



カウチモデリング

Topics

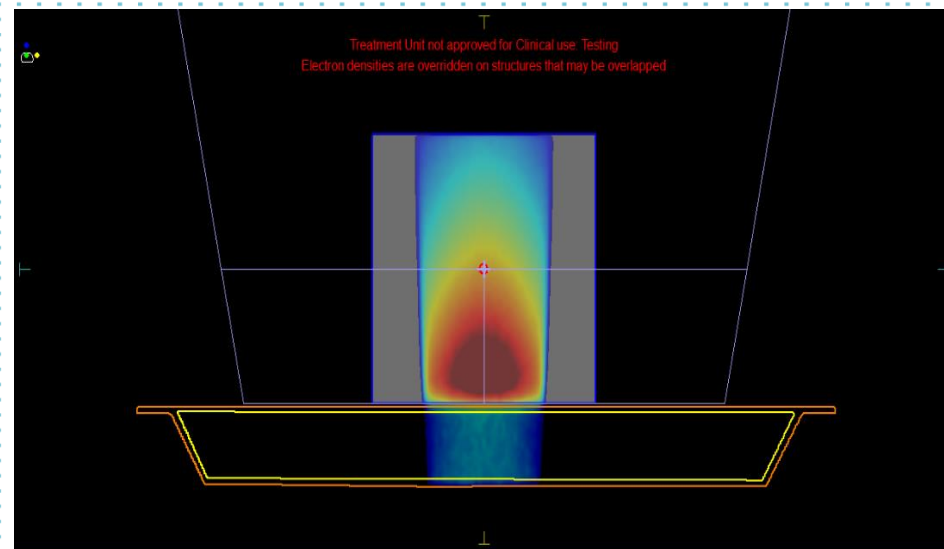
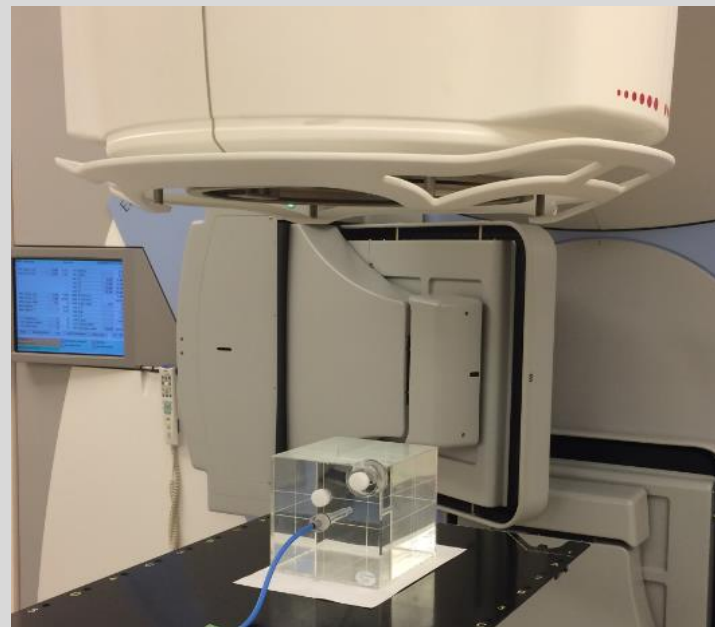
カウチモデリングの概要

実測

Monacoでのプラン作成方法

カウチの相対電子密度の決定

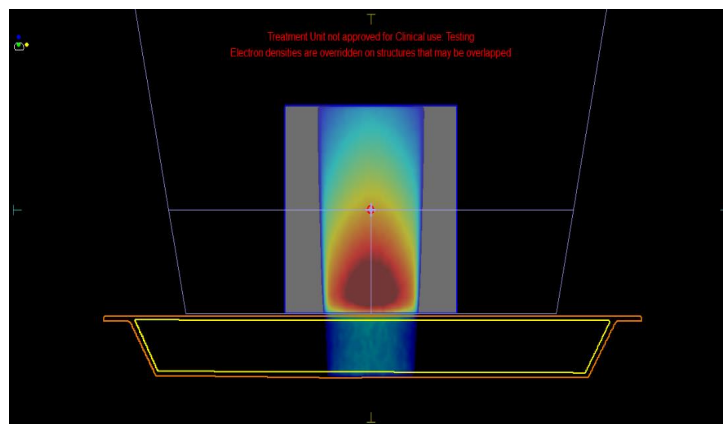
カウチライブラリへの登録



カウチモデリングの概要

- カウチを通過するビームでは**線量吸収**が問題となります。
- 照射される線量と計画での線量に差異が生じることが予測されます。
- 実際に照射される線量を正確に再現するには計画装置上で**カウチの補正**を行うことが望ましいとされています。
- 補正はカウチの**相対電子密度**を調整することによって行います。

カウチの輪郭作成から補正までを**カウチモデリング**と呼んでいます



カウチモデリングの流れ



□ 実測



□ プラン作成

- カウチのImport
- ビーム配置・線量計算



□ カウチモデリング

- 実測とMonacoの計算値が合うカウチの相対電子密度を決定する



□ カウチライブラリへの登録

カウチモデリングの流れ



☒ **実測**



☐ プラン作成

- カウチのImport
- ビーム配置・線量計算



☐ カウチモデリング

- 実測とMonacoの計算値が合うカウチの相対電子密度を決定する



☐ カウチライブラリへの登録

使用機器と測定条件



実測

実測(使用機器と測定条件)

治療機：Elekta Synergy

カウチ：iBeam evo

ファントム：立方体水等価ファントム(RT3000)

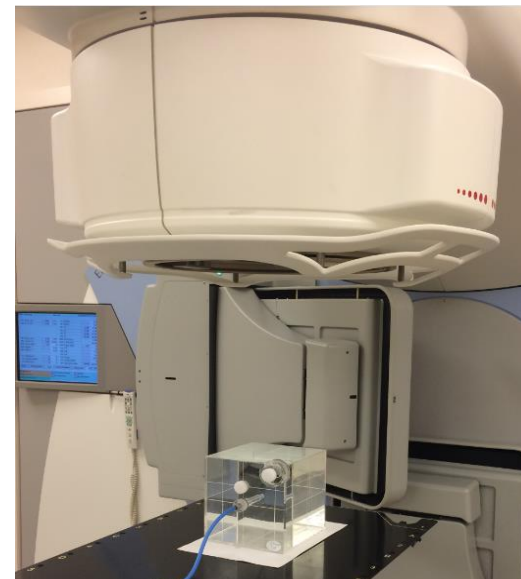
検出器：Farmer型電離箱 (PTW 30013)

