

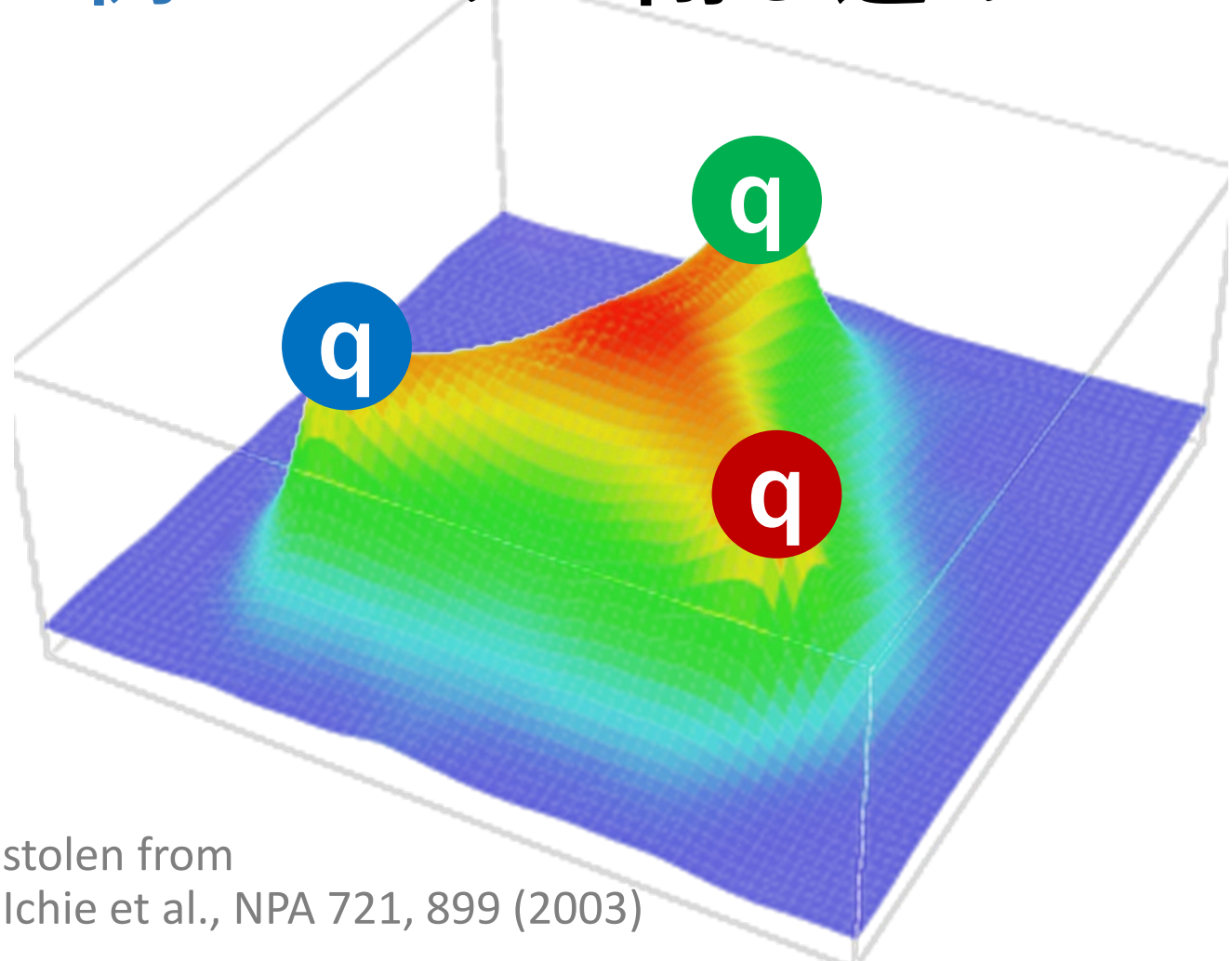
# QCDにおけるSchwinger機構と強いカラー電場の崩壊過程

田屋 英俊 (東大理) 藤井 宏次 (東大総文)

