

# 臨床的コミッショニングの勘どころ

## -診療放射線技師の立場-

昭和大学病院  
藤井 智希



昭和大学  
SHOWA University

## 昭和大学病院について



1928年3月15日設立

所在地: 東京都品川区

中央棟 地上9階、地下3階

入院棟 地上17階、地下3階

病床数: 815床

職員数: 2140名

→ 放射線技師60名

・特定機能病院

・東京都がん診療連携拠点病院

はじめに

## 放射線治療部門について

- Clinac-ix (Varian社) 1台
- Radixact (Accuray社) 1台
- Flexitron (RALS) 1台
- 治療計画CT装置 1台
- RALS用CT装置 1台

放射線治療科医師(常勤): 8名

医学物理士: 1名

診療放射線技師: 8名

看護師: 6名

Clinac-ix: 約55件/日

Radixact: 約25件/日

RALS: 約4件/日



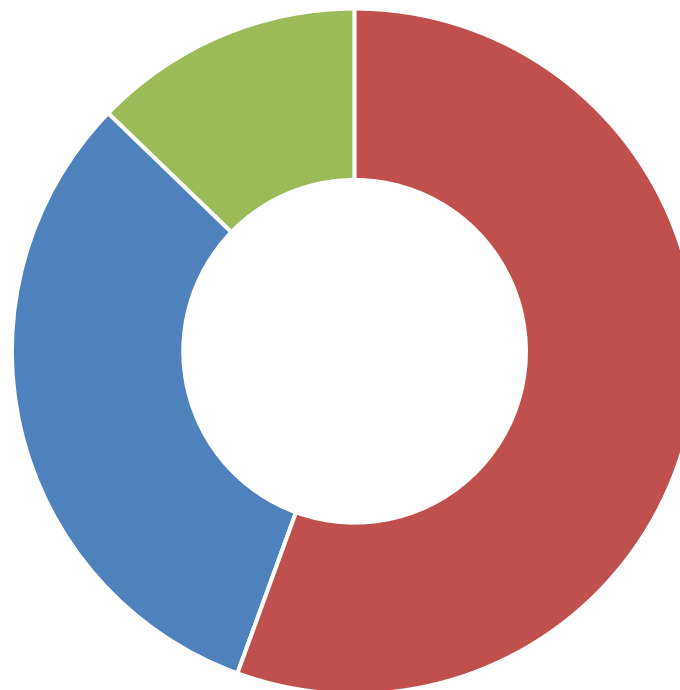
# はじめに

## 昭和大学病院の実施件数について

### 2023年度照射実績

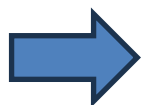
全体	852件
外照射	756件
IMRT	193件
前立腺	113件
頭頸部	57件
その他	23件

### 強度変調放射線治療（IMRT）



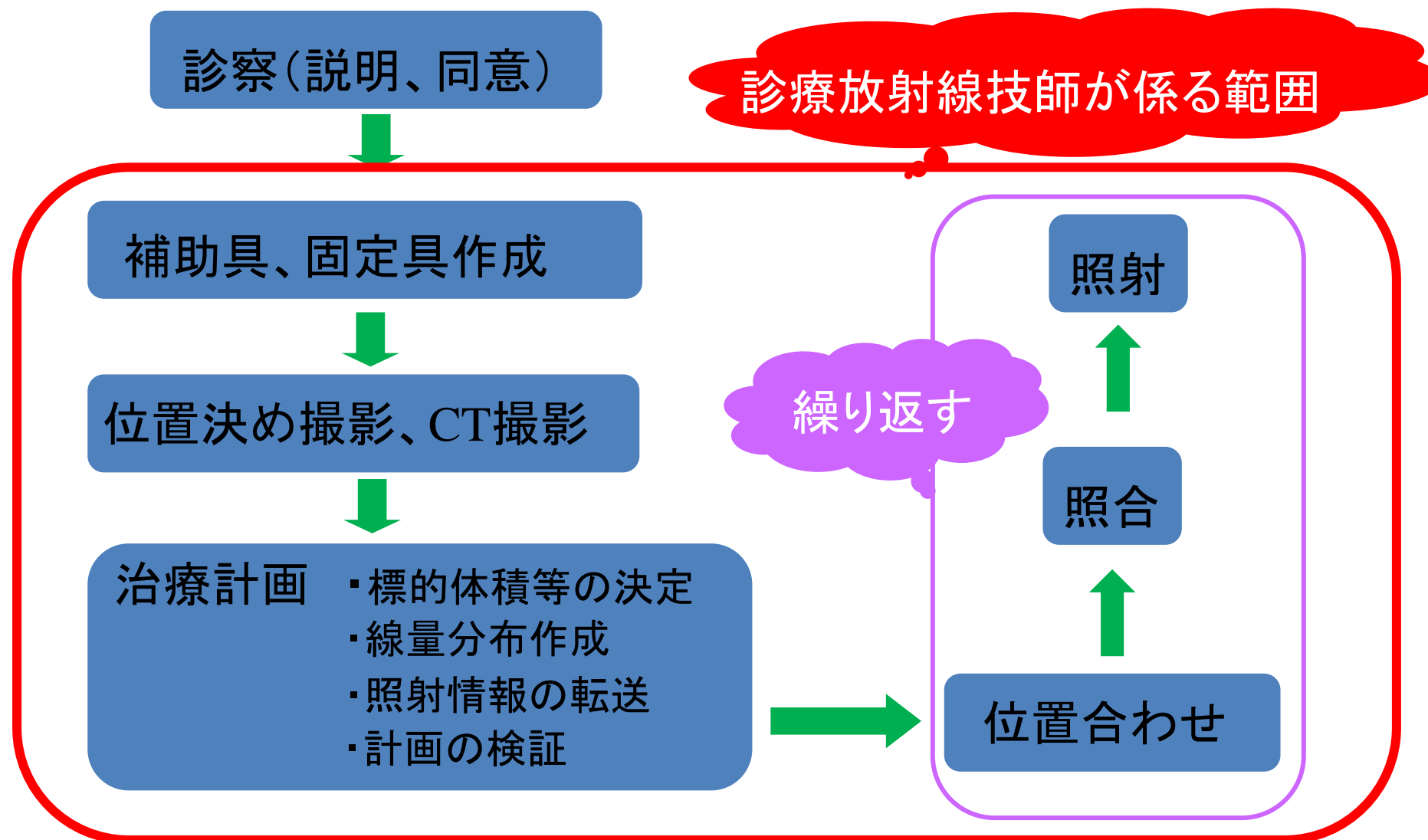
■ 頭頸部 ■ 前立腺 ■ その他

頭頸部と前立腺で約90%を占める



今回は頭頸部と前立腺のIMRTを中心に紹介させていただきます

## 放射線治療医が作成した治療計画通りに正確に照射すること



## IMRTの導入と保険適用の歴史:

1994年	欧米で臨床治療が開始
2000年	日本での臨床導入が開始
2006年	IMRTが先進医療として診療報酬に認められる
2008年	頭頸部腫瘍、前立腺腫瘍、中枢神経腫瘍に対して保険適用
2009年	これら3部位以外へのIMRTが先進医療として認められる
2010年	限局性の固形悪性腫瘍にも保険適用が拡大
2011年	IMRTの物理技術的なQA/QCを体系的にまとめたガイドライン作成 (IMRT物理技術ガイドライン2011)

### 「強度変調放射線治療における物理・技術的ガイドライン 2023」 (略称: IMRT 物理技術ガイドライン 2023)

- 現行のガイドラインの構成と内容の見直し
- 最新の技術と臨床環境に対応するために改訂



# はじめに

## 「強度変調放射線治療における物理・技術的ガイドライン 2023」

- |                   |           |
|-------------------|-----------|
| 1 章: ガイドライン総説(本章) | 6 章: 付属機器 |
| 2 章: 臨床導入         | 7 章: 治療計画 |
| 3 章: 治療体制         | 8 章: 線量検証 |
| 4 章: 治療装置         | 9 章: 位置照合 |
| 5 章: 治療計画装置       |           |

昭和大学病院ではこのガイドラインに基づいて臨床運用を行っている。

# 昭和大学病院における放射線治療チームの役割

	医師	医学物理士	診療放射線技師	看護師
臨床評価	○			
診察・治療実施の判断	○			
治療方針の決定	○	○		
オリエンテーション			○	○
治療計画CTの撮影			○	
各体積の輪郭描出	○			
治療計画の最適化		○		
IMRTのQA検証		○	○	
治療計画の承認	○	○		
治療計画の実機登録			○	
照射の実施			○	
照射期間の患者状態の観察	○		○	○
経過観察	○			○
定期点検・機器QA		○	○	



- **IMRTの前準備**
- **治療計画CT**
- **治療計画の検証・登録**
- **治療**

# 前準備

## 治療開始までのスケジュールの決定

### 2.3.2. スケジュール

IMRTは診察から治療開始までの過程において通常の放射線治療より長い時間を要する。一般的にIMRTでは治療計画用CT撮影から7～14日後に治療開始される。各施設は、表2.1のようなスケジュールについて、あらかじめ議論し、**スケジュールリングと安全のため必要な最小手順時間をそれぞれの手順と環境に応じて設定すべき**である。しかし、疾患によって早急に治療開始が求められる場合、臨床目的と安全を鑑み、スタッフ間で十分に検討を重ねたうえで適切なスケジュールを設定する。

(IMRT 物理技術ガイドライン 2023 より抜粋)

治療計画CT撮影の実施からIMRT治療開始までの治療準備過程について  
**明確な実施期限を設けて予定通り治療ができるように準備することが大切**

# 治療開始までのスケジュールの決定

## IMRTでのタスク一覧表(MOSAICQ)

チェックリスト (患者) -										
追加(A) 変更(C) 削除(D) 完了(M) スキップ(K) メモ(N) 閉じる(L)										
≡ フィルタ										
	開始日	期限日 ▲	実施日	患者	タスク	依頼者	担当者	完了/スキ...	ステータス	コメント
>	2024/07/26	2024/07/08	2024/07/16		H00.初診日	新谷 暁史	01.医師	加藤 和憲	C	
	2024/07/26	2024/07/12	2024/07/18		H41.IMRT 輪郭作成	新谷 暁史	01.医師	新谷 暁史	C	
	2024/07/26	2024/07/16	2024/07/18		H42.IMRT 輪郭カンファレンス承認	01.医師	01.医師	新谷 暁史	C	
	2024/07/26	2024/07/19	2024/07/18		H43.IMRT プラン作成	02.物理士	02.物理士	宮浦 和徳	C	
	2024/07/26	2024/07/19	2024/07/22		H44.IMRT 計画カンファレンス承認	01.医師	01.医師	宮浦 和徳	C	
	2024/07/26	2024/07/22	2024/07/23		H45.IMRT 物理 技師プランQA	02.物理士	02.物理士	宮浦 和徳	C	
	2024/07/26	2024/07/25	2024/07/23		H46.IMRT 物理 確認	02.物理士	02.物理士	宮浦 和徳	C	
	2024/07/26	2024/07/26	2024/07/25		H47.IMRT プラン取込	03.技師	03.技師	藤井 智希	C	
	2024/07/26	2024/07/26	2024/07/25		H50.IMRT QA承認	01.医師	01.医師	加藤 和憲	C	
	2024/07/26	2024/07/26	2024/07/26		H49.IMRT スケジュール確認	新谷 暁史	04.看護師	成田 香緒理	C	
	2024/07/26	2024/07/26	2024/07/26		H48.IMRT プラン確認	03.技師	03.技師	白鳥 徹	C	
	2024/07/26	2024/07/26			H51.IMRT 計画書終了報告	新谷 暁史	01.医師			

多職種ごとで実施すべきことを明確にし、  
照射当日までの手順の進捗を見える化している

### タスク期限

14日前 : 輪郭作成  
 10日前 : カンファレンス承認  
 7日前 : プラン作成  
 4日前 : QA実施  
 3日前 : QA承認  
 2日前 : プラン登録・確認  
 当日 : 看護師スケジュール確認

