

# Unity Physics Training

## MR to MV Theory

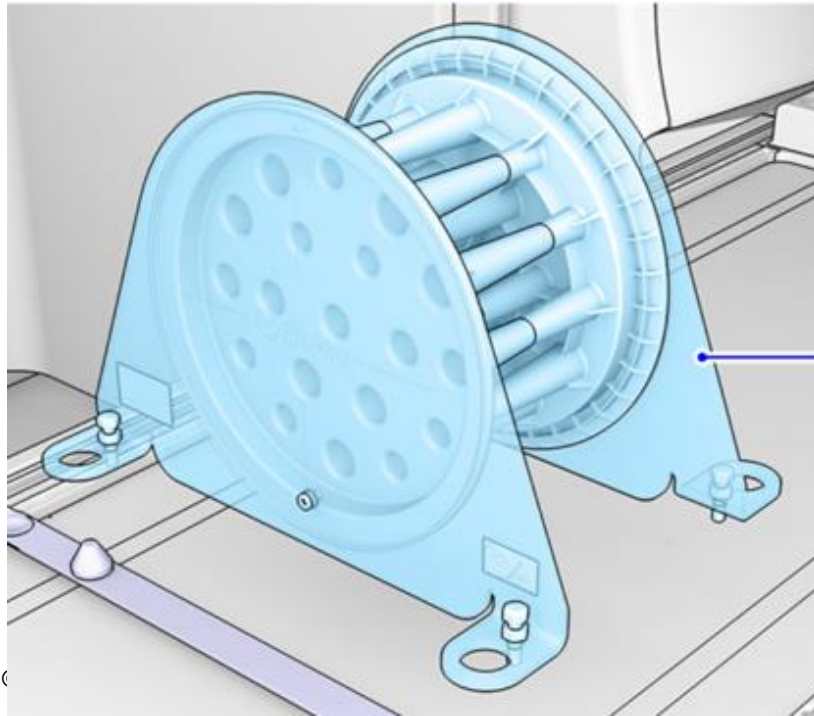
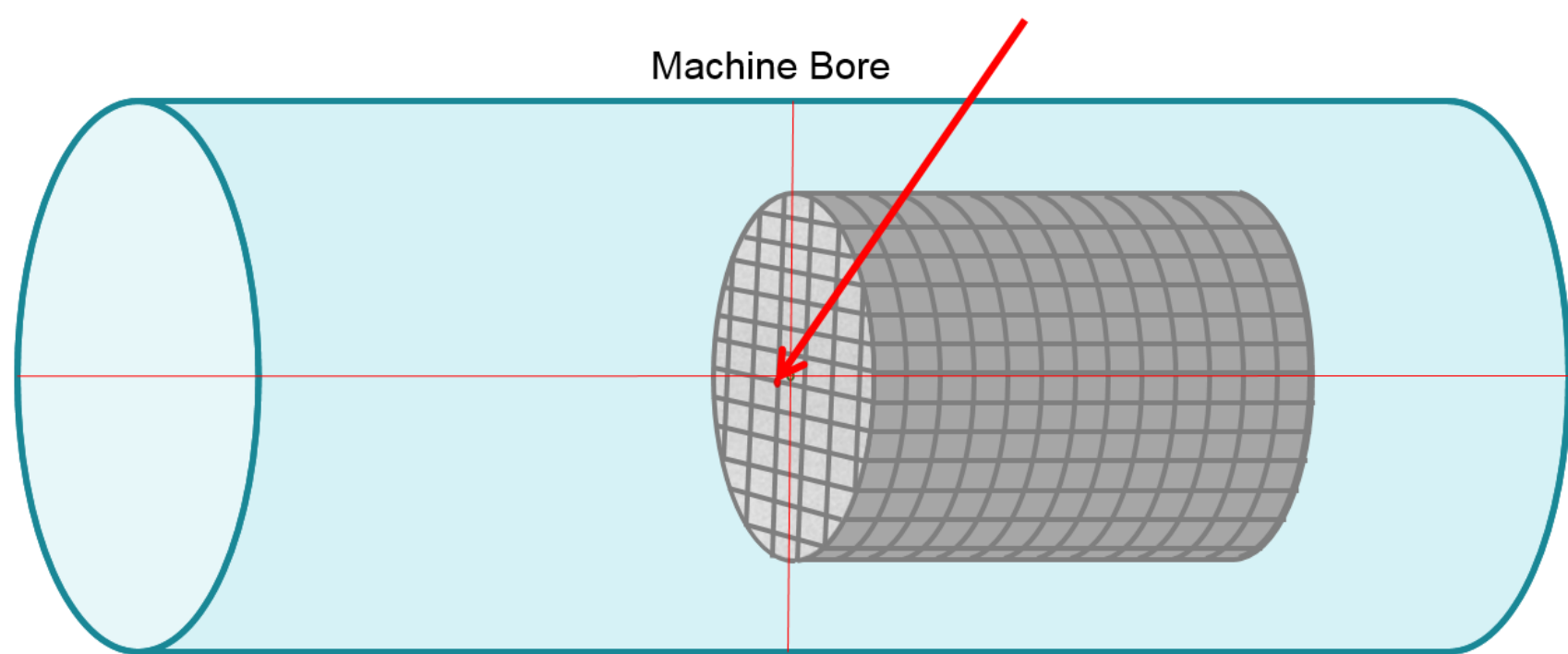
第2版：2021/7/14

*E006486/1.0*



# Objectives

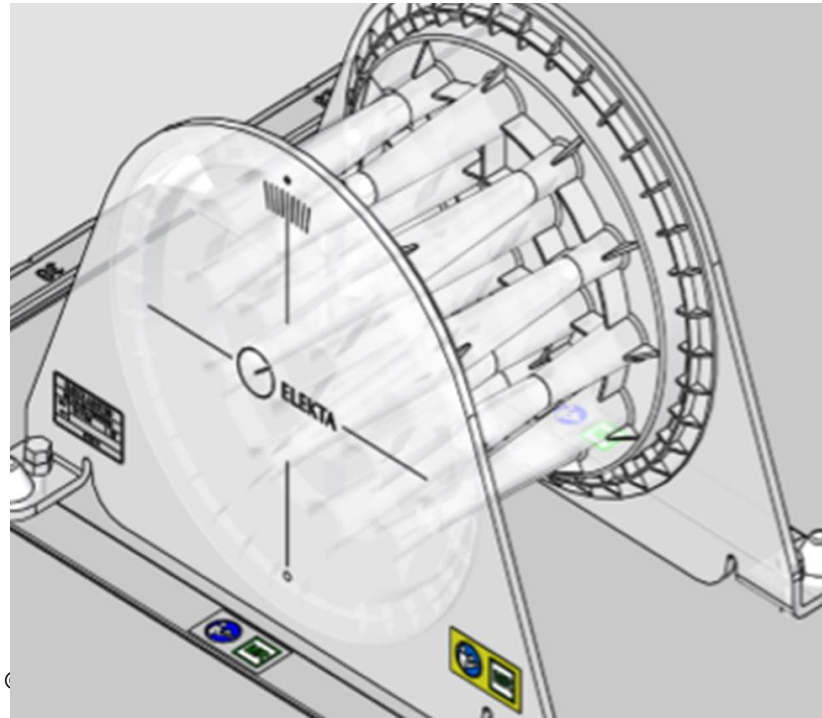
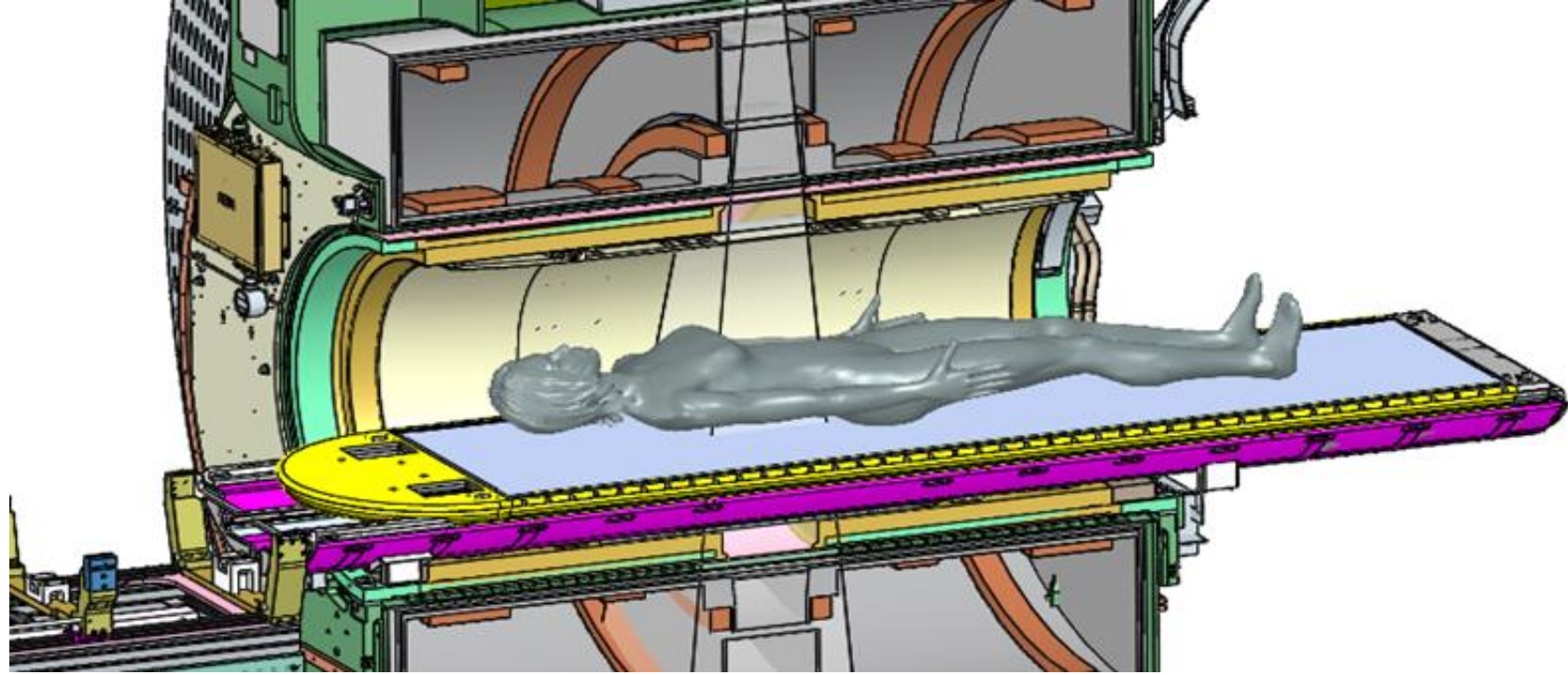
1. UnityのMRとMVアイソセンターの理解
2. MRからMVへのオフセットがどのように決定されるかの理解



## Lesson Objectives

# Topics Covered

- Phantom Design
- MRtoMV Offset Workflow
- MRtoMV in Monaco



MRtoMV Isocenter Alignment

# Phantom Design

## Initial Alignment

MR Linacのアイソセンターに関して、考慮すべき4つのポイントがある:

### **MV Mechanical Isocenter:**

機械的アイソセンターは、MRIを考慮せずに加速器システムのガントリの物理的形状によって定義される空間内の特異点となる。

### **MV Radiation Isocenter:**

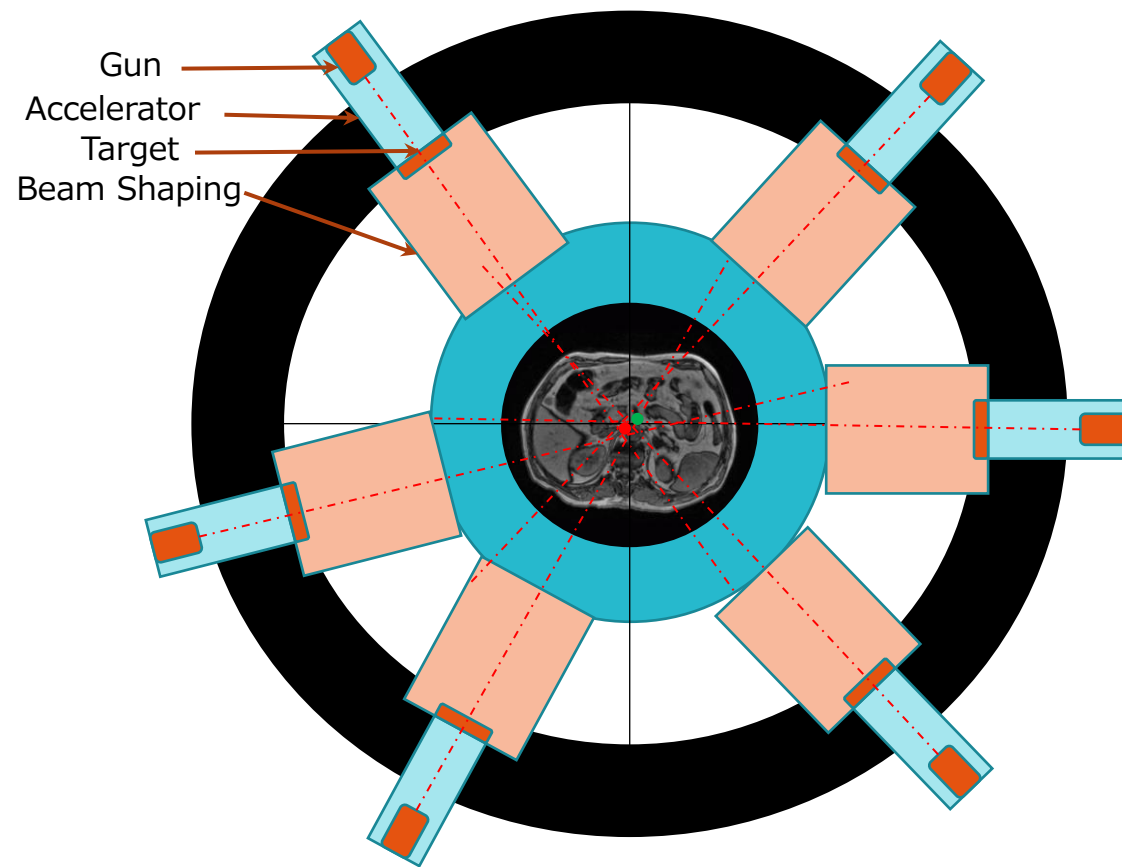
放射線アイソセンターは、MVビームの軌道によって作成される空間内の小さなボリュームとなる。

