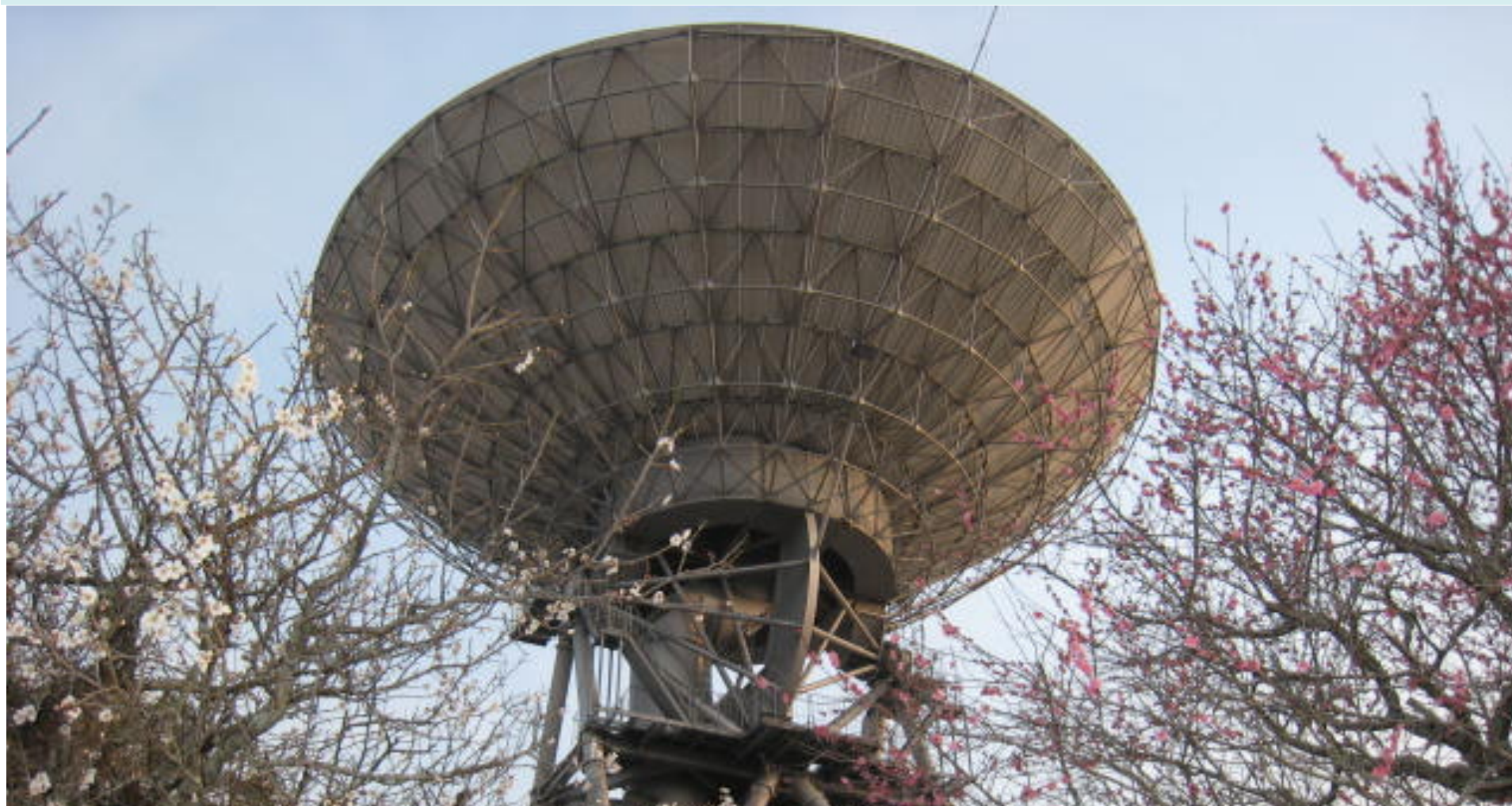


茨城 32-m 鏡による 6.7 GHz メタノールメーザー源 の単一鏡強度モニター



米倉覚則、杉山孝一郎、齋藤悠、石井翔太、百瀬宗武(茨城大学)
平本信善、元木業人、藤沢健太(山口大学)

