

Helical tomotherapyにおける FilmQA Proの使用経験



Aichi Cancer Center Central Hospital

愛知県がんセンター中央病院 品質管理室 清水秀年

当院の紹介

昭和39年12月 県立初のがん専門施設として設立

平成19年 1月 都道府県がん診療連携拠点病院の指定

平成26年 11月 病院機能評価(一般病院2)の認定



❁ 放射線治療部

ー 装置

Clinac 21EX (VARiAN)

Hi-Art System (Accuray)

Synergy (Elekta)

ー スタッフ

医師 8.2 名

常勤	4 名
非常勤	0.2 名
レジデント	4 名

診療放射線技師 10 名

医学物理士	2 名
品質管理士	4 名

看護師 3 名



当院の紹介

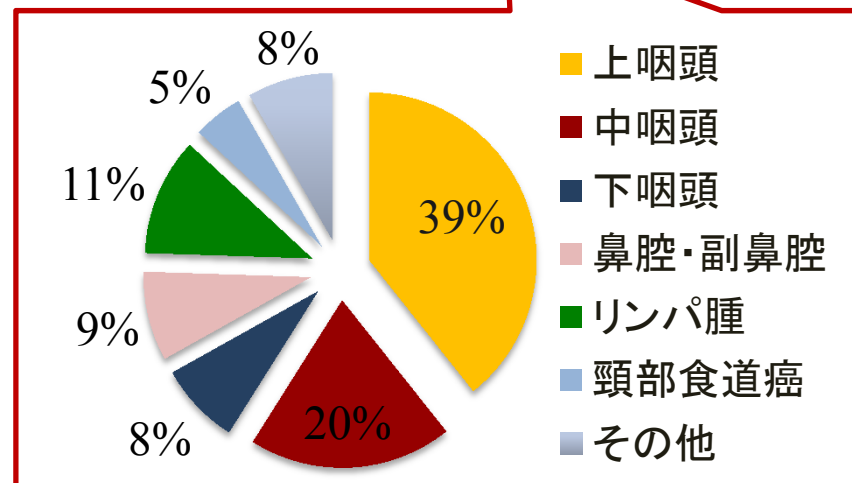
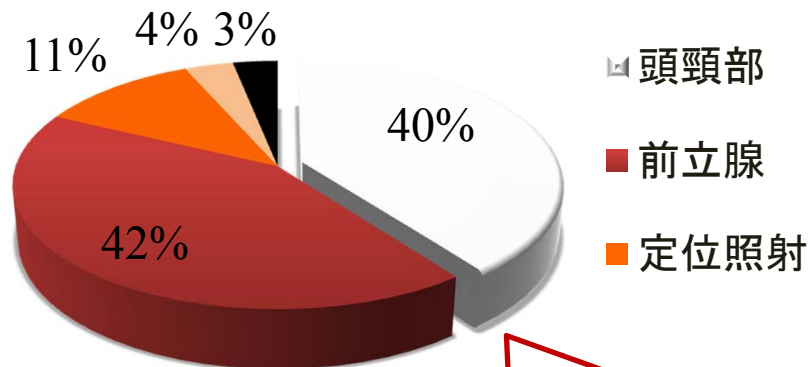
2006年 Hi-Art System (Accuray社。当時TomoTherapy社)を導入

前立腺、頭頸部のIMRT開始 (EDR2で患者QA)

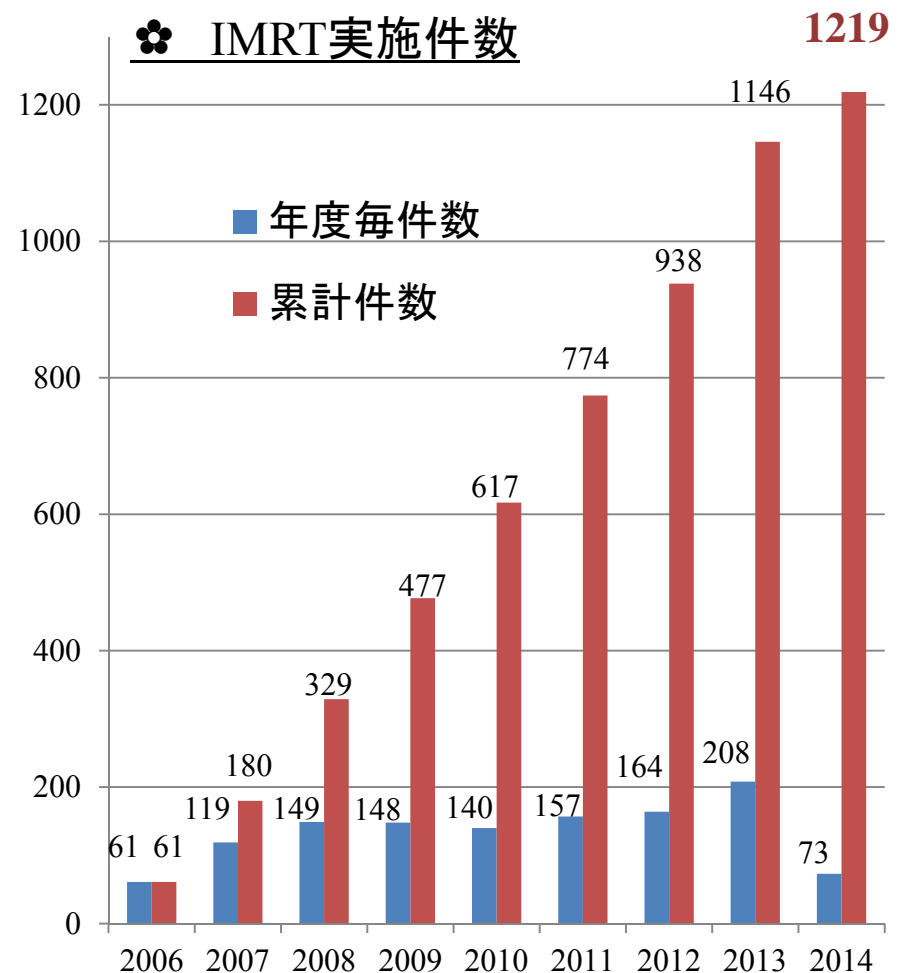
2012年 Synergy (Elekta社)を導入。翌年から、前立腺のVMATを開始 (MapCHECK2で患者QA)

2013年 累計IMRT患者数1000件

❁ Hi-Art Systemの治療部位内訳



❁ IMRT実施件数



FilmQA Pro : 解析の流れ 1/4

線量濃度曲線の作成

FilmQA Pro - Case.2014-11-19_48bit - Calibration tool

File Panel Data Help

- Film calibration (ordinary)
 - Data - Calibration film
 - Tool - Calibration tool
- Dose map (single scan)
 - Data - dose film
 - Data - dose map (read only)
 - Data - consistency map (read only)
 - Dependence - Film calibration (ordinary)
- Dose to plan comparison
 - Data - Treatment plan
 - Data - Dose map (read only)
 - Data - Dose map registered (empty read or
 - Data - Comparison dose to plan (empty rea
 - Dependence - Dose map (single scan)
 - Tool - Image comparer

Case data selector

Advantec Materials

Image 'Calibration film' - 65 %

color / %

D / cGy

— R(D) — G(D) — B(D) ● R(D) ◆ G(D) ▲ B(D)

Calibration function

$1/x$ Color reciprocal linear vs dose - $X(D) = A + B / (D - C)$

Calibration model equation

Absorbed dose <cGy>	Red <%>	Green <%>	Blue <%>
354.1	30.4	39.9	29.0
221.4	37.6	45.9	31.0
89.0	48.9	53.6	33.1
0.0	63.5	61.5	35.6

calibration table

FilmQA Pro : 解析の流れ 2/4

フィルムの読み込みとマーカの選択

The screenshot displays the FilmQA Pro software interface. The main window shows a dose map with a grid overlay. Two blue dashed boxes highlight specific areas on the map. The left sidebar contains a tree view of project data, with 'Dose map (single scan)' selected. The right sidebar shows a detailed information panel for the selected 'dose film'.

Information Panel Data:

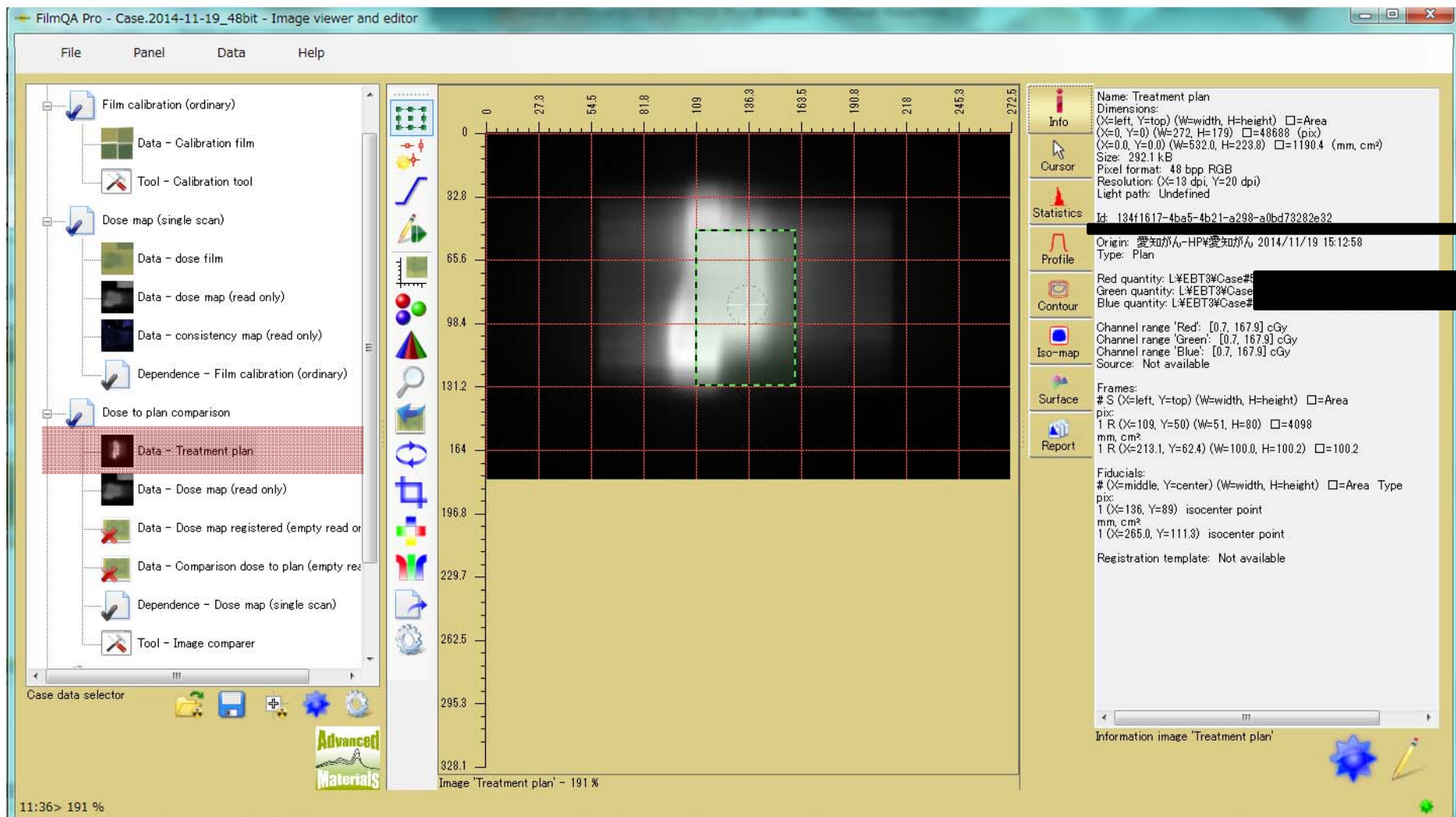
- Name:** dose film
- Dimensions:** (X=left, Y=top) (W=width, H=height) □=Area
(X=0, Y=0) (W=602, H=751) □=452102 (pix)
(X=0.0, Y=0.0) (W=203.9, H=254.3) □=518.5 (mm, cm²)
- Size:** 2712.6 kB
- Pixel format:** 48 bpp RGB
- Resolution:** (X=75 dpi, Y=75 dpi)
- Light path:** Undefined
- Statistics Id:** e559995f-a89e-469a-904e-2db31d9242a0
- Origin:** 愛知がん-HPV愛知がん 2014/11/19 15:12:05
- Type:** Dose Film
- Red quantity:** Red (Color channel)
- Green quantity:** Green (Color channel)
- Blue quantity:** Blue (Color channel)
- Channel range 'Red':** [0.0, 100.0] %
- Channel range 'Green':** [0.0, 100.0] %
- Channel range 'Blue':** [0.0, 100.0] %
- Source:** Not available
- Frames:**
 - # S (X=left, Y=top) (W=width, H=height) □=Area
pix:
 - 1 R (X=112, Y=54) (W=54, H=43) □=2339
 - 2 R (X=419, Y=55) (W=44, H=41) □=1816
 - mm, cm²
 - 1 R (X=37.8, Y=18.3) (W=18.3, H=14.6) □=2.7
 - 2 R (X=142.0, Y=18.7) (W=15.1, H=13.8) □=2.1
- Fiducials:**
 - # (X=middle, Y=center) (W=width, H=height) □=Area Type
pix:
 - 1 (X=11, Y=454) horizontal fiducial point
 - 2 (X=589, Y=457) horizontal fiducial point
 - 3 (X=296, Y=174) vertical fiducial point
 - 4 (X=292, Y=732) vertical fiducial point
 - mm, cm²
 - 1 (X=3.7, Y=153.8) horizontal fiducial point
 - 2 (X=199.4, Y=154.6) horizontal fiducial point
 - 3 (X=100.1, Y=59.0) vertical fiducial point
 - 4 (X=98.9, Y=247.8) vertical fiducial point
- Registration template:** Not available

Information image 'dose film'

11:36> Generating dose map 'dose film' using 'Dose map using triple channel uniformity optimization'.

