

ガフクロミックフィルム測定における Lateral response artifact補正の新しい考え方

第13回 ガフクロミックフィルム研究会

広島がん高精度放射線治療センター

三浦 英治

第126回日本医学物理学会学術大会
9月16日 イブニングセミナー②

Radiochromic Film研究会

2015 EBT-XDの提供開始

2022 EBT4の提供開始

2023.4 EBT4の日本提供開始

2015

2025

JOURNAL OF APPLIED CLINICAL MEDICAL PHYSICS, VOLUME 17, NUMBER 6

2016.6

Gafchromic EBT-XD film: Dosimetry characterization in high-dose, volumetric-modulated arc therapy

Hideharu Miura,^{1a} Shuichi Ozawa,^{1,2} Fumika Hosono,¹ Naoki Sumida,¹ Toshiya Okazue,¹ Kiyoshi Yamada,¹ and Yasushi Nagata^{1,2}
Hiroshima High-Precision Radiotherapy Cancer Center,¹ Hiroshima, Japan; Department of Radiation Oncology,² Institute of Biomedical & Health Science, Hiroshima University, Hiroshima, Japan
miura@hiprac.jp

Received: 16 January 2023 | Revised: 29 March 2023 | Accepted: 4 April 2023
DOI: 10.1002/acm2.13992

2023.3

JOURNAL OF APPLIED CLINICAL
MEDICAL PHYSICS

RADIATION ONCOLOGY PHYSICS

Characterization of scanning orientation and lateral response artifact for EBT4 Gafchromic film

Hideharu Miura^{1,2} | Shuichi Ozawa^{1,2} | Toshiya Okazue¹ | Tsubasa Enosaki¹ | Yasushi Nagata^{1,2}

2015.11

EBT-XDの基礎特性と臨床応用について

広島がん高精度放射線治療センター
三浦 英治

JASTRO

2015.11.19 第7回ガフクロミックフィルム研究会

2022.11

EBT4フィルムの基礎特性

広島がん高精度放射線治療センター
三浦 英治

JASTRO

2022.11.10 第12回ガフクロミックフィルム研究会

2023.6

Gafchromic filmの 特性と臨床活用

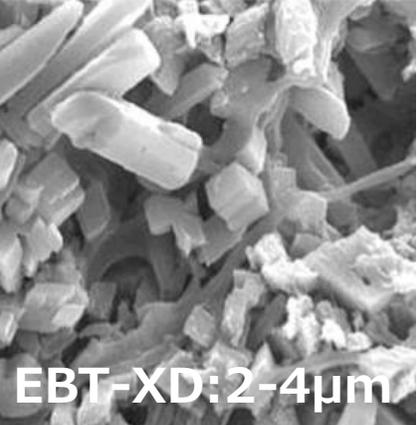
広島がん高精度放射線治療センター
三浦 英治

HIPRAC

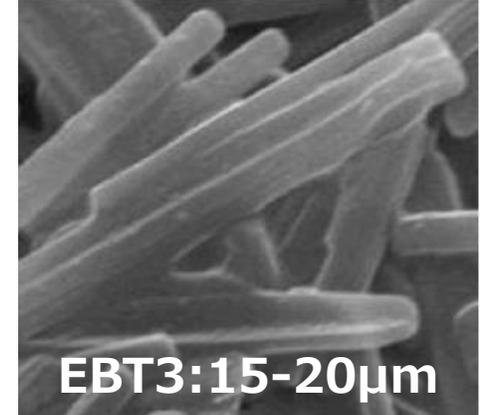
2023.06.29 「ガフクロミックフィルムユーザー」オンライン講習会

- **EBT-XD/EBT4**
- **Lateral response artifactと補正**

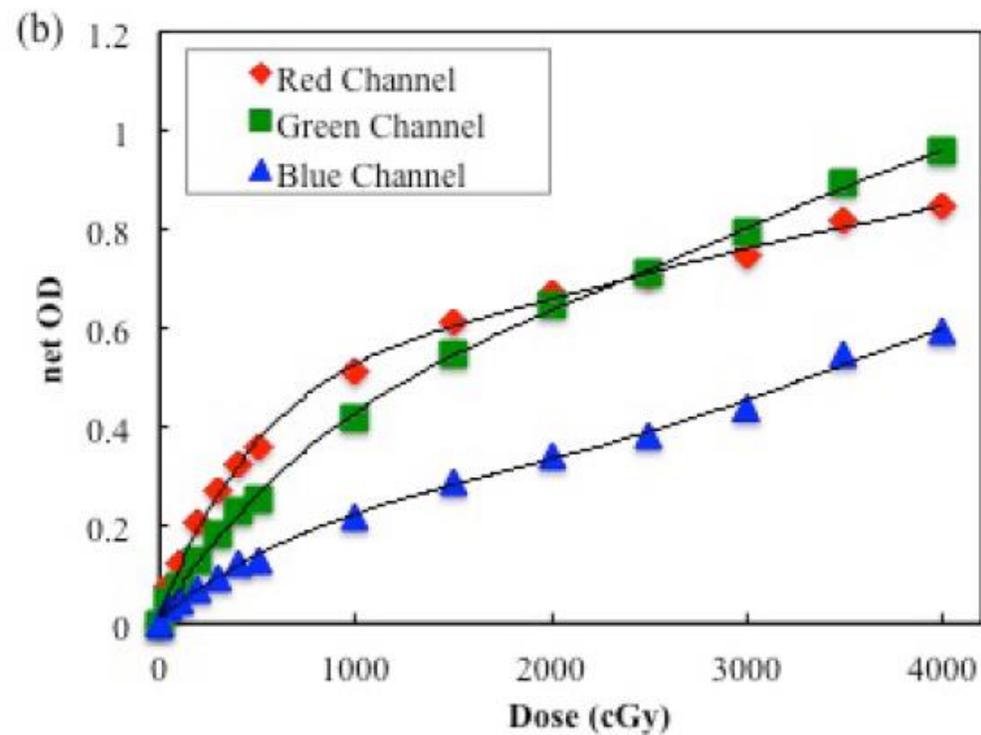
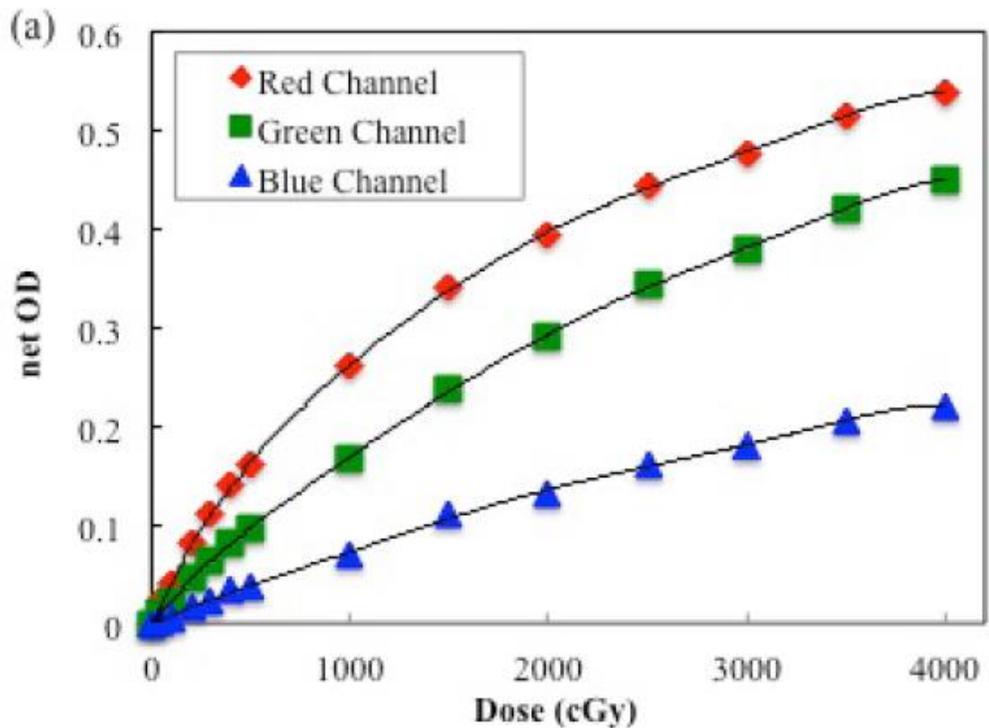
Response curve : EBT-XD vs EBT3



