

若い電波銀河の VLBI 観測： 電波源の年齢測定と電波銀河進化モデル への示唆



永井 洋

〈国立天文台スペース VLBI 推進室 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: hiroshi.nagai@nao.ac.jp

宇宙のさまざまな階層の天体で見られる「宇宙ジェット」、その代表ともいえる活動銀河核ジェットが作り出す電波銀河は、母銀河を超えるスケールにもわたって形成される宇宙最大の天体である。電波銀河の進化の初期ステージにあると考えられるコンパクトな電波銀河「CSO」は、近年の VLBI (Very Long Baseline Interferometry: 超長基線干渉計) 観測によって明らかになってきた天体だ。CSO がどのようにして進化し、巨大な電波銀河となるのかを明らかにするファーストステップとして、両者の年齢関係を知ることが重要である。CSO の年齢と巨大な電波銀河の年齢との比較、そこから予想される電波銀河の進化について紹介したいと思う。

1. はじめに

銀河の多くは、 10^6 – 10^9 太陽質量にもなる大質量ブラックホールを中心にもつと考えられている。ブラックホールへと落ち込む物質の重力エネルギーは電磁波として解放され、銀河全体に匹敵するほどの明るさに達し、活動銀河核として観測される。活動銀河核では電磁波のほかに、ジェットと呼ばれるプラズマ流を噴出する現象がしばしば観測される。ジェットはその実態を“見る”ことができる現象であり、活動銀河核の活動性を示す直接的なインジケーターである。ジェットは数十万光年のスケールにわたって細長い形状を保ち、しばしば光速近くで運動する様子が観測される。エネルギー規模の大きい活動銀河核では、ジェットは先端で「ホットスポット」と呼ばれる

明るい構造と「ローブ」と呼ばれる吹き溜まりのようなものを形成する。ホットスポットはジェットと銀河・銀河団ガスとの衝突によって形成されるショック面で、ジェットの束縛から逃れたプラズマがホットスポットからあふれ出してローブを形成していると基本的には考えられている^{2), 21)}。この一連のシステムは電波帯で明るく輝くことから (FR II) 電波銀河^{*1}と呼ばれる。電波銀河は単一の天体としては宇宙最大であり、いかにして形成されるのかは興味深いテーマである。また銀河中心核で生み出されるエネルギーを銀河団空間へと運ぶ役割を担う点からも、その成長過程を知ることが重要である。電波銀河の形成過程は、ローブを構成する電子の放射年齢分布の測定 (詳しくは後述) によってある程度調べることができる⁴⁾。それによると、

*1 光度あるいはモロロジーの違いによって FRI タイプと FR II タイプに分類される。FRI タイプは暗く、ジェットの根元から先端のほうに行くにつれ電波強度は弱くなる。FR II タイプは FRI よりも明るく、細く収束されたジェットをもつ。ジェットの先端では明るいホットスポットを形成する。

1. ジェットが銀河・銀河団ガスを掘り進み、徐々にその差し渡しを広げていく
 2. その過程でローブも徐々に膨張し、ほぼ同じような形状を保ちつつ電波銀河は成長していく
 3. そして約 10^7 – 10^8 年かかって巨大な電波銀河が形成される
- ということが示唆されている。

