

Double exposure 法および Triple Channel- Single Scan法による Radiochromic Film Dosimetry プロトコルの評価

磐田市立総合病院 医学物理室
佐々木浩二

検討1

- Double exposure法を用いたRadiochromic film絶対線量分布測定

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

背景

フィルムレス化の進行

↓

現像処理を必要とせず明室作業が可能なRadiochromic filmを用いた相対線量分布測定

- Gafchromic Film EBT2, EBT3, RTQA2へ移行

↓

構造・組成の違いによる特性の変化がある

- ・ 感度の均一性が良くない

↓

スキャン方法とデータ処理方法の再検討が必要

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

目的

- Gafchromic film EBT2とRTQA2に対する、読み取り方法の違いによるスキャナ特性の補正
- Gafchromic filmの感度不均一性を解析し、補正方法を検討

↓

- 補正方法検討項目
 - フラットベッドスキャナの位置依存補正
 - Double exposure法によるフィルム内不均一性の補正

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

使用機器

- 医療用直線加速器 Trilogy and 21EX (Varian)
- 線量計 RAMTEC 1000plus (Toyo-Medic)
- 測定device
Gafchromic EBT2, RTQA2
- TPS Eclipse (Varian)
- 解析system DD-system Ver.9.4 and 10 (R-TEC)
- Film scanner ES-10000G (EPSON)
- ファントム Solid water phantom (RMI)
- データ解析 ImageJ, MS Excel, Matlab

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

方法

照射条件

ADC to Dose table

- Gafchromic filmに0~5 Gyまで12種類の線量を照射
- 照射野：10 cm × 10 cm
- 測定深：10 cm



Plan

- TPSで検証用プランを作成 (Each beam, Composite beam)
- スラブファントム (30×30×30 cm³) 中の評価断面に、評価に用いる検出器を配置
- TPSによるプランMUを照射

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

方法

Radiochromic filmの基本的な処理・比較条件

- 赤、緑、青色の波長成分ごとにスキャン (72dpi) (評価は赤色成分のみ)
- 読み取りスキヤナの位置依存を線量レベルごとに解析
- CCD array方向, scan方向を独立して評価
- 透過タイプ (EBT2) と反射タイプ (RTQA2) の違いを評価

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

補正方法

- スキヤナ位置補正データを求める

EBT2

CCD array 方向

Scan 方向

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

補正方法

- スキヤナ位置補正データを求める

RTQA2

CCD array 方向

Scan 方向

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

補正方法

- フィルム内位置補正分布データを求める

あらかじめ、個々のフィルムに50 cGyを均一に照射し、有感層の不均質補正データを個体ごとに取得

EBT2

RTQA2

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

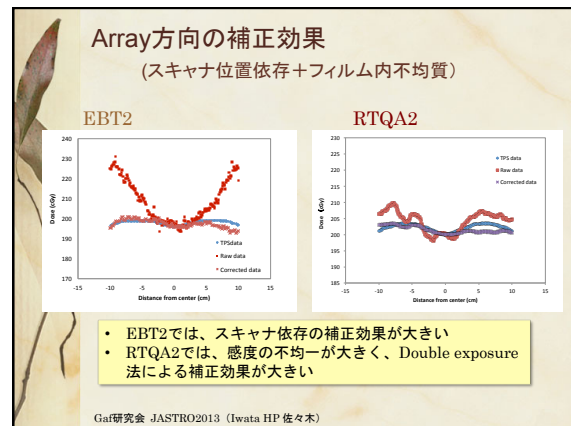
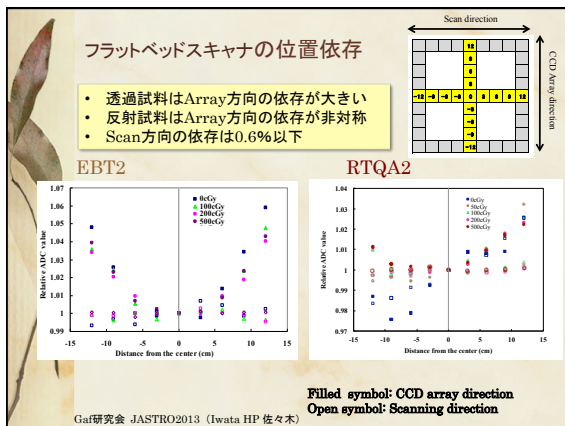
補正方法 (演算)