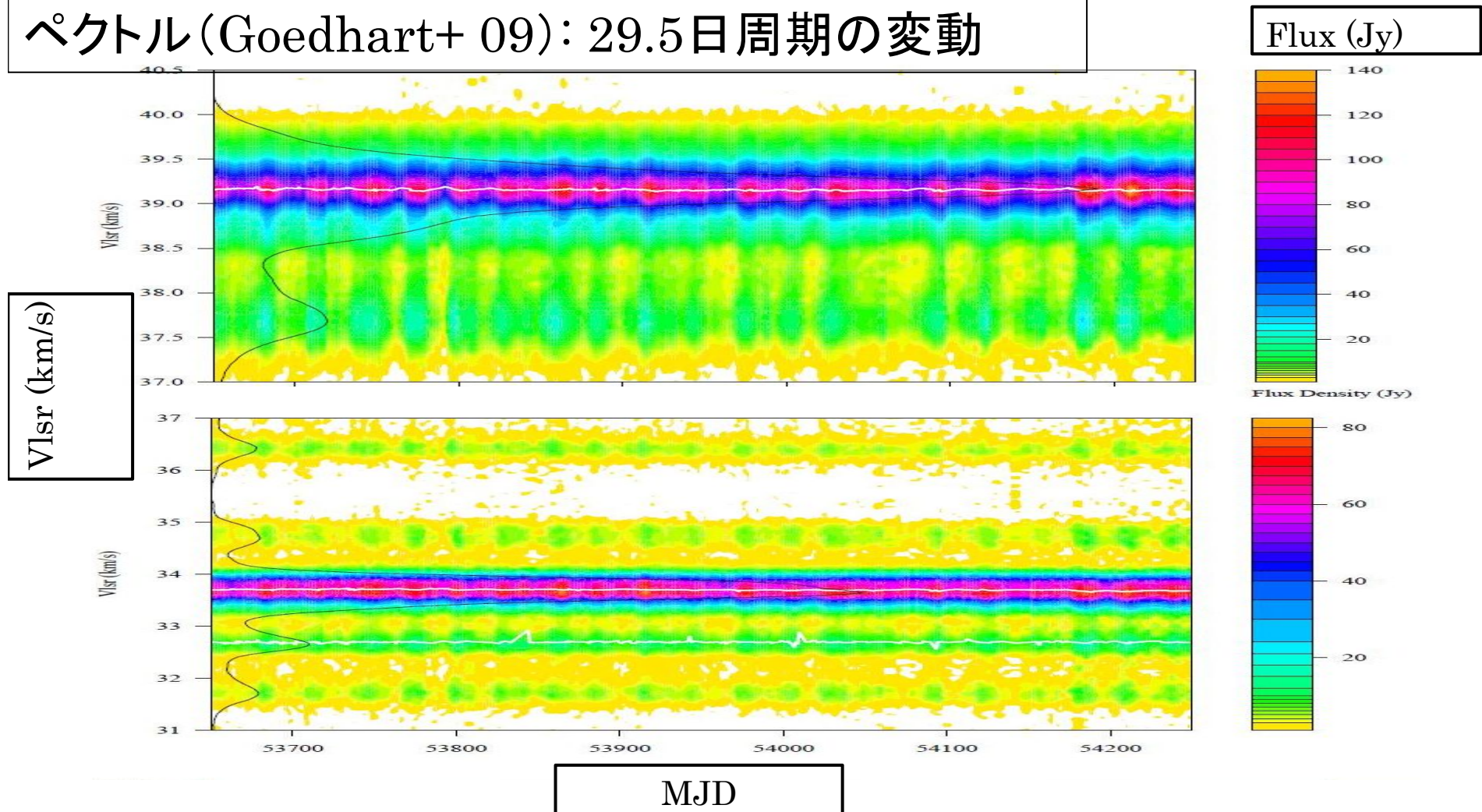
6.7 GHz メタノールメーザー

- 大質量星形成活動のみに付随
 - (中小質量星形成活動に付随した検出例は、今のところ無い)
- 900天体程度が発見されている
 - (Caswell+10, Green+10, ...)
- 中心星により暖められたダストからの赤外線放射による励起
 - => 比較的強度は安定と予想される
 - (vs. 衝突により励起される H₂O メーザー)

が。。。

6.7 GHz メタノールメーザー源の 周期強度変動

G12.89+0.49 メタノールメーザーのダイナミクス
ペクトル (Goedhart+ 09): 29.5日周期の変動



6.7 GHz メタノールメーザー源の 周期強度変動

12 天体が周期的な変動 : 連続的 / 間欠的

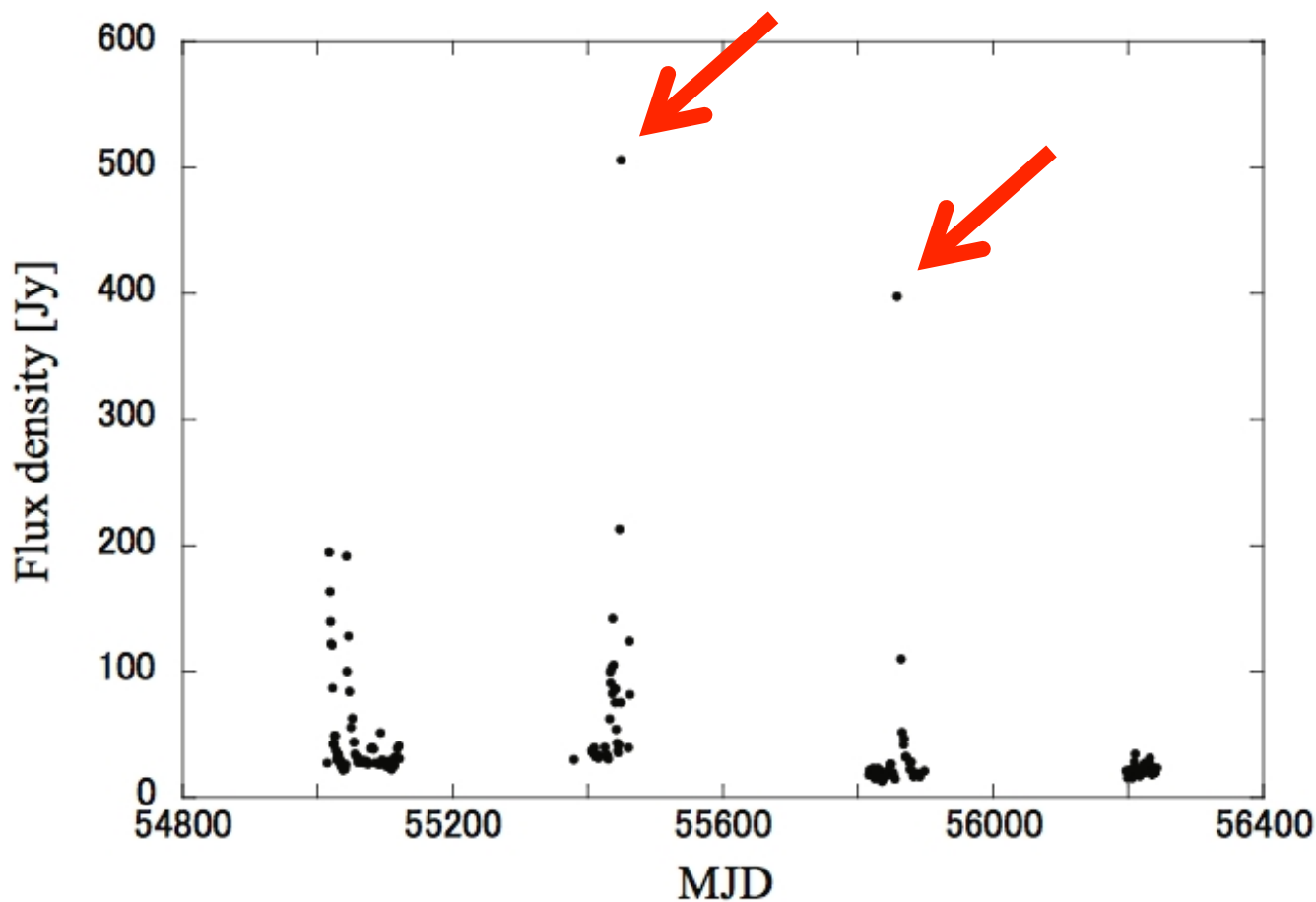
Table 2. Comparison of variation properties among periodic 6.7 GHz methanol maser sources.

Name	Period [day]	Variation pattern	Variation range [Jy]	Reference
G12.89+0.46	29.5	sinusoidal	5–12	1
IRAS22198+6336	34.5	intermittent	<1.3–44	this paper
G338.93–0.06	133	sinusoidal	20–50	2
G22.357+0.066	179	intermittent	1–6	3
G339.62–0.12	201	sinusoidal	30–100	2
G328.24–0.55	220	intermittent	200–400	2
G37.55+0.20	237	intermittent	0.5–5	4
G9.62+0.20E	246	intermittent	4500–5500	5
G12.68–0.18	307	sinusoidal	40–100	6
G188.95+0.89	404	sinusoidal	500–600	2
G331.13–0.24	504	sinusoidal	1–20	2
G196.45–1.68	668	sinusoidal	20–40	6

References — 1: Goedhart et al. (2009), 2: Goedhart et al. (2007), 3: Szymczak et al. (2011), 4: Araya et al. (2010), 5: Goedhart et al. (2003), and 6: Goedhart et al. (2004).

