

茨城32-mによるメタノールメーザーの 長期・高頻度モニター観測

杉山 孝一郎^{1,2}

(1:国立天文台、2:茨城大学)

共同研究者: 米倉覚則, 齋藤悠, スンカンロウ, 青木健悟, 山口貴大, 石川果奈, 會川航平, 大島理穂, 齋藤偉, 百瀬宗武 (茨城大学), 元木業人, 藤沢健太 (山口大学), 秋田谷洋 (埼玉大学), 本間希樹, 内山瑞穂, 廣田朋也 (国立天文台)

茨城32-m x 2台を用いた観測研究

- 日立32-mを用い、計 **442** 個の 6.7 GHz メタノールメーザー天体を対象とした長期的かつ高頻度な強度変動モニター

【機関報告】スン; 【**周期**】**杉山**, 山口; 【**突発**】青木; 【**野辺山**】石川

- 日立・高萩32-m x 2台による 2素子干渉計

【システム立ち上げ】大島

- 大学VLBI連携観測

【**周期変動天体のVLBI**】會川, 【**少数基線VLBI**】齋藤(偉)

茨城32-m メタノールモニター

1. 日立32-mによるモニター観測

大質量星周囲における周期的な強度変動

□ 6.7 GHz メーザーの周期変動

- 既知: 20 天体 (e.g., Goedhart+ 04)
- 周期: 30–670日
- 変動傾向: 連続的 / 間欠的
- 全速度成分間で同期, 多数

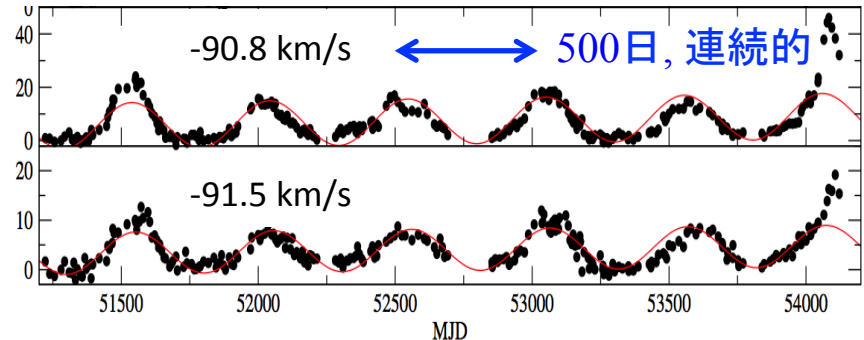
共通の励起源の変動現象に起因?

□ 脈動不安定モデルに着目

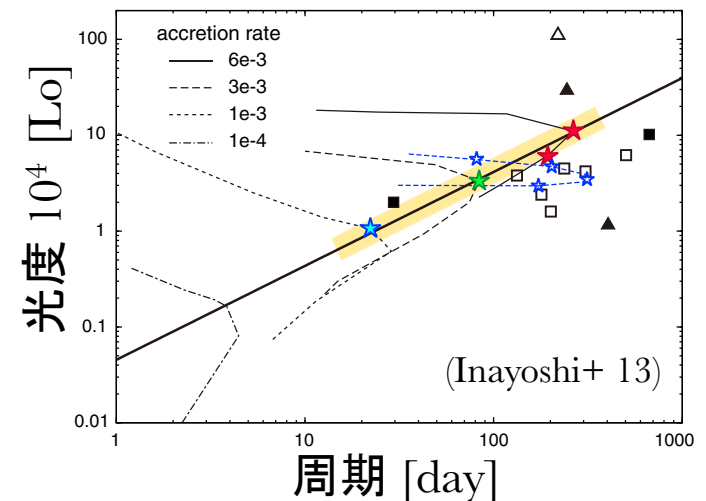
(Inayoshi+ 13)

- ZAMS直前の ~ 1000 年 滞在
- 大降着率下で成長: $\geq 10^{-3}$ Mo/yr
- 周期-光度関係 (P-L relation) を予言

原始星表面の物理パラメータへ迫る!



周期変動を示すメタノールメーザー天体:
G 331.13-00.24, 連続的変動 (Goedhart+ 07)



日立32-mによる長期・高頻度モニター

【第1シーズン】 2012/12/30 – 2014/01/10

【第2シーズン】 2014/05/07 – 2015/08/24

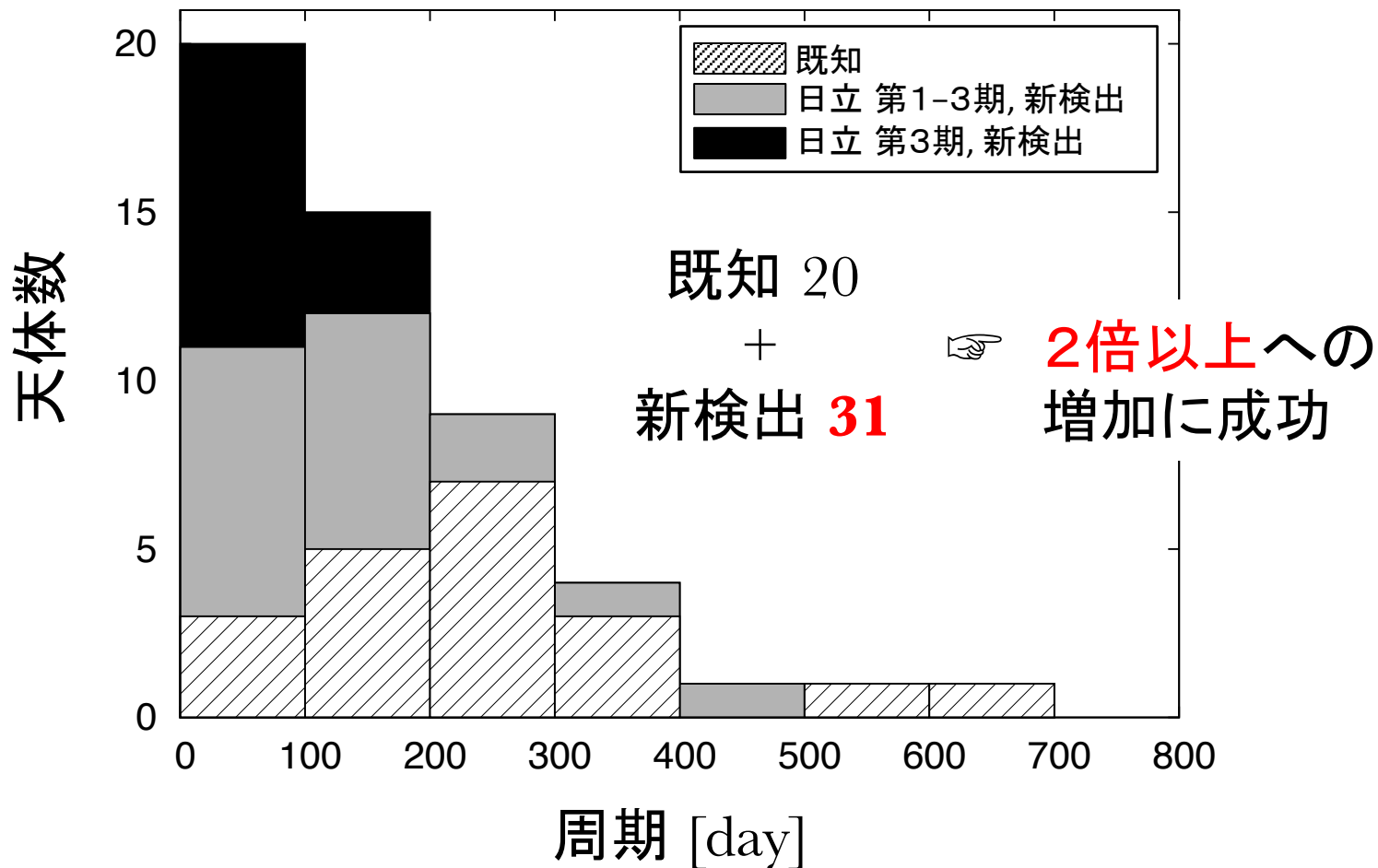
- 天体数：442, 頻度：**9–10日/天体**
- 狙い：50–200日周期天体の検出