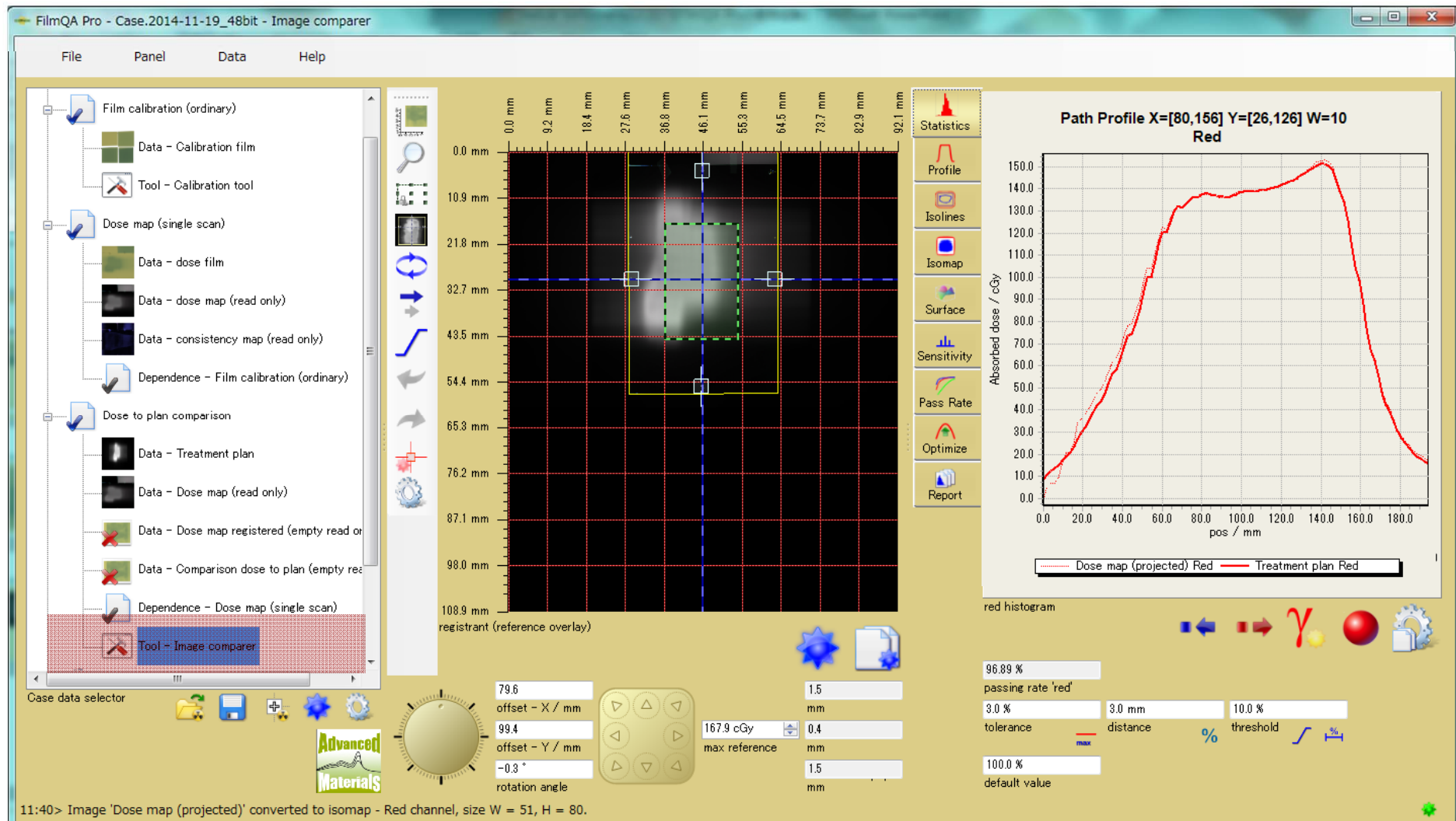
FilmQA Pro : 解析の流れ 3/4

Plan (トモセラピーシステムの場合、専用の計画装置から吐き出したheader file) の読み込み



FilmQA Pro : 解析の流れ 4/4

解析(プロファイル、ガンマ...)



