

科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料
〔研究進捗評価用〕

平成18年度採択分

平成20年 3月31日現在

研究課題名（和文） 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

研究課題名（英文） Study of quark-gluon structure of hadrons
with a large polarized target

研究代表者

氏名（ふりがなをローマ字で記入） 岩田高広（Iwata Takahiro）

所属研究機関・部局・職 山形大学・理学部・教授



研究の概要：核子スピンはクォークスピンその起源だと考えられてきた。ところが、これまでの実験からクォークスピンの寄与が小さいことが明らかになってきた。では、核子のスピンは何によっているのか？ この研究では、特に核子のスピンに対するグルーオンのスピンの役割を調べる。このために、核子のスピンをそろえた偏極標的に、ビーム（ビーム粒子のスピンも揃えてある）を入射し、反応のスピン依存性の調べ、核子のスピン構造をクォーク・グルーオンレベルで解明する。

研究分野：高エネルギー物理学

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理 4301

キーワード：核子、スピン、クォーク、グルーオン、ハドロ、QCD

1. 研究開始当初の背景

核子は「スピン」自由度を持つが、そのスピンの何によってもたらされるのかが、分かっていない。核子などのハドロンは、「クォーク」が結びついて出来ている。クォークもスピンを持っており、核子のスピンはクォークスピンが原因と考えられてきた。ところが、クォークスピンの寄与が小さいことが明らかになり、核子のスピンの何によるのかが、問題となっていた。

2. 研究の目的

核子内にはクォーク以外にスピンを持つ「グルーオン」も存在する。本研究では、核子のスピンの起源を探求するが、特にグルーオンスピン偏極度の直接測定を行い、核子スピンに対するその寄与を調べる。

3. 研究の方法

核子スピンをそろえた「大型偏極標的に」、偏極ミュオンのビームを入射し、グルーオンが関与する反応のスピン依存性を調べ

る。これは、CERN(欧州原子核研究所)において国際共同研究組織 COMPASS として行う。日本グループは、大型偏極標的の技術を持つ世界でも数少ないグループとして、本実験を支える。

4. これまでの成果

これまでに、偏極重陽子に対して偏極ミュオンを入射し、データ収集を続け、過去に例をみない高統計データを蓄積した。そのデータ解析により、以下のような顕著な成果が上がっている。

(1) グルーオンスピン偏極度の世界最高精度の測定の実現

H14-16 までのデータ解析により、グルーオンスピン偏極度は、high-Pt 2ハドロンチャンネルにおいて、精度5%レベルに達しつつある。これは、世界的に他の研究グループの追随を許さない水準となっている。

[4. これまでの成果 (続き)]

また、他の実験では行われていないオープン・チャームチャンネルでも直接測定に成功し、精度も向上しつつある。これらの結果は、グルーオンスピン寄与が当初予想されているよりもかなり小さい値であることを示唆している。この結果は、直接測定だけではなく、深部非弾性散乱の高統計データを QCD 解析を行うことによっても裏付けられた。

(2) 横方向偏極分布関数導出への貢献

COMPASS では初めて偏極重陽子に対する横方向偏極準非弾性散乱における非対称度データを高い精度で確定した。これと、HERMES グループの偏極陽子に対する同様のデータおよび Belle グループの電子・陽電子データを用いて、Anselmino らによってグローバル解析が行われ、u-クォークと d-クォークに関する横方向偏極分布関数(transversity)の情報が初めて明かになった。これにより、核子内部でのクォークのスピン状態がより詳細に分かるようになった。

(3) 重陽子に対する横方向運動量依存分布関数データ

横方向運動量分布関数に関連する偏極準非弾性散乱でのシバース非対称度を偏極重陽子に対して初めて得た。シバース非対称度は、ほとんど 0 と矛盾しない値であり、これは Brodsky らのモデルによると、「グルーオンの軌道回転が核子スピンに寄与しない」ことを示唆している。もし、それが本当ならば、核子スピンへの寄与の残りの可能性としては、「クォーク」の軌道回転成分のみが残ることになり、今後の研究の方向性が示さ

れたことになる。

5. 今後の計画

未解析のデータを解析し、さらにグルーオン偏極度の精度を向上し、グルーオンスピン寄与を確定する。また、核子スピンに対する最後に残った候補である軌道回転成分の寄与についての研究を進めてゆく。具体的に偏極 Drell-Yan 測定でのクォークの軌道回転運動寄与の研究や、深部仮想コンプトン散乱による一般化されたパートン分布関数の研究を行うための準備研究を行ってゆく。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)
(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

- [1] **The Polarised Valence Quark Distribution from semi-inclusive DIS.** COMPASS Collaboration, M.Alekseev, ..., N.Horikawa, ..., **T.Iwata**, ..., T.Matsuda *et al.* **Phys.Lett.B660:458-465,2008.**
- [2] **Spin asymmetry A1(d) and the spin-dependent structure function g1(d) of the deuteron at low values of x and Q**2.** Compass Collaboration, E.S. Ageev, N.Horikawa, **T.Iwata**, ..., T.Matsuda, *et al.* **Phys.Lett.B647:330-340,2007.**
- [3] **The Deuteron Spin-dependent Structure Function g1(d) and its First Moment.** COMPASS Collaboration, V.Yu.Alexakhin, N.Horikawa, ..., **T.Iwata**, ..., T.Matsuda, *et al.* **Phys.Lett.B647:8-17,2007.**
- [4] **Gluon polarization in the nucleon from quasi-real photoproduction of high-p(T) hadron pairs.** COMPASS Collaboration, E.S.Ageev, N.Horikawa, ..., **T.Iwata**, ..., T.Matsuda, *et al.* **Phys.Lett.B633:25-32,2006.**
- [5] **On the large COMPASS polarized deuteron target.** J. Ball, ..., T. Matsuda, N. Horikawa, ..., **T. Iwata**, ..., **Czech.J.Phys.56:F295-F305,2006.**

ホームページ等

http://www.quark.kj.yamagata-u.ac.jp/~iwata/research/compass/compass_introduction.pdf