

ホーキング輻射と量子異常¹

岡山光量子科学研究所 梅津裕志

E-mail: hiroschi_umetsu@pref.okayama.jp

熱力学4法則と類似の法則がブラックホールに対して成立することが一般相対論(古典論)に基づいて示されている。古典論の範囲においてはこれはアナロジーに過ぎないのだが、ブラックホール背景上の物質場の量子的考察から、ブラックホールは表面重力に比例した温度を持つ黒体輻射をすることがHawkingによって示され、これは単なるアナロジーではなくブラックホールに対する熱力学的量には、物理的な意味があるはずだと考えられるようになった。Hawkingの発見以来、様々なHawking輻射の導出方法が提案されている。近年、RobinsonとWilczekはd次元Schwarzschildブラックホールのホライズン近傍での物質場の振舞を考察することによって、重力アノマリーの効果から輻射によるエネルギーフラックスが得られることを示した[1]。我々はこれを更に一般化し、重力アノマリーとゲージアノマリーを考慮することによって、電荷や角運動量を持つブラックホールからの輻射によるフラックスも導出できることを明らかにした[2, 3]。

Reissner-Nordströmブラックホール上のスカラー場を考える。場を球面調和関数で展開し更にホライズン近傍を見ると、場の作用の中で運動項が優勢になり、質量項や角運動量に依存した項、相互作用項などは無視できることが分かる。その結果、ホライズン近傍での有効理論として2次元の自由スカラー場になる。ホライズンは光的な面なので、スカラー場をホライズンに沿った方向のモードと直交したモードに分けて考えることができる。ホライズンを通してブラックホールに落ち込むモードは古典的にはHawking輻射に効かないので無視すると、カイラルな場の理論になって重力アノマリーが現れる。しかし理論全体として無矛盾であるためには、ブラックホールに落ち込むモードの量子効果によってこのアノマリーは相殺されていなければならない。このことを考慮してエネルギー運動量テンソルと電磁カレントの期待値に対する保存則を解き、Unruh真空に対応した境界条件を課すと、Hawking輻射によるエネルギーと電荷のフラックスが正しく導かれる。更に、この方法はKerrブラックホールや高次元の回転するブラックホール(Myers-Perryブラックホール)にも適応可能である。

Hawking輻射に対して成功したホライズン近傍での2次元有効理論を考える方法を応用して、エントロピーなどのブラックホールの熱力学的性質を更に考察していくことが今後の課題である。

References

- [1] S. P. Robinson and F. Wilczek, Phys. Rev. Lett. **95** (2005) 011303 [arXiv:gr-qc/0502074].
- [2] S. Iso, H. Umetsu and F. Wilczek, Phys. Rev. Lett. **96** (2006) 151302 [arXiv:hep-th/0602146].
- [3] S. Iso, H. Umetsu and F. Wilczek, Phys. Rev. D **74** (2006) 044017 [arXiv:hep-th/0606018].

¹本講演は磯暁氏(KEK), Frank Wilczek氏(MIT)との共同研究[2, 3]に基づく。