

Title	Six-dimensional solitons and matrix models
Author(s)	木原, 裕充
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45600
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	木原裕充
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 高杉 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。そこでトーフト＝ポリャ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 $\Pi_4[SO(5)/SO(4)]$ 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 $\Pi_4[\text{SO}(5)/\text{SO}(4)]$ 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。