【 47 】

氏　　　名	國（くに）友（とも）　浩（ひろし）
学位の種類	理　学　博　士
学位記番号	理　博　第1165号
学位授与の日付	平成元年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科物理学第二専攻
学位論文題目	弦の場の理論を構成する新しい方法について
論文調査委員	（主　査）教授 田中　正　教授 町田　茂　教授 佐藤文隆

論　文　内　容　の　要　旨

素粒子に対する弦模型は，今日世界的に活発に研究されているが，申請論文は弦の分裂-結合を記述する相互作用 vertex を整合的に構成する一般的方法を提唱するものである。相互作用をもたない，自由な弦の共変的な量子論は，加藤・小川によってつくられている。弦が時間発展の過程で描く2次元超曲面は2つのパラメーター（σ, τ）によって記述される。超曲面が幾何学的な対象であることから，このパラメーターの選択は一意的でなく，むしろそれを記述する理論は2次元一般座標変換の不変性をもつべきである。従ってこの様な弦の記述には，弦の時空座標 $X^{\mu}(\sigma, \tau)$ のほかに，2次元計量テンソル場 $g_{ab}(\sigma, \tau)$ が必要となる。そして量子論に移行するには，九後-小嶋の一般論に従って，ゴーストおよび反ゴースト場 $C^{a}(\sigma, \tau)$，$\bar{C}^{a}(\sigma, \tau)$ を導入して，ゲージ変換の性格をもつ上述の一般座標変換の自由度を固定する必要がある。いまこのゲージ固定として，2次元計量テンソル場に対して，「共形型ゲージ」を採用するとき，系はよく知られた BRS-変換不変性とともに共形変換不変性をもつことになる。

申請論文は弦の相互作用，即ち弦の分裂-結合を齐合的に記述する相互作用 vertex を構成するに際して，上述の共形変換不変性に注目する。実際超曲面を記述するのに，これまでの（σ, τ）変数から Madelstam 写像によって複素座標変数 Z に移ると，分裂-結合に関わる3個の弦の無限の過去あるいは未来点は，複素 Z 平面の実軸上の3点 Z_1, Z_2, Z_3 に移されるとともに，共形変換は複素変数 Z の正則変換として記述されることになる。

この結果，共形場の理論としての弦の場の理論の考察には複素解析関数の理論が全面的に適用可能となる。申請論文はこの点に注目し，未知の弦の相互作用 vertex を構成するのに，相互作用に関わる3つの弦の基底状態とこの vertex の間に，Z 平面上の相異なる2点 $Z, \tilde{Z}$ 上のゴースト，反ゴースト場についての相関関数を導入しこの関数の $Z, \tilde{Z}$ に関する解析的性質を考察する。即ちそれは相関関数に対する接続条件と呼ばれるもので，分裂-結合にかかわる3つの弦の夫々の接続領域において相関関数が正則的であることを要請である。実際この接続条件とともに，さらに相関関数が，さきに述べた「無限遠点」$Z_1, Z_2,$

Z_3 の位置のえらび方に依存しないことを要請することによって，未知の vertex の構造が殆んど決定されて了うことが期待される。

申請論文は以上の考察の結果，弦の基底状態および相互作用 vertex は，ゴースト，反ゴースト場に関する真空のえらび方，即ちフェルミー・sea のとり方に応じて，整数解 $p=1, 2, 3, \cdots$ によって特徴づけられる無数の選択の自由度のあることを明らかにし，かつて Kyoto グループによって求められたものは $p=1$ の場合に相当することを示した。

さらにこの様にして得られた相互作用 vertex が最終的に BRS 不変性をもつためには，３つの弦が同時に合する点 Z_0 において，それが正則性をもつよう，その点におけるゴースト，反ゴースト場の適当な巾からなる，いわゆるプレ・ファクターを導入する必要のあることを明らかにした。

以上のように申請論文は，共形型場の理論のもたらす解析性の考察を全面的に用いて，弦の相互作用の vertex を普遍的かつ具体的に作る新しい方法を確立した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請論文は弦の場の理論における相互作用，即ち弦の分裂と結合を記述する相互作用 vertex を構成する新しい方法を提唱するものである。

弦の理論は近年素粒子の統一理論として活発に研究されているが，それには二つの流れがある。一つは２次元リーマン面上の場の理論とみなされるもので，その中で代表的な Polyakov の径路積分の理論は，共形場の理論（conformal field theory）の性格をもっている。もう一つの流れは正統的な場の量子論に立脚するもので，それには Witten の理論と申請者を含む Kyoto グループの「弦のゲージ場の理論」がよく知られている。

両者には夫々長所と短所があるが，申請論文は両者の長所を統合しようとするものである。即ちこれまで後者の流れの中で，いわば手さぐりで求められてきた弦の相互作用 vertex を構成するのに，前者の流れの中の共形場の理論の考えを採用することによって，数学的にきわめて見通しのよい新しい方法を確立した。

２次元リーマン面（σ, τ）上の共変的な弦の理論は，弦の位置座標を記述する場 $X^\mu(\sigma, \tau)$ のほかに，２次元計量テンソル場 $g_{ab}(\sigma, \tau)$ によって記述され，それは２次元一般座標変換の下での不変性をもっている。後者は理論のゲージ不変性を意味するもので，量子論に移行するにはゴーストおよび反ゴースト場 $C(\sigma, \tau)$，$\bar{C}(\sigma, \tau)$ を導入して，ゲージ固定を行う必要がある。いま２次元計量テンソル g_{ab} に対して，いわゆる「共形型ゲージ」固定を採用すると，系にはよく知られた BRS-不変性とともに，共形場変換不変性が残り，ゴースト場は共形場として特徴的な変換性をもつことになる。

申請論文が相互作用 vertex の構成に際して注目するのは，この共形不変性である。実際２次元リーマン面を記述するのに，従来の（σ, τ）座標から Mandelstam 写像によって，複素座標変数 Z に移ると，上述の共形変換は Z に関する正則変換となることから，理論の考察に解析関数の理論が全面的に適用可能となる。

申請論文はこの点に注目し，求めようとする弦の相互作用 vertex について，それと弦の基底状態との

間に，2個のゴースト，反ゴースト場 $C(Z)$, $\bar{C}(\tilde{Z})$ に関する相関関数を導入し，この関数の解析的性質を通じて未知の相互作用 vertex の構造を決定しようとする。その際，相関関数に対する接続条件，すなわち弦の分裂-結合に関与する3つの弦の接続領域での singularity の考察が重要になる。

以上の考察を通して，申請論文は弦の基底状態および相互作用 vertex の決定は一意的でなく，基底状態に対するフェルミー sea のとり方に対応して，定数値 p で特徴づけられる無数の選択の自由度のあることを明らかにするとともに，最終的に BRS-不変性をみたす一般的な相互作用 vertex を構成することに成功した。その結果，申請論文は，弦のゲージ場の量子論の建設に重要な寄与を与えるものであることが認められる。

よって本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。

なお，主論文及び参考論文に報告されている研究業績を中心とし，これに関連した研究分野について試問した結果，合格と認めた。