### **MRI Mechanical Isocenter:**

MRIの機械的中心は、MRシステムの幾何学的中心となる。

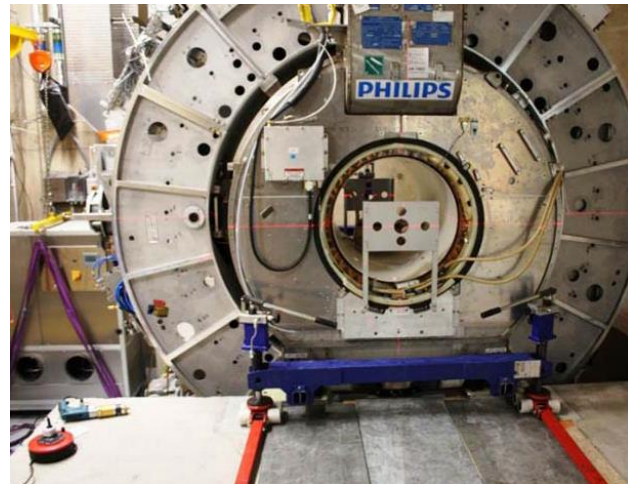
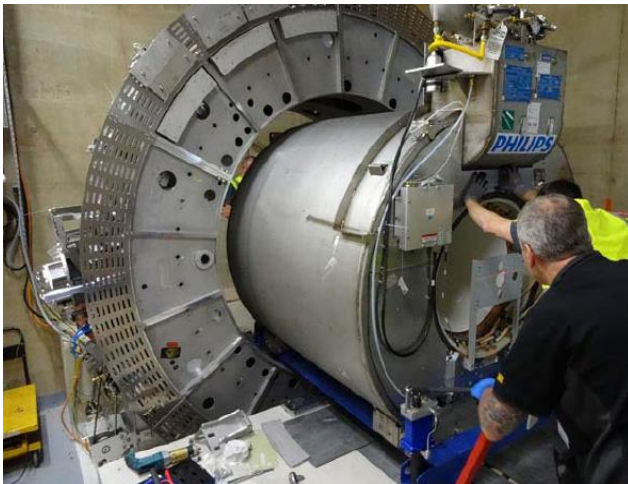
### **MRI Imaging Isocenter:**

MRIの画像中心は、均一なオブジェクト内で最も均一性の高い空間内の点として任意に定義される。



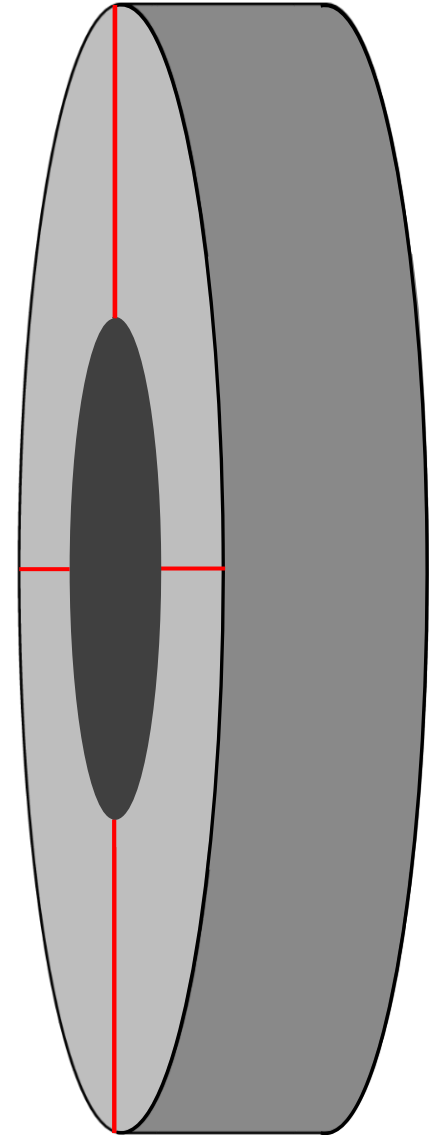
# Phantom Design

## Initial Alignment



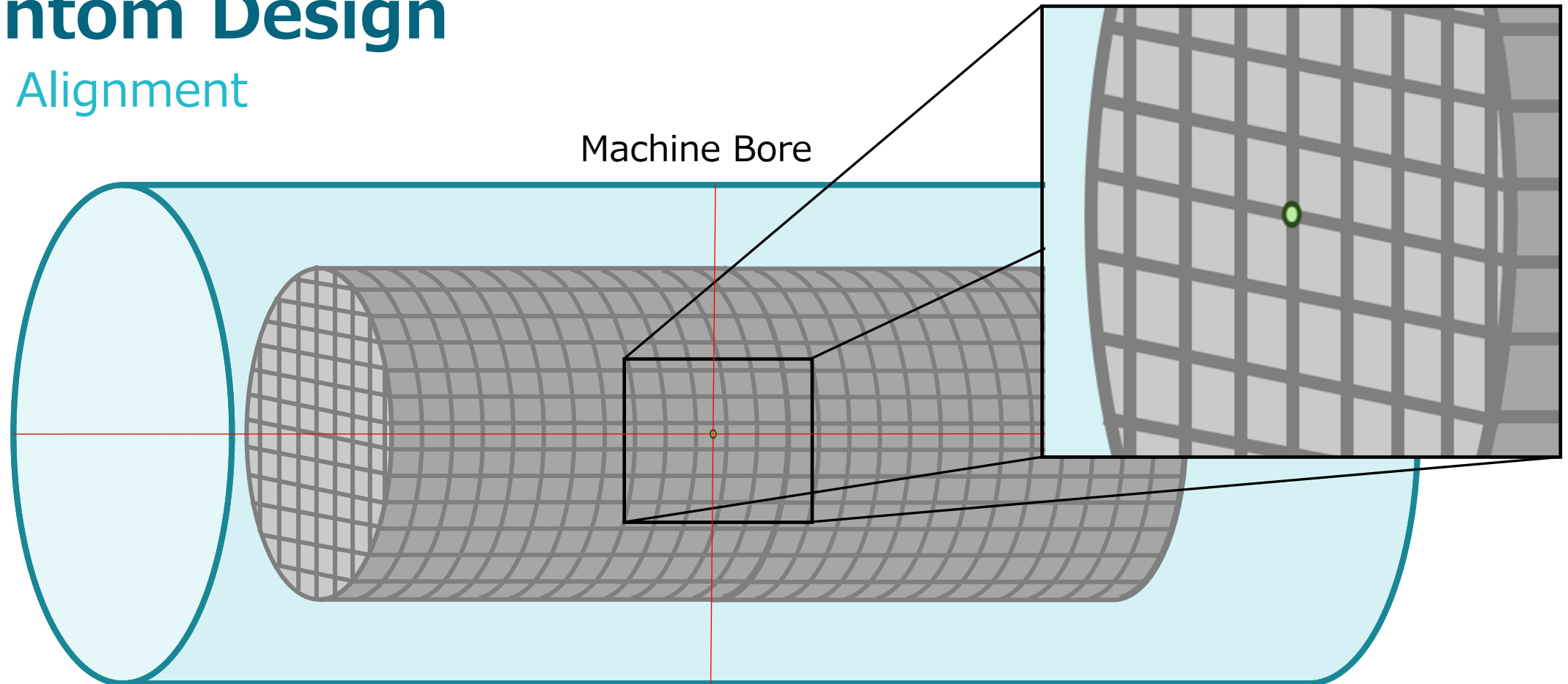
システム間の初期調整は機械的なものになる。加速器の回転構造は、部屋の床の空洞中心に配置される。

ガントリが適切に位置合わせされると、MRIはガントリボアの中心にスライドしていく。MRIの幾何学的中心は、ガントリ機械的アイソセンターの0.5 mm以内に配置する。



# Phantom Design

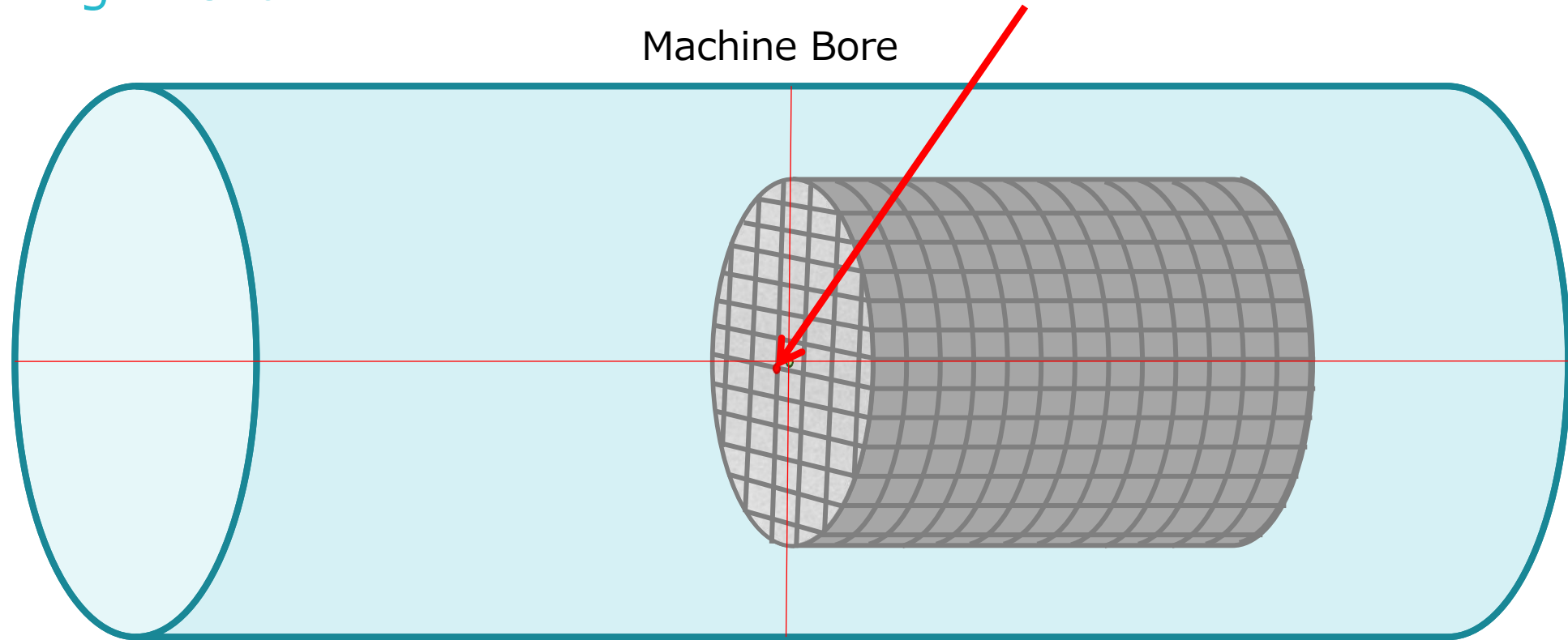
## Initial Alignment



理想的には、MR画像の中心とMRスキャナーの幾何学的な中心が完全に一致する。

# Phantom Design

## Initial Alignment

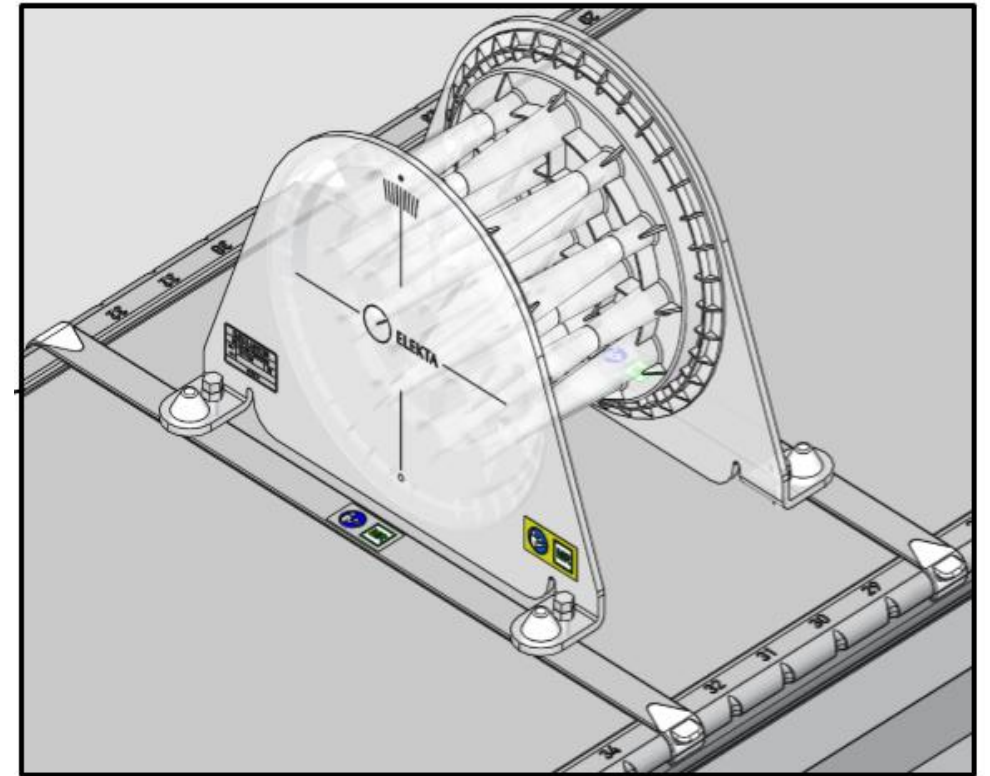


MR画像の中心は、「静磁場均一性が最も高い空間内の任意のポイント」で、このポイントが MRを撮像する際において、xyzの各々の座標が“0”となるポイントになる。そのため、「静磁場均一性が最も高い空間内の任意のポイント」が必ずしもMRスキャナーの中心と一致するわけではない。

