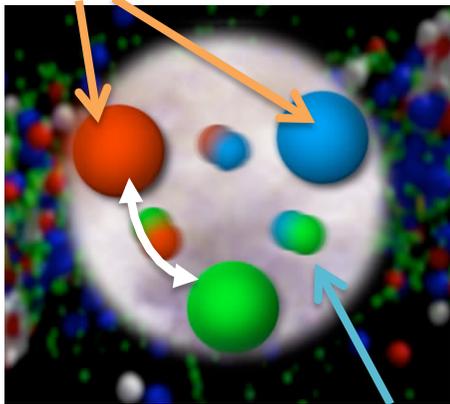




# 格子量子色力学シミュレーション

量子色力学(QCD)  
= 強い力の基礎理論

クォーク



グルーオン

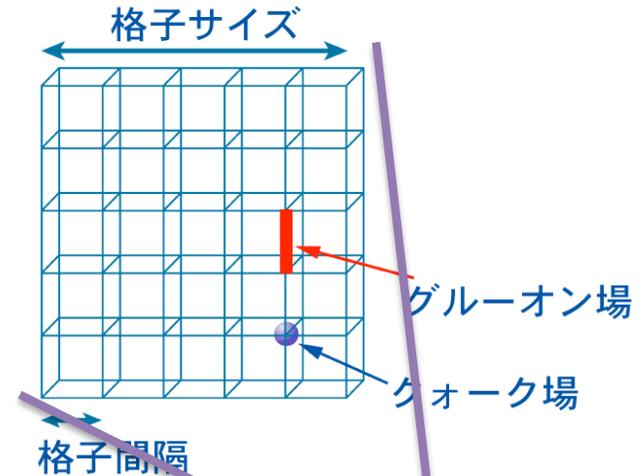
クォークを結びつけて  
核子をつくる力

- “色”の交換によって力が生まれる
  - 高エネルギーで弱く、低エネルギーで強い。
- ⇒ クォークの閉じ込め

ゲージ場の理論:

自由度が多すぎて  
解析的な計算は不可能  
⇒ 計算機シミュレーション

ハドロン質量、崩壊、...



IBM BlueGene/L  
@ KEK (57 TFlops)

