

論文要旨

理学研究科 物理学専攻

6419011 鶴岡千穂 (素粒子物理学教室)

論文題目

タウニュートリノ・反タウニュートリノ識別のための新薄型エマルジョンスペクトロメーターの開発

論文要旨

現代の素粒子物理学において標準理論(Standard Model)は、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、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。 ν_τ 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 ν_τ が重要な役割を果たす例がいくつか挙げられている。また、 $\bar{\nu}_\tau$ の直接検出はまだなされていないため、これを分離識別する必要がある。

本研究室では $\nu_\tau \cdot \bar{\nu}_\tau$ 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 ν_τ においては $\tau \rightarrow \mu$ だけでなく $\tau \rightarrow h$ (ハドロン)への崩壊モードの崩壊娘粒子の電荷識別が可能なユニークな検出器でもある。CESは原子核乾板と低質量の支持体を交互に積層した構造をもち、厚さ3cm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 の測定をして、 τ 崩壊娘ハドロンの電荷符号を分離・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 cm^2)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2017年CERNで行ったテスト実験では、200 μm 厚のガラスベース乾板が平面性と熱膨張の観点から適していることが分かり、2.6 GeV/c, $\tan\theta=0$ において 3.6σ 以上の電荷識別精度を得て、良いパフォーマンスを発揮することが確認された。しかし、課題として200 μm ではガラスが割れやすく扱いが困難であり、たわみもみられた。

本研究では、これらを解決すべくガラスの厚みを500 μm に変更し、平面性保証のためにCESの枠を改良した。新たに作製したCESの性能評価をするために宇宙線照射実験を計画し、これまでに2019・20年の2回実験を行った。磁場をかけない状態でCESに宇宙線を照射するもので、たわみの調査やsagittaの測定精度であれば宇宙線でも可能であり、磁場をかけなくても $s=0$ を中心とするsagitta分布の幅 σ_s から性能を確かめることが出来る。宇宙線を使うことによって様々な運動量の粒子がCESに入射することになるが、運動量測定・低運動量成分の分離のためにECCを導入した。また、500 μm ガラスベース乾板の測定精度を見積もるためにDoublet構造を導入したセットアップで実験を行った。

結果として、ガラスベースの厚みを200から500 μm へ変更したことで2枚の乾板間の位置差分布の幅 σ が60.9→29.4 μm とおおよそ半分となりたわみの抑制が確認された。また、ガラスベース乾板の角度測定精度は200 μm に比べて $\tan\theta=0$, 0.3で1.8倍以上向上している。

sagitta分布の幅 σ_s による解析ではsagittaに対して 2σ 以上の信頼性で電荷識別することを目標としている。乾板全面積に対する結果では6 GeV/cまでの運動量で、19年で 2.5σ 、20年で 3.2σ 以上の精度で電荷識別可能な性能があると確認された。