

課題名 (タイトル) :

## 中性 B メソン混合と崩壊定数の高精度計算

利用者氏名 : ○青木 保道, 石川 智己, 出渕 卓

所属 : 和光研究所 仁科加速器研究センター 素粒子物性研究部門 理研 BNL 研究センター  
計算物理研究グループ

## 1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

CP(粒子-反粒子の対称性)の破れ、は小林-益川理論を要素となす素粒子標準模型の特筆すべき性質で、特に、その帰結である重い中性 B 中間子とその反粒子へ転換する頻度は、KEK B ファクトリー他の加速器実験で 1%未満という高精度で求められている。この実験結果から標準模型の基本パラメタである小林-益川行列要素を求めるために必要な、中性 B 中間子混合行列要素と崩壊定数の格子 QCD による高精度計算をここで行う。それにより、B 中間子をプローブとした標準模型の精密検証を目指す。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

上述の物理量の高精度計算には QCD の複雑なダイナミクスをもれなく取り込むことが可能な格子 QCD による第一原理数値計算が必要になる。さらに標準模型の特性から特に連続理論の QCD の持つカイラル対称性をよく保つ格子理論を使う必要がある。その要請を満たすべく、ドメインウォールフェルミオンを軽いクォークに用い、b クォークは格子上の重クォーク有効理論を用いる。QCD 真空配位は RBC/UKQCD コラボレーションが作成し公開されているものを用い、必要な 2 点、3 点グリーン関数の計算を RICC 上で行い、行列要素を計算する。格子 QCD の計算結果から格子間隔ゼロの極限を得るために必要な 2 つの格子間隔で計算を完了させ、中性 B 中間子混合行列要素と崩壊定数の連続極限での精密値を求める事を目標とした。

## 3. 結果

このプロジェクトの第一段階の計算は本年度の前半で完了した。2 つの格子間隔( $\sim 0.11\text{fm}$

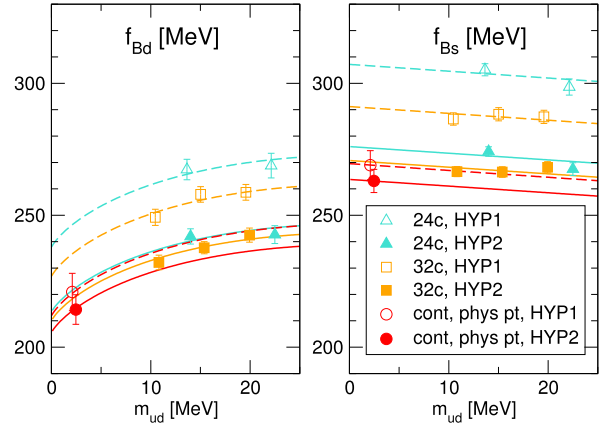


図 1 B 中間子崩壊定数のカイラル及び連続極限への外挿

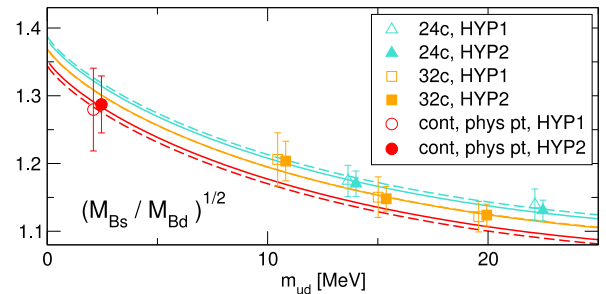


図 2 混合行列要素二乗根の比のカイラル及び連続極限への外挿

(24c)、 $0.086\text{fm}$  (32c))での 2 点・3 点グリーン関数の計算は全て終了し、そのデータを用いて連続極限を取った。2 点・3 点グリーン関数から構成される B 中間子崩壊定数と混合行列要素の二乗根の比のカイラル外挿及び連続極限への外挿の様子を図 1 と図 2 に示す。データのフィットには NLO SU(3)カイラル摂動論から s クォークの寄与を積分して除いた NLO SU(2)カイラル・フィット式を用いた。本計算では重クォーク作用内のゲージ接続に 2 種類のスメアリング(HYP1、HYP2)を使用している。図中で赤丸が連続極限を取った後の  $ud$  クォーク質量が物理点での結果である。HYP1 と HYP2 スメアリングの違いは格子化誤差であるので両者が連続極限で統計誤差の範囲内で一致しているのは本計算が正しく実行されてい

