

立教大学学術推進特別重点資金(立教SFR)

大学院学生研究

2021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 (2022年3月現在のものを記入)	在籍課程・学年		氏名				
	<input type="checkbox"/> 博士前期課程 年 <input checked="" type="checkbox"/> 博士後期課程 3年		富川 慶太郎				
指導教員	所属部局・職名		氏名				
	理学部・教授		小林 努				
自然・人文・社会の別	<input type="checkbox"/> 自然	・ 人文	・ 社会	個人・共同の別	<input type="checkbox"/> 個人	・ 共同	名
研究課題	ブラックホールと中性子星のマルチメッセンジャー観測を用いた重力理論の検証						
研究組織 (研究代表者・共同研究者) ※2022年3月現在のものを記入	在籍研究科・専攻・課程・学年		氏名				
	立教大学大学院 理学研究科物理学専攻 博士課程後期課程3年		富川 慶太郎				
研究期間	2021 年度						
研究経費 (1円単位)	(支出金額) 400,000円 / (採択金額) 400,000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。)

本研究では、重力波を用いた重力理論の宇宙論的な研究を遂行した。修正重力理論のひとつである「空間的に共変な重力理論」を用いて、非一様な宇宙を伝播する重力波の振る舞いを調べた。この結果、この理論においては、重力波の伝搬には宇宙の非一様性が影響を及ぼし、伝搬速度が光速と異なることが判明した。この結果と、観測で得られている「重力波の伝搬速度は光速と等しい」という結果を組み合わせることで、重力理論の検証が可能なことを示した。

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。)

{ 重力理論 } { 重力波 } { 宇宙論 }

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

今日、一般相対論は重力の古典論として確固たる地位を築いている。しかし、理論的には一般相対論はくりこみ不可能であることから、量子化の際は一般相対論は拡張されなければならない。また、一般相対論ではうまく説明のできない現象も確認され始めている。特に重要なのは宇宙論における観測技術の発達によって宇宙の加速膨張が発見されたことである。これは一般相対論では不自然な物質を導入しない限り説明不可能な現象である。このような理由から一般相対論を拡張した重力理論の構築やその現象論的な検証を目的とした研究が盛んに行われている。

今回の研究では、修正重力理論の中でも「空間的に共変な重力理論」を扱う。一般相対論は4次元時空における一般座標変換に対する対称性(ゲージ対称性)を持っているが、空間的に共変な重力理論は時間方向のゲージ対称性は破り、3次元空間におけるゲージ対称性のみを持たせた理論になっている。このアイデアはゴースト凝縮理論(Arkani-Hamed et. al. 2004)、インフレーションの有効場理論(Creminelli et. al. 2009)、ダークエネルギーの有効場理論(Gubitosi et. al. 2013)などで使われてきたが近年 Xian Gao らによってこれらの理論を含む形で一般化され統一的に調べられている。中でも現象論的な検証として、(Gao and Hong 2020) では空間的に共変な重力理論における平坦な一様等方時空での重力波の伝搬速度について研究がなされている。ここでは、重力波イベント GW170817 の結果を受けて、平坦な一様等方時空における重力波の伝搬速度が光速と等しくなる空間的に共変な重力理論が導かれている。しかし、ここで得られた理論は平坦な一様等方時空の対称性を活用することで得られている。そこで、この理論での、より対称性の低い時空における重力波の伝搬速度を調べることを目的に研究を始めた。とくに、より対称性の低い時空として非一様な重力波の伝搬速度を調べた。我々は非一様性を一様等方時空からの摂動として加えることで、非一様宇宙における重力波の伝搬速度を求めた。これにより、一様等方時空では重力波の伝搬速度が光速と等しくなるが、非一様時空では重力波の伝搬速度が光速からずれる理論のクラスを明らかにした。今後は、この結果と重力波イベント GW170817 の観測結果を組み合わせることで空間的に共変な理論に含まれる理論パラメータを厳しく制限する予定である。

この研究の成果を重力理論に関する国際会議、”The 30th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan” でポスター発表を行い、多くの研究者達と議論を交わした。今後はさらに研究を進めて、論文を執筆し学術誌に投稿する予定である。

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、その理由及び差控え期間等を記入した調書(A4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。なお、成果発表を確認できる資料を合わせて研究成果報告書提出フォームより提出してください(紙媒体等、研究成果報告書提出フォームから提出できない場合は、別途リサーチ・イニシアティブセンターへ提出してください)。

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)

※修士論文・博士論文は含みません。

① 雑誌論文(著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)

なし。

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)

・国際会議における発表

富川慶太郎、小林努

“Propagation of gravitational waves in an inhomogeneous universe in modified gravity” The 30th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan, 2021年12月、オンライン開催(ポスター発表・査読なし)