

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Theories of non-gravitational massive spin two particles

(有質量重力子とは異なる有質量スピン 2 粒子理論について)

氏 名 大原 悠一

論 文 内 容 の 要 旨

現代物理学において相対論的量子場の理論は、高エネルギーかつマイクロなスケールの現象を理解する上で必要不可欠な道具立てを与えている。相対論的場の量子論において粒子はポアンカレ対称性に基づいたスピンと内部対称性によって区別され、粒子間の相互作用もこれらの対称性を保つように決定される。実際に、場の量子論を用いて構築された「素粒子標準模型」は数多くの実験的事実を説明する事に成功している。一方、スピンの階数が高い粒子に関しては対応する場の理論を構築することが難しくなる事が知られており、無質量高階スピン粒子は、ミンコフスキー時空上において一般的に相互作用が書き下せない事がよく知られている。また、質量を持った有質量高階スピン粒子の相互作用に関しても、粒子間の相互作用や重力との相互作用は未だに理解が進んでいない。有質量スピン 2 粒子は、質量を持つ高階スピン理論の中で最もシンプルな例であり、高階スピン粒子の相互作用を理解する上で重要な足がかりとなりうる。

質量を持つスピン 2 粒子の場の理論については、相互作用を含まない自由場の理論が 1939 年にフィッツとパウリに定式化されて以来長く研究が進展していなかった。しかし、宇宙の加速膨張が発見されて以降、この理論は一般相対性理論に代わる重力理論として大きな注目を集め、近年になってド・ラーム、トリー、ガバダゼによって、重力理論として無矛盾な有質量スピン 2 粒子の理論が構築された。このモデルは dRGT 模型と呼ばれ、無限個の自己相互作用を持つ。この理論構築において指導原理とされていたのは、相互作用を含んだ作用の自由度と自由場理論の自由度の一致であった。

申請者は、この指導原理を用いて dRGT 模型と異なる有限個の相互作用項から構成される理論構築を行った。実際にフェダーブッシュは 50 年以上前に、この指導原理の下で有質量スピン 2 粒子を U(1)ゲージ場と最小結合させ、理論構築を行っている。申請者の研究においても、有限個の自己相互作用を持つ模型に、 Z_2 電荷、U(1)電荷を場に加え、理論構築を行った。

申請者は、この仮定の下では得られる相互作用理論は一意的に定まり、理論は非自明な真空を持つ事を示した。さらに、この非自明な真空上で粒子の質量が正になる条件、すなわち粒子描像

が成立する条件を検討し、 Z_2 対称性を持つ理論では非自明な真空周りで粒子描像が成立するのに対して、 $U(1)$ 電荷を課した場合は、粒子描像が成り立つのは自明な真空に限られる事を明らかにした。また、得られた有質量スピン 2 理論の曲がった時空中での性質を解析し、理論の自由度が保たれる条件を明らかにすると共に、曲がった時空中のみで存在する新たな相互作用の存在を明らかにした。

以上の様に、申請者は dRGT 模型とは異なる、すなわち重力子とは異なる有質量スピン 2 粒子の理論構築を行い、その性質を明らかにした。