$$\frac{[\text{Raw_data}]}{[\text{Scanner_correction}]} - [\text{Detector_inhomogeneity_correction}] = [\text{Corrected_data}]$$

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

結果と考察

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)



- ### まとめ
- フラットベッドスキャナに依存した濃度変化
 - 透過試料 (EBT2) はArray方向の依存が大きい
 - 反射試料 (RTQA2) はArray方向の依存が非対称で、低線量では傾向が異なる
 - 補正関数によるピクセルごとの補正
 - 有感層 (色素) の感度ムラの補正
 - RTQA2では、感度の不均一性が大きい
 - Double exposure法によるピクセルごとの補正
 - 2D線量分布の測定精度の向上が得られた
- Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

- ### 結論
- 事前低線量照射により作成された感度不均一補正マトリックスは良好に機能し、スキャナ位置の補正と合わせることで、読み取り誤差の良好な改善が見られた
 - EBT2においては、スキャナに依存した補正が優劣であったが、感度不均一の大きいRTQA2では、Double exposure法の有用性が示唆された
 - 事前照射から測定までの時間を短く設定することにより、効率的な測定が可能であった
- Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

- ### 検討2
- Radiochromic filmには時間特性があるため、この方法を用いる場合の時間軸に対する測定プロトコルについて検討した
- Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

- ### 使用器械
- 直線加速器: Varian 21EX
 - 電位計: Fluke Type 35040
 - 電離箱線量計: PTW 30013
 - 測定デバイス: Gafchromic film EBT2, RTQA2
 - 計測システム: R-TEC. DD-system Ver.9.4
 - フラットベッドスキャナ: Epson ES-10000G
 - スラブファントム: 京都科学 Tough water
 - TPS: Varian Eclipse
 - データ解析: ImageJ, MS Excel, Matlab
- Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

時間軸方向のデータ取得プロトコル

- 測定当日中に処理できる方法
 - 照射20分後に、フィルムをスキャンする (すべてのサンプルを20分後に)
- 翌日以降にフィルムをスキャンする
 - 照射1日後に、フィルムをスキャンする (すべてのサンプルを1日後に)

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

Scan時間の設定

Gafchromic film の時間特性

- 照射後早期の濃度変化が大きい

The graph plots Relative ADC value on the y-axis (ranging from 0.995 to 1.025) against Elapsed time in minutes on the x-axis (ranging from 0 to 1500). Two vertical arrows indicate measurement points at 20 min and 24 hr. Data points are color-coded by dose: 50 cGy (blue), 100 cGy (red), 200 cGy (green), and 300 cGy (purple). The ADC values increase rapidly in the first 20 minutes and then level off significantly by 24 hours.

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

20分測定プロトコルの例

時間 (min.)	照射1			DO-146a用サンプル	
0					
5		照射2			
10			照射3		
15	スキャン			照射 5枚 (50 cGy)	
20		スキャン			
25	照射4		スキャン		
30		照射5			
35			照射6	スキャン	
40				照射 4枚 (50 cGy)	
45	スキャン				
50	照射7	スキャン			
55			照射8	スキャン	
60				照射 3枚 (100 cGy)	
65					
70	スキャン				
75	照射10	スキャン			
80			照射11	スキャン	
85				照射12	スキャン
90					照射 2枚 (100 cGy)
95	スキャン				
100	照射13	スキャン			
105		照射14	スキャン		
110				照射15	スキャン
115					照射 1枚 (200 cGy)
120	スキャン				
125		スキャン			
130			スキャン		
135				スキャン	

