

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：34450

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26460740

研究課題名(和文) ラジオクロミックフィルムの不均一補正に関する研究

研究課題名(英文) Improvement of uniformity of Gafchromic films

研究代表者

勝田 稔三 (Katsuda, Toshizo)

大阪物療大学・保健医療学部・教授

研究者番号：40379722

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ガフクロミックEBT2 (EBT2) における均一性向上の方法としてX線の二重曝射法がある。X線の代わりの紫外線照射量について検討した。波長375 nmの紫外線を用い、濃度変化から適正な照射時間について検討した。波長375 nmの紫外線を発生するLEDを用いEBT2に対して1, から30分の照射を行った。最適な紫外線照射時間を求めるための条件として、第一に画像を差分するので0の値が最頻値ではないこと、および最頻値の1/10値がヒストグラムの両袖と交差することとした。EBT2の場合2分の照射で170.86 mJ/cm²が照射され、1/10値は4.2でヒストグラムの両袖と交差していた。

研究成果の概要(英文)：Ultraviolet (UV) rays strength of Gafchromic EBT2 (EBT2) were investigated. It has previously been suggested that UV rays can be used as a substitute for the X-ray double-exposure technique to correct non-uniformity errors when using EBT2. Ultra violet-A rays having a wavelength of 375 nm was used to irradiate Gafchromic EBT2 for various time durations, and the resulting density change was investigated. A UV light-emitting diode that generates UV-A of 375 nm was used to irradiate the EBT2 film with varying durations of 1 to 30 min. A circular region of interest of 0.5 inches diameter was set by the irradiation area, and a histogram of pixel values was created. The choice of conditions was decided based on two important requirements: first, there is no zero values mode and seconds, the 1/10 level intersects both axes of the graph. In the case of Gafchromic EBT2, the irradiation dose was 170.86 mJ/cm² for 2 min, with a pixel value of mean 573.47 ± 251.43.

研究分野：医歯薬学

キーワード：放射線技術 医学物理 線量計測 Gafchromic film 均一性

1. 研究開始当初の背景

フィルム型線量計であるラジオクロミックフィルム(Rフィルム)は放射線の線量計測に用いられ、主に放射線治療領域のエネルギー領域で活用されている。近年ではX線診断領域のエネルギー領域においても使用されるようになった。新しく開発し、既に特許を取得している Computed tomography (CT)の線量計測用シートロール型ファントム(1,2)や平行型ファントム(3)を用いた3次元線量計測方法においてRフィルムを応用する研究を進めてきた。また、X線の物理量である実行エネルギーの計測(4)に関連する研究も行ってきた。

上記の研究から明らかになった問題点として、Rフィルムの反応層厚の不均一がX線照射による濃度変化量不均一を招き精度の高い線量計測を阻害している事が判明した。

図1は開発した直径14cmのシートロール型(筒型)ファントム(1,2)とRフィルムを用いて計測したCTの放射線量を示す。本来は平行に線量を示さなければならないが、データに高低差が生じ、約1cGyの差が生じている。つまり、Rフィルムが持つ不均一性に起因する雑音が大きな影響を与え、実際の信号と雑音の区別ができない。

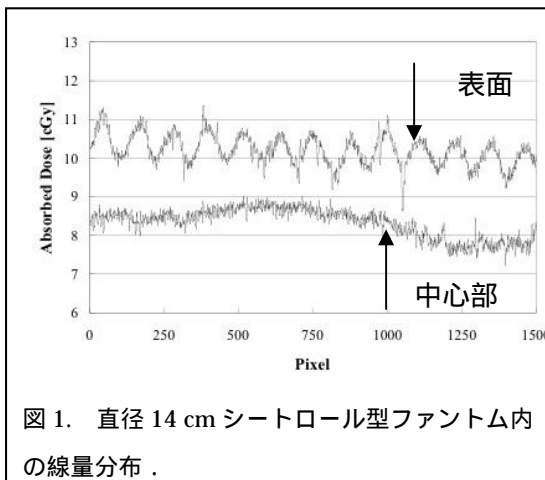


図1. 直径14cmシートロール型ファントム内の線量分布。

これは図2の模式図に示すようにRフィルムの反応層厚と保護層厚の不均一に起因する雑音と言える。保護層にはわずかな着色が施されているので、保護層の厚さの不均一についての補正は可能であるが、反応層は透明であり厚さの不均一を表出できない。また、この反応層厚を物理的に計測するのは不能でもある。

