

論文要旨

氏名 庵 翔太

論文題目

BelleII 実験用 Aerogel RICH 検出器の粒子識別性能評価

論文要旨

現在の宇宙がなぜ物質で満ちているのか、反物質はどこへ行ったのか。この謎を解く鍵の一つとして CP 対称性の破れがある。Belle 実験は B 中間子の崩壊を用いることでクォークセクターの CP 対称性の破れの観測を目指した。結果、CP 対称性は確かに破れていることが Belle 実験によって確認された。しかし CP 対称性がどの程度破れているのか、それは標準理論から予想される範囲内なのかを議論するには測定精度が低い。また Belle 実験で観測されたイベントには標準理論の予想を外れた新物理の兆候をみせるものもあった。そのため標準理論の検証、新物理への探求を目指し BelleII 実験がスタートする。

Belle 実験から BelleII 実験への主なアップグレード内容としては、新物理に感度を持つ高運動量領域の測定が可能になること、ルミノシティと測定精度の向上である。それに伴い検出器のアップグレードも行われる。A-RICH 検出器はアップグレードされる検出器の一つで、BelleII 検出器のなかでエンドキャップ部における K/ π 識別を担う。

K 中間子と π 中間子はどちらもハドロンであり、質量が非常に近いため識別が困難である。しかし K/ π 識別が必要な崩壊モードは多数存在し、崩壊元の B 中間子のフレーバーを決定するフレーバータギングや、シグナルとバックグラウンドの区別など重要な役割を担う。そのため Belle・BelleII 実験の測定精度に大きく関与する。

A-RICH 検出器は荷電粒子が検出器に入射した際に発生するチェレンコフ光のリングイメージをもとに K/ π 識別を行う。チェレンコフ光を発生させるための輻射体として光透過性があり、屈折率の調節が可能な Aerogel という物質をタイル状にして敷き詰めたものを利用する。Aerogel のタイルはアルミのフレームにセットされるのだが、そのフレームのごく僅かな壁の歪みから位置のずれなどが発生し、Aerogel のタイル間のギャップの大きさが設計値の 1mm よりも大きくなってしまいう可能性がでてきた。

本研究では、ギャップの大きさが大きくなることによる識別性能の変化を見積もり、ギャップの大きさをどの程度に抑えるべきなのかを見積もった。識別方法としては K 中間子と π 中間子の対数尤度の差を用い、その差が設定した閾値よりも大きい場合を π 中間子とする。つまり設定する閾値の大きさを大きくすれば K 中間子と誤識別される割合(fake rate)を低くすることができる。しかし閾値を大きくしてしまうと本物の π 中間子を落としてしまうことになり、efficiency が下がってしまう。そのため識別性能は efficiency と fake rate を比較することで見積もることができる。

結果、A-RICH 検出器の識別可能な運動量領域においてギャップの影響で efficiency が下がることがわかった。特に運動量領域が 0.5 GeV/c から 1.0 GeV/c と 3.5 GeV/c から 4.0 GeV/c においてギャップの影響が顕著に現れる。これはギャップの大きさを抑えなければ、BelleII 実験の目的である新物理に感度を持つ高運動量領域のイベントにおける測定精度が低下することを意味している。