

On superconformal field theories at large charge

その他のタイトル	超対称共形場理論における電荷の大きな極限について
学位授与年月日	2018-03-22
URL	http://doi.org/10.15083/00077916

論文審査の結果の要旨

氏名 前田 俊輔

スケールによらない物理を記述する共形場理論は、弦理論、場の量子論、統計系、臨界現象など、様々な分野において重要な役割を果たしている。特に超対称性をもつ共形場理論（以下 SCFT と略す）は、超対称性と共形不変性の両方の性質が絡み合い豊富な様相を呈し、応用面で極めて重要であることを脇においても、それ自身が大変興味深い研究対象でもある。しかしながら、SCFT はしばしば強結合の理論であり、摂動的な方法では解くことが難しい。そのため、何らかの近似的解法を開発することが必要とされる。

本論文では、超対称性代数に現れる R-電荷と呼ばれる、大域的対称性の保存量に着目し、その値が大きい物理量に対して有効な計算法を開発した。具体的には、電荷の大きい変数に対する有効場の理論を構成し、それを用いて電荷の大きい演算子の相関関数を電荷の逆数の展開により近似的に求めていく方法を開発した。そしてその方法をいくつかの模型に対して適用し、その有用性を検証した。

本論に当たる第 3 章においては、1 次元的な真空のモデュライを持ちハイパー多重項のみで定義される $N=2$ SCFT において、電荷が大きい極限の有効作用が、自由スカラー場の理論に高階微分項の補正を加えたもので表せることを示し、さらにそれを用いて第 1 および第 2 プライマリー場に対して、その異常次元が、電荷の逆 3 乗のオーダーまで零であることを示した。この演算子は BPS 条件を満たすので、超対称性のために量子補正が消えていることが期待されるが、それが実際に確かめられた。

また第 4 章においては、4 次元の $N=2$ 超対称ゲージ理論でクーロンブランチのモデュライが 1 次元の場合に、この方法を適用した。特にゲージ群が $SU(2)$ で全体として $N=4$ 超対称性に拡大する例において、有効場の理論が自由複素スカラー場の理論にアノマリーを再現するためのヴェ

ス-ズミノ項を加えたもので記述されることを示し、それを用いてカイラルプライマリー演算子の n 個の代数積をとった演算子に対して、2点関数を評価し n が大きいときの n 依存性を求めた。この結果を局所化という厳密計算が可能な場合に厳密解と比較すると、 n が大きいときに最も効く項が確かに再現できていることが確かめられた。

上記の結果は、この方法の有用性を非自明な形で示しており、今後これまでの方法では計算できなかったタイプの模型に対しても、有効な解法を与えてくれるものと期待でき、博士学位請求論文として十分な研究成果が示されたと認められる。

なお、第3章の内容は、Simeon Hellerman 氏および渡邊真隆氏との共同研究として査読付き雑誌に発表済み、第4章の内容は、Simeon Hellerman 氏との共同研究として同じく発表済みであるが、申請者が主体的に解析を行い、その寄与が十分であると認められる。

以上により、本審査委員会は、申請者に対し博士（理学）の学位を授与できると認める。