

公募番号
第1希望 :素核研 18-1
第2希望 :

着任後の抱負

記入年月日(西暦) 2018年5月18日

申請者はバーテックス検出器(VXD: PXD と SVD を合体させた検出器)の性能評価をはじめとする長期運転で生じる誤差の補正、バックグラウンドの変動補正などを含めたキャリブレーション測定を実施し、B 中間子、 τ レプトンに関するフレーバー物理解析を中心に研究を遂行する。

【物理モチベーション】

素粒子標準模型(SM)は電弱相互作用から電磁量子力学の繰り込み理論による輻射補正によって実験結果のほとんどをよく説明した一方、宇宙の粒子・反粒子対称性問題、暗黒物質、暗黒エネルギー、ニュートリノ質量階層性問題など課題を残す。2012年に発見が認められた Higgs 粒子も詳しい性質の解明が求められている。近年フレーバー物理のアノマリーが注目されている。Belle, BaBar, LHCb で $B \rightarrow D^{(*)} \tau \nu$ と $B \rightarrow D^{(*)} l \nu$ ($l = e, \mu$) の崩壊幅の比 $R(D^{(*)})$ 測定平均が SM と比べて約 4σ 逸脱していると報告されている。超対称性粒子やヒッグス多重項模型、レプトクォークなどの SM を超える新物理理論がこのアノマリを説明できるのではと研究されている一方で、高統計の精密測定実験が新物理の検証のために重要である。Belle II は e^+e^- 衝突型加速器 Super-KEKB を用いてルミのシティを Belle の最大 40 倍に改善して新物理の検証を目的とする。 $R(D^{(*)})$ 再現性はもちろん、以下のテーマは新物理検証において感度をもつ。(1) $B \rightarrow X_s l^+ l^-$ の Frontward-Backward 非対称性、(2) $B \rightarrow \eta K_s \gamma$ の時間依存した CP 非対称性、(3) $B_s \rightarrow \gamma \gamma$ と $B_s \rightarrow \phi \gamma$ の崩壊幅精密測定。

【検出器】

Belle II の VXD は 50 ミクロンのピクセルで読み出す半導体飛跡検出器で e^+e^- 衝突点の再構成を 15 ミクロンの分解能で決定するデバイスである。着任する年度はこの VXD の一部を Belle II 検出器に実装してビーム運転する「フェイズ2」が終わり、VXD をフル実装して運転する「フェイズ3」が開始される予定である。また、VXD は物理解析でのクオリティを左右する重要な検出器で、特に数ミクロン精度での位置合わせが物理解析前に必要である。宇宙線を用いて VXD だけのローカル

な位置合わせを実施し、位置再構成における位置分解能、飛跡の検出効率、S/N比、これらの角度依存性などの性能を評価する。そして、ビーム衝突で生成された粒子を用いて、Belle II 検出器全体でのグローバルな位置合わせ及び性能評価を実施する。

VXD は e^+e^- 衝突点に最も近い場所に配置される。Belle II では Belle と比べてビーム強度の増加に伴い、ビーム・バックグラウンドも増加すると予想される。このバックグラウンドが VXD の性能及び、物理解析に与える影響について調査することは必須である。そこで、先述の検出器の性能評価と併せて、この重要なバックグラウンド研究にも取り組んでいく。

これらの評価にはモンテカルロ (MC) ・シミュレーションを用いて検出器内部での挙動を把握することで実現する。具体的には、散乱粒子が VXD 各チップに与えるエネルギー、タイミングなどの情報を実験と比較して一致させる。そして、ビーム由来の雑音の傾向を調べ、その中でも衝突点、粒子軌道を追跡できるアルゴリズムを開発。ビーム由来の雑音は実験的に観測し、MC シミュレーションによって再現する乱数データを作成する。

【運転業務】

シフト業務ではビーム安定性、各検出器のオンラインモニターのヒストグラム、カウントレートの安定性、Dead チャンネルは存在しないか、データサイズは前 RUN と同程度かなどを確認する。トラブルや挙動不審があればチーム内で議論し対応する。申請者が参加した J-PARC E36 実験のシフトで多くのトラブルを解決し、不安定な挙動の原因を究明した経験が活かせる。

Belle II のビーム強度は次第に増加させながら最終的に Belle の 40 倍のルミのシテイで衝突させる予定である。その際、強度増加に伴った雑音の影響を監視する必要がある。シンプルなヒットパターンに基づいたオンライン・モニターでは純粋に信号数が増加しているのか、雑音も増加しているのか区別がつかない。オフライン解析で雑音を評価するとともに、ヒットパターンで対応できるか見極め機械学習を基にしたアルゴリズムを開発する。

【物理解析】

申請者はセミレプトニック崩壊過程の CP 対称性、世代普遍性について強い興味を持つ。 $R(D^{(*)})$ のアノマリでは $B \rightarrow D^{(*)} lv$ の崩壊幅を精密に測定する必要がある。その際、輻射崩壊 $B \rightarrow D^{(*)} lv\gamma$ が大きなバックグラウンドになり系統的な不確定性を産

む。この輻射崩壊は内部制動放射 (IB) と直接放射過程 (DE) に分類されると考えられており、IB は $R(D^{(*)})$ の計算に含め、DE は含めない必要がある。 $B \rightarrow D^{(*)}lv$ と $B \rightarrow D^{(*)}lv + \text{anything}$ の分離に加え IB, SD の取り扱いによって $R(D^{(*)})$ の精度を改善を図る。IB は $lv\gamma$ 静止系で l と γ の角度が小さく γ のエネルギーが低い傾向があり、DE では l と γ の角度が大きく γ のエネルギーが高い傾向があるため区別することができる。 $B \rightarrow D^{(*)}lv\gamma$ (DE) 事象の研究も報告例が少なく、ハドロンの 4 体崩壊形状因子パラメータ、崩壊分岐比の決定を通して輻射崩壊を明らかにすることも一つのテーマとしては魅力的である。ここで $B \rightarrow D^{(*)}lv\gamma$ においてビーム雑音による γ が混入した $B \rightarrow D^{(*)}lv$ 事象は逃れられないバックグラウンドとなるが、上述した MC シミュレーションを基にしたアルゴリズムを駆使して系統的な不確定性を評価する。この研究を通して $B \rightarrow D^{(*)}lv\gamma$ の検出器 γ 抜け漏れの割合、ビーム雑音 $\gamma + B \rightarrow D^{(*)}lv$ の誤認識の割合を評価し $R(D^{(*)})$ 決定の不確定性を抑制する。

また、この輻射崩壊事象の解析手法は τ レプトンの崩壊事象に対しても有効である。レプトンフレーバー破れ (LFV) を探索するための τ decay チャンネルの崩壊分岐比、崩壊パラメータ精密測定で輻射補正を正しく導入できる。他にもレプトン対の輻射崩壊事象の中から暗黒光子を探索する研究も視野に入れている。したがって、申請者の経験を活かして、Belle II 実験における多体崩壊・輻射崩壊に関する研究を発展させようと考えている。

申請者は積極的にグループ内で解析・開発を中心的に進め、研究を牽引する。また、他グループの物理研究とも議論を重ねて、Belle II で何か応用できないか模索を継続する。共同実験で参加している学生に対して解析技術や物理理論などを共有しながら、実験プロジェクトを進めていきたいと考えている。