

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	野村 紘一
論文題目	A recipe for multi-metric gravity (マルチメトリック重力理論の構成法)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>現代の物理学では、自然界は4つの力によって支配されていると考えられている。すなわち、電磁力、2種の核力、そして重力である。中でも、重力を記述する理論は複雑で、我々の理解は未だに十分とは言いがたい。特に、複数の重力場の間での相互作用については、可能か不可能かさえ、ごく最近まで分かっていなかった。相互作用によって、Boulware-Deser (BD) ゴーストと呼ばれる非物理的なモードが励起されてしまい、理論の整合性が損なわれることが知られていた。そのために長い間、これをいかにして回避するかが問題となっていた。ところが最近、massive gravityの研究における大きな進展がきっかけとなり、相互作用する2つの重力場を記述する理論が構成された。これが、bimetric gravityと呼ばれるものである。その後、3つ以上の重力場の相互作用モデルについてもいくつかの提案がなされたが、それらの理論の整合性については十分に検証されていなかった。本論文では、相互作用する複数の重力場を記述するmulti-metric重力理論において、どのタイプの相互作用が許され、どのタイプが棄却されるのかの分類を行った。また、その応用の一例としてAdS/CFT対応への適用の可能性も考察した。</p> <p>第2章から第4章にかけては、massive gravityおよびbimetric gravityについて、歴史的な発見の経緯をたどりながら、主にBDゴーストを排除する機構について詳述している。第5章では、多脚場を用いた重力場の相互作用モデルを紹介し、計量を用いたものとは必ずしも一致しないことを確認している。第6章以降がオリジナルの研究成果である。第6章では、計量を用いて記述された重力場同士の相互作用モデルについてBDゴーストが排除されうるかどうかの検証を行っている。metricの数が3つ以上の場合、bimetric gravityでの解析手法を直接適用することはほぼ不可能である。そこで、解析を簡単にするため、空間的な一様性を仮定したmini-superspaceモデルにおいてHamiltonian解析を行っている。このmini-superspaceモデルでも、bimetric gravityの結果がきちんと再現できることを確認した後、計量で記述される3つの重力場の相互作用についてBDゴーストを排除できる相互作用と出来ない相互作用との分類を行っている。その結果、treeタイプの相互作用のみ許されることを明らかにしている。次に、より一般の場合についても同様の解析を行い、やはり、metricによって記述された重力場はtreeタイプの相互作用のみが許されることを証明している。一方で、第7章では、相互作用し合う重力場のAdS/CFT対応への応用の可能性について議論している。特に、bimetric gravityの重力・流体対応への応用を考察している。重力場の相互作用によって生じる発散項を処理するための処方箋を与え、正則化を行った結果、CFT境界側に現れる場を2成分流体として解釈できることを示している。</p> <p>本論文の主たる結果は、metricを用いて記述された場合、複数種の重力場の相互作用としてどのタイプのものが許されるか確定させたことである。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

近年、宇宙の加速膨張などの宇宙論的観測を説明するひとつの可能性として、重力理論の修正が注目されている。重力理論の修正の研究には観測との整合性を議論する側面と、理論の内的な整合性を議論する側面の両方がある。本論文は後者の側面に関わる研究である。理論の内的な整合性として、量子力学的な真空の不安定性が存在しないことが要求される。理論の高振動数極限に負エネルギー状態が含まれるとき、ゴーストと呼ばれるが、そのようなゴーストが存在する理論は現実的なモデルの候補とは考えにくい。一方で、重力の長波長極限での振る舞いを変えて宇宙論的観測との整合性を持たせる上で、重力子に質量を持たせる可能性には関心が寄せられていたが、重力子に質量を与えるとゴーストが現れると最近まで考えられていた。しかし、適当なモデルを考えれば、重力子に質量を与え、かつ、ゴーストが現れないモデルが構築できることが近年明らかにされた。そのモデルをより自然な枠組みに拡張する形で、ふたつの計量が相互作用することで重力子に質量を持たせるゴーストを持たないbimetric gravityモデルが提案された。

本論文では、このbimetric gravityモデルの拡張として、複数の計量が存在する場合にゴーストが現れるか否かが議論されている。モデルの与え方として、多脚場を用いた定式化と、計量を用いた定式化がある。本論文では、両者の関係が明らかになるように複数計量の理論が簡潔にレビューをした後、計量を用いた定式化において、ゴーストが存在しない条件として、その相互作用の形がどのように制限されるかを明らかにしている。この結果は早田次郎氏との共同研究で、既に学術誌に掲載されている内容である。ゴーストの存在を調べる解析はbimetric gravityの場合にはおこなわれていたが、これを複数計量の理論に一般化するのは容易ではない。ここでは、一様等方な摂動に限定してゴーストの存在を調べるという手法で、複数の計量間の相互作用がループを成す場合にはゴーストが現れることを明らかにした。

加えて、本論文では重力子が質量を持つ理論をゲージ/重力対応に応用する試みも議論されている。ゲージ/重力対応において、バルクの重力理論の励起が質量を獲得すると、境界のゲージ理論の側には散逸の効果として現れることが期待される。ここでは、最も簡単なモデルを考え、ゲージ理論側でのエネルギー運動量テンソルを読み取る処方箋を提案し、bimetric gravityの場合には得られたエネルギー運動量テンソルが2成分流体を表すという解釈を与えた。

以上の点から判断して、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、平成27年1月15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