



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Thermodynamics of Extremal Black Holes in String Theory   |
| Author(s)    | 間野, 修平  |
| Citation     | 大阪大学, 1999, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/41577">https://hdl.handle.net/11094/41577</a>   |
| rights       |   |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|               |  |
|---------------|--|
| 氏 名           | 間 野 修 平  |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (理 学)  |
| 学 位 記 番 号     | 第 1 4 3 8 2 号  |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成11年 3 月 25 日   |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第4条第1項該当<br>理学研究科物理学専攻   |
| 学 位 論 文 名     | Thermodynamics of Extremal Black Holes in String Theory<br>(弦理論における極限的ブラックホールの熱力学)   |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 高杉 英一<br><br>(副査)<br>教 授 吉川 圭二      教 授 東島 清      助教授 窪田 高弘<br>助教授 太田 信義 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

Reissner-Nordström ブラックホールは静的で球対称な、電荷を持つブラックホールであり、地平面を二つ持つ。二つの地平面が離れている場合は事象の地平面の面積は熱力学的なエントロピーに比例するが、二つの地平面が重なる極限的な場合は事象の地平面の面積はあるが熱力学的なエントロピーは無く、温度がきめられないことが知られている。このことは熱力学的なエントロピーは事象の地平面の面積に必ずしも比例していないことを意味し、Euclid空間に接続された極限的な計量と極限的でない計量ではトポロジーが異なることがその原因である。

五次元の極限的な Reissner-Nordström ブラックホールは超弦理論の D-brane の複合系をあらわす解を五次元多様体でコンパクト化することで得ることができる。微視的状态は複合系の振動であり、この状態の縮重度から地平面の面積に比例する微視的なエントロピーが得られることが D-brane 上の場の理論を用いて示された。このことから熱力学的なエントロピーと微視的なエントロピーが矛盾しているように思われる。

最近、複合系を記述する解の地平面の近傍は角運動量をもつ軸対称な三次元のブラックホールである極限的な BTZ ブラックホールと三次元球面と適当な四次元多様体の直積空間で記述されることが指摘された。三次元重力の境界は共形場理論で記述することができ、極限的な BTZ ブラックホールは共形場理論の一状態と考えることができる。この共形場理論を D-brane 上の場の理論と同一視することで複合系の微視的なエントロピーを得ることが示唆された。

この論文ではまず三次元重力の熱力学を解析した。BTZ ブラックホールの Euclid 空間への接続は Reissner-Nordström ブラックホールと異質なため、極限的な BTZ ブラックホールの熱力学的なエントロピーは無くならず、温度は消えることを指摘した。この熱力学的なエントロピーは複合系の微視的なエントロピーに等しいため、三次元重力を用いた熱力学的なエントロピーと微視的なエントロピーは矛盾していないと考えられる。

この論文ではさらに三次元重力の境界を記述する共形場理論を構成し解析した。三次元重力の熱力学では BTZ ブラックホールは低温で反 de Sitter 空間に相転移することが知られている。極限的でない BTZ ブラックホール、反 de Sitter 空間の熱力学的な分配関数が共形場理論の分配関数の高温、低温極限として現われることを示した。また、共形場理論の分配関数から熱力学的なエントロピーを微視的に再現した。極限的な BTZ ブラックホールについては共形場理論の分配関数の別の極限を考察しなくてはならない。しかし、この極限では反 de Sitter 空間の熱力学的な分配関数が現れる。これは熱力学的に極限的な BTZ ブラックホールが不安定であることを再現している。反 de Sitter

空間には熱力学的なエントロピーは無いが、この極限の共形場理論の分配関数には微視的なエントロピーがあることを示した。

### 論文審査の結果の要旨

ブラックホールのエントロピーは一般に地平線面積に比例している。しかし、電荷を持つ球対称なブラックホールで、2つの地平線が重なる極限を考えると、温度が決められないことから、熱力学エントロピーは地平面の面積に比例していないように見える。

この問題を3次元重力の理論を用いて解析し、この極限で温度は消えるにもかかわらず、熱力学のエントロピーは消滅せず、またこのエントロピーはBTZブラックホールの微視的エントロピーに等しいことを示した。また、3次元重力の境界を記述する共形場理論を構成し、これにより熱力学エントロピーを微視的に再現できること、またその他いくつかの重要な知見をえた。この仕事は、博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。