

Unity Physics Training

MLC Calibration Workflows

第2版：2021/6/23

E006476/1.0



Select workflow

Objectives

- MLCキャリブレーションワークフローの理解
- 個々のキャリブレーションワークフローの基礎を理解

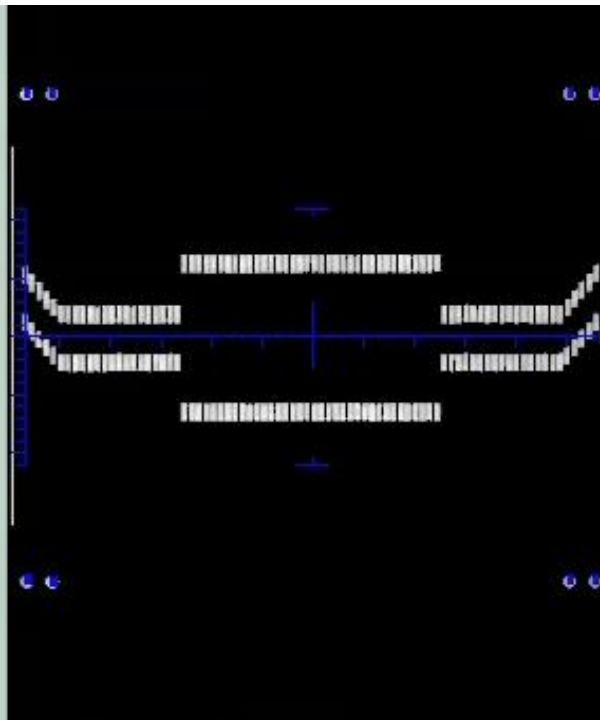
Setting to work

