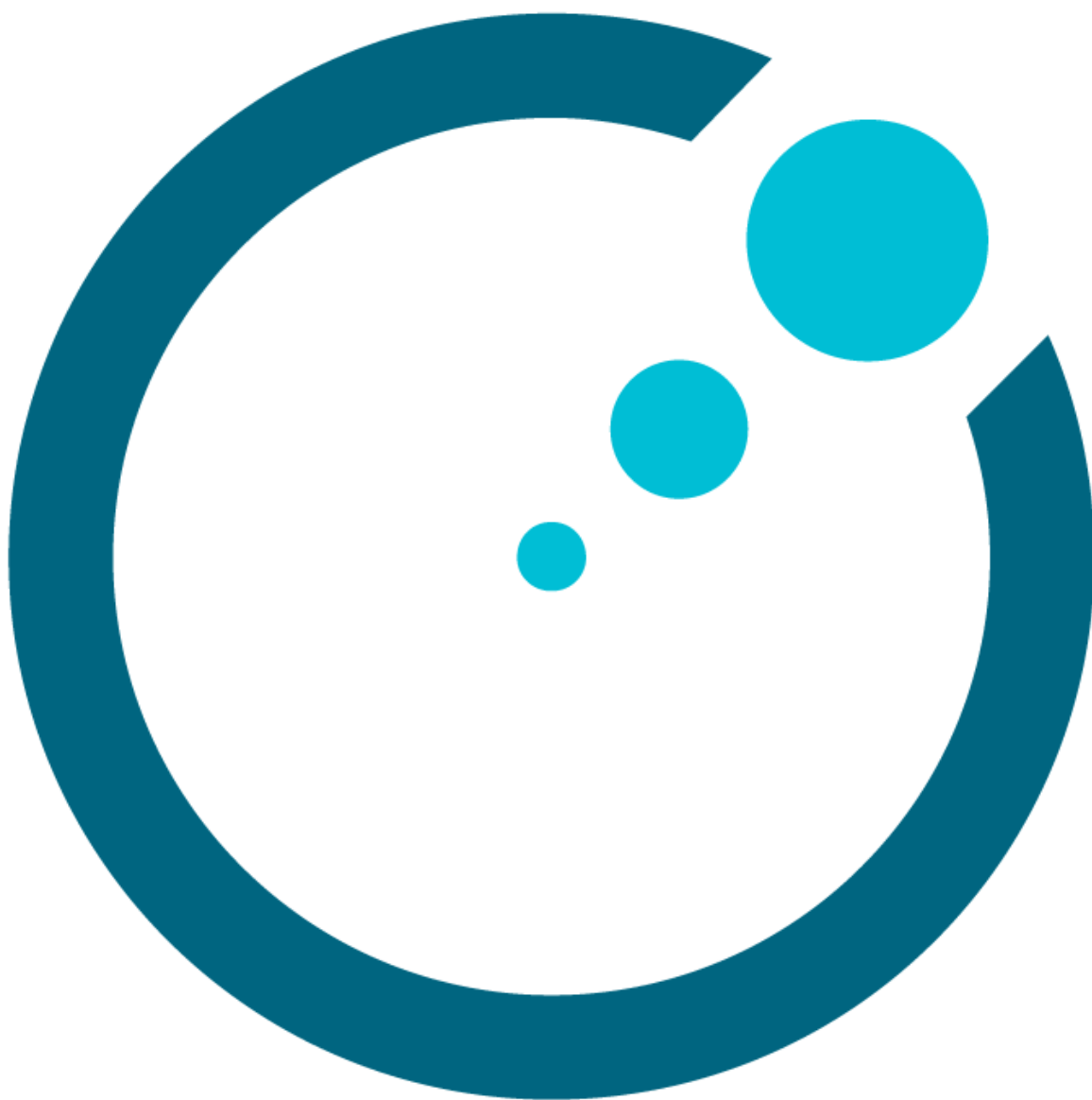


# Dosimetry 実習

～3次元水ファントムのセットアップ～



## 目次

1. 事前準備 .....	3
2. 3次元水ファントムのセットアップ手順 .....	3
2.1. 3次元水ファントムの設置位置 .....	3
2.2. 水溜め .....	4
2.3. 検出器の取付け .....	4
2.4. スキャナの駆動 .....	4
2.5. 3次元水ファントムの距離調整 (SSD=90cm) .....	5
2.6. スキャン軸のアライメント確認 .....	6
2.7. 検出器の位置設定 .....	6
2.8. 深さ方向の検出器位置確認 (-Z軸方向) .....	7
2.9. リファレンス検出器の取り付け .....	7
2.10. 検出器の実効中心 .....	7
実習1: X線の任意の照射野を選択し、照射してみましょう。 .....	8
実習2: 電子線のアプリケータをつけて、照射してみましょう。 .....	11
実習3: JAWやコリメータの開度を確認してみましょう。 .....	12
参考資料 .....	14

