

受付 ID	17a36
分野	素粒子

B 中間子セミレプトニック崩壊による新物理模型の検証

Test of new physics models through B meson semileptonic decays

金児 隆志

高エネルギー加速器研究機構

1. 研究目的

素粒子物理の現在の基礎理論は、多くの素粒子・ハドロン反応を説明することに成功し、「標準理論」と呼ばれている。しかし、暗黒物質の正体を説明できないなどの欠陥を持つため、標準理論に欠けている物理的メカニズム、即ち、「新物理」が存在すると考えられている。新物理を解明し、それを内包する新しい基礎理論を構築することは、素粒子物理の最重要課題である。

新物理を解明するためには、精密な理論計算と実験測定を比較し、標準理論の綻びを見つける必要がある。 $B \rightarrow D^{(*)} l \nu$ ($l=e, \mu, \tau$) セミレプトニック崩壊率は、国内外の実験が 3σ 以上のずれを報告しており、新物理の重要なヒントを与えると期待されている。このため、我が国が主導する国際協力実験 Belle II により測定精度を格段に向上させようとしており、これに見合う理論計算精度を達成することは喫緊の課題である。

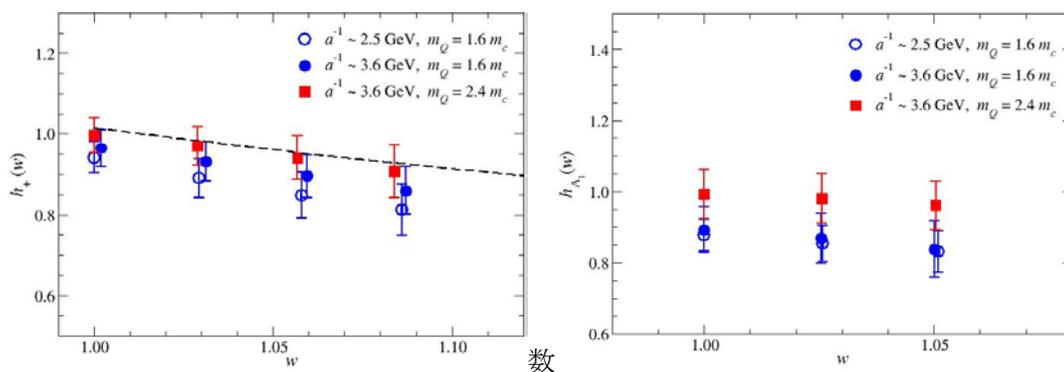
現在、理論計算の支配的な不定性は、QCD の効果を記述する形状因子の非摂動補正から生じている。そこで、本研究では、格子に定式化した QCD (格子 QCD) の数値シミュレーションにより、 $B \rightarrow D^{(*)} l \nu$ 崩壊の形状因子を非摂動論的に計算する。

2. 研究成果の内容

現在の計算機性能ではボトムクォークを直接シミュレーションできるほど大きいカットオフ a^{-1} を用いることはできないため、チャームクォークの質量を現実世界の値 m_c に固定し、現実世界より小さいボトムクォーク質量 $m_b = 1.6, 2.4 m_c$ で形状因子を計算する。現実世界の形状因子を精度良く決めるためには、離散化誤差が十分小さく抑えられているかと、ボトムクォーク質量についての外挿が制御できるかが鍵となる。平成29年度は、比較的小さい格子カットオフ $a^{-1} = 2.5, 3.6 \text{ GeV}$ のシミュレーションに集中し、この2点を検証した。

$B \rightarrow D l \nu$ 崩壊の形状因子の一つである $h_+(w)$ の結果を左下図にプロットした。引数 w は運動量遷移 (レプトン対の不変質量) の大きさを表す力学的パラメタである。現象論的評価 (黒破線) と良い一致を示し、格子カットオフとボトムクォーク質量に大きく依存しないことから、これらのパラメタの外挿を制御できると考えている。一方、右下図には $B \rightarrow D^{*} l \nu$ 崩壊の形状因子の一つである $h_{A1}(w)$ をプロットした。運動量遷移を変えた先行研

究は殆ど行われておらず、本研究は、崩壊率の理論計算に有益なインプットを与えることができる。



3. 学際共同利用として実施した意義

標準理論と新物理模型に現れる全ての形状因子を運動量遷移の関数として決定するためには、相互作用演算子と運動量配位を変えた数多くの相関関数を計算する必要があり、演算量は膨大となる。その一方で、各ノードの演算量は一様で、隣接ノードのみが通信を必要とすることから、メニーコア・アーキテクチャに適したアプリケーションである。そこで、高性能な Oakforest-PACS を用い、研究を速やかに実施した。

4. 今後の展望

シミュレーションを重いボトムクォーク質量、細かい格子に拡張し、これらのパラメタに関する外挿を制御して、現実世界の形状因子を計算する。標準理論と新物理模型に現れる全ての形状因子を計算することにより、標準理論と実験の間のずれを検証するだけでなく、ずれを説明できる新物理模型の特定も進める。

5. 成果発表

(1) 学術論文

(2) 学会発表

“格子 QCD による $B \rightarrow D\ell\nu$ 崩壊の形状因子の計算”、金児 隆志、日本物理学会第 73 回年次大会、2018 年 3 月 22 日、東京理科大学

(3) その他

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
HA-PACS/TCA			
COMA			
Oakforest-PACS	○	568750	284375
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			