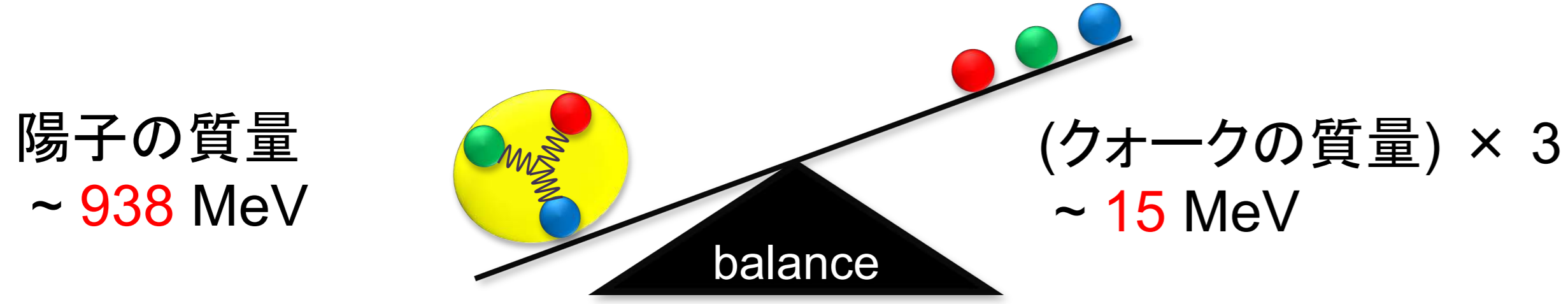


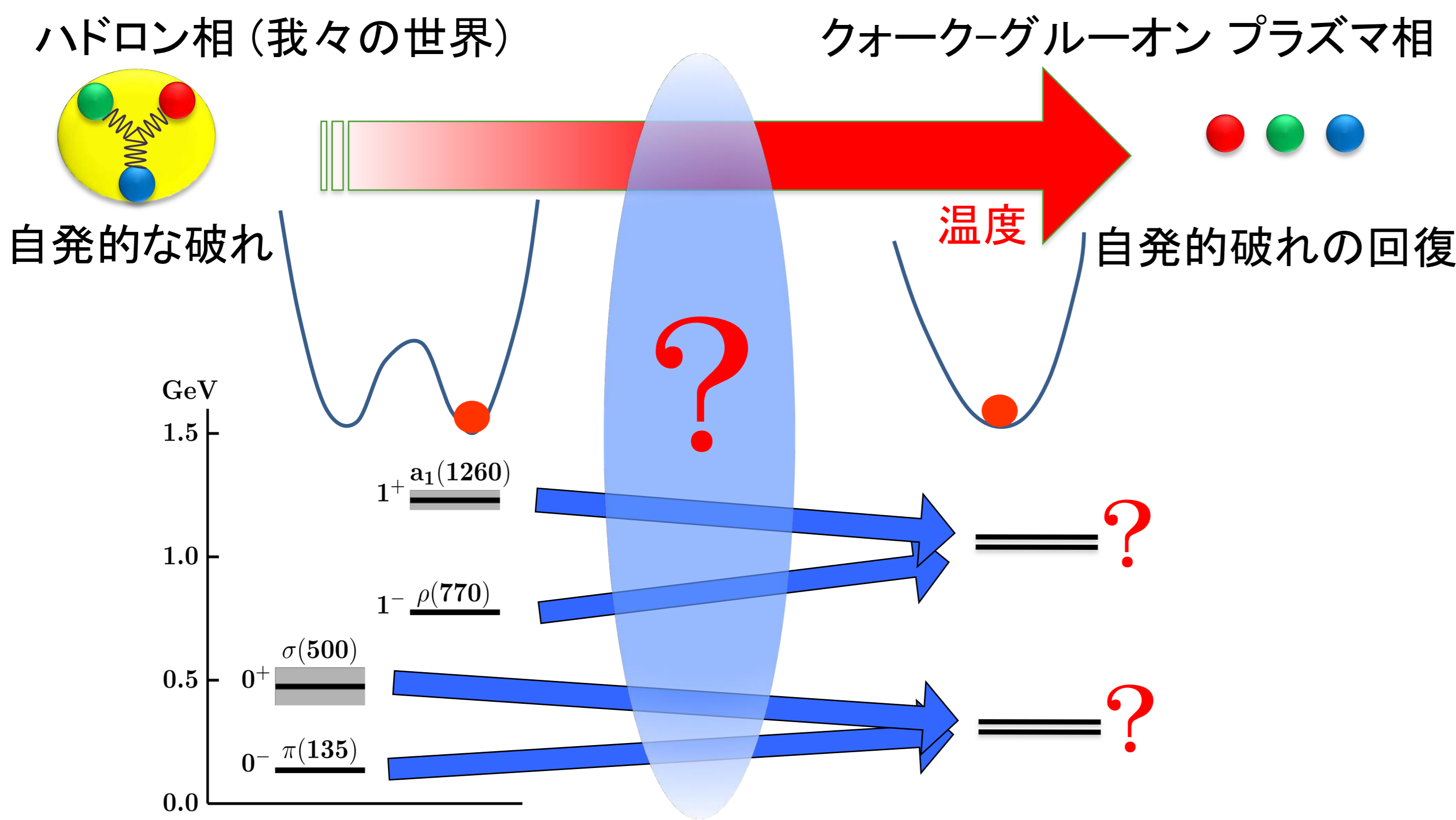
関口宗男(国士舘大:代表)、若山将征(阪大:副代表)、国広悌二(京大)、村上祐子(広大)、室谷心(松本大)、中村純(阪大)、野中千穂(名大)、和田浩明(国士舘大)
ドメインウォールフェルミオンを用いた格子QCDによる
中間子質量生成機構の研究



