

星形成領域 IRAS 22198+6336 に付随する 6.7 GHz メタノール レーザーの強度変動の研究

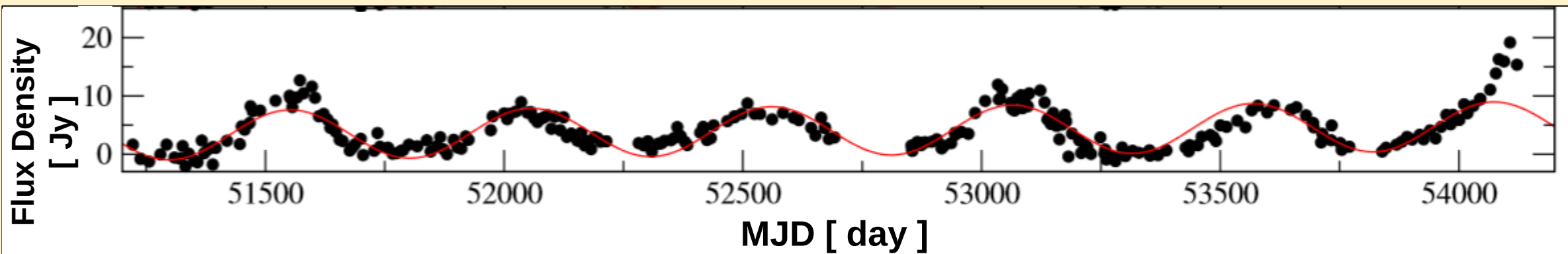
茨城大学 M2 宮本 祐輔

共同研究者 齋藤悠 杉山孝一郎 米倉覚則 百瀬宗武（茨城大学）

イントロダクション

6.7 GHz メタノールメーザー

- 大質量星 ($> 8 M_{\odot}$) の進化初期で出現
- 現在 20 天体が周期的な変動をする
- 周期変動を説明する主なモデル
 - 種光子の強度の周期的な変化 or 中心星の周期的な光度変動

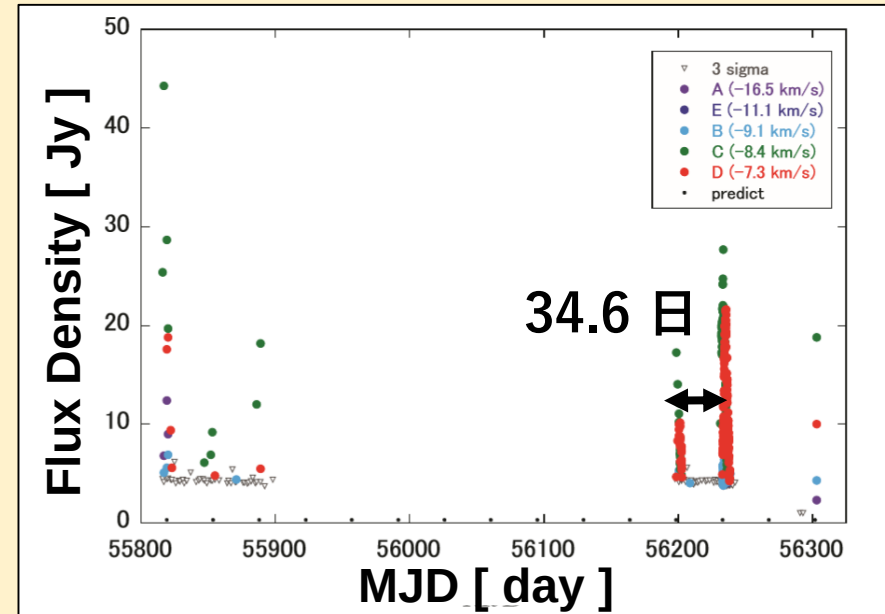
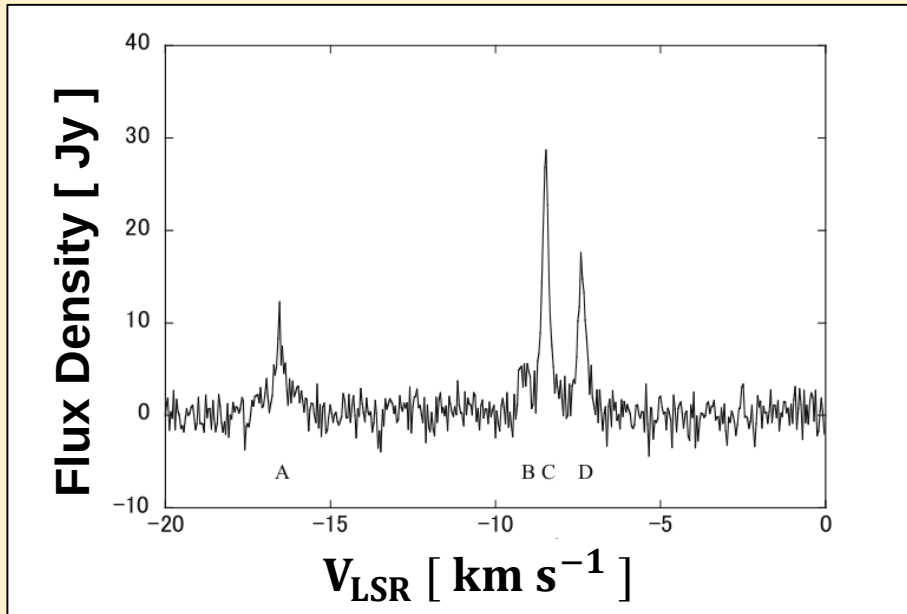


Goedhart et al. (2007) を一部改変

IRAS 22198+6336 の先行研究

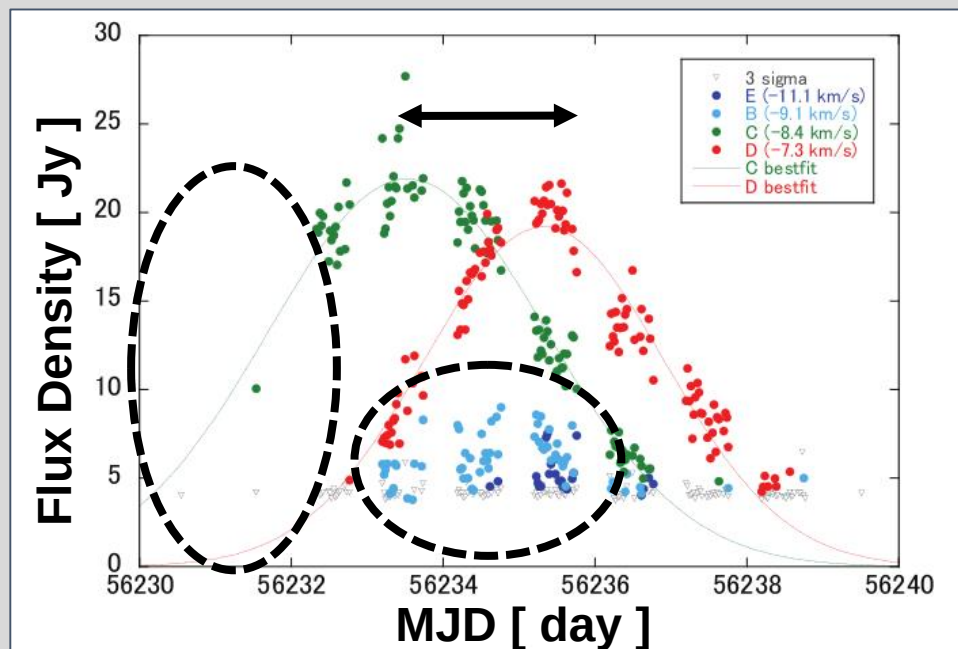
距離	764 ± 27 pc	Hirota et al. 2008
質量	$5 M_{\odot}$	Sanchez-Monge et al. 2010
光度	$370 L_{\odot}$	

6.7 GHz メタノールメーザーの強度が34.6 日周期で変動
5つのスペクトル成分を検出 (Fujisawa et al. 2014)



図は Fujisawa et al.
2014 を改変

本研究の目的



図は Fujisawa et al. 2014 を改変

- より詳細なデータでメーザーの強度変動プロットの作成
- メーザー放射領域の改定

- フレアの起き始めにデータの欠け
- 変動傾向を議論されていない成分(青や水色の成分)

觀測概要

観測局	日立32m 電波望遠鏡
観測期間	2014/06/09 - 2014/06/24
	2014/07/12 - 2014/07/26
1日の中で $EL > 15^\circ$ を満たすときに観測 → 29 - 38 回 観測	
解析には 2 epoch 目のデータを使用 → 1 epoch 目のデータに欠けあり ※ 1日のスキャンを全積分することで $1\sigma \sim 0.05 \text{ Jy}$ も可能	
ノイズレベル (1σ)	0.3 Jy
積分時間 (1スキャン)	300 秒

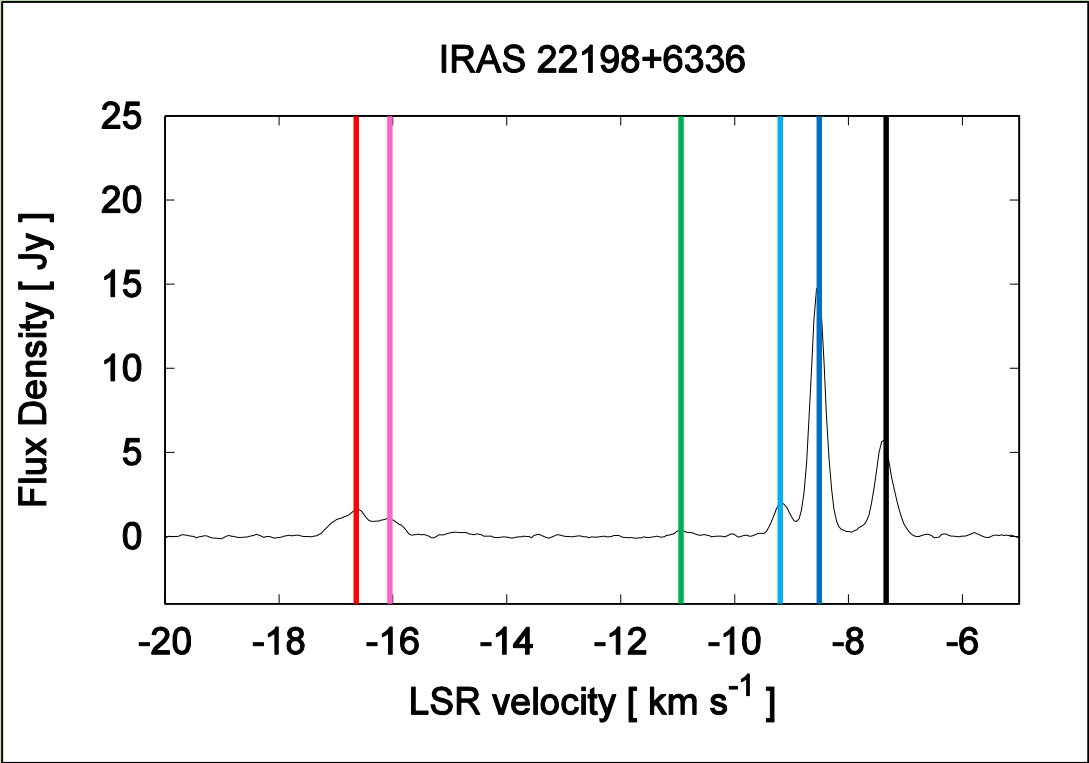


日立32m電波望遠鏡
(国立天文台HPより)