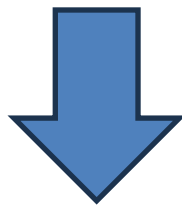
# 治療計画CT

そもそも放射線治療は・・・

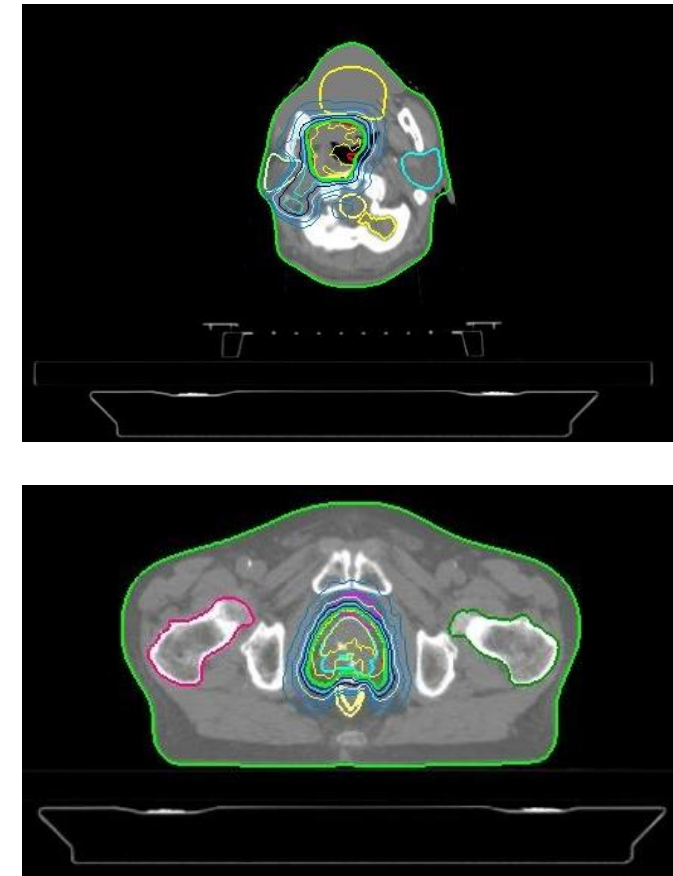
(疾患にもよるが) 同一の治療計画で数日～数か月の治療を行う。

治療計画CTとは・・・

- 治療計画CTは治療開始前に1度撮影され、放射線の照射角度や線量を計算するために使用される
- 治療計画は基本的には治療期間中に簡単に変更しない
- 照射の体位は計画CTを撮影した体位で行う



治療計画CTの質 = 放射線治療の質

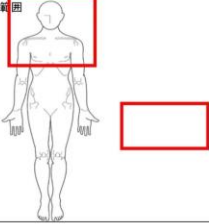


## 放射線治療計画書

放射線腫瘍医が放射線治療の方法などを記載した指示書

- 氏名/生年月日
- 担当医/指導医
- 治療開始日/処方線量/照射回数
- 照射方法
- CTの撮影方法
- 前処置の有無

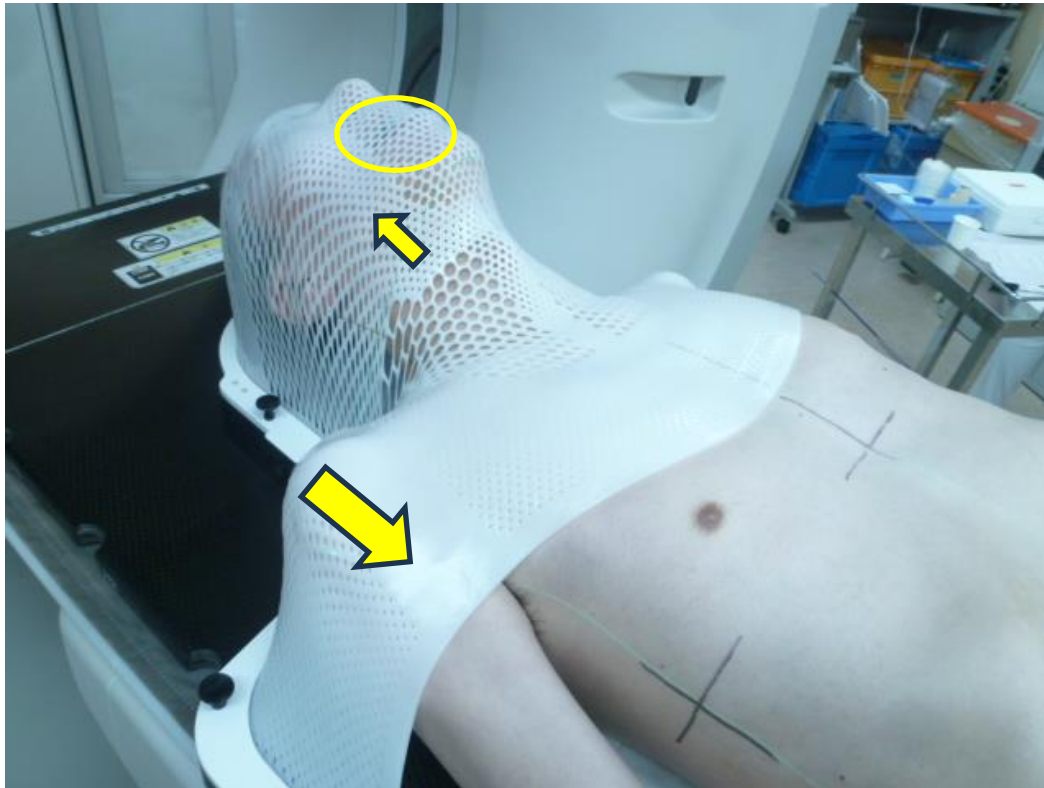
など...

Link M0		□ 終		放射線治療計画書	
I D		生年月日		年齢	
フリガナ					
患者氏名					
担当医	関本 篤人	指導医	伊藤 芳紀		
治療開始日	2024/08/13	目的	根治	照射歴	なし
診断名	中咽頭側壁の悪性新生物				
左右	選択	部位	咽頭		
プラン名	C1	土曜照射	あり	2024/08/17(土)	
照射方法	Total : 70 Gy	装置	Radixact		
処方線量	P1	70 Gy	35 fr	方法 : IMRT (VMAT)	2 Gy/fr
	P2	Gy	fr	方法 : 選択	Gy/fr
	P3	Gy	fr	方法 : 選択	Gy/fr
撮影手技	単純	撮影範囲 			
前処置	なし				
呼吸	自然呼吸				
シエル	あり	ペースメーカ	なし		
ポーラス	なし	オーラルセント	あり		
緊急	なし	体幹部バックログ	なし		
体位	顎上げ 肩下げ 仰臥位 その他 :				
撮影時指示コメント					
転送先	<input checked="" type="checkbox"/> Eclipse <input type="checkbox"/> RayStation <input type="checkbox"/> Monaco <input type="checkbox"/> その他				

中咽頭癌に対するIMRTの一例



## 固定具の作成について



正常臓器（OAR）への照射を極力避けるため

- 顎上げ
- 肩下げ
- オーラルステントの使用検討

を行う。

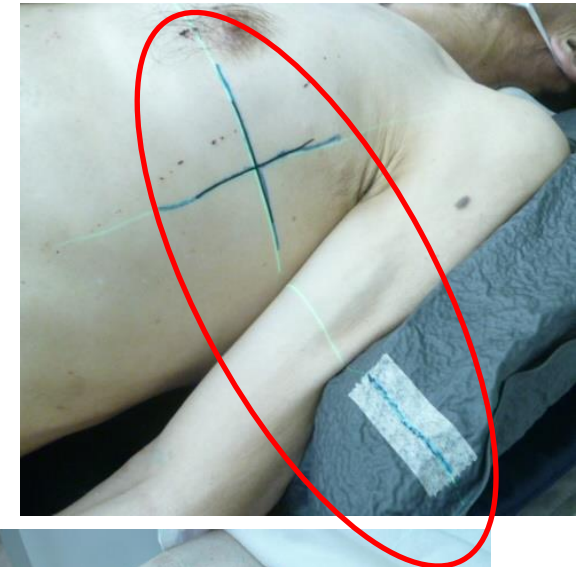
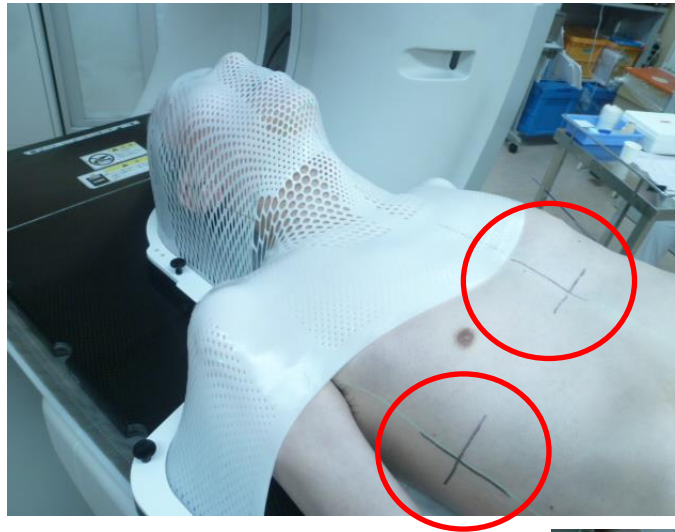
※再現性を保つため、無理をしすぎない

## 固定具の作成について

固定具を使用したとしても  
若干の隙間が生じる



固定具や体だけではなく、  
位置関係が分かるように両方にマーキングしている



## 固定具の作成について

固定具を使用したとしても  
若干の隙間が生じる



固定具や体だけではなく、  
位置関係が分かるように両方にマーキングしている



頭尾側に長い照射野  
での再現性向上を図る

## 第7章 治療計画

### 7.1. 画像の取得

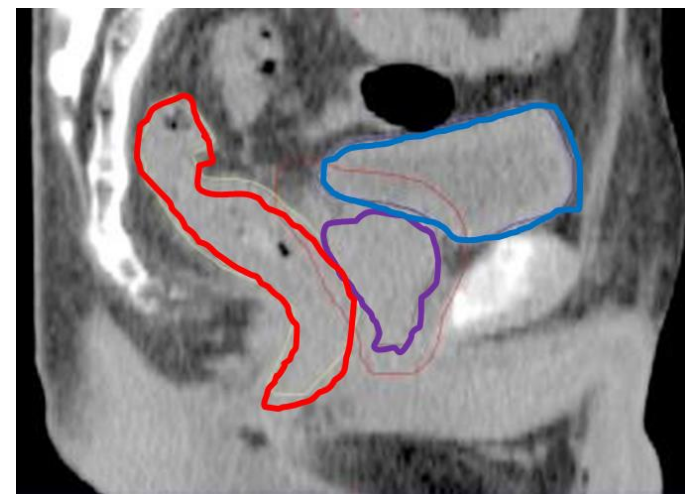
#### 7.1.1. 患者固定と前処置

標的やリスク臓器の位置再現性の向上，リスク臓器の線量低減等を目的に前処置を実施する場合がある。前処置としては，絶食，蓄尿，排尿，排便，排ガス等がある。治療部位に応じて前処置の必要性を判断し，実施する場合は，再現可能な範囲で適切に実施する。

