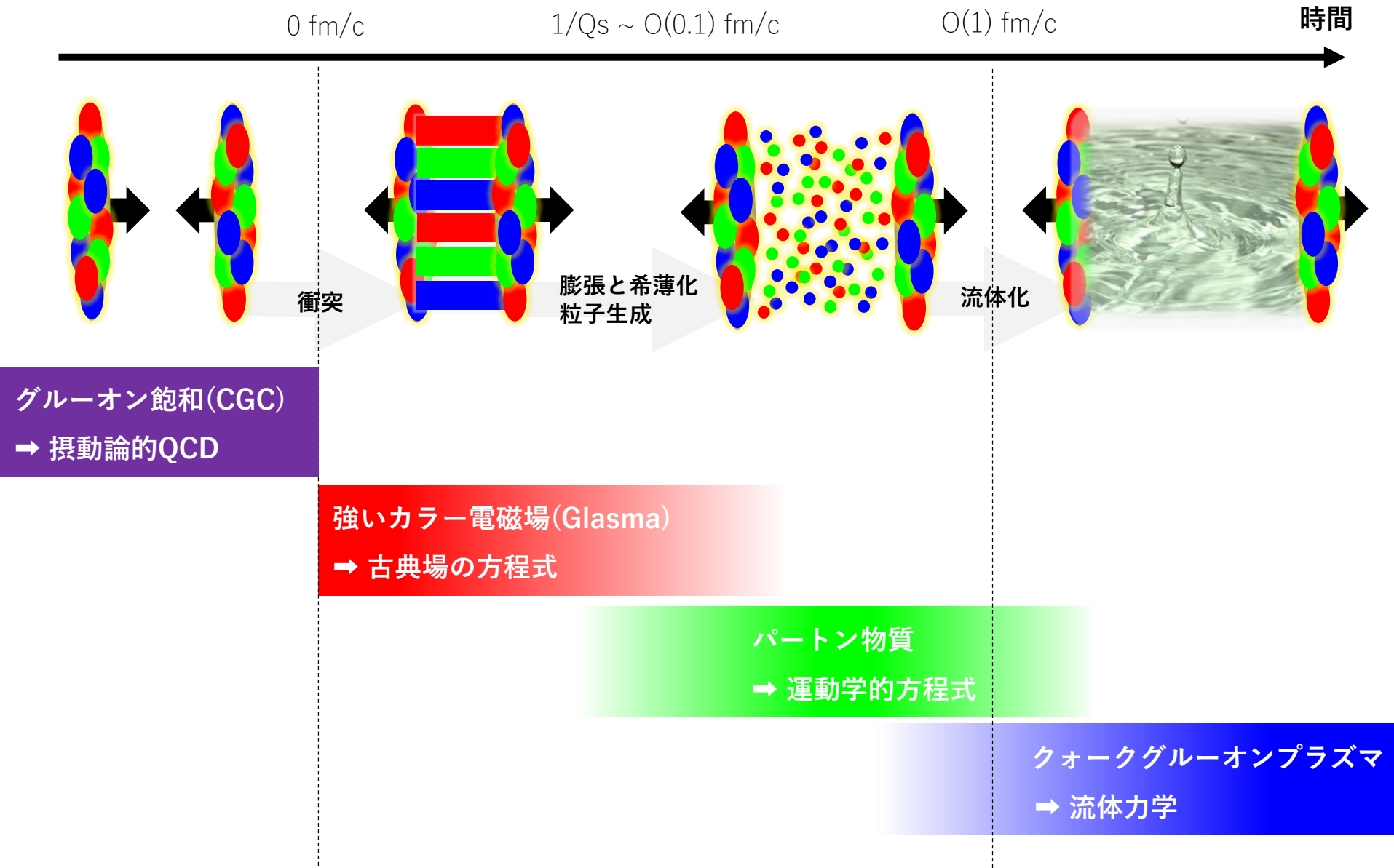


初期過程

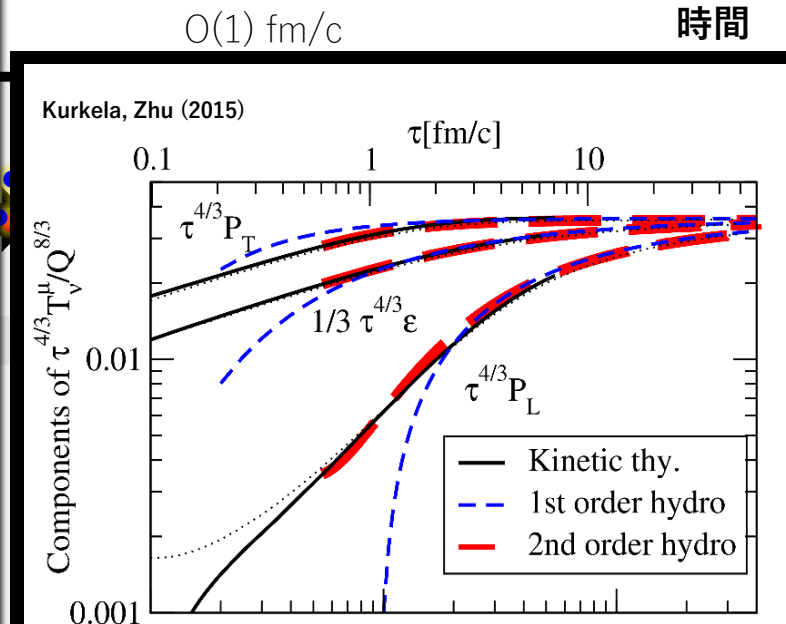
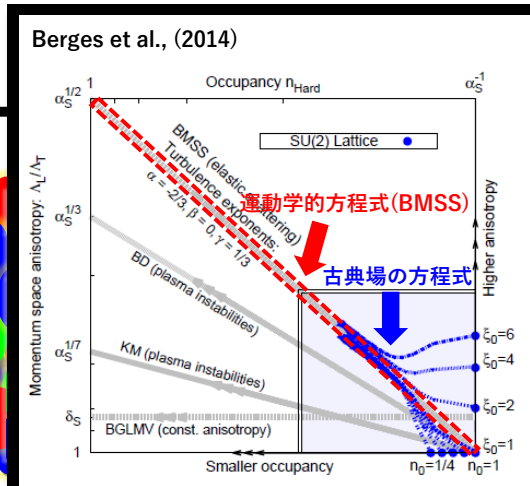
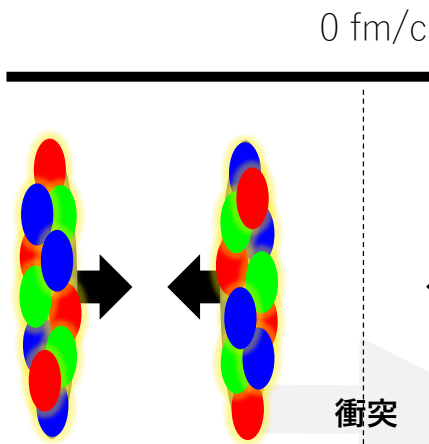
田屋 英俊

(東大駒場 ⇒ 理研)

復習：現状の理解



復習：現状の理解

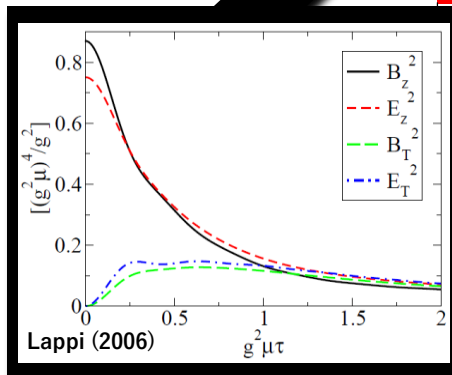


グルーオン飽和 (CGC)
→ 摂動論的 QCD

- ✓ 古典場の方程式は、運動学的方程式に滑らかにつながる
- ✓ ボトムアップ的な描像を支持 [BMSS; Baier et al., (2001)]

強いカラー電磁場 (Glasma)
→ 古典場の方程式

- ✓ 運動学的方程式は、流体計算に滑らかにつながる
- ✓ 「非等方でも流体が使える」と思えば、時間スケールは短い： $\tau \sim O(1) \text{ fm}/c$
- ✓ 「流体化」と「等方化」「熱化」を区別する必要？



- ✓ 縦方向に強いカラー電磁場： $gE, gB \sim Q_s^2 \sim O(1) \text{ GeV}^2$
- ✓ 強い非等方性： $P_T = \frac{E_L^2 + B_L^2}{2} > 0$
 $P_L = \frac{E_T^2 + B_T^2 - E_L^2 - B_L^2}{2} \sim -P_T < 0$

パートン物質
→ 運動学的方程式

クォークグルーオンプラズマ
→ 流体力学

復習：現状の理解

(パッチワークだし、流体化など不満・疑問は残るが)

理論は着実に発展している

問題意識

(1) 観測量との関連を考えよう

(2) おもしろい現象を探そう

(3) 理論をもっと詰めよう

今回の Quark Matter

(1) 観測量との関連を考えよう

- ・ 流体模型の初期条件の構築 Schlichting / Mazeliauskas
- ・ 初期過程からの光子生成量の概算 丹治
- ・ 観測量から初期過程の情報を抽出する Bernhard

(2) おもしろい現象を探そう

- ・ 過渡的なBEC形成の可能性 筒井(ポスター)
- ・ 初期過程におけるスファレロン遷移 Mace(ポスター)
- ・ 初期過程の非平衡発展を考慮したCME/CSEの評価 Muller / Huang(ポスター)

(3) 理論をもっと詰めよう

- ・ 流体化とは？流体力学が適用できる条件は？ Romatschke / Noronha
- ・ パッチワークでない、クォーク・グルーオン生成と熱化の記述 田屋(ポスター)

今回の Quark Matter

(1) 観測量との関連を考えよう

- ・ 流体模型の初期条件の構築 Schlichting / Mazeliauskas
- ・ 初期過程からの光子生成量の概算 丹治
- ・ 観測量から初期過程の情報を抽出する Bernhard

(2) おもしろい現象を探そう

- ・ 過渡的なBEC形成の可能性 筒井(ポスター)
- ・ 初期過程におけるスファレロン遷移 Mace(ポスター)
- ・ 初期過程の非平衡発展を考慮したCME/CSEの評価 Muller / Huang(ポスター)

(3) 理論をもっと詰めよう

- ・ 流体化とは？流体力学が適用できる条件は？ Romatschke / Noronha
- ・ パッチワークでない、クォーク・グルーオン生成と熱化の記述 田屋(ポスター)

今回の Quark Matter

(1) 観測量との関連を考えよう

- 流体模型の初期条件の構築 Schlichting / Mazeliauskas
- 初期過程からの光子生成量の概算 丹治
- 観測量から初期過程の情報を抽出する Bernhard

(2) おもしろい現象を探そう

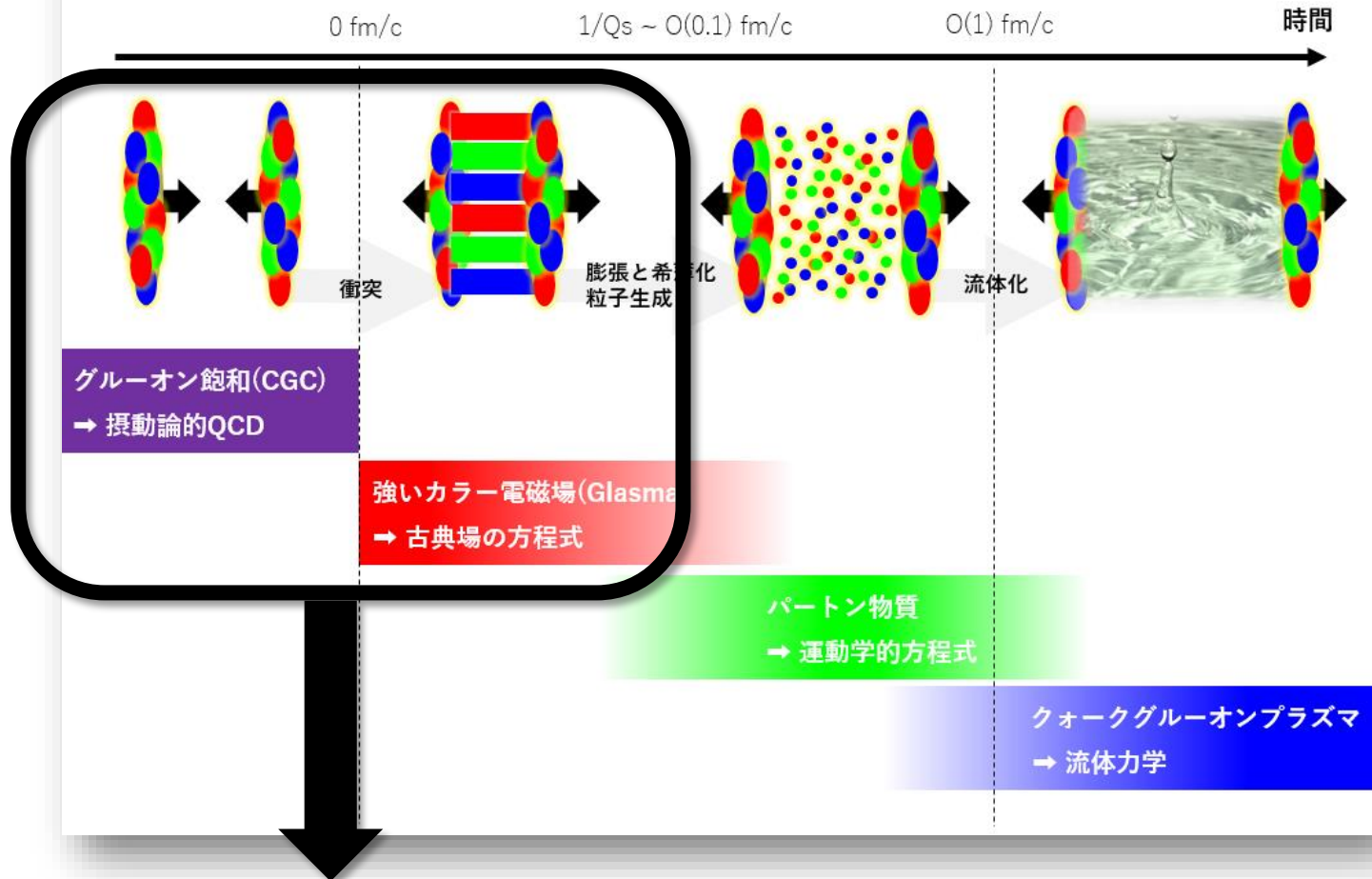
- 過渡的なBEC形成の可能性 筒井(ポスター)
- 初期過程におけるスファレロン遷移 Mace(ポスター)
- 初期過程の非平衡発展を考慮したCME/CSEの評価 Muller / Huang(ポスター)

