

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	Michele OLIOSI
論文題目	New viable theories of modified gravity: Minimal Theories and Quasidilaton (新しい修正重力理論 : ミニマル理論と準ディラトン)		
(論文内容の要旨)			
<p>In the last few decades, several alternative models of gravity have been developed in the hope to produce large-scale deviations from general relativity (GR). The principal aim of this program is to uncover what physics could be at works behind the present-day acceleration of the Universe, other than a fine-tuned cosmological constant. Among other motivations to explore new models of gravity are also the other puzzles of cosmology, such as dark matter, as well as the incompleteness of our description of gravity in the UV. However, satisfying the constraints from current observations while guaranteeing full theoretical consistency is still a challenging task for several such constructions; both do indeed put strong restrictions on the theory space of gravitational theories. Two notable examples are the instabilities that plague some of the cosmological realizations of massive gravity theories and its extensions, or the recent restrictive bound on the speed of tensor modes from the multi-messenger observation of a neutron star binary merger.</p> <p>In this thesis we show that there exist new classes of alternative theories of gravity that are observationally and theoretically viable, and produce interesting phenomenology. In particular, we focus first on minimally modified gravity (MMG) theories, which propagate only the two tensor modes by means of violations of the Lorentz symmetry in the gravitational sector. In this context, we present a class of theories constructed on the basis of the existence of an Einstein frame, in which the gravitational Lagrangian is equivalent to GR. As observational constraints, we consider in particular the bound on the speed of tensor modes, as well as on the variation of the gravitational constant. We find that there subsists a wide class of interesting possibilities to modify GR. In addition to this construction, we review other theories that fall into the MMG class.</p> <p>As a second example of a new alternative theory of gravity, we construct and study the minimal theory of quasidilaton massive gravity (MQD). This theory is motivated by some difficulties to find viable Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker cosmologies in the context of quasidilaton massive gravity theories, but can also be effectively understood as an extension of a specific MMG theory, the minimal theory of massive gravity, by rendering dynamical part of the fiducial metric structure. We show that MQD is viable for a wide region of its parameter space, that it will be efficiently constrained by future cosmological surveys, and can sustain interesting phenomenology, in particular produce weak gravity while propagating the same number of degrees of freedom as usual scalar-tensor theories.</p> <p>In order to motivate the models we present, this thesis also includes two compact review chapters, which cover respectively the standard model of gravity and cosmology, and several alternatives to GR together with current and prospective constraints. In light of the large number of future observational efforts to constrain the cosmological dynamics as well as the behavior of gravity on these scales, modelbuilding efforts come by as crucial tools to be able to interpret the future data most efficiently.</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

宇宙創世のような重力と量子論の両方が本質的となる状況では、一般相対論も場の量子論も破綻してしまう。したがって、真に宇宙創生を論ずるには、この理論的破綻を回避して重力と量子論を調和させる、量子重力理論が必要である。そして、量子重力理論の構築のためには、一般相対論を短距離で修正する必要があると考えられている。また、現在の宇宙の加速膨張は、一般相対論に基づいて説明しようとする、ダークエネルギーの存在を示唆するが、その正体は全く分かっていない。さらに、最近の赤方偏移空間歪みの観測などからは、一般相対論と通常考えられているダークエネルギーでは説明するのが難しいデータも出始めている。そのため、少なからぬ研究者が「ダークエネルギーを導入する代わりに、一般相対論を変更する事はできないか?」と考えている。もしも一般相対論が宇宙論スケールの長距離で変更を受けるのなら、ダークエネルギーを導入せずに観測データを矛盾なく説明できるかもしれない。

申請論文は、以上のような動機づけにより申請者がこれまで行なってきた修正重力理論についての研究をまとめたもので、既出版された4編の論文に基づいている。そのうち3編は minimal theory of quasidilaton massive gravity (MQD) についての研究、1編は type-I minimally modified gravity (MMG) についての研究である。

特に、MQDは申請者自身が提唱した理論であり、理論の構築から宇宙論解の構成と安定性の解析、現象論に至るまで、申請論文の5章で詳しく議論されている。MQDは、1939年のFierzとPauliによる研究以来の長い歴史を持つmassive gravityにおいて、安定な宇宙論解を持つことが分かっている数少ない理論の一つである。したがって、MQDについての申請者の研究は、重力子の質量によって宇宙の加速膨張を説明しようという試みにおける、重要な貢献と判断する。

また、申請論文の4章で議論されているtype-I MMGについての研究では、重力セクターの物理的自由度の数が2でEinstein frameが存在する理論のクラスを構築し、宇宙の加速膨張の性質や密度揺らぎの成長を特徴づける有効重力定数などの解析などを行なった。今後、様々な観測データと理論予言を比較するうえで、有益な結果である。

参考文献では、massive gravityにおけるブラックホールおよび星の解についての研究や、スクリーニング機構によってbimetric理論を初期宇宙から現在までの広い範囲で適用可能にする研究など、修正重力理論における諸問題が議論されている。

以上のような理由により、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和1年6月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降