### 昭和大学病院における骨盤部IMRTの前処置ルーティン

1. 排便排尿
2. 治療開始30分前に緑茶280mLを飲水
3. 超音波装置で膀胱量を測定し、100ml以上で入室

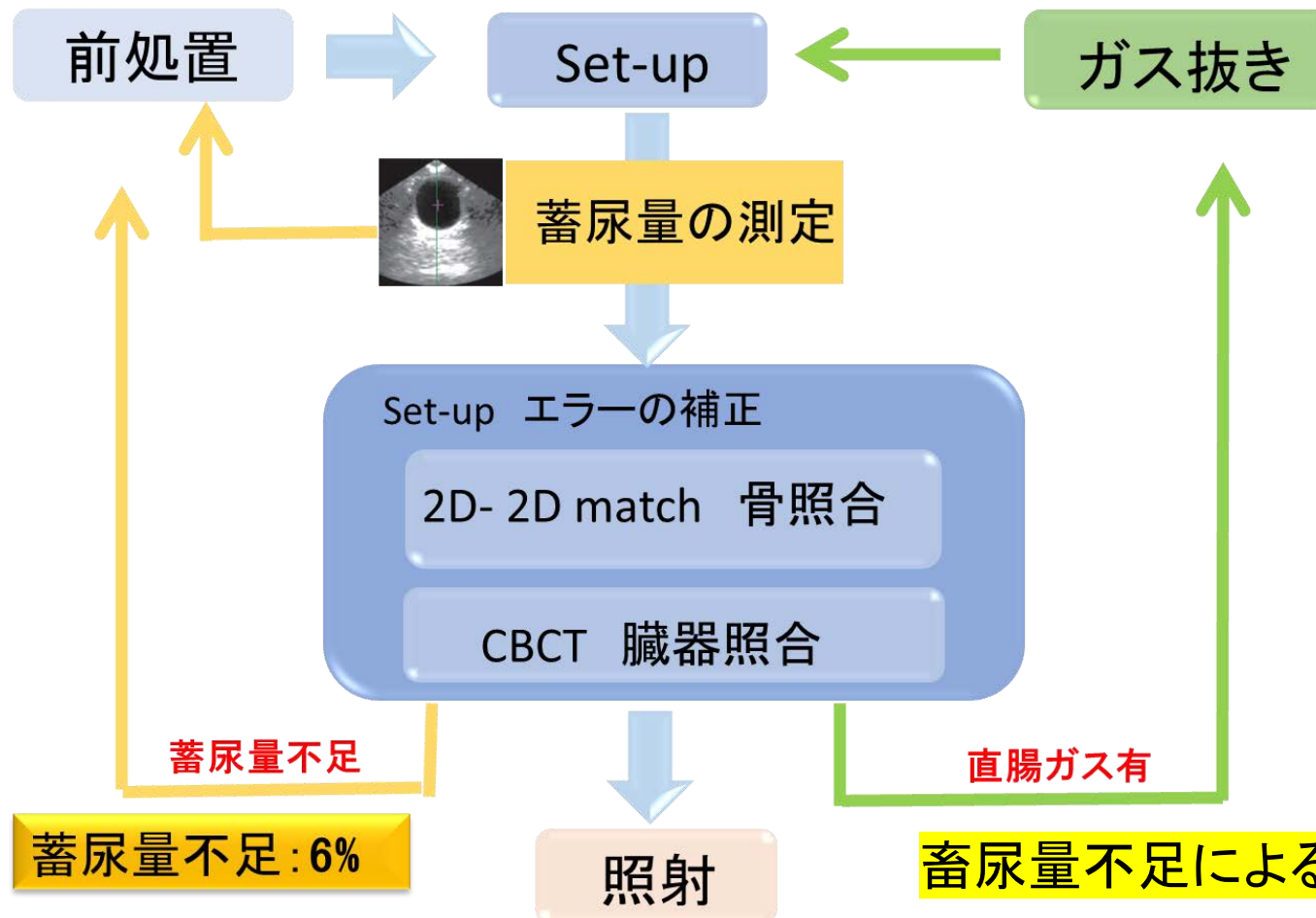
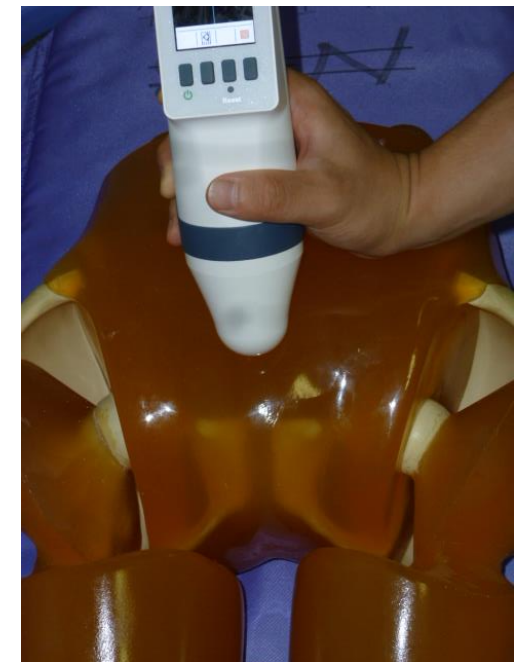
治療計画CT画像で便塊やガス貯留がみられた場合はやり直し





## 膀胱容量測定器

Cube Scan Biocon 900 (株式会社エムキューブテクノロジー)  
Bモード 連続超音波断層撮影法



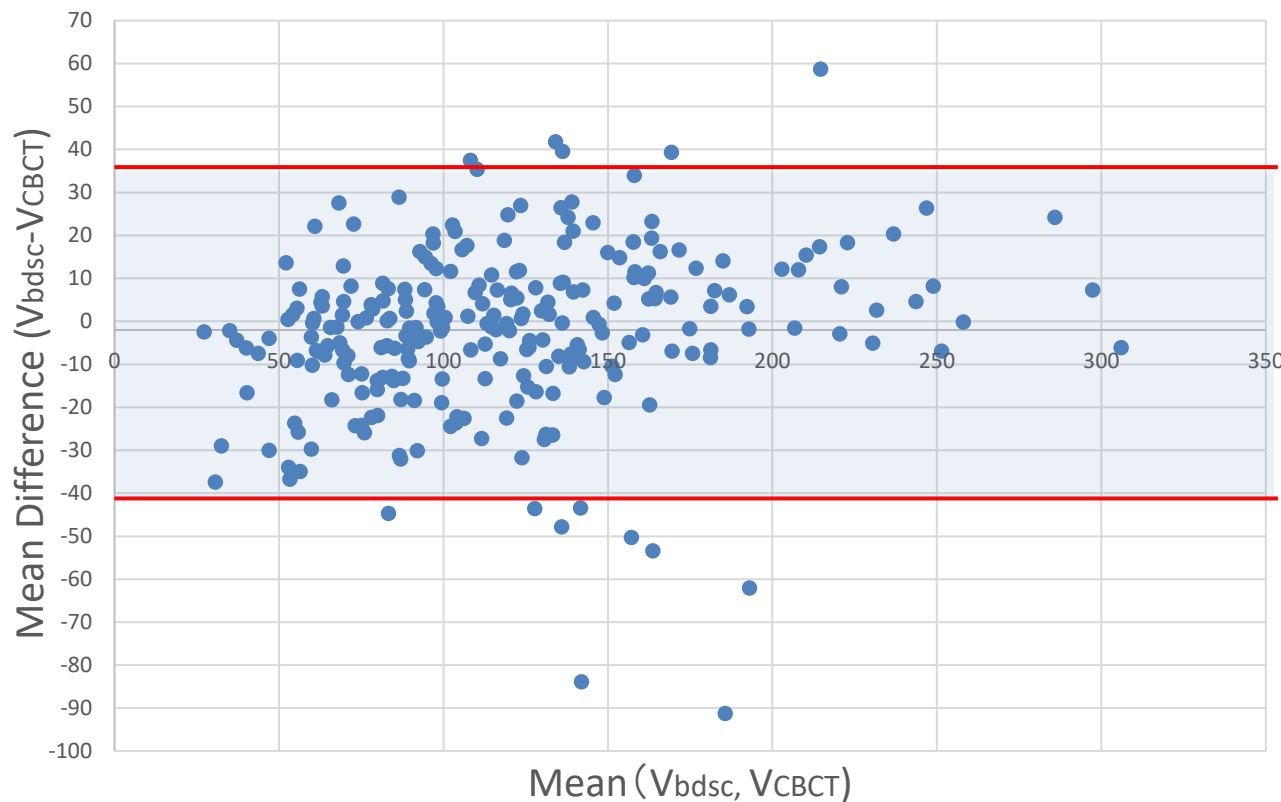
蓄尿量不足によるやり直しが大きく減少

## 膀胱容量測定器

Cube Scan Biocon 900 (株式会社エムキューブテクノロジー)  
Bモード 連続超音波断層撮影法



Bland-Altman Plot



2SD: 38.3ml

Mean: -2.0ml

-2SD: -38.3ml

$V_{CBCT(i)}$  と  $V_{bdsc(i)}$  の比較

膀胱容量測定器がない場合は...

飲水物や飲水量、蓄尿時間の方法を明確にすることが重要

## 前処置の方法による膀胱量再現性の検討

	Hospital A	Hospital B	Hospital C	Hospital D
前処置の有無	○	○	×	○
飲水物	種類	緑茶	なんでも	なんでも
	量	250ml	350ml	500ml
蓄尿時間	30min	30min		60min
治療室入室の精度	On time -ストップウォッチ使用	大凡		大凡
主導者	医療スタッフ	医療スタッフ		患者
Details	排尿後飲水	排尿後飲水		患者主導で実施

### Multicenter Study for Bladder Volume Reproducibility of Pretreatment Urine Accumulation in Prostate IMRT

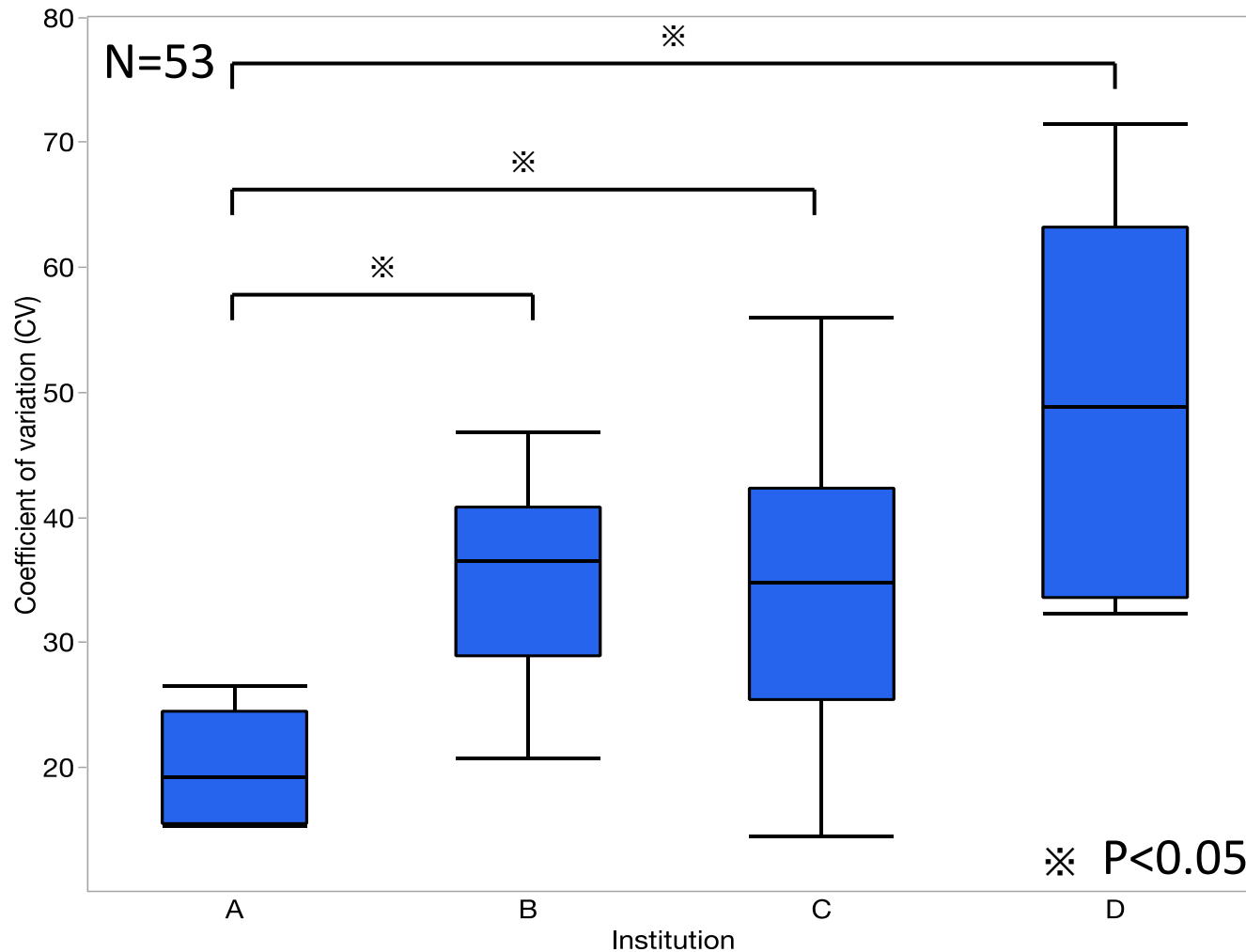
○ Tomoki Fujii<sup>1)</sup>, Tadashi Kubo<sup>1)</sup>, Keigo Okabe<sup>2)</sup>, Michio Ozaki<sup>3)</sup>, Yuusuke Oono<sup>4)</sup>, Yuusaku Hashimoto<sup>1)</sup>, Tetsufumi Masuda<sup>5)</sup>, Takahiro Hirai<sup>6)</sup>, Kouhei Iwamura<sup>4)</sup>, Hiroyuki Watanabe<sup>6)</sup>, Hisaya Sato<sup>1)</sup>, Kyoichi Kato<sup>6)</sup>

- 1) Showa University Hospital, Department of Radiological Technology
- 2) Showa University Fujioka Hospital, Department of Radiological Technology
- 3) Showa University Yokohama Northern Hospital, Department of Radiological Technology
- 4) Showa University Koto Toyosu Hospital, Department of Radiological Technology
- 5) Showa University Graduate School, School of Health Sciences
- 6) Showa University, Department of Radiological Technology





## 前処置の方法と治療期間中の膀胱量再現性の関係



	Hospital A	Hospital B	Hospital C	Hospital D
前処置の有無	○	○	×	○
飲水物	種類	緑茶	なんでも	なんでも
	量	250ml	350ml	500ml
蓄尿時間	30min	30min		60min
治療室入室の精度	On time	大凡		大凡
	-ストップウォッチ使用			
主導者	医療スタッフ	医療スタッフ		患者
Details	排尿後飲水	排尿後飲水		患者主導で実施

