

J-PARC E40 実験の完遂と K1.8 ビームラインの現状報告

2019年11月の活動報告で紹介した Σ 陽子散乱実験(J-PARC E40 実験)について、加速器のトラブルや諸々の事情により1年以上の遅れが出たものの、2020年5月から6月にかけてのビームタイムで無事に実験データ取得を完遂することができた。現在は次に K1.8 ビームラインで実施予定の E03 実験及び E42 実験に向けてのセットアップ変更作業を行っている。今回は E40 実験のセットダウン時に撮影した写真を使用して CATCH 検出器の説明を行い、E40 実験での簡単な解析結果を紹介する。また、K1.8 ビームラインの現状と今後の予定について報告する。

J-PARC E40 実験は、ストレンジクォークを含めたバリオン間相互作用を理解するために、 Σ 粒子と陽子の散乱微分断面積を高統計で測定する実験である。核子間の斥力芯の起源のひとつと考えられているクォークパウリ効果の検証と ΣN 相互作用の統一的理解を目指している。背景や詳細については、前回の活動報告を参照して欲しい。

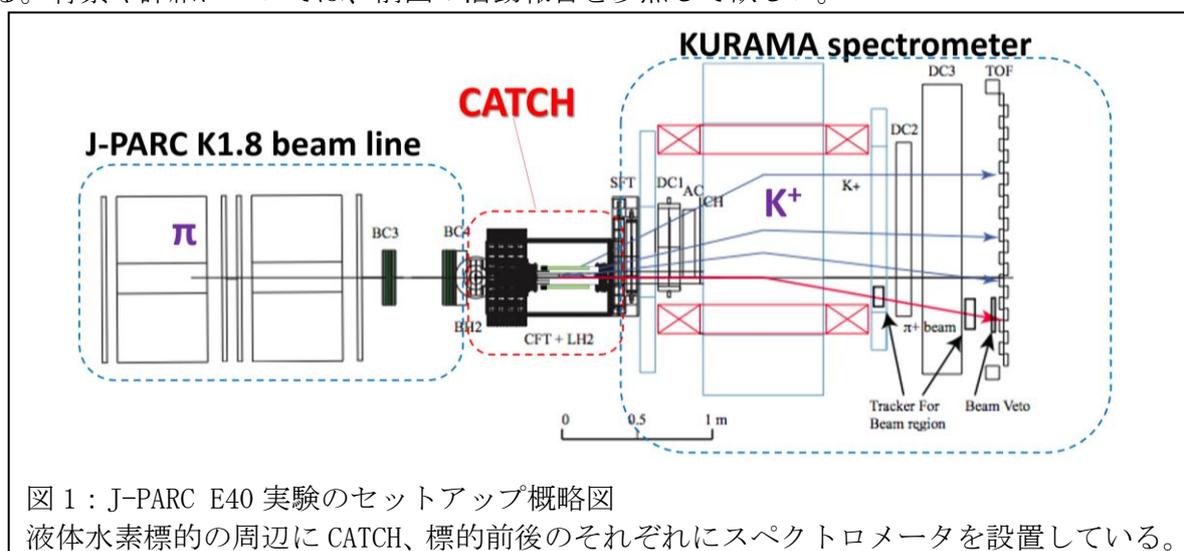


図1：J-PARC E40 実験のセットアップ概略図

液体水素標的の周辺に CATCH、標的前後のそれぞれにスペクトロメータを設置している。

本実験は図1のようなセットアップにおいて、大強度の π 中間子ビームを液体水素標的に照射することによって、以下に述べる2段階反応によって起こる Σp 散乱事象を捉える。まず、 $\pi^\pm p \rightarrow \Sigma^\pm K^+$ 反応によって Σ^\pm 粒子を生成する。その際、ビーム π と散乱 K^+ の運動量ベクトルを標的前後に設置したスペクトロメータ(K1.8 スペクトロメータおよび KURAMA スペクトロメータ)によって測定し、 Σ 粒子の運動量ベクトルを再構成する。この生成した Σ と標的中の陽子とを散乱・反応させ、その微分断面積などの物理量を測定する。