觀測結果

2014/07/13 - 2014/07/23 (MJD 56851 -56861) でレーザー放射を検出

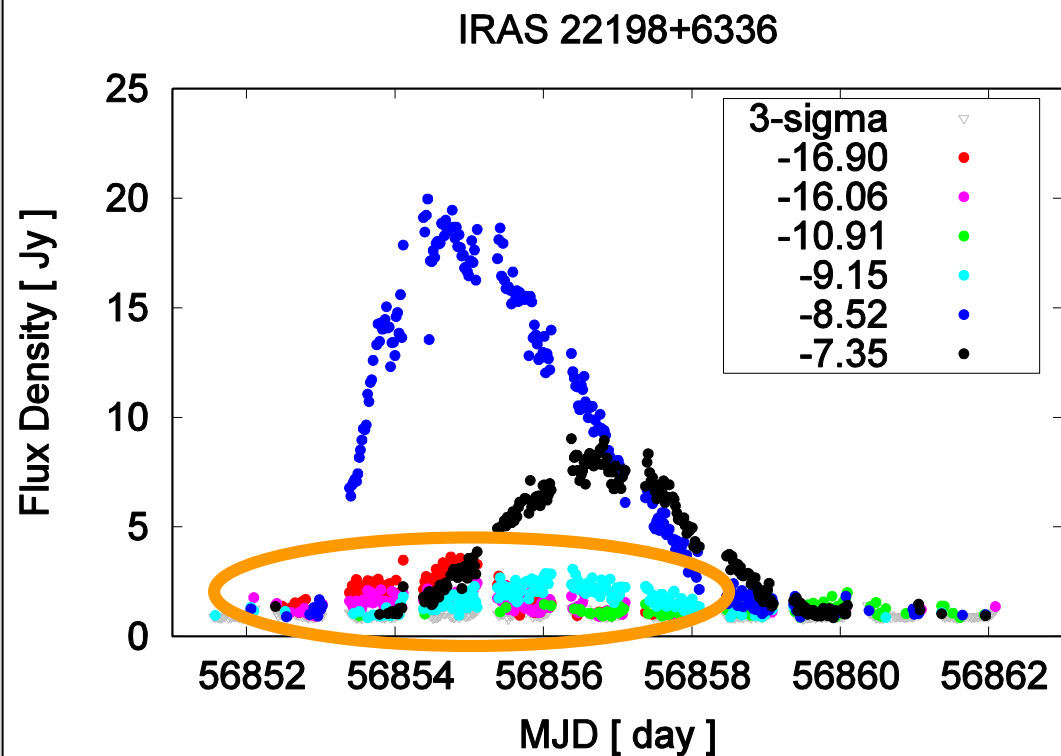
速度成分 (km s ⁻¹)	本観測	Fujisawa et al. 2014
-16.90	○	-
-16.5	-	○
-16.06	○	-
-10.91	○	○
-9.15	○	○
-8.52	○	○
-7.35	○	○



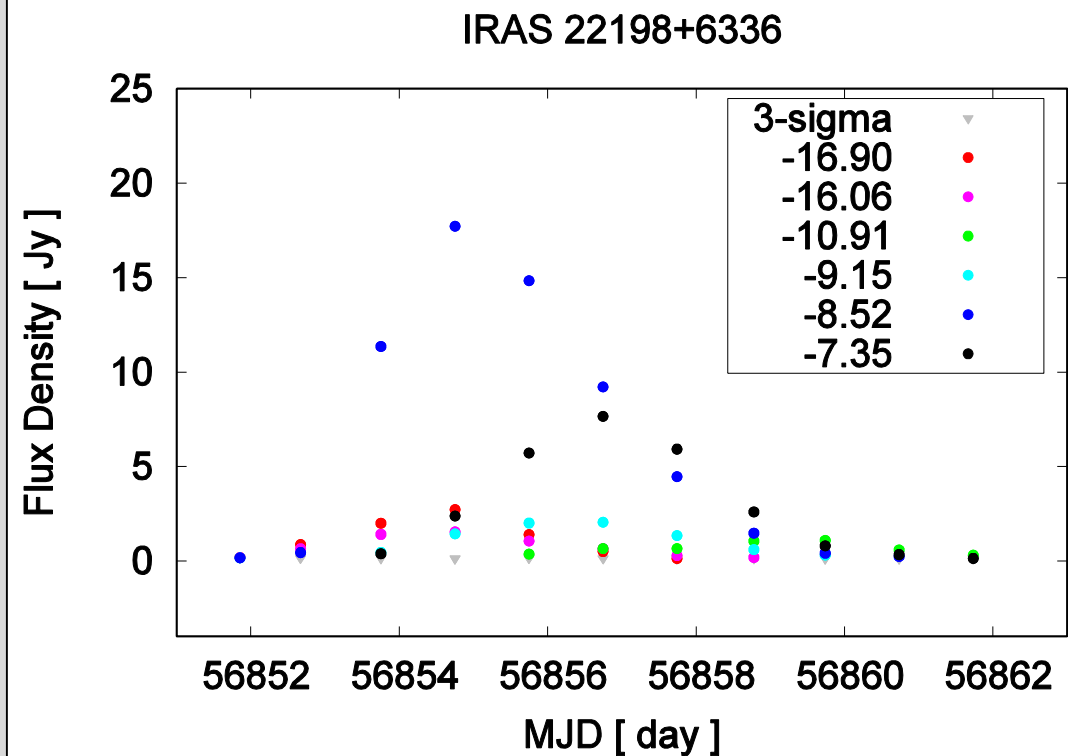
MJD 56855 に取得した全データを積分した
スペクトル。表の色と同期している

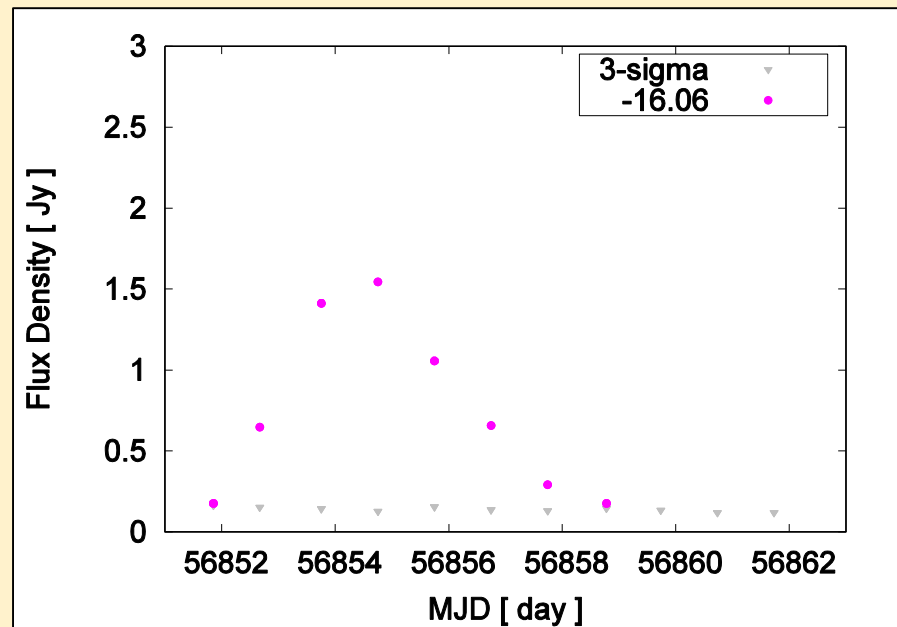
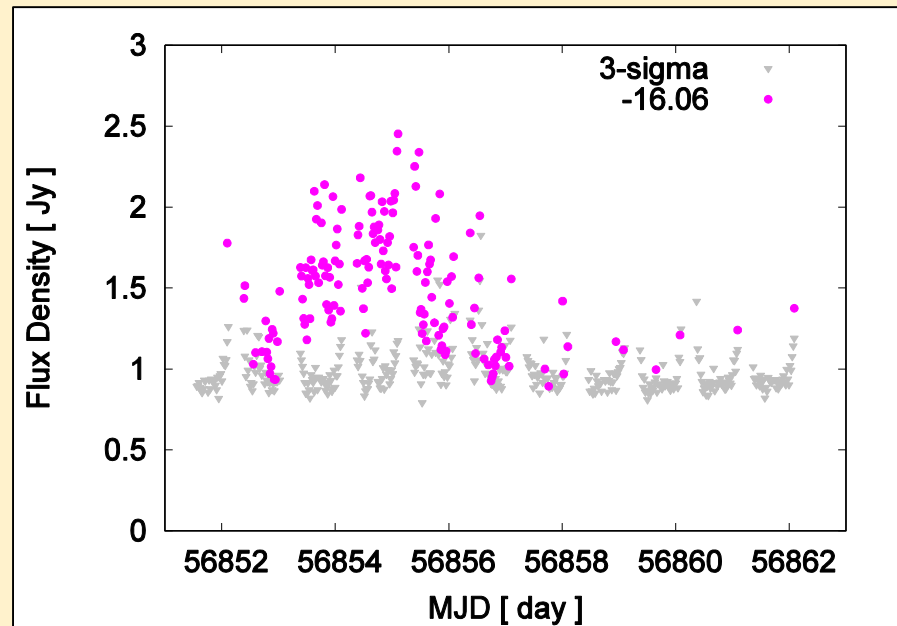
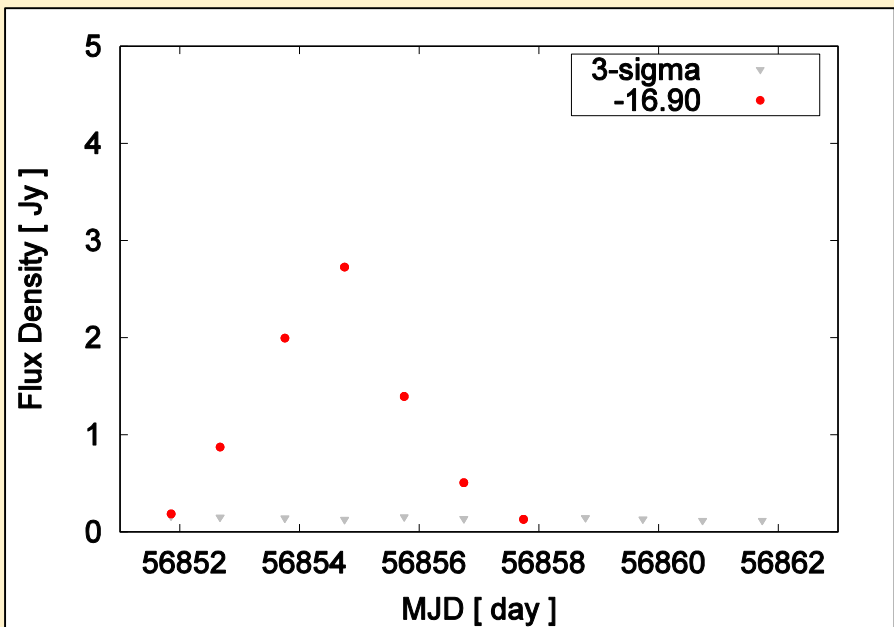
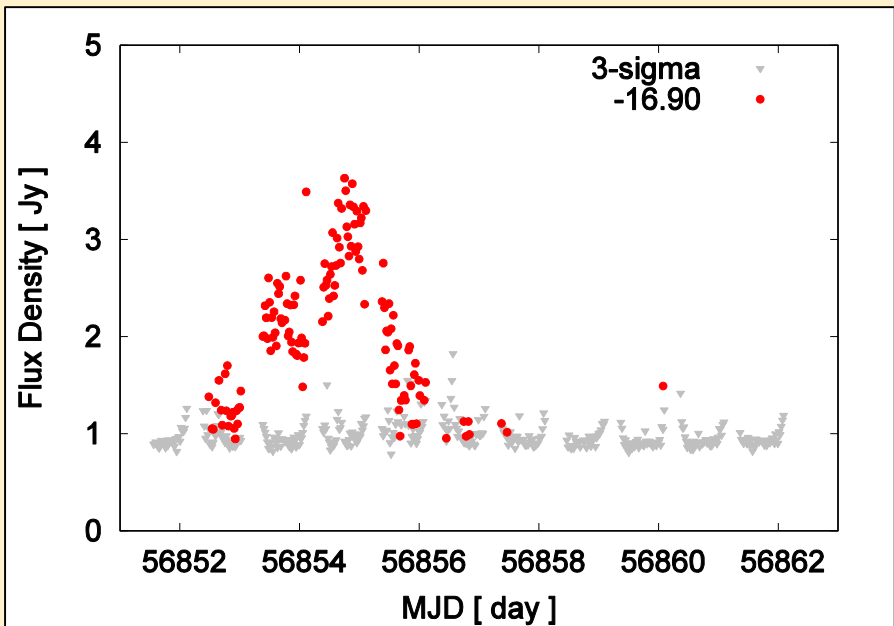
強度変動プロット