### Multicenter Study for Bladder Volume Reproducibility of Pretreatment Urine Accumulation in Prostate IMRT

○ Tomoki Fujii<sup>1)</sup>, Tadashi Kubo<sup>1)</sup>, Keigo Okabe<sup>2)</sup>, Michio Ozaki<sup>2)</sup>, Yuusuke Oono<sup>3)</sup>, Yuusaku Hashimoto<sup>1)</sup>, Tetsufumi Masuda<sup>1)</sup>, Takahiro Hirai<sup>2)</sup>, Kouhei Iwamura<sup>1)</sup>, Hiroyuki Watanabe<sup>1)</sup>, Hisaya Sato<sup>1)</sup>, Kyoichi Kato<sup>4)</sup>

- 1) Showa University Hospital, Department of Radiological Technology
- 2) Showa University Fujioka Hospital, Department of Radiological Technology
- 3) Showa University Yokohama Northern Hospital, Department of Radiological Technology
- 4) Showa University Koto Toyosu Hospital, Department of Radiological Technology
- 5) Showa University Graduate School, School of Health Sciences
- 6) Showa University, Department of Radiological Technology

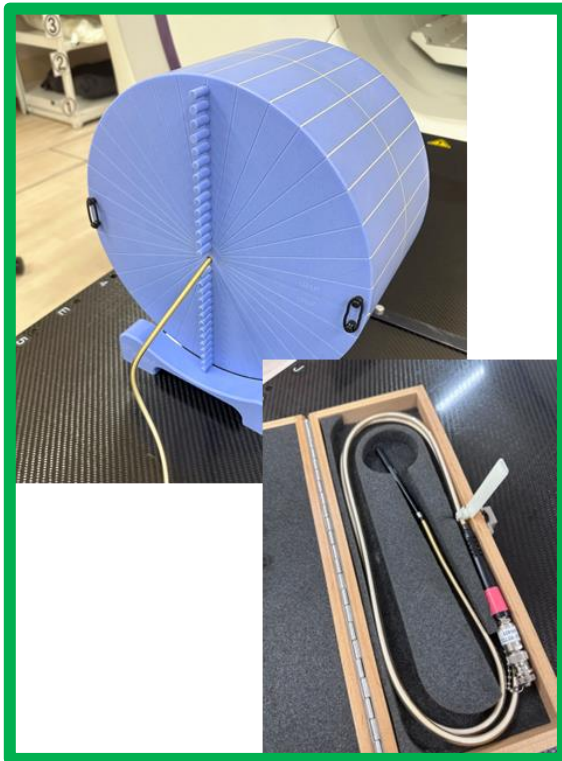


飲水物や飲水量、蓄尿時間の方法を明確にすると再現性が向上

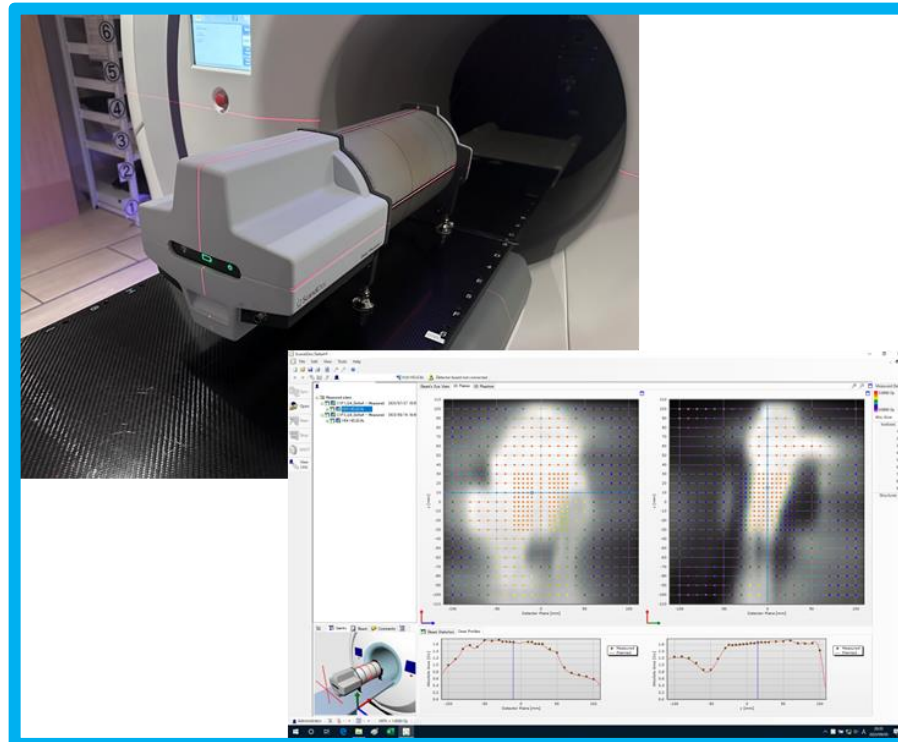
## 治療計画の検証・登録

## IMRTの検証(患者QA)

IMRTでは複雑な形状の標的に対し理想に近い線量分布を達成できる一方、その機械的制御の複雑さゆえにや低MU特性など不確かな要素が多分に含まれる



絶対線量検証



線量分布検証

1. 同一条件でQAファントムに照射した検証プランを作成
2. 以下の内容の検証
  - 絶対線量の比較
  - 線量分布の比較

計画通りの線量投与が許容誤差内で行われていることを確認する

治療計画の精度担保

## 多職種カンファレンス

放射線治療医、医学物理士、診療放射線技師、看護師：毎朝（20-30分）  
初診患者、治療計画CTの予定、当日・翌日の治療開始の患者の情報、  
前日治療開始の画像確認、治療中患者の注意事項などの確認、情報共有



IMRTのQA検証結果を報告  
最終的にプランが承認される



## 治療計画プランの登録と確認

### 7.3. データの転送，登録及び確認

立案された治療計画は，治療計画装置から放射線治療管理システム，位置照合装置及び病院情報システム等へ転送される。一般的にこのデータ転送は，DICOM 形式で実施される。各システムに登録されたデータの確認は，データの作成者や登録者以外の第三者が実施する。確認項目例としては，転送された画像の整合性，アイソセンタ等の座標情報，MLC などの制御点データ，放射線治療管理システムに手動入力する情報（1日あたりの照射回数等，照射又は1日あたりの線量制限，位置照合の設定等），ビーム変調器（ウェッジ，ボールス等）の設定などがある<sup>20)</sup>。特に MLC データの登録ミスは重大な放射線照射事故の原因となるため，慎重に実施する。

（IMRT 物理技術ガイドライン 2023 より抜粋）

**必ずプラン作成者・登録者以外の第三者がダブルチェックを実施する。**

## 治療計画プランの登録と確認

- 必ず2名以上で**違うタイミング**で確認する体制を構築  
(ダブルチェック体制)

- 氏名・生年月日
- 照射部位
- 処方線量
- ストラクチャー
- アイソセンタの位置
- MU値(照射時間)
- セットアップ情報

患者 ID [ ] 患者氏名 [ ]

### 治療計画チェックシート (Radixact)

医学物理士項目

プラン	
1-1. 患者・基本情報	
1-1-1	Patient ID, Patient Name
1-1-2	PTV マージンの設定
1-1-3	PRV の設定
1-1-4	アーチファクトの補正
1-1-5	画像スライス厚
1-2. Setup・Plan	
1-2-1	Couch の取込
1-2-2	Delivery Mode
1-2-3	Plan Mode
1-2-4	Jaw Mode
1-2-5	Move Couch with Patient
1-2-6	Accept Red Lasers
1-2-7	Field width
1-2-8	Pitch
1-2-9	Modulation Factor
1-2-10	Final Dose Resolution
1-3. 線量処方	
1-3-1	指示線量が処方されているか。
1-3-2	プランターゲットの指定は適切か。
1-3-3	正規化手法は適切か。
1-4. Save Plan	
1-4-1	Save plan
1-4-2	Export DICOM data
1-5. QA Plan	
1-5-1	QA プランの作成
Sign	

患者 ID [ ] 患者氏名 [ ]

### 診療放射線技師項目

#### 1. 治療計画 CT

項目	
スケジュールの確認	
チェックリストの確認	
セットアップ 基本情報	
ブの入力	重要事項
カンファレンスの入力	
セットアップ写真の登録	
顔写真の登録	
CT 画像の確認	
治療計画装置への転送	
PACS への転送	
治療計画 CT 撮影日①	
治療計画 CT 撮影日②	

#### 2. 線量検証結果の確認

項目	
Dose Distribution	
Absolute Dose	

#### 2. スケジュール

項目	
開始日	
治療回数・治療日時	
土曜照射の有無	
Red Lasers	
Offset	
治療時間の整合性	
ステータス	

#### 3. プラン登録 (診断と治療)

項目	
Plan の確認	
セットアップの設定	
治療フォルダ	

患者 ID [ ] 患者氏名 [ ]

### 治療コース

項目	
プラン名	
照射方法	
線量	
処方パターン	
線量付与	
治療前検証	
オフセット	
承認	

### 照射野

項目	
フィールド名	
フィールド ID	
プランシートの取り込み	

### プランシート

項目	
氏名・ID の確認	
プラン名の確認	
処方線量の確認	
Red Lasers	
Offset	
治療時間の整合性	
日程の挿入	
Field の登録	
線量	
スケジュールとの確認	

### 治療カレンダー

項目	
Plan の確認	
セットアップの設定	
治療フォルダ	

#### 4. セットアップの再確認/再

患者 ID [ ] 患者氏名 [ ]

項目	詳細		
プラン名・治療開始日	プラン名と治療開始予定日が入力されている	✓	
照射部位・補助員・生年月日	照射部位、補助員、生年月日が入力されている	✓	
セットアップ写真の確認	セットアップ写真と入力内容に相違がない	✓	
重要事項	セットアップの重要事項が強調されている。 (ボラース、セットアップ位置、IC 等)	✓	
チェックリスト	プラン登録欄に登録者の名前で完了されている	✓	
プラン登録 実施日①	2024 年 8 月 9 日(金)	登録者	江口
プラン登録 実施日②	クリックまたはタップして日付を入力してください。		

#### コメント欄

### 診療放射線技師項目

#### 5. ダブルチェック

大項目	小項目	①	②
プランシート	氏名	✓	
日程	日程の一致		
	ステータス		
処方線量・線量付与	部位		
	セットアップ		
チェックリスト	プラン登録 実施日①		
	プラン登録 実施日②		
6. 実機転送確認			

患者 ID [ ] 患者氏名 [ ]

大項目	小項目	①	②
転送確認	MOSA1Q から QA モードで送信し、Radixact の Treat Patient で受信できる	✓	
プランの最終確認	Treatment Plan Sheet と相違がないか最終確認 (氏名、プラン名、治療回数、1 回線量、治療時間)	✓	
日程の最終確認	計画指示書・スケジュール・治療カレンダーの日程が一致しているか最終確認	✓	
転送確認 実施日①	2024 年 8 月 9 日(金)	転送確認者	藤井
転送確認 実施日②	クリックまたはタップして日付を入力してください。		

