

NGC 1275におけるジェット・降着流 ～最近の進展を中心に～

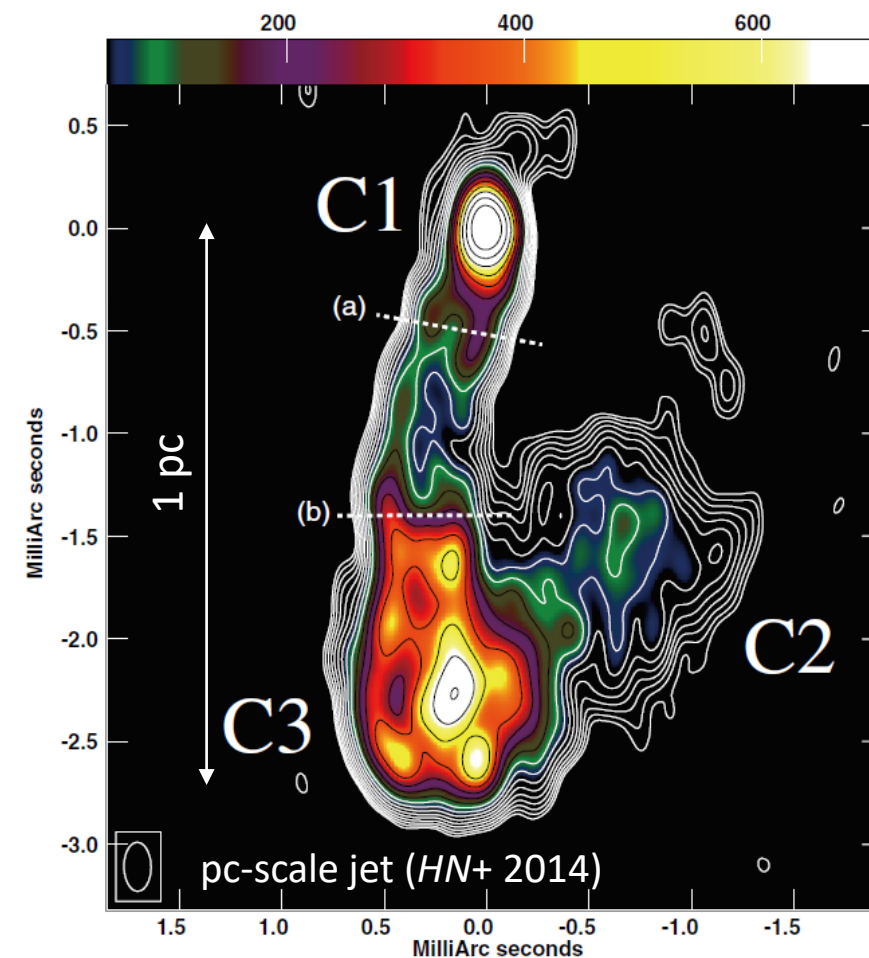
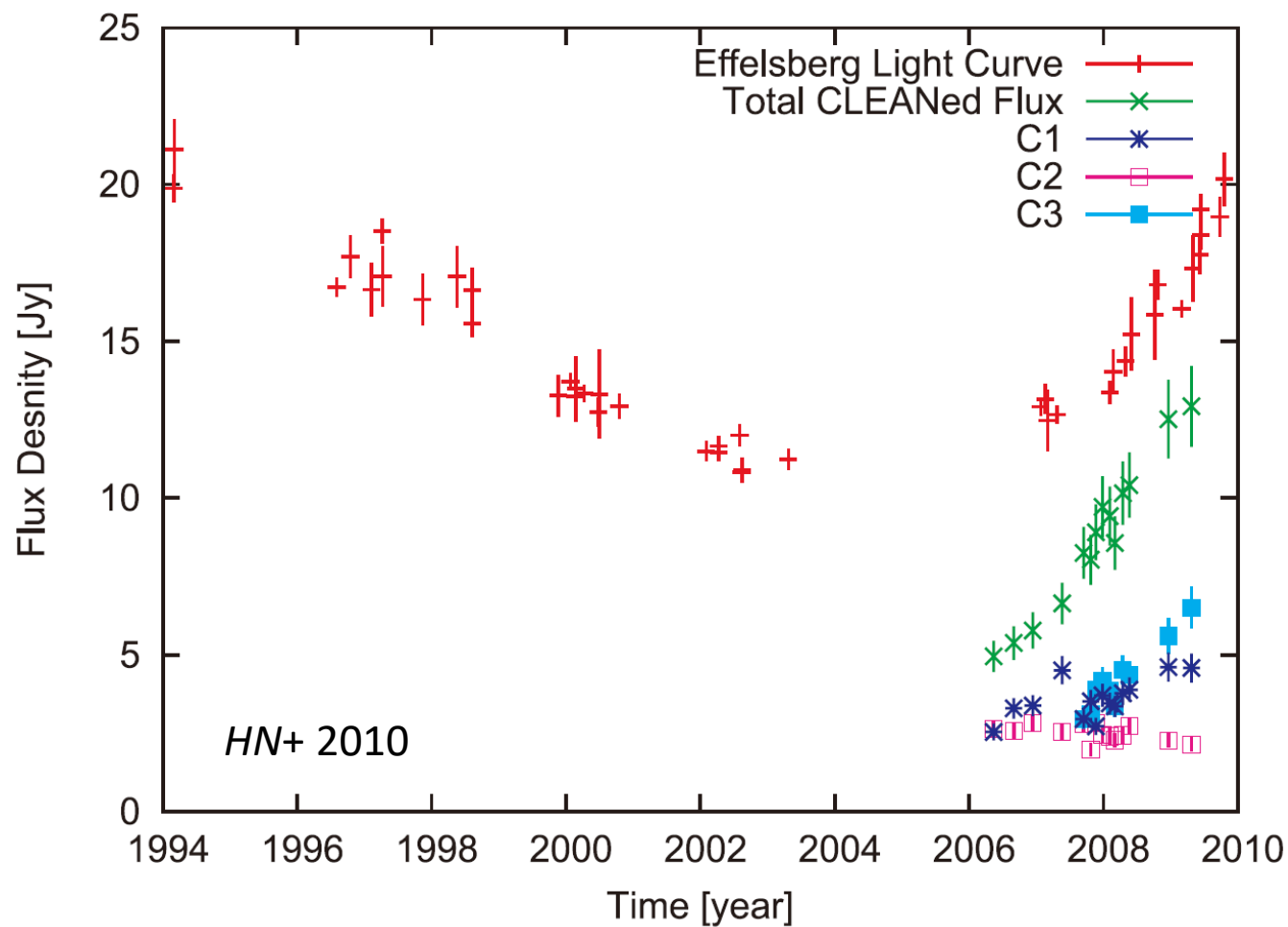
永井 洋
(国立天文台)

NGC 1275

- ペルセウス座銀河団の中心銀河
 - $M_* \sim 2 \times 10^{11} M_\odot$ (Mathews+ 2006)
 - $M_{\text{BH}} \sim 1 \times 10^9 M_\odot$ (HN+ 2019)
- 比較的活発な星形成($\text{SFR} \sim 18\text{-}207 M_\odot \text{ yr}^{-1}$)がある楕円銀河 (Mittal+ 2015)
- ジェット (右図ピンク) と銀河団ガス (右図紫) の相互作用
- $10^{10} M_\odot$ の分子ガス (右図等高線、Salome+ 2006)



