

# AdS/CFT 対応における定常粘性流

小川 軌明

(韓国高等科学学院 [KIAS])

Based on: Work in Progress

2013 年 8 月 27 日

基研研究会「熱場の量子論とその応用」2013

YITP workshop

www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~qft/

基礎研究会  
場の理論と弦理論

日程  
2013年8月19日(月)~8月23日(金)

場所  
湯川記念館 Panasonic 国際交流ホール および 会議室(Y206, Y306)

招待講演

- 飯塚 則裕さん (京大基研)  
「AdS/CFT対応の物性系への応用 (仮)」
- 今村 洋介さん (東工大)  
「5次元のYang-Mills 理論についての最近の話題 (仮)」
- Martin Bucherさん (Universite Paris 7)  
「Results from Planck and Implications for Fundamental Physics」
- 丸吉 一暢さん (Caltech)  
「Dynamics of N=1 gauge theories and M5-branes」

概要

この研究会は、「弦理論」と「場の理論」及びその周辺の幅広いトピックを推進と研究者の交流を促すことを目的としたものです。いくつかのレビュー集する一般講演、ポスター講演からなります。関連する分野で現在活躍中のする方に対しても有益となるよう企画する予定です。

具体的なテーマとしては、

← 先週

Thermal Quantum Field Theory and Their Applications 2013

www.riise.hiroshima-u.ac.jp/TQFT/html2013/TQFT2013.html

基礎研究会 熱場の量子論とその応用  
2013年8月26日(月)~8月28日(水)

- 研究会の概略
- 参加者リスト
- 発表資料
- 2012年度の研究会
- プログラム
- 2014年度の研究会

このページに関するお問い合わせは [inagaki@hiroshima-u.ac.jp](mailto:inagaki@hiroshima-u.ac.jp) までお願いします。

研究会の概略    プログラム    発表資料    ポスター賞    トップへ

Theoretical



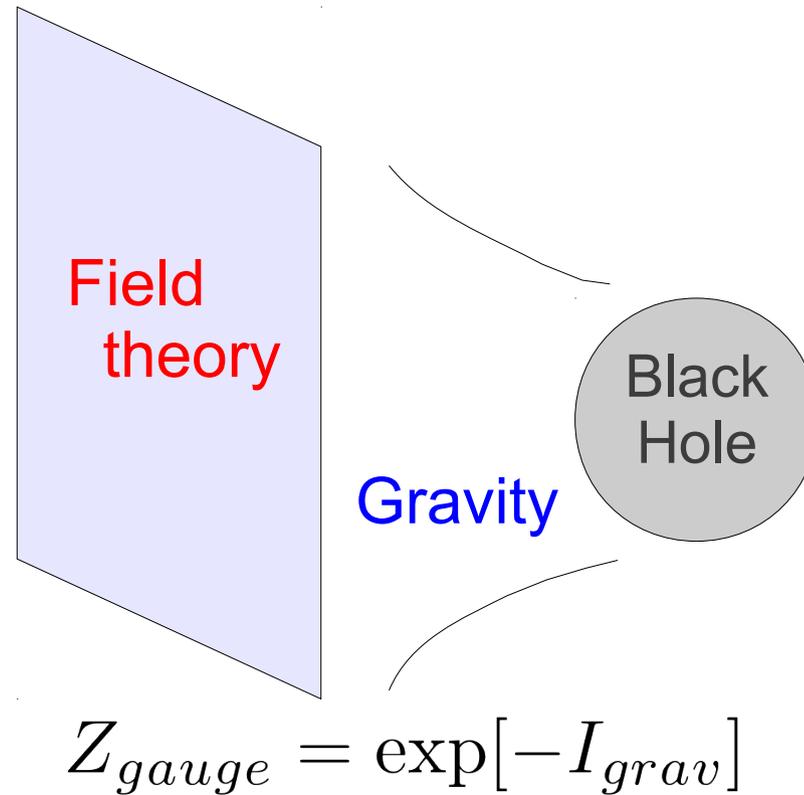
Realistic

# Plan to Talk

1. AdS/CFT 対応
2. ターゲット：定常粘性流
3. モデル：クォーク流体系と重力双対
4. 定常解の構成
5. 勾配と外力の関係：結果と解釈  
2次から始まる非線形粘性
6. まとめと課題

# AdS/CFT 対応

[Maldacena, 1998]  
[cf. 野崎さん talk]



S = ホライズン面積  
T = Hawking 温度  
F = 古典 on-shell 作用  
etc...

