

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2007-2008  
 課題番号：19340075  
 研究課題名（和文） 原子核中のカイラル凝縮精密測定のための電子検出器プロトタイプ製作  
 研究課題名（英文） Prototyping of electron identifier for precise measurement of chiral condensate in nuclei  
 研究代表者  
 四日市 悟 (YOKKAICHI SATOSHI)  
 独立行政法人理化学研究所・延與放射線研究室・専任研究員  
 研究者番号 20360670

## 研究成果の概要：

J-PARC 原子核素粒子実験施設における原子核実験のための電子検出器のプロトタイプを開発した。要素技術としての大型 GEM(300×300mm、厚さ 50 $\mu$ m)と低物質質量二次元読出基板(基材厚 25 $\mu$ m+銅電極厚 4 $\mu$ m ×2)を開発し、テスト動作に成功した。前者では 1 枚あたり 15 倍の増幅率、後者では位置分解能 106  $\mu$ m という性能を得た。一方で、実験で使うための量産への問題点をいくつか発見し、改良版の設計を進めた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	9,000,000	2,700,000	11,700,000
2008年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
年度			
年度			
年度			
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

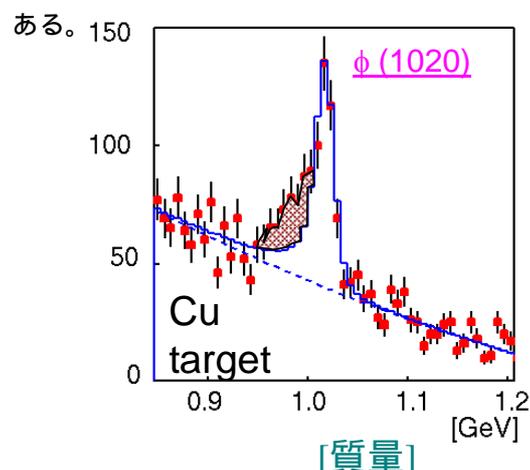
## 研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学，素粒子・原子核・宇宙線・宇宙科学

キーワード：実験核物理・放射線 X 線粒子線・GEM・チェレンコフ光検出器

## 1. 研究開始当初の背景

南部のノーベル物理学賞の業績となった「対称性の自発的破れ」は、物質(ハドロン)の質量の起源を説明する仮説である。本研究代表者の参加した KEK-PS の E325 実験では、これを実証すべく、原子核中の中間子の質量を測定し、軽くなっていることを確かめた。その結果は、破れた対称性が原子核中で回復することを前提とした理論の予言と無矛盾であった。同実験で測定された、Cu 原子核中で約 3%軽くなった中間子の質量分布を示す。(PRL98(2007)042501) 黒線が真空中で期待される分布、赤ハッチ部が軽くなった部分で



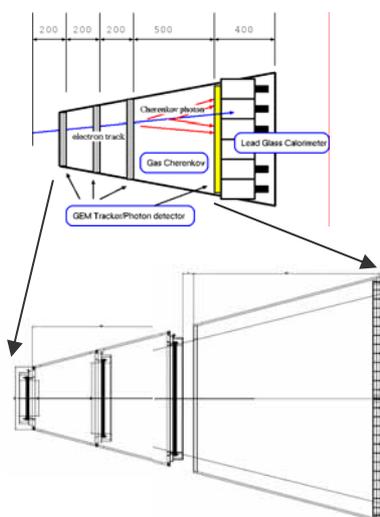
その成果をうけ、理論との系統的比較をおこなうことで、この質量変化の原因がカイラル対称性の破れの回復にあることを確認すべく、J-PARC 原子核素粒子実験施設において、中間子質量測定実験("Electron pair spectrometer at the J-PARC 50GeV PS to explore the chiral symmetry in QCD")を本研究代表者が提案し、E16 実験として物理採択された。今後本採択されてビーム配分を受け実験を行うには、検出器建設の feasibility 審査と予算調達可能性の審査に合格することが必要である。前者のため、とくにこの実験の鍵となる電子検出器の開発が必要である。

