

科学研究費補助金（学術創成研究費）公表用資料  
〔研究進捗評価用〕

平成18年度採択分

平成21年4月28日現在

研究課題名（和文） 偏極陽子衝突を用いた核子スピン構造研究の新展開  
New Developments in the Investigation of  
研究課題名（英文） the Nucleon Spin Structure with Spin Polarized  
Proton Collisions

研究代表者

齊藤 直人 (SAITO NAOHITO)

高エネルギー加速器研究所・素粒子原子核研究所・教授



推薦の観点：国際的に対応を強く要請される研究

研究の概要：陽子のスピンは、他の量子数のようにクォークから説明できると考えられていたが、量子数には関与しないはずの“海クォーク”が親の核子とは反対に偏極していると示唆されている。偏極陽子衝突でWボソンを生成することで、この謎に挑むのが本研究である。

米国ブルックヘブン国立研究所に実現した世界で唯一の偏極陽子衝突型加速器RHICにおけるPHENIX実験で、Wボソンの検出を行う為に高運動量のミュオンをトリガーする機能を付け加える。W生成のスピン非対称性の測定から、核子の中のクォーク、反クォークがどのようにスピン偏極しているのかを明らかにする。

研究分野：原子核・素粒子実験

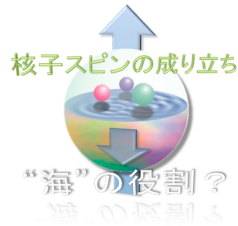
科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：スピン 核子構造 クォーク

### 1. 研究開始当初の背景

核子のスピンはクォークのスピンで説明できると考えられていたが、実際には約20%程度しか説明できない。とりわけ不思議なのは、核子の量子数には寄与しないはずの海クォークが核子とは反対向きに偏極しているように見えることである。

一方で、電磁相互作用をプローブにする従来のスピン構造研究ではクォークと反クォークを分離できないため、分離可能なWボソンによる研究が待ち望まれていた。



### 2. 研究の目的

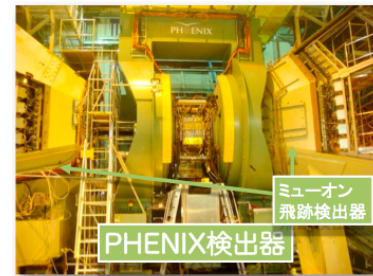
海クォークが親の核子に対してどちら向きに偏極しているのかを、Wボソンの生成を通して直接測定する。核子の量子数には寄与していないはずの反クォークが間接測定から示唆されるように本当に核子と反対向きにスピン偏極しているのか？この基本的な間に直接測定をもって解答をあたえるのが本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

陽子-陽子衝突におけるW生成では、その生成に関与するクォーク・反クォークのスピンの向きが決まっていて、フレーバーもほぼ

固定しているので、核子のスピンフレーバー構造を調べる上で最適のプローブであると言える。

一方、我々は米国ブルックヘブン国立研究所のRHIC加速器にスピン偏極をコントロールする機器を整備して世界で唯一の偏極陽子衝突型加速器を実現して来た。ここで、最高エネルギーの重心系500 GeVでの衝突を実現することにより、Wの生成が可能になる。W生成反応は高運動量のミュオン生成により



同定されるが、我々の検出器PHENIXには10 MHzで起こる雑多な事象の中からそのような事象を選び出してデータ収集する機能がなかった。そこで本研究では、ミュオン飛跡検出器の情報をオンラインで取り出し、高運動量ミュオン、つまり磁場中で殆ど曲がらない飛跡を探し出す機能を導入してWの検出を可能にするものである。

### 4. これまでの成果

W生成の研究を実現する為に、高運動量の

#### [4. これまでの成果 (続き)]

ミュオン発生事象の選択的なデータ収集を実現する。その為に、主に以下の2種類の電子回路基板を開発し、導入した。

##### 1) 波高増幅弁別回路基板

ミュオン飛跡検出器は、磁場中でのミュオンの飛跡を検出し、その曲率から運動量を特定するものであるが、その信号の約5%を取り出し、増幅して波高弁別を行い、その結果を光ファイバーで送るのがこの回路基板の役割である。アナログとデジタルの両方を含むボードであるのでノイズの低減など慎重な設計が必要なボードであるので、以下のようなステップで開発を進めた。

\* テスト用飛跡検出器を用いて宇宙線を用いた試験

\* 東北大学核理研でのビームを用いた試験

\* PHENIX 検出器で少数の実地試験

(宇宙線試験およびビーム試験)

それぞれの段階で改良を施し最終版を確定し、外部委員による評価委員会を経て、大量生産に踏み切った。

##### 2) 高速データフォーマッター回路基板

上の波高増幅弁別回路基板の情報を取りまとめて PHENIX のデータ収集システムに合流させるべく、データフォーマットを高速で行うのが本回路基板である。CERN LHC の ATLAS グループの協力を得て非常に短期間で開発し、実地試験結果の外部委員による評価委員会を経て、最終版を大量生産した。

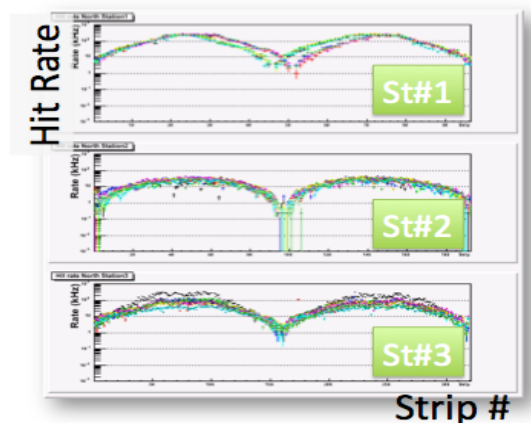
大量の電子回路基板の生産、設置、試験は平成 20 年度の夏から行われ、2009 年のデータ収集ラン (Run 9 と呼ぶ) に間に合うように行った。その過程で、ミュオン飛跡検出器のパフォーマンスを向上させるなどの副



次的成果も生み出した。

平成 21 年 4 月まで最高エネルギーでのデータ収集が初めて行われ、現在データ解析中である。予備的な解析から得られた結果として、ミュオン飛跡検出器 (3つのステーション St#1, St#2, St#3 より成る) のヒット分布を示す。同検出器はストリップ型電極で信号を取り出すものであるが、ヒットの頻度はその面積による。下図に示すヒット分布は、まさにこの面積に比例する傾向を表しており、正しくヒットを検出できていることを示唆している。

今後、詳細な解析をすすめて、次回の本格的データ収集に向けて準備をすすめていく。



#### 5. 今後の計画

今年度は、加速器のパフォーマンスが充分ではなく、物理結果が十分に引き出せるものではなかったため、今後の実験により十分なデータを取得し、その物理解析を行って海クォークの偏極情報を抽出する。さらに、これまでクォーク同士を結びつけている糊の役割をするグルーオンの偏極が核子にどれだけ寄与しているかを調べて来たので、“海”と“糊”の関係について強い相互作用の基礎理論 量子色力学にもとづく解析を行って発表する。

#### 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、研究分担者は二重下線、連携研究者は一重下線)

“糊”の偏極に関する論文

Inclusive cross section and double helicity asymmetry for  $\pi^0$  production in p+p collisions at  $\sqrt{s} = 62.4$  GeV.

By PHENIX Collaboration (A. Adare, J. Murata, N. Saito, A. Taketani et al.).  
Published in Phys.Rev.D79:012003,2009.

ホームページ等

<http://www.phenix.bnl.gov/>