

# ブラックホールで探る非平衡物理学

星野 紘憲（中央大学理工学部共同研究員）

講演では、まず準備として、時空の計量およびブラックホール時空について簡単に復習しました。またブラックホール時空において、ホーキング輻射によって読み取る温度（ホーキング温度）は、事象の地平線の位置で特徴づけられることを見ました。次に、素粒子の運動を記述する理論（ゲージ理論）、およびさらに高エネルギーでゲージ理論と重力理論を統一的に記述する超弦理論を簡単にご説明しました。また、超弦理論には“膜”のようなオブジェクト（D ブレーン）が現れます。このD ブレーンを無限の枚数重ねて、かつ強結合ゲージ理論の極限を考えた場合、この系は古典的なブラックホールとして記述されます。この対応は「ゲージ/重力対応」と呼ばれ、強結合量子ゲージ理論を、解析が容易な古典重力理論によって記述する手法であることを簡単にご説明しました。

次に、超弦理論を応用して非平衡定常状態を調べる、という私の研究をご紹介します。まず本研究のターゲットである非平衡定常系についてご説明しました。非平衡定常系とは、全体として非平衡でありながらも、着目している系の巨視的物理量が時間変化しない系のことです。具体例として、ゲージボソンの熱浴中を（外部電場の印加によって）流れる荷電粒子集団の系（導体系）を考えました。このような系では一般に非平衡特有な物理量が現れます。たとえば、部分系（電流）のゆらぎが感じる温度（有効温度）は、一般に熱浴温度と異なっています。ゲージ/重力対応を用いると、D ブレーンのゆらぎの解析から、上のような非平衡に特有な量が計算できます。具体的には、上の導体系は次のように構成することが可能です。まず4次元時空におけるゲージボソンの熱浴は、5次元時空中の古典的な（負の曲率を持つ）ブラックホールとして記述されます。この背景時空に、時間および7次元空間方向に広がるD ブレーン（D7 ブレーン）を挿入することにより、電場や電流を記述することが可能となります。このD7 ブレーン上のゆらぎは背景時空と異なる計量（有効計量）、およびホライズンの位置（有効ホライズン）を感じます。したがって、ゆらぎの感じる有効温度もまた、熱浴の温度と異なる値をとります。こうして得られた有効温度は、電流の構成要素によって、熱浴温度よりも高い値や低い値を示します。すなわち、対生成による荷電粒子の効果によって有効温度は高くなり、ドープされている荷電粒子の効果によって有効温度が低くなる、という結果が得られます [1]。また、他にも非平衡に特有な量として、ゆらぎの分布を特徴づけるある種の“速度”（特性速度）についてご紹介しました [星野-中村, to appear]。

参考文献： [1] H. Hoshino and S. Nakamura, “*Effective temperature of nonequilibrium dense matter in holography,*” *Phys. Rev. D* **91**, no. 2, 026009 (2015) [arXiv:1412.1319 [hep-th]].