

V L B Iによる電波銀河の解析 ～ 電波望遠鏡でブラックホール天体に挑戦 ～

岐阜県立岐山高等学校 市川 淳規 (2年), 水野いづみ (2年), 山田 智哉 (2年)
岐阜県立岐阜高等学校 堀 あゆ美 (2年)
愛知県立一宮高等学校 近藤 英介 (2年), 橋本 慎也 (1年)

1. はじめに

銀河中心のブラックホールからは, ジェットとして強い電波が出ていることが知られている。この電波の強さを岐阜大学, 山口大学の電波望遠鏡を使って観測した。その結果, 電波の明るさは天体によって100万倍の違いが生じた。この原因として次の仮説を考えた。

- 1) 元の天体の明るさによる影響
- 2) ジェットの速度と噴出角度による影響

ブラックホール周辺のジェットは, 光速に近いスピードを持っているため, 相対性理論の影響を強く受け, 電波の明るさが変わって見える。私たちは相対性理論に基づいて, その電波の明るくなる過程を計算し, 上記の仮説について考察した。

2. 観測・解析

観測方法: 岐阜大学, 山口大学の電波望遠鏡による VLBI 観測
解析方法: 相関処理ソフトによる相関係数と天体光度 L の算出

< VLBI (Very Long Baseline Interferometry) >

超長基線電波干渉法といい, 離れた電波望遠鏡を使って同じ天体を観測, 双方のデータを処理して高い分解能で天体の性質を明らかにする。また, 天体からの電波の遅延を使って地球のプレート運動なども調べられる観測技術である。



【岐阜大学電波望遠鏡】

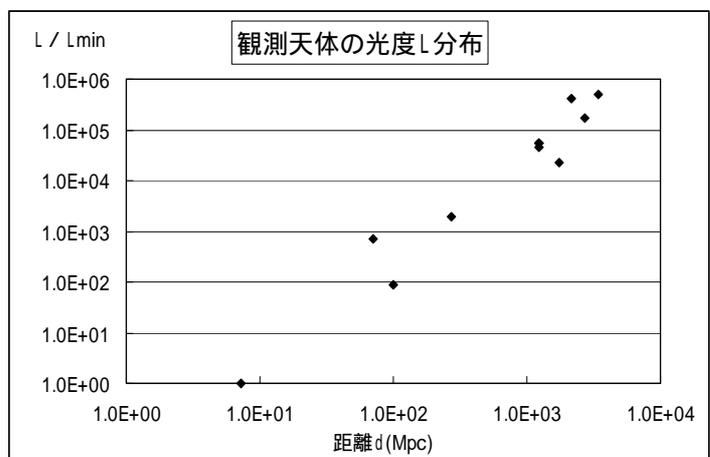
3. 結果と考察

解析結果から, 天体の見かけの光度 L は, 最大で6桁違った。この光度 L の違いが生じた原因について, 次のような仮説を設定し検証した。

- 1) 元の天体の明るさ L_0 による影響

元の天体の光度 L_0 が 10^6 倍違うと仮定する。ジェットのエネルギー源はブラックホールが取り込んだ周辺物質の質量に比例する。ブラックホールに落ち込む質量を年間 $0.1 \sim 1$ 太陽質量, 銀河質量を $10^{12} \sim 10^{13}$ 太陽質量と

見積もると, 最も明るい天体は100万年～1億年で銀河の質量を取り込んでしまうことになる。これは銀河年齢が数十～百億年という観測結果を説明できない。よって, 元の光度 L_0 が 10^6 倍違うという設定は除外した。