2. 研究の目的

この不均一の問題を解決することにより、高精度で高精細の線量を提示できる。そのためには、Rフィルムの反応層厚の不均一を表出しておく必要がある。この反応層は紫外線にもよく反応するため、本来禁忌とされる紫外線を照射し、ある程度の濃度を付加させておくことにより、厚さの不均一を濃度の不均一として表出させ、画像データとして取扱う

ことにより、画像処理で補正を行う。

本研究では、効果的な紫外線波長と不均一性の補正、および最適照射量を明らかにし、濃度と厚さの関係を明確にすることにある。

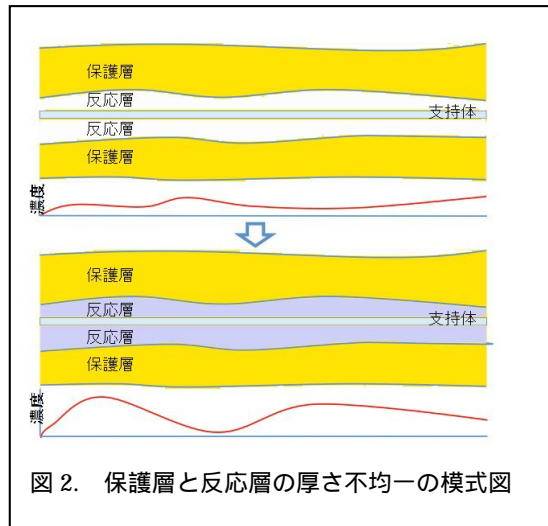


図2. 保護層と反応層の厚さ不均一の模式図

3. 研究の方法

本研究は次の3段階で進め、紫外線照射によりRフィルムの反応層の不均一を表出させた。

(1)異なる反応能を持つ反応層と、異なる保護層を持ったRフィルムに異なる波長の紫外線を照射し、各Rフィルムに最適な波長の紫外線を決定した。

(2)決定した波長の紫外線を用い、紫外線を繰り返し均一照射し、そのときの信号雑音比を求め、信号雑音比の変化から不均一補正の効果について検討した。

(3)より適切な紫外線波長を決定するために特定の波長の紫外線を発生する紫外線LEDを用いる。また、紫外線LEDを用いた紫外線照射装置を開発する。

【波長の決定 1 蛍光灯型紫外線ランプ】

数種の紫外線波長(360nm近傍, 245nm近傍, およびその中間の310nm)の含有率が各々に多い蛍光灯型紫外線ランプと4種類のRフィルム,(Gafchromic XR-SP2, XR-RV3, EBT2 および EBT3)を用いた。反応層の反応を確認するため、72cmの距離において0分から360分まで照射した。

紫外線照射時のRフィルムの配置図とヒストグラムを求めた部位を図3に示す。

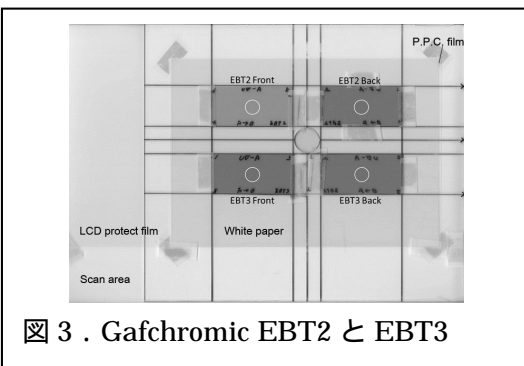


図3. Gafchromic EBT2 と EBT3

紫外線波長3種類とRフィルム4種類の合計12種類のデータを、大型画像スキャナーエプソン ES10000 を用いてデータ化した。各Rフィルムに対して最も反応が高い紫外線の波長領域を決定した。決定した紫外線の波長と、Rフィルムの濃度変化量を総合的に判断し、紫外線波長を決定した。

【平坦度の解析】

本研究における紫外線の均一照射法は確立されていないが、紫外線ランプと72cmの距離をとり均一照射と仮定した。EBT2において紫外線を前照射し、本照射した画像と差分した画像においてし均一度を確認した。データは統計解析プログラムである「JMP」を用い平坦度を算出した。

