

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	石井 健准 (いしい たけのり)
○学位の種類	博士 (理学)
○授与番号	甲 第 1066 号
○授与年月日	2015 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Seiberg-Witten Geometry and the Nekrasov-type Partition Function in E-string Theory (E 弦理論におけるサイバーグ-ウィッテン幾何学とネクラソフ型分配関数)
○審査委員	(主査) 菅原 祐二 (立命館大学理工学部教授) 池田 浩章 (立命館大学理工学部教授) 藪 博之 (立命館大学理工学部教授) 山口 哲 (大阪大学大学院理学研究科准教授)

<論文の内容の要旨>

1995 年にウィッテンによって提唱されて以来、11 次元の M 理論は 5 つの摂動的超弦理論の統一的記述を与える基礎理論の候補として注目されて来たが、未だ完全な定式化は確立していない。M 理論についての理解を深めるため、6 次元に広がった M5 ブレーン上の理論を研究することの重要性が現在広く認識されている。

M 理論における M5 ブレーンと M2 ブレーンのある種の配位を考え、「decoupling limit」を取ることによって、6 次元における最小の超対称性と E₈ の大域的対称性を有する「E 弦理論」が定義される。E 弦理論はラグランジアンに基づく記述が知られていないため直接的な解析が非常に難しく、弦理論における challenging な研究対象のひとつである。E 弦理論は 2 次元トーラスにコンパクト化することによって、4 次元 N=2 超対称ゲージ理論に帰着することが知られていることから、同理論において確立しているサイバーグ・ウィッテン理論とネクラソフ分配関数による記述を期待することは自然であろう。

本学位論文のメインテーマは、酒井一博氏 (副論文共著者) による E 弦理論の「ネクラソフ型分配関数」の予想を検証するため、ネクラソフ・オコンコフの手法に従い、提案されている「ネクラソフ型分配関数」の熱力学的極限から、先行研究で知られている E 弦理論のサイバーグ・ウィッテン曲線が正しく再現されることを示すことである。

本学位論文の前半部では、E 弦理論やサイバーク・ウィッテン理論の簡単な説明から始まり、ネクラソフ分配関数とネクラソフ・オコンコフの手法によるサイバーク・ウィッテン・プレポテンシャルの再現について解説されている。

後半の主要部分においては、副論文 1 に基づき、ネクラソフ・オコンコフの手法を適用することにより E 弦理論のサイバーク・ウィッテン曲線が正しく再現される事実を詳細に論じている。更に申請者の単著論文である副論文 2 に基づき、この結果を 2 次元トラス部分のウィルソン・ライン（4 次元の解釈では物質場の質量パラメータ）を一般の値に選んでも有効であることを示している。

< 論文審査の結果の要旨 >

論文審査の結果、本学位論文は学位授与に値すると判断した。以下その根拠の要点について述べる。

「論文内容の要旨」でも述べたように、本学位論文の主要部分において、申請者は、E 弦理論の「ネクラソフ型分配関数」に対し、ネクラソフ・オコンコフの手法に従い、その熱力学的極限を取ることによって、過去に知られる E 弦理論のサイバーク・ウィッテン曲線が再現されることを詳細に論じている。提唱されている E 弦理論のネクラソフ型分配関数は、オリジナルの 4 次元超対称ゲージ理論のネクラソフ分配関数の言わば「elliptic な」拡張であり、内部空間である 2 次元トラスのモジュライを自然な形で含むという意味で期待される関数形を持つ。しかしながら、4 次元のサイバーク・ウィッテン理論とは物理的真空を記述するモジュライの同定の仕方が非自明に異なっており、naive な拡張では期待される E 弦理論のサイバーク・ウィッテン曲線は再現できない。この問題点を明確化し、合理的な解決を与えた点において、「副論文 1」に基づく本学位論文の主要部は、学術的に高く評価されるものと判断する。更に申請者の単独研究による「副論文 2」に基づく部分では、非自明な解析によりこの結果をより一般の条件化でも成立することを示すことに成功しており、やはり高く評価されるものである。

公聴会終了後、以上の点を審査委員 4 名で協議し、確認した。その後、可否投票を行い、全員一致で本学位論文は学位授与に値すると結論づけた。

本論文の審査に関して、2015 年 7 月 30 日（木）15 時 00 分～16 時 30 分ウエストウイング 7 階数学物理系会議室 2 において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者石井健准に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、用いられている分配関数の展開パラメータの意味づけや、本論文で論じているネクラソフ型分配関数がどの範囲で理論的妥当性を持つか、またここでの「熱力学的極限」の物理的解釈などについての質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科基礎理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第 18 条第 1 項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（理学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。