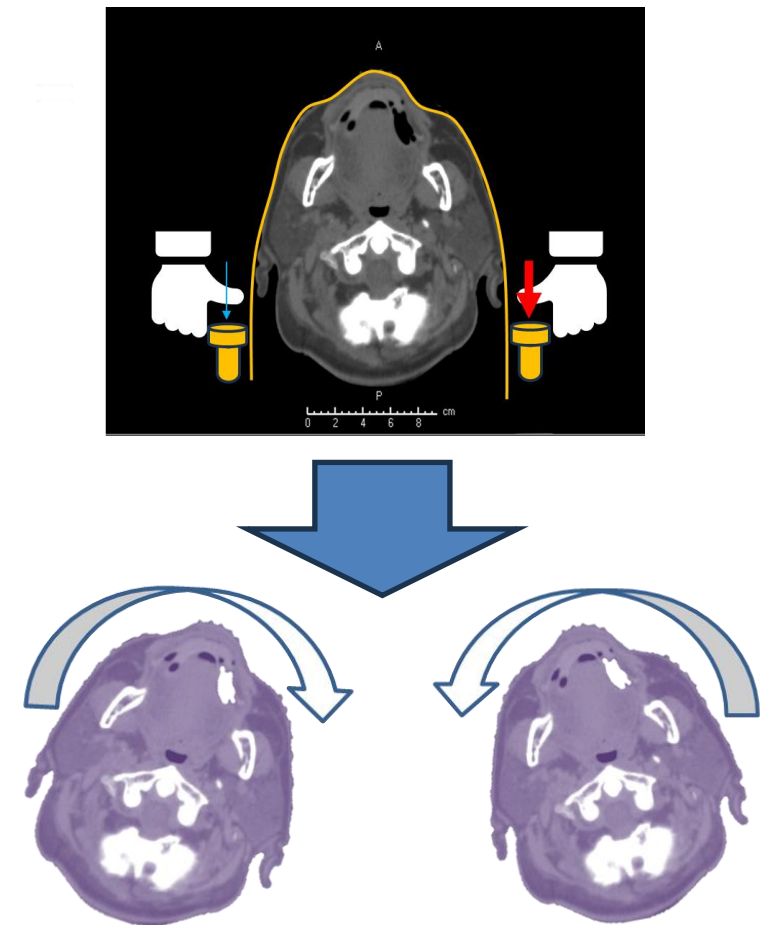
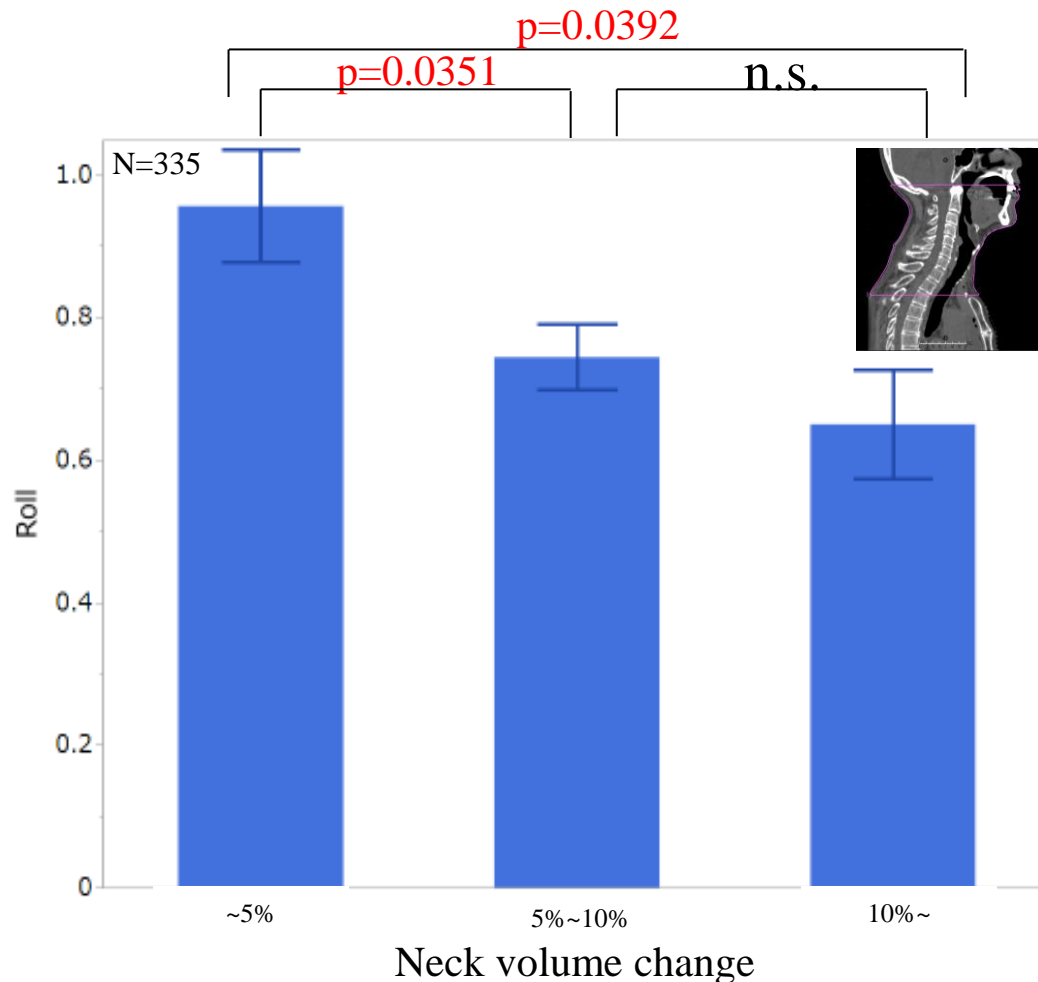
# 治療



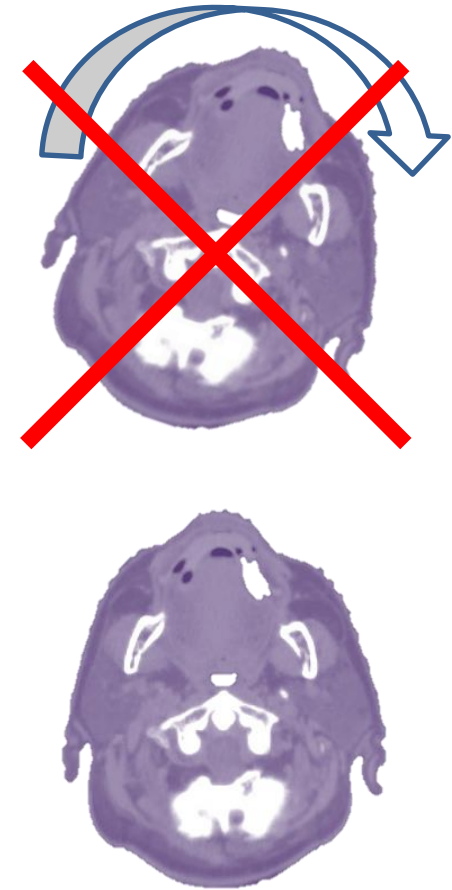
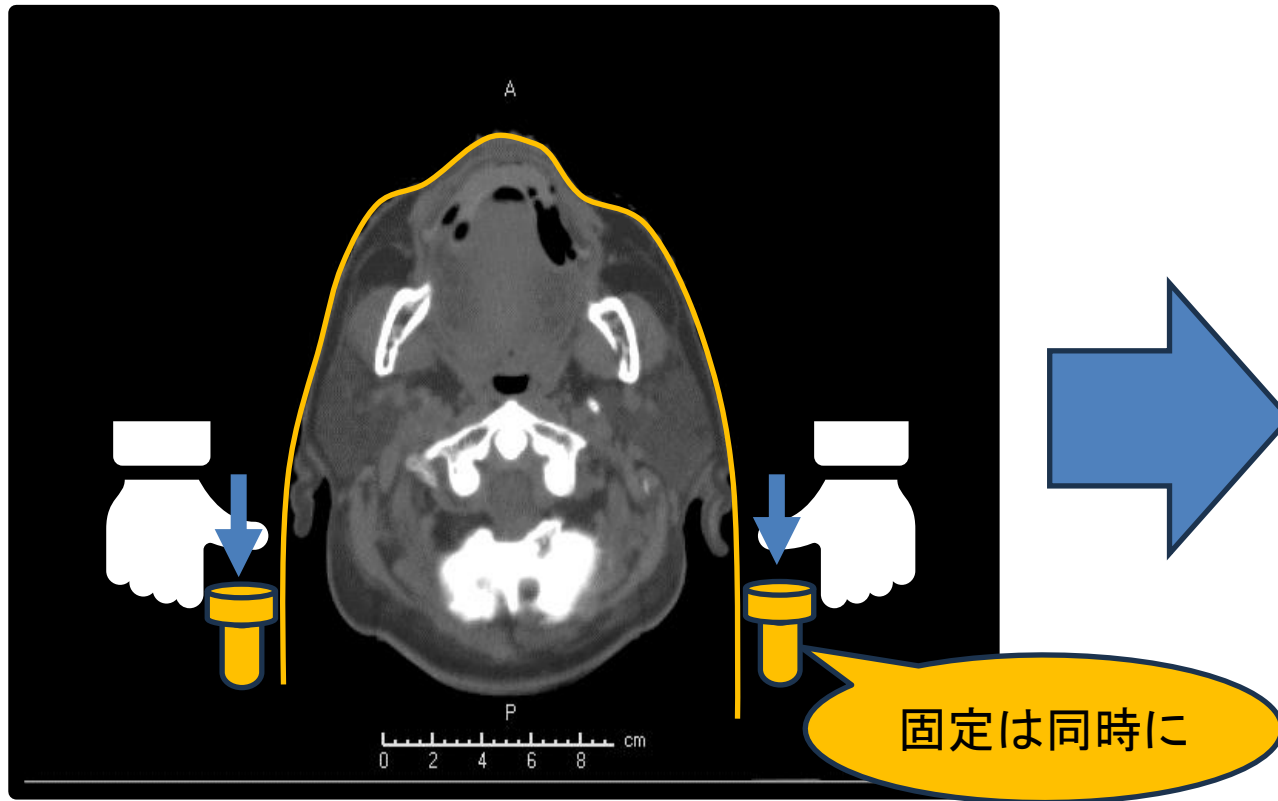
## 頭頸部の体輪郭変化とセットアップ精度の関係

頭頸部の体輪郭変化が小さいほど、Roll方向のセットアップエラーが大きくなる傾向

→ シェルの固定するタイミングの違いの可能性

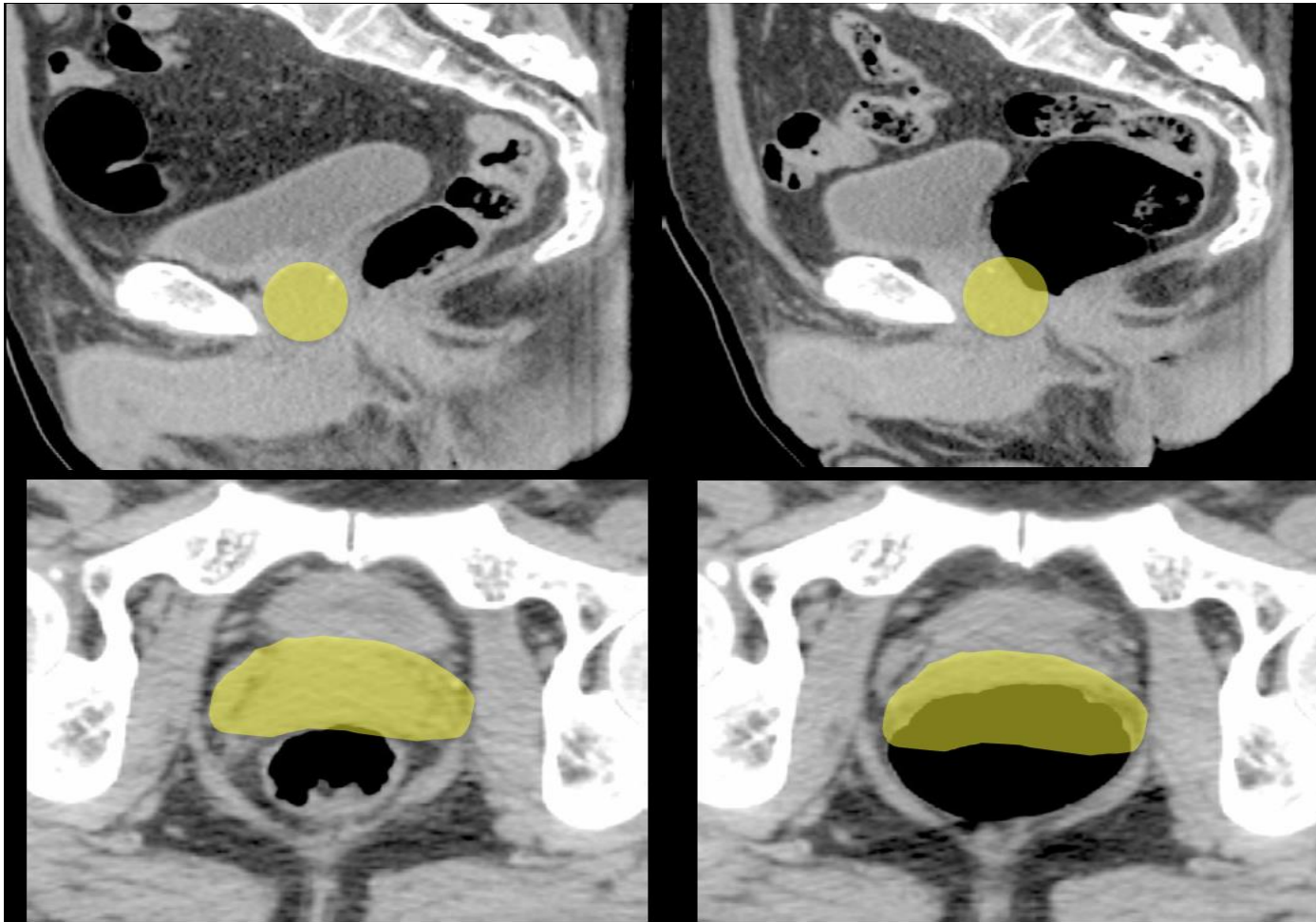


## シェルの固定方法



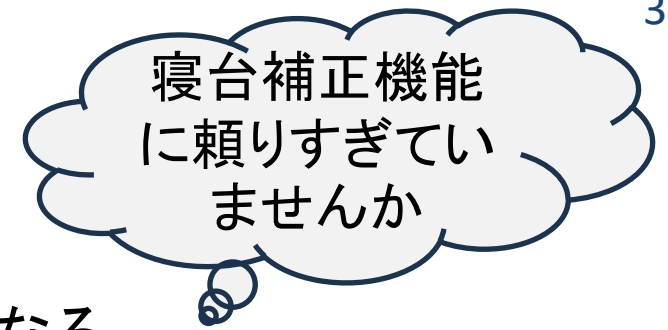
- 左右のピン固定は同じタイミングで実施してRoll方向の回転を低減させる
- 可能であれば一人で固定する。