6.7 GHz メタノールメーザー源の 強度変動

突発的な増光を示すものもある



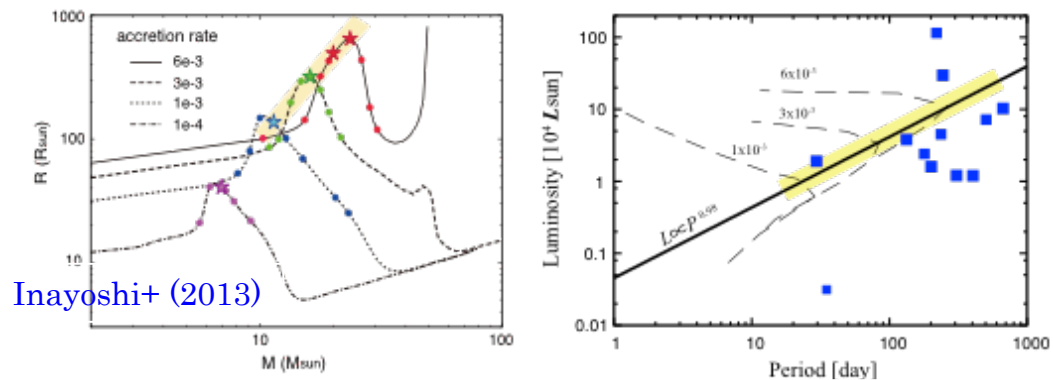
G33.641-0.228 (Fujisawa⁵+14b)

周期変動の変動機構: 様々なシナリオ (e.g., Goedhart+ 08)

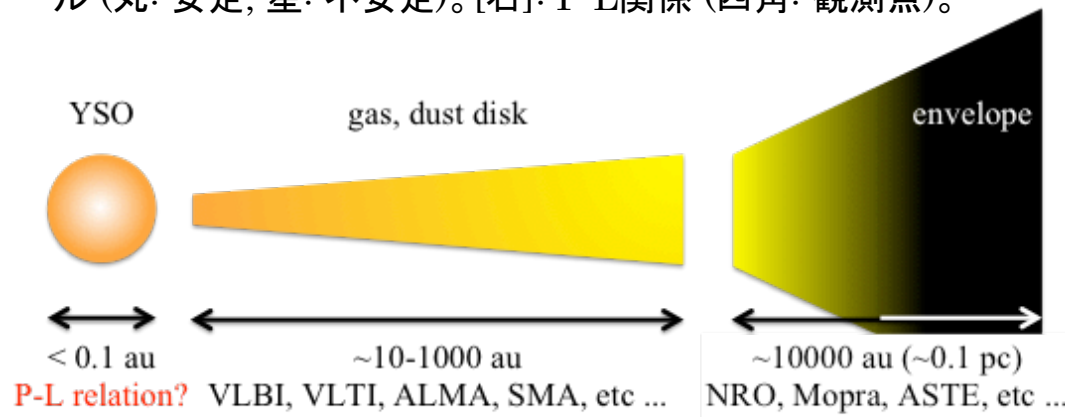
- **Stellar pulsational instability**
 - 大質量原始星の脈動不安定モデル
- Colliding wind binary
 - 近接点における恒星風同士の衝突, 種光子の強度変動
- Circumbinary accretion disk
 - 粘性による角運動量輸送により、ガス降着を励起
- Precessing jets
- Density enhancements in a rotating accretion disk
 - 中心星放射, ダスト放射の遮蔽

大質量原始星の脈動不安定モデル (Inayoshi+ 13)

- 星半径最大時に不安定帯が存在
 - $> 10^{-3} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$
 - $\sim 10^3 \text{ yr}$ 滞在
- 周期: 数10-数100日
- P-L 関係も予言
 - 原始星時代の物理パラメータ(質量、半径、星表面の降着率)と直接相関
 - Sub-au スケールの物理パラメータを測定する唯一の手法! ?




[左]: 様々な降着率での原始星進化における脈動不安定モデル (丸: 安定, 星: 不安定)。[右]: P-L関係 (四角: 観測点)。



大質量星形成過程の拡大描画: 空間スケールと観測装置

問題意識・研究目的

- 長期・高頻度でモニターされたのはわずか~60天体
 - メタノールメーザーの母数: 900天体以上
(e.g., Pestalozzi+ 05; Xu+ 09; Caswell+ 10; Green+ 10)
 - 大部分が南半球においてモニターされている
 - 期間: 5-10年, 頻度: 1-2週間 (e.g., Goedhart+ 04)
- 
- 北半球において、観測可能な天体を、無バイアスに長期・高頻度に強度変動モニター！
 - P-L 関係の観測的検証を通じて、周期変動の脈動不安定説を検証することを目指して、周期変動天体のサンプル数増加を目指す！

単一鏡モニタープロジェクト：観測概要

- 6.7 GHz メタノールメーザー観測候補天体
 - 母体：~900天体
 - 既存のメタノールカタログをコンパイル
 - 選出条件：
 1. 赤緯 ≥ -30 deg
 2. 2 arcmin 内に候補天体が複数存在する場合、最も強度が強い天体方向に対してのみ観測



384天体

• モニター概要

- 望遠鏡：日立32-m
 - 望遠鏡自体の詳細は B09b(米倉 他) 講演参照
- 期間(継続中)：
 - 2012/12/30 ~ 2014/01/10
 - 2014/05~
- 運用頻度：毎日
- 観測頻度：
9日に1度／各天体



**100日以上の中・長周期
変動の検出に適當**

結果(1): 周期変動天体

- 検出率:(少なくとも) 6 / 388 天体 => 1.5 %
- 新検出: 4 / 6 天体

天体名	014.23-00.50	028.02-00.44	036.70+00.09	075.76+00.34
周期	~170 日	~120 日	~55 日	~120 日

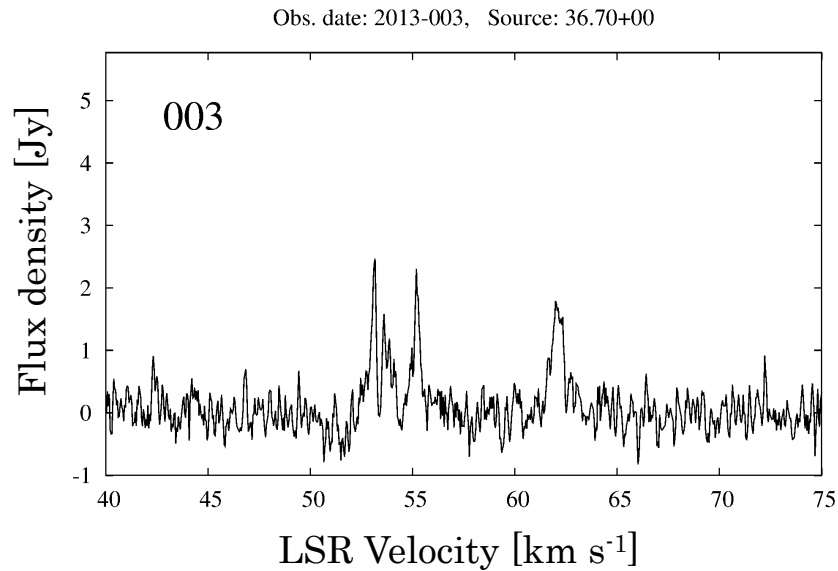
- 既知の天体: 2

Table 2. Comparison of variation properties among periodic 6.7 GHz methanol maser sources.

