

# 茨城大学の活動報告および将来計画

## (1) 活動報告

(a) 通信アンテナから電波望遠鏡への改造

(b) 運用状況

(c) 教育

(d) 茨城観測局を用いた観測による研究成果

(e) 単一鏡観測による研究成果:

6.7 GHz メタノールメーザー源の高頻度モニター観測

## (2) 将来計画

米倉覚則 (茨城大学)

# (1) 活動報告: (a) 通信アンテナから 電波望遠鏡への改造

- 2008年4月: 大学VLBI連携に参加
- 2009年1月: 旧KDDI通信アンテナ(32m $\Phi$  × 2台)が  
国立天文台へ譲渡
- 2009年4月: 改造作業開始
  - VLBI, 単一鏡, 2素子干渉計用の電波望遠鏡へ
  - @ 6.7 GHz, 8 GHz, 22 GHz
- 2013年3月: 開発ほぼ完了
  - Tsys\* (天頂、大気込み、冬期晴天時)
  - 30 K (6.7 GHz), 25 K (8 GHz), 50 K (22 GHz)
- 2013年: 定常観測モードへ移行

# 開発状況

2009,2010,2011,2012,2013,2014

	日立	高萩
• 単一鏡		
– アンテナ制御ソフト	2009/10	2012/10
– 6–9 GHz 冷却受信機RX	2010/08	2010/10
– 22 GHz 冷却受信機 RX	2014/01	2012/12
– spectrometer	2012/03	2012/03
• VLBI		
– テープ記録	2010/08	2013/03
– 500 MHz 広帯域記録	2012/11	2013/03
• 2素子干渉計		
– 相関器	2014/03—(調整中)	

# (1) 活動報告 : (b) 運用状況

## • VLBI

- 大学VLBI連携観測(2010年8月より。年間 200 – 300 時間)
- 大学VLBI連携:短基線 VLBI による Sgr A\* 観測 (2013.2-2014.8:約600時間)
- 東アジア VLBI 観測網の試験観測

## • 単一鏡観測

- 6.7 GHz メタノールレーザーモニタ観測  
(毎日12時間程度 => 年間4000時間程度)
- 6.7 GHz メタノールレーザー探査
- 22 GHz 水レーザー探査

## • 2素子干渉計(高精度な連続波観測)

- 立ち上げ中

# (1) 活動報告 : (c) 教育

## 修士論文 : 10編

- 2008年度 : 1 (開発)
- 2011 : 4 (開発)
- 2012 : 1 (VLBI観測)
- 2013 : 3 (開発2、VLBI観測1 [高エネ研究室])
- 2014 : 1 (単一鏡観測) (予定)

## 卒業論文 : 16編

(論文提出を義務付けていないため、実際に関わった学生数は、これよりも多い)

- 2010 : 1 (開発)
- 2013 : 7 (開発3、単一鏡観測4)
- 2014 : 8 (開発1、単一鏡観測7) (予定)

