

G353.273+0.641に対する 年周視差計測とジェット見込み角の推定

元木業人

山口大学 時間学研究所

学術振興会特別研究員PD

Collaborators:

新沼浩太郎、蜂須賀一也、藤沢健太(山口大学)

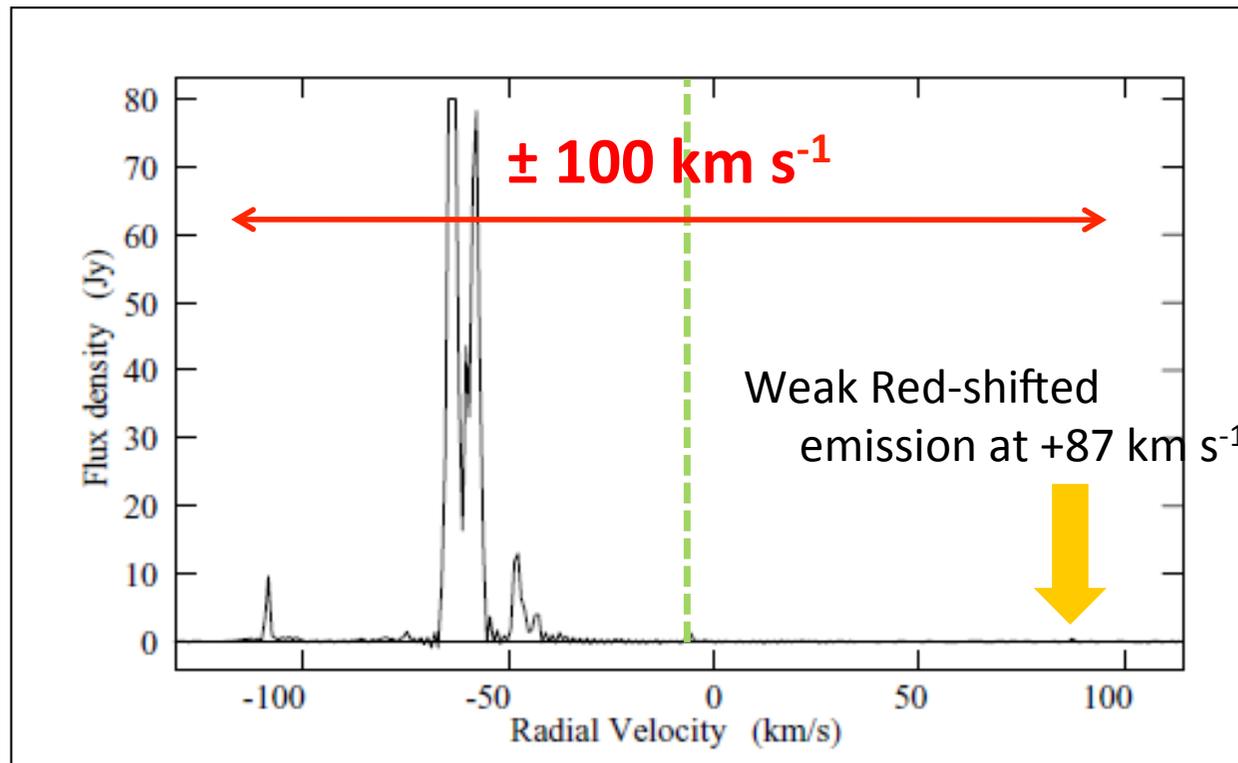
徂徠和夫(北海道大学)、杉山孝一郎、米倉覚則(茨城大学)

本間希樹、廣田朋也(NAOJ)、Andrew. J. Walsh (Curtin Univ.)

G353.273+0.641

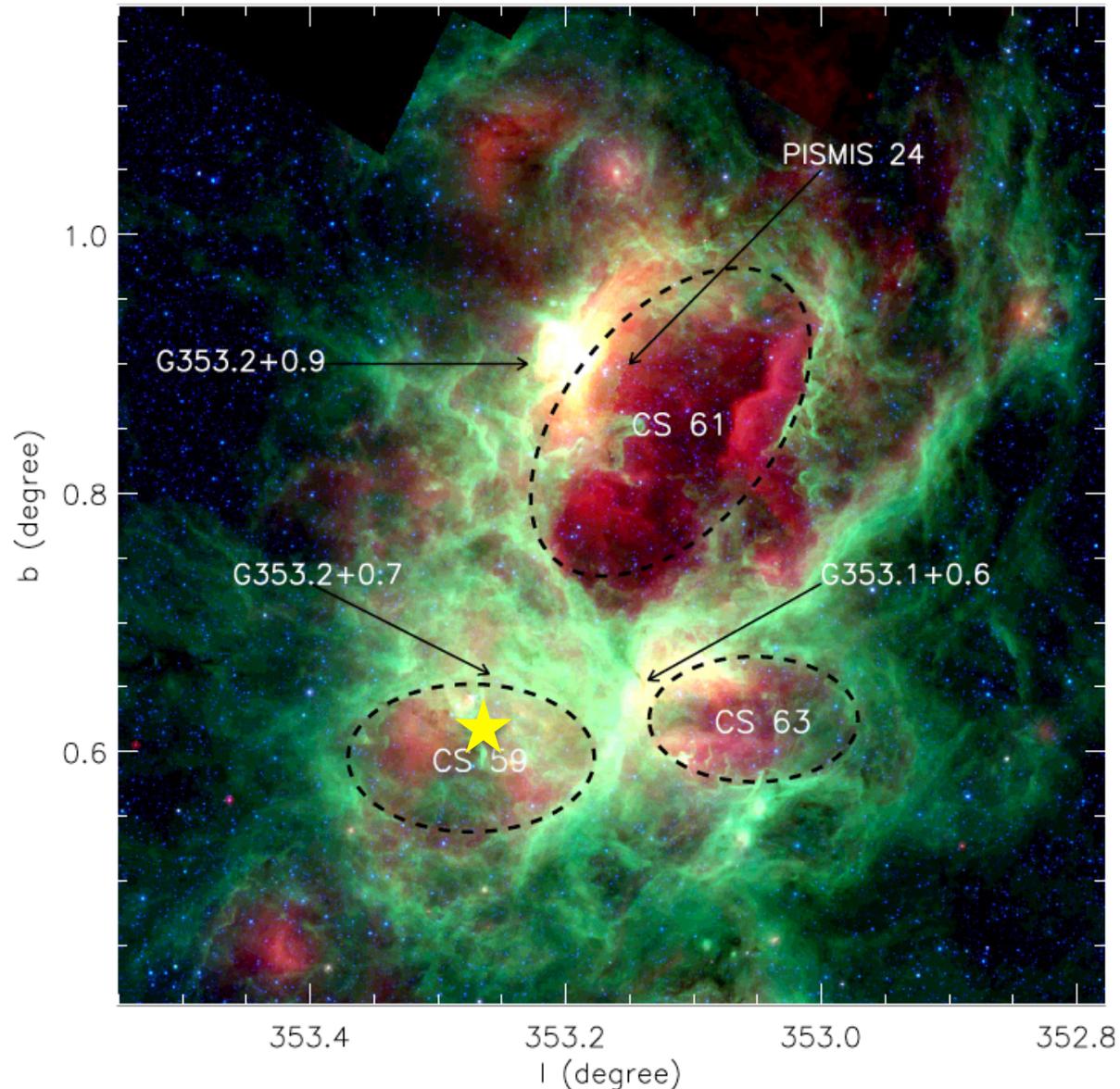
- 雛形的な青方偏移卓越型メーザー
- Pole-onの大質量原始星ジェットに付随?