EBT-XD



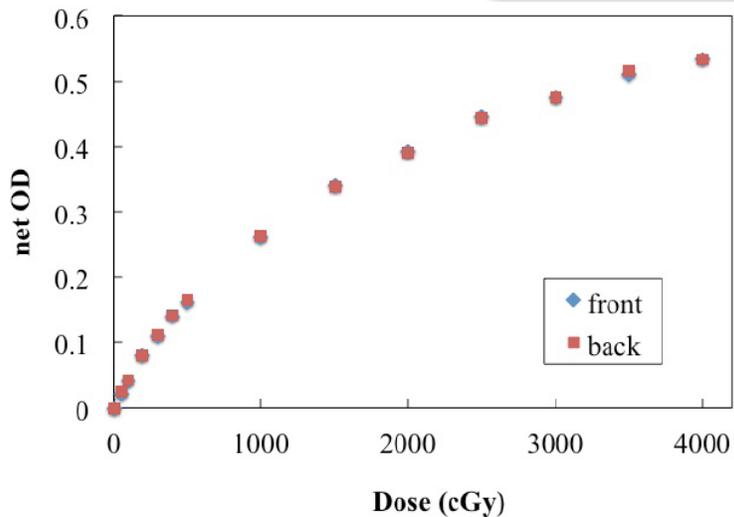
EBT3



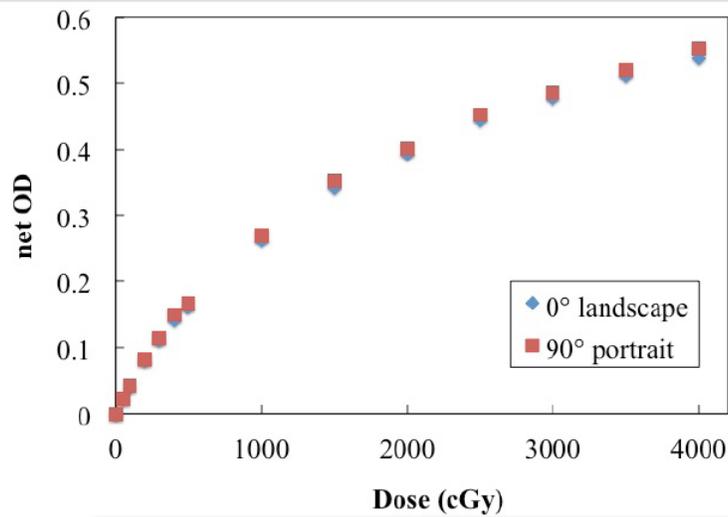
粒子のサイズが違うので、感度が違う
EBT-XD → SRS/SBRT

*miura, et al. JACMP 2016

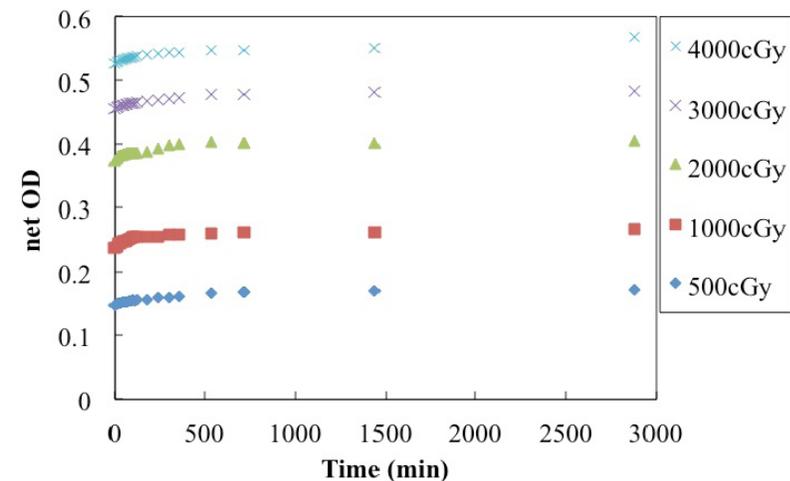
EBT-XDの特性



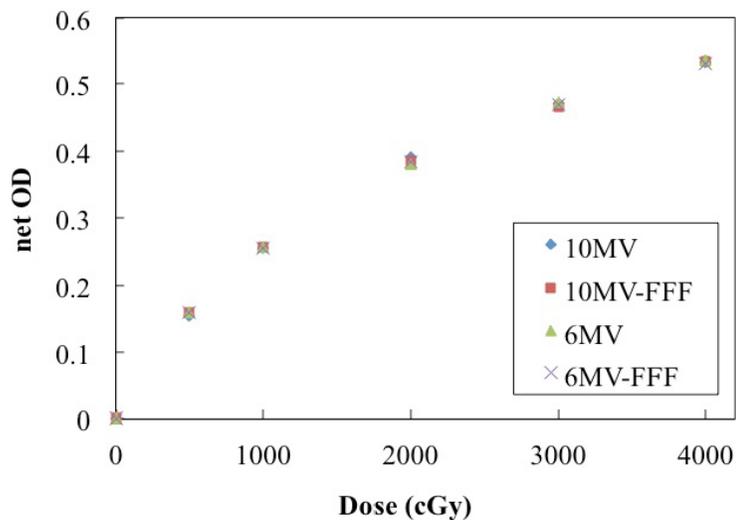
表裏がない



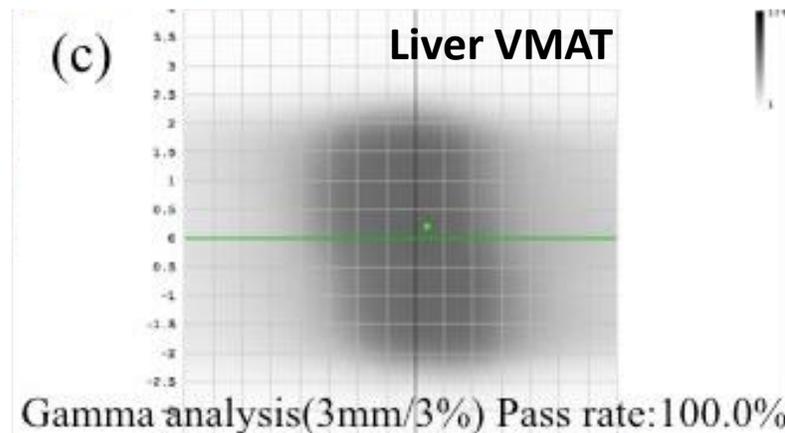
スキャン方向依存性が小さい



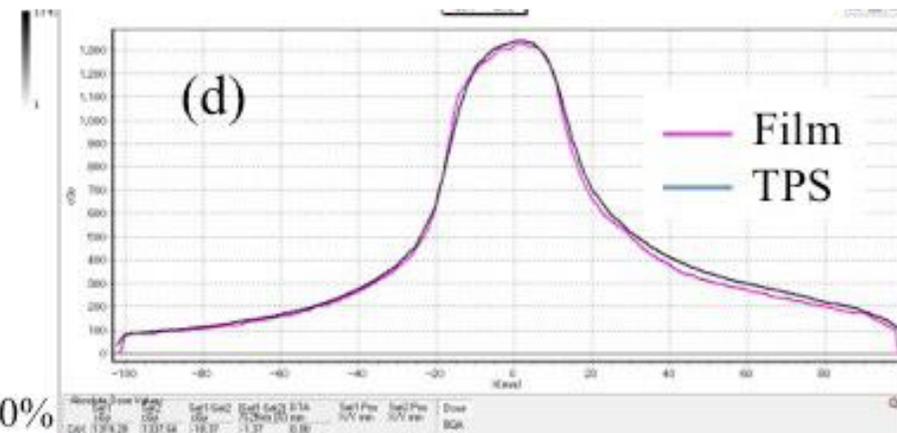
時間依存性はある（対策）特性曲線も照射後に取得し、患者QAも照射後にスキャンする



一般的なリニアックの高エネルギーに関しては、エネルギー依存性なし



EBT-XD はabsolute modeでも高いγパス率



*詳細は論文を読んでください!! miura, et al. JACMP 2016

EBT4

EBT-3

specifications

property	gafchromic™ EBT4 film
configuration	active layer (28 μm) sandwiched between 125 μm matte-surface polyester substrates
size	8" x 10", other sizes available upon request
optimum dose range	<u>0.2 Gy to 10 Gy</u>
energy dependency	<5% difference in net optical density when exposed at 100 keV and 18 MeV
dose fractionation response	<5% difference in net optical density for a single 25 Gy dose and five cumulative 5 Gy doses at 30 min intervals
dose rate response	<5% difference in net optical density for 10 Gy exposures at rates of 3.4 Gy/min and 0.034 Gy/min
stability in light	<5 x 10 ⁻³ change in optical density per 1000 lux-day
stability in dark (pre-exposure stability)	<5 x 10 ⁻⁴ optical density change/day at 23 °C and <2 x 10 ⁻⁴ density change/day refrigerated
uniformity	better than ±3% in sensitometric response from mean; dose uniformity better than ±2% with FilmQAPro™ and triple-channel dosimetry

EBT-4

matte surface clear polyester base, 125 μm

active layer, 28 μm

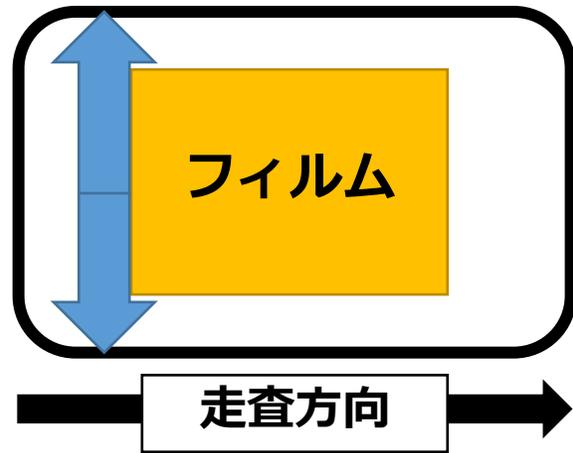
matte surface clear polyester base, 125 μm

**Gafchromic EBT film specificationsで
EBT3と違う部分は0.1 to 20 Gyとなってる箇所**

**EBT 4に期待することは、スキャン方向依存性とLRAの改善
*フィルムで時間経過特性の改善は難しいと思う。**

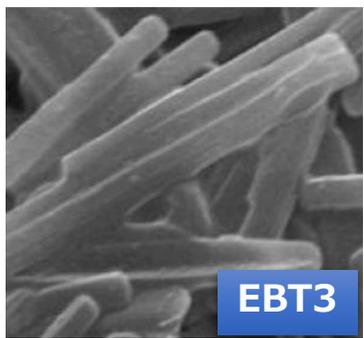
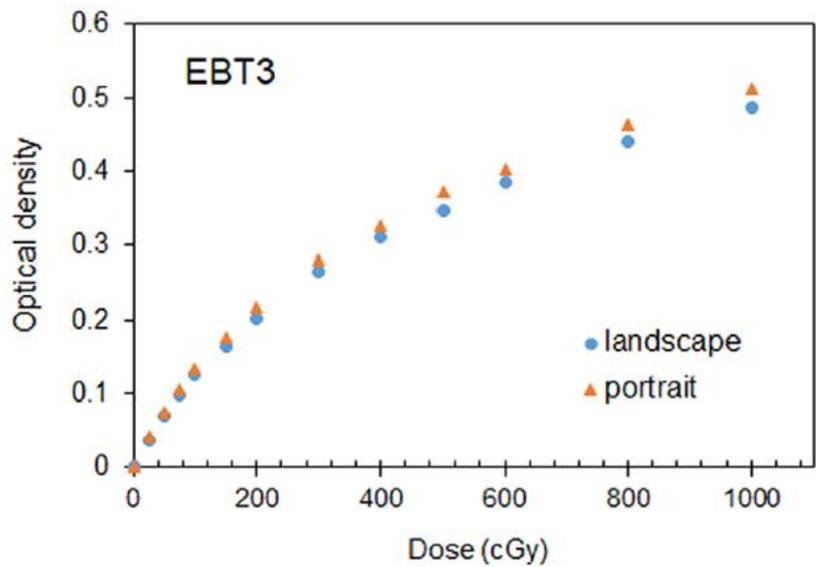
EBT-4の方が濃い黄色になった・構造は同じ

スキャン方向依存性とLRAって？



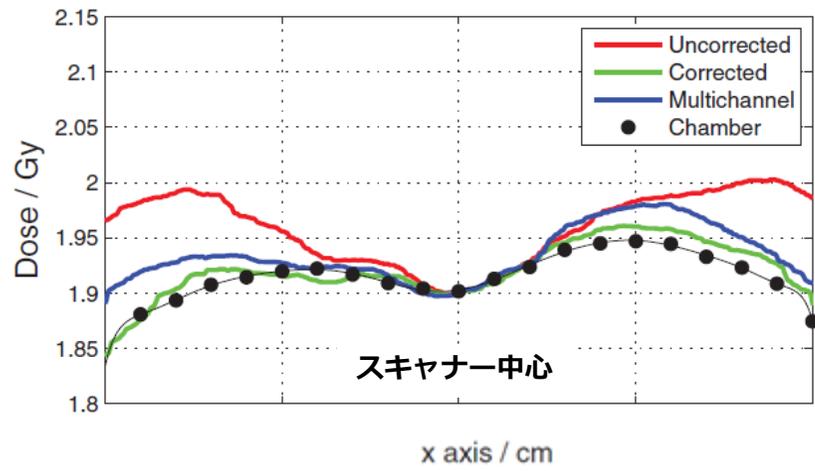
*スキャン方向依存性
フィルムの0° or 90°方向でレスポンスが違う

*LRA: Lateral response artifact
スキャン方向に対して垂直方向に
スキャナ中心と端でレスポンスが違う



EBT3
粒子の形に依存する

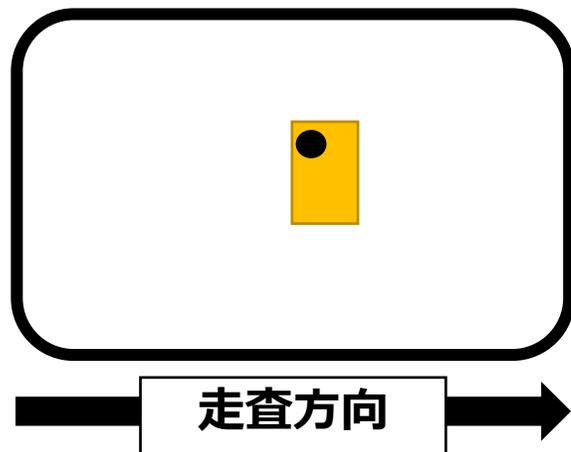
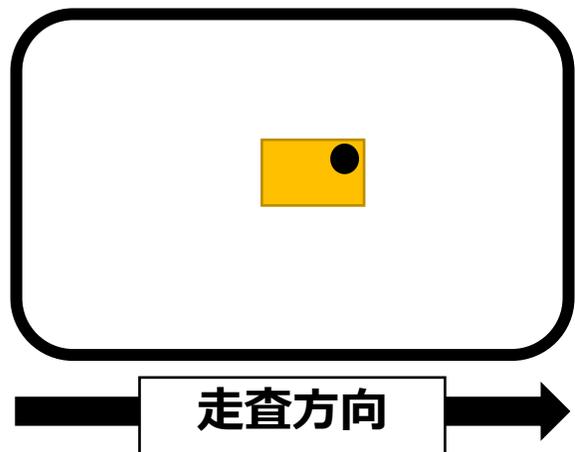
Miura, et al. JACMP 2023



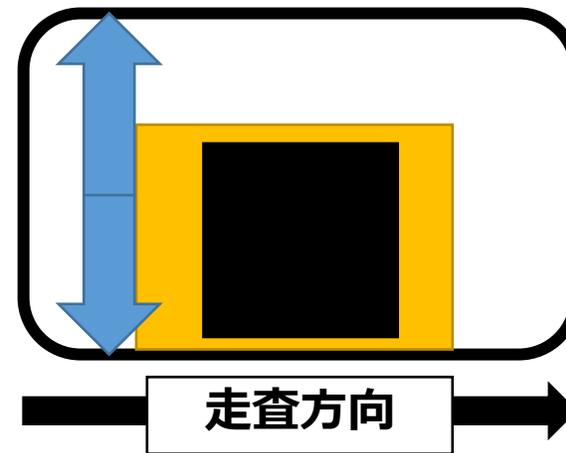
A new correction method serving to eliminate the parabola effect of flatbed scanners used in radiochromic film dosimetry

D. Poppinga^{a)} and A. A. Schoenfeld

方法



スキャン方向依存性



LRA: Lateral response artifact

フィルムサイズ 4×4 cm
エネルギー 6MV
0, 25, 50, 100, 150, 200, 300,
400, 500, 600, 800, 1000cGy

