

電波銀河Cyg Aにおけるジェットとカウンタージェットの形状相関

岐阜大学大学院 自然科学技術研究科 M2 稲葉峻太

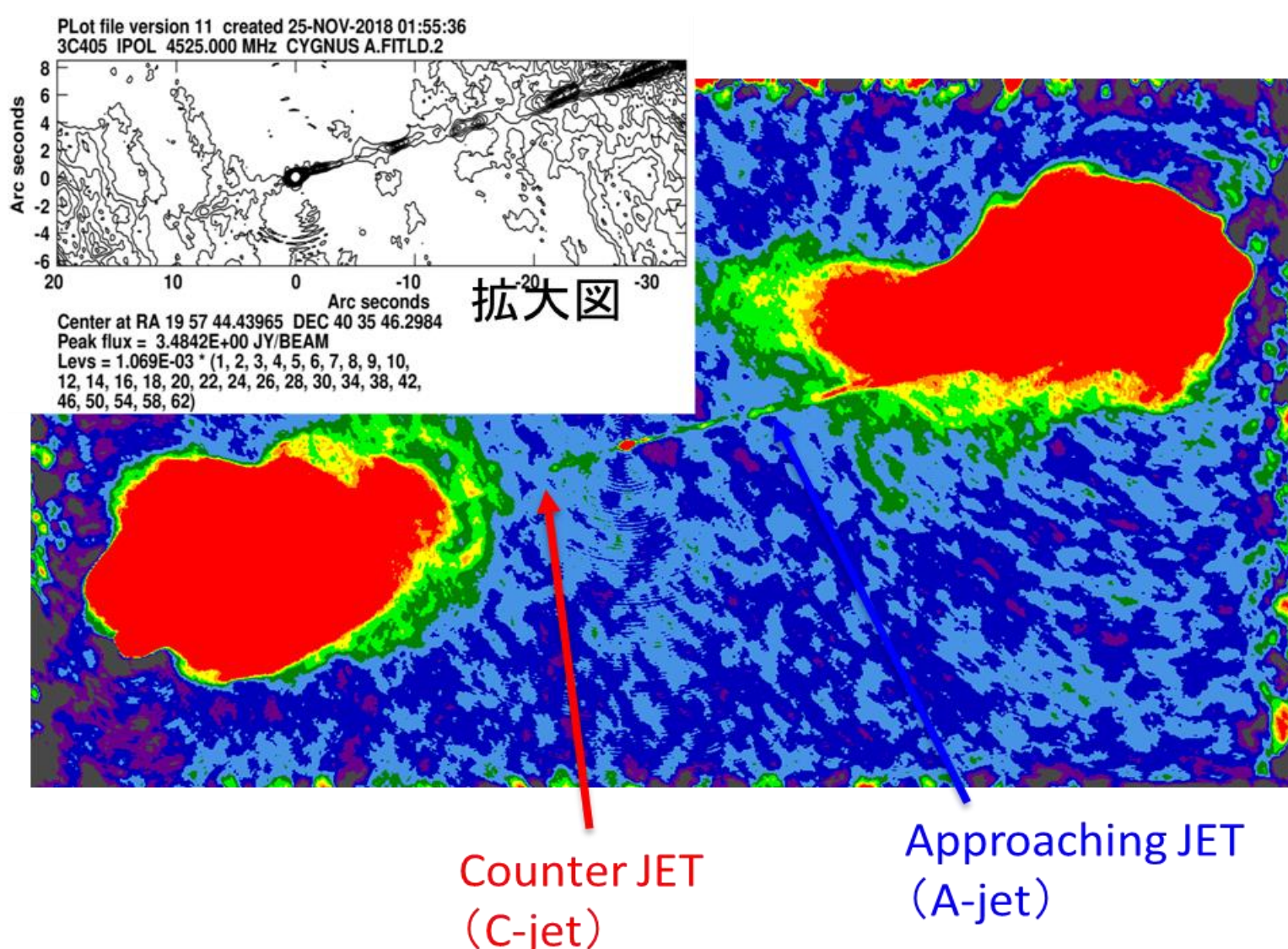
概要 VLAでのイメージによると、Cyg Aではアプローチングジェット(A-jet)とカウンタージェット(C-jet)の両方が検出される。この二つのジェットについて自己相関と相互相関とを用いて解析を行い、その二つのジェットの構造の対称性についての研究を行った。相互相関を行った結果、A-jetとC-jetの強度パターンとの間で高い相関があることが分かった。一方、相関が最大となるシフト量は8 arcsecほどであり、二つのジェットの構造はコアからの距離に対して非対称であった。このことは、観測されているC-jetはA-jetに比べて放出の時期が遅れたものを観測している可能性がある。このC-jetのシフトは電波ジェットの放出される角度とジェットの速度で記述されると考えられ、モデル化を今後行いたい。

