

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 29 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25750164

研究課題名(和文)シンチレーションファイバを用いたリアルタイム線量分布評価システムの開発

研究課題名(英文)Development of real-time dose distribution evaluation system that uses scintillation fiber

研究代表者

藤淵 俊王 (Fujibuchi, Toshioh)

九州大学・医学(系)研究科(研究院)・講師

研究者番号：20375843

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：医療現場において、放射線分布をリアルタイムでモニタリングすることは、医療被ばくや診療の質の向上の点から重要である。本研究では、リアルタイムに線量分布を取得することを目的に、シンチレーションファイバと光検出器であるMPPCと接続した放射線検出器を作成し、その基本特性を評価した。試作した検出器ではデジタル出力からの線量評価に対し入射光子数が多いため、高線量場では数え落としが多い結果となった。適切な補正をすることで、線量への換算が可能であることが確認できた。

研究成果の概要(英文)：Real time monitoring the dose distribution of patient dose is important from the point of the improvement of the quality of the medical institution. In the present study, to acquire the radiation dose distribution in real time, the basic characteristic as the dosimeter was evaluated by combining two or more scintillators and photodetectors. The plastic scintillation fiber used for the evaluation, and the radiation detector connected with MPPC that was the photodetector was used. Conversion into the dose rate and making the programming were tried from the counting rate. The sensitivity has decreased by there are a lot of count drops, and rising of the dose in a high dose field because of in MPPC that connects the plastic scintillation fiber. It was able to be confirmed to be able to convert it into the dose also with the scintillation detector by doing an appropriate correction.

研究分野：放射線計測

キーワード：シンチレーションファイバ MPPC

1. 研究開始当初の背景

がんは30年近く日本国内の死亡原因の第1位を占め、ほぼ3人に1人が死亡している。このような背景から、機能・形態の温存ができ、侵襲が少なく切らずに治せる放射線治療への期待が高まっており、放射線治療患者数は年々増加している。そのような中、放射線治療では技術革新による高精度化に伴い、腫瘍にのみ投与線量を集中させ、かつ正常組織への線量を可能な限り減らす強度変調放射線治療という技術が普及しつつあり、これにより治療成績、生存率の向上が期待される。

計画通りの線量分布となっているか、実測による検証、評価が重要になる。線量分布の検証には、2次元また3次元の放射線検出器が必要となる。

現在、2次元線量分布の検証ツールとして、フィルムや半導体を平面上に多数配列した検出器が使用されている。フィルムはリアルタイムの測定が不可能であり、3次元の測定は積層することで可能となるが処理が煩雑であること、半導体検出器は、機器の構造上回路なども含まれることとなり人体を模擬したファントム中での測定が行えないこと、また空間分解能が検出器数に依存して劣ることが問題点として挙げられる。

3次元の検出器として、ポリマーゲルを利用した検証が行われつつあるが、MRIや光CT等のデバイスが必要であり、フィルム同様繰り返し使用することができない、リアルタイムでの表示が不可能であり解析が煩雑という欠点がある。また半導体検出器を並べた3次元装置も販売されているが、半導体の場合は方向依存性やエネルギー依存性を持つという問題がある。さらにこれらの検出器は、形状が固定されており汎用性に欠ける。

2. 研究の目的

本研究では放射線治療において照射された線量分布をリアルタイムで評価するシステムの開発を目指す。本システムは、シンチレーションファイバを平行して並べシート状とする。このファイバをラインセンサに接続することで、放射線により発光したファイバの位置を特定する。これを2次元の検出器とするため、同様のファイバをもう1層直角して重ねることにより、各シートでの発光の重複した部分を放射線検出位置として特定する。

本検出器は水に入れて評価することも可能であることから従来の検出器より、人体に近い正確な評価を行える。またシンチレーションファイバの配置によっては3次元の線量分布取得も可能となる。これにより、放射線治療計画の線量検証や、装置の品質管理に役立つ。

3. 研究の方法

(1) MPPCを利用した放射線検出器の特性評価

リアルタイムで放射線線量分布を取得することを目的に、複数のシンチレータと光検出器の組み合わせで、線量計としての基本特性を評価した。評価にはシンチレータとして、プラスチックシンチレーションファイバ、CsIシンチレータを用い、光検出器であるMPPC (Multi Pixel Photon Counter) と接続した放射線検出器であるC12137(浜松ホトニクス)、iMetry(Seed studio)、T-GMK2(TAC)、を使用した。

(2) プラスチックシンチレーションファイバを利用した放射線検出器の特性評価

長尺のプラスチックシンチレーションファイバと光検出器を接続した放射線検出器を作成し(図1)その基本特性について評価した。MPPC (multi-pixel photon counter) モジュールはC10507-11-050C (浜松ホトニクス社製)、PSFはSCSF-81 (kuraray社製)を使用した。

