

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ストリングジャンクションを用いたN=3超対称理論の解析
Title(English)	Analysis of N=3 supersymmetric theories by using string junctions
著者(和文)	加藤洋崇
Author(English)	Hiroataka Kato
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10715号, 授与年月日:2018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,山口 昌英,宗宮 健太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10715号, Conferred date:2018/3/26, 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

論文要旨

THESIS SUMMARY

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

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

強結合領域における場の理論の解析は、現在素粒子理論において大きな課題となっている。現実的なモデルで強結合の場の理論を調べることは難しいが、超対称性を課した場の理論については様々な進展がある。超対称性は理論に含まれるボソンとフェルミオンを入れ替える超対称変換の下での対称性である。超対称性を持つ場の理論は慣例的に超対称変換の生成子、超対称電荷の数 N で分類され、4 次元の重力を含まない場の理論では $N \leq 4$ という制限がある。

超対称性を持つ場の理論の研究から、近年ラグランジアンによる記述が困難である場の理論がみつかった。このようなクラスの場の理論は非ラグランジアン理論と呼ばれる。非ラグランジアン理論は自由場による理論の表現ができないために、必ず強結合な場の理論になる。非ラグランジアン理論の実現にはしばしば超弦理論が用いられる。超弦理論には弦以外にも高次元の拡がりをもったブレーンと呼ばれる構成要素を含んでいる。特に D ブレーンと呼ばれるブレーンは場の理論と超弦理論の関係において重要な役割を果たす。例えば D3 ブレーンと呼ばれる D ブレーン上には 4 次元の $N=4$ 超対称 Yang-Mills 理論 (SYM) が実現されることが分かっている。

本論文で着目する 4 次元で $N=3$ の超対称性を持つ場の理論は、存在すれば非ラグランジアン理論であることが分かっていたが、実現可能であるのかは明らかではなかった。García-Etxebarria と Regalado らは超弦理論を用いた $N=3$ 理論の構成法を提案した。この構成法は S-fold と呼ばれる特殊な空間の中に D3 ブレーンを置くことで、D3 ブレーン上の場の理論に含まれる 4 つの超対称電荷の内 1 つを取り除き、 $N=3$ の超対称性を実現している。この方法により構成された理論を本論文では S-fold 理論と呼ぶ。S-fold 理論によって得られた進展の 1 つに、Aharony と立川らが予想した超対称性の拡大がある。彼らは特殊な状況において S-fold 理論の超対称性が $N=3$ から $N=4$ へと拡大すると主張した。S-fold にはその構成によって種類が存在し、彼らは Z_3, Z_4, Z_6 S-fold 理論が、それぞれゲージ群 $SU(3), SO(5), G_2$ の $N=4$ SYM に対応すると予想した。

本論文ではこの超対称性の拡大について非自明な証拠を得ることを 1 つの目的としている。我々はストリングジャンクションを使うことで S-fold 理論に現れる状態のスペクトルを調べた。ストリングジャンクションは異なる複数枚の D ブレーン間を繋ぐ弦であり、ブレーン上の場の理論に現れる粒子に対応する。ストリングジャンクションの幾何学的な情報から粒子の電荷・磁荷、中心電荷などを読み取ることができる。本論文ではブレーンを使った構成法が既に知られている $N=4$ $SU(3), SO(5)$ SYM と、それらに対応する S-fold 理論でストリングジャンクションを考え、対応関係を調べた。その結果、超対称性が拡大していると考えられる S-fold 理論に現れる粒子の電荷・磁荷のスペクトル、この理論の真空を表すモジュライパラメータが、 $N=4$ SYM と 1 対 1 に対応することが分かった。

また本論文では 4 次元 $N=3$ 理論のような非ラグランジアン理論の性質について調べるだけではなく、非ラグランジアン理論の実現に重要な役割を果たすと考えられる、余次元が 2 のブレーンの構成も行った。このようなブレーンは様々な次元で最大の超対称性を持つ超重力理論 (極大超重力理論) の解として与えられる。本論文では 9, 8, 7 次元の極大超重力理論について、キリングスピノル方程式を解くことで余次元が 2 のブレーン解を構成し、どのような超対称性がブレーン上に実現されるかを調べた。我々は 9 次元では 1/2-BPS 解を、8, 7 次元では 1/2-BPS と 1/4-BPS 解を構成することができた。

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).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	基礎物理学	専攻
Department of		
学生氏名：	加藤 洋崇	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(理学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	今村 洋介	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：	伊藤 克司	
Academic Supervisor(sub)		

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

Strongly coupled quantum field theories often appear and play an important role in investigations of field theories. Although analysis of strongly coupled theories is difficult in realistic models, there is much progress in supersymmetric field theories. The supersymmetry relates bosonic states and fermionic states and is generated by spinor generators. Supersymmetric field theories are classified by the number of irreducible spinor generators denoted by N . In 4d field theory without gravity, the number is limited to $N \leq 4$.

Recently, it has been recognized the existence of non-Lagrangian theories, which are always strongly coupled theories. Because the non-Lagrangian theories cannot be studied by perturbative methods, we have to use other methods to investigate such theories. In the last few decades, it has been recognized that string theory is a powerful tool to investigate field theories. Especially, it is useful to study strongly coupled field theories.

In this thesis, we focus on a certain class of non-Lagrangian theories: 4d $N=3$ supersymmetric theories. It is known that all genuine $N=3$ theories are non-Lagrangian. In 2015, García-Etxebarria and Regalado demonstrated that 4d genuine $N=3$ theories can be realized by using S-fold backgrounds in the framework of string theory. We call a theory realized in the S-fold background an S-fold theory. This construction motivated analyses of genuine $N=3$ theories. Aharony and Tachikawa suggested that in certain situations the supersymmetry of S-fold theories is enhanced to $N=4$.

A purpose of this thesis is to investigate the supersymmetry enhancement. We compare such S-fold theories and well-known brane constructions of 4d $N=4$ supersymmetric Yang-Mills theories (SYM) with $SU(3)$ and $SO(5)$ gauge groups. We study states appearing in the S-fold theories by using string junctions and compare these states and states appearing the $N=4$ theories. We find that charge spectra and moduli parameters of S-fold theories coincide with those of $N=4$ SYMs.

We also study codimension-2 brane solutions in maximal supergravities. It is known that some 4d $N=3$ theories are regarded as the world-volume theories of codimension-2 branes. Thus, we expect that construction of new codimension-2 brane solutions gives us some hints for realizations of new non-Lagrangian theories. We construct codimension-2 brane solutions in 9d, 8d, and 7d maximal supergravity theories by solving Killing spinor equations and we classify supersymmetries preserved on the branes. We find 1/2-BPS brane solutions in 9d, and 1/2- and 1/4-BPS brane solutions in 8d and 7d.

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).