(Caswell & Phillips 2008)



ATCA Spectrum of G353.273+0.641 from Caswell & Phillips (2008)

NGC6357中の水&メタノールメーザー源

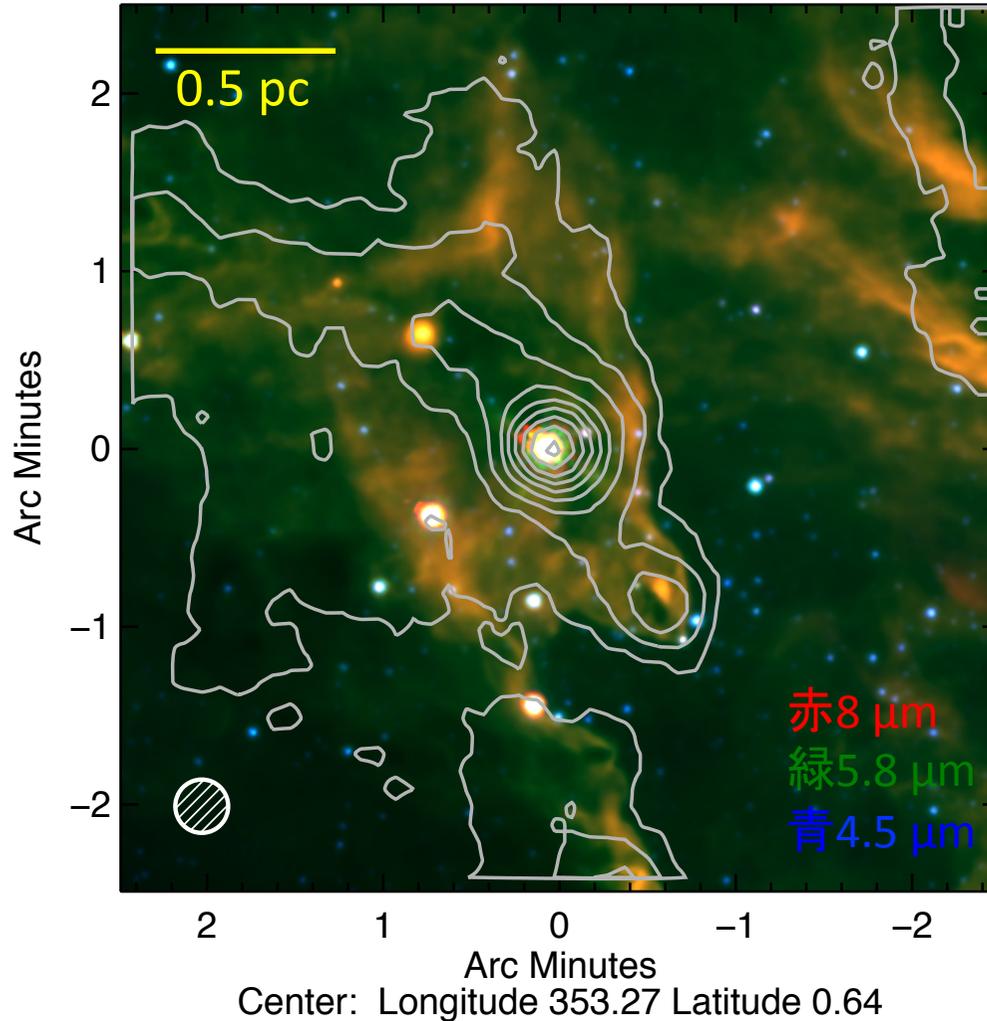


- さそり座の輝線星雲
NGC6357に付随
- 測光距離1.75 kpc
- 南天側 Dec $\sim -34^\circ$
- HII領域の背景に
大質量クランプ

NGC6357の3色(Spitzer 3.6, 8, 24 μ m)合成イメージ (Fang+ 2012)

母体クランプと中心星

AGAL353.272+00.641 IRAC + 870 μm Contours



APEX GALカタログより...

