

# 大質量星形成領域G 032.04+00.05の

## 6.7 GHzメタノールレーザーを用いたVLBI観測による内部固有運動の計測

会川航平 百瀬宗武 米倉覚則 佐藤公紀 (茨城大学) 杉山孝一郎 (国立天文台)

### 1. 研究背景

大質量星は表面温度が高く紫外線を多く放射するため周囲のガスを電離・加熱する。また、進化の最期に超新星爆発を起こし周囲に膨大なエネルギーと重元素を生成・供給するため、物理的・化学的に星間空間や銀河の進化に大きな影響を与える。したがって銀河規模での現象の理解には形成過程の解明が必要となる。しかし、中小質量星の形成過程と比べ、大質量原始星は遠方にある(>1 kpc)こと、その周囲を高密度な星間物質が覆われていることなどから、観測が困難であり、その形成過程の理解も不十分なものとなっている。大質量星形成領域では原始星近傍から様々な種類のレーザーが確認されている。なかでも6.7 GHzメタノールレーザーは大質量星形成領域のみに付随し、周期的・突発的といった特徴的な強度変動を示す天体が観測されている。この変動メカニズムは脈動モデル(Inayoshi et al. 2013)やCWBモデル(van der Walt 2011)、スパイラルショックモデル(Parfenov&Sobolev 2014)等複数考案されており、その切り分けを行うために空間分布の取得や固有運動の計測が必要となる。

### 2. 天体 G 032.04+00.05

#### 天体選出条件

選出元 2016/12/7時点で周期変動が検出されているメタノールレーザー天体

1. EAVN (東アジアVLBI観測網) による複数エポックのVLBIマップが存在(Fujisawa et al. 2014)
2. 周期変動の極大期もしくは極小期に近い周期におけるマップに相当する天体
3. 変動周期が短く、かつ先行研究よりクラスターが2つのペア状に形成され、一方が強度変動しもう一方が変動しないという特徴を示す

↓ 1,2より以下4天体を選出 (表1)

天体名	周期	天体名	周期
G 006.18-00.35	179日	G 012.88+00.48	29.5日
G 25.82-00.17	76日	G 032.04+00.05	58日

表1 条件1,2より選出された4天体 (G 012.88+00.48 は茨城大学M1佐藤さんが解析中)

Infrared dark cloud(IRDC) G 031.97+00.07 に付随 (図a)

先行研究 (Fujisawa et al. 2014)

座標: R.A. = 18<sup>h</sup>49<sup>m</sup>37<sup>s</sup>.3

Dec. = -00°45'47"

距離: 5.18 kpc (+0.22,-0.21) (Sato et al.2014)

主成分の視線速度:  $V_{\text{LSR}} = 92.8 \text{ km/s}$  (図b)