## 画像照合の重要性（直腸・膀胱の変動）



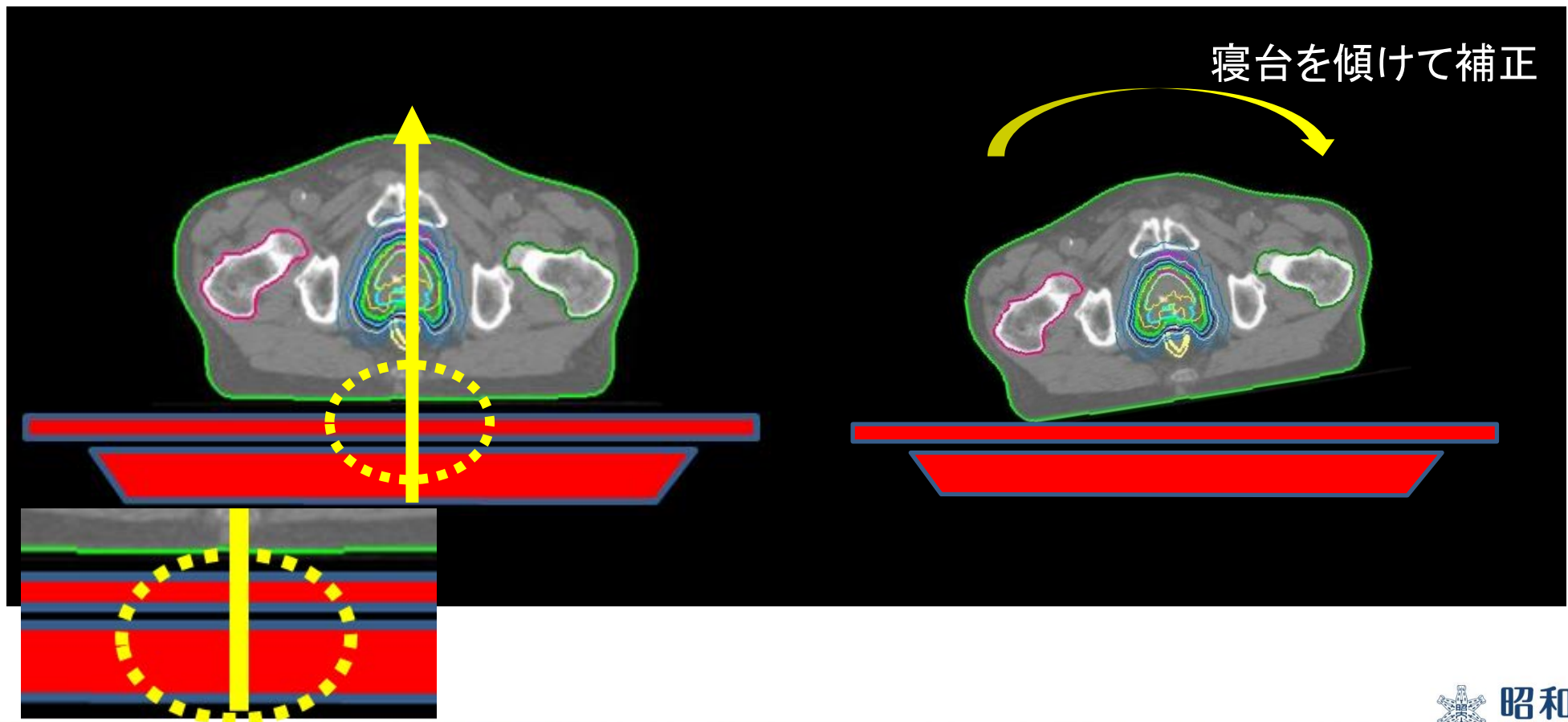
1. 直腸内のガスや膀胱内尿量により前立腺の位置や形態が変化する
2. 特にIMRTの場合は線量分布が急峻となるため照射範囲外は大きく線量が低下する

画像確認し、状況に応じてガス抜きを行う必要が生じる

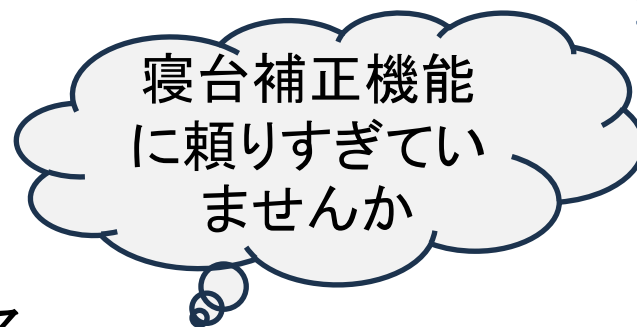


## 画像照合の落とし穴

- 寝台補正後は治療計画で設定したジオメトリと異なる。
- 寝台補正を行った場合、治療時の線量分布に影響を及ぼす可能性がある。

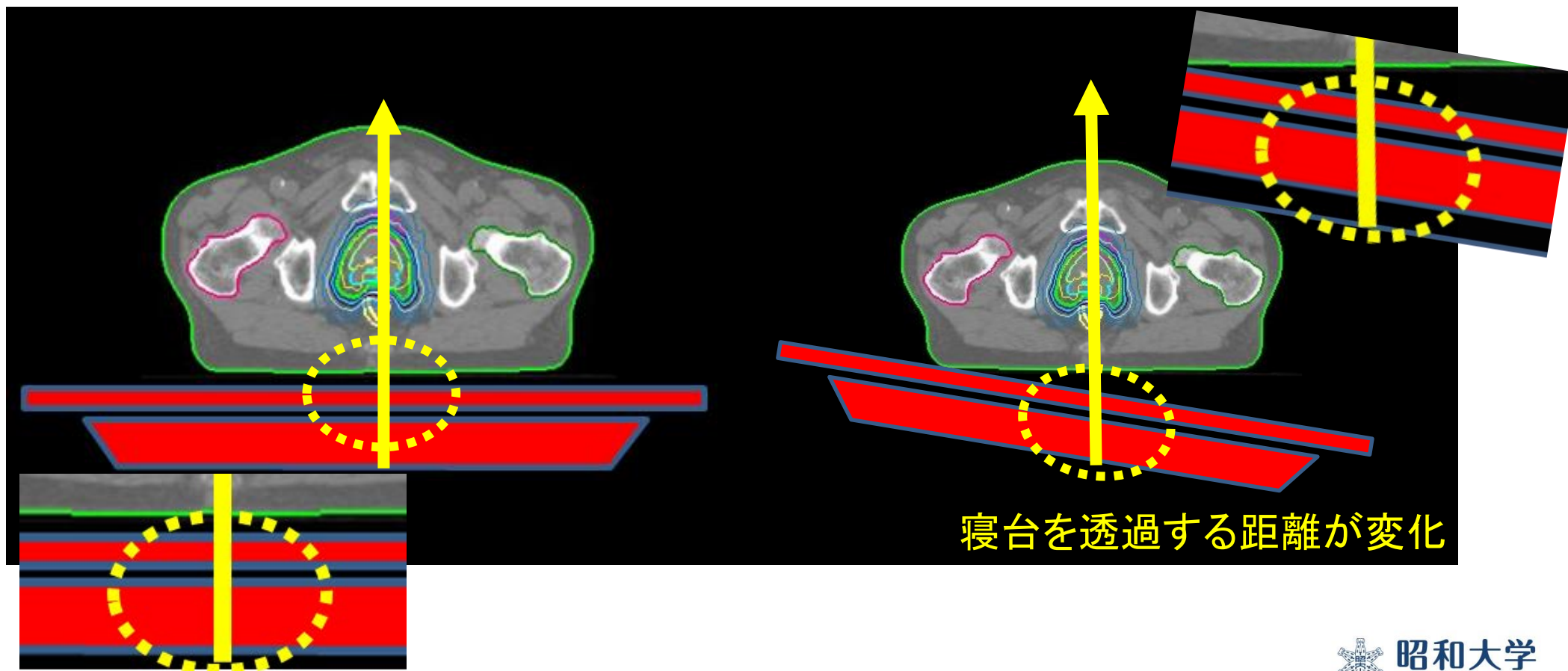






## 画像照合の落とし穴

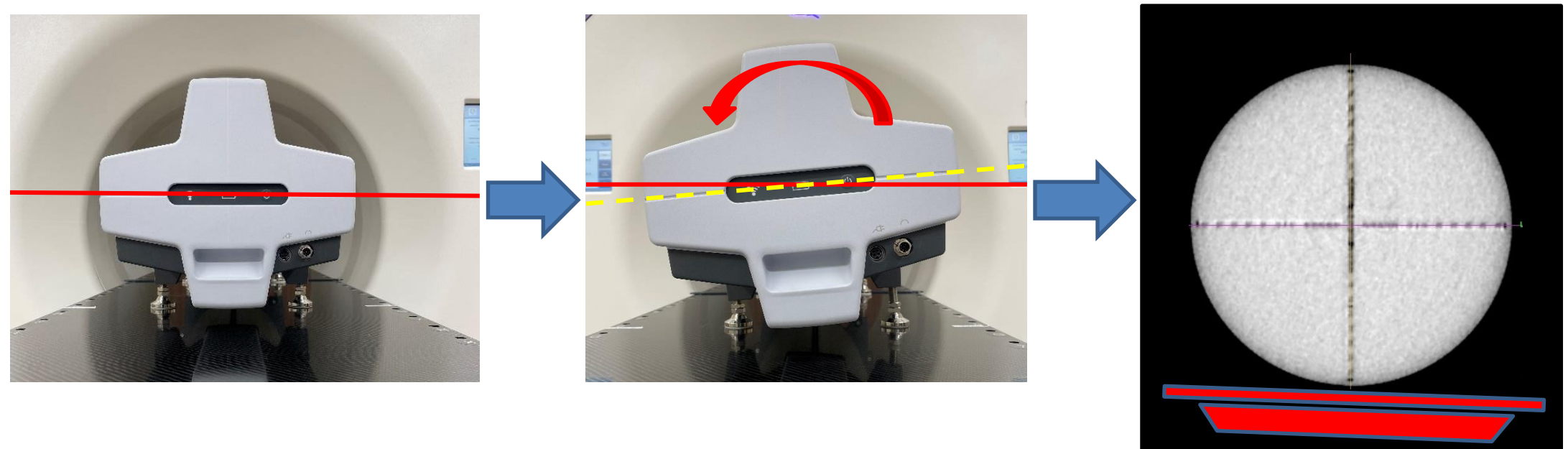
- 寝台補正は治療計画で設定したジオメトリと異なる。
- 寝台補正を行った場合、治療時の線量分布に影響を及ぼす可能性がある。



