

# 論文審査の結果の要旨

氏名 菅沼 正洋

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションで時間遅延法によりセイファート銀河のダストトーラス内半径を測る方法（ダスト反響法）の原理が述べられている。第2章はマウイ島におけるマグナムプロジェクトの観測とその結果がまとめられている。第3章はデータ解析に用いる相関解析法とその改良について述べられている。第4章は解析の結果得られたダストトーラス内半径の天文学的な意義が論じられている。第5章は本論文全体の結論が簡潔にまとめられている。

第1章では、セイファート銀河の中央に近赤外線を放射するダストトーラスが存在することが述べられている。このトーラスの内半径は、撮像観測の角度分解の限界以下で画像としては観測できない。時間遅延法は、可視波長域で観測される中心放射源の光度変化に対し、中心放射源からの光が到達してから始まるトーラスの近赤外光度変化には時間遅延が伴うことを利用するトーラス内半径の測定法である。この方法は、可視域と近赤外域での長期間測光モニター観測を要求する。論文提出者は、過去のモニター観測では観測点の間隔が大きすぎたことを指摘して、時間間隔の短い、可視・近赤外同時測光観測の必要性を強調している。これを実現したのがMAGNUMプロジェクトであり、論文提出者はこの計画に初期の段階から加わり、主要メンバーの一員として活動してきた。

第2章では、UBVJHKの6バンドで、2001年から継続して行われているMAGNUMプロジェクトの観測の概要が述べられている。観測と平行してその自動化作業が進められ、最近完全無人自動観測が実現された。論文申請者のMAGNUMプロジェクトに対する主要な貢献は、完全自動観測に不可欠な雲モニター装置とそのソフトウェアの開発である。このプロジェクトでは現在約50天体が定常的にモニターされている。本論文ではその中から観測期間の最も長いグループに属するセイファート1.5型の4銀河、NGC5548, NGC4051, NGC3227, NGC7469を選んでそのデータを解析した。可視のBとVバンド変光曲線は細かい増減に至るまで良く似た変化を示すことが判った。近赤外J,H,Kバンドの光度も連動して変化するが、可視と異なり短時間の変動成分を欠いている。

第3章ではVバンドとKバンドの変光の相関を解析する手法と解析の結果が述べられている。相関係数を計算する際には、観測点が欠けた時期での天体の等級が必要とされる。また、データ点の不均一な分布を補正しなければならない。このため、論文申請者は観測点の間を線形補間して観測の欠けた時期の等級を推定した。さらに一定の時間間隔毎のV,K推定等級同士でペアのサンプルを作って観測点不均一性の影響を調べた。そのようにして得ら

れた相関関数のピークから V バンド変光に対する K バンド変光の遅延時間が決定された。しかし、相関関数法の最大の問題点は、周極天体以外では、必ず観測不可能な季節があって観測間隔に大きなギャップが生じることである。このギャップによる推定遅延時間の誤差評価は難しい問題である。論文申請者は各バンドでの変光がストカスティックな過程で起こると仮定し、観測データから求められた変光パターンの構造関数に基づいて、ギャップにおける明るさをモンテカルロ法により推定し、多数の模擬変光データを発生させるシミュレーションを実施した。この数値実験の結果から論文申請者は問題としている 4 銀河に対し得られた遅延時間の誤差を評価することに成功した。遅延時間と誤差の値は変光曲線の極大極小毎に定められ、NGC5548 では 2001 年の極小に対し 48 (+3, -2) 日、2002-2003 年の極小で 47(+5, -6) 日、2003 年極大で 52(+7, -5) 日であった。NGC4051 では、2001 年極大で 12 (+6, -4) 日、2002-2003 年極小で 10 (+7, -6) 日、2003 年極大で 18(+6, -5) 日であった。NGC3227 では 2002 年のみ 18 (+9, -8) 日と決定された。最後に NGC7469 では 2001 年極大で 81 (+17, -17) 日、2003 年極小で 72 (+27, -19) 日であった。

第 4 章では遅延時間量から定めたトラス内半径の性質を、これまでに他の研究者が得た結果と合わせて論じている。これまでトラス内半径が中心光度の 0.5 乗に比例するという関係が比較的明るいセイファート銀河に対して提唱されていたが、論文提出者はこの関係を低光度側へ大きく広げ、セイファート銀河の光度範囲全てに渡って成立することを示した。また、広輝線強度に対し同様の手法を適用して得られた輝線領域半径との比較から、広輝線領域の外縁がダストトラス内縁と接しているという描像を導き出した。

以上、論文提出者は活動銀河の近赤外変光遅延観測を目的とする MAGNUM 計画に参加して観測自動化に必要な雲モニター装置の開発を担当し、変光解析に新たな手法を導入した。観測の結果、広い光度範囲のセイファート銀河に近赤外変光遅延現象が実在することが実証され、ダストトラスの変光メカニズムが銀河の光度によらず共通であることを示唆する遅延時間・光度関係が得られた。さらに、ダストトラスと広輝線領域が接していることが明らかにされた。これらは活動銀河の構造のみならず、クエーサーの距離決定を経て宇宙構造への研究につながる重要な成果であると判断される。

なお、本論文第 2 章と第 4 章は、吉井謙、小林行泰、峰崎岳夫、塩谷圭吾、富田浩行、越田進太郎、青木勉、岡田則夫、Bruce A. Peterson との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、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と認める。