質量の起源



カイラル対称性



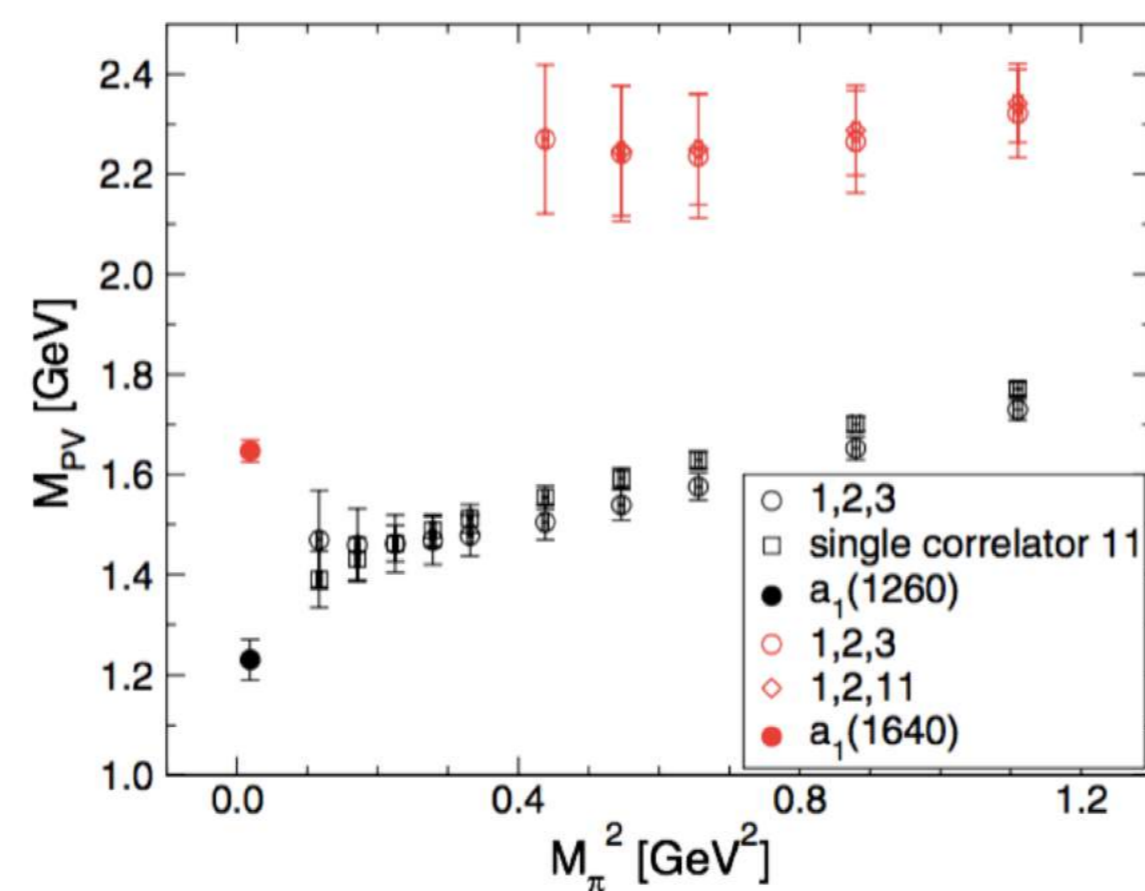
π と σ 中間子、 ρ と a_1 中間子はカイラル・パートナーと考えられ、有限温度中でそれらの質量が縮退する過程を第一原理である量子色力学(QCD)の非摂動的計算(格子QCDシミュレーション)により検証する。この結果よりQCDの非摂動的効果により中間子質量が生成されることを明らかにする。

