

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 大原 悠一

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)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院理学研究科 教授 理学博士 野尻 伸一
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 理学博士 南部 保貞
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 原田 正康
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 宮崎 州正
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 小林 晃人

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

現代の物理学においてはミクロなスケールの現象は場の量子論によって記述されている。場の量子論に現れる場は時空の対称性と関係する質量とスピン及び内部対称性によって特徴づけられる。場の量子論には未だによく理解されていない面があり、例えば質量を持たない高階スピンの場の相互作用を一般に書き下すことはできていない。また、質量を持つ高階スピンの場についても重力との結合を考えることは困難である。

質量を持つスピン 2 の場の理論については、相互作用がない自由場の理論が、Fierz と Pauli により 70 年以上前に提案されていたが、相互作用する理論を矛盾なく構築することは近年までできていなかった。この研究には最近になって急速な発展があり、de Rham、Gabadadze、Tolley によって相互作用する矛盾のない模型が構築された。この模型は dRGT 理論と呼ばれ、無限個の自己相互作用項を持つ。ここで指導原理になったのは相互作用を含んだ理論に現れる物理的自由度と自由場の理論における自由度の一致であった。

申請者はこの指導原理を使い、更に対称性に注目して、dRGT 模型とは異なり、有限個の自己相互作用を持つ模型の構築を行った。対称性に基づいた先行研究として、Fierz と Pauli の自己相互作用を持たない自由場の理論に外場として $U(1)$ ゲージ場を最小結合させた Federbush の模型がある。この模型は外場との相互作用を持つが、実質的に自由場の理論である。これに対して、申請者の研究では、Federbush の模型における対称性の議論を発展させ、場の符号を反転させても理論が不変になることを保証する対称性 (Z_2 対称性) を持つ理論、およびグローバルな $U(1)$ 対称性を持つ理論を考察した。

申請者は、このようにして得られる自己相互作用を持つ理論が一意的に決定され、この理論が場の期待値が有限の値を持つ非自明な真空を持つことを初めて示した。もしこの真空上で、粒子の質量の 2 乗に相当する量が負になれば、この真空は不安定なものとなるため、申請者は、この真空が安定で粒子描像が成立する条件を検討した。その結果、 Z_2 対称性を持つ理論では非自明な真空の周りで粒子描像が成立するのに対して、 $U(1)$ 対称性を課した場合には、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、申請者は、重力との結合を考えるため、曲がった時空上で、得られた理論がどのような性質を持つかを解析し、理論の自由度が保たれる条件を明らかにすると共に、曲がった時空上のみで存在する相互作用の存在を発見した。

以上のように申請者は de Rham、Gabadadze、Tolley の模型とは異なる質量を持つスピン 2 の新たな模型の構築を行い、その性質を明らかにした。本研究は、高階スピンの場の理論の構築に重要な示唆を与えている点で高く評価される。また、参考論文は本研究の基礎となる研究であり価値のあるものである。以上の理由により、申請者は博士 (理学) の学位を与えられるに相応しいと認められる。