

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 22 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24791300

研究課題名(和文)プラスチックシンチレーション光を用いた線量検証プログラムの開発

研究課題名(英文)Development of dose verification program using plastic scintillation detector

研究代表者

隅田 伊織 (SUMIDA, IORI)

大阪大学・医学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：10425431

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,100,000円、(間接経費) 330,000円

研究成果の概要(和文)：放射線治療の線量分布検証には従来からフィルムが使用され、空間分解能が高い利点があるが、扱いの煩雑さ、フィルム濃度値から吸収線量への変換に伴う不確定要素も多い。本研究では新たに2次元平面検出器としてプラスチックシンチレーション光を利用した線量分布検証システムの構築を行った。シンチレーション光を検出するために、CCDカメラを利用した。光と線量の関係を知り、直線加速器からのビーム出力時の検出特性(繰り返し再現性および直線性)を調べ、電離箱線量計の検出能と比較した。通常の放射線治療では使用しないビーム出力を除き良好な一致を得た。強度変調放射線治療の線量分布検証を実施し、計算線量と良好な一致を得た。

研究成果の概要(英文)：In general radiographic film or radiochromic film are used to verify the dose distribution. Although the characteristic of the film is superior for the spatial resolution, the handling of film is complicated and there is uncertainty for the convert between density and absorbed dose. In this study the new radiation detector using scintillation light named plastic scintillator was chosen to verify the dose distribution. The CCD camera was used to detect the scintillation light. With respect to the beam output, the linearity and reproducibility were evaluated with plastic scintillation detector and compared with the ionization chamber as a reference. It was found that the good agreement between two detectors except very low monitor unit which was not usually used in general radiation treatment. Finally the dose verification for intensity modulated radiation therapy was performed using plastic scintillation detector. There were also good agreement between measurements and calculations.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：放射線治療物理学 シンチレータ CCDカメラ 線量分布 QA/QC 強度変調放射線治療 リアルタイム

1. 研究開始当初の背景

前立腺や頭頸部領域に対し、画像誘導放射線治療 (IGRT) を用いた強度変調放射線治療 (IMRT) が行われている。IMRT の実施前には水等価ファントムを用いた絶対線量および相対線量分布の検証を実施している。一般的に線量検証では、電離箱線量計を用いた絶対線量測定、フィルムあるいは半導体検出器を用いた線量分布測定が実施されている。線量分布測定では、フィルムの現像処理による扱いの煩雑さ、直読性に欠ける。フィルムや半導体検出器は 2 次元平面での検出に留まり、3 次元空間的に線量の広がり把握することは困難である。

板状あるいは角柱状のプラスチックシンチレータ (シンチレータ) および光電子増倍管を利用し、光量に対する X 線の線質依存性、線量依存性、検出能の再現性を評価した報告はあるが、光量のデジタル化に伴い光電子増倍管にライトガイドおよびデジタルビデオカメラを装着するなど、付随機器の扱いが工業寄りであり一般のエンドユーザーが簡便に使用できるハードウェアではない。

そこで本研究では光量のデジタル化のために防犯用途で広く使用される汎用型カラー CCD カメラを採用することを考えた。シンチレーション光の発光応答時間は数ナノ秒と非常に短い、経時的に得られる光量に対する積算を行い、最終的な合算光量を算出できる。またカラー型 CCD カメラで撮像した画像の内、シンチレーション光に高感度な青色波長のみを抽出することにより検出能の向上を期待できると考えた。

線量検証への応用だけでなく、シンチレータは加工が容易であることから、小型球形のシンチレータを患者の体表面へ貼り付け、照射中の体動・変形が検出できる可能性があり、イメージガイダンス手法としても独創性が高い。IGRT といった高精度放射線治療だけでなく、コンベンショナルな放射線治療にも適

用可能と考えられ、汎用性が高い面で意義がある。

2. 研究の目的

線量検出器として放射線を直読可能なプラスチックシンチレーション光を利用した線量検証システムを開発する。

3. 研究の方法

プラスチックシンチレーション検出器 (以下 PSD: サイズ 30 cm x 30 cm x 1 cm) CCD カメラを用い、4MV-X 線による照射を行った。