ガントリ角度： G0,G30,G47,G60,G90,G120,
G133,G150,G180

エネルギー：4, 6, 10, 6FFF, 10FFF

照射野：10cmx10cm

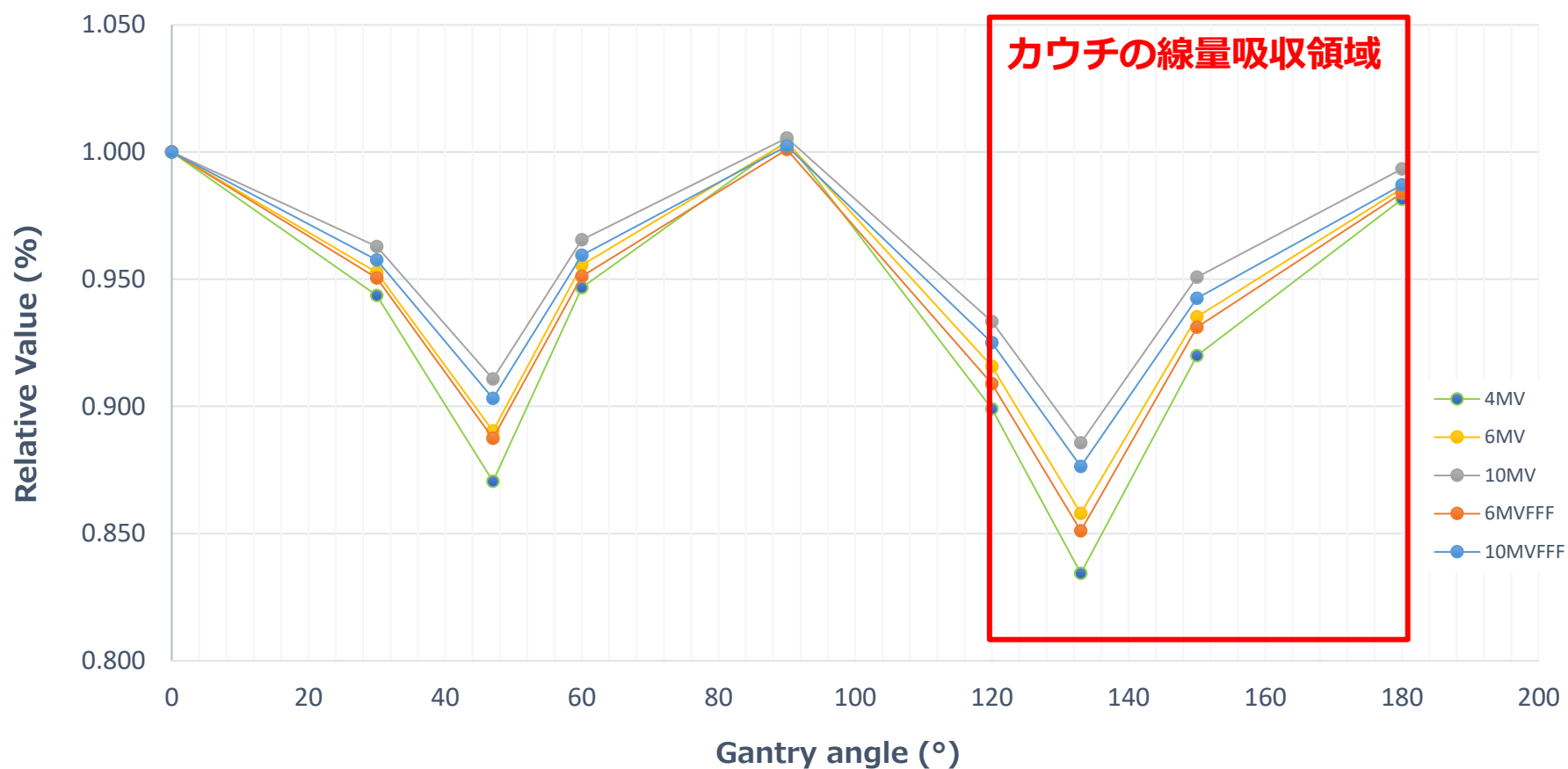
照射MU：100MU



各ガントリー角度における測定値



実測



ガントリー角度0度で測定値を正規化した結果

カウチモデリングの流れ



☒ 実測



☒ **プラン作成**

- カウチのImport
- ビーム配置・線量計算



☐ カウチモデリング

- 実測とMonacoの計算値が合うカウチの相対電子密度を決定する



☐ カウチライブラリへの登録

プラン作成

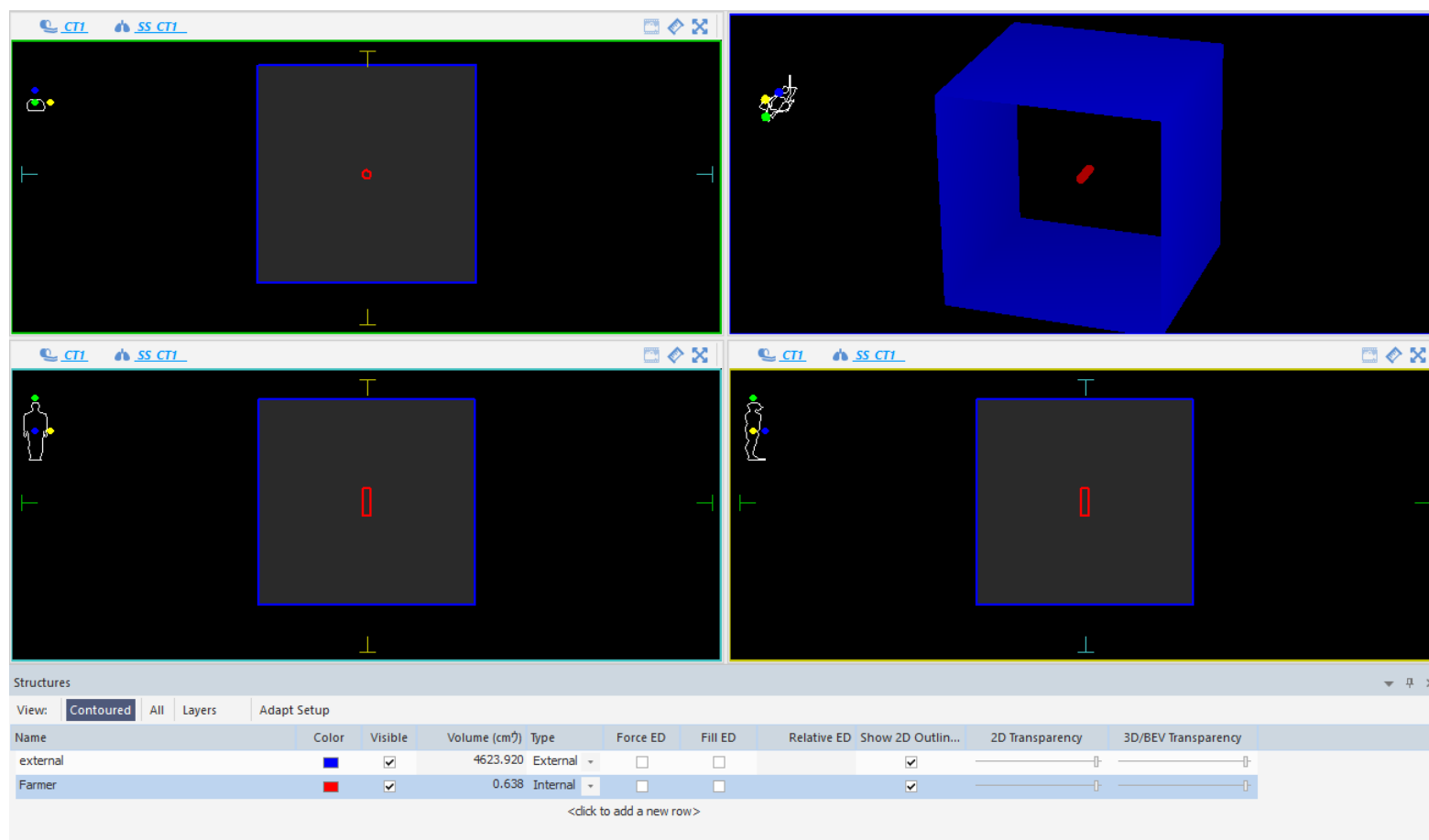


Monaco

実測と同じ条件をMonacoで再現します。

実測で使用したファントムを選択します。

※このビデオではRT3000を使用します



プラン作成



Monaco

New Monaco Plan

Delivery : 3D

Anatomical Site : ALL

Select template to import :
DEFAULT3D1beam

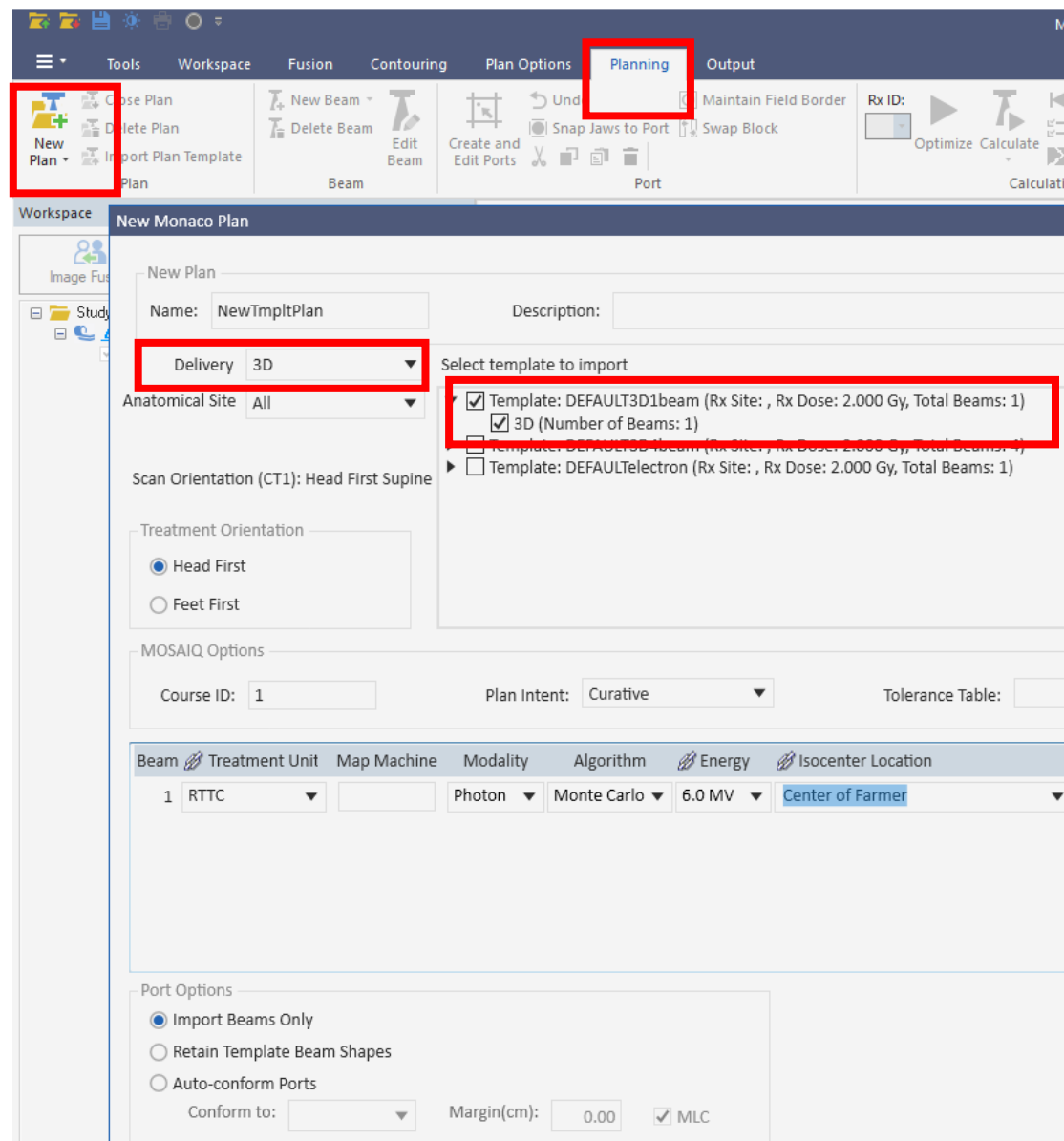
Treatment Orientation : Head First

Algorithm : Monte Carlo

Energy : エネルギーを選択

Isocenter Location : Center of Farmer

※ご施設で行う場合、エネルギー、計算アルゴリズムすべての組み合わせで確認する必要があります。

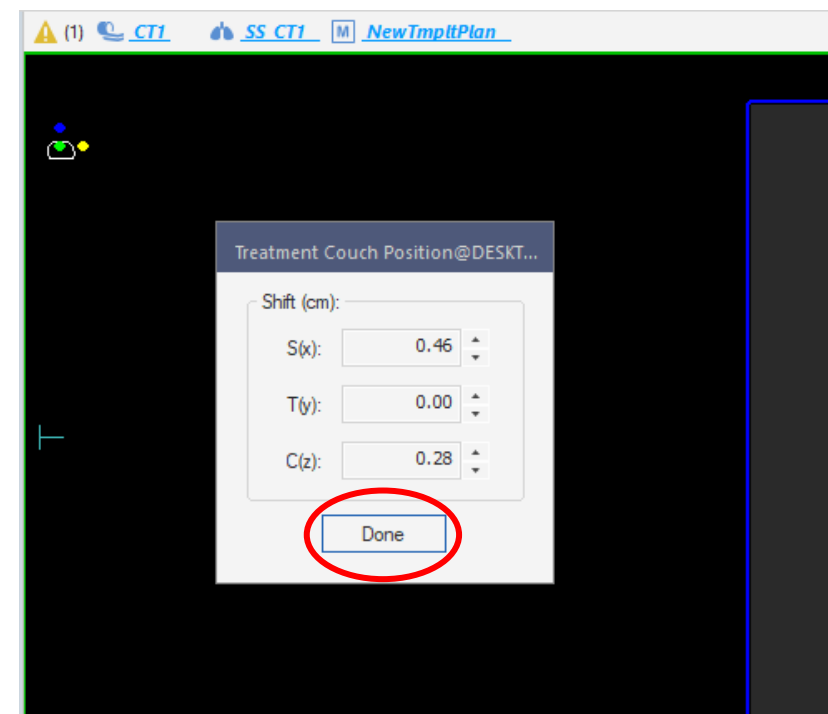
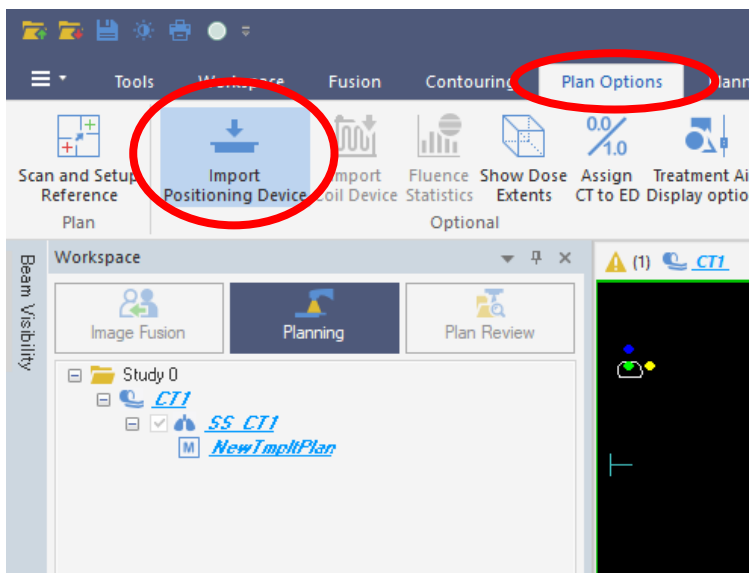


カウチのImport



Monaco

- ① [Plan Option]タブから[Import Positioning Device]を押す
- ② Import Treatment CouchでsampleElektaを選択
- ③ Treatment Couch Positionで体輪郭に接する部分まで移動させてDoneを押す



Elekta

ビーム配置・線量計算



Monaco

ビーム : 9本

ガントリ角度 : 0,30,47,60,90,120,133,150,180度

照射野 : 10cmx10cm

照射MU : 100MU

Calculation Properties

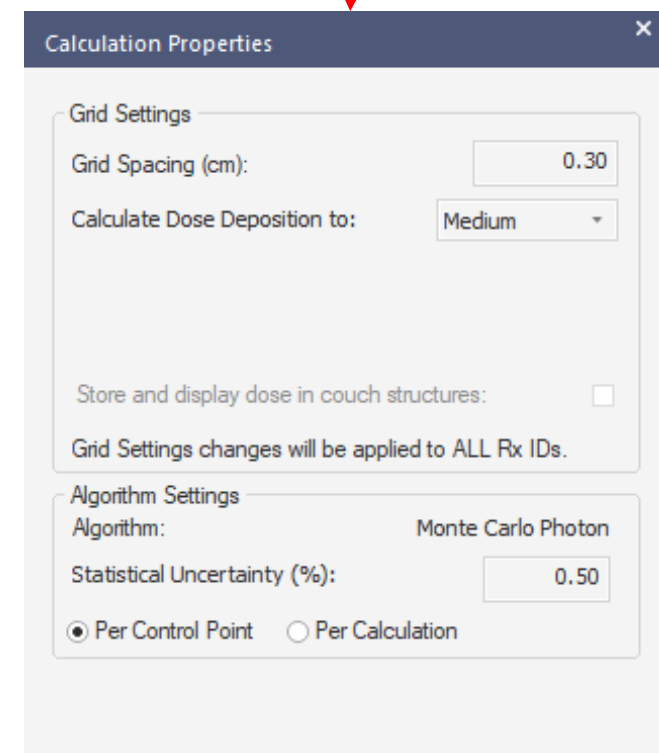
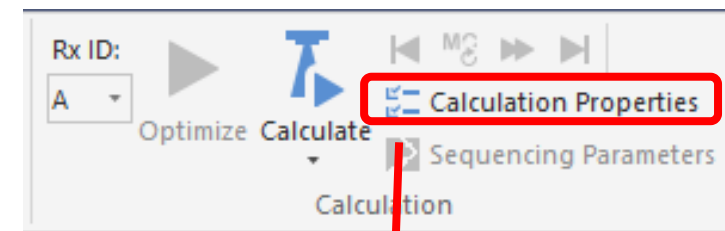
Grid Spacing : 0.3cm