【波長の決定2 LED】

蛍光紫外線ランプの発生する紫外線波長はUV-Aの物でピークが360nm付近であるが、その幅は310nmから400nmまで存在する。そこで、Rフィルムに対する紫外線の最適波長を求めるために、353nmから400nmの紫外線を発生するLEDを用い検討した。

実際の紫外線照射方法は図4に示すように、紫外線カットアクリルに直径3cmの穴を開けて照射領域とした。

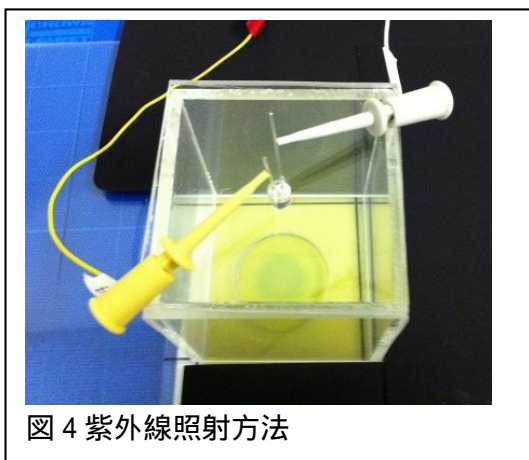


図4 紫外線照射方法

【紫外線照射装置の開発】

紫外線波長385nmの紫外線を発生する紫外線LEDを用い、照射面積をA4サイズ以上とする紫外線照射器具を作成した。

4. 研究成果

【波長の決定1 蛍光灯型紫外線ランプ】

Gafchromic EBT2 および EBT3 に対する紫外線波長は図5に示すように360nmを中心とするUV-Aの反応が最も高い。また、Gafchromic XR-RV3 および XR-SP2 においても図6に示すように360nmを中心とするUV-Aの反応が最も高い。

これらの結果から、Gafchromic EBT2, EBT3, XR-RV3 および XR-SP2 の不均一補正に対して照射する紫外線はUV-Aが最適であることが判明した。

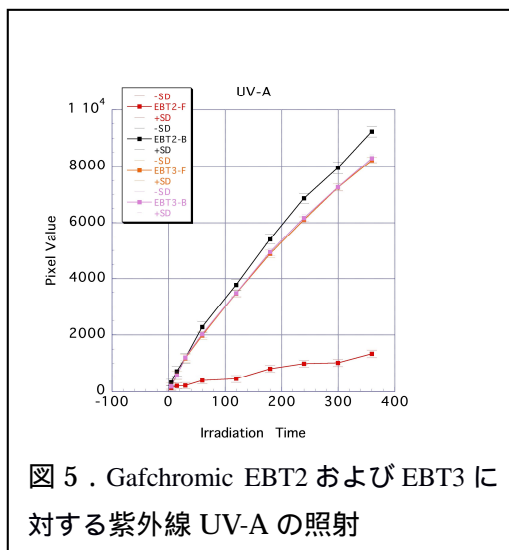


図5 .Gafchromic EBT2 および EBT3 に対する紫外線 UV-A の照射

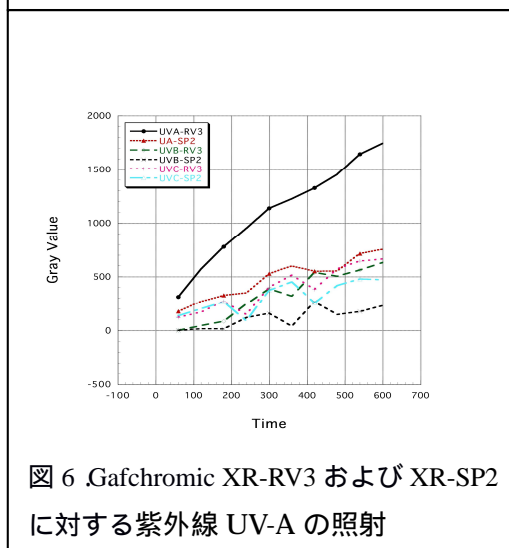


図6 .Gafchromic XR-RV3 および XR-SP2 に対する紫外線 UV-A の照射

【平坦度の解析】

Gafchromic EBT2 および EBT3 の不均一性の補正結果を図8に示す。補正前は中心部が低く、両端が高いグラフとなっているが、補正後はほぼ変単になっている。

