



Title	ヤン・ミルズ場の正準量子化
Author(s)	阪本, 滋郎
Citation	大阪大学, 1976, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/31556
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）	阪 ^{さか} 本 ^{もと} 滋 ^し 郎 ^{ろう}
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	第 3 5 5 3 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 3 月 25 日
学位授与の要件	理学研究科物理学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学 位 論 文 題 目	ヤン・ミルズ場の正準量子化
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 内山 龍雄 (副査) 教 授 砂川 重信 助教授 山本 邦夫 助教授 佐藤 行 助教授 神吉 健

論 文 内 容 の 要 旨

ヤン・ミルズ場の量子化の問題は、素粒子物理学の大きな問題の一つである。ドウィットは、彼の提唱した量子化の方法によって、この場の散乱行列には、フェルミオンの閉じたループダイアグラムに対応する様な項を加えねばならないことを示した。ファデエフとポポフも別な量子化の方法（ファイマンのパス積分）を使って、同様な結論を得た。

正準量子化の方法は、今日でも、最も確立された方法であり、古典論と量子論の対応が明確である。系が線型である場合は、この方法と他の二つの方法（ドウィットとファイマンの方法）との同等性は容易に証明される。しかし、ヤン・ミルズ場に正準量子化の方法を応用しようとする、作用積分のゲージ不変性から、場の量の間にある関係がついてしまい、そのままでは、正準交換関係が矛盾する。この関係式を使って、場の自由度を減らせばこの矛盾は避けられるが、系は非線型となり、ハミルトニアンの中に非可換なオペレータの積が現れて、その順序が一意的に決らない。実は、この様な不定性は、他の二つの方法においても存在しているものである。この困難は、前述の関係式を、物理状態に対する束縛条件と解釈することにより避けられるが、そうすると、散乱行列のユニタリ性が、破れる恐れが生じる。ヤン・ミルズ場の正準量子化について書かれた多くの論文は、これらの点について不十分であると思われる。

この論文では、状態ベクトルにある変換（物理空間内では、ユニタリ変換になっている）をほどこすことにより、前述の束縛条件が良く知られたゲージ条件に対応するものになることを示す。即ち、変換をうまく選ぶことにより、クーロンゲージやアクシャルゲージ条件が導入される。この様にして得られるハミルトニアンは非線型であるため（勿論、その中のオペレータの順序は、一意的に決定さ

れている), そのままでは, 散乱行列を計算するのは, むづかしい。散乱行列は相互作用ハミルトニアン T の T 積で表わされるが, リー・ヤンの定理に従って, ハミルトニアンを修正し, 且つ, ある項をそれに加えれば, 散乱行列は, その T^* 積で表わされる。この新につけ加えた項は, 前述のフェルミオンループに相当するものである。我々の得た結果は, ドウィットやファイマンの方法によって得られた結論とは, 一致しない様に思える。その違いは, 量子論的な効果によるものである。

この論文のもう一つの目的は, 正準量子化の方法と, ファイマンのパス積分による量子化の方法との同等性を, 非線型系について, 再検討することである。従来の同等性の証明は, 線型の系についてのみ有効で, 非線型の場合には, 正しくないことが示される。

論文の審査結果の要旨

ゲージ場とは電磁場や重力場のように, それと他の物質との相互作用が場に固有な性質により規定されるものである。ヤン・ミルズ場もこの仲間属す。これらの場の量子論的扱いは, それが早くから望まれていたにもかかわらず, それのもつ群論的特性のために, 非常な困難を伴い, 従来発表された論文は, 大なり小なり, 若干の欠点があった。それらのなかで, DeWitt の方法と Feynman の方法を用いた Faddeev の研究が現在, 最も信頼されている。

阪本は正統派の正準量子化法を用いた。従来, 正準量子化法の正しいことは判っていたが, これをヤン・ミルズ場等に応用するときは, ゲージ場に固有な困難が生じ, この方法の使用は絶望視されていた。阪本はこの困難を上手に迂回し, 量子化に成功した。その結果 DeWitt や Feynman 法と比べたところ, 予想通りこれらの結果には正準法と比べて欠けている点のあることが発見された。

阪本の研究は単にヤン・ミルズ場の量子化を完成したにとどまらず, さらに Feynman の量子化法の適用限界をみつけたという意味でも, 場の量子論にとって大きな貢献といえる。博士論文として十分の価値があると認める。