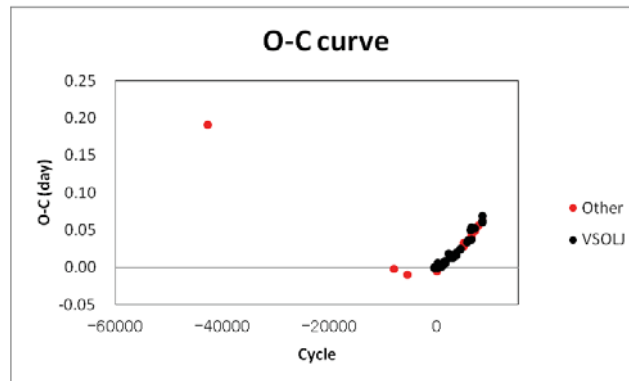
C.Hoffmeister(1936)	変光を発見。629.1935 Eri
Joseph Ashbrook and Joseph Gossner(1945)	写真測光によりRRに分類
Alfred H.Joy (1950)	RRのsystem velocityを測定。BC Eriとなり +65km/s
A.Stawkowski(1959)	RRの分光と磁場測定。BC EriをA7に分類
W.S.FITCH (1966, BVS132)	GCVSでは、RRcでP=0.264dayとなっている がB-Vの変化が無い事と光度曲線の形状 からWUMa typeとし、P=0.528dayとされた。 光度曲線は示されていない
Helmuth A.Abt(1970)	3500星のradial velocityを測定。BC Eriは +48Km/sec
H.K.Branczewicz and T.Z.Dworak (1980)	Drorak法で1038星の食連星を解析した。 140psc,R1=1.83,R2=1.57,L1=12.44,L2=7.82, T1=8050,T2=7740,SM=4.00,M1=2.44として いる。
G.Gürün, F.Mardirossian and M.Mezzetti(1983)	1000個の食変光星のカatalogを作成し分類
K.Nagai and S.Kiyota (2000, BVS4937)	light curveとlight elementの報告。 min=2451501.10674970+0.5272429xE
T.Prubla, J.M.Kreiner and J.Tremko (2003)	min=51548.0313+0.52724395xE
C.Hoffmeister(1936), Joseph Ashbrook and Joseph Gossner(1945), Alfred H.Joy (1950), A.Stawkowski(1959), G.Van Herk (1965), W.S.FITCH (1966, BVS132), Helmuth A.Abt(1970), Mary K.Hemenway (1975), H.K.Branczewicz and T.Z.Dworak (1980), G.Gürün, F.Mardirossian and M.Mezzetti(1983), John Norris (1986), Timothy C.Beers and Jesper Sommer-Larsen (1995), K.Nagai and S.Kiyota (2000, BVS4937), T.Prubla, J.M.Kreiner and J.Tremko (2003), J.M.Kreiner and J.Tremko (2004), Gettel S.J., Geske M.T. and McKay T.A. (2006), O.Yu.Makov, E.Oblak, E.A.Snegireva and J.Torra (2006), Dubath, P et al (2011), Terrell Dirk: Gross, John:	

近年のO-C



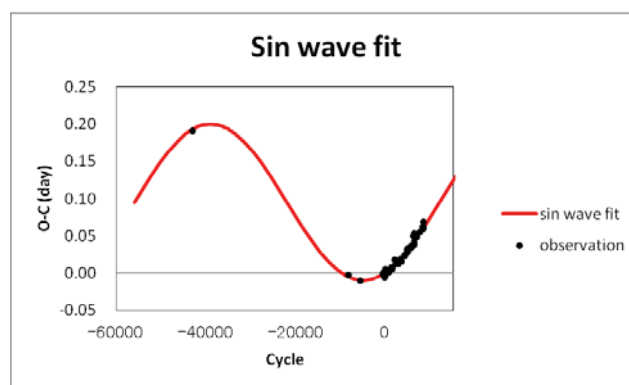
- 全ての観測がCCD測光によるもの
- 近年の極小観測はVSOLJの物が多い
- O-Cの算出にはNagai K, Kiyota Sの元素を用いた
- O-Cは徐々に増加している

