

計画研究 A02 「クォーククラスターで読み解くクォーク・ハドロン階層構造」

H30年度の活動報告

1. 研究内容と今年度の成果の概要

本計画研究では、クォーク階層、ハドロン階層、原子核階層の間に存在すると考えられるサブ階層の有効自由度、「ハドロン内部ダイクォーク相関」および、ハドロン分子状態の存否を明らかにすることを目的としている。このための実験的研究を行うため、以下2つの実験研究を推進している。

(ア) 大強度陽子加速器施設 J-PARC における、ハドロンビームを使ったバリオンスペクトロスコピー実験 (J-PARC E50 実験)

(イ) 高輝度放射光施設 SPring-8 における、ガンマー線を使ったバリオン光生成実験 (SPring-8/LEPS2 実験)

本年度、実験装置である大型重バリオンスペクトロメーター (J-PARC) および LEPS 2 スペクトロメーター (SPring-8) の整備を中心的に行ってきた。

2. 進捗状況

(ア) 大型重バリオンスペクトロメーター (J-PARC) の整備

- ① T0 カウンターの開発：大型重バリオンスペクトロメーターの時間基準を決めるカウンターの開発を行なっている。要求される性能としては時間分解の $\delta t \sim 50$ ps 程度、3～5 MHz という高いレートで運用できると追うことが挙げられる。これらの条件を実現するため、我々はアクリルを光輻射体とするチェレンコフカウンターを製作した。
- ② 高レートビーム飛跡：J-PARC E50 実験が目指す重バリオン、特にチャームドバリオンの生成断面積は非常に小さい。そのため十分なデータ取得のためには可能な限りの大強度ビームを使い切ることが実験成功の鍵である。本年度、シンチレーティングファイバーを使った検出器のプロトタイプを製作した。

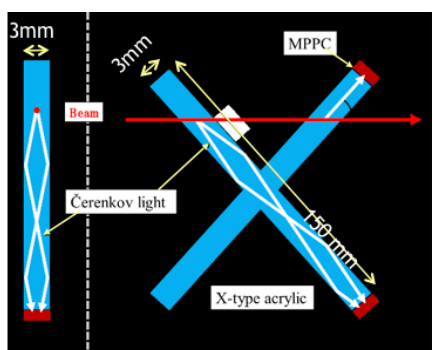


図1： T0 カウンター概念図と製作した実機



図2：ファイバートラッカー

- ③ 上記で製作した検出器と開発中の高速データ収集系を併せ、電子光物理学研究センターにおいて電子線を使った大強度ビーム試験を実施した。
 - ④ より大立体角を覆うことができるよう大型ドリフトチェンバーの新規導入を決定、製作した。
- (イ) LEPS 2 スペクトロメーター (SPring-8) の整備

高輝度 γ 線を使ったバリオン光生成実験を実施するための検出器の製作を行ってきた。特に主要構成要素、タイムプロジェクションチェンバー (TPC)、ドリフトチェンバー (DC) などの整備を中心的に行った。

- ① DC の整備： $\gamma + p$ や $\gamma + \text{原子核}$ 反応でビーム軸方向（前方）に生成される荷電粒子を精度良く検出するための検出器。本年度を持って計画している全ての DC の整備は終了した。
- ② TPC の整備： 標的で生成されたバリオンの崩壊粒子（荷電粒子）を全て捉えることを目的とした大立体角飛跡検出器。本年度、本体は完成し、一部の読み出し回路を整備した。
- ③ 建設した検出器を全て設置し、実際のビームを使ったコミッショニングランを実施、性能評価、不具合の洗い出し作業を行なった。

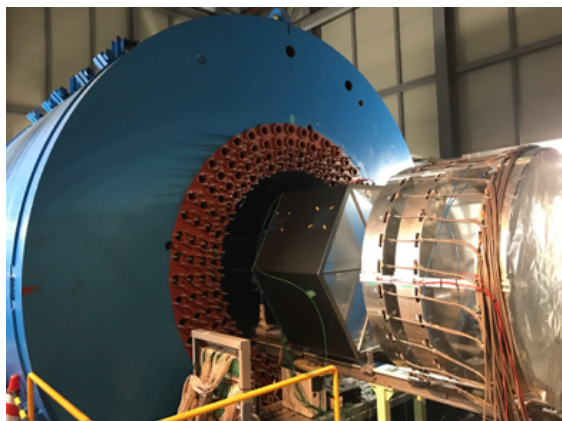


図 3：LEPS 2 スペクトロメーター電磁石
とインストール前の TPC、DC



図 4：製作した
TPC 読み出し回路

（ウ） その他の成果

- ① 反 K 中間子原子核探索に関する最新結果を公表

反 K 中間子が原子核の構成要素になり得るか？という問題は長年議論が続いてきた問題である。我々は今回、K⁻ 中間子と陽子 2 つの束縛状態と思われる状態の検出に成功した。これは今後の K 中間子原子核束縛状態研究の試金石となる成果である。（*Phys. Lett. B.* **B789** (2019) 620-625,）
また、この成果を基とし、理研-KEK-JAEA-大阪大学-東北大学-イタリア LNF-オーストリア SMI 共同でプレスリリースを行なった。（<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2019/01/press-20190124-01-rigaku.html>）



参考資料配布

PRESS RELEASE

2019 年 1 月 24 日
理化学研究所
高エネルギー加速器研究機構
日本原子力研究開発機構
大阪大学
東北大学
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
The Stefan Meyer Institute
J-PARC センター

K⁻中間子と二つの陽子からなる原子核の発見 —クォークと反クォークが共存する“奇妙な”結合状態—

理化学研究所（理研）開拓研究本部岩崎中間子科学研究室の岩崎雅彦主任研究員らの国際共同研究グループ*は、大強度陽子加速器施設「J-PARC」^[1]にて、クォーク^[2]と反クォーク^[2]が共存する「中間子束縛原子核」の生成実験に世界で初めて成功しました。

本研究は、量子力学^[3]における核子の質量の起源や、中性子星^[4]の中心