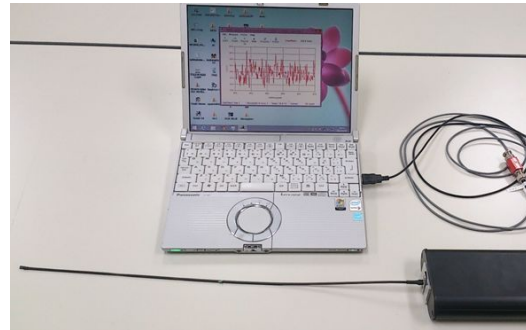


図1 プラスチックシンチレーションファイバ+MPPCシステム

このシステムの照射位置依存性、線量率特性を以下のように検証した。位置依存性は、X線管、検出器を配置しその間に2mm厚の鉛板を置いた。この鉛板には1cm×2cmのスリットを設けているが、これはX線管から出たX線を細いビームに絞ってピンポイントでファイバに照射するためである。ファイバに照射する位置を、ファイバ根元より10cmの位置から45cmまで、5cmずつ移動させて各位置で出力を測定し、測定位置の違いによる感度の一様性を調べた。撮影条件は管電圧が80kVと120kVの2種類、管電流200mA、照射時間0.1secとした。X線管-検出器間距離は100cmで、X線管から70cmの位置に鉛板を置いた。また、床からの散乱線が混入しないよう地面に平行に照射した。

線量率特性の評価については、電離箱線量計において空気中(ガントリ中に渡した細長い段ボール上)に置いた場合、16cmと32cmのCTDI用ファントムの中心の穴に線量計を挿入した場合で照射線量を測定した。ファントムは寝台の上に固定した。PSF検出器でも同じようにして出力を測定し、電離箱線量計の測定結果と比較した。管電流を10, 30,

50, 100, 150, 200, 250, 300 mA と変化させて、線量率とカウントレートの比例性を調べた。

4. 研究成果

(1) MPPC を利用した放射線検出器の特性評価

^{137}Cs の計数率特性(cps)を図 2 に示す。計数率はシンチレータの体積に比例して増加していることが確認できた。高線量率では iMetry で数え落とし、低線量率では感度の低いもので値のばらつきが見られた。これは、計数率がバックグラウンドと同程度となってしまう、うまく線量率に変換することができなかつたと考えられる。MPPC と光電子増倍管による違いはほとんど見られず、シンチレータが最も大きくエネルギー補正もされている C12137 で直線性が最も良好となった。

^{137}Cs の線量率特性 ($\mu\text{Sv/h}$) を図 3 に示す。理論値が $3 \mu\text{Sv/h}$ のところで表示値も $3 \mu\text{Sv/h}$ になるように校正定数を掛けて規格化している。線量当量率に換算には 3 種類の形状の CsI シンチレータ (4.5 cm^3 , 2 cm^3 , 0.5 cm^3) と MPPC を用い、 $G(E)$ 関数と波高パルス情報を掛け合わせる方法を検討した。その結果約 4 桁の線量率直線性が確認された。またエネルギー特性に関しては、 662 keV を 1 とした際、 662 keV 以下のエネルギー特性は良好であったが 1117 keV で 0.5 程度まで感度は低下した。方向特性に関しては、ほぼ一定の値を示した。適切な補正をすることで、シンチレーション検出器でも線量率への換算が可能であることが確認できた。

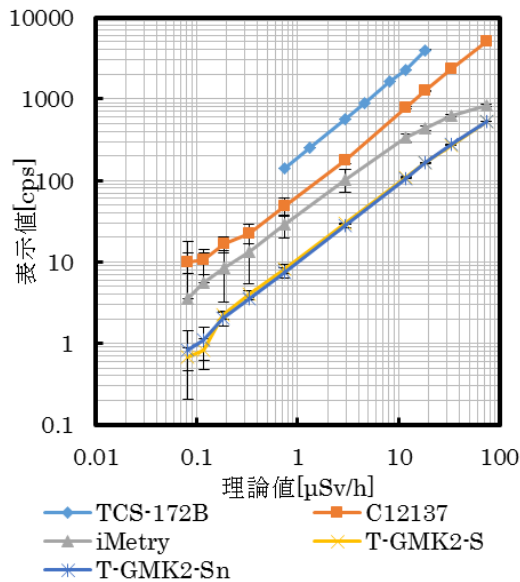


図 2 ^{137}Cs の計数率特性(cps)