- 50 cGyのPre-doseを与え、20分後に測定するプロトコル
- 135分間に15種類のサンプルの測定が可能
- 同時に5段階の線量テーブル確認用サンプルも測定

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

検討項目

- 単一照射によるものと、Pre-doseを与えたときのADC to Dose tableの変化を比較する
- 20分後測定プロトコルと、1日後測定プロトコルの比較により、測定当日の解析が可能かを評価する

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

ADC to Dose table

EBT2

RTQA2

Single: 一回照射
Double: Pre-doseを subtraction

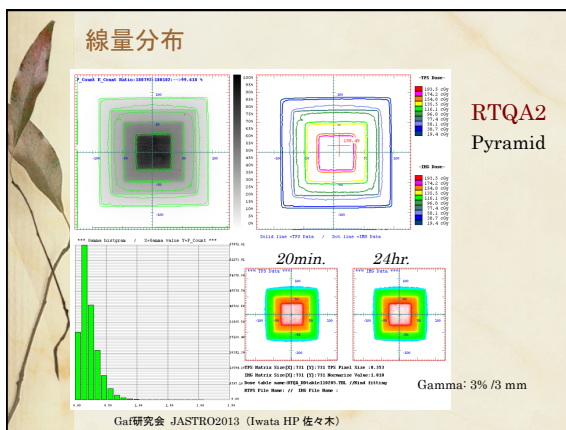
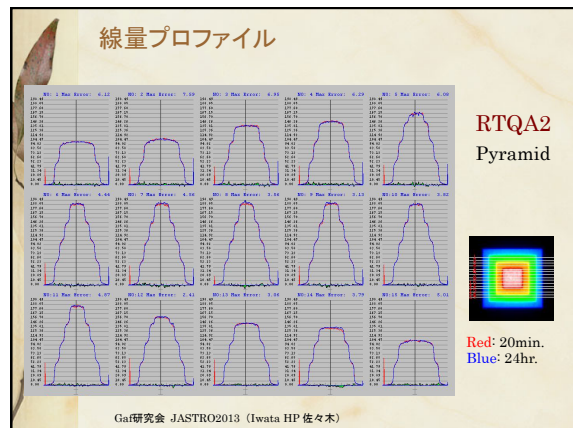
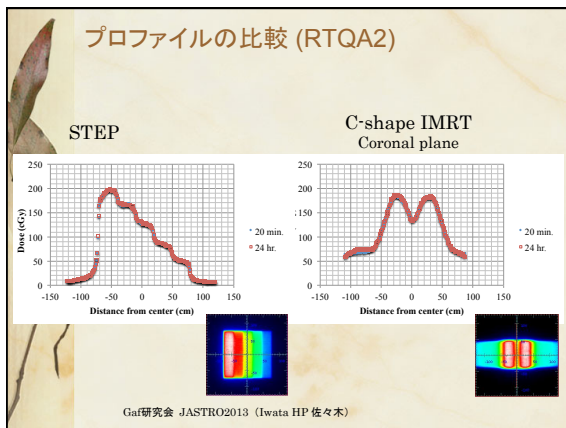
Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

プロファイルの比較 (Pyramid-shape)

EBT2

RTQA2

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)



- ### まとめ
- フラットベッドスキャナに依存した濃度変化
 - 補正関数によるピクセルごとの補正
 - 有感層(色素)の感度ムラの補正
 - RTQA2では、感度の不均一が大きい
 - Double exposure法によるピクセルごとの補正が有効
 - 時間軸に対する測定プロトコルについて検討
 - 20分後測定と24時間後測定を比較
 - ADC to dose tableの変化は、Pre-doseを行った場合でも大きな変化が見られず、測定時間の管理を行うことが重要
 - 1日でDouble - exposure 法を行うための20分法は、24時間後と同等
- Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