### 《改訂履歴》

2023年7月26日 目次・改訂履歴を追加しました。1.事前準備を追加しました。2.3次元水ファントムのセットアップ手順を一部(2.2.水溜め、2.3.検出器の取り付け、2.4.スキャナの駆動、2.6.スキャン軸のアライメント確認、2.7.検出器の位置設定)編集しました。

## 1. 事前準備

取得するデータにもよりますが、スキャンデータの取得時に使用する3次元水ファントムは、少なくとも40x40 cm<sup>2</sup>の照射野を40 cm深で測定できるものであれば散乱条件が十分となります。

使用する水は、普段使用していない水源の場合、初めに茶色い水が出る事もありますので、綺麗な水が出るまで水を勢いよく出して水源を掃除します。貯水タンクから水をポンプでくみ上げるようなシステムの場合には、駆動系に藻類が発生しないよう管理が必要になります。

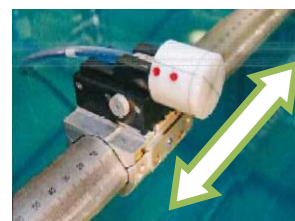
水温はモニタリングし、データ測定前には室温と同等になるように治療室内にしばらく置いておく必要があります。



## 2. 3次元水ファントムのセットアップ手順

ファントムのセットアップの前に必ずガントリ角度とコリメータ角度が0度になっていることを確認してください。

測定機器には**検出器を固定している軸自体が動く方向と検出器のみが軸に沿って動く方向**があります。検出器を固定している軸自体を動かすと、水面に波が立ち、データのノイズの原因となります。なるべく水面に波がたたない、検出器のみが軸上に沿って動く方向で測定することが望ましいでしょう。



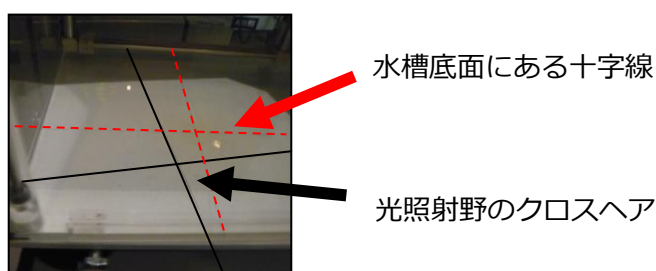
右図中の矢印は検出器のみが軸に沿って動く方向を示しています。

### 2.1. 3次元水ファントムの設置位置

本コースの実習では、In line の測定を行います。検出器のみが軸上に沿って動く方向を Inline になるように、3次元水ファントムを設置します。3次元水ファントムの向きは毎回同じ向きに設置するのが望ましいでしょう。治療機の照射野を最大に開いて、光照射野が確認できるように室内照明を消します。水槽の底面にある「十字線」を光照射野の「クロスヘア」に合うように水槽を移動させます。

3次元水ファントムの架台の種類によって、水槽の向きや位置を微調整できる機構（ハンドル）が付いているものがあります。ハンドルは可動範囲が限られているためあらかじめホームポジションにしておくといいでしょう。

また、近年では Autosetup 機能を有するものもあり、自動でタンクやモーターのホームポジションに移動させる操作が必要な場合があります。



## 2.2.水溜め

水をどこまで溜めるかは、PDD の必要な深さやレーザーが確認できる位置によって判断します。電子線の場合は、PDD の深さがそれほど必要でないからといって水を十分に溜めないで、架台を下げてもアプリケーションを挿入できない、という事態になることもありますので注意しましょう。



水を溜める目安

また、水を溜めた後は、水の重みで水槽や架台がわずかに傾いたり、ずれたりすることがあります。水槽の平衡を水平器やファントムに書かれている線を目安に調整します。3次元水ファントムの製品によっては、水センサーを使用して、3つの異なる角度でフィールド検出器マウントから水面までの相対距離を確認し、自動的に水平にする機能もあります。

