

氏名(本籍)	ひろせはると 広瀬 治 人 (東京都)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 1,354 号		
学位授与年月日	平成 7 年 3 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当		
審査研究科	物 理 学 研 究 科		
学位論文題目	Perturbative Study of Kaplan's Lattice Fermion Formalism for Construction of the Standard Model on the Lattice (格子標準模型構成のためのカプランの格子フェルミオン定式化の摂動論的研究)		
主 査	筑波大学教授	理学博士	岩 崎 洋 一
副 査	筑波大学教授	理学博士	宇 川 彰
副 査	筑波大学教授	理学博士	梁 成 吉
副 査	筑波大学助教授	理学博士	金 谷 和 至

論 文 の 要 旨

素粒子の標準模型は、弱い相互作用及び電磁相互作用現象を極めて良く説明することが知られている。しかしながら、その成功は、結合定数に関する摂動展開が適用可能な現象に対して得られたものであり、ヒッグス粒子の質量、バリオン数非保存等、非摂動的効果が重要と思われる諸問題には未解決の点が多い。このような問題の研究には、標準模型の格子上の定式化が有効と考えられるが、一方標準模型で基本的重要性を持つカイラルフェルミオンの格子上での定式化には、格子の周期性に起因する問題があり、この方面の研究は停滞を来していた。

最近、D. Kaplan は、 $2n+1$ 次元格子のフェルミオン理論から出発し、1次元方向に階段関数型の質量項を考えることにことにより、 $2n$ 次元上にカイラルフェルミオン理論を構成する可能性を指摘した。この方法が成功するためにはいくつかの条件がみたされなければならないが、中でも、 $2n+1$ 次元フェルミオンが $2n+1$ 次元ゲージ場と結合した場合に、 $2n$ 次元カイラルフェルミオンのゲージアノマリーが消えるかどうか、またフェルミオン数アノマリーが正しく出現するかどうかは基本的な問題である。本論文は、これら二点に重点を置いて、摂動論の枠内でのKaplanの方法の詳細な分析を行ったものである。

論文第一章では、Kaplan以前の格子上のカイラルフェルミオン定式化の研究とその結果が概観された後、Kaplanの方法のアイデアと本論文で検討される諸点が述べられる。第二章では、Kaplanの方法の詳細、特に、摂動展開を行う上で重要となるファイマン規則が導出される。第三章、第四章は本論文の中心部分であり、それぞれ、 $2+1$ 次元U(1)模型に於けるゲージ場有効ポテンシャルのフェル

ミオン one loop 次数での計算及びその $4 + 1$ 次元の場合への拡張が述べられる。第五章では、第三章、第四章で得られた結果に関する考察が行われ、第六章は結論にあてられる。

本論文の主要結果は次のとおりである。 $2 + 1$ 次元 $U(1)$ 模型に於いては、第一に、ゲージアノマリー及びフェルミオン数アノマリーのあらわな計算に成功し、前者は結合定数の二乗とフェルミオンのカイラリティの積に、後者は結合定数自身とフェルミオンのカイラリティの積に比例することを示した。この結果、ゲージアノマリーが消失するようなフェルミオンの組で且つフェルミオン数アノマリーがゼロとしない理論を構成しうることが明らかとなった。これが可能な方法は現在のところ Kaplan の方法のみであり、その長所といえる。第二に、ゲージ場が余分の 1 次元に依存する場合には、 2 次元の意味でのゲージ不変性を破るゲージ場質量項が存在することを示した。これは本論文で初めて明らかにされた Kaplan の方法の欠陥である。ゲージ場が余分の 1 次元に依存しないとすることも可能であるが、余分の 1 次元の長さ L を有限に取って周期境界条件を置いた場合には、ゲージアノマリーの消失は、 1 次元の原点付近のカイラルフェルミオンと長さ L のもう一方の境界に存在する反カイラルフェルミオンの間での相殺によるものであるという基本的難点が存在する。

以上の結果は、 $4 + 1$ 次元の場合にも、ゲージアノマリーが結合定数の三乗とフェルミオンのカイラリティの積になること、及びゲージ場に対しては、質量項以外に Lorentz 不変でない項も存在することの二つの変更点を除いてそのまま成立する。

以上の分析により、Kaplan の方法は、ゲージアノマリーが無く且つフェルミオン数アノマリーの存在する理論を記述しうること、その反面 $2n$ 次元の意味でのゲージ不変性を破るという問題のあることがあきらかにされた。後者の取り扱いは今後の課題である。

審 査 の 要 旨

格子上的カイラルフェルミオンの定式化は標準型等の非摂動的研究を行う上で基本的であるが、同時に極めて困難な問題である。本論文は、この問題に対し、最近世界的に注目を浴びた Kaplan の方法を取り上げ、詳細な分析を行ったものである。特に、ゲージ場の有効ポテンシャルの摂動論的分析は世界的にも始めてのものであり、その結果得られたゲージアノマリーとフェルミオン数アノマリーの構造及びゲージ不変性を保つ上での困難の存在に関する明快な結論は、Kaplan の方法の成功点と難点を明らかにしたものとして学術的に充分価値が認められる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。