## 1. 研究背景 と やりたいこと

### 1. 「強いカラー電場」は、QCD物理において、基礎的で重要だ

#### 例1. カラー閉じ込め

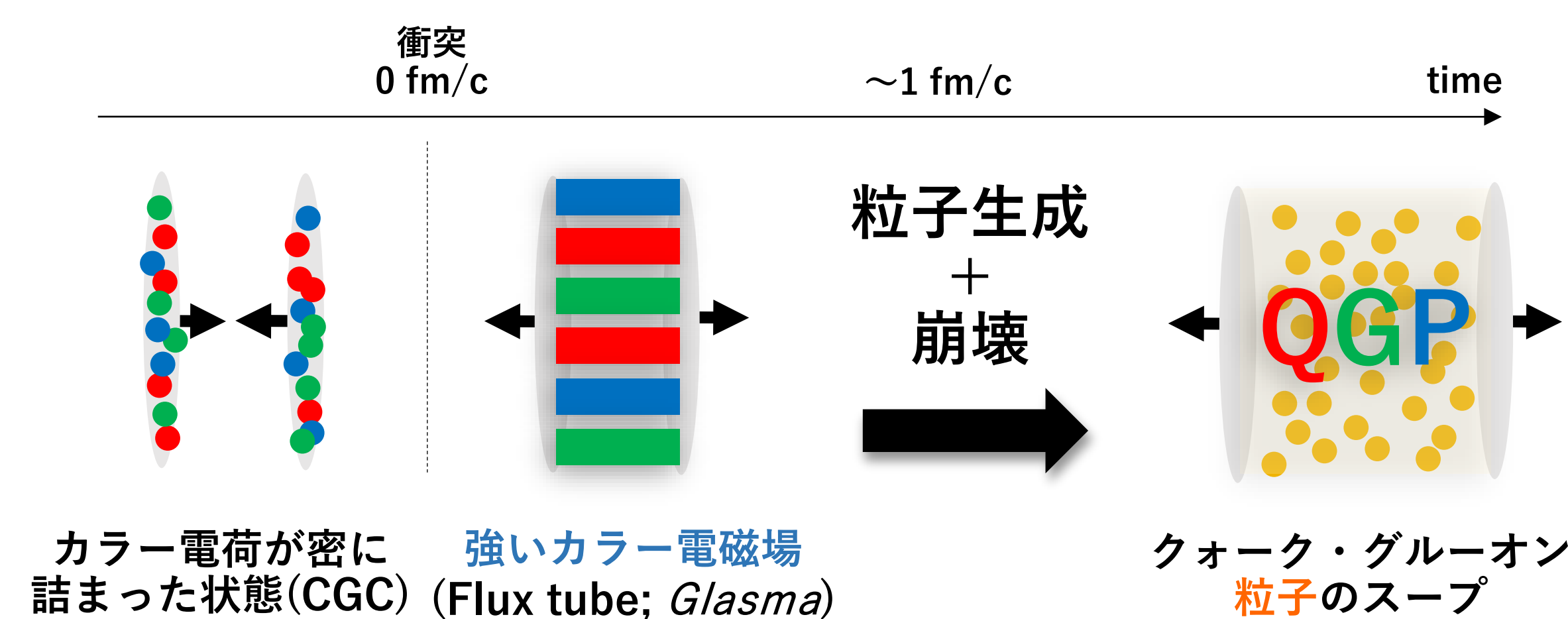


stolen from Ichie et al., NPA 721, 899 (2003)