## 2. 研究の目的

世界一の高頻度高統計で中間子の電子対崩壊測定実験を行うため、新たな原理にもとづく電子検出器の開発が必要である。高粒子頻度に耐える飛跡検出器として、GEM トラッカーを使用し、大立体角での電子同定のため、CsI 蒸着 GEM を光電面としたガスチェレンコフ検出器(Hadron Blinde Detector:HBD)を使用する。これらのプロトタイプを製作し、量産への問題点を洗い出す。動作確認のほか、実際に実験で使用する測定器のメカニカルなデザインの決定も目的の一つである。

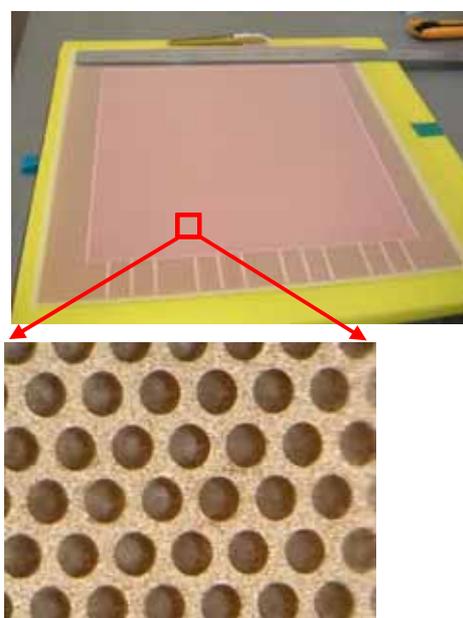
## 3. 研究の方法

大きな開発要素としては2つ、大型 GEM の国産化と低物質量の二次元読出基板の実用化がある。これらを試作し、組合せることで、GEM トラッカーと HBD のプロトタイプを一台ずつ製作する。寸法は提案している実験で使う大きさの一台分と同じである。ビームテストを行い、性能を評価する。検出器モジュール模式図と製作図面を以下に示す。

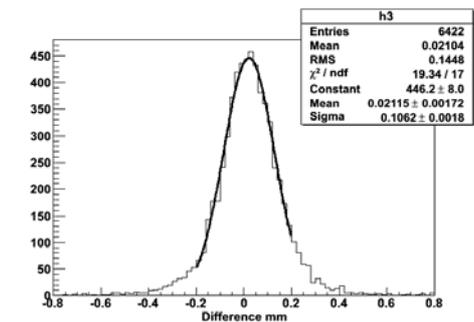
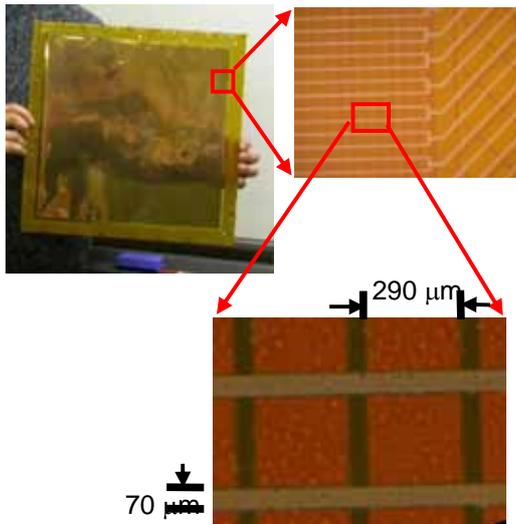


## 4. 研究成果

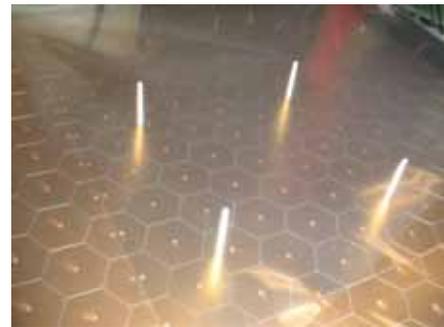
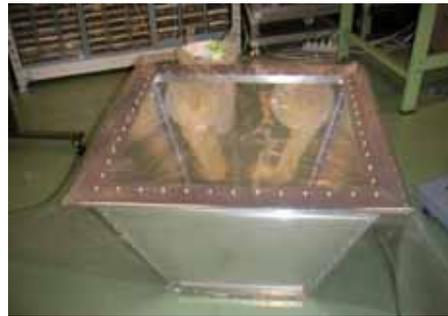
(1) 国産初の大型 300mm 角 GEM の動作に成功し、1枚あたり 15 倍の増幅率を得た。課題として、製品間の品質のばらつきの低減がある。エッチングによる増幅用の穴加工のパラメータのコントロールの向上が必要である。製作した GEM の写真を示す。



