

別紙 4

報告番 -	※ 甲 第 号
----------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 軟粒子の存在を考慮した摂動的場の量子論における散乱問題の定式化と赤外三角関係
氏 名 古郡 秀雄

論 文 内 容 の 要 旨

場の量子論は素粒子標準模型に代表されるように大きな成功を収めているが、重力の説明には成功していない。そのため量子重力理論の構築が現代物理学の大きな課題となっている。

この困難は、理論的には繰り込みや情報喪失の問題が現れるために現れる。また、実験観測的には量子効果が顕になるエネルギースケールが実現し難いために生じる。更に量子力学が要求するユニタリ性を示すのに必要な S 行列が、光子や重力子などの無質量粒子を含んだ理論では存在すら示されていないという赤外発散問題がある。

申請者は修士課程のときからこの赤外発散問題に取り組み、 S 行列を定義するために用いられるドレス状態形式の研究を続けてきた。量子電磁気学では、光子と電子の相互作用が切れないために、検出器にかかる時刻での終状態が自由粒子状態でなく、光子が電子にまわりついたドレス状態となる。申請者は時刻 $t = -T$ と時刻 $t = T$ の時間一定面を用意し、面上でドレス状態を導出することにより、量子電磁気学 (QED) で予言能力を損なう関数自由度が入らないこと、漸近対称性の構造が現れること、 S 行列のユニタリ性、遷移確率の予言能力を示し、さらにベクトルポテンシャルの期待値が散乱の前後で変化するメモリー効果に対し、検証可能な形で予言も与えた。

申請者は更に重力の持つ量子的な側面の検証のため申請者らが定式化したドレス状態形式をアインシュタインの重力の理論に適用し、メモリー効果の解析を行った。重力理論はその相互作用の複雑さなど、量子電磁気学とは異なる困難さがあるが、申請者は具体的に重力子がまわりつくドレス状態を構成し、予言能力を持つ S 行列や遷移確率を求めるとともに、メモリー効果及び漸近対称性の存在を示した。このメモリー効果は将来の重力波実験で検証されることが期待される。更に、この研究はホーキングが提起したブラックホールの情報損失問題を考えるための枠組みとなり、ブラックホールが存在する時空で量子力学の時間発展がユニタリ性を持つかの研究につながる。

学位関係

以上のように申請者は量子電磁気学とアインシュタインの重力理論において、ドレス状態形式を用いることにより、予言能力を持つ S 行列と遷移確率を与え、メモリー効果及び漸近対称性の存在を示した。