

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名

柿内 健佑

論 文 題 目

Dynamics and Energetics of Magnetic Activity in the Galactic Center

(銀河系中心領域の磁気活動についての理論的研究)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院 理学研究科 教授 博士 (理学) 犬塚修一郎
委 員 名古屋大学大学院 理学研究科 教授 博士 (理学) 田村陽一
委 員 東京大学 総合文化研究科 教授 博士 (理学) 鈴木建
委 員 名古屋大学 素粒子宇宙起源研究所 准教授 博士 (理学) 中澤知洋

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

我々の住む太陽系は、天の川銀河と呼ばれる渦巻形状の円盤を持つ銀河の中にある。銀河には数多の恒星が存在し、恒星の間の星間空間はガスや塵から成る星間媒質で満たされている。星間媒質から星が誕生し、また星の死により質量の大半が星間空間に放出される。銀河の進化を通して、この一連のサイクルにより両者間で物質が循環する。そのため、天の川銀河の星間媒質の構造を理解することは天文学の重要なテーマである。

星間媒質の一部は電離しており、電磁場と相互作用している。我々の太陽系が存在する天の川銀河の円盤領域では、磁場のエネルギー密度がガスの熱エネルギー密度と同程度であり、星間媒質の動力学や星形成過程に重要な役割を担っていることが知られている。近年の観測により、天の川銀河の中心領域では、かなり強い磁場が分布していることが判明し、この領域のガスの動力学に多大なる影響を及ぼしていることが示唆されている。

主論文の目的は、天の川銀河バルジ領域の星間空間における磁場の役割を解明することである。この研究目的を達成するために、申請者は天の川銀河バルジ領域と周辺の円盤領域を含む大局的な磁気流体数値シミュレーションデータの解析を行った。そして、ループ構造や滑り台構造などの、磁気浮力に起因する多様な磁場構造を発見した。これらの磁場構造に沿ってガスが流れ下り、毎秒 100 キロメートルを超える高速流が頻繁に駆動されていることが判明した。実際に天の川銀河中心付近で見られる高速流の起源として、この過程が有力な機構となり得る。また、高速流が流れ下った先には星間ガスが集積し密度の高い領域が形成されるため、星形成にとって都合の良い環境となることも重要な点である。

さらに、ガスと磁場の動力的相互作用だけでなく、ガスの熱力学が磁場の増幅に与える影響も精査するため、ガスの輻射冷却と周囲の天体からの加熱の影響も明示的に考慮した大局的な磁気流体数値シミュレーションを遂行した。冷却と加熱を考慮しない従来の数値シミュレーションで得られた結果と比べて、銀河面近傍の密度が高い領域では輻射冷却が効率良く働くため、ガスの温度が大幅に低くなるという結果を得た。一方で、銀河面から離れた密度が低い領域では加熱の影響が相対的に大きくなり、一千万度を超える高温コロナが形成される。輻射冷却と加熱の影響が密度に依存するため、領域毎に異なる形で表出したと解釈される。特に、銀河面に近い領域での温度の低下はガスの圧力の低下につながり、ガス圧だけでは重力を支えることができなくなる。結果として、銀河面より少し上の中間領域では、磁気圧がガス圧を大きく凌駕して重力に対抗する力となり、この領域では磁場がガスの動力学を支配していることを見出した。他方で、最終的に得られる磁場強度の最大値や平均値は、冷却や加熱を考慮した場合としない場合で大差なく、冷却や加熱による熱力学過程ではなく天の川銀河の重力場が磁場強度の主要な決定機構であると結論された。

このように本論文は、大局的な磁気流体数値シミュレーションを用いて天の川銀河中心付近の磁場の役割を精査している。特に、輻射冷却の影響により磁場が相対的に重要となることを指摘し、天の川銀河中心付近の磁気活動に関する新たな物理機構を提唱している。この研究は銀河系中心領域を理解するために重要な成果であり、今後の研究のさらなる発展においても価値がある。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。