【35】

氏　　　　　名	木(き) 原(はら) 裕(ひろ) 充(のぶ)
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学 位 記 番 号	第　１９１８９　号
学位授与年月日	平成 17 年３月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	Six-dimensional solitons and matrix models （６次元のソリトンと行列模型）
論 文 審 査 委 員	（主査） 教　授　細谷　　裕 （副査） 教　授　東島　　清　　教　授　髙杉　英一　　助教授　若松　正志 助教授　太田　信義

論 文 内 容 の 要 旨

行列模型は、超弦理論を非摂動効果を全て取り入れて構成的に定義していると思われている。その行列模型において、フェルミオン部分の積分を遂行する際に現れる非可積分因子としてのベリーの位相の解析を行う。ベリーの位相の解析で導かれた行列模型の幾何的位相因子は、８次元球面上では八元数インスタントンに見える物体と、５次元空間で球対称なゲージ接続であるヤンモノポールとの２種類の接続によって記述される。

ヤンモノポールはディラックモノポールと同様特異な物体であり、物理的な解釈が困難である。そこでトフーフト＝ポリヤーコフによるゲージ理論での古典解としてのモノポールの解釈に平行して、ゲージ理論の古典解として５次元で点状の物体を実現する。５次元空間上で SO(5)をゲージ群に持ち、ベクトル表現のスカラー場と結合した模型を考える。ゲージ場の作用は、場の強さの４次の項だけから成るとする。この理論で球対称なソリトン解が存在していることを示す。これは、次元が５以上の空間での有限なエネルギーを持つ古典解としては初めてのものである。この解のエネルギーは、位相不変量である４次のホモトピー群によって表される離散化された値よりも大きくなければならない。ボゴモルニー方程式の解のエネルギーは、丁度この束縛を与える電荷の値に比例していることがわかる。この束縛の最も単純な場合として、一回だけ巻きつく針ねずみ状の仮定のもとで、数値的に解を求める。この解を背景に持つ場合に、ゲージ場は原点から十分離れた所では３階反対称テンソルによって表されるゲージ場と、SO(5)の部分群である SO(4)をゲージ群として持つヤン＝ミルズ ゲージ場の有効理論によって記述される。

ここで得られたゲージ理論の解の持つ電荷を分類する４次のホモトピー群Π_4[SO(5)/SO(4)]は、ホモトピー群の長完全系列によって、部分群である SO(4)の３次のホモトピー群と関係がつけられている。これらの考察は、ヤンモノポールと我々のモノポールとの間に密接な関係があることを示唆している。

論文審査の結果の要旨

ゲージ場の位相的配位としてのモノポール解は素粒子理論で大きな役割をはたす。この学位論文では、超弦理論を

基礎づける行列模型において、フェルミオン部分の積分を遂行す際に現れる非可積分因子として現れるベリーの位相が、５次元空間での球対称なゲージ接続であるヤンモノポールによって記述されることを示し、さらに、５次元空間上の SO(5)ゲージ理論で、ベクトル表現のスカラー場が存在する場合、全空間で正則で有限のエネルギーを持つ新しいモノポール解が存在することを示した。これは、５次元以上の空間での有限なエネルギーを持つソリトン解としては初めてのものである。ゲージ場の作用は、場の強さの４次の項だけからなる。解のエネルギーは、４次のホモトピー群の位相不変量で決まり、解の安定性が保証される。最も基本的な場合として、一回だけ巻きつく針ねずみ状の解が、数値的に求められた。原点から十分離れた所では３階反対称テンソルによって表されるゲージ場、あるいは、SO(5)の部分群である SO(4)をゲージ群として持つゲージ場の有効理論によって記述されることも示された。ここで得られたモノポール解を分類する４次のホモトピー群Π_4[SO(5)/SO(4)]は、ホモトピー群の長完全系列によって、部分群である SO(4)の３次のホモトピー群と関係がつけられ、ヤンモノポールとこの論文で発見されたモノポールとの間に密接な関係があることを示唆する。これらの結果は、ゲージ理論における大きな成果であり、今後の発展の礎となる。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。