

氏名(本籍)	あき づき ち づる (大阪府) 秋 月 千 鶴 (大阪府)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 5257 号		
学位授与年月日	平成 22 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	The Structure of a Slim Disk Outflow Explored by Three-Dimensional Radiation Transfer (三次元輻射輸送から探るスリム円盤アウトフローの構造)		
主 査	筑波大学教授	理学博士	中 井 直 正
副 査	筑波大学教授	理学博士	梅 村 雅 之
副 査	筑波大学准教授	博士(理学)	森 正 夫
副 査	大阪教育大学教授	理学博士	福 江 純

論 文 の 内 容 の 要 旨

Narrow-Line Seyfert 1 銀河やマイクロクエーサー、超光度 X 線源は、エディントン光度で輝いている。これらの天体は共通して、降着円盤を持ち、何らかの原因でアウトフローやジェットが吹き出していると考えられている。この現象を説明する理論モデルとしてブラックホールに落ち込む超臨界降着流モデルが考えられている。超臨界降着流では、円盤内の光子の拡散タイムスケールが降着タイムスケールより長くなる為、エネルギーが中心に向かって流れる現象が起こる。この為、エディントン降着率を超えることが可能になる。このように輻射エネルギーが強く影響する状況では、輻射流体を正しく解いて、ガスと輻射の相互作用を調べなければならない。しかし、輻射輸送計算を解くことは難しく、また、計算量が膨大になる為、輻射輸送と流体力学を結合させた完全輻射流体を解くことは、これまで実現できていない。これまでの研究では、輻射輸送方程式を立体角積分してえられるモーメント方程式を使っている。モーメント方程式は、方程式の数より変数の数の方が多いため、方程式を閉じる必要があり、多くの研究では、クロージャー関係として、Flux Limited Diffusion (FLD) 近似が使われている。FLD 近似は、光学的に厚い場合は、拡散近似になり、光学的に薄い場合には、自由流となる。また、解析的な研究では、FLD 近似の代わりに、輻射ストレステンソルと輻射エネルギー密度で関係づけられるエディントン近似が使われている。このようなクロージャー関係式の、(光学的に厚い) 極限と (光学的に薄い) 極限の間をつなぐ因子には、物理的根拠がなく、光学的厚みの変化が激しいスリム円盤のような状況下で、クロージャー関係が、どの程度正しいのかわかっていない。そこで、本論文では、完全輻射流体の実現に向けて、また、クロージャー関係式の検証の為、降着円盤構造における 3 次元輻射輸送コードを作った。将来的な流体とのカップリングに向けて、輻射輸送コードは、数値拡散が小さく計算量の少ない Authentic Radiation Transfer (ART) 法を用い、工夫した。その結果、ART 法を使って計算した輻射力は、FLD 近似で求められる輻射力に比べて、ジェットを収束する方向に働いていることがわかった。また、輻射輸送の散乱の効果により、円盤表面の位置が FLD を使った輻射流体計算結果と異なることもわかった。さらに、エディントン因子を計算した結果、アウトフローの場所では、これまで提唱されていたエディントン因子に比べて、輻射の等方性が高いことを示した。これらの結果は、超臨

界降着流では、輻射力がジェットやアウトフローの加速や収束にポジティブに働くことを示す。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、ブラックホール周囲の超臨界降着流の完全輻射流体力学の実現に向け、3次元輻射輸送計算コードを開発し、これまで行われてきたFLD近似の妥当性を調べたものである。解析の結果、輻射輸送を正しく解いた場合、FLD近似に比べて輻射力はジェットをより収束する方向に働かせることが明らかとなった。これは、超臨界降着流では、輻射力の正確な取扱いが不可欠であることを示すものであり、その学術的価値は高く評価される。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。