Calculate Dose Deposition to : Dose to Medium

Statistical Uncertainty : 0.5% (Per Control Point)

※グリッドサイズは臨床で使用する大きさで行います。

モンテカルロの場合、Statistical Uncertaintyは厳しめの条件で行います。



カウチモデリングの流れ



☒ 実測



☒ プラン作成

- カウチのImport
- ビーム配置・線量計算



☒ **カウチモデリング**

- **カウチの相対電子密度を決定する**



☐ カウチライブラリへの登録

カウチの相対電子密度を決定する



カウチモデリング

- Monacoのサンプルカウチには以下のStructuresがあります。

Foam Core

Carbon Fiber

- Structureの相対電子密度を変更し(Force EDにチェックを入れ、Relative EDで数値入力)、実測値に近づけていきます。

※カウチ全体を1つのStructuresとする方法もあります。

その場合、上記2つに同じ値を入力するか、Foam Coreを消します。

Type	Force ED	Fill ED	Relative ED	Show 2D Outlin...
Couch	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.600	<input checked="" type="checkbox"/>
External	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>
Internal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>
Couch	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.010	<input checked="" type="checkbox"/>

Name	Color	Visible	Volume (cm³)	Type	Force ED	Fill ED	Relative ED	Show 2D Outlin...
Carbon Fiber		<input checked="" type="checkbox"/>	4577.794	Couch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
external		<input checked="" type="checkbox"/>	4623.920	External	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Foam Core		<input checked="" type="checkbox"/>	0.630	Internal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Foam Core		<input checked="" type="checkbox"/>	3781.517	Couch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>

カウチの相対電子密度を決定する



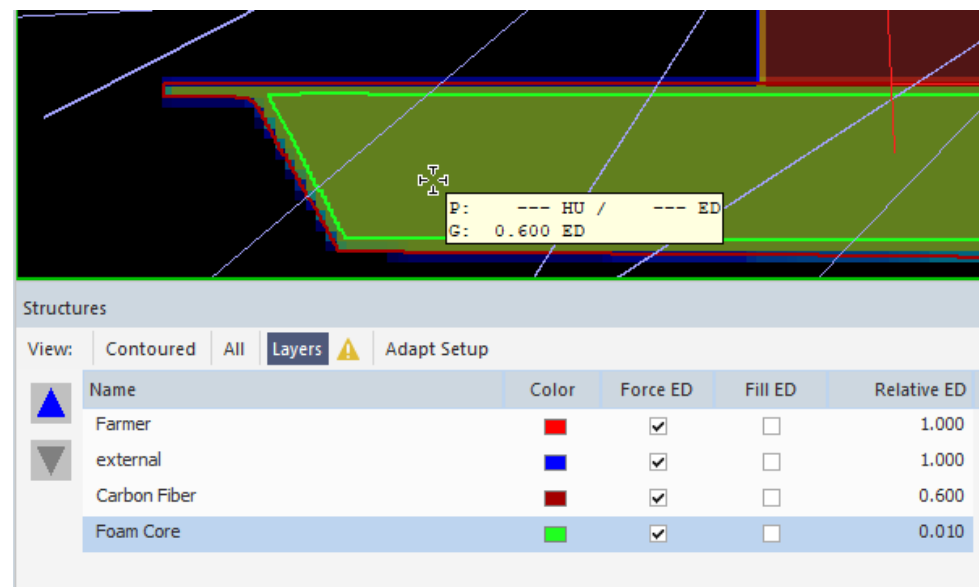
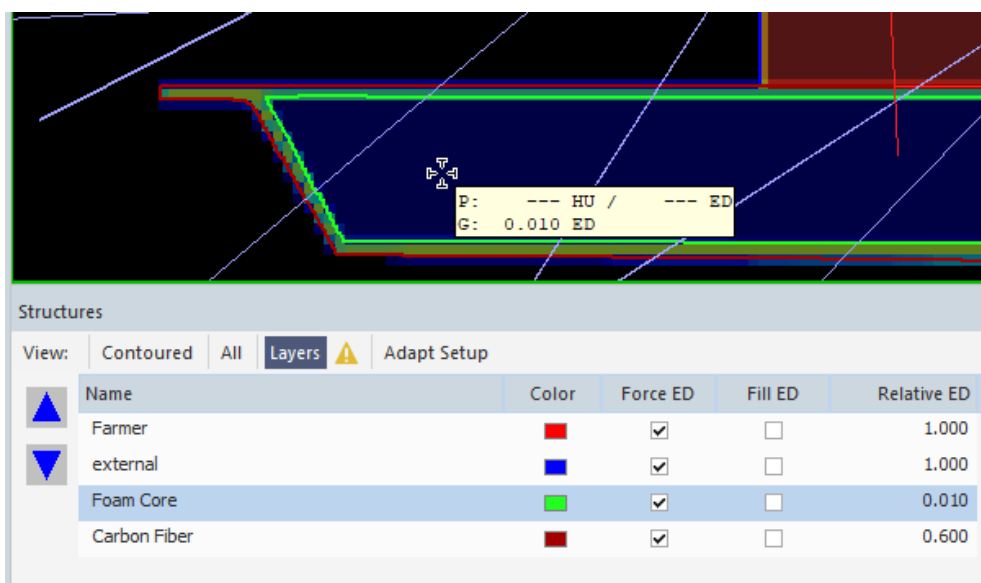
Layersを確認してください

- プランニングコントロール

[Structures]-[Layers]

並びによってRelative EDが反映されない場合があります。

内側ほどLayersの上位にしないといけません。



カウチの相対電子密度を決定する



Couchのチェックを確認してください

- プランニングコントロール
[Beams]-[Treatment Aids]

“Couch”にチェックが入っているか確認してください。

※カウチより先にビームを入れた場合には、チェックを入れる必要があります。

The screenshot shows the 'Beams' window in the Elekta treatment planning system. The 'Treatment Aids' tab is selected, and the 'Couch' column in the table is highlighted with a red rectangle. The table lists 9 beams, all with 'No Wedge' and 'None' for applicator ID. The 'Couch' column contains checkmarks for all beams.

Beam	Description	Wedge ID	Angle	Orient	Port	MLC	Applicator ID	Bolus	SBD (cm)	Couch
1	0	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>
2	30	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>
3	47	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>
4	60	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>
5	90	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>
6	120	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>
7	133	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>
8	150	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>
9	180	No Wedge			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	None		---	<input checked="" type="checkbox"/>

<click to add a new beam>

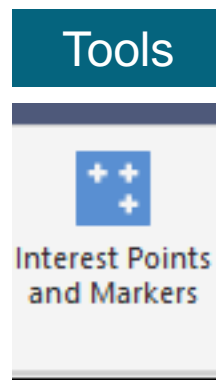
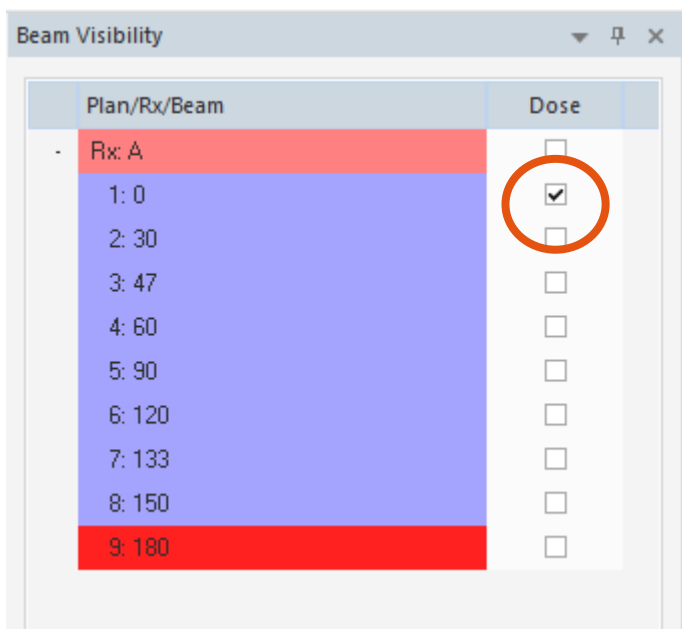
カウチの相対電子密度を決定する



カウチモデリング

Monacoの計算結果を確認

- 計算が終了したら結果の確認をします。
- ビームを一本ずつ指定し、線量確認をしましょう。



ID	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	Description	Total Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Min Do
I1	0.00	-0.05	0.00		79.2	79.1	

CCC pMC

カウチの相対電子密度を決定する

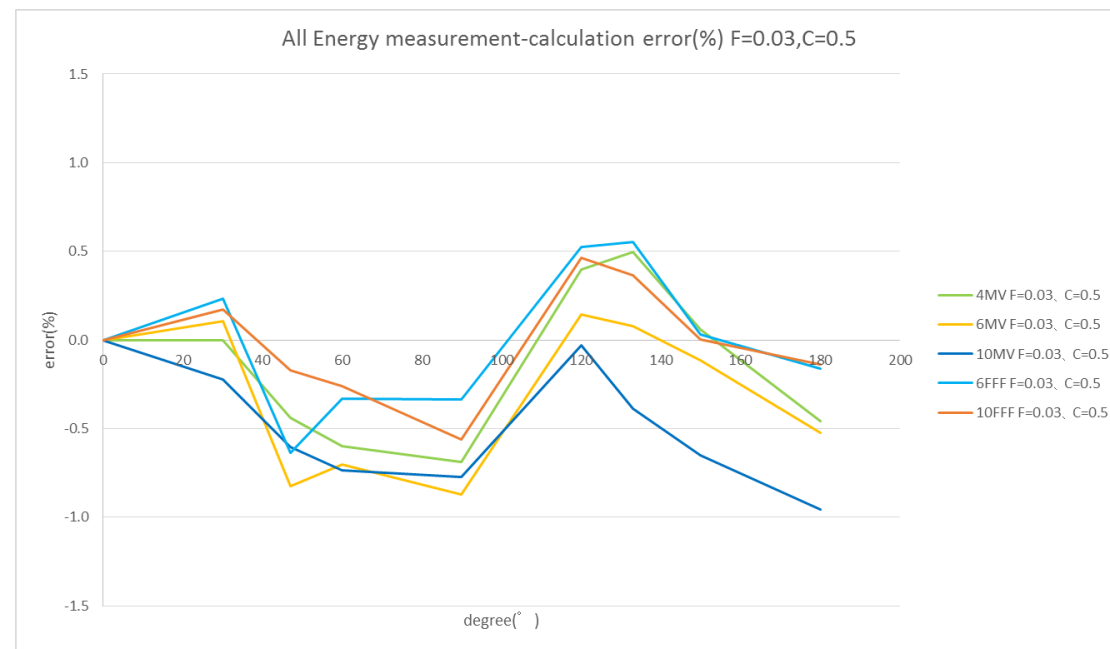


カウチモデリング

実測とMonacoの計算結果を比較

- カウチの相対電子密度を変更して、ガントリー角度ごとに実測値と計算値を比較します。

実測値									
ガントリー角度(度)	0	30	47	60	90	120	133	150	180
ガントリー0度で正規化した値	1.000	0.953	0.890	0.956	1.004	0.916	0.858	0.935	0.9857
計算値									
Carbon Fiber=0.3 C=0.3,F=0.01									
ガントリー角度(度)	0	30	47	60	90	120	133	150	180
Foam Core=0.01の計算値(cGy)									
ガントリー0度で正規化した値	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
実測値との誤差(%)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C=0.3,F=0.03									
Foam Core=0.03の計算値									
ガントリー0度で正規化した値	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
実測値との誤差(%)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C=0.3,F=0.05									
Foam Core=0.05の計算値									
ガントリー0度で正規化した値	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
実測値との誤差(%)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!