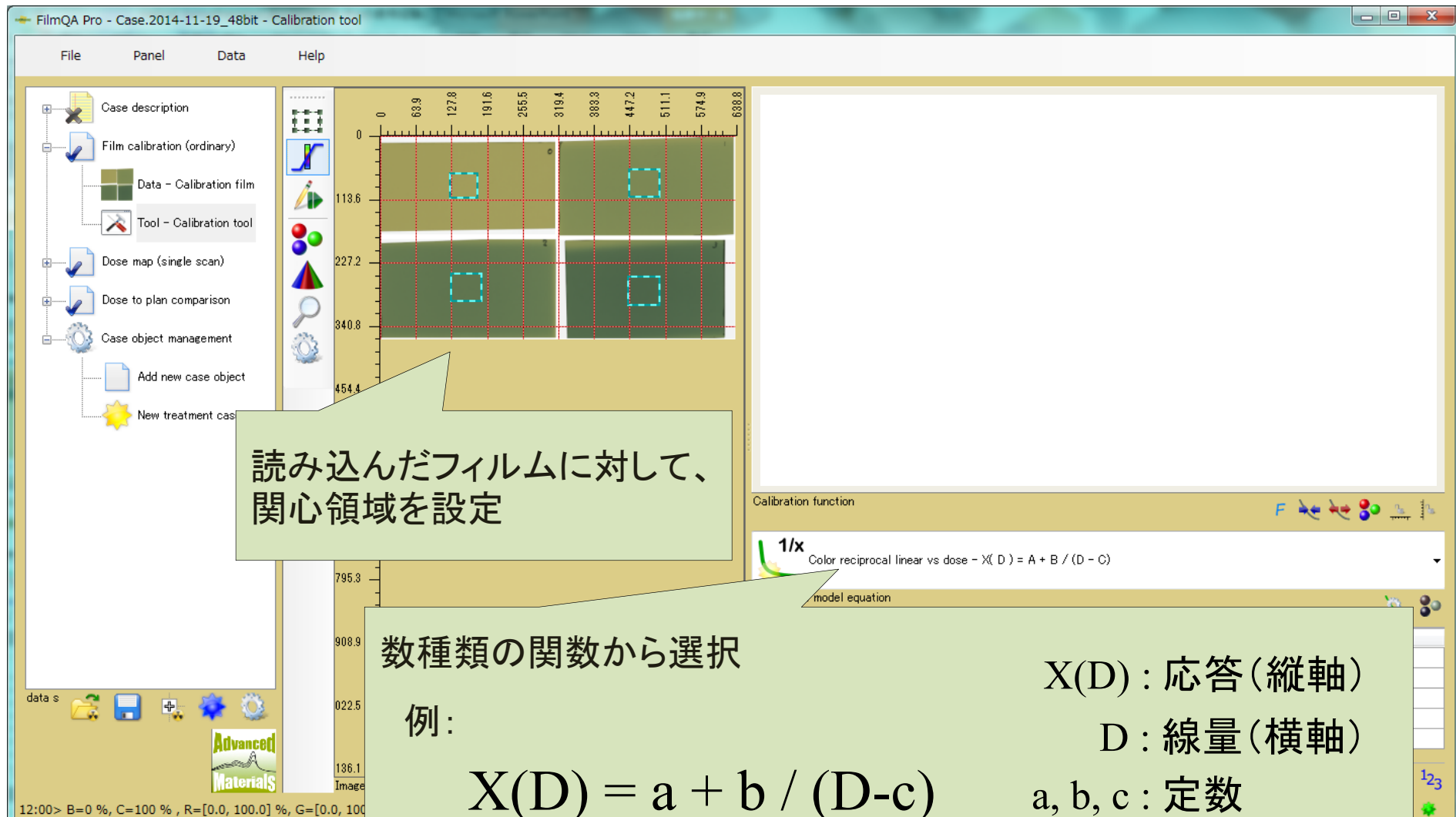
FilmQA Proの特徴

FilmQA Proの特徴

- フィット関数を用いた線量濃度曲線の作成
- One scan Protocol
- Triple Channel Correction (TCC) 法

フィット関数を用いた線量濃度曲線の作成

FilmQA Proの画面



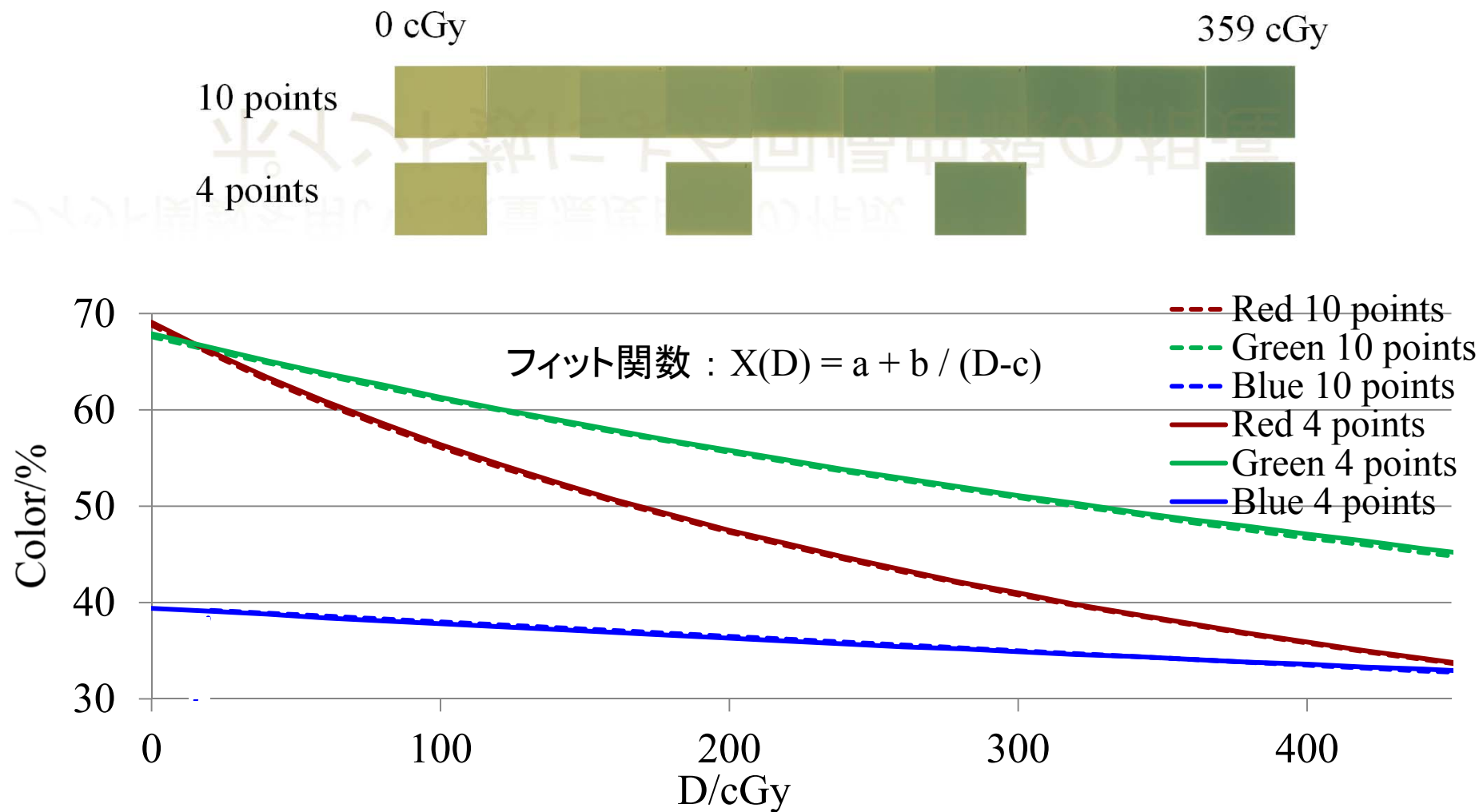
読み込んだフィルムに対して、
関心領域を設定

数種類の関数から選択
例：
$$X(D) = a + b / (D-c)$$

X(D) : 応答(縦軸)
D : 線量(横軸)
a, b, c : 定数

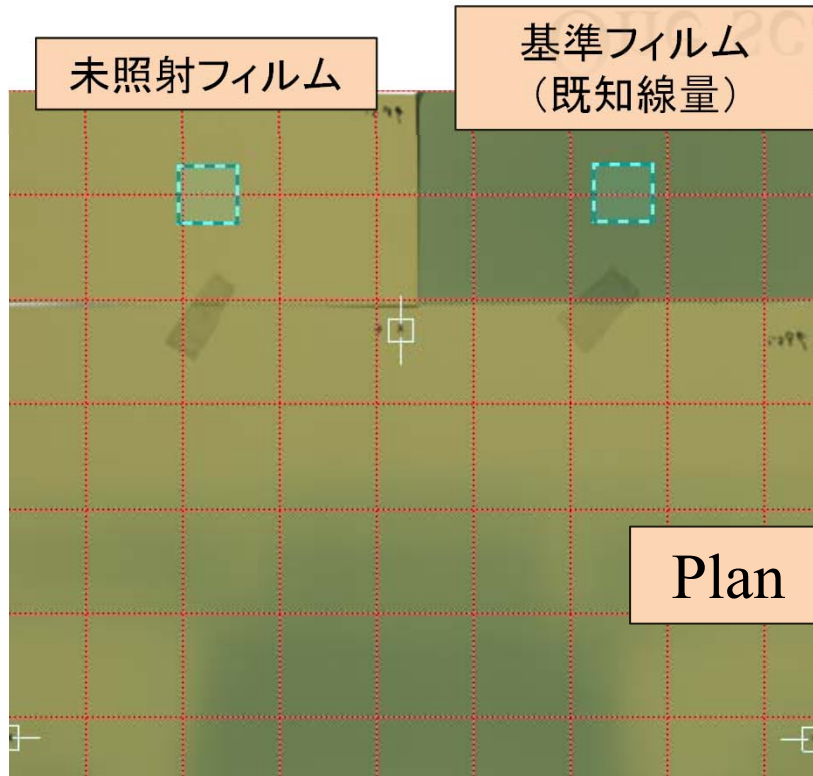
フィット関数を用いた線量濃度曲線の作成

ポイント数による回帰曲線の相違



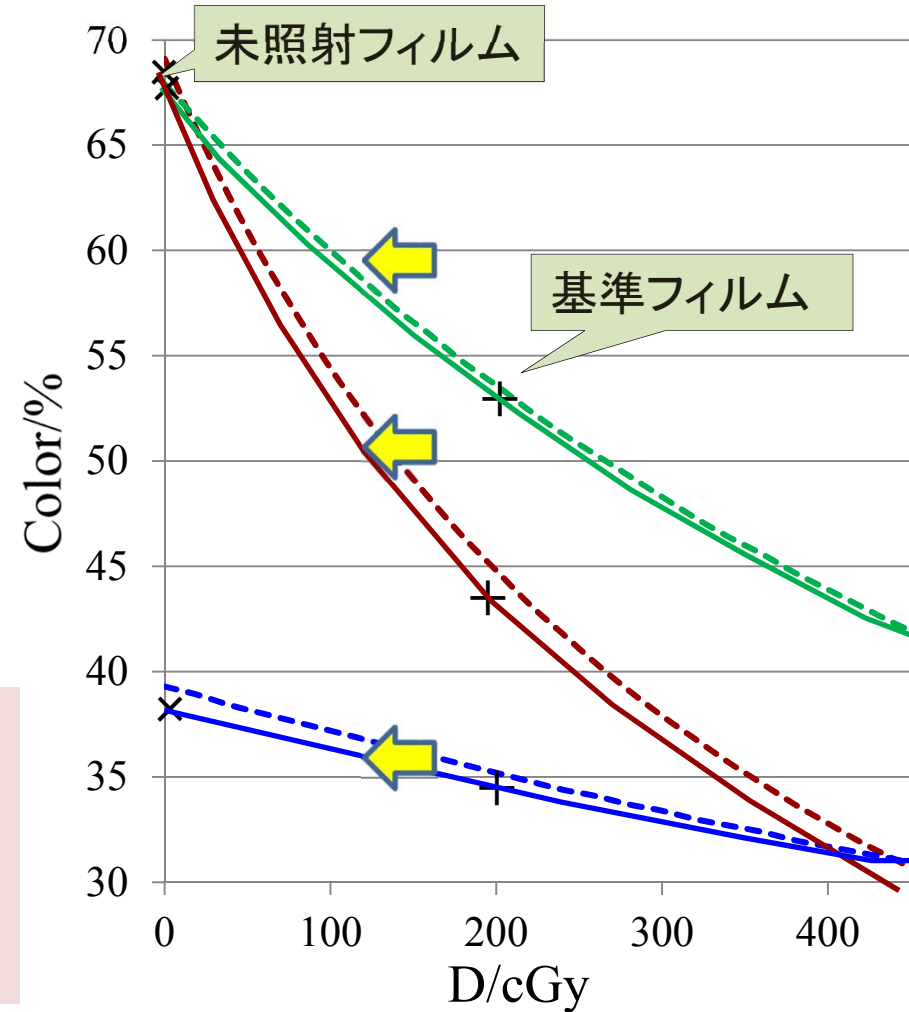
フィット関数を使うことで、校正用フィルムの枚数を減らすことが可能

One scan Protocol



- 1 Planを照射
- 2 直後に基準フィルムとして
既知線量の線量を照射
- 3 Plan、基準フィルム、未照射フィルムを
同時にスキャナで読み取り

線量濃度曲線の補正(例): 複数の補正方法がある

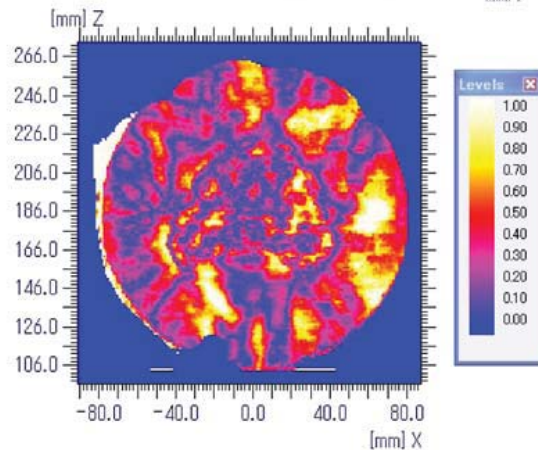
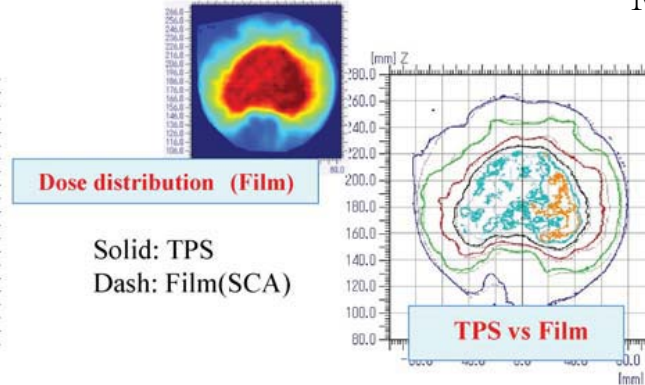
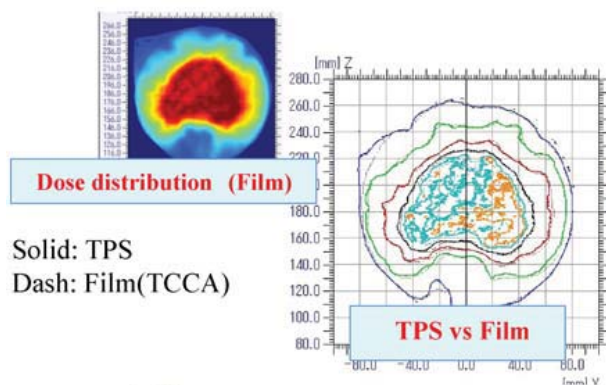


読み取りまでの時間を短縮することが可能

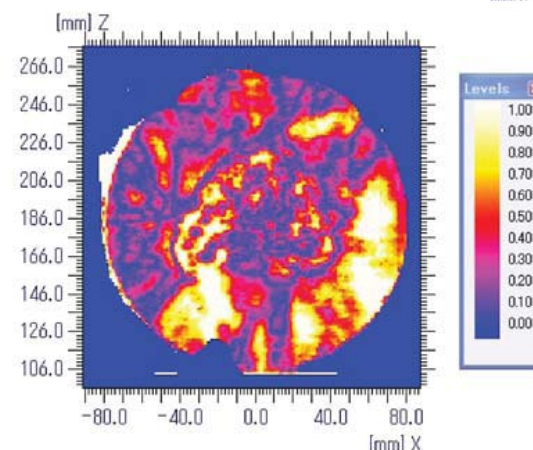
Triple Channel Correction法

$$\Phi(\Delta d) = (D_R - D_B)^2 + (D_B - D_G)^2 + (D_G - D_R)^2 \rightarrow \min_{\Delta d}$$

Micke A et al. Med Phys 38(5), 2011



Triple Channel Correction



Single Channel Correction

Hayashi N et al. JRR 53, 2012

ノイズの影響が大きい低線量域で線量分布の誤差が軽減

Menu

TABLE OF CONTENTS

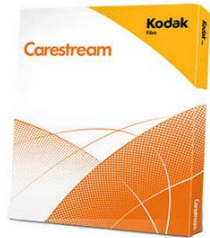
Hi-Art System (Version 4.2.3) におけるFilmQA Proの

- 患者QAにおける問題点と解決方法
- One scan Protocol の有用性

トモセラピーシステムの患者QAのフロー

(赤字)は今回の使用機器

当院の場合(2006年)



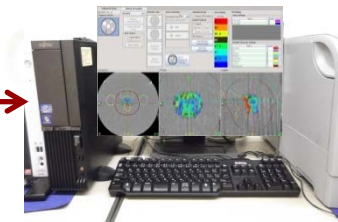
EDR2



自動現像機

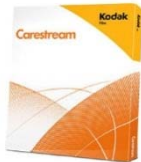


VIDAR



TomoTherapy
Planning Station (PS)

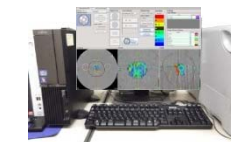
最近では...



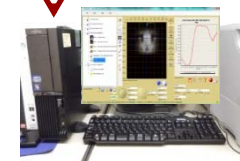
Radiochromic film
(EBT3)



Flatbed scanner
(EPSON 10000G)



PS

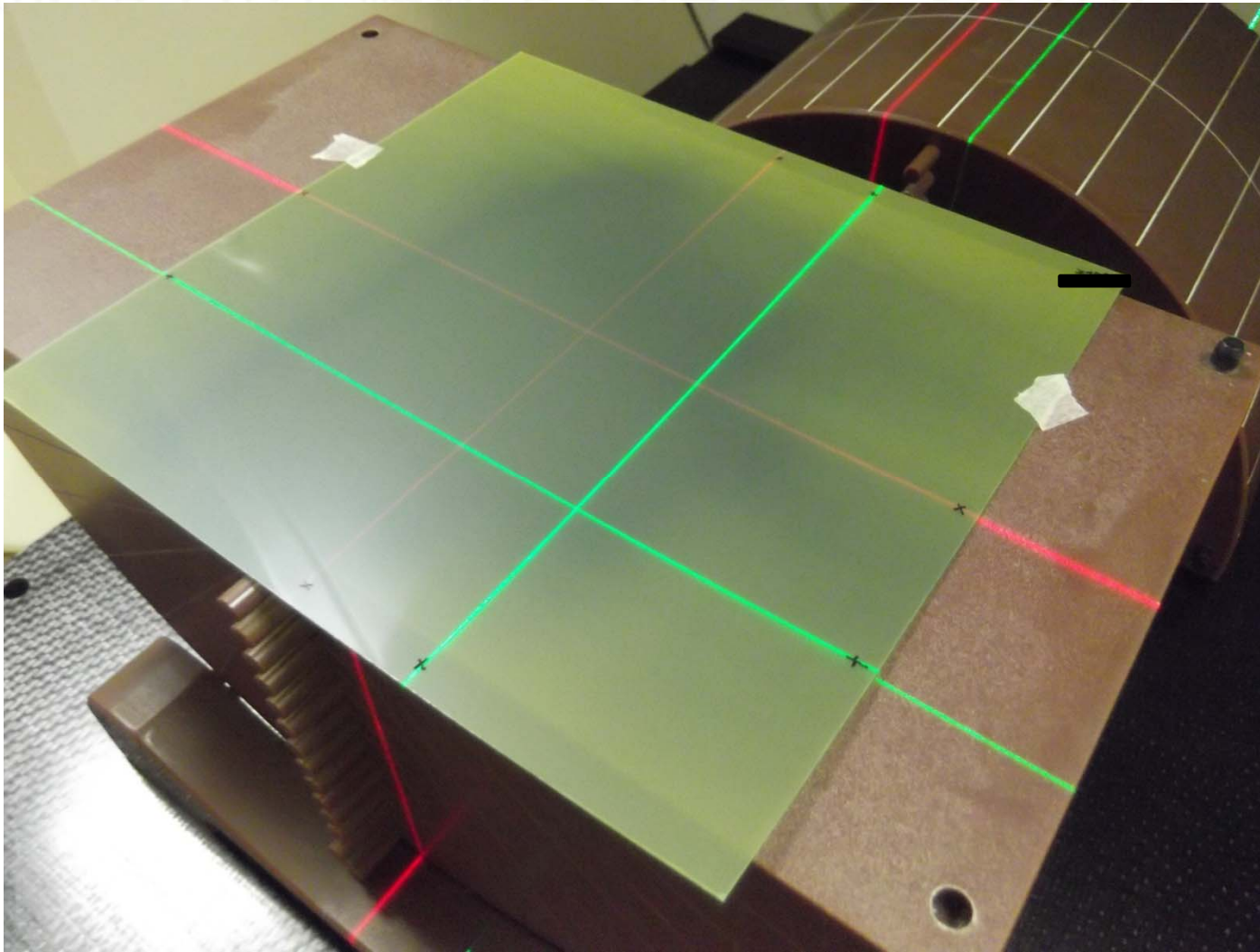


その他の解析ソフト
(FilmQA Pro2014)

(赤字)は今回の使用機器

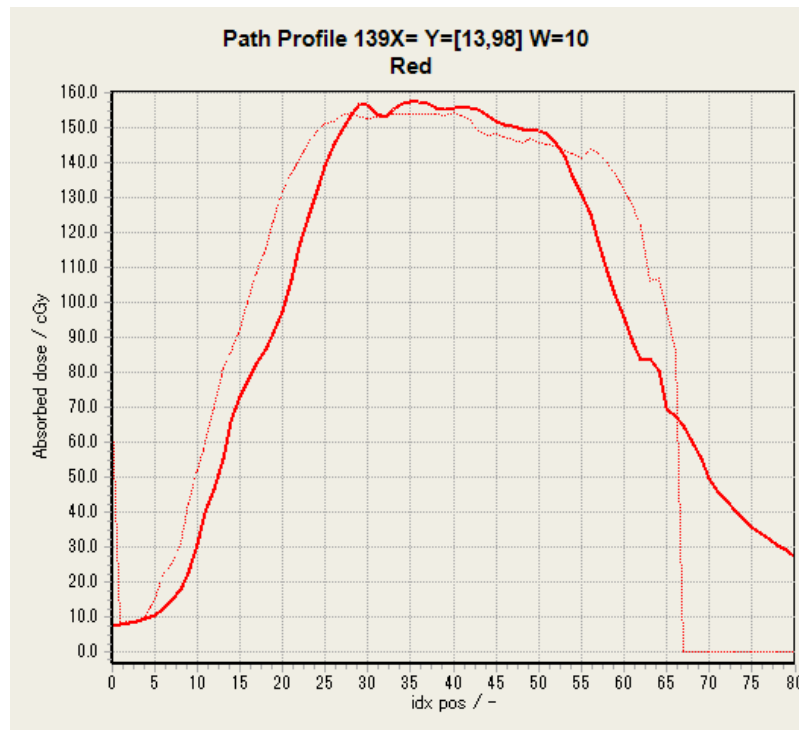
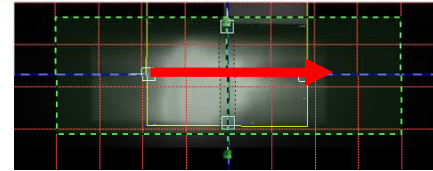
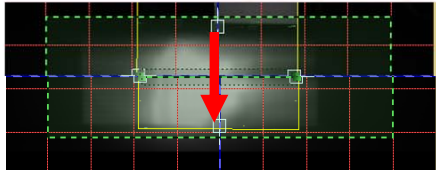


FilmQA Proで解析する場合、どちらのレーザ？

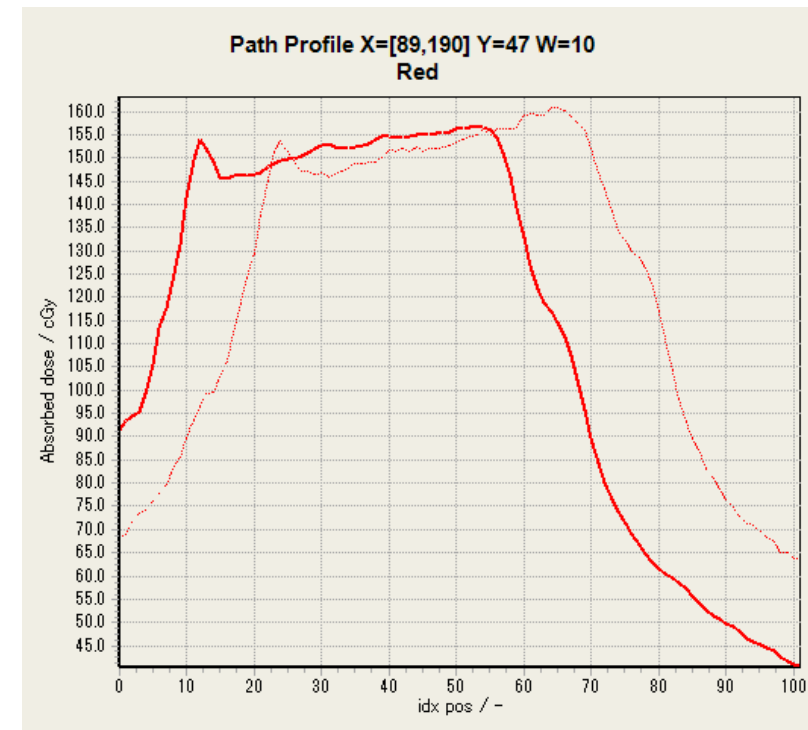


PSであれば、緑レーザを印するが、念のため、赤レーザにも印

FilmQA Proで解析してみたところ...



