

氏 名	林 憲 二 はやし けん じ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 129 号
学位授与の日付	昭 和 43 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学 位 論 文 題 目	GAUGE THEORIES OF MASSIVE AND MASSLESS TENSOR FIELDS

(質量のあるテンソル場および質量のないテンソル場のゲージ理論)

論文調査委員 (主 査)
教 授 町 田 茂 教 授 小 林 稔 教 授 林 忠 四 郎

論 文 内 容 の 要 旨

電磁気の場の理論が、場のゲージ変換に対して不変になっていることは古くから知られている。このような性質を持つゲージ場と言うものを一般的に考え、それによって重力場と電磁場とを統一的に扱おうという試みも30年あまり前から行なわれていた。

最近、非常に多くの素粒子が見出され、それらの間の相互作用も、電磁的および重力的相互作用のみでなく、強い相互作用と弱い相互作用との存在が明らかになった。それにともない、強い相互作用をもゲージ理論として理解しようとする試みがあらわれた。即ち、強い相互作用をする粒子の場に一種のゲージ変換を行ない、それに対するラグランジュ関数の不変性を要求することによって、相互作用の形をきめようとするものである。

この試みは非常に興味あるものであるが、一つの大きな困難が存在する。それは、この様なゲージ理論においては、強い相互作用をする質量ゼロの粒子の存在が要求されるのに対し、実際には、対応する粒子の質量はゼロではないことである。

申請者の提出論文は、この問題を詳しく研究し、それによって、上記の困難を解決するようにゲージ理論を拡張できることを示したものである。

電磁場の場合に座標による1つの関数を含むゲージ変換によって電磁場を導入したのを拡張し、申請者は時間・空間および場に関係する n 個の関数を含む一般化されたゲージ変換を考え、これによって n 個のゲージ場と n 個の“保存流”とを導入する。これは n パラメーターLie群に対する不変性が n 個のgeneratorの保存を導くことを利用したものである。この n パラメーターLie群が素粒子の内部対称性にあたるものであるとすると、このゲージ場は n 個のベクトル場から成る multiplet をなし、この群が時間・空間の対称性即ち、ノンコンパクト・ローレンツ群に関するものであるとすると、このゲージ場は重力場のようなテンソル場となる。

申請者は時間・空間内の平行移動の群を拡張し、それが内部対称性と結びついた場合と結びつかない場

合、テンソル場の階数が2および3である場合などについて詳しく検討し、階数2の場合のテンソル場は質量を持ち得ないこと、拡張されたローレンツ群に結びついた階数3のテンソル場は質量を持ち得ることを示している。質量が出てくる源は、この場合、拡張された平行移動の群にともなうゲージ場の自由ラグランジュ関数によって与えられる。このことから、質量を持つ場のゲージ理論が成り立つためには、拡張された平行移動に対する不変性が決定的な重要性を持っていることが結論される。

申請者は、この一般的な結論にしたがい、質量のあるゲージ場を与えるラグランジュ関数をいくつか具体的に例示している。そのために申請者は、コンパクト及びローレンツ群の代数が属するノンコンパクトな複素単純 Lie 代数の具体的な形を与え、それを用いて上記の結論を導くと共に、最後に重力場の理論をも与えている。これは一般相対性理論と違って時間・空間の計量によって重力相互作用を表現するのではなく、かって Nakano と申請者が論じた方法の拡張で、重力場の理論としても興味ある結果を得ている。

論文審査の結果の要旨

主論文の一般的結論は、素粒子の理論としてもまた重力のような場を表わす理論としても大変興味深いものである。

ゲージ理論によって電磁的相互作用を扱うと電流の保存および質量を持たない電磁場の存在が導びかれるように、もしも強い相互作用をゲージ理論によって扱おうことが出来るならば、強い相互作用を生ずる“電流”の様なものの存在とそれのみたす保存則、その“電流”と作用する場の存在が導びかれる。この様なゲージ理論をつくるさいの最大の困難は、強い相互作用する素粒子はすべて質量を持っているにもかかわらず、いままでのゲージ理論で導びかれる場はすべて質量を持たないことであった。

申請者は、いままでのゲージ変換の群を、時間・空間座標との場量を含む n パラメーターの Lie 群にまで拡張し、それを用いて素粒子の内部対称性及び拡張された平行移動の群を詳細に研究している。その方法は Weyl に始まり、Utiyama, Yang and Mills らが展開している不変変分論を用いたもので、それを今までよりもかなり広く拡張し、一般論だけでなく具体的な場合を詳細に調べたものとしても興味がある。

申請者は、質量のあるゲージ場が導びかれるためには、拡張された平行移動の群を考慮することが必要であること、その場合、階数3のテンソル場は質量を持ち得ることを示しているが、これは、上記の問題の解明の為に大きな寄与をしたものと言うことが出来る。

現実の素粒子がこの様なゲージ理論の中に含まれ得るものかどうかを明らかにするには、さらに様々の解明すべき点が残されているが、主論文はその可能性の存在を明らかにしたものである。

参考論文1～4, 6は素粒子の複合性を S 行列理論の手法を用いて詳細に研究したもので、この方面における申請者の練達と学識をうかがわせるに十分である。参考論文5は Nakano と共著であるが、主論文で重要な役割を果たしている拡張された平行移動についての不変性とそれに結びつくゲージ場との理論を研究したもので興味ある結果を導びいている。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。