また、光照射野のクロスヘアと水槽の十字線がずれていないか再度確認します。

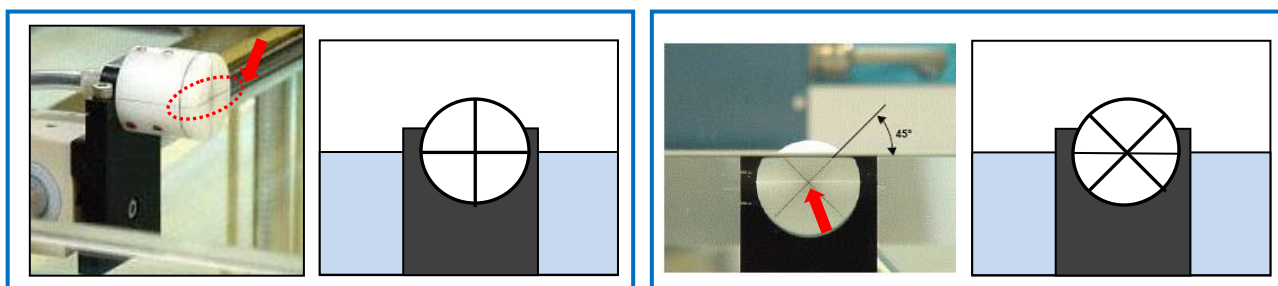
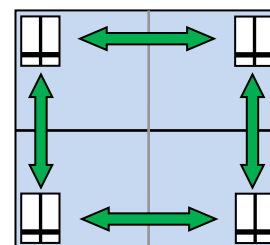
## 2.3.検出器の取付け

検出器に印字されている点が治療機ヘッド側を向くようにしてホルダに取り付けます。検出器がホルダから十分に出ていないと、アライメントキャップを取り付けることができないため、検出器とホルダの位置関係に注意してください。検出器を固定したら、横からみて検出器が水面に対して水平になっているか確認します。傾いていた場合は、取り付け角度を調整します（測定機器によって調整機構が異なりますので、使用される測定機器をご確認ください）。



## 2.4.スキャナの駆動

どの地点においても水面と検出器の水平レベルが一致していることを確認する必要があります。調整方法は、使用する3次元水ファントムによって異なりますが、マニュアルで行う場合、検出器を3次元水ファントムの四隅に動かし、どの点でも水面と検出器の水平レベルが一致していることを確認します。4隅の任意1ヶ所でアライメントキャップに印字されている線を水面に合わせてから、4隅に沿って検出器を1周させたとき、水面とアライメントキャップの印字にずれが生じないか確認します。ずれがある場合は、駆動系の高さを調整してください。



### スキャナの駆動確認

(左) アライメントキャップの線が水面と一致する方法

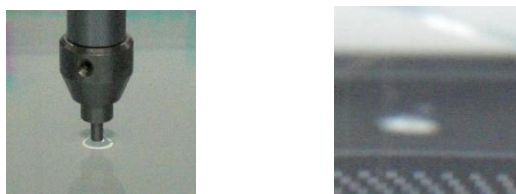
(右) アライメントキャップを45度回転させて×印の中心と水面が一致する方法

### 2.5.3 次元水ファントムの距離調整 (SSD=90cm)

検出器をとりつけたら、線源から水面までの距離 (SSD) を 100 cm に設定します。測定時は検出器が水中に入った状態にしてから水面までの距離を調整します。このとき、フロントポインタ、レーザー、ODI などから、少なくとも2つの方法を使って調整します。定規の目盛に沿って架台を上げ、線源から水面までの距離 (SSD) を 90 cm となるように設定します。