【第3シーズン】 2015/09/18 – 2017/03/14

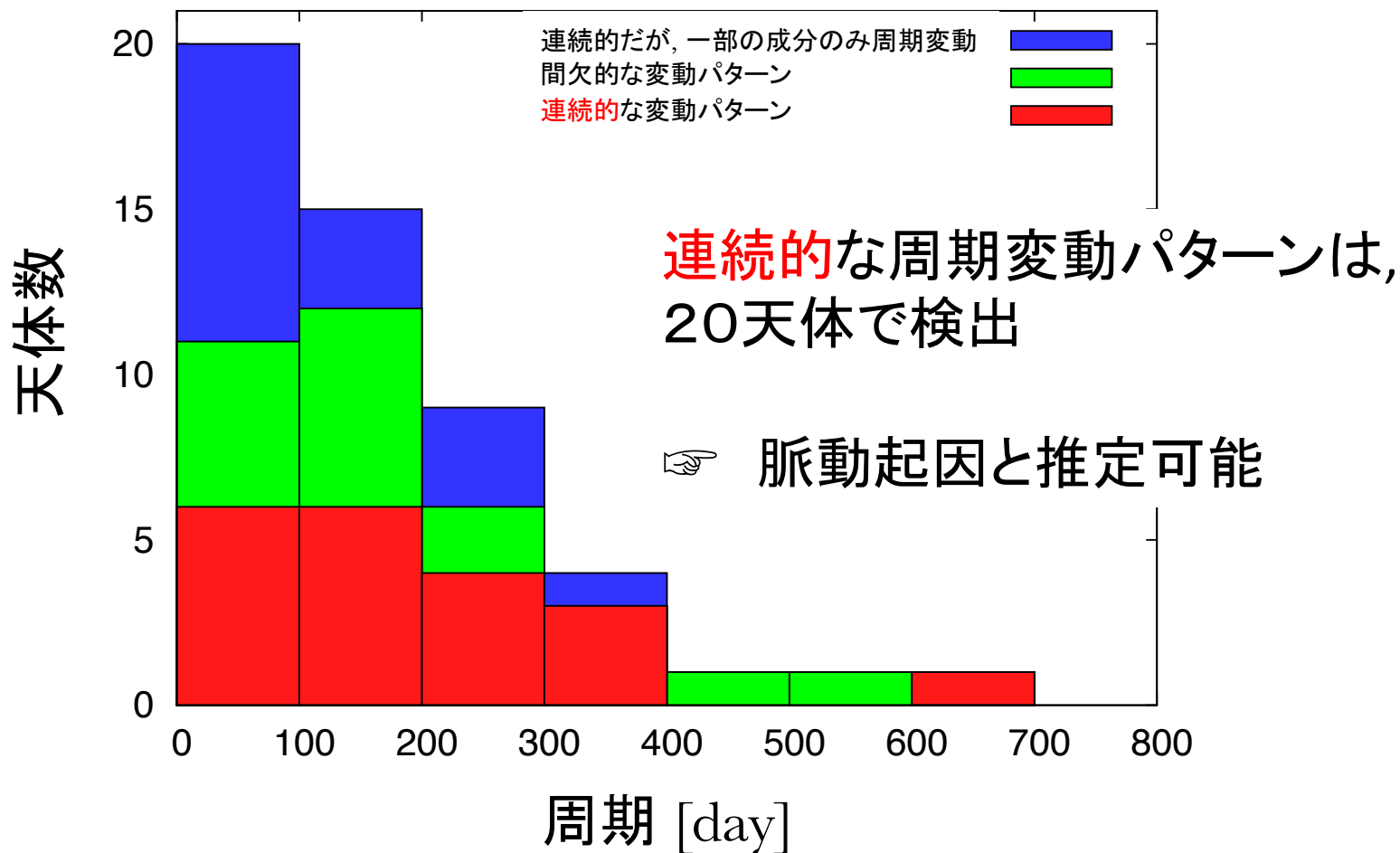
- 天体数：143, 頻度：**4–5日/天体**
- 狙い：30日未満の短周期天体 検出