## 画像照合の落とし穴

### 寝台補正の影響の検証

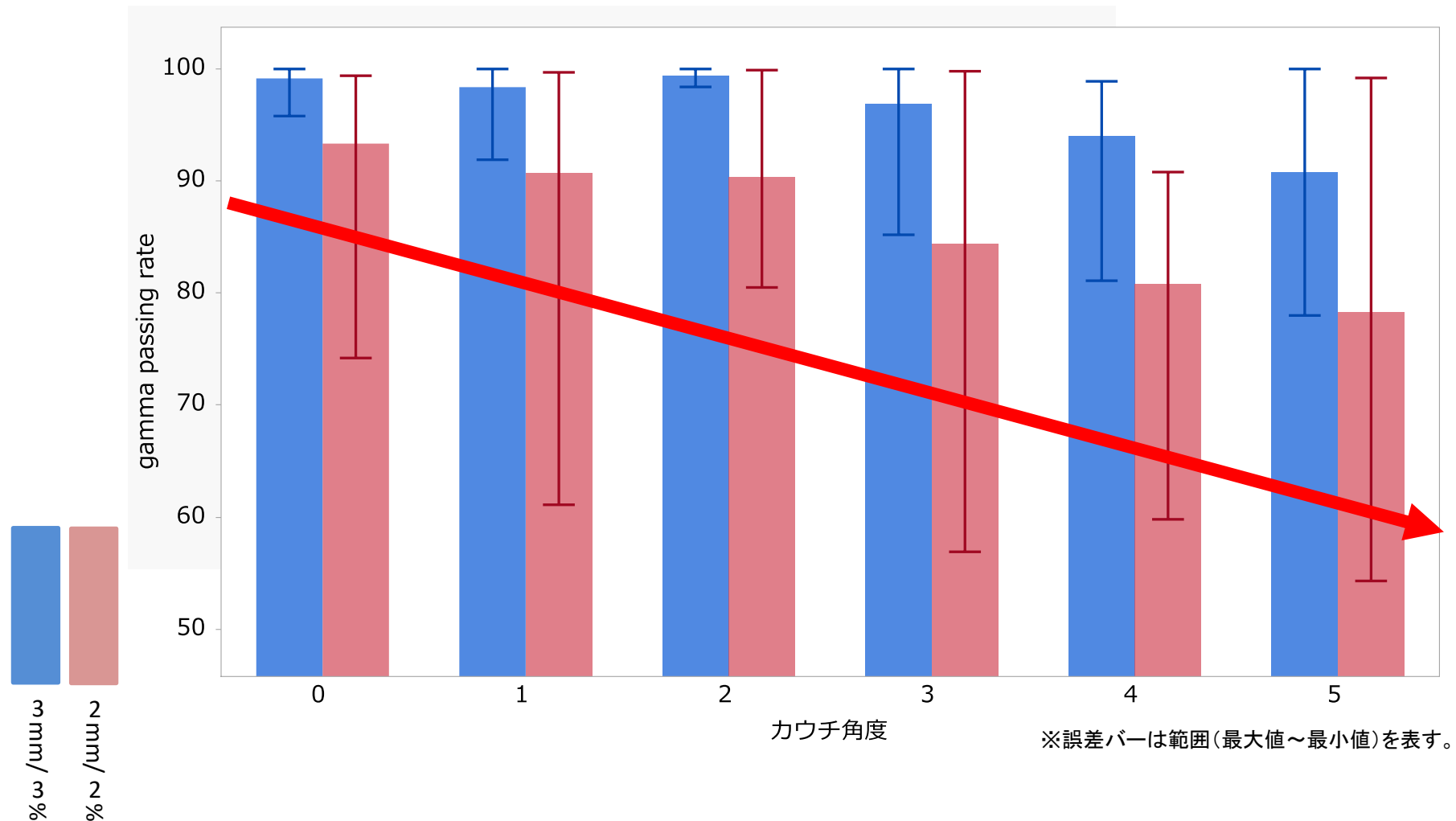
- Delta4 Phantom+ 本体の傾きを回転なし(0度)から1度毎に5度まで変化させ、Delta4の中心をアイソセンタになるようにセットアップを行った。
- セットアップしたDelta4 Phantom+ を画像照合し寝台補正を行い線量分布検証を実施。



## 画像照合の落とし穴

## 寝台の回転補正角度とPass率の関係

(p&lt;0.0001)

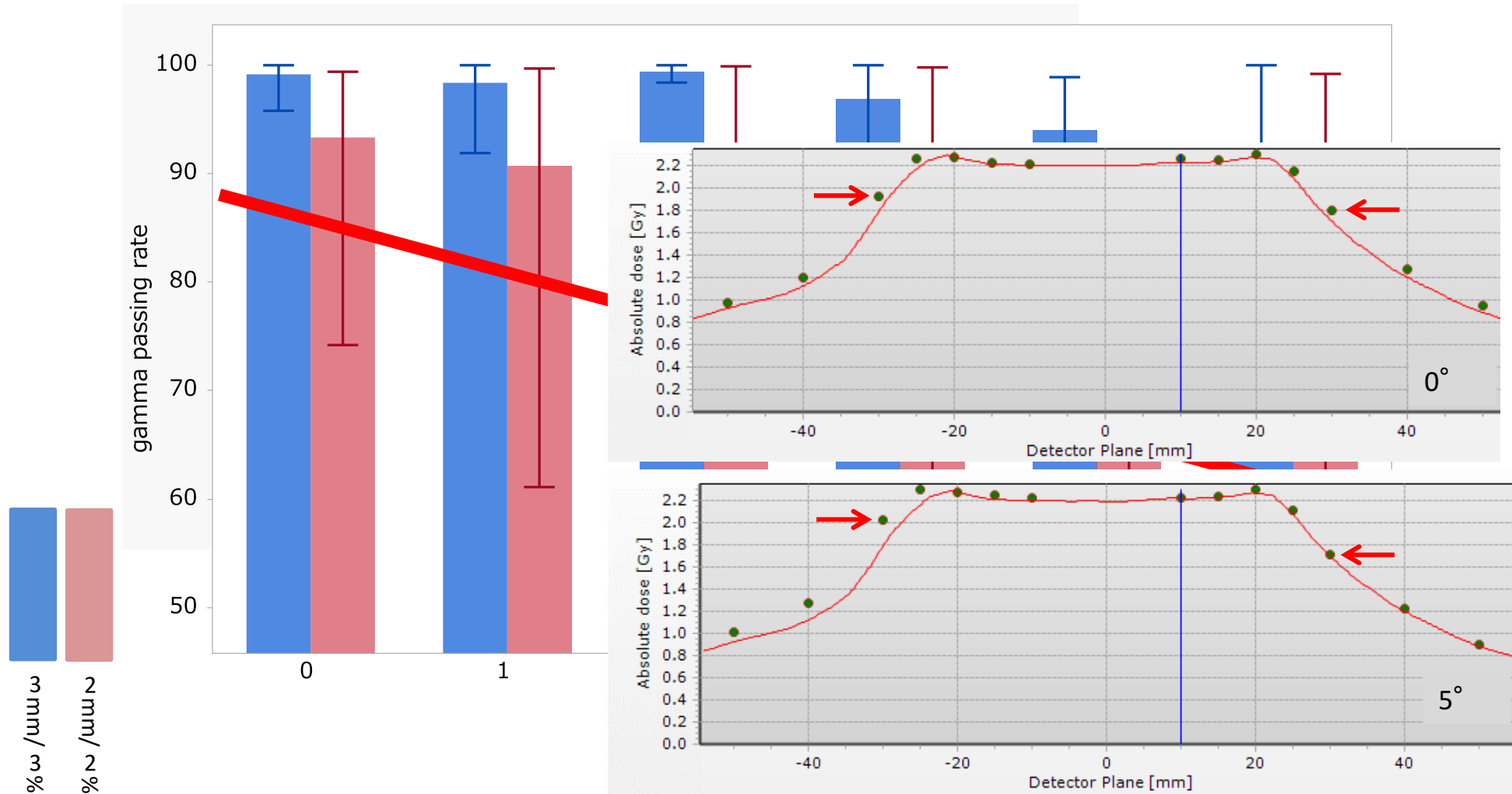




# 画像照合の落とし穴

## 寝台の回転補正角度とPass率の関係

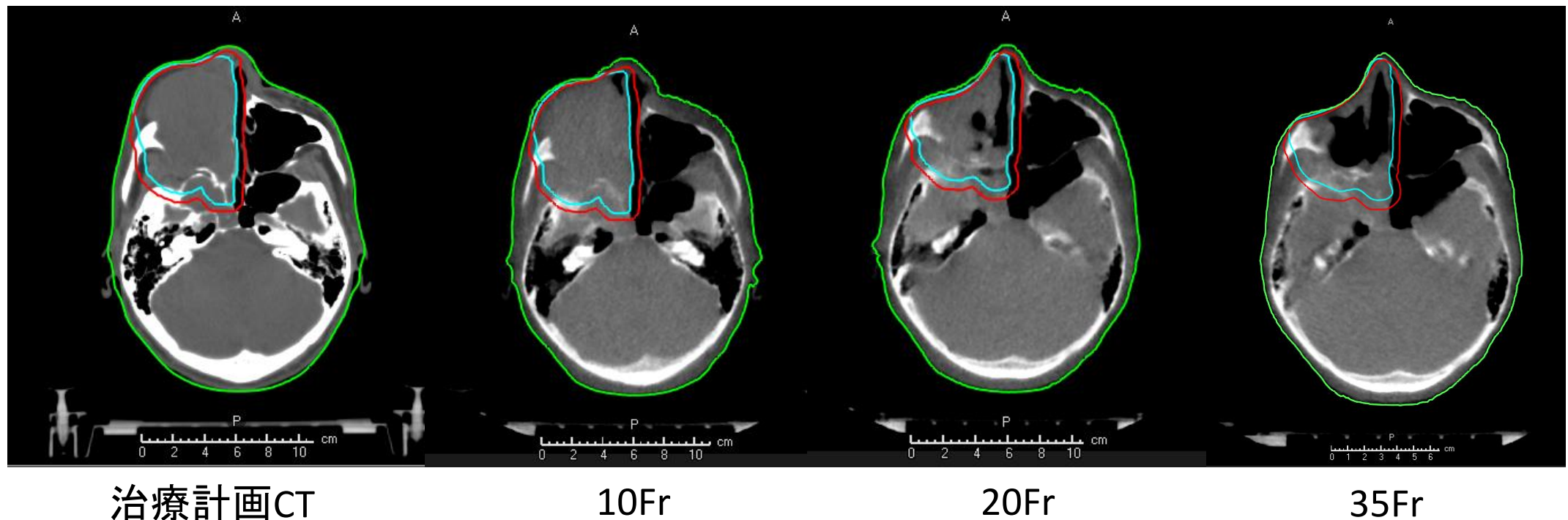
( $p < 0.0001$ )



境界部分(ペナンプラ)で顕著に線量差が左右で出ている。

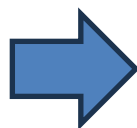
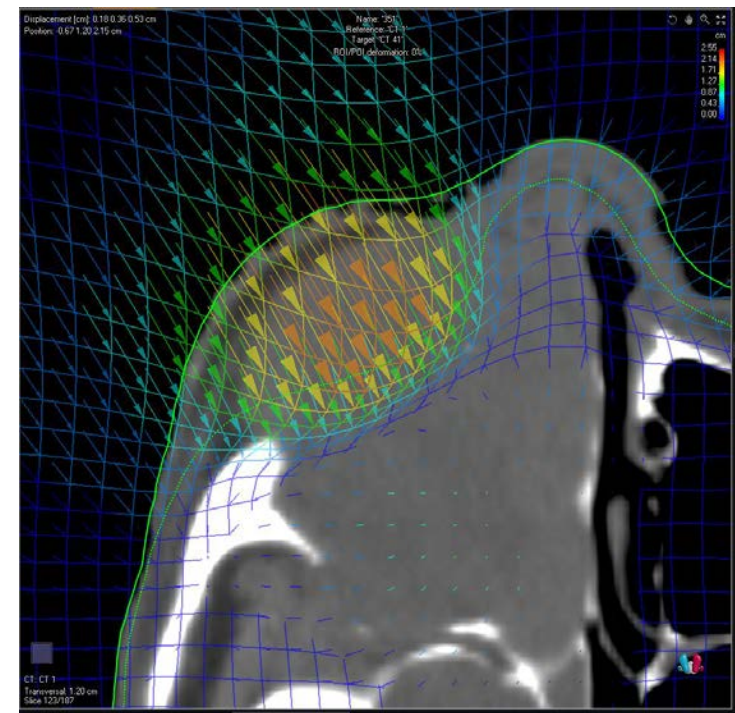
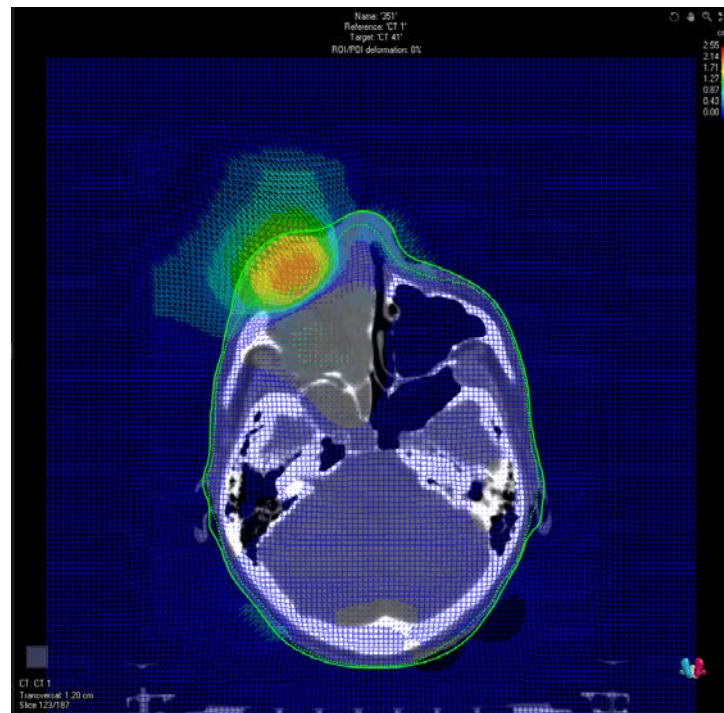
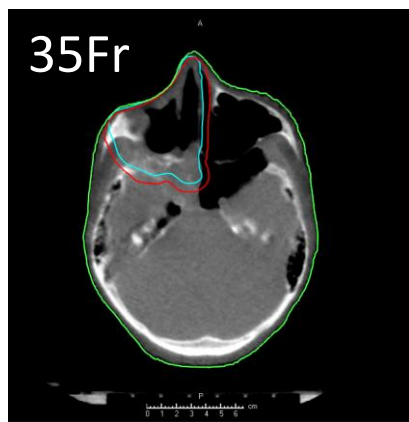
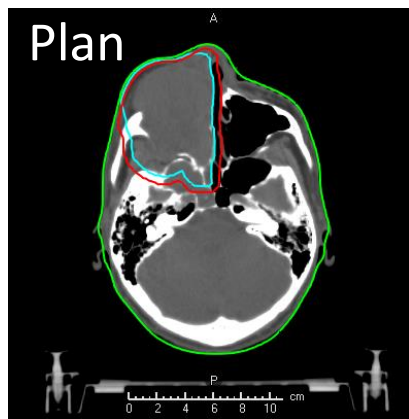
## Deformable Image Registration (DIR)を用いた経時的線量評価