#### ① フロントポインタを指標とする場合

フロントポインタを取り付け、架台を線源に近づく方向へ動かし、フロントポインタの先端がちょうど水面に触れるように調整します。



(左) 上から見た状態：水面張力によりフロントポインタの先に水が盛り上がっています。

(右) 水面下から見た状態：水面にちょうどフロントポインタの先端が触れています。

フロントポインタの先端が明らかに見えていたら、水ファントムを線源に近づけ過ぎている証拠です。

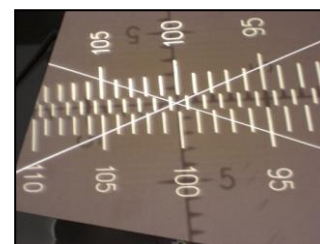


#### ② レーザーを指標とする場合

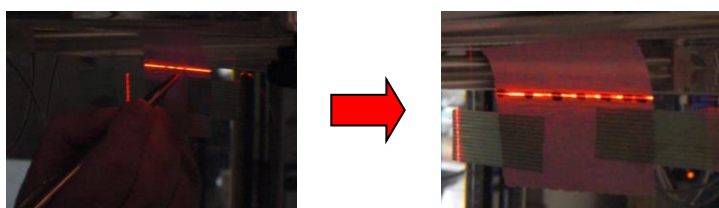
レーザーポインタに水面を合わせます。やや下側から水面を見上げた時に、水面がレーザーでキラキラ光っている状態が目安です。

#### ③ 距離メーターを指標とする場合

水面に無地の用紙 (耐水性のものが望ましい) を浮かべ、用紙に写る距離メーターが SSD 100 cm となるように架台を調整します。距離メーターを確認するときは、梯子や台などを使用して、なるべく真上に近い位置から確認しましょう。



3次元水ファントムの距離を調整したら、無地の用紙と定規を水ファントムに貼り付けて、紙には水面の位置を記録します (下図はレーザーを指標とした場合)。これにより、架台を上下に動かしたときの目印にしたり、時間経過による水の蒸発を確認しやすくなります。

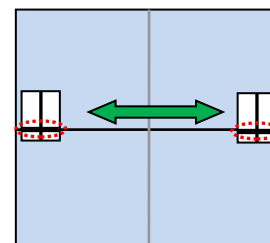


## 2.6. スキャン軸のアライメント確認

正確なデータ測定を行うためには、ガントリの Inline, Crossline に対して検出器が平行に移動しなくてはなりません。移動軸がゆがんでいると、OCR をスキャンした時に照射野を斜めに横切ってしまう、照射野の大きさやデータの中心がずれてしまう原因となります。

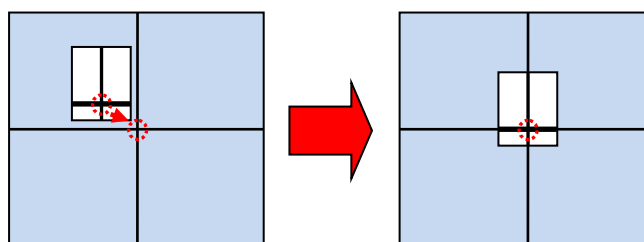
使用する3次元水ファントムによって、ある矩形照射野のOCRを2種類取得することで自動的にアライメントを調整する機能もあります。

また、マニュアルで合わせる場合は、軸に沿って検出器を移動させ、検出器中心がクロスヘアとどの点でも一致することを保証すれば確認が可能です。アライメントキャップの線を光照射野のクロスヘアに合わせ、照射野端まで動かしたときに、アライメントキャップのクロスヘアと光照射野のクロスヘアにずれが生じないか確認してください。ずれている場合は前述の架台のねじれを調整する機構を利用して調整します。



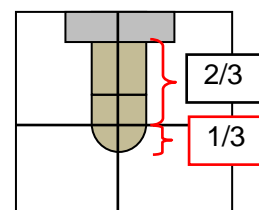
## 2.7. 検出器の位置設定

アライメントキャップのクロスヘアの中心を光照射野のクロスヘアに合わせ、アイソセンタとして測定機器ソフトに記録させます。この操作方は測定機器によって異なるので、ご使用になる機器をご確認ください。

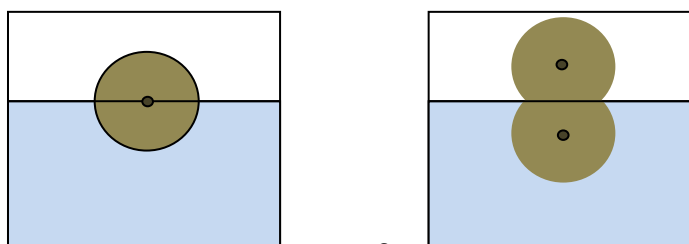


アイソセンタの登録ができれば、アライメントキャップを外して検出器が光照射野の中心にあるか確認します。アライメントキャップの線はおおよそ検出器の有感体積の中心を示していますが、完全に一致しているとは限りません。アライメントキャップを過信せず、検出器だけの状態でも確認しましょう。