カウチの相対電子密度を決定する



カウチモデリング

カウチモデリングにおける電子密度の目安(参考)

- カウチのストラクチャを2つとする場合、
 - Carbon Fiber : **0.3-0.7** (今までのご施設の傾向は0.5から高め)
 - Foam Core : **0.01-0.05** (そこまで線量に影響が出ないため0.01と決め打ちで調整されるのも良いかもしれません。)
 - カウチのストラクチャを1つとする場合、 **0.10-0.14**
- 実測と計算の結果は2つのストラクチャーとした場合、
 - Carbon Fiber : **0.5**
 - Foam Core : **0.03**
 - 1つのストラクチャーとした場合、 0.10

カウチの相対電子密度を決定する



カウチモデリング

カウチモデリングにおける電子密度の目安(参考)



- 2018年のESTROで、Elektaカウチの密度決めに関するポスター発表がありました。
- 本ポスターでは、「Carbon Fiber」と「Foam Core」を分けて登録した場合のREDについて報告されています。

「iBeam evoをMonacoで再現する場合、sampleElektaを使ってCarbon fiber 0.6, Foam core 0.05に設定すればよい。」

【Poster Num: 1836 - -EP】

Esmeralda Poli, 他

“Validation of Elekta couch modeling for dose calculation in the Monaco treatment planning system”

カウチモデリングの流れ



☑ 実測



☑ プラン作成

- カウチのImport
- ビーム配置・線量計算



☑ カウチモデリング

- カウチの相対電子密度を決定する



☑ カウチライブラリへの登録

カウチライブラリへの登録

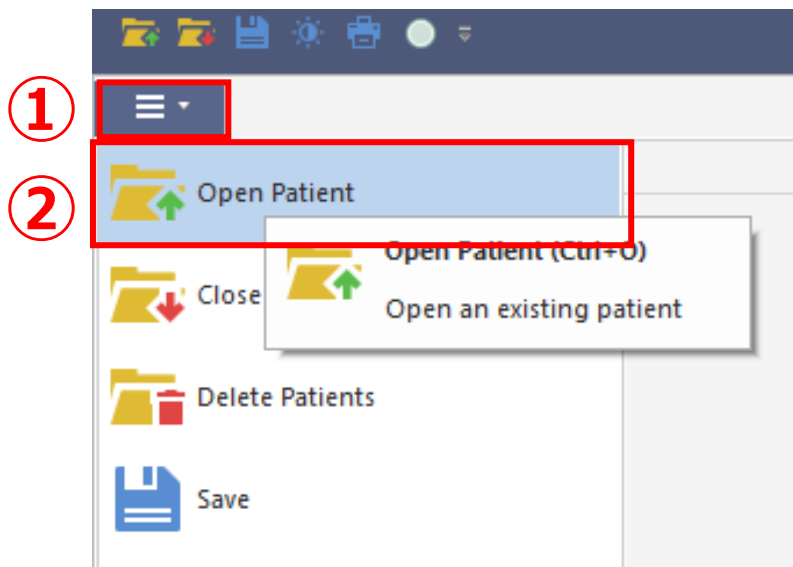


カウチライブラリ
への登録

密度決定が終了したら…

• カウチの密度登録や削除は**カウチライブラリ**で行います。

- ① Monacoアプリケーションボタンをクリック
- ② Open Patientを選択



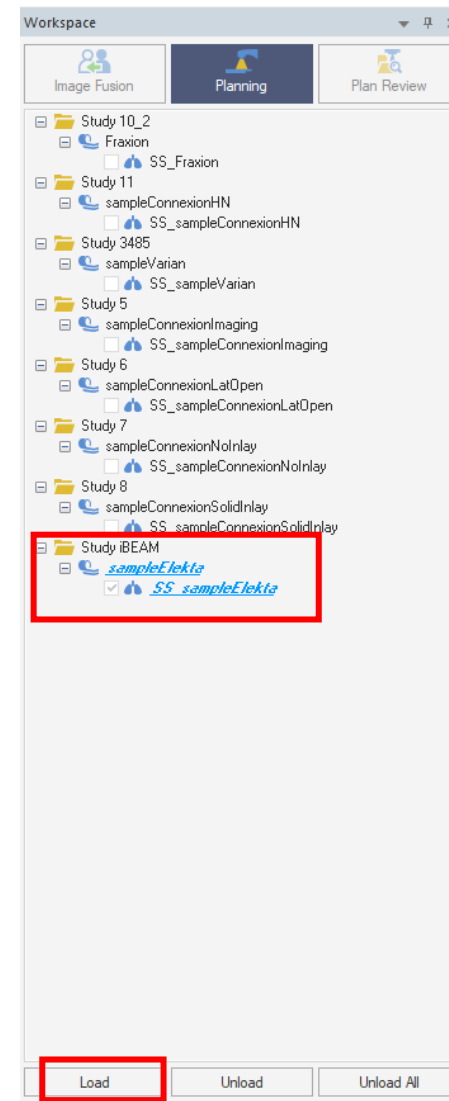
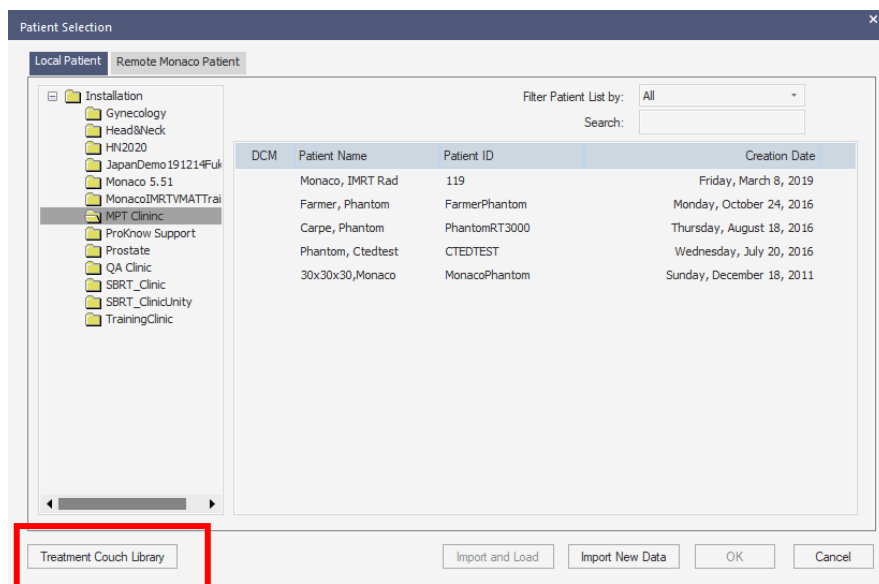
カウチライブラリへの登録



カウチライブラリ
への登録

密度決定が終了したら...

- ③ Patient Selectionウインドウの左下にある
Treatment Couch Libraryを選択して開きます
- ④ **sampleElekta**を選択しLoad



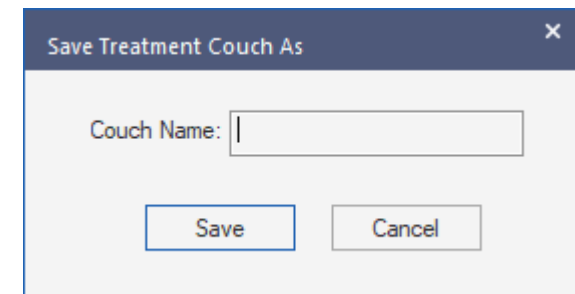
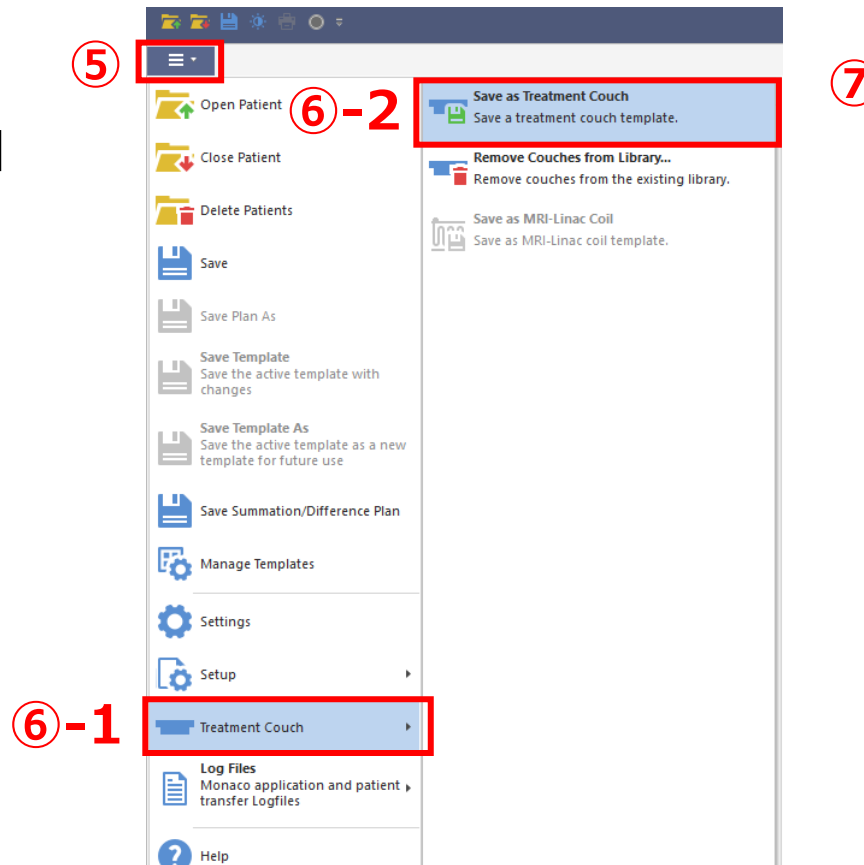
カウチライブラリへの登録



カウチライブラリ
への登録

密度決定が終了したら...

- ⑤ Monacoアプリケーションボタンをクリック
- ⑥ Treatment CouchからSave as Treatment Couchを選択
- ⑦ 名前をつけて保存
(コピーを作成)
- ⑧ 作成したカウチをLoad



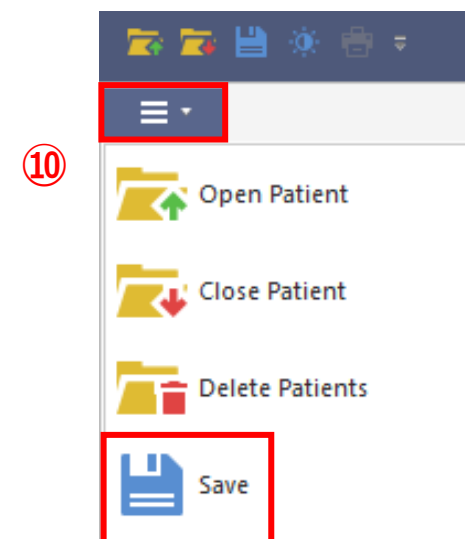
カウチライブラリへの登録



カウチライブラリ
への登録

密度決定が終了したら...

