

立教大学学術推進特別重点資金（立教 S F R）
大学院生研究
2012年度研究成果報告書

研究科名	立教大学大学院 理学 研究科 物理学 専攻		
研究代表者	在籍研究科・専攻・学年	氏名	
	理学研究科 物理学専攻 博士課程後期課程 1年	玉木 聖一 印	
指導教員	所属・職名	氏名	
	理学部 教授	栗田 和好 印	
自然・人文・社会の別	自然	個人・共同の別	個人
研究課題名	医療用リニアックにおける 4次元線量分布測定器の開発		
研究組織	在籍研究科・専攻・学年	氏名	
研究期間	2012年度		
研究経費	500 千円（実績額又は執行額）		

研究の概要 (200~300字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)

近年、放射線がん治療の高精度化が急速に発達している。数年前までの放射線治療は静的であったが、機器の発達等により照射条件を時間的に変化させ線量分布の最適化を行う動的な照射が増加している。しかし、現在の臨床現場に存在する線量検証機器では積算の線量測定しか行うことが出来ない上、3次元空間の線量分布を測定できる機器は存在しない。3次元の線量分布を時間変化まで測定することが可能であれば患者個人の治療計画検証が容易となり、臨床現場における負担が大幅に軽減される。本研究は3次元空間に時間軸を加えた4次元の線量測定器の開発を行う。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[放射線がん治療] [放射線検出器] [線量検証]

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

放射線治療は CT 撮影, 治療計画, 計画検証, 位置照合, 治療の順で行われる. その中でも計画検証はコンピュータ上で計算した治療計画を照射装置が正確に出力しているかの確認を行うものであるため非常に重要である. 特に強度変調放射線治療 (IMRT) のような複雑な治療においては患者個々の治療計画の検証を行う必要がある. IMRT とは照射条件を連続的に時間変化させることで強度変調を行い, 腫瘍への局所性を高める治療方法であるが, 近年これを実施する施設が急増している. そのため, 治療計画の検証には 3 次元空間に時間変化を含めた線量分布, すなわち 4 次元線量分布の測定が求められる. しかしながら, 現在臨床現場で使用されている線量測定機器は積算測定が主流である上, 3 次元空間の線量分布を測定可能な機器は存在しない. 本年度は, 4 次元線量分布測定器の試作機を開発し, その測定精度の検証を行った.

【測定器】

我々は, 4 次元線量分布計測システムの検出器としてプラスチックシンチレータを用いた. 人体はほぼ水から構成されているため, 放射線計測は水に近い物質で行うことが望ましい. プラスチックシンチレータは応答時間 1 ns, 減衰時間 2 ns であり検出時間特性に優れ, 組成が H 52 %, C 48 %, 密度が 1.032 g/cm³ と水に近い特性であり, 吸収線量と発光量が線形の関係を持っているため, 放射線治療における線量分布測定に有用な検出器の一つである.

今回, 我々は直径 5.0 cm, 高さ 5.0 cm の円柱型プラスチックシンチレータとハット形状 (円錐の上部を切り取った様な形状) の反射ガラスを組み合わせた試作機の開発を行った. シンチレータの周りに反射ガラスを置き, 底面からビデオカメラで測定を行う構造となっている. こうすることで円柱の上部から X 線を照射するとシンチレータの側面と底面に抜けたシンチレータ光を同時に取得することが可能である. 底面の光はビーム軸垂直方向の 2 次元平面, 側面の光はビーム軸方向の線量分布を表している. そのため, 底面に映る 2 次元線量分布の形状が各深さで一定 (小照射野, 浅部) と仮定すると 3 次元の線量分布を瞬時に測定することが可能である.

【測定・結果】

本研究は, 連携大学院である聖路加国際病院にて医療用のリニアックを用いて作成した試作機の基本動作試験を行った. 照射条件は 2 cm × 2 cm の正方形照射野, 6 MV と 10 MV の X 線に対して 200, 400, 600 MU/min の Dose Rate で 200 MU のモニタ値で照射を行い, 動作試験, Dose Rate と発光量の直線性を確認した.