(3) 理論をもっと詰めよう

- 流体化とは？流体力学が適用できる条件は？ Romatschke / Noronha
- パッチワークでない、クォーク・グルーオン生成と熱化の記述 田屋(ポスター)

やったこと

復習：現状の理解

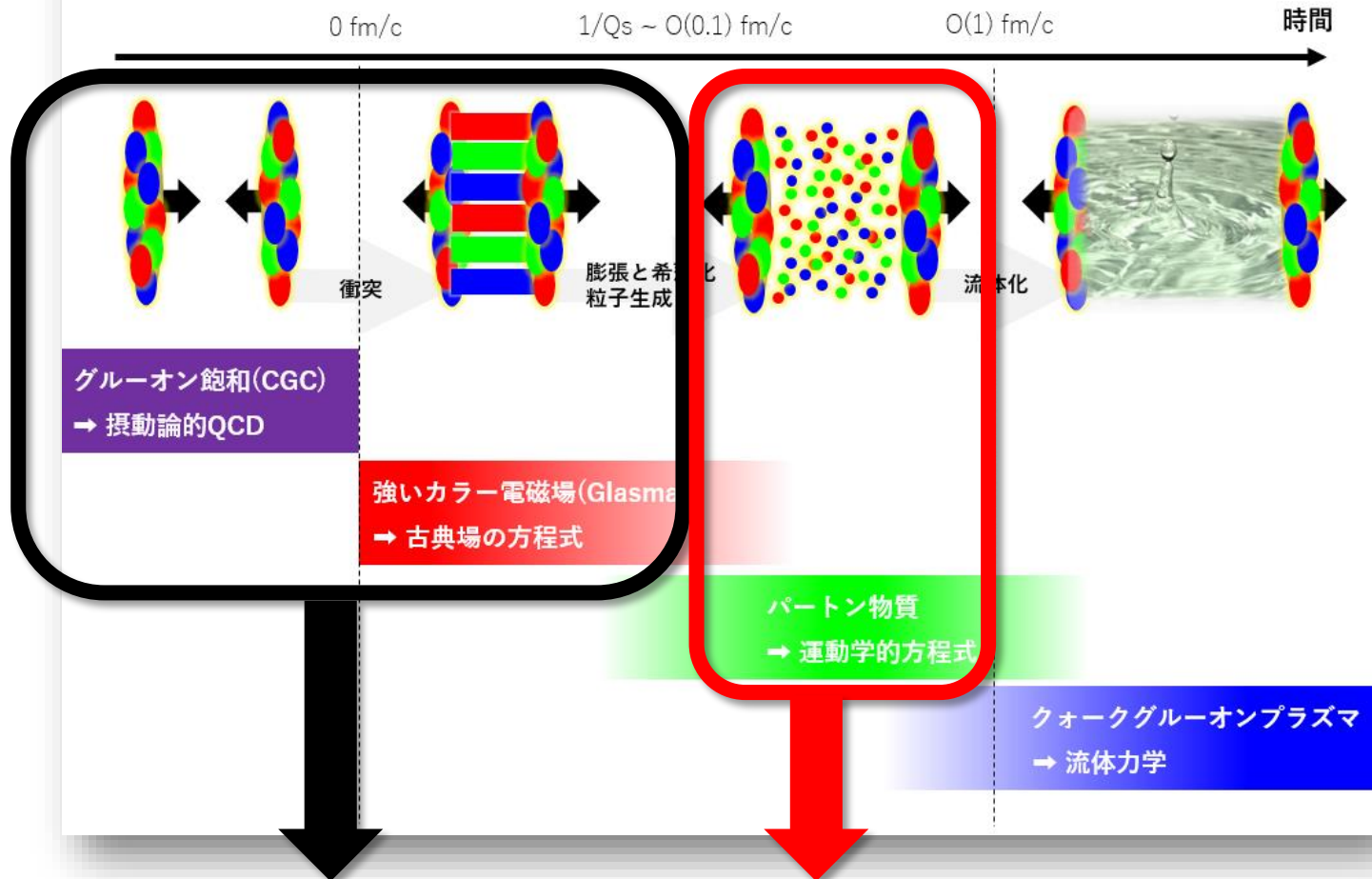


IP-Glasma模型

CGC(IP-sat)+古典YM

やったこと

復習：現状の理解

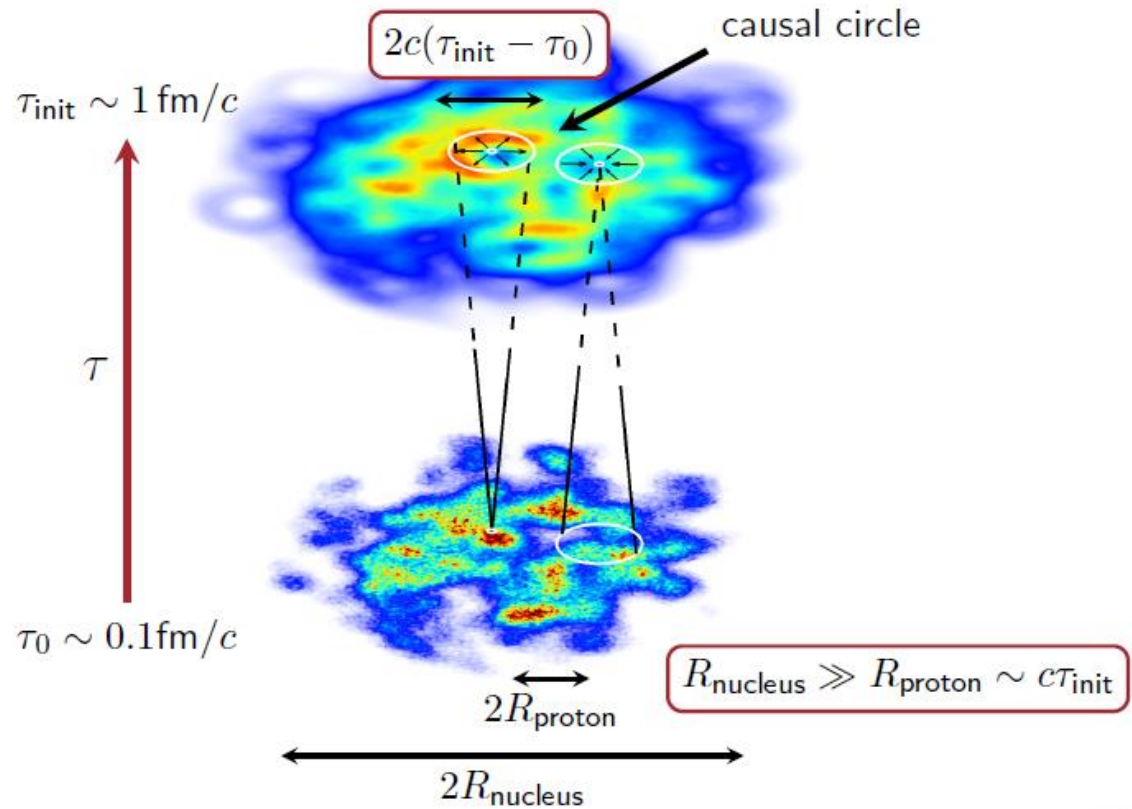


IP-Glasma模型
CGC(IP-sat)+古典YM

**パートンレベルの運動学的な
非平衡発展も取り込んだ**

基本的な戦略

Early evolution of transverse perturbations



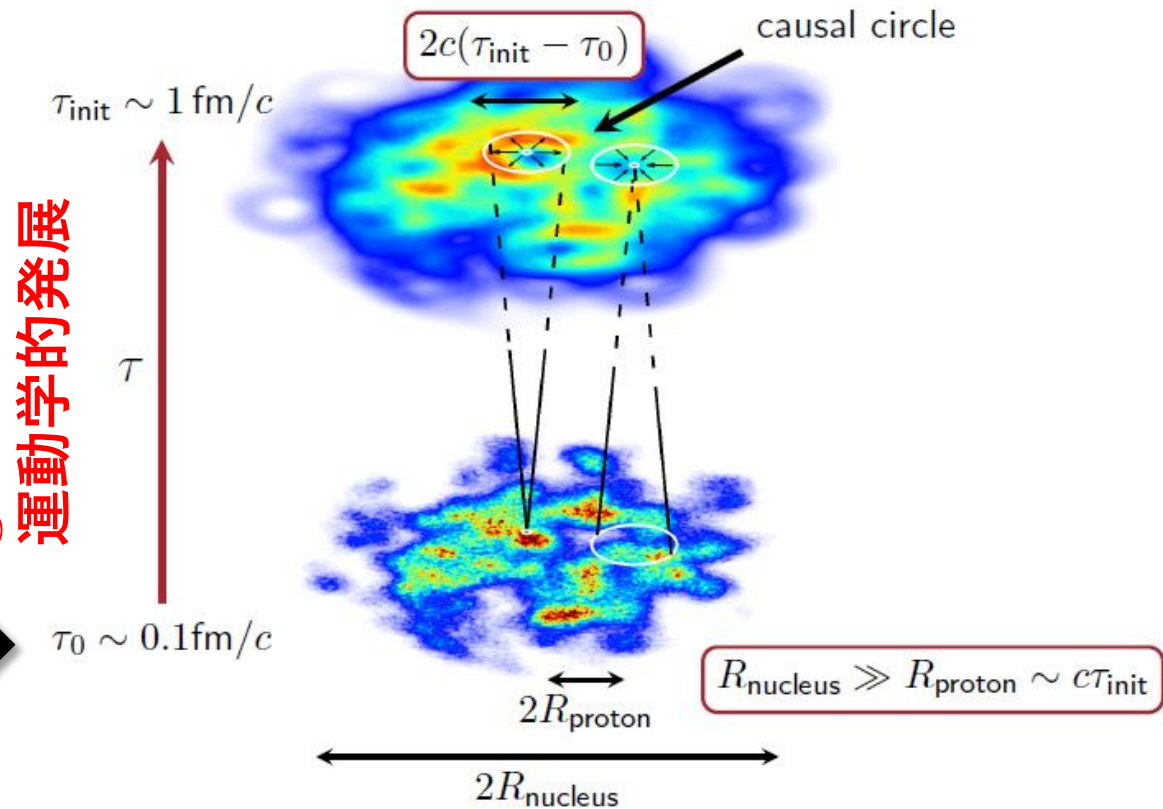
①

IP-Glasma模型による初期条件

CGC(IP-sat)+古典YM

基本的な戦略

Early evolution of transverse perturbations



①

IP-Glasma模型による初期条件

CGC(IP-sat)+古典YM

②

運動学的発展

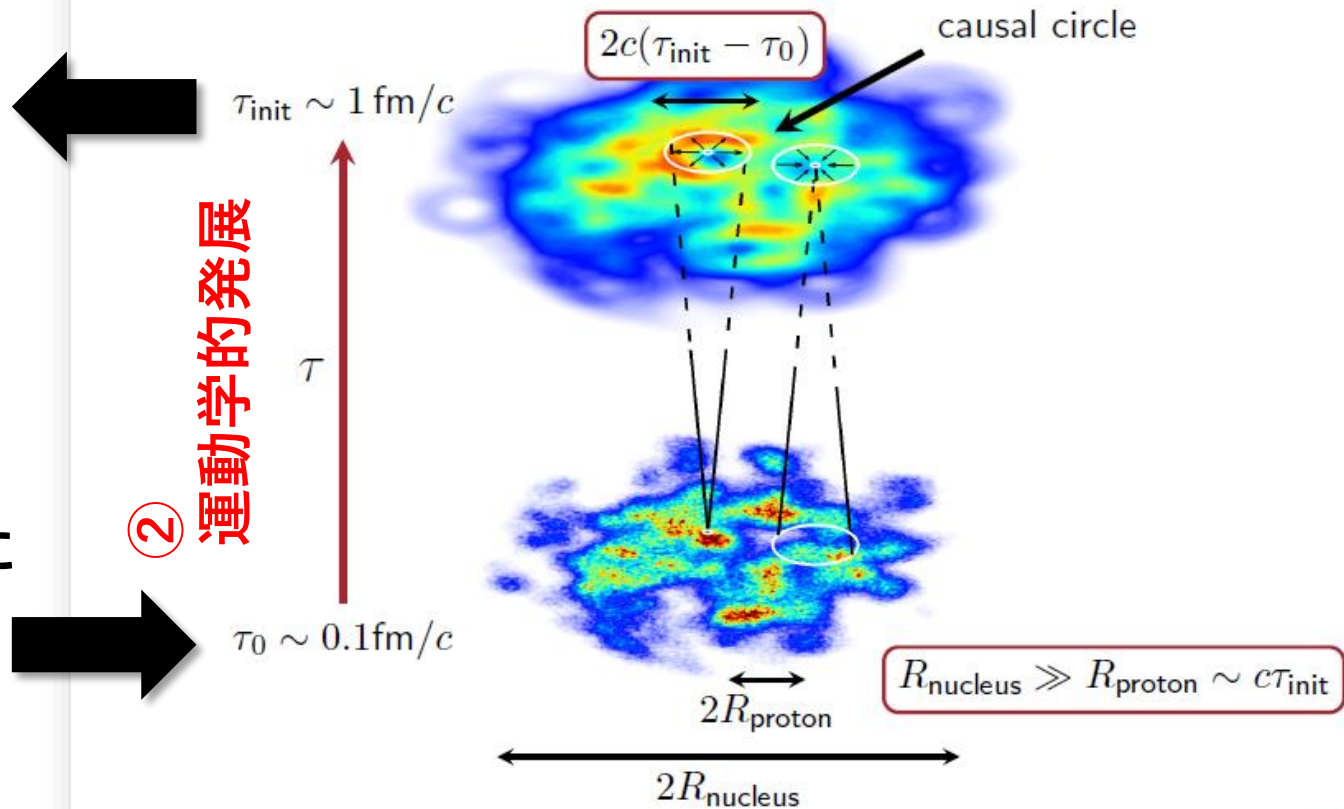
基本的な戦略

③ 求めたい流体の
初期条件

① IP-Glasma模型に
よる初期条件

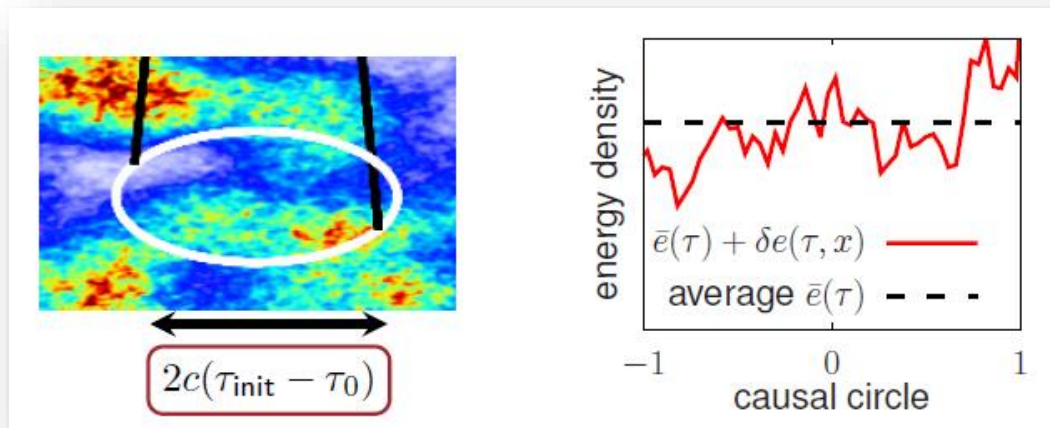
CGC(IP-sat)+古典YM

Early evolution of transverse perturbations



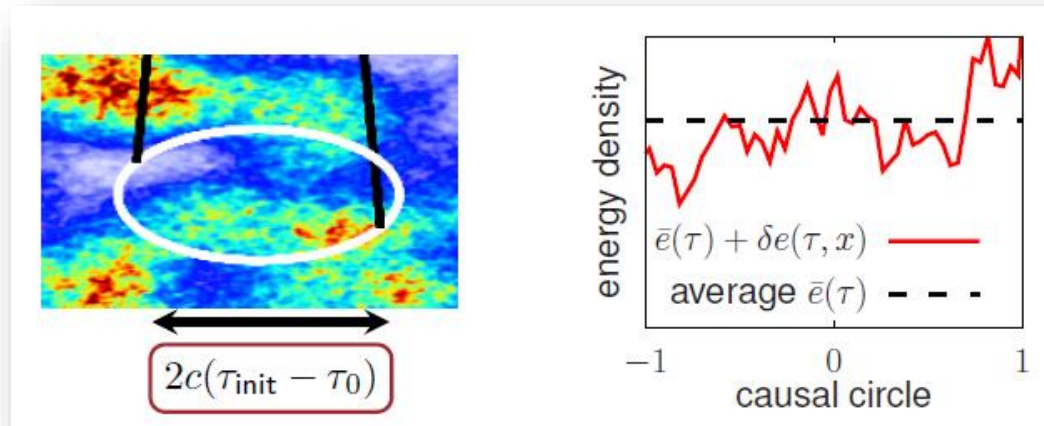
基本的な戦略

- ・ サークルの領域だけに注目する



基本的な戦略

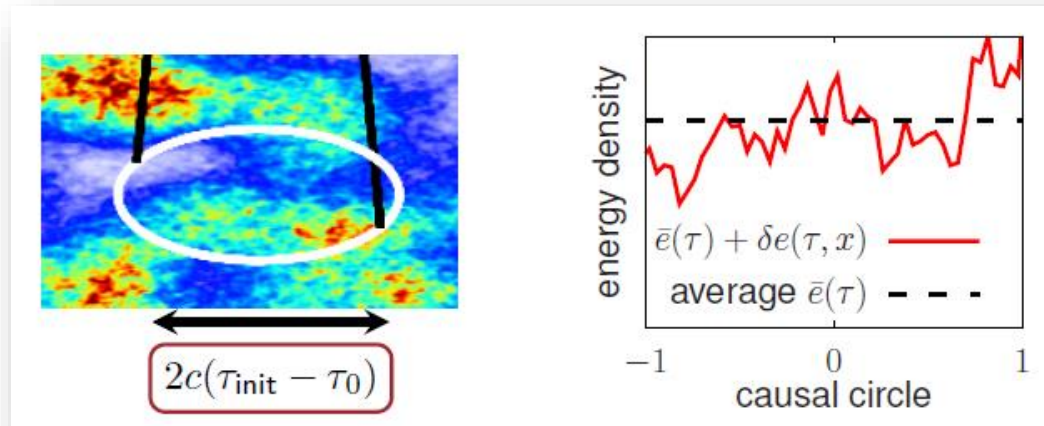
- ・ サークルの領域だけに注目する



➔ 『一様分布 + (横平面の)小さなゆらぎ』がよい近似

