

放射線工学部会セッション

放射線計測と多チャンネル・高速処理システム

Recent Developments of Fast and Multi Channel DAQ System for Radiation Measurement Study

(4) 原子核乾板読み出しに特化した GPU による高速情報処理

(4) Fast Processing by GPU Specialized for Nuclear Emulsion

*中野 敏行¹, 吉本雅浩¹, 駒谷良輔¹¹名古屋大学

1. 序

原子核乾板 (図 1) は飛跡記録型の放射線検出器として 1950 年代に本質的な部分が確立し、サブミクロンに達する空間分解能を生かして、様々な研究に応用されてきた。写真乾板の一種である原子核乾板は、荷電粒子が原子核乳剤中のハロゲン化銀結晶を通過し、生成された潜像を現像することで微小な銀粒子として固定する。最少電離粒子の飛跡は、 $100\mu\text{m}$ あたり 30-40 個の微小な銀粒子の並びとして記録される。原子核乳剤層の厚さは一般に $50\mu\text{m}$ 以上と、通常の写真フィルムよりも大幅に厚い事も特徴であり、それによって飛跡情報を完全な 3 次元情報として得ることができる。我々名古屋大学のグループにおいては、原子核乾板の高分解能よってのみ成しえる短寿命な素粒子やニュートリノ等の素粒子研究に用いてきた。近年では、ミューオンラジオグラフィーなどへの応用など、飛跡検出器として大面積化や多層化による量的な拡大が強く望まれ、原子核乾板に記録された飛跡読み取りの高速化が重要な課題となっている。

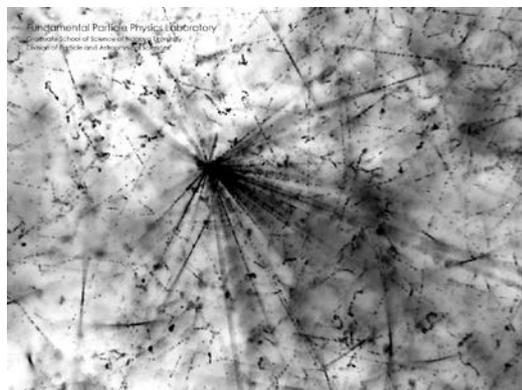


図 1. 原子核乾板に記録された飛跡の光学顕微鏡での観察例。高エネルギー原子核による反応。蒸発核子および、多重発生による中間子を読み取ることができる。

2. 原子核乾板飛跡の読み取り手法の高速化

我々は 1980 年代から、光学顕微鏡による原子核乾板の読み取り手法について継続的に開発を行ってきた (図 2)。原子核乾板には、製造から現像までの飛跡をすべて蓄積するという性質から、多くの場合には不要である自然放射能に起因する低エネルギー成分が多く記録されており、運動量が大きくより直線的な飛跡情報のみを画像処理によって選択的に抽出する必要がある。最新の読み取り装置である "HTS" (図 3) は、 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ の視野を持つ光学顕微鏡であり、72 個の撮像素子を用いて視野を 1 億 5 千万画素でデジタル化する。さらに、厚さ約 $60\mu\text{m}$ の乳剤層を深度方向に $4\mu\text{m}$ 間隔で撮影することで、乳剤層のほぼ完全な 3 次元情報を取り込むことを可能にする。これらを単純な画像データとして保存すれば、 100cm^2 あたりテラバイトに相当する。その情報量は膨大であり、保存することが困難であることから、リアルタイムに飛跡を抽出し記録することが必須である。従来装置では、飛跡抽出における画像処理には FPGA を用いてきたが、HTS では高速性・アルゴリズムの自由

度から GPU による 3 次元画像処理を採用した。

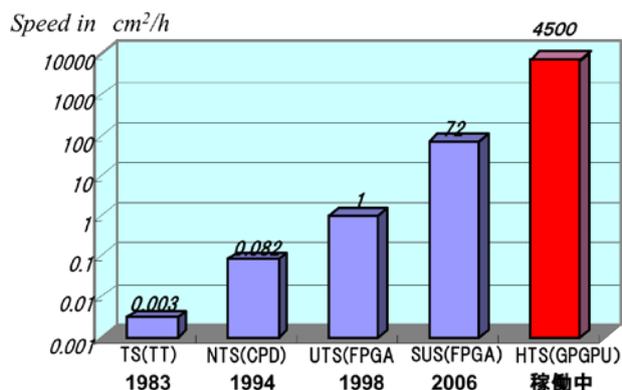


図 2. これまでに開発した原子核乾板読み取り装置のスループットの変遷。

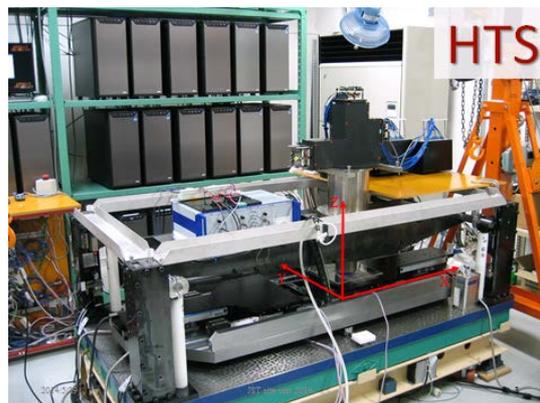


図 3. 最新の読み取り装置。手前が撮像用光学顕微鏡装置、後に 36 台の画像処理用 PC 群が並ぶ。

3. 性能

HTS の現状でのスループットは、1 秒間に 5 視野、すなわち毎時 4500cm²に相当し、一世代前の装置に比べて 60 倍を得ることが可能となった。これには、36 台の PC と 72 基の GPU によって、画像の 2 次元フィルター処理および 3 次元飛跡探索処理を行うことで達成した。飛跡の検出効率については、支持体の両面に乳剤層を持つ両面乾板において、表および裏の両方で認識できたもののみを検出できたとした場合でも概ね 97% を達成している。また、両面乾板 1 枚によって得ることができる飛跡の角度は、支持体の両面で飛跡を接続することで、片面で測定するよりも高精度な角度を算出することができる。この場合、垂直入射時でおおよそ 2.4mrad を得ることができており、この角度精度から推定される片面における飛跡の位置精度は 0.34 μm となっている。

4. まとめと展望

HTS は従来比で 2 桁近い読み取りスループットの改善をし、大量の原子核乾板の読み取りを可能にすることができた。今後ますます大規模化する、次世代の素粒子実験、気球搭載型ガンマ線観測による天文学、宇宙線によるミュオンラジオグラフィへの応用や、我々の気付かなかつた分野へのさらなる発展が期待できると考えている。

* Toshiyuki Nakano¹, Masahiro Yoshimoto¹ and Kousuke Komatani¹

¹Nagoya Univ.