

エマルシヨンスペクトロメーターにおける宇宙線を用いた性能評価

横川まゆ子（素粒子物理学教室）

標準理論(Standard Model)は現代の素粒子物理学において素粒子のふるまいを記述する理論の一つで、これまでの数多くの実験で理論に矛盾が見つかっていないが、一方でニュートリノ質量や振動、ダークマターの存在などの多くの現象を説明できていない。標準理論は自然を記述する究極の理論ではなく、これらの現象を記述できる未知の粒子や相互作用の存在が期待される。タウニュートリノは標準理論の中ではあまり性質が知られていない粒子の 1 つであり、新しい物理において重要な役割を果たす例がいくつか挙げられている。また、タウニュートリノの直接検出はまだなされていないのが現状である。

本研究室ではタウニュートリノ・反タウニュートリノ識別を目的としたニュートリノ検出器、Compact Emulsion Spectrometer(CES)の開発を行っている。これは $\tau \rightarrow \mu$ だけでなく $\tau \rightarrow h$ (ハドロン)の崩壊モードの崩壊娘粒子の電荷識別を可能とするユニークな検出器でもある。CES は原子核乾板と低物質量の支持体を交互に積層した構造をもち、厚さ 3 cm の空間で(10 GeV/c ハドロンの場合、 $\pm 4 \mu\text{m}$ の)サジッタ s の測定を行い、 τ 崩壊娘ハドロン電荷符号を分離・識別する。

これまでに先行研究で原理検証は行われており、0.5~2.0 GeV/c, $\tan \theta = 0$ (4 cm²)の条件下で sagitta と運動量(1/p)に良い相関がみられることが確認された。さらに実用化に向けて 2020 年に行われた宇宙線照射実験では 500 μm 厚のガラスベース乾板が平面性や熱膨張の観点から良いパフォーマンスを発揮することが確認された。6 GeV/c までの運動量で 3.2σ 以上の精度で電荷識別可能な性能があることが確認されているが、その解析方法の不確定さと高運動量粒子に対する解析が課題となっていた。

本研究では実験設計を見直し、CES と組み合わせる ECC の積層枚数を増すことでより高い運動量領域の解析を行うことを目指し、新たに宇宙線照射実験を行った。これは磁場をかけない状態で CES および ECC に宇宙線を照射し、 $s=0$ を中心とする sagitta 分布の幅 σ_s からその性能を確かめるものである。また、乾板二枚の密着構造 (Doublet) を三枚 (Triplet) へ変更し、乾板そのものの測定精度に対するより精度の高い見積もりを目指した。さらに、従来より sagitta の値を求めるための解析段階において主に目視によるパラメータ調整を行っていたが、この個人差による解析結果のずれを確認するため昨年度に行われた宇宙線照射実験の結果を用いて改めて sagitta 分布を求めた。

この結果、2020 年度宇宙線照射実験に対する sagitta 解析に関して、 σ_s について 2020 年度解析と比較し最大で-0.512 の差が見られ、全体的に再解析結果の方が小さい値になる傾向が確認された。

また、2021 年度宇宙線照射実験については再現性および乾板保持のため塗布・現像段階での手法の見直しが必要とされることが分かった。

今後の展望として、手法に改善を重ねたうえで今回行ったものと同様のセットアップの宇宙線照射実験に対し解析を行うことでより高エネルギー側での sagitta の精度評価を行うことが挙げられる。また、SHiP 実験本番を想定したデバイスの大型化およびそのための最適化が望まれる。

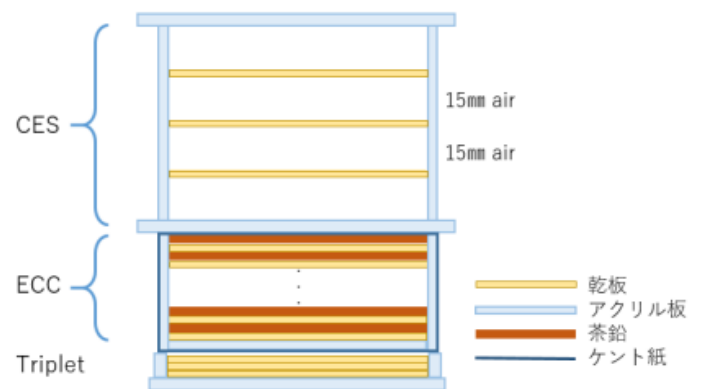


図 1 宇宙線照射実験セットアップ