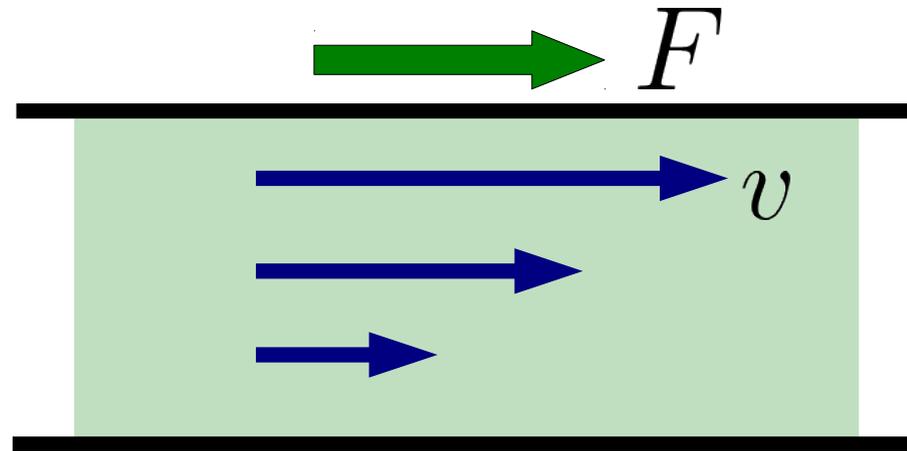
強相関・多自由度



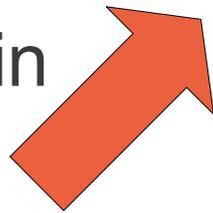
古典重力

= マクロな有効理論!

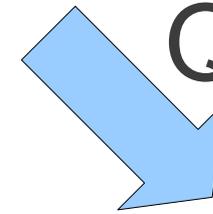
# ターゲット：定常粘性流



$W, P_{in}$



$Q, P_{out}$



$$W = Q$$

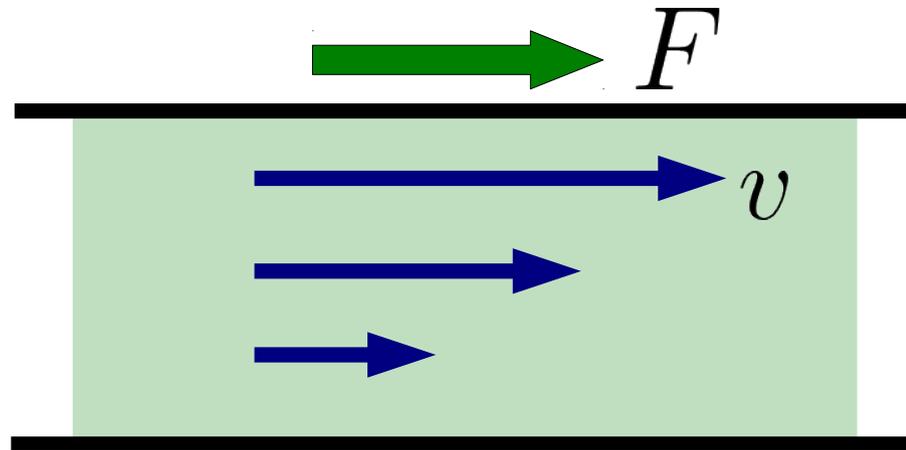
$$P_{in} = P_{out}$$

外力  $F$

非平衡定常系

熱浴

何をしたいか？



系： これに近い強相関系

目標： 外力 - 勾配曲線の計算

手法： AdS/CFT 対応

# モデル：クォーク流体系と重力双対

[Karch-O'Bannon, 2007]  
[cf. 中村さん poster & talk]

Gluon plasma

Quark fluid

N=4 SYM

+

N=2 flavors

(熱浴)

(注目する流体系)