電波源3C 84



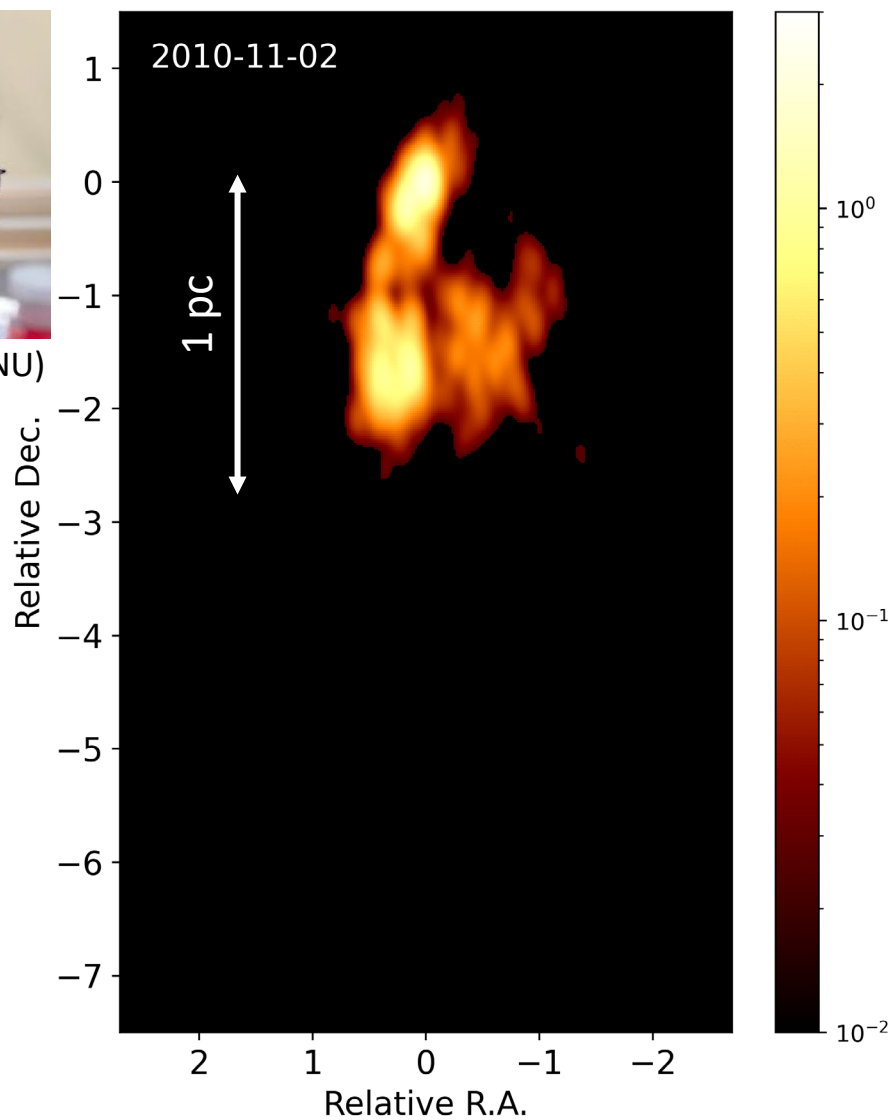
pcスケールにおけるジェットと周辺ガスの相互作用を調査可能な稀有な天体

11年間にわたるVLBI観測による動画

Kam, *HN* et al. submitted (arXiv:2312.13666)



Minchul Kam (SNU)



