

論文審査の結果の要旨

氏名 宮川 雄 大

X 線天文学における重要な研究対象の一つに活動銀河中心核のブラックホール降着円盤の近傍から放射される「ディスクライン」と呼ばれる鉄原子からのスペクトル輝線がある。この輝線は非常に幅が広く低エネルギーまで裾を引くように見え、その形状は円盤回転によるドップラー効果とブラックホールによる重力赤方偏移によって生じるという仮説がある。本当に「ディスクライン」が降着円盤の最内縁部からの放射であれば、ブラックホール近傍の強重力の極限時空を観測できる貴重な手段になり、天文学・物理学にとって極めて重要である。本論文は、この輝線の特に強いセイファート 1 型銀河 MCG-6-30-15 をターゲットとし、X 線天文衛星「すざく」、Chandra、RXTE の観測データを用いて X 線スペクトルおよびその時間変動を詳細に研究したものである。本論文は以下の 7 章よりなる。

第 1 章では、序論として MCG-6-30-15 からの「ディスクライン」を含む X 線スペクトルの発見について述べられた後に、この論文の構成について紹介している。第 2 章では、セイファート 1 型銀河の X 線強度の時間変化とエネルギースペクトルの特徴が述べられた後、これまでの仮説に従って、鉄原子からのスペクトル輝線に、降着円盤の回転によるドップラー効果、ビーミング、重力赤方偏移が作用することにより、幅の広い「ディスクライン」が形成される原理が解説された。しかし、観測された輝線の時間変動率が連続成分のそれよりも不自然に小さく解釈が単純でないこと、「ディスクライン」の形状は、差し引く連続成分スペクトルのモデルによって大きく変わり、幅の広い輝線の存在が必ずしも観測事実として確立されているわけではないことを指摘している。

第 3 章では、本研究で用いるデータを取得した X 線衛星とその検出器の概要がレビューされている。すなわち、「すざく」は広いエネルギー観測領域をもつこと、Chandra は高いエネルギー分解能をもつこと、そして RXTE により大きな有効面積で長い観測期間にわたる均質なデータが取得されていることなど、各データの特徴が記述されている。

第 4 章では、各 X 線衛星による MCG-6-30-15 の観測状況のまとめと、データの整約方法、使用した解析プログラムについて記述されている。第 5 章では、MCG-6-30-15 のデータ解析方法と、その結果が記述されている。まず、モデルに依存しない解析として、「すざく」の 0.2-12 keV のデータを強度ごとにわけてエネルギースペクトルを作成した。6-10 keV の X 線強度上昇に伴い、0.5-3 keV と 6-10

keV の強度比から、スペクトルがソフトになることを明らかにした。RXTE のデータによりこの相関をさらに長い時間スケールにおいて確認した。また Chandra の X 線スペクトルから、電離した Mg、Si イオンからの吸収線を検出し、X 線が明るくなると Mg XI の等価幅が減るのに対し Mg XII と Si XIII では増えることを見出した。以上の現象を、視線上に存在する低電離吸収体の電離度が、X 線強度上昇によって増えることで説明した。また、Fe XXV および Fe XXVI からの吸収線も検出し、それとは別の高電離度吸収体の存在を確認した。論文提出者らは最終的に、MCG-6-30-15 のエネルギースペクトルが、中間的な電離状態を持つ吸収体による大きな部分吸収を受けたべき関数成分に、高電離吸収体と低電離吸収体による吸収を考慮し、さらに 0.6π 程度の立体角をもつブラックホール遠方からの反射成分を加えることで、極端に広い「ディスクライン」を入れなくても、よく説明されることを示した。また、様々な時間スケールで観測された全てのスペクトル変化が、べき関数の強度、部分吸収の割合、低電離吸収体の電離度の 3 つのパラメータの変化だけで説明できることを明らかにした。これらのパラメータがいずれも 80 ksec 程度の時間スケールで変動のピークを示し、同じ起源を示唆していることもわかった。

第 6 章は観測結果と解析のまとめであり、考え得る降着円盤の周辺の配置と、吸収体の構造を議論している。X 線スペクトルの変動が、X 線源の視線上にある光電離された吸収体の変動によって主に生じているというモデルが提案されている。第 7 章は、本研究で得られた結論がまとめられている。

この研究は、現在の仮説とは一線を画す新しいモデルを提案した。提案されたモデルに自己矛盾はなく、X 線天文学の観測的研究として極めて高く評価できる。なお、本論文は、海老沢研、井上一らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析・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、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。