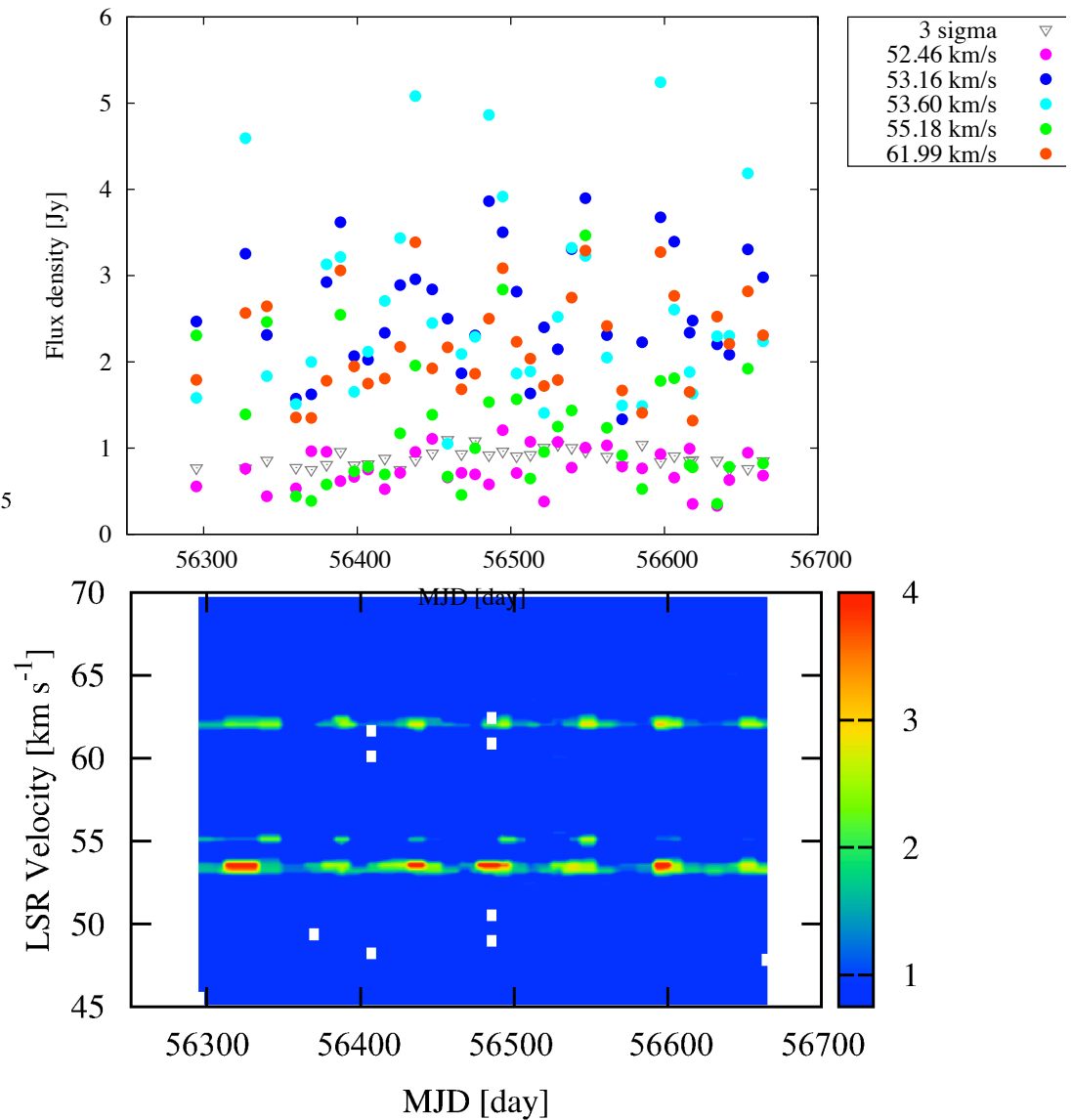
Name	Period [day]	Variation pattern	Variation range [Jy]	Reference
● G12.89+0.46	29.5	sinusoidal	5–12	1
● IRAS22198+6336	34.5	intermittent	<1.3–44	this paper
■ G338.93–0.06	133	sinusoidal	20–50	2
● G22.357+0.066	179	intermittent	1–6	3
■ G339.62–0.12	201	sinusoidal	30–100	2
■ G328.24–0.55	220	intermittent	200–400	2
● G37.55+0.20	237	intermittent	0.5–5	4
● G9.62+0.20E	246	intermittent	4500–5500	5
G12.68–0.18	307	sinusoidal	40–100	6
G188.95+0.89	404	sinusoidal	500–600	2
■ G331.13–0.24	504	sinusoidal	1–20	2
G196.45–1.68	668	sinusoidal	20–40	6

References — 1: Goedhart et al. (2009), 2: Goedhart et al. (2007), 3: Szymczak et al. (2011), 4: Araya et al. (2010), 5: Goedhart et al. (2003), and 6: Goedhart et al. (2004).

