

## 2014年度 博士研究員研究成果報告書

氏名(所属研究室)： 伊形 尚久(理工学研究科重力理論研究室)

研究課題： 時空の隠れた対称性及びそのブラックホール観測への応用

研究期間： 2014年4月1日～2015年3月31日

研究成果概要：

本研究は、ブラックホール観測を視野に入れながら、時空の「隠れた対称性」という物理量の研究を通して、ブラックホールの物理に対する理論的な理解を深めることを目的している。この「隠れた対称性」はブラックホール時空における基本的な物理量とみなされており、時空そのものあるいはその上の試験物体・試験場の理論に対して、いくつもの有用な性質を誘導する。その中で最も重要な性質の一つとして、隠れた対称性の存在が時空上の様々な運動方程式の可積分構造を保証することがあげられる。よってブラックホール時空における物理現象の理論的なモデルを構築する際に決定的な役割を果たし得ることから、近年、研究対象として大きな注目を集めている。以下では、これに関連した各研究成果の概要を発表論文ごとに提示する。

研究業績 [1] の研究にて、我々はブラックリングと呼ばれる時空に着目した。これは重力理論の方程式である高次元アインシュタイン方程式の真空厳密解で、以前より知られている球状のブラックホールとは異なりリング形状をもつ。ブラックリングの物理的性質は、これまでの球状ブラックホールの常識をいくつも覆すもので、近年大きな注目を集めている。こうした動向のもとで、我々はブラックリングの隠れた対称性に焦点をあてて研究を行った。先行研究の結果より、球状ブラックホールに存在するタイプの隠れた対称性は、ブラックリングに存在しないことが明らかにされている。しかしながら本研究では、重力が弱い極限においてブラックリングの隠れた対称性が回復し得るという事実を、解析的な手法で明らかにした。本結果は、一般相対論の効果によって隠れた対称性の破れが起きているという事実を示している。また本成果により、重力が弱いブラックリングにおける質点系の現象などの物理的な考察に対するさらなる推進の可能性が期待できる。

研究業績 [2] の研究において、時空次元の高い理論の研究が活発に行われている昨今の動向のもとで、Myers-Perry ブラックホールにおける試験質点系に与える。この解は時空次元の高い空間に埋め込まれたブラックホールの中で、最も基本的なものを示す。ブラックホールの観測を念頭においた研究の第一歩は、その時空における質点系の物理現象の基礎的な理解の充実である。そこで本研究では、Myers-Perry ブラックホールにおける隠れた対称性から誘導される質点系の理論の可積分構造を利用して、質点の運動の解析を行った。時空次元の違いによる重力場の性質の違いが、質点系の軌道に違いとなって反映される。それが顕著に現れる物理現象のひとつが安定束縛軌道で、本研究はその存在性に着目した。安定束縛軌道は、中心にあるブラックホールの重力に束縛されていながらも、

ブラックホールへ落下せず，また無限遠方に飛去っていかない軌道で，また微小摂動に対して安定なものを指す．一般に次元の高い時空に埋め込まれた球対称ブラックホールにおいて安定束縛軌道は存在しないことが先行研究において明らかになっている．しかしながら本研究において，Myers-Perry ブラックホールがもつ角運動量が大きな極限において安定束縛軌道が出現する現象を明らかにした．この結果は，時空次元の違いとして反映される観測可能な質点系の振舞いの違いが，高速回転ブラックホールにおいて顕著に発現し得ることを具体的な現象として提示した．これより，今後さらなる現実的な高次元時空の模型時空の理解や観測可能性に対して，着目すべき一つの重要な現象として位置づけられると期待できる．

研究業績：

発表論文 (全 2 編)

- [1] 著者：Igata, Takahisa; Ishihara, Hideki; Hiroataka Yoshino

題目：Integrability of Particle System around a Ring Source as the Newtonian Limit of a Black Ring  
 プレプリントサーバー：arXiv:1412.7033 [hep-th]

投稿年月日：2014 年 12 月 23 日

現在 Physical Review D にて出版準備中

- [2] 著者：Igata, Takahisa

題目：Stable Bound Orbits in Six-dimensional Myers-Perry Black Holes  
 プレプリントサーバー：arXiv:1411.6102 [gr-qc]

投稿年月日：2014 年 11 月 22 日

現在 Physical Review D にて査読審査中

学会・国際会議発表 (全 2 件)

- (1) 著者：伊形尚久，吉野裕高，，石原秀樹

題名：5次元ブラックリングのニュートン極限における質点系の可積分性

学会名：日本物理学会 2014 年秋季大会

場所・年月日：佐賀大学 本庄キャンパス, 2014 年 9 月 18–21 日 (口頭)

- (2) Igata, Takahisa; Ishihara, Hideki; Hiroataka Yoshino

題目：Integrability of Particle System around a Ring Source as the Newtonian Limit of a Black Ring

学会名：The 24th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan

場所・年月日：Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, Japan, 11–14 November 2014 (Oral)