基本的な戦略

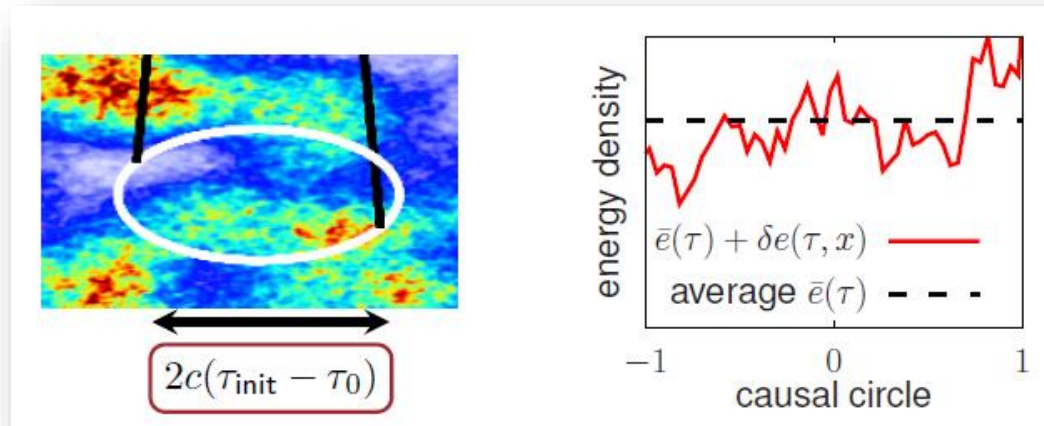
- ・ サークルの領域だけに注目する



- ➔ 『一様分布 + (横平面の)小さなゆらぎ』がよい近似
- ➔ 分布関数を $f = \bar{f}(\text{一様}) + \delta f(\text{ゆらぎ})$ と分解

基本的な戦略

- ・ サークルの領域だけに注目する



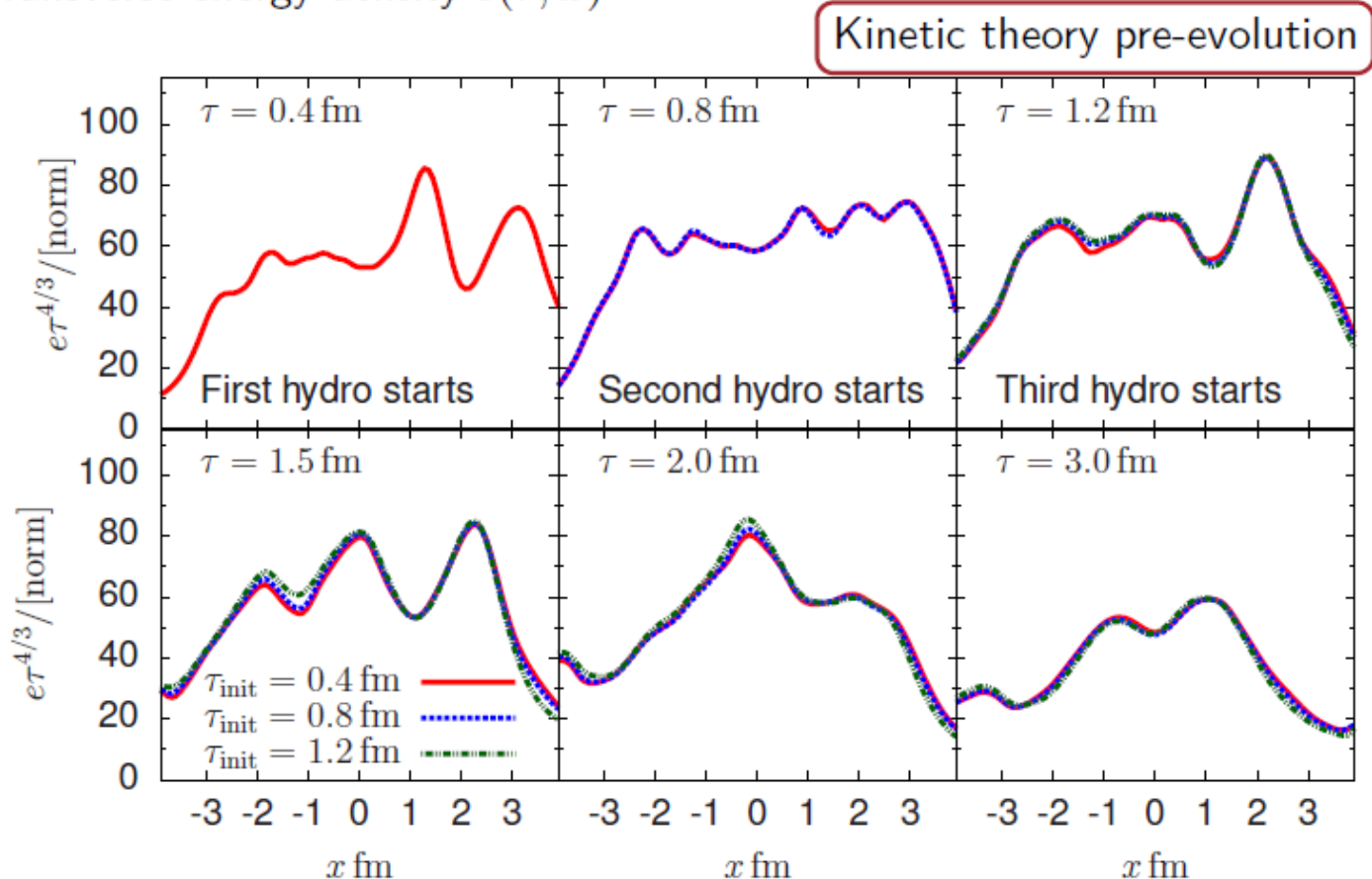
- ➔ 『一様分布 + (横平面の)小さなゆらぎ』がよい近似
- ➔ 分布関数を $f = \bar{f}(\text{一様}) + \delta f(\text{ゆらぎ})$ と分解
- ➔ Boltzman方程式を解く。 $\delta f(\text{ゆらぎ})$ は線形化する

$$\partial_{\tau} f + \frac{\mathbf{p}}{|p|} \cdot \nabla f - \frac{p_z}{\tau} \partial_{p_z} f = - \underbrace{C_{2 \leftrightarrow 2}[f]}_{\text{Diagram 1}} - \underbrace{C_{1 \leftrightarrow 2}[f]}_{\text{Diagram 2}}$$

The equation is accompanied by two diagrams. The first diagram, labeled $C_{2 \leftrightarrow 2}[f]$, shows two particles colliding and then splitting into two particles. The second diagram, labeled $C_{1 \leftrightarrow 2}[f]$, shows a single particle colliding with a wall and reflecting back.

