

VLBI による低光度 AGN M84 の観測的研究

中原 聡美 (鹿児島大学大学院 理工学研究科)

Abstract

低光度 AGN は、 $H\alpha$ 輝線光度が $10^{40} \text{ erg s}^{-1}$ 以下で定義される、質量降着率の小さな活動性の弱い AGN である。そして、大多数の AGN はこの低光度 AGN に属しているため、これを調査する事は AGN の普遍的な姿を知る上で重要である。しかし、暗い天体であるため観測的研究が難しく、明るい AGN に比べ理解が進んでいない。本研究では低光度 AGN M84 について、VERA 22/43 GHz による 2 周波準同時、2 ビーム位相補償観測を用いて観測した。M84 は比較的我々の銀河系の近くにあり、中心ブラックホールの質量も大きく、視半径が大きいため、光度が低くても中心のコンパクトな領域を見る事ができると期待される。M84 から離角 1.5 度離れた明るい電波源 M87 を位相参照天体とする事で、M84 の検出を試みた。この観測結果を用いて、M84 の構造、輝度温度、スペクトル、ジェット速度といった情報を調べる事が本研究の目的である。本集録では、22 GHz の結果 1 エポックについて報告する。今回初めて VERA を用いて M84 を観測した結果、検出に成功し、M84 のシュバルツシルト半径の 1000 倍まで構造を分解してイメージを作る事ができた。構造については北側に微弱ながらジェット成分が伸びているのを確認できた。構造のサイズは解析結果のイメージでは確認できず、モデルフィットをして定量的に測定する必要がある。また、目的の情報を得るにはさらに多エポックで解析を進めていく必要がある。

1 Introduction

ブラックホールの質量降着/質量放出過程の解明は、天文学における最重要課題の一つである。活動銀河核 (Active Galactic Nuclei; AGN) の中心には、太陽質量の $10^6 \sim 10^9$ 倍もの質量を持つ大質量ブラックホール (Super Massive Black Hole; SMBH) があると考えられており、AGN を観測する事はブラックホール研究の大きなテーマの一つとなっている。AGN の多くは低光度 AGN という種族に属しており、近傍銀河でも約 1/3 をこの種族が占めている。よって、AGN の普遍的な姿を知る上で低光度 AGN を調べる事は重要である。しかし低光度 AGN は暗い天体であるため観測的研究が難しく、明るい AGN に比べて理解が乏しい。本研究で扱う M84 は、低光度 AGN の中でも比較的我々の銀河系に近い、おとめ座銀河団の楕円銀河である。M84 は中心ブラックホールの質量が大きく、その視半径も大きいため、ブラックホール近傍のジェット生成領域や降着円盤を見るのに適しており、究極的には将来ブラックホールの撮像が期待できそうな数少ない天体である。ブラックホール研究において重要な天体の一つだといえる。これ

までの M84 研究では、それぞれ別の周波数で観測していたり、結果としてジェットが見えなかったりして、ジェット、ブラックホール、降着円盤の構造や、輝度温度、スペクトル、ジェット速度、といった重要情報がわかっていない。本研究ではこれらの情報を、100Rs スケールで、22/43GHz の多周波、多エポックの VLBI 観測により調べる事を目的としている。

2 Observations

我々は 2012 年 1 月から 5 月にかけて約 3 週間毎に 6 エポック、VERA 22/43GHz による M84 の 2 周波準同時、2 ビーム位相補償観測を行った。各観測とも位相参照天体には M84 から離角 1.5 度離れた明るい電波源 M87 を使用し、1Gbps 記録 (2bit, Nyquist サンプリング, 各天体 128MHz 帯域) で 8 時間ずつ観測した。2 周波間で大気の影響や uv カバレッジの影響を極力減らすため、テープ一巻 (80 分) 毎に周波数を交互に切り替えて観測を行った。これにより 1 観測あたり各周波数 4 時間程度の積分時間を得ている。前述したように M84 は暗い天体だが、VERA

の 2 ビーム位相補償技術を使ってキャリブレーションの M87 と位相補償を行う事で、M84 の検出を試みた。VERA は、石垣島、小笠原、入来、水沢の 4 カ所にある開口直径 20m の電波望遠鏡で、それぞれ同時に観測した電波を干渉させる事で、観測局間の距離 (最長: 石垣島-水沢間 2300km) を望遠鏡の直径とした場合と同じ性能を実現する事ができ、その分解能は約 1 mas になる。最終的には多周波、多エポックのデータを解析する予定だが、本集録では VERA M84 多周波モニター研究のキックオフとして、2012 年 3 月 21 日に観測した 22GHz データの解析について報告する。



図 1: VERA 観測局

3 Results

今回の観測で、VERA では初めて M84 を検出する事に成功し、イメージを作る事ができた。図 2、3 は 2 ビーム位相補償をしていない、M84 単独ビームのイメージである。主要な電波放射領域 (いわゆる電波コアと呼んで一番明るい部分のこと) は VERA のビームサイズと同程度のスケールでコンパクトであった。VERA の分解能は 1mas なので、1000Rs (M84 のシュバルツシルト半径の 1000 倍) のスケールで構造を分解できた事になる。ただ一方で、放射輝度は弱いながら (イメージ雑音比 0.872919 シグマ程度で) 北側方向に 0.2mas 程度伸びている成分が確認された。また、トータルフラックスは、0.0914072 Jy である。