【第4シーズン】 2017/06/14 – 継続中

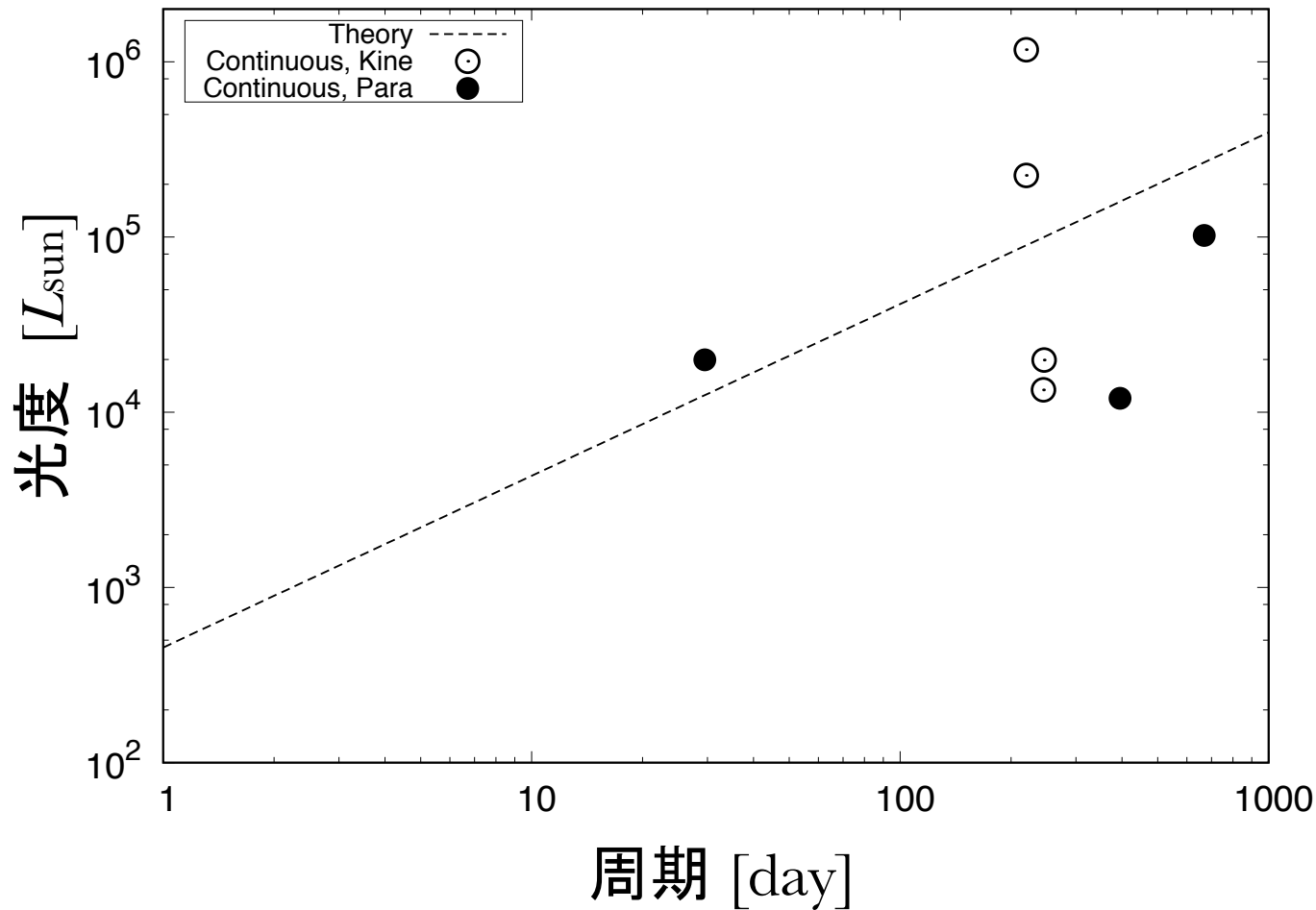
新検出、およびサンプルの倍増化に成功



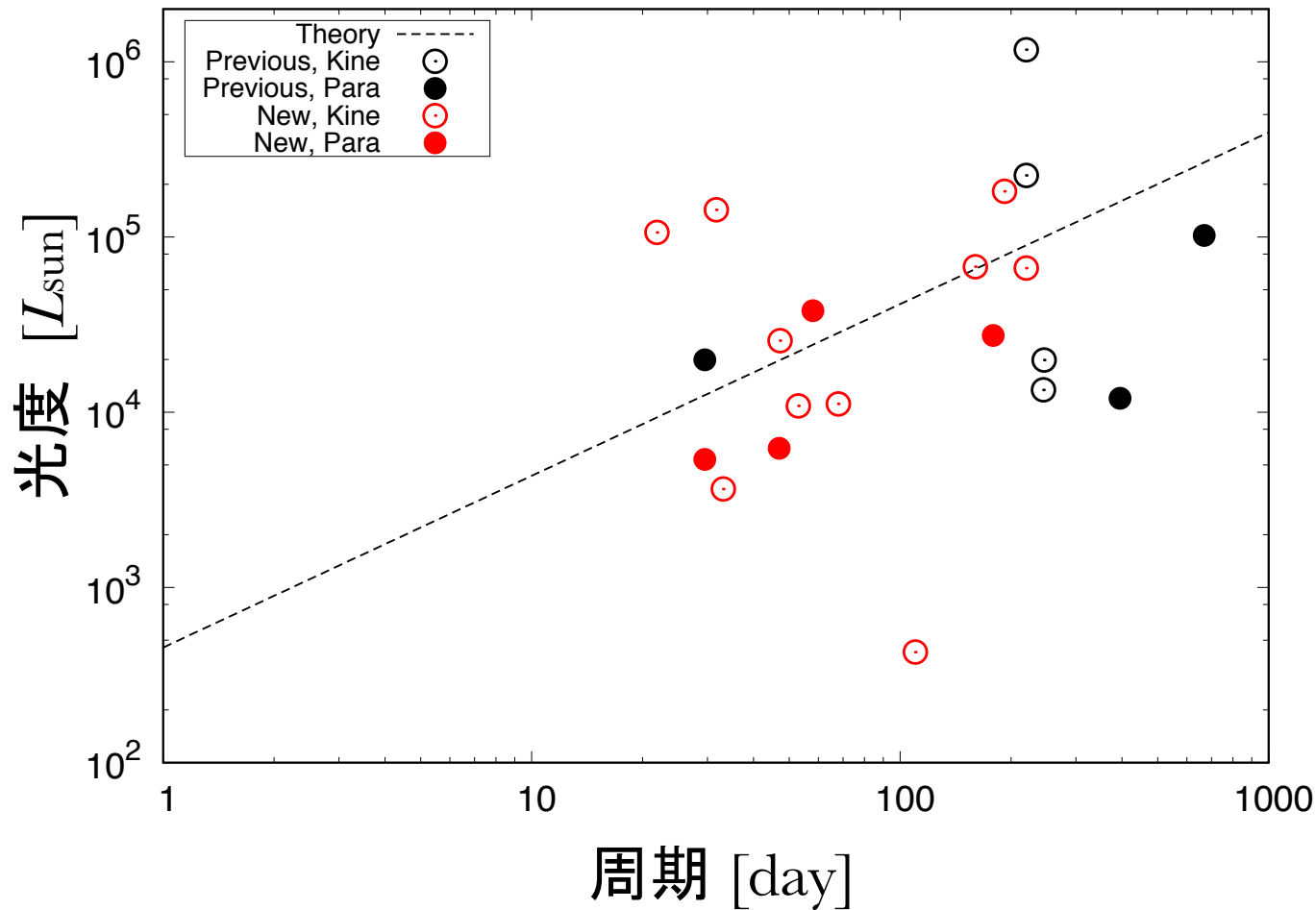
変動パターンで分類した周期ヒストグラム



P-L relation : 既知のみ



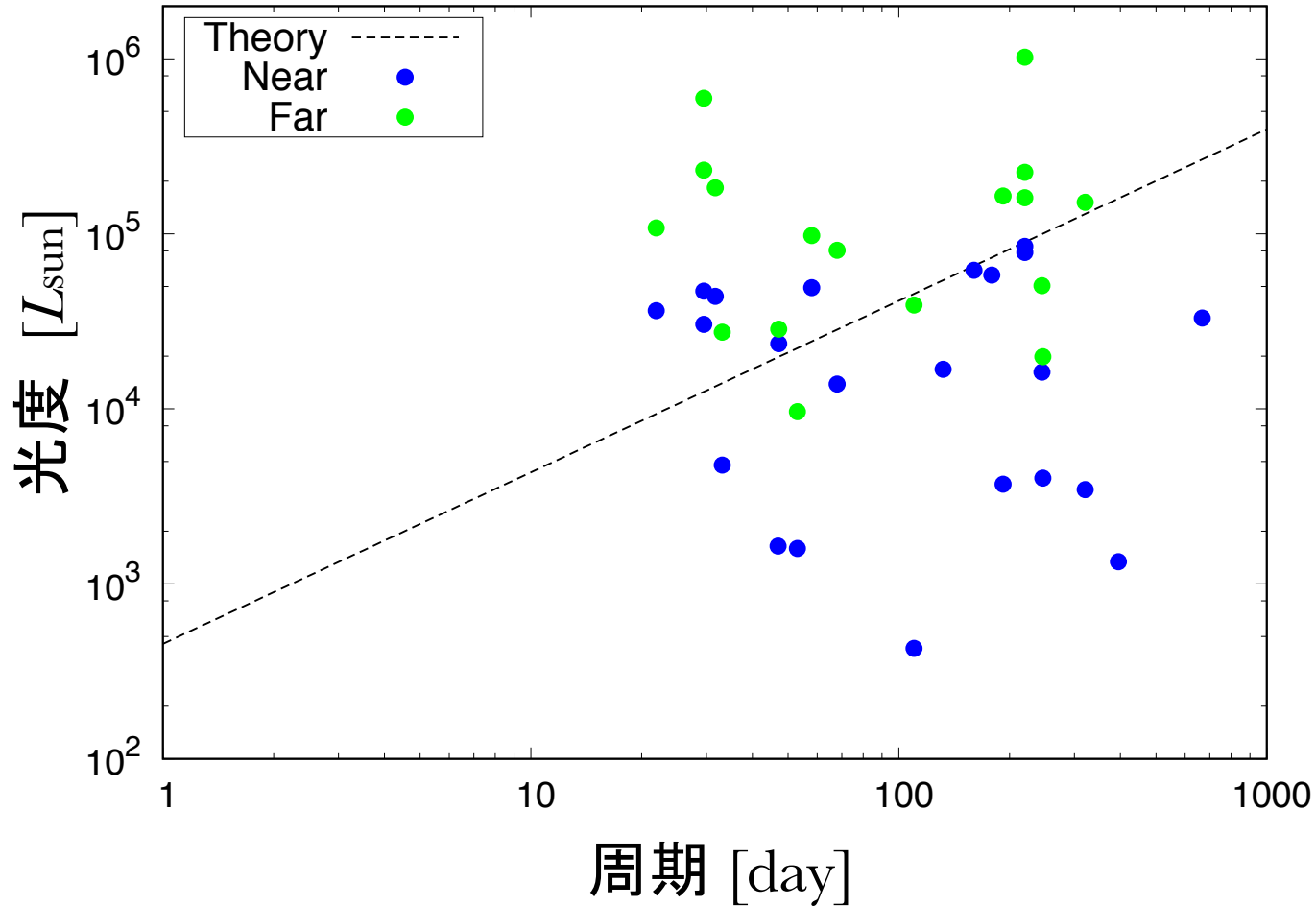
P-L relation : 既知 + 新検出



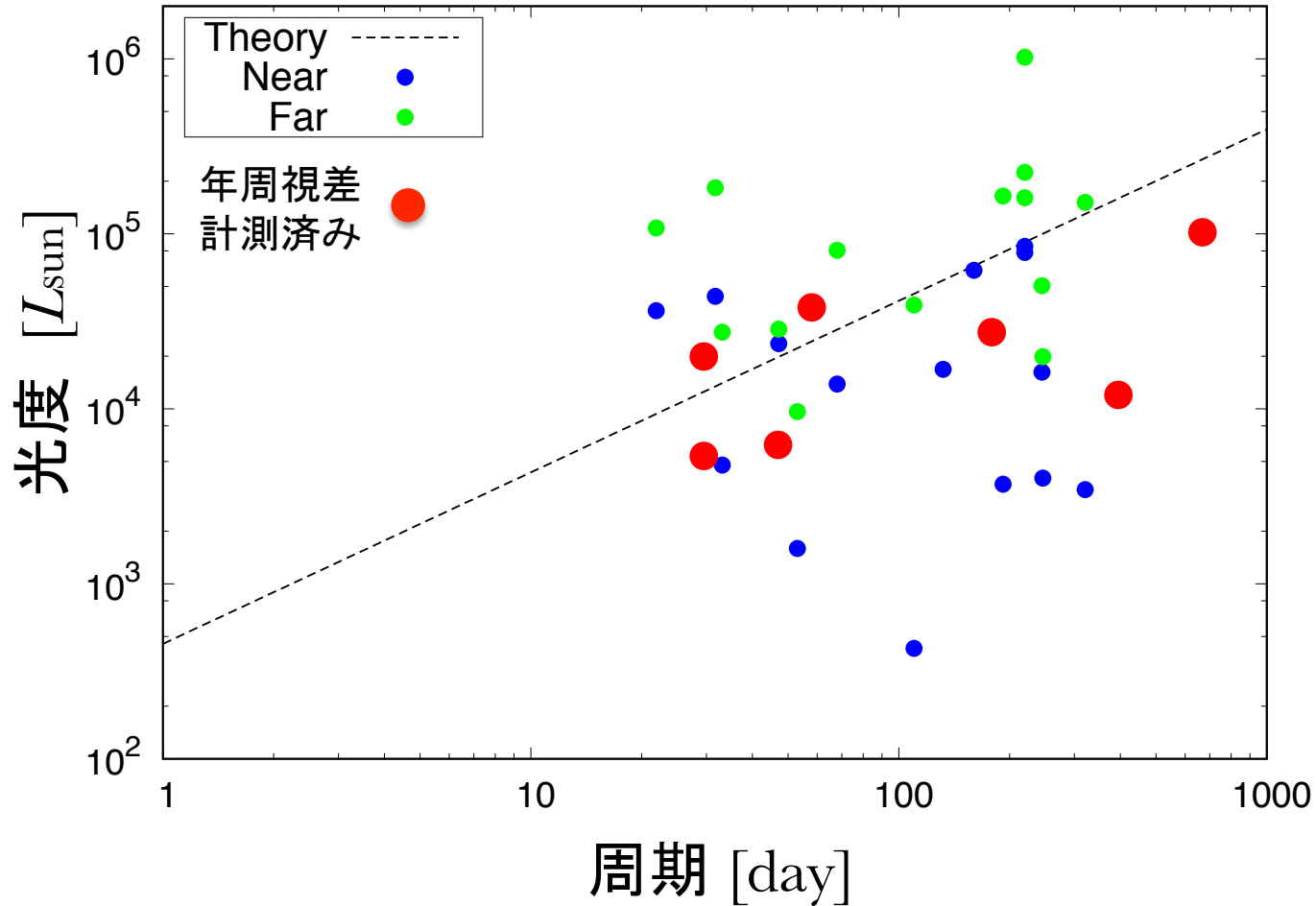
茨城32-m メタノールモニター

2. 周期天体の年周視差計測

年周視差計測の必要性