Optical system calibration without radiation

MV geometry calibration

Reduced field diaphragm calibration

Reduced field leaf calibration

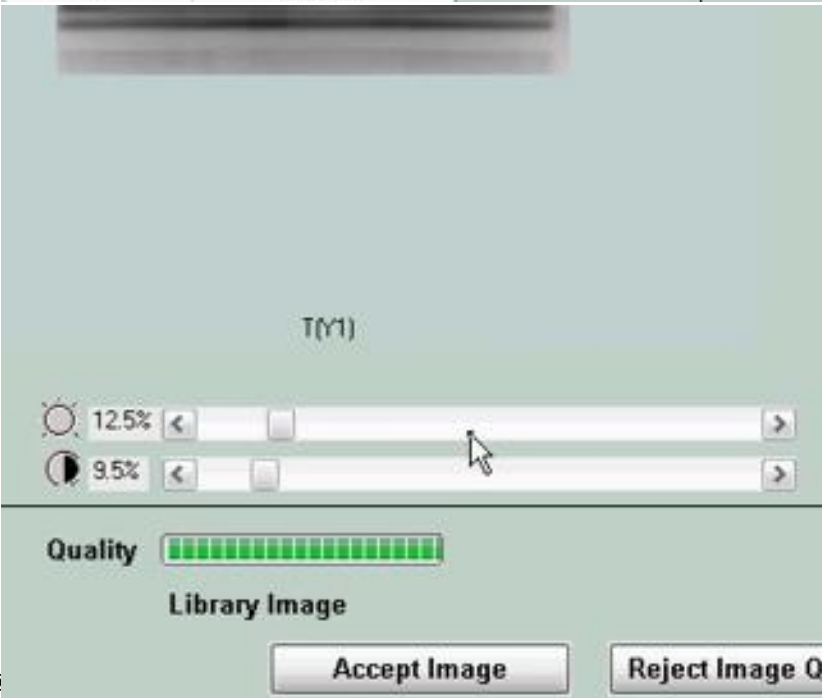
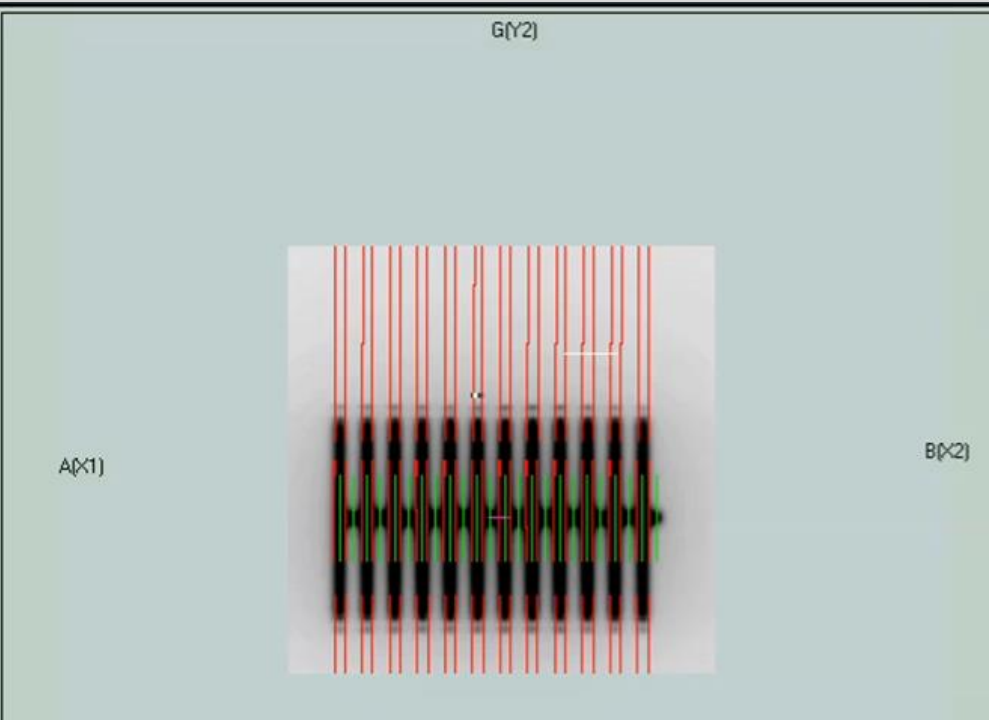