結果: エネルギー分布

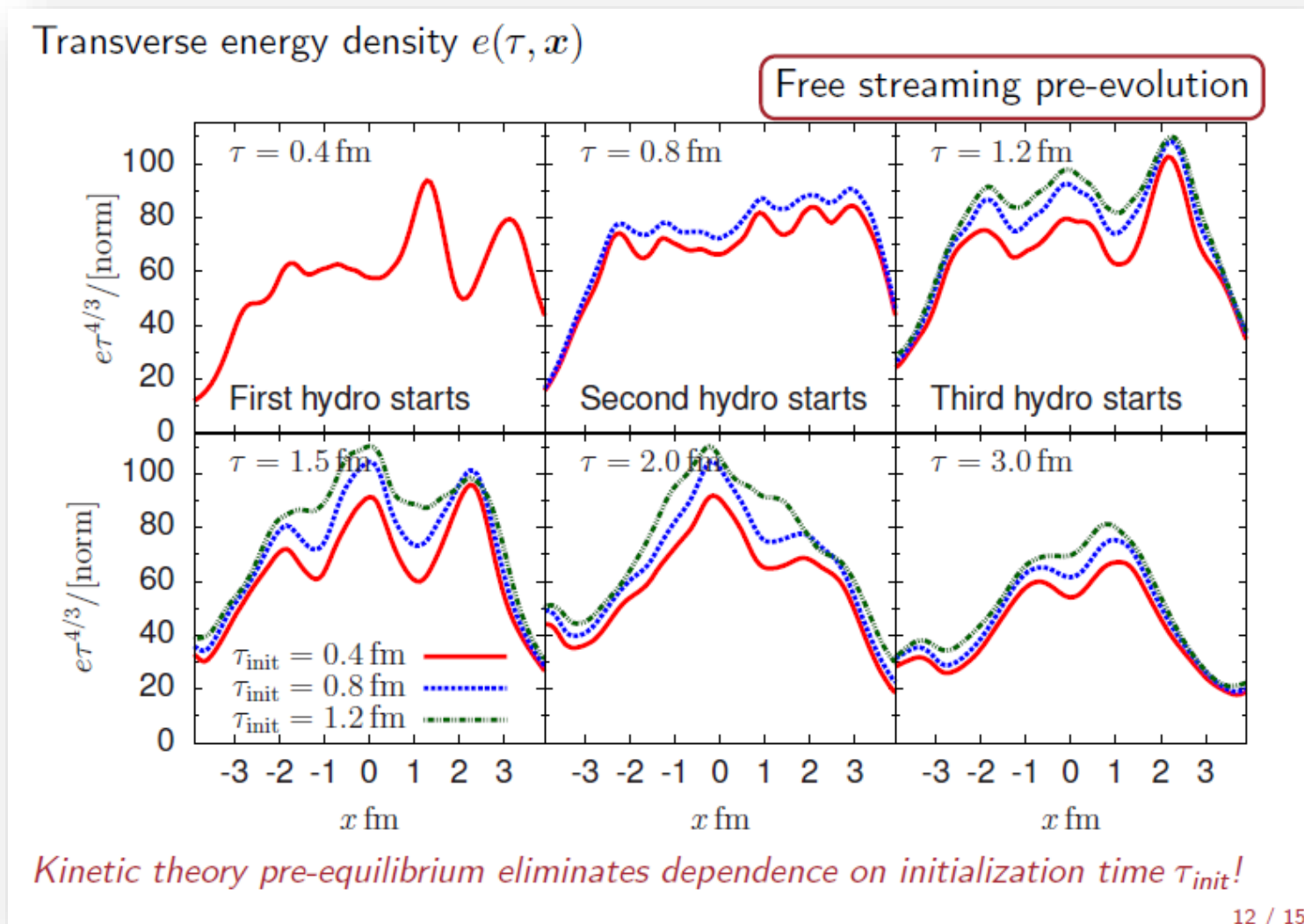
Transverse energy density $e(\tau, x)$



Kinetic theory pre-equilibrium eliminates dependence on initialization time τ_{init} !

- ✓ 流体と運動学的な記述は、overlapする領域があるので、初期時刻に敏感でない

参考: free streamingの場合



- ✓ 流体とfree streamingは、consistentでないので、初期時刻の依存する

今回の Quark Matter

(1) 観測量との関連を考えよう

- ・ 流体模型の初期条件の構築 Schlichting / Mazeliauskas
- ・ 初期過程からの光子生成量の概算 丹治
- ・ 観測量から初期過程の情報を抽出する Bernhard

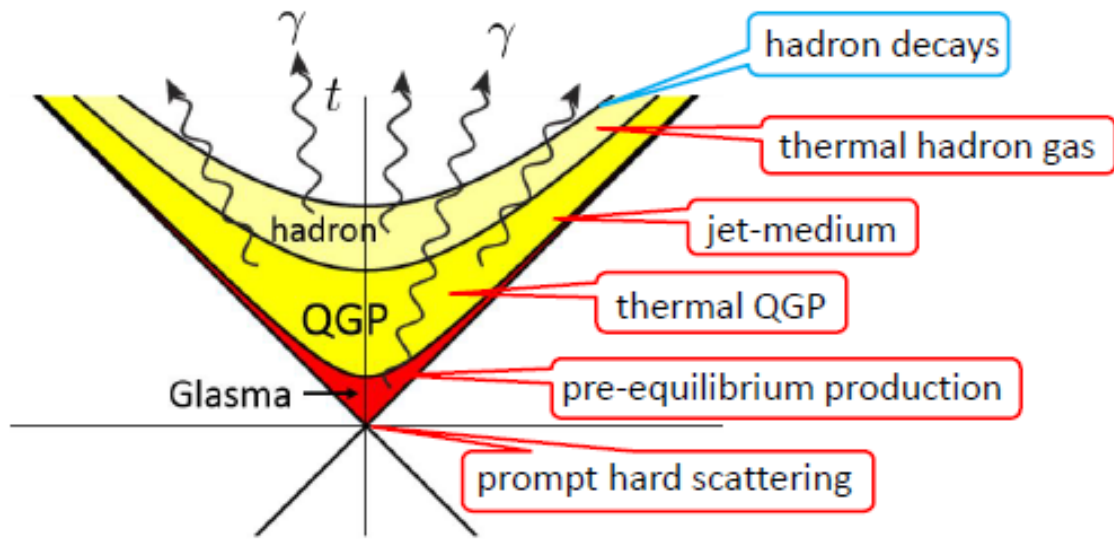
(2) おもしろい現象を探そう

- ・ 過渡的なBEC形成の可能性 筒井(ポスター)
- ・ 初期過程におけるスファレロン遷移 Mace(ポスター)
- ・ 初期過程の非平衡発展を考慮したCME/CSEの評価 Muller / Huang(ポスター)

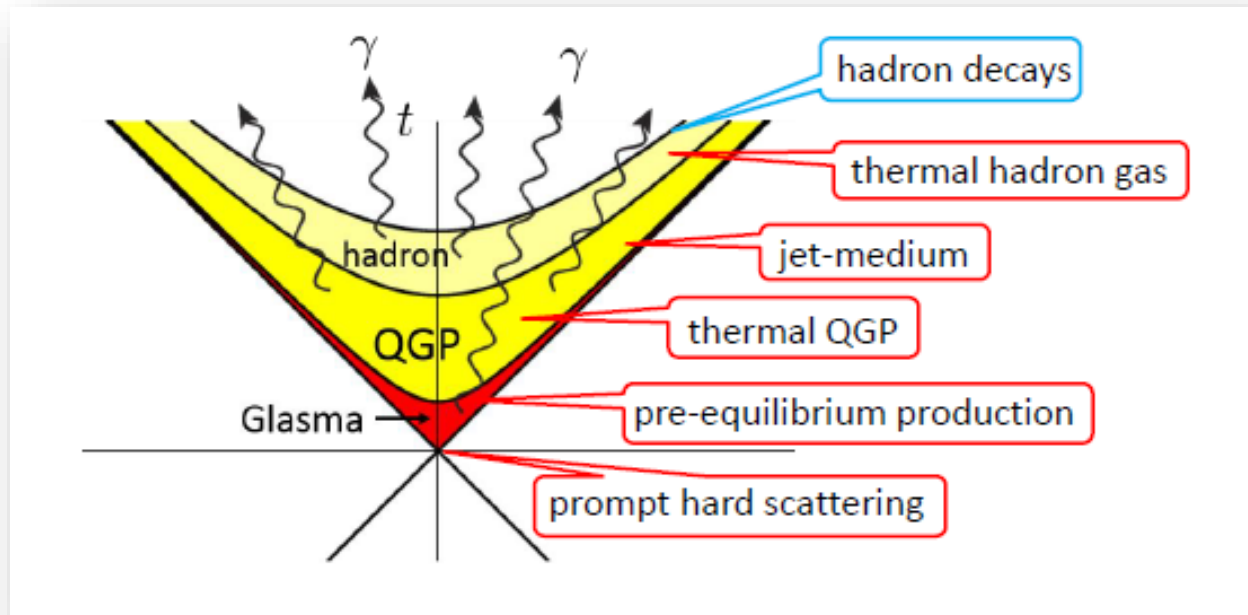
(3) 理論をもっと詰めよう

- ・ 流体化とは？流体力学が適用できる条件は？ Romatschke / Noronha
- ・ パッチワークでない、クォーク・グルーオン生成と熱化の記述 田屋(ポスター)

やったこと



やったこと

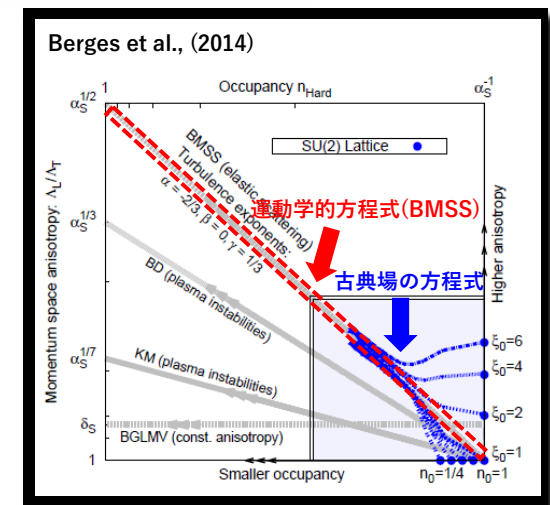


- 初期過程からの光子生成は十分に検討されていない
- 時空間体積は小さい。が、エネルギー密度は高い。なので、収量が無視できるかは非自明

➔ 初期過程からの光子生成量を概算

(ボトムアップ的な描像(BMSS)の概算に基づき)

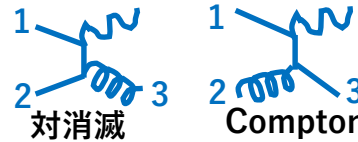
➔ thermal QGPからの収量の概算と比較



Step1: 光子生成率

Production rate via the annihilation and Compton processes

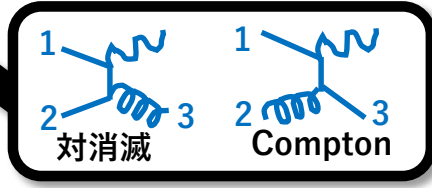
$$E \frac{dN}{d^4 X d^3 p} = \frac{1}{2(2\pi)^3} \int_{p_1, p_2, p_3} |\mathcal{M}|^2 (2\pi)^4 \delta^4(P_1 + P_2 - P_3 - P) f_1(p_1) f_2(p_2) [1 \pm f_3(p_3)]$$