例：CC13では、検出器の先端から1/3の位置に光照射野の十字線が合うように調整します（検出器によって異なりますので、使用する検出器をご確認ください）。



つぎに、検出器と水面の位置関係を確認します。水面のやや下側から検出器を覗いたとき、検出器と水面に反射した検出器の像が合わさって丸く見えていれば（左図）検出器の中心が水面にあることになります。検出器の中心が水面からずれていると、丸くなりません（右図）。



チェック!





### 2.8.深さ方向の検出器位置確認（-Z軸方向）

照射野を 2×2 または 3×3 に開きます。部屋を暗くした状態で光照射野を表示します。検出器を -Z 軸に下げてゆき、深さが変わっても検出器とクロスヘアの位置関係がずれないか確認します。深さ方向にズレがある場合は、水面に対して駆動軸が水平に調整できていないか、ガントリがわずかに傾いている可能性が考えられます。もう一度、ガントリの設定と駆動軸の水平を確認しましょう。

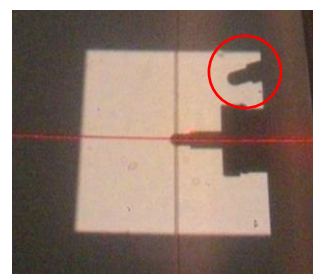


何を調整しているのか意識して作業すると、ずれていた時の原因が推測しやすいです。

### 2.9.リファレンス検出器の取り付け

調整が完了したら、照射野を 10×10 に開いてリファレンス検出器を取り付けます。取り付ける際は、下図のように照射野の端に検出器の先端を入れます。照射野の大きさを変えたときには、リファレンス検出器の位置も調整しなします。

OCR や OCD の測定時には、測定する検出器（フィールド検出器）がリファレンス検出器の影を通過しないように、リファレンス検出器の設置位置に気をつけましょう。なお、リファレンス検出器の影響が無視できない小さな照射野ではリファレンス線量計は除き、フィールド検出器のみで測定します。



このように、リファレンス検出器を使用できない場合には測定時間を長く設定したりして、治療機の出力のブレの影響が少なくなるよう工夫しましょう。

### 2.10. 検出器の実効中心

検出器の位置を実行中心にシフトします。X線の場合、円筒形電離箱では 0.6r 線源側（r は空洞の半径）、平行平板電離箱では電離空洞内前面です。電子線の場合、円筒形電離箱では 0.5r 線源側、平行平板電離箱では電離空洞内前面です。以下はあくまで例ですので、ご施設で測定される際にはあらかじめご確認下さい。

	CC13 (r=3 mm)	CC04 (r=2mm)	NACP02 (表面から空洞までの距離 = 0.6 mm)
X線	1.8 mm 線源側	1.2 mm 線源側	0.6 mm
電子線	1.5 mm 線源側	1.0 mm 線源側	

**実習 1 : X 線の任意の照射野を選択し、照射してみましょう。**



① Stored Beam をクリックします。

② General タブから以下の項目を選択します。

- Sequences
- Beams
- Tolerances

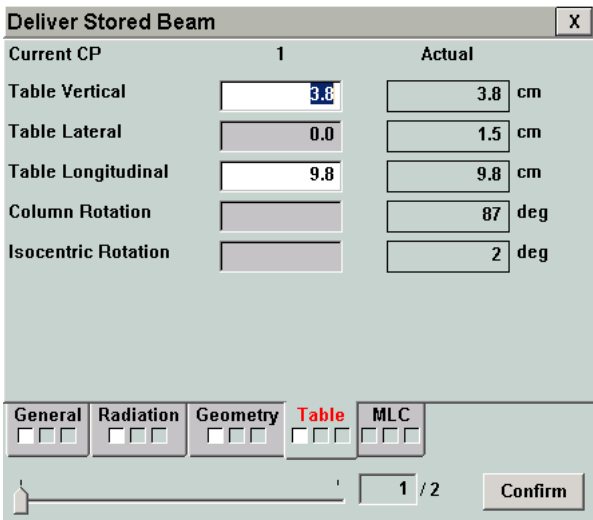
③ Radiation タブから以下の項目を選択・確認します。

- Energy
- Wedge (IN : ウェッジ有、OUT : ウェッジ無)
- Prescribed MU
- Backup MU (Prescribed MU より少し大きめの値)
- Dose Rate