G 036.70+00.09

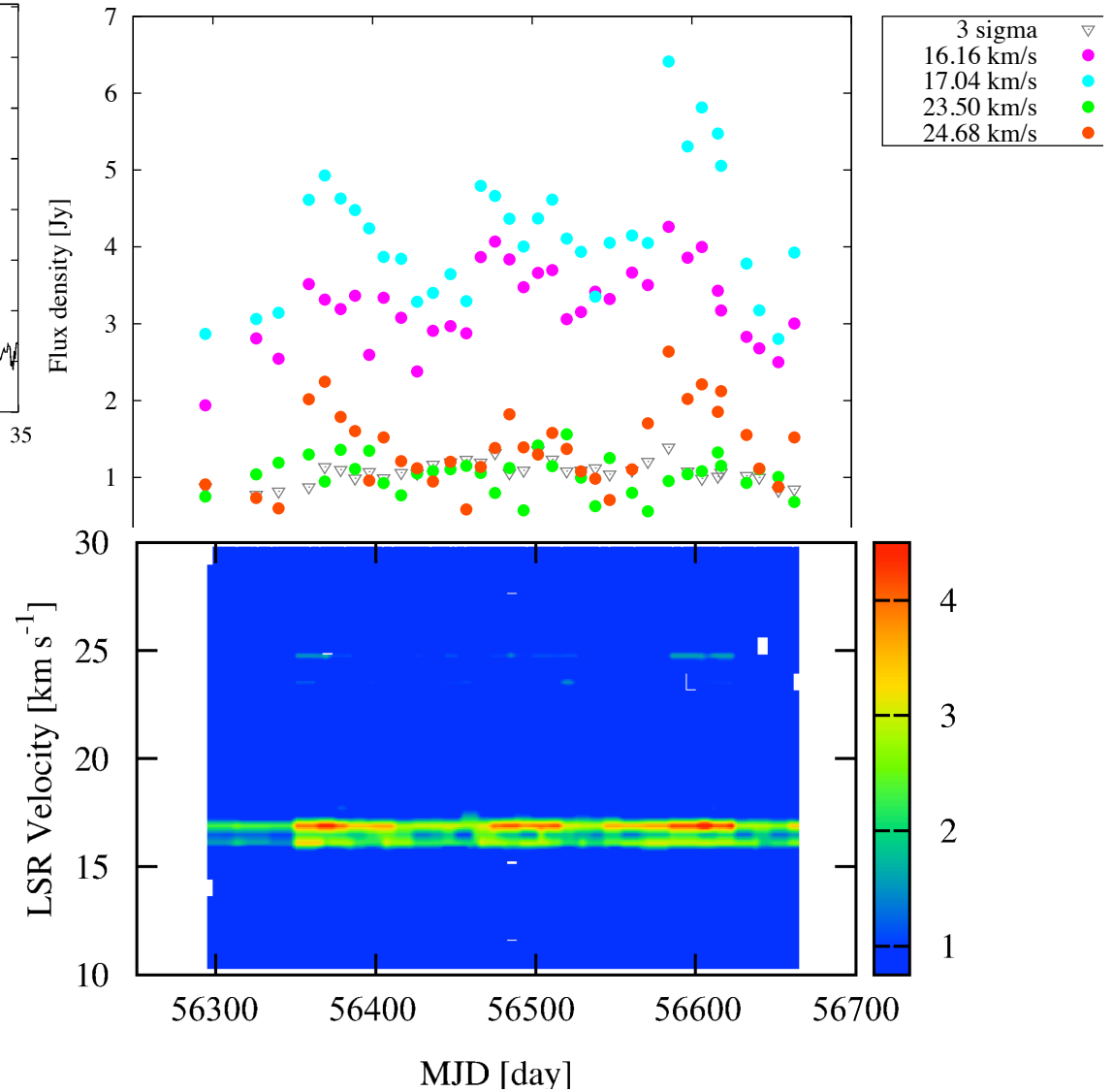
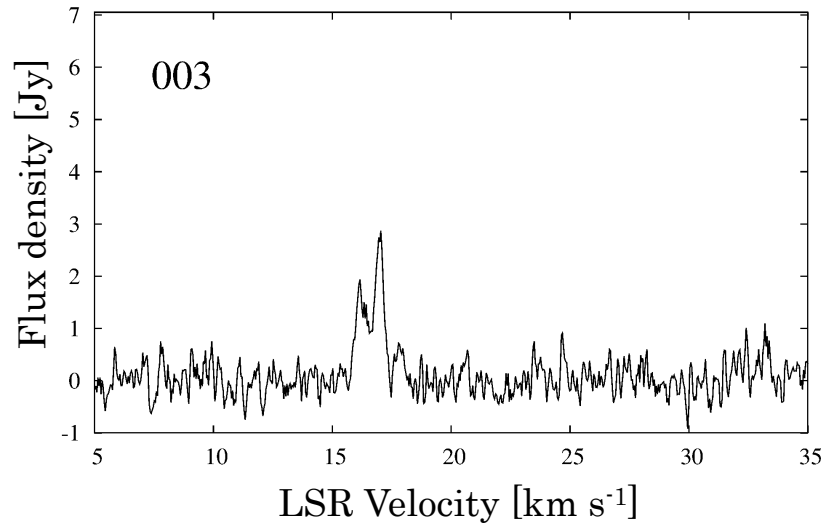


周期 ~ 55 日



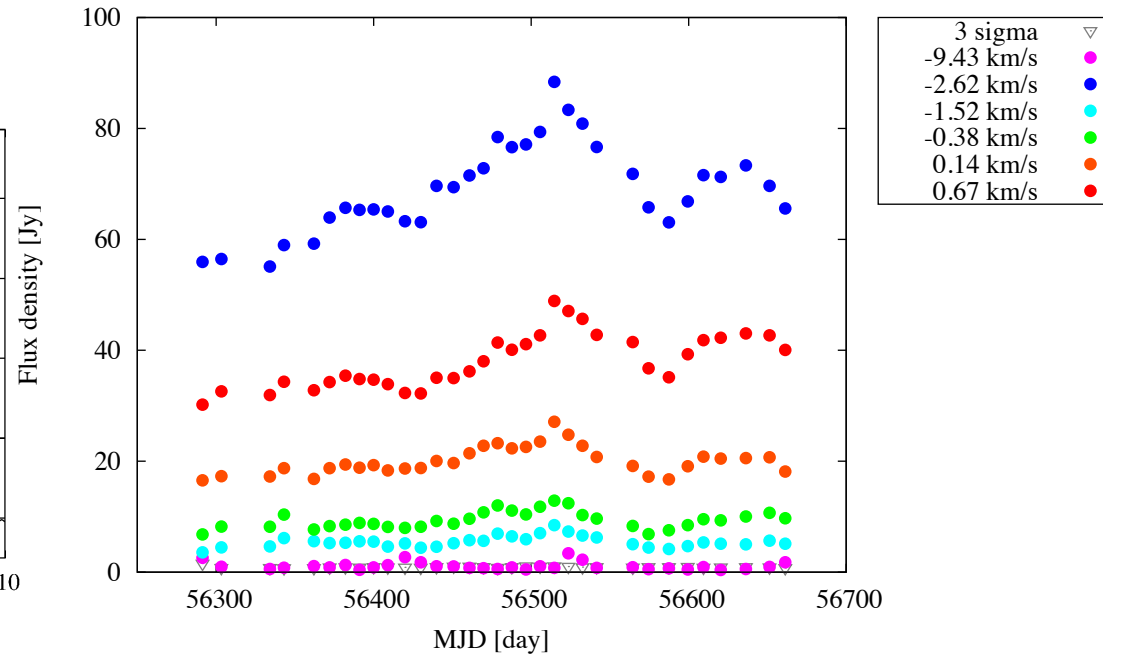
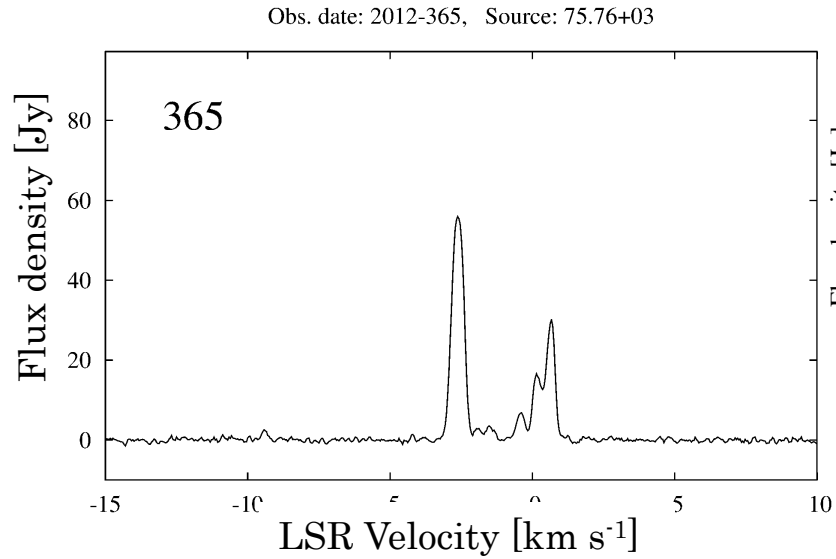
G 028.02-00.44