Step1: 光子生成率

Production rate via the annihilation and Compton processes

$$E \frac{dN}{d^4 X d^3 p} = \frac{1}{2(2\pi)^3} \int_{p_1, p_2, p_3} |\mathcal{M}|^2 (2\pi)^4 \delta^4(P_1 + P_2 - P_3 - P) f_1(p_1) f_2(p_2) [1 \pm f_3(p_3)]$$



f_i : 熱的

$f_1 f_2 \sim e^{-(E_1 + E_2)/T}$ (古典近似)

➤ Thermal phase

$$E \frac{dN^{\text{th}}}{d^4 x d^3 p} = \frac{5}{9} C \frac{\alpha \alpha_s}{2\pi^2} T^2 e^{-E/T} \quad C \sim \log(1/\alpha_s)$$

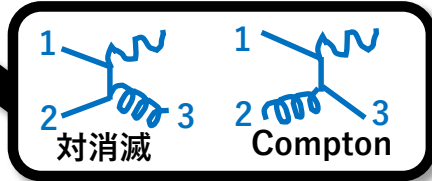
Kapsta, Lichard, Seibert (1991)

Ideal 1+1d expansion $T(\tau) = T_{\text{th}} \left(\frac{\tau_{\text{th}}}{\tau} \right)^{1/3}$

Step1: 光子生成率

Production rate via the annihilation and Compton processes

$$E \frac{dN}{d^4 X d^3 p} = \frac{1}{2(2\pi)^3} \int_{p_1, p_2, p_3} |\mathcal{M}|^2 (2\pi)^4 \delta^4(P_1 + P_2 - P_3 - P) f_1(p_1) f_2(p_2) [1 \pm f_3(p_3)]$$



f_i : 熱的

$f_1 f_2 \sim e^{-(E_1 + E_2)/T}$ (古典近似)

➤ Thermal phase

$$E \frac{dN^{\text{th}}}{d^4 x d^3 p} = \frac{5}{9} C \frac{\alpha \alpha_s}{2\pi^2} T^2 e^{-E/T} \quad C \sim \log(1/\alpha_s) \quad \text{Kapsta, Lichard, Seibert (1991)}$$

Ideal 1+1d expansion $T(\tau) = T_{\text{th}} \left(\frac{\tau_{\text{th}}}{\tau} \right)^{1/3}$

➤ Glasma phase

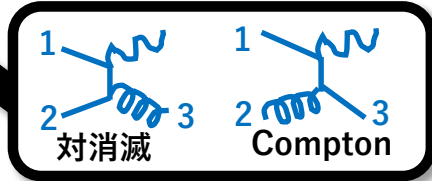
$$E \frac{dN}{d^4 X d^3 p} = \frac{40}{9\pi^2} \alpha \alpha_s \mathcal{L} f_q(\mathbf{p}) \int \frac{d^3 p'}{(2\pi)^3} \frac{1}{p'} [f_g(\mathbf{p}') + f_q(\mathbf{p}')] \quad \mathcal{L} \sim \log(1/\alpha_s)$$

small angle approx.

Step1: 光子生成率

Production rate via the annihilation and Compton processes

$$E \frac{dN}{d^4 X d^3 p} = \frac{1}{2(2\pi)^3} \int_{p_1, p_2, p_3} |\mathcal{M}|^2 (2\pi)^4 \delta^4(P_1 + P_2 - P_3 - P) f_1(p_1) f_2(p_2) [1 \pm f_3(p_3)]$$



f_i : 熱的

$f_1 f_2 \sim e^{-(E_1 + E_2)/T}$ (古典近似)

Thermal phase

$$E \frac{dN^{\text{th}}}{d^4 x d^3 p} = \frac{5}{9} C \frac{\alpha \alpha_s}{2\pi^2} T^2 e^{-E/T} \quad C \sim \log(1/\alpha_s) \quad \text{Kapsta, Lichard, Seibert (1991)}$$

Ideal 1+1d expansion $T(\tau) = T_{\text{th}} \left(\frac{\tau_{\text{th}}}{\tau} \right)^{1/3}$

Glasma phase

$$E \frac{dN}{d^4 X d^3 p} = \frac{40}{9\pi^2} \alpha \alpha_s \mathcal{L} f_q(\mathbf{p}) \int \frac{d^3 p'}{(2\pi)^3} \frac{1}{p'} [f_g(\mathbf{p}') + f_q(\mathbf{p}')] \quad \mathcal{L} \sim \log(1/\alpha_s)$$

small angle approx.

生成率を時空間で積分すると収量求まる

→ Thermal/Glasma相の持続時間は？ (Step2)

Step2: 持続時間の推定

仮定(1) : ボトムアップ的なシナリオの推定 [BMSS; Baier et al., (2001)]

$$\text{thermalization time} \quad \tau_{\text{th}} = c_{\text{eq}} \alpha_s^{-13/5} Q_s^{-1}$$

$$\text{temperature at that time} \quad T_{\text{th}} = c_{\text{eq}} c_T \alpha_s^{2/5} Q_s \quad (c_T \sim 0.18, c_{\text{eq}}: \text{unknown})$$

仮定(2) : QGPのエントロピーを自由ガスで近似

$$\frac{dS_{\text{QGP}}}{d\eta} = d_{\text{DoG}} \times \frac{2\pi^2}{45} T^3 \times \tau S_{\perp} \quad (d_{\text{DoG}} = 37 \text{ for } N_c = 2, N_f = 2)$$

仮定(3) : QGP生成以降は、エントロピーが保存

$$\frac{dS_{\text{QGP}}(\tau_{\text{th}})}{d\eta} = \frac{dS_{\text{QGP}}(\tau_c)}{d\eta} = \frac{dS_{\text{hadron}}}{d\eta}$$

Step2: 持続時間の推定

仮定(1) : ボトムアップ的なシナリオの推定 [BMSS; Baier et al., (2001)]

$$\text{thermalization time} \quad \tau_{\text{th}} = c_{\text{eq}} \alpha_s^{-13/5} Q_s^{-1}$$

$$\text{temperature at that time} \quad T_{\text{th}} = c_{\text{eq}} c_T \alpha_s^{2/5} Q_s \quad (c_T \sim 0.18, c_{\text{eq}}: \text{unknown})$$

仮定(2) : QGPのエントロピーを自由ガスで近似

$$\frac{dS_{\text{QGP}}}{d\eta} = d_{\text{DoG}} \times \frac{2\pi^2}{45} T^3 \times \tau S_{\perp} \quad (d_{\text{DoG}} = 37 \text{ for } N_c = 2, N_f = 2)$$

仮定(3) : QGP生成以降は、エントロピーが保存

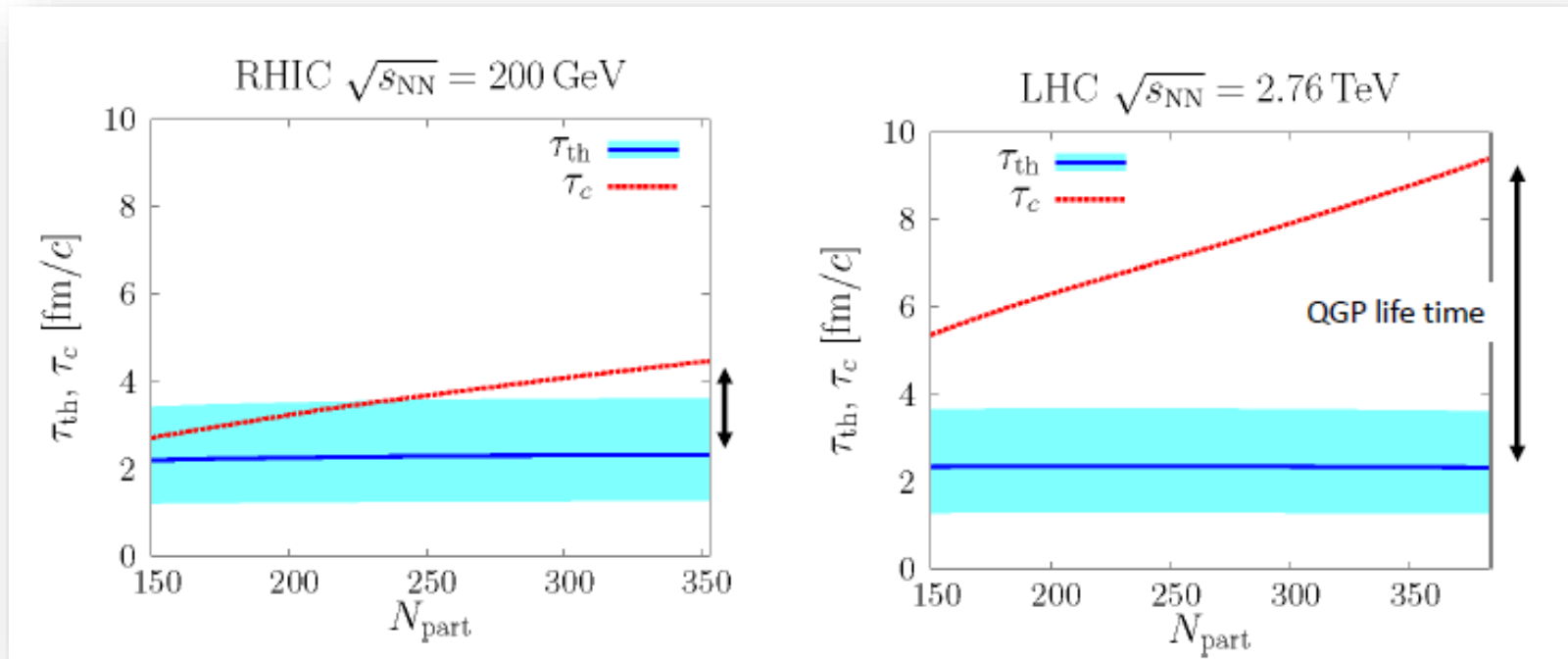
$$\frac{dS_{\text{QGP}}(\tau_{\text{th}})}{d\eta} = \frac{dS_{\text{QGP}}(\tau_c)}{d\eta} = \frac{dS_{\text{hadron}}}{d\eta} \quad (\tau_c: \text{ハドロン化時刻})$$

→ τ_{th}, τ_c を $dS_{\text{hadron}}/d\eta$ の関数として書ける

$$\text{観測量から推定できる: } \frac{dS_{\text{hadron}}}{d\eta} = k \frac{dN_{\text{ch}}}{d\eta} \quad k \simeq 7.2 \quad \text{Pal, Pratt (2004)}$$

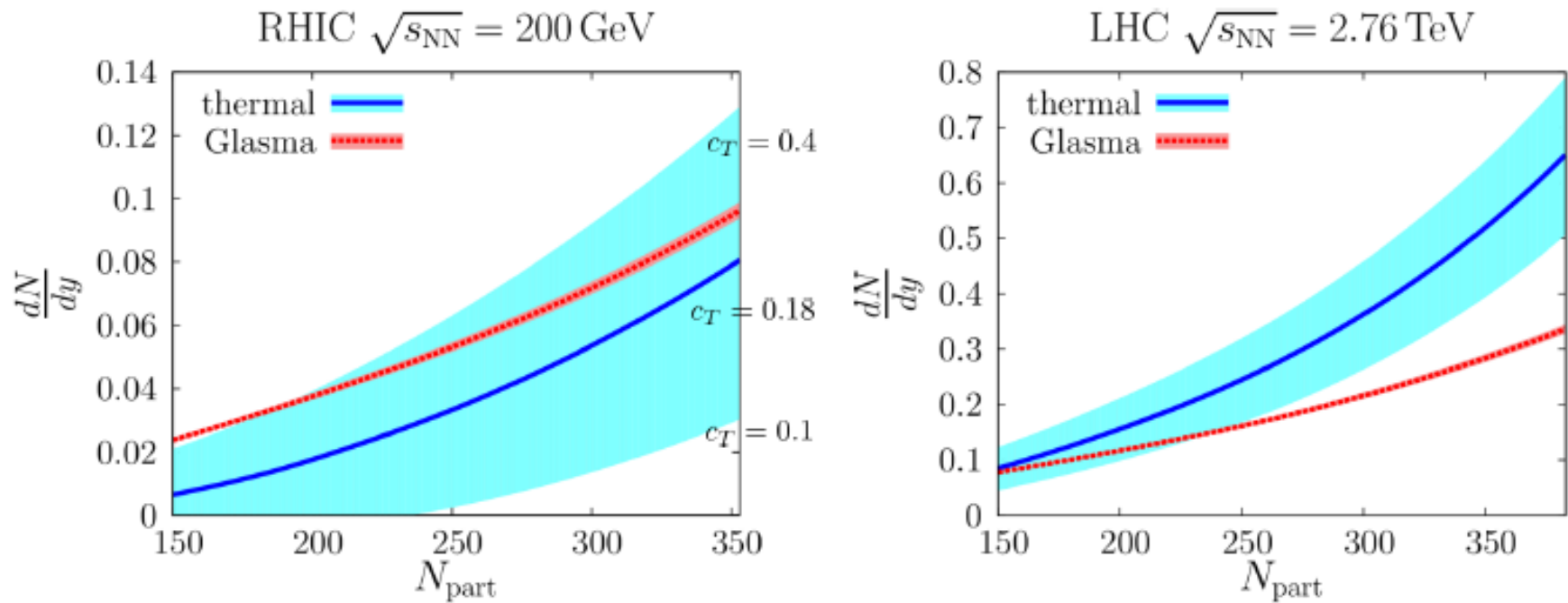
Step2: 持続時間の推定

仮定(1)-(3)と観測量から推定した τ_{th}, τ_c



- ✓ QGPの寿命は、中心度 and/or 衝突エネルギーが高いと長い
- ✓ τ_{th} の依存性は弱い

結果: RHIC/LHCでの光子収量



- For lower collision energy, the Glasma contribution is relatively more important.
- For less central collisions,

今回の Quark Matter

(1) 観測量との関連を考えよう

- ・ 流体模型の初期条件の構築 Schlichting / Mazeliauskas
- ・ 初期過程からの光子生成量の概算 丹治
- ・ 観測量から初期過程の情報を抽出する Bernhard

(2) おもしろい現象を探そう

- ・ 過渡的なBEC形成の可能性 筒井(ポスター)
- ・ 初期過程におけるスファレロン遷移 Mace(ポスター)
- ・ 初期過程の非平衡発展を考慮したCME/CSEの評価 Muller / Huang(ポスター)

(3) 理論をもっと詰めよう

- ・ 流体化とは？流体力学が適用できる条件は？ Romatschke / Noronha
- ・ パッチワークでない、クォーク・グルーオン生成と熱化の記述 田屋(ポスター)

やったこと

実験データからHICの情報を引き出すのは難しい

HICの情報

衝突グループオン分布
熱化時間
状態方程式
粘性
化学凍結温度
etc...