年周視差計測の必要性



周期天体に対する年周視差計測

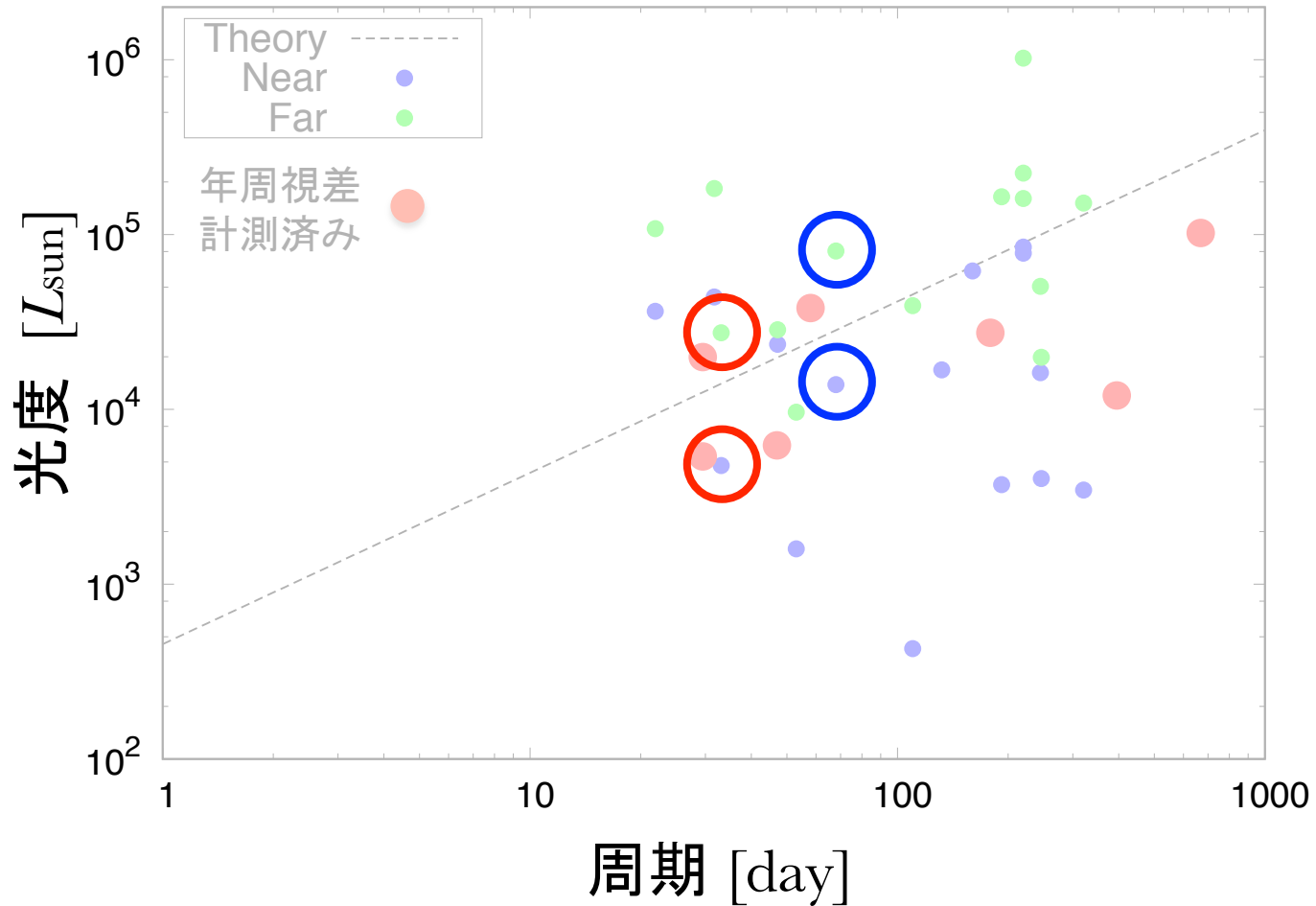
□ VERA 共同利用 : 17A-124

- 年周視差計測の実績豊富な 水メーザーを活用
- 水メーザー源の絶対座標が干渉計精度で決まっており、かつメタノール源と 0.1 pc 以内で一致
- **G 035.79-00.17** (2017B まで継続) & 036.70+00.09

□ VERA 内部プロジェクト観測

- 選出条件を少し緩く設定
 - 水メーザー位置精度が単一鏡精度でもOK
 - 水メーザー非検出の場合も、VERA 単一モニターリストに追加
- 計 8 天体を選出
- フリンジチェックを通過した **G 037.47-00.11** から開始

VERAによる年周視差計測



VERA共同利用 : G 035.79-00.17

Epoch	コード	関連処理	位相補償	備考
エポック1 (2017/02)	R17036B	○	○	水沢 雪 (前半5時間)
	R17047C	○	X	入来 悪天候 (終日) 石垣 運用ミス (前半4時間)
エポック2 (2017/04)	R17105B	○	○	
	R17124C	○	○	
エポック3 (2017/06)	R17160B	○	X	石垣 スケジュールのハングアップ (最後1時間)
	R17161B	○	○	
エポック4 (2017/10)	R17286B	○	X	
エポック5 (2017/12)	R17349A			