- ⑨ カウチモデリングで調整した相対電子密度を "Relative ED"に入力して登録
- ⑩ MonacoアプリケーションボタンをクリックしSavaする



カウチライブラリへの登録



カウチライブラリ
への登録

カウチライブラリにカウチを登録する場合

・カウチのCT画像を使用したい場合は、輪郭を作成しカウチライブラリに登録する必要があります





① 登録したいカウチのCTをLoad

② カウチの輪郭を作成

ここまでは治療計画時と同様の手順です

③ 作成したStructureのTypeをCouchにしてください

④ 先ほどと同様の手順でカウチライブラリへ登録してください

Structures								
View:	Contoured	All	Layers	Adapt Setup				
Name	Color	Visible	Volume (cm ³)	Type	Force ED	Fill ED	Relative ED	S
Carbon Fiber		<input checked="" type="checkbox"/>	4588.296	Couch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
external		<input checked="" type="checkbox"/>	4623.920	External	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Farmer		<input checked="" type="checkbox"/>	0.638	Internal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Foam Core		<input checked="" type="checkbox"/>	3783.031	Couch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<click to add a new row>								

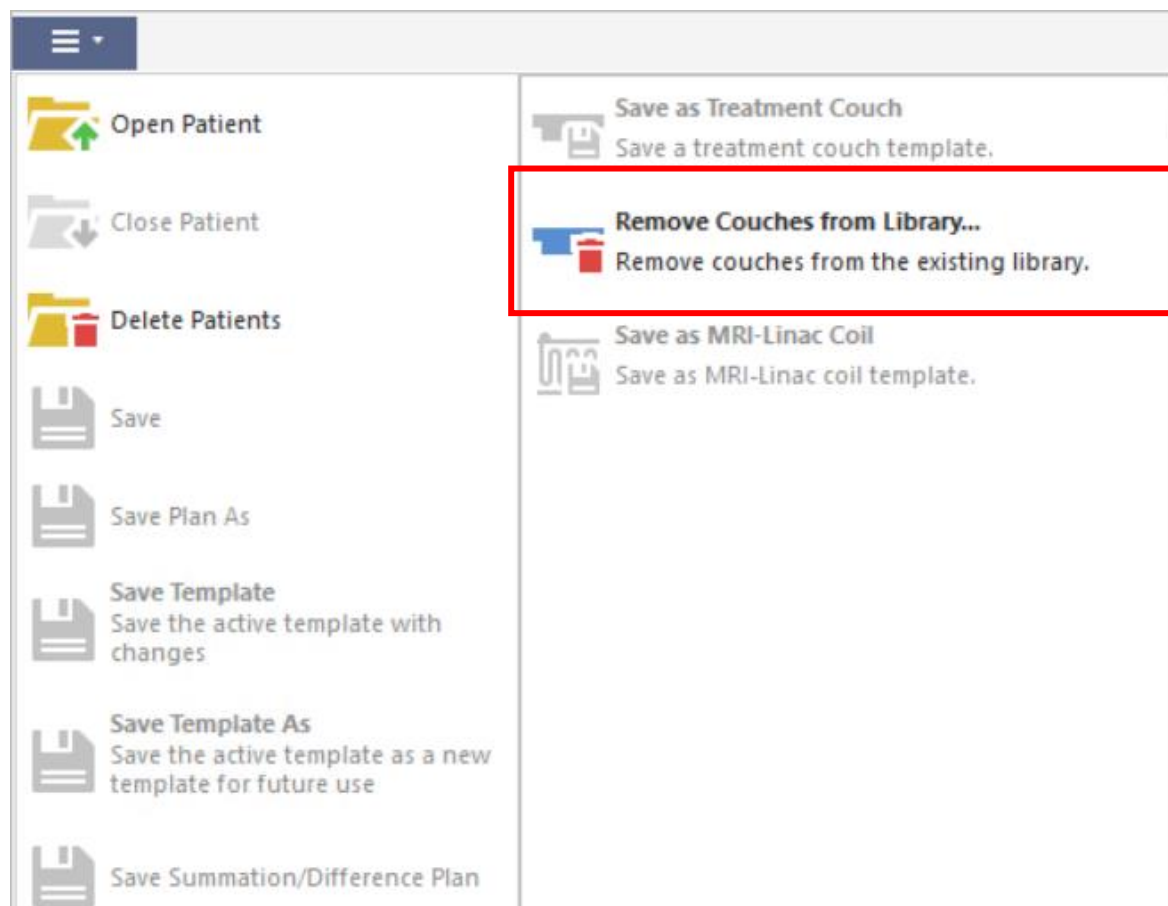
カウチライブラリへの登録



カウチライブラリ
への登録

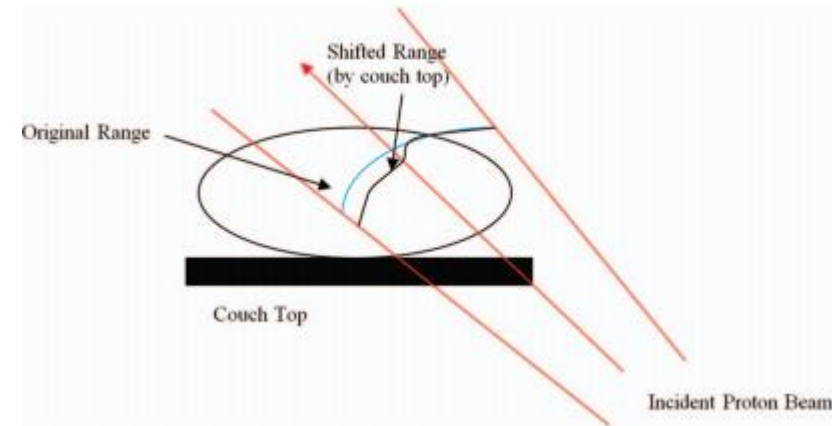
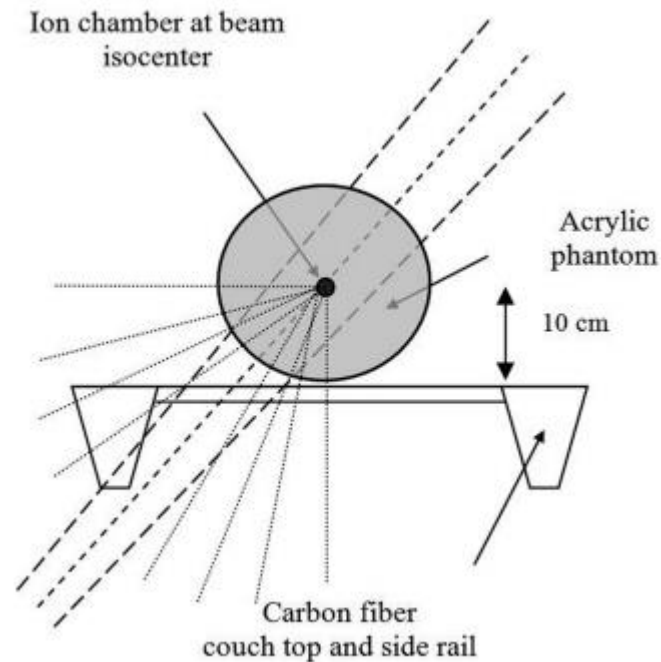
カウチライブラリにカウチを削除する場合

- **Remove Couches from Library**から行います。



カウチモデリングに関する文献

- AAPM Task Group Report 176
- “Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices”





Thank you

参考資料

- 次ページから、カウチモデリングの手法をご紹介します。

カウチモデリングの手法

- 以下の異なる2つの手法でカウチモデリングを実施しました。

手法A(固定多門)

- ビーム : 9本
- セットアップ確認用 : G330, G30
- 正規化用 : G0
- カウチモデリング用 : G47, G60, G90, G120
G133, G150, G180
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU

手法B (アーク照射を含む)

- ビーム : 5本
- セットアップ用 : G150, G210
- 正規化用 : G0
- カウチモデリング用 : G180, PostArc10x10
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU (G180),
200MU (PostArc10x10)

カウチモデリングの手法

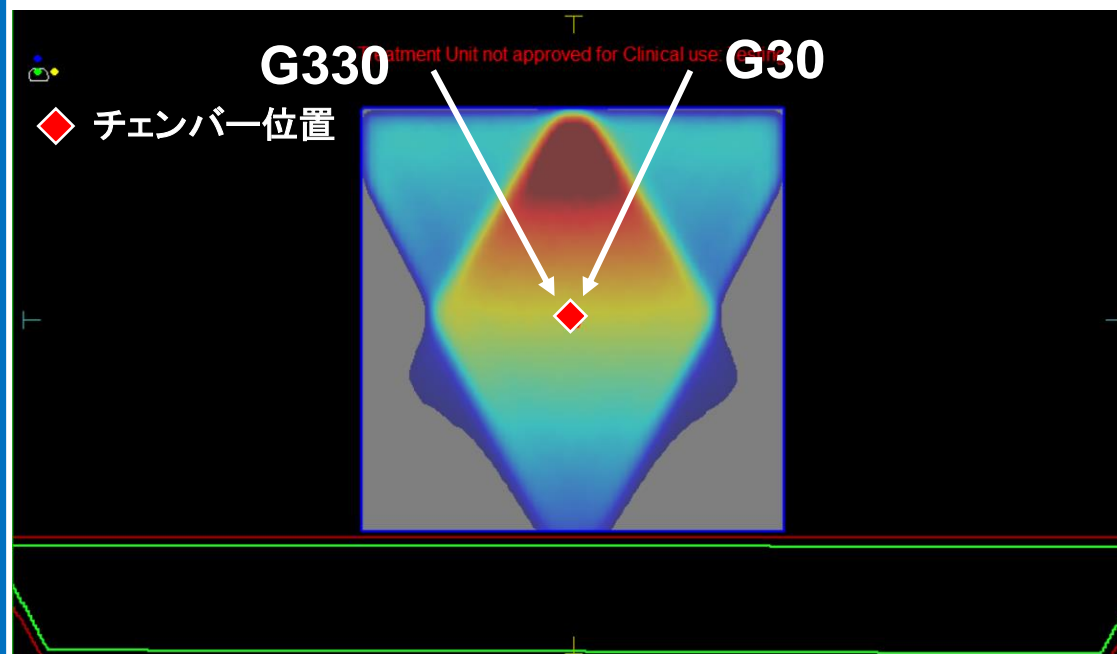
- 以下の異なる2つの手法でカウチモデリングを実施しました。

手法A(固定多門)

- ビーム : 9本
- セットアップ確認用 : G330, G30
- 正規化用 : G0
- カウチモデリング用 : G47, G60, G90, G120
G133, G150, G180
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU

セットアップ確認用:

2つのガントリー角度の出力(nC)を実測し、セットアップに問題がないことを確認する



*仮想ファントム (Axial断面)

カウチモデリングの手法

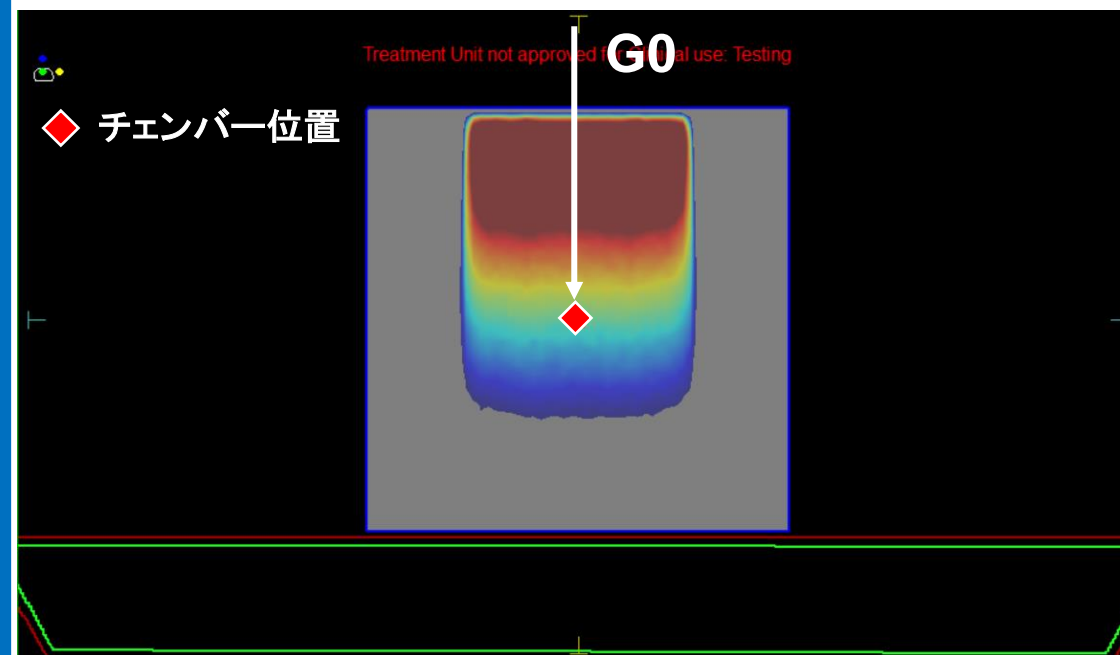
- 以下の異なる2つの手法でカウチモデリングを実施しました。

手法A(固定多門)

- ビーム : 9本
- セットアップ確認用 : G330, G30
- 正規化用 : G0
- カウチモデリング用 : G47, G60, G90, G120
G133, G150, G180
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU

正規化用:

各ガントリー角度で測定された実測値(nC)をG0の実測値で正規化する



*仮想ファントム (Axial断面)