TIFF (RGB) 補正オフ

$$\text{net OD}(D) = \log_{10} \left(\frac{I_{unexp}}{I_{exp,D}} \right)$$

Devic et al. Med Phys. 2005;32(7):2245-53

照射野サイズ 15×15 cm²

200, 400, 600 cGy

治療計画装置(TPS:Eclipse(Varian))
で同一条件の線量分布図を使用

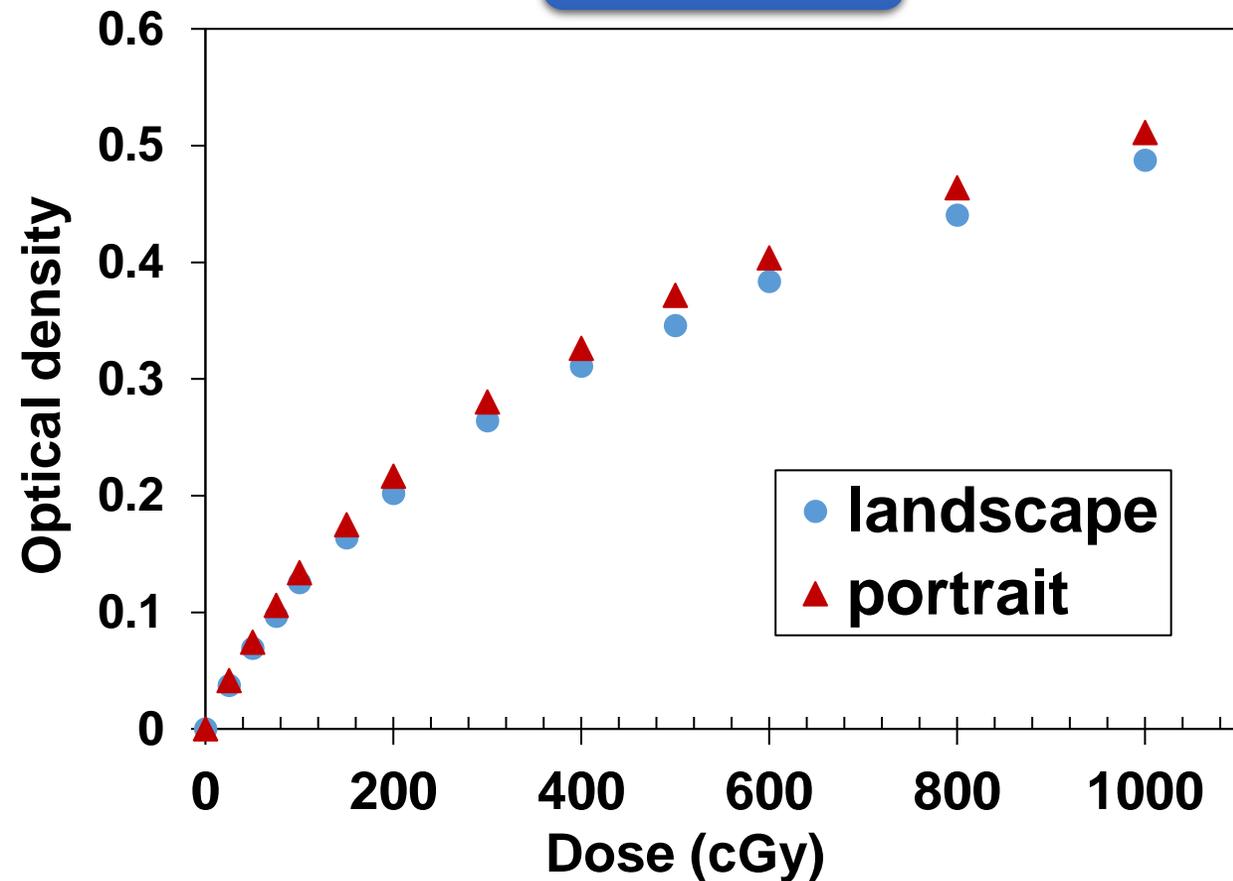
*フィルムはLRAの影響を大きくするために
意図的にスキャナーの端でスキャン



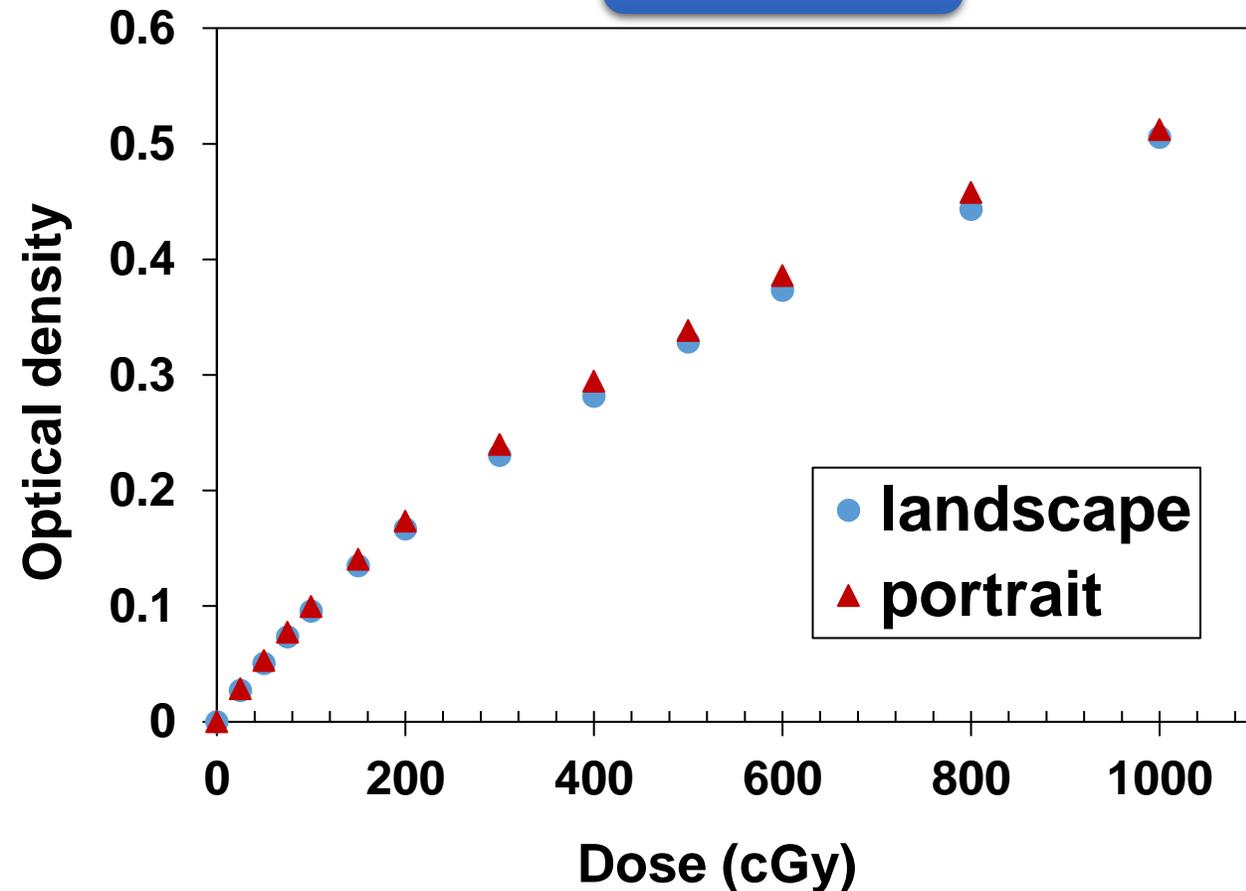
EPSON (ES-G11000)

scanning orientation

EBT-3



EBT-4

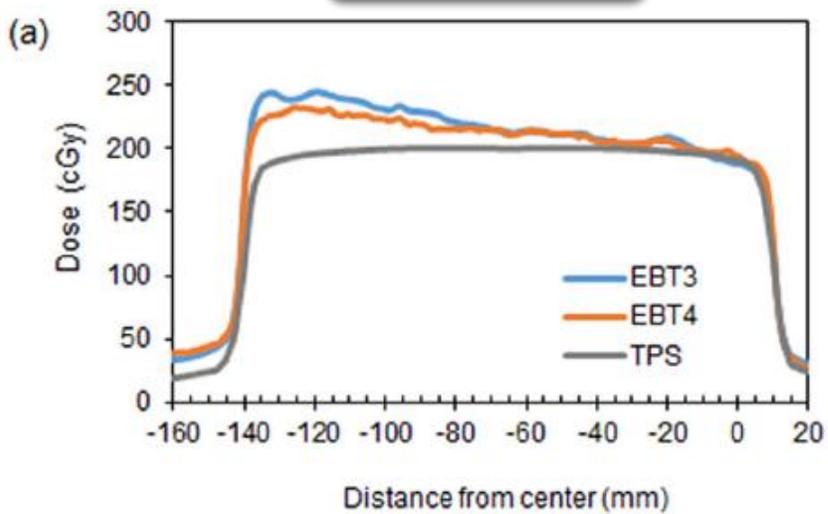


200cGyの時 OD差はEBT3 0.015 → EBT4 0.007

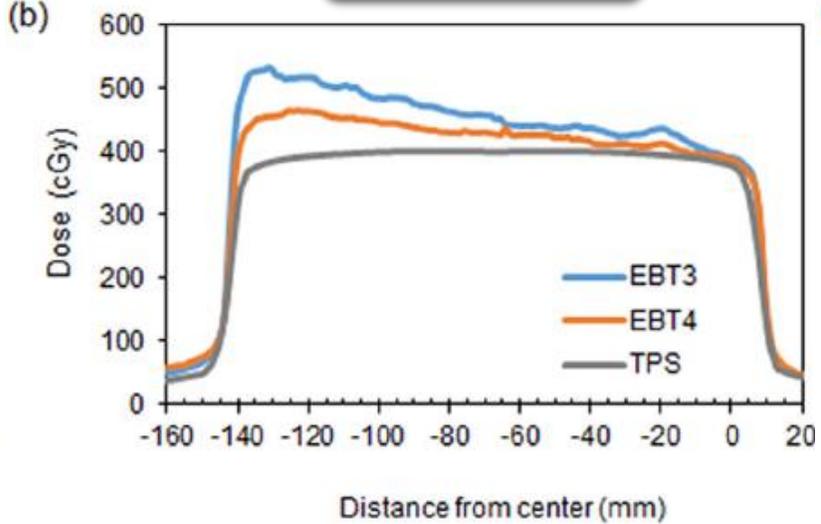
方向依存性があるので、特性曲線時とQA時は方向を合わせる。

Lateral response artifact (LRA)

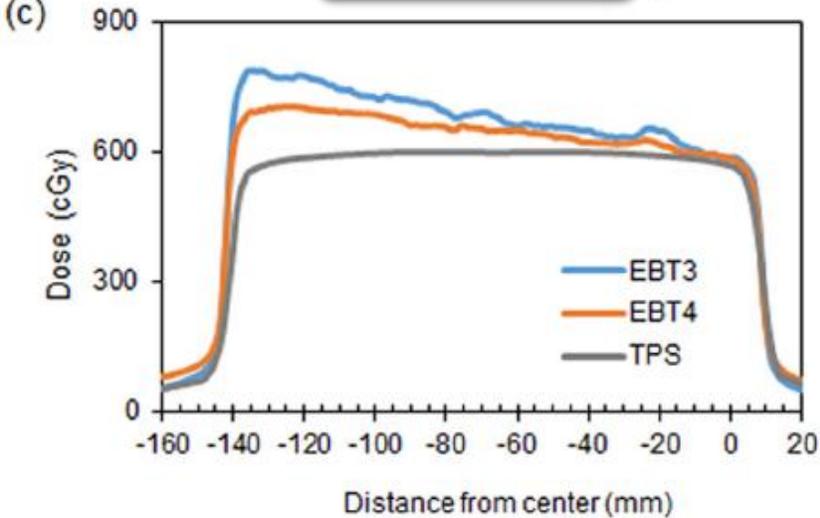
200 cGy



400 cGy



600 cGy



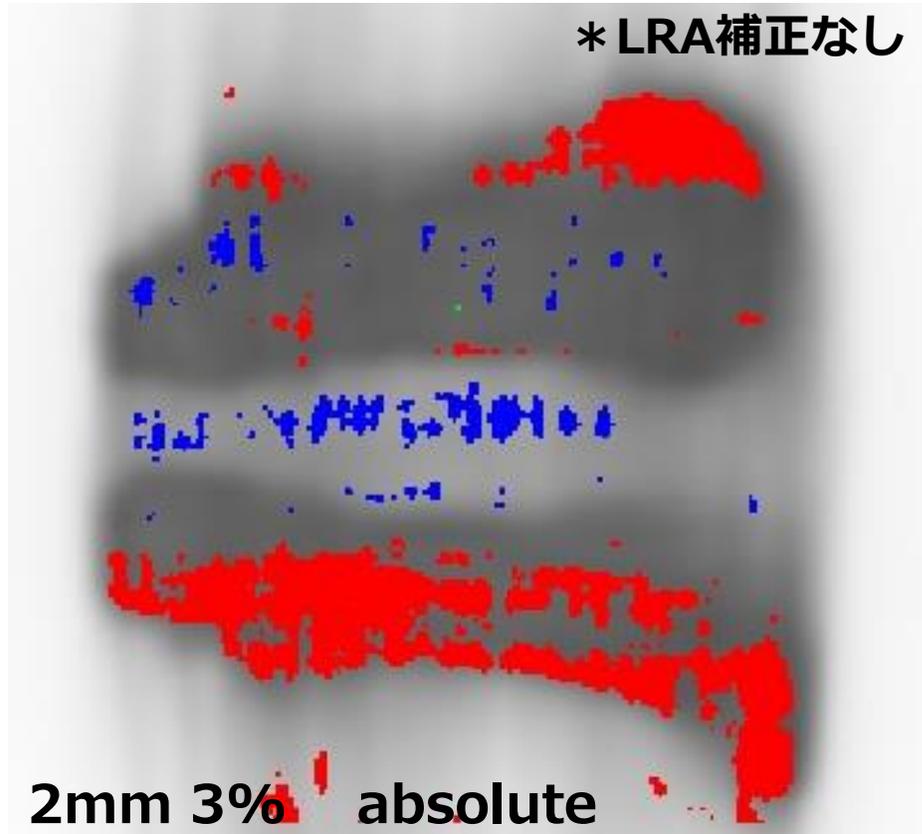
TPSとの比較 (スキャナー中心から100 mmの位置)