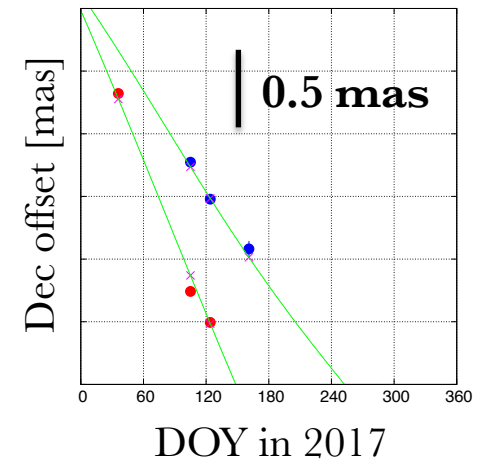
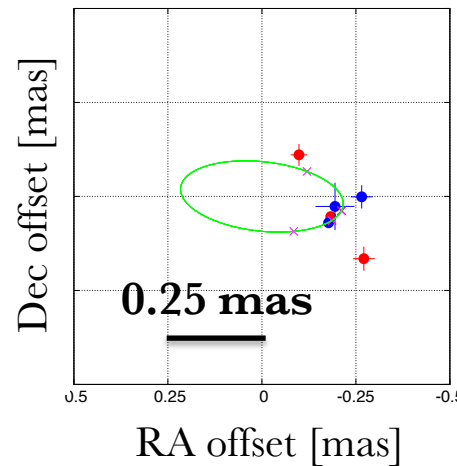
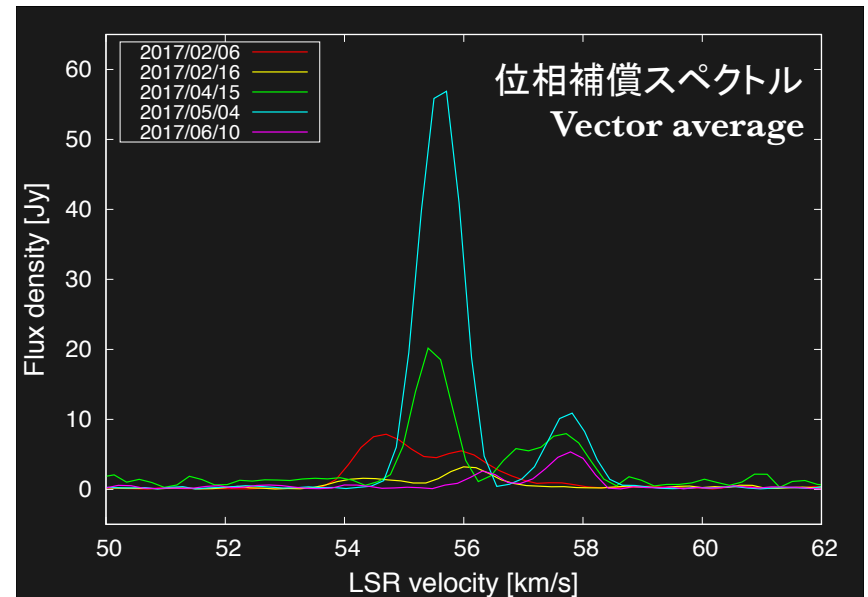
VERA共同利用 : G 035.79-00.17

□ 計4回分データで 2スポットの位相補償に成功

- それぞれ 3エポック分ずつ
- 肝心のエポック4 (2017/10) で位相補償に失敗...
- エポック5 (2017/12) に期待

□ 現状 : 視差解 求まらず

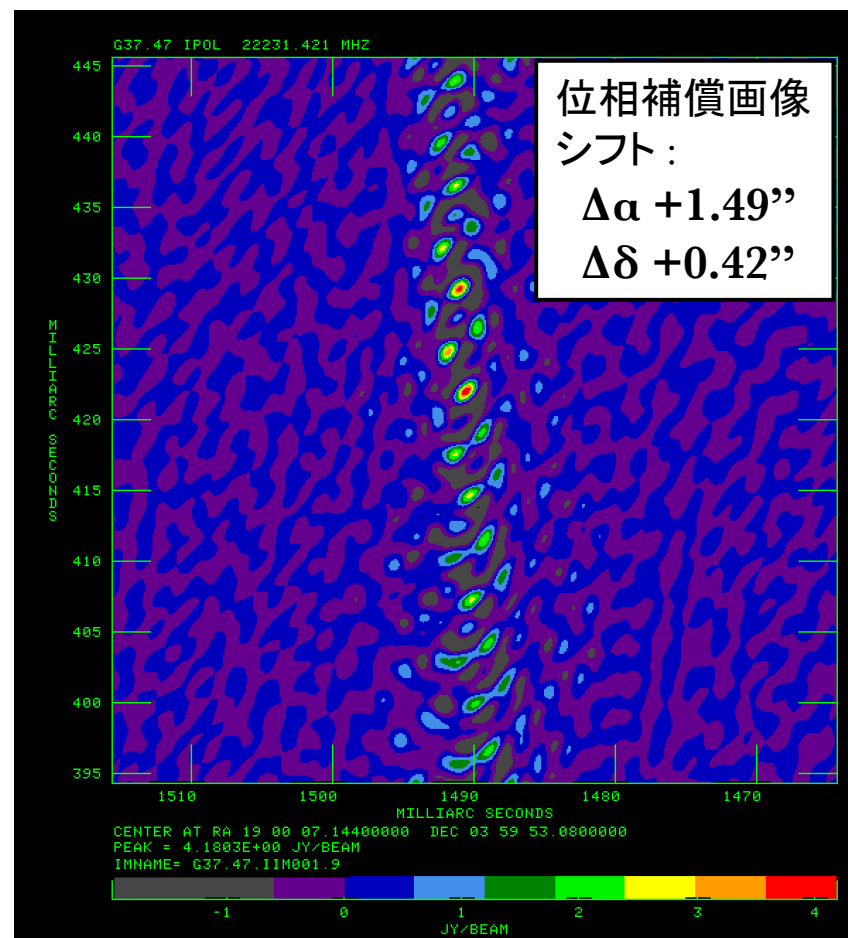
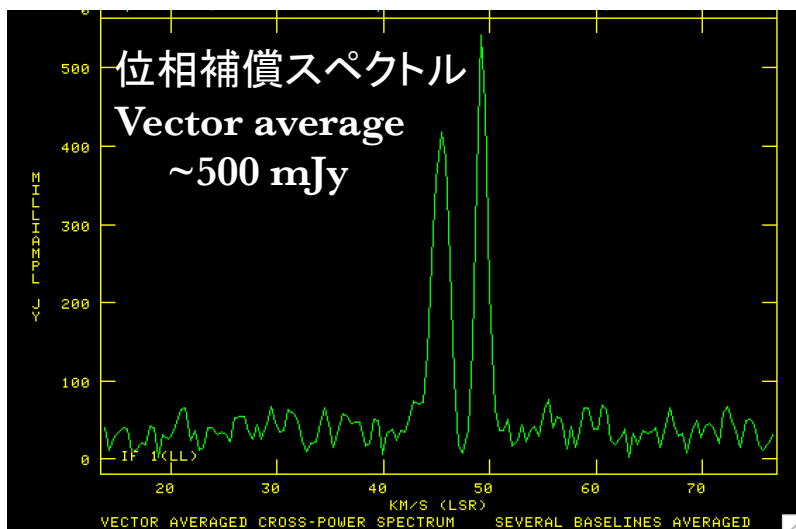
- 視差楕円 半径 ~ 0.25 mas
- **Near**/far = **4.0**/9.6 kpc ?



