T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	超重力理論による、曲がった空間上の超対称性
Title(English)	Supersymmetric backgrounds from supergravities
著者(和文)	松野寛樹
Author(English)	Hiroki Matsuno
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10055号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:今村 洋介,伊藤 克司,岡 眞,久世 正弘,山口 昌英
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10055号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	基礎物理学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（理学）
学生氏名： Student's Name	松野 寛樹	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	今村 洋介
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	伊藤 克司

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

場の量子論は、素粒子の相互作用を記述する基本的な枠組みである。相互作用が小さい場合には場の量子論に摂動論を適用することができ、実験と精度よく一致する予言を与える。一方、相互作用が強い場合には摂動論を適用することはできず、意味のある予言をすることが困難になる。このような強結合におけるダイナミクスを理解することは、素粒子論における大きな課題の１つとなっている。

しかし、超対称性場の理論においては、その対称性の高さから非摂動的な解析が可能になることが知られている。超対称性とは、並進対称性とローレンツ対称性からなる空間の対称性に加えフェルミオン的な対称性を導入するもので、ボソンとフェルミオンの間にある種の関係を与える。近年、この超対称性がある場合に分配関数などの物理量を非摂動効果まで含めて厳密に求める手法が発展してきた。この手法は局所化と呼ばれ、作用にある種の変形項を加えても超対称性により物理量が変化しないことを用いて、経路積分を有限次元の積分に帰着させる計算手法である。このとき相互作用の大きさに依存した計算をまったくしていないため、強結合においても物理量を計算することができるようになっている。

また、超対称場の理論には、異なる理論の間の物理的な等価性が存在する場合があることが知られている。この関係は双対性と呼ばれ、場の理論における課題の 1 つである。分配関数などの物理量を比較することは双対性の非自明な検証となっている。さらに、双対性のいくつかは統一理論の有力候補である超弦理論や M 理論と関係しているため、超対称な場の量子論における双対性の詳細な検証は超弦理論や M 理論の性質を明らかにすることにも繋がると考えられる。

局所化により物理量の計算を行う際には、その発散を抑えるために有限な大きさを持つ（典型的には曲がった）空間の上に理論を構成する。ここで、空間の形をあるパラメータにより変形することを考えると、局所化により得られる物理量は変形パラメータの関数となり、理論の情報をより詳細に得ることができると期待される。しかし、超対称性は空間の対称性を拡張したものであり、任意の曲がった空間で超対称性を実現することはできない。さらに、変形した空間上に超対称場の理論を構成したとしても、局所化によって得られた分配関数が変形パラメータに依存しない場合があることが知られている。したがって、どのような空間であれば超対称場の理論を構成することができるのか、分配関数に寄与する変形はどのようなものか、という問いに答えることが課題となっていた。

Festuccia と Seiberg は､超重力理論を用いて曲がった空間上に超対称場の理論を構成する系統的な手法を提案した。この手法は、重力場およびその超対称性による相棒を背景場として固定するものであり、その際に現れる条件式が満たされていれば曲がった空間上の超対称場の理論が実現される。したがって、この条件式を解くことにより、超対称性が存在するための背景場への一般的な制限が導かれる。さらに、超対称性を保ちつつ背景場を変化させた際に生じる作用の変化が分配関数に影響を与えるかどうかという議論も可能になる。

本論文ではこの手法に基づき、5 次元の超対称背景について解析を行った。5 次元の超対称場の理論は、繰り込み群の固定点において対称性が拡大したり、M 理論との関係があったりするなど、特に非摂動的な解析が重要であることが知られている。本論文では 5 次元超重力理論を用いて、超対称性を保つための背景場の一般的な条件を導いた。この解はいくつかの任意関数の自由度をもっているものの、解の変形はほとんどが分配関数に寄与しないことを示した。さらに、5 次元球面など、既に超対称場の理論が構成されていたいくつかの背景空間との関係を与えた。

また、本論文では 5 次元についての解析に先立ち、既に調べられていた 4 次元や 3 次元の場合に対してもレビューを行った。超対称性を保つための背景場の条件は任意関数の自由度を残すが、そのほとんどが分配関数に影響を与えないことを解説した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	基礎物理学　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（理学）
学生氏名： Student's Name	松野 寛樹	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	今村 洋介
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	伊藤 克司

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Supersymmetric field theories in various spacetime dimensions have been studied a great deal. Thanks to supersymmetry, which is an extension of the Poincaré symmetry consisting of the translational and Lorentz symmetry, it is easier to analyze them perturbatively and non-perturbatively than without the supersymmetry. In particular, the computation of the partition function for supersymmetric field theories on curved manifolds can be performed exactly due to the existence of the supersymmetry. The exact results can be used for checks of dualities, some of which are originated from superstring and M-theory.

In order to perform such calculation, we should construct a supersymmetric field theory on a curved manifold. If the manifold is characterized by some deformation parameters, the partition function is a function of these parameters, which gives us detailed information of the theory. However, a general curved manifold does not admit supersymmetry. It is important to derive conditions for the existence of supersymmetry and to clarify which deformation parameters the partition function depends on.

A systematic method for constructing supersymmetric field theories on curved manifolds by using supergravities was presented by Festuccia and Seiberg. In a supergravity, there are the metric and its superpartners. In this method, we treat them as background fields compatible with a supersymmetric transformation. By using this method, we can obtain general constraints for the background fields by imposing the condition that at least one supercharge is preserved. We can also discuss whether the partition function depends on each deformation of the background fields.

In this doctoral thesis, after reviewing the 4-dimensional and 3-dimensional manifolds, we study 5-dimensional curved manifolds which admit at least one supercharge by using a 5-dimensional supergravity. We also discuss the background (in)dependence of the partition function, and realize some simple backgrounds as examples.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).