	EBT3	EBT4
200cGy	16.4%	12.5%
400cGy	21.0%	11.7%
600cGy	21.2%	14.8%

臨床例

EBT 3

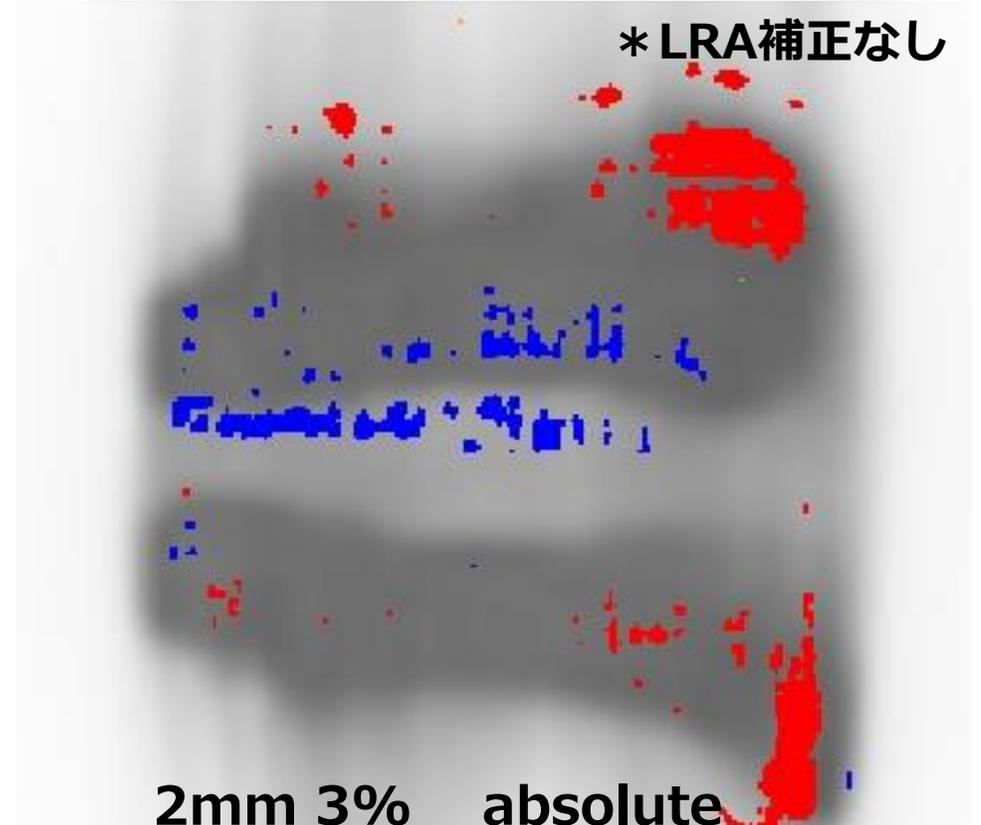
* LRA補正なし



2mm 3% absolute
Gamma pass rate (global) 82.2%

EBT 4

* LRA補正なし



2mm 3% absolute
Gamma pass rate (global) 89.9%

EBT3→EBT4 LRAの改善したけど、大きな照射野はLRA補正が必要

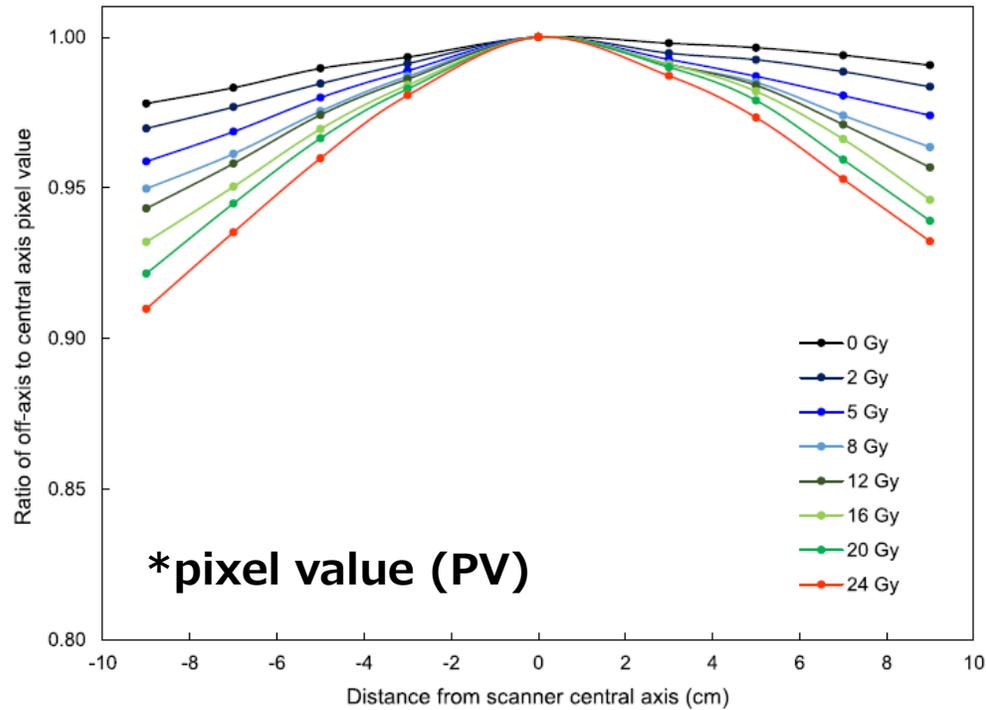
Lateral response artifact (LRA)

Technical note

A protocol for absolute dose verification of SBRT/SRS treatment plans using Gafchromic™ EBT-XD films



Tania Santos^{a,b,*}, Tiago Ventura^b, Miguel Capela^b, Josefina Mateus^b, Maria do Carmo Lopes^b

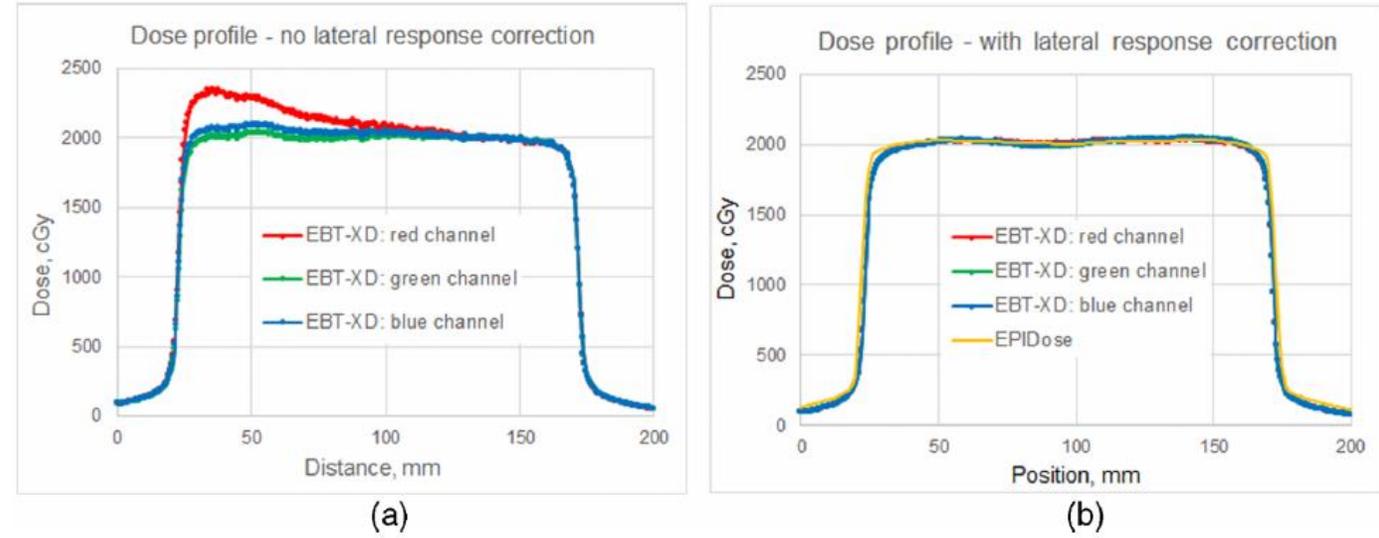


LRAは、線量(PV)と位置に依存します
非対称 スキャナー依存

Technical Note: On GAFchromic EBT-XD film and the lateral response artifact

David F. Lewis^{a)}

RC Film Consulting LLC, 54 Benedict Road, Monroe, Connecticut 06468



*フィルムを意図的にスキャナーの端に置いている。

LRAはカラーでレスポンスが違う。

Lateral response artifact (LRA)

Clinical use of EBT model Gafchromic™ film in radiotherapy

Christian Fiandra,^{a)} Umberto Ricardi, and Riccardo Ragona

Light scattering

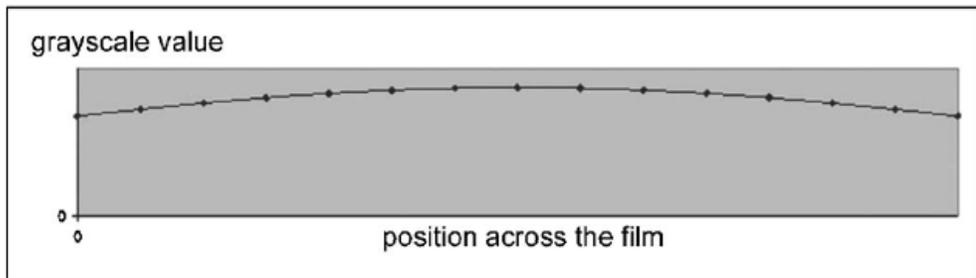
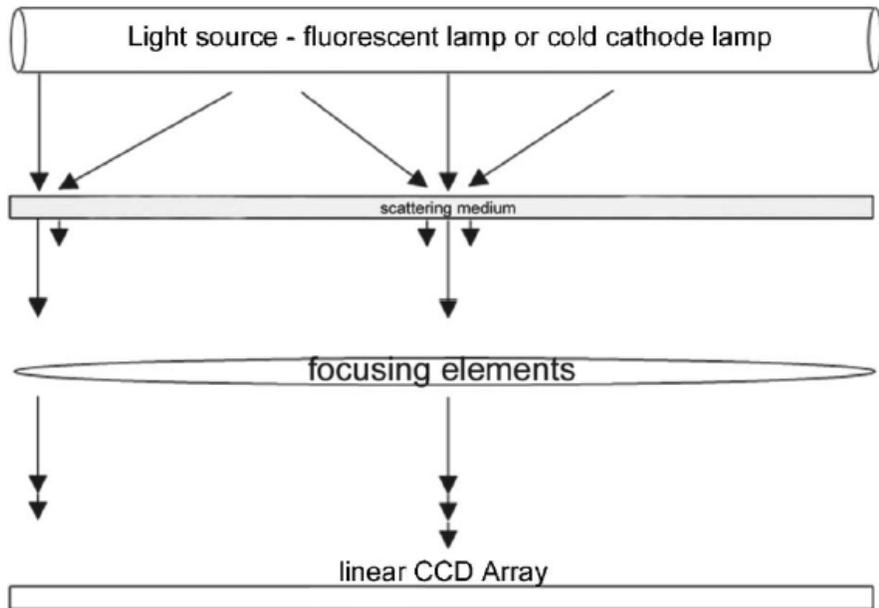
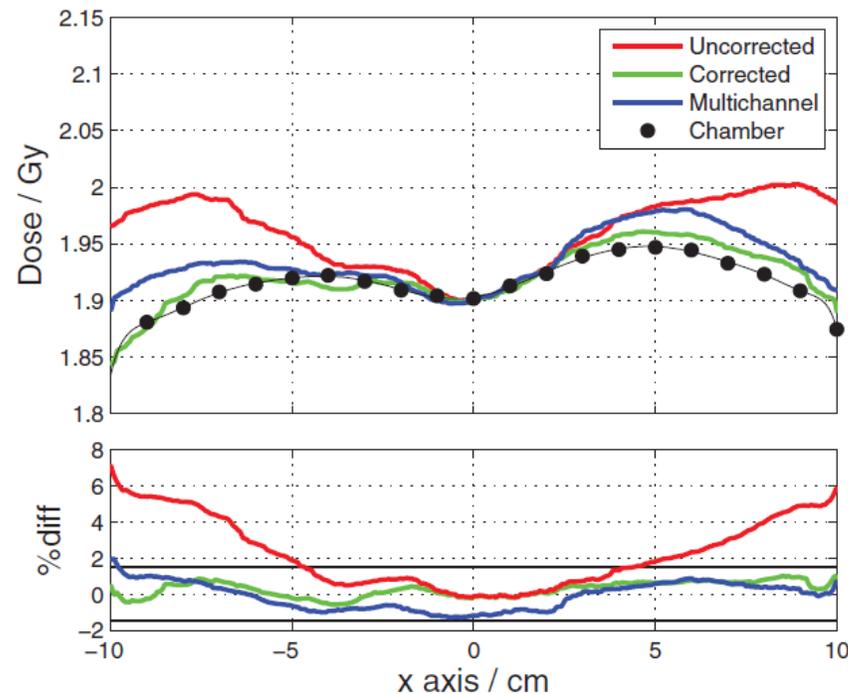


FIG. 1. Effect of light scattering in a CCD film scanner.

A new correction method serving to eliminate the parabola effect of flatbed scanners used in radiochromic film dosimetry

D. Poppinga^{a)} and A. A. Schoenfeld



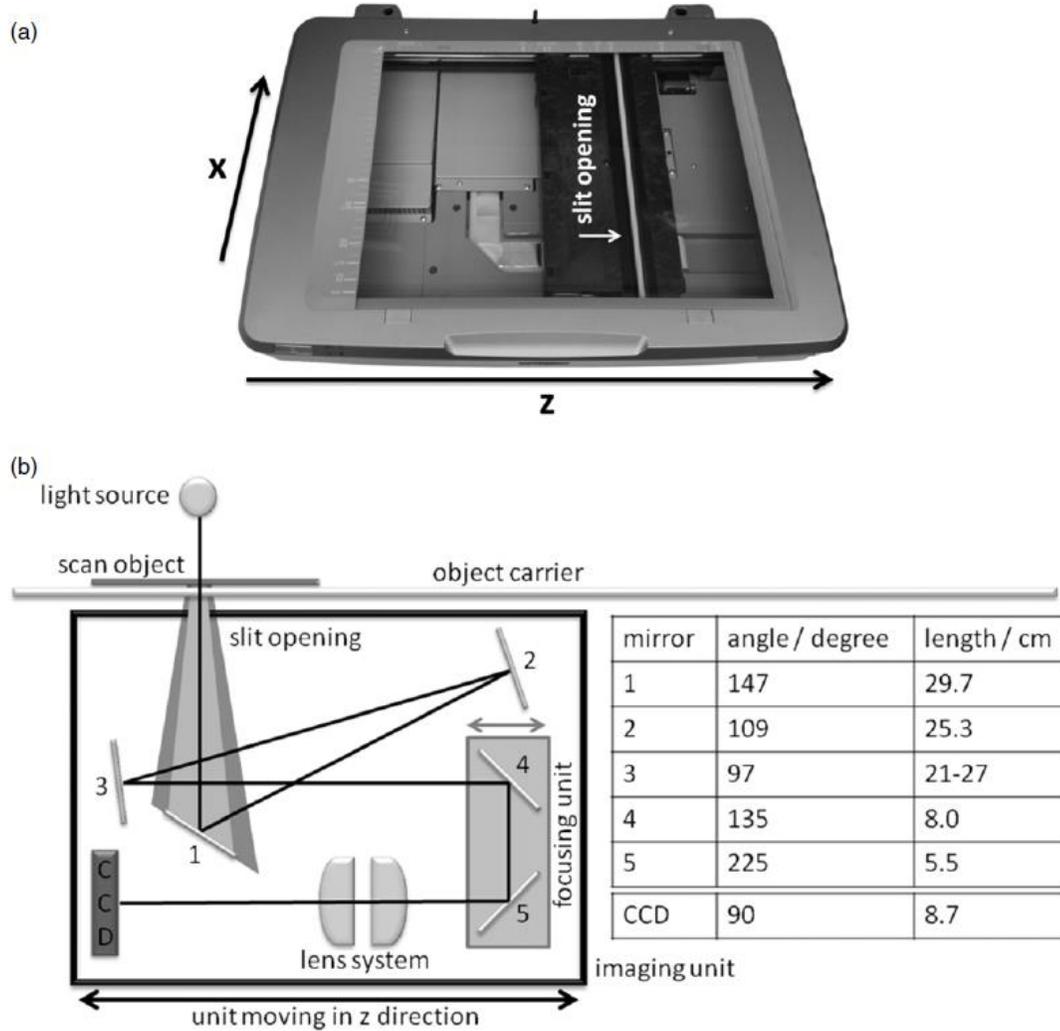
端が高くなる？低くなる？がわからなくなったら
真ん中は、周りの光は使えるけど
端は、壁なんで、光が少し弱いと考えたら
光が弱い→黒い→線量が高い