# Phantom Design

## Design

- 「MR to MV Registration Phantom」は、MRおよびMV座標系の整列または整列をチェックするように設計されている。
- これは、プラスチックと硫酸銅溶液とその中に配置された7つのZrO<sub>2</sub>(ジルコニア)球で構成されている。
- 非磁性、非導電性の高原子番号セラミックマーカーは、MV画像で検出できる。
- マーカーを囲む液体はMR画像で見ることができ、ZrO<sub>2</sub>球から信号は返されない。



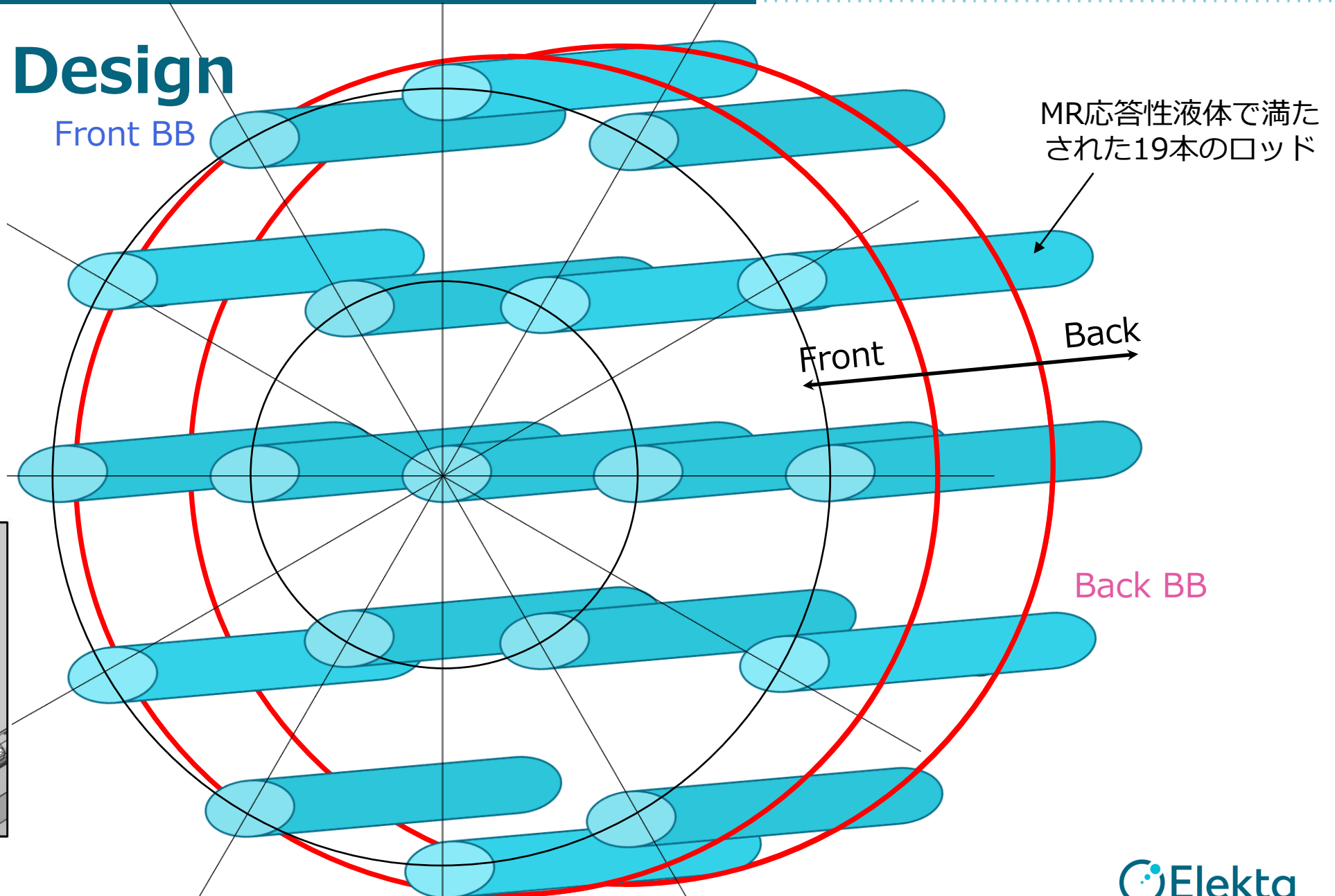
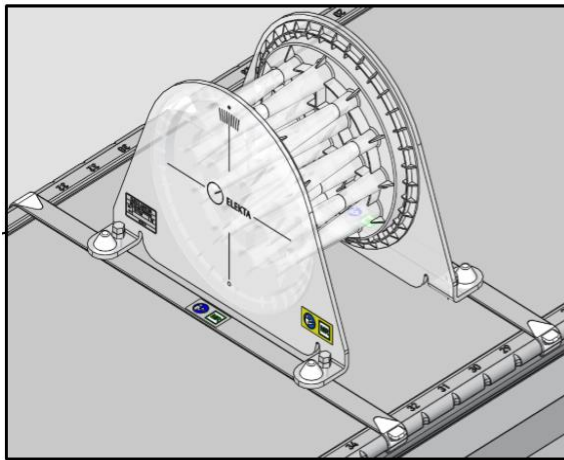


# Phantom Design

## Design

MR to MV Phantomは、MR座標をMV座標に結び付ける目的で設計されている。

既知のサイズの7つのBBが、既知の位置でY方向に2か所(3つと4つ)に配置されている。右のアニメーションは、ファントム自体の形状と構造を示している。



# MRtoMV Offset Workflow

## Alignment Workflow

### Filling Phantom (If Necessary)

- サービスと顧客は、必要に応じてファントムアセンブリの洗浄または硫酸銅溶液を再充填する。
- 図は、シリンジを使用してファントムアセンブリを洗浄/充填を示している。

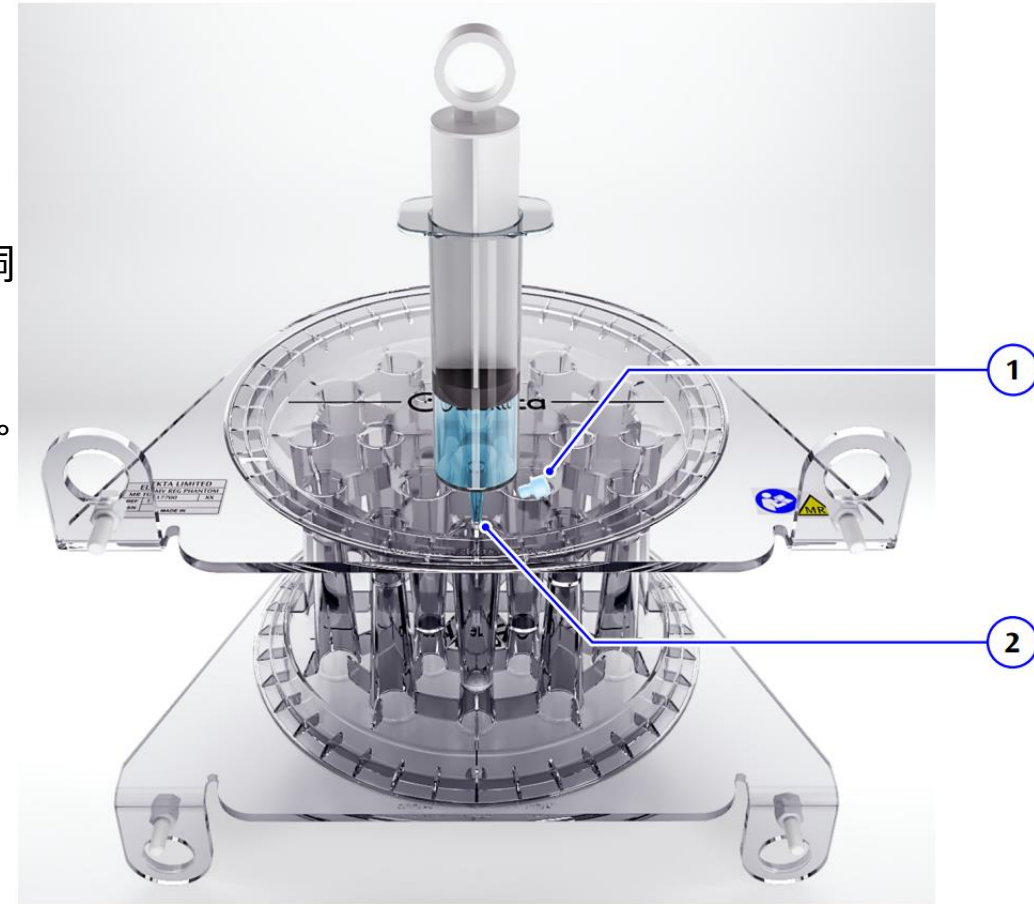
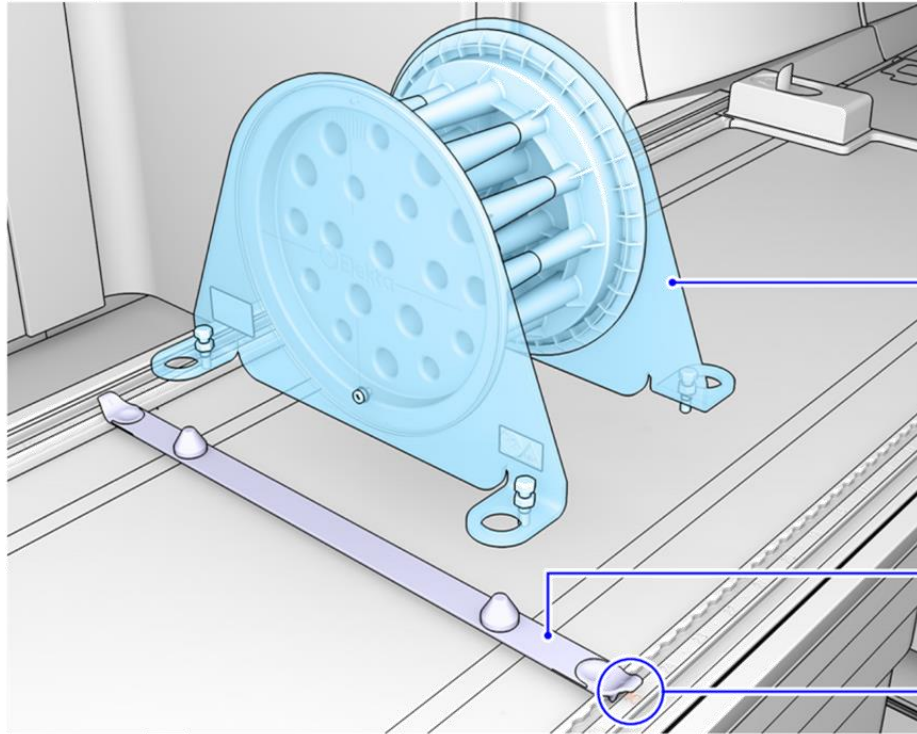


Figure 21.5 Filling the MR to MV alignment phantom

Remove the sealing washer (1) from the filling hole (2) at the front of the MR to MV alignment phantom (see [Figure 21.5](#)).

# MRtoMV Offset Workflow

## Alignment Workflow



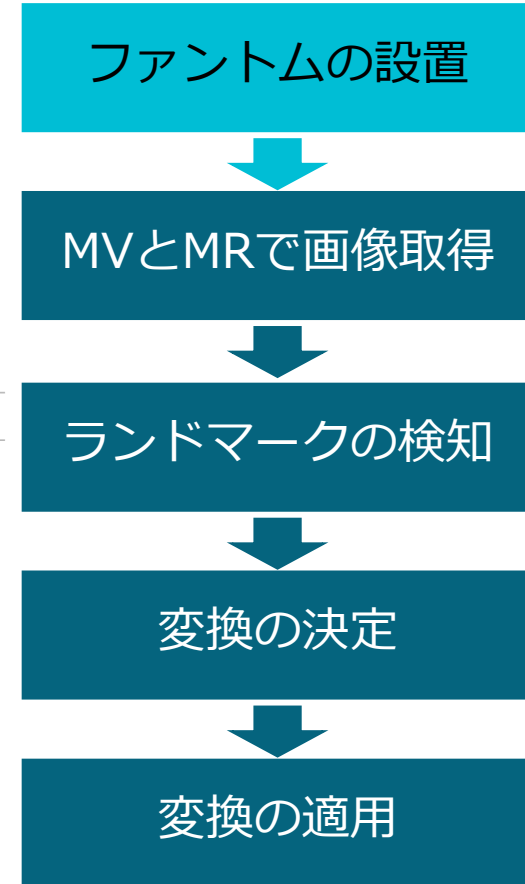
- Remove the comfort mattress from the table top.
- Put the PPS indexing bar (2) at slot 25 (3).
- Put the MR to MV alignment phantom (1) on to the PPS indexing bar (2) on the side nearest to the bore. Make sure that the stickers on the MR to MV alignment phantom (1) face the foot of the table top.

*Do not connect the anterior and posterior coils.*

- On the user interface module of the PPS, press the MOVEMENT SWITCH up. The table moves into the bore and automatically stops at the set point 205.6 cm. The MR to MV alignment phantom is at isocenter (1) (see [Figure 21.18](#)).

