

論文要旨

氏名 河野 歩実

論文題目

SHiP 実験へ向けたコンパクトエマルジョンスペクトロメーターの開発

論文要旨

素粒子物理の標準理論はこれまでのほぼ全ての実験データを矛盾なく説明できるという大成功にもかかわらず、残された謎も多く、究極の理論とは考えられていない。そこで標準理論を超えた新物理を求めて、より高いエネルギーの加速器を用いた新しい実験（高エネルギー・フロンティア）、大強度ビームを用いた高統計の精密実験（インテンシティ・フロンティア）など様々な実験計画が提案され、実施されている。CERN-SPS の SHiP 実験は後者のタイプの実験で、今まで見過ごされてきた「隠れた粒子」の探索とまだ実験データの少ないタウニュートリノ反応の研究を目的とした国際共同実験計画である。CERN-SPS 加速器で加速された $400\text{GeV}/c$ 陽子ビームを原子番号の大きい高密度金属標的に照射し、生成された π 中間子や K 中間子も一気に吸収させるビームダンプ法を用いてタウニュートリノを多く含むニュートリノビームを作り、実験装置に導く。

タウニュートリノ反応はこれまで、DONuT 実験で 9 例、OPERA 実験で 10 例が直接検出されたのみで実験データは決定的に不足しており、さらに OPERA 実験で確認された 1 例のタウニュートリノ反応を除いて、タウニュートリノ反応によるものか反タウニュートリノ反応によるものか、区別もできていない。そこで我々は、標的兼検出器であるエマルジョン・クラウド・チェンバー(ECC)の下流にコンパクトエマルジョンスペクトロメーター(CES)を配置したサンドイッチ構造をニュートリノ検出装置の 1 ユニットとして用いることで、タウニュートリノ・反タウニュートリノ反応を識別して精密研究しようと計画している。また、反ニュートリノ反応によるチャーム生成事象を選ぶと、核子中の反ストレンジ・クォークの精密な情報を得ることが可能になるなど、今までにない研究が可能になる。

KEK PS において行われた CES の先行研究では運動量 $0.5\text{GeV}/c$ 、 $1.0\text{GeV}/c$ 、 $2.0\text{GeV}/c$ の正・負荷電ハドロンビームを磁束密度 1 テスラの永久磁石中に設置した小型 CES に垂直に照射し、サジッタを測定したところ、ローレンツ力による曲率をもとにした期待値とよく一致しており、電荷符号決定の有意性が 7σ 以上とその原理は検証されている。しかし、実際の実験に用いるサイズの原子核乾板に対して角度を持った荷電粒子の運動量測定などはなされておらず、実用化に向けての研究がまだ必要である。そこで、本研究では原子核乾板のサイズを $10\times 12.5\text{cm}^2$ へ拡大した実用型 CES スタックを製作し、2017 年 8 月に CERN PS において磁束密度 1 テスラの電磁石中に設置し、 $\tan\theta=0.3$ までの角度で $1.0\text{GeV}/c$ から $10\text{GeV}/c$ の運動量の正負荷電ハドロンビームを照射して電荷符号を判別できるかのテスト実験を実施した。その結果、先行研究では 4cm^2 であった解析可能範囲を最大約 70cm^2 まで広げることができた。