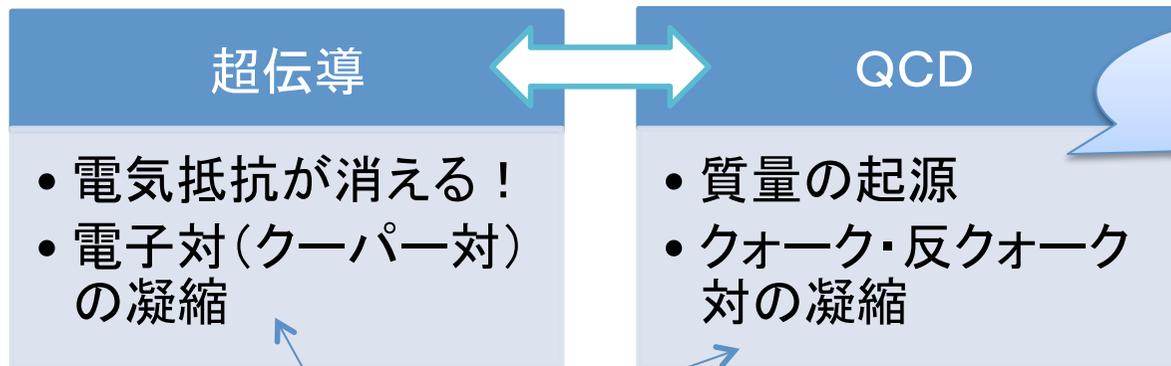
並列計算機 (3Dトーラス)に  
格子を割りつける。

# QCDにおける自発的対称性の破れ



南部陽一郎

“真空の様子”をシミュレーションで調べる。



物質にはなぜ質量があるのか？

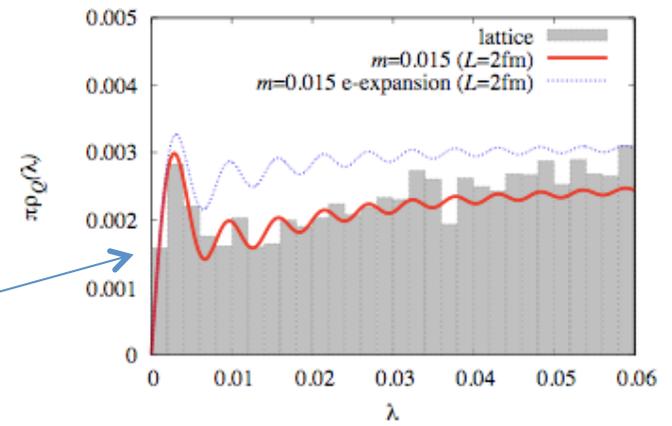
2つのフェルミ粒子が対をつくることでボース粒子になり、ボース・アインシュタイン凝縮をおこす。

真空中の凝縮によって低いエネルギー状態に集まったクォークの密度をシミュレーションで計算。

QCDでの自発的対称性の破れをシミュレーションを使うことで初めて検証 (JLQCD, 2007)

カイラル有効理論をもちいたさらに詳細な解析 (JLQCD, 2009)

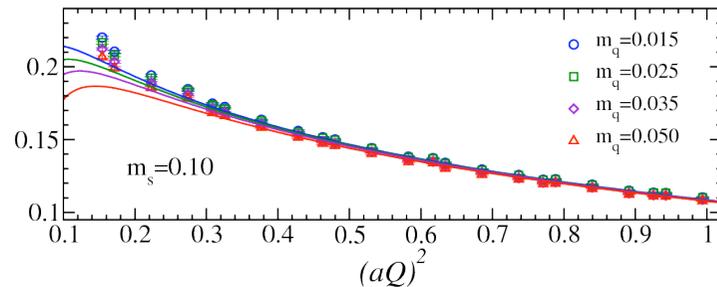
JLQCD (2009)



# その他の応用

- QCD結合定数の決定
  - 短距離領域の物理量を使って、結合定数の値を精密に決める。

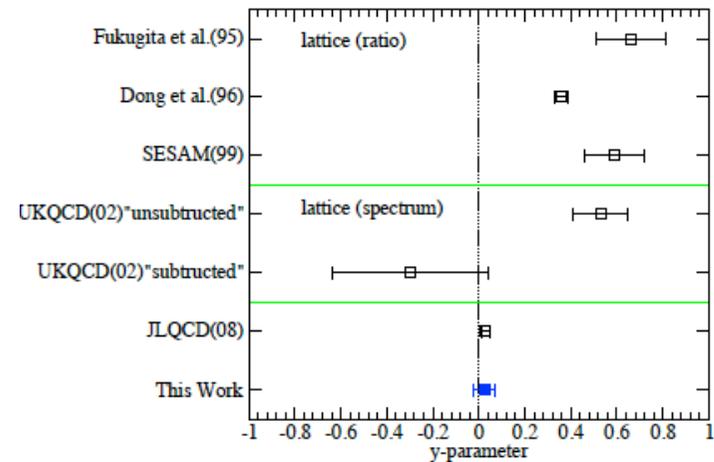
真空偏極関数



$$\alpha_s^{\overline{\text{MS}}}(M_z) = 0.1181 \underbrace{(8)}_{\text{stat.}} \underbrace{\begin{pmatrix} +4 \\ -2 \end{pmatrix}}_{\text{disc. } \langle \bar{q}q \rangle, O(\alpha_s^3), Z, m_{c,b}} \underbrace{\begin{pmatrix} +4 \\ -5 \end{pmatrix}}_{\text{disc. } \langle \bar{q}q \rangle, O(\alpha_s^3), Z, m_{c,b}}$$

高エネルギー実験と同等以上の精度

- フレーバー1重項
  - $\eta, \eta'$  および  $\omega, \phi$  中間子混合の計算
  - 核子のストレンジクォーク成分の計算



非連結クォーク・ループを含む物理量への新たな応用