強度: 93 Jy

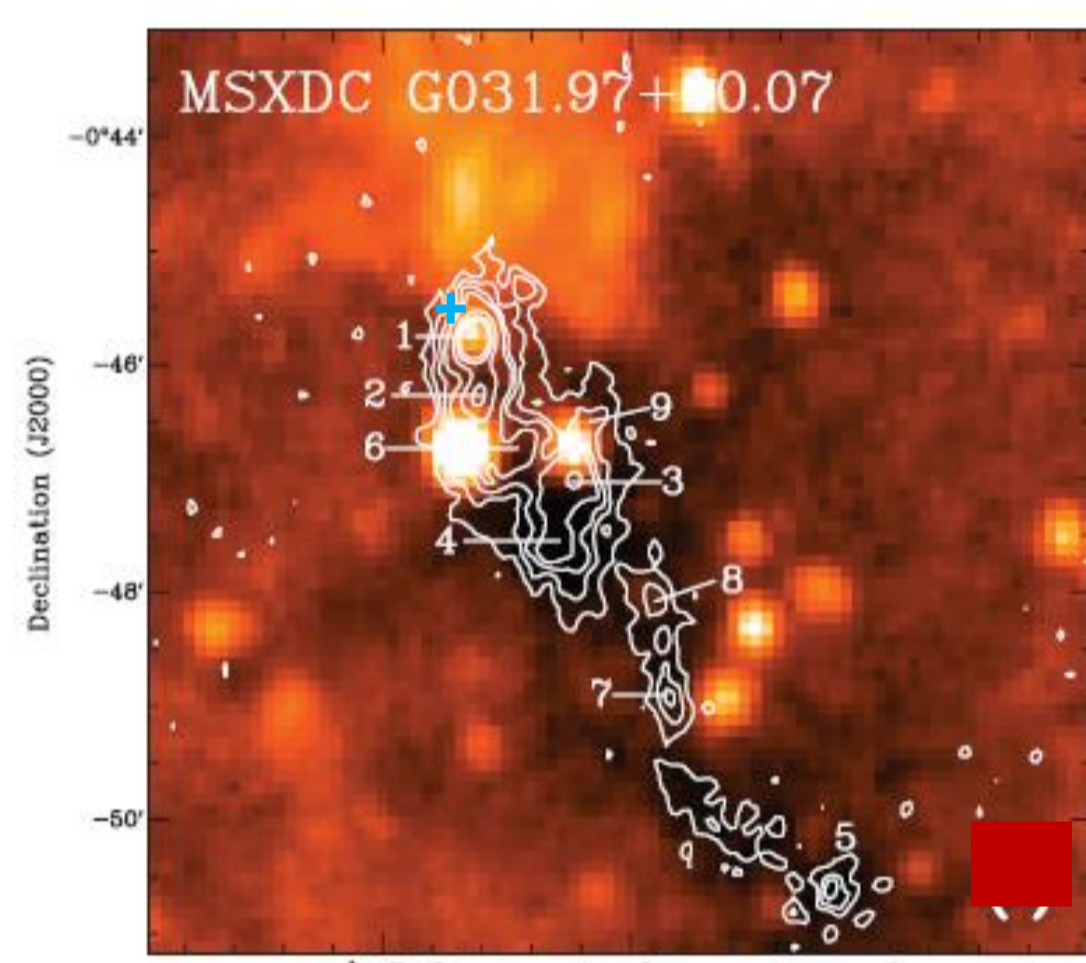
形状: ペア (1天体中にクラスターが

2つ存在する形状) (図c)