MLC Calibration Workflows

Topics covered

- 1. Calibration Overview
- 2. Optical Calibration
- 3. MV Geometry Calibration
- 4. Radiation Calibration

Leaf Pair Number	Leaf Pair Center Position (mm)
29	82.6472
30	75.6454
31	68.4871
32	61.3000
33	54.1605
34	47.0065
35	39.8401
36	32.6841
37	25.5576
38	18.4603
39	11.3051
40	4.1519
41	-2.9170
42	-9.9126
43	-17.0491
44	-24.2429
45	-31.3742



MLC Calibration Workflows

キャリブレーション概要

Terminology

キャリブレーションワークフローは、以下のように行われる

Optical キャリブレーション
(Full Field)

Radiation キャリブレーション
(Reduced Field)



キャリブレーション概要

Terminology

Minor Offset
Determination

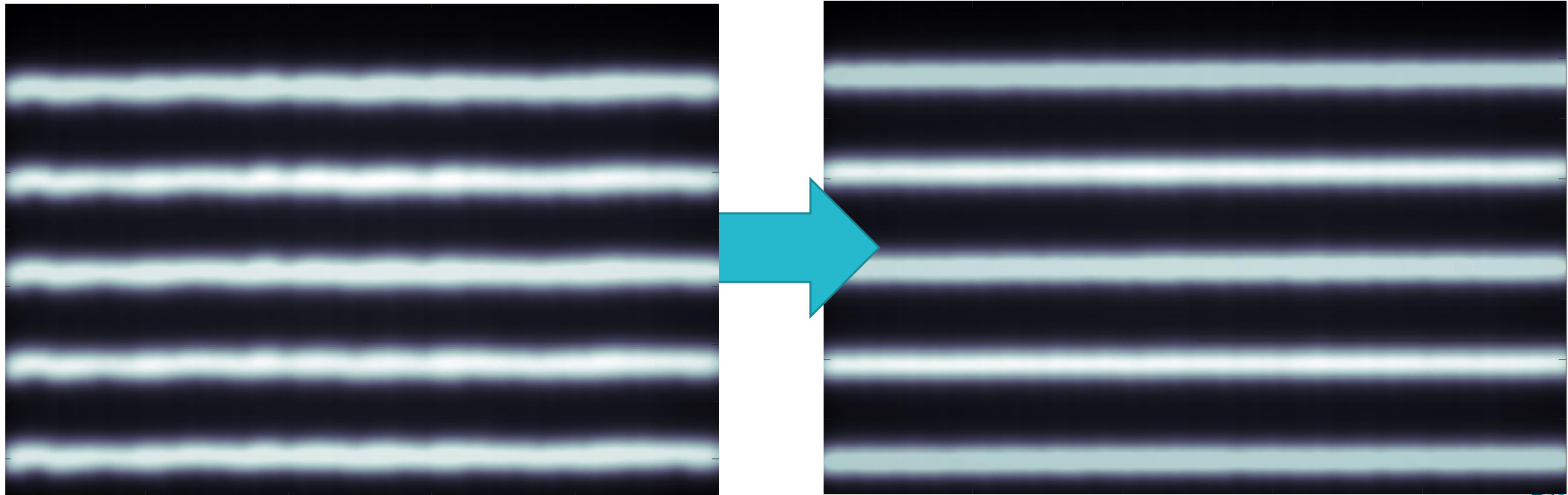
- 検出されたルビー位置からリーフエンドまでの物理的な距離を定義できる
- 放射線を考慮したリーフの位置を定義するが、光学システムを使用して物理的なリーフの位置が与えられる
- 既知の機械的に動ける範囲を使用して、システムはすべてのリーフのマイナーオフセットをキャリブレーションする

キャリブレーション概要

Terminology

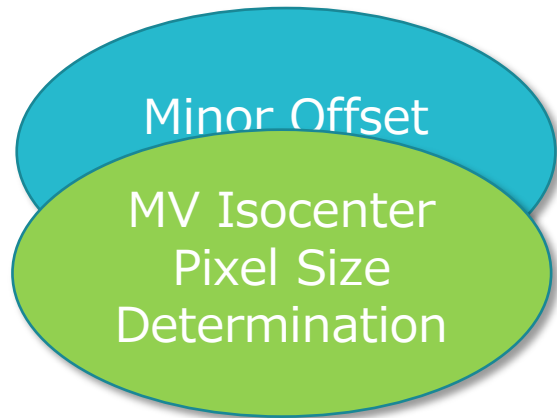
Minor Offset
Determination

適切なキャリブレーションの結果、リーフ全体の位置誤差が修正される。これは、動作範囲全体にわたって個々のリーフに影響を及ぼす



キャリブレーション概要

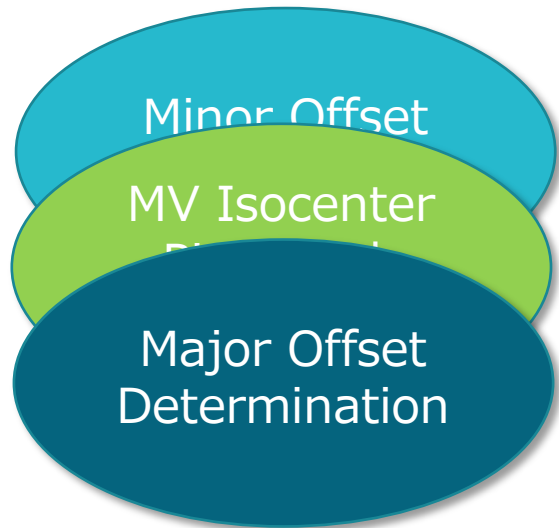
Terminology



- Radiationキャリブレーションプロセスには、適切なスケーリングと正しいアイソセンター定義が必要となる
- 投影ピクセルサイズとMVアイソセンターのピクセル位置を定義するために、3つの個別のテストを使用する