I. 研究背景

電波銀河の双極ジェット

- ・近づくjet (A-jet)
- ・遠ざかるjet (C-jet)
- いずれもSMBH周辺の降着円盤が起源
- 通常、強度パターン(形状)の対称性が仮定される。

これは事実か？



Cyg Aはkpcスケールでのジェット形状の対称性を調べるうえで最適の天体である(上図)。

II. 研究目的・方法

Cyg AジェットにおけるA-jet, C-jetの強度パターン(形状)に相関があるかどうかを各jetの自己相関および相互相関を用いて解析。

このため、Cyg AのVLAアーカイブイメージのFITSファイルをNEDから取得して、NRAO AIPSで解析を実施した。

III. 自己相関による解析

① A-jet

1. 強度パターン取得
 - ・ジェット軸に沿ってA-jetをスライス(図1青線)
 - ・このときコア成分と思われる部分は除去。
 - ・2次曲線の最小二乗法でローブ分の強度分布を推定(図1紫線)
- ・スライスから、推定されたローブ分の強度を差し引き、ジェットのみの強度パターンの作成(図2)。

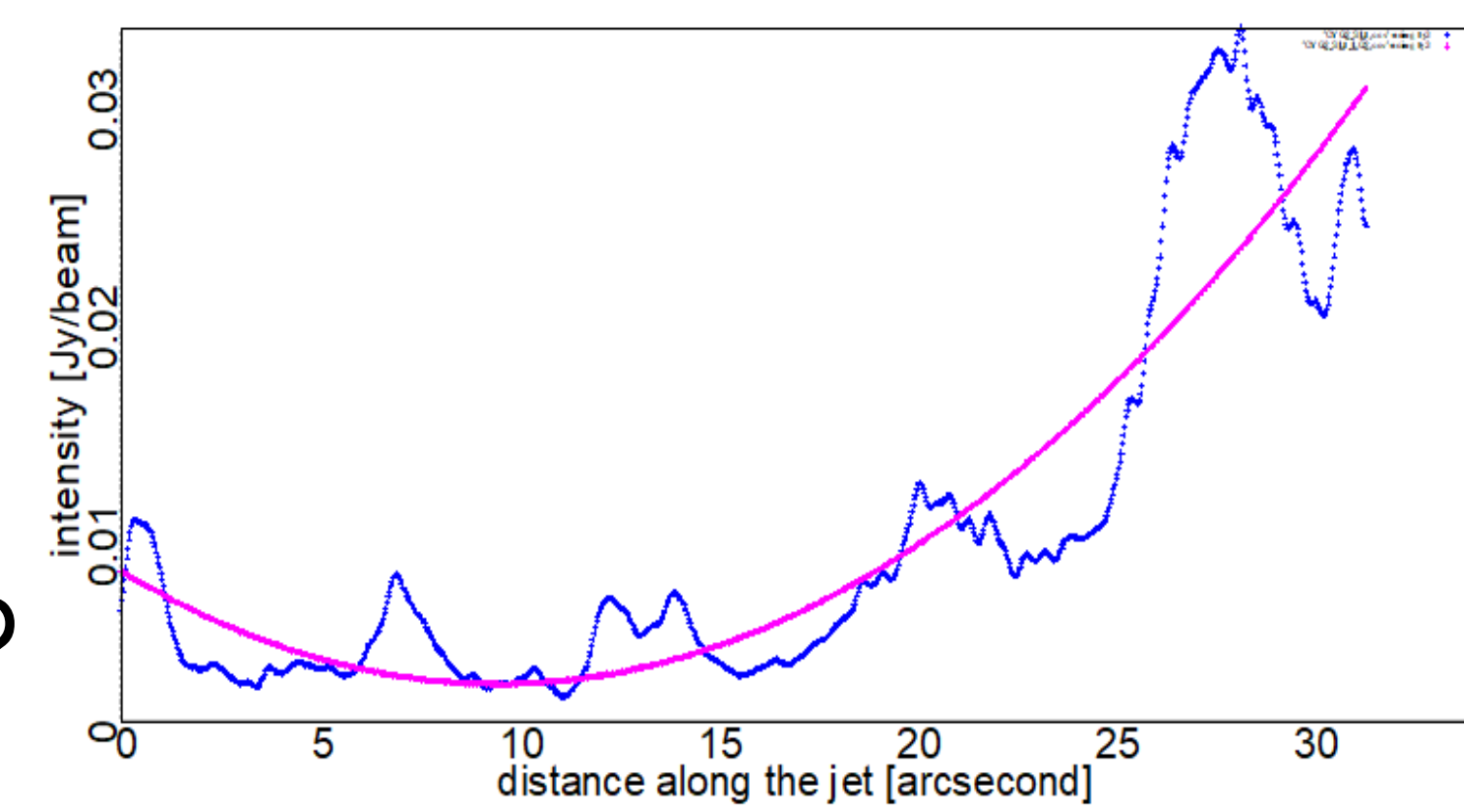


図1. A-jetのスライス。

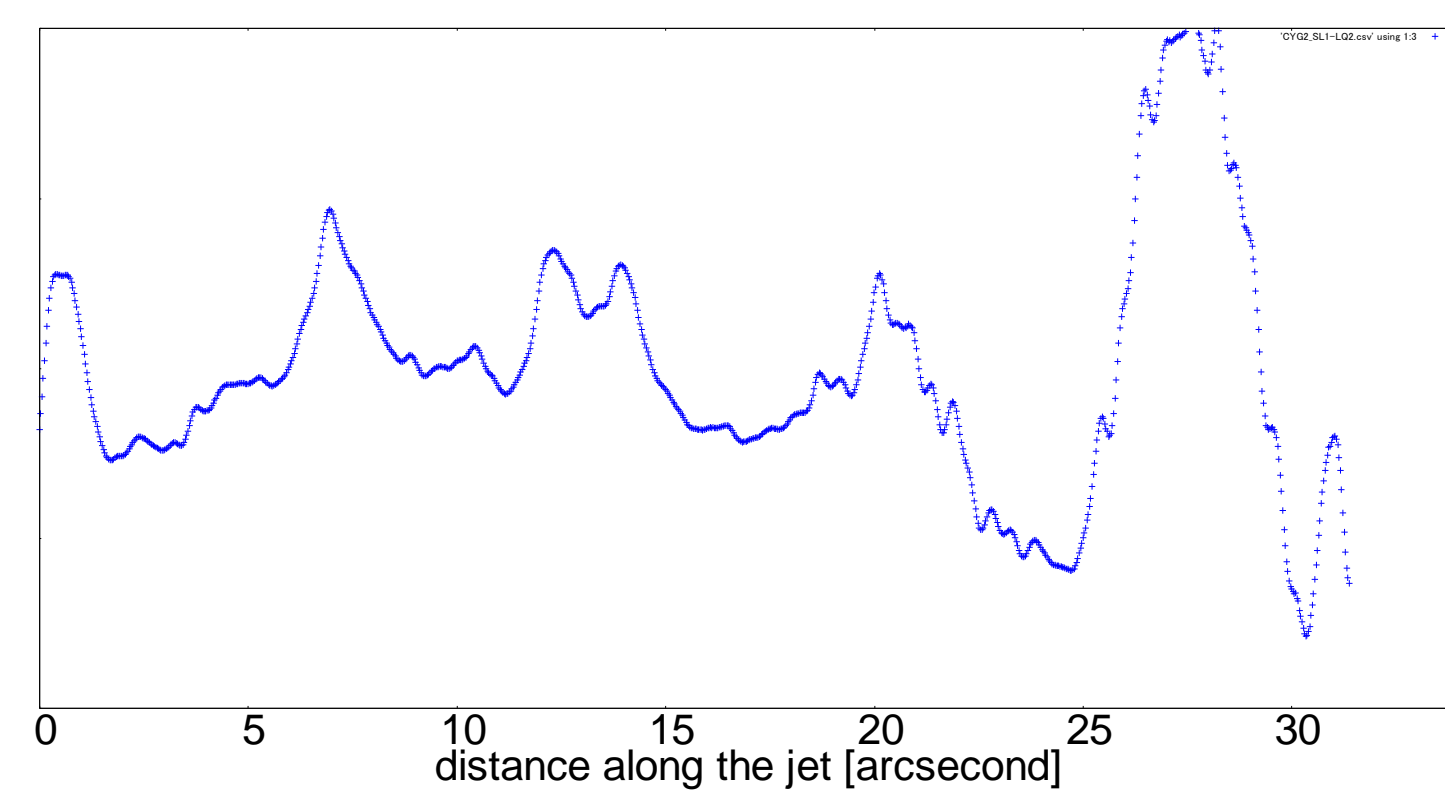


図2. A-jetのジェット強度パターン。

2. 自己相関の計算

- ・シフト量Tについて自己相関係数CC(図3)。
 - ・ $T=6.5$ arcsec (7.2 kpc) で相関ピーク(CC=0.47)
- #### ② C-jet
- ・A-jetと同様の解析(図4)
 - ・ $T=9.1$ arcsec (10.1 kpc) で相関ピーク(CC=0.60)