ダスト温度10 Kを仮定すると
母体クランプ(0.7 pc)質量は

$2.3 \times 10^3 M_{\text{sun}}$ 程度

中心星光度 $\sim 10^4 L_{\text{sun}}$

→ZAMS換算で

$\sim 10 M_{\text{sun}}$ に相当

VERAによるH₂Oメーザー観測

○Summary of VERA observations

Epoch	Day ^a	θ_b (mas × mas)	PA (°)	ΔI^b (Jy beam ⁻¹)	σ_1 (mas × mas)	σ_2^c (mas × mas)	Comments ^d
1	183	3.16 × 0.74	-17.1	0.48	0.15 × 0.49	-	-
2	323	3.98 × 0.82	-23.2	0.30	0.92 × 2.15	-	$T_{\text{sys}} \sim 1000$ K at OG
3	403	2.63 × 0.91	-14.1	0.37	0.06 × 0.24	-	-
4	504	2.57 × 0.88	-13.2	0.30	0.04 × 0.16	-	-
5	625	2.86 × 0.82	-12.3	0.37	0.11 × 0.48	-	-
6	675	2.79 × 0.79	-13.3	0.16	0.23 × 0.98	-	-
7	752	3.15 × 0.85	-19.5	0.21	0.09 × 0.25	-	-
8	842	2.59 × 0.75	-14.1	0.40	0.10 × 0.41	-	-
9	976	2.84 × 0.76	-13.8	0.29	0.20 × 0.80	-	$T_{\text{sys}} \sim 2000$ K at OG
10	1036	2.79 × 0.77	-15.0	0.19	0.21 × 0.77	-	$T_{\text{sys}} \sim 1500$ K at IS
11	1069	2.92 × 0.82	-14.5	0.18	0.36 × 1.40	0.03 × 0.02	-
12	1107	2.67 × 0.91	-7.3	0.23	0.03 × 0.22	0.28 × 0.00	-
13	1129	2.56 × 0.83	-11.7	0.14	0.16 × 0.75	0.00 × 0.02	-
14	1164	2.65 × 0.85	-10.5	0.11	0.09 × 0.50	2.44 × 1.81	-
15	1210	3.03 × 0.78	-16.9	0.20	0.52 × 1.72	0.08 × 0.11	-
16	1320	2.84 × 0.78	-10.0	0.48	0.15 × 0.88	0.10 × 0.02	-
17	1398	2.66 × 0.66	-15.2	0.26	0.33 × 1.19	0.21 × 0.00	Three stations without IR
18	1474	2.76 × 0.85	-11.1	0.16	0.07 × 0.33	0.00 × 0.00	-
19	1510	2.60 × 0.82	-12.8	0.17	0.03 × 0.13	0.00 × 0.00	-
20	1547	2.54 × 0.80	-11.8	0.23	0.11 × 0.48	1.95 × 2.65	-
21	1576	2.61 × 0.84	-10.0	0.22	0.10 × 0.52	0.26 × 1.75	-
22	1611	3.27 × 0.83	-15.7	0.37	0.22 × 0.78	3.72 × 0.06	$T_{\text{sys}} \sim 1000$ K at OG
23	1687	2.59 × 0.76	-4.7	0.58	0.10 × 1.31	0.07 × 0.06	$T_{\text{sys}} \sim 2000$ K at MZ and IR

^a The relative days where January 1st, 2008 is counted as the first day.

^b Typical value in self-calibrated images.

^c Only available in the epoch 11 to 23, where we employed $\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ as a total error.

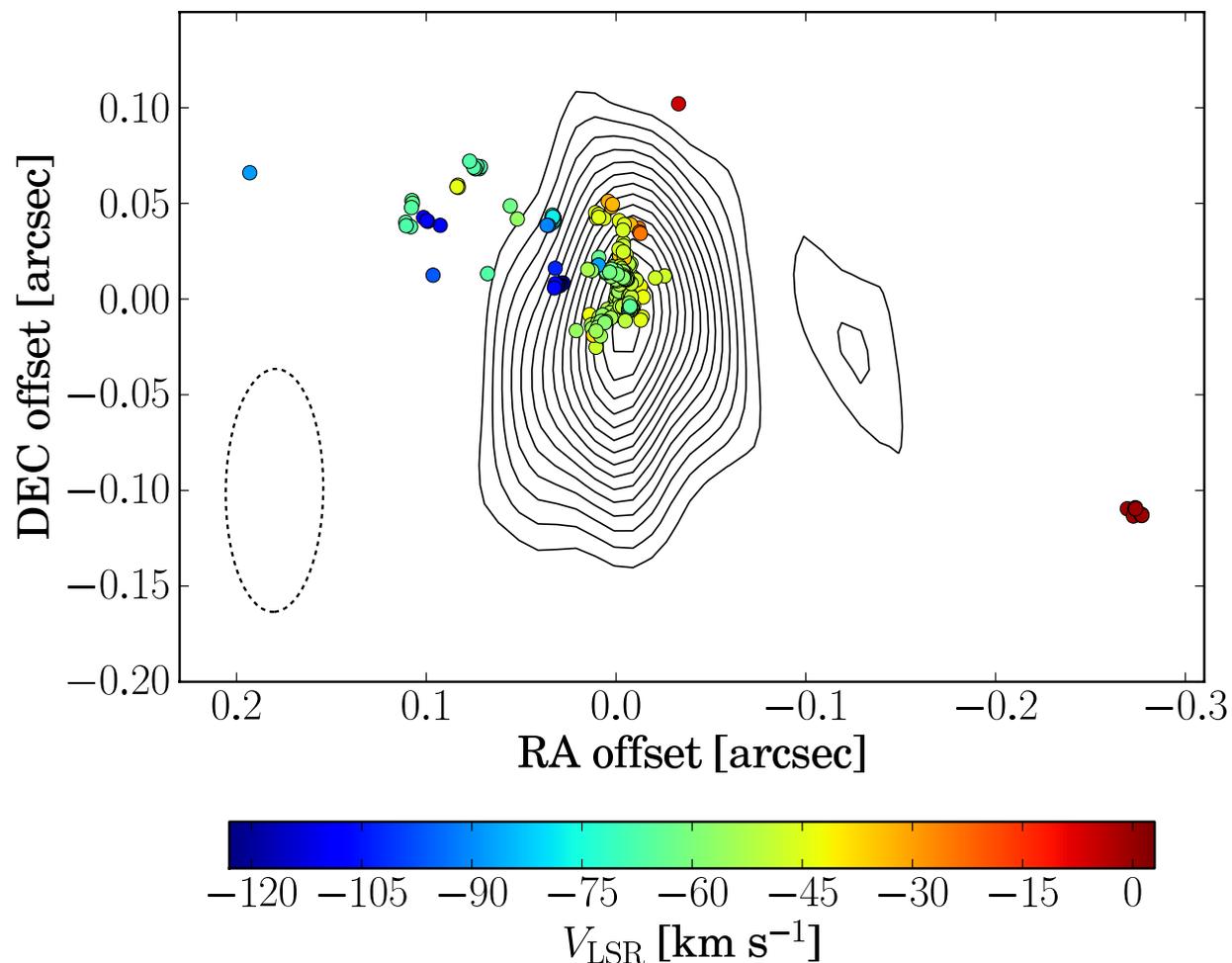
^d MZ, IR, IS, OG: Mizusawa, Iriki, Ishigaki, Ogasawara station, respectively.