更に過去のO-Cを追加



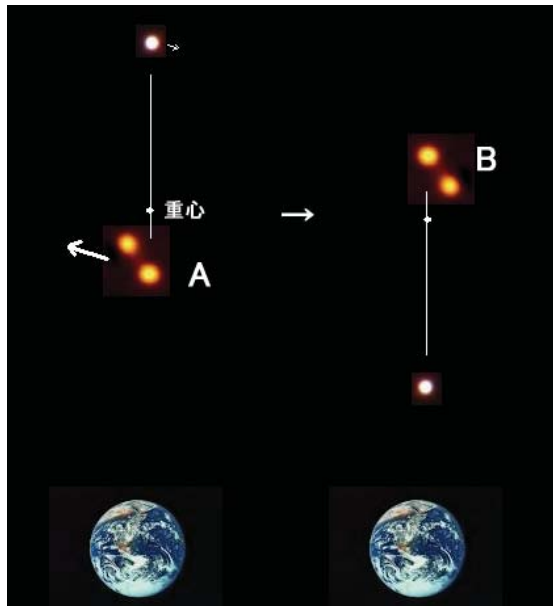
- このグラフは古い写真測光を追加したもの
- O-Cは折れ曲がった線かSin波にみえる
- 近年のO-CがBOWなのでSin波と思われる

Sin波にフィットするO-C curve



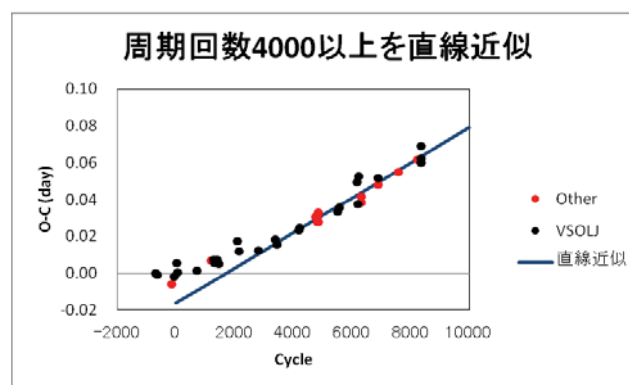
- $O-C = 0.105 \times \sin(xE) + 0.095$ (day)
- Period = 67959 cycle $\div$ 98.1年
- 約100年周期のLTEを検出!?

Light Time Effect



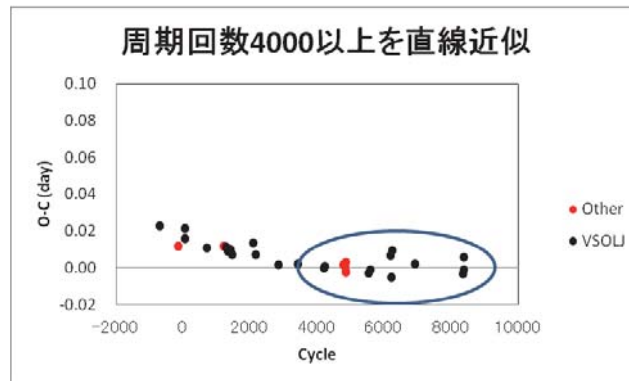
- 第三体があると食を起している連星の（太陽系までの）距離が変わる
- Aの位置ではBの位置より早く極小になる（早く光が届く）
- この作用によってO-Cが変化する