- ジェットの歳差運動
- ホットスポットの複雑な運動
- FR II \rightarrow FR I-likeな形態変化

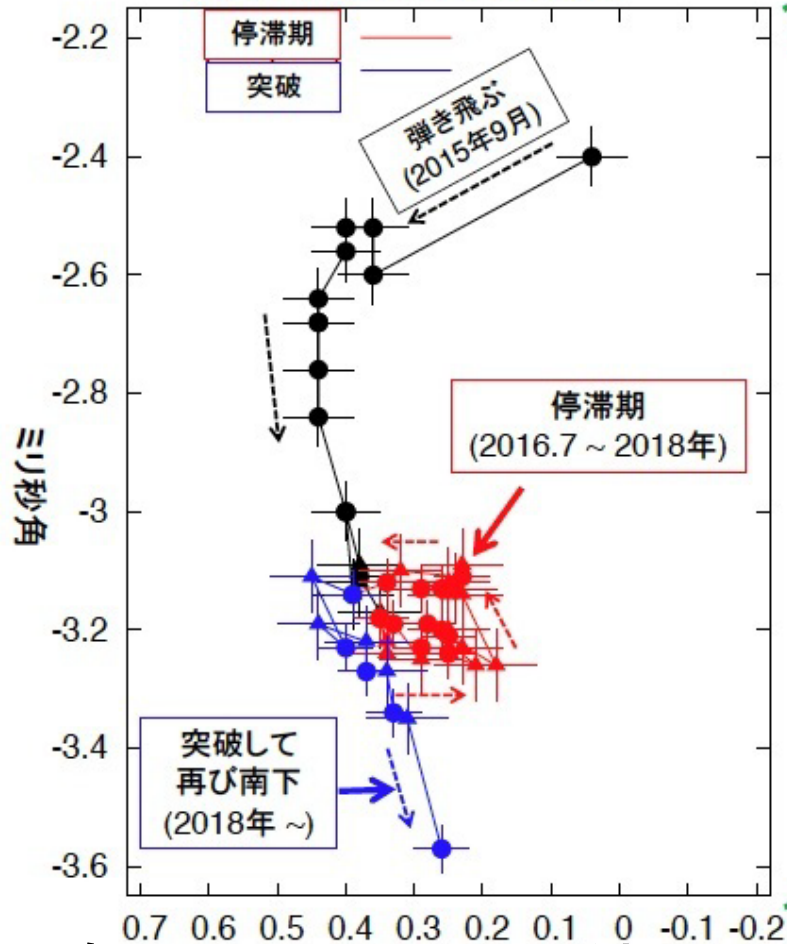
ホットスポットの運動

Kino, HN et al. 2021

ホットスポット軌跡の拡大図

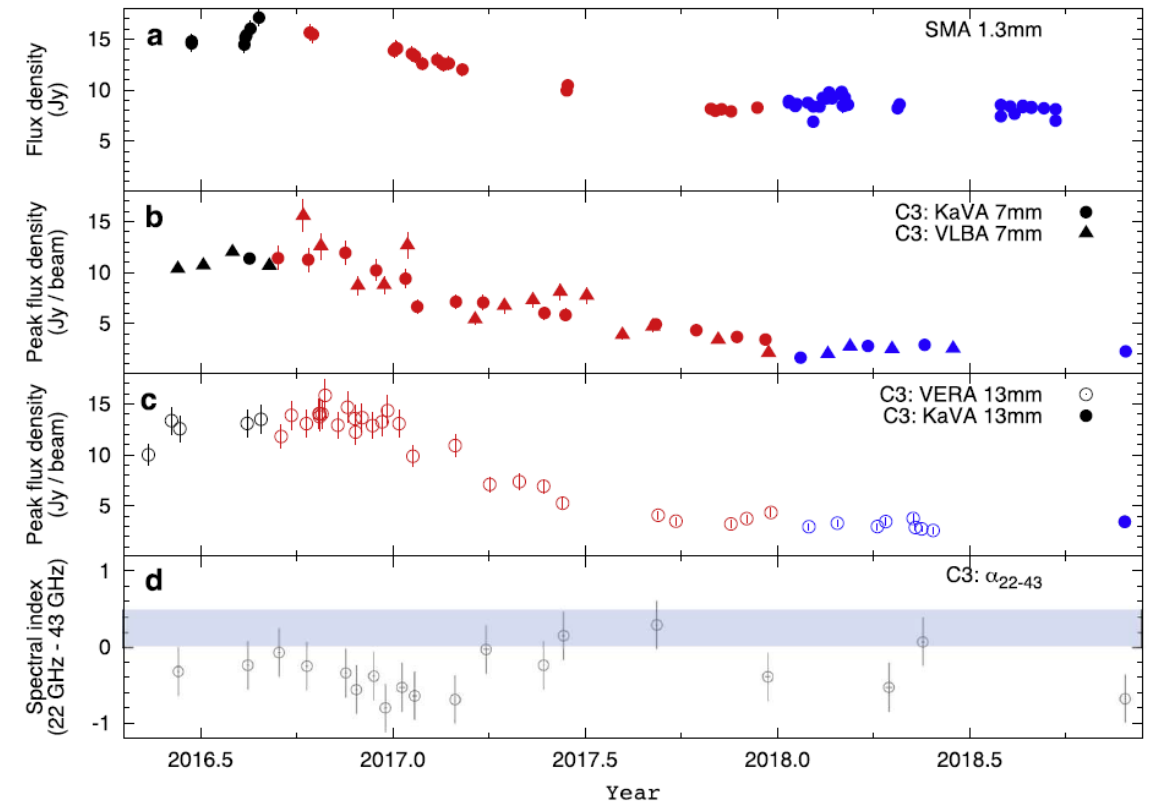


M. Kino
(工学院大)



自由自由吸収から期待される“雲

Observed light curves and α_{22-43}



ホットスポット

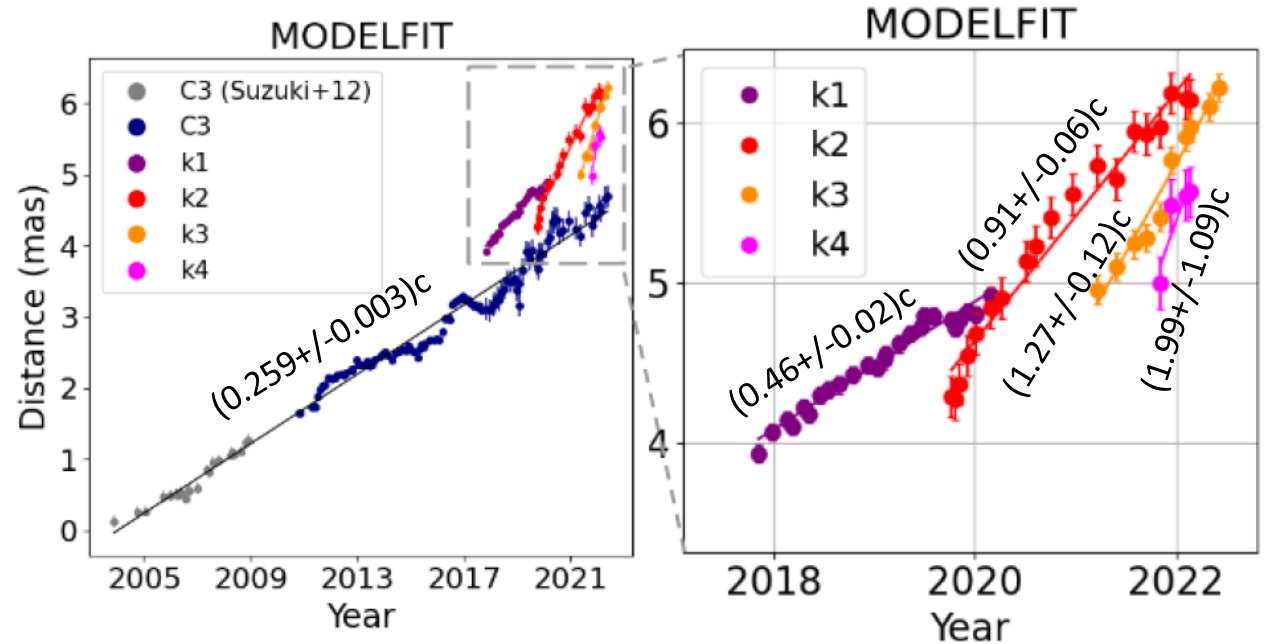
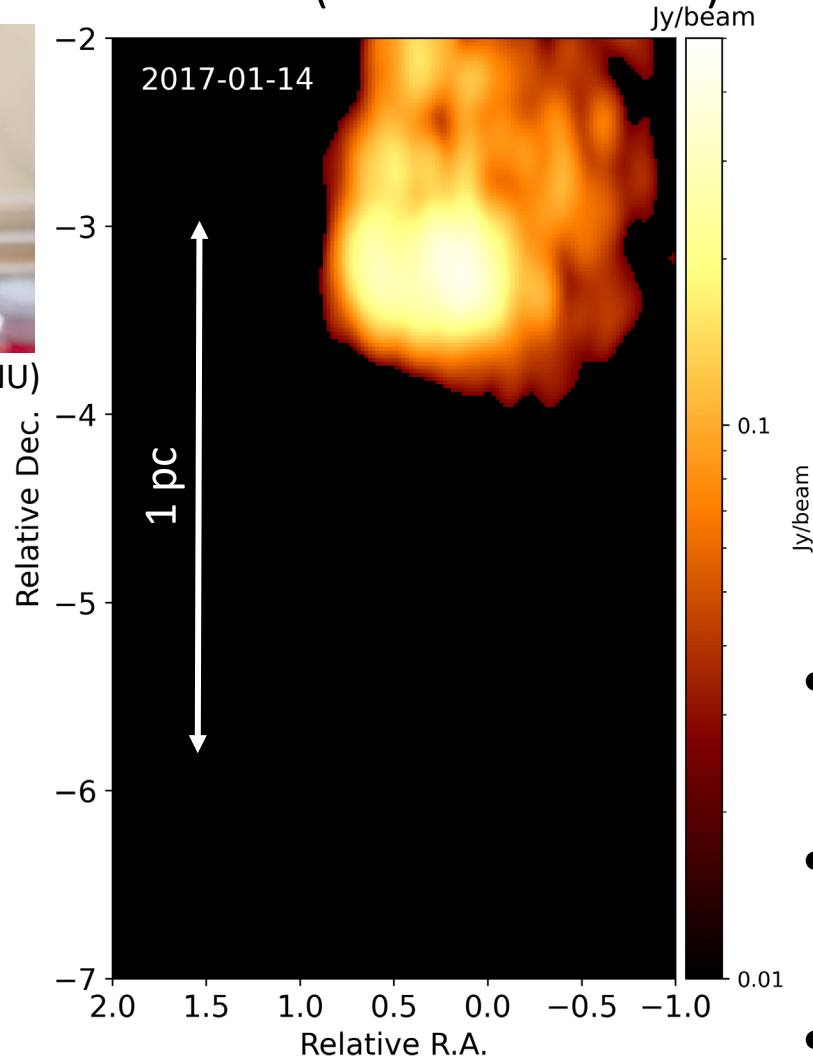
電波ローブ (C3)

ホットスポットの“崩壊”

Kam, HN et al. submitted (arXiv:2312.13666)



Minchul Kam (SNU)