a_1 中間子の実験データ (Particle Data Group 2018)

- $a_1(1260)$: 質量 = 1230(40) MeV
- $a_1(1640)$: 質量 = 1654(19) MeV
- 近年、 $a_1(1420)$, $a_1(1930)$, $a_1(2095)$, $a_1(2270)$ がある可能性が報告された

a_1 中間子のこれまでの格子QCD計算

- Wingate, DeGrand, Collins & Heller, PRL74, 23(1995)
※ Wilsonフェルミオンとスタッガードフェルミオンを混合させた計算
 a_1 中間子の質量: 1250(80) MeV
- Gattringer et al., PRD78, 034501(2008)
クエンチLüscher-Weiszゲージ作用
カイラル改良型Dirac演算子



格子QCD計算では、実験と比較可能な a_1 中間子の結果がまだ得られていない！

格子カイラル対称性

格子フェルミオン作用にカイラル対称性を持たせることは困難だが、カイラル対称性を格子上に拡張した格子カイラル対称性を持たせることは可能である。ドメインウォールフェルミオン作用は格子カイラル対称性を近似的に満たすため、カイラル対称性に関連する物理量の計算に適している。

昨年度の成果報告

ドメインウォールフェルミオンを用いて、ゼロ温度での a_1 中間子の質量の計算を行った。(課題番号: EX17706)