O-Cと極小推算式



- $E=4000$ 以上を直線近似
- $O-C=0.0000095 \times E - 0.016$

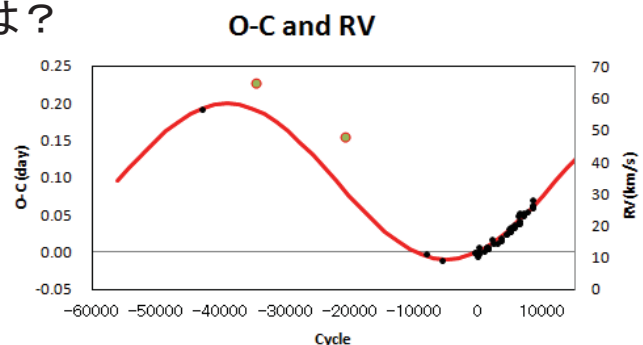
新しい極小推算式



- $\min = 2451501.09075 + 0.5272524 \times E$ (Nagai K, 2012)
- Sin波の一部を直線に近似したものだが当面はこの予報が使える

今後の課題

- 本当にSin波か
 - 継続観測: O-Cは増加し続けるのか
- 系の質量を推定出来ないか
 - BC Eri A,Bの推定
 - ロッシュモデルを作る / B-V等のColor Indexの観測(多色)
 - スペクトル型の決定(GCVSではA6とEW/KW) KWはF-K晩期, MS
 - 視線速度観測
 - 第三体の軌道や質量は?
- RV観測と一致しない



近接連星V1848 Orionisの ロッシュモデル解析

Nagai K, VSOLJ

Kiyota S, VSOLJ

2012/6/23-24 変光星観測者会議
@岡山理科大

Abstract

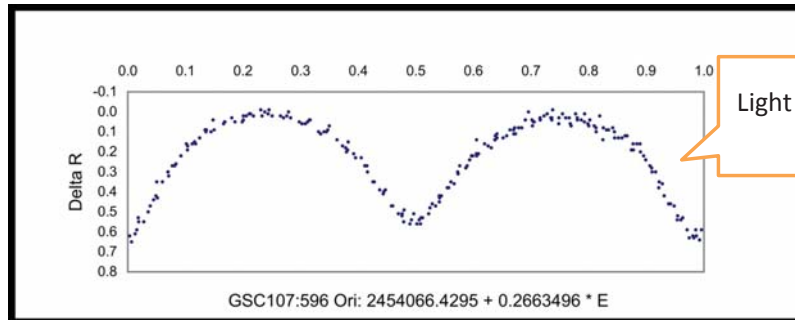
- V1848Ori(GSC 107-596, NSVS 12310076)は2007年にROTSE1によってR等級の光度曲線が示され、
- その後、name list 80th(2011.1)によってGCVS名が付けられました。
- 2011/12-2012/1にNagai K, Kiyota SはRc,Ic bandで測光を行い、KiyotaによりIc bandの光度曲線も明らかになった。
- 今回は2007年に無かったO'Connell効果が検出されstar spotの考察を行ったので報告します。

発見報告

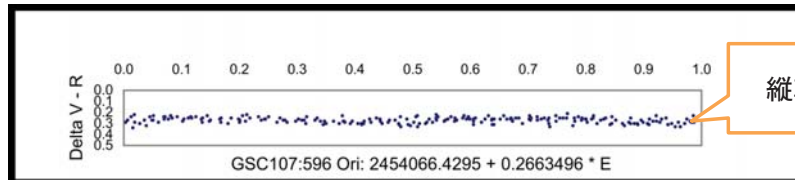
- 発見はBlättler, E & Diethelm, R (BBSAG, 2007, IBVS 5799) ROTSE1観測報告

- $JD=2454066.4302+0.2663496E$ (この値がGCVSに採用される)
- $\Delta R(\text{prim.})=0.60\text{mag}$, $\Delta R(\text{sec})=0.54\text{mag}$
- The V-R color curve shows no variation
- V1848 Ori = GSC 0107.00596 = NSVS 12310076 = ASAS 050837+051218

論文はこの一件のみ



Light Curveに歪無し
(2007年)



