



Title	2次元時空におけるフェルミ粒子のボソン場による記述
Author(s)	田中, 東
Citation	大阪大学, 1976, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/31548
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)	たなか あづま 田 中 東
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	第 3 5 5 7 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	2 次元時空におけるフェルミ粒子のボソン場による記述
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 内山 龍雄 (副査) 教 授 小谷 恒之 助教授 山本 邦夫 教 授 助教授 齊藤 武 助教授 吉川 圭二

論 文 内 容 の 要 旨

ハドロンには、数多くの励起状態が存在することが、実験的にわかっている。このように多数の励起状態の存在を説明するためには、ハドロンに何らかの形で構造を考える必要があるように思われる。一方、場の理論の立場に立てば、我々の信頼できるのは、相互作用にも粒子にも拡がりのない局所場の理論である。局所場の理論で構造をもたせる一つの試みとして、局所場で記述される粒子は現実の粒子でなく、その集団運動として拡がった粒子がつくられ、それがハドロンとして観測される、というように理論を構成できる可能性が指摘されている。この考えを具体化させる上で、ソリトン（場のエネルギーが空間的に局在化し、それが粒子的に振舞う古典解）をもつ 2 次元時空における非線型場の理論、例えば *sine-Gordon* 理論が、教訓的で興味深い。

これらの非線型場の理論の量子化は、ソリトンの量子論的性質を調べる上で重要であるが、最近、*Coleman* と *Mandelstam* は、*sine-Gordon* 理論（ボソン系）をフェルミ粒子のベクトル型自己相互作用系である *massive Thirring* 模型に関係づけることによって、古典論の結果を量子論に拡張した。彼らの導いた結果は、両理論が等価であること、及び前者の量子化されたソリトンが後者のフェルミオンであるということである。

しかし、彼らの証明は、(i)その導出法が複雑で理論の見通しが悪く、(ii)そのため議論が特定の模型に限定されて一般性に乏しいこと、更に(iii)いくつかの不明な点を含むこと、など不満足な点が多い。そこで、この論文では、彼らの証明の不明な部分を解消しつつ、両理論の等価性が、容易に認識できる形での定式化を行なう。また他の 2 次元模型についても、フェルミ粒子系とボソン系の同種の等価性が成立することを示す。

定式化は次のように行なわれる。先ず、

(A) *massive Thirring* 模型のカノニカルな相互作用ハミルトニアンは、ベクトルカレント間の非可換性のため、場の量子論の相対論的共変性を保証する条件（積分可能条件）を満足しない。それ故、この条件を満たすようにハミルトニアンに補正項を加える。このことは、通常見落されており、*Mandelstam* の論文の困難のすべての原因になっている。

次に (B) *sine-Gordon* 理論における正準交換関係と、*massive Thirring* 模型におけるベクトルカレント間の交換関係との間に存在する著しい類似性をもとに、両理論が共通のハミルトニアンをもつという形で、その等価性が導かれる。我々の方法は一般的であって、4次元時空の場の理論に対しても適用性をもつと考えられる。

論文の審査結果の要旨

強い相互作用をする素粒子を総称して *Hadron* という。これは、その励起状態もふくめると無数に多くの種類があると思われる。これを理解するのに最も自然な考えかたは、*Hadron* も原子や原子核のような内部構造をもつとみなす考えである。

このような描像を数式にのせることが果して可能か否かを調るために、問題を簡単化して2次元時空のなかで、特別な非線形方程式 (*sine-gordon* 方程式とよばれる) を満たすスカラー場を考える。この量子化によりうまれる量子の集りが *Fermi* 粒子の振るまいをすることが実は既に *Coleman* と *Mandelstam* により指摘された。しかし、彼等の証明には種々の欠点がありまた特別なタイプの場についてののみその証明が役にたつという欠点がある。

田中は彼等の欠点、困難の原因をつきとめ数式的に明解で、あいまいさのない方法で彼等と同じ結果をみちびいた。さらに彼等のできなかった、より一般的な場合についても、*Scalar* 場の量子の集団が *Fermion* として振るまうことを示した。

これらの研究は2次元時空という大きな特殊性にも依存するが、反面、素粒子の模型に対する描像に数学的表現を与えることの可能性を与えたという意味で大きな価値がある。博士論文として十分な価値があると認定する。