#### 例2. 高エネルギー散乱における多重発生



#### 例3. 高エネルギー重イオン衝突初期過程



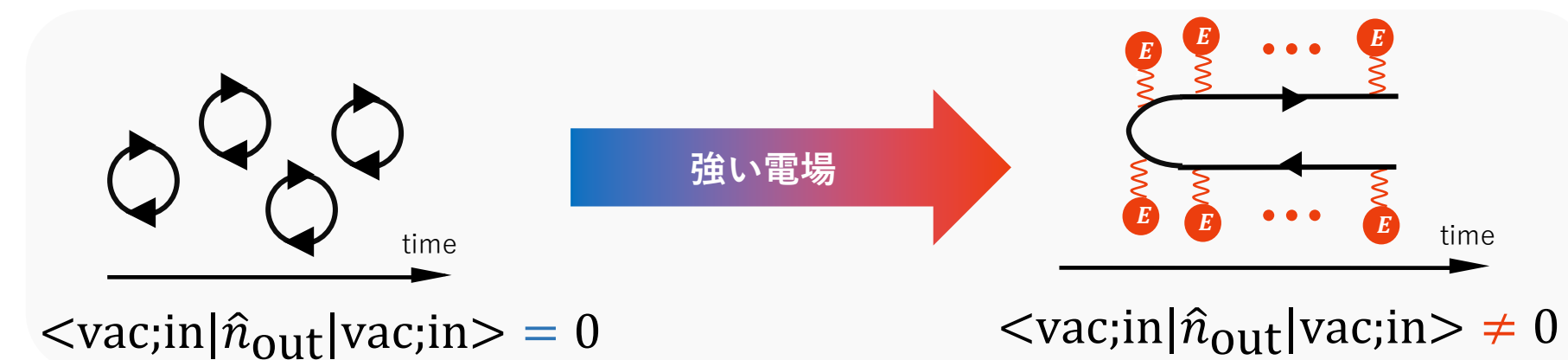
### 2. 「強いカラー電場」のダイナミクス、特にその「崩壊過程(e.g., 例2, 例3)」のQCDからの理解は乏しい

■ QEDと同様に、Schwinger機構による粒子生成と崩壊が期待されている

■ 先行研究 = 「有効模型」によるアプローチ e.g., Lund模型, フラックスチューブ模型

✗ QEDの理想的状況(=一様定常電場)での粒子生成の公式を使用： $\frac{d^3N}{dp^3} \propto \exp\left[-\pi \frac{m^2 + p_T^2}{gE}\right]$  (Schwingerの公式; J. Schwinger, 1951)  
→ 実際の系はダイナミカル。そもそも、非可換ゲージ理論であるQCDで粒子生成と崩壊を定式化する必要。

✗ 運動学的方程式をはじめとする現象論的手法に依拠 → 手法の妥当性が不明。第一原理である場の理論からはじめるべき。



強いカラー電場からの粒子生成と崩壊過程を、基礎理論である場の理論(QCD)に基づいて議論する

## 2. 理論 (のかなり大雑把な説明)

$$L_{YM} = -\frac{1}{2} \text{tr}[F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}] + L_{FP+GF}$$

① 「強いカラー電場」は、古典場(coherent field)としてモデル化

② グルーオン場(A)を「強い(古典的な)カラー電場( $\bar{A}$ )」と「そのまわりの量子ゆらぎ(a)」に分解： $A = \bar{A} + a$

③ ラグランジアンを「量子ゆらぎ(a)」について摂動展開 (但し、強いカラー電場( $\bar{A}$ )と量子ゆらぎ(a)との相互作用は非摂動的に扱う)