— 実測値 計算値



— 実測値 計算値

線量分布に位置ずれがある...(赤レーザーで合わせた場合も同様)

FilmQA Proが認識するPlanのアイソセンタ位置

トモセラピーシステムのPSからexportしたheader file

The screenshot displays the FilmQA Pro software interface. The main window shows a grayscale image of a treatment plan with a grid overlay. A green dashed box highlights a specific region, and a white circle indicates the isocenter. The axes are labeled with numerical values: X-axis (0 to 280) and Y-axis (0 to 342).

The right-hand panel provides detailed information about the treatment plan:

- Info:** Name: Treatment plan; Dimensions: (X=left, Y=top) (W=width, H=height) □=Area; (X=0, Y=0) (W=280, H=94) □=26320 (pix); (X=0.0, Y=0.0) (W=547.7, H=282.0) □=1544.5 (mm.cm²); Size: 157.9 kB; Pixel format: 48 bpp RGB; Resolution: (X=13 dpi, Y=8 dpi); Light path: Undefined.
- Statistics:** Id: cc0e5e79-ff98-4b26-b5f2-2de9b7cd8619; File: L*\EBT3*Case#3; Origin: 愛知県がん-HP*愛知県がん 2014/11/19 16:41:30; Type: Plan.
- Profile:** Red quantity: L*\EBT3*Case#3; Green quantity: L*\EBT3*Case#3; Blue quantity: L*\EBT3*Case#3.
- Contour:** Channel range 'Red': [1.2, 160.0] cGy; Channel range 'Green': [1.2, 160.0] cGy; Channel range 'Blue': [1.2, 160.0] cGy; Source: Not available.
- Iso-map:** Frames: # S (X=left, Y=top) (W=width, H=height) □=Area; pix: 1 R (X=101, Y=29) (W=51, H=33) □=1704 mm.cm²; 1 R (X=198.0, Y=88.3) (W=100.0, H=100.0) □=100.0.
- Surface:** Fiducials: # (X=middle, Y=center) (W=width, H=height) □=Area Type; pix: 1 (X=140, Y=47) isocenter point mm.cm²; 1 (X=272.9, Y=139.5) isocenter point.
- Report:** Registration template: Not available.

The bottom status bar indicates: Image 'Treatment plan' - 185 %.

14:22> Panel switched to 'Image viewer and editor'.

FilmQA Proが認識するPlanのアイソセンタ位置

トモセラピーシステムのPSからexportしたheader file

The screenshot shows the FilmQA Pro interface with a treatment plan loaded. The main window displays a grid with a central isocenter point. The left sidebar shows a tree view with 'Data - Treatment plan' selected. The right sidebar shows various tool icons and a detailed information panel. The information panel includes dimensions, fiducial data, and channel ranges.

Name: Treatment plan

Dimensions:
(X=left, Y=top) (W=width, H=height) □=Area
(X=0, Y=0) (W=280, H=94) □=26320 (pix)
(X=0.0, Y=0.0) (W=547.7, H=282.0) □=1544.5 (mm, cm²)

Fiducials:
(X=middle, Y=center) (W=width, H=height) □=Area Type
pix:
1 (X=140, Y=47) isocenter point
mm, cm²
1 (X=272.9, Y=139.5) isocenter point

Information panel details:
me: Treatment plan
ensions:
left, Y=top) (W=width, H=height) □=Area
0, Y=0) (W=280, H=94) □=26320 (pix)
0.0, Y=0.0) (W=547.7, H=282.0) □=1544.5 (mm, cm²)
e: 1579 kB
el format: 48 bpp RGB
solution: (X=13 dpi, Y=8 dpi)
ht path: Undefined
cc0e5e79-ff98-4b26-b5f2-2de9b7cd8619
File: L*EBT3*Case#3
Origin: 愛知がん-HP*愛知がん 2014/11/19 16:41:30
Type: Plan
Red quantity: L*EBT3*Case#3
Green quantity: L*EBT3*Case#3
Blue quantity: L*EBT3*Case#3
Channel range 'Red': [1.2, 160.0] cGy
Channel range 'Green': [1.2, 160.0] cGy
Channel range 'Blue': [1.2, 160.0] cGy
Source: Not available
Frames:
S (X=left, Y=top) (W=width, H=height) □=Area
{ (X=101, Y=29) (W=51, H=33) □=1704
1, cm²
{ (X=198.0, Y=88.3) (W=100.0, H=100.0) □=100.0
ucials:
X=middle, Y=center) (W=width, H=height) □=Area Type
X=140, Y=47) isocenter point
1, cm²
X=272.9, Y=139.5) isocenter point
gistration template: Not available

画像中心をアイソセンタとして認識

PS : レーザ位置と画像中心との関係

トモセラピーシステムのPSの画面

Patient Information:
DOB: Oct 21, 1941
Sex: M
ID: 0014033085
Oncologist: UNKNOWN, UNKNOWN
Disease: 12520

Plan Information:
Plan Label: Plan_01
Plan Status: Approved
Plan Date: Nov 6, 2014 6:23:14 PM
Position: HFS
DQA Plan: Plan_01

Delivery QA Plan Complete:
The procedures from this plan may be used to treat the phantom.

Delivery QA Setup / Analysis:
DQA Plan: Plan_01
Phantom Selector: 0210075
Retrieves Original Phantom
Change Phantom Couch
Laser Control:
 View Lasers
 Move Lasers
Save Position

Phantom Tools:
Restore Position
Move Phantom

Dose Calculation:
Calculation Grid: Fine
 Save Dose Per Angle
Start
Cancel

Displayed Image:
 Patient Phantom
Isodose Selector:
 Patient Plan Local
Restore From Plan
View Phantom Density Image
DQA Plan IVDT Selector

Dose Display:
 Isodose
64.2
60
57
54
48
42
30
18

ROI Display:
Tumor Settings

Name	Display	Color
PTV-60Gv	<input type="checkbox"/>	Magenta

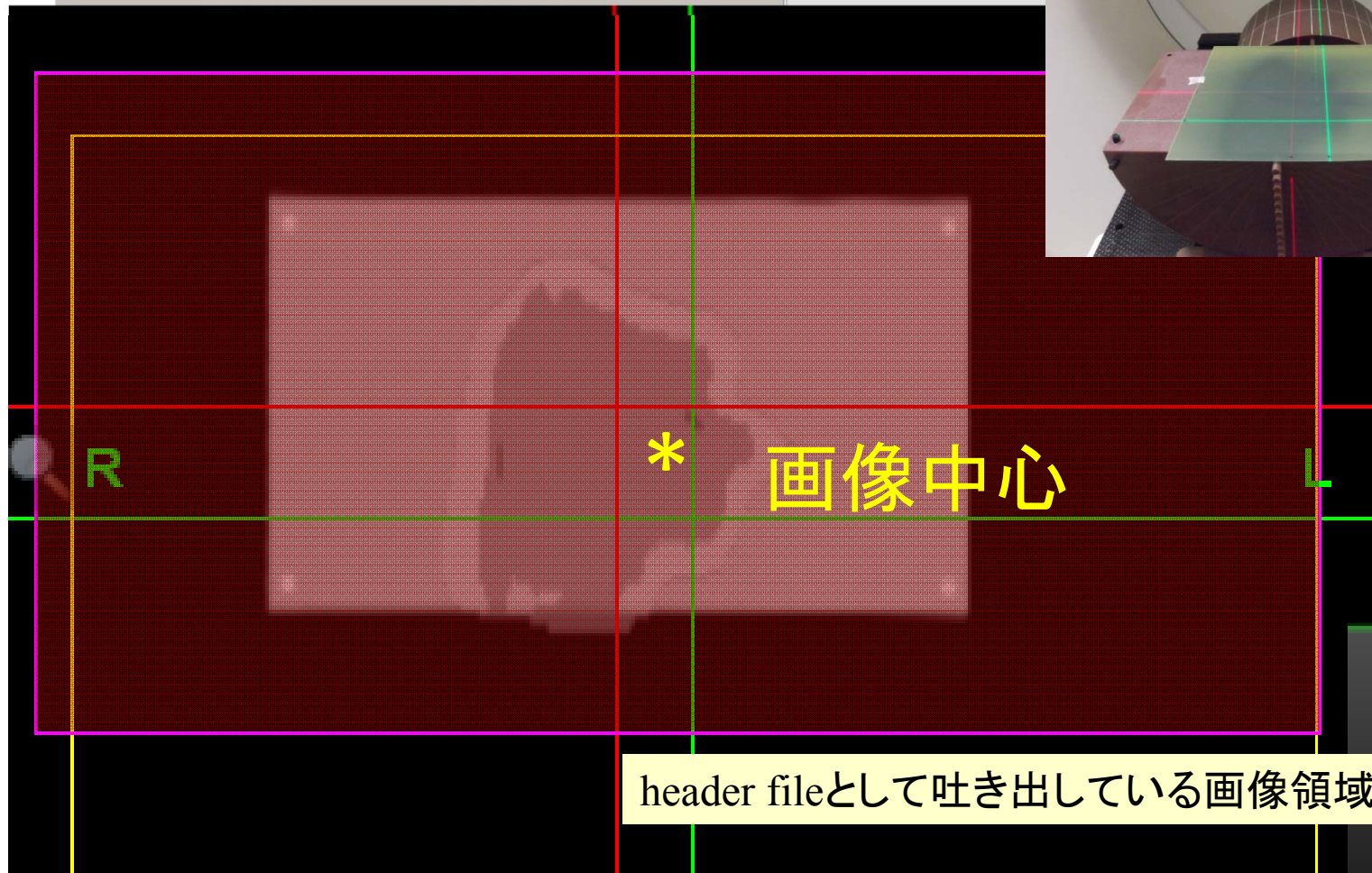
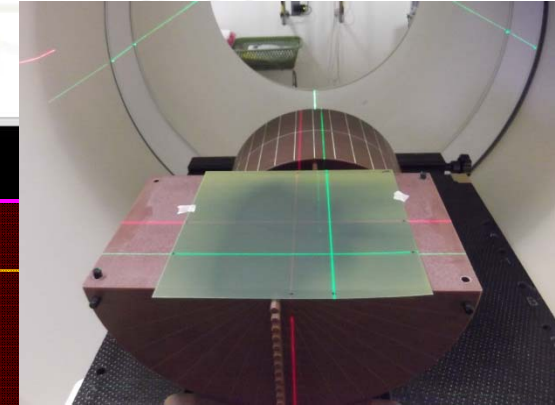
Sensitive Structure Settings

Name	Display	Color
EAR INN R PRV	<input type="checkbox"/>	Cyan
EAR INN L PRV	<input type="checkbox"/>	Orange
LENS L	<input type="checkbox"/>	Grey
EYE L	<input type="checkbox"/>	Red
CTV-60Gv	<input type="checkbox"/>	Red
SPINAL_CORD	<input type="checkbox"/>	Green
BRAIN STEM	<input type="checkbox"/>	Cyan
SPINAL_CORD PRV	<input type="checkbox"/>	Green

