別紙２

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名　木村太郎

本博士論文は N=2 超対称ゲージ理論の Seiberg-Witten 解について、行列模型を提案し、新しい軌道体（orbifold）模型を導出したものである。Seiberg-Witten 解は強結合領域と弱結合領域を隔てる Seiberg-Witten 曲線を与えるもので、双対性の解明の意義は大きく、ゲージ理論とストリング理論の関係を議論する際、その物理学的重要性は大きい事が広く認識されてきた。いままでに、Nekrasov らにより、その分配関数が厳密に組み合わせ論的手法により求められ、積分表示が得られてきた。この論文では更に研究を進め、オービフォルドと呼ばれる特異点をもつ空間での Seiberg-Witten 理論を議論したものである。

この論文ではオービフォルドを扱うために、q 変形として 1 の冪根を採用して、この空間での分配関数を計算した。その組み合わせ論的意味付けとして、ヤング図形上での多成分フェルミオンを計算するルールを新しく見いだし、これを多成分行列模型の形で定式化した。この行列模型は q 変形した行列の測度を持ち、ベーター集団と呼ばれるランダム行列理論に良く似た表式になることが判明した。これが本博士論文の表題となっている理由である。

オービフォルドを持つ行列模型が導出できたので、本論文では更にこの行列模型の分配関数から Seiberg-Witten のスペクトル曲線の導出する研究をおこなった。行列のランクンを無限大にする極限でこの Seiberg-Witten スペクトル曲線が得られ、２次元および４次元での N=2 超対称ゲージ理論との関係を議論することが可能となった。オービフォルドの役割は１の冪根をあらわす数を r とすると、スペクトル曲線が r 枚のリーマン面に分岐することにあり、モジュライ空間でスピン自由度がある場合に相当すると解釈される。したがって、良く知られた Calgero-Sutherland 模型でスピンがある場合と類似な理論構造を持つことが判明した。そのため、その物理学的応用として、例えば量子ホール効果を議論することが示唆された。

本論文ではオービフォルド分配関数の導出、計算の他に、２次元超対称共形場理論との関係も明らかにし、Wess-Zumino-Witten 項との関係も考察した。またオービフォルドがある空間での位相的励起としての渦解を議論し、その渦の衝突解をゲージ理論の観点から詳細に得ることに成功し、興味深い結果を得た。

結論として、本論文はオービフォルド空間での N=2 超対称ゲージ理論を行列模型を通して物理数学的に興味ある拡張を行ったもので、ヤング図形でのオービフォルドルールを見いだすなど、新しい試みが多くみられ、理論的に重要な結果を得たと言える。また、オービフォルド空間での Seiberg-Witten 曲線を具体的に求めるベーター集団行列模型の構築とその N 無限大極限の解の発見は大いに評価できるものである。Calogero-Sutherland 模型との関連性の発見もこの研究がいろいろな興味ある物理的事象に応用される可能性を示唆するもので、その研究的価値は大きいと思われる。今後の発展が期待される。また、スピン Calogero-Sutherland 模型との同値性を明確にしたことにより、オービフォルドでの N=2 超対称ゲージ理論の理解を深めることが出来たことは、大いに評価できると思われる。

別紙２

本論文提出者の発表論文は既に４編ある。Progress Theoretical Physics に一編、Journal of High Energy Physics に二編をすでに印刷公表済みである。また、International Journal of Modern Physics A に一編公表済みである。本博士論文の一部はこの二編の Journal of Highenergy Physics （２０１１年）と arXiv：1109004 として投稿済みの論文として、公表すみであり、本博士論文では更に考察を深めたものになっている。本論文提出者は十分な物理学の知識があり、その研究分野も格子ゲージ理論、ストリング理論、物性理論等多岐にわたっており、本論文提出者は意欲的に活躍しており、博士号取得の条件は十分に満たしていると審査委員会は判断した。
したがって、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。