実験データ

Yield
フロー
 R_{AA}
 p_T スペクトル
粒子組成
etc...

やったこと

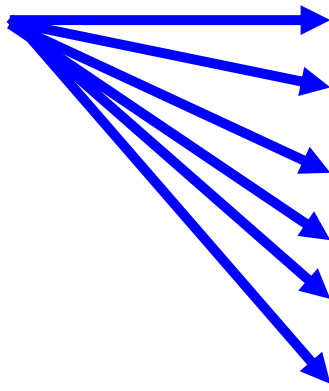
実験データからHICの情報を引き出すのは難しい

HICの情報

衝突グルーオン分布
熱化時間
状態方程式
粘性
化学凍結温度
etc...

実験データ

Yield
フロー
 R_{AA}
 p_T スペクトル
粒子組成
etc...



やったこと

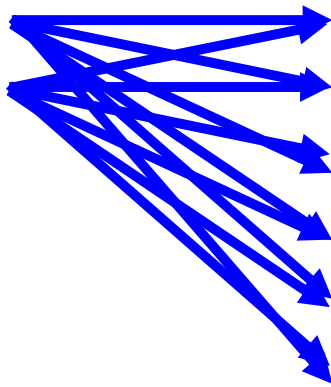
実験データからHICの情報を引き出すのは難しい

HICの情報

衝突グルーオン分布
熱化時間
状態方程式
粘性
化学凍結温度
etc...

実験データ

Yield
フロー
 R_{AA}
 p_T スペクトル
粒子組成
etc...



やったこと

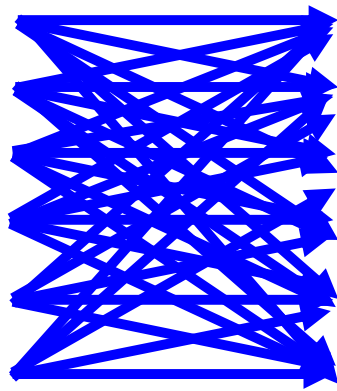
実験データからHICの情報を引き出すのは難しい

HICの情報

衝突グルーオン分布
熱化時間
状態方程式
粘性
化学凍結温度
etc...

実験データ

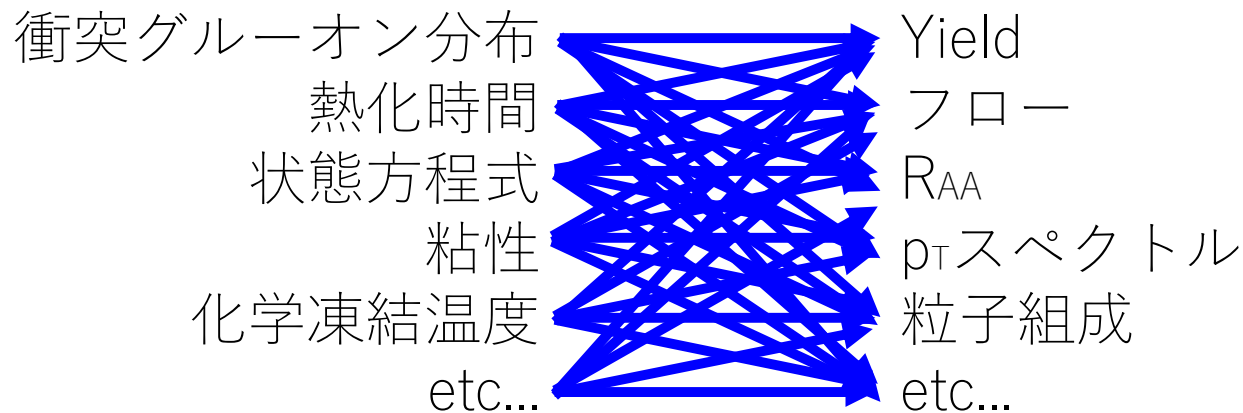
Yield
フロー
 R_{AA}
 p_T スペクトル
粒子組成
etc...



やったこと

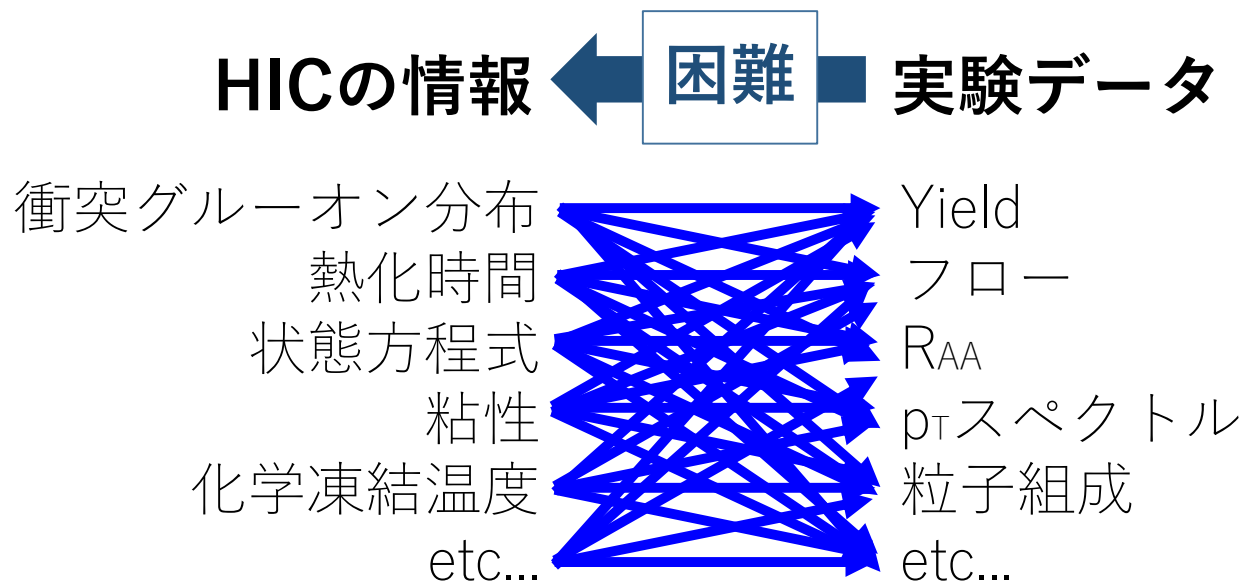
実験データからHICの情報を引き出すのは難しい

HICの情報 ← **困難** → 実験データ



やったこと

実験データからHICの情報を引き出すのは難しい



- **ベイズ統計が有用**
- **初期過程の情報などを引き出した**

方法の大枠

(1) HICを適当にモデル化する

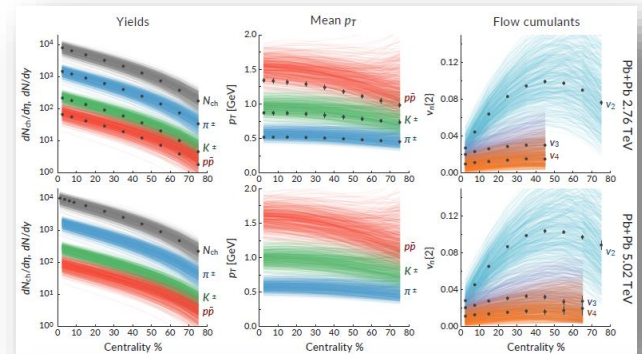
衝突直後 (エントロピー分布) : TRENTO ($p, \sigma_{\text{fluct}}, k, w$)

初期過程 : Free Streaming (τ_{fs})

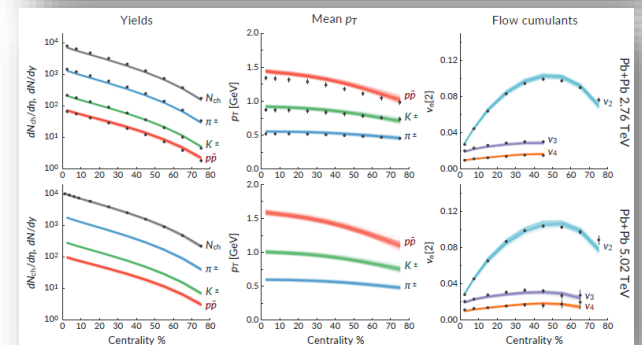
QGP相 : OSU VISH 2+1 ($\eta/s, \zeta/s$)

ハドロン相 : UrQMD (T_{switch})