Views:
- Transverse: 65, HFS
- Coronal: 93, HFS
- Sagittal: 121, HFS

PS : レーザ位置と画像中心との関係

トモセラピーシステムのPSの画面



レーザー位置と画像中心が一致しない → 位置補正が必要！

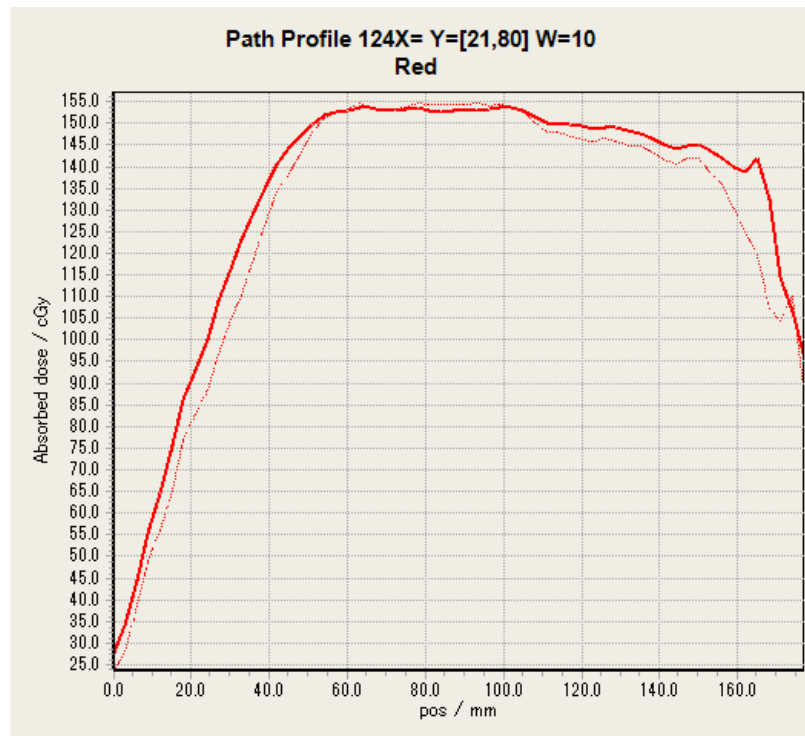
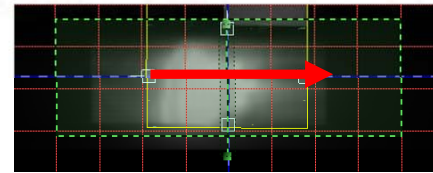
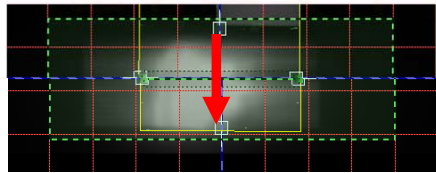
FilmQA Pro : 位置補正の方法

FilmQA Pro : 位置補正の方法

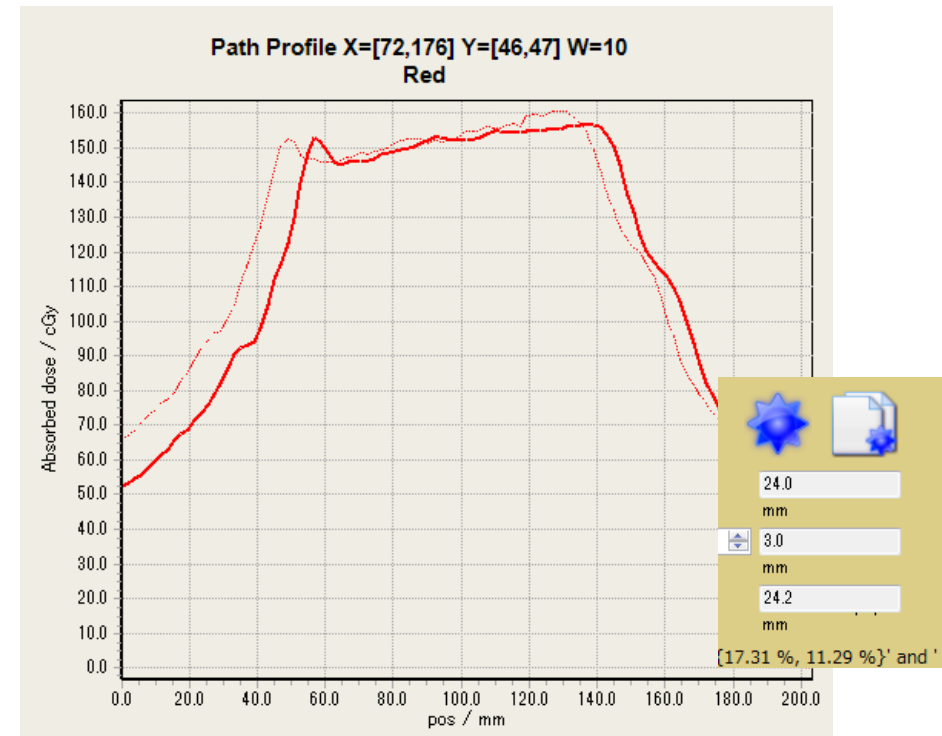
The screenshot displays the FilmQA Pro software interface, specifically the 'Image comparer' window. The interface is divided into several sections:

- Left Panel (File, Panel, Data, Help):** A tree view showing project data including 'Dose map (single scan)', 'Data - dose film', 'Data - dose map (read only)', 'Data - consistency map (read only)', 'Dependence - Film calibration (ordinary)', 'Dose to plan comparison', 'Data - Treatment plan', 'Data - Dose map (read only)', 'Data - Dose map registered (empty read only)', 'Data - Comparison dose to plan (empty read only)', 'Dependence - Dose map (single scan)', 'Tool - Image comparer', 'Case object management', 'Add new case object', and 'New treatment case'.
- Central Image Area:** Shows two side-by-side images of a film scan. The left image is the 'Dose map (projected) Red' and the right is the 'Treatment plan Red'. A vertical axis on the left indicates distance in mm from 0.0 to 112.1. A horizontal axis at the bottom indicates distance in mm from 0.0 to 220.0. A path profile chart is visible on the right side of the image area.
- Registration Settings (Bottom Center):** A control panel for registration with the following values:
 - offset - X / mm: 82.0
 - offset - Y / mm: 125.2
 - rotation angle: 0.4 °
 - max reference: 160.0 cGy
 - Other offset and rotation fields are set to 0.0 mm.
- Image Comparison Settings (Right Side):** A control panel for image comparison with the following values:
 - Distance: 3.0 mm
 - Threshold: 100.0 %
 - Default value: 100.0 %
 - Passing rate 'red': 82.86 %
 - Tolerance: 3.0 mm
 - Distance: 3.0 mm
 - Threshold: 100.0 %
- Bottom Status Bar:** Displays the registration details: '14:07> Registrant projected at {W=280, H=94} using coordinate system 'd'={X=74.72015, Y=-4.544569}, a=0.2399948°, w={17.31 %, 11.29 %}' and 'Bi-linear' interpolation.'

再トライ！FilmQA Proで解析してみたところ...



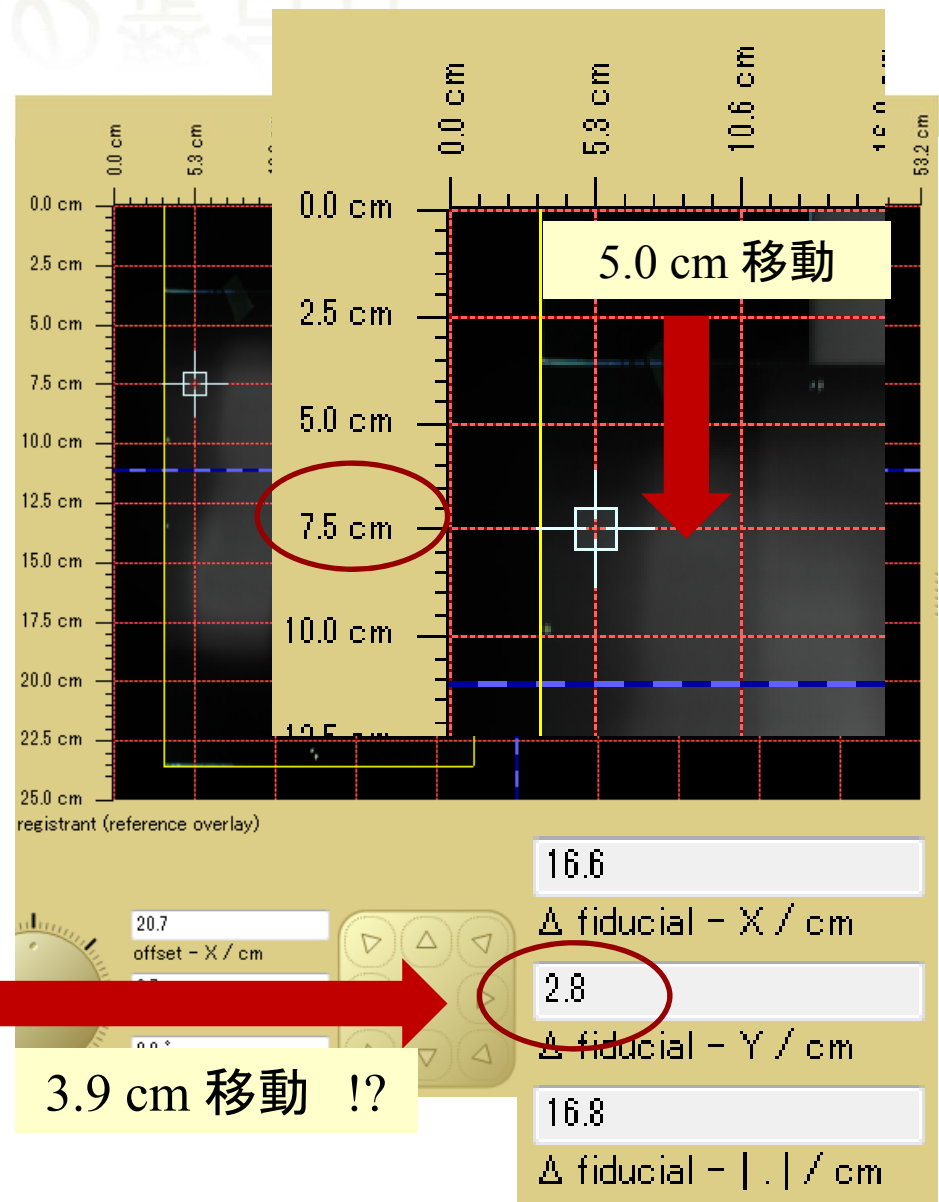
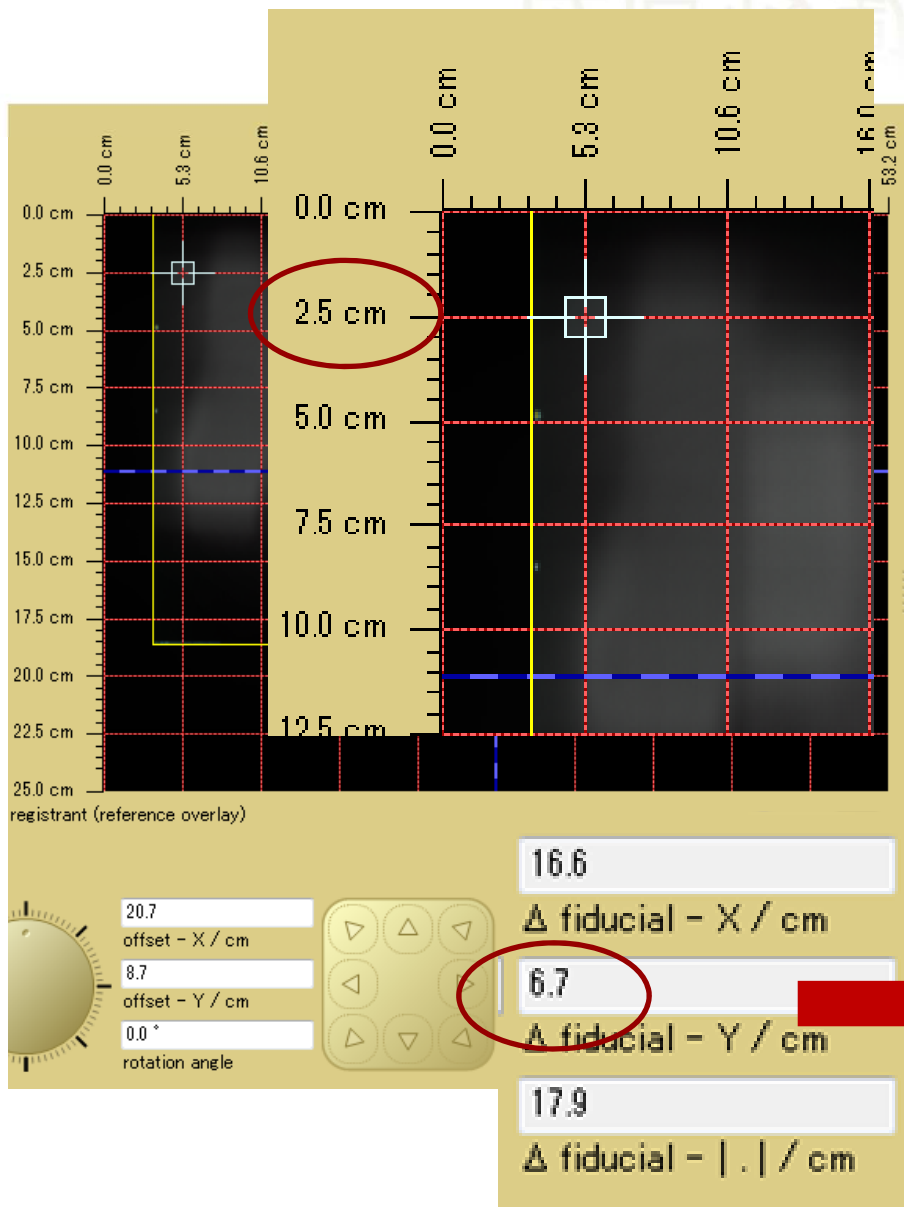
— 実測値 計算値