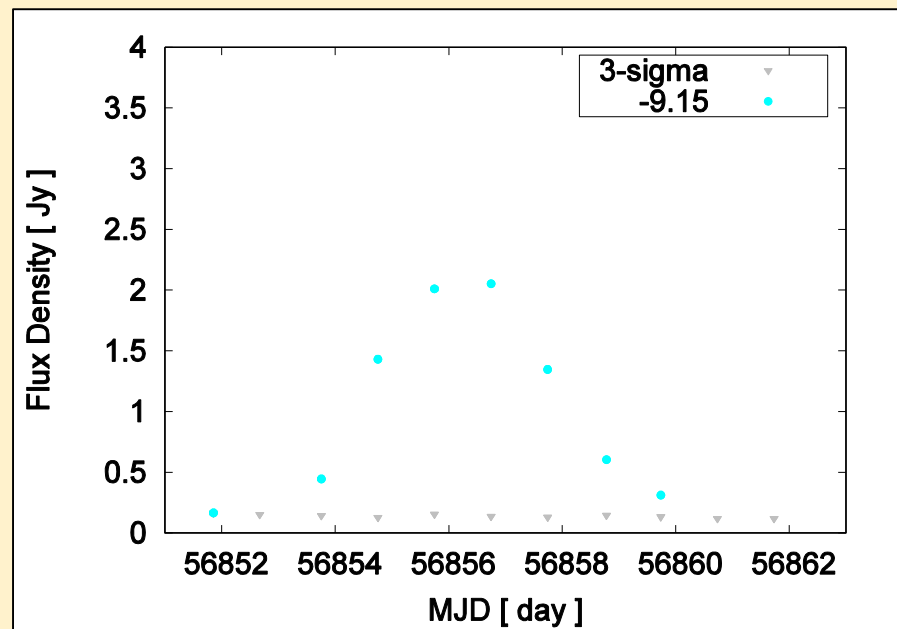
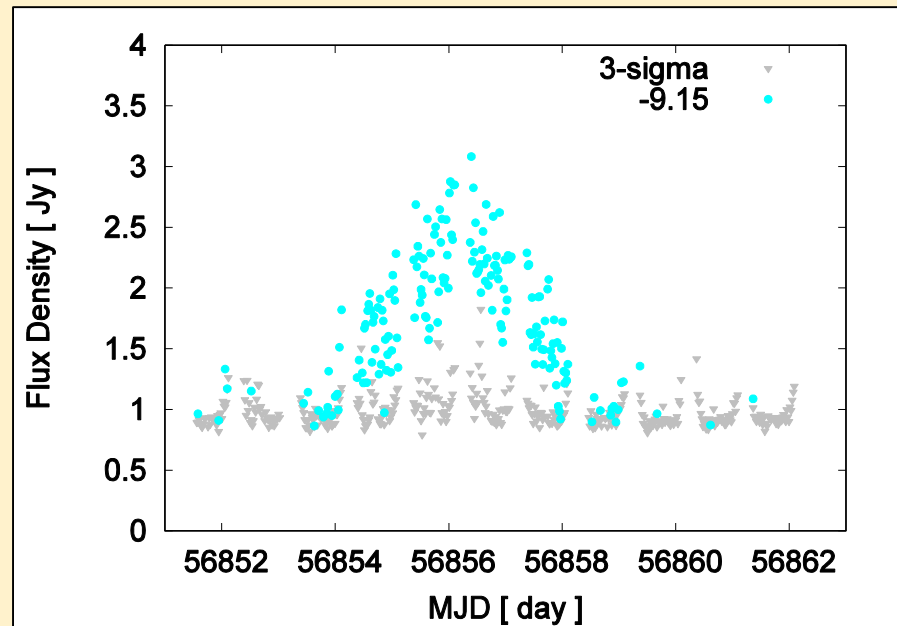
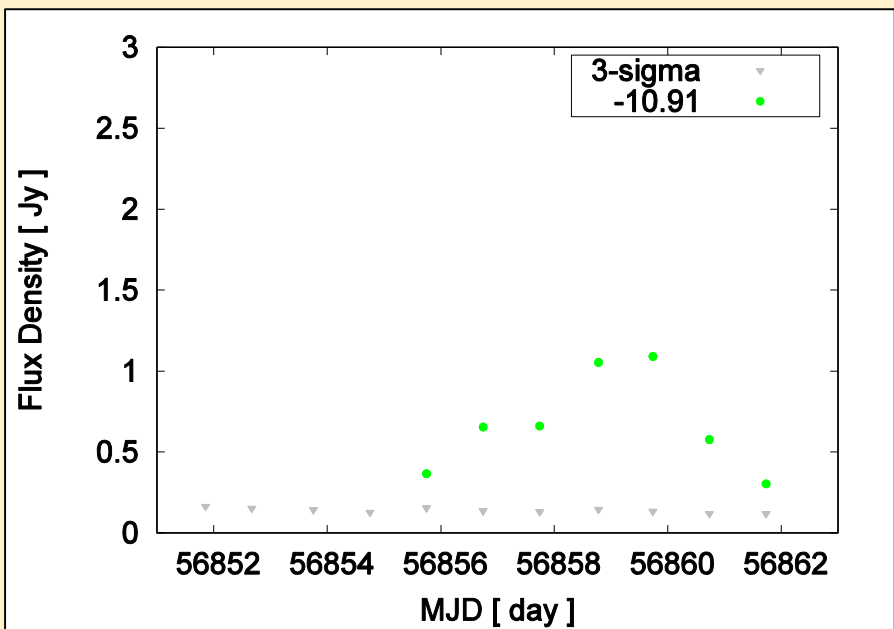
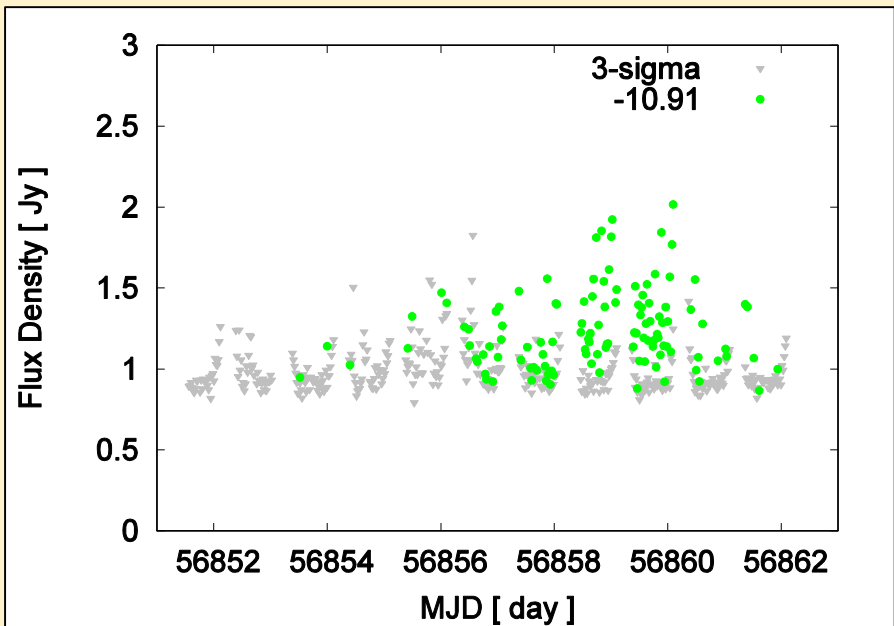
微弱な成分の議論が難しい
($3\sigma \sim 1 \text{ Jy}$)