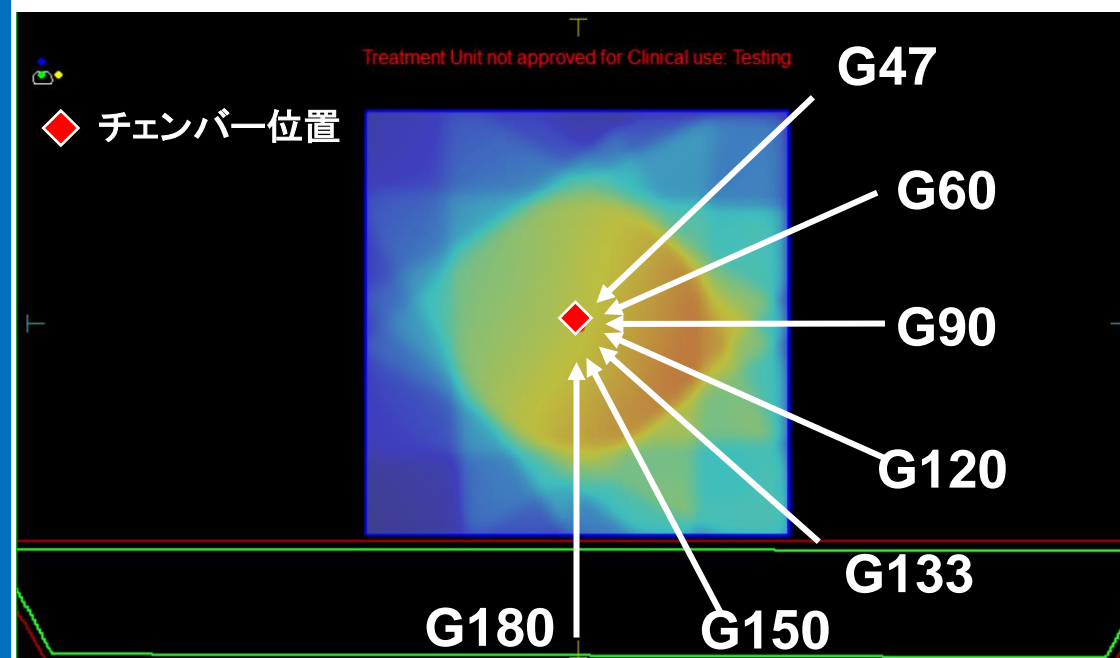
カウチモデリングの手法

- 以下の異なる2つの手法でカウチモデリングを実施しました。

手法A(固定多門)

- ビーム : 9本
- セットアップ確認用 : G330, G30
- 正規化用 : G0
- カウチモデリング用 : G47, G60, G90, G120
G133, G150, G180
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU

カウチモデリング用



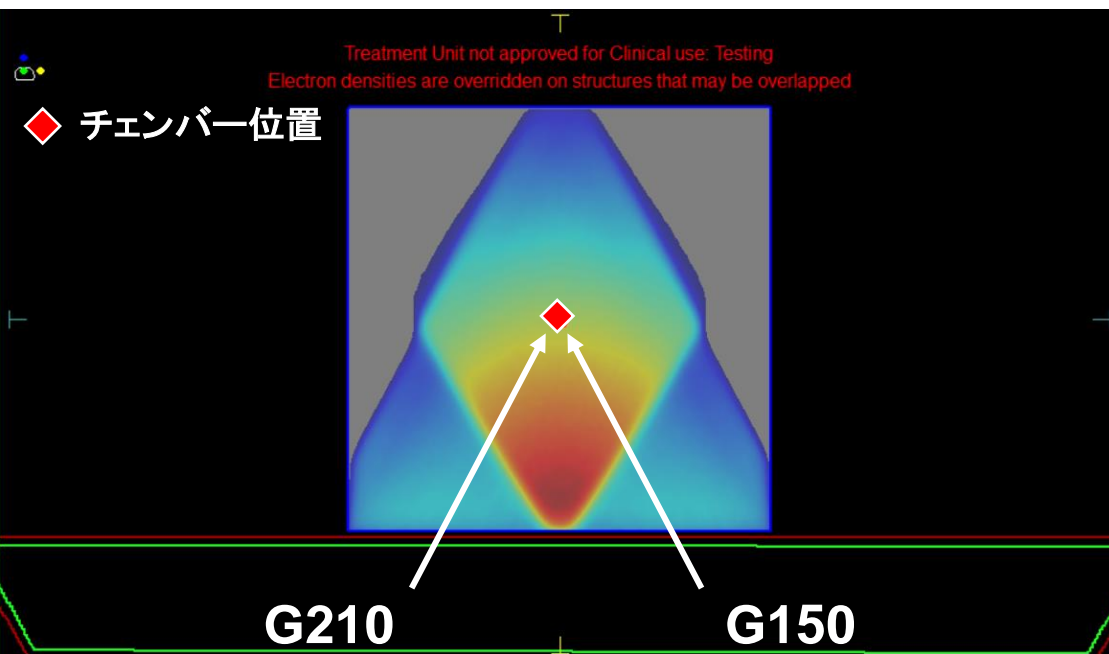
*仮想ファントム (Axial断面)

カウチモデリングの手法

- 以下の異なる2つの手法でカウチモデリングを実施しました。

セットアップ確認用:

2つのガントリー角度の出力(nC)を実測し、セットアップに問題がないことを確認する



*仮想ファントム (Axial断面)

手法B (アーク照射を含む)

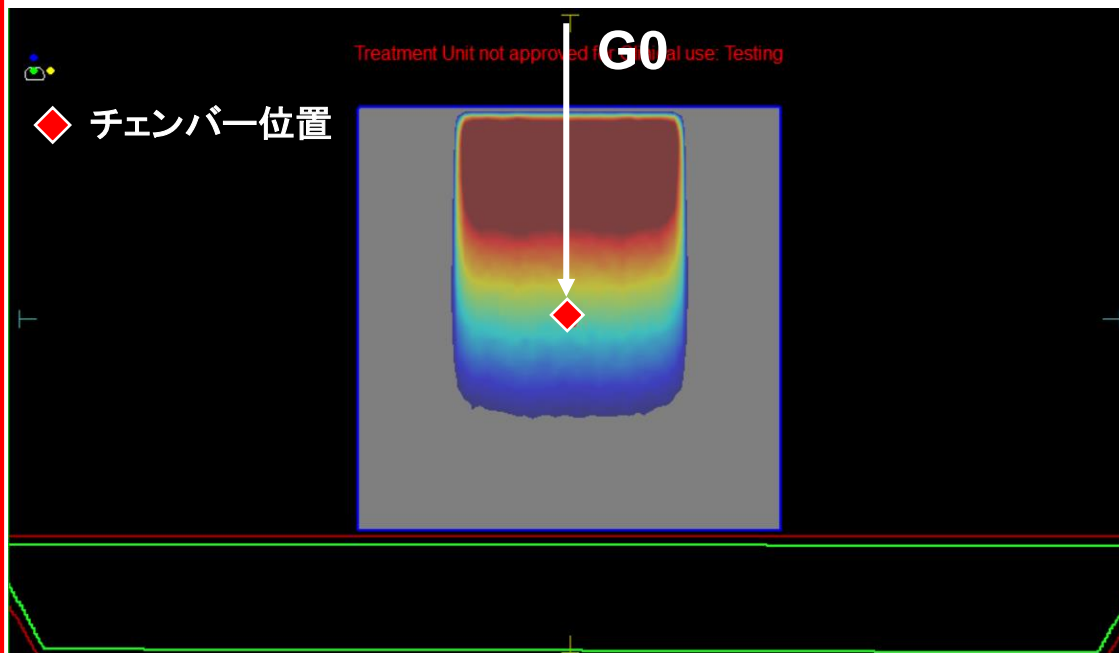
- ビーム : 5本
- セットアップ確認用 : **G150, G210**
- 正規化用 : G0
- カウチモデリング用 : G180, PostArc10x10
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU
(G0, G150, G150, G180),
200MU
(PostArc10x10)

カウチモデリングの手法

- 以下の異なる2つの手法でカウチモデリングを実施しました。

正規化用:

各ガントリー角度で測定された実測値(nC)をG0の実測値で正規化する



*仮想ファントム (Axial断面)

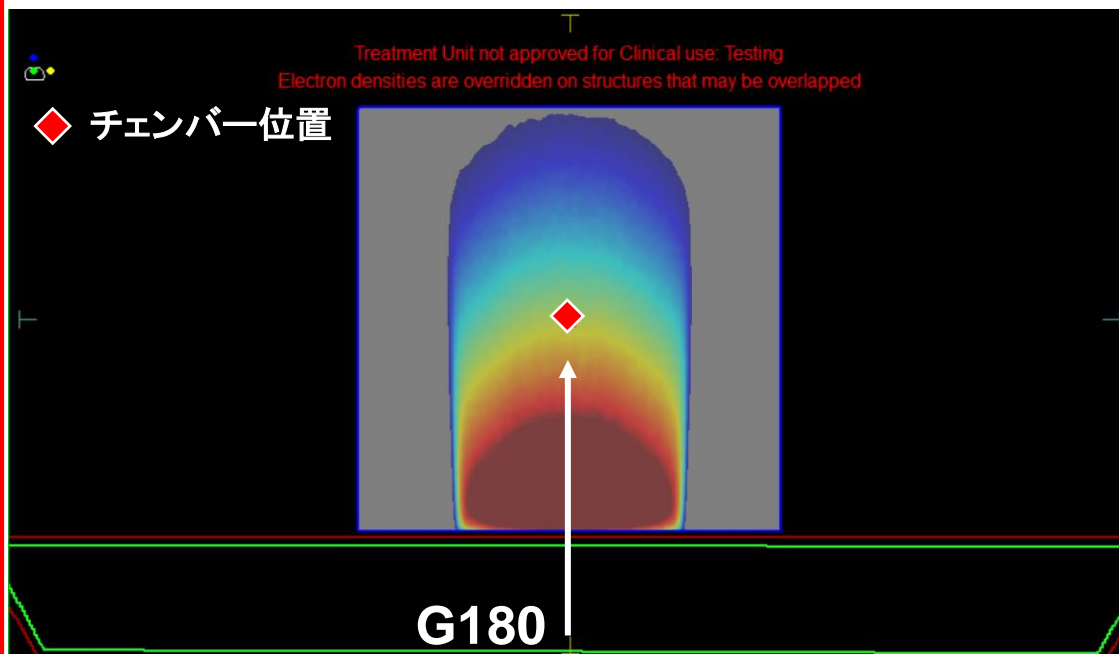
手法B (アーク照射を含む)

- ビーム : 5本
- セットアップ確認用 : G150, G210
- 正規化用 : G0
- カウチモデリング用 : G180, PostArc10x10
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU
(G0, G150, G150, G180),
200MU
(PostArc10x10)

カウチモデリングの手法

- 以下の異なる2つの手法でカウチモデリングを実施しました。

カウチモデリング用 (G180)



*仮想ファントム (Axial断面)

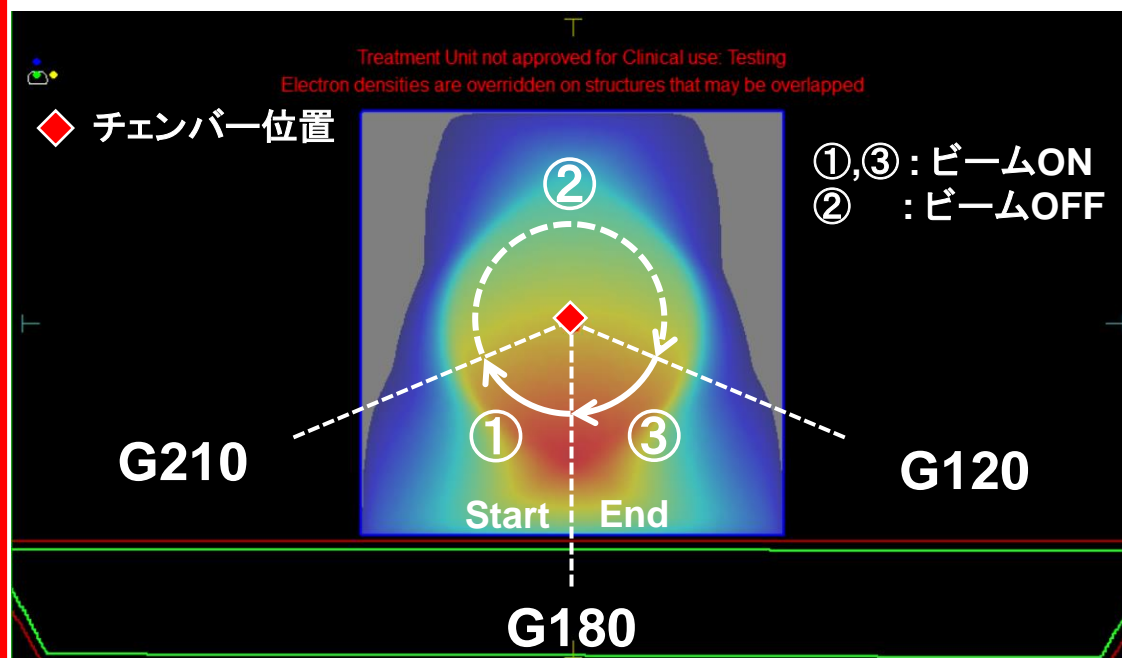
手法B (アーク照射を含む)