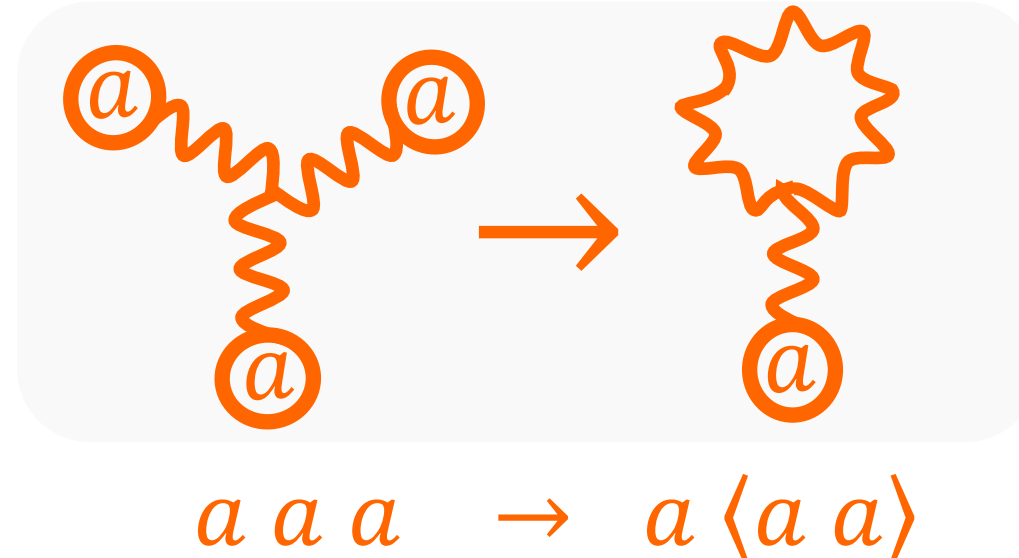
$$L_{YM} = -\frac{1}{2} \text{tr}[\bar{F}^{\mu\nu} \bar{F}_{\mu\nu}] + (aの1次) + (aの2次) + g \times (aの3次) + g^2 \times (aの4次) + L_{FP+GF}$$



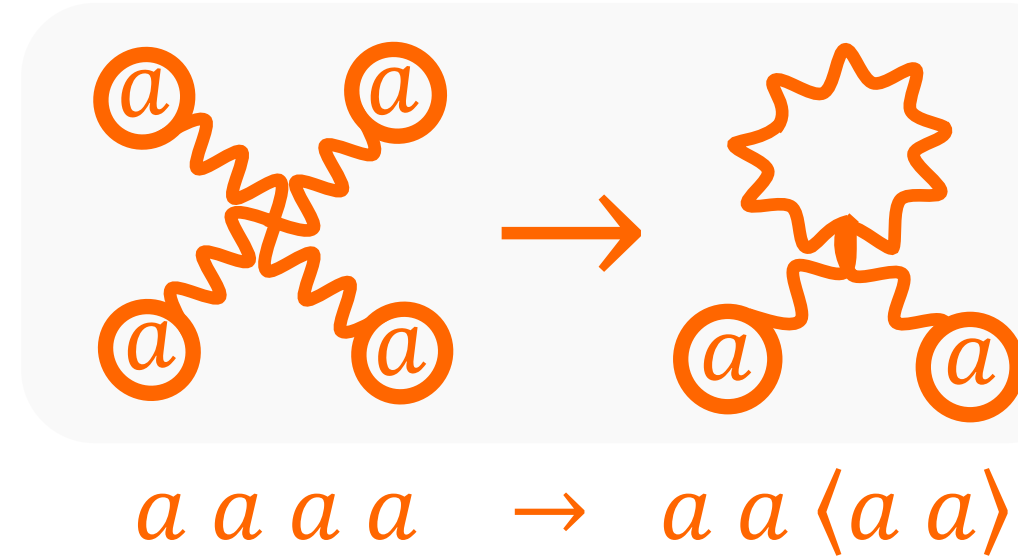
ここで、aの伝播関数  $\text{---}$  は、 $\bar{A}$ との相互作用を非摂動的に含む： $\text{---} = \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \dots$

④ 高次(3次以上)の非線形項を平均場で近似：

メモ：高次を無視する近似は先行研究に有 (このとき遮蔽効果は入らない)  
cf. Batalin, Matinyan, Savvidi ('77); Yildiz, Cox ('80);  
Ambjorn, Hughes ('83); Gyulassy, Iwazaki ('85); etc.