2. Compact Symmetric Objects (CSO)

生まれて間もないであろうコンパクトな電波銀河の存在が示唆されたのは、Phillips & Mutel¹⁹⁾ による VLBI 観測が始まりだ。 $z=0.473$ にある明るい電波源 CTD 93 は、それまでの干渉計観測では空間分解できない点源であったが、差し渡しが 1 kpc にも満たない双対のローブ状電波源をもつ天体であることが VLBI 観測によって明らかになった。これを皮切りに、1990 年代に入ってから VLBA^{*2}、VSOP^{*3} らの活躍によって、そのような天体が数多く確かめられるようになり、後に Compact Symmetric Objects (CSO) と名づけられた^{20), 24)}。ほとんどの CSO の電波スペクトルは、GHz 帯にピークをもつ GHz-Peaked Spectrum (GPS) に分類される天体である。GPS 天体のうちジェットが天球面に対して平行に噴出している天体が CSO と考えられている。CSO/GPS は若い電波銀河であると考えるのは自然な流れであるように思えるが、「若い電波銀河説」と同時に「通常の電波銀河と同年齢であるが、ローブの膨張が抑制されている電波銀河説」の主に 2 説が、発見以来議論されている。その決着をつけるためには当然、年齢を測定すればよい。年齢の測定方法として、先に述べた放射年齢の測定が歴史的には早く登場した。しかし CSO は電波源の膨張速度 v を直接測定し、 $t_{kin} = l/v$ (l は電波源の差し渡し) によって力学的な年齢を見積もるという方法が取ら

れた。Cygnus A のような大きな電波銀河とは違い、CSO のホットスポットは非常にコンパクトで明るいために、“驚異的分解能、絶望的感度” の VLBI でもイメージングが可能だ。VLBI のミリ秒角を切る分解能と長期にわたる継続観測から、これまでに約 10 天体の CSO で膨張速度が検出され、力学年齢が見積もられている。それらは 10^2 – 10^3 歳程度であり、放射年齢測定によって見積もられた FR II 電波銀河の 10^7 – 10^8 歳に比べ十分若いことがわかる^{5), 8), 14)}。

3. 放射年齢測定

さて、先ほどから出てきている放射年齢測定について、ここでもう少し詳しく説明したいと思う。ホットスポットはジェットと周辺ガスとの相互作用によって形成されたショック面（リバースショック）と解釈されているが、そこで電子は粒子加速を受け、べき乗のエネルギースペクトルをもった非熱的分布が形成される。こうして加速された電子は、ホットスポットから漏れ出すようにして銀河団空間へと注入されていくわけだが、この過程で電子はシンクロトロン放射冷却によってエネルギーを損失する。エネルギー損失割合はエネルギーの 2 乗に比例するために、高エネルギーの電子ほど早く冷却される。すると、べき乗のエネルギー分布をもっていた電子分布は、あるエネルギーよりも高いエネルギー（カットオフエネルギー）をもった電子が存在しないということが起こる。そのような分布をもった電子が作るシンクロトロン放射スペクトルは、カットオフエネルギーに相当する臨界周波数あたりから折れ曲がりをもった格好のスペクトルになる。カットオフエネルギーは時間が経つごとに低エネルギー側へと動くため、放射スペクトルの折れ曲がりも低周波側へとシフトする。この折れ曲がり周波数 ν_0 と、初期のべき乗分布からの経過時間 t との間には、

*2 Very Long Baseline Array: <http://www.vlba.nrao.edu/>

*3 VLBI Space Observatory Programme: <http://www.vj.vsoip.isas.ac.jp/>

$$\frac{\nu_b}{[\text{GHz}]} = 1.12 \times 10^9 \left(\frac{B}{[\text{G}]} \right)^{-3} \left(\frac{t}{[\text{yr}]} \right)^{-2} \quad (1)$$

の関係がある^{10), 17)}. ここで B は磁場強度である. ホットスポット周辺の電子は加速されて間もないので, ν_b は高いはずである. 一方, 現在ホットスポットが位置する場所から遠ざかるほど, 最後に加速されてから時間が経過しているため, 徐々に ν_b は低周波へと変化していき, 中心核近傍(ローブの末尾)で最も低い ν_b になるはずである. この最も低い ν_b を示す電子こそがローブ形成初期に加速された電子であり, 式(1)を用いてその年齢を見積もることができるというのが, 放射年齢測定の本質である. 実際に, Carilli ら⁴⁾ は Cygnus A の ν_b 分布を詳細に調べ, この理論から予想されるとおりの ν_b 分布を明らかにした.