- ビーム : 5本
- セットアップ確認用 : G150, G210
- 正規化用 : G0
- **カウチモデリング用** : **G180**, PostArc10x10
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU
(G0, G150, G150, G180),
200MU
(PostArc10x10)

カウチモデリングの手法

- 以下の異なる2つの手法でカウチモデリングを実施しました。

カウチモデリング用 (PostArc10x10)



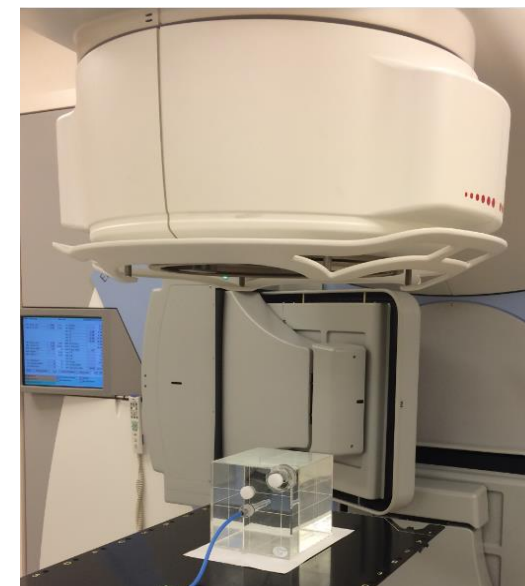
*仮想ファントム (Axial断面)

手法B (アーク照射を含む)

- ビーム : 5本
- セットアップ確認用 : G150, G210
- 正規化用 : G0
- **カウチモデリング用** : G180, **PostArc10x10**
- 照射野 : 10cmx10cm
- 照射MU : 100MU
(G0, G150, G150, G180),
200MU
(PostArc10x10)

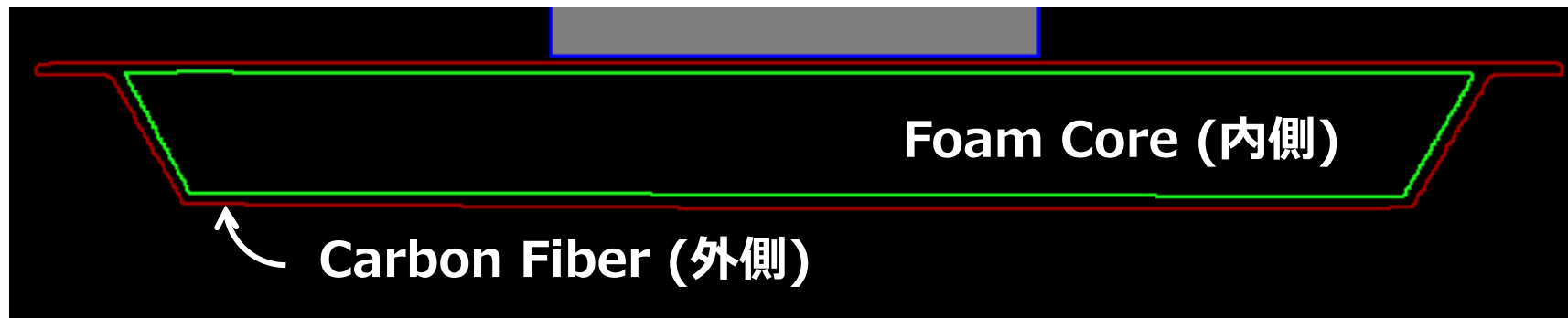
使用機器

- 使用機器は以下の通りです。
 - 治療機：Elekta Synergy
 - カウチ：iBeam evo
 - ファントム：立方体水等価ファントム(RT3000)
 - 検出器：Farmer型電離箱（PTW 30013）



使用するバーチャルカウチ

- Monacoに予め登録されている”sampleElekta”を使用しました。
- このカウチには以下の2つのStructuresから構成されています。
 - Foam Core (内側)
 - Carbon Fiber (外側)



検討する相対電子密度 (rED)について

- 今回の検討ではカウチを1つの構造として扱い、カウチモデリングを行いました。
 - 検討するRED (4パターン) : **0.11**, **0.12**, **0.13**, **0.14**
- Esmeralda PらはREDについて**Carbon fiber = 0.6, Foam core = 0.05**を推奨しています。*
- 結果の妥当性を確認するため、上記4パターンのREDとEsmeralda Pらの推奨値を用いた場合のカウチモデリング結果を比較しました。

* Esmeralda Poli et al. "EP-1836: Validation of Elekta couch modeling for dose calculation in the Monaco treatment planning system" April 2018 Radiotherapy and Oncology 127:S991

セットアップ確認

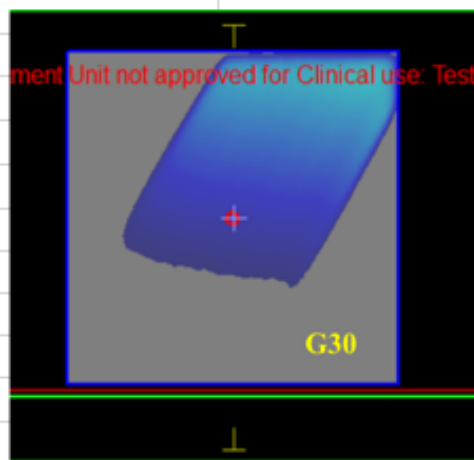
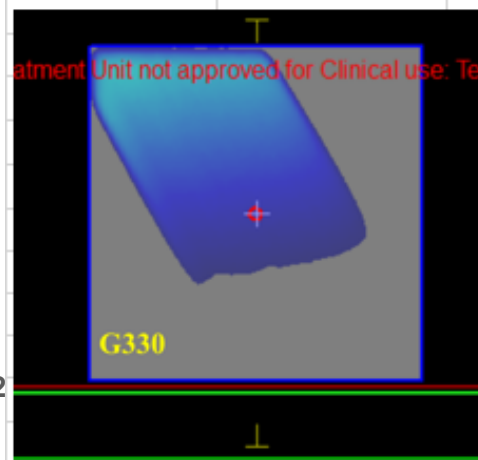
- 測定に入る前に両手法ともに2つのガントリー角度の出力差は1%未満であり、セットアップに問題がないことを確認した。

手法A

6 MV

① ガントリー180 deg.および210 deg.の電荷値を測定し、セットアップを確認する
(黄色セル部分)

	G330	G30	G150 VS G210 (%)
電荷値 (nC)	14.92	14.94	0.15
			許容 $\leq \pm 1\%$

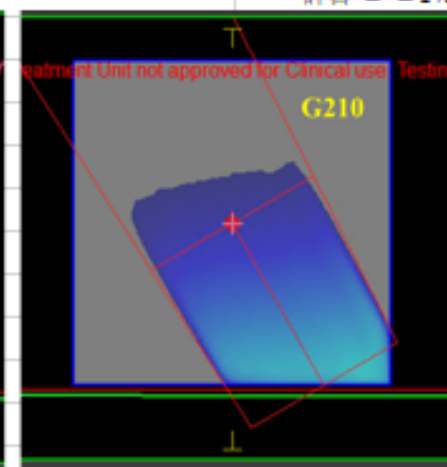
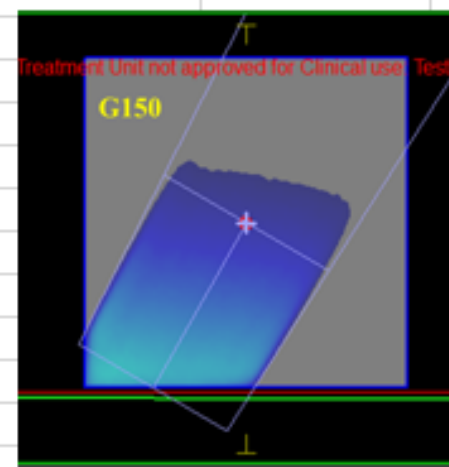


手法B

6 MV

① ガントリー180deg.および210degの電荷値を測定し、セットアップを確認する

	G150	G210	G150 VS. G210 (%)
電荷値 (nC)	14.49	14.54	0.32
			許容 $\leq \pm 1\%$



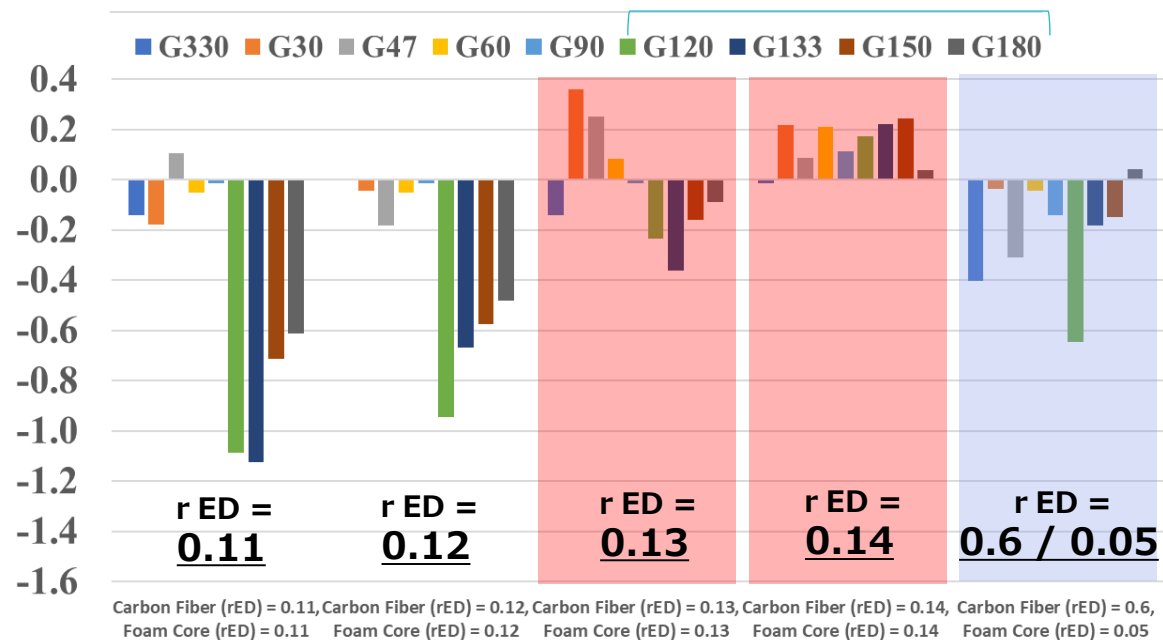
実測値と計算値の比較

- 実測値とREDを変化させて計算したMonacoの計算値を、
以下のようなエクセルにまとめ、実測値と計算値の差異を算出しました。

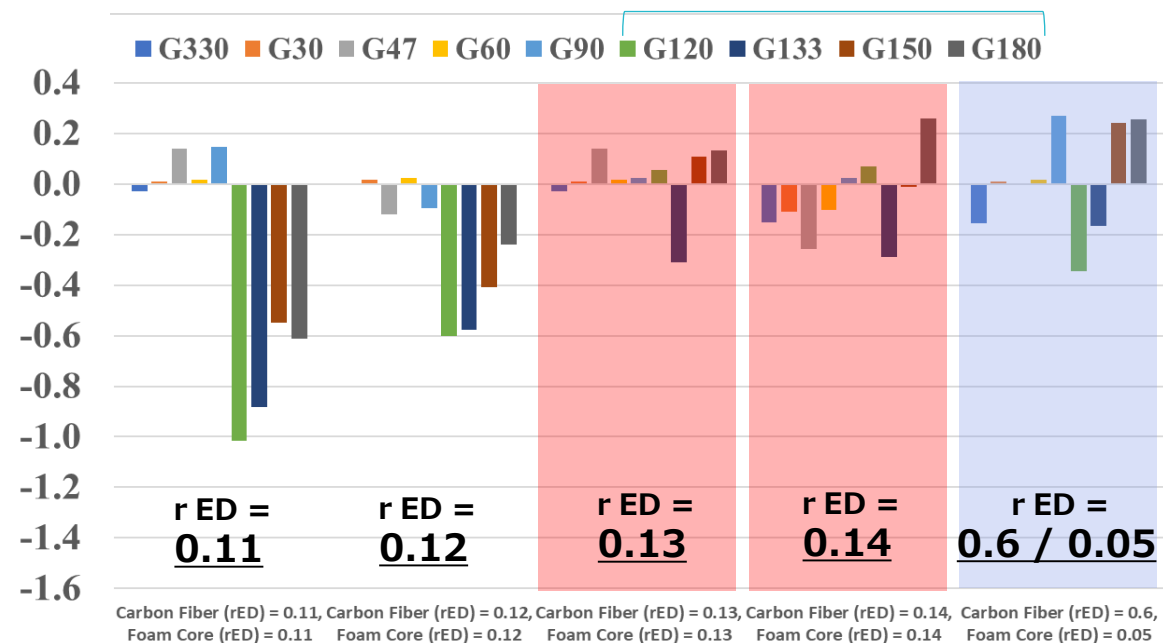
- 検討 r EDパターン
 - ✓ 0.11
 - ✓ 0.12
 - ✓ 0.13
 - ✓ 0.14
 - ✓ 0.6 / 0.05 (Esmeralda Pら)