- ### 結語
- Radiochromic filmの時間特性において、20分後に測定を行うプロトコルは24時間後と同等であった
 - 測定の即時性を考えると数時間ですべての測定が終了する20分後測定プロトコルは有用であると考えられる
- Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

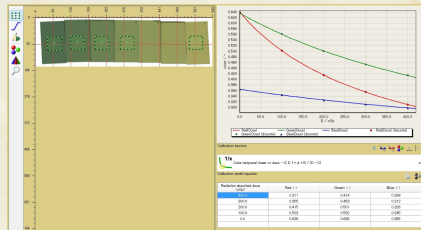
- ### 検討3
- Double exposure法とTriple channel- single scan methodを比較する
 - 1時間以内の線量分布の迅速な評価が可能かどうかを評価する
- Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

方法

- Gafchromic EBT3フィルム(Ashland Inc.)
(フィルムストリップ 3.0×3.0 cm²)
- 医療用直線加速器 Novalis-Tx (Varian)
- Tough-water phantom (Kyoto Kagaku Co. LTD)
- 濃度-線量変換曲線のために、25~400 cGyの間の5種類の線量を照射した
(100cm SAD, 10cm深, 8分以内に照射)
- スキャナ ES-10000G (Epson)
(72dpi, 48bit color)
- フィルムは、同じロットで、走査方向は同じ側を揃えた
- single scan method用の300 cGyの照射は、評価用試料の照射から5分以内に実施した
- FilmQA-Pro-2013 software (Ashland Inc.)

Gafchromic研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

Calibration curve



Dose (cGy)	Optical Density
0	0.000
100	0.150
200	0.250
300	0.350
400	0.450

- 未照射を含めた数枚で濃度-線量変換曲線を作成
- 計測はTriple channel法
- ここでは、0, 100, 200, 300, 400 cGyを用いている

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

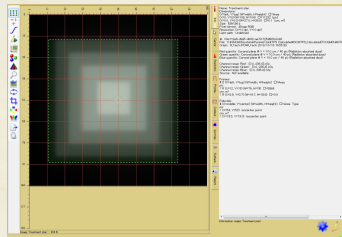
Dose map



- スキャナからサンプルを読み込む

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

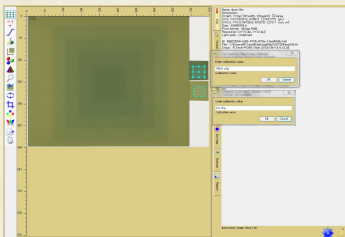
Treatment plan data



- TPSで計算した3Dボリュームデータ (DICOM data) を読み込み、サンプル断面の2D画像を作成する

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

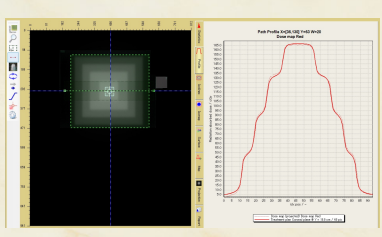
Dose map (single scan method)