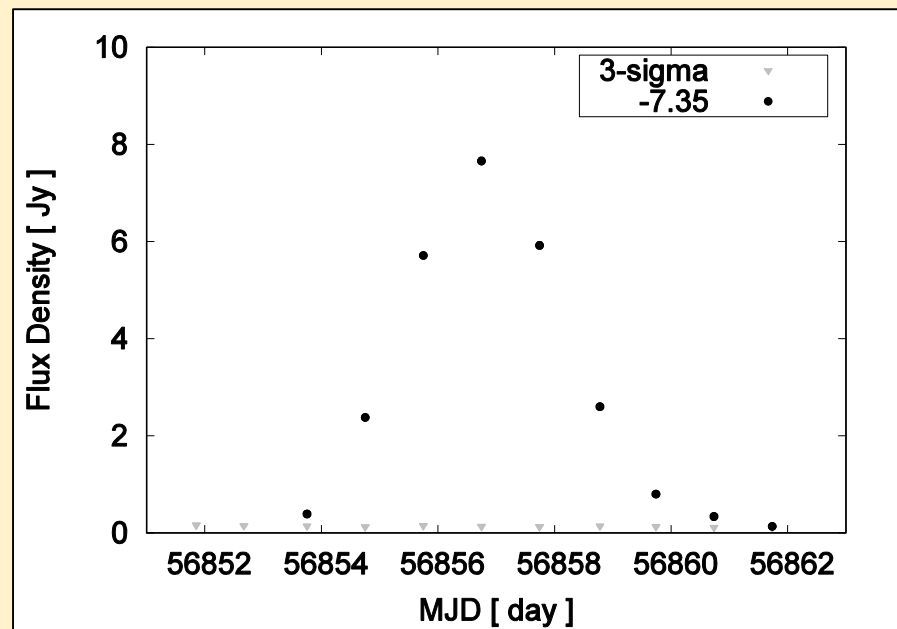
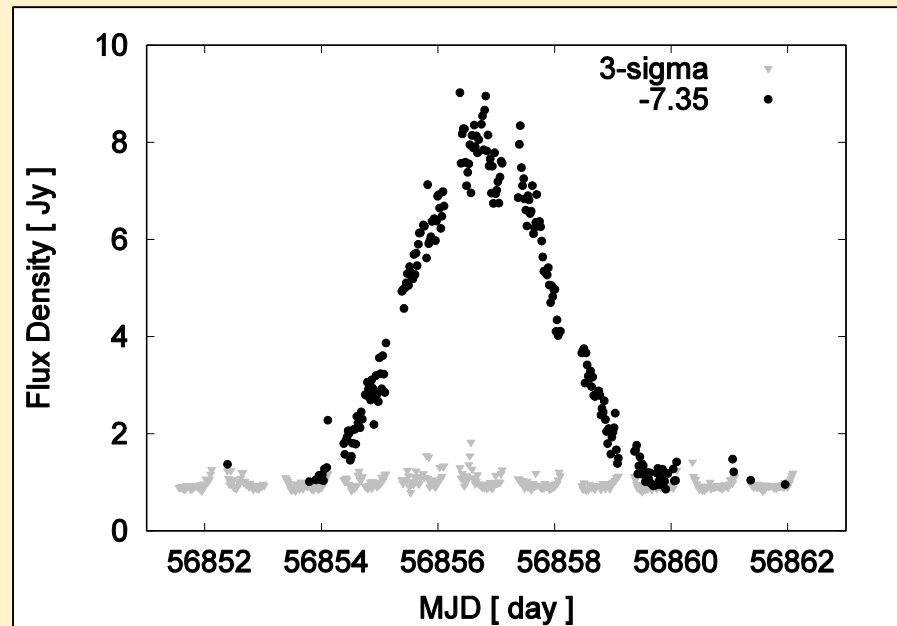
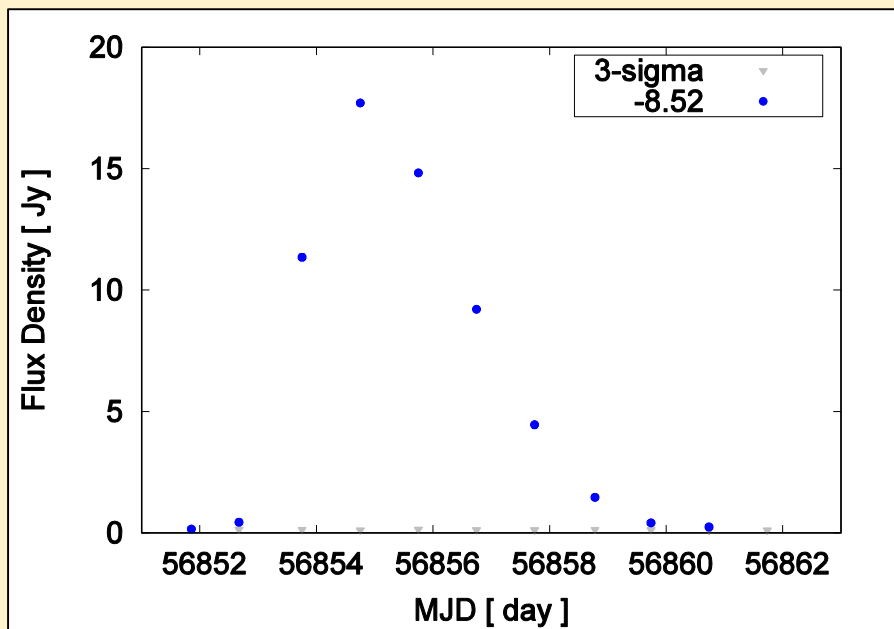
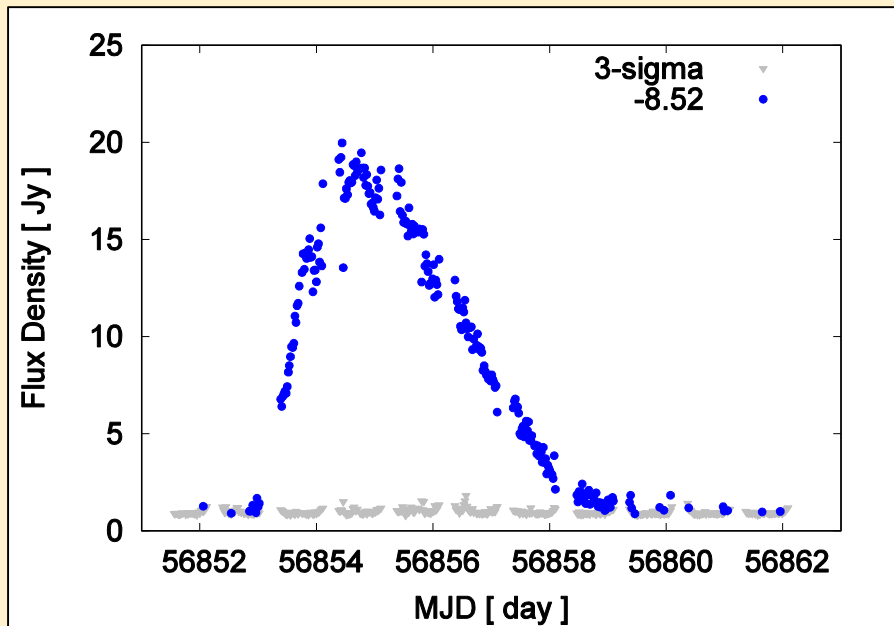


各観測日ごとに全積分を行う
($3\sigma \sim 0.1 \text{ Jy}$)