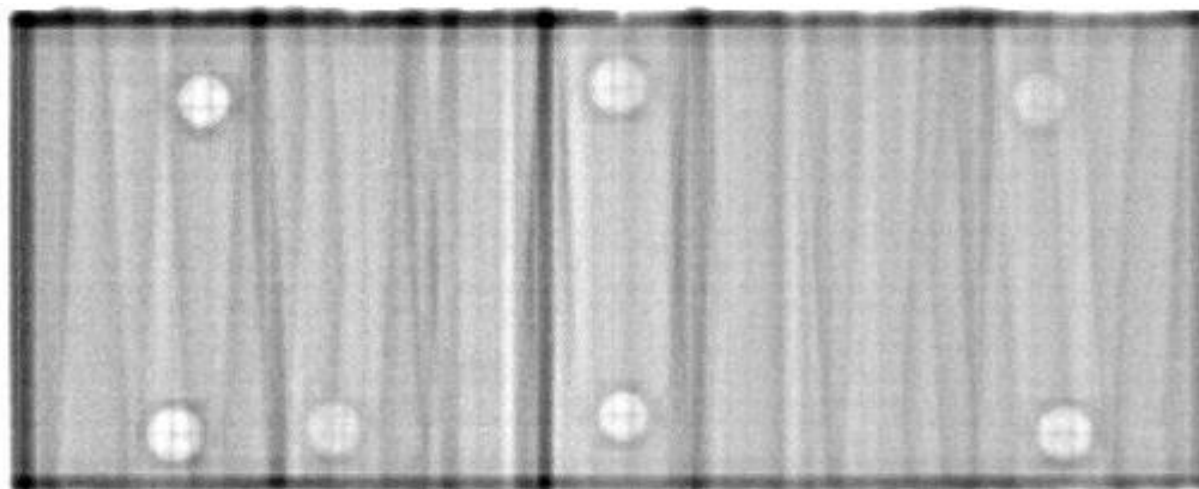
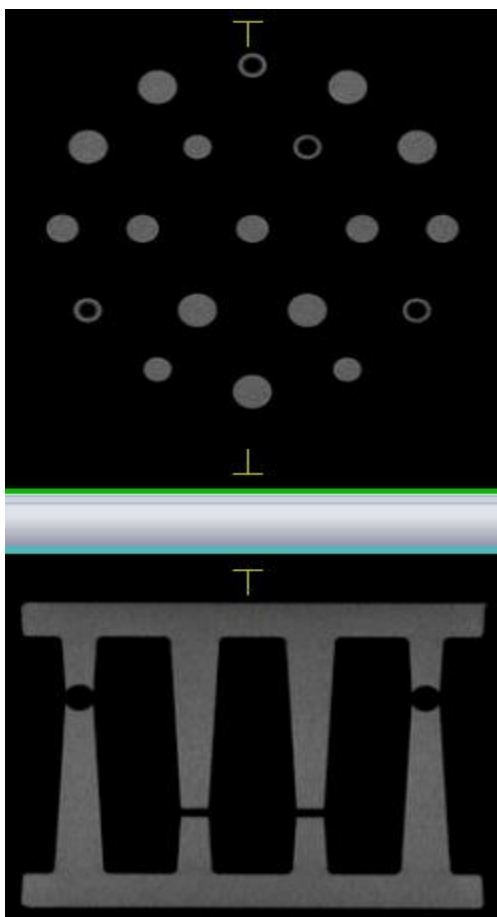
Figure 21.17 MR to MV alignment phantom setup

- |                                |                      |
|--------------------------------|----------------------|
| (1) MR to MV alignment phantom | (2) PPS indexing bar |
| (3) Slot 25                    |                      |

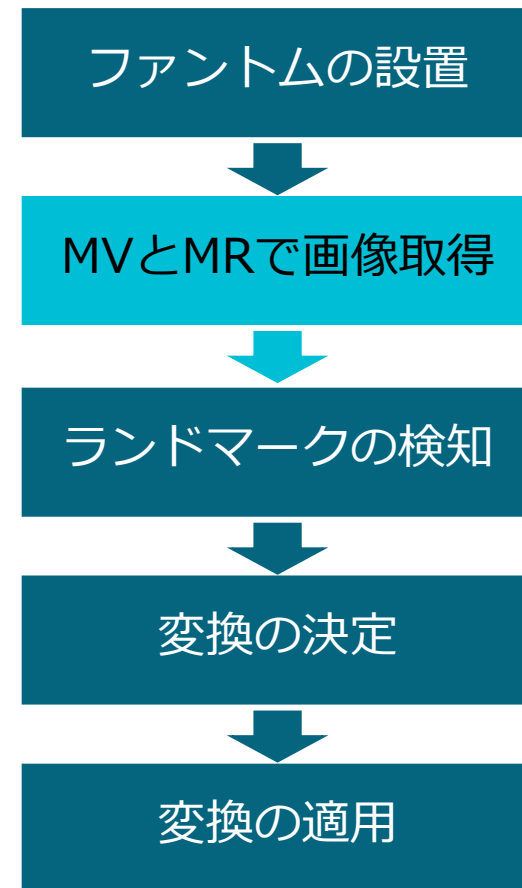


# MRtoMV Offset Workflow

## Alignment Workflow

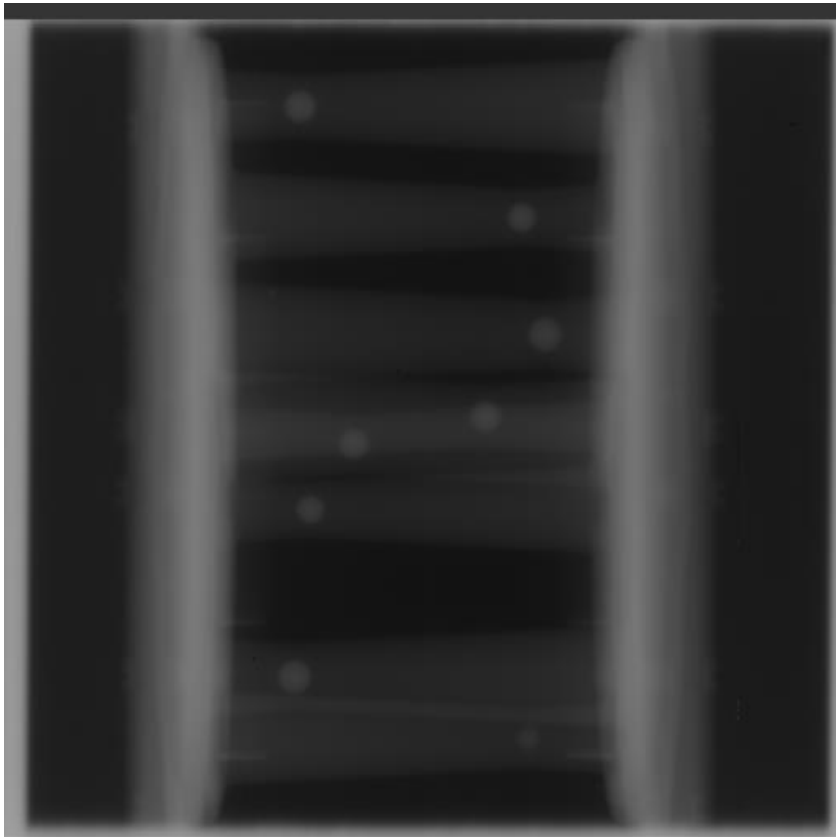


- MRI画像を取得するために使用するのは:  
**Elekta "MR to MV " exam card**
- MV画像を取得するために使用するのは:  
**The "MR to MV QA " beam**

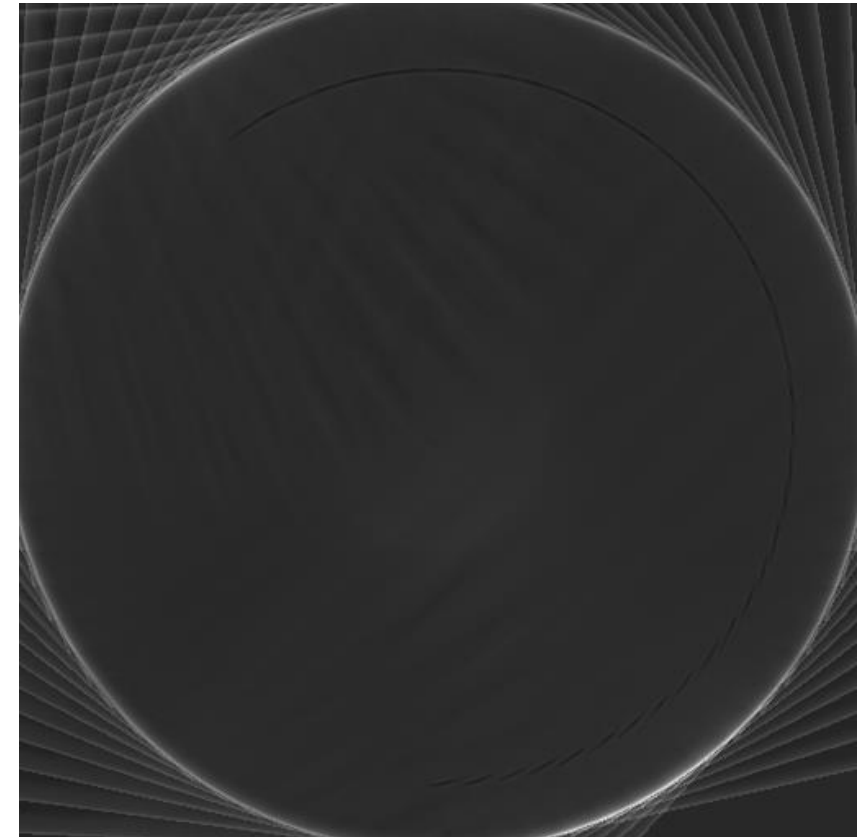


# MRtoMV Offset Workflow

## Alignment Workflow



2D MV Projections

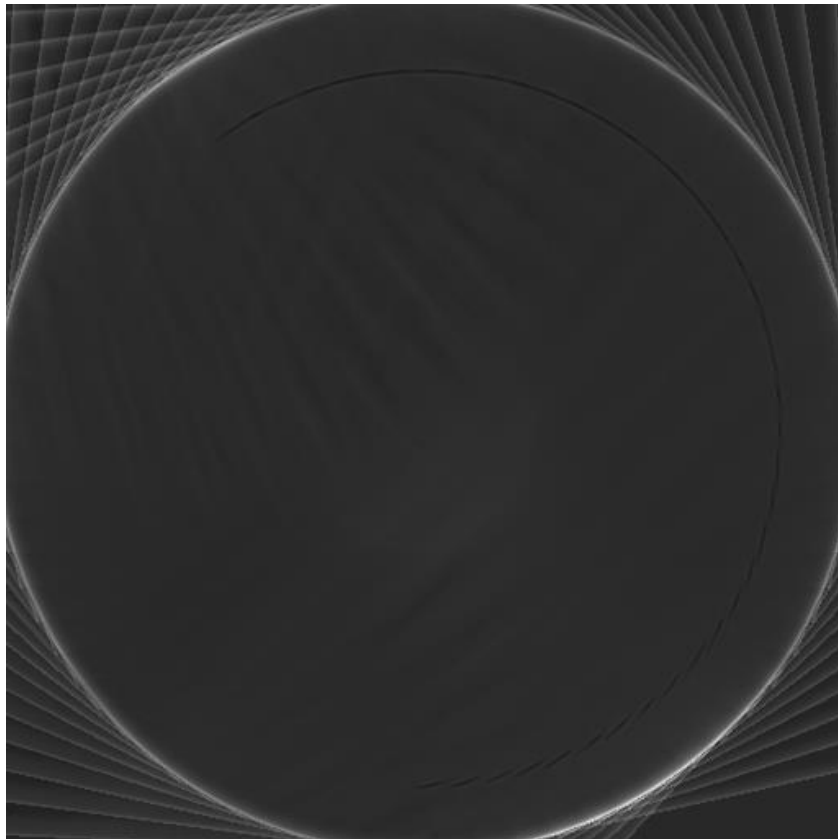


Slice of 3D MV Image

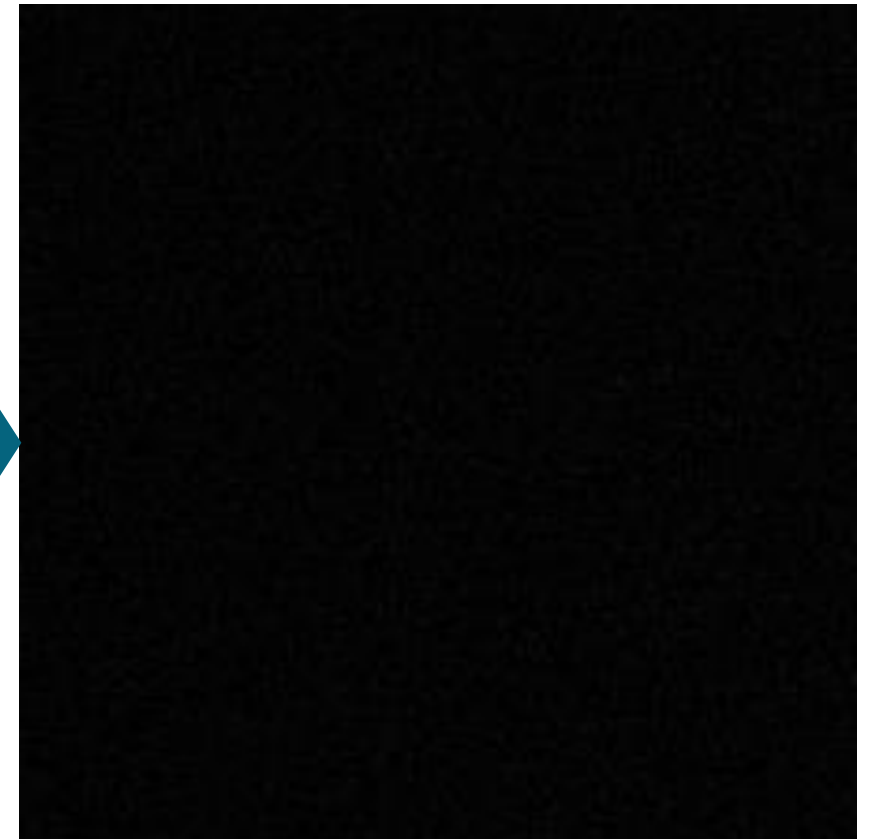
\*\*注：このイラストはMRからMVのファントムの初期のプロトタイプで作成されたため、形状が少し異なる。