放射年齢測定最大の問題は磁場強度の見積もりである. 一般的に磁場強度の見積もりは観測的に難しく, よく取られる方法として“エネルギー等分配”の仮定が用いられる^{3), 13)}. シンクロトロン放射強度は磁場のエネルギーと粒子のエネルギーの積で決まるため, 磁場と粒子との間のエネルギーが等しいという仮定において, ローブのシンクロトロン放射強度から磁場強度を見積もるのである. この仮定がすべての電波ローブで適用できるかどうかは自明ではない. また, 上記理論では磁場強度の時間変動は考慮せず, 電波源の断熱膨張, 粒子の再加速などその他もろもろの効果もすべて無視している. そういった意味で, これまで測定されてきた FR II 電波銀河の年齢は, かなりの不定性をもっていると考えられる.

4. 年齢測定的重要性

図1には, これまで測定された FR II 電波銀河の放射年齢と, CSO の力学年齢をプロットしてある¹⁵⁾. CSO の年齢は直接膨張速度を測定し, そこから算出された年齢なので, モデル依存性は少ない(等速で膨張してきたという仮定は含むが). 一方, 放射年齢のほうはかなりの不定性をもつこと

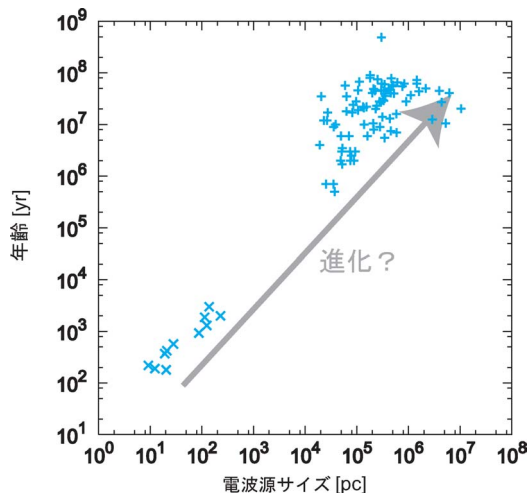


図1 電波銀河のサイズと年齢の関係. 左下に集中しているデータが CSO, 右上に集中しているデータが FR II 電波銀河で, それぞれ力学年齢, 放射年齢によって年齢評価がされている.

はずすでに述べたとおりである. したがって, 一見, 図中の矢印で示したような進化トラックを歩むようにも見えるが, FR II の年齢の不定性があるために, どのような進化トラックを歩むかは実はよくわからない. この図の傾きは, ホットスポットの速度進化にほかならず, これを正しく決めることは以下の点で重要である. 一般に, ホットスポットの速度は, ジェットのパワー, 周辺ガスの密度・温度などの関数として表現できるはずである. ホットスポットの速度は言わばこれらのパラメーターの指標である. 銀河中心のブラックホール近傍に始まり銀河団スケールへと至る過程で, ホットスポットの速度がどのように変化するかは, ジェットのパワーや周辺環境の物理を知るうえで重要になる¹¹⁾. また, 電波銀河というシステムは, 中心核で生み出されたエネルギーを銀河団スケールへと運ぶ役割を担っており, 銀河団の物理を考えるうえで, その活動のタイムスケールは極めて重要である. この意味で, 電波銀河の最終形態である巨大な FR II 電波銀河の年齢を決める