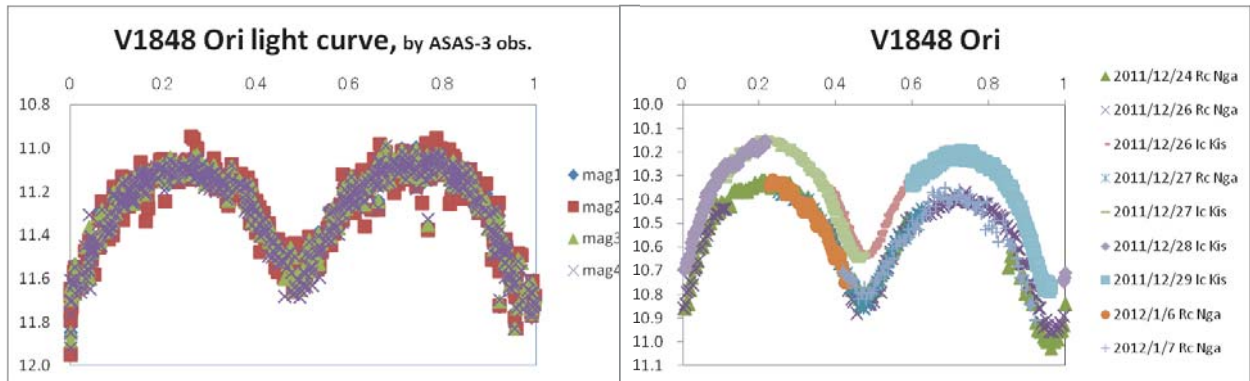
縦軸の目が粗い



name list 80th(2011.1)

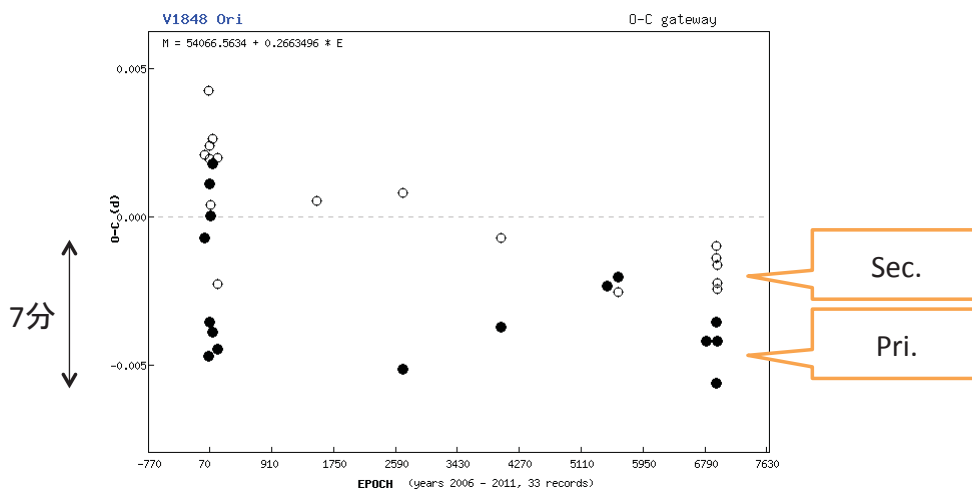
GCVS No. 601848
V1848 Ori
RA 05h08m36.4s (2000)
RD +05°12'22"
Type EW
Range 11.05-11.75(V)
Epoch 2454066.4302
Period 0.2663496

ASAS-3とVSOLJのLight curve



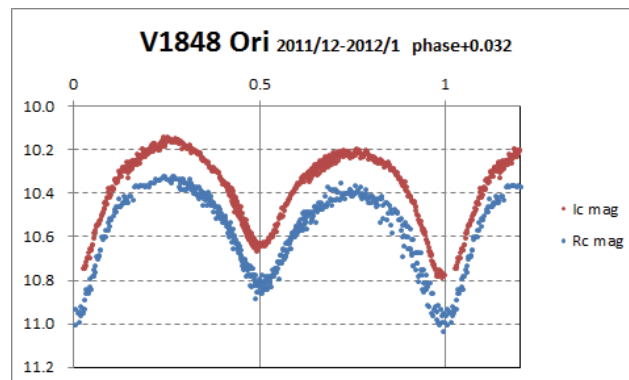
- Light curveに歪
 - ASAS-3は2001/3～2009/11、V band、max IIが明るい
 - VSOLJは2011/12～2012/1、Rc & Ic band、max Iが明るい
 - 2007年のROTSE1 (R band) には歪が無い
 - Max Iが明るくも見える → Spotの移動? Spotの色? 最近のV測光必要か
- GCVSのLight Elementで予報すると極小時刻のズレが増している?