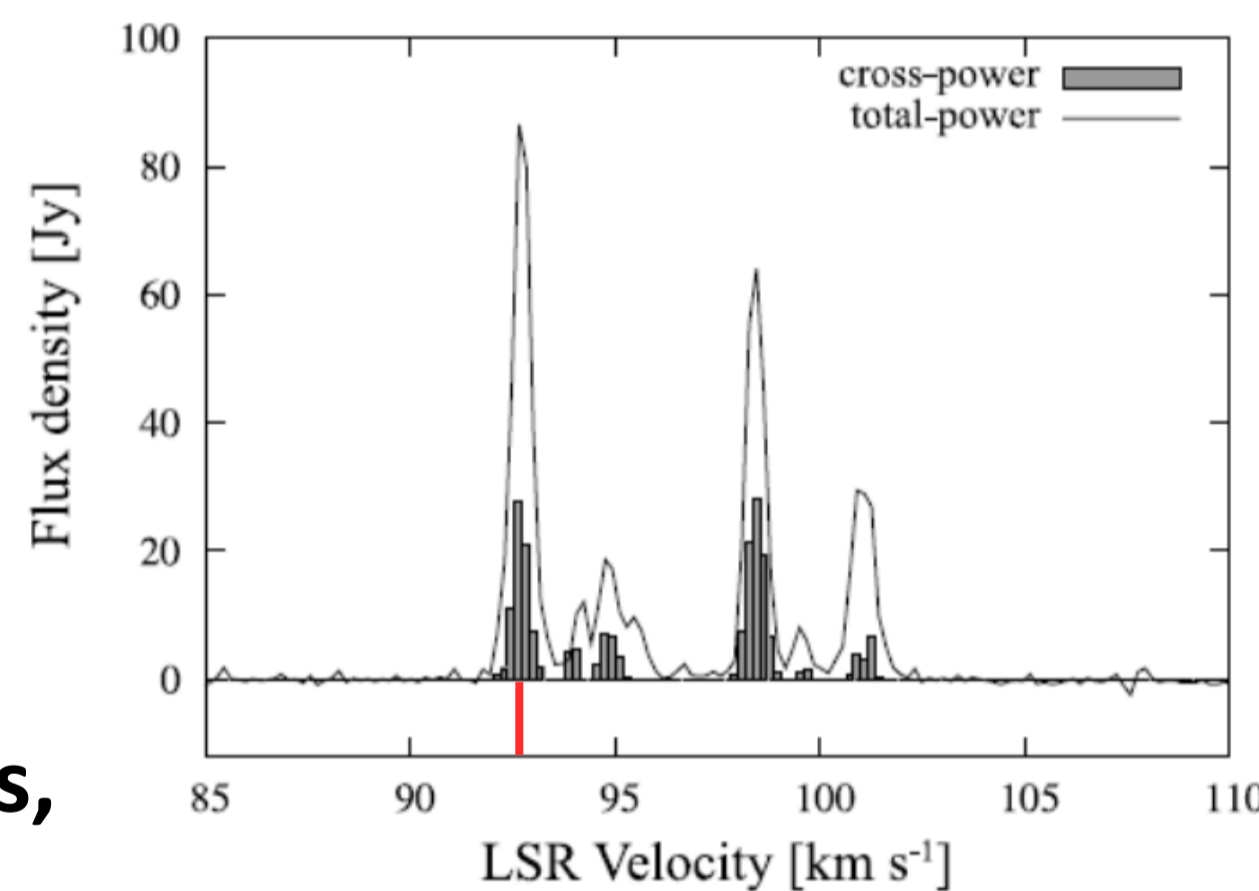
「日立モニター観測」

(計442天体を2012年12月から最高1日に1回の頻度で観測を行っている)

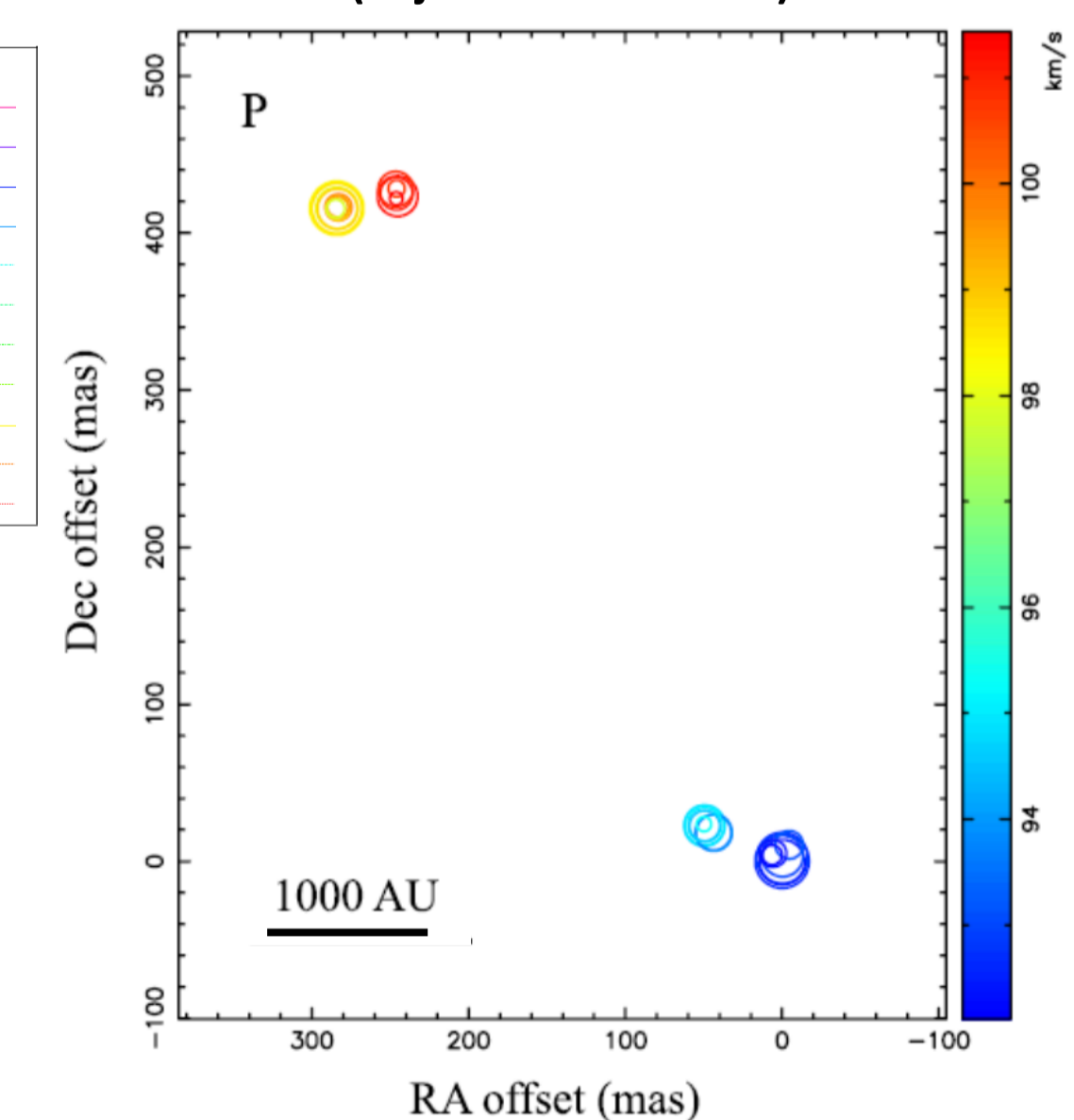
周期変動成分:  $V_{\text{LSR}} = 92.8 \text{ km/s}, 94.8 \text{ km/s}, 95.51 \text{ km/s}$  (58日),  $94.1 \text{ km/s}$  (56日)