ことは重要だ。

FR II 電波銀河の年齢をより確証のあるものにするためには、放射年齢の測定がどの程度信頼がおけるものなのか、はたまたどの程度修正を加えなければいけないのかを調べなければいけない。そういった観点で、同一天体で力学年齢と放射年齢の比較を試みようというのが本研究のモチベーションである。とは言っても、これはなかなかたいへんなのだ。そもそも力学年齢、すなわちホットスポットの速度を直接検出するには VLBI の分解能が必須である。VLBI 観測でホットスポットをイメージングすることが可能なのは、CSO のようなコンパクトな電波銀河のみであることはすでに述べた。したがって、FR II 電波銀河で両者を比較することはできない。では、力学年齢が測定されている CSO の放射年齢が測定できないだろうか？ 放射年齢測定のためには、まず多周波にわたる観測から、スペクトルの折れ曲がり ν_b を決定しなければならない。しかも、ローブを空間分解して、 ν_b 分布を描き出す必要がある。したがって、観測周波数レンジにわたって、CSO の電波ローブを空間分解しなければならない。同一の VLBI を使っている限り、当然低い周波数にいくほど分解能が悪くなるので、観測周波数レンジの最も低い周波数においても、ローブを十分に空間分解するような基線長をもつ観測装置、あるいは天体を選ばなければならない。もう一つの問題として、同一の VLBI を使っている限り、高い周波数にいくほど、空間的に広がった構造に対して感度の損失が生じるという問題がある（ミッシングフラックス）。これは、基線長が長いほど影響は深刻である。もし、ミッシングフラックスが顕著にある状況で多周波スペクトルを調べると、あたかも高周波で暗くなっているように観測され、人為的なスペクトルの折れ曲がりが発生する。これでは正しく放射年齢を評価できない。分解能を

上げるためにできるだけ基線長が長い VLBI を使いたいところだが、逆にミッシングフラックスが増えてしまう。ミッシングフラックスを気にして基線長が短い VLBI を選ぶと、今度は分解能が足りない。ジレンマである。世界最高分解能（ ~ 1 ミリ秒角 @8 GHz）を誇るアメリカの VLBI 専用望遠鏡である VLBA は、この点を回避するため、合計 10 台のアンテナで短い基線長（ ~ 100 km）から長い基線長（ $\sim 8,000$ km）まで、まんべんなく基線長の組み合わせをもつように配置されている。しかし、この VLBA をもってしても、実は CSO の放射年齢を測定するのは難しい。CSO 天体をしらみつぶしに調べてみたが、ミッシングフラックス両方の観点を克服できる天体はなかった。そこで、さらに VLA を参加させるを思いついた。VLA^{*4} は同じくアメリカにある電波干渉計だが、VLBA の Pie Town 局との距離は約 50 km である。この短基線が確保できれば、ミッシングフラックスを克服できる。こうして VLBA 単独ではなしえない短基線を確保し、CSO 天体の放射年齢と力学年齢を比較する観測を行った。

5. 観測結果

若い電波銀河の存在が初めて取りざたされるきっかけとなった歴史的な天体 CTD 93 (J1609+267) で、力学年齢と放射年齢の比較を行った。結論だけ言うと、等分配磁場を仮定して求めた放射年齢と力学年齢はファクター 2 程度で一致することがわかった。この詳細については Nagai ら¹⁴ に譲ることにし、本誌では、別の天体の結果¹⁵) について報告したいと思う。

3C 84 は全天で指折りの明るさをもつ電波源で、ペルセウス銀河団の中心に存在する NGC 1275 の AGN 電波源である。明るくコンパクトな中心核と南北方向に伸びるローブが確認されており、その差し渡しはわずか 10 pc 程度である。