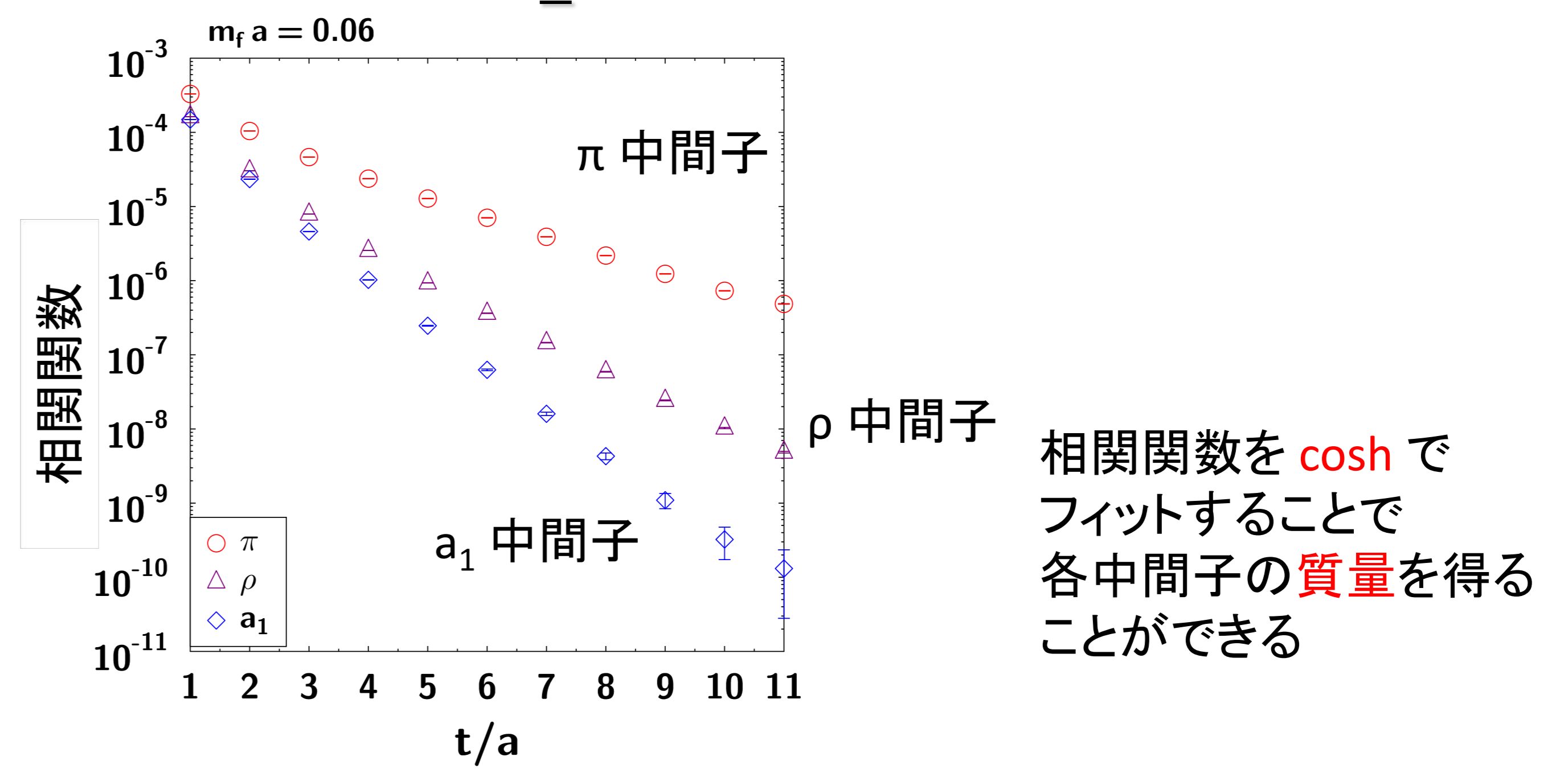
格子QCD計算のセットアップ

- ゲージ配位について: 2フレーバー クエンチ格子計算
- クォーク相関関数について: T. Blum et al., Phys. Rev. D69 (2004)
- ◆ ドメインウォールフェルミオン
- ◆ Plaquette ゲージ作用
- ◆ 5次元方向の格子サイズ: $N_5 = 32$
- ◆ 格子サイズ: $8*8*8*24$
- ◆ ドメインウォールの高さ: $M_5 = 1.65$
- ◆ 格子間隔: $a = 0.192(2)$ fm
- ◆ クォーク質量: $m_f a = 0.04, 0.06, 0.08$
- ◆ $\beta = 5.7$
- ◆ 配位数: $N_{conf} = 7964, 3000, 3000$ conf.

COST (ドメインウォールフェルミオン) ~ COST (Wilson フェルミオン) x 10-100 !
阪大CMCの協力の下、約1.2倍のプログラムの高速化を実現！