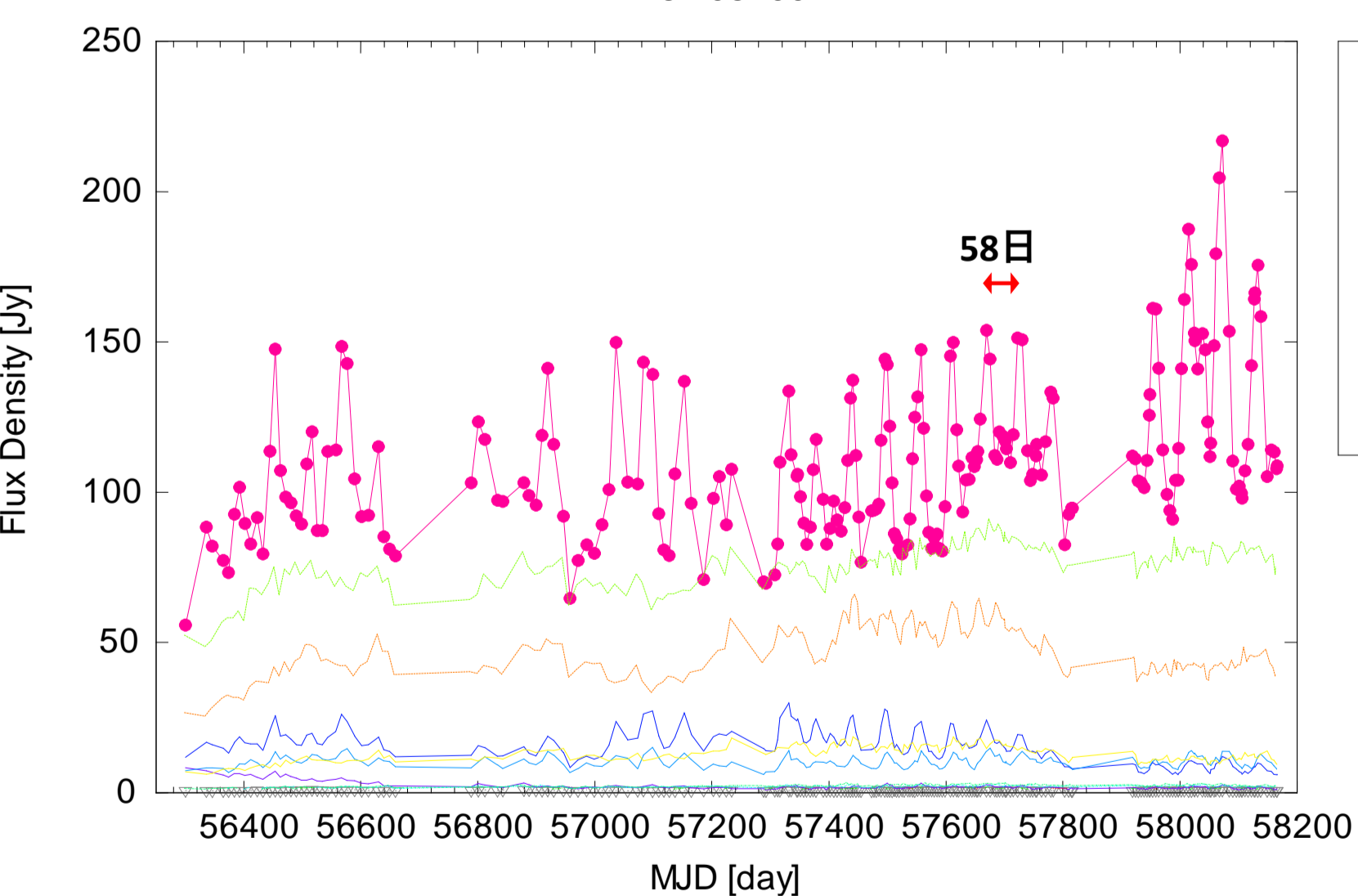
図a IRDC G 031.97+00.07 8 μm赤外線画像に1.2 mm連続波データのコンタを重ねた画像(Rathborne et al. 2006)を改変。図中の番号1-9は1.2 mm連続波放射のダストcoreを示す。追記した十字線付近にG 032.04が存在。