キャリブレーション概要

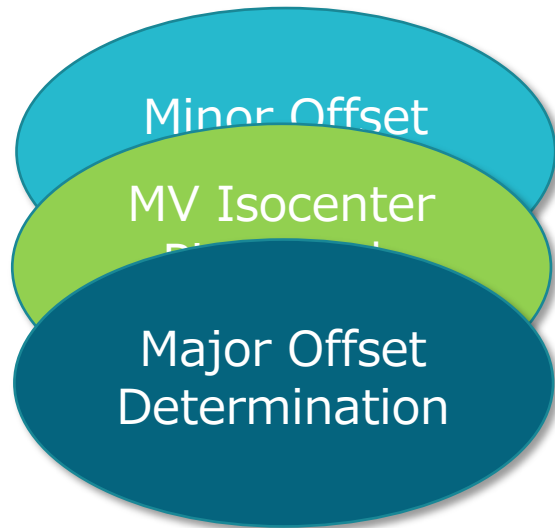
Terminology



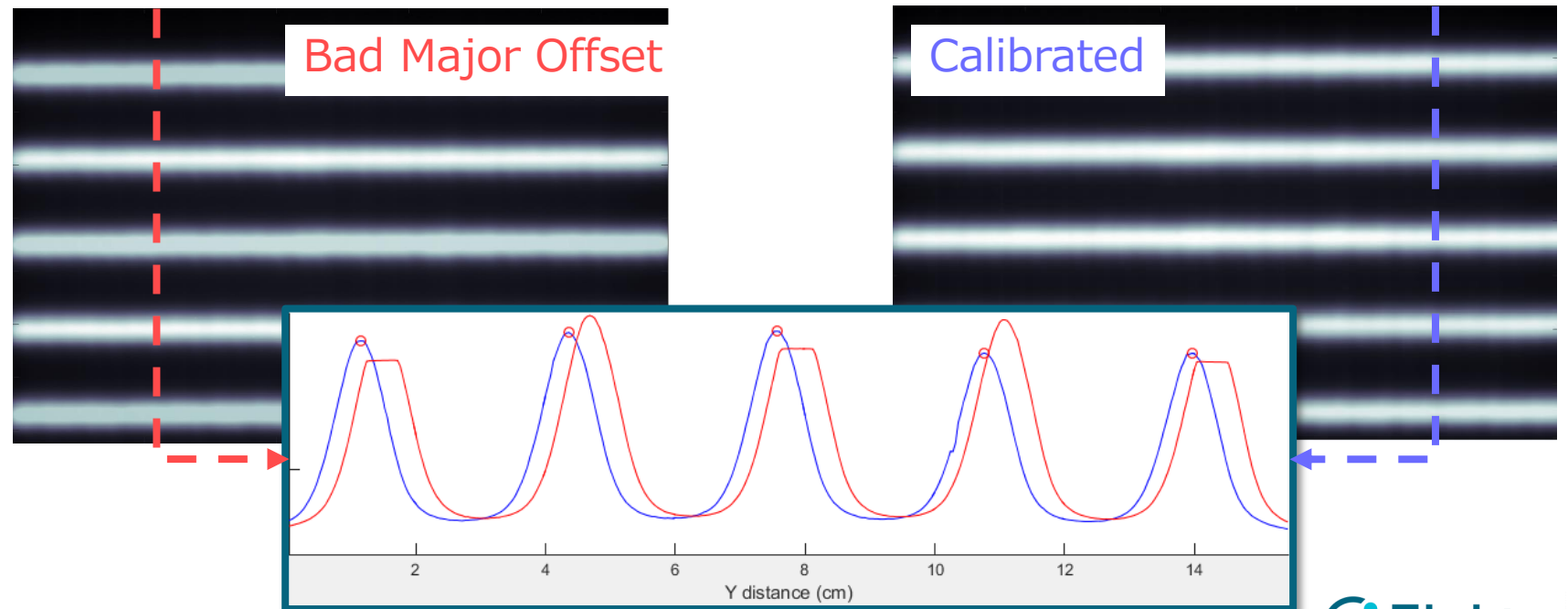
- 既知のランドマークを使用してMLCの絶対位置を定義できる
- 使用されるランドマークは、定義されたアイソセンターとなる
- 中央の24対のリーフを使用して決定される
- リーフ全体に適用される