# (1) 活動報告: (d) 茨城観測局を用いた観測による 研究成果(査読付き論文)

- [1] Itoh et al. 2013, *Astrophys. J. Letter*, 768, L25
- Dense Optical and Near-infrared Monitoring of CTA 102 during High State in 2012 with OISTER: Detection of Intra-night “Orphan Polarized Flux Flare”
  - クエーサー CTA 102 の 多波長モニター観測。茨城局(日立)が 8 GHz 連続波単一鏡観測で参加した。電波強度の有意な変動は見られず。
  - 日立アンテナ **単一鏡観測**, 8 GHz 連続波
- [2] Sawada-Satoh et al. 2013, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 65, 79
- Internal Motion of 6.7-GHz Methanol Masers in H II Region S269
  - HII 領域 S269 の VLBI 観測による固有運動の導出。
  - **大学VLBI連携観測**(日立アンテナが参加), 6.7 GHz メタノールメーザー
- [3] Wajima et al. 2014, *Astrophys. J.*, 781, 75
- Short-Term Radio Variability and Parsec-Scale Structure in a Gamma-Ray Narrow-Line Seyfert 1 Galaxy 1H 0323+342
  - AGN 1H 0323+342 の VLBI 観測による短周期変動の研究。
  - **大学VLBI連携観測**(日立アンテナが参加), 8 GHz 連続波
- [4] Fujisawa et al. 2014, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 66, 31
- Observations of 6.7 GHz Methanol Masers with EAVN I: VLBI Images of the first Epoch of Observations