*実際はもう少し、複雑です(ミラー, レンズの位置とパス)

Lateral response artifact (LRA)

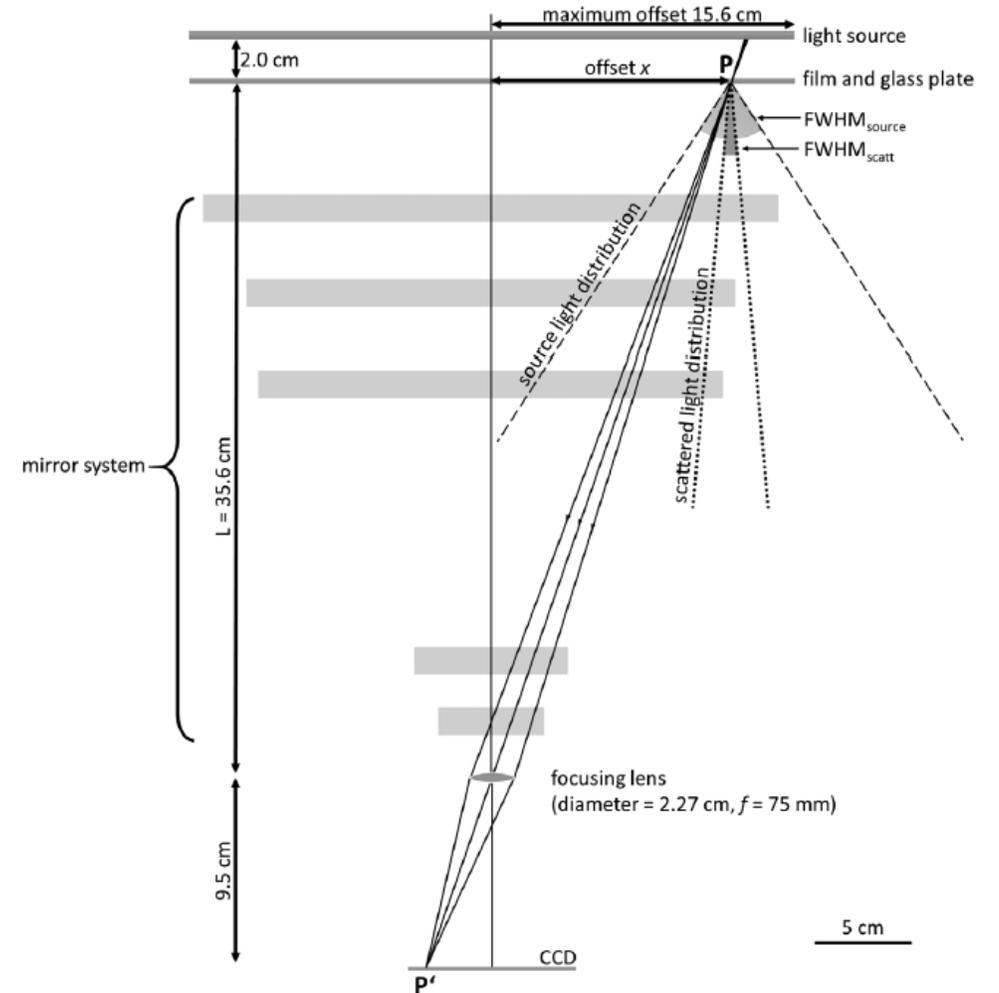
The artefacts of radiochromic film dosimetry with flatbed scanners and their causation by light scattering from radiation-induced polymers

Andreas A Schoenfeld^{1,2}, Daniela Poppinga^{1,2},
Dietrich Harder³, Karl-Joachim Doerner⁴
and Bjoern Poppe^{1,2}



The origin of the flatbed scanner artifacts in radiochromic film dosimetry—key experiments and theoretical descriptions

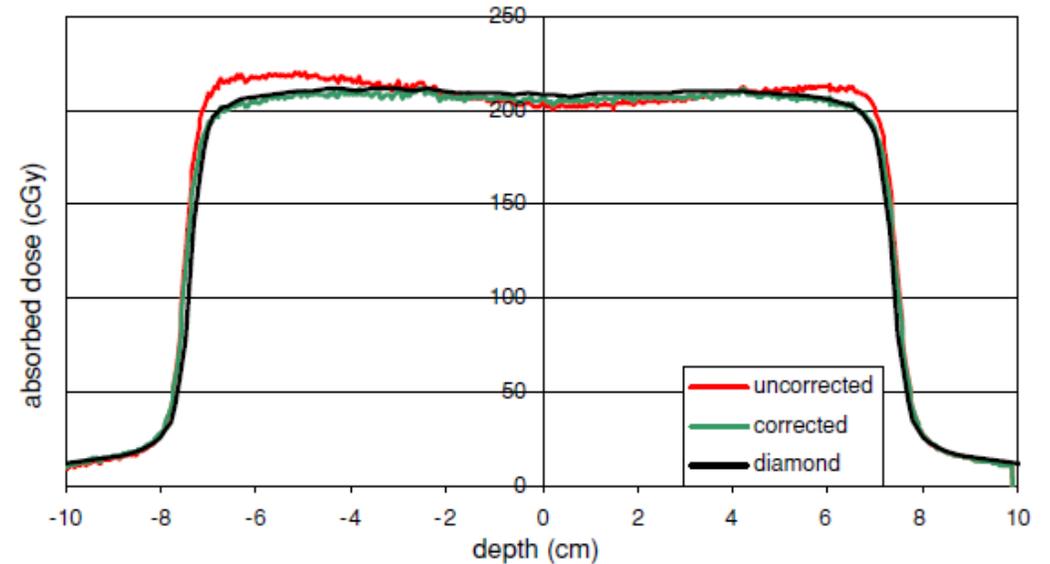
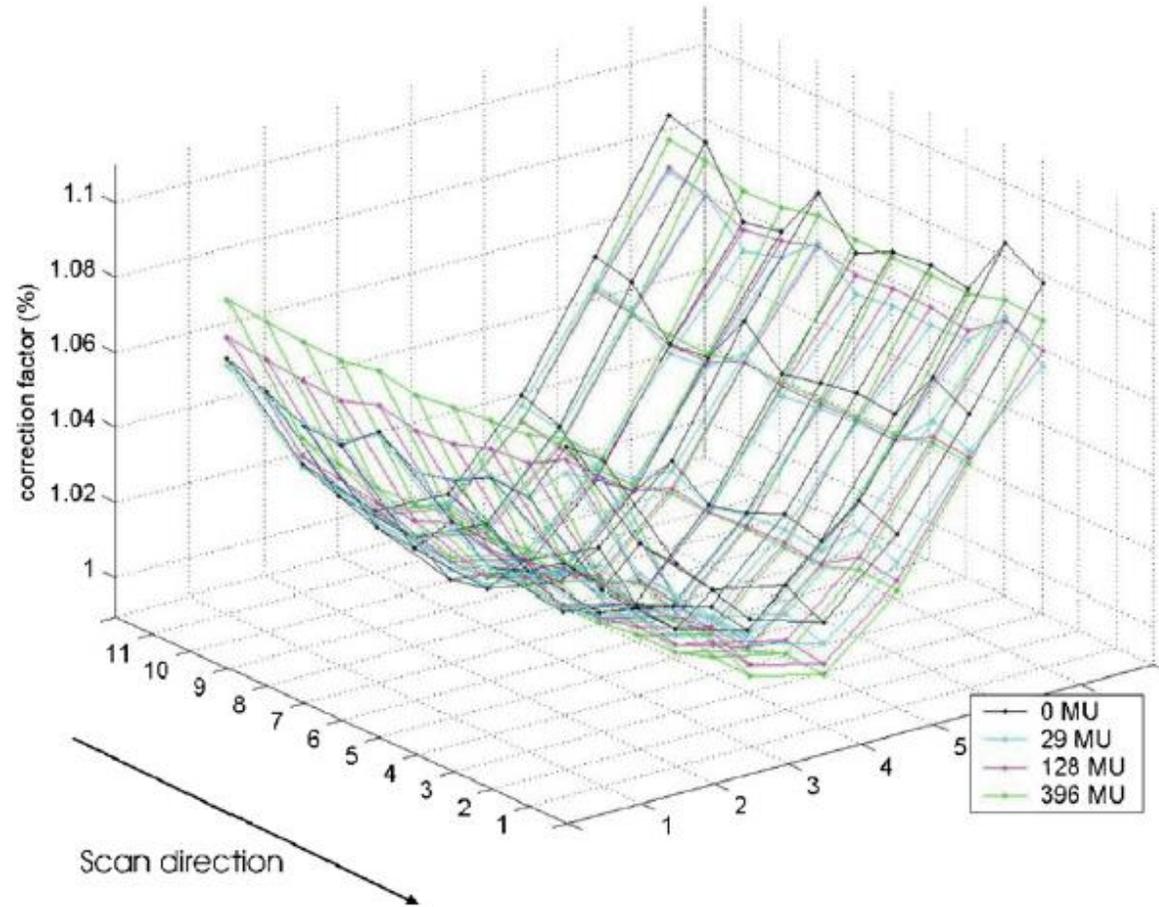
Andreas A Schoenfeld¹, Soeren Wieker¹, Dietrich Harder²
and Bjoern Poppe¹



LRA correction

Precautions and strategies in using a commercial flatbed scanner for radiochromic film dosimetry

