論文名：陽子線断層撮影におけるシリコンストリップ検出器を使用した空間分解能と電子数測定法の研究（要約）

新潟大学大学院自然科学研究科
氏名　皿谷　有一

本研究では陽子線を使用した断層撮影の実用化のために、高エネルギー物理学分野で開発・発展が行われたシリコンマイクロストリップ検出器を使用し粒子の飛跡を測定する測定器を開発し空間分解能の改善を目指した。また、シンチレーション検出器を使用した場合の電子数測定法に関して研究を行った。

陽子線断層撮影(PCT) とは人体を通過するような高エネルギーの陽子を使用した医用画像技術である。PCT では被写体を通過後の陽子のエネルギーを測定し、通過した電子数を求める。PCT では電子数の直接測定を行うため、間接的に電子数を求めるX 線CT よりも高い精度で体内の電子数分布を再構成できる。そのため粒子線治療の質の向上に役立つことが期待される。実用化にあたって最大の課題は物質中での多重散乱による空間分解能の低下である。同時に吸収線量と長い照射時間も解決すべき課題である。空間分解能に関して、被写体の内側に設置した位置検出器の位置情報を使用することで分解能が向上することが報告されている。そこで本研究では被写体の上下流で陽子の飛跡から被写体中の位置情報を再構成することで空間分解能が改善できるか検討を行った。この方法は分解能を改善しつつ大きく散乱した粒子も撮像に使用するため照射時間の短縮においても有用な方法である。高い位置分解能と低物質量を重視し、厚さ0.4 mm、ストリップ間隔0.224 mm の大面積シリコンストリップ検出器(90 – 90mm^2) を使用して飛跡を測定する陽子線測定器を開発した。エネルギー検出器には入手し易さを重視し厚さ76.2 mm のNaI シンチレーション検出器を使用した。

開発した陽子線測定器を使用し、放射線医学総合研究所のHIMAC において160 MeV の陽子を使用してビーム実験を行った。実験の結果陽子の飛跡を測定することで空間分解能を改善できることを証明した。厚さ25 mm のポリエチレンにおいて0.45 mm の空間分解能を達成することができた。人体程度の厚み(200mm) の被写体においては、シミュレーションにより、235 MeV の陽子を照射した場合に1.2 mm と見積もった。1 mm 以下を達成することはできなかったが、飛跡を再構成することで空間分解能が改善できることを確認した。入射エネルギーが高くなれば多重散乱によるばらつきが小さくなるため、今後は入射エネルギーと飛跡の再構成法の更なる検討が必要である。

またNaI 検出器の増倍率の変動を他の物質で較正することにより厚さ10 mm のアクリルの電子数を、真の値からのずれが0.1 % と精密に再構成することができた。また、160 MeV の陽子において平均イオン化ポテンシャルの異なる厚さ10 mm のポリエチレンとアクリルをビーム軸上で入れ替えた場合の電子数に差はなかった。このときの電子数の真値からのずれは0.9 % であった。

これらの結果はPCT の実用化のための性能向上にあたって有用な結果であり、素粒子実験で開発された高分解能の測定器技術を応用することは重要であると考える。今後益々医学への応用が行われ、技術が発展することを期待する。