  - 6.7 GHz メタノールメーザーの固有運動を36天体に対して VLBI 観測で初めて求めるプロジェクトの第一弾として、各天体の構造を明らかにした。
  - **大学VLBI連携観測**(日立アンテナが参加), 6.7 GHz メタノールメーザー
- [5] Fujisawa et al. 2014, *Publ. Astron. Soc. Japan*, accepted
- Periodic Flare of the 6.7 GHz Methanol Maser in IRAS22198+6336
  - 6.7 GHz メタノールメーザー IRAS 22198+6336 のモニター観測を、山口 32m および茨城(日立)32mで行い、周期的な増光現象を確認した。
  - 日立アンテナ **単一鏡観測**, 6.7 GHz メタノールメーザー
- [6] Tsuboi et al. 2014, *Astrophys. J. Letter*, accepted
- No Microwave Flare of Sagittarius A\* around the G2 Periastron Passing
  - 我々の銀河中心 Sgr A\* への G2 ガス雲の落下に伴う増光現象のモニター観測を、茨城32m + 水沢 10 m + 岐阜大 11 m などの VLBI 観測で実施した。観測期間中に有意な増光現象は見られなかった。
  - **大学VLBI連携観測**(高萩アンテナまたは日立アンテナが参加), 22 GHz 連続波

(1) 活動報告:(e)単一鏡観測による研究成果:  
6.7 GHz メタノールメーザー源の  
高頻度モニター観測

- 定常観測開始:2012年12月30日
- $dV = 0.04$  km/s,  $BW = 400$  km/s
- 赤緯  $\geq -30$  度に位置する 433 天体を1回以上観測
  - 49 天体は他の天体と近接しているため指向しない
  - 384 天体を選定 => 9 グループに分けた
- 384 天体を、ほぼ 9 日おきに観測中
- 毎日12時間程度の観測

(メンテナンス、VLBI 観測などにより、観測できない日もある)

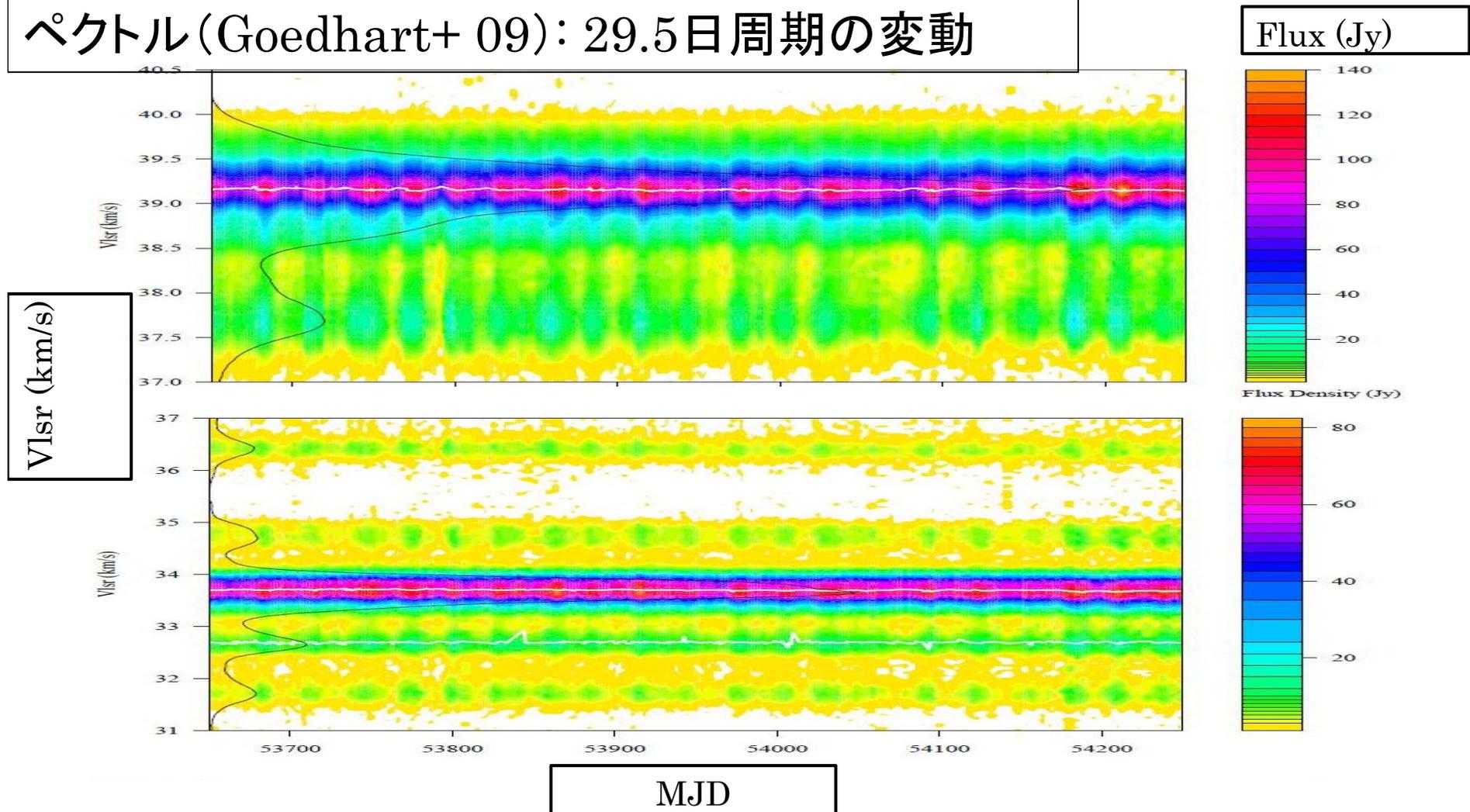
# (1) 活動報告:(e)単一鏡観測による研究成果: 6.7 GHz メタノールメーザー源の 高頻度モニター観測

