

粒子線 CT 実用化に向けた、高速シリコン位置測定器の開発

Fast silicon tracker for particle computed tomography

新潟大自然¹, 新潟大 RI², 放医研³ ○川崎 健夫¹, 泉川 卓司², 後藤 淳², 皿谷 有一³

Niigata Univ. Science Div.¹, Niigata Univ. RI center², ○Takeo Kawasaki¹, Takuji Izumikawa²,

Jun Goto², Yuichi Saraya³

E-mail: kawasaki@hep.sc.niigata-u.ac.jp

近年、腫瘍の粒子線治療に対する需要が増加する中、照射の高精度化が望まれる。粒子線 CT(Computed tomography)は、治療に用いる高エネルギー粒子線ビーム(陽子・重粒子)を用いて撮像を行うものである。粒子線治療を行うためには事前に体内の電子数分布の測定が必要であるが、この手法では治療と撮像に用いる粒子が同一のため、相互作用の違いによる原理的な不定性が小さく、現在 X 線 CT で行われている測定と相補的な役割を果たすことができると考えられている。例えば頭部・頸部など複雑な形状の部位ではさらに精密な電子数分布の撮像が必要であるが、対象(患者)を座位で回転させることにより、断層撮像を行うことも可能である。また、照射時に現場で撮像することにより、短時間で精密な位置合わせが可能となる。これは、一方向からの照射による透過画像でも有用であり、現在治療時に長時間を要している作業を短縮できることになる。

これまで素粒子実験で培われた、高速・高精度の粒子線測定技術を応用して CT 撮像システムの開発を行ってきており、数センチメートル厚程度の物体に対して 0.3mm 以下の分解能での撮像が可能であることを確認している。将来的に問題となるのは撮像に要する時間である。現実的な時間(数分程度)で撮像を行うためには、測定器に数メガヘルツ以上のデータ収集速度が要求されるが、これは素粒子実験での仕様(せいぜい数キロヘルツ程度)の千倍以上である。

開発した撮像システムでは低物質質量と位置精度を実現するために、シリコンウェハーに微細なストリップ型のダイオード構造を配置したシリコンストリップ測定器(SSD)を用いている。この SSD は読み出される信号が小さいため 1.0V/pC 以上のアンプを必要とし、0.5mm 以下の位置分解能を保証するためには 20 チャンネル/cm 以上の密度で回路を配置することになる、多チャンネル(~1000)では実現が困難である。このような仕様を満たす回路部品は市場では入手困難であり、専用の LSI を開発することが求められる。

しかし、重粒子や陽子の場合、SSD で読み出される信号が大きくなるため、アンプの要求性能が緩和できる。本研究では、粒子加速器実験においてガスチェンバーでの使用を目的として開発された LSI チップ(Amplifier-Shaper-Discriminator)を採用することにより、精密な位置分解能と数メガヘルツの測定レートを両立する SSD 位置測定器を開発した。また、読み出した信号を FPGA(Field Programmable Gate Array)で高速処理してデータ量を圧縮し、計算機へと取り込むシステムを構築した。本講演では、この高速シリコン位置測定器の開発状況およびその到達性能の評価について報告する。