*4 Very Large Array: <http://www.vla.nrao.edu/>

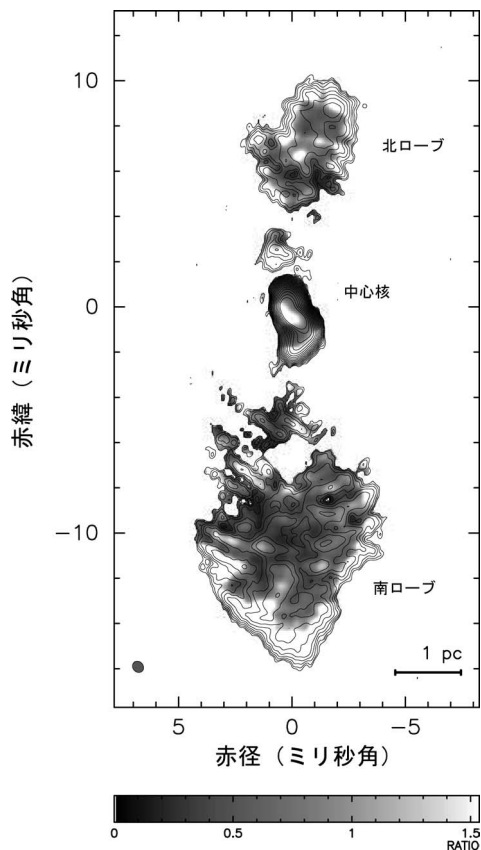


図2 1995年と2000年の観測の輝度比をグレーで表してある。等高線は2000年の輝度分布を表す。グレーのレンジが1よりも大きい領域では、2回目の観測で明るくなっていることを意味する。

浅田らによる VSOP を使った観測により、南側のローブの膨張の様子がとらえられている¹⁾。彼らの先駆的な仕事に続き、われわれも独立な観測で、南北両方のローブの膨張の様子を詳細にとらえた。図2に示したのは、1995年と2000年の2回の観測で得られた電波強度の比をとったものである。南北両方のローブともに、2回目の観測の方が1回目よりも、ローブ先端で明るくなっているのがわかる。中心核に対する膨張速度は約0.4cで、力学年齢にして33±5歳（2000年の時点で）に相当する。

一方、図3に示したのは南側ローブのスペクト

ルの折れ曲がり (ν_b) の分布図である。先端のホットスポット（グラフC）では ν_b は高く、観測周波数レンジ内においてほぼ単一のべき乗側でフィットできる。ホットスポットから離れるにつれ徐々に ν_b は下がっていき、中心核に近い（北側）ところで最も低くなる。この傾向は、ホットスポットの周辺では加速されたばかりのフレッシュな電子が存在するのに対し、中心核に近い領域の電子は年老いていることを意味する。いわば年輪を見ているようなものである。この中心核近傍の電子こそ、ジェットを吹き始めて間もない頃の電子であり、まさに電波源の年齢を反映していると考えられる。等分配磁場を仮定して放射年齢を求めると、24⁺¹⁴歳となる（1995年の時点で）。

CTD 93 に続き、3C 84 でも力学年齢と放射年齢はまずまずの一致を見せている。したがって、スタンダードなシンクロトロン放射冷却理論で導かれる年齢はあながち間違えではないことがわかった。しかし、ここで強調しておきたいのは、この結果は等分配磁場を強く支持する結果ではないことである。前に述べたように、放射年齢測定においては、磁場以外にもさまざまな仮定を盛り込んでいる。したがって、それらをトータルで考えたときに、放射年齢と力学年齢がまずまずの一致を見せているだけであって、等分配磁場という物理の証明をしたわけではない。事実、巨大な電波銀河では、X線観測と電波観測の比較から、粒子優勢であることがわかっている^{9), 22)}。典型的には粒子のエネルギー密度は磁場のエネルギー密度の10倍強い傾向にあり、これを達成するためには、等分配磁場の約半分の大きさの磁場強度でなければいけない。

図1で見た年齢とサイズの関係は、すでに述べたように、CSOとFR II電波銀河では別々の手法で年齢測定がされていたので、同じ土俵に乗せて議論することができなかった。しかし、放射年齢測定の正しさが少なくとも2天体で証明されたことで、この図の正当性が深まった。すなわち、