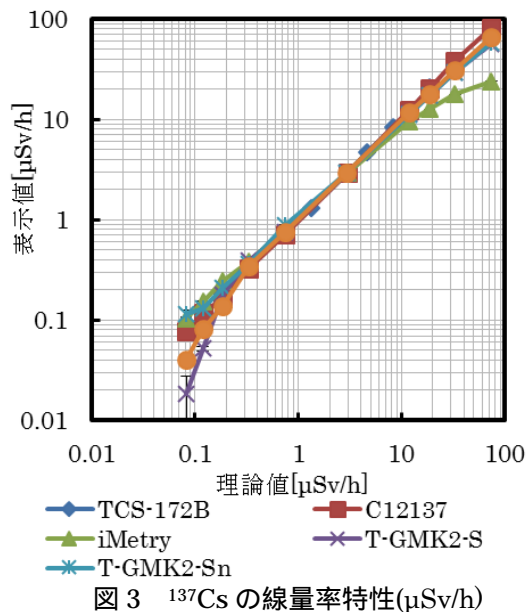


図 3 ^{137}Cs の線量率特性($\mu\text{Sv/h}$)

(2) プラスチックシンチレーションファイバを利用した放射線検出器の特性評価

管電流と検出器出力の直線性は、 0.5 p.e. が最も良好となったのでこれを最適な閾値とみなし、特性評価の測定はすべて 0.5 p.e. に設定して行った。

位置依存性について、図 4 に示す。ファイバ根元から離れるに従い、出力は指数関数的に減少した。これは光ファイバ中を伝達する光は指数関数に従い減衰することによる。最も値が大きいファイバ根元より 10 cm での出力値と、最も値が小さい 45 cm での出力値は 120 kV では約 18.5% 、 80 kV では約 22.9% の差となった。

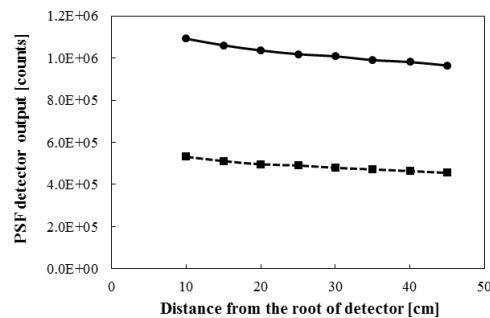


図 4 プラスチックシンチレーションファイバ検出器の位置依存性

プラスチックシンチレーションファイバを接続した MPPC では、デジタル出力によるパルスカウンティングモードからの線量評価に対し、シンチレーションファイバからの入射光子数が多いため、高線量場では数え落としが多く、線量が高くなるほど感度は低下した。

線量率特性の結果を図 5 に示す。図のように電離箱線量計では、管電流と線量率の間には非常に良い直線関係が得られた。一方シン

チレーションファイバ検出器では、32 cm ファントム内では良い直線性を示したが、空气中、16 cm ファントム内ではカウントレートが 10000 counts/msec、線量率が 5 mGy/sec を超えたあたりから値が飽和してしまい、直線性が崩れた。

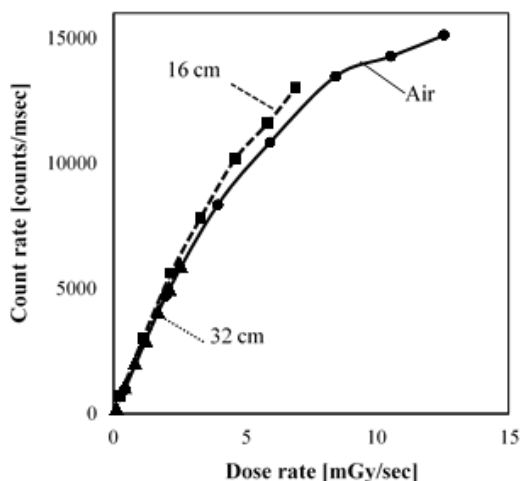


図5 プラスチックシンチレーションファイバ検出器の線量率依存性

以上の結果をまとめると、チレーションファイバとMPPC検出器により放射線を検出する際、得られるエネルギー情報を利用することで、線量計として利用する必要がある。また場の線量に応じた感度調整が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

K. Terasaki, T. Fujibuchi, T. Toyoda, Y. Yoshida, T. Akasaka, A. Nohtomi, J. Morishita, Evaluation of Basic Characteristics for Measurement of CTDI using Plastic Scintillating Fiber Detector, The 9th annual meeting of the Kyushu radiological medical technology. 2014. 11. 1

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 取得年月日：
 国内外の別：

〔その他〕
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤淵 俊王 (FUJIBUCHI, Toshioh)
 九州大学・医学研究院・講師
 研究者番号：20375843

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：