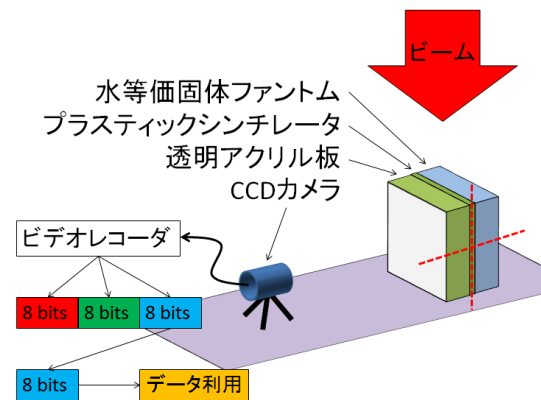


図 1 シンチレーション光の検出配置図

PSD からの発光 (青白色) を輝度値でデジタル抽出するアプリケーションを開発した。研究開始当初、市販のデジタルビデオカメラで発光の検出を試みたが、光量不足となった。また光量増幅目的で検出感度を上げたところ、画像サンプリングレートが低下し、使用不可と判断した。本研究はリアルタイム性を重視しているため、時間分解能の高い光検出が必要不可欠となる。そのため、市販のデジタルビデオカメラでは不十分であり、CCD カメラの採用に至った。これより、最低被写体照度が 0.1 LUX 以上で光量検出できるカメラが必要であることがわかった。

ビーム出力の直線性再現性、ビーム出力の再現性、時間分解能の 3 項目について検討した。およびではビーム出力を 1, 3, 5, 10, 20, 50 MU と変化させ、各出力で 10 回の計測を行った。リファレンスとして電

離箱線量計を用いて同様の測定を行い、変動係数で評価した。

頭頸部 IMRT の治療計画データに対して PSD ファントムを用いて線量分布検証を行った。照射に使用した直線加速器は 5 mm 幅のマルチリーフコリメータを搭載し、4 MV-X 線による 7 方向からの照射 (Step-and-shoot 法) を行った。検出配置図は図 1 と同様とした。比較対象として治療計画装置で計算された線量分布と比較した。

4. 研究成果

電離箱線量計ではすべてのビーム出力範囲にわたり 1%未満であった。PSD では 5 MU 以上で 3%未満となった。向上させるにはソフトウェアのフレーム処理速度を上げる、もしくは未照射時の CCD カメラが捉えるバックグラウンド値の軽減が必要と考えた。

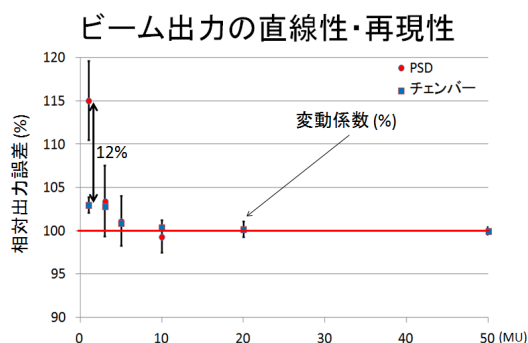


図 2 ビーム出力の直線性と再現性

の直線性に関しては、1 MU を除くビーム出力範囲にわたり PSD では電離箱線量計と同等の直線性を示した。

の時間分解能に関しては、CCD カメラの撮像領域と CCD カメラと PSD との距離によって CCD カメラで検出できる 1 ピクセルサイズが変化する。ピクセルサイズが 3.5 mm を下回ると処理可能なフレーム速度が著しく低下した。しかし 3.5 mm/pixel 以上であれば 15 fps の処理速度を達成した。

図 3 に PSD で測定した線量分布、比較対象として治療計画装置より出力した計算線量分布を示す。高線量から低線量領域にわたり

良好な一致を示したが、PSD 自体の辺縁で不要な高線量領域を示した。線量分布検証への影響は小さいが、不要な光散乱を防ぐために PSD 周囲を遮光する、あるいは検出対象から除外する必要があると考えた。

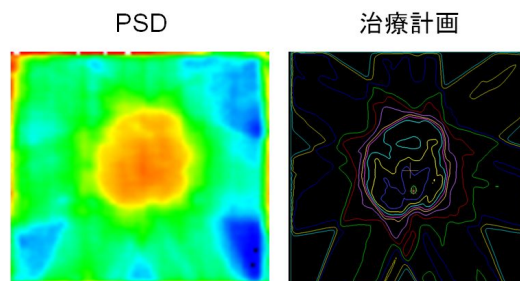


図 3 PSD(実測)および治療計画装置(計算)の線量分布

PSD を用いた線量分布検証は従来広く使用されるフィルムと比較して再利用が可能な点、CCD カメラで時間軸の変化を考慮した線量分布検証が可能なが有利と考え、今後の平面検出器として有用なデバイスと判断した。

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 1 件)

Evaluation of imaging performance for megavoltage cone-beam CT over an extended period. Sumida I, Yamaguchi H, Kizaki H, Yamada Y, Koizumi M, Yoshioka Y, Ogawa K, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S. J Radiat Res. 55,191-199(2014).

[学会発表](計 1 件)

隅田伊織, 他. プラスティックシンチレーション検出器を用いた線量検証システム構築の基礎的検討. 第 25 回日本放射線腫瘍学会. 2012 年 11 月. 東京.

[図書](計 1 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 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 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

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

隅田 伊織 (SUMIDA IORI)

大阪大学大学院医学系研究科・助教

研究者番号：10425431

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：