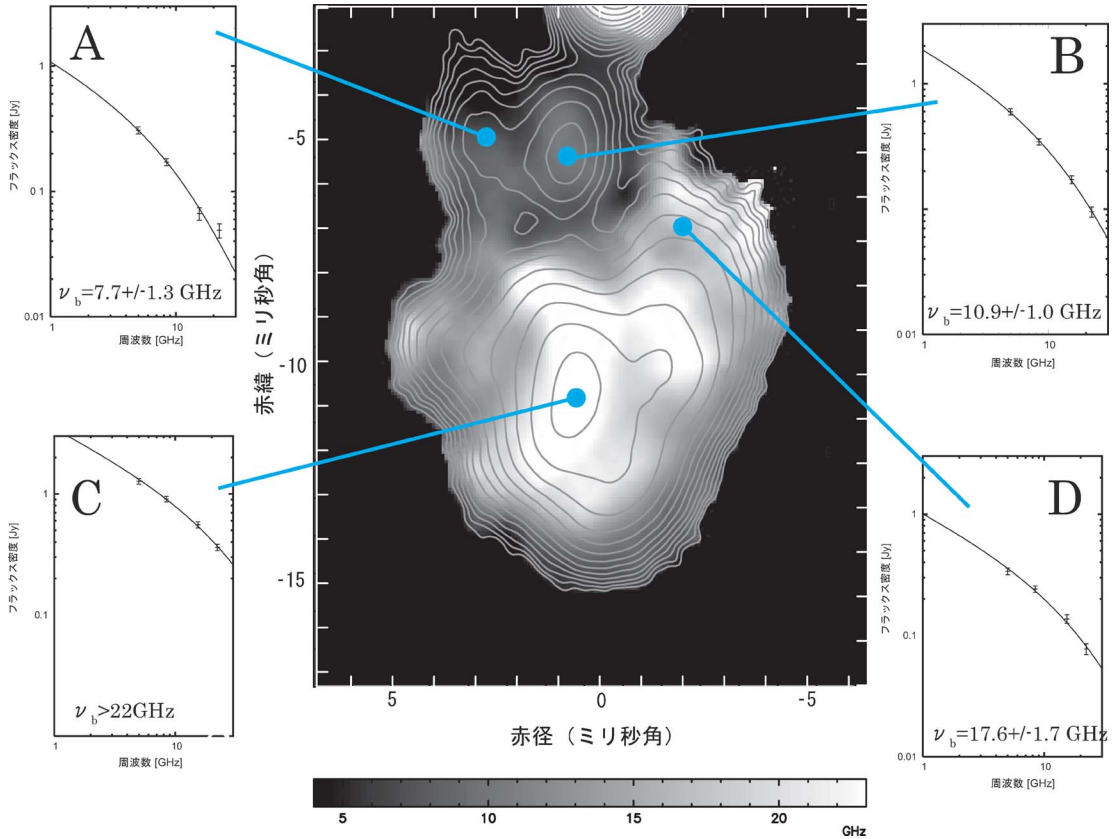


図3 3C 84 の南ローブの電波強度分布を等高線で、 ν_b をグレーで表してある。挿入したグラフは、四つのサンプル点におけるスペクトルと、シンクロトロン放射損失モデルによるスペクトルフィットの結果を示している。

- 電波銀河の寿命は 10^7 – 10^8 年であること
- CSO は電波銀河の寿命のわずか $1/10^4$ 倍以下のステージにいる赤ちゃん電波銀河であるということをサポートする。わずか 2 天体で放射年齢と力学年齢が一致することが確認できただけなので、電波銀河全体に一般化することは少々乱暴であるが、これを承知で以下ではもう少し踏み込んだ議論をしたいと思う。

6. ホットスポットの速度進化の構築に向けて

図4は、電波銀河の膨張速度、すなわちホットスポットの速度を示している。CSOは直接速度が

測定されたもので、FR II 電波銀河については放射年齢測定と電波源サイズから速度に換算してある。すでに述べたように、ホットスポットの速度は、ジェットのパワー・周辺物質の物理状態の関数として表されるはずであり、この図は速度進化を探る重要な資料である。残念ながら、CSOとFR II 電波銀河の中間を埋める天体については、技術的な困難があり測定された例はない。この結果だけを見ると、CSOからFR II 電波銀河へと成長するにつれ緩やかな減速を見せるように思われる。しかしながら、CSOの速度がちゃんと求まっているのは、現在確認されている全CSO天体のわずか1割にも満たない。また分解能不足、観測

