

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	AdS/CFT対応による N=4 U(N) 超対称ヤンミルズ理論のシュア指数
Title(English)	Schur index of the N=4 U(N) supersymmetric Yang-Mills theory via the AdS/CFT correspondence
著者(和文)	森達也
Author(English)	Tatsuya Mori
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12306号, 授与年月日:2023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,関澤 一之
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12306号, Conferred date:2023/3/26, 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

## 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	森 達也	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	今村 洋介	准教授	関澤 一之	准教授
	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)

本博士論文” Schur index of the  $\mathcal{N}=4$  U(N) supersymmetric Yang-Mills theory via the AdS/CFT correspondence” は、AdS/CFT 対応を用いたシュア指数の新たな計算手法を提案するものである。

一般に、場の量子論において厳密な計算を実行することは困難である。結合定数の弱い領域においては結合定数についての展開を次数ごとに計算していく摂動論が有効であり、大きな成功を収めているが、摂動論を適用できない系も数多く存在する。従って、摂動論にとどまらない、強結合の系にも適用可能な計算手法の開発が重要である。本論文が対象としている超共形指数、およびその特殊化として定義されるシュア指数は、超対称性を持つ系に対して定義することの出来る分配関数に類似した量である。一般に、ラグランジアンが知られている系、より正確には、結合定数がラグランジアン中の係数として与えられ、その係数を小さくとることによって弱結合極限を取ることが出来る系においては、局所化と呼ばれる方法を用いることで超共形指数を厳密に計算できることが知られている。しかし、ラグランジアンによる記述が知られていないなど、弱結合極限を取ることができない場合には、局所化の手法を取ることができない。そのような場合に超共形指数を計算する一つの方法として AdS/CFT 対応を用いるものがある。

本論文では、 $\mathcal{N}=4$  超対称 U(N) ゲージ理論に注目し、その超共形指数を  $AdS_5 \times S^5$  上の弦理論を用いて計算する手法について議論している。ゲージ群のランク N が無限大の場合については、すでによく理解されていた。N が有限の場合については、giant graviton と呼ばれる、広がりをもった物体の寄与を取り入れることで計算が可能であることが先行研究によって示唆されていたが、複数枚の giant graviton の寄与を取り入れるためには技術的困難があり、一枚の寄与が計算されたのみであった。本論文は、超共形指数に対してある極限を取り、シュア指数に移行することでこの困難を回避し、giant graviton の複数枚の寄与を計算する手法を提案し、AdS 側の解析によって完全なシュア指数を得ることを初めて可能にしたものである。本論文で扱った  $\mathcal{N}=4$  超対称 U(N) ゲージ理論は弱結合極限を取ることが出来る系であるため、シュア指数自体はすでに局所化を用いた計算により知られていたが、AdS 側の解析によって完全なシュア指数を与える初めての成果であり、局所化が適用できない系への応用へ向けた大きな進展である。

本論文の構成は以下のとおりである。

第 1 章” Introduction” では、本研究の背景や目的、先行研究において解明されていない問題点、そして本論文でそれをどのように解消するかを簡潔に述べている。

第 2 章” Superconformal index” においては、最も基本的な超対称指数である Witten index の説明から始め、超共形代数やそれを用いた超共形指数の定義、そして超共形指数の特殊化としてのシュア指数の定義を与えている。また、それらが結合定数に依存しないことや、局所化法を用いたゲージ理論側での計算方法について説明している。

第 3 章”  $\mathcal{N}=4$  supersymmetric Yang-Mills theory” では、本論文で扱う対象である  $\mathcal{N}=4$  SYM について具体的に説明し、その系の対称性や超共形指数およびシュア指数を局所化を用いて計算し、その具体的な計算結果を与えている。

第 4 章” AdS/CFT correspondence” においては、弦理論において  $\mathcal{N}=4$  U(N) SYM および  $AdS_5 \times S^5$  上の弦理論がブレン系から現れることを述べ、それらの関係として AdS/CFT について説明したのち、N が大きい極限において双方で計算した超共形指数が一致することを説明している。さらに、N が有限の場合には超共形指数に giant graviton が寄与することの定性的な説明が与えられている。

第 5 章” Finite N Schur index from giant gravitons” では、前章までの説明を踏まえて、有限の N におけるシュア指数の新しい計算法を提案している。まず、先行研究で行われていた 1 枚の場合の計算手法を説明した後、複数枚の寄与を計算するうえでの技術的困難、すなわち、複素積分の積分路

の選び方における曖昧さにまつわる問題について説明している。さらに、この問題がシュア極限を取ることで大幅に簡素化されることを指摘したうえで、シュア極限における積分路の選び方を具体的に提案し、それを用いた計算結果が知られている結果と一致することを確認している。

第6章” Conclusion and discussion” では、前章までに得られた結果を振り返ったのち、本論文で提案された計算手法の他の系への拡張や応用の可能性について述べている。

Appendix には、本文中に載せられなかった計算結果や計算の詳細などが与えられている。

本論文は、AdS/CFT を用いたシュア指数の計算手法に対して大きな進展をもたらすものであり、今後、超対称理論の解析において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。