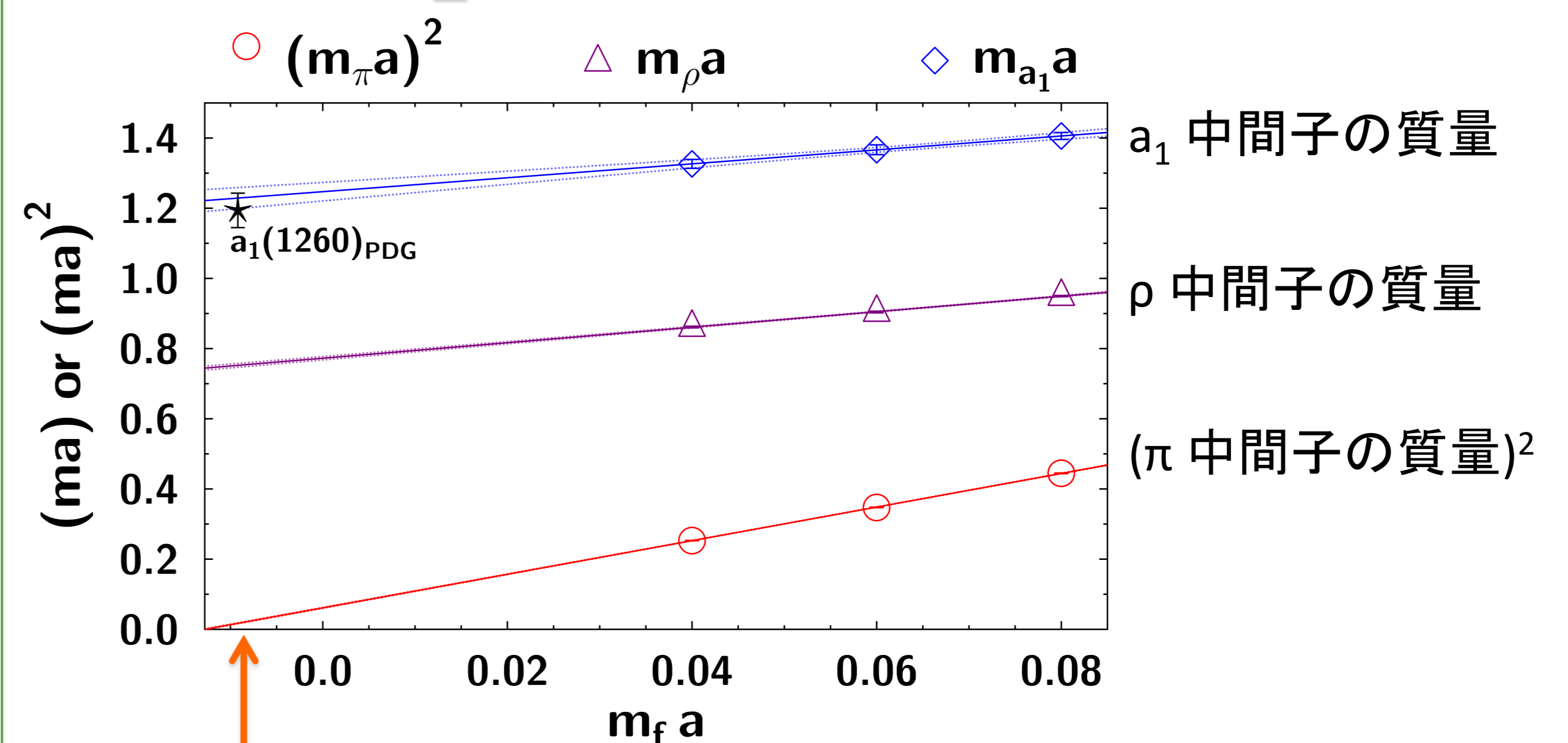
[単位は秒]	Real Time
チューニング前	196,917.514
チューニング後	166,749.661

π, ρ & a_1 中間子の相関関数



相関関数を cosh でフィットすることで各中間子の質量を得ることができる

π, ρ & a_1 中間子のクォーク質量依存性



現実のクォーク質量($m_\pi/m_\rho=135/775$)にチューニング

→ a_1 中間子の質量: 1266(43) MeV

ドメインウォールフェルミオンを用いた格子QCD計算の結果は $a_1(1240)$ の質量の実験値を再現した。

今年度の計画

ドメインウォールフェルミオンを用いて、有限温度における ρ 中間子と a_1 中間子の質量の変化を計算する。この結果から中間子の質量生成機構を解明する。