

X線CTによる電子密度の補正を目的とした粒子線体内撮像手法の開発

Correction of Electron density measurement using particle tomography method



北里大学¹, 新潟大学², 都立産業技術高専³

○(DC)片浦 隆介¹, 川崎 健夫¹, 今野 智之¹, 泉川卓司², 岩田 修一³

Kitasato Univ.¹, Niigata Univ.², Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology³

○(DC)Ryusuke Kataura¹, Takeo Kawasaki¹, Tomoyuki Konno¹, Takuji Izumikawa², Shuuchi Iwata³

E-mail: ds18901@st.kitasato-u.ac.jp

がんの粒子線治療において、治療計画の作成には体内の電子密度分布が必要である。現在はX線CTから得られるX線減衰係数を用いて計算しているが、電子密度へ変換する際に誤差が生じるため、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体内撮像手法(PCT)では原理的な不定性が無いため電子数を1%以下の精度で測定することが可能である。

PCTの問題点として、被写体内での多重散乱の影響でX線CTより空間分解能が悪い点や3次元撮像のために粒子線の射出口を180度回転させることは技術的に困難である点が挙げられる。そのため、PCTのみによる治療計画の作成は現実的ではない。本研究では、PCTの技術を利用して、治療用粒子線を1方向へ照射した投影画像を得ることで、X線CTから得られた電子密度分布の補正を行い粒子線治療における照射線量の大きく改善することを目的としている。

粒子線を用いた電子密度分布の測定としてはエネルギー損失を利用する方法、多重クーロン散乱を利用する方法の2種類が過去に開発されている^{*1*2}。我々のグループではエネルギー損失型を採用して1%以下の電子密度測定に成功したが、数時間の測定を必要としたため、システムの高速度化が課題であった。しかしエネルギーを測定するカロリメータの高速度化が技術的な制約となっていた。

本研究では多重散乱角を用いた手法による電子密度の測定精度をモンテカルロシミュレーションにより調査した。開発中の高速シリコンストリップ検出器(位置分解能 $\sim 300\mu\text{m}$, 測定レート1~2MHz)を想定して、200MeV程度の陽子線に対して以下の評価を行った。

- ・人体構成物質を用いて、散乱角の測定手法、ならびに、電子密度の誤差1%以下をとるために必要な統計量の評価
- ・水と骨の複合物質を用いて、水と骨の配置位置による散乱角の評価
- ・水と空気の複合物質を用いて、密度の薄い物質による散乱角の評価
- ・被写体の厚みの誤差と電子密度の精度の評価
- ・ストリップ幅 $300\mu\text{m}$ のDSSDを用いたときの撮像画像の位置分解能の評価

これらの結果により、投影画像による電子数測定を行うことの有用性、散乱角による電子数測定の実現性について考察した。^{*1}: Journal of Computer Assisted Tomography 4(6):803-818,1980. ^{*2}: Nuclear Instruments and Methods, A735,485-489,2014