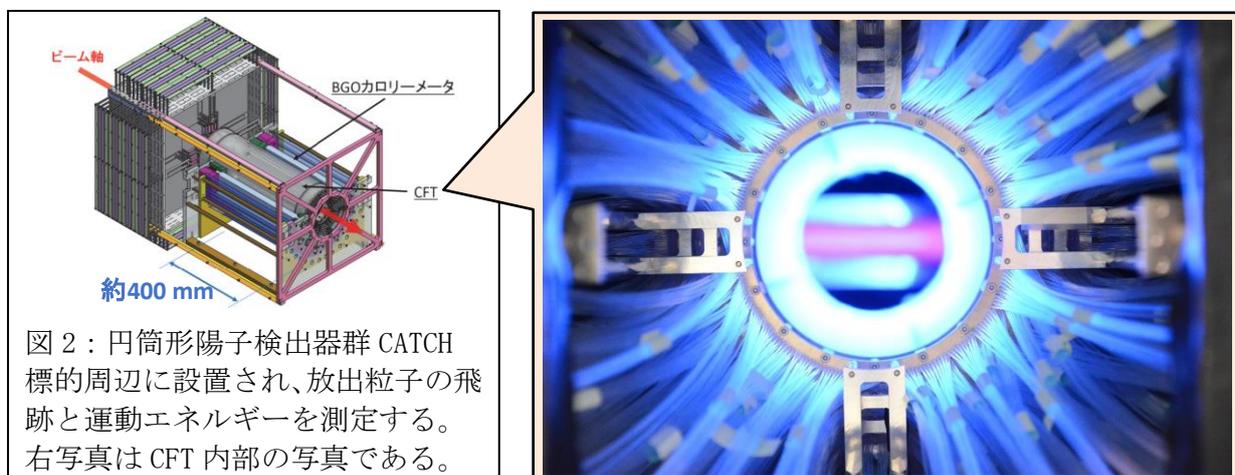


図2：円筒形陽子検出器群 CATCH 標的の周辺に設置され、放出粒子の飛跡と運動エネルギーを測定する。右写真は CFT 内部の写真である。

Σp 散乱からの反跳陽子は、図 2 に示すような円筒状に標的を覆う陽子検出器群 CATCH によって散乱角度と運動エネルギーを測定され、運動学を用いて Σp 散乱事象を同定する。CATCH は円筒形ファイバー飛跡検出器(CFT)と BGO カロリメータから構成されており、本実験のために新たに開発されたものである。

図 2 右写真は CATCH を解体する過程で CFT 内部を撮影したもので、ブラックライトを当てたものである。シンチレーションファイバーが紫外線により、発光している様子が分かる。ビーム利用実験中では、標的の中から放出された荷電粒子がファイバーを通過した際に、このようにシンチレーション光が発生する。その光を各ファイバー端に取り付けた光検出器で検出することで、粒子が通過したファイバーが分かる。CFT は合計約 5,000 本のシンチレーションファイバーを 8 層積み重ねて並べているため、各層での反応ファイバー位置を繋ぎ合わせて 3 次元的に粒子の飛跡が測定できるという 3 次元飛跡検出器である。ファイバー検出器は従来の飛跡検出器（ワイヤーチェンバー）に比べて圧倒的に時間応答が良いため、大強度ビームを利用できるようになった大きな要因の一つにもなっている。

