

震災後初の π 中間子ビーム

— 遅い取り出しビームを用いた物理実験を再開 —

KEK 素核研 成木恵

J-PARC ハドロン実験施設では、2010年11-12月に初めての物理実験を行った。2012年3月にこのデータについての結果を論文に投稿し、現在査読中である。また、2012年2月に震災後初の遅い取り出しが行われ、J-PARC ハドロン実験施設に二次粒子ビームが取り出された。K1.8 ビームラインでは E19 実験の物理ランを行った。今回はこの2つについて報告する。

J-PARC ハドロン実験施設では、2010年11-12月に K1.8 ビームラインで初めての物理実験を行った。 $\pi^-p \rightarrow K^+X$ 反応によるペンタクォーク Θ^+ の探索を目的とした E19 実験である。 Θ^+ は LEPS 実験での発見以降多くの追試が行われたが、いくつかの実験で確認される一方、主として高エネルギー実験では見えず、存否が問われている。 $\pi^-p \rightarrow K^+\Theta^+$ 反応は中性子を中間状態に持つ生成過程で、理論的な不定性が少なく断面積が有意に大きいと期待されることから、実験の感度は高く、存在すれば Θ^+ を高統計で確定することができる。同じ反応を用いて、過去の KEK-PS E522 実験では統計精度が 2.5σ と有意でないながらピーク構造が観測されていることは示唆的である。

E19 実験では超伝導電磁石を有する SKS (Superconducting Kaon Spectrometer) を用い、 $2\text{MeV}/c^2$ (FWHM) 以下という高分解能で $\pi^-p \rightarrow K^+X$ 反応のミッシングマス分布を測定する。標的は液体水素である。2010年11-12月には Step1 として E522 実験の追試を行った。 π^- ビームの運動量を同じ $1.92\text{GeV}/c$ に設定し、6日間のビームタイムで総計 7.8×10^{10} 個のビーム π 中間子を標的に照射した。遅い取り出しビームの duty factor は 16% 程度、典型的な π ビーム強度は 1 スピル当たり 1M 個 (1 スピルは約 2 秒) であった。較正用に取得した Σ 粒子生成データの評価から、 $1.4\text{MeV}/c^2$ (FWHM) という十分な分解能を達成していることを確認した。

図 1 に得られたミッシングマス分布を示す。 Θ^+ の質量付近 ($1.51-1.55\text{MeV}/c^2$) に対応するピークは観測されなかった。データの分布は、既知の寄与をシミュレーションしたバックグラウンド分布とよく一致している。微分生成断面積の上限値は実験室系で $0.26 \mu\text{b}/\text{sr}$ (90% C.L.) であった。理論計算との比較によって微分断面積の上限値から Θ^+ の崩壊幅の上限値を求めると、スピン $J^P=1/2^+$ 、 $1/2^-$ の場合にそれぞれ 0.72MeV 、 3.1MeV と評価された。この結果は Phys. Rev. Lett. に投稿した (arXiv:1203.3604 [nucl-ex])。

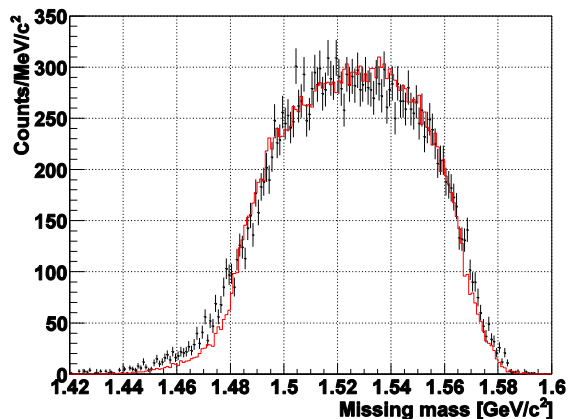


図 1 : $1.92\text{GeV}/c$ $\pi^-p \rightarrow K^+X$ 反応のミッシングマス分布。アクセプタンスは補正されていない。黒いポイントがデータ、赤いヒストグラムはシミュレーションで求めたバックグラウンド。

2012年2月には震災後初の遅い取り出しが行われ、1年数ヶ月ぶりに二次粒子ビームがハドロン実験施設に取り出された。施設周辺の陥没、冷却水などの基幹設備の損壊、ビームライン機器のずれ、SKS 架台の破損や検出器の一部損壊など多くのダメージを乗り越え、K1.8 ビームラインに無事にビームが取り出された。図2に測定した標的のプロファイルを示す。再構成した標的の像は震災前の形状と同じであることが確認できた。これはビームラインの光学に大きな変更がなく、機器が正しく稼働していることを意味する。また、図3に示すように、較正用の $\pi^+p \rightarrow K^+X$ 反応データのミッシングマス分布でクリーンな Σ^+ のピークが観測された。震災前とほぼ変わらない分解能が得られていることも確認できた。今回はE19実験のStep2として6日間のプロ

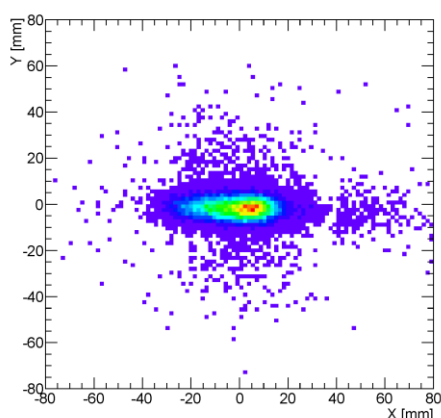


図2：ビーム軸に垂直な面での標的イメージ。

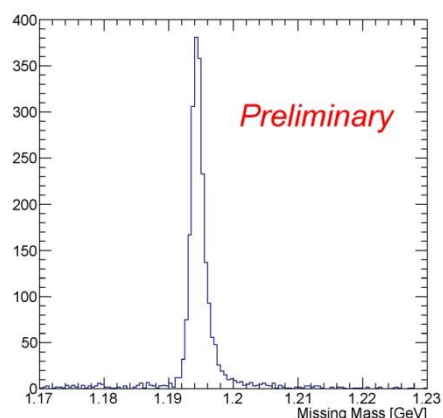


図3： $\pi^+p \rightarrow K^+X$ 反応のミッシングマス分布。 Σ^+ のピークが観測された。

ダクションを行い、計 8.7×10^{10} のビーム π 中間子を実験標的に照射した。ビーム運動量が高いほど実験の感度が上がるため、K1.8で出し得る最大の運動量 $2\text{GeV}/c$ でデータを取得した。duty factor は20%程度まで改善し、スパル当たり1.7M個のビーム強度でデータ取得が可能であった。今後解析を進め近々成果を発表する予定である。

また、今後に向けてK中間子ビーム取り出し調整のスタディも行った。シミュレーションと同程度の強度が得られているが、純度については最終的な値の半分程度であり、今後の詳細なスタディが必要である。

実験には国内外から40名を超えるスタッフ、若手研究者、学生が参加した。本格的な物理データ取得は2回目となったが、前回の中心メンバーから現場のノウハウが確実に引き継がれ、実験を成功裏に終えることが出来た。このような場は人材の育成という意味でも重要である。また、ビームライン、SKS、液体水素標的の復興・運転にはハドロンビームライングループ、素核研低温グループ、J-PARC低温セクションの方々に多大なご協力を頂いた。ここに感謝したい。