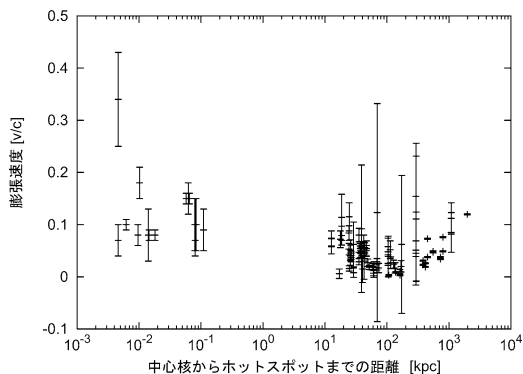


図4 ロープの膨張速度。横軸はロープのサイズ(中心核からホットスポットまでの距離)、縦軸は速度を光速の単位で示してある。

に費やす年数が短いために、比較的速度が速い天体のみ検出されていると考えられる⁸⁾。今後、さらに長い年月を観測に費やすことで、遅い速度をもったCSOの数が増える可能性は高い。現時点でのCSOとFR II電波銀河の平均速度は、それぞれ0.13c、0.05cであり、せいぜい3倍程度しか変わらない。遅い速度をもったCSOの測定がされていない可能性も考慮すると、CSOとFR II電波銀河では膨張速度がそれほど変わらないことが想像される。中心核から1 kpcよりも内側の領域と、100 kpcの領域では周辺密度は大きく違うなかで、膨張速度には大きな違いが現れないのは興味深い。現在、理論家の方々の力を借りながら、速度進化モデルを構築中であり、間もなく投稿論文としてお目見えできると思われる。

7. CSOはFR IIになれるのか？

CSOは、電波銀河の初期ステージにいることはわかったが、果たしてすべてがFR II電波銀河のような巨大な天体へと成長するのだろうか？CSOのほとんどはGPS天体に含まれることはすでに述べたが、CSOとそれ以外のGPS天体は、基本的にはジェットの見込む角度の違いと考えられている。したがってGPS天体も若い電波銀河と考えて間違いはないだろう。明るい電波源のう

ち、全天に占めるGPS天体の割合は何と1割程度にもなる¹⁶⁾。これは人間にたとえてみれば、生後1カ月にも満たない赤ちゃんが人口の1割を占めるのである。もちろん、赤方偏移の違いによる効果、その他もろもろのバイアスなどを正確に考慮した統計ではないが、それらの影響はさほど大きくないだろう。実は、CSOを含めた多くのGPSが、すべて巨大電波銀河へと成長していくわけではないことを予想する傍証がある。GPS天体のうち、フラックスが減少傾向にある天体は数多くあり、これらはすでにジェット活動を終えて暗くなっている天体なのかもしれない。つまり、多くの電波銀河の活動はごく単発的で、 10^8 年も持続できないのだろう。一方で、間欠的なジェット噴射をするような天体がいることもわかっている。今回紹介した3C 84もその代表天体である。中心核から10 pcスケールにあるコンパクトなロープの外側には、より低周波の電波で見ると100 pcスケールの大きさのロープの存在が確認されており²³⁾、さらにその外側にも1 kpcスケール、10 kpcスケールと複数のロープ状の構造が確認されている¹⁸⁾。これはジェット噴射がある程度持続すると噴射をやめ、またある時間経つとジェット噴射へと転換するというサイクルを繰り返していることを示唆している。ジェット噴射のスイッチをON/OFFするパラメーターが何であるか、非常に興味深い問題である。降着円盤のステートの違い、質量降着の非定常性、などなど想像は膨らむが、現時点では決定的な証拠はない。話は脱線したが、 10^8 年もの間ジェットを連続的に噴き続ける天体は希で、多くの天体が単発の活動で終わってしまう、あるいは間欠的な活動をするというのが電波銀河の真実なのかもしれない。

さて、少し話題は変わるが、銀河団ガスは 10^8 K程度もの温度をもつことが知られているが、放射冷却に打ち勝つだけの加熱源が何であるかは重要な問題である。加熱の一つの候補が電波銀河である^{6), 12)}。ペルセウス銀河団は電波銀河による加