考察

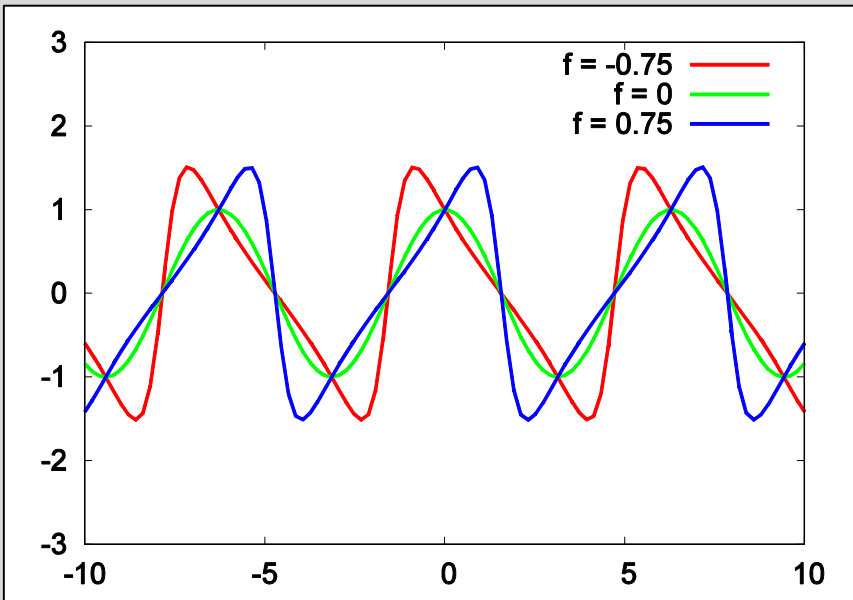
変動が左右対称な成分と非対称な成分？

$$s(t) = \frac{b \cos(\omega t + \phi)}{1 - f \sin(\omega t + \phi)} + a$$

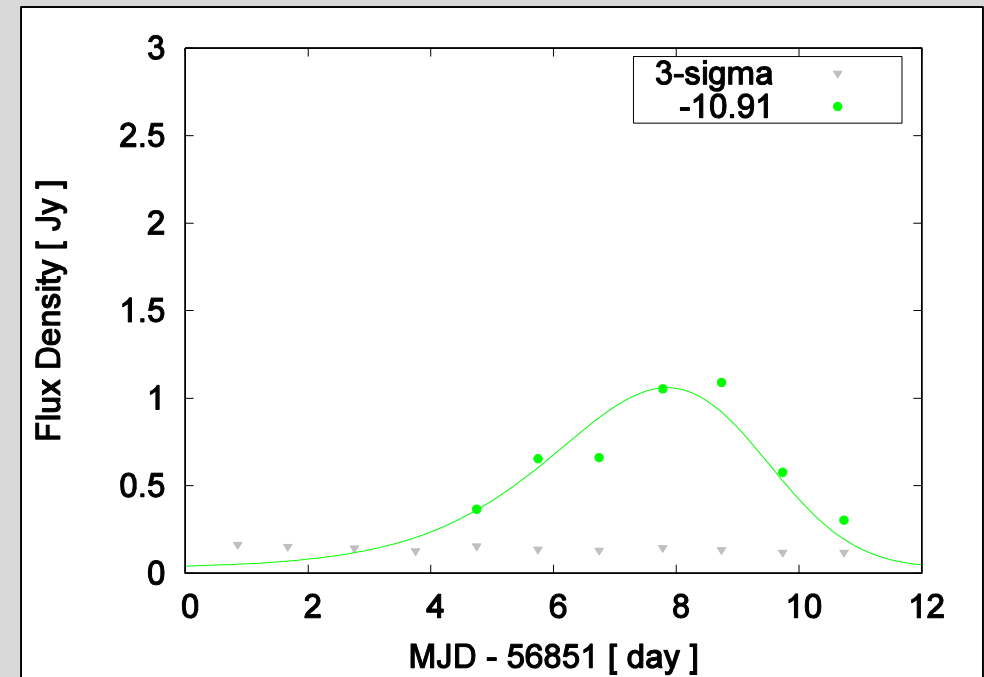
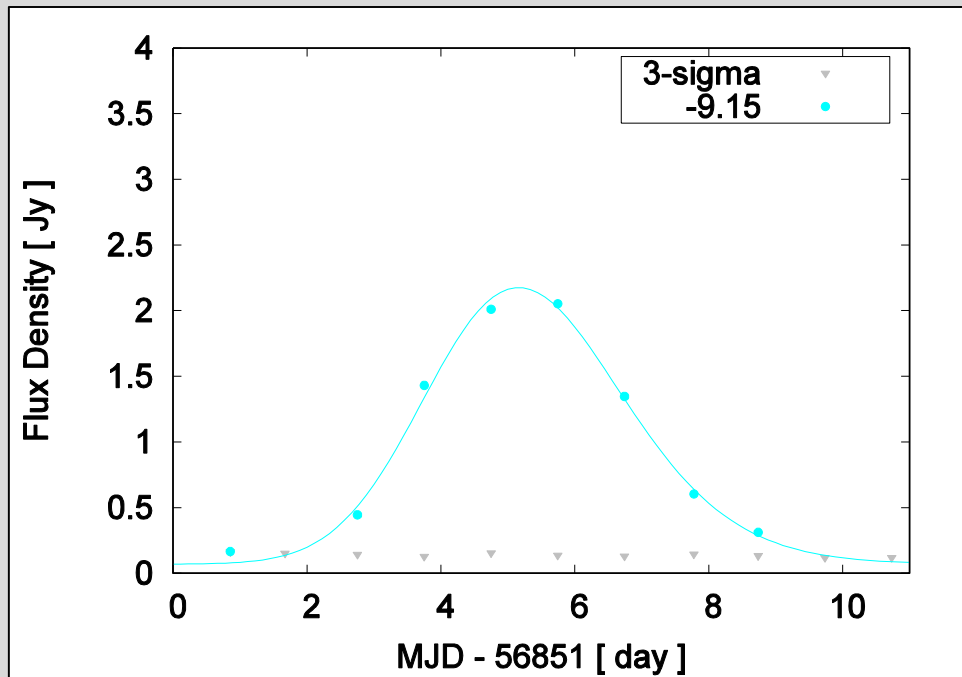
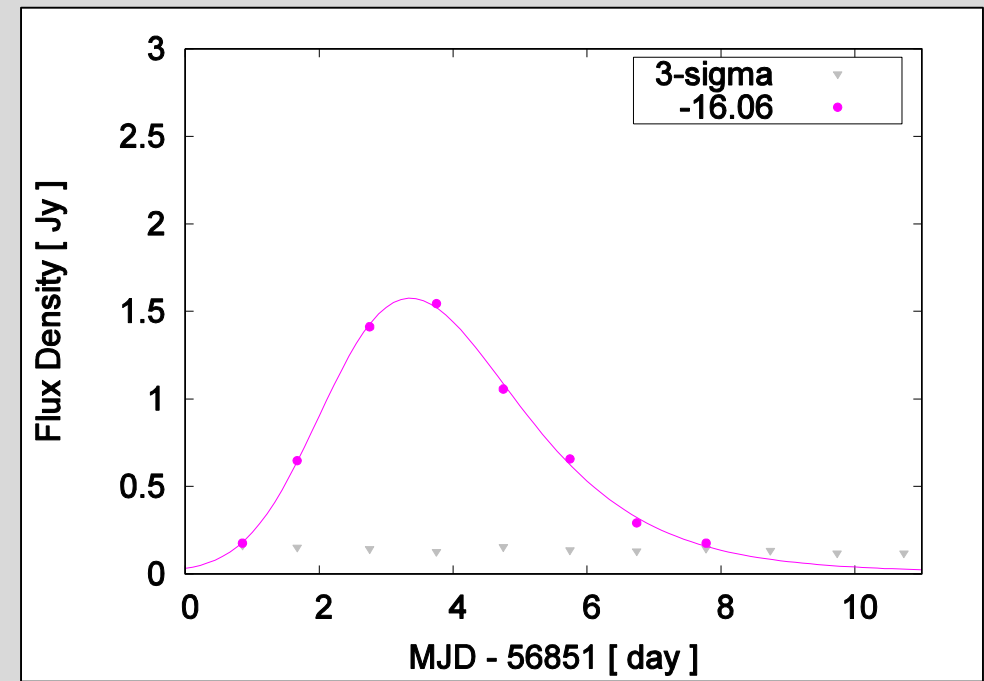
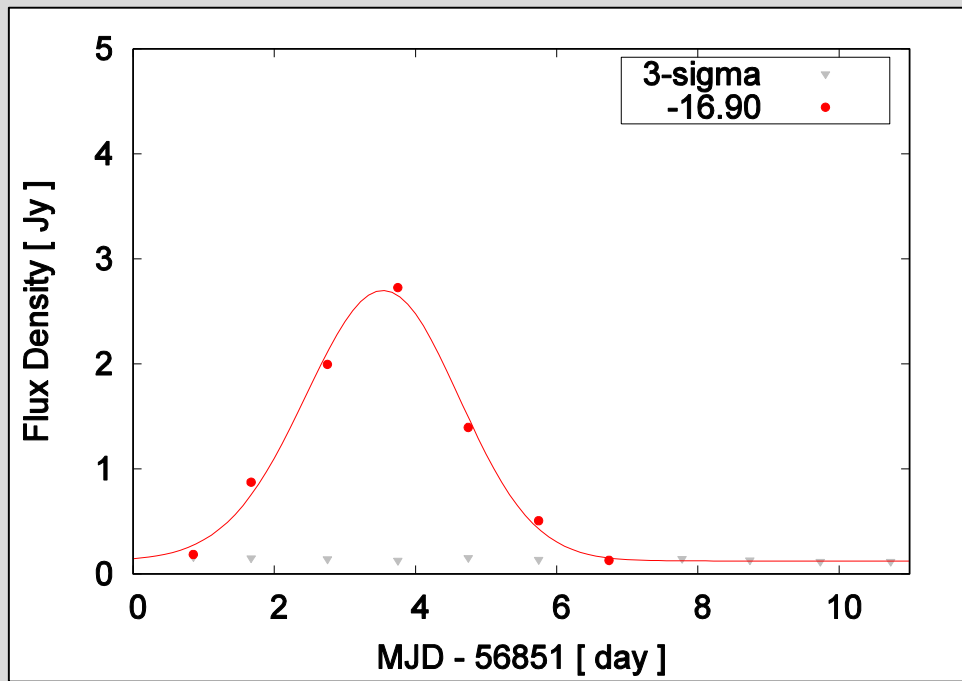
David et al. 1996 で左右非対称な
強度変動に対しフィッティング

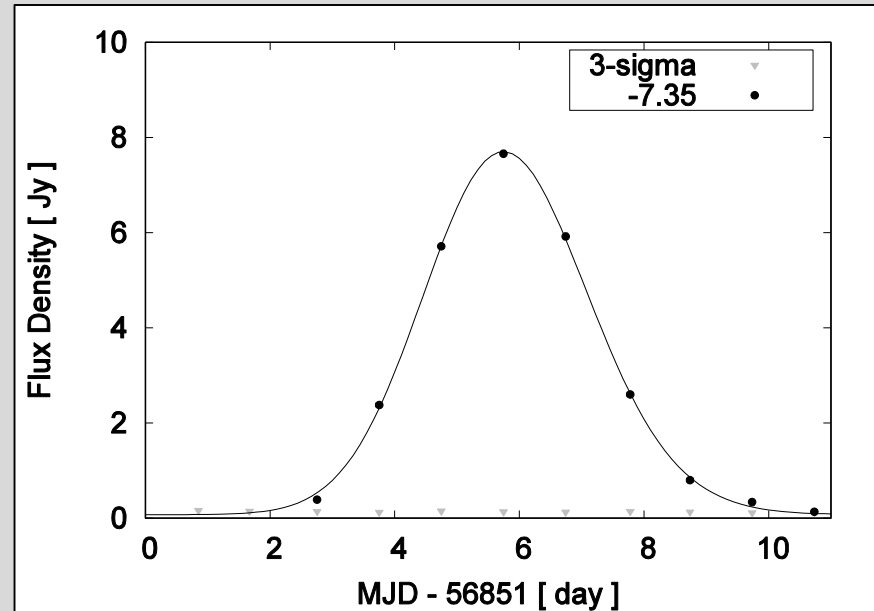
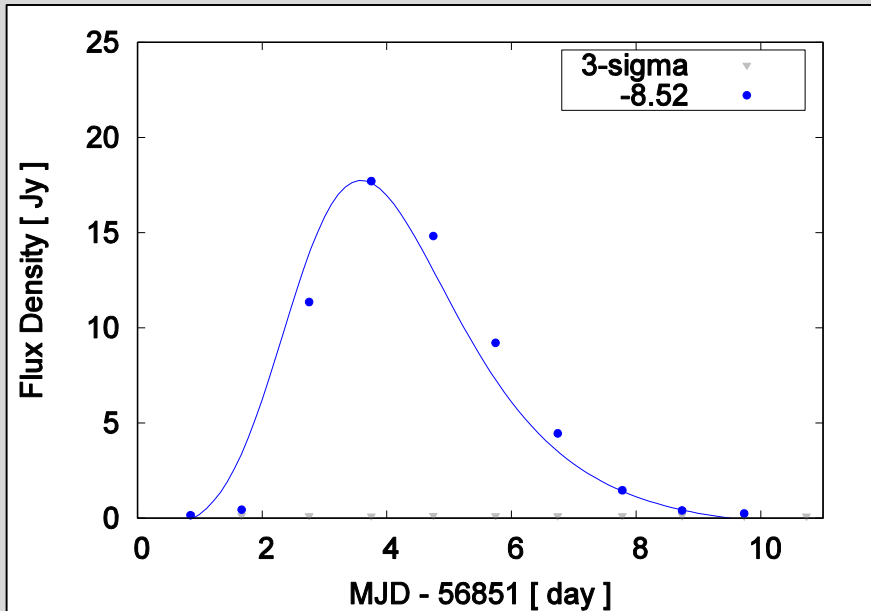
$$F(t) = A^s(t) + C$$

