

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	AdS/CFT 対応を用いた M-brane 理論の超共形指数についての研究
Title(English)	Superconformal indices of M-brane theories via the AdS/CFT correspondence
著者(和文)	藤原翔太
Author(English)	Shota Fujiwara
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12163号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:今村 洋介,伊藤 克司,須山 輝明,関澤 一之,山口 昌英
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12163号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		藤原翔太	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査		今村 洋介	准教授	山口 昌英	教授
	審査員		伊藤 克司	教授		
			須山 輝明	准教授		
			関澤 一之	准教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

素粒子論の目的は、どのような素粒子が存在し、それらがどのような法則で相互作用するかを明らかにすることによりこの世界の成り立ちを明らかにすることであるが、実験、観測に基づいた解析のみならず、様々な次元や超対称性を持つ仮想的な理論を調べることで、場の量子論の数理的構造について調べることも重要な課題の一つである。本研究では、3次元及び6次元の時空を有するMブレーン理論について、超共形指数と呼ばれる物理量の新たな計算手法を提案した。

弦理論は10次元時空において定義され、さまざまな次元を持つ「ブレーン」を基本的なオブジェクトとして含む。これらブレーン上の自由度に対して適当な極限を取ることで場の量子論を構成することができる。M理論は弦理論のある極限として定義される11次元時空上の理論であり、そこにもM2ブレーンとM5ブレーンと呼ばれる二種類のブレーンが存在している。これらは空間的に2次元、あるいは5次元の広がりを持っており、それらの上には(時間方向も含めて)3次元あるいは6次元の超共形対称性を持つ場の量子論が実現されることが知られている。これらの理論は非常に大きな対称性を持ち、超対称理論の中でもっとも基本的な理論であるとみなされている。これらのうち、6次元の理論はいまだにラグランジアンを用いた記述が存在しておらず、その重要性にも関わらず、いまだに謎の多い理論である。本論文はこの理論を中心としたいくつかの理論に対して、超共形指数の新しい計算手法を提案した。

本研究で扱う超共形指数とは、分配関数の一種であり、フガシティと呼ばれる変数のべき級数として与えられ、その展開の各次数の係数は次数に対応するスケール次元を持つBPS演算子の個数を与える。すなわち、超共形指数は理論に含まれる演算子の情報を含む一種の母関数であり、超共形場理論における重要な物理量である。

本論文は、"Superconformal indices of M-brane theories via the AdS/CFT correspondence" と題し、6つの章と一つの補遺よりなる。

第1章 "Introduction" では弦理論とM理論の基礎的な性質について説明するとともに、本論文で解析する物理量である超共形指数の一般的な定義および場の理論における局所化を用いた計算手法について説明している。

第2章 "Superconformal indices of M2-brane theories" においては、M2ブレーンを枚数Nだけ重ねた際にその上に実現される3次元  $\mathcal{N}=8$  超共形理論について、これまでに知られている結果についてまとめている。自由場の理論として与えられるN=1の場合についてはラグランジアンを与え、超共形指数を具体的に計算している。また、Nが2以上の場合にABJM理論を用いて記述されること、Nが無限大の場合にはAdS/CFT対応を用いた超共形指数の計算が知られており、場の理論の結果と一致することなどが説明されている。また、M2-ブレーンをオービフォルド上に置くことによって得られる3次元  $\mathcal{N}=6$  超共形理論についても同様のことが説明されている。

第3章 "Superconformal indices of M5-brane theories" においては、M5ブレーンを枚数Nだけ重ねた際にその上に実現される6次元(2,0)理論の基本的性質について触れた後、(2,0)理論に対する超共形指数の定義、N=1の場合に現れる自由場理論の超共形指数、Nが無限大の場合にAdS/CFTを用いて計算される超共形指数などが与えられている。また、M5-braneをオービフォルド背景上に置いた際に現れる6次元(1,0)理論に対しても、同様のことが説明されている。

第4章 "Finite N corrections to the indices of the M2-brane theories" においては、M2-ブレーンの枚数が有限の場合に、AdS/CFT対応を用いて超共形指数を計算する新たな手法を提案した。その手法の新しい点は有限のNにおける補正を内部空間に巻き付いたMブレーンの寄与として与える点にある。その結果が場の理論側でABJM理論から局所化を用いて得られる結果と一致することを示し、ここで提案された手法の信頼性を確認している。

第5章” Finite  $N$  corrections to the indices of the M5-brane theories” では、第4章で M2-brane 理論に対して用いたのと同様の手法によって、枚数  $N$  が有限の場合の M5-brane 理論の超共形指数を計算している。 $N=1$  の場合に対しての計算により、正しい答えが得られることを確認した後、この手法を  $N$  が2以上の場合に適用し、それらの理論に対する超共形指数をこれまでには計算されたことのない高次の項まで与えた。また、 $\mathcal{N}=(1,0)$  理論に対しても、超共形指数をこれまでに計算されたことのない次数まで計算し、その結果がほかの解析によって提案されている理論の対称性とつじつまが合っていることが確認された。

第6章” Conclusions and discussion” では第4章と第5章で得られた結果を振り返り簡潔にまとめるとともに、今後の課題について言及している。

補遺には本文中に含められなかった計算結果が与えられている。

著者が本論文において提案している手法は、6次元  $(2,0)$  理論のような、ほかの方法では解析の難しい理論の超共形指数に対して、比較的簡単な計算手法を与えるものであり、M理論および超共形理論の解析において、今後重要な役割を果たすことが期待される成果である。本研究は著者の研究能力の高さを示すものであり、本論文は博士(理学)の学位請求論文として十分な価値があるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」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。