# MRtoMV Offset Workflow

## Alignment Workflow



3D MVCT Slice Images

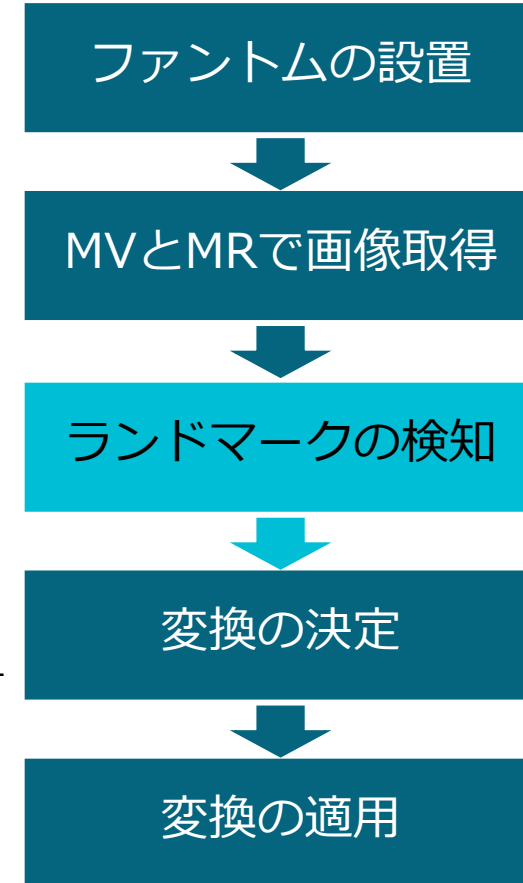
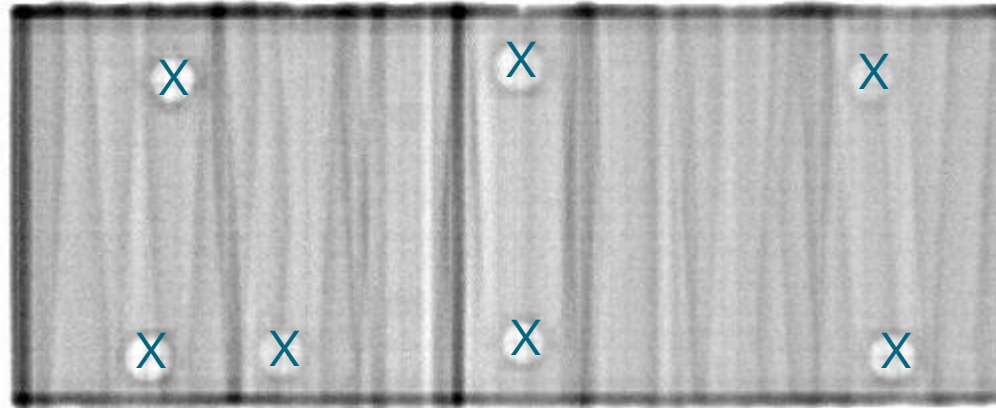
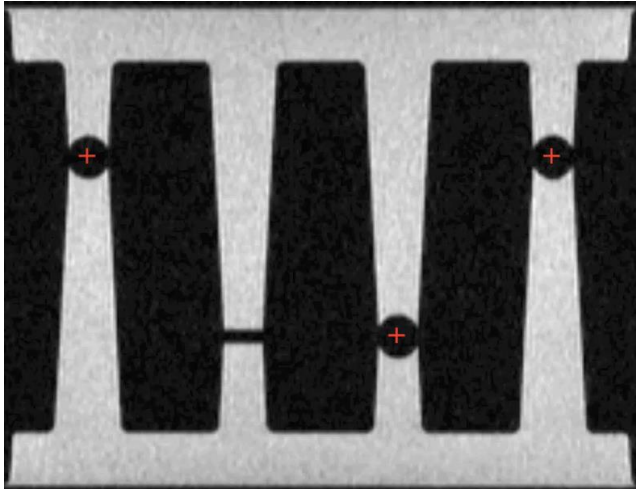


3D MR Slice Images

\*\*注：このイラストはMRからMVのファントムの初期のプロトタイプで作成されたため、形状が少し異なる。

# MRtoMV Offset Workflow

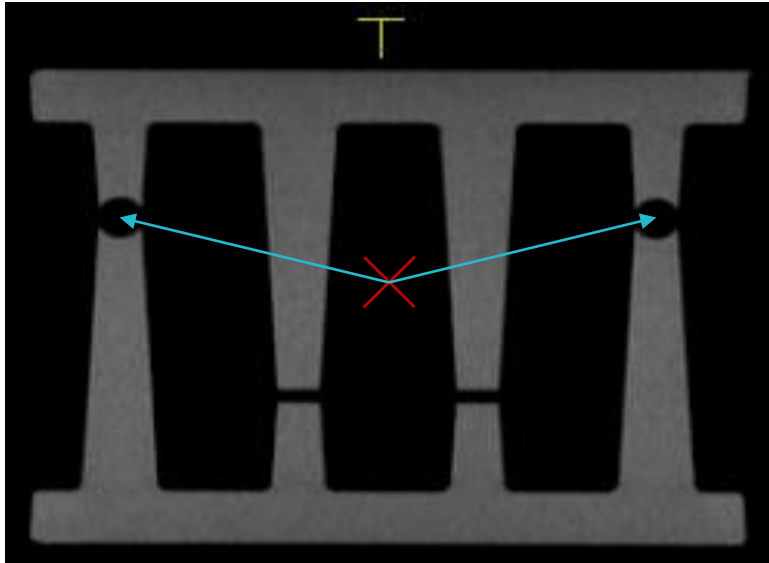
## Alignment Workflow



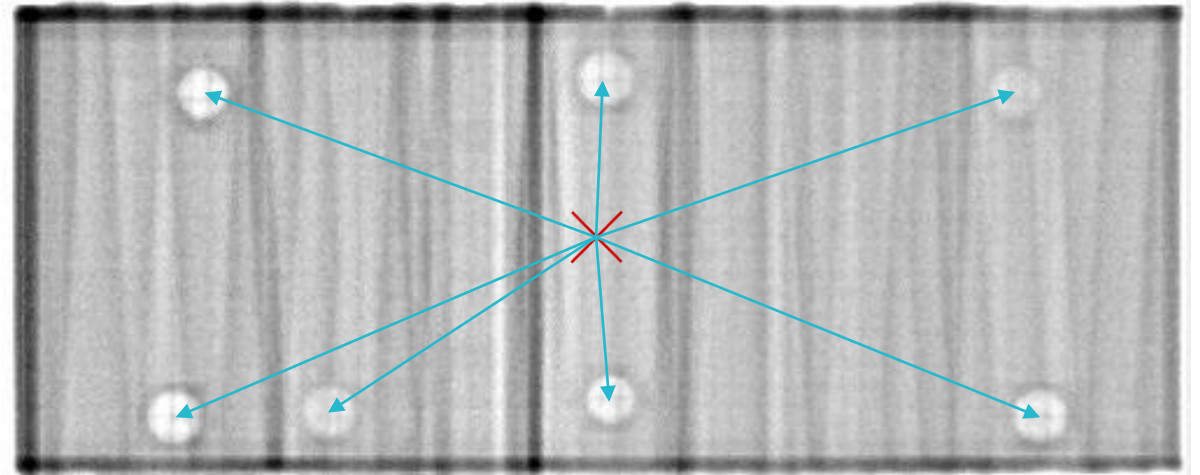
- QAアライメントソフトウェアは、両方の画像セットの3D空間で球の中心を自動的に検出する。
- 検出方法は、各ボクセルの強度勾配を計算し、特定の基準が満たされた場合に勾配方向に沿って線を描画する。
- 球の中心の位置に極大値が生成され、検出されて保存される。
- 球の中心を検出した後、対応する座標が、ファントムの既知のジオメトリに基づいて2つの画像セットで自動的に決定される。

# MRtoMV Offset Workflow

## Alignment Workflow



BBの位置は、MRセンターを基準に計算される。



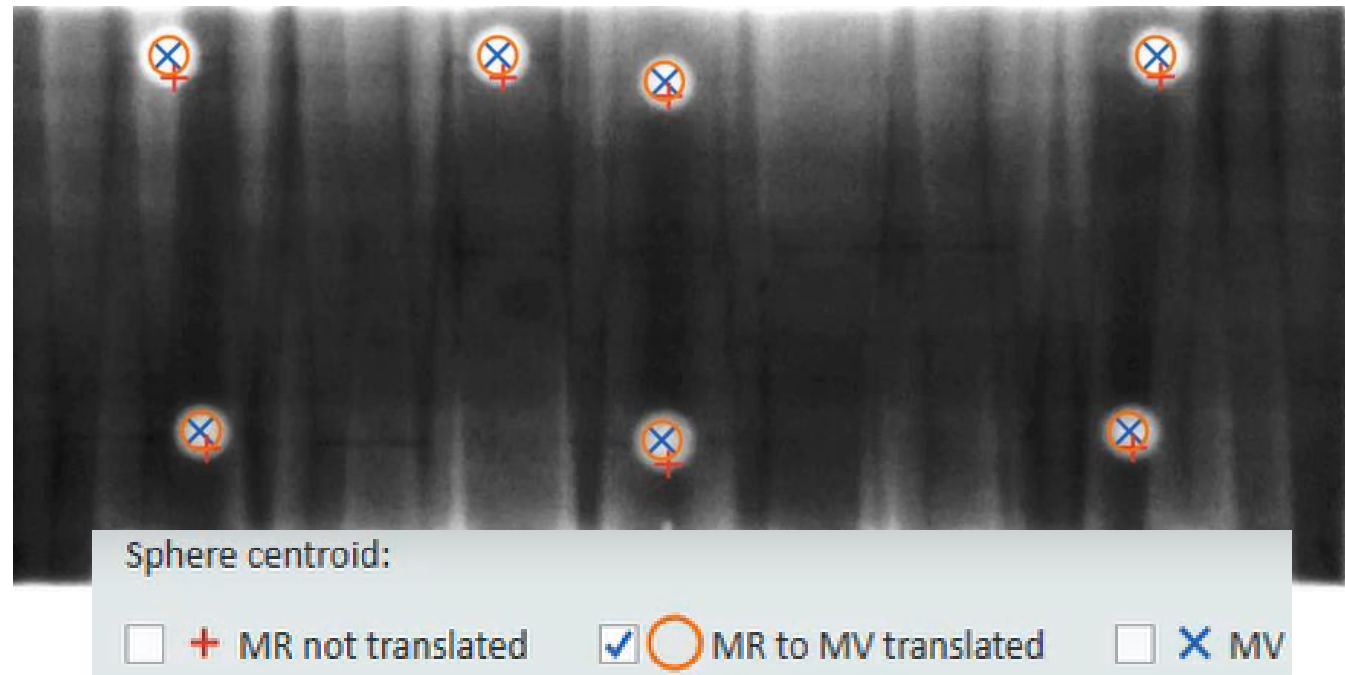
BBの位置は、MVの中心を基準に計算される。  
MVセンターはMVGeometryファイルからわかる。



# MRtoMV Offset Workflow

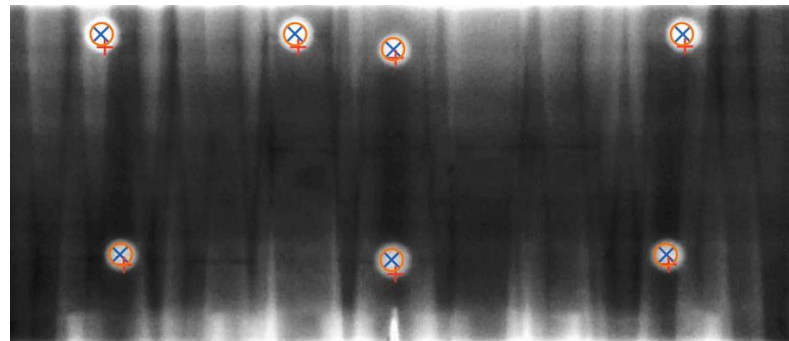
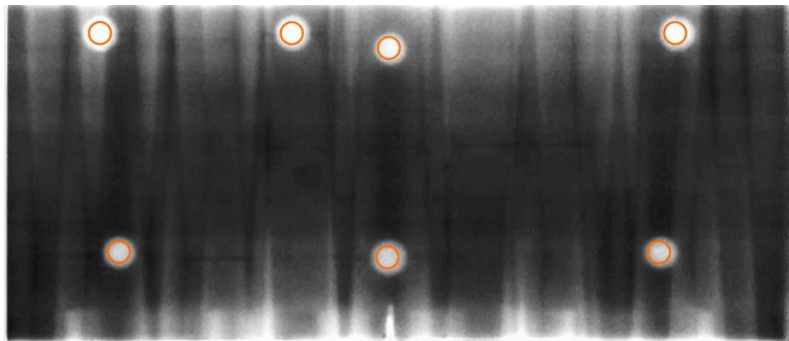
## Alignment Workflow

MVアイソセンターとMR原点の両方が空間内の固定の位置になるので、その位置座標を使用して、2つを比較し、シフト量を計算する。そこから、幾何学的な関係により、実際の放射線治療が行われる場所を決定する。



# MRtoMV Offset Workflow

## Alignment Workflow



Sphere centroid:  
 + MR not translated    ○ MR to MV translated    X MV

**Result**

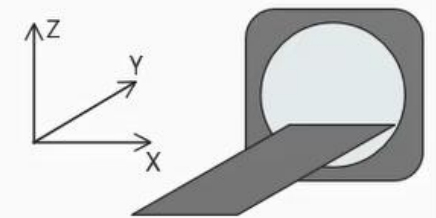
**Translation** Translation and rotation

*i* This output is the calculated misalignment between MR to MV. The output defines the translation from MR to MV. This result can be exported to Monaco to be used as new baseline.

