

研究種目： 基盤研究（C）  
研究期間： 2006～2009  
課題番号： 18540236  
研究課題名（和文） カーブラックホール近傍での磁気リコネクションによる  
相対論的ジェット形成機構の解明  
研究課題名（英文） Relativistic Jet Formation powered by Magnetic Reconnection  
around Kerr Black Hole  
研究代表者 小出 眞路（KOIDE SHINJI）  
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授  
研究者番号：20234677

研究分野： 天文学

科研費の分科・細目： 天文学

キーワード： 相対論的ジェット，ブラックホール磁気圏，エルゴ領域，磁気リコネクション

#### 1. 研究計画の概要

本研究課題の目的は相対論的ジェットが形成されるなど激しい現象が起きていると考えられるブラックホール磁気圏における磁気リコネクションの重要性を明らかにすることである。最終的には抵抗性・一般相対論的電磁流体力学(GRMHD)の長時間数値計算を行い、とくにジェット形成における磁気リコネクションの役割の解明をめざす。

#### 2. 研究の進捗状況

本研究課題初年度(平成18年度)に中心的課題である抵抗性GRMHD計算プログラム開発において因果律の問題に突き当たり開発は頓挫した。これはこれまで用いられてきた理想GRMHDのオームの法則に単純に電気抵抗を入れると因果律を満たさなくことからくる問題である。平成19年度には数値計算に頼らずブラックホール磁気圏での磁気リコネクションの関わる現象について解析的な検討を進めた。とくに、磁気リコネクションによるカーブラックホール回転エネルギーの引き抜き機構を提案し、引き抜きの条件を解析的に示した。平成20年度は抵抗性GRMHDコードの数値計算を行うための基礎方程式の定式化を行った。そこでは因果律を満たす一般化されたGRMHD方程式を提案した。

#### 3. 現在までの達成度

やや遅れている。

(理由) 当初計画していた抵抗性GRMHD

計算プログラムの開発には至っていない。現在、そのための基盤となる方法の開発を行っている状況である。計画当初は理想GRMHD方程式に単純に電気抵抗を入れることを考えていた。しかし、これでは因果律を満たさず、そのままの計算では結果が信用できないことが明らかになった。現在、既に因果律を満たす一般化された方程式を得ている。今後、数値計算法の確立を行いこの分野のブレイクスルーとなる大規模計算に結びつける。

#### 4. 今後の研究の推進方策

現在得られている一般化されたGRMHD方程式の数値計算の方法を開発する。そこではオームの法則は電流の慣性と関係した電流の時間微分の項を含む。これをまともに扱うためには理想GRMHD数値計算に比べかなり複雑な計算を必要とする。今後適切な近似を用いるなどして比較的容易にプログラムを作成できる計算法を開発する。開発後、磁気リコネクションによるジェット形成に関係した大規模計算を行う。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

Shinji Koide, Propagation of Electromagnetic Waves in Resistive Pair Plasma and Causal Relativistic Magnetohydrodynamics, Physical Review D, 78, 125026, (2008), 査読有

Shinji Koide & Kenzo Arai , Energy Extraction from a Rotating Black Hole by Magnetic Reconnection in the Ergosphere , The Astrophysical Journal ,682 ,1124-1133 ,(2008) ,

査読有

小出眞路, 柴田一成, 宇宙ジェットと高速プラズマ回転流の謎, プラズマ核融合学会誌, 83 ,378 - 386(2007),

査読有

[学会発表](計5件)

小出眞路, 電子陽電子プラズマと電子陽子プラズマの相対論的MHDについて, 日本物理学会, 2009年春, 東京

小出眞路, ブラックホール磁気圏におけるMHD近似の適用限界, 日本天文学会, 2009年春, 大阪

小出眞路, 抵抗性相対論的MHDの因果律問題の解決, 日本天文学会, 2008年秋, 岡山

小出眞路, 磁気リコネクションによるブラックホール回転エネルギーの引き抜き, 日本天文学会, 2008年春, 東京

Shinji Koide , Magnetic Reconnection around Black Hole , Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 , 2008年冬, 京都

