

1. 研究課題名：大型偏極ターゲットを用いたハドロンのクォーク・グルーオン構造の研究

2. 研究期間：平成18年度～平成21年度

3. 研究代表者：岩田 高広（山形大学・理学部・教授）

4. 研究代表者からの報告

(1) 研究課題の目的及び意義

本研究では、ハドロンの構造解明を目指し、核子スピンとクォーク・グルーオン構造の関係を明らかにし、核子スピンの起源を探る。さらに、クォークの横方向偏極分布関数を初めて直接測定し、核子のクォーク構造を完全に記述する。核子はクォークとグルーオンの複合粒子だとみなされる。核子のスピン ($\frac{1}{2}$) はクォークスピン ($\frac{1}{2}$) に由来すると従来から考えられてきたが、その寄与 ($\Delta\Sigma$) は小さいことが明らかになっている。核子スピンは、クォークスピン ($\Delta\Sigma$)、グルーオンスピンおよびクォーク及びグルーオンの軌道角運動量の寄与の和で表される。 $\Delta\Sigma$ は小さいので、残るのはグルーオンスピンと軌道角運動量であるが、そのうちグルーオンスピンの寄与が有力候補となる。本研究では、CERNのCOMPASS実験において、グルーオンのスピン偏極を直接測定し、その寄与を明らかにする。このため、高エネルギーの偏極ミュオンビームを偏極標的に散乱させ、グルーオンが関与する反応を捉える。すでに興味深い結果が得られているが、さらに装置を改善し、データ収集し、平成21年までにグルーオン偏極度を5%の精度で得る。また、横方向スピン非対称度の測定を行い、クォークの横方向偏極分布に関する情報を得る。さらに偏極ターゲットにパイ中間子を入射し、偏極ドレムラン過程での測定（偏極ドレムラン測定）を初めて行う。これにより、クォークの横方向偏極分布関数を直接決め、核子のクォーク構造を完全に記述する。

(2) 研究の進展状況及び成果の概要

これまでにH15、H16、H18年度にデータ収集をほぼ順調に行ってきた。H18年度には、データの収集効率と質の向上を目指し、偏極ターゲットに大きな改良を加えた。すなわち(1)大口径超伝導マグネットの設置、および(2)3ターゲットセルへの変更、である。また、粒子検出器系の中でも重要なエレメントであるRICH粒子検出器の光検出部の一部をこれまでのMWPCから光電子増倍管に変更した、大幅に粒子識別能力が向上し、効率よくデータ収集が行えるようになった。これらについては、計画どおりに行われ、予想以上の性能を確認できた。並行して、偏極ドレムラン測定のために、高強度ハドロンのビーム対応型の偏極標的の検討も進めている。実際にハドロンのビームを偏極ターゲットに入射し、熱負荷の影響を確かめるためのビームテストをH19年度に行うので、その準備を進めている。

これまでに、グルーオンスピン寄与、横方向スピン非対称度に関して重要な結果が得られている。グルーオンスピン寄与では、間接測定により、2つの解に絞り込み、直接測定とのデータとの比較を行えるようになった。また、横方向スピン非対称度では、われわれが偏極重陽子に対して初めての横方向スピン非対称度の高精度データを供給したことにより、他のグループのデータとの総合解析によって初めて「横方向偏極分布」の推定がなされるようになった。また、われわれは新たに重陽子に対するシバース非対称度が0であることを見出した。これは、モデルによってはグルーオンの軌道角運動量が無いことを示唆しており、非常に注目されている。

5. 審査部会における所見

A (現行のまま推進すればよい)

平成18年度は加速器の不調による運転日数の半減や予期せぬ停電による低温装置のトラブルなど、いくつかの外的要因によってデータ取得が予定よりも遅れているという事情はあるものの、日本グループが担当する部分については着実に作業が進行しており、これまでに、従来データに比べて格段の統計精度でのグルーオンスピンの寄与の大きさの評価や横方向スピン非対称度の測定などによって、核子スピンの起源に関する重要な知見が得られている。実験解析に時間を要するため、厳密な意味で本特別推進研究発足後に取得されたデータが研究成果の形になるにはもう少し時間がかかるが、これまでのところ研究活動は順調に進展しているものと思われる。所属研究機関からの支援も得て、本特別推進研究に関わる若手研究者3名がCERNに常駐する体制が整えられており、今後のより一層の研究発展を期待する。