## 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 H<sub>2</sub>O 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

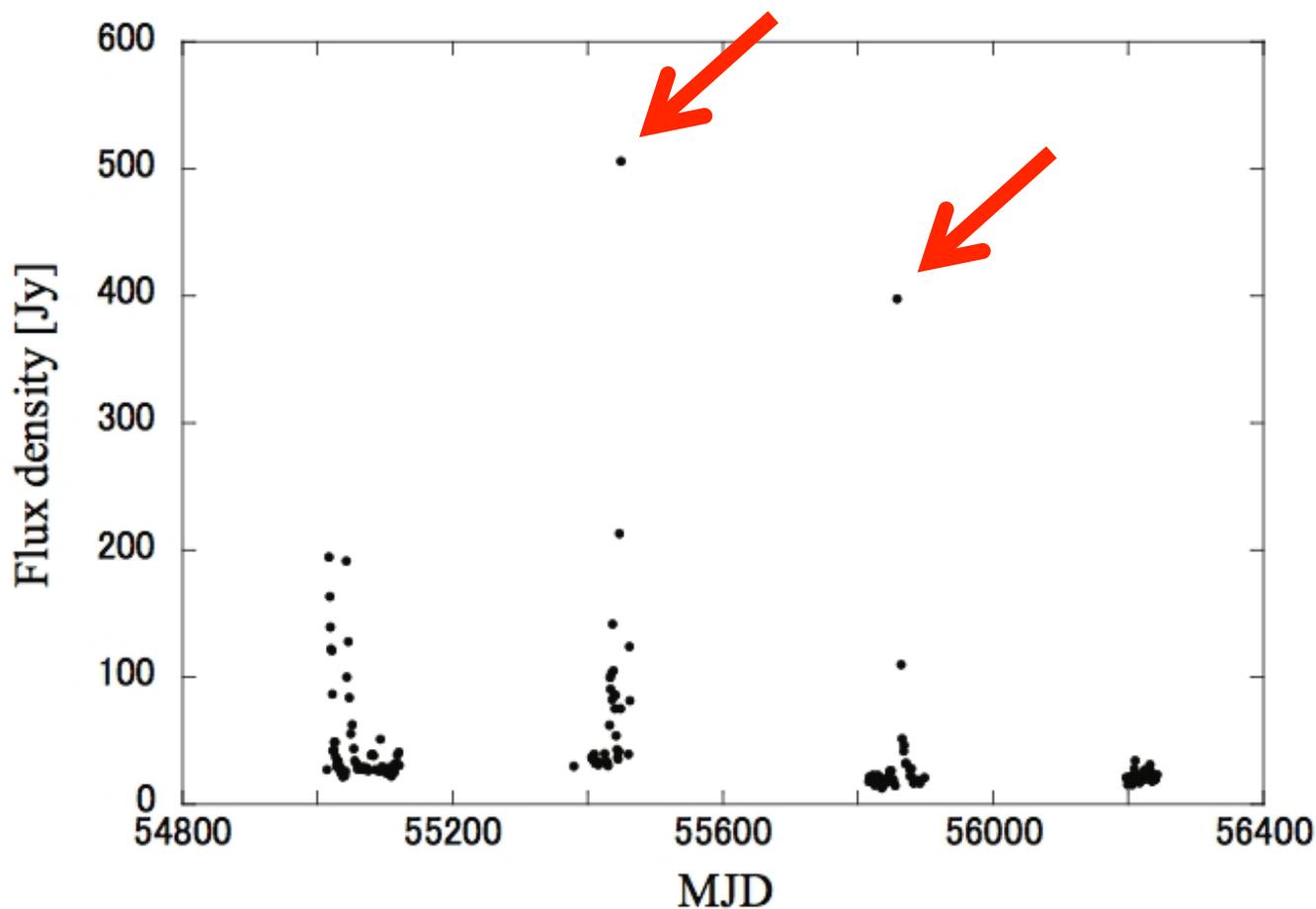
**Table 2.** Comparison of variation properties among periodic 6.7 GHz methanol maser sources.