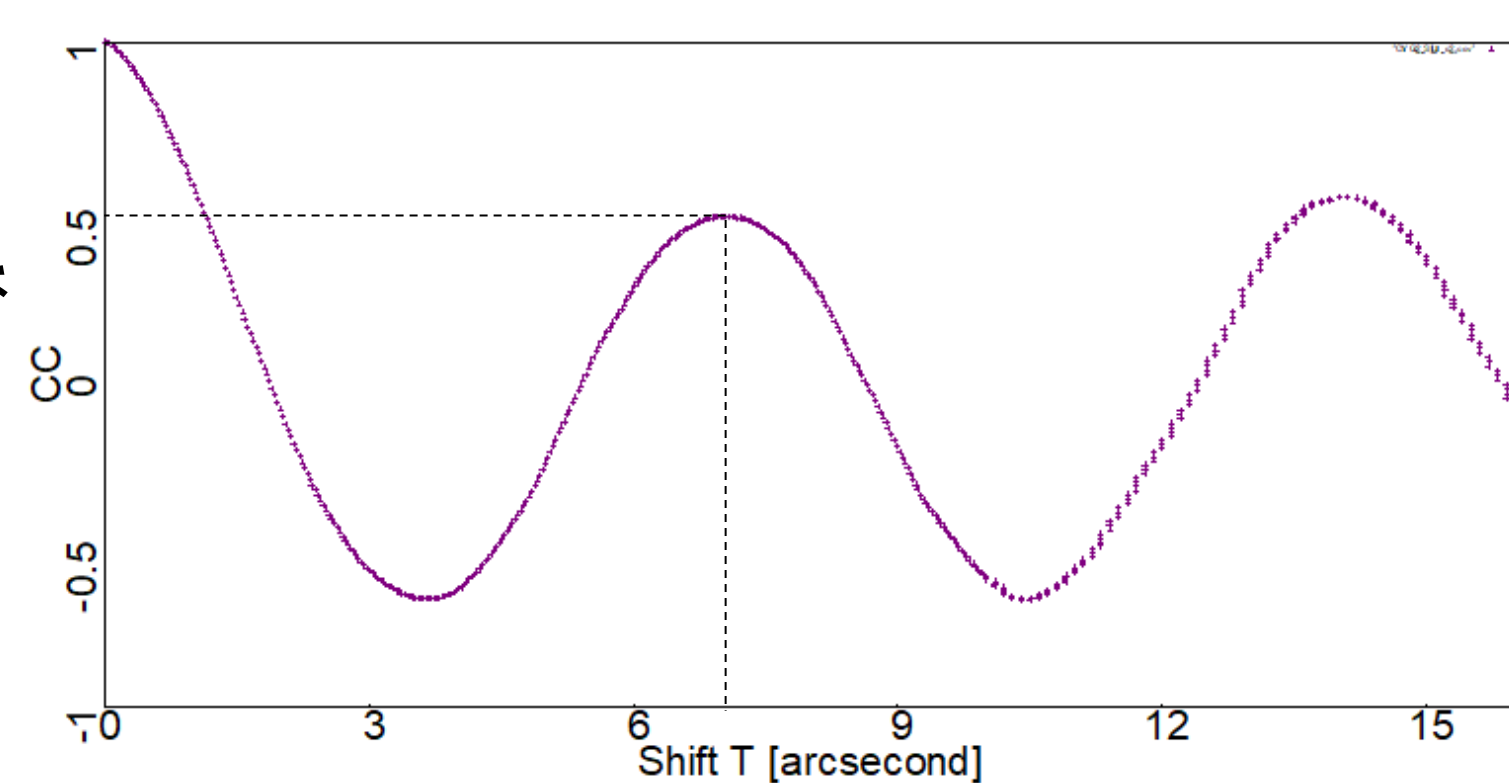


図3. A-jetのジェット自己相関。

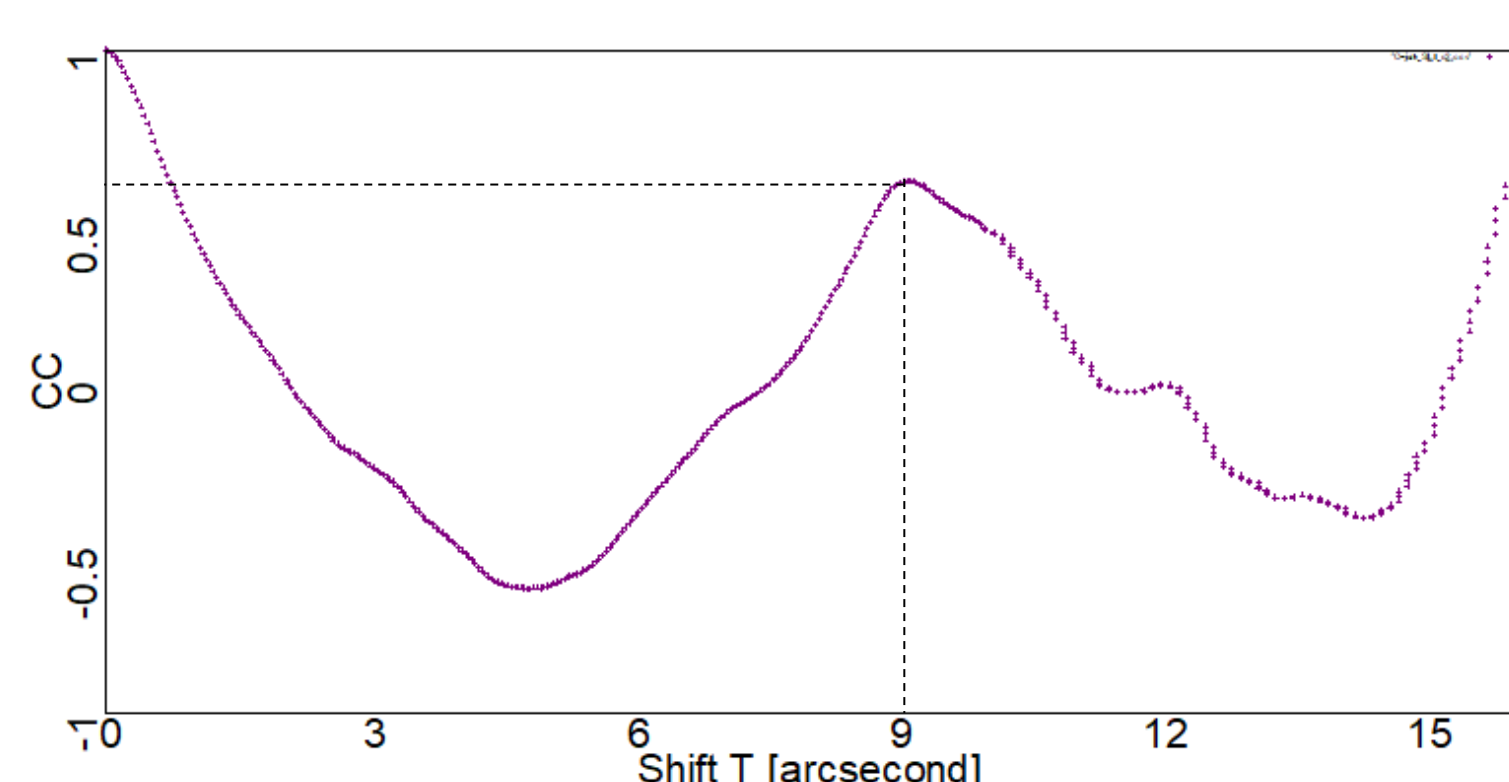


図4. C-jetのジェット自己相関。

結果

A-jet, C-jetともに10 kpc程度の周期性がある可能性が示唆された。10kpcの周期は、タイムスケールにして 10^4 年ほどに相当する。

IV. 相互相関による解析

① 相互相関

・C-jetを反転させ、A-jetと相互相関(図5)。

・ $T=8$ arcsec (8.92 kpc) で相関ピーク(CC=0.81)

