

Title	Measurement of Proton Induced Coherent Pion Production
Author(s)	藤田, 訓裕
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/48740
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	藤田訓裕
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 21753 号
学位授与年月日	平成 20 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Measurement of Proton Induced Coherent Pion Production (陽子を用いたコヒーレントパイ中間子生成の測定)
論文審査委員	(主査) 教授 岡村 弘之 (副査) 教授 能町 正治 教授 下田 正 教授 畑中 吉治 准教授 保坂 淳

論文内容の要旨

核子-核子間の相互作用を記述するモデルとして $1\pi+1\rho$ メソン交換モデルが広く使われている。このモデルを用いて短距離での有効相互作用を現象論的に記述する場合、ランダウ・ミグダルパラメータ g' を用いて記述される。このパラメータは g'_{NN} 、 $g'_{N\Delta}$ 、 $g'_{\Delta\Delta}$ の 3 つの独立パラメータで構成されているが、この中で Δ 粒子間の結合力に関するパラメータである $g'_{\Delta\Delta}$ のみが測定実験の不足により値が定まっていない。そこで我々は、 $^{12}\text{C}(\text{p}, \text{n}\pi^+)^{12}\text{C}(\text{g.s.})$ 反応を用いたコヒーレントパイ中間子生成を測定することでこの $g'_{\Delta\Delta}$ の値についての情報を得ることを計画している。コヒーレントパイ中間子生成の実験は核物理研究センターの中性子飛行時間測定施設でパイ中間子と中性子の同時測定を行うことで執り行われた。この実験手法とパイ中間子-中性子同時測定による測定結果について述べる。

コヒーレントパイ中間子生成の識別を行うためには高いエネルギー分解能が必要であり、特にパイ中間子の分解能が重要である。その為、我々はガス電子増幅器 (GEM) を用いたパイ中間子用の検出器及び、その検出器の読出し用電子回路を新たに開発し、そして中性子飛行時間測定施設に設置されているビームスウィンガー磁石の中に設置した GEM をトラッキング検出器として用いることで、磁石中の軌道を求め、運動量を決定することが出来た。

GEM 検出器とは近年開発されたガス検出器の一種で、多チャンネルの読出し基盤と組み合わせることで、従来のマルチワイヤードリフトチェンバーよりも高い位置分解能や高いレート耐性を実現することが出来る検出器である。読出し回路は多チャンネルの並列処理が可能なアナログ IC 及びシリアルデータ転送の手法を用いることで、GEM 検出器からの膨大なチャンネル数を高速にかつ少ないケーブル数で読み出すことを実現することが出来る。また、既存の中性子検出器とのトリガー情報及びデータ並びの整合性を保つためトリガーロジックは一つのモジュールに集約され、データ収集は一つの計算機によって行われる。これらのロジックは書き換え可能な FPGA と呼ばれる IC に我々が設計した回路を書き込むことで実現される。この検出器システムにより高いバックグラウンドレートの状況下でも高い空間分解能、ひいてはエネルギー分解能を得ることが可能であった。また、高い磁場中でも安定に動作したことは特筆すべき事柄である。

GEM を用いたトラッキング検出器及び、多チャンネル読出しの回路の開発を行った後、コヒーレントパイ中間子生成反応測定を行った。中性子とパイ中間子の同時計測を確認し、ミッシングマスの分布から ^{12}C の基底状態付近の

ピークを確認した。その結果、基底状態を識別した状態でのパイ中間子のエネルギー分布を得ることが出来、理論との分布と比較を行うことで $g'_{\Delta\Delta}$ の値についての示唆を得ることが出来た。

論文審査の結果の要旨

原子核の内部では、 π 中間子に代表される多数の中間子が仮想的に飛び交い、核子の Δ 励起状態等と強く結合するため、核内で働く核力は自由な二核子間のものから大きく異なると考えられている。これを現象論的に記述する様々な有効相互作用が提案されているが、スピン・荷電スピン依存成分に注目した場合、長距離成分を π および ρ 中間子の交換で記述し、短距離成分をランダウ・ミグダルパラメータと呼ばれる結合定数 g' を用いたデルタ関数で表す模型が広く用いられて来た。 g' は中性子星における π 中間子凝縮の可能性や冷却機構を探る上で重要なパラメータと考えられているが、 g' の中で g'_{NN} および $g'_{N\Delta}$ はこれまでの実験で調べられて来たのに対し、 $g'_{\Delta\Delta}$ に関しては、有効な測定手段の欠如から情報がほとんど無い。本論文は、 $g'_{\Delta\Delta}$ に敏感な観測量としてコヒーレント π 中間子生成に注目し、 $^{12}\text{C} (p, n\pi^+) ^{12}\text{C} (\text{g.s.})$ 反応を通じて測定可能性を探ろうとするものである。

コヒーレント π 中間子生成であることを識別するには、 ^{12}C の励起状態を分離できる高いエネルギー分解能が必要である。過去に 800 MeV の (p, n) および 2 GeV の $(^3\text{He}, t)$ 反応で測定が行われているが、いずれも分解能は不十分であった。本論文では、核物理研究センターの既存施設である飛行時間測定系を用いて中性子のエネルギー高分解能を達成する一方、 π 中間子に関しては、GEM (ガス・電子増倍) 検出器と高密度・高速読み出し回路系を開発してスウィンガー磁石中に設置することにより、高計数率・高分解能の測定を試みた。開発された GEM 検出器と読み出し系は、X 線源や陽子ビームを用いて位置分解能や計数率および強磁場に対する依存性等の基本性能をテストした後、実際に、 $^{12}\text{C} (p, n)$ 反応における中性子との同時計数で π 中間子の測定に使用した。

核物理研究センター・サイクロトロンからの 400 MeV 陽子ではコヒーレント π 中間子生成の断面積が小さいため、 $g'_{\Delta\Delta}$ の導出に必要な統計精度を得るには至らなかったが、エネルギー分解能における利点を活かして、 ^{12}C の基底状態分離に必要な分解能 4.4 MeV をほぼ達成することに初めて成功した。このように実験自体の価値が十分に高いことに加え、本論文で申請者は、コヒーレント π 中間子生成イベントであることを確認するために注意深い解析およびシミュレーションとの比較を行い、また、ほぼ単独で先端的な検出器・回路系を開発・駆使して測定を成し遂げた実験手腕は、非常に高く評価できるものである。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。