

SHiP 実験に向けたコンパクトエマルシヨンスペクトロメーターの試験機評価

廣瀬寛士（素粒子物理学教室）

素粒子物理学の標準理論ではニュートリノは質量を持たない粒子として扱われてきた。しかし 1998 年のスーパーカミオカンデ実験にてニュートリノが質量を持つことを示すニュートリノ振動が発見された。その後 $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ の観測が試みられるようになったが、 ν_τ の反応で生成される τ は短寿命であるため、直接の検出が難しかった。DONUT 実験や OPERA 実験で ν_τ の反応の観測に成功したが、その数は合わせて 19 個しかなく、 $\bar{\nu}_\tau$ の反応との識別も出来ないため、レプトンの種類の違いは質量の違いのみによるものであることを示すレプトンユニバーサリティの検証は未だできていない。

CERN-SPS の SHiP 実験は未発見の粒子の探索を目標とする実験計画である。また、400GeV/c 陽子ビームを高密度金属標的に照射し、 ν_τ を多く含むビームを生成するので、 ν_τ 反応自体の研究、そして $\bar{\nu}_\tau$ の世界初の識別が可能になると期待されている。そこで重要なのがタウレプトン崩壊娘粒子の電荷符号の識別を可能とするコンパクトエマルシヨンスペクトロメーター (CES) の開発である。CES は低密度支持体と原子核乾板を交互にサンドイッチした構造で、 τ 粒子の崩壊生成物であるハドロンが通過する距離 3 cm の間に、磁場による数 μm の粒子の曲がりを検出することでサジッタ法により電荷符号と運動量を測定することができる。先行研究の原理検証では、KEK PS にて 0.5~2.0 GeV/c のハドロンを 1 T の永久磁石中に設置した CES に垂直照射した結果、乾板の面積 4 cm² において荷電符号識別精度は 7σ 以上であった。SHiP 実験で実際に使用するにはより大面積で、より大きな角度を持った飛跡に対しても検出を可能にするため、原子核乾板を拡大したうえで同様の性能が要求される。

そこで 2017 年に、より本実験に近い状況で照射試験をするために原子核乾板のサイズを 10×12.5 cm² へ拡大した CES スタックを CERN PS において 1T の電磁石中に設置し $\tan\theta = \pm 0.3$ までの角度で 1.0 ~ 10 GeV/c の荷電ハドロンビームを照射して電荷符号判別試験を実施した。その結果、解析可能範囲約 70 cm² で 6 GeV/c までの電荷符号を 2σ 以上の信頼性で識別することができた。しかし、運動量分解能がシミュレーションによる見積もりでは 20% 程度であるのに対し、飛跡データの解析による実測値は 23.6% と完全には一致していない。運動量分解能に影響する主な要因は多重電磁散乱と飛跡検出精度であるが、それ以外にも照射時の原子核乾板自体の歪みやたわみによる影響がある。照射実験時に原子核乾板の相対位置関係が歪みやたわみにより設計時と変化しているならば、運動量分解能を示すサジッタの値に影響する。そこで包括的に解析を行うことで照射試験の結果をまとめ、かつ、ゆがみやたわみ、原子核乾板の傾きが無いところでは運動量分解能がシミュレーションの結果である 20% と一致するのか検証した。また、それに伴い解析手法の改善を行った。