- 最大線量と未照射の同時スキャン画像に、Calibration用のROIを設定し、値付けを行う

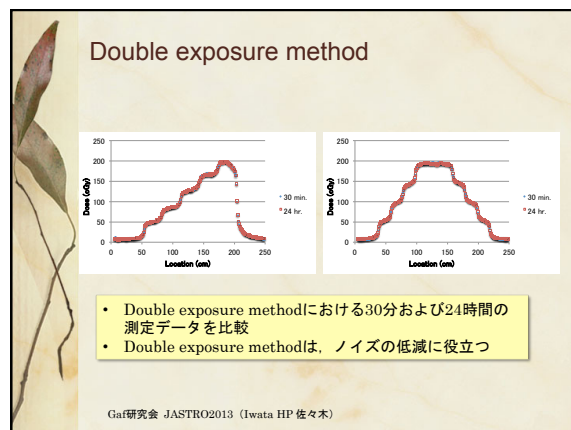
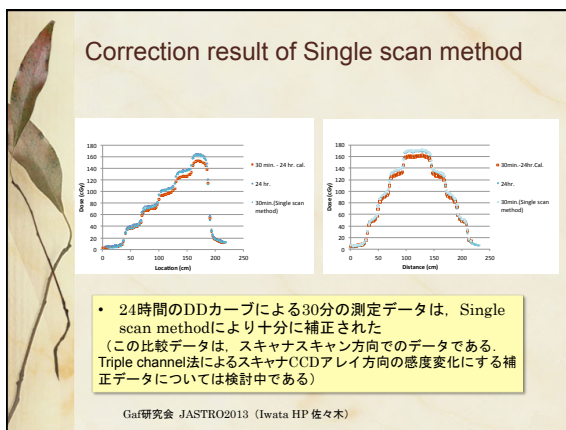
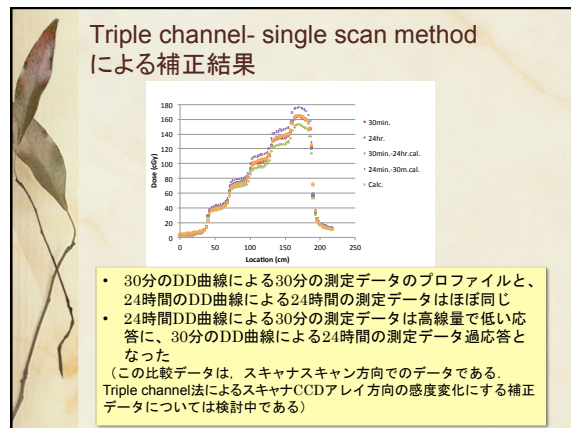
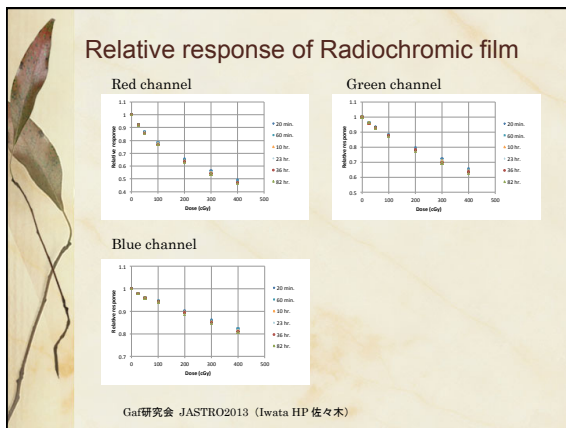
Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

Dose to plan comparison



- Film線量分布とTPS計算データを比較する

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)



結論

- Triple channel- single scan methodは、あらかじめ作成しておいた線量変換カーブを、他のタイミング(時間)で作成した資料に適用でき、十分な一致が見られた
- Triple channel- single scan methodは、Pre照射が必要なDouble exposure methodに近いノイズ低減効果があり、迅速で簡便な使用が可能と考えられる

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)

References

- 1) A. Micke, D. F. Lewis, and X. Yu, An efficient protocol for radiochromic film dosimetry combining calibration and measurement in a single scan. Med. Phys. 39(10), 6339–6350 (2012).
- 2) M. J. Butson, B. U. K. Yu, T. cheung, et. al. Radiochromic film for medical radiation dosimetry. Materials Science and Engineering R 41, 61–120 (2003).
- 3) N. Hayashi, Y. Watanabe, R. Malmin, Evaluation of triple channel correction acquisition method for radiochromic film dosimetry. J Radiation Research. 53, 930–935 (2012)

Gaf研究会 JASTRO2013 (Iwata HP 佐々木)