$a a a \rightarrow a \langle a a \rangle$   
= 生成粒子のカレント j



$a a a a \rightarrow a a \langle a a \rangle$   
=(グルーオン)凝縮による有効質量 M

$$L_{YM} = (\text{量子場について高々2次})$$

次のような線形なEoMを解くことに帰着： $\langle j^\mu \rangle = \partial_\nu [\bar{F}^{\nu\mu} + \langle f^{\nu\mu} \rangle]$ ,  $0 = [(\partial + ig\bar{A})^2 g^{\mu\nu} + M^{\mu\nu}] a_\nu$

この理論のうれしい点： ① 3次の非線形項が強いカラー電場への遮蔽効果を導く

② 式が簡単で物理的解釈がし易い 例) 古典Yang-Mills方程式のソース項として遮蔽効果は現れる

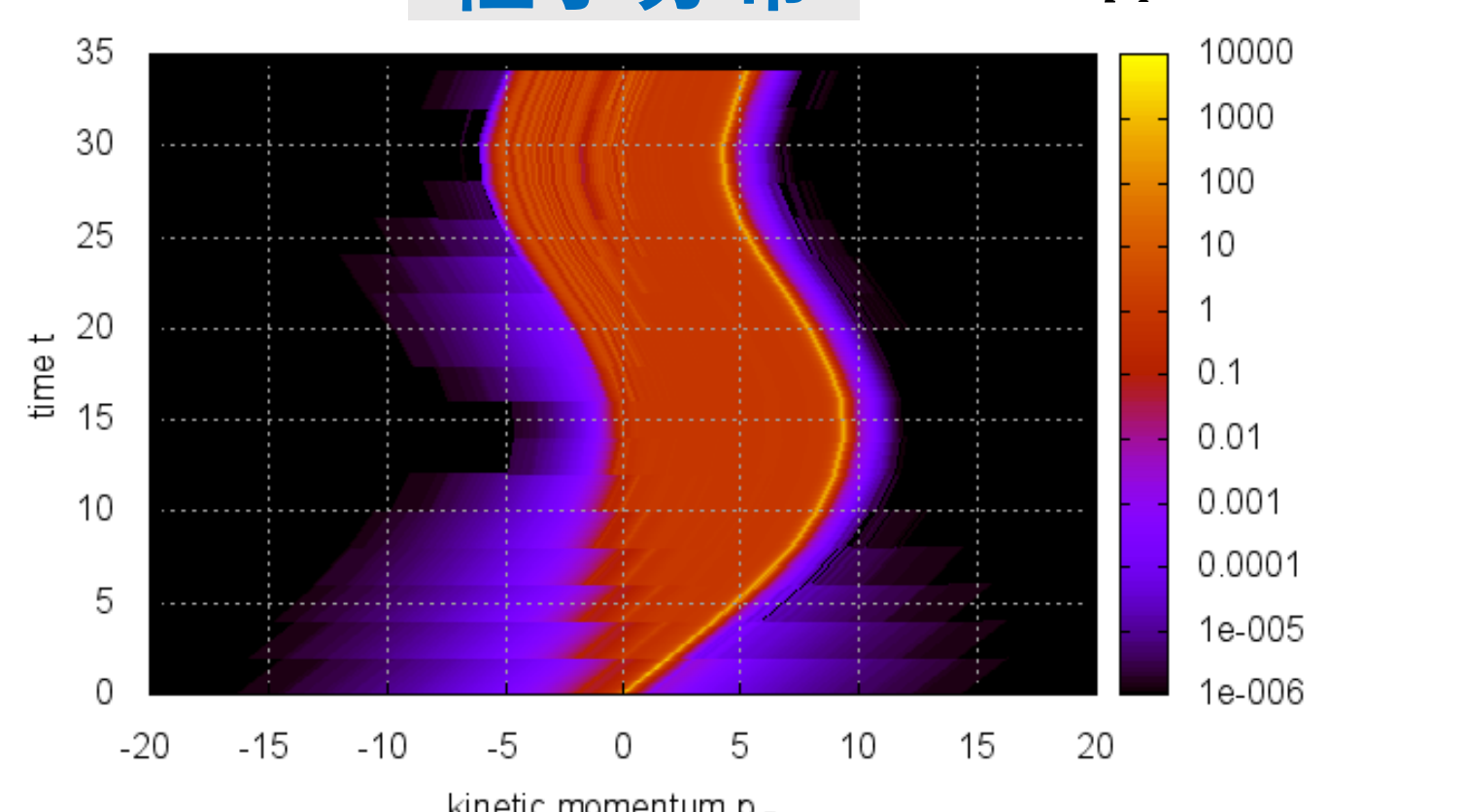
③ 運動方程式が線形なので、正準量子化ができて、粒子数が直接計算できる

④ 数値計算のコストが少ない(2PIなどの他のゲージ場の数値計算手法と比べて)