— 実測値 計算値

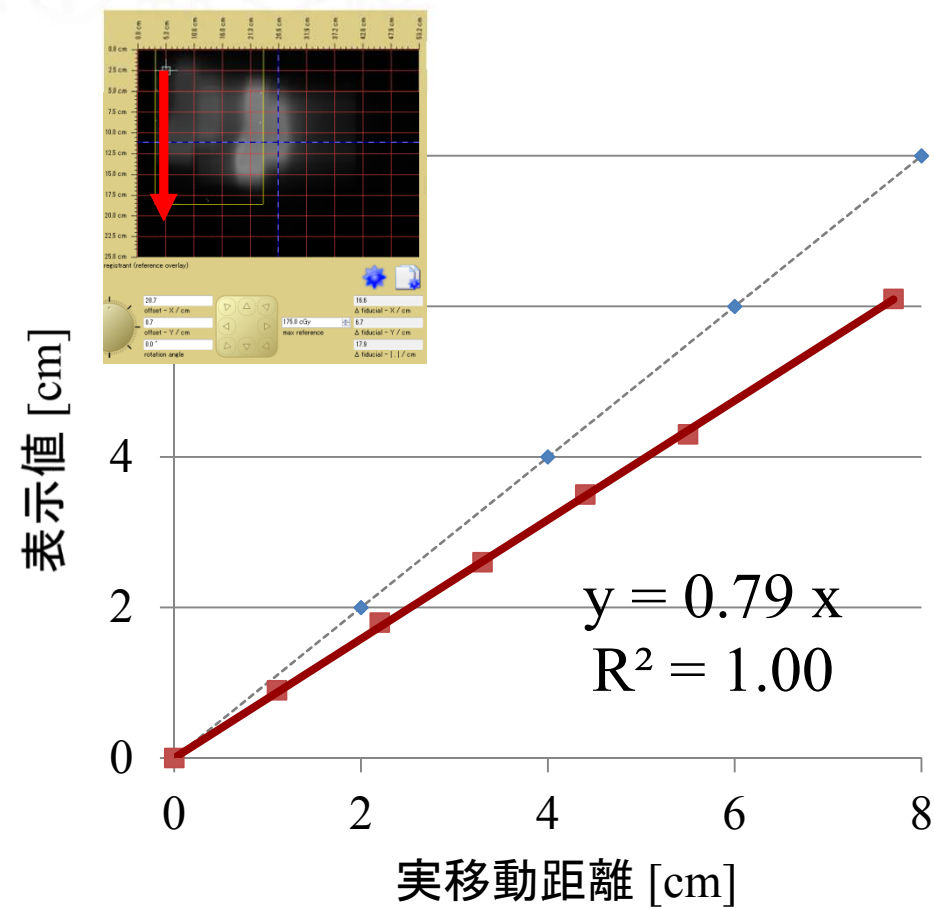
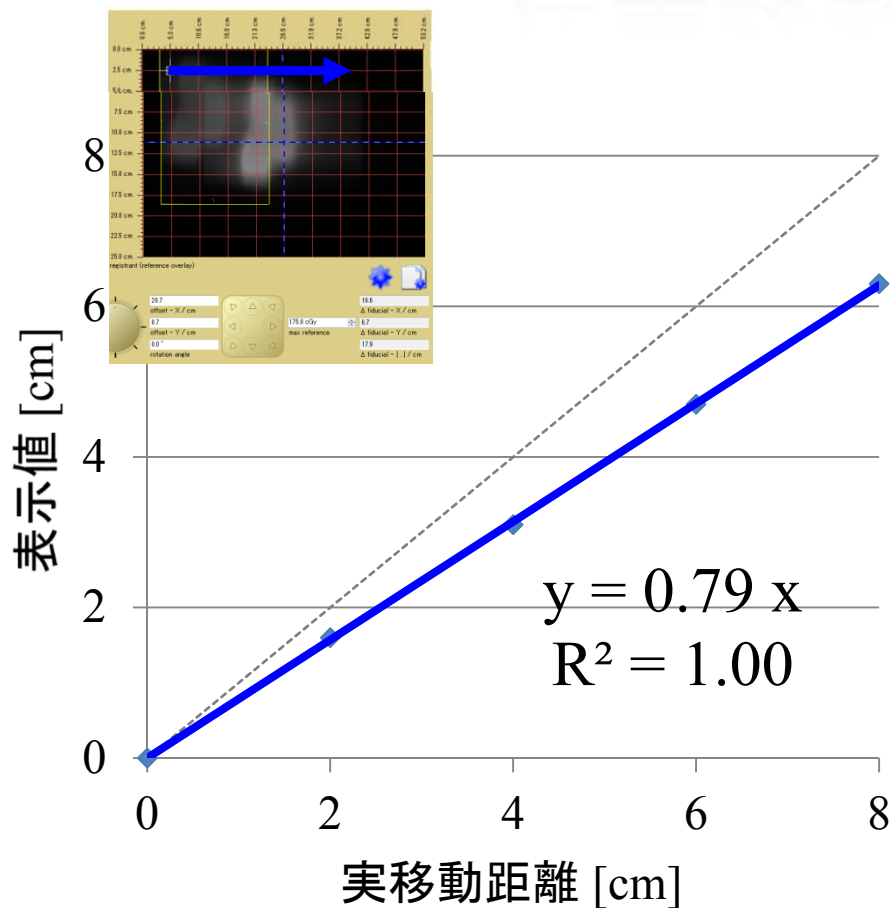
まだ、線量分布に位置ずれがある...

位置移動の整合性



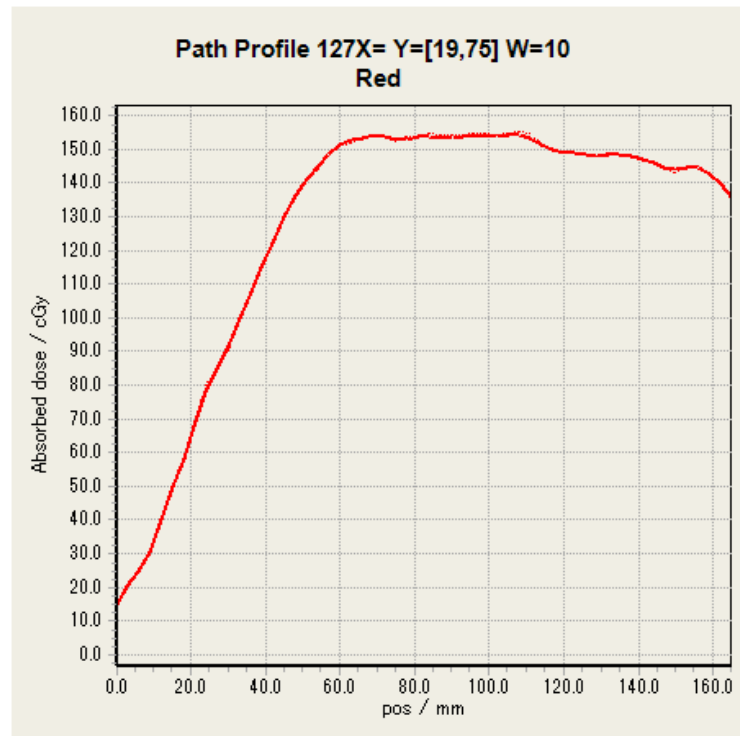
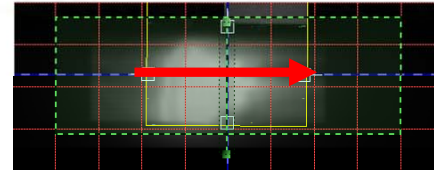
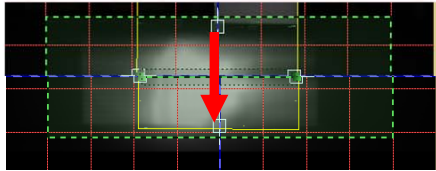
位置移動の整合性

位置移動の整合性

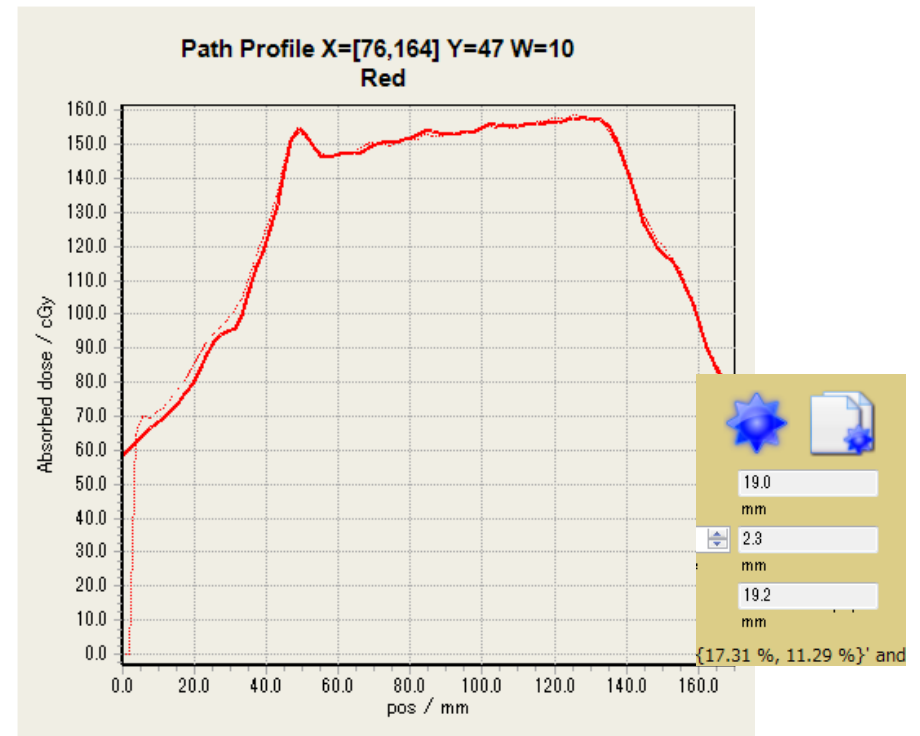


表示値は、実移動距離の0.79倍を表示

再再トライ！ FilmQA Proで解析してみたところ...