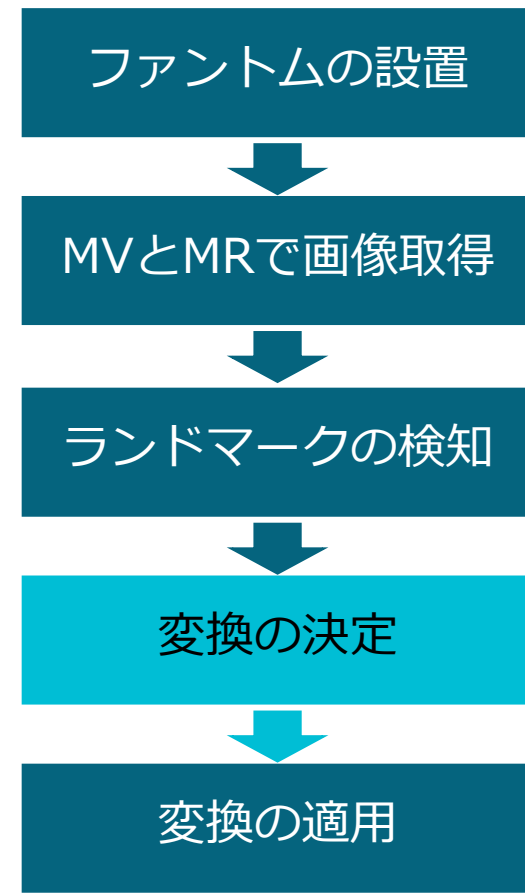
**Translation**

X	-0.12 mm
Y	+3.18 mm
Z	+0.93 mm

08 Jun 2017 10:58



IEC61217



# MRtoMV Offset Workflow

## Alignment Workflow

**Result**

Translation Translation and rotation

① This output is the calculated misalignment between MR to MV. The output defines the translation from MR to MV. This result can be exported to Monaco to be used as new baseline.

Translation

X -0.12 mm  
Y +3.18 mm  
Z +0.93 mm

08 Jun 2017 10:58

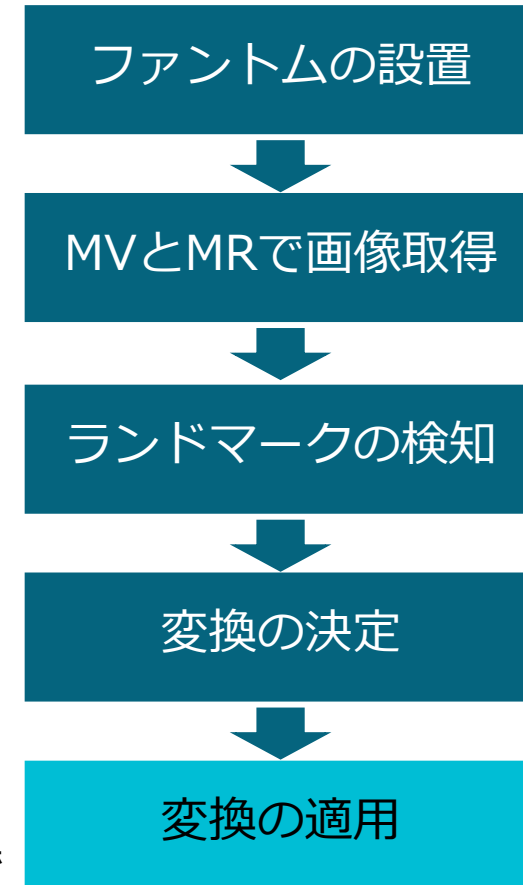
View result details **Export as baseline**

Elekta Log On NOT FOR CLINICAL USE X

Please confirm baseline export to Monaco.

User Name:   
Password:

Log On Cancel



- 変換を新しいベースラインとする場合は、データベースにエクスポートする。
- この変換は、Unity MR画像のインポート時にオンラインとオフラインの両方のMonacoで適用される。

# MR to MV Shift Determination

## Data Output and Trending

QA Results display translation

- 結果の詳細は次のとおり:
  - RMS位置誤差
  - ローテーション情報
- 結果の詳細はすべて\* .xmlファイルに保存される。

**Result**

**Translation** Translation and rotation

Calculation result details

Machine serial number: 12346

**Input MR:**

Acquired: 2017-03-14T10:49:36-04:00 (yyyy-MM-ddTHH:mm:sszzz)  
Exam card: T1 MR-MV  
Study: T1 MR-MV  
Series: T1 MR-MV  
Images: 250  
Slice thickness: 1.0 mm  
First filename: C:\DICOM\MR\MR00741.dcm

**Input MV:**

Acquired: 2017-03-14T10:51:53-04:00 (yyyy-MM-ddTHH:mm:sszzz)  
Study: MVMR\_SMALL:  
Series: 10  
Images: -120.0, -102.0, -78.0, -60.0, 0.0, 60.0  
Angles: -120.0, -102.0, -78.0, -60.0, 0.0, 60.0  
First filename: C:\DICOM\MV\MV00023.dcm

**Warnings:**

WARNING: ONLY INTENDED FOR RESEARCH PURPOSES, NOT FOR ALIGNMENT

**Calculation result:**

Calculation mode: RESEARCH  
Calculation Date/Time: 2019-01-08T16:23:31-05:00 (yyyy-MM-ddTHH:mm:sszzz)

The coordinate system follows IEC61217

**Output rotation and translation:**

	M0	M1	M2	M3
M0	0.99999336987725700	-0.00227694869561259	-0.00284177869739091	0.82305764174129500
M1	0.00228380511951816	0.99999448367786600	0.00241181425776324	-1.00387932060122000
M2	0.00283627144389599	-0.00241828833587626	0.99999305369878500	-0.91418431547694800
M3	0.00000000000000000	0.00000000000000000	0.00000000000000000	1.00000000000000000

Calculation result file: c:\MrToMvOutput\MrToMvAlignmentCheckResult.xml

MR to MV. This result can be compared

IEC61217

HistoryAlignmentCheck.xml  
HistoryAlignmentCheck.xls  
MrToMvAlignmentCheckResult.xml  
MrToMvAlignmentCheckResult.xls

# MR to MV Shift Determination

## QA Recommendations

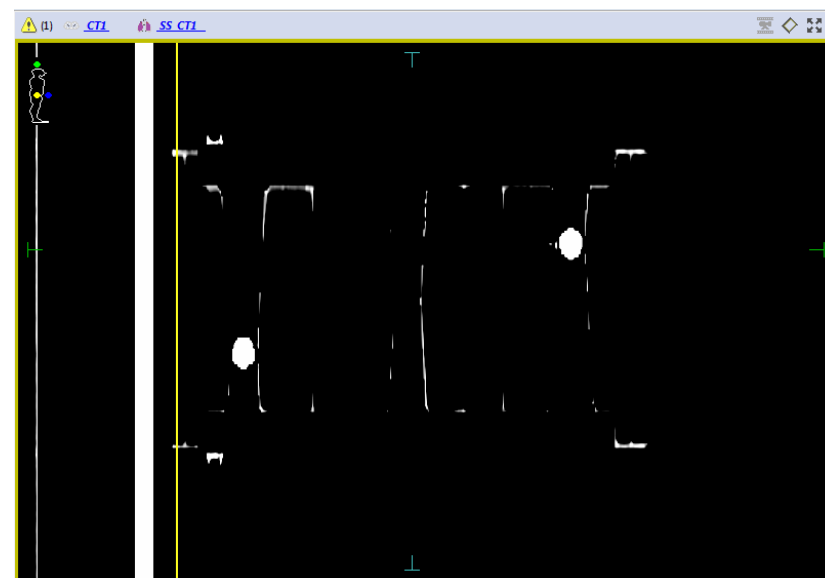
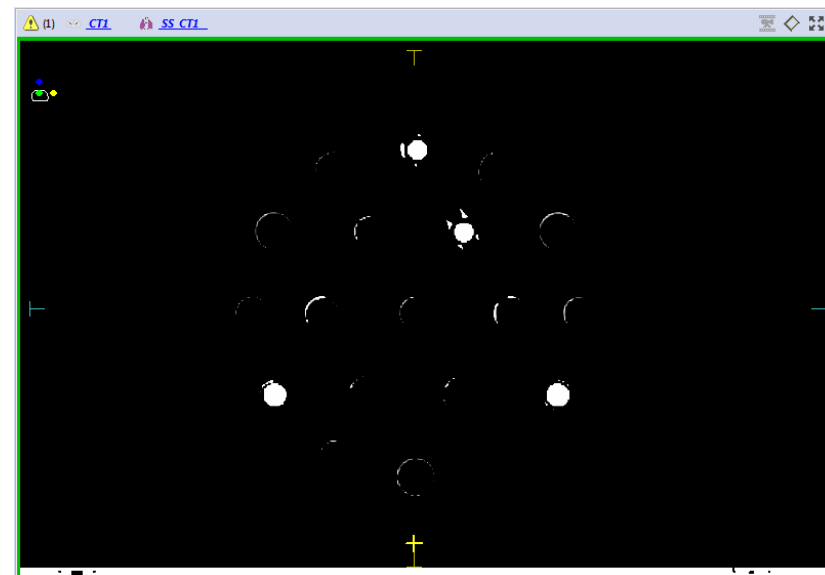
このテストの精度は次の要素に依存している。:

### LINAC (MVCT再構成用)

- MV画像のスケーリングと品質
- MVアイソセンターのピクセルサイズ
- ガントリ角度精度 など

### MRI

- 幾何学的忠実度
  - 特にFOV内(原点付近) など



# MR to MV Shift Determination

## QA Recommendations

- 許容範囲
  - ポジションオフセット
    - $\pm 1$  mm
  - RMS
    - $\pm 1$  mm    -トレンドの提案
- 頻度
  - ルーチン
    - Weekly
  - メンテナンス
    - QA
      - 物理的变化（地震など）
      - B0の変更
      - SRS / SBRTケースの前 など
    - STW – サービスの役割
      - MOSAIQ® DB の変更(許容範囲を超えた場合など)

# MRtoMV in Monaco

## Implementation in Monaco

新しいベースラインが生成されると、データベース内で更新される。このシフトは、標準の臨床ワークフロー中に行われる各MRからCTへのレジストレーションに使用される。

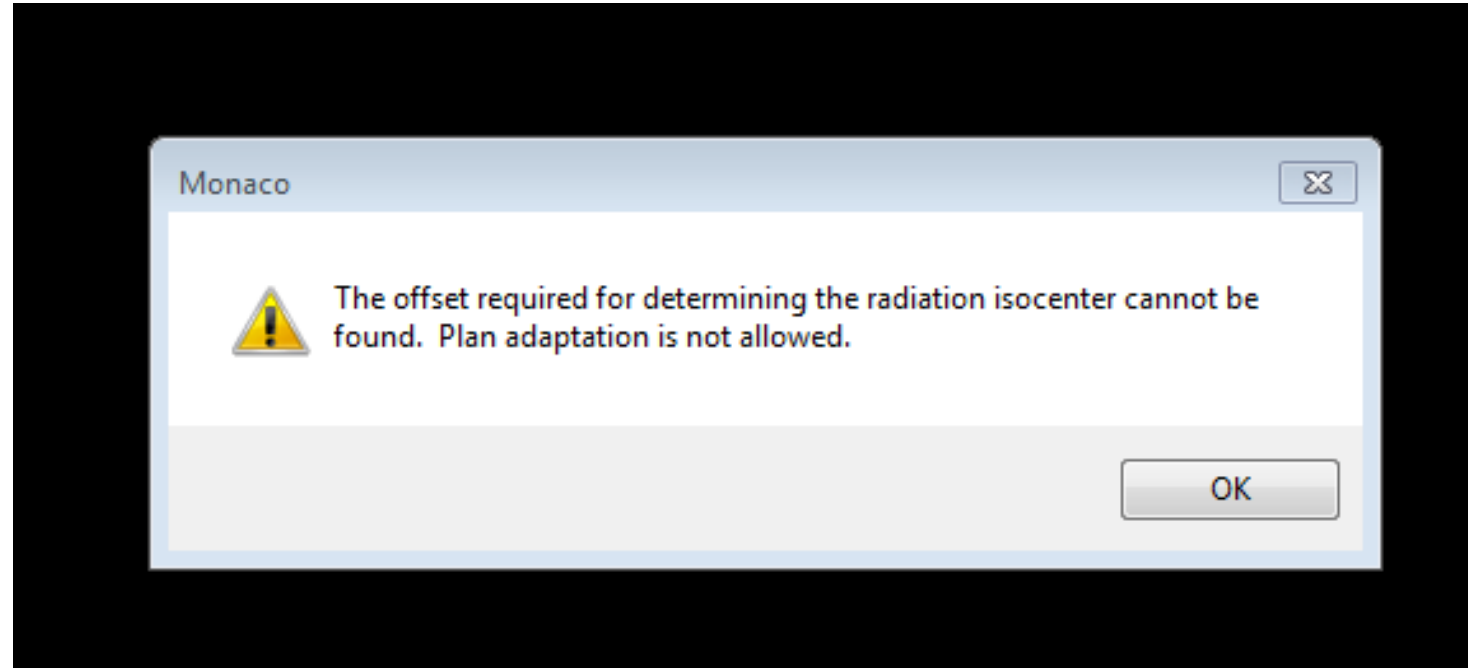
注：それらはmmで表示される。

Calculation_DateTime	MrDeviceSerialNumber	Rotation_Psi	Rotation_Phi	Rotation_Theta	Translation_X	Translation_Y	Translation_Z
2018-01-02 15:34:43.217	79005	NULL	NULL	NULL	1.65436	0.334972	-0.66885