- Epoch 1-8および15はすでに論文化済み(Motogi+2011b; 2013)

- Epoch11以降は2つの異なるIF設定を解析(4 MHzズレ)

→共通するスポットの位置ズレから解析の誤差(σ_2)を評価

全体構造



- 東西方向の双極ジェットをトレース

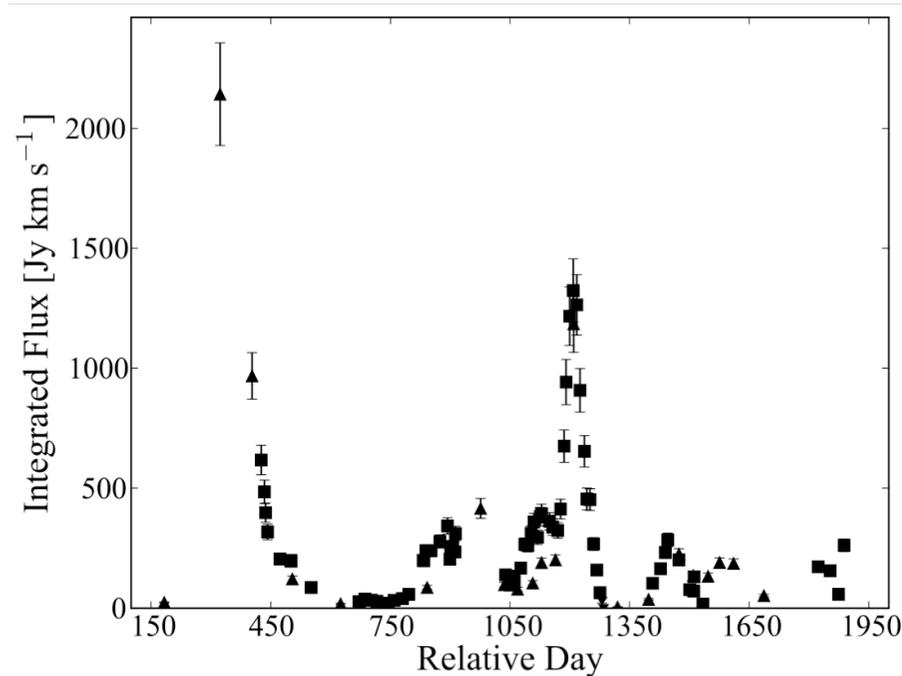
→ATCA、SMAで得られた分子ジェットの向きに一致

- ほとんどのfeatureはシステム速度(-5 km s^{-1})に対して青方偏移

○全23エポックで得られたメーザー分布。原点は(RA,DEC) = (17h 26m 1s.59, $-34^{\circ} 15' 14''.9$)_{J2000}。等高線はJ-VLA (7 mm)で得られたダスト連続波の分布。