Obs. date: 2013-003, Source: 28.02-04

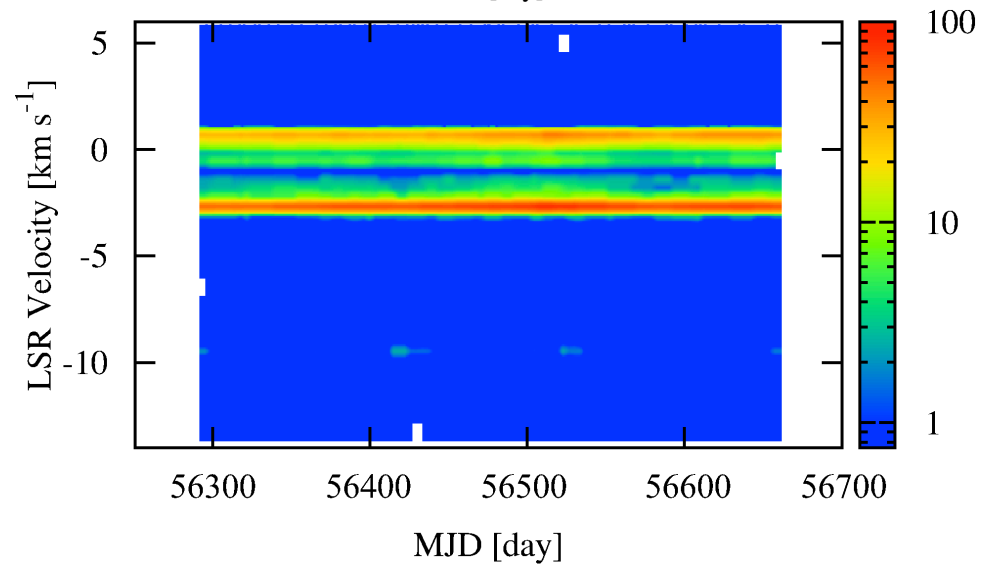


周期 ~ 120 日

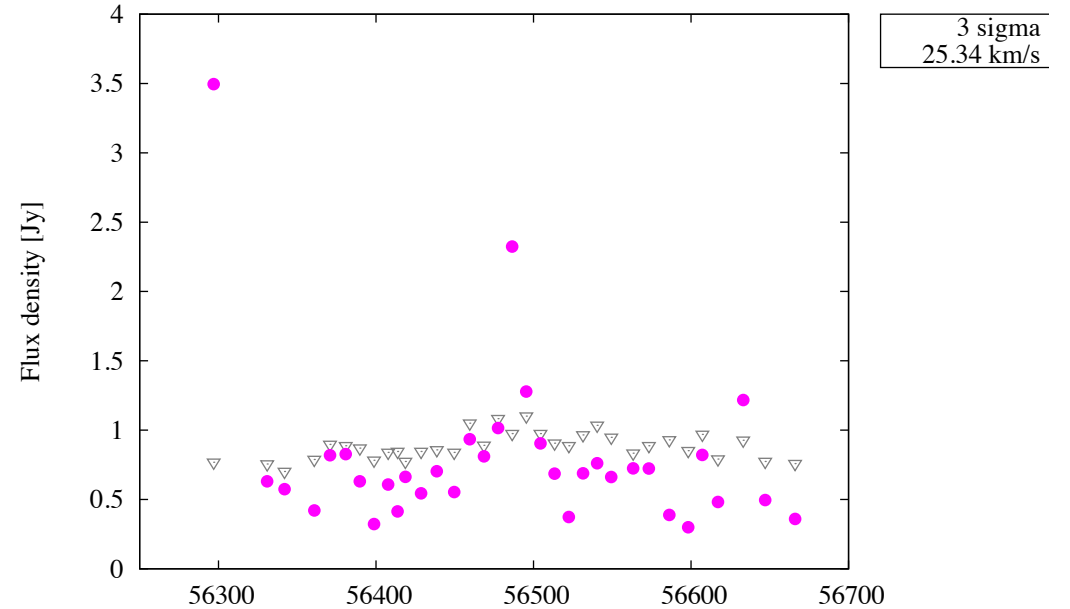
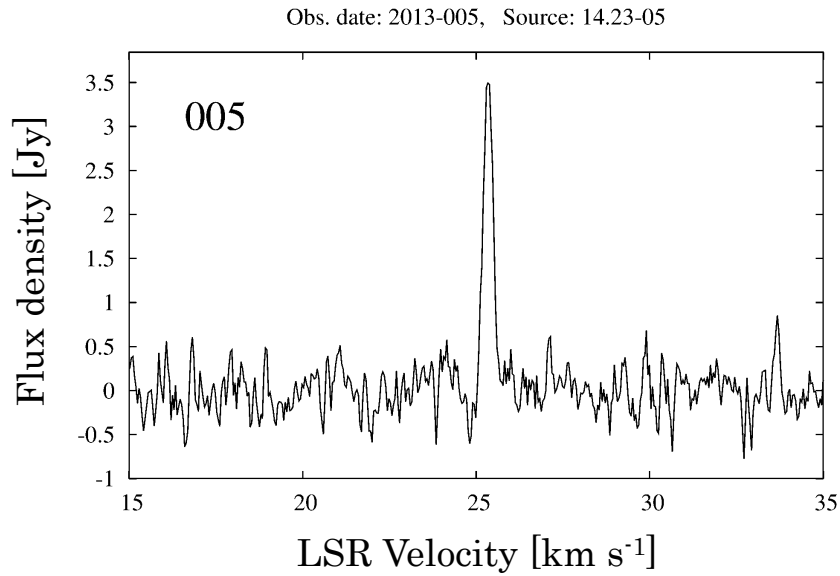
G 075.76+00.34



