

AdS/CFT対応による 非平衡定常系の有効温度の解析

名古屋大学大学院理学研究科
中村 真

この発表は 大栗博司氏 (Caltech/KIPMU) との
共同研究に基づきます。

Ref. SN. and H. Ooguri, arXiv:1309.4089

多体系の物理学

平衡系では

系を特徴付ける **少数の巨視的物理量** が存在した。

温度、エントロピー、、、、

非平衡系ではどうなるか？

非平衡定常系:

非平衡だが巨視的には**時間変化しない系**

ここでの問い

- 非平衡定常系に**温度に相当する概念 (有効温度)** は存在するか？
- 存在するとしたら、その**振る舞い**は？

ここでは、**グルーオンプラズマ (熱浴) 中**を一定外力で引きずられる
テスト粒子 (クォーク)の系 (Langevin系) を考える。

「温度」とは何か？

$$P \propto e^{-E/T}$$

統計分布の視点

$$t_E \approx t_E + 1/T$$

$$dE = TdS$$

熱力学の視点

$$D = T\mu$$

拡散係数 易動度

揺動散逸定理の視点

$$\xi^a \nabla_a \xi^b = 2\pi T \xi^b$$

Killing vector

表面重力

重力理論の視点

Hawking 温度

AdS/CFT対応

[Maldacena, 1997]

あるクラスのlarge-Nc
強結合量子ゲージ理論



あるクラスの**古典重力理論**
(一般相対性理論)

グルーオンプラズマ
(温度Tの**熱浴**)



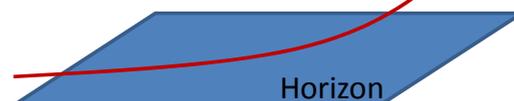
Hawking温度Tの
5次元**AdS-black hole**

テスト粒子としての
クォーク



時空境界から
垂れ下がった**string**

5次元目



一定速度 v

[Gubser, 2006]

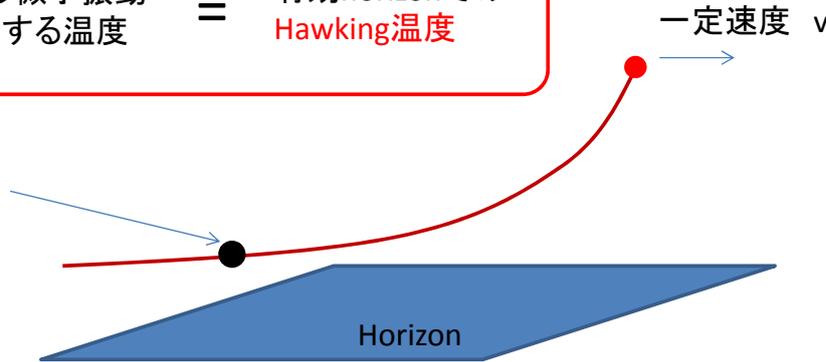
[Herzog et al., 2006]

テスト粒子の感じる有効温度

See also, [Gubser, 2008]

Stringの微小振動が観測する温度 = 有効horizonでのHawking温度

有効計量の視点ではここにhorizonが現れる



このstringの微小振動 δX の従う運動方程式

$$\partial_a \left(\sqrt{-\tilde{g}} \tilde{g}^{ab} \partial_b \delta X^\mu \right) = 0,$$

$$\tilde{g}_{ab} = \partial_a X^\mu \partial_a X^\nu g_{\mu\nu}$$

有効計量で記述される曲がった時空中のクラインゴールドン方程式

Stringの世界面上の誘導計量=「有効計量」(vに依存)

この温度は何か？

Stringの振動モード \longleftrightarrow クォークの受ける外力 δf

外力のGreen関数を重力側で計算する際に、有効horizonでのingoing-wave境界条件を拾う。

$$\int dt \langle \delta f(t) \delta f(0) \rangle \Big|_{v \neq 0}^{v=0} = 2T_{\text{eff}} \frac{\text{Im} G^R(\omega)}{-\omega} \Big|_{\omega \rightarrow 0, v \neq 0}$$

揺動

散逸

See also, [Gursoy et al., 2010]

必然的に、非平衡定常まわりでの揺動散逸関係式の比例係数は T_{eff} を読み取る。

有効温度

N=4 超対称large-Ncゲージ理論の熱浴中を一定速度 v で
引きずられるテストクォークの感じる有効温度 [Gubser, 2008]

$$T_{\text{eff}} = \frac{T}{\sqrt{\gamma}} < T$$

(このモデルでは)
Dragすると有効温度が下がる。

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2}}$ $O(v^2)$ の非線形効果

これは物理的に許されるのか？

許される。

非平衡定常系の有効温度が熱浴の温度よりも低くなる物性モデルの例

[K. Sasaki and S. Amari, J. Phys. Soc. Jpn. 74, 2226 (2005)]

まとめ

- 特定の微視的理論に対しては重力理論による記述が可能であり、非平衡定常系を重力の古典力学で記述することが可能となる場合がある。
- その場合、非平衡定常系の有効温度の概念は、定常状態まわりの微視的揺らぎが見る有効horizonでのHawking温度として理解できる。
- [S.N. and H. Ooguri, to appear]
定常電流の流れる非平衡定常系や、様々なLangevin系で系統的に有効温度を議論し、 $T_{\text{eff}} < T$ となる例を見い出すとともに、揺動散逸関係式やノイズと有効温度の関係を見出した。

「有効温度」とは何か？

$$P \propto e^{-E_{\text{fluc}}/T_{\text{eff}}}$$

統計分布の視点

~~$$t_E \approx t_E + 1/T$$~~

非自明な問い

$$dE \stackrel{?}{=} TdS$$

定常状態熱力学の視点

$$D = T_{\text{eff}} \mu_{\text{dif}}$$

拡散係数

微分易動度

揺動散逸関係式の視点

$$\xi^a \nabla_a \xi^b = 2\pi T_{\text{eff}} \xi^b$$

Killing vector

表面重力

重力理論の視点

有効Hawking 温度