L Paelinck, W De Neve and C De Wagter



**LRA correction は
補正ファクターmapを作成する必要がある
いくつかの線量レベルを数か所(例:7×11)でスキャンにする必要がある**

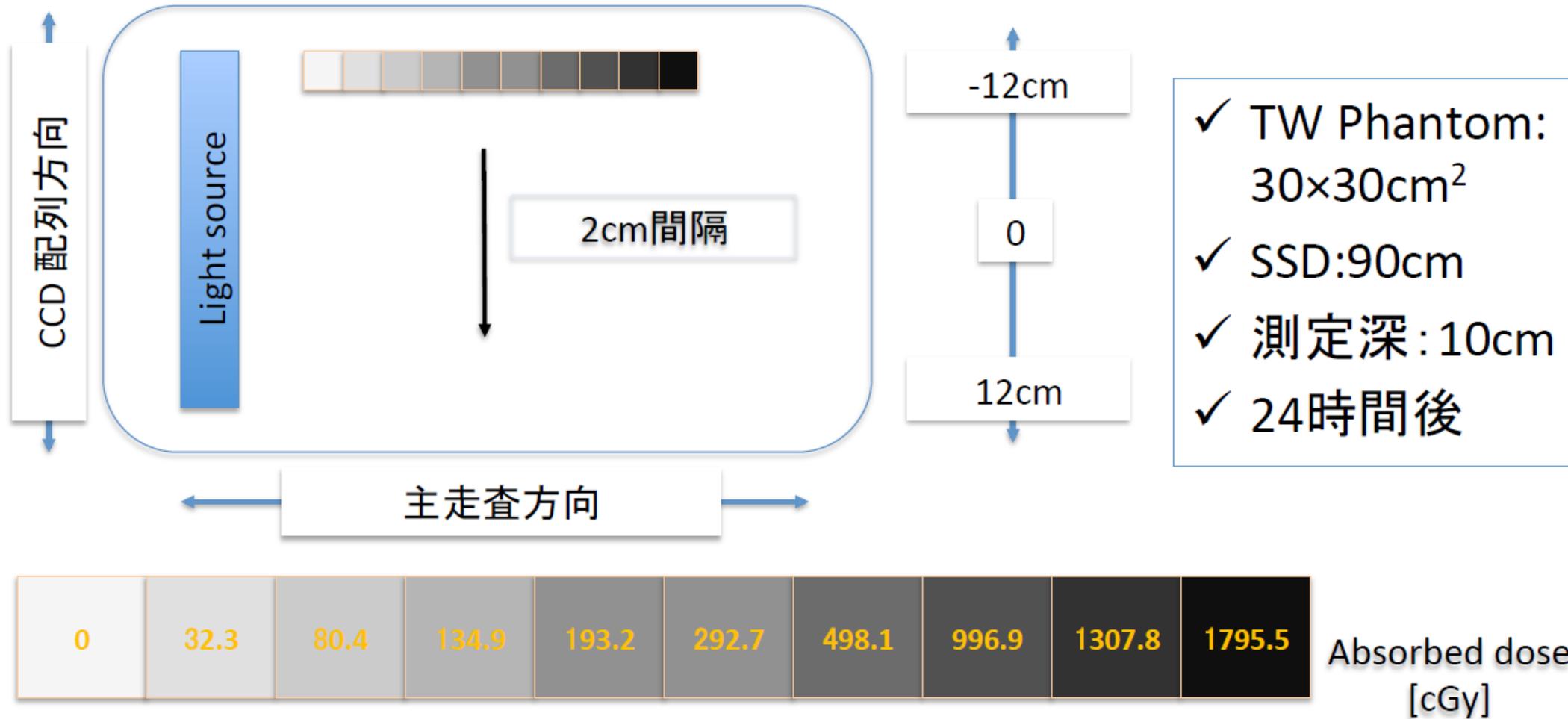
平坦度特性のスキャン配置

GAFCHROMIC Filmの
2次元平坦度補正を考える

CCD配列方向: 2cm間隔13か所
pixel valueを測定し、補正用データを取得

國本陽英¹⁾²⁾ 早田将博¹⁾ 津田信太郎¹⁾³⁾ 三浦英治¹⁾
小澤修一¹⁾ 山田聖¹⁾ 永田靖¹⁾³⁾

1) 広島がん高精度放射線治療センター
2) 県立広島病院 放射線診断科・治療科
3) 広島大学病院 放射線治療科



平坦度特性: EBT3

CCD配列方向の辺縁で線量差が大きくなった

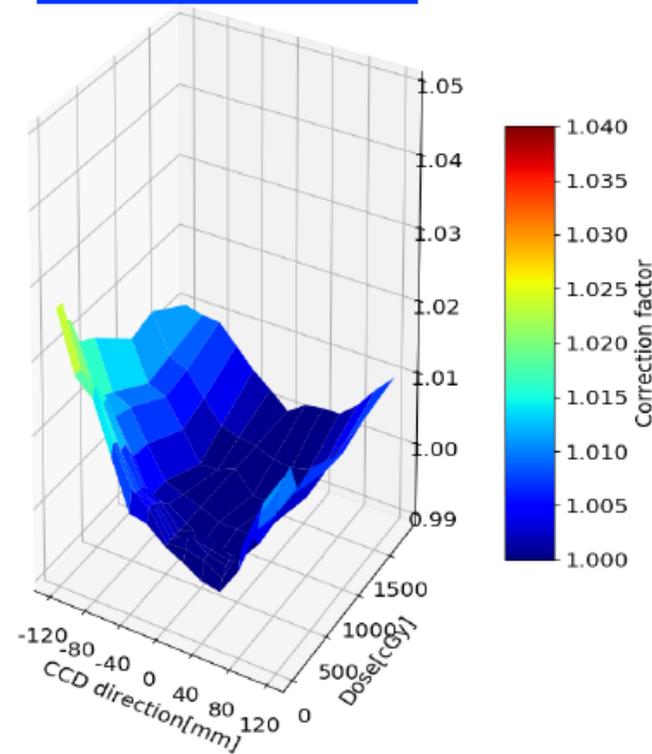
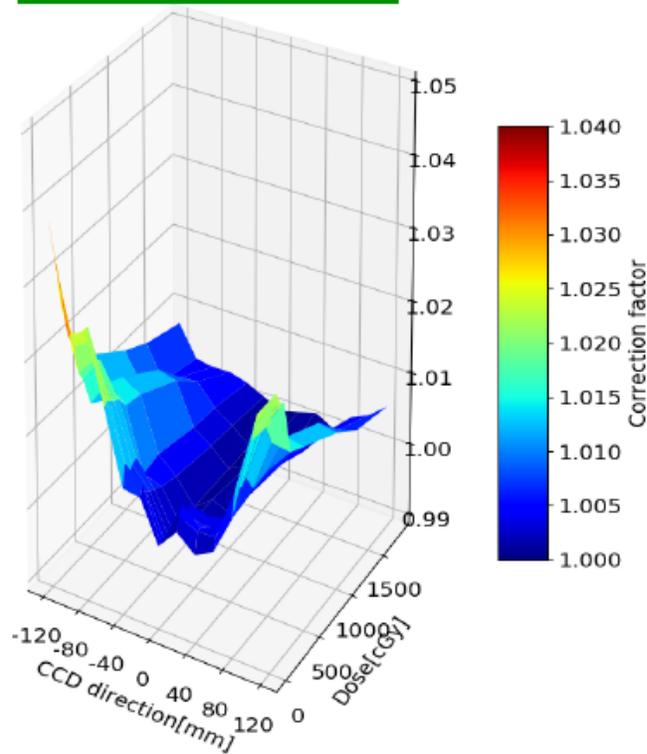
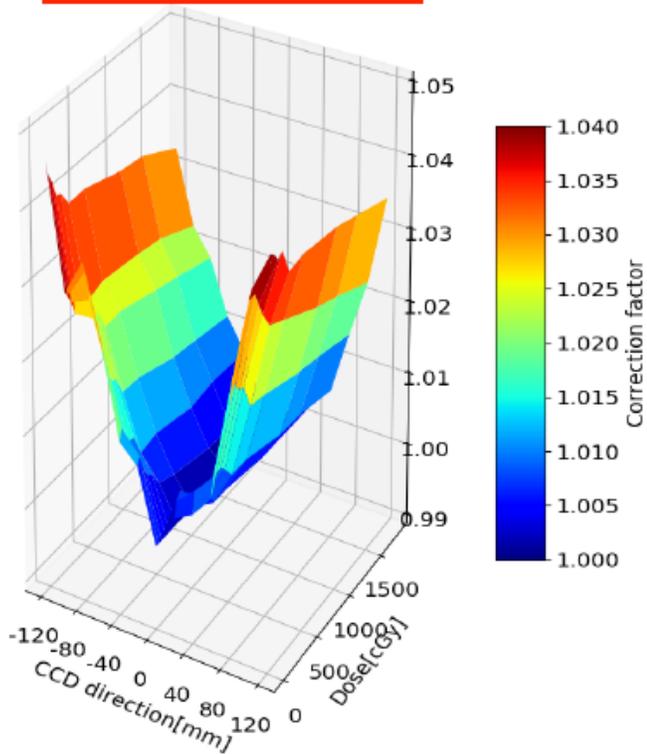
RED
5%



GREEN
4%



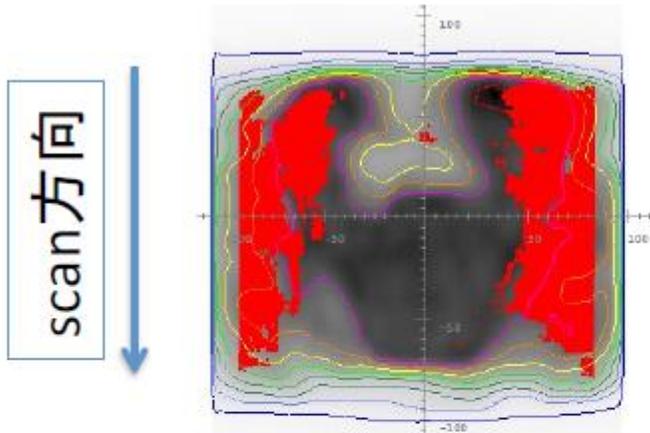
BLUE
3%



平坦度補正: RED/BLUE Channel

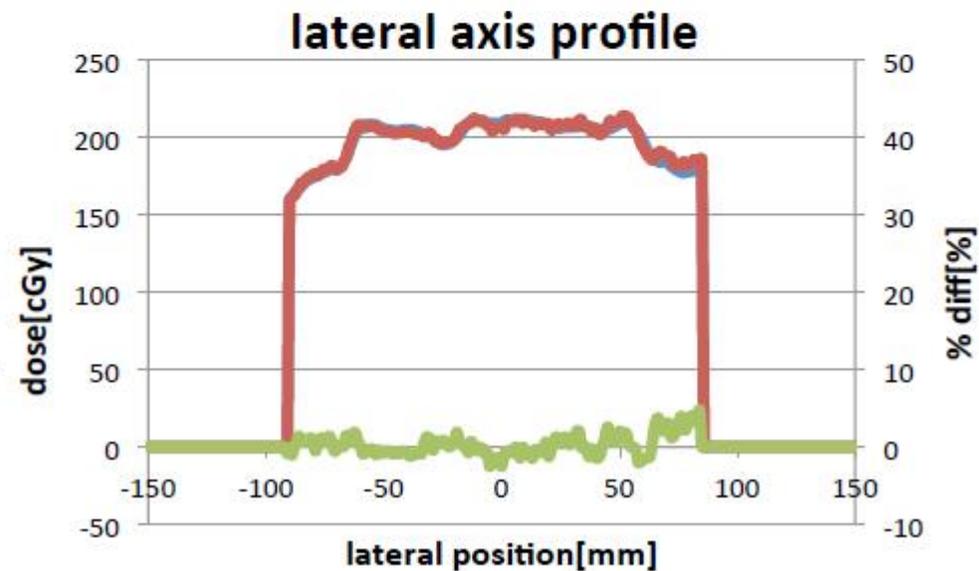
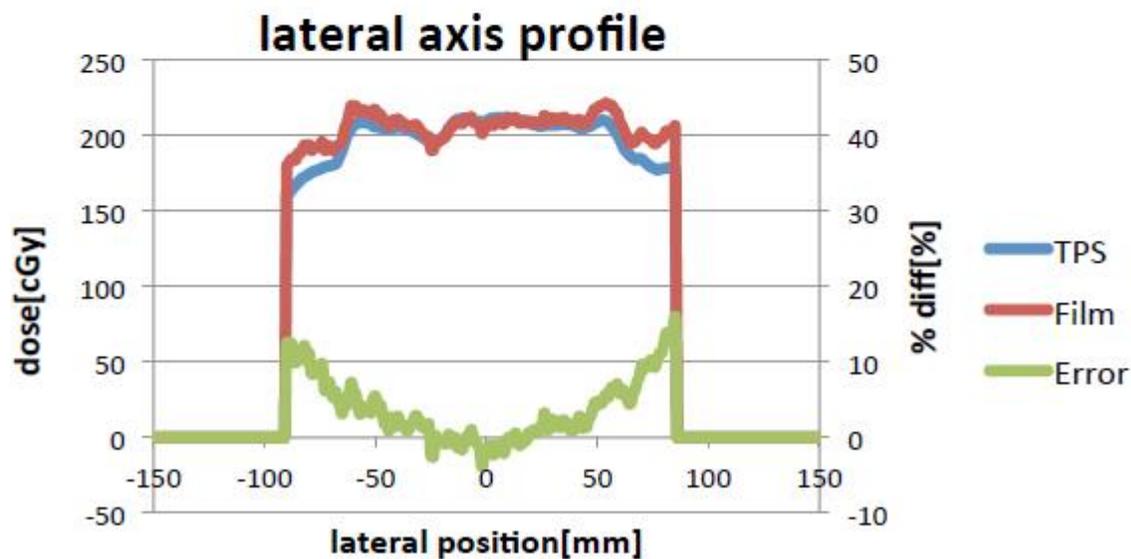
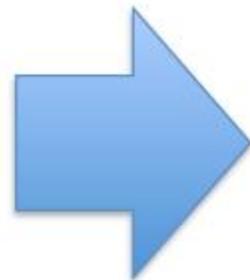
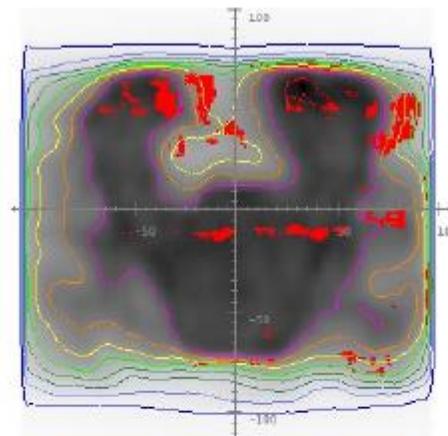
補正なし

65.50%



補正あり

94.59%



詳細は論文を読んでください

R-tech.inc で無償版あり

多方向スキャンデータの平均補正係数を使用した フラットベッドスキャナ由来のラジオクロミックフィルム 線量測定の不均一性の改善

國本陽英¹ 三浦英治^{2,3} 宮沢正則⁴ 早田将博² 松浦貴明^{2,5} 小澤修一^{2,3}
山田 聖² 永田 靖^{2,3}

¹ 広島がん高精度放射線治療センター(現 県立広島病院放射線診断科・治療科)

² 広島がん高精度放射線治療センター

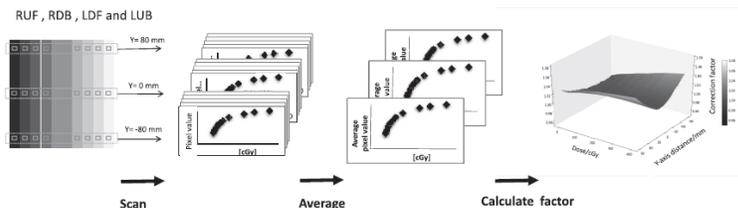


Fig. 2 Average lateral effect correction factor calculation method.