AdS5 gravity

+

D7-branes

## AdS/CFT 対応

Quark current  $J^\mu$



Maxwell Field on D7  $A_\mu$

Einstein + DBI action

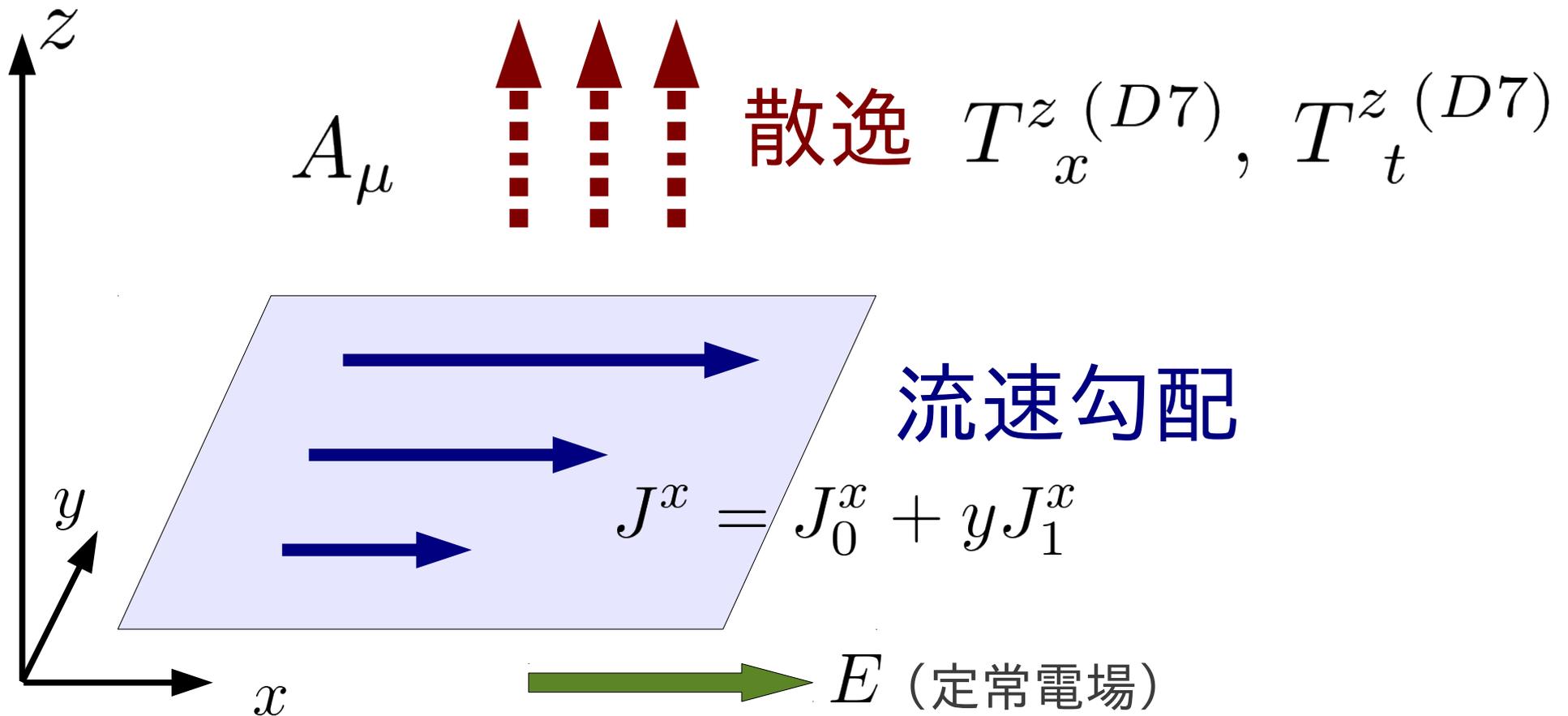
$$S = \frac{1}{16\pi G_N} \int d^5x \sqrt{-g} (\mathcal{R} + \Lambda) - \mathcal{N} \int d^8\xi \sqrt{-\det(g_{ind} + 2\pi\alpha' F)}$$

$$(\mathcal{N} = N_f T_{D7})$$

# 散逸現象 in AdS/CFT

Black Hole

熱浴



# 定常解の構成

Ansatz : 線形領域で展開

$$ds^2 = -\frac{(1-z^4)^2}{z^2(1+z^4)} dt^2 + \frac{dz^2}{z^2} + \frac{1+z^4}{z^2} d\vec{x}^2 \quad (\text{AdS5-Schwartzchild})$$

$$A_t = \mu + Ex + a_t^{(0)}(z) = \mu + Ex + \frac{J_0^t}{2\pi^2 \mathcal{N} \alpha'^2} z^2 + \dots$$

$$A_x = a_x^{(0)}(z) + y a_x^{(1)}(z) = \frac{J_0^x + y J_1^x}{2\pi^2 \mathcal{N} \alpha'^2} z^2 + \dots$$

運動方程式: 未知関数3個、方程式3個

$$\frac{\partial \mathcal{L}_{D7}}{\partial a_t^{(0)'}(z)} = J_0^t + \mathcal{O}((J_1^x)^2), \quad \frac{\partial \mathcal{L}_{D7}}{\partial a_x^{(0)'}(z)} = J_0^x + y J_1^x + \mathcal{O}((J_1^x)^2)$$

$$\left( \partial_z \frac{\partial \mathcal{L}_{D7}}{\partial a_x^{(1)'}(z)} - \frac{\partial \mathcal{L}_{D7}}{\partial a_x^{(1)}(z)} = \mathcal{O}((J_x^{(1)})^2) \quad : \text{automatic} \right)$$

# 勾配と外力の関係：結果と解釈

## 外力 = 散逸

$$F = T^z_x = EJ_0^t(E) + \frac{E^3 J_0^t(E)^3}{2048\mathcal{N}^3 J_0^x(E)^2} (J_1^x)^2 + \dots$$

$$W = -T^z_t = E(J_0^x(E) + yJ_1^x) + \frac{E^3 J_0^t(E)^2}{2048\mathcal{N}^3 J_0^x(E)} (J_1^x)^2 + \dots$$

抵抗

粘性 (?)

## 奇妙な「粘性」

- 線形項は 0: 勾配の 2 次から。
- 電場に強く依存: 電場 0 で粘性も 0。

# まとめと課題

## まとめ

- 定常粘性流：非平衡定常系  
外力 = 散逸
- クォーク流体系での実現  
重力系への翻訳 (AdS/CFT)
- 結果：粘性は勾配の2次から

## 課題

- 近似や解釈は妥当か？
- 展開によらない計算は可能か？