る証拠の一つである。現在、得られた結果を論文にまとめているところである。

RBC/UKQCD '10(Static))から格段に改善されていることも強調しておきたい。

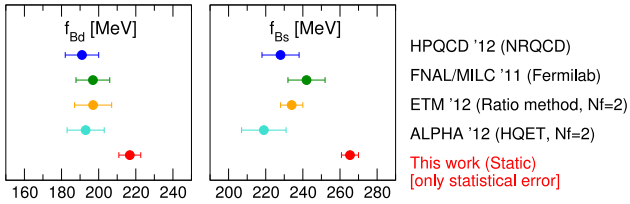


図 3 B 中間子崩壊定数の他グループとの比較

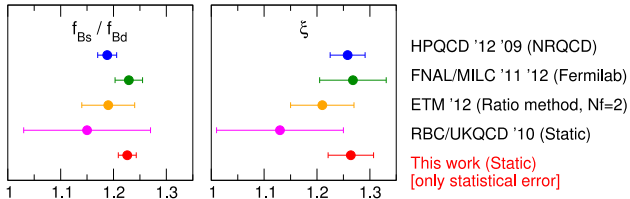


図 4 B 中間子崩壊定数の比と混合行列要素の s-d クォーク対称性の破れのパラメタの他グループとの比較

#### 4. まとめ

本計算で得られた B 中間子崩壊定数、崩壊定数の比、混合行列要素の s-d クォーク対称性の破れのパラメタの他グループとの比較を図 3、図 4 に示す。各々のグループで使用している格子クォーク作用は異なっている。また我々の現段階の結果は統計誤差のみを評価したものである。B 中間子崩壊定数に関しては我々の結果(赤印)は他グループの値から 10-20%程度の有意な差が見られる。これは本研究では重クォーク作用として重クォーク有効理論のクォーク質量の逆数展開のゼロ次(静的クォーク近似)を使用していることによると理解される。それに比べて崩壊定数の比、並びに中性 B メソン混合行列要素の s-d クォーク対称性の破れのパラメタ  $\xi$  は他グループと非常に良い一致を示している。これは s-d クォーク対称性の破れの小ささが静的クォーク近似から来る系統誤差を緩和し結果的に 2%程度の不定性になっているためである。 $\xi$  パラメタは小林-益川行列要素の決定に最も重要な量の一つであり、この量の決定に関しては我々の静的クォーク近似を使ったアプローチは他グループのアプローチと比べて遜色ないと言えよう。また今回の結果は我々が 4 年前に行った計算(図 4 の

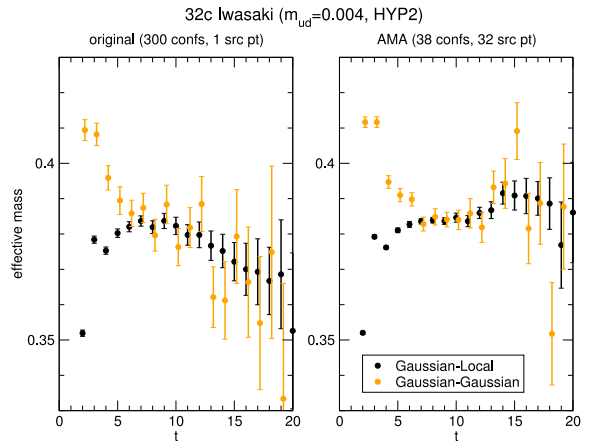


図 5 従来の方法(左)と AMA(右)の 2 点関数の比較

#### 5. 今後の計画・展望

$\xi$  や B 中間子崩壊定数の比は、B 中間子中の軽いクォーク要素を d、s と取った場合の QCD 行列要素の比として定義される。比を取る事により様々な系統誤差ならびに統計誤差が相殺されることが精密な結果を導き、従って、小林-益川行列要素の精密決定に役立てる事が出来るのである。一方、比を取る前の QCD 行列要素は、小林-益川行列要素の違う側面からの精密決定、したがって、惹いては、標準模型の精密検証に重要であるが、統計誤差、系統誤差(特に重クォーク質量の逆数の一次と、演算子くりこみの誤差)ともに大きくなる。しかしながら、統計誤差、あるいは、くりこみの誤差を十分抑える事が出来れば、他のアプローチ(チャームクォーク質量付近での有効理論によらない直接計算など)との組み合わせで、精密結果を導く際のアンカーポイントという重要な役割を担う事ができる。本年度の後半では本計算の統計誤差を改善する観点から全モード近似(AMA)と呼ばれる新たな計算手法をテストした。図 5 は従来の方法で計算した 2 点関数の有効質量と AMA を使って計算したものの比較である。AMA を使ったものは従来のものに比べて計算コスト的に 1/3 程度にもかかわらず、シグナルの大幅な改善が見られる。来年度はこの AMA を用いて現在の計算の拡張することを計画している。また、演算子の非摂動くりこみの手法の開発により、くり

## 平成 24 年度 RICC 利用報告書

こみの誤差も抑える事が出来る。これら、新手法の導入により、比を取る前の QCD 行列要素の高精度化が今後の課題になる。

## 平成 24 年度 RICC 利用報告書

### 平成 24 年度 RICC 利用研究成果リスト

#### 【国際会議、学会などでの口頭発表】

“Matrix Elements for B Physics on Lattice”, Tomomi Ishikawa, QCD STRUCTURE I, Wuhan, China, October 7-20, 2012.