

【基盤研究(S)】
大区分B



研究課題名 大型偏極ターゲットを用いた核子スピンのクォーク構造の解明

山形大学・理学部・教授

いわた たかひろ
岩田 高広

研究課題番号： 20H05637 研究者番号：70211761

キーワード： 核子スピン、QCD

【研究の背景・目的】

物質はどのようにできているのか？ 物質を構成するのは電子と、原子核を構成する核子（陽子と中性子）である。電子はスピン 1/2 を持つ素粒子で、その性質はよく理解されている。ところが、やはりスピン 1/2 を持つ核子の構造は十分に解明されていない。核子は、スピン 1/2 を持つ素粒子であるクォーク 3 個が軌道角運動量： $L=0$ で結合した複合粒子で、そのスピンはクォークスピンの合成と考えられてきた（クォークモデル）。ところが、クォークスピンの役割が少ないことが分かってきている。結局、クォークスピン以外で核子のスピンの寄与しているものは何か？ は現在も不明で「核子スピンの起源の謎」と呼ばれる重大な問題になっていた。

起源の候補として第一に挙げられたのは相互作用に関与するグルーオンのスピン寄与である。グルーオンはスピン 1 を持つ素粒子で核子スピンの寄与できる。しかし、この測定は難しいため、まだ十分な精度の測定値が得られていない。しかし、この寄与が期待したほど大きくはないことは分かっている。

一方、クォークの軌道角運動量（OAM）にも注目が集まっている。従来のクォークモデルでは核子中のクォークの OAM はあり得ないが、実験データはその存在を示唆しつつある。

【研究の方法】

クォーク OAM の効果は偏極した核子に高エネルギーのミュオンを入射して生成される粒子の左右

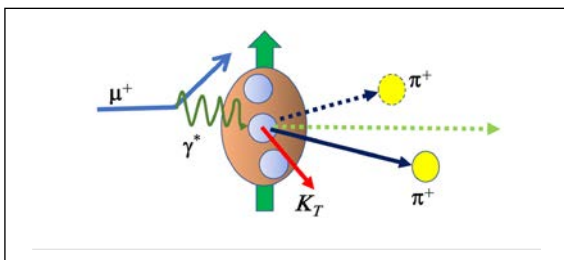


図1 シバース非対称度の測定

非対称に現れる。これはシバース非対称度と呼ばれる（図1）。この非対称度が0でないならば、OAM が存在する一つの証拠と考えられる。私たちは CERN の SPS 陽子加速器からの 160GeV のミュオンを大型偏極標的（図2）に入射して、生成粒子を COMPASS スペクトロメーターでとらえる。また、この測定では核子のテンサーチャージ（TC）を同時に得ることができる。素粒子の標準モデルを超える理論で予想さ

れる核子の電気双極子能率の程度はこの量に依存するので、非常に重要な量として認識されている。

【期待される成果と意義】

原子や原子核の系では構成要素の OAM は基底状態では現れない。基底状態の核子に OAM が存在することが明らかになれば新たなパラダイムの構築につながる。

核子は複数のクォークが強く結合した複雑な系でその理解は QCD（量子色力学）に拠らざるを得ない。現在、QCD 計算を可能にする唯一の方法は分割した時空間で場の量子論を扱う格子 QCD である。この手法は部分的には成功を収めているが、実際に測定を行い、厳しく確認する必要がある。

また、我々の研究は素粒子の標準モデルを超える理論の予想に関わる基本的な量を提供する。これによって、新物理の探索が加速される。

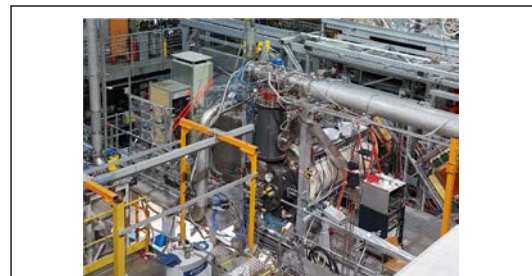


図2 COMPASS 偏極標的とスペクトメーター

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Collins and Sivers asymmetries in muonproduction of pions and kaons off transversely polarised proton., COMPASS, C.Adolph et al., *Phys.Lett. B744 (2015) 250-259*
- ・ Measurement of the Collins and Sivers asymmetries on transversely polarised protons. COMPASS, M. Alekseev, et al., *Phys.Lett. B692:240-246,2010.*

【研究期間と研究経費】

令和2年度－5年度 155,200千円

【ホームページ等】

<https://wwwcompass.cern.ch>
tiwata@sci.kj.yamagata-u.ac.jp