この試作機による線量分布初期検証において, X 線照射時にシンチレーション光をビデオカメラにて収集することに成功した. Dose Rate との直線性も確認された. また, その画像から深部方向の線量分布の算出し, 通常臨床現場で使用されている電離箱と比較を行った. その結果, 相対誤差 2.5% 以内で一致することが確認された. また, 別途放射線計測用フィルムを用いて 2 次元の線量分布の測定を行った. 2.5 cm, 3.5 cm, 4.5 cm の深さにおいて比較を行った. その結果においても, 試作機とフィルムで 0.5 mm の精度で一致することが確認された. 以上の結果から 3 次元線量分布の測定に成功したと言える. また, この試作機はシンチレーション光の計測器としてビデオカメラを用いているため, 時間変化も測定可能である. 時間変化による分解能の低減までは調べていないが, 30 fps でデータを取得した際に 1 frame あたりにてシンチレーション光を識別することが可能であったため, 4 次元の線量分布の測定に成功したと言える.

研究成果の概要 つづき**【課題】**

本研究において、4次元の線量分布計測に成功した。実験開始当初の方法はハット型の反射ガラスを利用することによりCTやSPECTに類似した原理で各深さにおいて画像再構成を行い、3次元空間の線量分布測定を行う予定であった。しかしながら、実際に計測・解析を行った結果、この原理では画像再構成を行うことが不可能である事が発覚した。そのため、現在の試作機では底面から2次元の線量分布の計測を行い、各深さにおいて分布形状が一定であると仮定している。すなわち、この仮定が成立しないような大照射野、深部では3次元の線量分布を測定することが出来ない。そこで、次はこれとは全く別の原理を用いた4次元線量分布測定の原理を考案する必要がある。

新4次元線量分布測定器の開発**【測定器】**

我々が次に考えた方法は発光波長の異なるプラスチックシンチレータを用いた4次元線量分布測定器である。深さ方向に発光波長が異なるプラスチックシンチレータを使用する。プラスチックシンチレータから得られるシンチレーション光を鏡で反射させ、分光器を通した後にビデオカメラで収集する。シンチレーション光の発光波長はプラスチックシンチレータの深さによって変化するため、分光器で波長を弁別することで、深さごとの線量プロファイル(2次元線量分布)が測定できると考えられる。それにより、3次元の線量分布測定、更にはプラスチックシンチレータの早い発光時間応答性を加味することで4次元線量分布測定が可能となる。

【方法・結果】

今回は発光波長の異なる3枚のプラスチックシンチレータを用いて基礎検討を行った。発光波長(色)はそれぞれ425 nm(青)、480 nm(緑)、580 nm(橙)である。2枚重ねた場合、3枚重ねた場合に同時に発光を観測できるか検証した。

2枚のシンチレータを重ねて測定した結果、それと1枚ずつで測定したもとを足し合わせた結果が見事に一致した。すなわち、深さの異なる2次元分布の同時測定に成功したと言える。3枚のシンチレータ重ねた時の結果は現在解析中である。

【今後について】

2枚のシンチレータを重ねた測定が成功したことを受けて、シンチレータの数を増やす事で3次元の線量分布を瞬時に、すなわち4次元の線量分布が測定可能であることが示唆された。今後は今後はシンチレータの枚数を増やし、将来的には深さ方向に発光波長がグラデーションに近いシンチレータを用いて4次元線量分布測定器を完成させる予定である。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

①

玉木聖一 他4名【プラスチックシンチレータを用いた4次元線量分布測定器の開発】
第104回日本医学物理学会学術大会報文集 2012年9月

玉木聖一 他6名【発光波長のことなるプラスチックシンチレータを用いた4次元線量分布測定器の開発】第104回日本医学物理学会学術大会報文集 2013年4月

② 該当なし

③

玉木聖一

“医学物理研究に対する立教大学の取り組み”
がんプロフェッショナル養成基盤推進プラン 公開研究シンポジウム
2012年11月30日 (東京理科大学)

④

玉木聖一, 中村哲志, 畑中星吾, 橋本成世, 西尾禎治
“プラスチックシンチレータを用いた4次元線量分布測定器の開発”
第104回日本医学物理学会 (口頭発表) 2012年9月

西尾禎治, 玉木聖一, 中村哲志, 畑中星吾, 橋本成世
“動的放射線照射に対応した4次元線量分布計測システムの開発”
第25回日本放射線腫瘍学会, 2012年11月

玉木聖一, 岩本涼太郎, 中村哲志, 畑中星吾, 橋本成世, 花田剛士, 西尾禎治
“発光波長の異なるプラスチックシンチレータを用いた4次元線量分布測定器の試作機
開発”
第105回日本医学物理学会 (口頭発表予定), 2013年4月