VERA内部 : G 037.47-00.11

□ 2017/11 から開始

- エポック1 : R17331A
- 相関処理 : 12/21完了
- 位相補償に成功



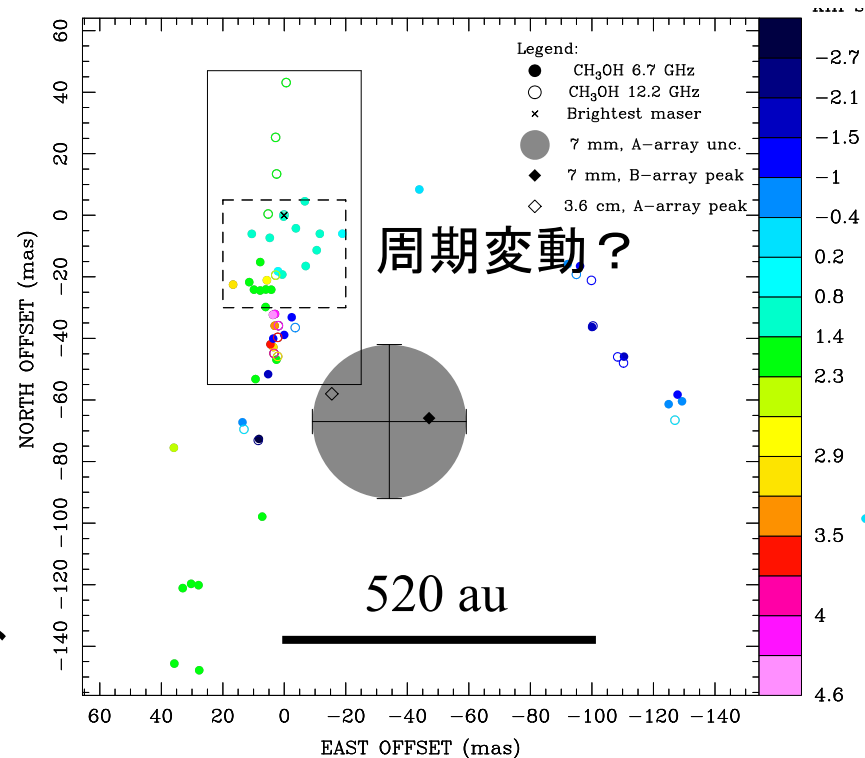
茨城32-m メタノールモニター

3. 大学VLBI連携への発展

JVN/EAVN への発展

□ 周期の山・谷に合わせたマルチエポックVLBI観測

- 1ショットでは視線速度ベースで周期変動成分を特定せざるをえない
- メーザースポットベースで真の周期変動成分を同定したい
- 空間スケールも特定可能に
- 領域全体が増光 or 局在した領域のみが増光、などの分類により、**周期変動メカニズムに制限**

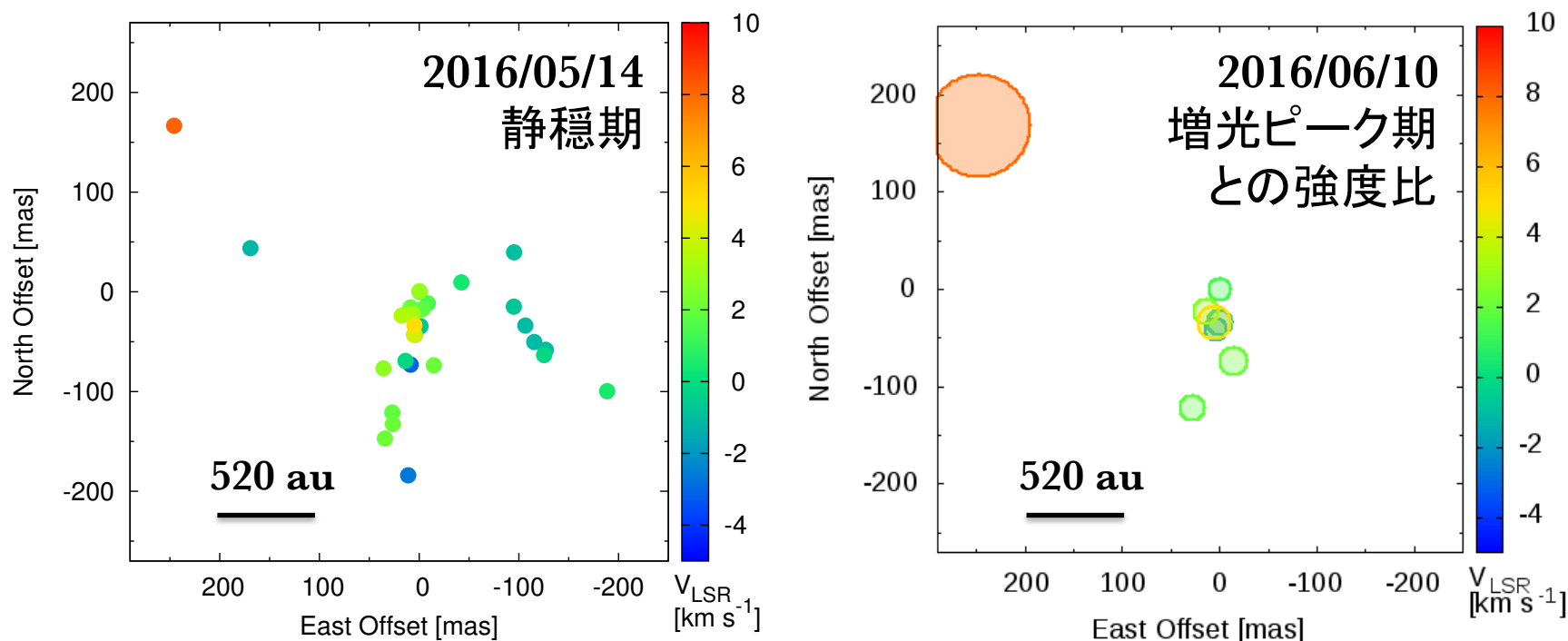


□ 過去のデータとの比較ではなく、合成ビームを統一した新たな観測が必要

6.7 (●) and 12.2 GHz (○) メタノールメーザーの空間分布 in G 009.62+00.20E (Sanna+ 15). 破線の囲いは強度変動を生じていると期待される成分。

JVNによる周期天体 G 009.62 の観測例

(佐藤宏樹 2016年度修士論文 @茨城大学)



真に周期変動しているメーザー成分の同定、
および空間スケール特定の可能性を示唆

JVNによる系統的なVLBIサーベイ

(PI: Yonekura et al., 採択済み)