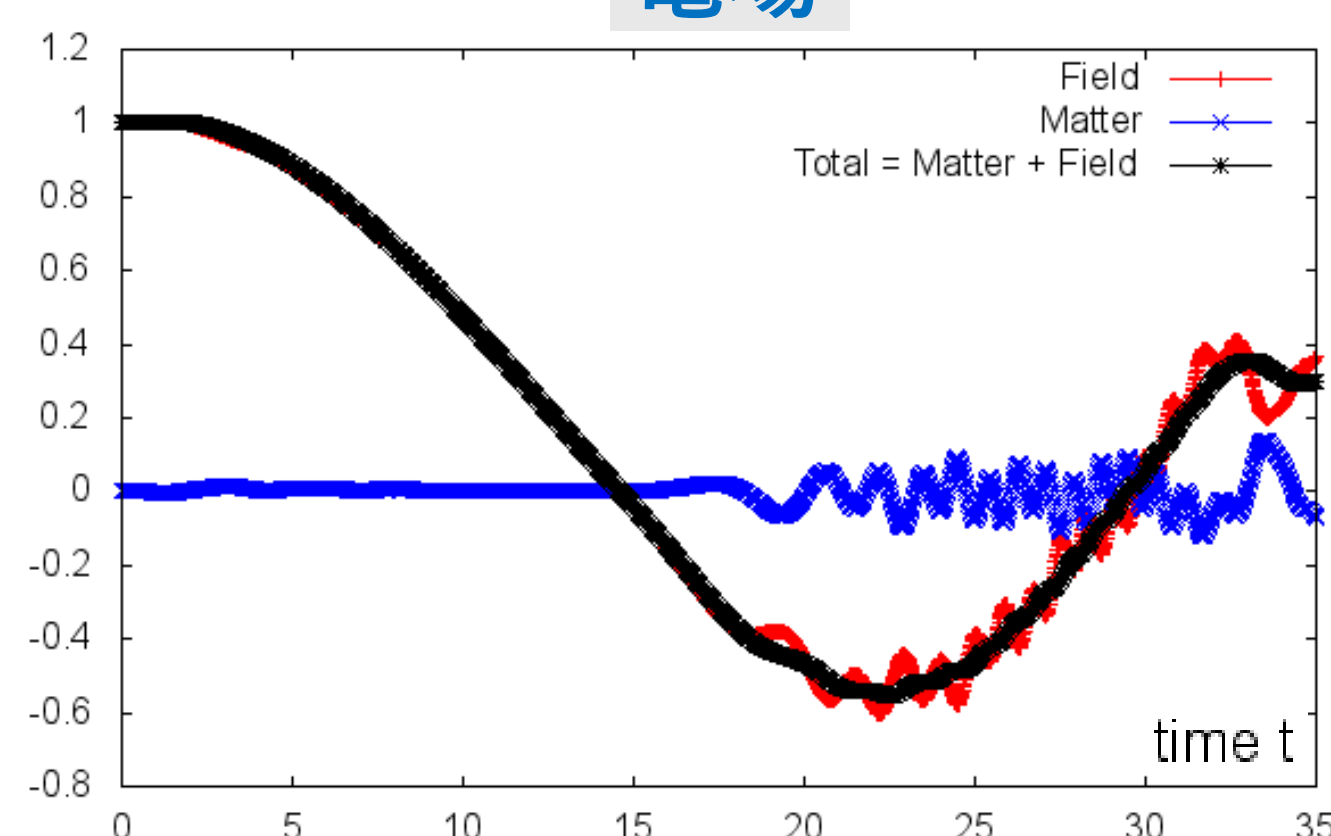
## 3. 数値計算 (PRELIMINARY)