極小時刻のO-C

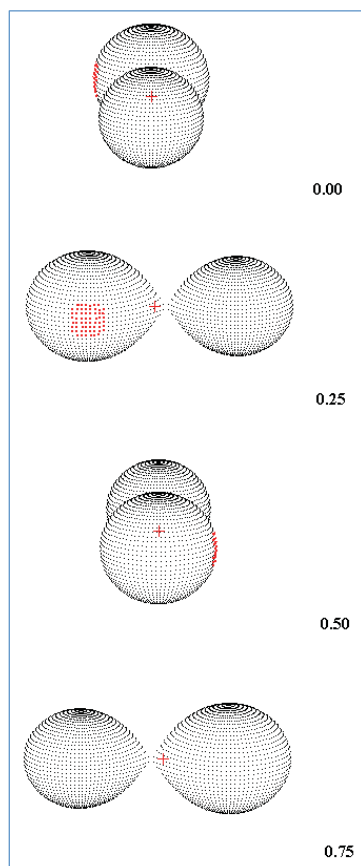


- BRNOのO-C
 - 全てCCD測光 (しかし、バラツキが大きい)
 - なぜかPri.とSec.が反転している (斑点の移動に伴う極小の歪?)
 - たとえばPrimaryだけを見ると周期はほぼ合っているようにも見える
 - 元々、ROTSE1もズレているようにも見える

Epochの補正



- IcはKiyota、RcはNagaiの観測
- GCVSの要素から元期だけを補正した
- この光度曲線をW-D codeで解析した



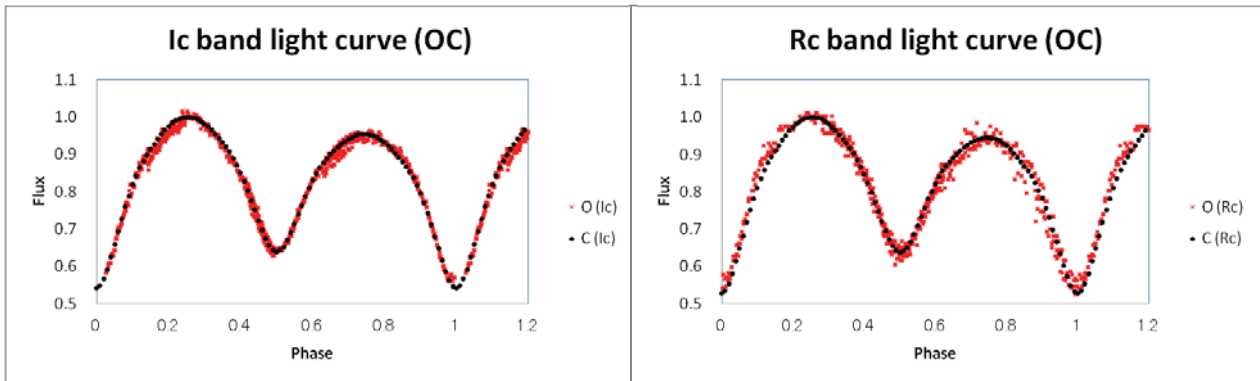
ロッシュモデル解析結果

- SIMBADの $B=11.0$ (GSC1.2), $V=10.964$ (ROTSE1)を採用して $T_1=9170\text{K}$ と推定した.
- そこからearlyの $\text{Limb Dark}=0.5$ $\text{Albedo}=1$ $\text{Gravity}=1$ の値を用いて解析した.
- ただし、 $V-R$ の変化が無いとの事だが $T_1=T_2$ では解が無かったので T_2 を変数にした.
- Ic bandの光度曲線を解析した.

