

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 劉 凱洪

量子重力の理解は、**anti-de Sitter space** と呼ばれる時空上の超弦理論が重力を含まない共形場の理論と等価であると主張する **AdS/CFT** 対応と呼ばれている仮説によって大きく進展している。しかし、現実の宇宙は **anti-de Sitter space** ではなく、初期宇宙をうまく説明するインフレーション理論や現在の宇宙の加速膨張を量子重力の枠組みで記述するためには **de Sitter space** と呼ばれる時空での量子重力の理解が重要な一歩になると考えられている。この **de Sitter space** は **anti-de Sitter space** と類似点があり、**AdS/CFT** 対応のように共形場理論との対応を手がかりに量子重力の理解を試みる **dS/CFT** 対応と呼ばれる研究が精力的に展開されているが、**de Sitter space** でのスカラー場は **de Sitter space** の大きさで決まるスケールと比較して質量が軽い場合と重い場合で振る舞いが大きく異なり、これまでの研究はほとんどが軽いスカラー場に関するものであった。しかし、整合した量子重力を考える際には重いスカラー場の理解も必要であり、重いスカラー場に対する **dS/CFT** 対応が本論文のテーマとなっている。本論文は7つの章から構成されているが、第1章は序論であり、重いスカラー場に対する **dS/CFT** 対応を研究する理由の説明のあと、論文の構成の説明と合わせて研究成果が要約されている。第2章では **de Sitter space** に関する基本的な事項がまとめられており、第3章では **de Sitter space** におけるスカラー場や **de Sitter space** と共形場の理論の関係に関するこれまでの研究の概要が説明されている。続く第4章から第6章では新たな研究成果が説明されていて、本論文の主要な部分となっている。最後に第7章で結論と今後の展望が述べられている。

第3章で説明されている軽いスカラー場の波動関数と共形場理論の相関関数の生成母関数との対応は、素朴には重いスカラー場には拡張できないものであったが、通常の座標表示の波動関数ではなく、座標表示と運動量表示を特定の方法で混合した表示での重いスカラー場の波動関数が共形場理論の相関関数の生成母関数に対応することを見出し、第4章で説明されている。さらにこれは共形場理論の側では **double-trace deformation** と呼ばれる変形に対応していることが第5章で明らかにされている。これらは軽いスカラー場に対する **dS/CFT** 対応の研究を重いスカラー場に非自明に拡張した重要な研究成果であり、本論文の主要な結果の一部である。

また、**AdS/CFT** 対応の研究で **anti-de Sitter space** でのブラックホールは共形場理論では **thermofield double state** と呼ばれる状態に対応することが知られていたが、**de Sitter space** での軽いスカラー場の **Euclidean vacuum** と呼ばれる状態も共形場理論の **thermofield double state** の形に書き表すことができるということが最近 Cotler と Strominger による **dS/CFT** 対応の研究で示された。劉氏は重いスカラー場の **Euclidean vacuum** も共形場理論の **thermofield double state** の形に書き表すことに成功し、第6章で説明されている。これも軽いスカラー場に対する **dS/CFT** 対応の研究を重いスカラー場に非自明に拡張したものであり、**de Sitter space** と共形場理論がどのように対応するか

に関して様々な提案がなされている dS/CFT 対応の研究を進めて行く上で新たな手がかりを与える重要な研究成果であり、本論文の主要な結果のひとつとなっている。

なお、本論文の第 4 章および第 5 章に書かれている研究成果は、タイのチュラロンコン大学の磯野裕氏と東京大学の野海俊文氏との共著論文として査読付き国際学術雑誌に出版されているが、審査委員会では第 4 章と第 5 章に関する共同研究における劉氏の寄与は十分であると判断した。また、第 6 章に書かれている研究成果については単著論文として発表の準備中である。このように劉氏は重いスカラー場に対する dS/CFT 対応の研究を大きく進展させ、よって本論文は博士（学術）の学位請求論文として合格と認められる。