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



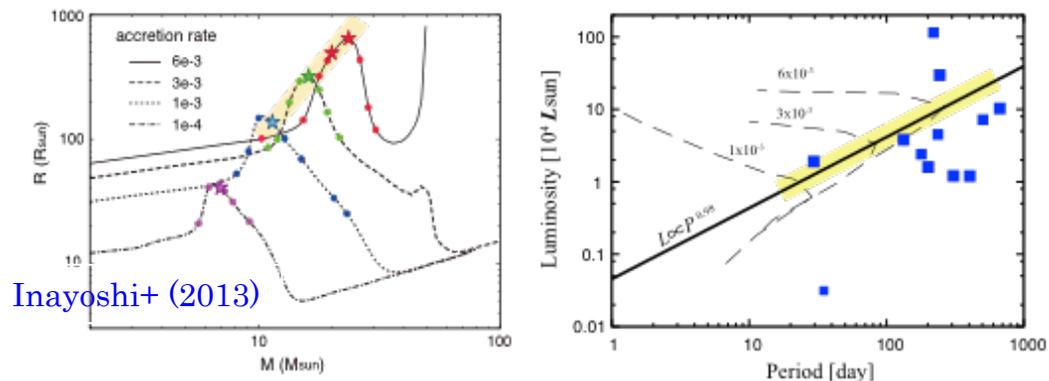
G33.641-0.228 (Fujisawa+14b)<sup>11</sup>

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

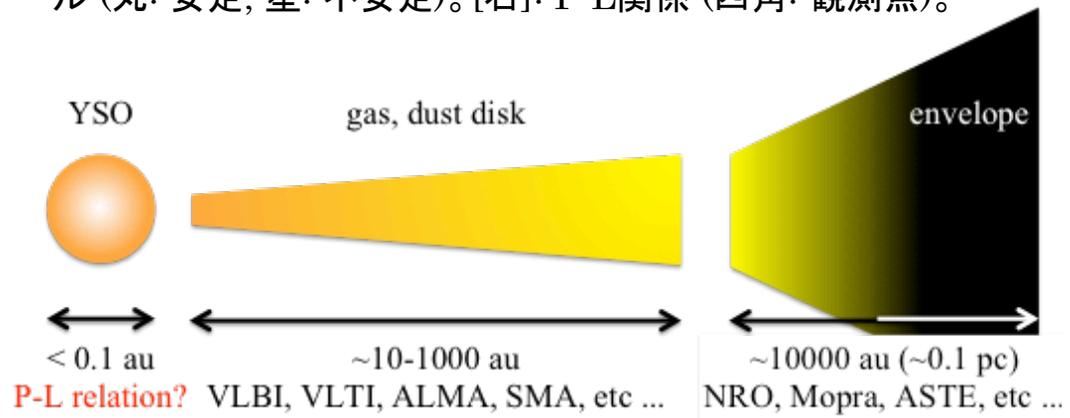
- **Stellar pulsational instability**
  - 大質量原始星の脈動不安定モデル
- Colliding wind binary
  - 近接点における恒星風同士の衝突, 種光子の強度変動
- Circumbinary accretion disk
  - 粘性による角運動量輸送により、ガス降着を励起
- Precessing jets
- Density enhancements in a rotating accretion disk
  - 中心星放射, ダスト放射の遮蔽