図b スペクトル図 赤線部が主成分 (Fujisawa et al. 2014)



図c メーザースポット図(Fujisawa et al. 2014)



図d 強度変動プロット (日立モニター観測)

### 3. 研究目的

- ・ 周期的な強度変動を示すレーザー成分の空間的な特定
- ・ 上記レーザースポットの内部固有運動の計測

レーザースポットの時間変化 (固有運動) を確認し、大質量星周囲のガス雲の運動の解明を目指す

6.7 GHzメタノールレーザーは数 au程度とコンパクトな領域から放射されることから高い空間分解能を持つVLBI観測が適している。(表2)

	空間分解能	距離5.18 kpcの天体で換算
単一鏡 (日立)	4.6 arcmin	1398600 au
VLBI (JVN)	5 mas	25.9 au

表2 単一鏡とVLBIの空間分解能比較

### 4. 観測諸元

期間: 2010年 8月30日から  
2013年10月30日 (4回観測)

使用アレイ: EAVN

周波数: 6.667 GHz - 6.671 GHz

分光点数: 1024点

(速度分解能 0.1757 km/s)

表3 推定されるピーク日と観測日の差

推定ピーク日 (前)	観測日 (MJD)	推定ピーク日 (後)
2010/08/01 差: 29日	2010/08/30 (55438)	2010/09/28 差: 29日
2011/09/11 差: 25日	2011/10/06 (55840)	2011/11/08 差: 33日
2012/08/24 差: 31日	2012/09/24 (56194)	2012/10/21 差: 30日
2013/10/04 差: 26日	2013/10/30 (56595)	2013/12/01 差: 32日

表3より観測日はどちらかといえば $V_{\text{LSR}} = 92.8 \text{ km/s}$ の静穏期と推測される

#### 表4 観測パラメータ

	1エポック目 2010/08/30	2エポック目 2011/10/06	3エポック目 2012/09/24	4エポック目 2013/10/30
観測局	VERA4局、日立局			
		(山口局)	(山口局) 上海局	(山口局) KVN蔚山局
総積分時間	00:59:36	00:59:28	00:59:26	00:59:34
雑音RMS (Jy/BEAM)	$1.4 \times 10^{-1}$	$3.5 \times 10^{-2}$	$3.5 \times 10^{-2}$	$4.3 \times 10^{-2}$
合成ビームサイズ	$5.45 \times 4.06 \text{ mas}^2$ ( $39 \times 29 \text{ au}^2$ )	$7.01 \times 3.15 \text{ mas}^2$ ( $50 \times 23 \text{ au}^2$ )	$6.54 \times 3.19 \text{ mas}^2$ ( $47 \times 23 \text{ au}^2$ )	$5.85 \times 5.15 \text{ mas}^2$ ( $42 \times 37 \text{ au}^2$ )
PA	-43.23°	-48.43°	-48.33°	27.88°

山口局のデータは使用できなかった (相関処理時の赤緯座標の符号が異なっていた可能性がある)

