

# 論文審査の結果の要旨

氏名 岡島礼奈

本論文は、宇宙論パラメータを観測的に制限するための手法の一つ、スタンダードロッド法に着目し、コンパクト電波源のサイズの定義に関する入念な考察と注意深いデータ解析に基づき、スタンダードロッド法でも他の手法とよく整合する宇宙論パラメータが得られることを示した初めての研究成果である。

本論文は5章からなる。第1章では、宇宙論パラメータを制限するための3つの基本手法、すなわち、ナンバーカウント法、スタンダードキャンドル法、スタンダードロッド法のうち、スタンダードロッド法の精度が低いという現状について概説している。サイズ進化効果のない理想的なスタンダードロッド天体として、コンパクト電波源が注目されているが、そこから導かれた宇宙論パラメータはしばしば相互に矛盾し、その決定精度が低いという困難に直面している。コンパクト電波源のサイズをどのように定義すべきかについて、いまだ満足のいく考察がなされていないという現状が述べられている。

第2章では、コンパクト電波源のサイズの定義について論じている。これまで採用されてきた手法は、電波源が持つ複数の構造(サブピーク)に着目したもので、構造を定義する閾値を変えると結果も変わるという問題、サブピーク成分の多くは超光速運動を示すジェットであり、時間変化するジェット成分でサイズを定義してよいかという疑問、そもそもサブピークがない電波源はサイズが定義できないという欠点、などがあることを指摘している。そこで新しい方法として、楕円FIT法を考案した。これは、輝度分布の等高線マップから楕円を切り出し、それから観測ビームの影響を deconvolution で除去して電波源の大きさを定義するという方法である。これにより、サブピークのない電波源でも大きさが定義できるようになり、さらに、電波源について、楕円の長軸、短軸、傾き角という3つの量を定義することができた。ここで、楕円の長軸の傾きが、サブピーク成分の固有運動の方向にほぼ一致していることを見出したことから、長軸だけにジェットの情報が含まれており、短軸はジェットの影響すなわち進化の影響を受けないサイズとして  $\theta - z$  関係に利用できることを結論した。しかし、輝度分布の等高線マップはオリジナルな visibility データから人為的な処理を経ているため、輝度分布の等高線マップを使って大きさを定義することに対して、その信憑性に疑問が残った。

第3章では、直接的な観測量である visibility データから電波源のサイズ情報を抽出する方法、および、それを実際の観測データに適用した結果について詳しく述べている。ここでは3つのサンプルを用いた。すなわち、Caltech-Jodrell Bank VLBI survey における波長 6cm(以下 6cm CJ と表記)および波長 18cm(以下 18cm CJ と表記)のサンプルと、VSOP

5GHz survey における波長 6cm (以下 6cm VSOP と表記) のサンプルである。Visibility データが入手でき、かつ、そこからサイズが抽出できたものは 6cm CJ が 188 個、18cm CJ が 88 個、6cm VSOP が 75 個であった。そのうち、電波光度、赤方偏移、スペクトル指数、サイズの全てが揃う天体は 6cm CJ が 153 個、18cm CJ が 71 個、6cm VSOP が 75 個であり、これから  $\theta$ - $z$  関係を求めた。短軸をスタンダードロッドとすることが適切であるという第 2 章の結論に基づいて、短軸の  $\theta$ - $z$  関係から宇宙論パラメータを求めると、6cm CJ の場合には  $\Omega_m = 0.29 \pm 0.12$  ( $\Omega_m + \Omega_\Lambda = 1$ , 誤差は  $1\sigma$ ) となり、Ia 型超新星や WMAP などによる最近の傾向とよく一致することがわかった。これは、スタンダードロッド法でも他の手法とよく一致する宇宙論パラメータが得られることを示した世界で初めての成果である。一方、18cm の電波は 6cm よりもエネルギーが低く、コアの外側の領域から放射されているため、ジェットの情報が入り混じっていること、また、VSOP のデータはスナップショットサーベイによるものであったため visibility のサンプルが粗く、大きさを精度よく定義することが難しいこと、を指摘し、コンパクト電波源をスタンダードロッドとして使う上で 6cm CJ の短軸が最も望ましいと結論した。

第 4 章では、超光速運動のある電波源の運動方向と楕円長軸の向きは約 30% の誤差範囲で一致していることを示し、それに基づいて長軸のデータからジェットの性質を系統的に制限する新しい可能性を論じている。ジェットの放出方向と視線との角度についての確率分布に赤方偏移の重み付けをし、長軸の頻度分布を理論的に予想し、それと観測で求めた長軸の頻度分布を比較した。この理論予想は、ジェットのローレンツファクター  $\gamma$ 、および電波源カウントのべき数  $p$  (ただし  $dN \propto S^{p-1} dS$ ) とスペクトル指数  $\alpha$  を組み合わせた量である  $a = (2 - \alpha)p - 1$  に依存し、標準的には  $a = 2$  付近の値を持つと考えられている。また、この理論予想は宇宙論パラメータにも依存するが、これは短軸の  $\theta$ - $z$  関係から求めた  $\Omega_m$  と  $\Omega_\Lambda$  の値を使うことにより、6cm CJ では  $a = 2$  で、 $\gamma = 15$  が観測を最も良く再現することがわかった。

第 5 章では本研究で得た結果が、今後の研究の展望と共に要約されている。

以上、本論文は、コンパクト電波源のサイズ情報を短軸と長軸に区別して抽出することにより、宇宙論モデルとジェットの性質を両方同時に制限できる従来にない新しい手法を開発し、さらに、スタンダードロッド法でも他の手法とよく一致する宇宙論パラメータを得ることができることを実際のデータに基づいて示した初めての研究として高く評価できる。

なお、本論文の一部は、吉井譲との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析及び論証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できるものと認める。