OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	String Theory ln Curved Space
Author(s)	Sawada, Shiro
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/935
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【11】

氏名・(本籍)	澤田士朗 (さわだしろう)
学位の種類	理学博士
学位記番号	第8059号
学位授与の日付	昭和63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	**曲った空間における弦理論**
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 圭二 (副査) 教授 森田 正人　教授 小谷 恒之 教授 細谷 暁夫 (広島大学)　助教授 佐藤 行

論文内容の要旨

超弦理論は，重力まで含めた素粒子の基本的な相互作用の統一理論として有望な候補である。特徴的な性質の1つは，量子化された理論の無矛盾性から時空が10次元や26次元に制限されることである。現実的な理論となるためには，4次元以外の空間のコンパクト化の機構を調べることが重要である。閉じた弦は質量零の粒子として重力を含み，その影響で曲った時空が自発的に得られると期待される。共変な弦の場の理論の発展に伴い，曲った時空における弦の理論の考察が興味深い問題となる。

このコンパクト化に向けての試みとして，時空の構造に依らない3弦相互作用項から成る弦の場の理論（以下ϕ^3理論と呼ぶ）がHataたち（ＨＩＫＫＯ）及びHorowitzたちにより提案されている。ϕ^3作用から導かれる運動方程式の古典解のまわりの展開により，良く知られた弦の場の理論を得ることができる。ＨＩＫＫＯは，実際26次元Minkowski空間での場の理論が生成されることを示した。

本論文では，ϕ^3理論において，その運動方程式を解き，背景場に対する運動方程式が得られることを示す。それは，2次元非線形シグマ模型において共形不変性の要請から得られる背景場に対する条件と等しいものである。この解をもとにして，ϕ^3作用から曲った空間における弦の場の理論を構成することができる。

具体的には，ϕ^3作用の運動方程式を解く代わりにそれと等価な条件であるnilpotencyと分配則を充たすＢＲＳＴ演算子と呼ばれるものを捜す。そのためにシグマ模型を利用し，そのＢＲＳＴ演算子を背景場を未定函数として含む試行函数として選ぶ。Nilpotencyに関しては，Banksたちにより研究され，背景場に対する運動方程式が得られている。我々は，ＢＲＳＴ演算子の分配則から背景場に対してどの様な条件が課されるかを調べる。

分配則を調べるためには，ＢＲＳＴ演算子を正準共役量で表し，既に与えられた３弦vertexに作用すればよい。この計算は，ハミルトン形式と同等なラグランジュ形式を用いて行う。ＢＲＳＴ演算子の正則化（我々は次元法を用いる）により一般にそのテンソルの共形変換性が破れるが，分配則の要請は共形不変性を回復する条件を課すことになり，これから背景場に対する運動方程式が得られることを示す。

このようにϕ^3理論は，その運動方程式の解として，共形不変なシグマ模型で許される独立な全ての解を含む理論であることがわかる。従って，ϕ^3理論は自己完結した時空の構造に依存しない弦の場の理論の資格を有する。また，このシグマ模型の解析において，曲った世界面上の反対称テンソルの２次元からn次元への拡張が存在することも示す。

論文の審査結果の要旨

弦理論が，現実の世界を記述する統一理論の資格を得るためには，解決しなければならない問題は多くある。その中でも重要な問題の一つは現在知られている弦理論のもつ26次元ないし10次元の時空を，一部コンパクト化して現実の４次元の理論とみなし得ることを示すことである。弦理論は，その量子化によって導出されるスペクトル中に重力場を含むので，時空の構造が力学的に決定され得ることは予想される。実際に，通常の第一量子化された弦理論を拡張して（非線形シグマ模型），その理論のもつ共形不変性が保たれるべきであるという要求を課すことによって，時空構造がある条件をみたす場合にのみ弦理論が存在することが知られている。しかし，この方法は自己完結した弦理論を構成するとはいい難い。

一方，最近提案されたϕ^3理論と呼ばれる弦理論は，時空構造に無関係に構成されていて，いろいろな時空構造をその方程式の解として導出することが期待されているが，最近まではそれらの解を出すための一般的条件と，特別な場合として平坦な時空解が存在することが示されたにとどまっていた。

沢田君は本論文で，ϕ^3理論を一歩進めて，具体的にどのような時空が解として得られるかを検討し，非線形シグマ模型で得られるものはすべてϕ^3理論の解でもあることを示した。この結果，ϕ^3理論は自己完結した時空構造に無関係な弦の場の理論として，物理的な資格をそなえていることが判明した。本論文ではさらに，シグマ模型を取り扱う際に未解決であった反対称テンソルε^{ab}を，２次元面の曲率がゼロでない場合にも，２次元からｎ次元へ拡張する処方が存在することも示した。

これらのことは，弦理論を重力を含む相互作用の統一理論として応用するうえで，重要な一歩を押し進めたのみならず，弦理論の共形不変性にたいする異常項の発生機構の解明にも理解を深める寄与をしている。特に，反対称テンソルの拡張問題は，弦理論に限らず，一般のシグマ模型を次元法を用いて解析する際に有用な技法を与えたことになる。

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あるものと認める。