

日立 32-m 電波望遠鏡を用いた大質量原始星周囲における大規模な周期強度変動探査

杉山 孝一郎¹, 米倉 覚則¹, 元木 業人², 齋藤 悠¹, 藤沢 健太², 石井 翔太¹, 百瀬 宗武¹, 本間 希樹³, 田崎 文得³, 田中 圭⁴, 細川 隆史⁵, 内山 瑞穂⁵, and 稲吉 恒平⁶

1: 茨城大学, 2: 山口大学, 3: 国立天文台, 4: フロリダ大学, 5: 東京大学, 6: コロンビア大学

◆モチベーション

- ・メタノールメーザーに見られる**周期的な強度変動**の要因は？
- ・大質量星形成過程における原始星の**脈動不安定現象**はあり得る？

◆周期的な強度変動現象¹⁾⁻⁶⁾

- ・大質量星周辺においてはメタノールメーザーのみで見られる現象
- ・これまでに、メタノール 12 天体で検出 (周期: 30-668 days)
- ・同天体のほぼ全てのスペクトル成分において周期変動が同期

⇒ **共通の天体** (周辺) における**大局的な変動現象**に起因？

◆大質量原始星の脈動不安定現象⁷⁾ (Fig. 1)

- ・原始星の半径最大時に、大降着率下で成長: $> 10^{-3} M_{\text{sun}} \text{ yr}^{-1}$
- ・周期: 数 10- 数 100 日
- ・**Period-Luminosity (P-L) relation** を予言
- ・原始星の物理パラメータ (**質量, 半径, 星表面の降着率**) と**直接** 関連

⇒ Sub-au スケールの原始星表面におけるガス降着率を**間接的に計測する唯一の方法**になり得る！

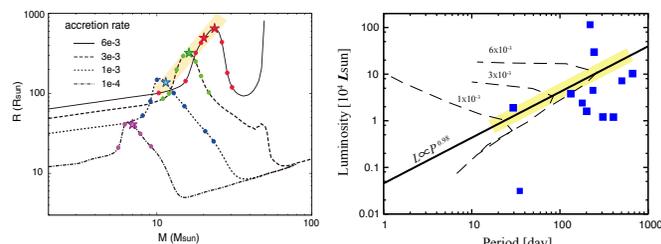


Fig. 1. [左] 様々な降着率下での原始星進化における脈動不安定モデル (Inayoshi+ 13: 丸 - 安定, 星 - 不安定). [右] P-L relation (四角 - 周期変動を示すメタノールメーザー).

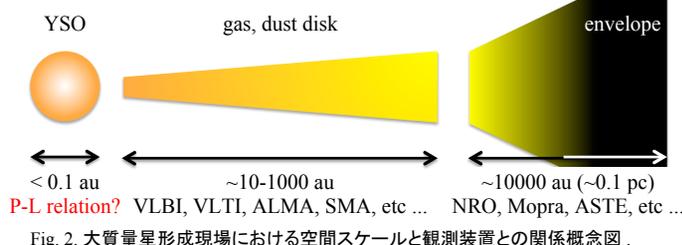


Fig. 2. 大質量星形成現場における空間スケールと観測装置との関係概念図.



Fig. 3. 日立 & 高萩 32-m 電波望遠鏡 (茨城大学 宇宙科学教育研究センター HP から引用)

◆目的

- ・周期的な強度変動は脈動不安定現象に起因しているか？
- ・P-L relation の観測面からの確立

◆単一鏡による長期的なモニタープロジェクト

- ・これまでは、母数 ~900 天体に対し、わずか ~60 天体のみ
- ・周期変動サンプルの劇的な増加が必要

◆ターゲット天体

- ・Dec > -30 deg な 384 天体 (過去のカatalog⁸⁾⁻¹³⁾ から選出)

Tab. 1. 観測パラメータ

電波望遠鏡	日立 32-m
期間 (on going)	2012/12 - 2014/01
頻度	9-10 days/source
ビームサイズ	~5 arcmin
周波数	6664-6672 MHz
偏波	LHCP
チャンネル分解能	0.044 km s ⁻¹
積分時間	5 min/source
検出感度 (3σ)	~0.9 Jy

◇データ解析

- 1) 周波数方向への積分強度変動プロットを作成
- 2) 周期変動の兆候が見られる天体を選出
- 3) 個別成分毎にピークフラックス密度の変動プロットを作成
- 4) 1 成分以上で 3 回以上の周期的な変動が見られた天体を“周期天体”と認定



新検出: 周期4天体!