Szymczak et al. 2011で
F(t) に改変してフィッティング
(間欠的な変動に対してもフィッティング可能)

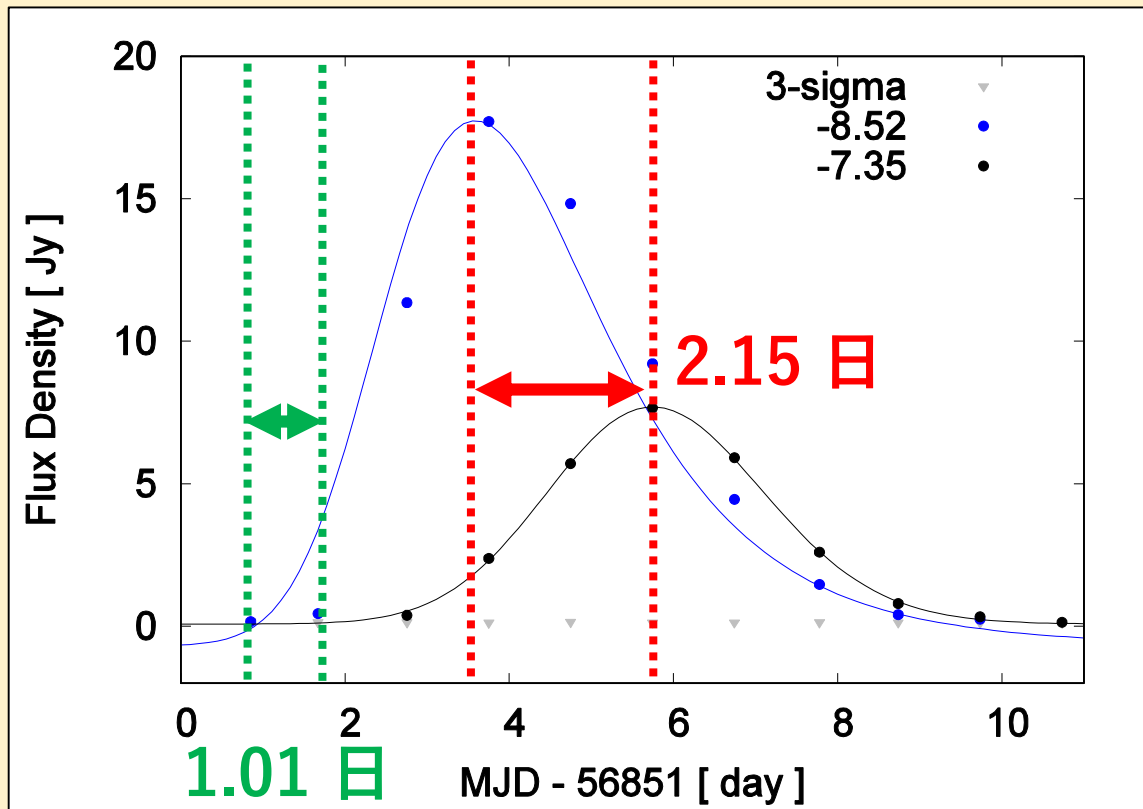


本来は複数回の周期のデータに対し行うべきだが
今回は 1 スキャン分のデータのための解析のため
34.6 日後にもう 1 度同じフレアが発生すると
仮定してフィッティングを行った



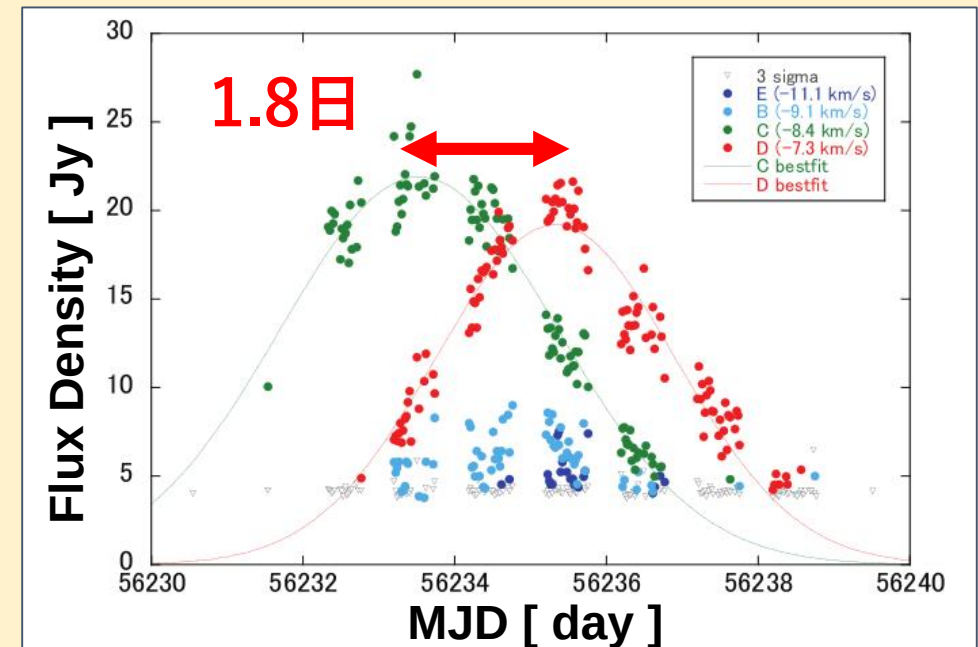


成分 [km s ⁻¹]	フレア開始時刻 [day]	-16.90 km s ⁻¹ 成分との フレア開始時刻差 [day]	非対称パラメータ f
-16.90	0.27	-	-0.11 ± 0.21
-16.06	0.97	0.70	-0.67 ± 0.02
-10.91	3.37	3.10	-0.57 ± 0.15
-9.15	1.84	1.57	0.36 ± 0.07
-8.52	0.99	0.70	-0.76 ± 0.07
-7.35	2.00	1.73	-0.19 ± 0.04



赤：フレアのピーク時刻差(Fujisawa et al. 2014 では 1.8 日)

緑：フレアの開始時刻差



図は Fujisawa et al. 2014 を改変

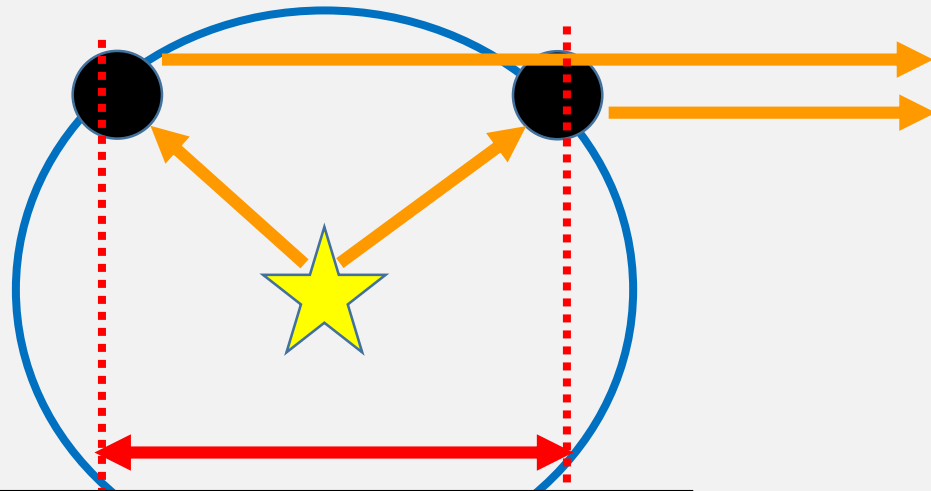
フレアの変動傾向が異なる場合は
フレアの開始時刻差を議論に採用すべき

メーザースポットの奥行き方向の距離の導出

1. 各メーザースポットは励起源の同心円上に分布している
2. 励起源の変動が各スポットに同時に伝わる

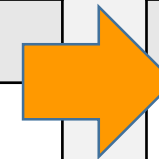


フレア開始時刻の差をスポットの奥行き方向の広がりと解釈できる



スポットの奥行き

成分 [km s^{-1}]	フレア開始時刻差 [day]
-16.90	-
-16.06	0.70
-10.91	3.10
-9.15	1.57
-8.52	0.70
-7.35	1.73