# 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

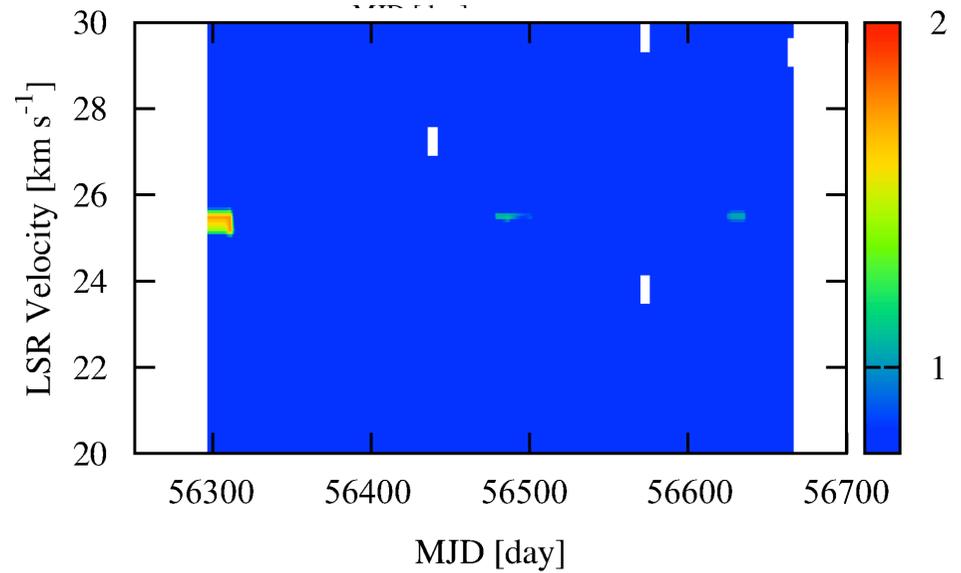
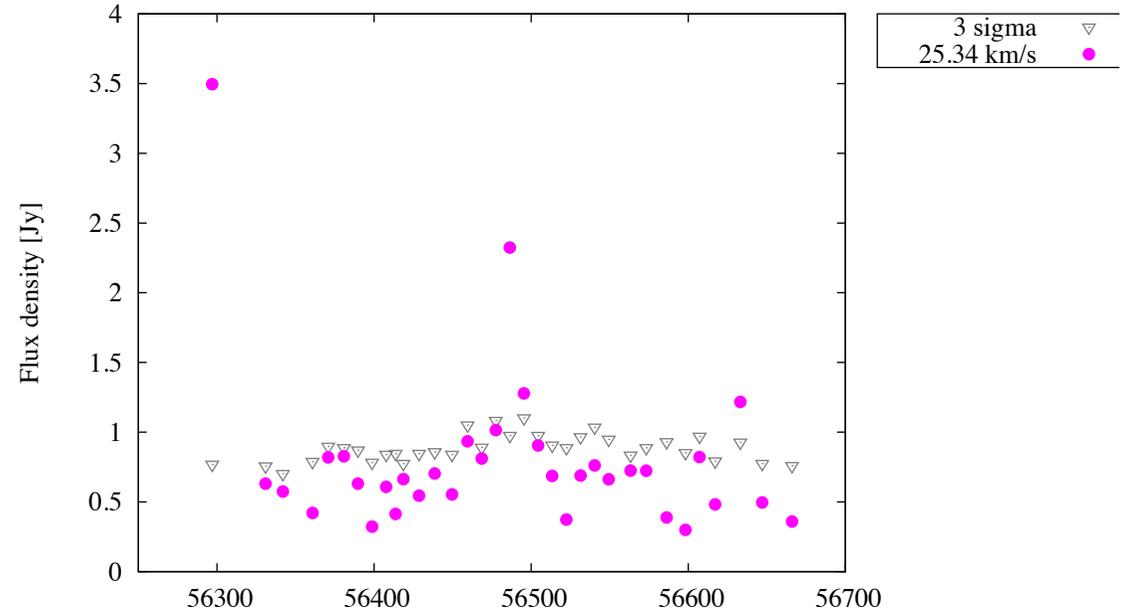
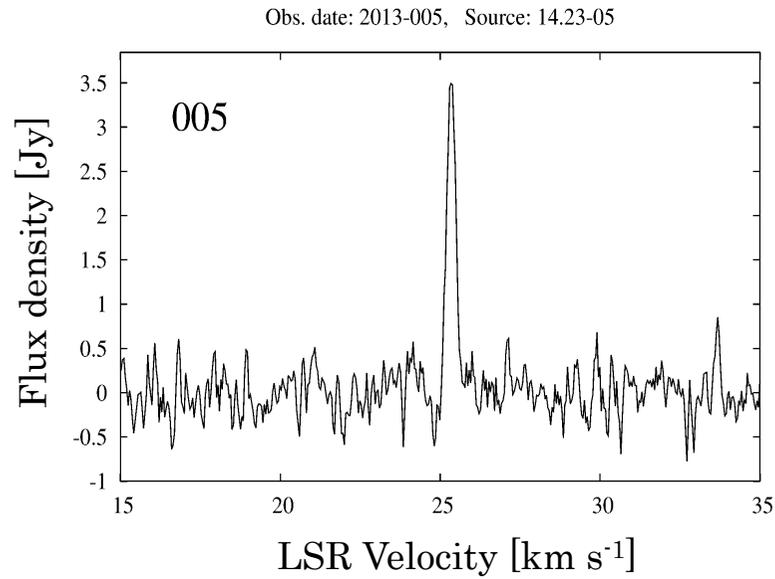
- 6.7 GHz メタノールメーザー観測候補天体
  - 母体：~900天体
    - 既存のメタノールカタログをコンパイル
  - 選出条件：
    1. 赤緯  $\geq -30$  deg
    2. 2 arcmin 内に候補天体が複数存在する場合、最も強度が強い天体方向に対してのみ観測