⇒ 既存 2 天体を含め
検出率: ~1.5% (下限値)

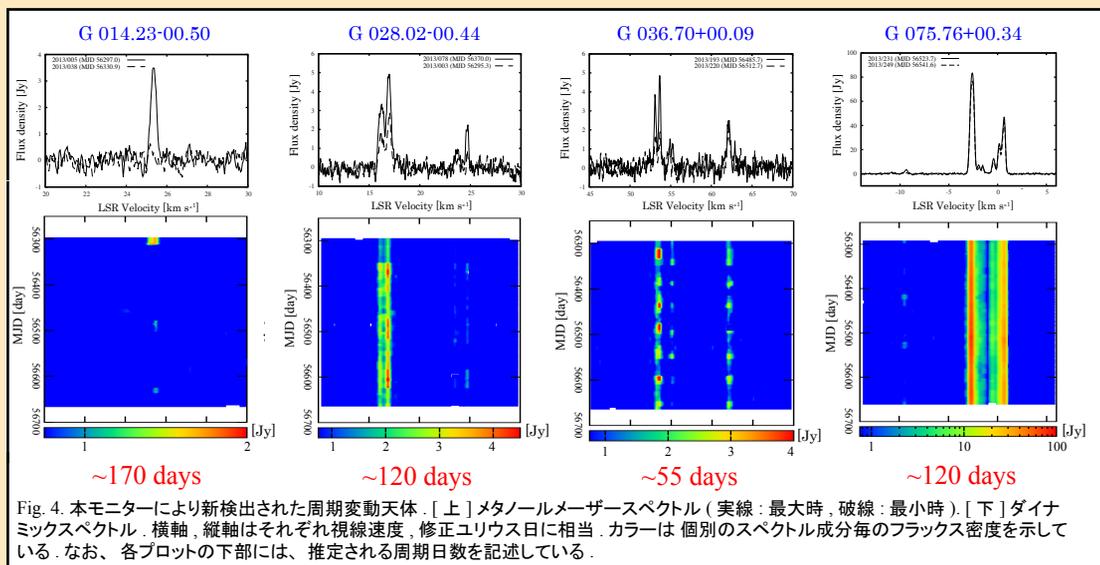


Fig. 4. 本モニターにより新検出された周期変動天体. [上] メタノールメーザースペクトル (実線: 最大時, 破線: 最小時). [下] ダイナミックスペクトル. 横軸, 縦軸はそれぞれ視線速度, 修正ユリウス日に相当. カラーは個別のスペクトル成分毎のフラックス密度を示している. なお, 各プロットの下部には, 推定される周期日数を記述している.

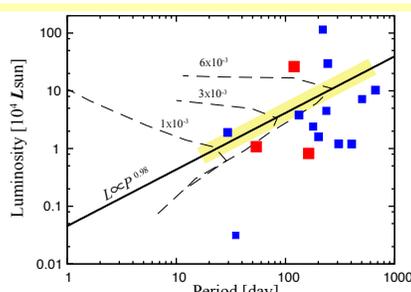
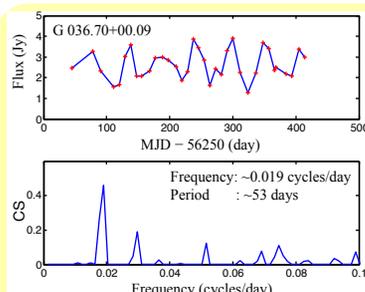


Fig. 5. [左] 圧縮センシングを用いた暫定的な周期解析結果. [右] 新検出天体を加えた P-L relation の最新版. 赤色の四角印が今回の新検出天体に相当. なお, G 028.02-00.44 には IRAS 点源が未付随であったため未使用.

◆経過状況

◎ 周期解析 (Fig. 5, 左)

- ・“**圧縮センシング**”を用いた周期解析を目下試験中
- ・通常の 0 padding による FFT よりも高精度な周期解析を実現

◎ P-L relation を随時改訂中

- ・従来の P-L relation と矛盾なさそう
- ・より多くの周期変動天体を求む

Reference

- 1) Goedhart et al. 2003, MNRAS, 339, L33
- 2) Goedhart et al. 2004, MNRAS, 355, 553
- 3) Goedhart et al. 2009, MNRAS, 398, 995
- 4) Araya et al. 2010, ApJ, 717, L133
- 5) Szymczak et al. 2011, A&A, 531, L3
- 6) Fujisawa et al. 2014, PASJ, tmp, 67
- 7) Inayoshi et al. 2013, ApJ, 769, L20
- 8) Pestalozzi et al. 2005, A&A, 432, 737
- 9) Xu et al. 2009, A&A, 507, 1117
- 10) Caswell et al. 2010, MNRAS, 404, 1029
- 11) Green et al. 2010, MNRAS, 409, 913
- 12) Pandian et al. 2011, ApJ, 730, 55
- 13) Green et al. 2012, MNRAS, 425, 1504