mass ratio=0.8
Fill out=0.0
inclination=75
temperature1=9170K
temperature2=7600K
gravity coefficient=1
limb darkening=0.5
reflection= 1

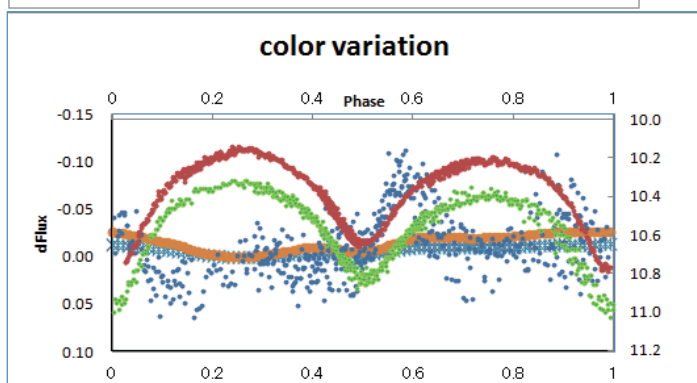
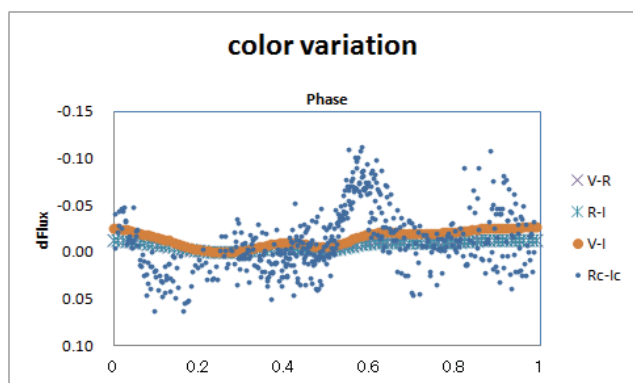
Spot Parameters
Star 0
Co-Latitude=90
Longitude=270
Spot Radius=20
Temp. Factor=1.25

光度曲線のO-C



- 解析はIc bandの光度曲線で行なった
- Rc bandの方もフィットしている
 - $\Sigma(O-C)^2$ は未算出
- $T1 \neq T2$ で良かったか？

色変化



- ロッシュモデルから求めた色の変化と観測から求めた色の変化を重ねた
- 計算値の方はROTSEのグラフで表現出来るような大きな色変化は無かった
- 観測値の方は観測バラツキの方が大きそう
- $T1 \neq T2$ でも良いと判断

経験則から

$$T_2 \approx T_1 \left(\frac{1-l_2}{1-l_1} \right)^{1/4}$$

$$q = \frac{M_2}{M_1} \approx \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{1.7}$$

mass ratio=0.8
Fill out=0.0
inclination=75
temperature1=9170K
temperature2=7600K
gravity coefficient=1
limb darkening=0.5
reflection= 1

- l_1 $R_c=0.541$ $l_c=0.582$
- l_2 $R_c=0.632$ $l_c=0.639$
- $T_1=9170K$
- $T_2 \doteq T_1((1-l_2)/(1-l_1))^{0.25}$ (Ivanov et al. 2010)
- $T_{2_rc}=8677K$
- $T_{2_ic}=8840K$
- $q=m_2/m_1 \doteq (T_2/T_1)^{1.7}$ (Kjurkchieva & Ivanov 2006)
- $q_{rc}=0.91$
- $q_{ic}=0.94$

今後の課題

- 本当にB-V=+0.036なのか？
 - ASAS-3とKiyotaの観測から推定するとB-V=+0.9
- V band測光が行えれば色による歪みの違いについて議論が出来る
- ASAS-3の観測を年毎に解析する事で高温斑点の移動が検出出来る可能性がある
- 単色の光度曲線を解析する以外にV-IやB-Vの観測からSpotの位置を推定する手法が有りそうだ