④ Geometry タブから以下の項目を選択・確認します。

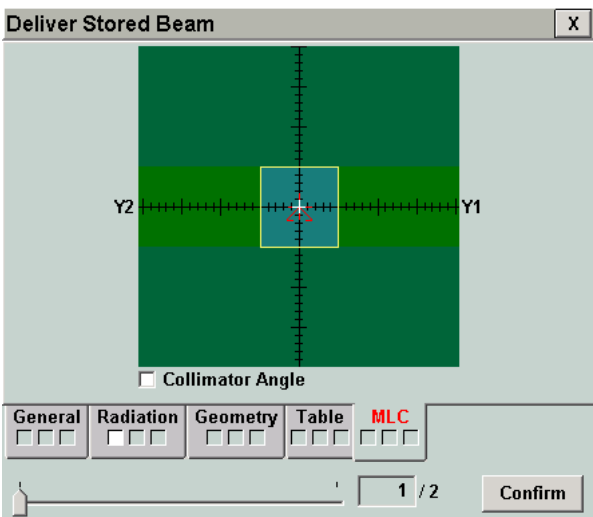
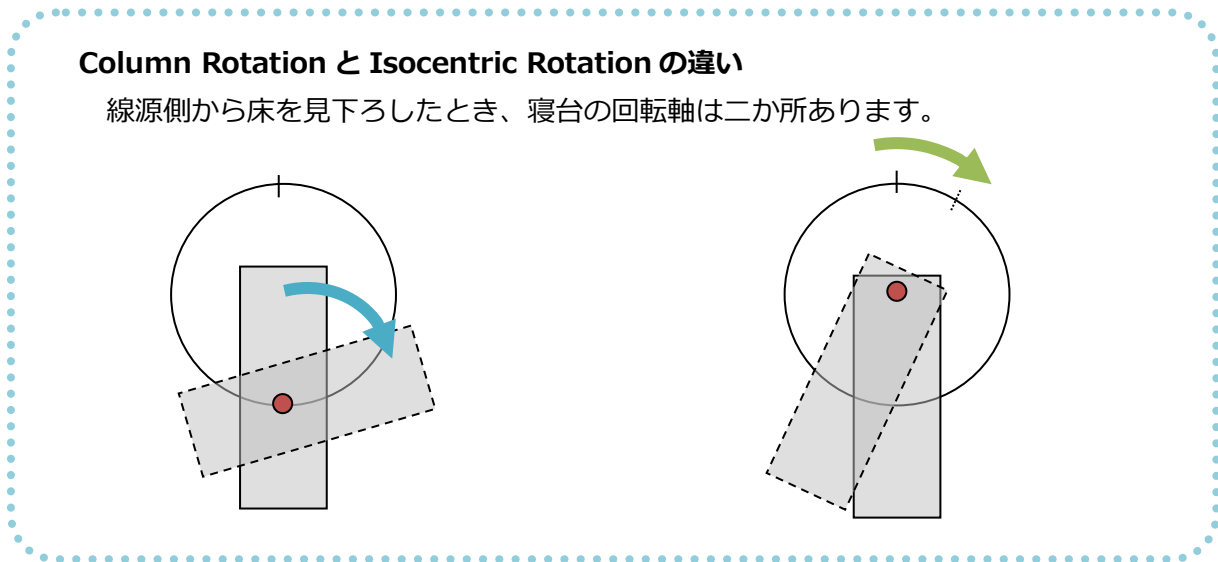
- Gantry Angle
- Gantry Dir.
- Collimator Angle
- Collimator Dir.
- Diaphragm X1
- Diaphragm X2
- Diaphragm Y1
- Diaphragm Y2





⑤ Table タブから以下の項目を選択・確認します。

- Table Vertical
- Table Lateral
- Table Longitudinal
- Column Rotation
- Isocentric Rotation



⑥ MLC タブに表示される MLC 形状を確認します。

Customer Acceptance Test Arc 1		
	Set	Actual
Radiation Type	XRAY	XRAY
Energy	6 MV	6 MV
Beam MU1	100.0	0.0 MU
Segment MU1	100	0 MU
Segment MU2	110	0 MU
Wedge	OUT	OUT
Timer		0 min
Dose Rate		0 MU/min

