

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 木太久 稜

論 文 題 目

AdS<sub>3</sub>時空上の南部後藤開弦の運動における乱流現象

### 論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 理学博士 南部 保貞  
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 重森 正樹  
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 渡邊 智彦  
委 員 名古屋大学大学院理学研究科 講師 博士(理学) 柳 哲文  
委 員 名古屋大学大学院多元数理科学研究科 教授 博士(理学) 白水 徹也

## 論文審査の結果の要旨

## 別紙 1 - 2

重力は人類にとって最もなじみ深い力であり、これまでに様々な理論的研究、実験的検証が行われてきた。しかし、未だに未解明な点が数多く残されている。近年、負の宇宙項を持つ漸近 Anti-de Sitter(AdS)時空中における重力理論が、漸近境界での量子場の理論と対応していることが指摘されてから、重力系の解析が様々な量子系の理解につながる可能性が注目されており、重力理論の分野においても AdS 時空中での重力系の性質が盛んに調べられている。

AdS 時空中におけるスカラー場や重力場などの運動では、大きなスケールの揺らぎから小さなスケールの揺らぎへのエネルギーカスケードと言われる現象が起きる。この乱流的な現象により、任意の振幅を持った揺らぎが小スケール揺らぎを増幅することで、最終的にはブラックホールが形成される可能性があるとして注目されており、その発生条件や終状態に関して盛んに研究がなされている。このような現象は AdS、或いは漸近 AdS 時空中の弦の運動においても確認されており、その性質やエネルギーカスケードが発生するための条件について研究が続けられている。

本研究の目的は AdS 時空中における南部後藤開弦の運動に現れる乱流に類似の現象を解析することである。申請者は、 $2+1$  次元 AdS 時空中の有限の長さを持った開弦の運動を数値計算によって調べた。開弦の場合、端において境界条件が必要となる。端が完全に自由端の場合は、先行研究によって無限個の保存量が存在することが知られている。一方、両端の動径座標が固定されている場合は、無限個の保存量の存在が保証されていない。申請者は、これら二つの境界条件に対して数値シミュレーションを行い、開弦の運動がどのように異なるかを比較した。

初期条件はまっすぐな開弦がその長さを保ったまま定常回転する Gubser-Klebanov-Polyakov(GKP)解をもとに構成した。この解は本論文で考えている両方の境界条件を満たすため、それに摂動を加えた時空中で、それぞれの境界条件に対する運動の違いを比較した。

数値計算の結果、端点が自由に動ける場合は小スケールの揺らぎが増幅されることはなく、GKP 解に対して比較的長波長の揺らぎが重ねあわされた運動が続いた。一方、端点の動径座標が固定されている場合は小スケールの揺らぎが増幅し、それに伴い開弦が複雑に折れ曲がり、乱雑な運動へ移行した。エネルギースペクトルに関しては自由端の場合はほぼ時間変化がなかったが、端点の動径座標が固定されている場合は小スケールへのエネルギーカスケードが見られた。このように弦の運動が定性的に境界条件に強く依存し、エネルギーカスケードの発現に境界条件が深く関係していることを初めて明らかにした。

申請者の研究は、 $2+1$  次元 AdS 時空中の有限の長さを持った弦の運動を数値的に調べることでエネルギーカスケードの発生を明らかにした。これは AdS 時空中での乱流的現象を理解する上で有用な一つの例であり、特に境界条件の違いによってカスケードの有無が左右されることを発見した点で高く評価できる。また、同様の系における数値解析を用いた解析は稀であり、発展性のある独創的な研究手法を用いた点も評価に値する。参考論文は有限の角運動量を持つ 5 次元漸近 AdS 自己重力多体系の解を構成した、価値あるものである。以上の理由により、申請者は、博士(理学)の学位を与えられるに相応しいと認められる。