# MRtoMV Offset Workflow

## Implementation in Monaco

オフセットがデータベースにない場合、エラーメッセージがユーザーに表示される。  
このエラーは、ユーザーがUnity以外のシステムのMRスタディセットを使用してAdaptプランを作成しようとした場合にも表示される。

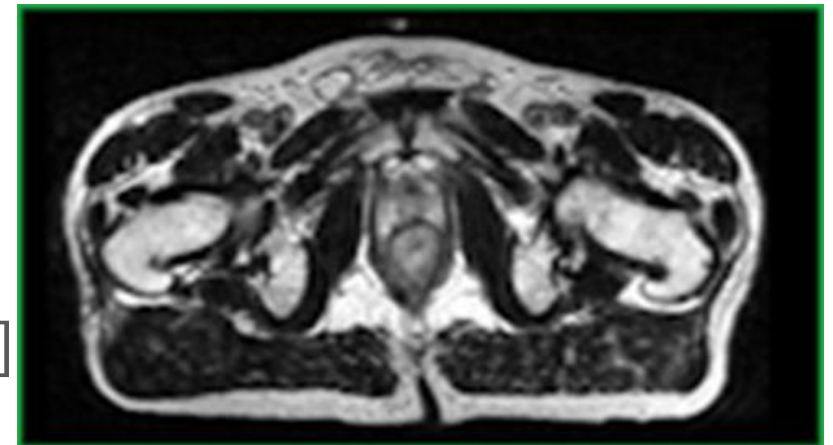
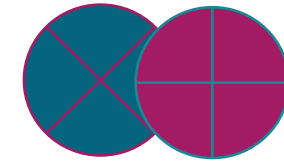
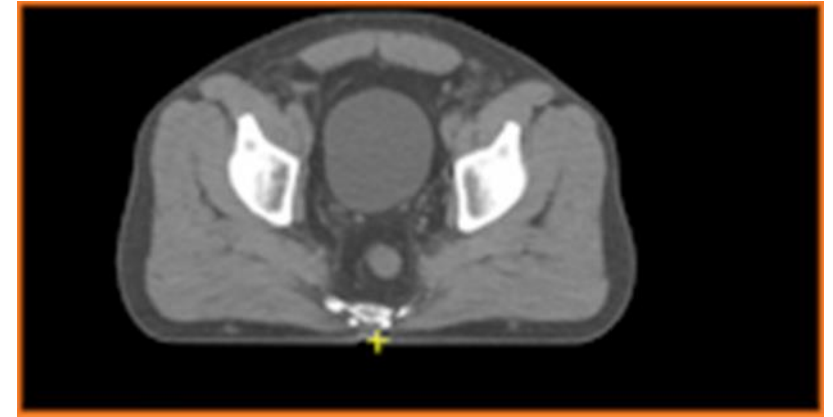




# MRtoMV Offset Workflow

## Implementation in Monaco

MR to MVは、リファレンスCT画像セットと毎日のMR画像セットとの間の空間関係を与える。



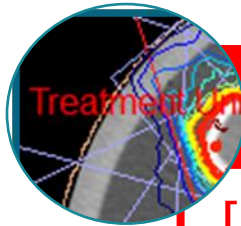
Adapt to Position

Adapt to Shape

The adapted isocenter は次のように表すことができる。  
[Reference Plan MV Isocenter] ± [Setup Error] - [MRtoMV]

# MRtoMV Offset Workflow

## Adapt to Position Step 1



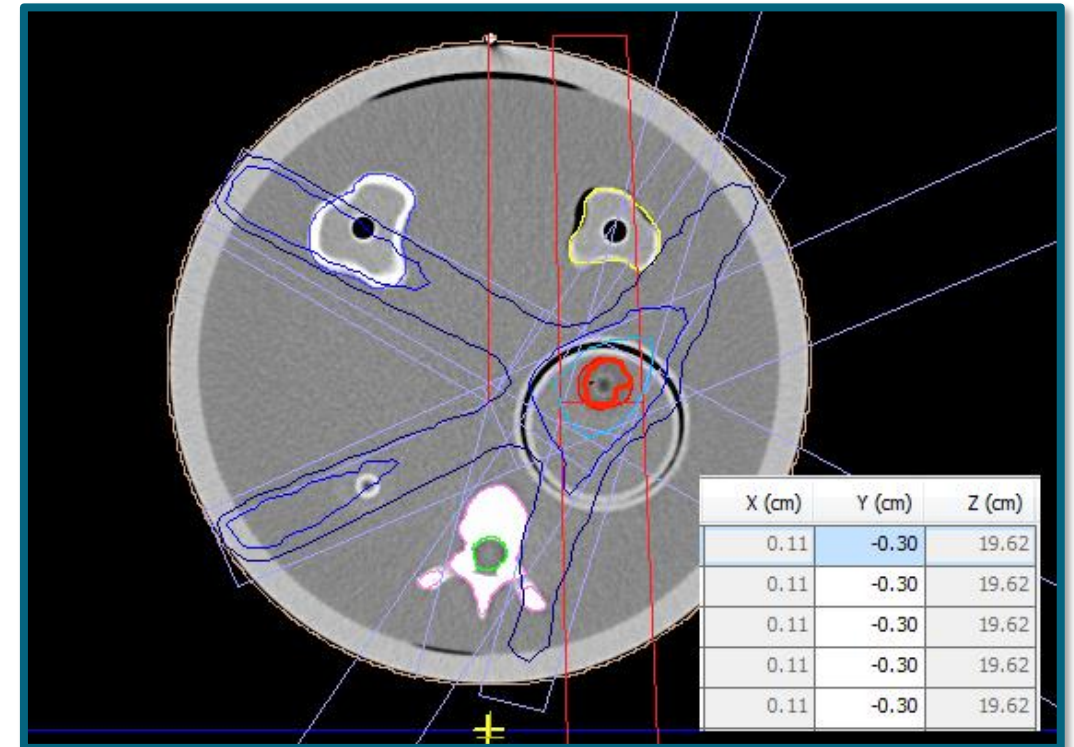
Treatment Plan isocenter

[0.11, -0.3, 19.62]

リファレンス画像に対して、治療計画を作成する。  
この場合は、CT画像に対して作成する。

CTスキャンを参照して、  
**Plan isocenter**座標が表示  
されます。

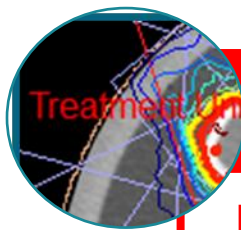
[0.11, -0.30, 19.62]



# MRtoMV Offset Workflow

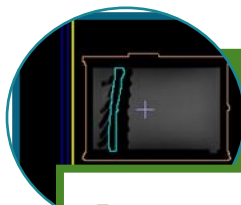
## Adapt to Position Step 2

ファントムは治療計画に従ってセットアップされ、MRIが撮像されます。MR画像がMonacoに読み込まれると、ソフトウェアは座標系に基づいて画像をFusionし、MR画像をCT画像に移動して、最高の相互情報を見つける。



Treatment Plan isocenter

[0.11, -0.3, 19.62]

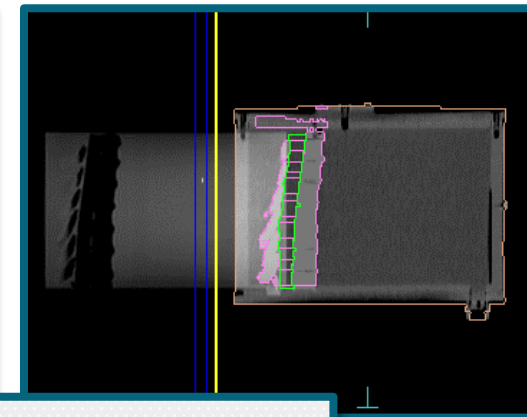
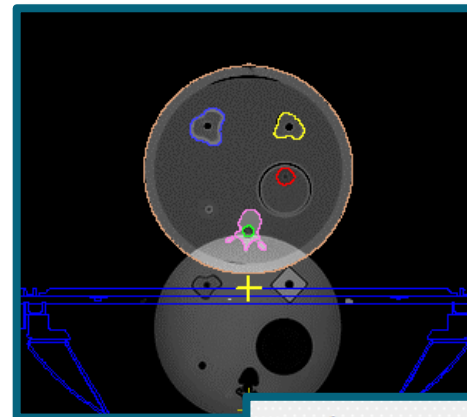


Translation

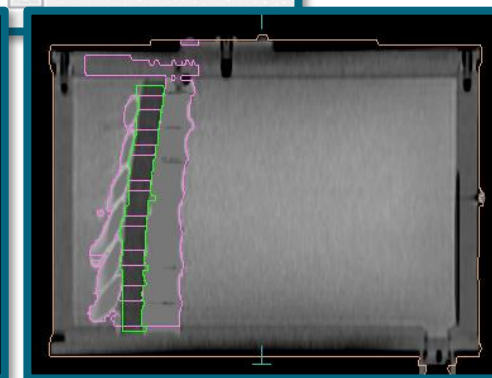
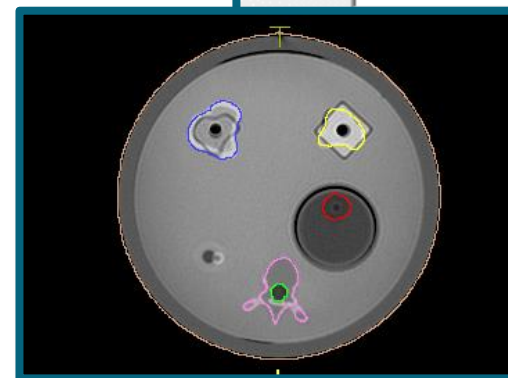
[0.0915, 0.2414, 19.3869]

変換マトリックスは、両方の画像シリーズの[0, 0, 0]から最高の相互情報の場所へのシフトを示す。

**MR to CT Shift**  
**[0.0915, 0.2414, 19.3869]**



Translation:		
X:	0.0915	cm. (LEFT/RIGHT)
Y:	0.2414	cm. (SUP/INF)
Z:	19.3869	cm. (ANT/POST)




# MRtoMV Offset Workflow

## Adapt to Position



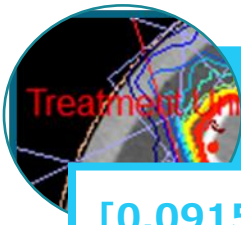
Treatment Plan isocenter

[0.11, -0.3, 19.62]



Translation

[0.0915, 0.2414, 19.3869]



Shifted iso

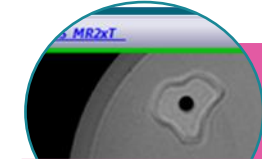
[0.0915, 0.2414, 19.3869]

### Step 3

変換によりアイソセンターの位置がシフトされ、  
セットアップエラーが考慮される。

Plan isocenterとこのShifted isoの違いはセット  
アップエラーとなる。

$$\begin{array}{r} [0.0915, 0.2414, 19.3869] \\ - [0.11, -0.3, 19.62] \\ \hline [-0.0185, 0.5414, -0.2331] \end{array}$$

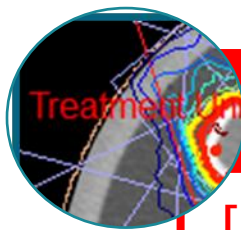


Setup Error

[-0.0185, 0.5414, -0.2331]

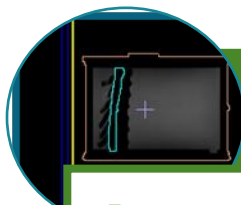
# MRtoMV Offset Workflow

## Adapt to Position



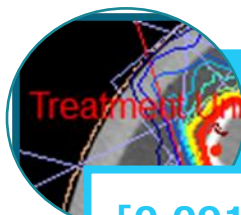
Plan isocenter

[0.11, -0.3, 19.62]



Translation

[0.0915, 0.2414, 19.3869]



Shifted iso

[0.0915, 0.2414, 19.3869]

### Step 4

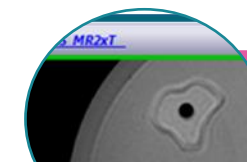
Adapt to Positionワークフローを実行すると、プランはShifted isoを中心とするのではなくMRtoMVオフセットが考慮された、Adapted ISOを中心とする。

[0.0915, 0.2414, 19.3869]

- [-0.11186, -0.80934, 0.0238]

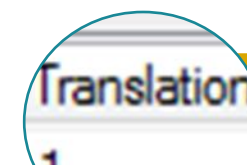
[0.2 , 1.05 , 19.36 ]

MrDeviceSerialNumber	Translation_X	Translation_Y	Translation_Z
79011	-1.1186	-8.0934	0.2384



Setup Error

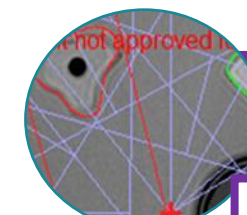
[-0.0185, 0.5414, -0.2331]



Translation

MRtoMV

[-0.11186, -0.80934, 0.0238]



Adapted iso

[0.2, 1.05, 19.36]

注：MRtoMVはmmで保存され、モナコの値はcmで報告される。

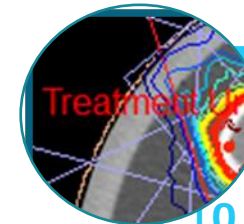
# MRtoMV Offset Workflow

Adapt to Position The adapted isocenterは次のように表すことができる。

$$[\text{Reference Plan MV Isocenter}] \pm [\text{Setup Error}] - [\text{MRtoMV}]$$

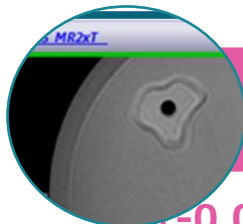


Treatment Plan isocenter  
[0.11, -0.3, 19.62]