- 治療期間を重ねるにつれて腫瘍の縮小や体形変化が顕著にみられることがある  
特にIMRTのような複雑な線量分布では影響大



## Deformable Image Registration (DIR)を用いた経時的線量評価

画像（線量分布）を変形させて治療期間中の体型変化の影響を評価することが可能

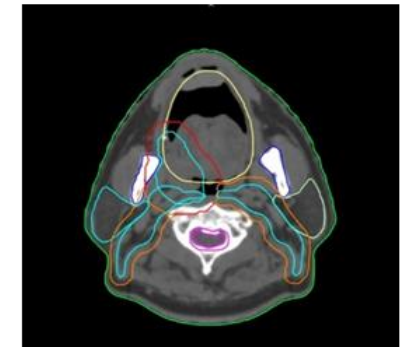
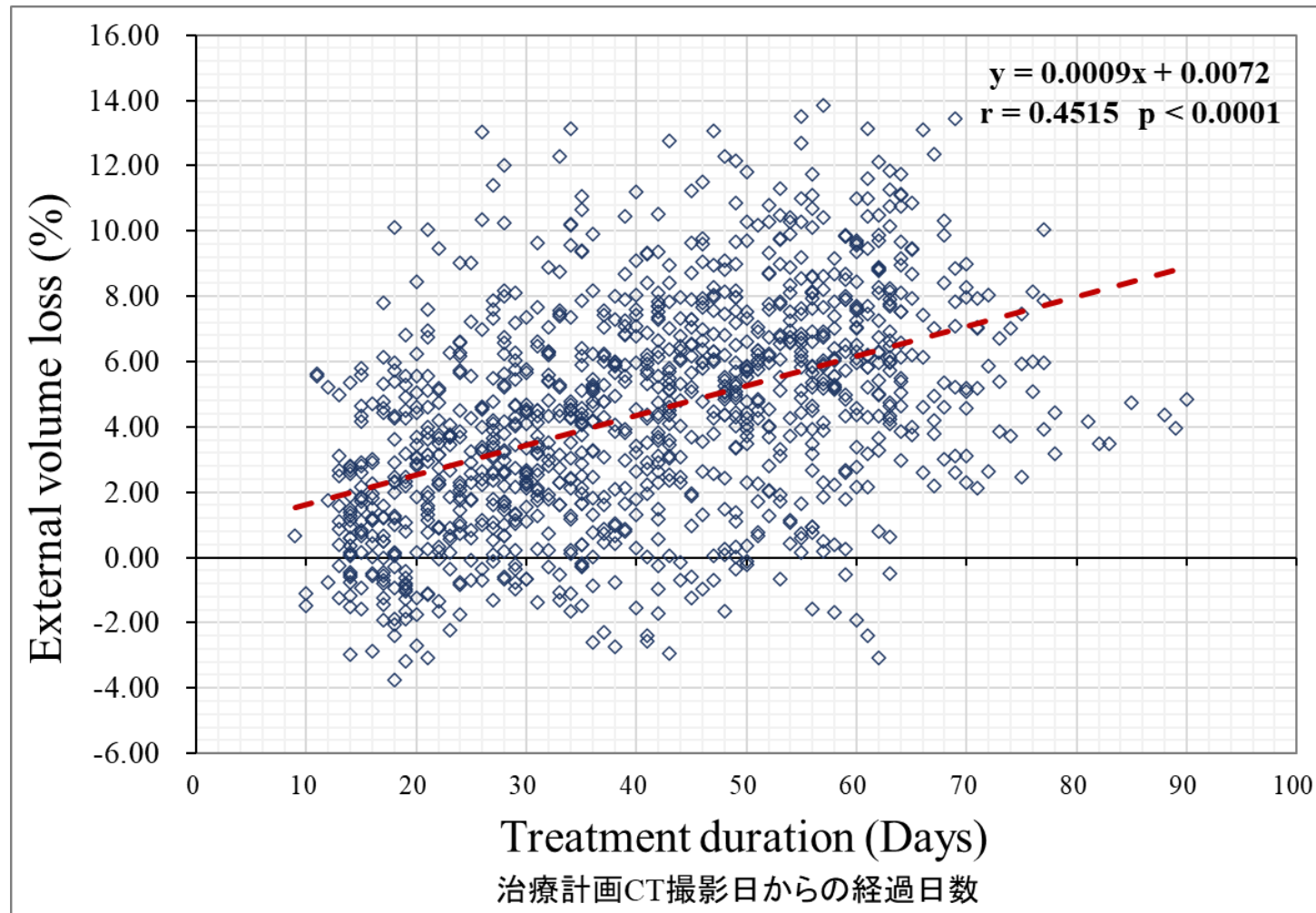


- 治療期間中の病巣の変化や臓器の位置移動や変形がみられた場合  
DIRを用いた線量評価を検討

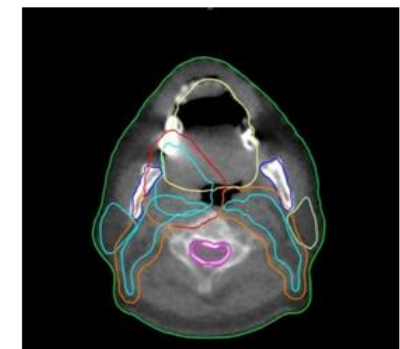


# Deformable Image Registration (DIR)を用いた経時的線量評価

中咽頭癌及び下咽頭癌に対する放射線治療期間中の頭頸部体積変化



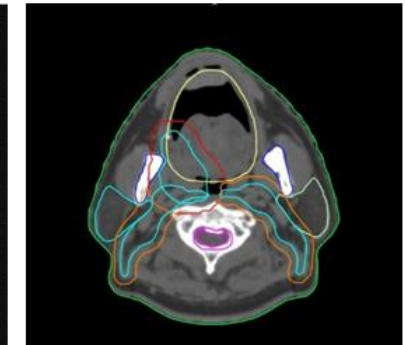
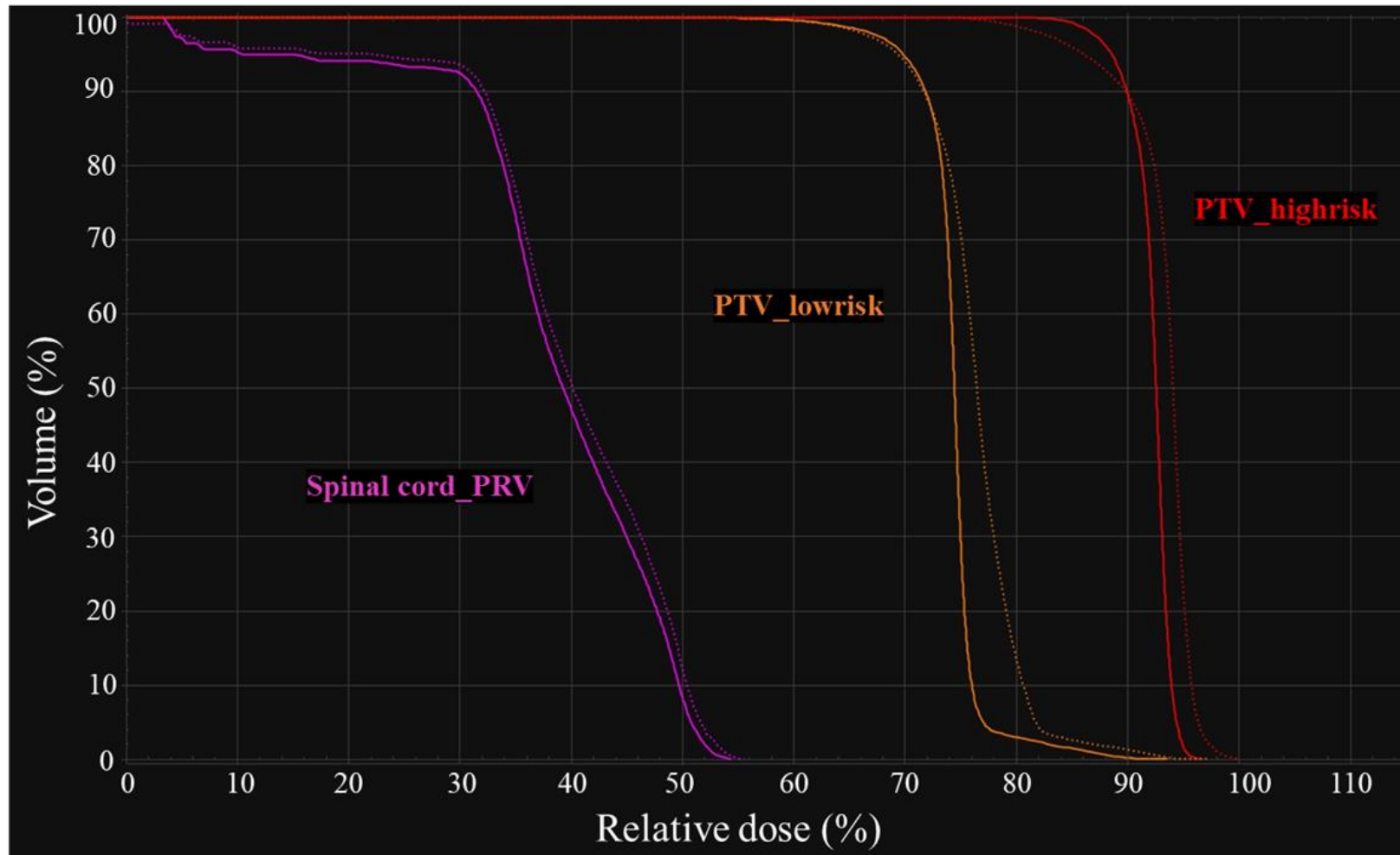
治療計画時



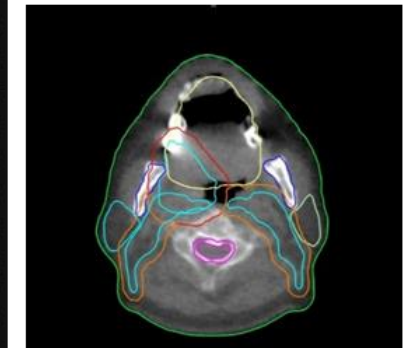
最終治療時

10%以上の体輪郭変化を有する症例もみられた

## Deformable Image Registration (DIR)を用いた経時的線量評価



治療計画時



最終治療時

— 治療計画時  
 ..... 最終治療時

### Dose – Volume Histogram (DVH)

PTVの線量均一性が崩れ、高線量域の増大が起こる



体輪郭変化時は注意が必要

昭和大学病院におけるIMRTの実臨床について  
簡単に紹介させて頂きました。

各施設で実施しているIMRTでの改善に寄与  
すれば幸いです。



ご清聴ありがとうございました。