— 実測値 計算値



— 実測値 計算値

位置ずれは解消！

Menu

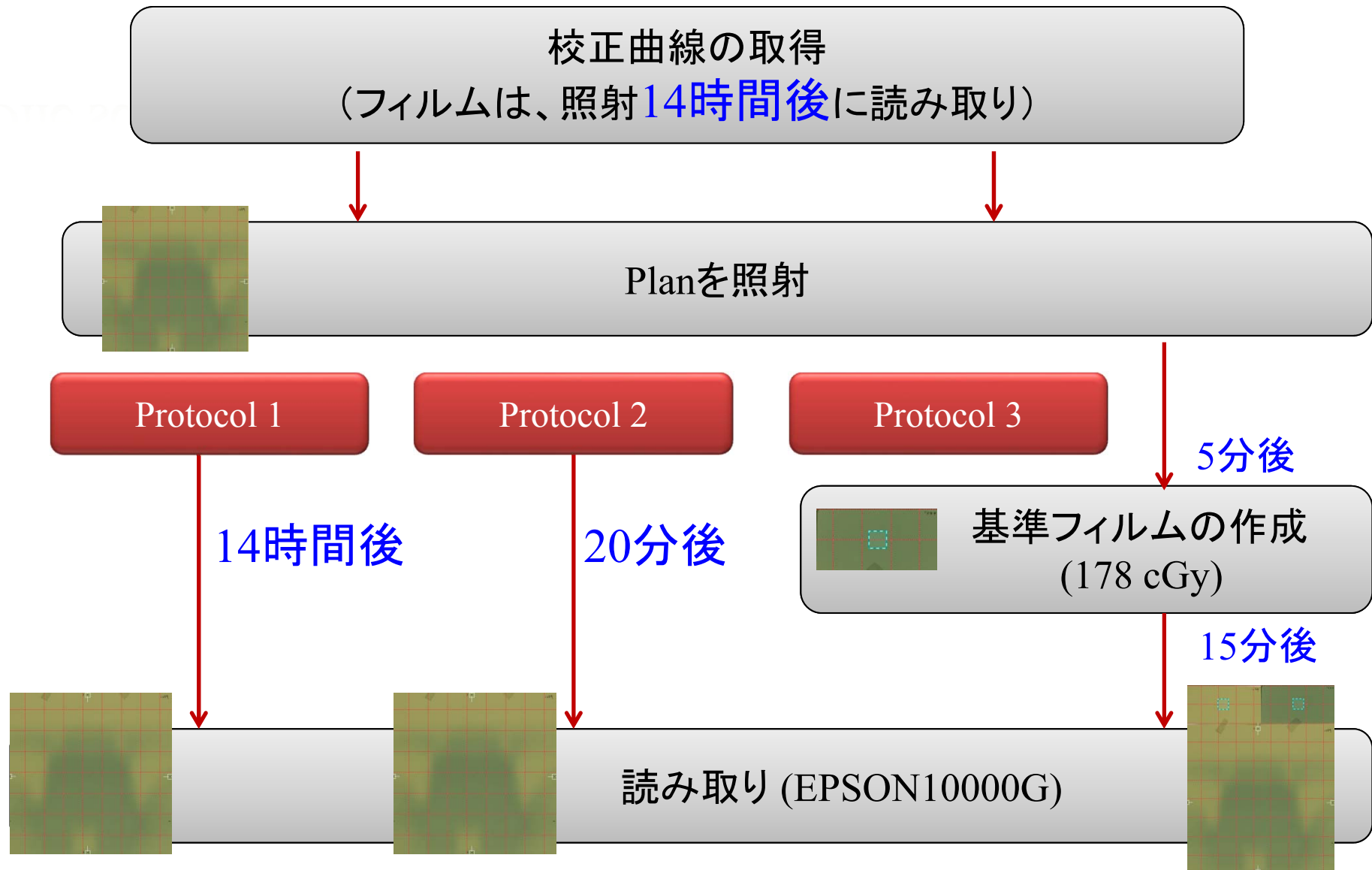
TABLE OF CONTENTS

Hi-Art System (Version 4.2.3) におけるFilmQA Proの

- 患者QAにおける問題点と解決方法
- One scan Protocol の有用性

One scan Protocolの有用性

比較する3種類のスキャンプロトコル



結果

Pass率の比較

Single Channel Correction (red), 3 mm/3%, TH10%, Area 15x15 cm²

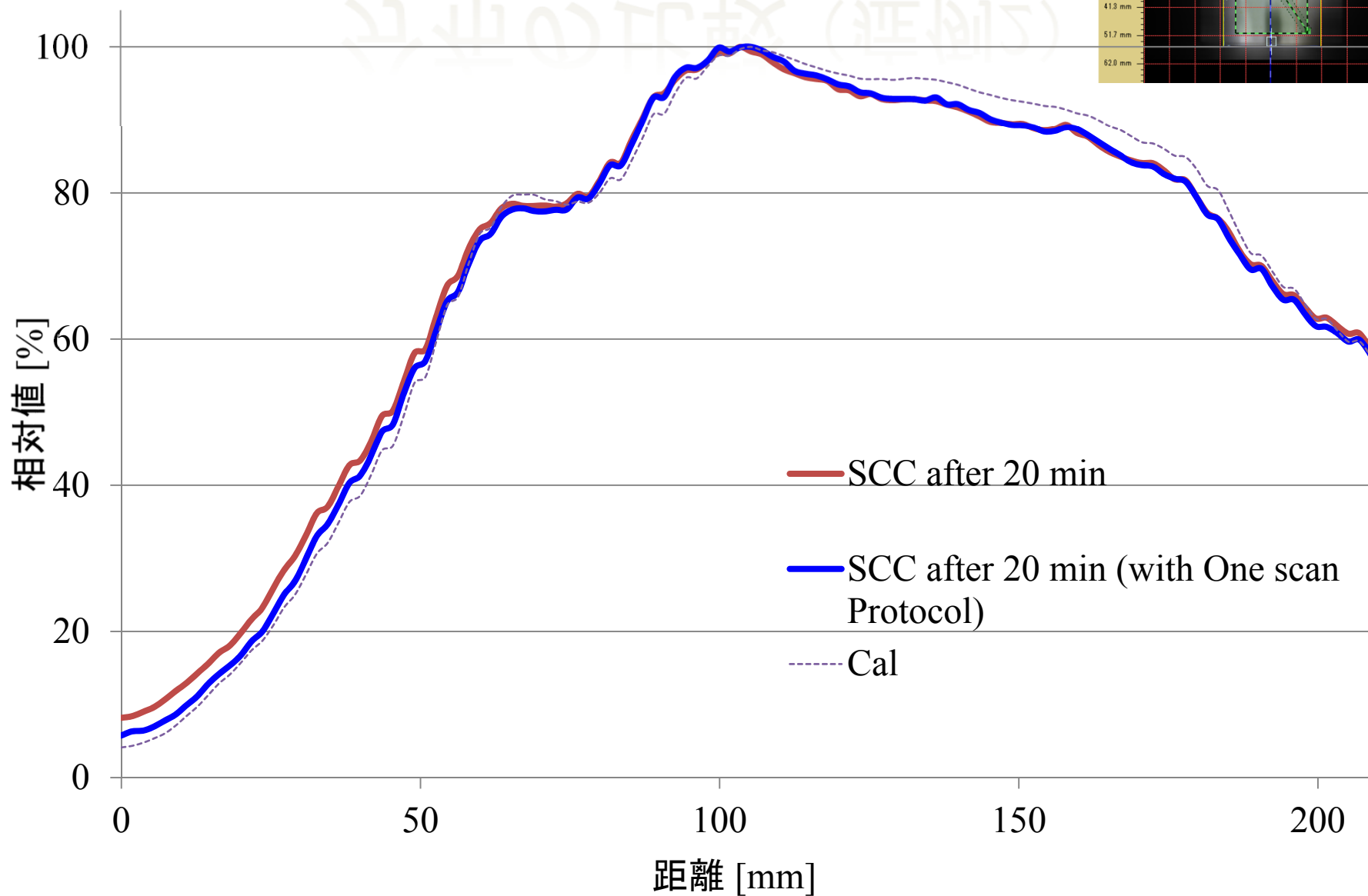
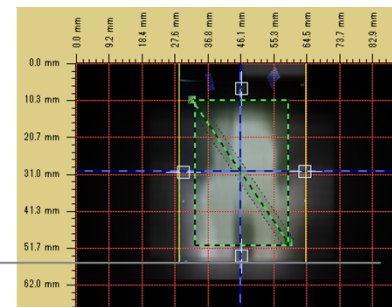
症例番号	Protocol 1 14時間後	Protocol 2 20分後	Protocol 3 20分後、One scan Protocol
1 (前立腺)	94.5	77.1	97.6
2 (中咽頭*)	91.6	83.2	91.5
3 (上顎*)	92.0	84.7	94.2
4 (上咽頭*)	90.7	89.3	91.3
5 (下咽頭*)	94.3	78.1	94.6
6 (前立腺)	99.1	98.2	99.4

* 照射範囲は全頸部

One scan Protocolの使用によりPass率が改善された。
(Protocol 1と同様の結果を得た)

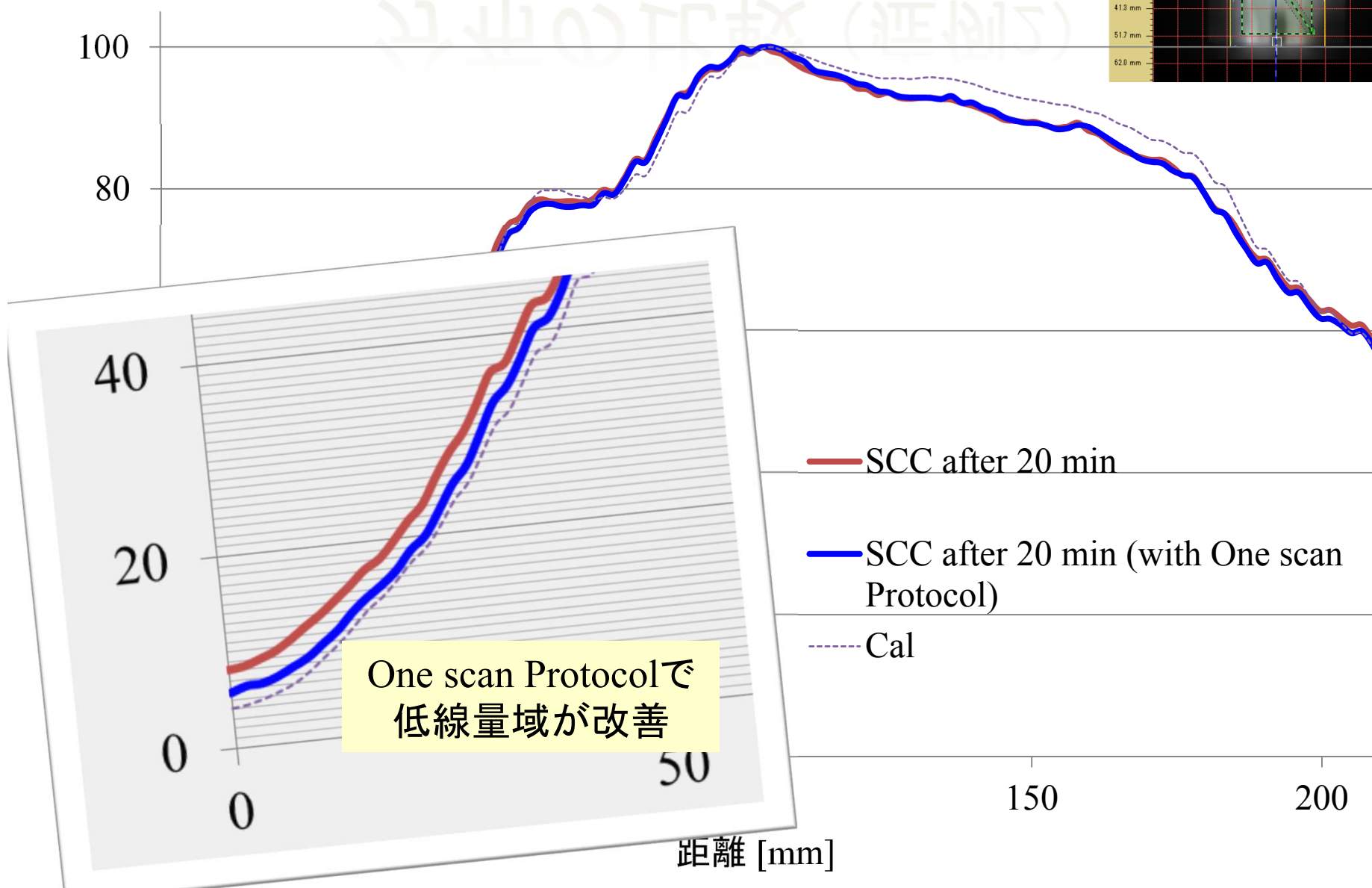
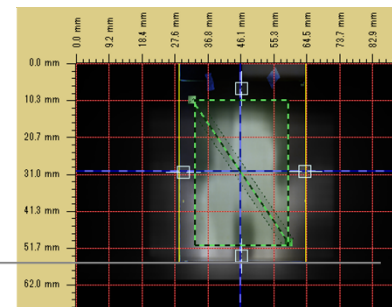
結果

分布の比較 (症例2)



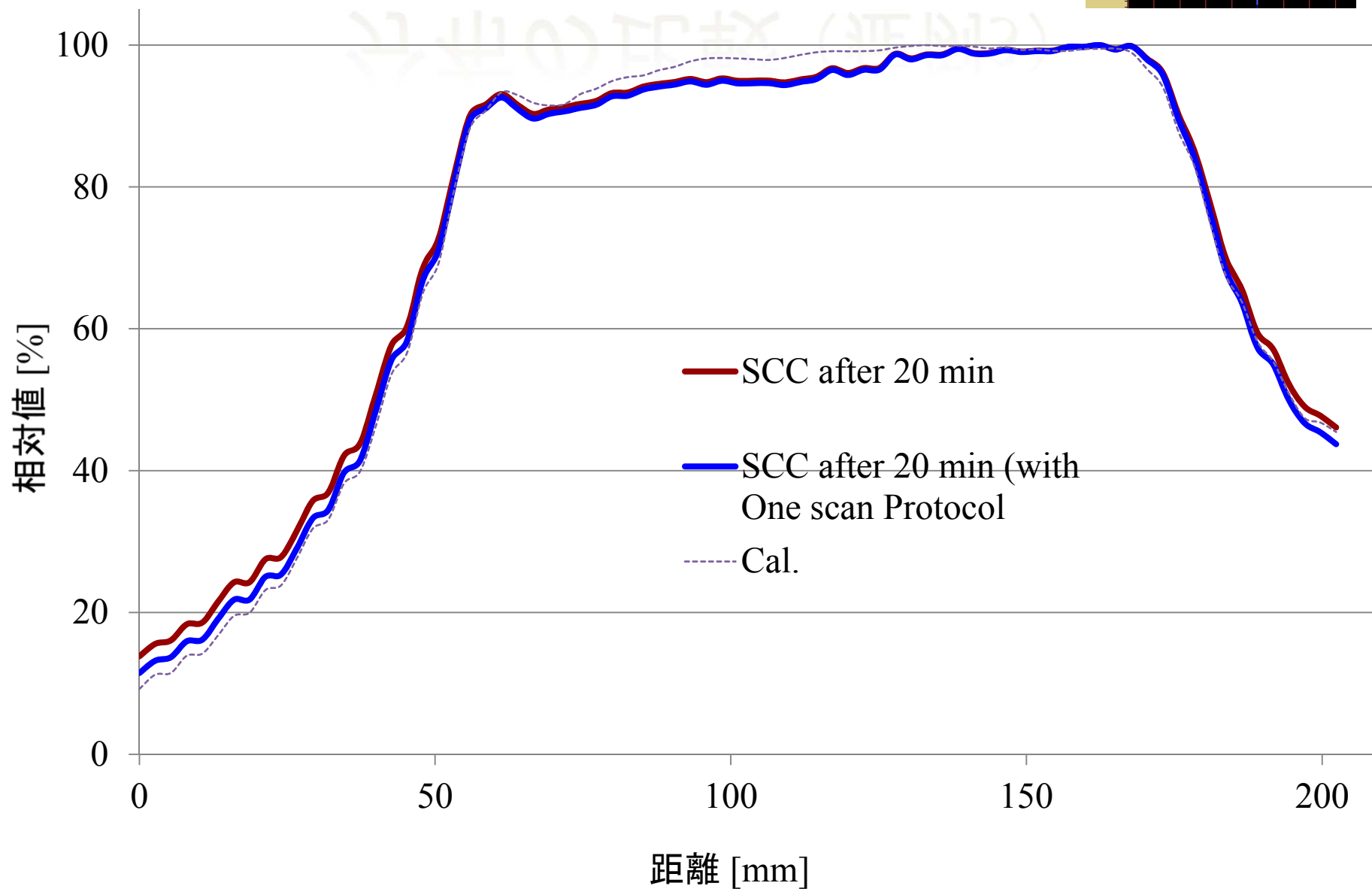
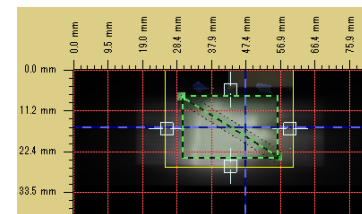
結果

分布の比較 (症例2)



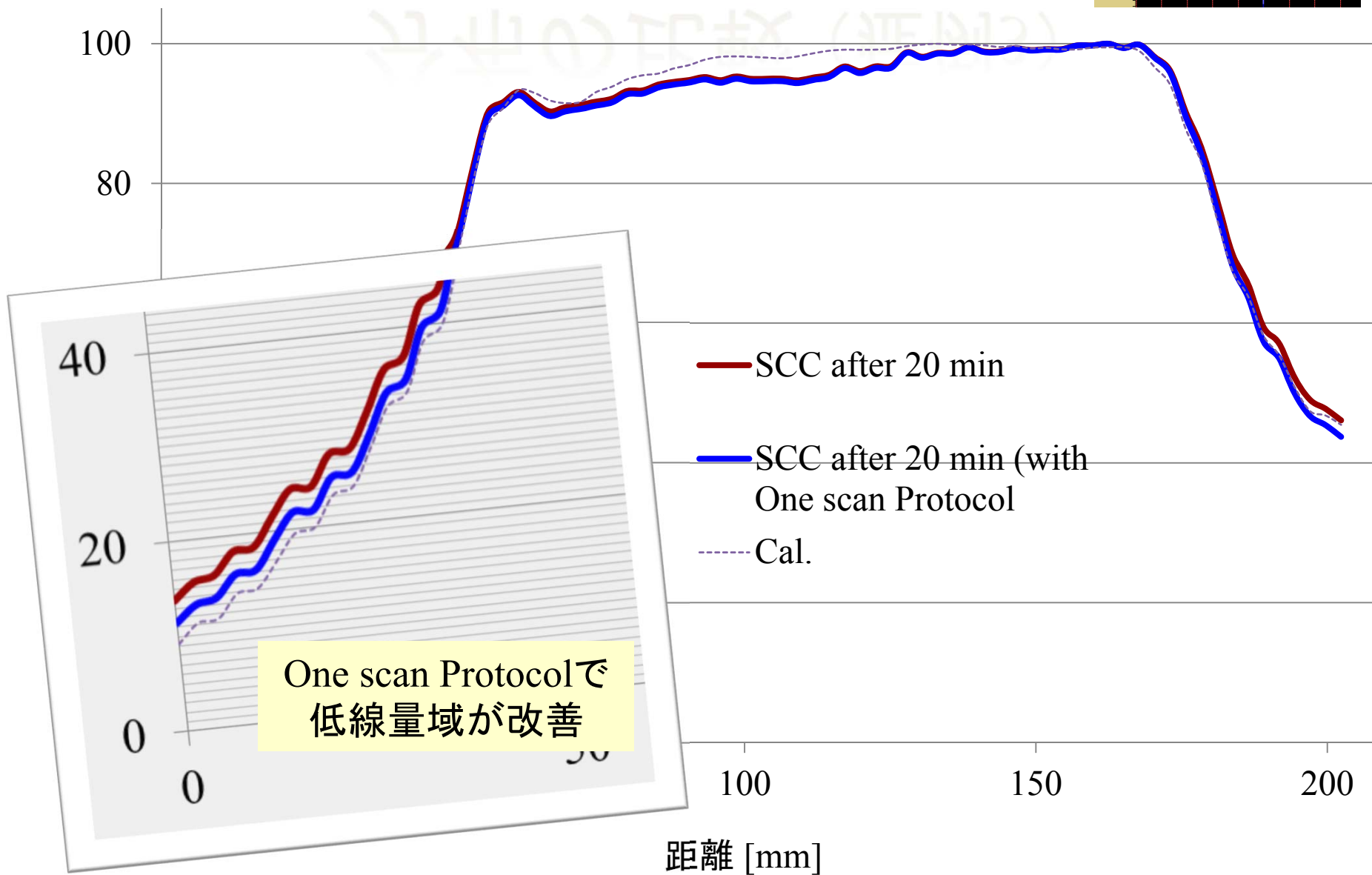
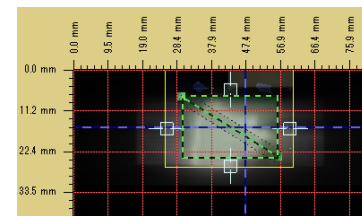
結果

