HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Observational Study on the Central Subparsec-Scale Structure of Active Galactic Nucleus with Very Long Baseline Interferometer [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	日浦, 皓一朗
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第12237号
Issue Date	2016-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/61695
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Koichiro_Hiura_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（理　学）　　氏　名　日 浦 皓 一 朗

審査担当者	主　査	准教授	徂 徠 和 夫
	副　査	教　授	羽 部 朝 男
	副　査	教　授	小 笹 隆 司
	副　査	教　授	渡 部 直 樹
	副　査	客員准教授	村 田 泰 宏

学 位 論 文 題 名

Observational Study on the Central Subparsec-Scale Structure of Active Galactic Nucleus with Very Long Baseline Interferometer
（超長基線干渉計による活動銀河核の中心サブパーセクスケールの構造に関する観測的研究）

博士学位論文審査等の結果について（報告）

宇宙の基本構成要素である銀河の多くは，その中心核領域に超巨大質量ブラックホールを持つことが知られており，このブラックホールへの物質の質量降着に起因すると考えられる激しい活動現象を示す天体が多数見つかっている．このような銀河中心核は活動銀河核と呼ばれ，電波からガンマ線に渡って強い放射が観測されている．銀河の進化はその内部におけるガスから恒星を生成する転換であるが，理論的な予想と実際に生成されてきた銀河内の恒星の分量が合わないことから，活動銀河核からの激しい放射やジェットと呼ばれる高速のプラズマ流がガスの集積を阻害し，銀河における星生成を抑制する「フィードバック効果」が近年注目されている．活動銀河核の中には，電波放射の強い電波銀河と分類される天体があり，特に 1 パーセクを切るような中心核領域から 100 キロパーセクを超える銀河間空間のスケールに至るまでに伸びるジェットやローブと呼ばれる特徴的な構造を示す．電波で見られるジェットがどのように噴射されるのかを明らかにすることは，上記のフィードバック問題を理解する上でたいへん重要であるが，遠方の銀河のサブパーセク領域となると必要となる観測の空間分解能はミリ秒角スケールとなり，現状では超長基線電波干渉計のみが達成可能である．

本論文は，このような現況にある電波銀河のジェットの放射について，超長基線電波干渉計を使って長期間に渡って時間変動を追うことにより，ジェットがどのような性質を持つのかということを明らかにすることを目的として実施したものである．

対象とした天体は比較的距離の近い電波銀河 3C 84 で，以前から電波放射が時間的に変動することが知られていた．本研究では，国立天文台の超長基線干渉計観測網 VERA を使って，この天体を 6 年以上に渡って合計 80 回以上の電波観測を実施している．このような長期間且つ高頻度の超長基線観測は世界的にも例がなく，観測自体がたいへんユニークなものである．この高い時間分解能且つ長期間の時間変動モニター観測によって，3C 84 の中心核付近の電波放射成分が空間的に周期運動をしている可能性を明らかにした．過去の研究では，中心核から放射された電波ジェット成分が単純な直線運動ではなく何らかの加速度運動していることは予想されていたが，本研究は長期間に渡る観測の強みを活かし，さらに統計的な手法を駆使したデータ処理と周期解析を実施することで約 5 年の周期運動をしている可能性が高いこと，つまり電波ジェットが歳差運動をしていることを示した．

電波ジェットが歳差運動を示すということについては，理論的な予想もいくつかなされているが，本研究では 3C 84 の状況を考えてこの歳差運動の原因は，超大質量ブラックホールのスピン軸と電波ジェットの根元と考えられる降着円盤の軸が一致していないことに起因する Bardeen-Petterson 効果と呼ばれる相対論的効果によって説明でき

るのでないかと推定している．実際，この銀河についての X 線観測からは，X 線で輝く高温ガスのバブル構造が過去に異なる 2 方向に放射されてできた可能性を示している．このようにサブパーセクスケールにおいて Bardeen-Petterson 効果の可能性を示唆した研究はこれまでになく，今後のジェット発生機構を解明する上で，重要な寄与をするものと期待される．

本研究では，検出された電波で明るい噴出物の正体についても調査している．時間モニター観測によってこの噴出物の速度が光速の約 0.3 倍と相対論的なジェットの速度に比べて遅いことから，ジェットと周辺物質が相互作用しているホットスポットと呼ばれる構造であることを突き止めている．これは数 10 から 100 キロパーセクのスケールで見られる電波ローブと同じ構造であること，つまり銀河空間に広がる巨大な電波ローブ構造が，サブパーセクスケールで既に形成されていることを示しているもので，ジェットからローブが形成される機構を解明するする上で，モデル構築に重要な制限を加えることができる．

このように，著者は，長期間に渡る高い時間分解能及び高い空間分解能観測により，電波銀河から放射される電波ジェットの噴き出し直後の様子を初めて詳細に明らかにすることで，ジェットの周期的な変動を見出しそこからジェットの根元の振る舞いを明らかにし，また，銀河の大きさを超えるようなローブ構造の形成機構について新たな知見を得たものである．これは，これまで殆ど情報のなかったジェットの噴出直後の様子を明らかにしたものであり，活動銀河核からの物質放出機構を解明し，銀河進化におけるフィードバック機構を定量化していく上で貢献はたいへん大きい．

よって著者は，北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格があるものと認める．