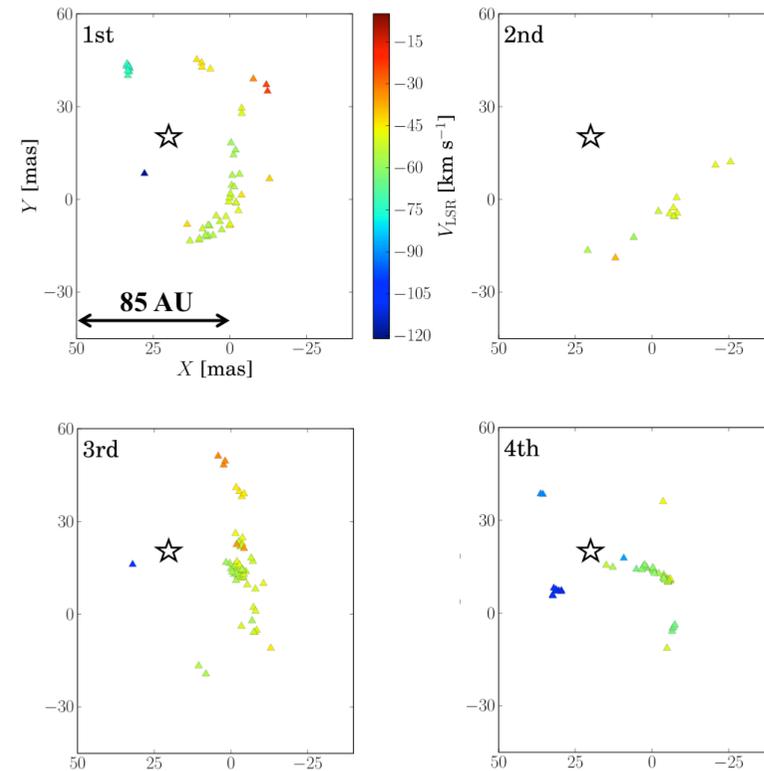
激しい時間変動

- 間欠的強度変動
→5年間で5度の増光



○ 苫小牧11mによって得られた
メーザーの光度曲線

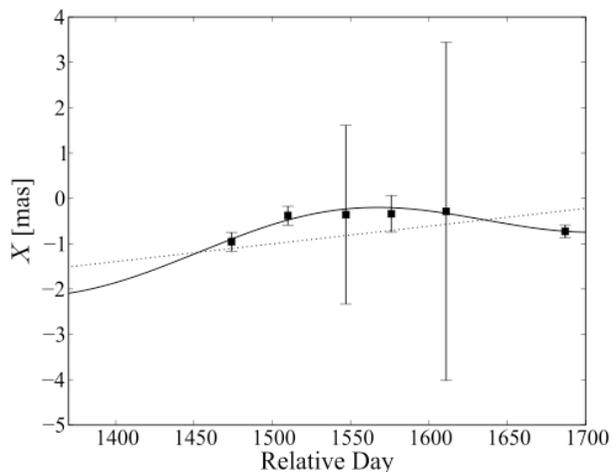
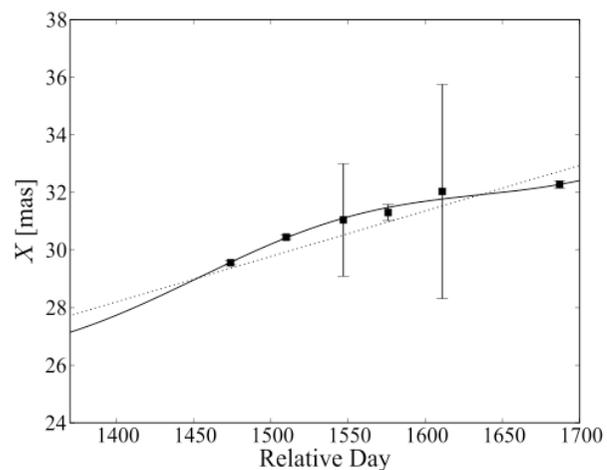
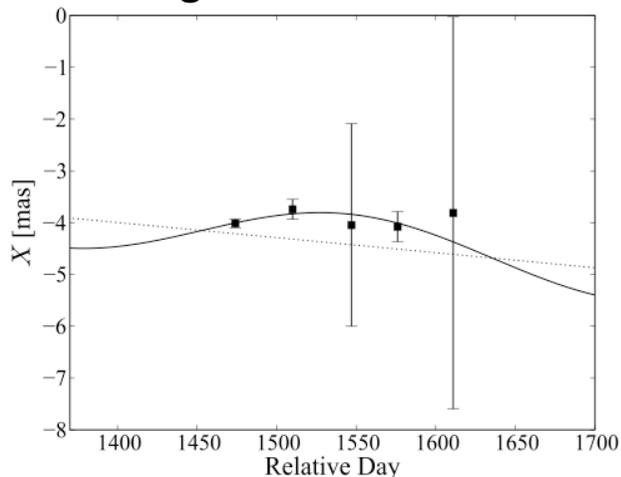
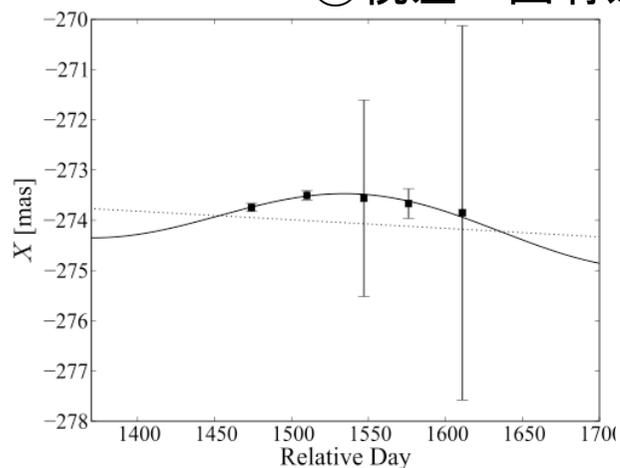
- 強度変動に合わせて
構造も激しく変動



○ 増光時期毎の原点付近のメーザー分布。星印は電波ジェットのパーク位置(Motogi + 2013)。

年周視差計測

○視差 + 固有運動fittingの例



- 1ヶ月間隔の高頻度モニター(Epoch18 - 23)にて5エポック以上連続で検出されたfeatureで計測(合計5つ)

