

Novel examples of the application of gauge / gravity duality

久保, 幸貴

<https://doi.org/10.15017/1441024>

出版情報 : 九州大学, 2013, 博士 (理学), 課程博士
バージョン :
権利関係 : 全文ファイル公表済

氏名：久保幸貴

論文名：Novel examples of the application of gauge/gravity duality

(ゲージ/重力対応の適用の新しい例)

論文審査の結果の要旨

重力を含む素粒子の究極理論の候補として注目されている超弦理論には、端点をもつ「開弦」と閉じた「閉弦」とが現れる。開弦はゲージ場の理論と結び付けられ、一方、閉弦は重力理論と結び付けられている。しかし、開弦と閉弦とは独立ではなく、開弦の量子効果が閉弦の古典的な作用として表されるなど、密接な関係があることが知られている。この関係を背景に、近年、ゲージ場の量子論と、重力の古典理論の関係である「ゲージ重力対応」が盛んに研究されてきた。

ゲージ重力対応の特徴的な点は、ゲージ場の量子論の、特に非摂動的なダイナミクスが、重力理論の古典解の性質から説明されるということである。このことは、通常の場合の量子論の計算技術である摂動展開を超えて、ゲージ場のダイナミクスを研究することの可能性を示唆するものとして大いに注目を集めている。ゲージ重力対応は、初期の AdS/CFT 対応の枠を超えて、非常に幅の広い理論に応用され、流体力学や物性理論の分野においても興味深い結果を出している。

久保氏はこのような応用の中でも、特に変わった物理系への応用について研究を行った。その第一は、加速度を持つ座標系で物理系が温度を感じるという Unruh 効果についてであり、第二は有限密度系での QCD 相転移についてである。

加速度を持つ座標系では、事象の地平線が現れ、ちょうどブラックホール近傍のような性質を持つ。一方、ブラックホール近傍では、Hawking 輻射によって、温度が定義される。この2つのことから加速度を持つ座標系では、有限の温度を持つ系のように見えるという Unruh 効果が起こる。久保氏はこの現象をゲージ重力対応の枠組みで調べ、加速度運動をするクォーク・反クォーク対の古典的運動方程式を、特殊な時空中で解き、その解から既知の Unruh 温度が得られること、温度効果に方向による非対称性があることなどの結果を得た。

QCD は強い相互作用の基本理論であり、その理解は自然界の理解にとってきわめて重要であるが、「カラー自由度の閉じ込め」という非摂動的ダイナミクスにより、低エネルギーでの振舞いを研究するのは難しい。もっとも有望な方法は格子ゲージ理論によるコンピュータシミュレーションであるが、有限密度系では「符号問題」と呼ばれる問題のため、十分に探索されていないのが実情である。久保氏はゲージ重力対応によるアプローチでは「符号問題」が生じないことに着目し、核物質への相転移をゲージ重力対応を用いて研究した。彼は酒井・杉本模型におけるバリオン（一種のソリトンとして表される）の希薄ガス近似を用い、先行研究では見いだされなかった1次相転移を見出した。また、この研究によって得られた状態方程式を中性子星の物理に応用し、中性子星の質量と大きさに関する上限値を得た。これらの値は、観測されている中性子星のものとは比べてかなり小さい値となったが、その理由のひとつは希薄ガス近似によるものであることは明らかである。

以上の結果は、ゲージ重力対応というアプローチの地平を広げるものとして評価され、既に一流の学術雑誌に公表済みである。また、審査委員が全員出席して行われた公聴会における発表も明快で質問に対しても適切な応答を行い、問題に対する十分な理解を示した。

よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。