設定：SU(2) pure gauge YM；結合定数が小さいと思って高次である有効質量 M を無視；空間一様 パラメータ： $\bar{E}_0 = 1, g = 1, p_T = [0, 10] (n_{p_T} = 512), p_z = [-30, 30] (n_{p_z} = 1024)$

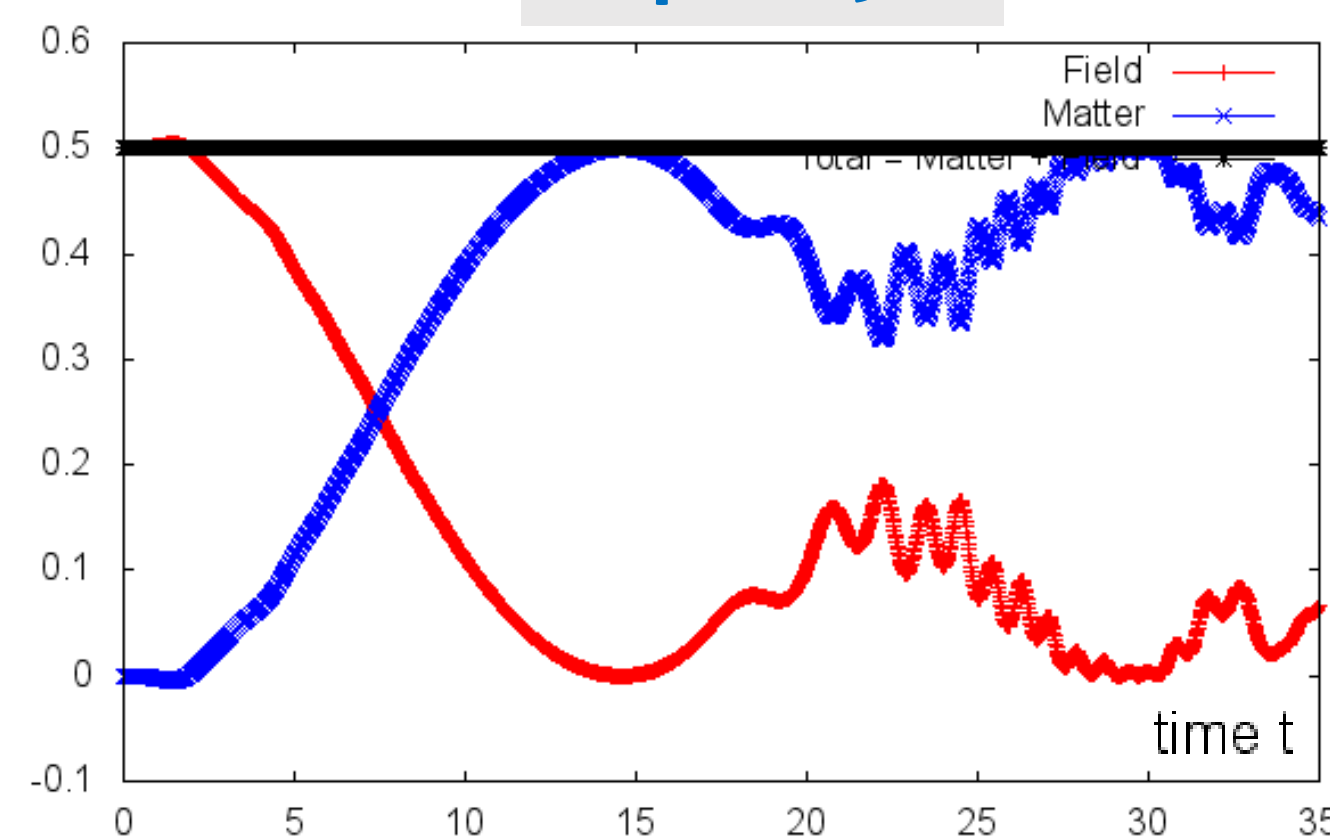
粒子分布 for fixed  $p_T = 0.000055$



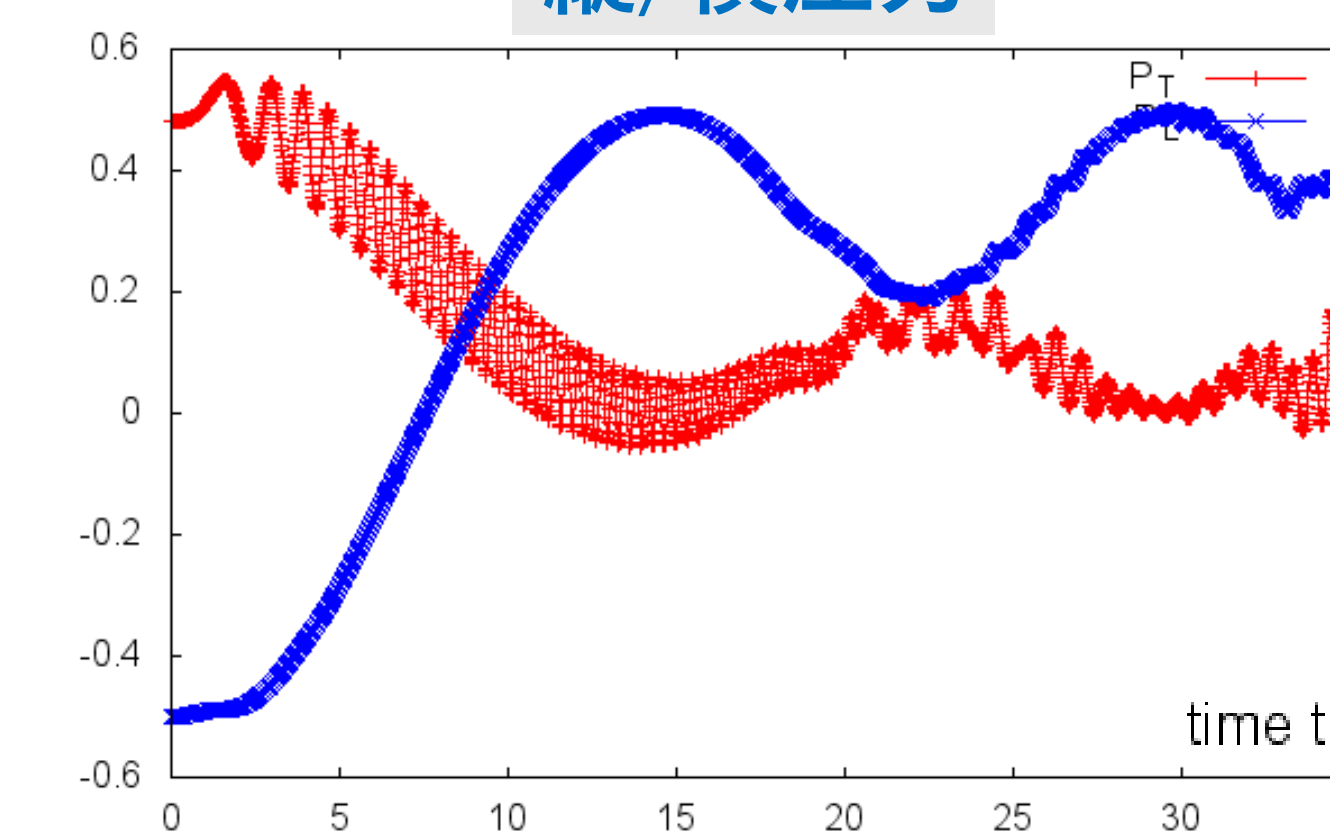
電場



エネルギー



縦/横圧力



## 4. まとめ

■ 強いカラー電場からの粒子生成と崩壊過程は、QCDの基礎的で重要な過程であるのにも関わらず、その理解が乏しかった

■ 平均場近似を用いることで、第一原理である場の理論(QCD)から、強いカラー電場からの粒子生成と崩壊過程を定式化した

■ 数値計算を実行することで、①粒子生成が起き、物質化することで強いカラー電場は崩壊すること、②集団運動としてプラズマ振動が起こること、③系が等方化してゆくこと、を具体的に見た