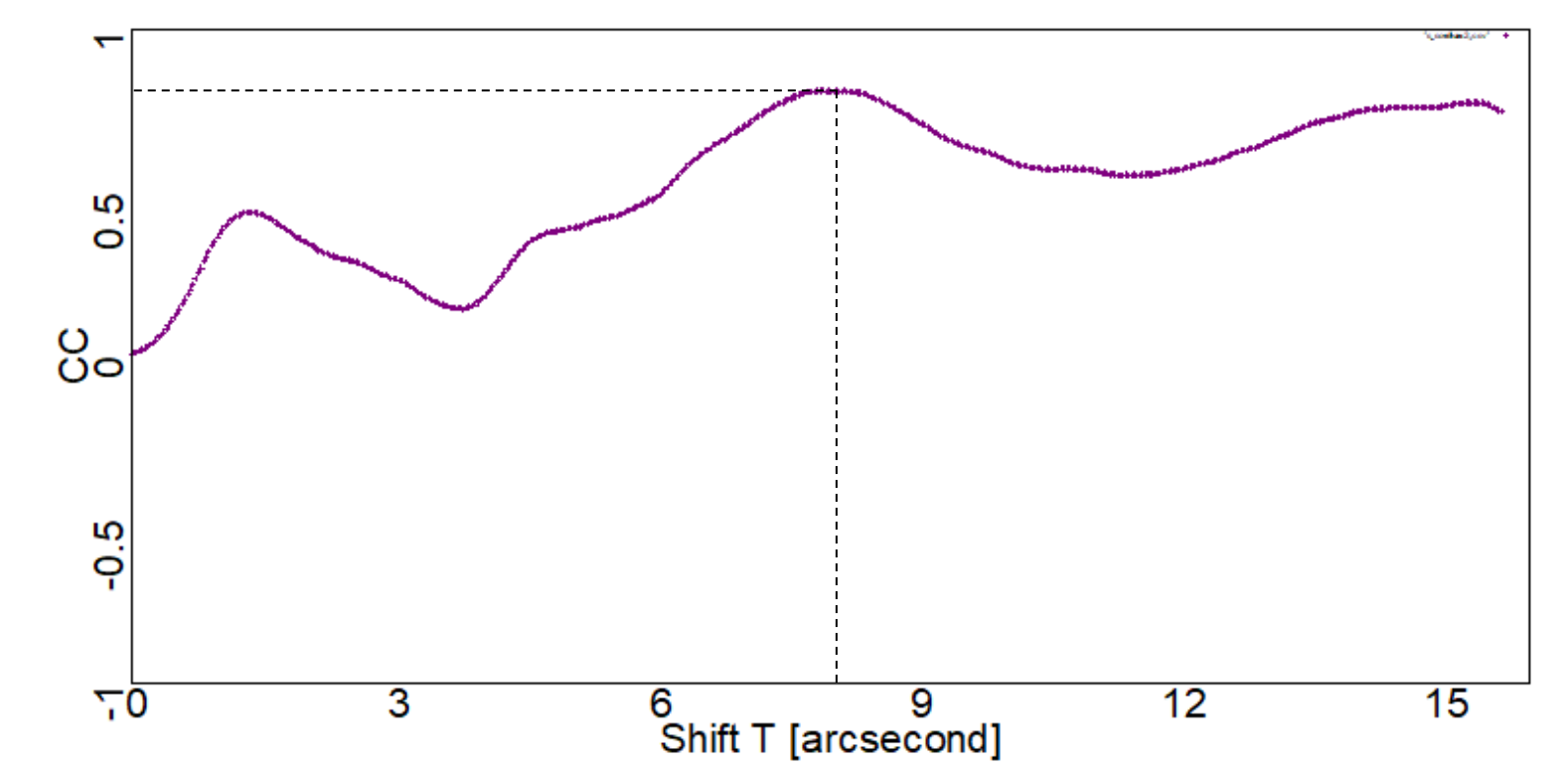


図5. A-jetとC-jetの相互相関。

② 強度パターンの比較

・A-jetと①で検出したシフト量 $T=8$ arcsec分だけシフトさせ反転させたC-jetの重ね合わせ(図6)。

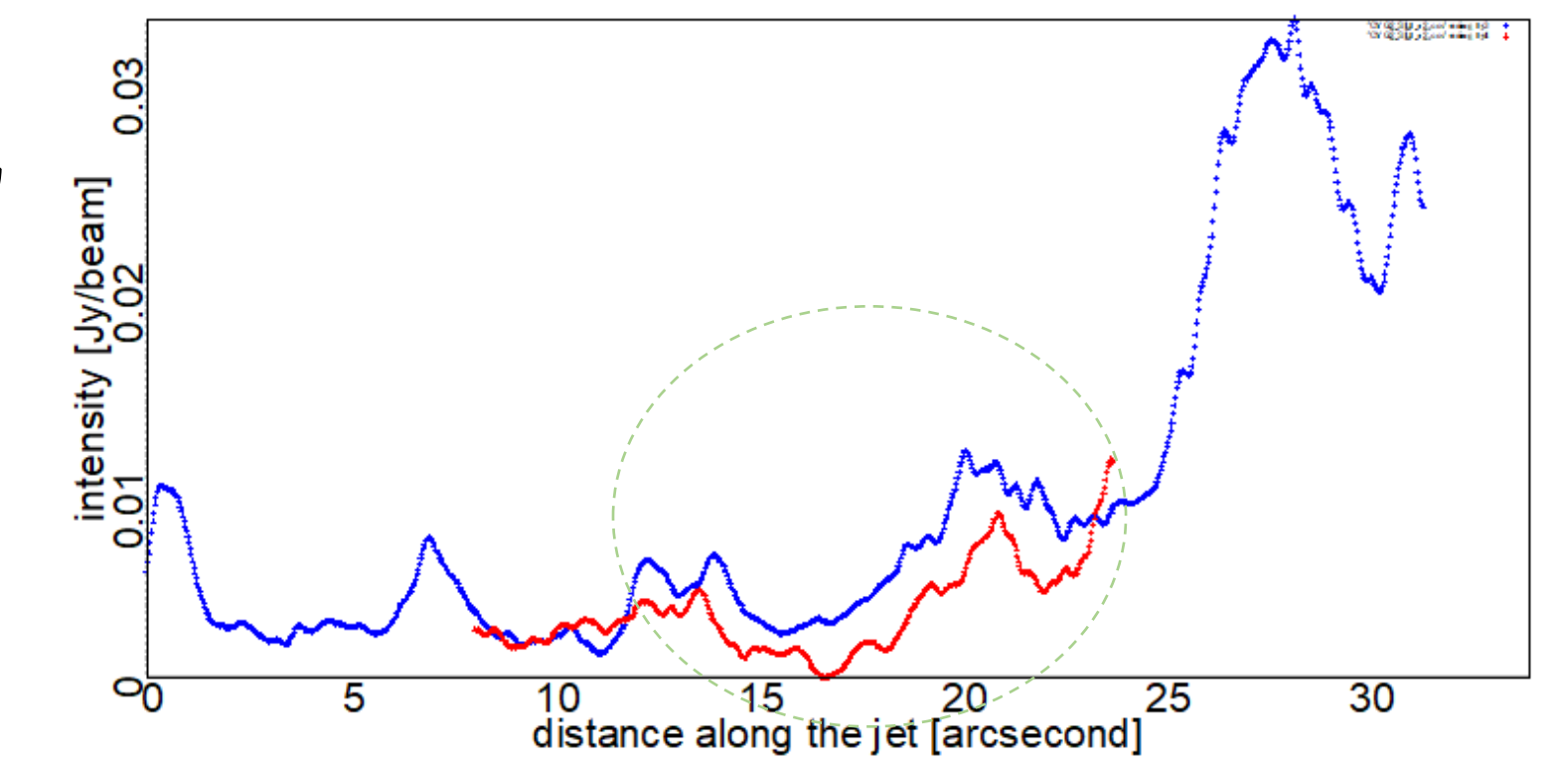


図6. A-jet(青)と反転Shifted C-jet(赤)の重ね合わせ。

結果

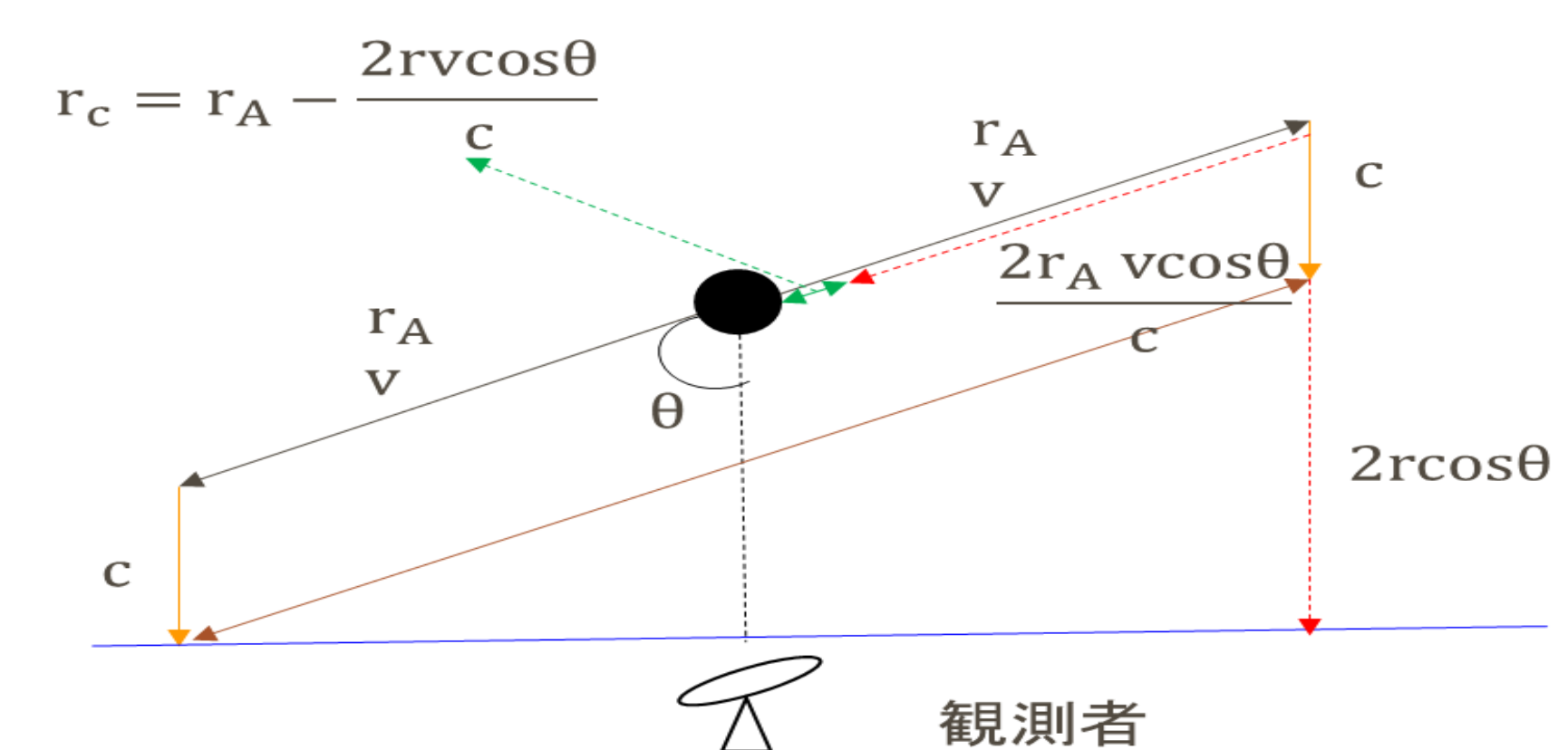
距離12-23 arcsecの領域で、非常によく似たパターンの発見(図6点線の円)

ただし、十分長い距離でのデータが不足しており、さらなる調査研究が必要。

V. シフト量のモデル化

- ・相互相関のシフト量 $T=8$ arcsecは何を意味するのか？