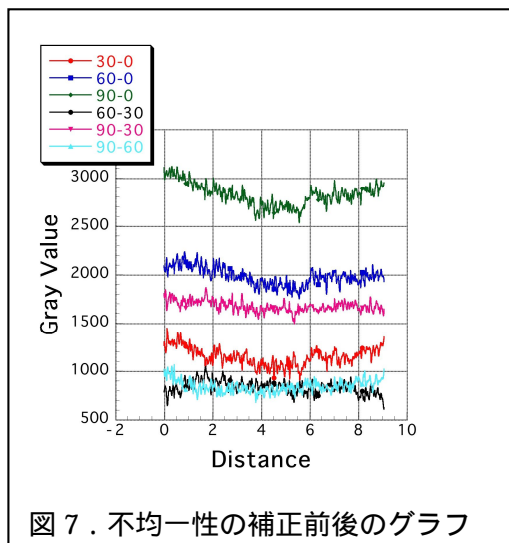


図7 .不均一性の補正前後のグラフ

【波長の決定 2 LED】

紫外線波長 353 nm から 400 nm について照射強度を測定した結果 375 nm の紫外線の反応が最も顕著であった (図 8) .

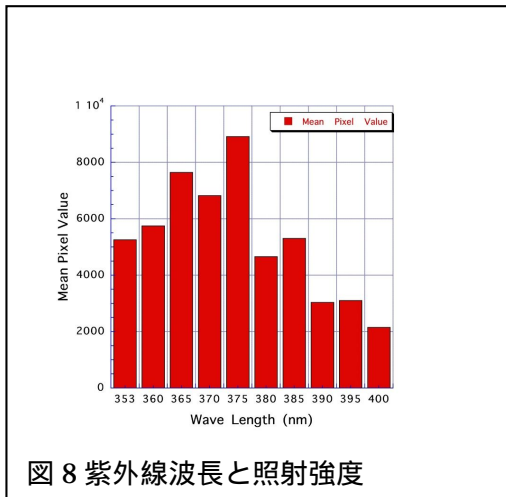


図 8 紫外線波長と照射強度

【紫外線照射装置の開発】

紫外線波長 385 nm の紫外線 LED を用い、照射領域を A4 サイズとした紫外線照射装置を開発した図 9 および図 10 .



図 9 . 紫外線照射装置



図 10 . 紫外線照射装置の制御部

紫外線強度は紫外線強度設定ダイヤルにて変化が可能である。ダイヤルは 256 段階で変化可能であり、ダイヤル指示値 0 の時、紫外線照射強度は 2,530 mW/cm² となり、ダイヤル指示値が 250 のとき 12,800 mW/cm² となった。図 11 にこれらの関係を示す。

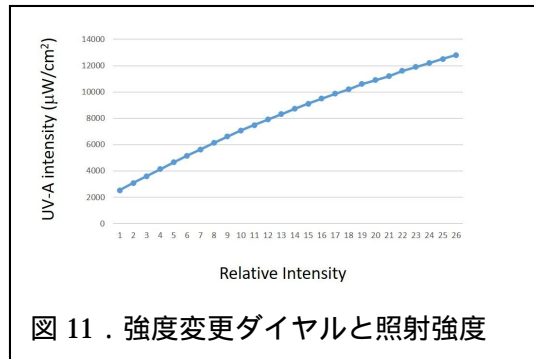


図 11 . 強度変更ダイヤルと照射強度

これらの結果から、Gafchromic フィルムの不均一補正に用いる紫外線は 375 nm 付近の波長の紫外線を用いることにより、効率よく反応層を反応させることができ、前照射を行い差分した画像を解析することにより不均一補正ができる事が明らかとなった。

<参考文献>

1. Rumi Gotanda, Toshizo Katsuda, et al: Computed tomography phantom for radiochromic film dosimetry: Australas. Phys. Eng. Sci. Med., 30, 3, 194-199 (2007)
2. 勝田稔三 五反田留見: 放射線検知具および放射線検知具の製作キット: 公開日: 2007/06/07: 公開番号: 2007-139547号
3. 勝田稔三 五反田留見: 線量計測方法及びこの線量計測方法に用いるファントム並びに X 線撮影装置: 公開日: 2010/05/06, 公開番号: WO2008-087952 号
4. Gotanda T, Katsuda T, et al: Evaluation of effective energy using radiochromic film and a step-shaped aluminum filter: Australas Phys Eng Sci Med. 34, 2, 213-222 (2011)
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 3 件)