キャリブレーション概要

Terminology

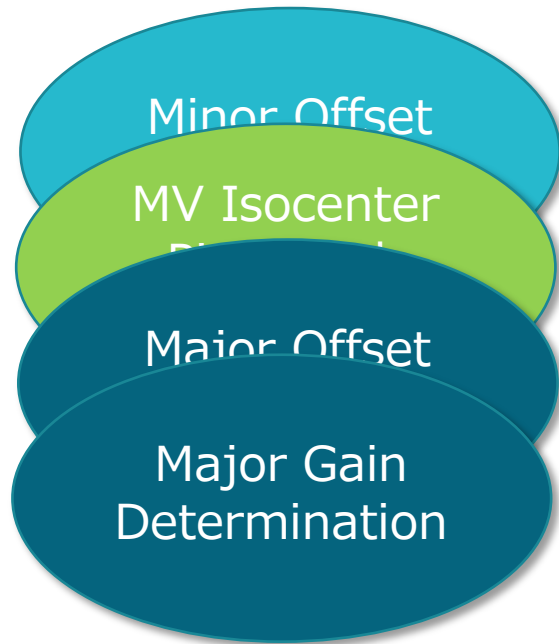


適切なキャリブレーションの結果は、リーフの動作範囲全体に及ぶ位置誤差の補正となる



キャリブレーション概要

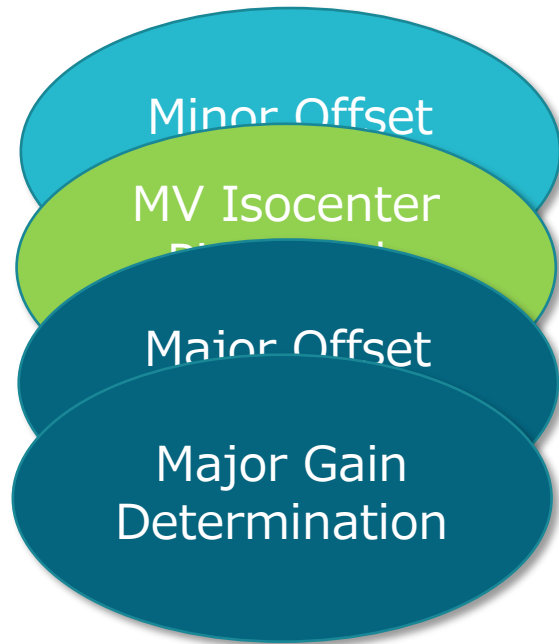
Terminology



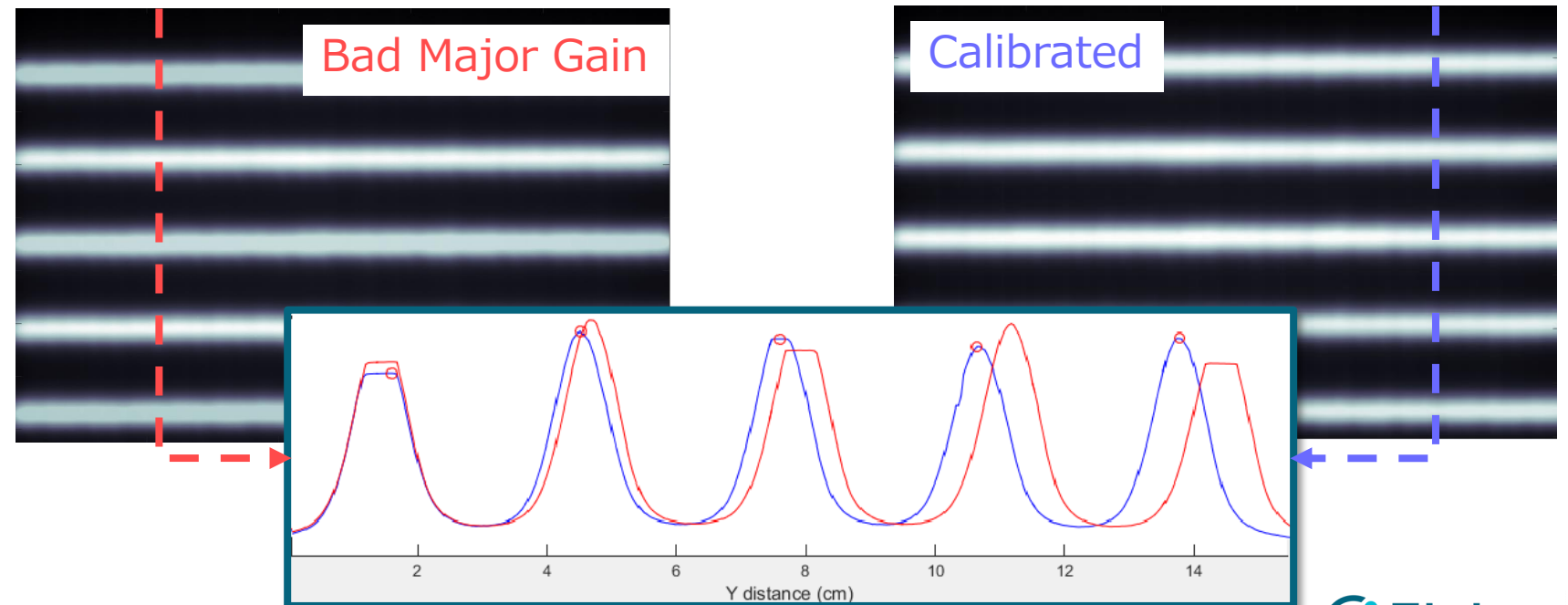
- 各リーフがフィールドを移動するときに放射線投影がどのように変化するかを定義する
- 物理的な動きは線形だが、放射線の動きは3次多項式でより適切に表現できる
- 中央の24対のリーフを使用して決定される
- リーフ全体に適用される

