

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 原子核乾板の超高速自動飛跡読み取り装置 HTS

氏 名 吉本 雅浩

論 文 内 容 の 要 旨

原子核乾板は放射線の飛跡をサブミクロンの位置精度で記録できる 3 次元飛跡検出器である。原子核乾板は π 中間子の発見、チャーム粒子の発見などで素粒子物理学に貢献し、近年ではタウニュートリノを発見した DONUT 実験やニュートリノ振動 $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ をアピアランスモードで発見した OPERA 実験で用いられた。これらの発見は、名古屋大学における自動読み取り装置の発明と高速化が重要な役割を果たした。

原子核乾板の用途は素粒子物理学にとどまらず、ガンマ線天体の精密観測を目指す気球搭載型宇宙ガンマ線望遠鏡計画 GRAINE や、短寿命粒子や低エネルギー粒子に着目したニュートリノ実験、大型構造物を透視する宇宙線ミュオンラジオグラフィへと拡大を見せており、読み取り装置に要求される性能は OPERA 実験で用いられた S-UTS の二桁上の 1000 平米になる。この読み取り能力を持つ次世代の原子核乾板自動飛跡読み取り装置 Hyper track selector (HTS) の開発を始めた。

HTS は従来比 600 倍の視野面積を持つ対物レンズと、それをカバーするため 72 個の 2M ピクセルの撮像素子で構成されるモザイクカメラ、36 台の解析用コンピュータ、原子核乾板を三次元的に移動させるためのステージで構成される。これらの全デバイスを統括するためのソフトウェアを設計し、協調して読み取りを行うシステムを構築した。

HTS は $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ の視野面積をサブミクロンの位置精度を持ちながら複数の撮像素子で並列に飛跡を読み取ることが要となる。そこで、各撮像素子で読み取られる飛跡情報をサブミクロン精度で一つの座標系に統合する手法を開発した。さらに、撮像素子の位置の経時変化を補正するために、実際の飛跡を用いて動的に補正する手法を開発した。また、飛跡認識に用いるソフトウェアの改良と GPU の発展に伴い飛跡の認識角度空間が拡大したため、入射角の大きい飛跡で発生する偽飛跡を除去する手法の開発を行った。

開発した HTS で GRAINE の 2015 年フライトの原子核乾板の読み出しを行い、その実データを用いて、入射角 $\tan\theta < 1.6$ の角度領域で 97%以上の検出効率と、 $\tan\theta < 0.1$ で 2.5mrad の角度精度を達成し、実用に十分な性能を有していることを実証した。また飛跡の絶対角度に対する、ステージの位置の不定性や平面性、光軸の傾きの影響を評価し、その補正を行い、角度精度の向上を実現した。またステージを移動する際に発生する振動を打ち消すためのカウンターステージの応答特性を評価し、読み取り速度を最大化する制御方法を実現した。その結果、1%の検出効率の損失を許容すれば、4700cm²/h での読み取りが可能であることを示した。これは、S-UTS の 70 倍の速度であり、2 年で 1000 平米の原子核乾板の読み取りが可能になった。GRAINE 計画やニュートリノ実験、宇宙線ミュオンラジオグラフィなどの次期計画必要とされる読み取り速度を達成した。