分布の比較 (症例3)



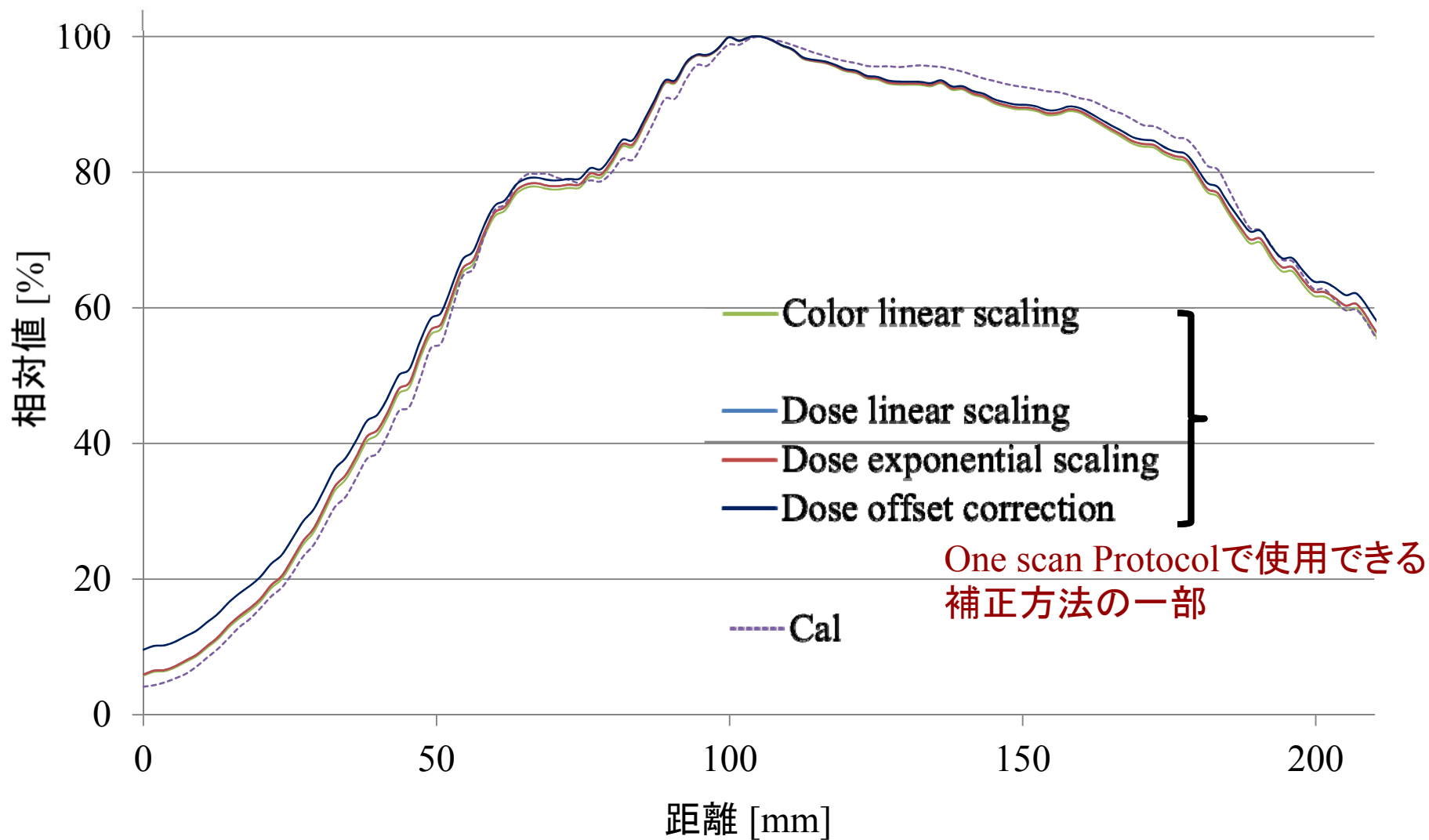
結果

分布の比較 (症例3)



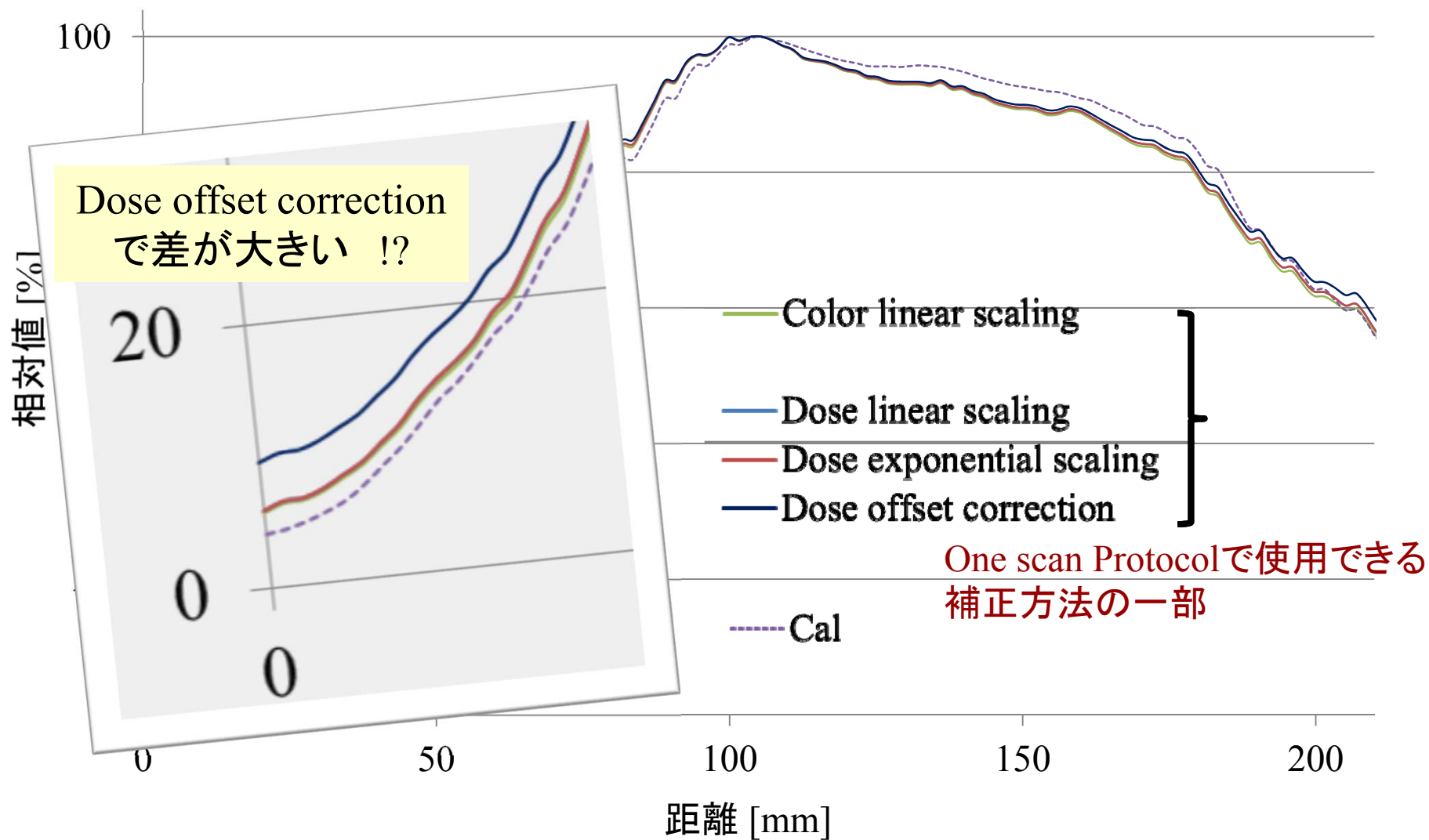
結果

One scan Protocolの補正方法による違い (症例2)



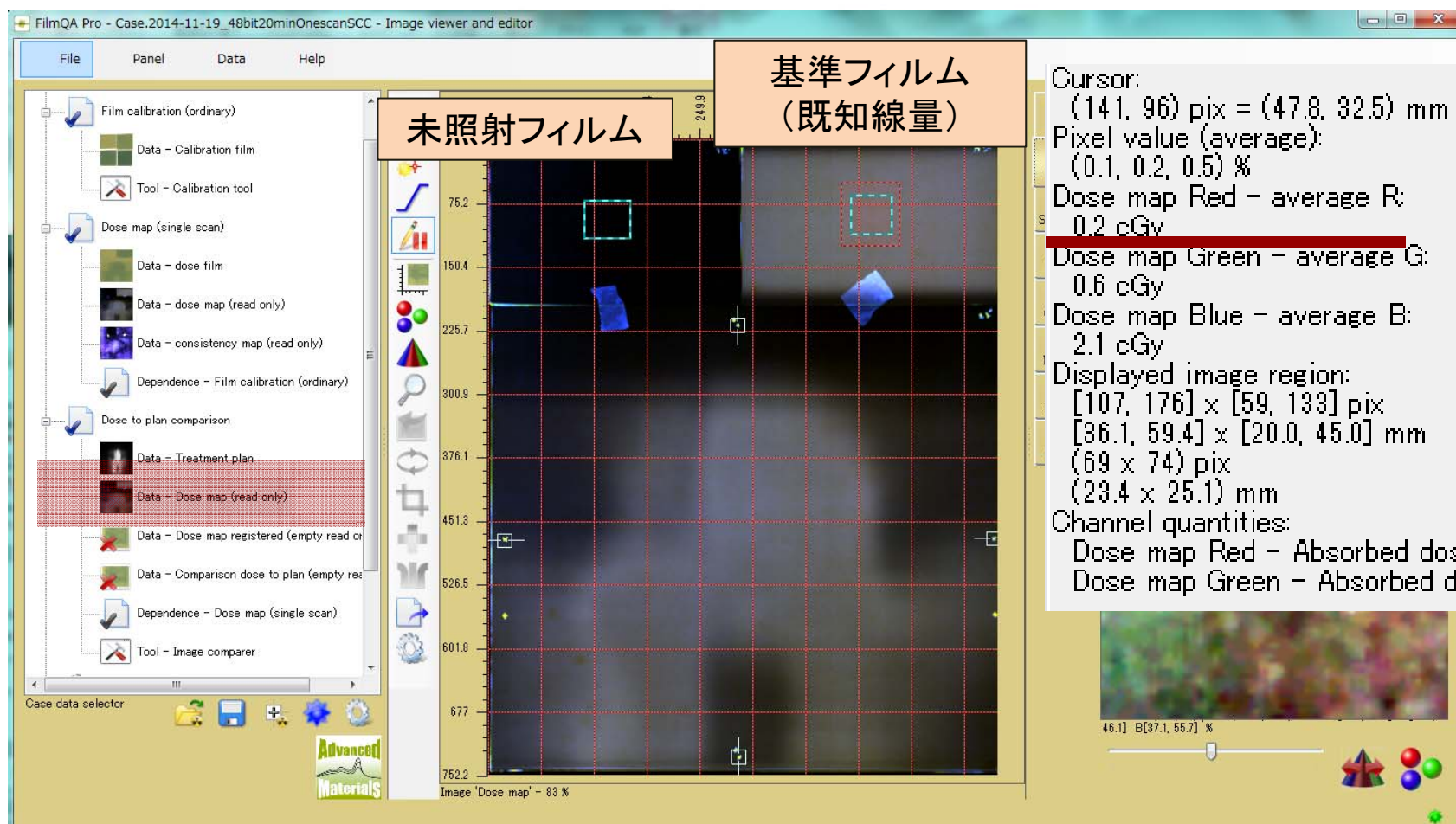
結果

One scan Protocolの補正方法による違い (症例2)



結果

補正後の線量確認 (症例2)



補正方法	未照射フィルム (0 cGy)	基準フィルム (178 cGy)
Dose linear scaling	0.2 (red)	177.5 (red)
Dose offset correction	6.0 (red)	171.5 (red)

Summary

- 現時点(2014年11月末)で、
トモセラピーシステムの線量情報(header file)と
座標において整合性がとれていない。
→ ユーザで補正が可能である。
- One Scan Protocolでは、線量濃度曲線を2点補正することにより、
良好な線量分布の一致が得られた。
→ 正規の方法と同じPASS率を
評価に用いることが可能であると示唆された。

ただし、使用する補正プロトコルによって、結果が異なる可能性もある。
→ 使用したプロトコルで正しく線量が補正されていることを確認する必要がある

謝辞

謝辞

ガフクロミック研究会 代表 小澤 修一 先生

磐田市立総合病院 佐々木 浩二 先生

株式会社ベリタス 山本 大心 様
谷口 貴信 様

愛知県がんセンター中央病院 放射線治療部スタッフ

My family