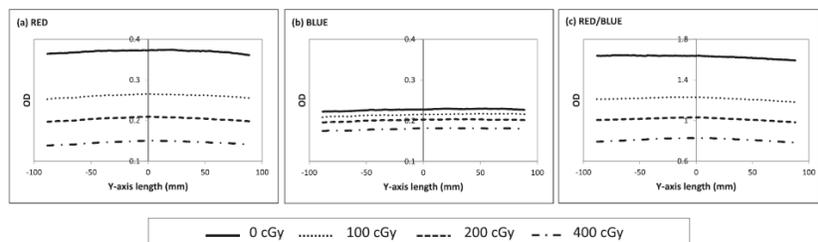
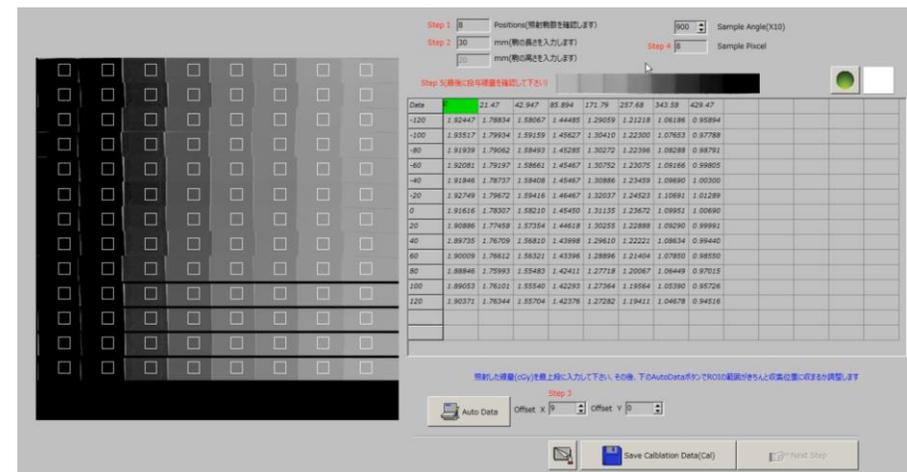
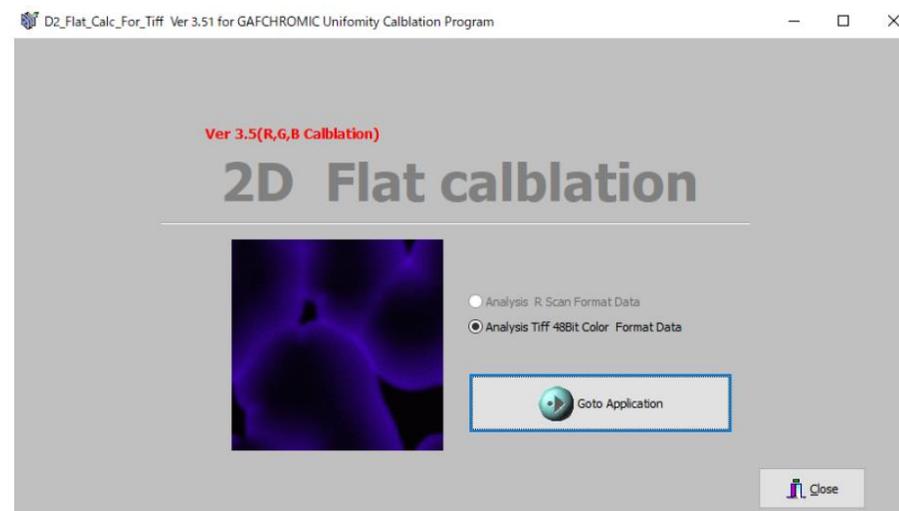


Fig. 3 Optical density profile for (a) red, (b) blue and (c) red/blue components of non-irradiated and irradiated (100, 200 and 400 cGy) EBT3 film pieces scanned along the y-axis.



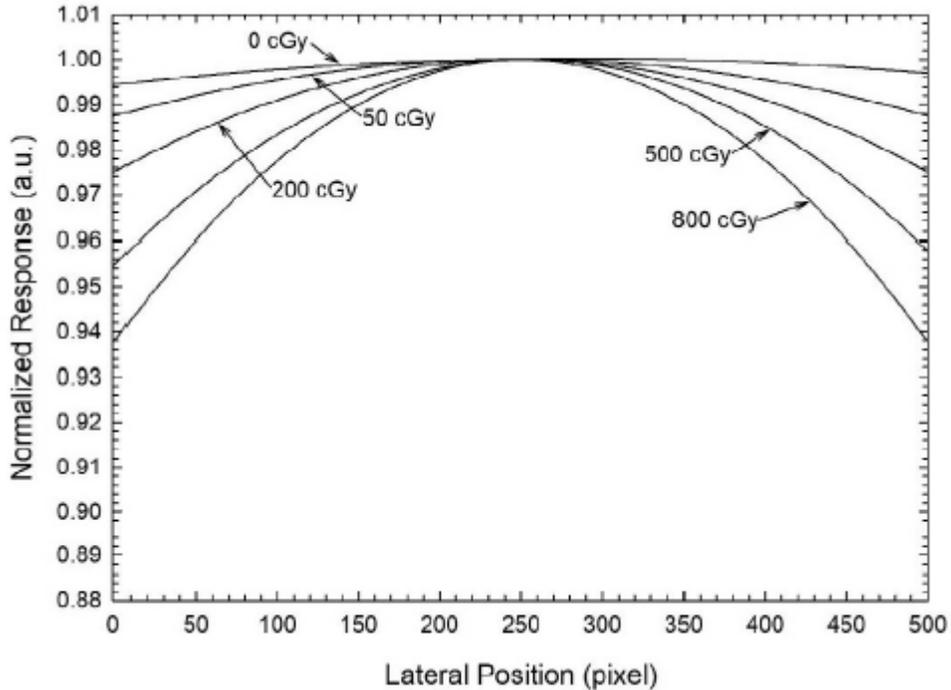
Lateral response artifact (LRA)

Original paper

Evaluation of a LED-based flatbed document scanner for radiochromic film dosimetry in transmission mode



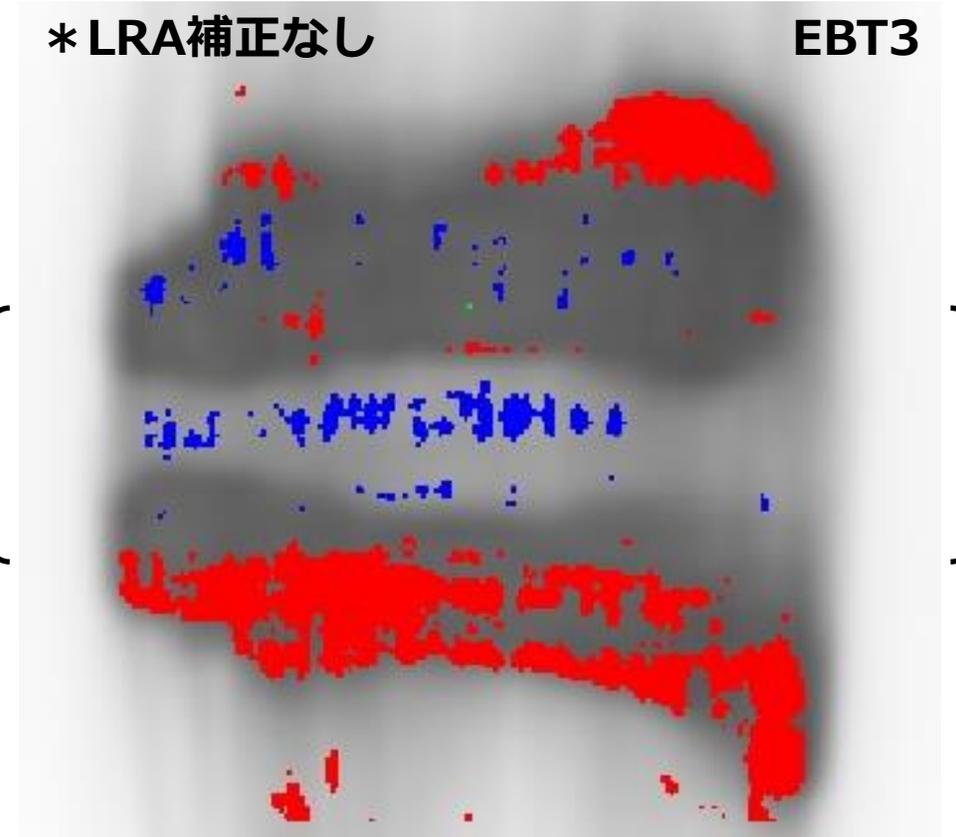
José Manuel Lárraga-Gutiérrez^{a,*}, Olivia Amanda García-Garduño^a, Carlos Treviño-Palacios^b, José Alfredo Herrera-González^c



500cGyで照射野サイズ15cmを超えることはない
現実的に大きな照射野は200-300cGy程度

スキャナー中心付近は、意外と安定している
→使えるデータだけ使ったらいいんじゃない??

