

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | Finite N Corrections to the Superconformal Index in AdS/CFT Correspondence |
| 著者(和文) | 荒井玲於奈 |
| Author(English) | Reona Arai |
| 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11871号, 授与年月日:2021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,慈道 大介,須山 輝明,山口 昌英 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11871号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 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 | | 荒井 玲於奈 | |
|-------------|-----|-------|---------|-----|--------|----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 今村 洋介 | 准教授 | 審査員 | 山口 昌英 | 教授 |
| | 審査員 | 伊藤 克司 | 教授 | | | |
| | | 慈道 大介 | 教授 | | | |
| 須山 輝明 | | 准教授 | | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

素粒子論における主要な問題は、どのような素粒子が存在し、それらが互いにどのような相互作用をするかを明らかにすることである。摂動論を用いることができないような強結合の理論においてはこのような解析は極めて難しく、一般的に利用できる計算処方存在しない。近年、現実世界を記述するものに限らない、さまざまな方法で拡張、一般化された場の量子論を調べることで非摂動的な性質の理解が進んできた。特に、超対称性を持つ理論や弦理論の低エネルギー有効理論として実現できるような理論については、局所化や双対性などといった道具を用いた定量的な解析が可能となってきた。

本申請論文“Finite N corrections to the Superconformal Index in AdS/CFT Correspondence”は、AdS/CFT 対応を通してホログラフィックな記述が知られている超対称理論を対象とし、超共形指数と呼ばれる物理量の新しい計算法を提案するものである。AdS/CFT 対応とは、超共形対称性を持つ場の理論と AdS 空間上の弦理論の間の等価性を主張するものであり、広いクラスの超共形場理論の解析に用いられている。しかしながら、ゲージ群のサイズ N が有限の場合には、今のところ計算方法が知られていない量子重力効果が顕著になると考えられるため、これまでの解析のほとんどは N が無限大の極限に限定されていた。本論文では超共形指数の計算においてこの制限を取り払う方法を提案し、既知の結果との比較および新規な予言を行ったものである。

本論文は5つの章よりなる。第1章では、超対称性およびそれを用いて定義される超共形指数の定義や、ラグランジアンが知られている理論についての超共形指数の計算法など、本論文で用いられる基本的な概念やそれらに関してこれまでに知られている結果がまとめられている。

第2章では、本論文において中心的な解析対象である $Sp(4) \times U(N)$ ヤン・ミルズ理論の定義および基本的性質や、AdS/CFT 対応を用いない超共形指数の計算方法の詳細について述べた後、弦理論におけるその構成法と AdS 時空を用いたホログラフィックな記述、そして N が無限大の極限における AdS 側での超共形指数の計算法を解説し、N が無限大極限においては二通りの方法で計算した結果が一致するという既知の結果を確認している。

第3章と第4章は本論文の中心となる部分である。まず第3章において、超共形指数よりも解析が簡単な BPS 分配関数がどのように有限の N の補正を与えるかを確認したのち、それを手がかりとして内部空間に巻き付いた D3-ブレーンが有限の N の補正を与えるという仮定のもと、有限の N 補正の計算法を提案している。期待される補正のうち、最も大きく表れる「1 回巻き」の D3 ブレーンの寄与のみを取り入れ「2 回巻き」以上の項を無視する近似を用いて計算を行い、AdS/CFT を用いずに計算した結果と比較し、「2 回巻き」以上の効果として解釈できるずれを除いて両者が一致していることを確認している。この一致は、この手法の正当性を強く支持するものである。

第4章では、第3章で提案された手法をラグランジアンが知られていない S-フォールド理論に適用し、期待される対称性との無矛盾性などのチェックを行った。この章で得られた結果は S-フォールド理論の超共形指数について有限の N の補正を世界で初めて具体的に与えたものである。

第5章では本論文の結論をまとめたあと、本論文において提案された手法のさらに広いクラスの理論への応用などについて、申請者および共同研究者の論文に基づいて述べられている。

本論文において提案された手法は、超共形指数という特定の物理量の計算に限定されたものであり、まだ技術的に解決すべき点も残されているものの、これまで N が大きい極限に限定されていた AdS/CFT の利用範囲を大きく拡大することが期待される。本論文は申請者の優れた研究能力を示すとともに、この分野の研究に大きく貢献するものであり、博士(理学)の学位論文として価値あるものと認められる。

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。