

Non-equilibrium thermodynamics near the horizon and holography

京都大学理学研究科 藤田充俊

E-mail: mfujita@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

有限温度の SYM は AdS/CFT 対応を用いて主に重力側で計算されてきた。我々は membrane paradigm という方法を用いて重力側で双対な Yang-Mills 理論の粘性係数を計算した。Membrane paradigm は通常の AdS/CFT 対応とは違って horizon からちょっと離れたところにある ”stretched horizon” で超重力の古典解を評価する。超重力解は例えば $U(1)$ ゲージ場から構成される stretched horizon 上の保存カレントである。それを用いて双対な Yang-Mills 理論の流体力学方程式を再構築でき輸送係数を読み取ることができる。さらに超重力解からの摂動量についても一部に membrane paradigm を適用できることが知られていた。ポアンカレ対称性を用いると摂動量を shear mode や sound mode に分解でき独立な解を構成する。sound mode に対する membrane paradigm を用いた計算はされていなかった。Sound mode に対して membrane paradigm を用いると双対な Yang-Mills 理論の体積粘性率を計算できる。我々は定数でないディラトンを含むブラック p ブレーン解と双対な Yang-Mills 理論の体積粘性率を計算した。我々が用いた作用は 10 次元の超重力理論を次元縮小することによって得られる次の gauged SUGRA 作用である。

$$I_{\text{bulk}} = \frac{1}{16\pi G_{p+2}} \int_{\mathcal{M}} d^{p+2}x \sqrt{-g} \left(R(g) - \frac{\beta}{2} \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi - \mathcal{P}(\phi) \right) - \frac{1}{8\pi G_{p+2}} \int_{\partial\mathcal{M}} d^{p+1}x \sqrt{-\gamma} \Theta^\mu{}_\mu \quad (1)$$

ブラック p ブレーン解はこの作用の運動方程式の解になっている。我々はこの解からの摂動量の満たす線形方程式を解き、(1) の作用の第二項の extrinsic curvature の変分によって得られる Brown と York の応力テンソルを評価した。Brown と York の応力テンソルは境界で共変な運動方程式を満たすが、この運動方程式を平坦な空間の保存則に変形する必要があった。運動方程式の変形にともない boundary stress tensor の形も変わるが、我々は変形された応力テンソルと双対な Yang-Mills 理論におけるエネルギー運動量テンソルの間に対応があることを見出した。この対応関係とエネルギー運動量テンソルのみならず constitutive relation を用いて我々は双対なゲージ理論の粘性係数を計算することができた。体積粘性率とずり粘性率の比は $\zeta/\eta = 2(3-p)^2/p(9-p)$ となった。

References

- [1] R. C. Myers, “*Stress Tensors and Casimir Energies in the AdS/CFT Correspondence*, ” hep-th/9903203.
- [2] P. K. Kovtun, A. O. Starinets, “*Quasinormal modes and holography*, ” hep-th/0506184.
- [3] P. K. Kovtun, D. T. Son, A. O. Starinets, “*Holography and hydrodynamics: diffusion on stretched horizons*, ” hep-th/0309213.