

論文内容の要旨

論文題目: Reverberation Measurements of the Inner Radius of the Dust Torus in Nearby Seyfert 1 Galaxies

(ダスト反響法による近傍 1 型セイファート銀河のダストトーラス内縁半径の測定)

氏名: 菅沼 正洋

活動銀河核のダストトーラス内縁の半径は、これらの天体の構造や見かけの特徴を理解する上で、最も重要な要素の一つである。しかし、最も近い類の天体においてもこの角度的な大きさは小さすぎて、近年の可視赤外線観測技術でも空間分解して見る事が出来ない。ダスト反響法を用いれば、これを時間変動データにおいて分解することが出来る。活動銀河核の反響マッピング法は、中心放射源からのフラックスの時間変動に対する再放射領域の変動の時間的遅れを測り、その時間的遅れを中心放射源から再放射領域までの光速度伝搬時間と解釈して再放射領域の大きさや構造を見積もる手法である。活動銀河核の近赤外線放射は中心可視紫外放射源によって昇華温度ぎりぎりまで熱せられた高温ダストに由来していると考えられているので、可視紫外連続波と近赤外線のフラックスをモニターすれば、中心放射源と高温ダストとの距離、つまりダストトーラスの内縁半径に相当する時間遅延が近赤外線時間変動に観測されるはずである。こうした観測は過去に数個の天体において報告されているが、ダストトーラス内縁半径の一般的描像を得るには、測定の質の点からもサンプルの数の点からも不十分であった。

我々は近傍の良く知られた 1 型セイファート銀河の数個について、過去に無い頻度の可視近赤外線同時モニター観測を行なった。観測は、ハワイ州マウイ島ハレアカラ観測所に活動銀河核モニター専用を用意したマグナム 2m 望遠鏡を用い、我々が開発した無人自動観測システムによって行なった。2001 年初頭の試験観測開始後約 3 年間のモニター観測で、初期成

果の NGC 4151 に続き NGC 5548、NGC 4051、NGC 3227、NGC 7469 の 4 天体において、K バンドフラックス変動の V バンドに対する明瞭な時間遅延現象を検出した。H バンドと K バンドのフラックス変動比から見積もった色温度がおよそ 1500-1800 K であること、そして近赤外における時間変動が可視のそれに比べて滑らかなことから、K バンド放射は中心核から離れた高温ダストの熱放射に由来し、観測された時間遅延はその半径を光が伝搬する時間を表していると考えられる。

V バンドから K バンドへの変動の時間遅延量は、線形相関解析により定量化した。相関解析による遅延量の計算方法とその誤差評価法は、これまで主に分光モニター観測データ上で検討されて来ていた。我々はこれらの方法に対して、我々のモニター観測データの特徴に最適になるように修正を加えた。また、観測間隔や観測不能期間において見失った活動銀河核の時間変動をその天体の変動特徴を再現するような確率過程でシミュレートして、時間遅延の誤差を評価する新しい手法を導入し、信頼出来る時間遅延の検出を可能にした。この解析により、NGC 5548 においては 2001 年極小期、2002-2003 年極小期、2003 年極大期においてそれぞれ 48^{+3}_{-2} 、 47^{+5}_{-6} 、 52^{+7}_{-5} 日の時間遅延を検出した。同様に NGC 4051 においては 2001 年、2002 年、2003 年の観測期において、それぞれ 12^{+6}_{-4} 、 10^{+7}_{-6} 、 18^{+6}_{-5} 日を検出した。NGC 3227 については、2001 年のみに有意な時間遅延 18^{+9}_{-8} 日を検出した。NGC 7469 については、2002 年と 2003 年にそれぞれ 81^{+17}_{-17} および 72^{+27}_{-19} 日を検出した。

NGC 4151 も含めた我々のこの結果は、ダストトーラス内縁半径の信頼出来る測定サンプルをこれまでの倍の個数に増やし、中心放射源光度、中心ブラックホール質量、そして我々と同様の反響法によって測られている広輝線放射領域の半径のパラメータと合わせて、セイファート銀河全体の傾向や個々の天体の差について議論することが出来るようになった。まず、ダストトーラス内縁半径は中心放射源の可視光度と強く相関し、光度の 0.5 乗に良く比例することが確かめられた。対称的に、中心ブラックホール質量とは相関が見られず、トーラス内縁が重力的な影響を受けず中心光度により直接決定されていることが、これまでよりさらに明瞭に確かめられた。また、広輝線放射領域半径の中心光度変動に追隨した変化の存在を考慮すると、比較的大きな半径幅を持つ広輝線放射領域半径の上限がダストトーラス内縁半径付近に存在する様子が見られる。これは活動銀河核の統一モデルが前提に置いている広輝線放射領域の外側にダストトーラスが存在する描像を直接確認しただけで無く、広輝線放射領域の外縁がダストトーラス内縁によって決定されている可能性を示唆する。ダストトーラス内縁の時間発展については、NGC 5548 における 3 つの異なる変動期に対する時間遅延測定結果が、天体間の関係に見られるような強い可視光度依存性を持たないことから、数ヶ月から 1 年の時間スケールでは高温ダストの分布変化が中心加熱源の変動に対して追隨していない可能性が示唆される。

今後これらの天体の時間遅延測定を続ける一方で、新たにモニター観測を開始した数十個のサンプルについての結果が加われば、統計的解釈と時間変化の両面からさらに詳細なダストトーラスの描像が得られると期待される。