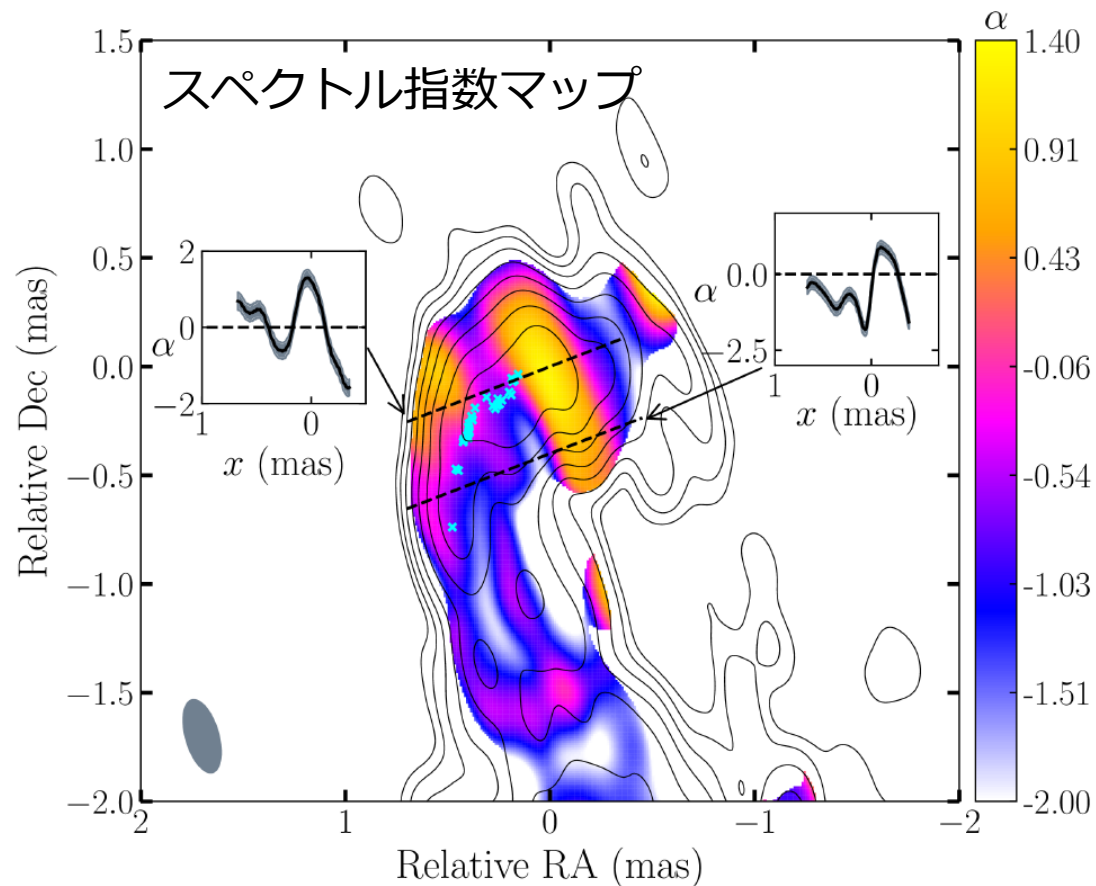
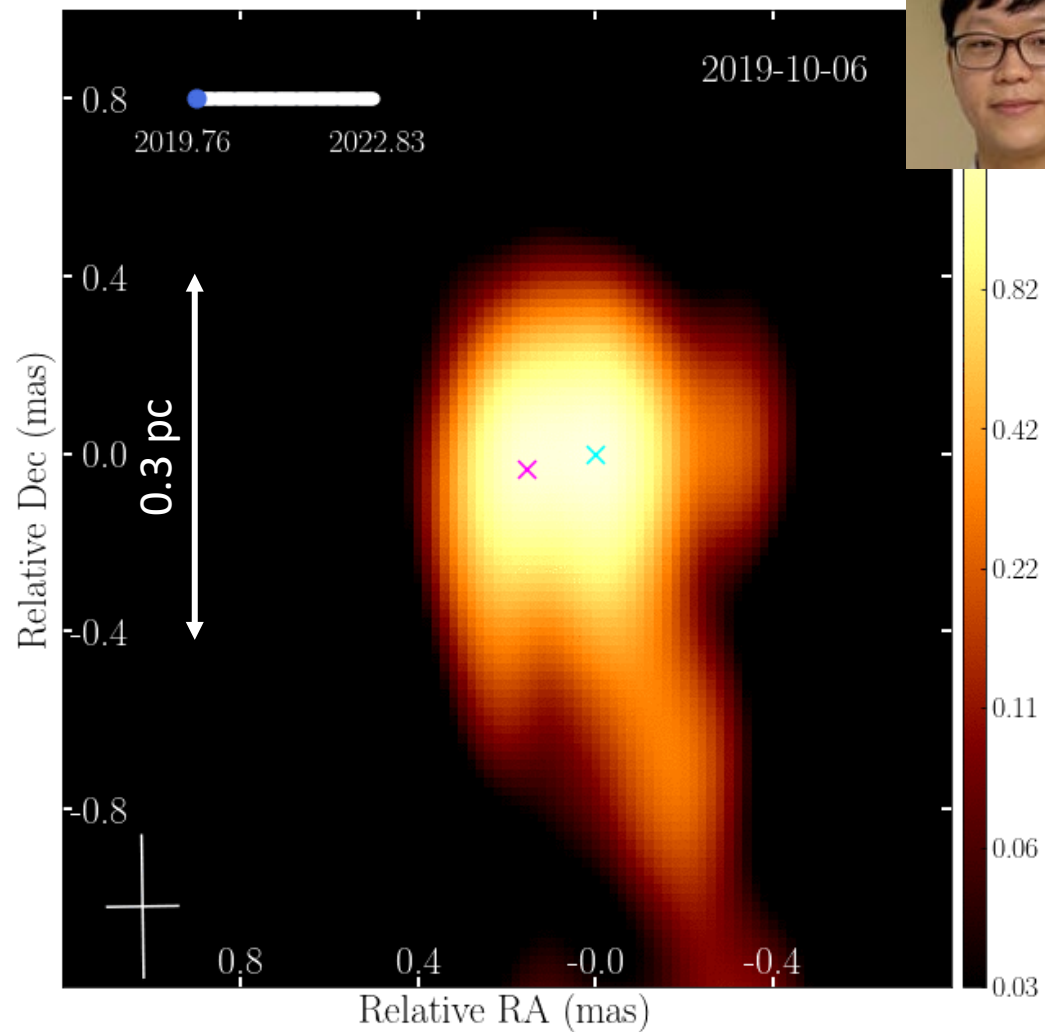