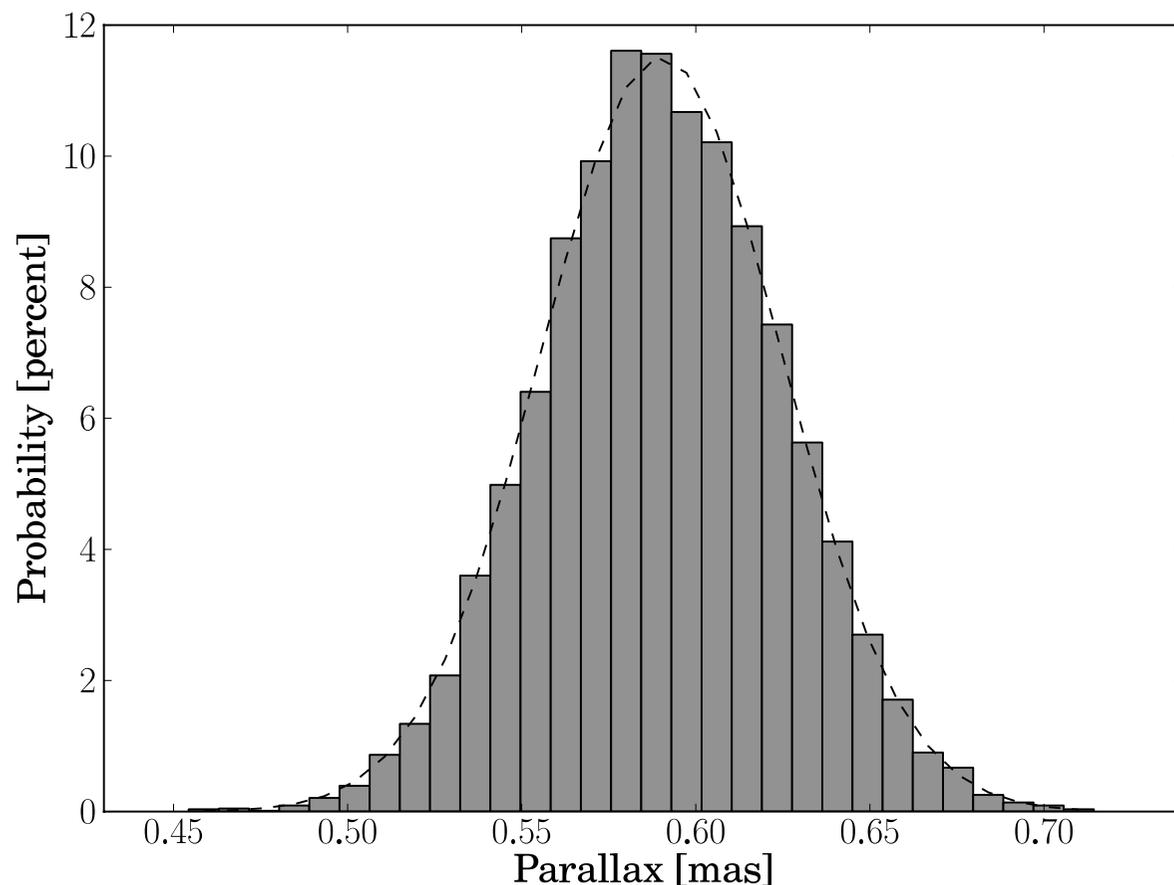
• RA方向データのみを使用
→DEC方向は完全にUseless

- 各featureの絶対固有運動と共通の年周視差をパラメータにして χ^2 フィッティングを実施(誤差で重み付け)

Best-fit

0.59 ± 0.05 mas

系統誤差の推定



- 視差を1周期追えていないためモンテカルロ法にて系統誤差を推定

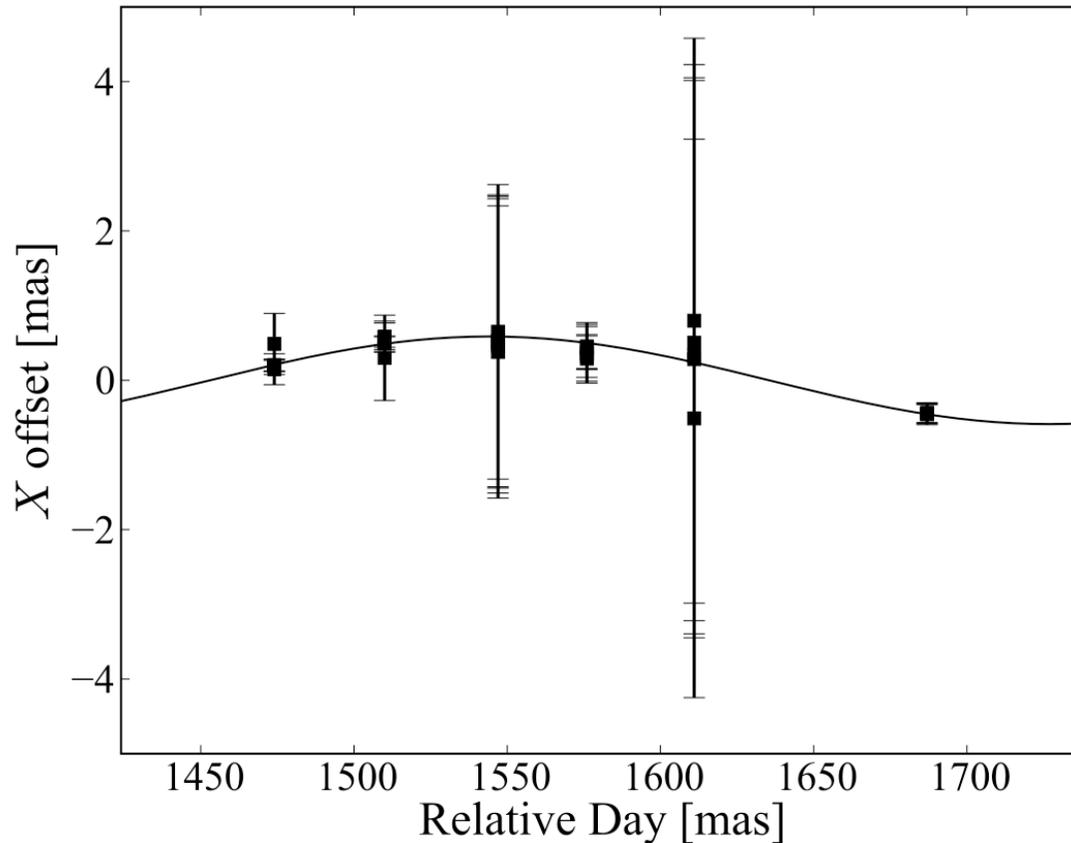
→各観測データ点の誤差を標準偏差とする正規分布ノイズを仮定し 10^4 回試行

- 確率分布から予想される系統誤差(1σ)

〜0.035 mas

○モンテカルロ法によって得られた視差fittingの確率分布
破線はBest-fitのガウス分布を示す。

距離計測



○Best-fit年周視差の曲線と絶対固有運動差し引き後の全データ点の関係

- 0.59 ± 0.06 mas
(* 系統誤差を追加)