1. Toshizo Katsuda, Rumi Gotanda, Tatsuhiro Gotanda, Takuya Akagawa, Nobuyoshi Tanki, Tadao Kuwano, Kouichi Yabunaka, Correction of nonuniformity error of Gafchromic EBT2 and EBT3, Journal of Applied Clinical Medical Physics, 査読有, Volume 17, Issue 3, 2016, 41-51
DOI: 10.1120/jacmp.v17i3.5862
2. Toshizo Katsuda, Rumi Gotanda, Tatsuhiro Gotanda, Takuya Akagawa, Nobuyoshi Tanki, Tadao Kuwano, Kouichi Yabunaka, Comparing three UV wavelengths for pre-exposing Gafchromic EBT2 and EBT3

films, Journal of Applied Clinical Medical Physics, 査読有, Volume 16, Issue 6, 2015, 449-457
DOI: 10.1120/jacmp.v16i6.5663

3. Toshizo Katsuda, Rumi Gotanda, Tatsuhiro Gotanda, Takuya Akagawa, Nobuyoshi Tanki, Tadao Kuwano, Kouichi Yabunaka, Ultraviolet exposure of Gafchromic XR-RV3 and XR-SP2 films, Journal of Applied Clinical Medical Physics, 査読有, Volume 16, Issue 5, 2015, 427-434
DOI: 10.1120/jacmp.v16i5.5664

〔学会発表〕(計 7 件)

1. T Katsuda, R Gotanda, T Gotanda, T Akagawa, N Tanki, A Noguchi, T Kuwano and K Yabunaka, Ultraviolet Ray Strength for Pre-exposure in Gafchromic EBT2. ECR 2017 年 3 月 1 日, 「(Vienna オーストリア)」
2. T. Kuwano, Y. Takeda, R. Gotanda, T. Gotanda, T. Akagawa, N. Tanki, A. Noguchi, K. Yabunaka, T. Katsuda Ultraviolet ray wavelength in Gafchromic XR-RV3 and XR-SP2 films. ECMP 2016 年 9 月 1 日, 「(Athens ギリシャ)」
3. T Katsuda, R Gotanda, T Gotanda, T Akagawa, N Tanki, A Noguchi, T Kuwano and K Yabunaka, OPTIMUM WAVELENGTH OF ULTRAVIOLET RAYS IN GAFCHROMIC EBT2. ECMP 2016 年 9 月 1 日, 「(Athens ギリシャ)」
4. Toshizo Katsuda, Rumi Gotanda, Tatsuhiro Gotanda, Takuya Akagawa, Nobuyoshi Tanki, Tadao Kuwano, Kouichi Yabunaka, Correction of nonuniformity error of Gafchromic XR-RV3. ECR 2016 年 3 月 2 日, 「(Vienna オーストリア)」
5. Toshizo Katsuda, Rumi Gotanda, Tatsuhiro Gotanda, Takuya Akagawa, Nobuyoshi Tanki, Tadao Kuwano, Kouichi Yabunaka, Changing ultraviolet ray absorption for increasing color density of Gafchromic EBT3 Film. ECR 2016 年 3 月 2 日, 「(Vienna オーストリア)」
6. Toshizo Katsuda, Rumi Gotanda, Tatsuhiro Gotanda, Takuya Akagawa, Nobuyoshi Tanki, Tadao Kuwano, Kouichi Yabunaka, Noise reduction of radiochromic film: median filter processing of subtraction image. WC 2015 年 6 月 7 日, 「Toronto (カナダ)」
7. Toshizo Katsuda, Rumi Gotanda, Tatsuhiro Gotanda, Takuya Akagawa, Nobuyoshi Tanki,

Tadao Kuwano, Kouichi Yabunaka, Reaction of three UV exposure to gafchromic EBT-2 and EBT-3. WC 2015 年 6 月 7 日, 「(Toronto カナダ)」

〔図書〕(計 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
勝田 稔三 (Toshizo, Katsuda)
大阪物療大学・保健医療学部・教授
研究者番号：40379722

(2) 研究分担者 ()

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：

(4) 研究協力者
桑野 忠雄 (Tadao Kuwano)
岡山大学大学院 保健学研究科