(2) 色々なパラメタセットで計算して、実験と比較



(3) ベイズ推定に基づき、尤もらしいパラメタを抽出

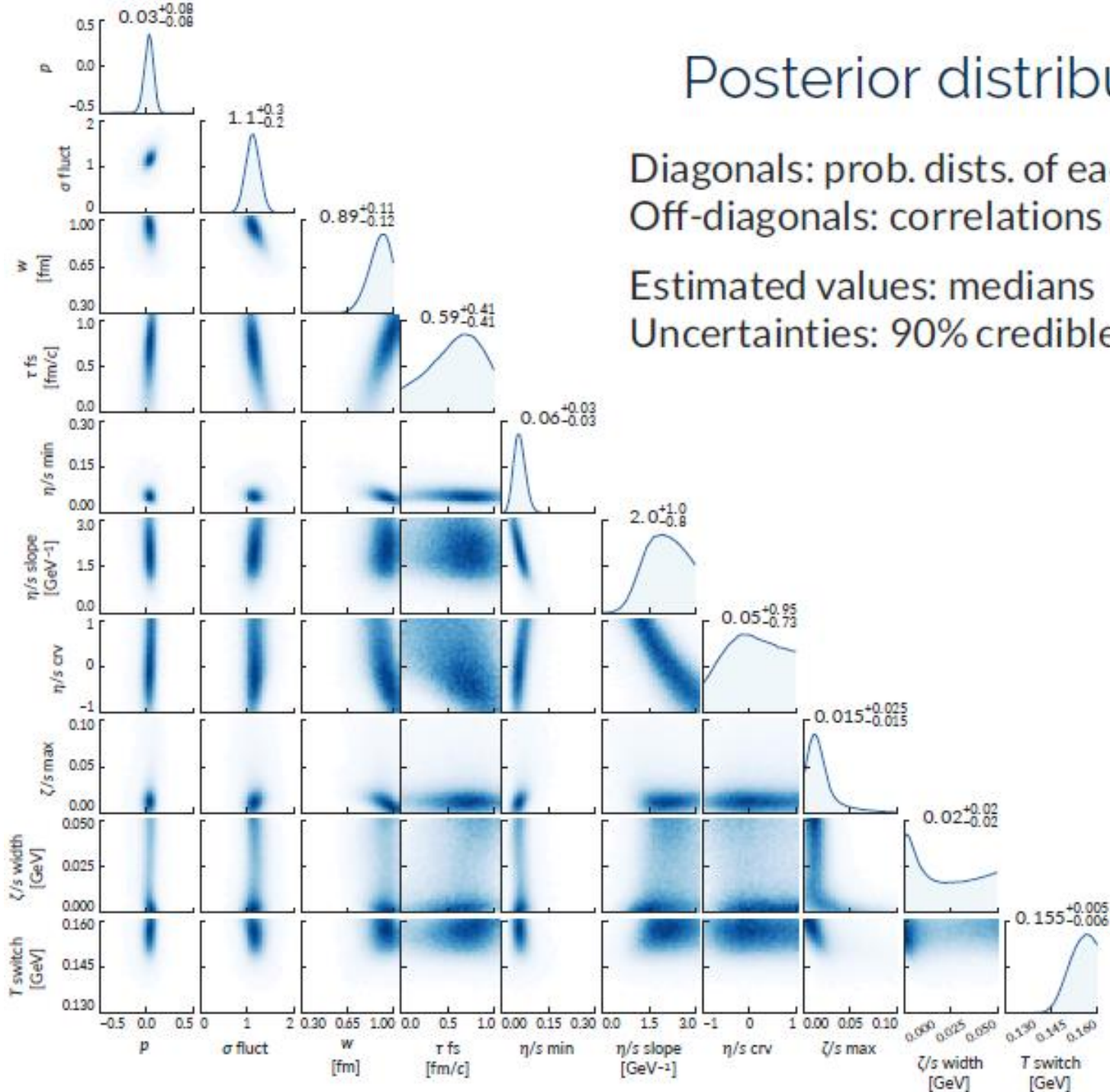


Posterior distribution

Diagonals: prob. dists. of each param.
Off-diagonals: correlations b/w pairs

Estimated values: medians

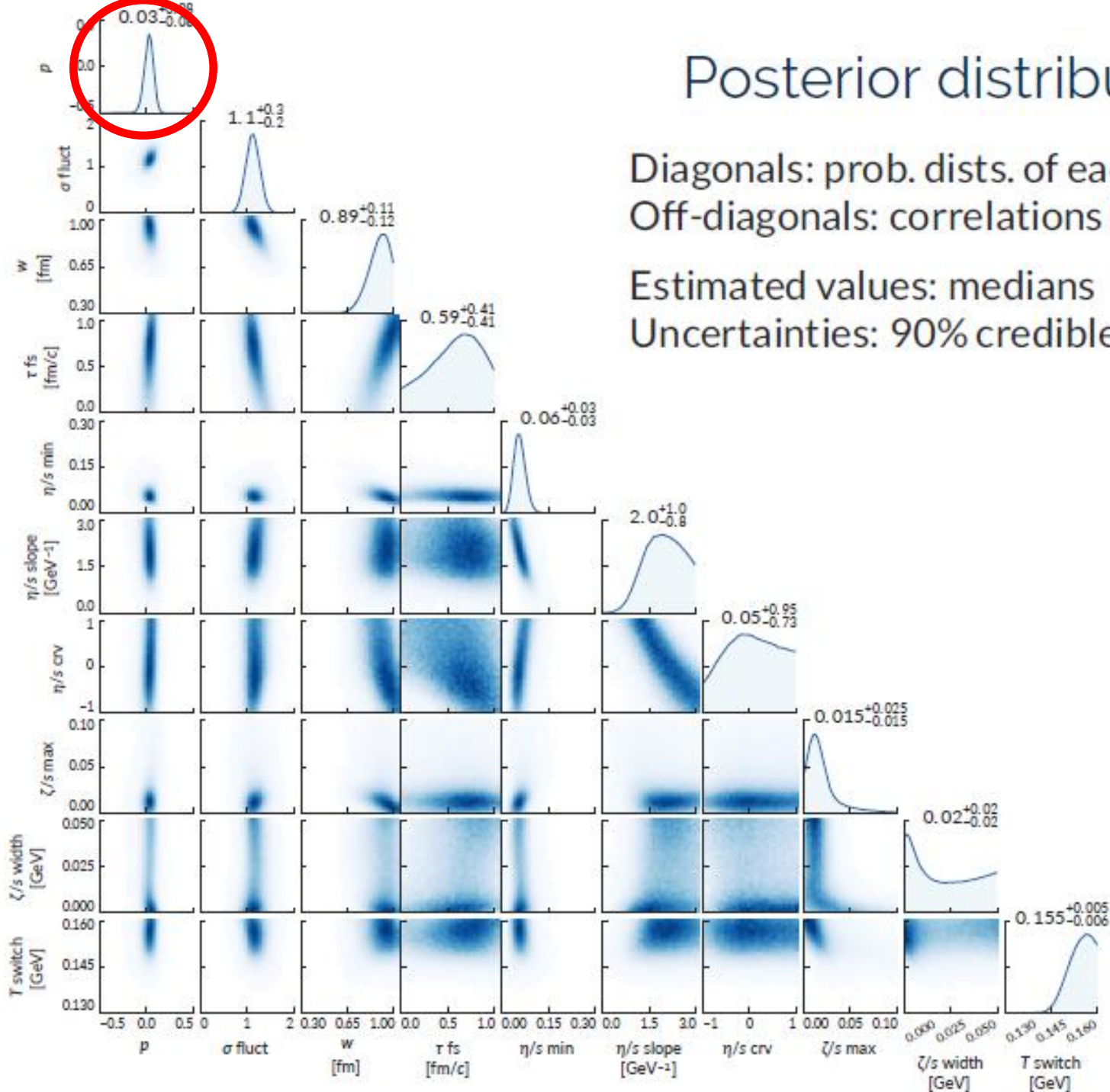
Uncertainties: 90% credible intervals



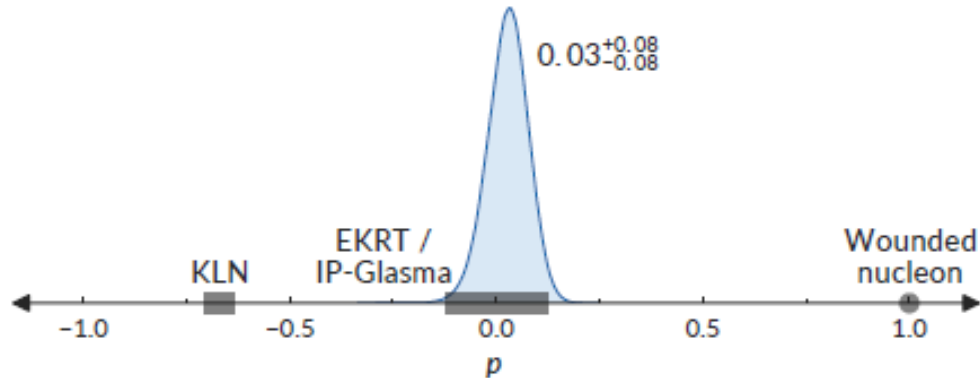
Posterior distribution

Diagonals: prob. dists. of each param.
Off-diagonals: correlations b/w pairs

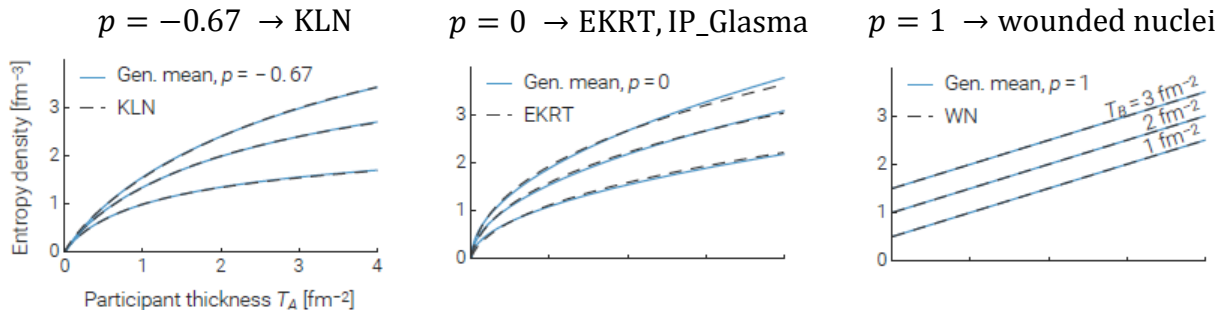
Estimated values: medians
Uncertainties: 90% credible intervals



TRENTOのパラメタ p



- **TRENTO** : 初期のエントロピー密度 S を $S \propto \left(\frac{T_A^p + T_B^p}{2} \right)^{1/p}$ とモデル
($T_{A,B}$:原子核A,Bの縦方向の厚さ (thickness function))
- 特定の物理的な機構が念頭にある模型ではない
- p の値を変えると、他の物理的な模型 (wounded nuclei, EKRT, KLN, IP-Glasma, etc...) が予言するエントロピー密度に一致する



→ p の決定で、初期のエントロピー分布, 模型 and/or 物理機構を制限できる

今回の Quark Matter

(1) 観測量との関連を考えよう

- ・ 流体模型の初期条件の構築 Schlichting / Mazeliauskas
- ・ 初期過程からの光子生成量の概算 丹治
- ・ 観測量から初期過程の情報を抽出する Bernhard

(2) おもしろい現象を探そう

- ・ 過渡的なBEC形成の可能性 筒井(ポスター)
- ・ 初期過程におけるスファレロン遷移 Mace(ポスター)
- ・ 初期過程の非平衡発展を考慮したCME/CSEの評価 Muller / Huang(ポスター)

(3) 理論をもっと詰めよう

- ・ 流体化とは？流体力学が適用できる条件は？ Romatschke / Noronha
- ・ パッチワークでない、クォーク・グルーオン生成と熱化の記述 田屋(ポスター)

やったこと

流体力学の成立条件についての議論を喚起した
熱化や等方化は必要か？

復習：“標準的”な理解

- 流体力学の基礎づけの試みは、しばしば、系が(局所)熱平衡*だったり、(局所)等方に近いこと、を「予想」する

* ここでは、(局所)熱平衡状態を分布関数が任意の点 x 周りで熱的($f_{\text{LTE}} \sim e^{-\beta(x)E_p}$)な状態、と定義する

復習：“標準的”な理解

- 流体力学の基礎づけの試みは、しばしば、系が(局所)熱平衡*だったり、(局所)等方に近いこと、を「予想」する

* ここでは、(局所)熱平衡状態を分布関数が任意の点 x 周りで熱的($f_{\text{LTE}} \sim e^{-\beta(x)E_p}$)な状態、と定義する

例1) Boltzmann方程式からの導出 (Chapman-Enskog展開)

- 分布関数 f を(局所)熱平衡状態の周りで展開： $f = f_{\text{LTE}} + \delta f$
- Boltzmann方程式を δf を摂動として解くと、流体方程式が求まる

流体の成立条件 = 分布関数が(局所)熱平衡に近い
(このとき、(局所)等方性も自動的に成立)

復習：“標準的”な理解

- 流体力学の基礎づけの試みは、しばしば、系が(局所)熱平衡*だったり、(局所)等方に近いこと、を「予想」する

* ここでは、(局所)熱平衡状態を分布関数が任意の点 x 周りで熱的($f_{\text{LTE}} \sim e^{-\beta(x)E_p}$)な状態、と定義する

例1) Boltzmann方程式からの導出 (Chapman-Enskog展開)

- 分布関数 f を(局所)熱平衡状態の周りで展開： $f = f_{\text{LTE}} + \delta f$
- Boltzmann方程式を δf を摂動として解くと、流体方程式が求まる

流体の成立条件 = 分布関数が(局所)熱平衡に近い
(このとき、(局所)等方性も自動的に成立)

例2) 長波長の有効理論として

- 保存則に守られた長波長モードであるエネルギー e や流速 u に注目
- $T^{\mu\nu}$ を長波長モードで微分展開： $T^{\mu\nu} = (e + P)u^\mu u^\nu + P g^{\mu\nu} + (\text{微分項})$
- $T^{\mu\nu}$ の保存則が流体方程式

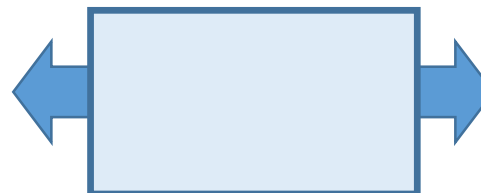
流体の成立条件 = 微分項が小さい \Rightarrow 系が(局所)等方に近い
(分布関数が(局所)熱平衡であることは要求していない)