- ホットスポット (C3) から超光速運動するノットの出現
- 出現時期はFR II → FR I に遷移するタイミングと動機
- リコネクションジェット？

ジェットの軌道の変化

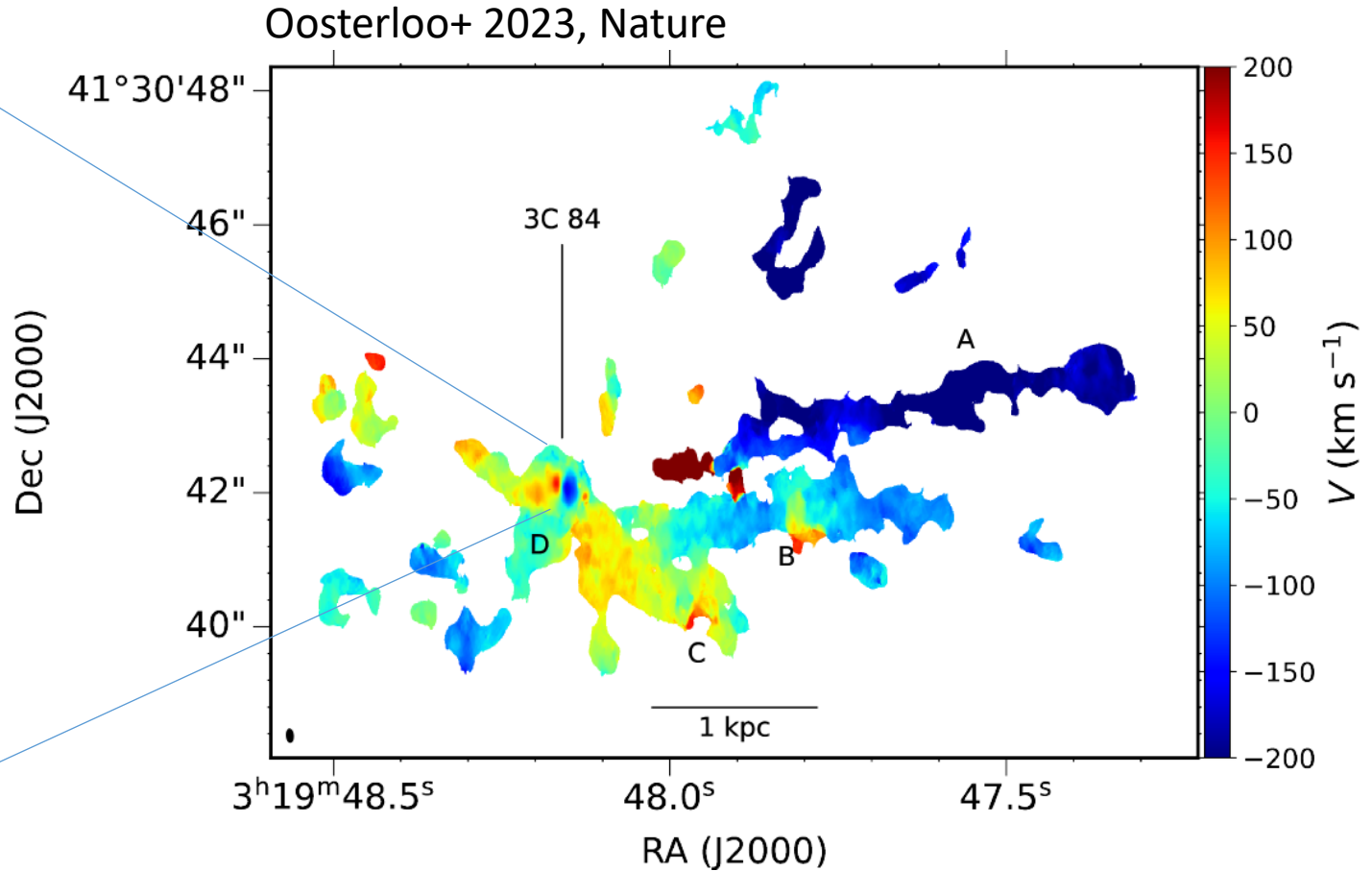
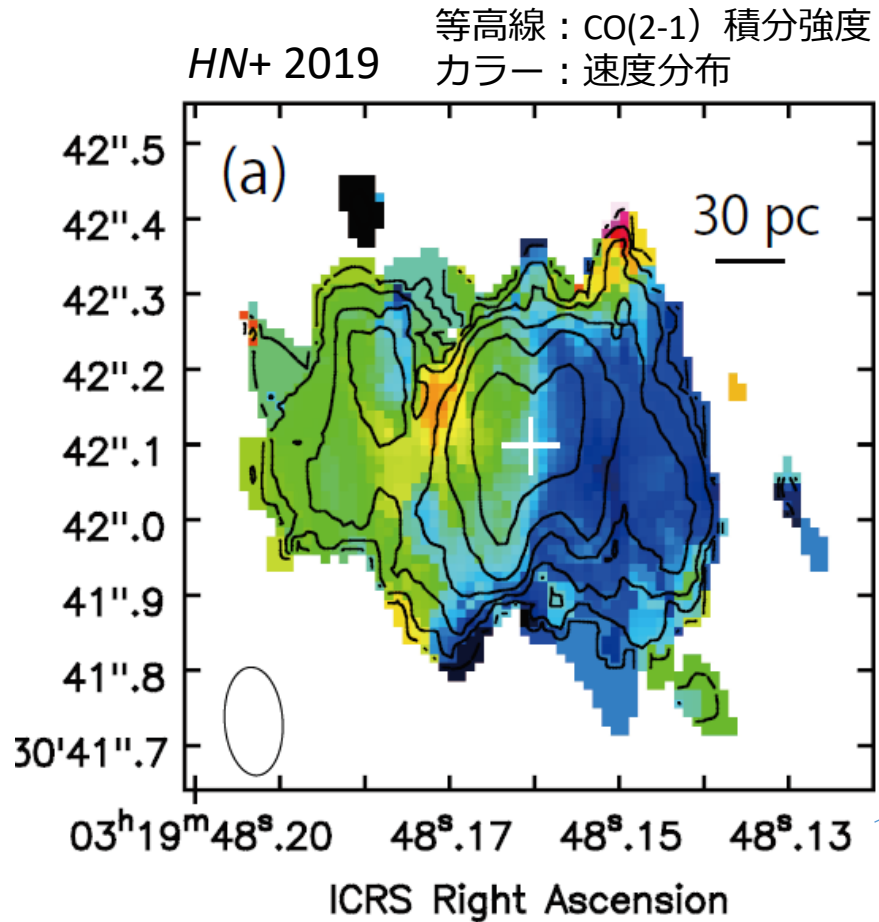
Jongho Park (Kyung Hee Univ.)

Park, *HN* et al. accepted (arXiv:2311.08647)