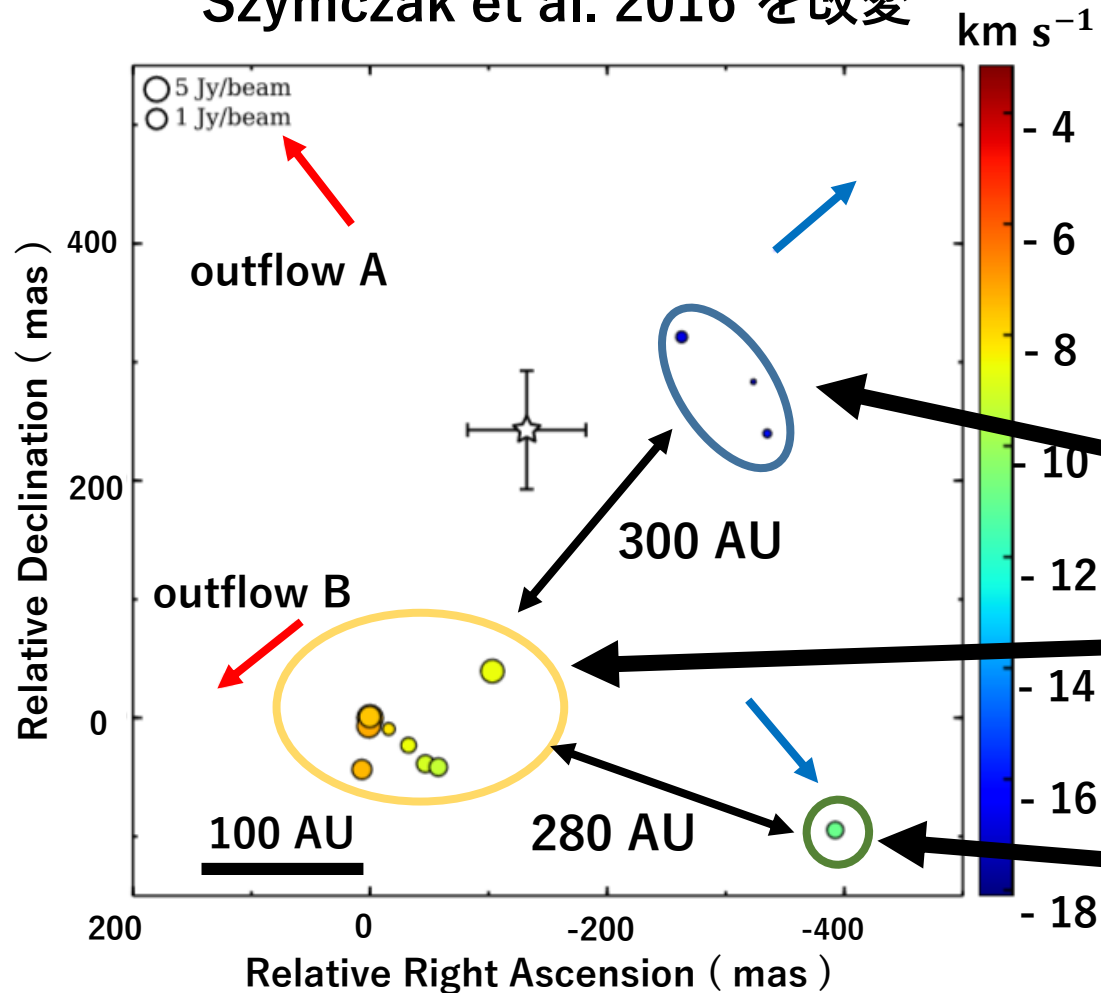


スポットの奥行き [AU]
-
120
540
270
120
300

メーザースポットを 3次元的に捉える

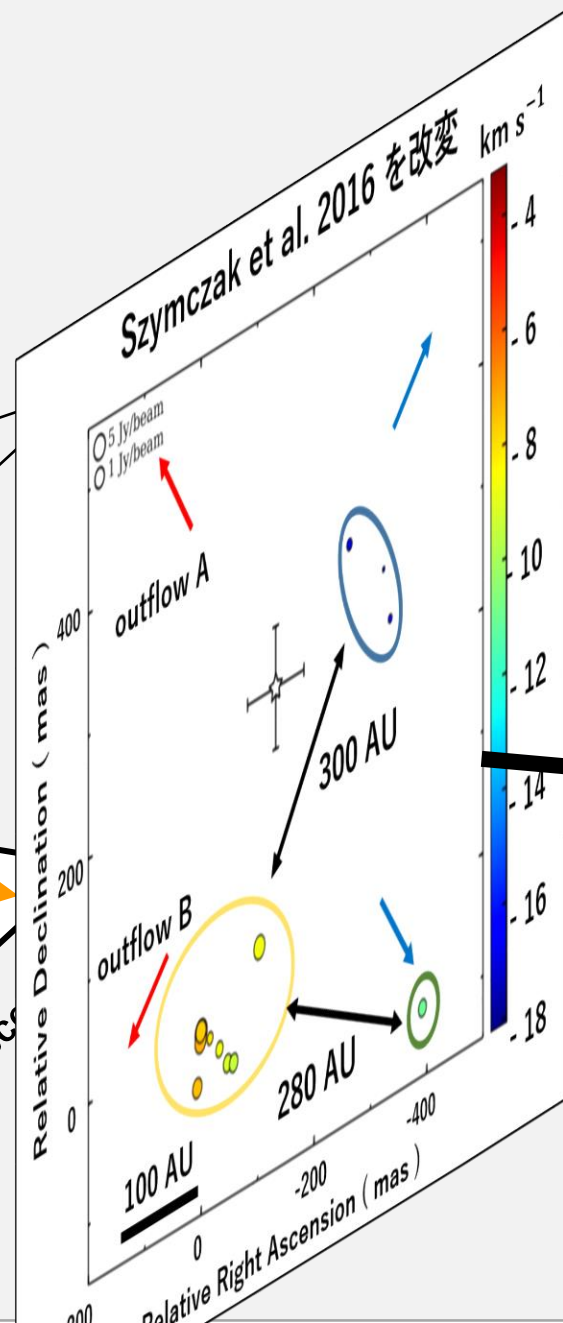
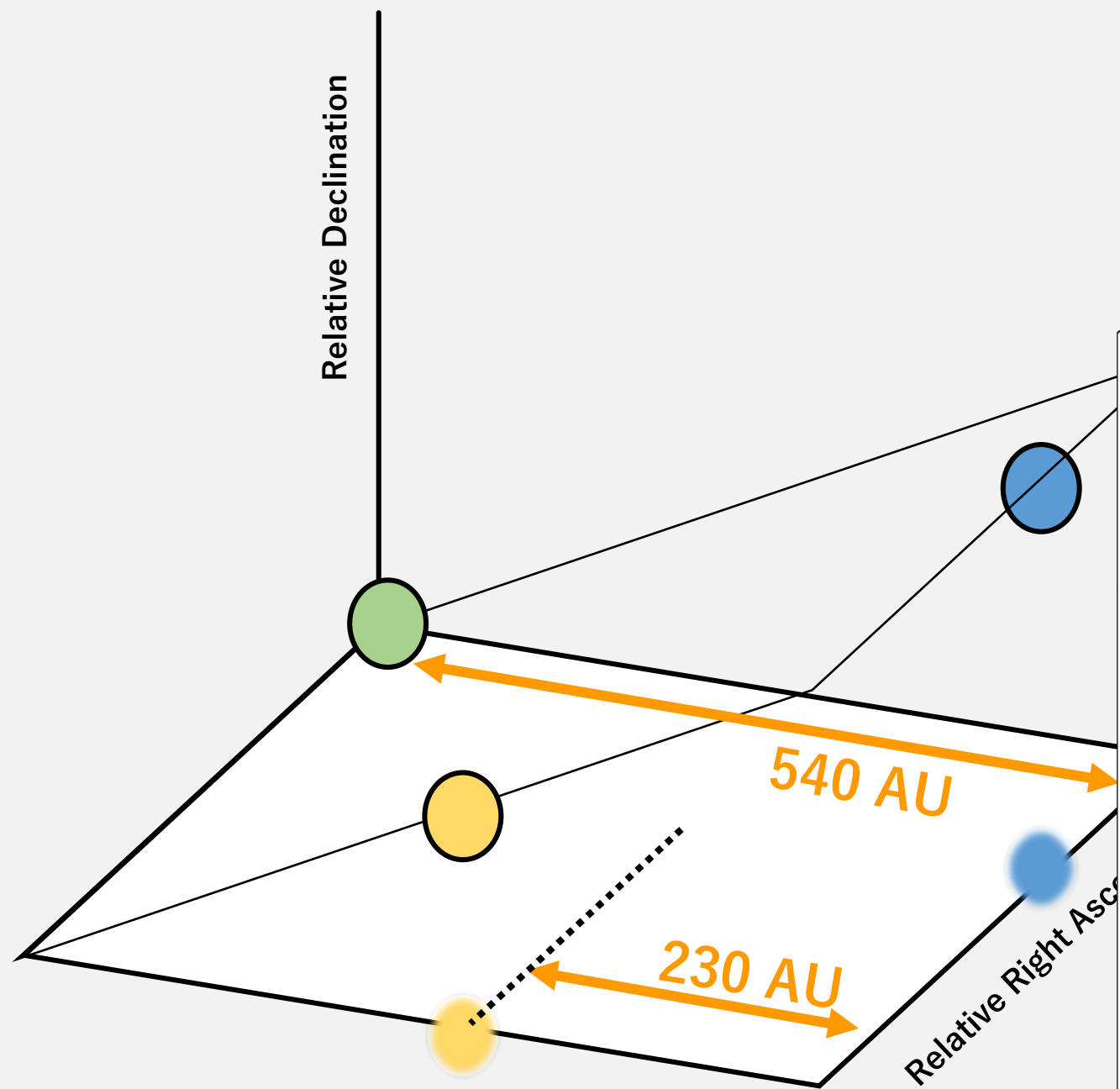
干渉計による2次元マップ × メーザースポットの奥行き

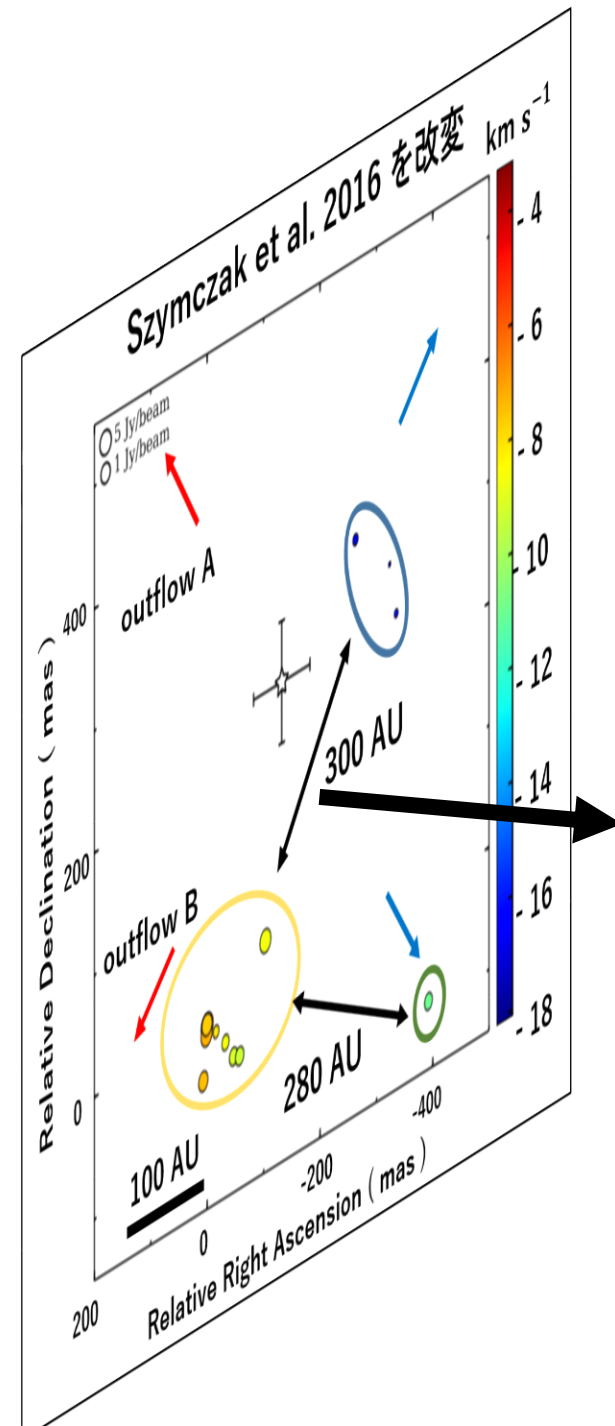
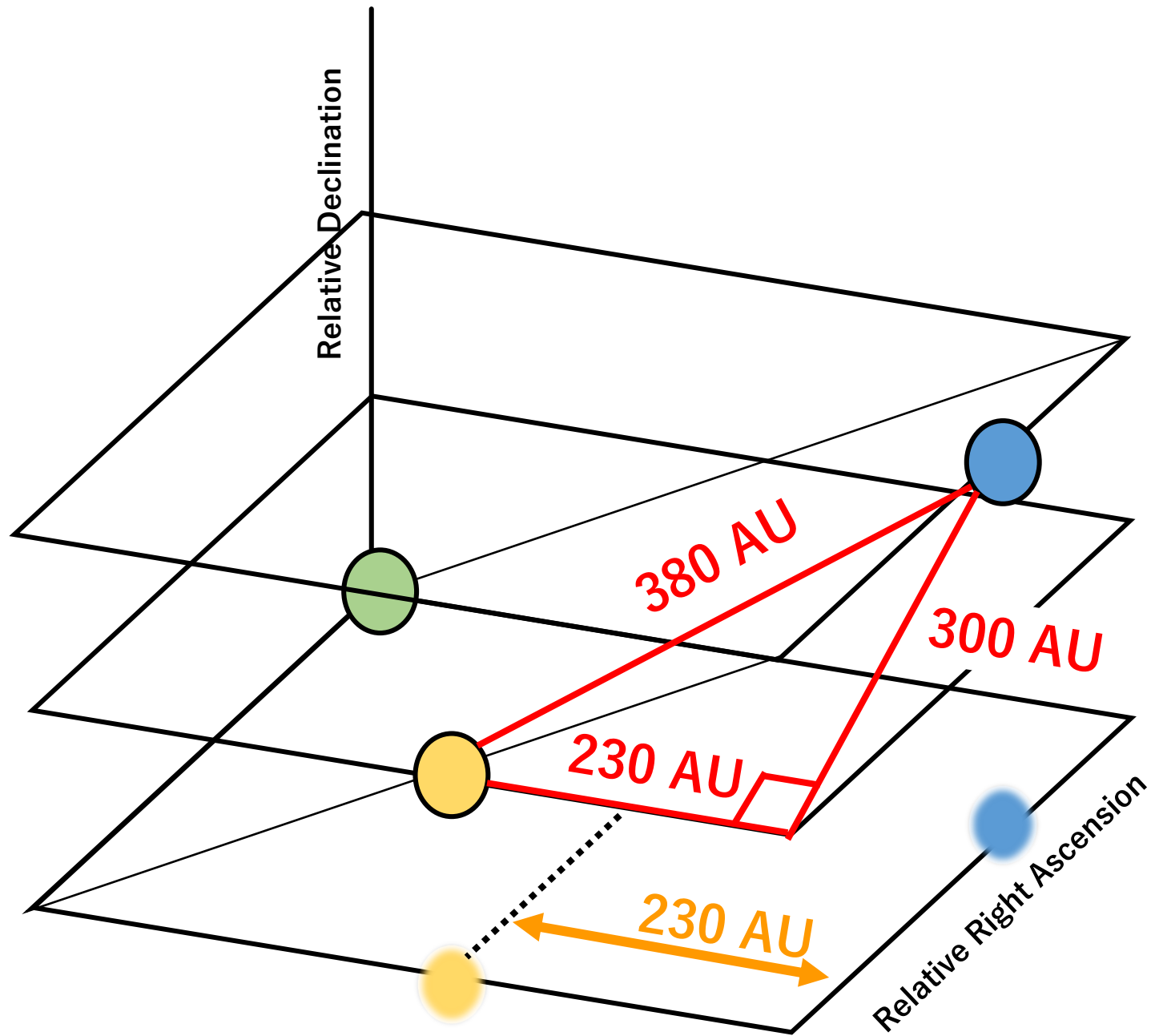
Szymczak et al. 2016 を改変

