別 紙 2

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名: 本田 大悟

序

提出された博士論文のテーマは、二次元超対称ゲージ理論の振る舞いを近年開発された手法により境界のある場合にさらに深く研究し、超弦理論についてさらなる知見を得ることである。論文は本文 11 章および付録 8 章よりなる。第 1 章に全般的な導入説明を行った後、第 2 章から第 4 章にかけて、二次元超対称ゲージ理論の基礎的な面の簡潔かつ判りやすい解説がある。これ以降は申請者の新結果であり、まずは第 5 章および第 6 章において、半球上における二次元超対称ゲージ理論のラグランジアンの構成およびその分配関数の局所化による厳密計算法が述べられている。第 7 章では前 2 章で開発された手法の弦理論における幾何学的な解釈が議論され、第 8 章、第 9 章ではこれらが具体的な例に基づいて展開されている。第 10 章のテーマは、ここまでは境界つきの理論の解析であったものを、二つの理論が壁を介して接している場合に拡張することであり、数学で知られていた結果との関連が述べられている。第 11 章はまとめと今後の展望である。付録には本文中の解析に必要な補助的な事実および計算が解説されている。

内容の詳細

量子力学と一般相対性理論を両立させる枠組みとして、超弦理論はひとつ確立した分野である。これは粒子のなす世界線を考える替わりに、弦のなす世界面を使う。よって、世界面上の二次元の場の量子論を考えねばならない。弦が平らな時空を動いている場合は、この世界面上の二次

元の場の理論は自由場の理論であるが、曲がった時空を考えると、相互作用を持つ理論を考えねばならない。特に、四次元の平らな時空に小さな曲がった六次元の空間がついている状況を考えると、世界面上では超対称な二次元の理論を考えることになる。特に、超対称ゲージ理論はひとつの大きなサブクラスである。これらをよりよく解析しようというのはここ二十年来の研究対象であった。

さて、これらの研究において、数年前ひとつの突破口があった。それは、球面上の二次元超対称ゲージ理論の分配関数が、近似無しに有限次元の積分として計算することが出来るという発見である。これによって、二次元超対称ゲージ理論に対してさまざまな新たな知見が得られた。論文提出者のアイデアは、この手法をさらに開発することによって、二次元超対称ゲージ理論をさらに調べようというものである。

具体的には、閉じた球面上でなく、開いた半球上の理論を考える。この場合、理論の面内のラグランジアンをひとつ固定しても、半球の境界上の自由度としていろいろな系を考えることが出来、もとの二次元の理論からより多くの情報を取り出すことができる。超弦理論の立場では、六次元の内部空間の部分空間に巻いている D ブレーンの性質を読み取ることに対応する。

論文提出者は、共同研究者の奥田拓也氏と共に、まずは半球上のラグランジアンおよび境界項の構造を決定した。さらに、そうして得られた系の経路積分を局所化という手法によって厳密に計算し、ある有限次元の具体的な積分に帰着させた。これが主結果である。このようにして得られた結果を用い、いろいろな具体的な二次元の理論に対して、ゲージ理論としての様々な境界条件が、D ブレーンという描像でどのような部分多様体に対応しているかということが調べられている。

さらに、主結果を、球面上、ある一定緯度にある壁を介して、北半球上にある二次元理論 A, 南半球上に別の二次元理論 B があるという設定における分配関数の計算に拡張することも提出された論文においてなされている。この設定では、異なる種類の壁を何枚も重ねることによって、壁の間に積の構造さらには代数構造が入る。ひとつの具体的な例においては、このようにして得られる代数は数学で近年精力的に研究されている affine Hecke 代数というものになるということが示してある。

結び

　以上のように、論文提出者は、ここ数年来の二次元超対称ゲージ理論の進展に基づき、それの意義のある拡張を行った。彼によって得られた主要結果は、勝手な二次元の超対称ゲージ理論について適用可能であり、今後いろいろな他の研究者によって利用されると期待される。また、この提出論文は、共同研究に基づいているが、審査員は論文提出者が主要な寄与をしたと認める。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。