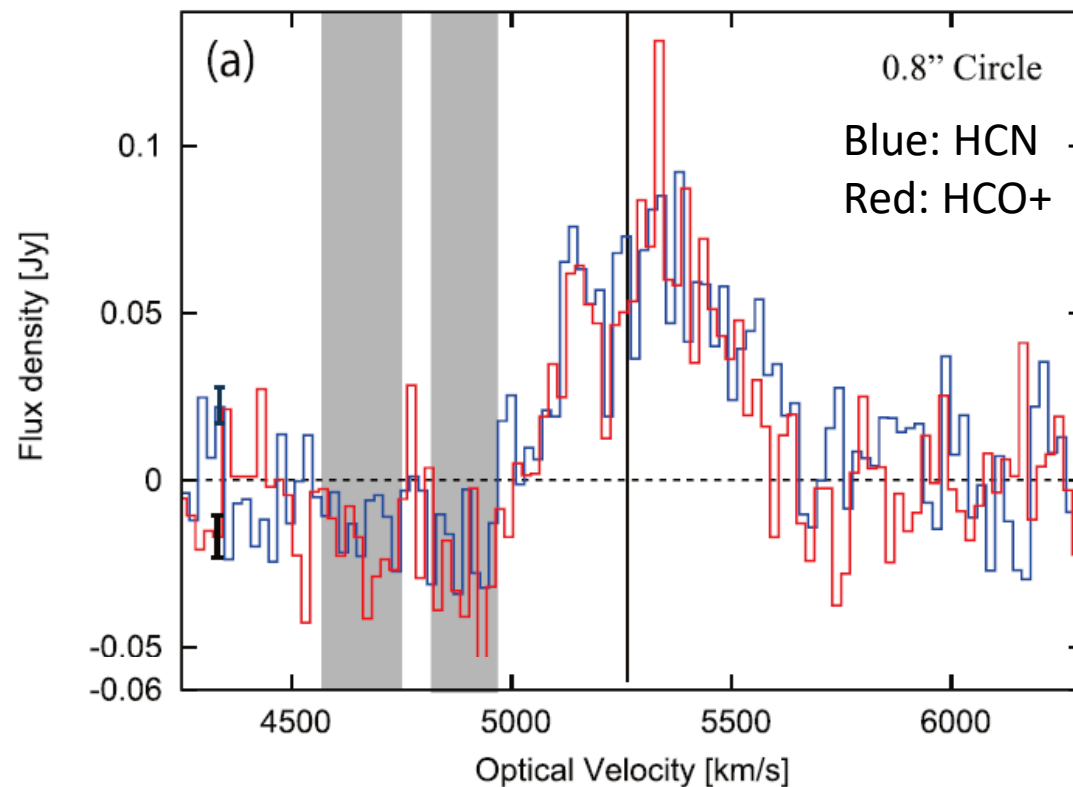
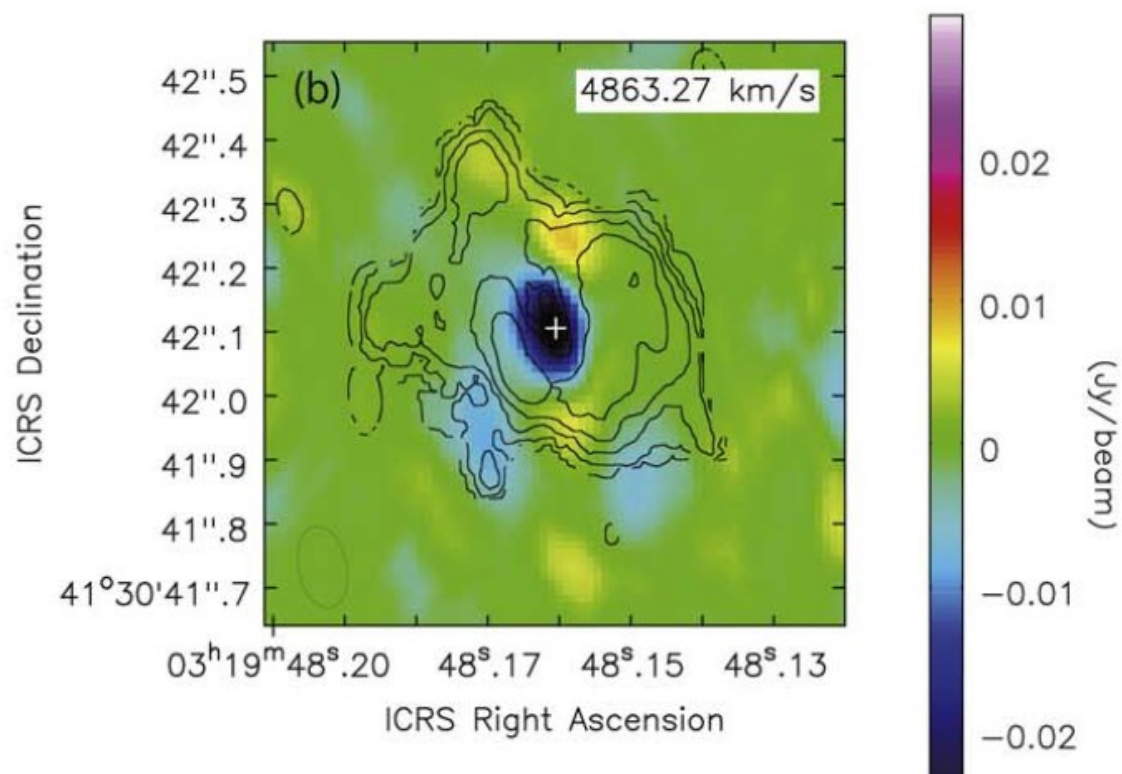
ジェットの進行方向を変える“壁 or 雲”の存在
 $n_e \sim 2.1 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$

分子ガス核周円盤とそこに降り注ぐ分子ガス流



- ジェットとの相互作用を起こすガスの起源の可能性
- あるいは輻射噴水アウトフロー？

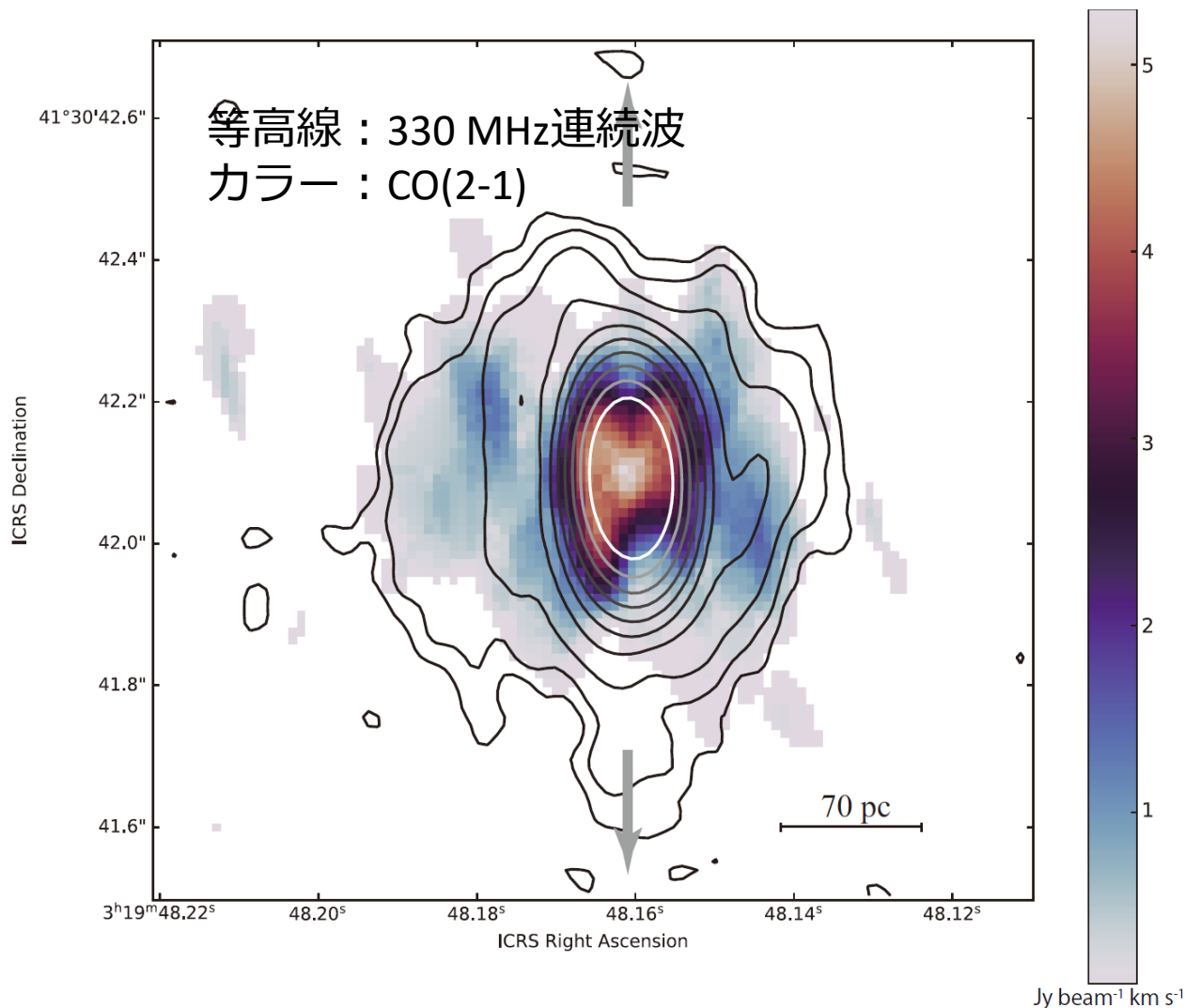
分子ガス吸収線



- 青方偏移
- ジェットとの相互作用によって生じたアウトフローか？

CND中のSNRからのシンクロトロン放射

HN & Kawakatu 2021



- $\sigma_v \sim 25$ km/s
- SN駆動乱流モデルから予想される乱流速度と良い一致

BLR/inner NRLを探索手法
(very preliminary)

Analytic Matrix for ALMA POLArimetry (AMAPOLA)

- ALMAキャリブレーターモニター (Grid monitoring)
- 約40天体の明るい電波源を数日から数週間の間隔でモニター
- 偏波情報も取得
- 偏波測定に必要な校正済みデータを公開 by 亀野誠二さん@JAO

