

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名： 大島健一

ブラックホールのもつエントロピーやホーキング輻射の問題は、ブラックホールの物理の中心をなすものであり、その機構の解明は現代物理学の中心課題の一つとなっている。量子重力理論の最有力候補である超弦理論においても、ブラックホールのエントロピーや輻射に関する研究が数多くなされてきた。実際、超対称性を持つある種の極限ブラックホールについては、超弦理論の D-brane によるモデルによって、係数も含め、エントロピーが完全に導出された。これは画期的なことではあるが、超対称性を持つ特別な場合に限定されており、ブラックホールや量子重力の理解のためには、より広い種類の一般のブラックホールの熱力学を説明する必要がある。

しかし、超対称性を持たない一般のブラックホールの場合には、弱結合極限で定式化された超弦理論によって強結合領域の重力理論のブラックホールを記述することは困難であり、複雑な量子補正の効果をすべて取り入れなければならないと考えられている。実際、超対称性を持つ extremal black 3-brane に少しだけ質量を加えて超対称性を破った near extremal black 3-brane に対して、D-brane と理想気体によるモデルを適用すると、エントロピーの係数は違ってしまふ。

また、最近になって、超対称性を持たない一般の black  $p$ -brane (non-extremal black  $p$ -brane) について、D-brane と反 D-brane によるモデルにエントロピー最大化条件を課して説明しようとする試みもなされた。しかし、各変数のべき乗は合っているものの、さらなる係数の不一致が生じ、弱結合極限のモデルとしての理論的困難や、連続的に near extremal black  $p$ -brane に移行しない、などの問題も生じてしまふ。

こうした状況を踏まえて、本論文において申請者は、特定の D-brane モデルを始めに想定するのではなく、まず、正しいエントロピーと輻射温度を導出する現象論的モデルを探すアプローチを試みた。non-extremal black  $p$ -brane についてのこのモデルは実際に構成する事が出来、正しい吸収確率も導出される。また、このモデルは連続的に near extremal black  $p$ -brane に移行することもできる。

本論文では、2、3、4章でブラックホールの熱力学や D-brane によるエントロピー導出、および関連する研究に関するレビューを行ない、5章で本論文で提案された現象論的モデルについて説明する。エントロピー最大化条件を課すと、このモデルから、エントロピー、温度、エネルギーなどが係数も含めてすべて正しく導かれる。また、そのモデルが、near extremal

black  $p$ -brane についてのモデルと同様の形をしており、gas の自由度などを置き換えたものとなっている。

次に、このモデルの妥当性や論拠について検討した。まず non-extremal black  $p$ -brane と near extremal black  $p$ -brane の間に幾何学的類似性があることから、horizon の近傍では、non-extremal black  $p$ -brane は、near extremal black  $p$ -brane のパラメータを変えた geometry と一致することが示される。発見された現象論的モデルが、near extremal black  $p$ -brane モデルの一部を置き換えることにより得られるという事実は、この幾何学的類似性と対応しており、モデルの妥当性の傍証となる。

また、このモデルを利用して、正しい吸収確率（および greybody factor）が得られる理由も、同様の幾何学的類似性によって説明される。具体的には、black 3-brane 時空における massless スカラー場の運動方程式を考察することによって説明される。

この論文は極値がエントロピーを与える新しい現象論的なモデルを提案し、これから正しい温度・吸収確率などが導かれる事。さらにこのモデルが near extremal  $p$ -brane のモデルで知られるものから特定のパラメータの置き換えによって得られる事。またこのパラメータの置き換えが幾何学的な意味付けを持つ事などを導きブラックホールの物理に有用な新しい知見を付け加えた。

したがって、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定する。