- モニター概要
  - 望遠鏡：日立32-m
  - 期間(継続中)：
    - 2012/12/30 ~ 2014/01/10
    - 2014/05~
  - 運用頻度：毎日  
毎日12時間程度の観測  
(メンテナンス、VLBI 観測などにより、観測できない日もある)
  - 観測頻度：  
9日に1度／各天体

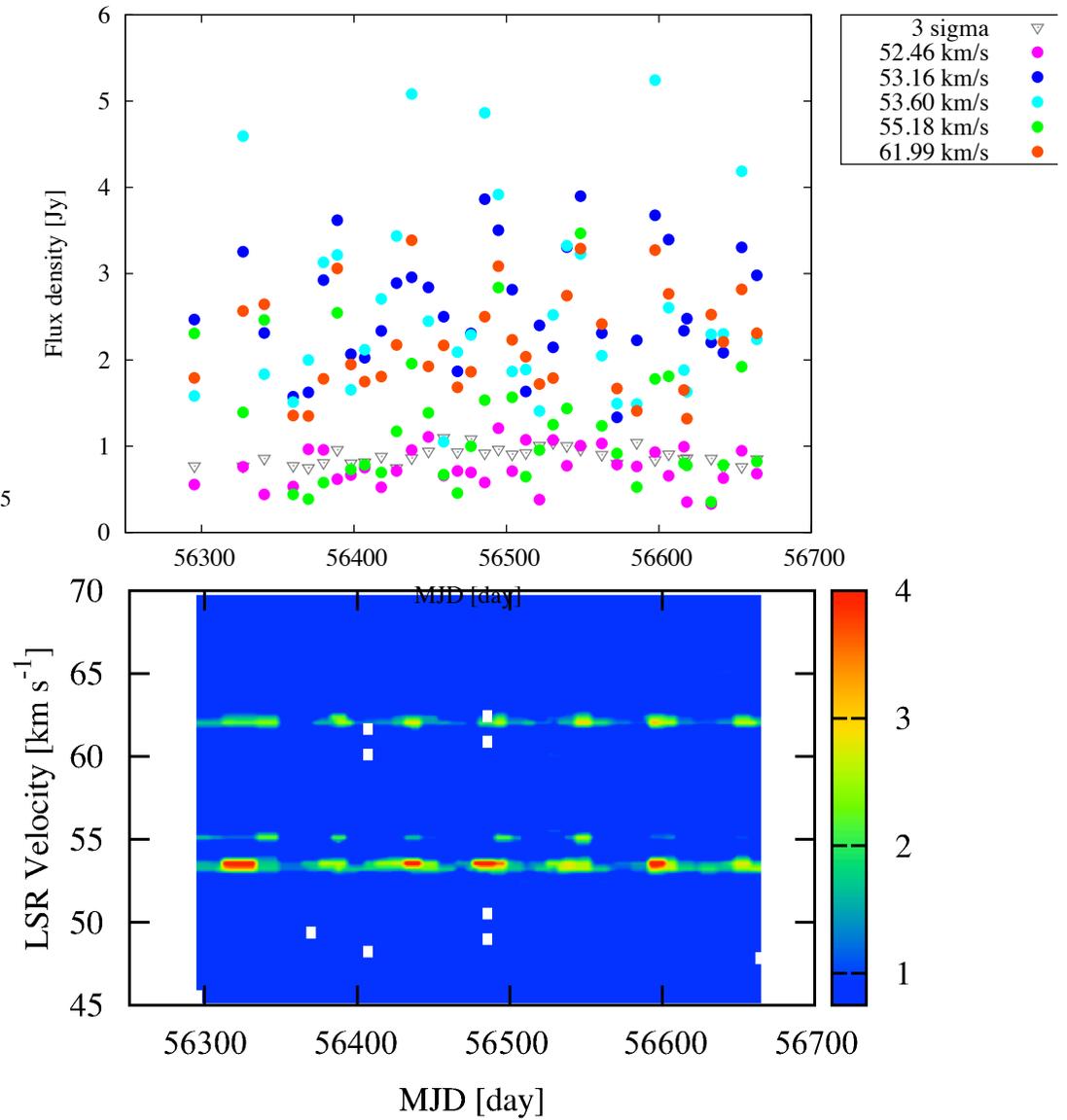
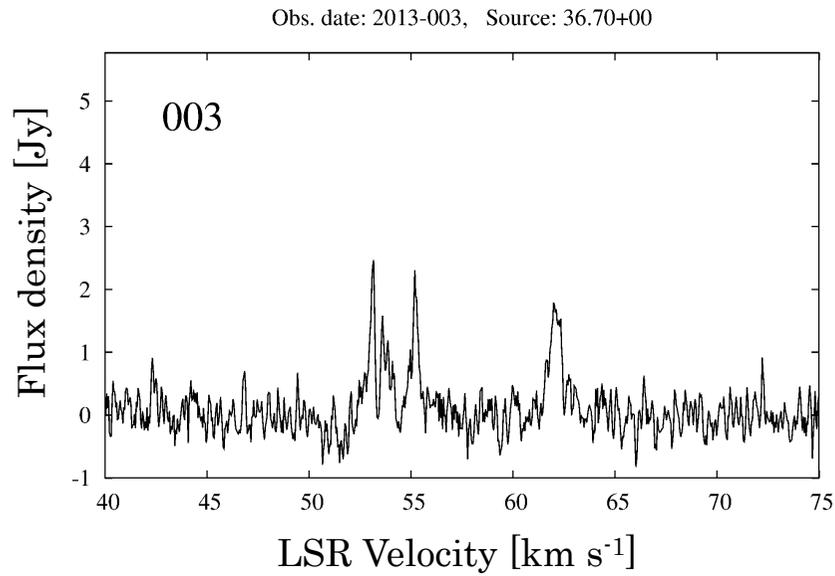
 384天体