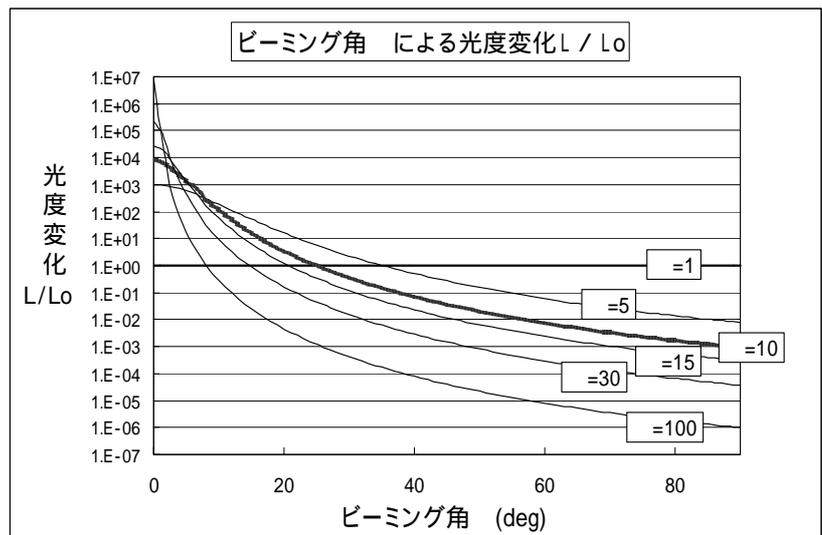
2) ジェットの速度と噴出角度(ビーミング角)による影響

ジェットの速度 v が光速 c に近くなると ($\beta = v/c$) 1) 相対論的な光行差やドップラー効果が無視できなくなり、元の光度 L_0 に比べ、視線方向に対するジェットの角度 (ビーミング角) によって、観測される見かけの光度 L が変化する。その変化の割合は次式で示される。

$$L = \frac{L_0}{1 - \beta \cos \theta} = \frac{L_0}{1 - \beta^2} \quad (1)$$

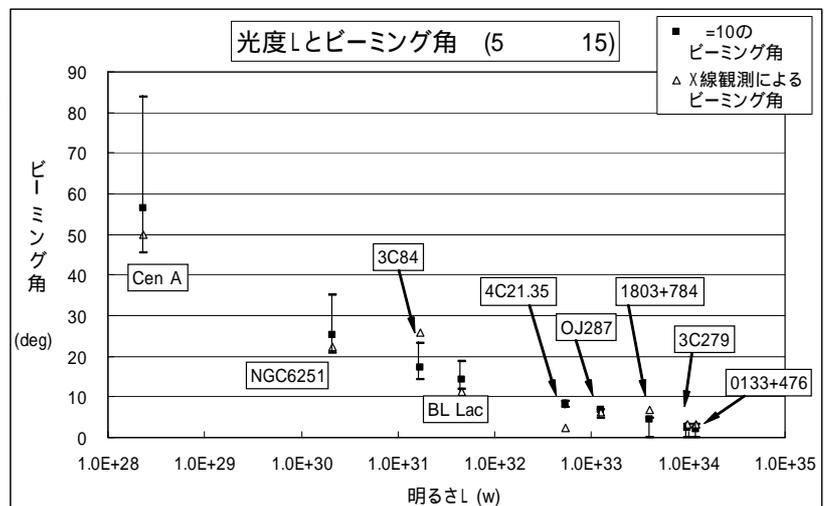
元の天体の光度 $L_0 = 2.1 \times 10^{30} (W)$ として、上記のドップラーファクター およびローレンツファクター を調節して、ジェットの速度毎にビーミング角の影響を検討した。

ジェットの噴出速度が光速に比べ無視できるほど小さいとき ($\beta = 0$, $\gamma = 1$) ジェットを見る角度に明るさの違いは生じない。しかし、ジェットが光速に近くなり、 $\beta = 10$ 程度 ($\beta = 0.995$) のとき、光度変化 L / L_0 の変動は 10^7 程度となった。



4. まとめ

元の光度 L_0 を計算上破綻しない NGC6251 の光度に設定し、 $\beta = 10 (\pm 5)$ でビーミング角を決めた。この結果、ビーミング角の小さな天体ほど、光度 L が大きく、遠方の銀河であることが分かる。また、この結果と最新の観測から得られたビーミング角を比較しても、ほぼ一致していることが伺える。



5. 最後に

私たちはブラックホールについて学んできました。ブラックホール周辺のジェットを研究しようと思うと、時間が長くなったり明るさが変わったりと、身の周りでは考えられないことの連続でした。たくさんの方を考慮しなければならず、ほんのささいなことを考えるだけでも一苦労でした。でも、その未知の世界だからこそ私達は強く惹かれました。最後に、この講座で指導いただいた岐阜大学工学部人間情報システム工学科の若松先生、高羽先生そして須藤先生には、講義だけでなく、学問に取り組む姿勢など、今後につながる話をさせていただき大変勉強になりました。また山口大学理学部の藤沢先生には山口 32m 電波望遠鏡の準備・観測にお骨折りいただきました。この場を借りてお礼申し上げます。