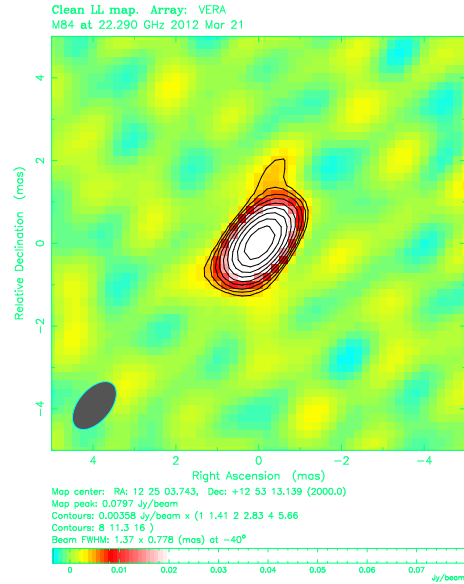


図 2: M84 解析データイメージ

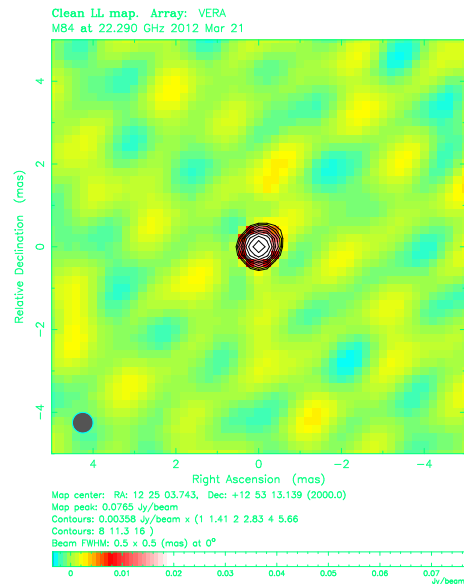


図 3: M84 解析データイメージ

4 Discussion

今回の解析で、M84 は暗い低光度 AGN であるが、VERA を用いて検出できる事がわかった。しかし、電波コアが VERA のビームサイズと同程度であったため、イメージを見ただけでは電波コアの大きさはわかりづらい。モデルフィットをする事でサイズの定

量的な測定をする必要がある。また、北側方向に伸びた成分を過去に VLBA で検出されたイメージと比較すると、図 3 (Kharb et al (2012)) でも同様に北側に伸びた成分が確認できる。よって、今回の結果で北側に伸びている成分もジェット成分であると判断できる。図 3 は VLBA 5GHz による M84 の観測結果である。また、(Kharb et al (2012)) では、M84 のトータルフラックスは 0.2081 Jy とされており、今回の結果の 2 倍程度である。今回高周波で観測することによって、分解能は良くなっているが、ジェットは検出しにくくなっているためだと考えられる。ジェットからの放射はシンクロトロン放射であるため、周波数が高くなるほど放射は弱くなるからである。今回、VERA 22GHz で M84 のジェットを検出できる事がわかったので、さらに多エポックの解析を今後行っていく事で、M84 の構造、スペクトル、ジェット速度や、それらの時間進化を調べられる。また、さらに高周波の 43 GHz でも同様の調査ができれば、M84 の 100Rs スケールまで分解でき、よりブラックホール近傍の様子の理解に期待できる。

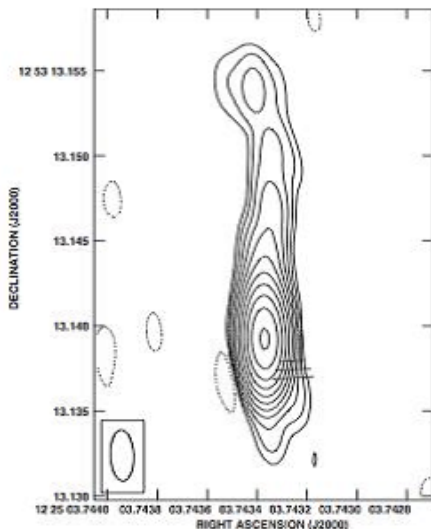


Figure 6. 5 GHz VLBA total intensity image of UGC 07494 with fractional polarization electric vectors superposed. 1 mas tick = 6% polarization. Contours are in percentage of peak surface brightness and increase in steps of 2; the lowest contour and peak surface brightness are $\pm 0.085\%$ and $172 \text{ mJy beam}^{-1}$, respectively.

図 4: M84 解析データイメージ

5 Conclusion

我々は VERA 22/43 GHz による低光度 AGN M84 の 2 ビーム位相補償観測を行った。その結果、VERA 22GHz で M84 を検出する事に初めて成功した。シュバルツシルト半径の 1000 倍まで構造を分解、主要な電波放射領域の北側に微弱ながらジェット成分を検出する事ができた。電波コアのサイズについてはモデルフィットをする事で定量的な測定が必要である。今後は、さらに多エポックの解析を進める事で、M84 の構造、スペクトル、ジェット速度、輝度温度といった情報、そしてその時間進化を調べる事ができる。また、43 GHz のデータも解析する事でよりブラックホール近傍の構造に迫る事が期待できる。

6 参考文献

- Hada et al. 2011 Nature 477,185
- Ly et al. 2007 ApJ, 660, 200
- Ly et al. 2004 AJ, 547:L107-L110
- Giovannini et al. 2001 AJ,522:508-526
- Kharb et al. 2012 AJ 754:1(17pp)
- Wrobel et al 2000 AJ 120:2950-2964
- Biretta et al 2002 New Astronomy Reviews 46 (2002) 239-245
- Xu et al. 2000 AJ 120:2950-2964