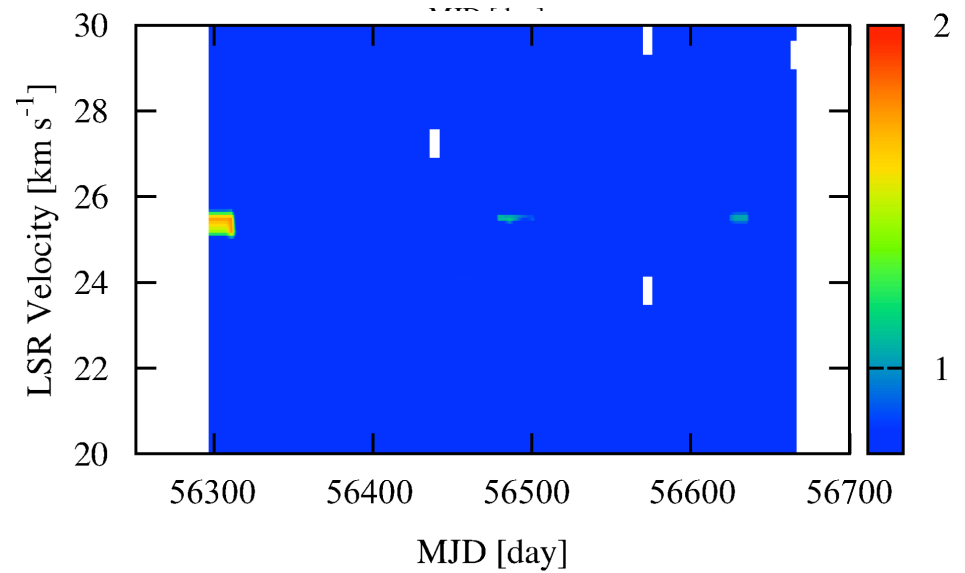
周期 ~ 120 日



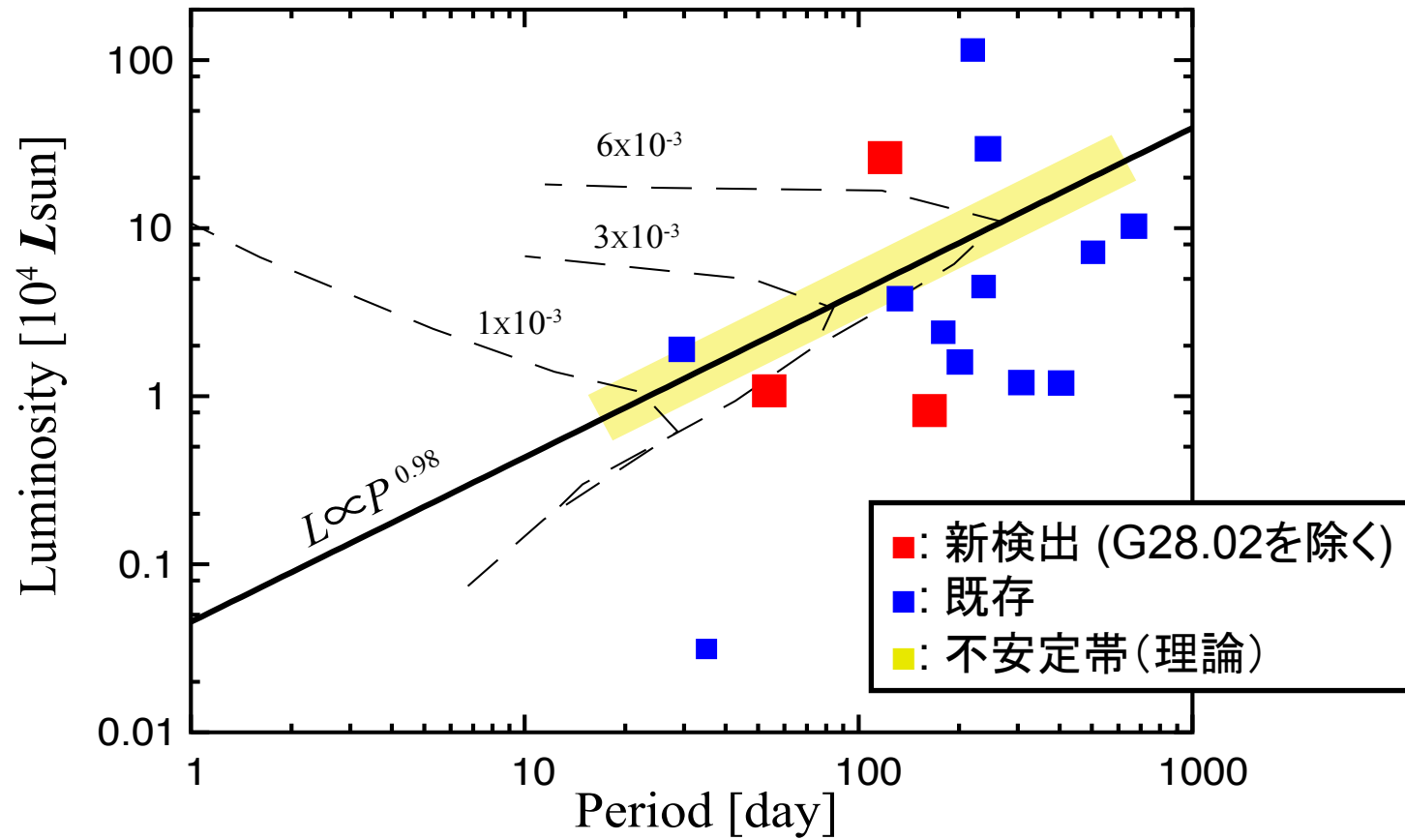
G 014.23-00.50



- 周期 ~170 日

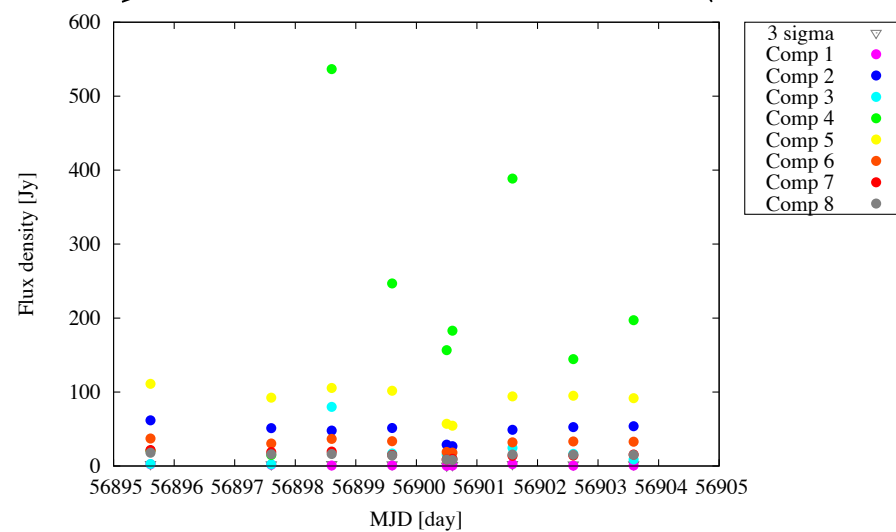
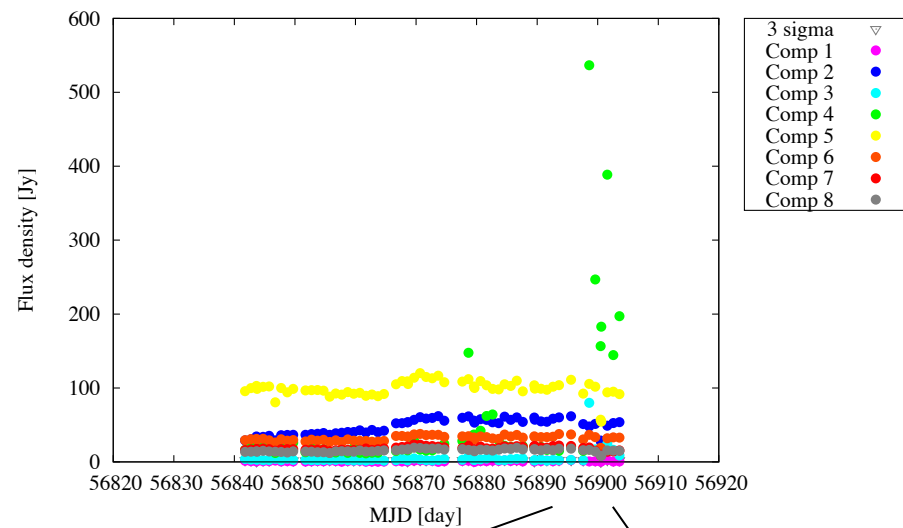
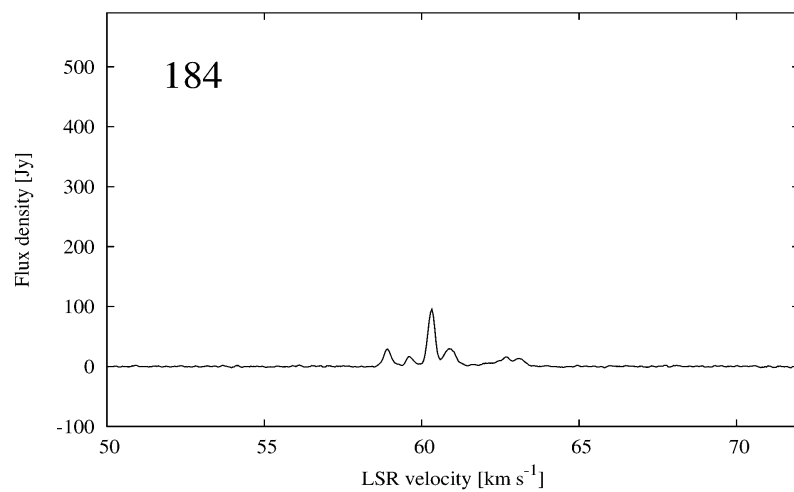


P-L 関係: アップグレード版



結果(2) 突発天体

G33.641-0.228

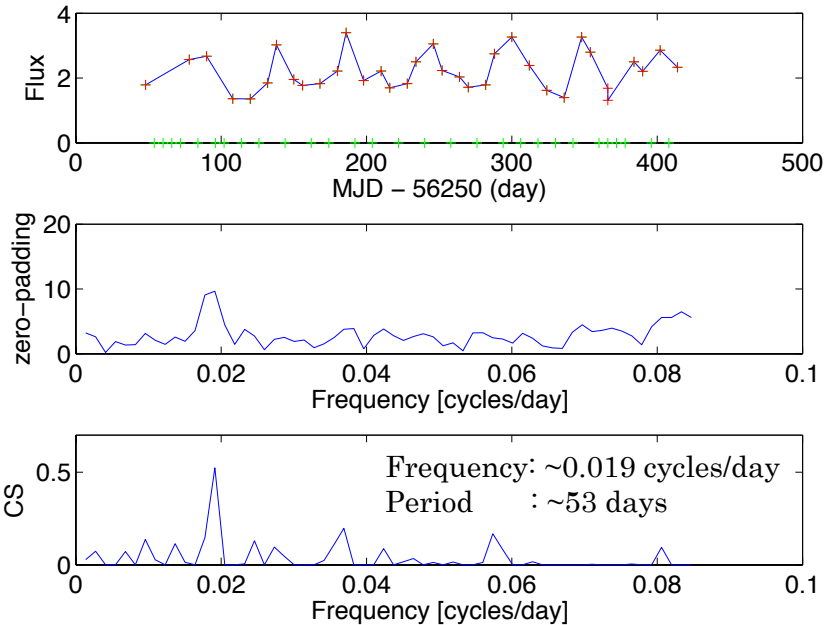


まとめ & 今後の展望

- モニター観測(9日に1回、継続期間1年)により、すくなくとも6天体の周期変動天体を検出。うち、4天体が新検出。4天体の変動周期は、 $\sim 55 - \sim 170$ 日。突発的に増光する天体もいくつか発見。
- より長周期の天体の検出を目指す (> 200 days)
 - モニター観測を継続(～3年)
 - 観測頻度: ～9日に1回
- より短周期の天体の検出を目指す (< 30 days)
 - より高頻度な観測を実施予定(～3-4日に1回を、数ヶ月間)
- 突発増光天体のライトカーブを求める
 - 1日1回よりも高頻度な観測を実施中
- 周期解析方法の確立(圧縮センシング:本間他)

今後の展望

- 周期解析方法の開発
 - 国立天文台の本間希樹氏・田崎文得氏からご協力賜る
 - 圧縮センシング
(2012年秋季年会 V150a, 本間他)を用いた周期解析
 - 通常のフーリエ変換のように“0 padding”を行わない
 - より高精度に周期解析が可能となることを期待
 - MATLABを用いたプログラミング



G 036.70+00.09 で新検出された周期強度変動への圧縮センシングの適用例

上: ある成分の変動(赤: 観測点, 緑: FFT時の0 padding, 青: 圧縮センシングのモデル)

中: 通常のFFTによる周期解析結果

下: 圧縮センシングによる周期解析結果