□ 周期変動の山・谷に合わせたマルチエポック VLBIサーベイ

- 計 11 天体を観測対象
- マップの比較による、スポットベースでの周期変動成分、及び空間スケールの同定
- 領域全体が増光 or 局在した領域のみが増光などの分類により、周期変動メカニズムに制限

□ 2018年初頭から開始の見込み

M2O : Maser Monitoring Organization

(リーダー : G. MacLeod & S. Goedhart)

□ 発足: 2017年 9月7日 に イタリア IAU Symp. 336 にて

□ 目的:

- 世界に点在する単一鏡メーザーモニターを主とする個々の研究グループ・電波望遠鏡で共同し、多経度・高頻度なモニターを実現する
- 共同局からのメーザーフレア アラートを受け、他のメーザー種、時間帯、での強度モニターをいち早く開始する (ATel より早く速報を受信)

□ 参加国: 現 14ヶ国

- Australia, Canada, China, France, Italy, **Japan**, Korea, Latvia, Poland, Russia, South Africa, Thailand, Ukraine, USA



ATel # 10728 (Volvach et al.)

H₂O Maser Burst in G25.65+1.05

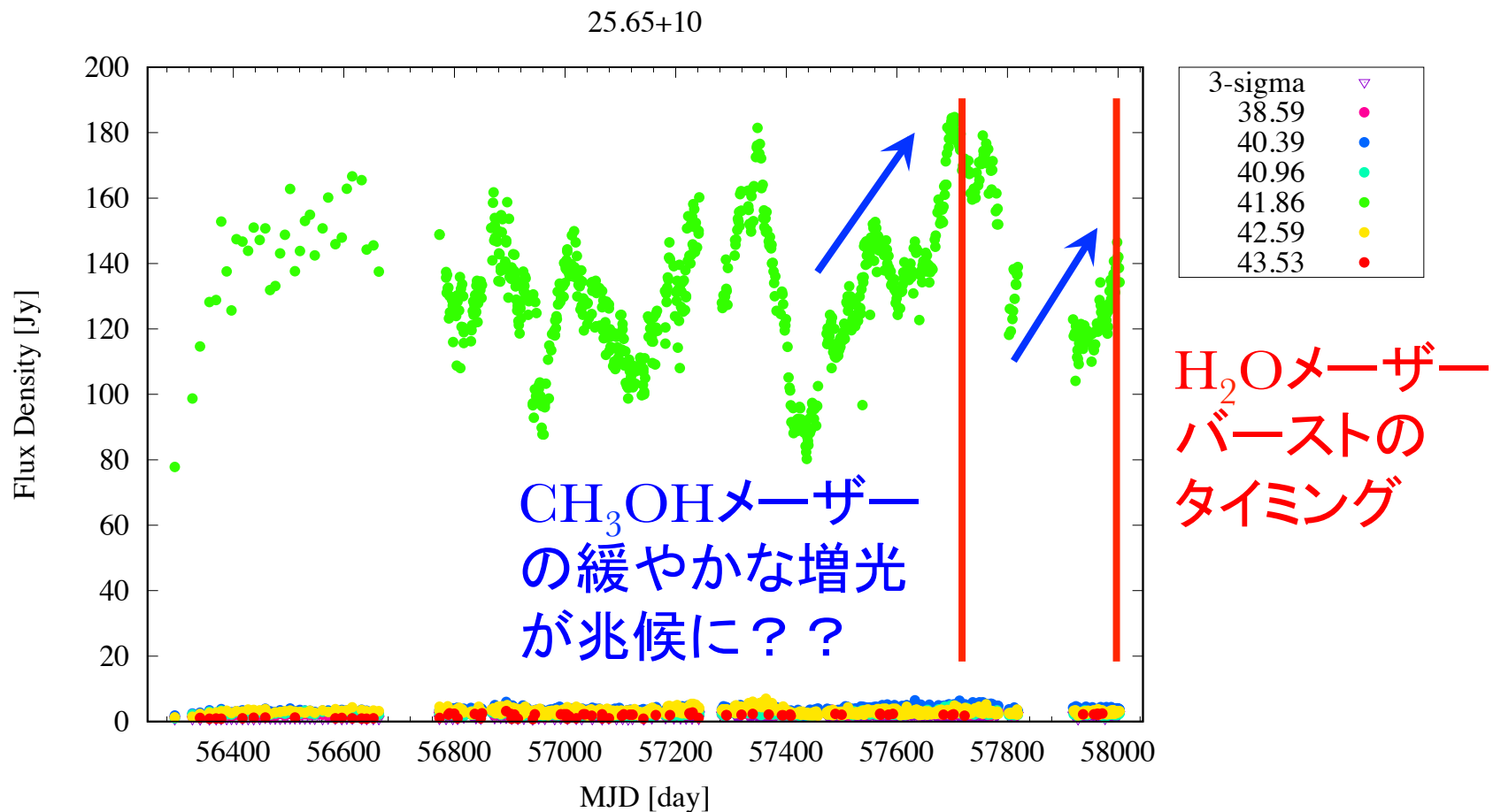
Bursting activities with Simeiz RT-22 !!

- 2017/08/10 : 620 Jy
- 2017/08/21 : 840 Jy
- 2017/08/25 : 813 Jy
- 2017/08/27 : 1,400 – 2,500 Jy
- 2017/09/07 ; 17,000 Jy

IAU Symp. 336 の会場にていち早く情報共有

ATel # 10757 (Sugiyama et al.)

CH₃OH moderate rises in G25.65



日立32-m の 2013/01/02 からのモニターで得られた
6.7 GHz メタノールメーザーの強度変動プロット

大学VLBI連携に期待されること

- M2Oメーリングリストによる密なやり取り
- EVN/KaVA/VLBA によるフォローアップ
 - PI: R. A. Burns / T. Hirota / G. Orosz
 - 22 GHz H₂O & 44 GHz CH₃OH masers
- 第1回オンライン会議 by R. A. Burns (2017/12/13)
 - 各観測の進捗報告 と 今後の情報共有体制
 - JVN/EAVN : 6.7 GHz メタノールメーザーのフォローアップVLBI観測に期待。ToOは可能??

茨城32-m メタノールモニター

4. MATOME

まとめ

- 日立32-mモニター：第4シーズン 2017/06/14 ~
- 年周視差計測
 - VERA共同利用 17A-124：G 035.79-00.17 継続中, 4 kpc ?
 - VERA内部プロジェクト：G 037.47-00.11 エポック1 成功
- 大学VLBI連携への発展
 - JVN/EAVN による周期変動の山・谷に合わせたマルチエポックVLBIサーベイ (PI: Yonekura et al.)
 - M2O コラボにおける、6.7 GHz メタノールメーザーのJVNフォローアップ ToO観測の可能性を今後検討.