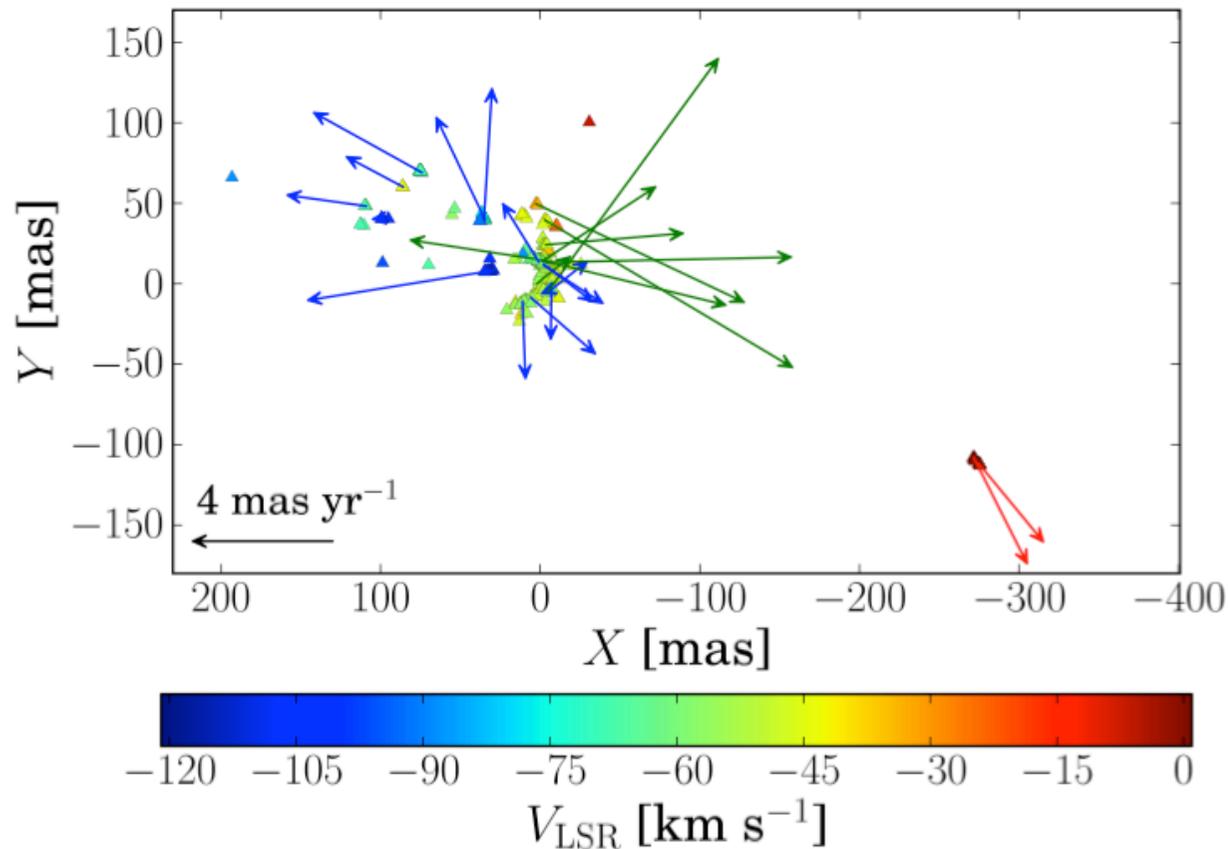


$1.7^{+0.19}_{-0.16}$ kpc

- 測光距離1.75 kpcと誤差の範囲で一致

→NGC6357とNGC6334には
奥行き300 pcの差?
(Chibueze+ 2014)

