

粒子線治療における照射線量分布の高精度化を目的とした 阻止能補正手法の研究

分子科学専攻 量子物理学

DS-18901 片浦隆介

がん治療の一種である粒子線治療は、高エネルギー荷電重粒子がもつ「停止の直前で最大のエネルギーを物質に与える」物理的性質を用いて、がん細胞を殺傷する治療法である。粒子線治療では、粒子線の照射線量や停止位置を正確にコントロールするため、患者体内における粒子線の阻止能の情報が必要となる。しかし、従来の X 線 CT 画像に基づいた測定手法では最大 5% の誤差が生じるため、照射線量の精度に限界がある。一方、治療用の粒子線を用いた阻止能測定は原理的な不定性がなく、1% 以下の精度での測定が可能である。

粒子線を用いた阻止能測定の問題点として、被写体内での多重クーロン散乱の影響により、X 線 CT よりも空間分解能が悪いことや 3 次元撮像のために粒子線の射出口を 180 度回転させることが技術的に困難であることが挙げられる。そのため現在の技術では、粒子線のみによる阻止能測定は技術的に困難が伴うと考える。本研究は粒子線を用いた阻止能測定手法を用いて、X 線 CT の情報を補正する手法を提案する。この手法では、測定対象に対して単一方向から粒子線を照射し、得られた測定値と X 線 CT 画像を比較することにより X 線 CT から得られた阻止能分布を補正する。この手法について、シミュレーションにより阻止能の測定精度について系統的に調査した。また撮像対象物の内部構造と測定精度の関係についても調査した。その結果、画素（ピクセル）サイズが多重クーロン散乱による広がり幅よりも小さければ、1% 以下の精度を達成できることがわかった。ただし、対象物の構造が幾何学的に重なっている場合、特定の物質の体積が非常に小さい場合は 1% を超えた。しかし、このような状況は幾何学的な形状を保たない人体の撮像では深刻な問題とはならないと考えられる。

また本手法の臨床応用を実現するため、粒子線を用いた阻止能測定を実現する飛跡検出器の開発を行った。試作機は両面シリコンストリップ検出器とアンプ・シェイパー・ディスクリミネーターを実装した LSI チップで構成される。東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター CYRIC において 80 MeV の高強度陽子ビームを用いて性能評価を行った。実験の結果、160 kHz のデータ収集速度で陽子の飛跡を測定でき、シミュレーションにより得られた要求性能を満たすことを確認した。