0 350 700

Unconfirm Next Beam Repeat Terminate

⑦ Confirm ボタンをクリックし、リニアックのステータスが **Ready to Start** に変わったら、ファンクショナルキーパッドのMV照射スタートボタンを押します。

照射が開始されると黄色のインジケータが表示されます。これは、照射中の線量率を表しています。

⑧ Next Beam をクリックして、次の照射条件を選択します（②～⑦を繰り返します）。

#### 照射途中に一時停止する場合（照射再開することが可能）

ファンクショナルキーパッドのMV一時停止ボタン（黄色いボタン）を押します。

#### 照射途中で停止する場合（再開はできず、復旧のための操作が必要）

画面上の Terminate ボタンを1回だけクリックする。

もしくは

ファンクショナルキーパッドの強制終了ボタン（赤い TERMINATE ボタン）を押す。

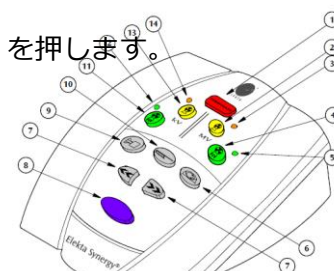
※緊急時には、ファンクショナルキーパッドの強制終了ボタン（赤い TERMINATE ボタン）を押して確実にビームが停止したことを確認してください。

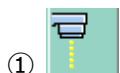
※強制終了ボタンを押したときには、治療室内のハンドヘルドコントローラーについている RESET MOTORS ボタンを押さないとビームは出ません。

#### 再度同じ条件のビームを照射する場合

画面上の Repeat ボタンをクリックします。

治療機の校正時やファクター測定時など、複数回同じ測定を繰り返す時に便利です。



**実習 2 : 電子線のアプリケータをつけて、照射してみましょう。**

① Quick Beam アイコンをクリックします。

Deliver Quick Beam		Set	Actual
Radiation Type	XRAY	None	
Energy	6 MV		
Wedge	<input checked="" type="checkbox"/>	OUT	
Beam MU1	29980	0 MU	
Beam MU2	29982	0 MU	
Dose Rate		0 MU/min	

Radiation:  MLC

Clear Load Confirm

② Radiation タブから以下の項目を選択・確認します。

Energy

Wedge (IN : ウェッジ有、OUT : ウェッジ無)

Beam MU1

Backup MU2 (Beam MU1 より少し大きめの値)

Dose Rate

③ その後の操作は Stored Beam の⑦以降と同じです。

**Stored Beam と Quick Beam の違い****Stored Beam**

すでに登録されている照射野から選択して照射します。MLC 形状や照射野の大きさなど、様々な条件を編集することができます。別名保存することで、新しくビームを作成することも可能です。

**Quick Beam**

任意の矩形照射野を作成することができます。

**実習 3 : JAW やコリメータの開度を確認してみましょう。**

- ①  Display Service Pages をクリックします。

LEAF BANK		CAMERA		
2139	Leaf Y1 20	1727	2198 Camera Bk Level	0
2099	Leaf Y2 20	.1729	2217 Camera Cond	1195
			2001 Video Line	1
			2002 Video Column	1
2191	10v Reference	4021	2010 Ref Refl 01	255
2192	0v Reference	1	2011 Ref Refl 02	255
			2012 Ref Refl 03	255
			2013 Ref Refl 04	255
DIAPHRAGM				
2060	Diaphragm X1	19.95		
2061	Diaphragm X2	19.97		
2062	Diaphragm Y2	15.98		
2063	Diaphragm Y1	16.00		