② 検討するrEDおよびプラン線量、実測した電荷値をそれぞれ入力する（黄色セル部分）→ 検討するカウチのrEDのパターンを入力する（黄色セル部分）														
	G0	G150	G180	G210	10x10PostArc									
電荷値 (nC)	15.675	14.490	15.334	14.540	28.936									
パターン1	Carbon Fiber (rED) =	0.11	Foam Core (rED) =		0.11									
		G0	G150	G180	G210	10x10PostArc	G0で正規化	G0	G150	G180	G210	10x10PostArc		
	プラン線量 (Gy)	0.828	0.774	0.814	0.774	1.54	→	プラン線量	-	0.935	0.983	0.935	1.860	
	電荷値 (nC)	15.675	14.490	15.334	14.540	28.936	→	電荷値	-	0.924	0.978	0.928	1.846	
								差異 (%)	-	-1.12	-0.50	-0.78	-0.75	
パターン2	Carbon Fiber (rED) =	0.12	Foam Core (rED) =		0.12									
		G0	G150	G180	G210	10x10PostArc	G0で正規化	G0	G150	G180	G210	10x10PostArc		
	プラン線量 (Gy)	0.828	0.771	0.813	0.772	1.539	→	プラン線量	-	0.931	0.982	0.932	1.859	
	電荷値 (nC)	15.675	14.490	15.334	14.540	28.936	→	電荷値	-	0.924	0.978	0.928	1.846	
								差異 (%)	-	-1.12	-0.50	-0.78	-0.69	

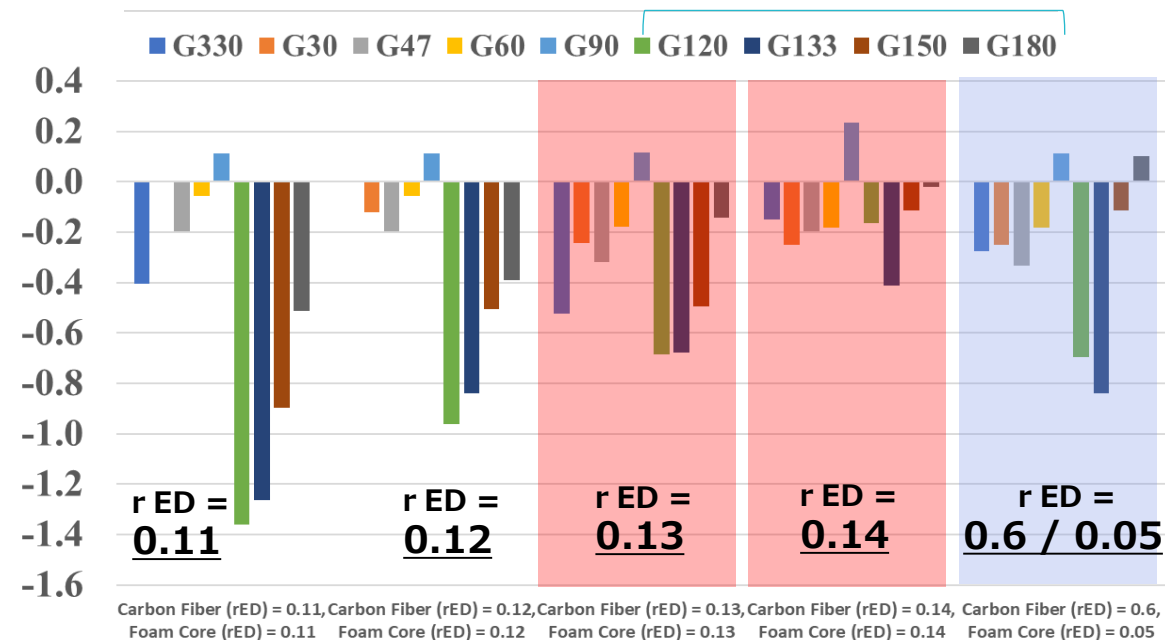
ビームがカウチを通過する



ビームがカウチを通過する



ビームがカウチを通過する



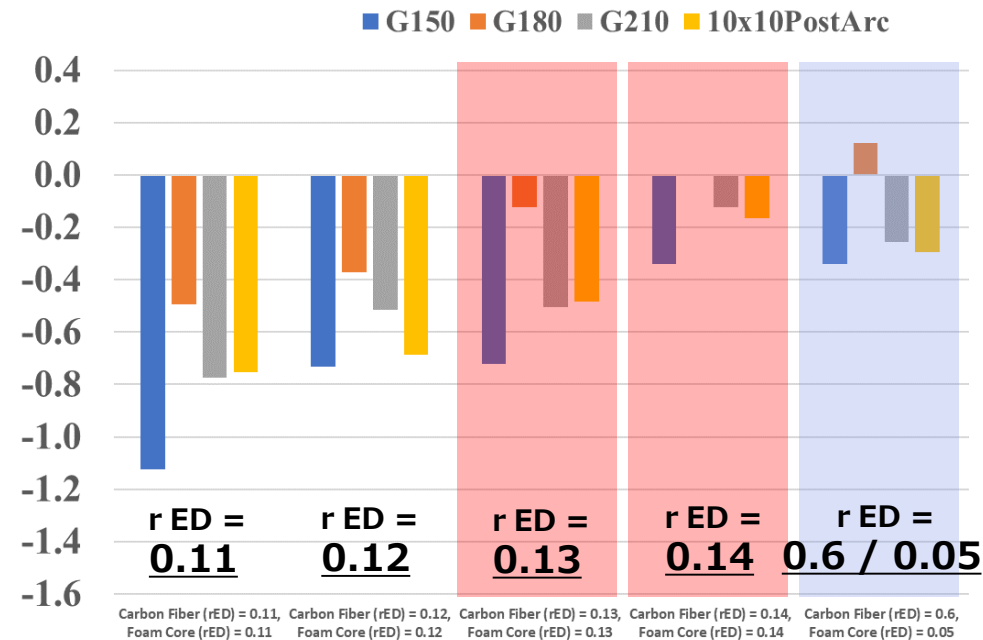
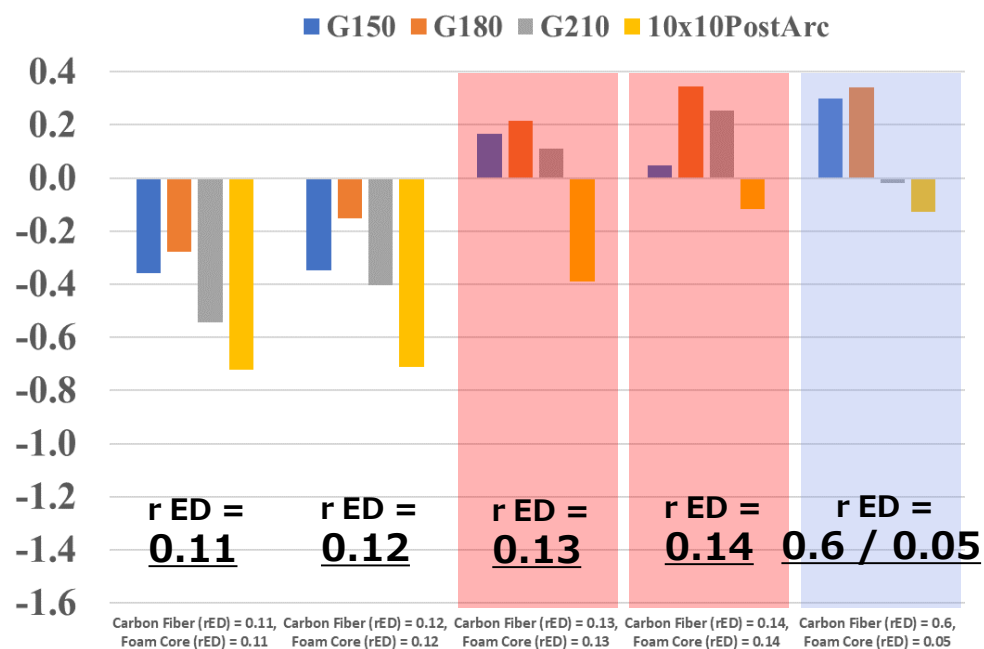
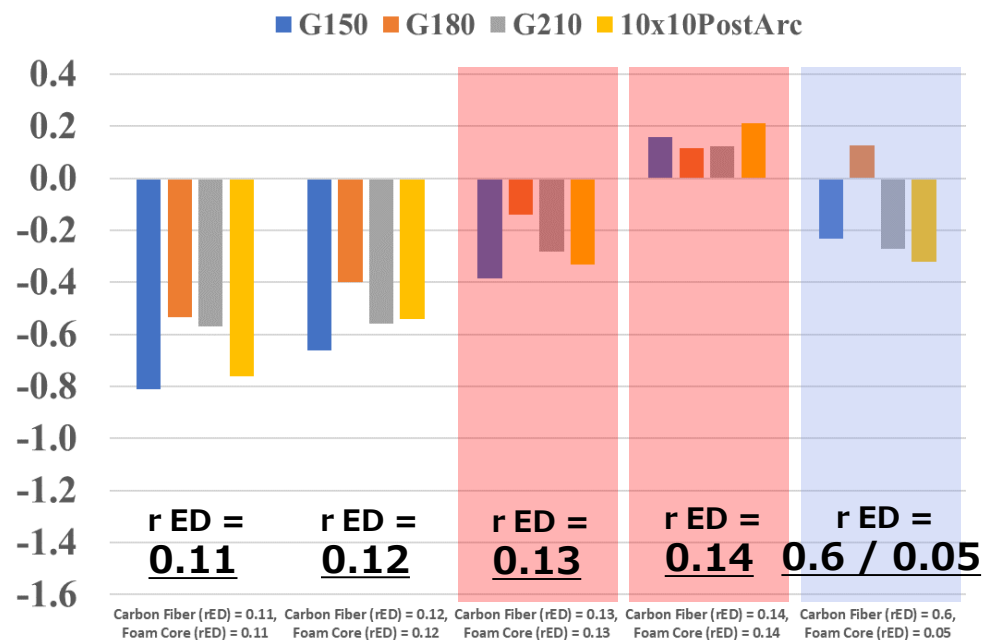
4MV

6MV

6FFF

手法Aの結果
(固定多門)

誤差 (%) 実測 - プラン



4MV

6MV

6FFF

手法Bの結果
(アーク照射を含む)

考察

- 手法A、Bの両方で実測値と計算値の差異は同様の傾向を示していることがわかります。
- 全てのエネルギーで共通の相対電子密度を登録する場合、 $RED = 0.13 \sim 0.14$ が適していると考えられます。
- さらに、 $RED = 0.13$ もしくは 0.14 の際、Esmeralda Pらの報告（Carbon fiber = 0.6, Foam core = 0.05）と類似した結果になりました。
 - $RED = 0.14$ の際の4MVの結果は、Esmeralda Pらの報告と傾向が異なります。
 - 4MVは海外で治療に使用されないことが多く、Esmeralda Pらが実施したカウチモデリングでは4MVが使用されなかったためであると考えられます。

まとめ

- 手法A、Bどちらでも同等な結果が得られることがわかりました。
- 一方で、VMATを実施する際には、手法Bに含まれるアーク照射の実測と計算値の一致がより重要になると思われます。
- ご施設が実施する治療法に合わせて、手法を検討いただけると良いかと思います。