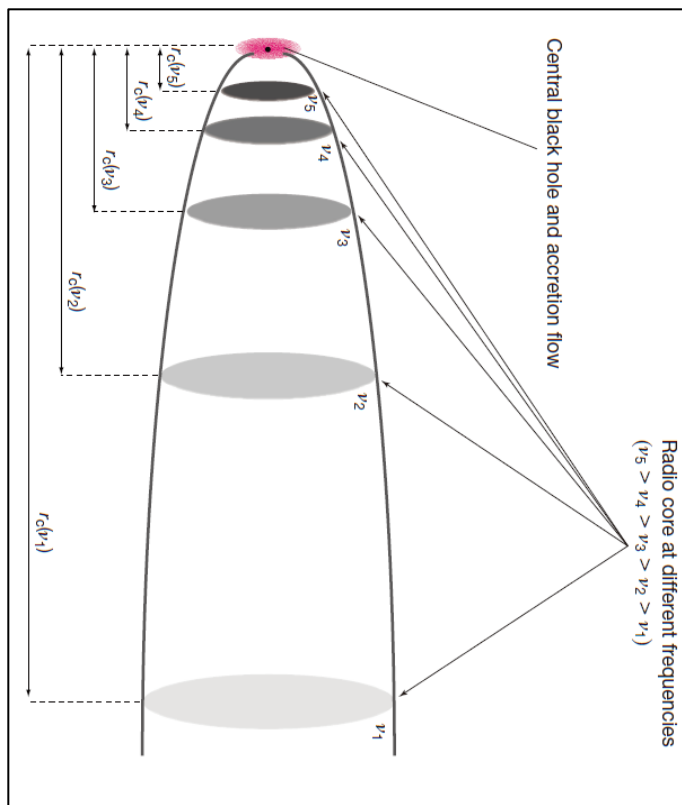
Analytic Matrix for ALMA POLArimetry (AMAPOLA)

- $\chi_{\lambda_2} - \chi_{\lambda_1} = RM/(\lambda_2^2 - \lambda_1^2)$
- RMの時間変化の兆候
- 光源(ジェット)の手前にある電離ガスの電子密度 and/or 磁場の変動

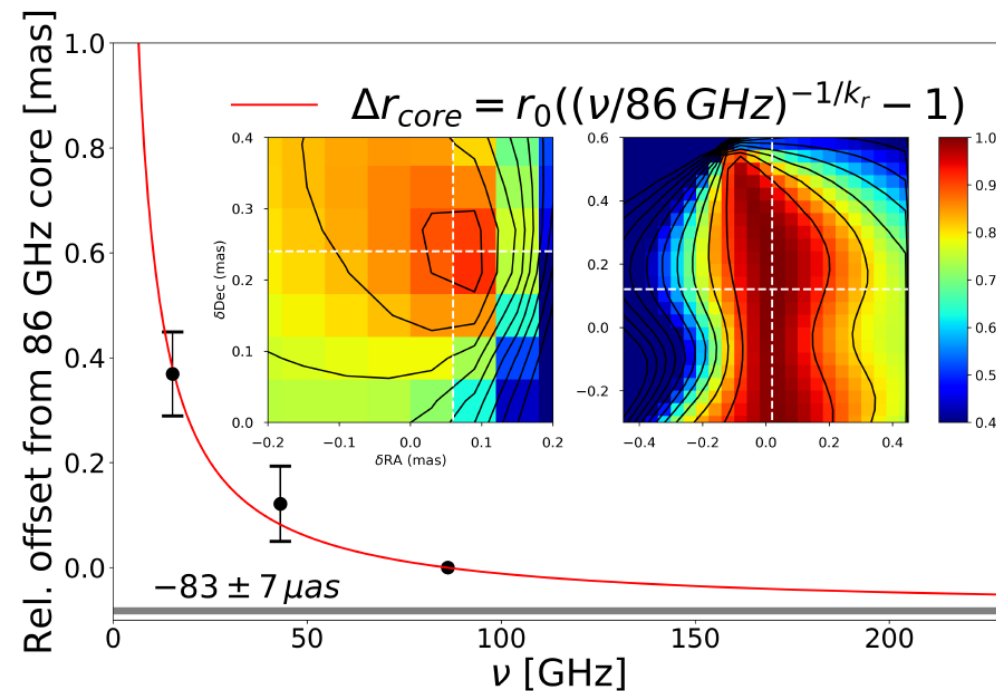
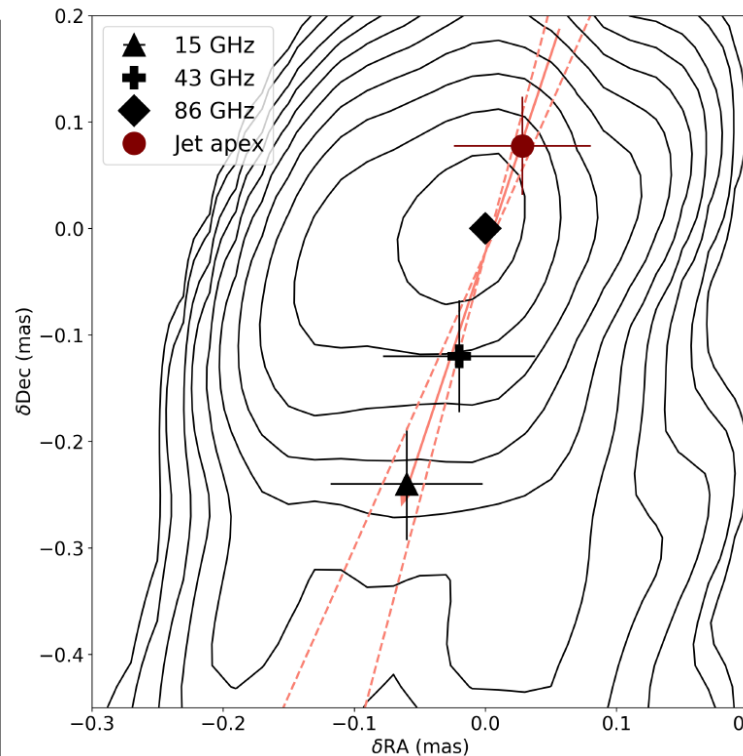
RMの時間変化

ミリ波放射とRMの起源

Hada+ 2011



Paraschos+ 2021



- 100 GHzコアの位置：BHから0.03-0.08 pc ($20^\circ \leq \theta_{\text{jet}} \leq 65^\circ$)
- BLRスケールの電離ガスの変動を見ている？
- 時間変動は降着流の非一様性、あるいはアウトフローの影響によるRM変動か？

BLR/NLRパラメータとの整合性

- BLR

$$RM[\text{rad m}^{-2}] = 1 \times 10^{10} \left(\frac{f}{3 \times 10^{-9}} \right) \left(\frac{n_e}{10^{10} \text{cm}^{-3}} \right) \left(\frac{B_{los}}{0.1 \text{G}} \right) \left(\frac{r}{0.05 \text{pc}} \right)$$

※Punsly+ 18のBLガスの観測とCLOUDY計算から導かれた n_e , f , r を使用

※磁場は熱的電子との等分配を仮定

- NLR

$$RM[\text{rad m}^{-2}] = 2 \times 10^5 \left(\frac{f}{10^{-2}} \right) \left(\frac{n_e}{10^3 \text{cm}^{-3}} \right) \left(\frac{B_{los}}{25 \mu\text{G}} \right) \left(\frac{r}{100 \text{pc}} \right)$$

- 観測されたRMは 10^6 オーダー。
- BLRの外縁、もしくはNLRの内縁付近を見ている？
(磁場の推定は議論の余地あり)