- ・このシフト量を、超光速運動と同様の「幾何学的効果+光速の有限性」で説明できないか？

仮定: 速度 v は一定で、A-jetとC-jetは一直線上に放射。



VI. 今後

・本モデルがもし妥当なものであれば、 $\beta \cos \theta$ が推定可能。

・ビーミング効果より、シフトさせたA-jet・C-jetの強度比(R)からも、 $\beta \cos \theta$ が推定可能。(Urry & Padovani 1995)

→ kpcスケールジェットにおける β 、 θ の推定。

→ sub-pc からkpcにわたるジェットの速度変化の描像を得るのに重要なデータになる可能性。

本モデル:

A-JET側の距離 r_A
C-JET側の距離 $r_c = r_A - \frac{2r_A v \cos \theta}{c}$

$$R = \frac{r_A}{r_c} = \frac{1}{1 - 2\beta \cos \theta}$$

$$\left(\beta = \frac{v}{c} \right)$$

ビーミング効果:

A-JET側の強度 F_A
C-JET側の強度 F_C

$$R = \frac{F_A}{F_C} = \left(\frac{1 + \beta \cos \theta}{1 - \beta \sin \theta} \right)^3$$

今後、定量的な解析を実施する。

参考

- ・ NASA/IPAC EXTRAGALACTIC DATABASE <https://ned.ipac.caltech.edu/forms/byname.html>
- ・ Urry & Padovani, 1995, PASP, 107号, 803-845ページ