

ドレル-ヤン反応断面積の精密測定による

陽子内の反クォークのフレーバー非対称性の解明

Revealing Flavor Asymmetry of Anti-Quarks in Proton by Precise Measurement of Drell-Yan Reaction Cross Section

東京工業大学 中野 健一

本研究は素粒子物理学の範疇に属し、陽子の内部構造の理解を目的としている。陽子は物質を構成する基本粒子として普遍的に存在しているが、短距離 (短時間、高エネルギー) スケールではパートンの多体系という内部構造が生じる。パートンとはクォーク、反クォーク、グルーオンの総称である。陽子は強い相互作用で束縛された最も単純で安定な系であり、強い相互作用の性質を精査する対象として広く研究されている。近年の実験的・理論的な進展によりその複雑性が理解されつつあり、現行理論では原理を説明できない測定結果が多く発見されている。

本研究は特に陽子中の反クォークの存在量に着目する。強い相互作用のフレーバー対称性に基づいて、反アップクォークと反ダウンクォークの存在量は等しいと予想されていた。しかしこの対称性が大きく破れている事が近年の実験で明らかになった。対称性の破れは新たな物理法則を発見する為に注目すべき現象である。本研究は既存の実験データの 10 倍以上の統計的・系統的精度で非対称性を測定し、理論モデルとの比較から非対称性の起源を解明する。

この為の実験が、アメリカ フェルミ国立加速器研究所 (FNAL) の E906/SeaQuest 実験である。エネルギーが 120 GeV の陽子ビームを用いて、ドレル-ヤン反応を測定する。これは、陽子内のクォークと反クォークが対消滅してミュオン対が生じる反応である。陽子+陽子と陽子+重陽子でのドレル-ヤン反応の反応頻度を計測する事により、反クォーク分布のフレーバー非対称性を抽出する。

E906/SeaQuest 実験は 2012 年 3~4 月にテスト実験を行ない、その結果に基づいて検出器とビームを調整してきた。2013 年 11 月より高強度ビームを用いて主実験を開始した。

実験の主要課題は、ビーム強度の精密測定と安定化である。これはテスト実験で明らかになった問題であり、ビーム強度が大きくなるとバックグラウンド事象が増加して、ドレル-ヤン反応の測定が困難になる。まず、ビーム強度の相対値 (変動) を測定する為に、高速 (53 MHz) にビーム強度を測定する装置 (Cherenkov Counter) を開発・導入した。この装置の測定結果でフィードバックをかけて、加速器から供給されるビームの強度を一定に保つ様にした。次に、ビーム強度の絶対値を測定する為に、低速だが高精度でビーム強度を測定する装置 (Fast Current Transformer) を開発した。これらの装置により、ドレル-ヤン反応の反応頻度を要求精度で測定する事が可能になる。

ビームと共に検出器の調整を行ないながら、4 ヶ月に渡りデータを収集した。性質の分かっている J/ψ 共鳴を測定する事により、検出器とデータ解析アルゴリズムの性能が要求通りである事を確認した。計画通り今後 2 年間でデータ収集を続け、必要なデータ量を収集して反クォーク分布のフレーバー非対称性を決定する。