(2) 二次元読出基板については基材厚  $25\mu\text{m}$  + 銅電極厚  $4\mu\text{m} \times 2$ 、ストリップピッチ  $350\mu\text{m}$  のものを製作し、GEM トラッカーに組み込んで動作に成功し、ビームテストで位置分解能  $106\mu\text{m}$  という性能を得た。これは、目的の実験に必要な性能を達成している。課題としては、読出ストリップが断線しやすいことがあり、コネクタ固定方法の変更と基板デザインの改良を予定している。基板と拡大写真及び位置分解能の plot を示す。



- (3) HBD のための大型ガス容器 (約 700x700x600mm) と大型読出基板 (約 700mm 角) を製作し、ビームテストを行い、CF<sub>4</sub> ガスによる GEM の動作と荷電粒子検出に成功した。課題としてチェレンコフ光子の検出効率の向上があり、ガス不純物の除去率向上が必要となっている。ガス容器 (CsI 蒸着 GEM を扱うためグローブボックス機能を備える) と読出基板拡大図 (六角形パッドのサイズは一辺約 16mm) を示す。



## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 11 件)

1) 渡邊 陽介,  
原子核内での 中間子質量測定実験のための GEM 検出器開発,  
日本物理学会 第 64 回年会,  
2009/3/30,  
立教大学、池袋

2) Satoshi Yokkaichi,  
Experimental study of vector-meson  
modification in nuclei,  
Photons and Leptons in Hot/Dense QCD,  
2009/3/3,  
名古屋大学、名古屋

3) Kyoichiro Ozawa,  
Detector R&D: J-PARC E16,  
Workshop "New hadrons with various  
flavors",  
2008/12/7,  
名古屋大学、名古屋

4) Satoshi Yokkaichi,  
Chiral symmetry in nuclear matter - from  
KEK-PS E325 to J-PARC E16 - ,  
Workshop "New hadrons with various  
flavors",  
2008/12/7,  
名古屋大学、名古屋

5) 四日市 悟,  
カイラル対称性の回復と中間子の質量変化  
@J-PARC,  
KEK 研究会「J-PARC の物理：ハドロン・原子  
核研究の新しい局面」,  
2008/8/8,  
KEK、つくば

6) Satoshi Yokkaichi,  
Low mass dielectron measurement at J-PARC,  
J-PARC Meeting for Spin and Hadron  
Physics,  
2008/4/8,  
理化学研究所、和光、埼玉

7) Satoshi Yokkaichi,  
Measurements of the low mass di-electron  
spectra at J-PARC,  
The 4th International Workshop on Nuclear  
and Particle Physics at J-PARC(NP08),  
2008/03/06,  
水戸、茨城

8) Satoshi Yokkaichi,  
In-medium modification of vector mesons  
measured at KEK-PS,  
APCTP WS "Hadron Physics at RHIC",  
2007/12/13,  
Asia-Pacific Center of Theoretical  
Physics, Pohang, Korea

9) 四日市 悟,  
電子対測定実験(E16)と高運動量ビームライ  
ン,  
RCNP ワークショップ「J-PARC ハドロン実験  
施設のビームライン設備拡充に向けて」,  
2007/11/12,  
大阪大学核物理研究センター、大阪

10) Satoshi Yokkaichi,  
Low mass dielectron measurement at J-PARC  
(poster),  
International Nuclear Physics Conference  
2007,  
2007/06/05,

## 東京国際フォーラム

11) Satoshi Yokkaichi,  
Low mass dielectron measurement at J-PARC:  
J-PARC E16 experiment,  
Symposium:Nuclear Physics at J-PARC,  
2007/06/01,  
東海、茨城

〔図書〕(計 1 件)

1) Satoshi Yokkaichi 他,  
Springer-Verlag (Berlin),  
Particle and Nuclear Physics at J-PARC  
(Lecture Notes in Physics, 781),  
2009,  
p161-193 (担当分)

## 6 . 研究組織

(1)研究代表者

四日市 悟 (YOKKAICHI SATOSHI)

独立行政法人理化学研究所・延與放射線研究  
室・専任研究員

研究者番号 20360670