 100日以上の中・長周期変動の検出に相当

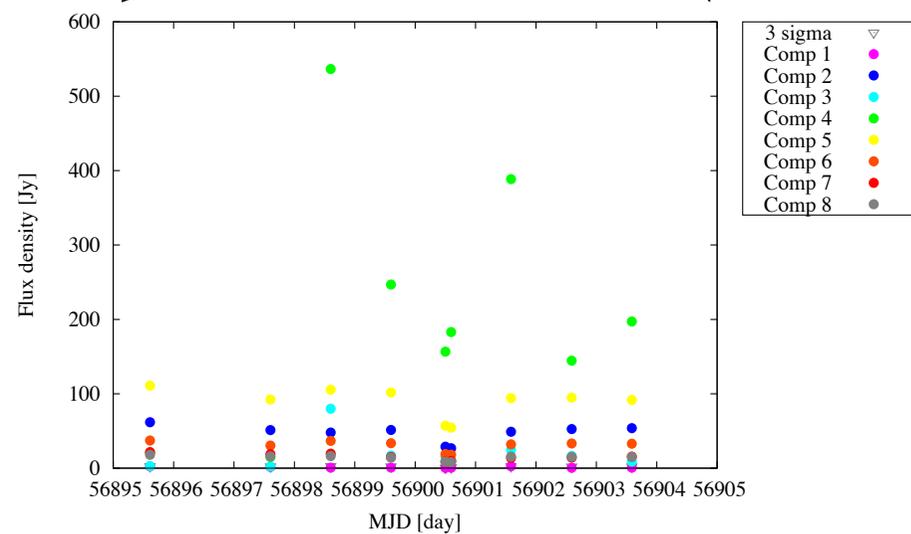
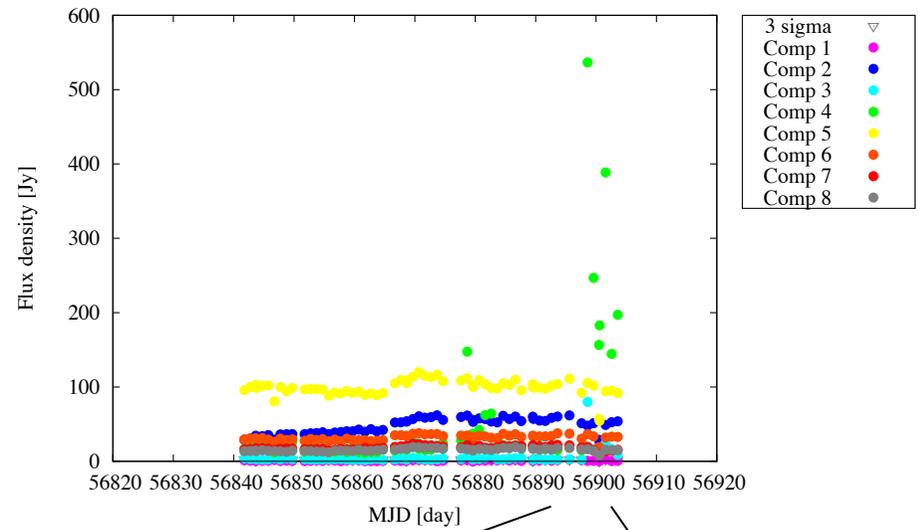
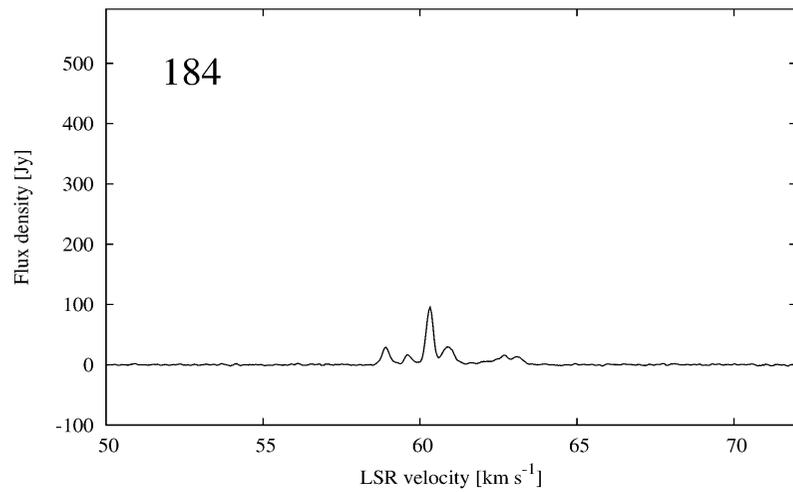
# G 014.23-00.50



# G 036.70+00.09



# G33.641-0.228



## (2) 将来計画

- 大学VLBI連携観測運用
- 6.7 GHz メタノールメーザー源の単一鏡高頻度モニター観測(次ページ)
- 2素子干渉計による AGN の高頻度モニター観測
- 6-9 GHz / 22 GHz 受信機の切り替え(not 載せかえ)可能なフロントエンドの開発

# 6.7 GHz メタノールメーザー源の 単一鏡高頻度モニター観測： 今後の展望

- 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