

氏名(本籍)	寺嶋靖治(富山県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第2,068号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Seiberg-Witten Geometry via Confining Phase Superpotential (閉じ込め相スーパーポテンシャルによるサイバークーウィッテン幾何)
主査	筑波大学教授 理学博士 宇川 彰
副査	筑波大学教授 理学博士 梁 成 吉
副査	筑波大学助教授 理学博士 青木 慎也
副査	筑波大学助教授 理学博士 吉江 友照

### 論文の内容の要旨

素粒子物理学では、素粒子間に働く3種の相互作用が高エネルギー領域においてゲージ場の理論により統一的に記述されると考えられている。この統一理論の構築にあたり、現在、超対称性とよばれる4次元時空の対称性が不可欠な役割を果たすものと予想されている。したがって、超対称性をもつゲージ場の理論に関する研究の遂行は急務である。本学位論文では、2種類( $N=2$ )の超対称性をもつゲージ理論の非摂動的構造を記述する幾何学(これをSeiberg-Witten幾何とよぶ)を系統的に構成する物理的手法を発展させ、その結果として、従来知られていなかった例外型ゲージ対称性をもつ $N=2$ 超対称ゲージ理論のSeiberg-Witten幾何を導出することに成功した。

4次元 $N=2$ 超対称ゲージ理論の特徴は、連続的に縮退した真空状態をもつことである。この縮退する真空の成す空間をモジュライ空間という。一般に、モジュライ空間には物理的に重要な特異点が存在する。 $N=2$ 超対称ラグランジアンをもつ正則性より、特異点はモジュライ空間全体の構造を決定する。本論文では、 $N=1$ 超対称ゲージ理論の低エネルギー有効作用から $N=2$ ゲージ理論のモジュライ空間の特異点を決定する手法を発展させた。これを閉じ込め相スーパーポテンシャルの方法と呼ぶ。この方法により決定された特異点に関する情報から、前述の如く、 $N=2$ 超対称理論のモジュライ空間を大域的に記述するSeiberg-Witten幾何を導くことが可能になる。

著者は、この閉じ込め相スーパーポテンシャルの方法を用いて、ADE型ゲージ対称性をもつ $N=2$ 理論のSeiberg-Witten曲線を得た。その結果は、可積分系のスペクトル曲線から予想されるものと一致し、Seiberg-Witten曲線に現れる量子効果の物理的意味付けを $N=1$ ゲージ理論のグルイーノ凝縮により与えた。ここでは、くり込みのスケールを決定するための質量スケールの計算が重要であるが、著者はゲージ群のリー代数のルート系の理論を巧みに応用し、この計算を遂行してみせた。

次に、有質量の物質場( $N=2$ ハイパー多重項)と結合した $N=2$ 例外型 $E_6$ ゲージ理論のSeiberg-Witten幾何を、球面を底空間、ALE空間をファイバーとしてもつ複素3次元多様体として決定した。従来、ハイパー多重項をもつ $N=2$ 例外型ゲージ理論のSeiberg-Witten幾何を求めることは難題であったが、本論文では、閉じ込め相スーパーポテンシャルと代数幾何における特異点理論の関係を見出すことにより困難を克服し、新しい結果を得ることができた。

## 審査の結果の要旨

例外型ゲージ対称性は、超弦理論から予言される最も基本的な対称性であり、素粒子の現象論の観点からもたいへん興味をもたれている。したがって、本論文で $N=2$ 例外型 $E_6$ ゲージ理論の非摂動的構造を明らかにする Seiberg - Witten幾何を得られたことの意義は大きく、高く評価される。また、10次元で定式化される超弦理論をコンパクト化することにより4次元ゲージ理論が現れるが、余分な6次元はCalabi-Yau多様体にコンパクト化される。この理論によると、Seiberg - Witten幾何はALE空間をファイバーとする複素3次元多様体 (ALE fibration) として与えることが自然と考えられる。一方、本論文の結果もこのALE fibrationの形となるが、これは $N=1$ 超対称ゲージ理論に基づき得られたものである。すなわち、本論文で発展させられた閉じ込め相スーパーポテンシャルの方法は、超弦理論の予言するゲージ力学を自動的に取り込むことのできる優れたものである。以上、本学位論文で得られた結果は、超対称ゲージ理論に関する新しい知見を与えるばかりでなく、さらなる研究の発展を刺激するものであり、近年進展の著しい当該分野の研究に寄与するところが大きいと考えられる。

よって、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。