

ほぼすべての銀河中心には超巨大ブラックホール (BH) が存在すると考えられている。そこに十分な質量が降着し、重力エネルギーが解放されると、活動銀河中心核 (AGN)として広い波長に亘って強い電磁波が放出される。比較的遠方に存在し、暗い銀河放射に比して AGN がはるかに明るいため、星のように見える AGN がクエーサーである。AGN やクエーサー中で、超巨大 BH への質量降着によって降着円盤が形成される。降着円盤の標準的なモデルは 1970 年代に提唱されているが、その詳細な物理構造や、多様な観測結果を説明する円盤からの電磁波輻射機構は、未だ完全には解明されていない。本論文は、クエーサーから観測される紫外可視域連続放射の光度変動および偏光現象を詳細に調査し、それによって、標準降着円盤モデルの適用限界を見極めると共に、降着円盤からの紫外可視光放射機構、および円盤周辺の物理環境の解明を目指したものである。

本論文は六章および補遺からなる。第 1 章は序論である。ここでは、AGN の一般的なレビュー、標準降着円盤モデルの紹介、これまでの AGN の可視光・紫外域の時間変動観測結果、偏光観測結果について述べた後に、本論文のアウトラインが示されている。

第 2 章と第 3 章では、主に光度変動観測を扱っている。まず、第 2 章では、SDSS (Sloan Digital Sky Survey)の Stripe82 領域から観測された、9000 個近いクエーサーのデータを解析した結果について述べられている。一般に、AGN やクエーサーの変動スペクトル (=明るい時期と暗い時期のスペクトルの差)を調べることによって、複雑な非変動スペクトル成分の影響を除き、降着円盤スペクトルのみを抽出できると考えられている。そこで、これらのクエーサーの紫外可視域変動スペクトルを調査し、標準降着円盤モデルにて質量降着率が変化した場合に予想される変動スペクトルと比較したところ、観測変動スペクトルの青方に超過成分が見られた。その超過成分の起源は未同定であり、これを説明するためには、標準降着円盤モデルに何らかの改良が必要であることを示している。

第 3 章では、標準降着円盤モデルに改良を加えたモデルのひとつとして、Dexter & Agol (2011)が提唱している「非一様降着円盤モデル」の検証を行った。このモデルは、主に、近年わかってきた実際の降着円盤サイズが標準モデルの予測よりも数倍大きいという問題を回避するために提唱された。また、標準降着円盤では、ブラックホール質量と質量降着率が与えられると円盤温度は半径の関数として一意的に決定されるのに対し、このモデルにおいては、磁気流体不安定性に関わる理論的予言に従って非一様な温度分布を想定することによって、紫外可視域の変動振幅が説明できるとされている。観測データとモデルの比較に当たっては、前章と同じく SDSS Stripe82 領域クエーサーを用いた。光度変化に伴うバンド間のフラックス比とその

分散を計算したところ、非一様降着円盤モデルの予言する分散は明らかに観測より大きすぎることに、すなわち Dexter & Agol (2011) のモデルも、観測された光度変動を説明できないことがわかった。

第 4 章と 5 章では主に偏光観測を扱っている。まず、第 4 章では、過去に偏光が検出されている 4 つのクエーサーについて、Kiso Wide Field Camera を用いて新たな時間変動観測を行い、すでに報告されている偏光観測データと比較した結果について述べられている。これまでに、クエーサーから観測される紫外可視光偏光スペクトルは、変動スペクトルと同様に、他の放射スペクトル成分の影響を受けず、降着円盤からの放射スペクトルを表すものと考えられていた。しかし、今回の新たな観測で、変動スペクトルと偏光スペクトルの形は明かに違い、前者の方が青方超過成分を示すことがわかった。これは、変動スペクトルと偏光スペクトルのいずれか、あるいは両方が、降着円盤からの真の放射スペクトルを表していないことを示唆している。

第 5 章は、複数の観測装置によって数年間に亘って取得された、クエーサー 3C 323.1 の V バンド測光・偏光観測データを再解析した結果について述べられている。その結果、偏光角や偏光スペクトル中に観測される幅の広い吸収構造が、数年の時間スケールで変化していることがわかった。これは、偏光スペクトルは、偏光を生み出す散乱物質や吸収線を生み出す吸収物質の変動に顕著な影響を受けており、降着円盤からの真の放射スペクトルを表していないことを示唆している。また、観測された時間スケールから、これらの散乱物質や吸収物質の位置に制限を付けることができた。

第 6 章は結論と将来への展望である。現時点において、観測される紫外可視光放射の特徴をすべて説明する降着円盤モデルは存在しないものの、ブラックホール近傍の X 線源によって円盤が照らされる効果を新たに考慮することによって、より優れたモデルを構築する可能性に触れられている。

以上に述べたように、本論文は、現時点で入手可能な大規模、高品質の可視・紫外光クエーサー強度変動データ、偏光データを十分に活用し、それを現在提唱されている標準降着円盤モデルやその他の理論モデルと詳細に比較検討したもので、多様な観測データを完全に説明する統一モデルは見つからなかったものの、モデルの不完全な点を具体的に指摘し、将来的により正しいモデルを構築するための方向性を提示したものとして、高く評価できる。

なお、本論文の一部は、諸隈 智貴氏、峰崎 岳夫氏、土居 守氏、川口 俊宏氏、鮫島 寛明氏、越田 進太郎氏との共同研究であるが、全体は論文提出者が主体となって観測・解析・結果のまとめを行ったものであり、論文提出者の寄与は十分である。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。

以上