OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	膜模型の量子論
Author(s)	山崎, 眞見
Citation	大阪大学, 1987, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/388
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【27】

氏名・(本籍)	山崎眞見
学位の種類	理学博士
学位記番号	第7635号
学位授与の日付	昭和62年3月26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	膜模型の量子論
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 圭二 (副査) 教授 小谷 恒之　教授 山本 邦夫　助教授 佐藤 行 助教授 細谷 暁夫

論文内容の要旨

弦理論は，数多くの興味深い性質を備えている。例えば，理論が無矛盾であるためには，時空が26次元または10次元でなければならないとか，ゲージ異常項の消失がSO(32)あるいは$E_8 \times E_8$の場合のみ可能で，さらにこのとき理論に現れる発散もなくなるとかである。また，統一理論に現れるゲージ粒子や重力子など多様な粒子を生成する。

これらの特徴は，粒子描像の理論にはなかったもので，空間的な拡がりを持つ弦模型になって初めて見つかった点である。しかし，上記のような性質は，他の拡がり方を持つ模型－例えば，膜や球状体など－においても現れるのではないか。また，これらも弦模型のように統一理論の候補になり得るのではないかかと考え，その一例として膜模型の量子論を研究した。具体的には，膜模型の量子化を行い，質量ゼロ粒子のスピンを計算して，質量ゼロ粒子の生成の可能性を調べた。

拡がりを持つ物質が，弦模型のように南部・後藤型の作用で記述されていると，その系は，次元を持った量としてパラメターが1つ（張力パラメター）定数が2つ（光速，プランク定数）の合計3つしか持たない。このとき，粒子状態のスピンと質量との関係式の形は，次元解析のみから決まる。この関係式から，質量ゼロ状態のスピンは，準古典近似を用いても正確に求められることがわかった。

膜模型の作用は，速度に関して2次式ではなく，さらに，一般座標変換に対して不変ではあるがそのゲージ代数が閉じていない。このような系を量子化するには，従来のようなLagrangianから直接に経路積分を用いて量子化する方法を使うことができない。我々は，Batalin－Fradkin－Vilkoviskyの開発した方法（相空間を拡張し，その中で正準形式を定式化する。そしてBRST不変性を指導原理として量子化する。）を用いて，共変ゲージ固定と，時間的ゲージ固定との2通りの場合について経路積分

よる分配関数の表式を求めた。

質量ゼロ粒子のスピンを，上記経路積分の表式を用いて準古典近似で評価した。すると，そのスピンは，膜の零点振動のエネルギーで書き表される。さらに，時空の次元数が，振動の自由度の数として零点エネルギーを通してスピンと関係づく。この関係式は，時空の次元を整数に取り，なおかつ質量ゼロ粒子のスピンを（半）整数に取ることを許さない。即ち，膜の量子論においては，理論が当初持っていたLorentz対称性を保ちながら質量ゼロ粒子を生成できないということがわかった。

ところで，有限質量状態の方が重要な意味を持つ理論を解析する場合には，ここで用いた膜の量子論の解析方法は，有効な近似方法である。

論文の審査結果の要旨

素粒子の基本的相互作用を，重力も含めて統一的に記述しようとする試みは，現在弦理論に基ずいて行われ，多くの成果を上げている。しかし，素粒子をひろがった物体の量子状態としてみたばあいには，弦理論は多くの可能性の中の一模型にすぎない。そこで一般に，n（＞1）次元にひろがった物体の量子論を研究し，そこから量子ゲージ理論や量子重力理論が構成できるかどうかを検討する事は，単に興味深い課題であるばかりではなく，弦理論（n＝1）が他の場合（n＞1）と比較してどれだけの特異性を備えているかを理解する上でも重要である。

山崎君は本論文において，簡単な膜模型（n＝2）の量子力学に取り組んだ。相対論的な膜理論は，必然的に高度な対称性をもった非線形理論となり，量子化の規則そのものも自明ではないが，本論文ではBatalin－Fradkin－Vilkoviskyによって開発された方法を用いて膜模型の経路積分測度を決定し量子化を導入した。一方では次元解析による観察から，質量がゼロの状態がもちうるスピン角運動量は準古典近似によって正確にもとまることに注目し，そのスピンと質量の関係式（Regge軌跡）を上に求めた経路積分と準古典近似法をもちいて計算した。質量がゼロの粒子が膜の量子化によって生ずるかどうかは，ゲージ粒子の存否を意味し，この理論の統一理論への応用の可否を決めるものである。当論文では，膜の理論は弦理論と異なり，時空の次元が整数である限り質量がゼロの粒子は生じないことをしめした。また，一般にn＞1の場合も同様の結論が得られることも推論している。

このことは，(1)広がった物体模型の統一理論への応用という観点からみると，弦理論がそれのもつ共形不変性のために特別の役割をはたすことを示唆している。また，(2)結論は否定的ではあるがそのこと自体重要であること，(3)相対論的膜の量子論においては，定量的な結果を引出しえたのはこの論文が最初であること，(4)ここで開発された膜のCasimirエネルギーの計算方法は注目すべき技術的展開であること，(5)低エネルギー物理学に於ける“領域”（Domain）の量子論は興味深い問題と考えられるが，これらの問題へここで用いられた方法はそのまま応用することが可能であること，などの点は高く評価される。

以上の諸点を考え，本論文は理学博士の学位論文として十分価値のあるものと認める。