* LRA補正なし EBT3

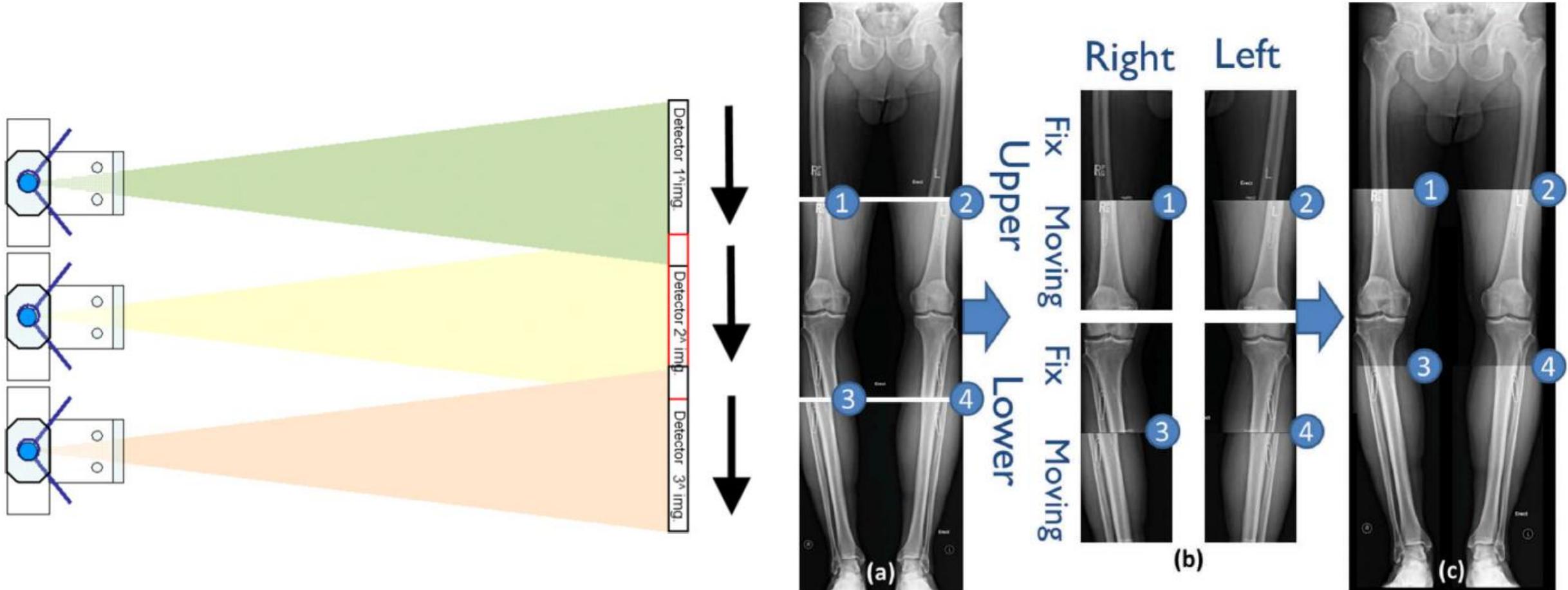


Stitching



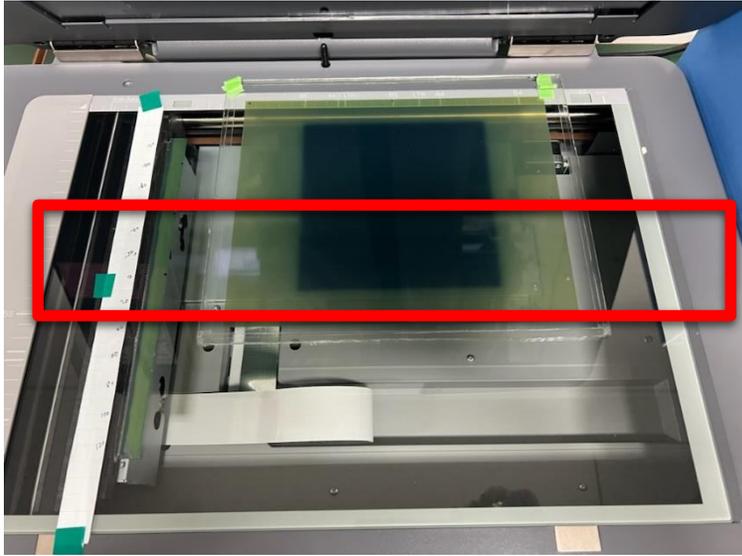
特徴に基づく画像の繋ぎ合わせ

長尺撮影

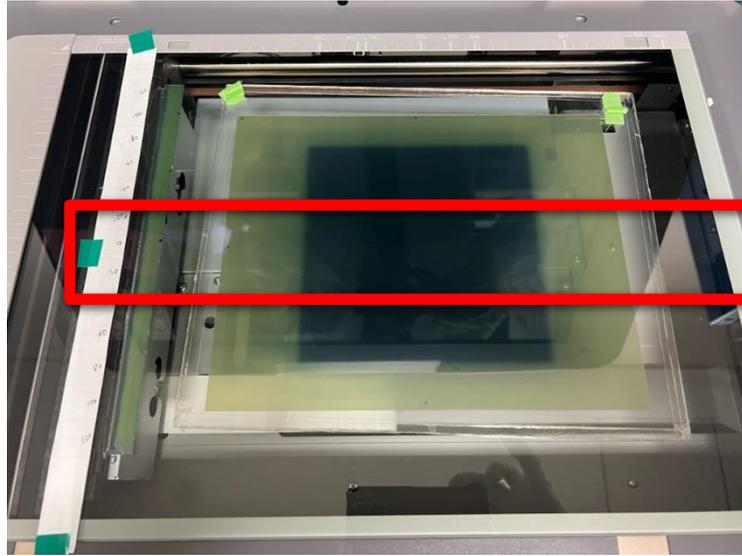


長尺撮影用カセットの中には普段用いられている画像を映し出す装置が3つ連結、撮影後その映し出した3つの画像を1つに組み合わせることで画像化

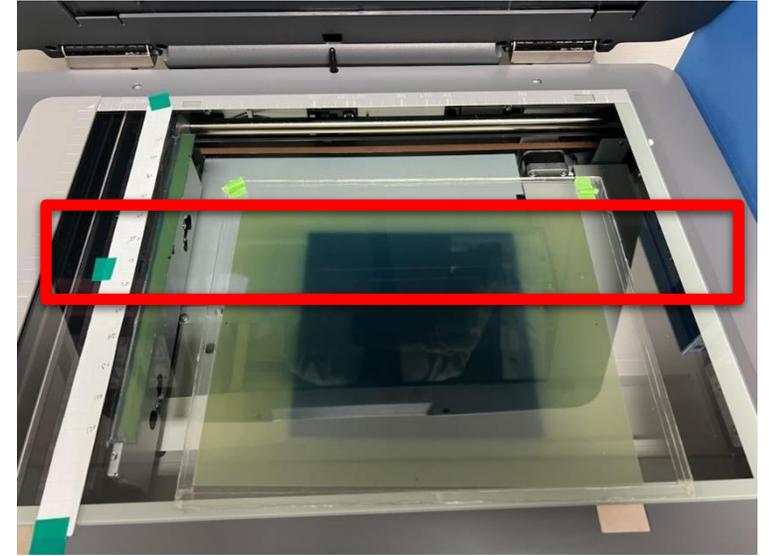
Scanning



For_lower

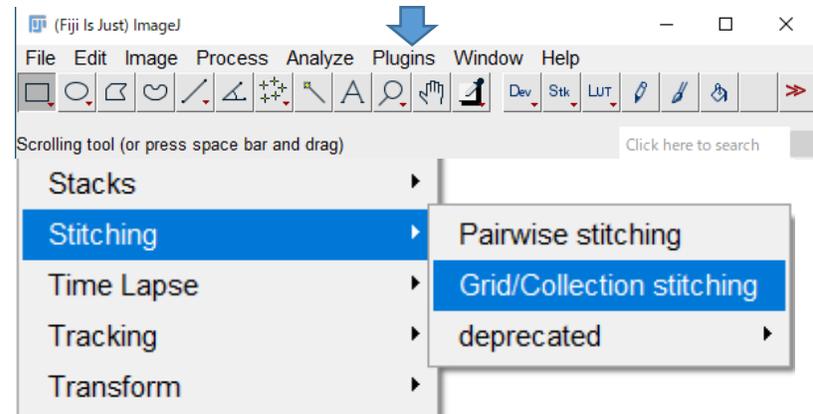


For_middle

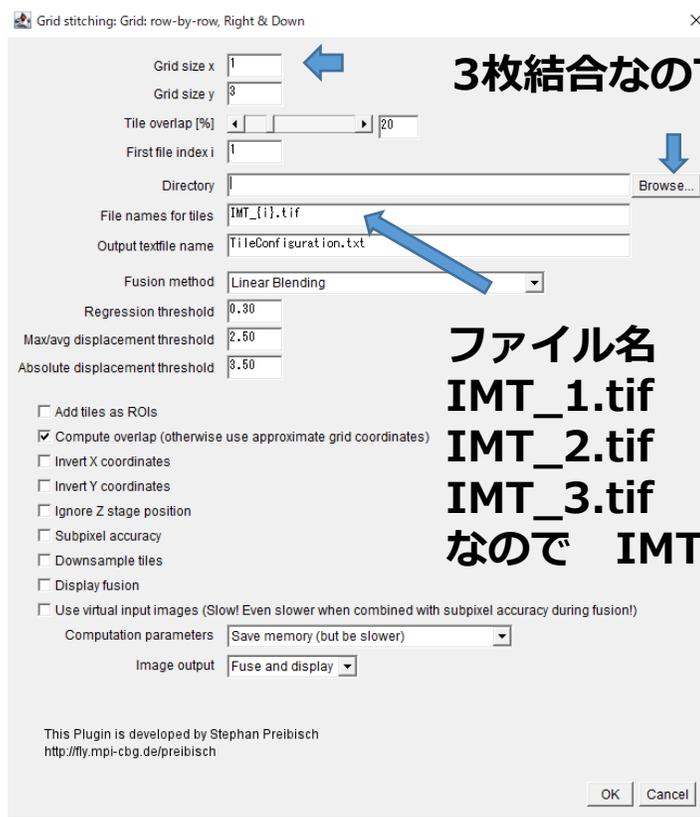
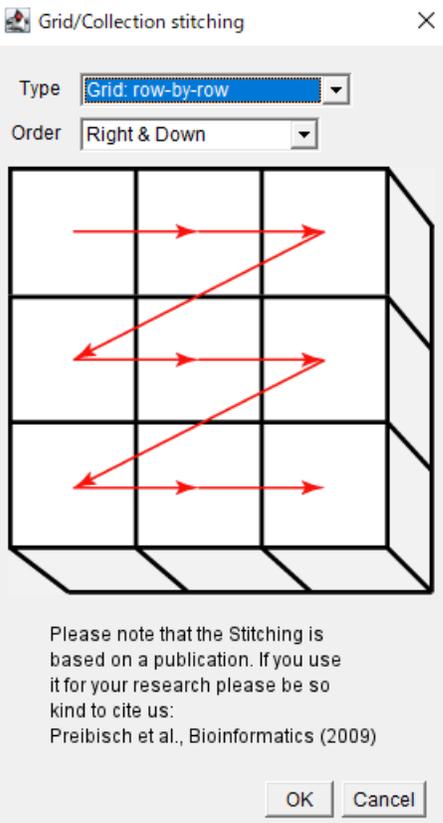
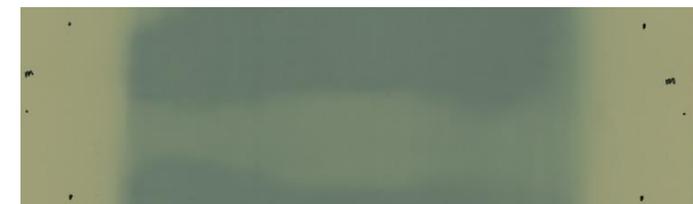


For_upper

フィルムのスキャンの位置を変えて→必要な部分だけ結合して使う
→correction mapを作成する必要なし



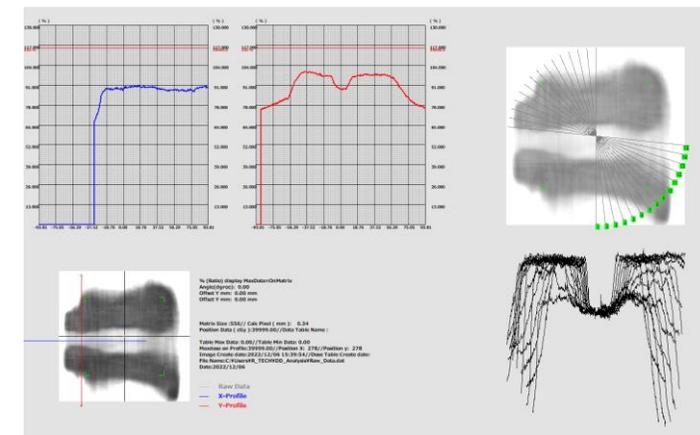
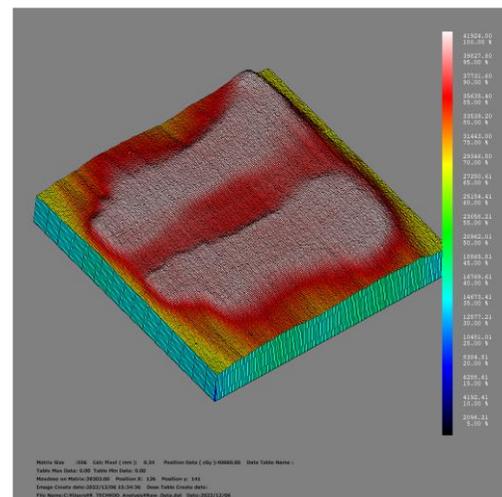
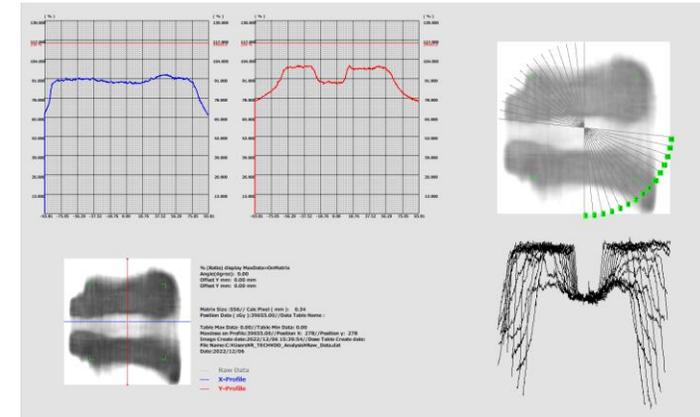
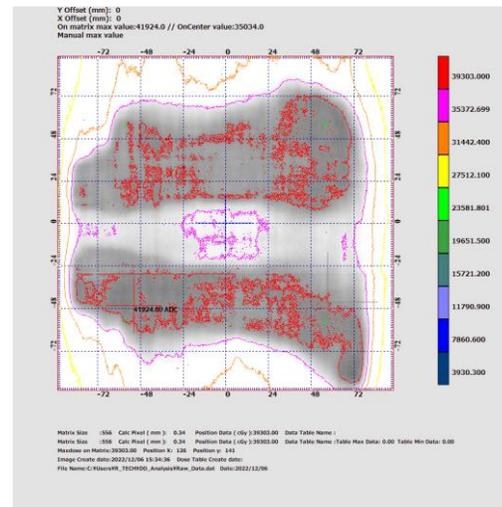
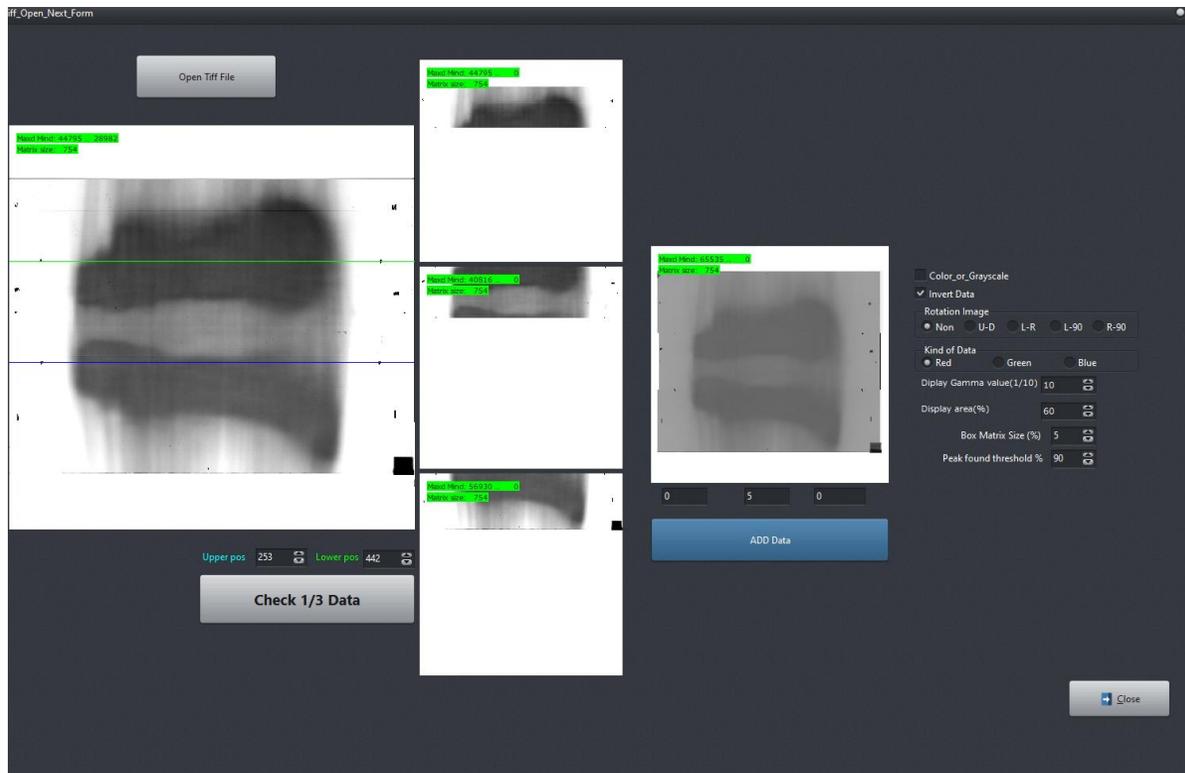
とりあえず
Fijiで結合してみる!
→
意外と簡単にできた



<https://fiji.sc/>

First step

*分割済の画像



分割した画像を結合するのは、可能→DD-systemにも対応できそう。
スキャンした3枚の画像を、マーキングを参考に結合する

Second step

*分割 + 結合はソフト内で行う

The screenshot shows the 'Tiff_Open_Next_Form' software interface. It features three main sections for loading data: 'For upper' (labeled 'VMAT2Gy-upper.tif'), 'For middle' (labeled 'VMAT2Gy-middle.tif'), and 'For lower' (labeled 'VMAT2Gy-lower.tif'). Each section contains a film scan image with a green rectangular box and a red crosshair marker indicating the search area. Below these are buttons for 'Open Upper data', 'Open Center data', and 'Open lower data', each with a refresh icon. To the right is a control panel with settings for 'Invert Data' (checked), 'Kind of Rawdata' (Tiff (RGB) Format), 'Rotation Image' (Non), 'Kind of Data' (Red), 'Display Gamma value(1/10)' (5), 'Display area(%)' (60), 'Box Matrix Size (%)' (5), 'Peak found threshold %' (90), 'Length(Bit)' (120), 'Width (Bit)' (20), and 'Offset X (Bit)' (5). Further right is a 'Combined image' section showing a grayscale film scan and a corresponding color-coded heatmap. An 'ADD Data' button is located below the combined image. A 'Close' button is in the bottom right corner.

マーカ-の探索範囲の変更も可能

位置をずらしてスキャンしたフィルム三枚の読み込みと、
マーカ-位置を自動検出して分割・結合する
後は、いつもどおり DD-IMRTで解析するだけ

- **新しいLRA補正は、簡単かつ有用なので使用してください。**