

モンテカルロシミュレーションによる一次及び散乱線量拡散分布(ドーズカーネル)の新開発

笹森真実^{1,7)}、岩崎 晃^{2,7)}、齋藤秀敏³⁾、
木村重伸^{4,7)}、清野守央^{5,7)}、駒井史雄^{6,7)}

三沢市立三沢病院¹⁾、弘前大学医学部²⁾、首都大学東京³⁾、青森市民病院⁴⁾、
弘前大学医学部付属病院⁵⁾、青森県立中央病院⁶⁾、弘前大学大学院⁷⁾

目的

近年、高エネルギーX線治療計画装置の一部には、線量計算アルゴリズムとしてコンボリューション法が採用されている。しかし、この種の治療計画装置では、小照射野による肺照射における腫瘍境界付近における線量計算は一般に不正確である。コンボリューション法に用いる線量拡散分布(ドーズカーネル)に関連したこの問題に対して、次の事実が上げられる。(1)線量拡散分布は、無限厚ファントムを用いて得ていること。(2)線量拡散分布は、必ずしも治療装置ごとに異なるX線スペクトルに基づいて得ていないこと。(3)線量拡散分布に作用させる一次X線強度には一次ターマを用いていること。そこで我々は、上記の問題の一部を解決する手法を開発したので報告する。

方法

実験は、4及び10 MVX線に対して行った。線量拡散分布の作成は、入射一次光子を水ファントムの特定な1点で作用させ、一次及び散乱線によるエネルギー沈積を分離するユーザーコードを作成してモンテカルロ計算を行う。まず、無限厚水ファントムを用いた研究を行う。(1)単色エネルギーの一次光子に起因する一次及び散乱線量拡散分布を計算し、これを解析的取り扱いの観点から検証する。(2)ボクセルの極力小さな線量拡散分布を作り、特に一次線量拡散分布の特徴を調べる。(3)実測で得られたX線スペクトルに基づく一次及び散乱線量拡散分布を作る。(4)一次X線強度に一次水衝突カーマを採用し、これに適用する一次及び散乱線量拡散分布を再構築する。次に、半無限厚水ファントムを用いて得られる線量拡散分布を、無限厚水ファントムを用いて得られる線量拡散分布と比較することにより、後方散乱の影響の程度を調べる。

結果及び考察

無限厚水ファントムを用いて計算した一次及び散乱線量拡散分布の積分線量値は、解析的取り扱い(減弱係数及びエネルギー吸収係数を用いる)に基づく計算値とほぼ一致する結果が得られた。極力小さなボクセルにおいて線量拡散分布を作成することにより、特に一次線量拡散分布は光子作用点付近で細長い形状を示すことが判明した。また、無限厚水ファントムで得られる線量拡散分布を半無限厚水ファントムでのそれと比較することにより、後方散乱の影響の程度が有意であることが判明した。より理想的な一次及び散乱線量拡散分布が得られたことで、今後のコンボリューション法では、一次X線強度に一次水衝突カーマを採用し、線量拡散分布を一次及び散乱線量に分離し、それぞれの特徴を生かすことにより、高エネルギーX線小照射野による肺照射における不均質(腫瘍)境界領域における計算精度が高まると予想する。