**Defaults**

デフォルト値を表示します。表示されるタブは変更することができません。

**Custom**

現在の値を表示します。表示されるタブは



Configure Display Monitors から設定することができます。

**Load**


下記の Service Page Selection ウィンドウが開き、表示するタブを選択することができます。

- ② 表示したいタブを選択して OK をクリックします。

**ASU には基本的な情報が含まれているのでおススメです。ASU は Automatic Set Up (Assisted Set Up とも言います) の略です。**

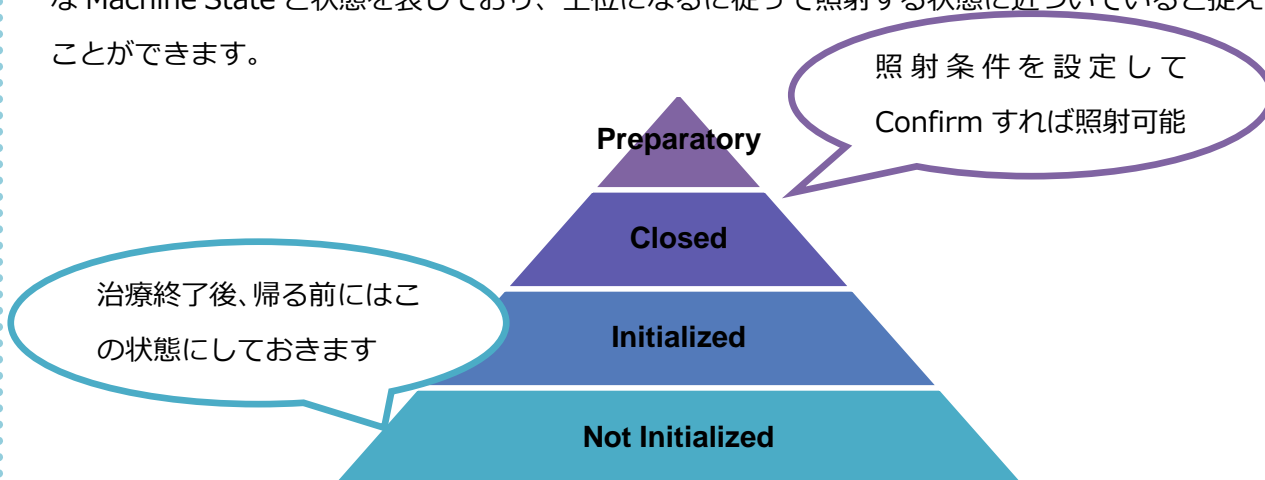
**いつもと違う設定で照射したいとき**

治療計画装置のための測定では、通常の治療とは異なる設定で照射することがあります。たとえば、大照射野の OCR や OCD では非常に大きな MU を連続して照射したり、アプリケーションをつけていない状態で電子線を照射することもあります。このような時には、以下のようにインターロックグループの変更を行います。

- ①  Override Machine Item をクリックします。
- ② Inter Group から 8-Ctl T を選択します。
- ③ Override Machine Item ウィンドウの右上にある  をクリックして閉じます。

## Machine State について

Synergy には、現在の装置の状態を示す Machine State と呼ばれる項目があります。下図は代表的な Machine State と状態を表しており、上位になるに従って照射する状態に近づいていると捉えることができます。



### Not Initialized

スタンバイの状態です。長時間 Synergy を使用しないときは、この Machine State にします。バックアップ機能により、毎日自動的にバックアップ処理が実行されます。Synergy のソフトウェアも起動していない状態です。

### Initialized

Synergy のソフトウェアが起動していますが、Synergy 本体には通電していません。

### Closed

Synergy に通電していますが、MLC が Closed 状態です。ガントリと Precise Table は動かすことができます。

### Preparatory

ガントリ、MLC、Precise Table はすべて動かすことができる状態です。

※各 Machine State の色は区別するためにつけているもので、実際の画面の表示とは異なります。

※この他にもさまざま Machine State があります。詳しくは、サービスモード・トレーニングガイドをご参照ください。

**参考資料**

- Klein EE, Hanley J, Bayouth J, et al. Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators. Med Phys. 2009; 36: 4197-4212  
※日本語訳あり、フリーダウンロード可
- Indra J. Das, et al. Accelerator beam data commissioning equipment and procedures: Report of the TG-106 of the Therapy Physics Committee of the AAPM Med Phys. 2008; 35: 4186-4215  
※日本語訳あり、フリーダウンロード可
- ビームデータ測定時の Elekta 治療機操作手順  
※弊社ホームページよりダウンロード可





エレクタ株式会社

プロジェクト統括部 アプリケーションフィジックス

**108-0023 東京都港区芝浦 3-9-1 芝浦ルネサイトタワー7F**

エレクタケアサポートセンター： **0120-659-043**

**FAX： 03-6436-4231**

**Mail： [SoftwareService-Japan@elekta.com](mailto:SoftwareService-Japan@elekta.com)**

**URL： <http://www.elekta.co.jp>**