まとめ

- NGC 1275/3C 84のVLBI・ALMA観測による最近の研究を紹介
 - 0.1-1 pcスケールでジェットと周辺ガスとの相互作用が観測されている。
 - 相互作用を起こすガスと、1-1000 pcスケールで観測された分子ガスとの関係を議論。
- ミリ波帯で観測されたRMの時間変動を紹介
 - 電波コアシフトを考慮すると、ファラデー回転はBLR/inner NLRスケールで起こっている可能性を議論。
 - RMの時間変動が観測された。BLR/inner NLRを探る新たなツールとなり得る。

backup

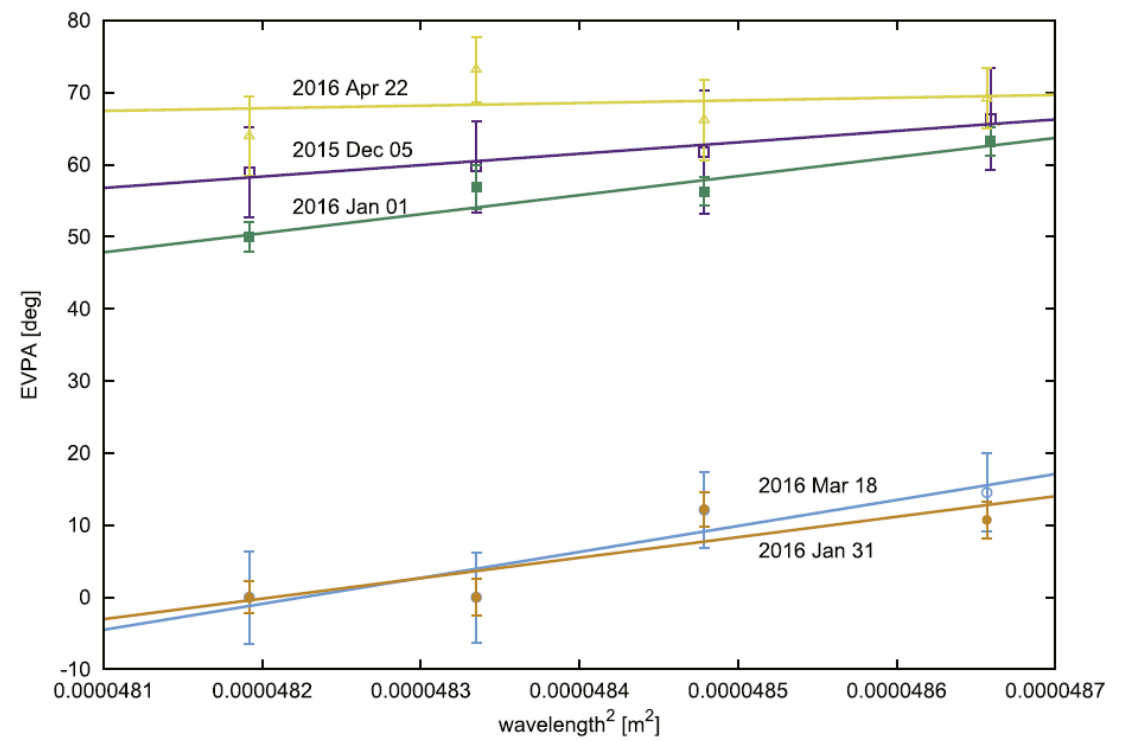
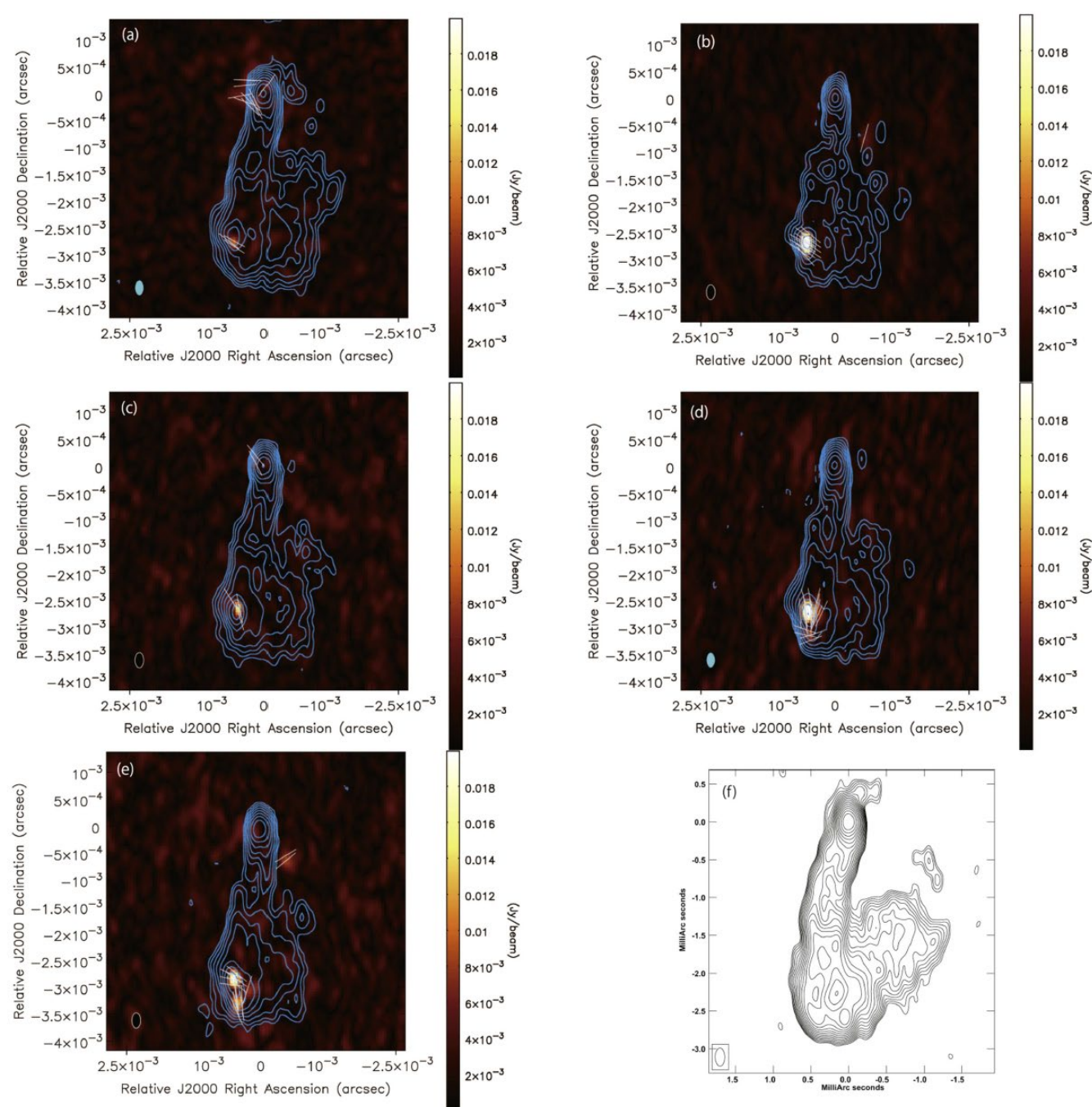


Figure 2. EVPA as a function of wavelengths squared.

Table 2
Faraday Rotation Measure on the Polarized Feature

Date	Rotation measure (rad m ⁻²)	χ_0 (degree) ^a
2015 Dec 05	$(2.7 \pm 0.5) \times 10^5$	-23 ± 5
2016 Jan 01	$(4.6 \pm 0.9) \times 10^5$	89 ± 19
2016 Jan 31	$(6.3 \pm 1.9) \times 10^5$	30 ± 10
2016 Mar 18	$(5.0 \pm 2.2) \times 10^5$	24 ± 11
2016 Apr 22	$< 2.3 \times 10^5$	N/A