



Title	シュヴィンガー模型におけるフェルミオンの閉じ込めと真空の縮退について
Author(s)	中脇, 雄治
Citation	大阪大学, 1981, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/32944
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名・(本籍)	中 脇 雄 治
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	第 5 2 2 8 号
学位授与の日付	昭 和 56 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	シュヴィンガー模型におけるフェルミオンの閉じ込めと真空の縮退について
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 砂 川 重 信 (副査) 教 授 森 田 正 人 助教授 佐 藤 行 助教授 山 本 邦 夫 講 師 細 谷 暁 夫

論 文 内 容 の 要 旨

陽子、中性子、パイ中間子等の強い相互作用をする粒子はクォークと呼ばれるより基本的な粒子より構成されている。しかしクォークを単独ではとり出すことはできない。このことをクォークの閉じ込めという。最近の一連の実験によりこの考え方の妥当性がほぼ確かめられた。クォークの理論としては量子色力学(Q. C. D.)が有望視されており、この理論でクォークの閉じ込めを説明しようとする試みが多くなされている。しかし非可換ゲージ理論特有の非線性のため、いまの所その厳密解はえられていない。

このような場合の常套手段として厳密に解ける模型を調べてクォークの閉じ込めについての知見を深めようとする試みが多くなされた。中西はシュヴィンガー模型(1次元における質量のないフェルミオンのQ. E. D.)に対するボゾン場のみで表わされた演算子解を与えることによりフェルミオンの閉じ込めを調べた。しかし中西の演算子解には二つの大きな困難がある。一つはボゾン場の正体がわからないことである。二つ目はフェルミオンの閉じ込めの成否の如何によらず電荷は良い量子数であるべきなのに実はそうになっていないことである。この困難は1次元特有の赤外発散が十分に正則化されていないためボゾン場の零モードがよくわからない所から起ることがわかる。

そこで次のような方法により上記の困難が解決できることを示した。空間を長さ $2L$ の箱であると、し、周期的境界条件をつけることにより赤外発散の困難は解決される。その結果質量のない自由ディラック方程式の2種の解(一つは通常のフェルミオンの融合場を用いた解、他はボゾン場で表わされたマンデルシュタム型の解)の違いを解明することができた。前者は融合場とシュプリオンによって後者とまったく相似な形にかかれる。このとき電荷は良い量子数であるが、閉じ込めは起らない。後

者においては電荷の固有値は連続固有値となる。その意味で後者は非物理的な解である。次に前者の解に質量 μ をもった電磁場との相互作用を導入し、自由フェルミオン場を含んだ（閉じ込めの起っていない）解を求める。この解の $\mu \rightarrow 0$ のふるまいを調べることによりシュヴィンガー模型の新しい厳密解がえられた。この解の特長は次の通りである。

- (1) 物理的な状態ベクトルがすべて中性であるという意味においてフェルミオンは閉じ込められている。
- (2) 電荷は離散的固有値を持つ。
- (3) シュプリオンのおかげでカイラル変換が回復し、またフェルミオン場の真空期待値もゼロになる。
- (4) 真空状態にはシュプリオンによる縮退が現われる。

論文の審査結果の要旨

現在、すべてのハドロンはクォーク粒子から構成されていると考えられている。しかるになぜか、そのクォークは現在にいたるまで発見されていない。したがって、何らかの機構によりクォークはつねにハドロンの内部に閉じ込められていると考えざるをえない。この閉じ込めの機構を解明するために、厳密に解けるシュヴィンガー模型（質量ゼロのフェルミ場と電磁場が相互作用をしている1次元的模型）が、多くの研究者により取りあげられてきた。これまでの研究結果によると、フェルミ場（クォーク場に対応する）はある種のスカラー場により記述され、そのためにフェルミ場はその漸近場をもたない。したがって、一見フェルミオンの閉じ込めが実現されているようにみえる。しかるに、上記のスカラー場を量子化すると、赤外発散が現われ、またフェルミ場の反可換性の導出も困難になり、さらに目的としたフェルミオンの閉じ込めの実現しえないことが示されるのである。

中脇君は、上記の困難の原因の一つが、解を求めた後に量子化を行ったことにあると考えて、まずはじめに場を量子化し、そのように量子化されたフェルミオンから合成されたスカラー場のゼロ・モードを分離した。中脇君は、この方法により従来のものとは異なる厳密解を発見することに成功した。その解は赤外発散を含まず、また合成スカラー場によって記述されるフェルミ場のフェルミオンの性格はシュプリオンという形で解に反映されている。そのために、フェルミ場の反可換性をも自然に導くことができる。この事実は、古典系においてはともかく、量子化された体系においては、従来の解が誤りであり、中脇君の発見した解こそ正しい解であることを示している。さらに、この新しい解では予想されたフェルミオンの閉じ込めが確かに実現されていることも明らかにされた。

以上のように、中脇君の論文は現在の素粒子物理学におけるもっとも基本的課題の解明に重要な手がかりを与えたものであり、理学博士の学位論文として十分価値があるものと認める。