

立教大学学術推進特別重点資金 (立教 S F R)

大学院学生研究

2017年度研究成果報告書

研究科名	立教大学大学院	理学研究科	物理学専攻
研究代表者 (2018年3月現在 のものを記入)	在籍研究科・専攻・学年	氏名	
	理学研究科・物理学専攻 博士課程後期課程2年	小笠原康太	印
指導教員	所属・職名	氏名	
	理学部・教授	原田知広	印
自然・人文 ・社会の別	自然	個人・共同の別	個人
研究課題	回転ブラックホール近傍における高エネルギー粒子衝突と エネルギー引き抜き過程		
研究組織 (研究代表者 ・共同研究者) ※2018年3月現 在のものを記入	在籍研究科・専攻・学年	氏名	
	理学研究科・物理学専攻 博士課程後期課程2年	小笠原康太	
研究期間	2017 年度		
研究経費 (1円単位)	(支出金額) 473,722 円 / (採択金額) 500,000 円		

研究の概要 (200~300字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)

本研究は回転ブラックホール近傍における高エネルギー現象について、理論的な研究を行った。詳しい内容としては、粒子衝突の重心系エネルギーが非常に大きくなる BSW 効果 (過程) 及び粒子衝突を用いたエネルギー引き抜き過程について研究を行った。上記研究の先行研究では、背景時空まわりのテスト粒子に関する研究が主に行われ、自己重力による重力反作用効果は議論されてこなかった。そこで、本研究では BSW 効果における自己重力の効果を調べるために、3次元の回転ブラックホール時空である BTZ 時空まわりにおけるシェル衝突を調べた。シェル衝突では自然に自己重力の効果が加味され、従来と異なる重心系エネルギーの上限値が存在することが明らかになった。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

{ ブラックホール } { BSW 効果 } { BTZ 時空 }

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

我々は BSW 効果における自己重力による重力反作用効果を考慮することを目的とし、3 次元の回転ブラックホール (BTZ ブラックホール) 時空における高エネルギー粒子衝突及びシェル衝突の研究を行った。衝突粒子及びシェルはブラックホールと比較すれば些細な静止質量しかもたないが、衝突の際の重心系エネルギーがブラックホールの質量程度まで大きくなるような状況では、これらが生み出す重力場は無視できなくなると予想される。重力波によるブラックホール観測の時代を迎えるにあたって、回転ブラックホール近傍における高エネルギー現象の重力反作用効果を調べることは、ブラックホール物理学において理論的にも観測的にも重要である。我々が解析に用いた BTZ ブラックホールは 4 次元の Kerr ブラックホールと比較し解析が容易なため、まず BTZ ブラックホールにおいて自己重力の効果がどのような要因によって現れるかの解析を行った。

「BTZ ブラックホールにおける BSW 効果」

3 次元回転ブラックホール解である BTZ ブラックホールにおいて、時空は最大回転と仮定した場合、衝突 2 粒子の一方の角運動量がある臨界値に調整された場合、衝突エネルギー (粒子衝突の重心系エネルギー) が発散することを示した。これは、BSW 効果と無矛盾な結果であり、BSW 効果における自己重力の効果の考慮のために BTZ ブラックホールでの解析を行うことの妥当性が示された結果といえる。この研究は華中科技大学の塚本氏、Yungui Gong 氏との共同研究であり、成果は論文としてまとめられている [1]。

「BTZ ブラックホールにおけるシェル衝突」

衝突対象を粒子からシェルに変更することで、シェルの運動方程式に自然に自己重力の効果を取り入れることが出来る。2 枚のシェルによって、BTZ 時空は 3 つの領域 (最内領域・中間領域・最外領域) に分けられるとする。このとき、3 つのどれかの領域が最大回転ブラックホール時空であるとする、重心系エネルギーの発散を実現するためには自己重力の効果は無視する極限が必要であることが示された。さらに、観測可能な (最外領域の地平面外での) 高エネルギーシェル衝突を実現するためには、同じく自己重力の効果は無視する極限が必要であることが明らかになった。つまり、自己重力の効果を検討した場合、重心系エネルギーの発散はある有限値で抑えられ、また、観測も不可能であることが示唆される。現在、より詳細な解析を行い共同研究者と物理的な議論の後、論文として投稿予定である [N. Tsukamoto and K. Ogasawara, 投稿準備中]。

以上

研究成果の概要 つづき

※この(様式 2)に記入の成果の公表を見合わせる必要がある場合は、その理由及び差し控え期間等を記入した調書(A 4 縦型横書き 1 枚・自由様式)を添付すること。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)

[1] N. Tsukamoto, K. Ogasawara, and Yungui Gong, Phys. Rev. D 96, 024042 (2017)

②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)

なし

③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)

なし

④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

(国際学会)

[2] K. Ogasawara, "Particle collision with an arbitrarily high center-of-mass energy near a Banados-Teitelboim-Zanelli black hole", Spanish-Portuguese Relativity Meetings 2017, マラガ (スペイン), 2017 年 9 月

[3] K. Ogasawara, "Collision of two shells with a high center-of-mass energy in the Banados-Teitelboim-Zanelli spacetime", JGRG27 (第 27 回「一般相対論と重力」研究会), 広島, 2017 年 11 月

(国内学会・セミナー)

[4] K. Ogasawara, "Particle collision and shell collision with a high center-of-mass energy in the Banados-Teitelboim-Zanelli (BTZ) spacetime", 早稲田大学 理論宇宙物理学研究室セミナー, 早稲田大学, 2017 年 10 月

[5] 小笠原康太, "BSW Collision of two dust thin shells in a rotating BTZ spacetime", 日本物理学会第 73 回年次大会, 東京理科大学, 2018 年 3 月