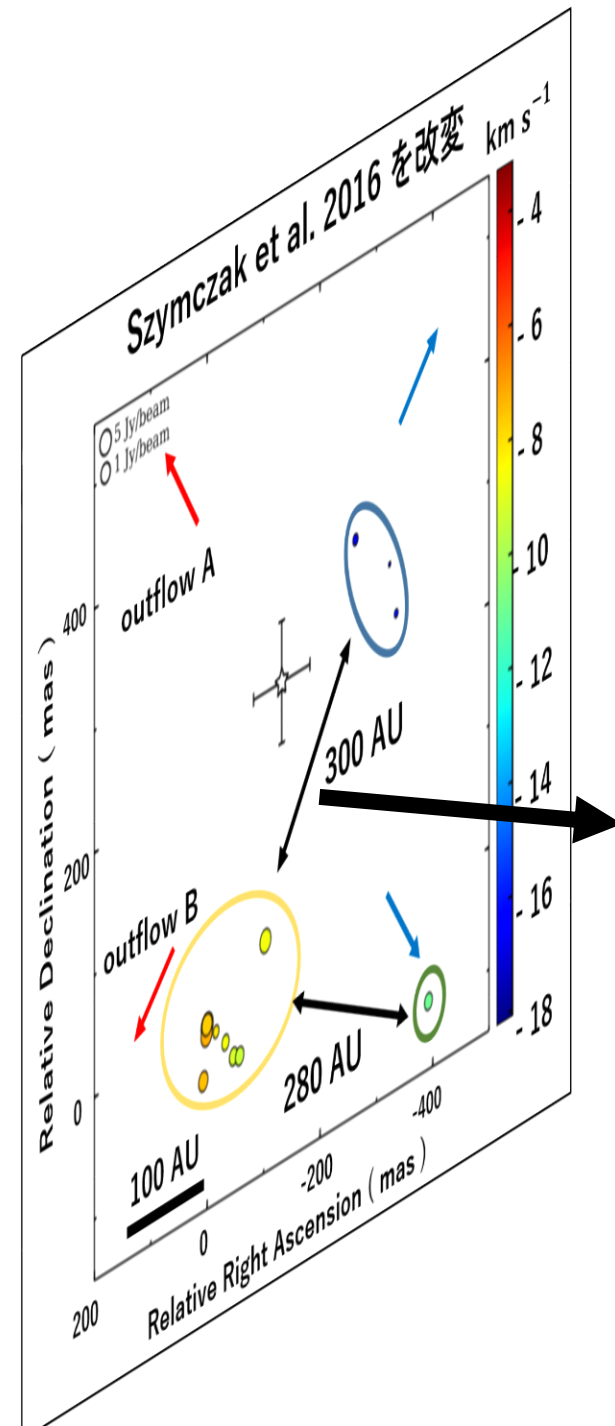
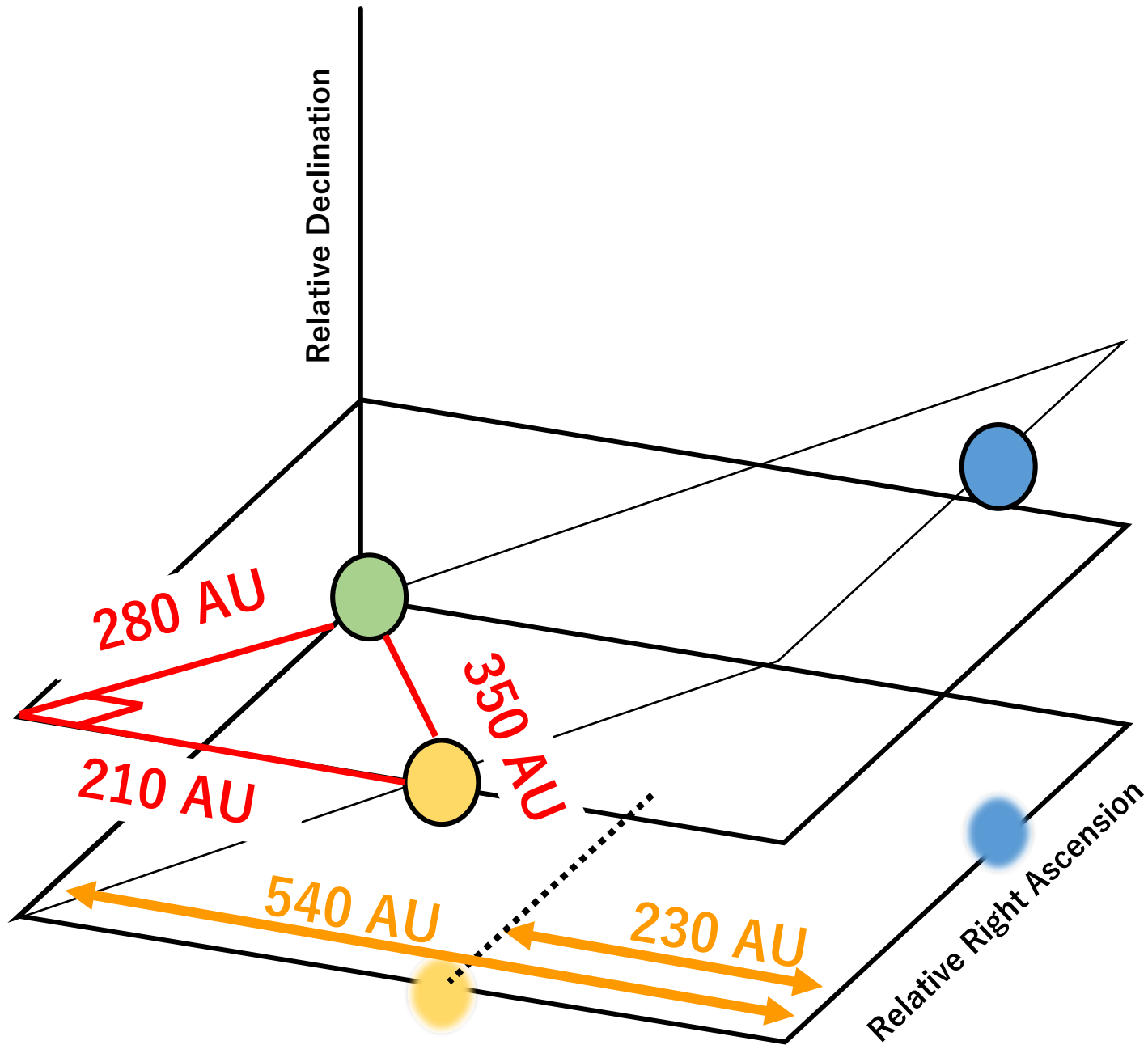


今回の観測結果

成分 [km s ⁻¹]	フレア 開始時刻差 [day]	スポットの 奥行き [AU]
-16.90	-	-
-16.06	0.70	120
-9.15	1.57	270
-8.52	0.70	120
-7.35	1.73	300
-10.91	3.10	540







まとめ

- より詳細なライトカーブを得るために IRAS 22198 + 6336 を集中観測
- 6つのスペクトル成分を検出
- 成分ごとにライトカーブが違う可能性がある
- フレアのピーク時刻の差ではなく開始時刻の差をスポットの空間分布に適用すべき
- スポットの3次元マッピングを作成

展望

- 1 epoch 目の解析
- 静穏時の IRAS 22198 + 6336 のスペクトル図の決定
- 6.7 GHz メタノールメーザー と アウトフローの付随関係

ご清聴ありがとうございました。