

別紙4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 スカラー場による双重力理論と高階微分重力理論の関係性の解明に向けた研究
氏 名 赤木 聡

論 文 内 容 の 要 旨

一般相対性理論は、現在、重力現象を精度よく記述する理論として広く用いられている。一方で、観測、理論の双方における動機から、一般相対性理論に修正を加えた修正重力理論は、一般相対性理論の発見当時から多くの研究がなされてきた。

一般相対性理論に、量子補正を取り入れることや、特異点回避のための修正を施すことのためには、高階微分重力理論が必要になることは良く知られている。ところが、高階微分の理論は、一般には、ゴーストと呼ばれる負の運動項の場を持つため、量子論における確率の保存則を破る。2015年、Hassanらは、双重力理論と呼ばれる二つの計量が相互作用するモデルから、ある操作によって高階微分重力理論を構築する手法を提唱した。彼らは、構築した高階微分重力理論において元の理論の物理的モードに加えて1つのゴーストが存在することを示した。適切な物理的部分空間を選ぶことでゴーストが除去可能であると予想した。しかしながら、彼らのゴーストの除去可能性の根拠となる解析は、線形レベルにおいてのみ行われており、非線形レベルでは全く行われていない。そこで本論では、2つのスカラー場が非微分相互作用するモデルから、Hassanらと同様の操作によって、高階微分理論を構築し、ゴーストの除去可能性を検証した。

まず、具体的な相互作用項を与え、直接散乱振幅を計算することで、摂動の低次のツリーレベルダイアグラムの構造を調べた。その結果、すべての外線を物理的なモードに取ったダイアグラムのうち、中間状態にゴーストが飛ぶものは、オンシェル条件のもとでゼロになることを発見した。このことから、「高階微分理論における物理的なモードから物理的なモードへのオンシェル散乱振幅は、対応する元の理論のオンシェル散乱振幅と一致する」という予想を立てた。

上記の本論中の解析から、「予想が成り立つ十分条件は、“ゴーストに関する1次の項”が存在しないこと」が分かっていた。一方で、亀淵-O'Raifeartaigh-Salamの定理から、“適切な条件”を満たす変数変換の下でオンシェル散乱振幅が不変であることは良く知られている。そこで、申請者は、“適切な条件”を満たす変数変換によって、“ゴーストに関する1次の項”を消去できる可能性を考えた。その結果、摂動次数の低い項から順番に消去することで、任意の次数まで消去が可能であろうことを予想した。そして、“適切な変数変換”を任意の回数だけ行った時の作用の一般項を仮定し、数学的帰納法によって証明した。

これらの解析から主に2つの結果を得た。一つ目は、先行研究で明らかにされていなかった物理的なモードの特定方法が明らかになったことである。これは、スカラー場に限らず、重力理論にも同様に適用できる。二つ目に、スカラー場の非線形模型において、ゴーストの除去可能性が証明された。重力場の場合にも、同様な構造が成り立つことが期待される。