熱の可能性を示唆する有名な銀河団だ⁷⁾。X線望遠鏡 Chandra による観測によって、ペルセウス銀河団の cD 銀河 NGC 1275 の周辺では、X線キャビティー（空洞）が確認されている。このキャビティーの周辺では銀河団ガスの加熱が示唆されており、面白いことにキャビティーは電波強度の強い場所と空間的に一致する。電波強度が強い部分は NGC 1275 のブラックホールが作った電波源、すなわち電波銀河である。この中心には、すでに紹介した 3C 84 が存在している。電波銀河によって銀河団ガスを加熱することができるのかどうかを明らかにするためには、電波銀河の活動のタイムスケールを評価することが重要である。したがって 3C 84 の活動のタイムスケールは、銀河団研究の観点からまたいへん重要な問題である。本研究では、3C 84 の最も内側の電波源について形成時期を見積もったが、今後はさらに外側のスケールの電波源の形成時期を探る観測を現在進めており、最終的には 3C 84 のジェット ON/OFF の周期を評価したいと考えている。

8. おわりに

本研究は、筆者の博士論文の一部であり、大学院を通じて指導して下さった、井上 允教授、川口則幸教授をはじめとした、国立天文台スペース VLBI 推進室、水沢 VERA 観測所の方々、JAXA 宇宙科学研究本部 Astro-G グループの方々、そして総合研究大学院大学の教員のみなさまに感謝いたします。

参考文献

- 1) Asada K., et al., 2006, PASJ 58, 261
- 2) Blandford R. D., Rees M. J., 1974, MNRAS 169, 395
- 3) Burbidge G. R., 1959, ApJ 129, 849
- 4) Carilli C. L., et al., 1991, ApJ 383, 554
- 5) Conway J. E., 2002, NewAR 46, 263

- 6) Croston J. H., et al., 2005, MNRAS 357, 279
- 7) Fabian A. C., et al., 2006, MNRAS 366, 417
- 8) Gugliucci N. E., et al., 2005, ApJ 622, 136
- 9) Isobe N., et al., 2005, ApJ 632, 781
- 10) Kardashev N. S., 1962, Soviet Astronomy 6, 317
- 11) Kawakatu N., Kino M., 2006, MNRAS 370, 1513
- 12) McNamara B. R., et al., 2005, Nature 433, 45
- 13) Moffet A. T., 1975, Galaxies and the Universe 211
- 14) Nagai H., et al., 2006, ApJ 648, 148
- 15) Nagai H., Ph.D. thesis, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)
- 16) O’Dea C. P., 1998, PASP 110, 493
- 17) Pacholczyk A. G., 1970, Series of Books in Astronomy and Astrophysics, San Francisco: Freeman.
- 18) Pedlar A., et al., 1990, MNRAS 246, 477
- 19) Phillips R. B., Mutel R. L., 1982, A&A 106, 21
- 20) Readhead A. C. S., et al., 1996, ApJ 460, 634
- 21) Scheuer P. A. G., 1974, MNRAS 166, 513
- 22) Tashiro M., et al., 2001, ApJL 546, L19
- 23) Taylor G. B., Vermeulen R. C., 1996, ApJL 457, L69
- 24) Wilkinson P. N., et al., 1994, ApJL 432, L87

Kinematic- and Synchrotron-Aging Studies for the Young Radio Galaxies and Implications of the Radio Source Evolution

Hiroshi NAGAI

National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

Abstract: Compact Symmetric Objects (CSOs) are a class of powerful extragalactic radio sources defined as being smaller than 1 kpc in overall size and two symmetric lobes on both sides of the central activity. There are increasing evidences where CSOs are very young (< 10,000 yr) from the measurements of hot-spot advance and synchrotron-aging studies. In this paper we review our VLBI measurements of kinematic and synchrotron ages of CSOs. Finally, we describe implications to the radio source evolution, and mention whether CSOs are indeed young progenitors to FR II radio sources.