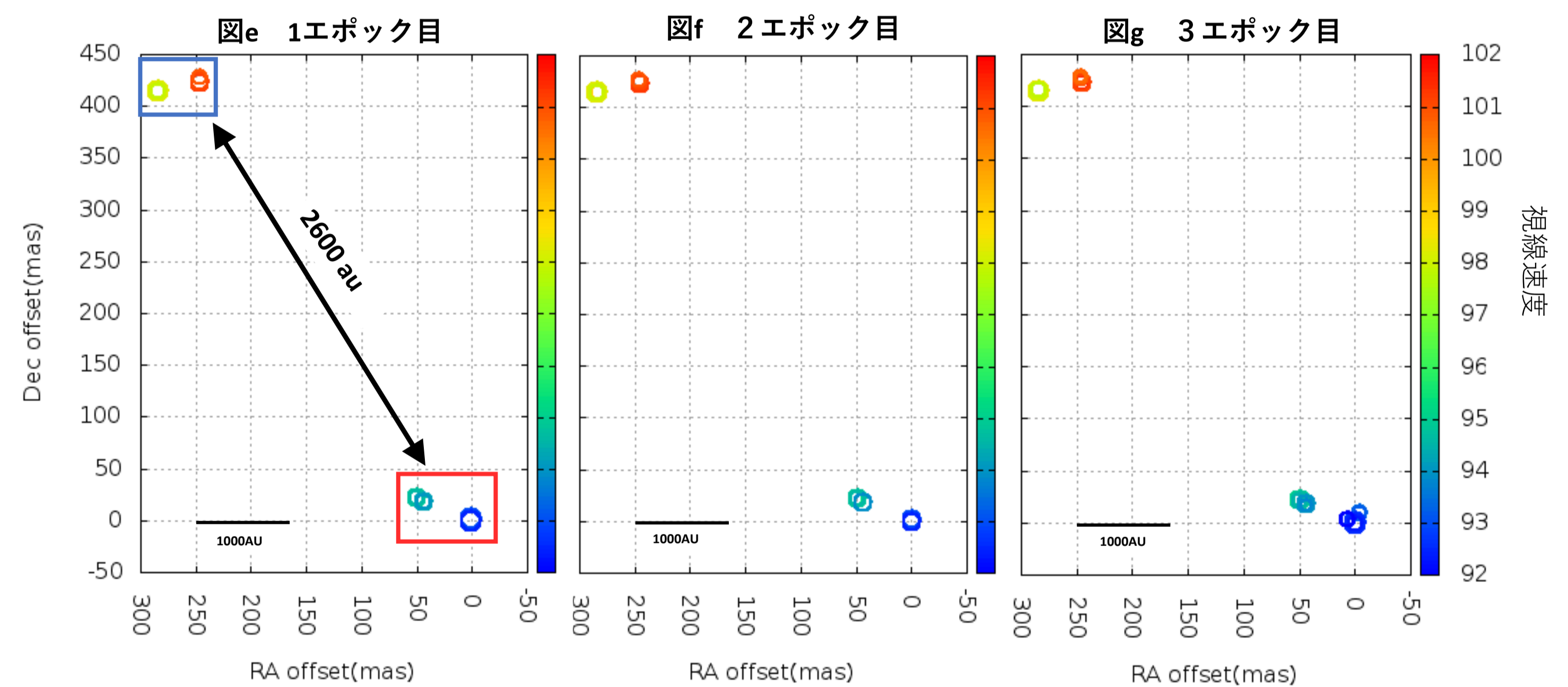
### 5. 結果

レーザー検出条件

- ・ 連続する2 CH以上で確認
- ・  $S/N \geq 5$

1CH毎に確認できた成分のパラメータを取得しエポック毎にプロット (図e-h)

- ・ 縦軸、横軸: 中心(R.A. = 18<sup>h</sup>49<sup>m</sup>37<sup>s</sup>.3, Dec. = -00°45'47")からの相対位置(mas)
- ・ 円の大きさ: メーザースポットの強度 (対数スケール)
- ・ 位置精度: 2.9 au (0.4 mas) 以下



1エポック目はFujisawa et al.(2014)で解析したデータ(図c)と同一のデータを改めて解析したもの

#### 1,2エポック目 (図e,f)

強度の強い成分については Fujisawa et al.(2014)の結果 (図c) と一致しているが、( $\Delta R.A., \Delta Dec.$ )=(5,5),(-5,10)付近の弱い成分が確認できていない。再度スポットの確認が必要。

#### 3エポック目 (図g)

Fujisawa et al.(2014)の結果 (図c) と一致している。

図e 赤枠内の成分と青枠内の成分がペアとなっている。日立モニター観測結果 (図d) より、赤枠の成分のみが周期変動を行い、青枠の成分は周期変動をしていないことがわかる

#### 4エポック目 (図h)

強度の強い2成分しか確認できなかった。較正でうまくいっていない箇所がある可能性があるため、再度較正を行いレーザースポットが見つかるか確認の必要がある

### 6. 今後

- ・ 1, 2エポック目のスポット位置の再確認
- ・ 4エポック目再解析
- ・ それぞれのスポットについて運動の測定

### 7. まとめ

目的: 大質量星形成領域G 32.04+00.50のVLBI観測によるレーザーの付随位置の確認  
レーザースポットの固有運動の測定

現状: 1-3エポック目解析済 (レーザースポットを再確認する必要あり)  
4エポック目再解析中

今後: メーザースポットの運動の確認