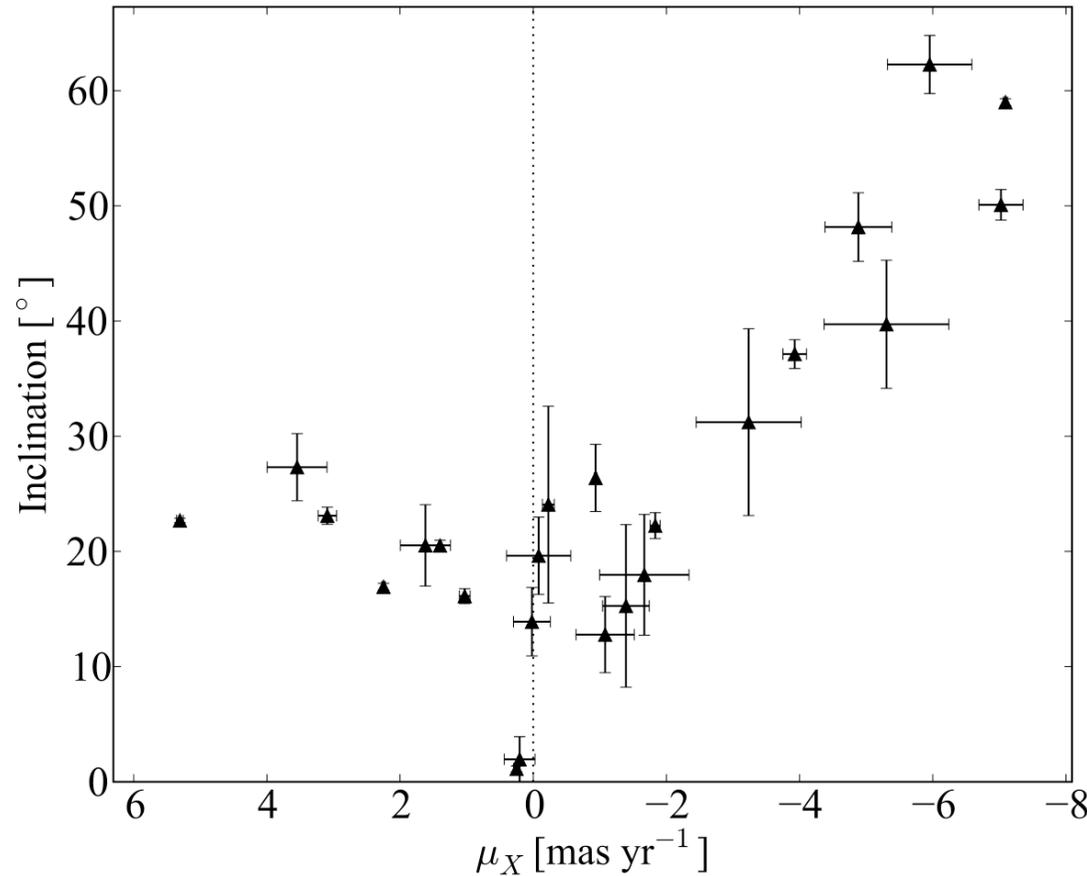
内部固有運動



- 時期毎に4つの位置参照featureを使用。
- 参照featureの運動については相対固有運動の平均から導出。
- 原点付近で東西方向の膨張運動

○G353における内部固有運動ベクトル。青方偏移成分の中で視線方向からの傾きが 25° 以下のものを青矢印、 25° 以上のものを緑矢印で示した。

Inclination angle



- ほとんどのメーザーが視線方向に沿って運動

→"Pole-onジェット"説を
直接検証出来た

→東西方向の膨張は
Projectionの効果

- 明らかに東向きの方が見込み角が小さい

中心軸が西向きに沿っている?

or

CepA HW2のように

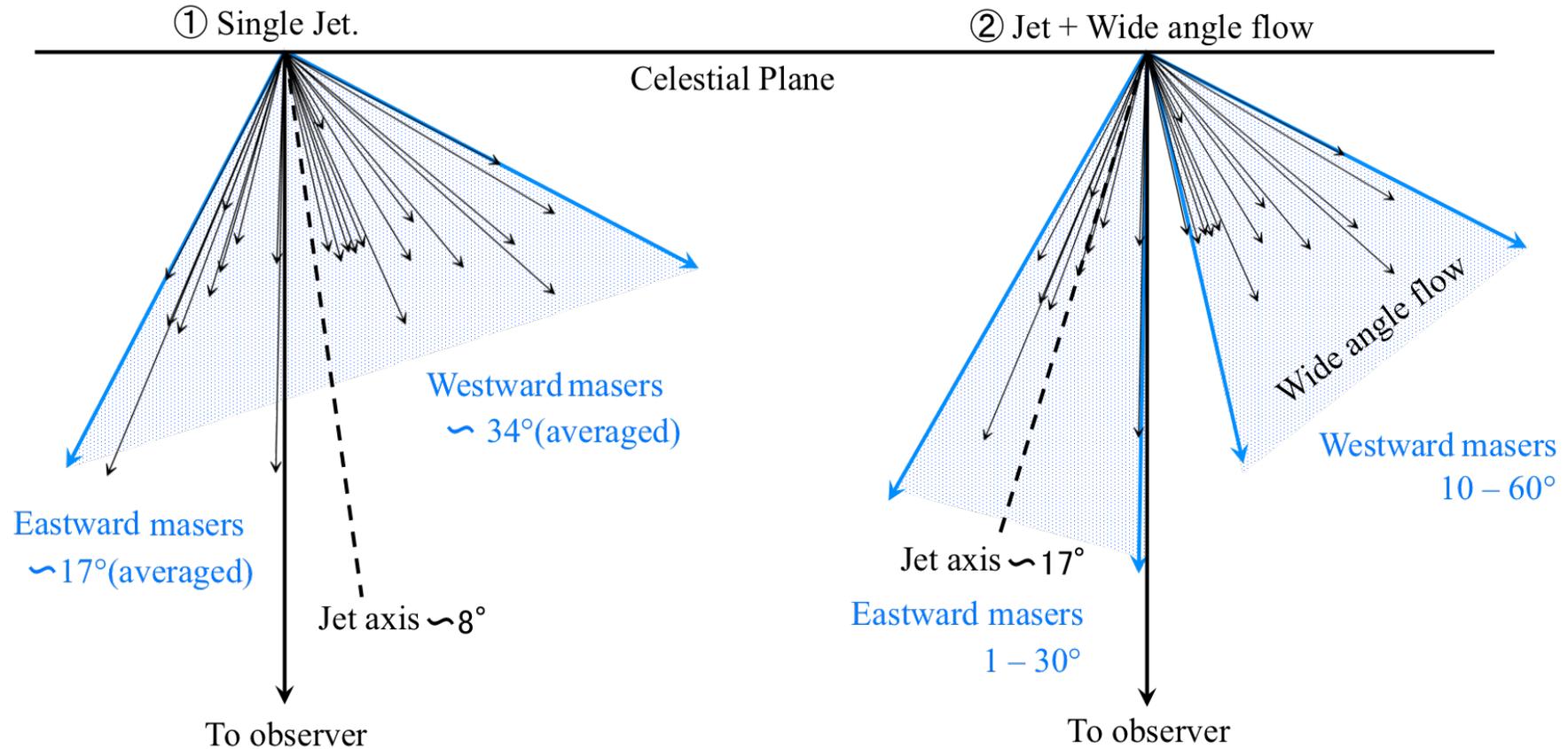
単一のジェットではなく

ジェット + 広角アウトフロー?

(Torrelles+ 2011)

○青方偏移成分のRA方向の固有運動と見込み角の関係。

予想されるgeometry



○予想される2つのアウトフロー構造。黒い矢印は全青方偏移メーザーの見込み角と3次元速度の大きさを表す。どちらの場合も中心ジェットの見込み角は8-17°程度であり、ほぼ完全にPole-onと予想される。

まとめ

- G353.273+0.641の年周視差計測に成功した。
- 視差は 0.59 ± 0.06 mas $\rightarrow 1.70^{+0.19}_{-0.16}$ kpc であり、測光距離とよく一致する。
- ほとんどのメーザーfeatureは視線方向に沿った固有運動を示しており、Caswell & Phillips (2008)のPole-onジェット説を支持する。
- 3次元運動から予想されるジェットの軸は $8^\circ - 17^\circ$ である。

→その他詳細は元木まで\(^o^)/