

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	重力理論のゴースト不安定性のない拡張
Title(English)	Ghost Free Extension of Gravitational Theory
著者(和文)	吉田大介
Author(English)	Daisuke Yoshida
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10398号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 昌英,岡 眞,伊藤 克司,今村 洋介,宗宮 健太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10398号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		吉田 大介	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	山口 昌英	教授	審査員	宗宮 健太郎	准教授	
	審査員	岡 眞	教授				
		伊藤 克司	教授				
		今村 洋介	准教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

現在における宇宙の加速膨張や宇宙初期におけるインフレーション機構の解明を動機として、重力理論の一般相対論からの拡張が近年盛んに研究されている。重力理論の拡張として様々な可能性が考えられるが、理論的にどのように制限していくか、ということが重要である。

本論文は重力理論の拡張に関する著者の貢献をまとめたものであり、理論に不安定をもたらす「ゴースト不安定性」の排除という観点から、重力理論の拡張の可能性の取捨選別・提唱を行っている。

第 1 章「Introduction and Overview」では、重力理論の拡張としてどのような可能性があるのかを、一般相対論の唯一性定理を引き合いに紹介している。

第 2 章「Summary of Scalar-Tensor Theory」では、本論文で扱う数々の重力理論の基礎を与えるゴースト不安定性を回避したスカラーテンソル理論と呼ばれる理論について解説されている。

第 3 章「Vector-Tensor Theory」では、重力場とベクトル場の非自明な相互作用を模索している。平坦な時空における質量を持ったベクトル場の理論としてプロカ理論が知られているが、近年、このプロカ理論の重力場を含める拡張である一般化プロカ理論が提唱された。これらの理論の紹介の後、スカラーテンソル理論において発達した縮退理論の手法をベクトル場の理論に応用し、プロカ理論の新しい拡張理論「Extended Vector-Tensor Theory」を提唱した。

第 4 章「Higher Derivative Gravity」では、まず、ゴースト不安定性の無い高階微分重力理論の一例として、作用がリッチスカラーの任意関数で与えられる $f(R)$ 重力理論に関する解説を行っている。一般に高階微分相互作用はゴースト不安定性と関係しており、ゴースト不安定性を回避した高階微分重力理論の構築は困難である。著者は $f(R)$ 重力理論において用いられた補助場の導入と重力場の再定義という手法をより一般の高階微分重力理論に適用し、ゴースト不安定性を回避する新しい高階微分重力理論を構築した。

第 5 章「Massive Gravity with Flat Fiducial Metric」では、まず 1939 年に提唱された Fierz-Pauli による線形 massive gravity の紹介を行っている。その後 2010 年に構築された、平坦な基準計量におけるゴースト不安定性の無い非線形 massive gravity の構築の解説を行っている。これらのレビューの後、massive gravity において、一様等方時空を含む新しい厳密解の構築を行った。さらに、massive gravity に、複合計量と呼ばれる計量を通して非自明に相互作用するスカラー場を導入し、その一様等方背景時空のまわりのゆらぎの性質を解析している。この解析により、複合計量の共変微分を含むような相互作用はゴースト不安定性が生じ、非現実的であることを明らかにした。

第 6 章「Massive Gravity with Curved Fiducial Metric and Bigravity」では、平坦な基準計量を曲がった基準計量へ拡張した massive gravity、また、基準計量もダイナミカルになった bigravity と呼ばれる理論を扱っている。これらの理論の紹介の後、これらの理論における重力場のスカラー成分を抽出する脱結合極限を議論し、この極限においてスカラー成分がゴースト不安定性を生じないことを明らかにした。さらに、第 5 章で行った、平坦な基準計量における massive gravity の厳密解の構築をこれらの理論に一般化した後、線形摂動に対する安定性を解析している。その解析の結果、線形摂動は一般相対論とまったく同じ運動方程式に従い、摂動論の範囲では、これらの理論に特有な不安定性が生じないことを明らかにした。

以上をまとめると、本論文は、多岐にわたる重力理論の種々の拡張を、ゴースト不安定性の回避という統一的指針から議論したものである。これまでに提唱されてきた理論の検証だけにとどまらず、新しい重力理論の提唱も行っており、本分野の発展に重要な寄与をする成果である。また、すでに公表されている多くの論文の質の高さと広範さからも、本人の学識の深さとこの研究分野の活性化への貢献が大きいことが分かり、博士（理学）を与えるのに十分であると判断できる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。