論文審査の結果の要旨

氏名　永尾敬一

本論文は5つの章からなっており、まず第一章では簡単な導入が与えられている。

第2章では、4次元 Euclid 空間を格子化した理論を考察し、この格子上で素朴に定義した Dirac 方程式は種の倍増（species doubling）という現象を示すことを説明している。すなわち、4次元空間の各座標軸方向に2個のフェルミ粒子が現れ、1個のフェルミ粒子を記述するように定義された理論が結果として16個のフェルミ粒子を記述するという現象である。K.G.Wilson はこの問題を解決するために、Wilson 項と呼ばれる余分な項を Dirac 方程式に加えた。この項は余分なフェルミ粒子を除去するが、同時に質量0のフェルミ粒子が持つ基本的な対称性であるカイラル対称性を壊すことになる。この現象は格子理論では避けることができないと考えられてきた。

第3章では、D. Kaplan による Domain wall フェルミ粒子と呼ばれるカイラルなフェルミ粒子の構成法の詳細が議論されている。すなわち、5次元の時空間を考えフェルミ粒子の質量項が5次元方向にステップ関数的な形（kink 解）をしているときには、その場所に4次元空間から見たときには質量0のカイラルなフェルミ粒子が現れるという現象である。この構成法では一般に多くの非常に大きな質量を持つフェルミ粒子が付随して現れるが、これらの余分な重い粒子を取り除いたのが、最近話題になった overlap フェルミ粒子と呼ばれる構成法である。こうして構成された overlap フェルミ粒子に対しては、連続理論で知られていた指数定理が証明され、カイラル量子異常およびそれに関連した位相的な性質が格子理論でも実現される。またカイラルなゲージ場と相互作用する理論も考察され、摂動展開の範囲内では全てを有限に正則化した理論が定義できることが知られている。しかし、非アーベル的なカイラルなゲージ理論の摂動理論を越えた取り扱いはまだ与えられていない。このような非アーベル的な理論の摂動を超えた扱いは、一般には連続的な2次元を4次元の格子空間に加えた仮想的な6次元空間の理論の考察に基づいて議論されている。

本論分の中心をなす第4章では、overlap フェルミ粒子の6次元的な扱いを直接6次元の格子化した理論で取り扱うことを提案し、その具体的な

構成を議論している。まず格子化された6次元空間の2次元部分を「くもの巣」型の格子で定義することを提案した。このくもの巣型の格子は回転対称性を持っており、この回転対称性を用いて、原点の回りにボルテックス解を定義した。（これは5次元の場合のkink解の一般化である。）このボルテックス解に結合したフェルミ粒子で角運動量に対応するパラメターkを0においた解は、4次元空間から見た場合には質量が0のカイラルなフェルミ粒子を定義する。また余分な種の倍増に対応するフェルミ粒子の成分はWilson項を一般化した処方で除去できることが示された。このように6次元の格子上でボルテックス解に結合した質量0のカイラルなフェルミ粒子の定義は本論文で初めて与えられたものである。また6次元の連続理論にかえって考えるとき、これまで知られていなかったパラメター$k \neq 0$の質量0のフェルミ粒子解の存在を本論分提出者が始めて指摘し、同時にくもの巣型の格子ではこれらの質量0のフェルミ粒子解が現れないことを示し、その基本的なメカニズムも説明した。

最後の章では、この新しい質量0のカイラルなフェルミ粒子が具体的に4次元空間でのカイラル量子異常を正しく出すか否かのチェック等の今後に残された課題を議論している。このように本論文ではこれまでに知られていなかった興味ある物理的な結果が与えられている。

したがって、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。