

【基盤研究(S)】

大区分B



研究課題名 原子核中における中間子質量変化の系統的測定による ハドロン質量起源の研究

理化学研究所・仁科加速器科学研究センター・専任研究員

よっかいち さとし
四日市 悟

研究課題番号：18H05235 研究者番号：20360670

キーワード：実験核物理、GEM、電子検出器、飛跡検出器、カイラル対称性

【研究の背景・目的】

KEK-PS で 2002 年にデータ取得を終了した E325 実験でベクトル中間子 (ρ , ω , ϕ) の原子核中における質量変化現象の証拠をつかみ、2006-7 年に発表した。これは、2008 年ノーベル賞の南部陽一郎らの提唱した「カイラル対称性の自発的破れによるハドロン質量の生成」というメカニズムの実験的証拠と捉え得る重要な現象である。より詳細な測定が待たれたが、高度な実験技術が要求されるため、現在にいたるまで追試と呼べる実験もほとんど行われていない。この状況下で、E325 実験を高度化した J-PARC E16 実験を提案している。建設中である新一次ビームラインの完成と同時に実験を開始して、系統的な再測定により E325 の結果を約 10 倍のデータ量で再確認し、カイラル対称性の破れの指標である原子核内のクォーク凝縮を導出、さらに質量変化の運動量依存性を得る。

【研究の方法】

J-PARC ハドロン実験施設に現在建設中の新一次ビームラインに新しい電子・陽電子対スペクトロメータを建設し(図 1)、ベクトル中間子の質量分布を測定する。J-PARC MR 加速器からの高強度一次ビーム (30 GeV , $1 \times 10^{10} / \text{pulse}$) を、標的起源の電子バックグラウンドを抑えるため物質量を減らした極薄の原子核標的 (C $400 \mu\text{m}$ 、Cu $80 \mu\text{m}$ 、Pb $30 \mu\text{m}$: 放射長で最大 0.5%) に照射し、 $1 \times 10^7 \text{ Hz}$ の反応レートに耐える検出器で大立体角をカバーする。GEM 飛跡検出器により位置分解能 $100 \mu\text{m}$ を達成、 ϕ 中間子の質量分解能は $6 \sim 8 \text{ MeV}$ となる。電子同定には前段: ハドロンプラインド電子検出器 (HBD、ガスチェレンコフ検出器の一種)、後段: 鉛ガラス電磁カロリメータ (LG) の 2 段構成を用いる。HBD と LG の組み合わせによって、背景雑音となるパイ粒子を電子と誤認する確率を 0.03% まで下げることができる。

【期待される成果と意義】

質量変化の理論によらない解析として、 ϕ 中間子の質量分布を質量変化のない場合想定される形と比較して変形量を系統的に調べる。中間子速度依存性 (速い中間子データサンプルでは、物質中滞在時間が短く変化する数が小さい) および標的原子核サイズ依存性 (大きい原子核では物質中滞在時間が長く変化する数が大きい) を検出して質量変化の存在を再確認する。

一方、理論にもとづいた質量分布予測との比較を行う。原子核中での崩壊点分布モデルとあわせて、測定した質量分布を再現できるモデルにもとづき中間子の質量減少量 (通常原子核密度換算) を導出し、QCD 和則により原子核内クォーク凝縮に換算する。また、導出した質量変化の運動量依存性は核物質中の中間子の分散関係となる。

こうして、核物質中の中間子質量変化の存在を確立し、変化量など詳細を QCD にもとづく理論計算と比較、QCD 真空の上の素励起としてのハドロンの性質を実験的に解明する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- "Evidence for In-Medium Modification of the ϕ meson at Normal Nuclear density", R. Muto et al. Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 042501
- "Experimental signature of the medium modification for rho and omega mesons in 12-GeV p+A reactions", M. Naruki et al. Phys. Rev. Lett. 96 (2006) 092301
- "In-medium mass modification of vector mesons", S. Yokkaichi, Lecture notes in physics 781 (2009) pp161-193, Springer

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度 - 34 年度
150,800 千円

【ホームページ等】

<http://ribf.riken.jp/~yokkaich/E16/E16-index.html>

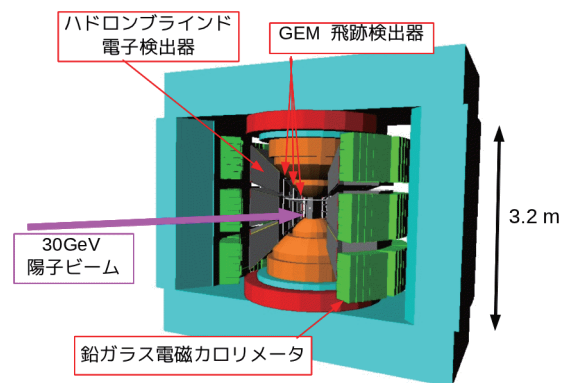


図 1 スペクトロメータ模式図。

本研究ではこのうち中段のみを建設