

論文提出者氏名 土橋 卓

重力理論の量子化は素粒子論物理学における長年の課題であるが、近年弦理論の提案を通じて量子重力理論の具体的な性質が明らかになりつつある。その代表的な例として、ホログラフィーがある。それはある空間の重力の自由度が境界における場の理論の自由度と同定できるというものであり、重力理論の本質的な性質として活発に研究されている。当博士論文では、弦理論でホログラフィーが実現される AdS 空間という具体的なモデルで、相関関数の対応の詳細を研究している。

論文は全部で 8 章に分かれており、第 1 章は導入と全体のまとめ、第 2 章で AdS 空間における相関関数のホログラフィー関係式のレビューが行われている。第 3 章から第 7 章までが提出者の主張が述べられている部分であり、第 8 章は議論と展望が述べられている。

ホログラフィー関係式を弦理論のレベルで見ようとすると、Berenstein, Maldacena, Nastase (BMN) により提唱された 5 次元球面上を角運動量 J で回るヌル測地線近傍の幾何学(pp-wave 背景と呼ばれる)を考えるのが通常の方法である。一方相関関数レベルの対応を考えようとすると、ホログラフィー関係式が成立するのは AdS 空間の境界であり、BMS 極限を与えるヌル測地線は境界に到達できないため問題が生じることをこの論文では指摘した。この問題を解消するため、BMS 極限と同様の性質を持ちかつ境界にも到達可能な測地線を具体的に構成した。またこの新しいヌル測地線の周りで理論を展開し直すと、相関関数の間関係を議論できる。特に低い励起状態についての有効作用の計算を行っている。

(以上第 3 章)

BMN 極限では弦の自由度全体のホログラフィーが見えるべきであるので、相関関数の関係も弦の自由度全体に広げるべきであるが、これを整合的に行う方法として第 2 量子化された弦の場の理論がある。第 4 章では PP-wave 背景における弦の場の理論の構築法についての詳細なレビューが行われている。特にプレファクターと呼ばれる因子が重要な役割を果たしているが、土橋氏らの研究以前に行われた 2 つの互いに異なる提案について言及している。

第 3 章の結果と超対称性との整合性を拘束条件として、4 章で述べた 2 つの提案の平均(つまりどちらとも異なるもの)が、望ましい性質を持つことが第 5 章で議論されている。

BMN 極限での弦レベルでの対応を見るためには、Yang-Mills 理論の側で高次の演算子(ダブルトレース演算子など)に対するホログラフィー関係式を考察しなくてはならない。第 6 章では、シングルトレース演算子を対角化して高次の演算子の正しい対応関係をどのようにして得るかについて、これまでに行われた研究をレビューしている。

第 7 章では 5 章で提唱した弦の場の理論の相互作用項が、6 章でレビューした高次の演

算子に対するホログラフィー関係式を正しく導くことをいくつかの例を通じて具体的に示してある。これはある種の整合性条件によって決めた相互作用が、計算の範囲内では信頼できるものである証拠である。

以上のようにこの学位論文では相関関数の構築を通して、ホログラフィーという量子重力の本質の理解に寄与を行っており、学問的な価値が高い。この学位論文は、論文提出者が指導教官である米谷教授との共同研究に基づいているが、論文提出者の寄与も十分あることが確認された。従って、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認知する。