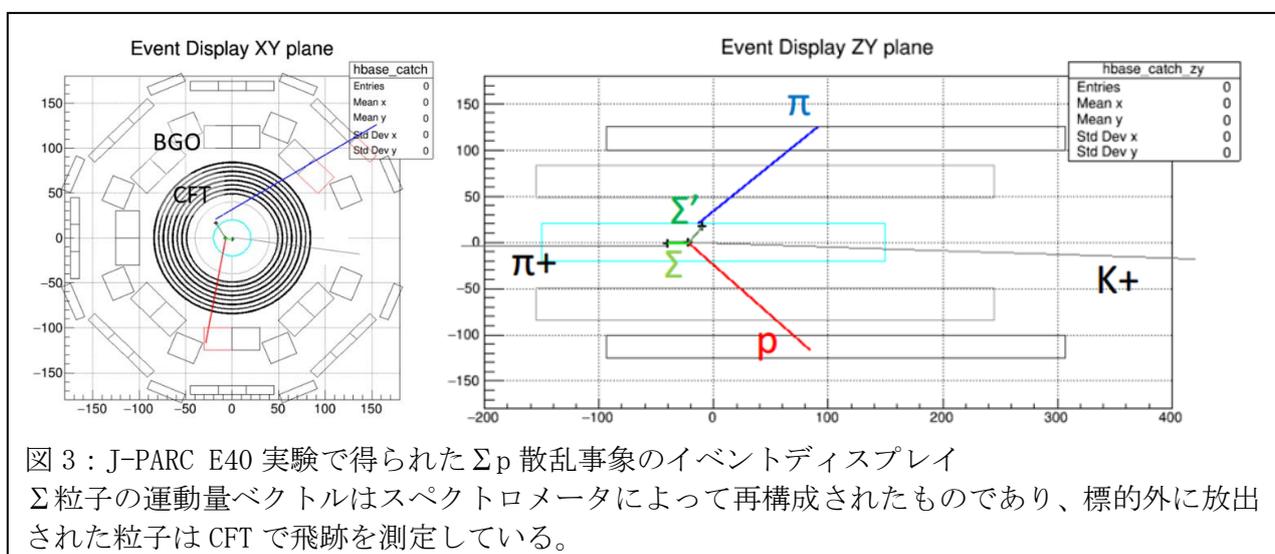


図 3 : J-PARC E40 実験で得られた Σp 散乱事象のイベントディスプレイ

Σ 粒子の運動量ベクトルはスペクトロメータによって再構成されたものであり、標的外に放出された粒子は CFT で飛跡を測定している。

以上のセットアップで実際に取得したイベントディスプレイを図 3 に示す。 Σ 粒子の運動量ベクトルはスペクトロメータで再構成されたものであり、標的から放出された荷電粒子の飛跡は CFT で測定されたものである。これらの飛跡・再構成した運動量・BGO カロリメータで測定した運動エネルギーを用いて運動学的な整合性(運動量保存、エネルギー保存の法則を満たすか)を確認することで Σp 散乱事象が起きたか同定する。図 3 のイベントは、 $\Sigma^+ p$ 散乱であると同定されたイベントである。このようにして得られた Σp 散乱事象の検出数と Σ ビームの量を元に Σp 散乱微分断面積を導出していく。今後はアクセプタンスやバックグラウンドの評価等のより詳細な解析を行っていき、得られた結果を順次学会等で報告する予定である。

無事に実験データを取得し終わった E40 実験であるが、K1.8 ビームラインでは次の実験が控えている。現在 K1.8 ビームラインでは、E40 実験独自に使用していた CATCH 等の検出器を取り外しており、次に予定されている E03 実験(Ξ原子 X 線分光実験)及び E42 実験(H ダイバリオン探索実験)に向けてのセットアップ変更を行っている最中である。CATCH が設置されていた標的位置には、各実験に最適化されたそれぞれ異なる検出器システムが設置される予定である。スペクトロメータとして KURAMA 電磁石を使用することは E40 実験と同様であるが、その設置位置が異なる(E03 実験と E42 実験では共通位置となる)ため、移動のために一度全ての KURAMA 検出器を取り外している最中である。今年度冬の E03 実験ビームタイム実施を目指して、検出器の設置作業を進めていく。

最後にこの場を借りて、加速器グループをはじめとするサポートスタッフの皆様へ感謝します。