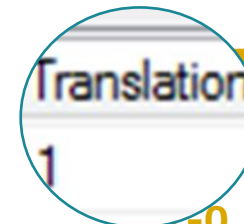
Shifted iso  
[0.0915, 0.2414, 19.3869]

+

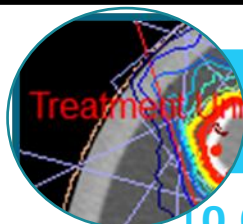


Setup Error  
[-0.0185, 0.5414, -0.2331]


-



Translation MRtoMV  
[-0.11186, -0.80934, 0.0238]



Shifted iso  
[0.0915, 0.2414, 19.3869]

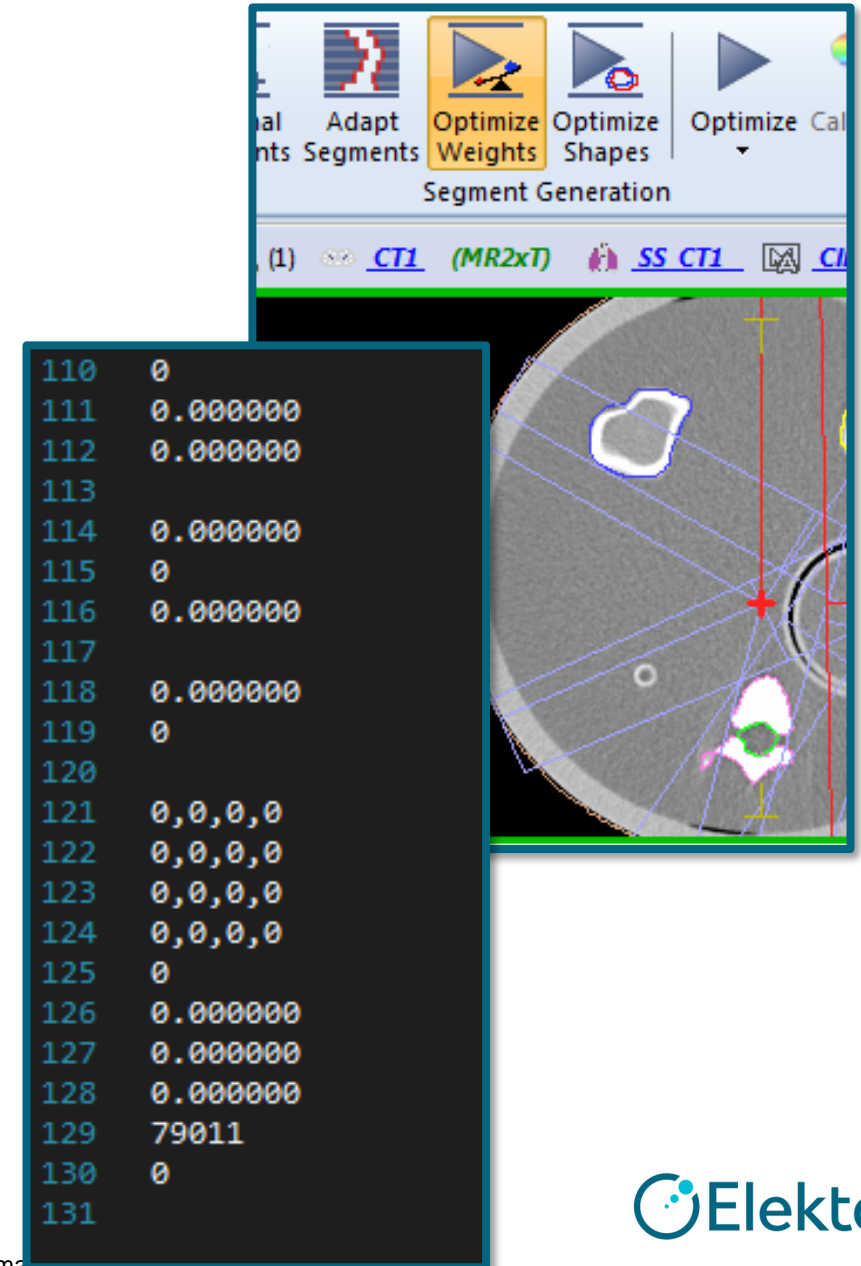


Adapted iso  
[0.2, 1.05, 19.36]

# MRtoMV Offset Workflow

## Adapt to Position

Adapt to Positionを実行すると、プランのアイソセンターはCTに残る。MRtoMV情報はMRデータセット情報に書き込まれず、登録後に必要な追加のシフトを決定するためにのみ使用される。



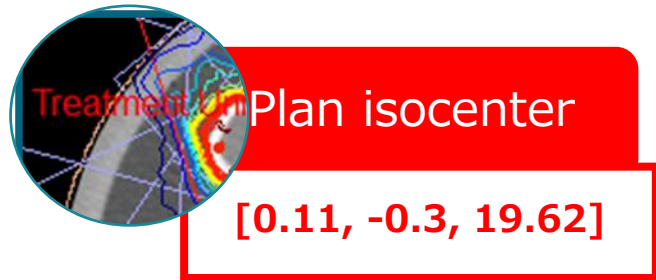
110	0
111	0.000000
112	0.000000
113	
114	0.000000
115	0
116	0.000000
117	
118	0.000000
119	0
120	
121	0,0,0,0
122	0,0,0,0
123	0,0,0,0
124	0,0,0,0
125	0
126	0.000000
127	0.000000
128	0.000000
129	79011
130	0
131	

# MRtoMV Offset Workflow

## Adapt to Shape

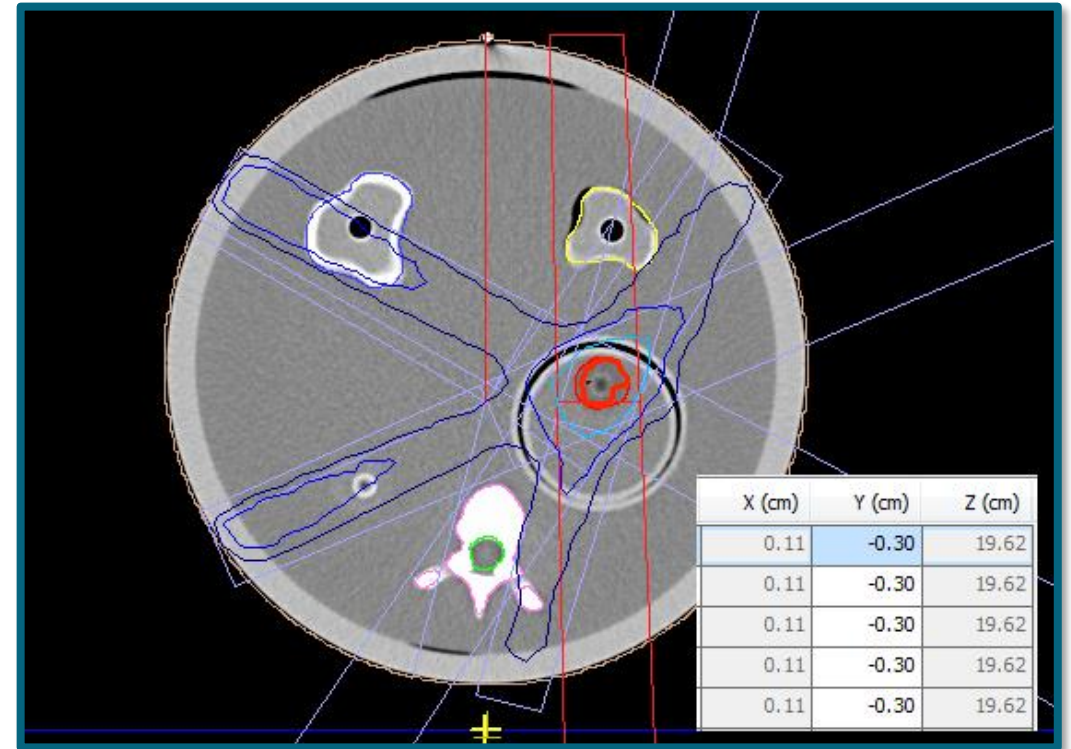
### Step 1

リファレンス画像に対して、治療計画を作成する。  
この場合は、CT画像に対して作成する。



CTスキャンを参照して、**Plan isocenter**座標が表示される。

[0.11, -0.3, 19.62]





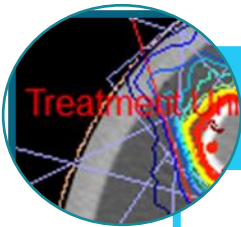
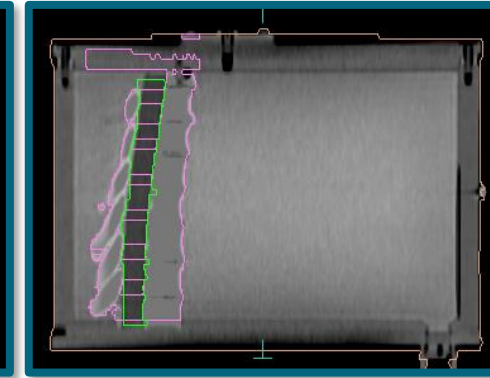
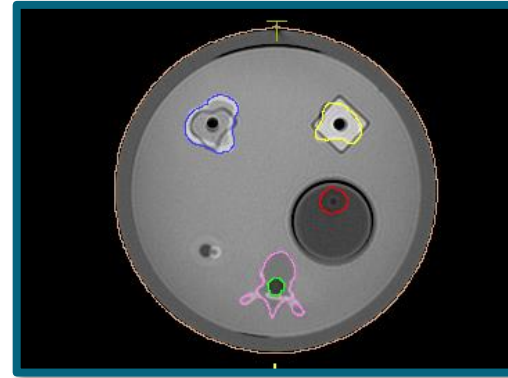
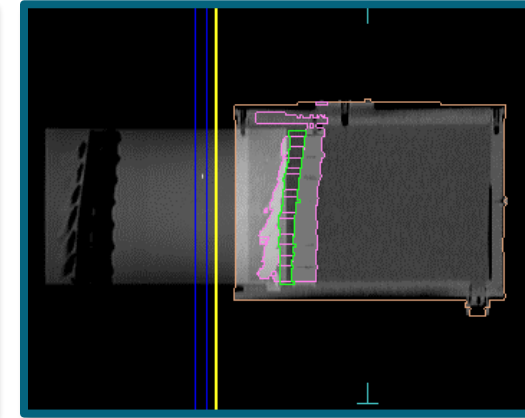
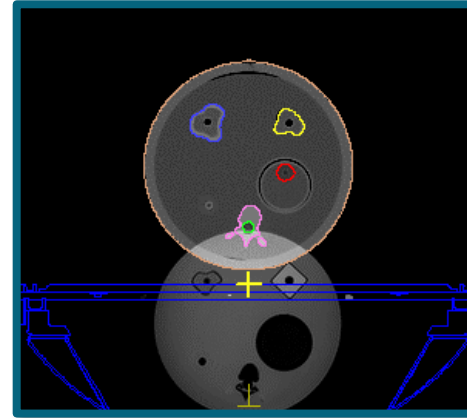
# MRtoMV Offset Workflow

## Adapt to Shape

### Step 2

Adapt to Shapeを実行すると、フュージョンとデフォーマブルレジストレーションが行われ、プランがMRで作成される。

ここでの唯一の幾何学的基準点は、MRI原点となる。



Treatment Plan isocenter

[0.11, -0.3, 19.62]

MRI Origin

[0, 0, 0]

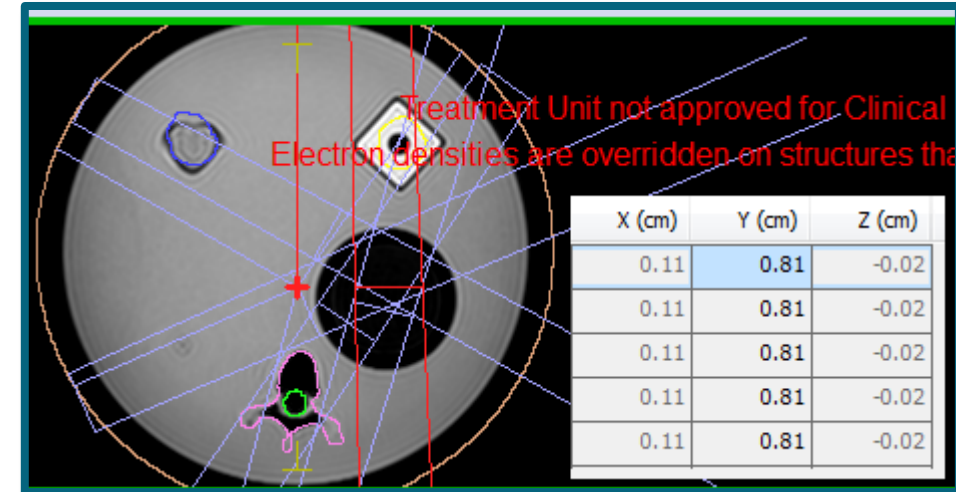
MRI Origin  
[0, 0, 0]

# MRtoMV Offset Workflow

## Adapt to Shape

### Step 3

MRtoMVのオフセットをMRI Originから差し引くと、Adapted isoの位置となる。



Treatment Plan isocenter  
[0.11, -0.3, 19.62]

MRI Origin  
[0, 0, 0]

$$\begin{array}{r}
 [0, 0, 0] \\
 -[-0.11186, -0.80934, 0.0238] \\
 \hline
 [0.11, 0.81, -0.02]
 \end{array}$$

Translation  
1

MRtoMV  
[-0.11186, -0.80934, 0.0238]

Adapted iso  
[0.11, 0.81, -0.02]

# MR to MV in Monaco

## StudySet INFO

Plan Adaptionが開始されると、MRtoMVがStudySet情報に書き込まれる。

- Adapt to Shapeでは、マーリンのシリアル番号とオフセットデータがinfoファイルに書き込まれる。