「予想」を裏切る反例がある！

反例1) Bjorken-likeな膨張をする系



$t < 0$

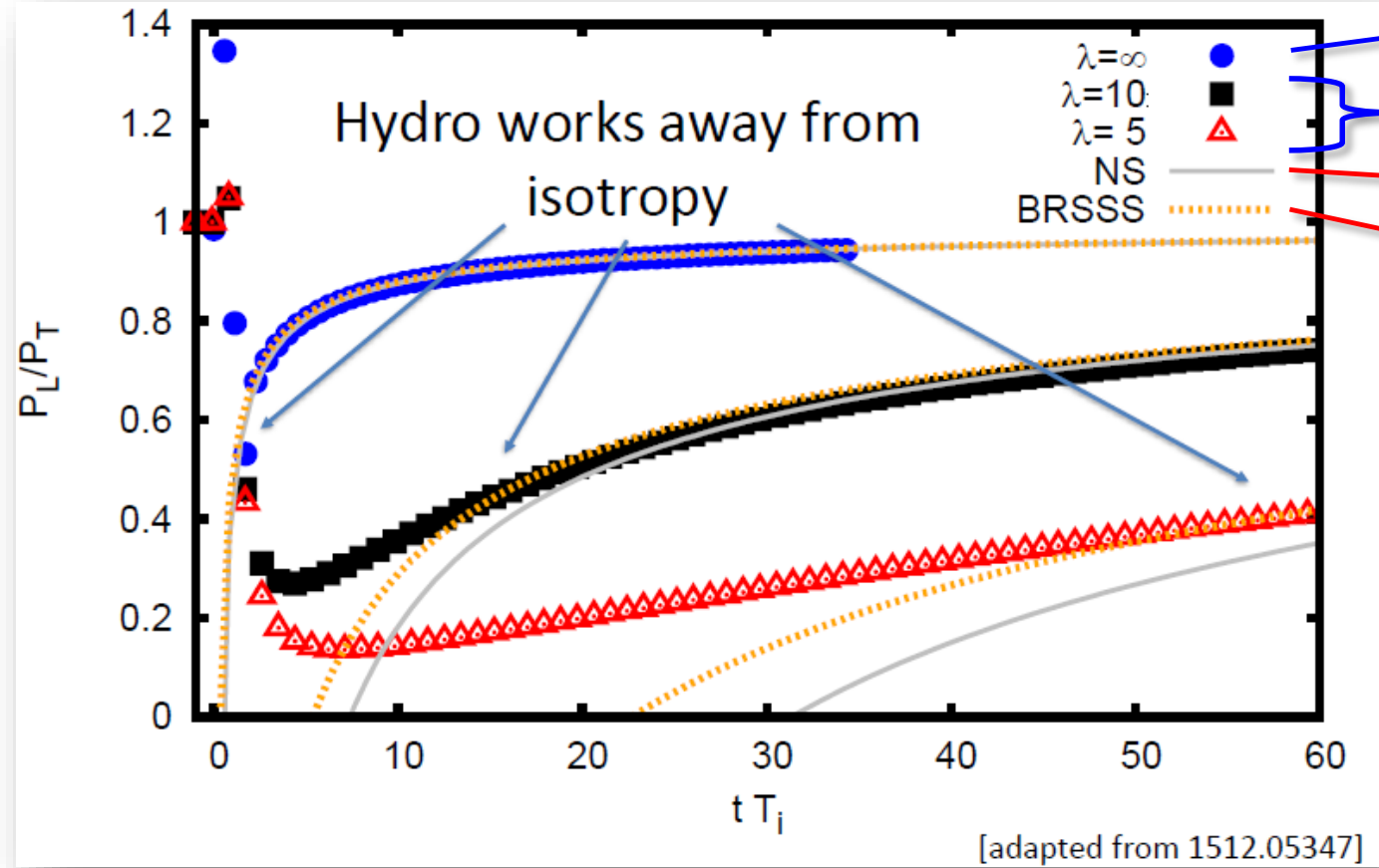


$0 \leq t$

両端を引っ張って、
1次元的に膨張させる

「予想」を裏切る反例がある！

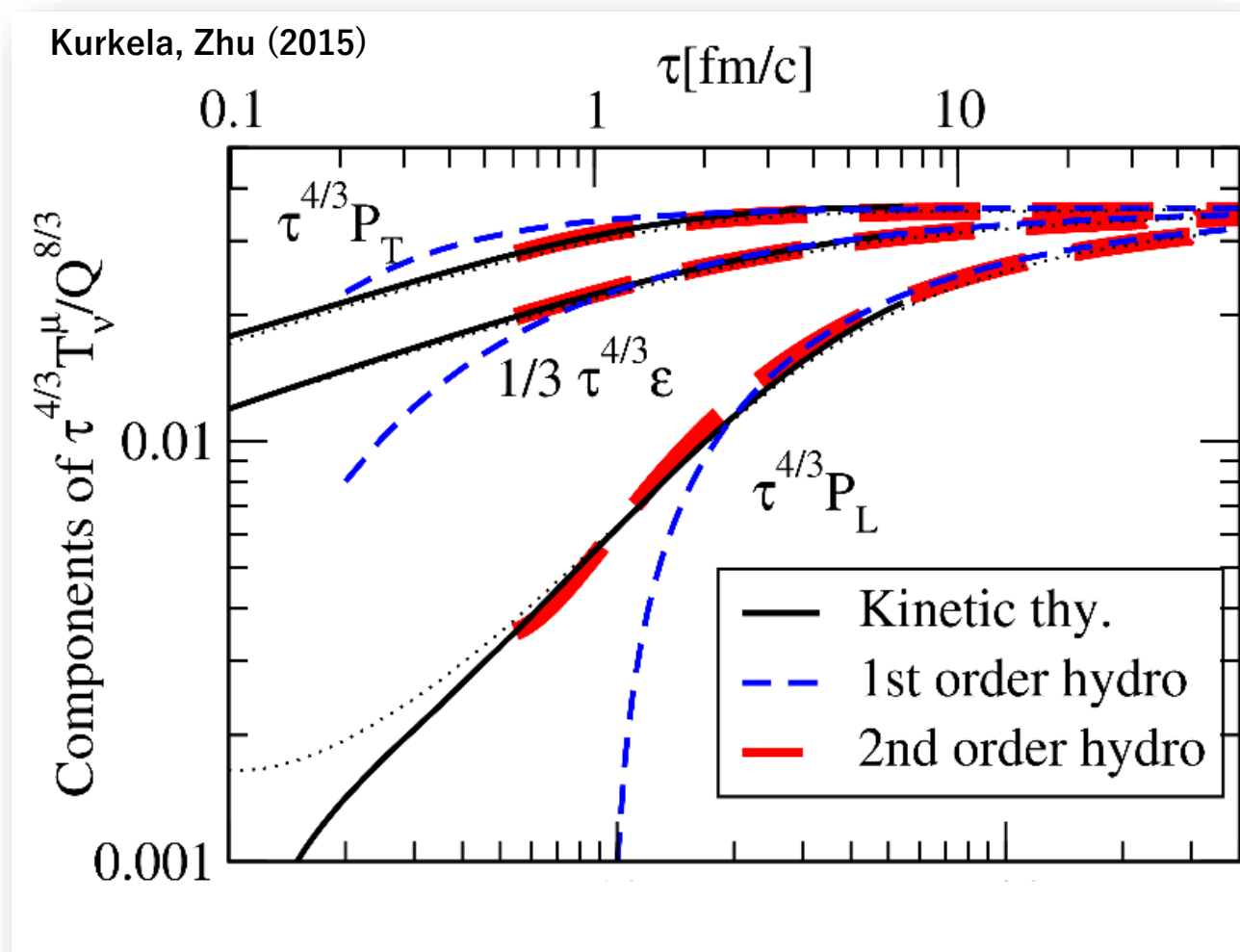
反例1) Bjorken-likeな膨張をする系



「予想」を裏切る反例がある！

反例1) Bjorken-likeな膨張をする系

反例2) 重イオン衝突初期過程(膨張系でのYM)



Romatschkeの主張 (1/6)

We know:
Hydro works even out of
equilibrium

Romatschkeの主張 (2/6)

Hydro does not mean equilibrium

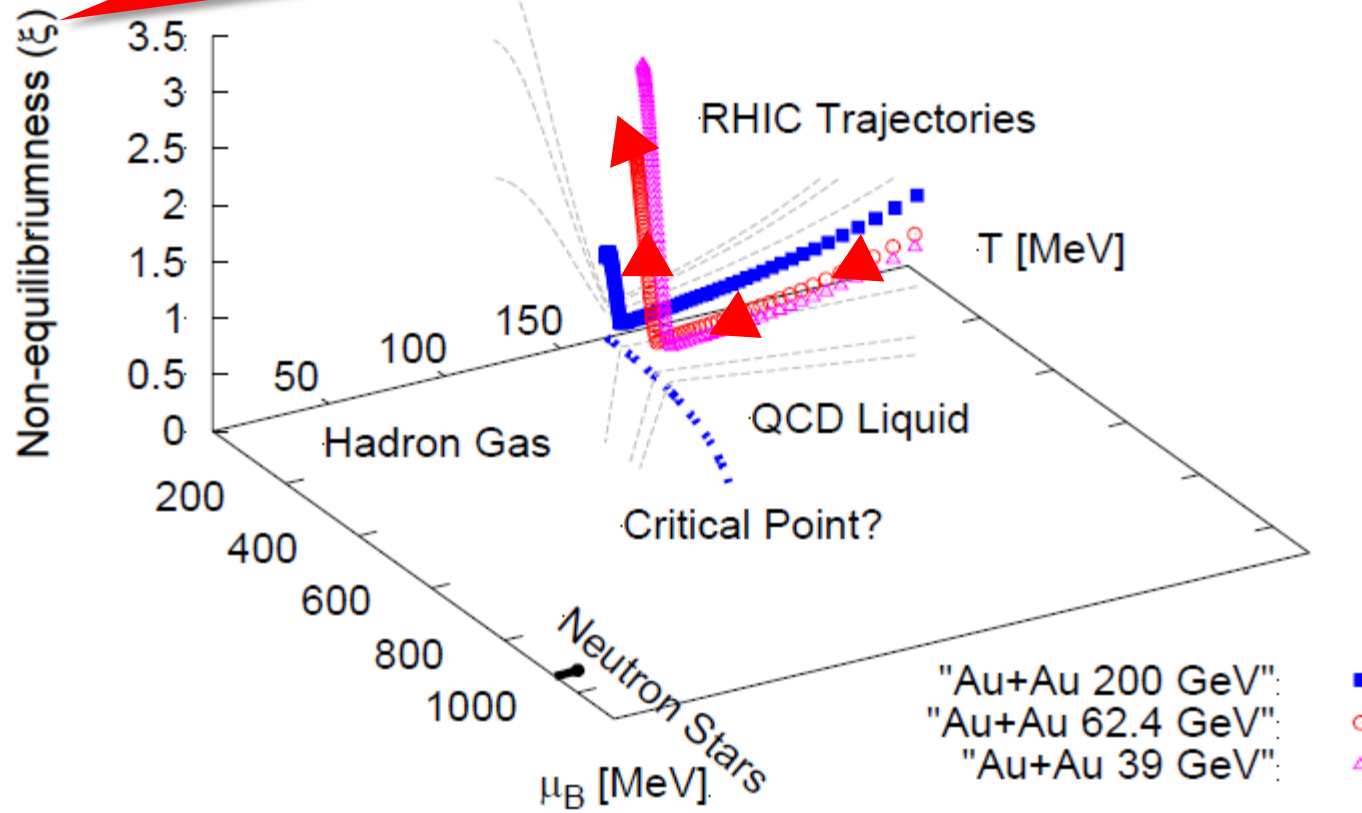
Romatschkeの主張 (3/6)

Do nuclear collisions
equilibrate?

Let's check: use hydro to measure “non-
equilibriumness”

Romatschkeの主張 (4/6)

~ P_T/P_L の関数(どちらかといえば非等方性度)



Romatschkeの主張 (5/6)

We know:
Nuclear collisions always out-of-
equilibrium!

Not new: This has been known to all hydro
practitioners for a decade

Romatschkeの主張 (6/6)

Does this mean we should all
go home now?

- No equilibration, no problem:
- Can probe non-equilibrium QCD
- Extreme experimental hydrodynamics: flow in small systems (did anyone check $e^+ e^-$ yet?)
- Can study non-hydro modes in QCD

Nuclear collisions are much richer subject than
expected a decade ago!

議論すべきこと

(1) 流体模型の成立条件

- ・ (局所)熱平衡、等方化は本当に必要なのか？
- ・ 「真」に必要な条件は？ cf. 局所Gibbs分布? [佐々, 日高, 本郷…]

(2) HICで見えているのは、QGPなのか？

- ・ 格子QCDとかで見ているような平衡な相図上のQGPと本当に同じものか？ cf. 関連して、small systemはQGPか？
- ・ BESで平衡なQCD相図はプローブできるのか？
- ・ 非平衡QCDとして、何かおもしろいことはないのか？

今回の Quark Matter

(1) 観測量との関連を考えよう

- ・ 流体模型の初期条件の構築 Schlichting / Mazeliauskas
- ・ 初期過程からの光子生成量の概算 丹治
- ・ 観測量から初期過程の情報を抽出する Bernhard

(2) おもしろい現象を探そう

- ・ 過渡的なBEC形成の可能性 筒井(ポスター)
- ・ 初期過程におけるスファレロン遷移 Mace(ポスター)
- ・ 初期過程の非平衡発展を考慮したCME/CSEの評価 Muller / Huang(ポスター)

(3) 理論をもっと詰めよう

- ・ 流体化とは？流体力学が適用できる条件は？ Romatschke / Noronha
- ・ パッチワークでない、クォーク・グルーオン生成と熱化の記述 田屋(ポスター)

(地味かもしれないけど)着実な理論の発展が見られた