キャリブレーション概要

Terminology

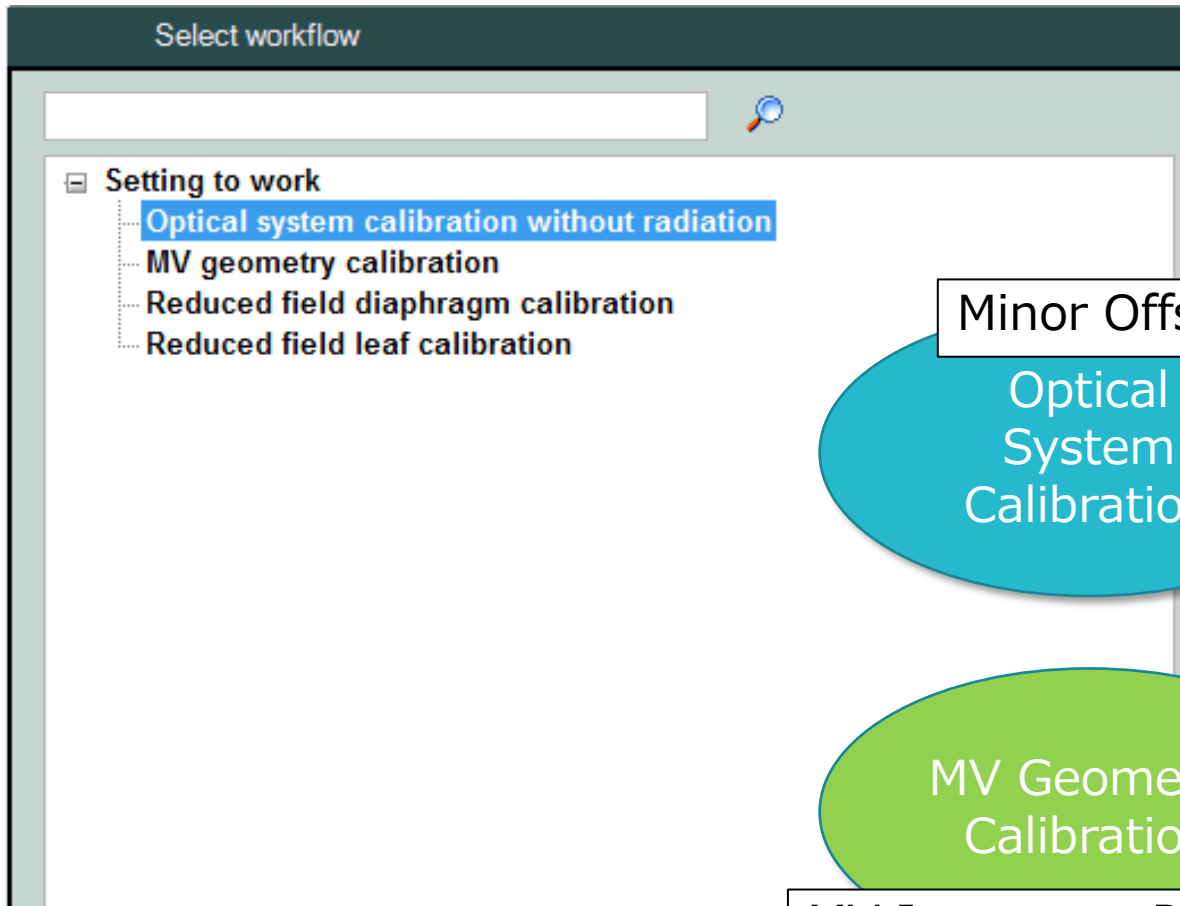


適切なキャリブレーションの結果は、各リーフの実際の放射線投影位置に基づいて修正する

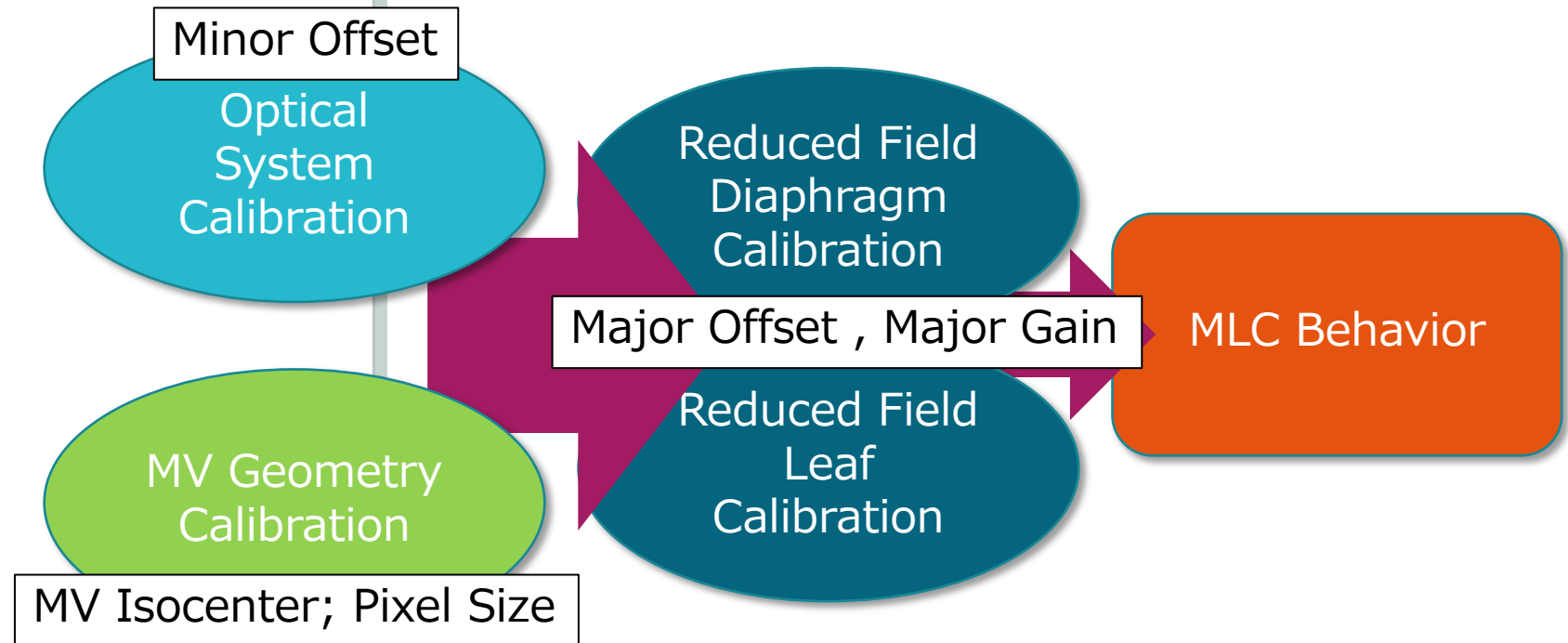


キャリブレーション概要

Workflows



Unityプラットフォームには標準のキャリブレーション手順が組み込まれている



Opticalキャリブレーション

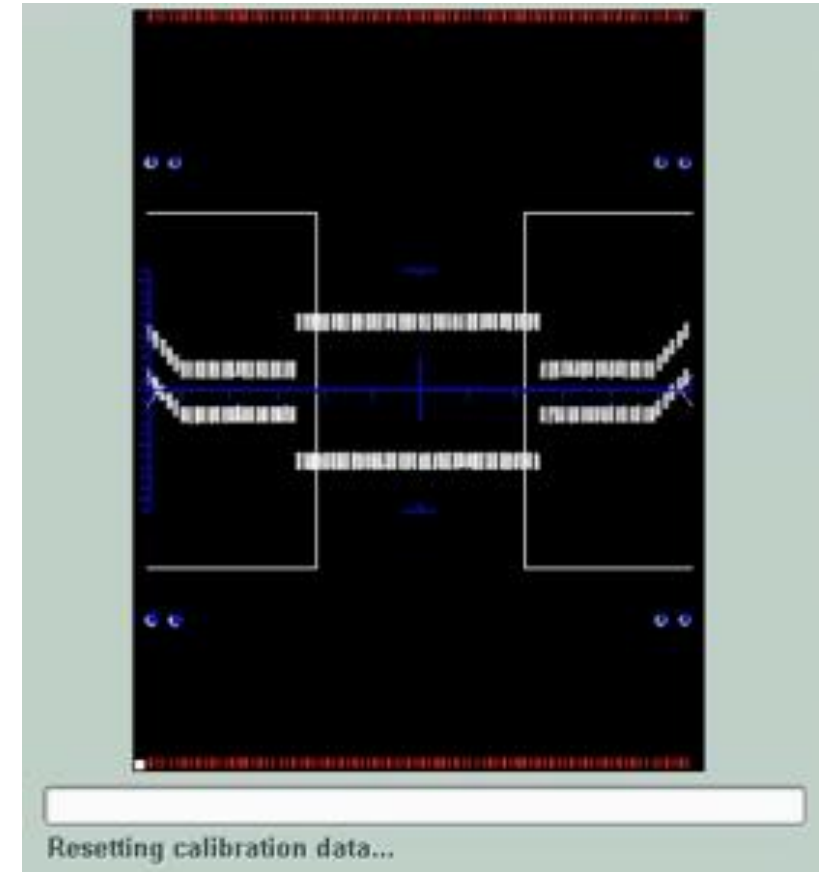
Introduction

このキャリブレーション手順には、3つのステップが含まれる

- Mechanical diaphragm calibration
- Camera tilt and skew calibration
- Leaf trajectory calibration

このキャリブレーションの間、システムはリファレンスルビーの位置を学習し、リーフルビーとカメラシステムへの傾きを決定する。さらに、このキャリブレーションは、リーフのルビーとそれらに関連するリーフの軌跡を覚え込ませる。

その結果、システムに放射線を考慮したリーフの位置ではなく、物理的なリーフの位置が与えられる。



Note: Opticalキャリブレーションを実行すると、以前に保存されたRadiationキャリブレーションが削除される

Opticalキャリブレーション

Mechanical Diaphragm Calibration

ワークフローの最初は、ダイアフラムを機械的にキャリブレーションする

ダイアフラムを光学システムではなくポテンシオメーターによって追跡される

これは、各ダイアフラムをフィールド全体でスイープし、物理的なエンドストップに基づいてポテンシオメーターをキャリブレーションすることにより行われる



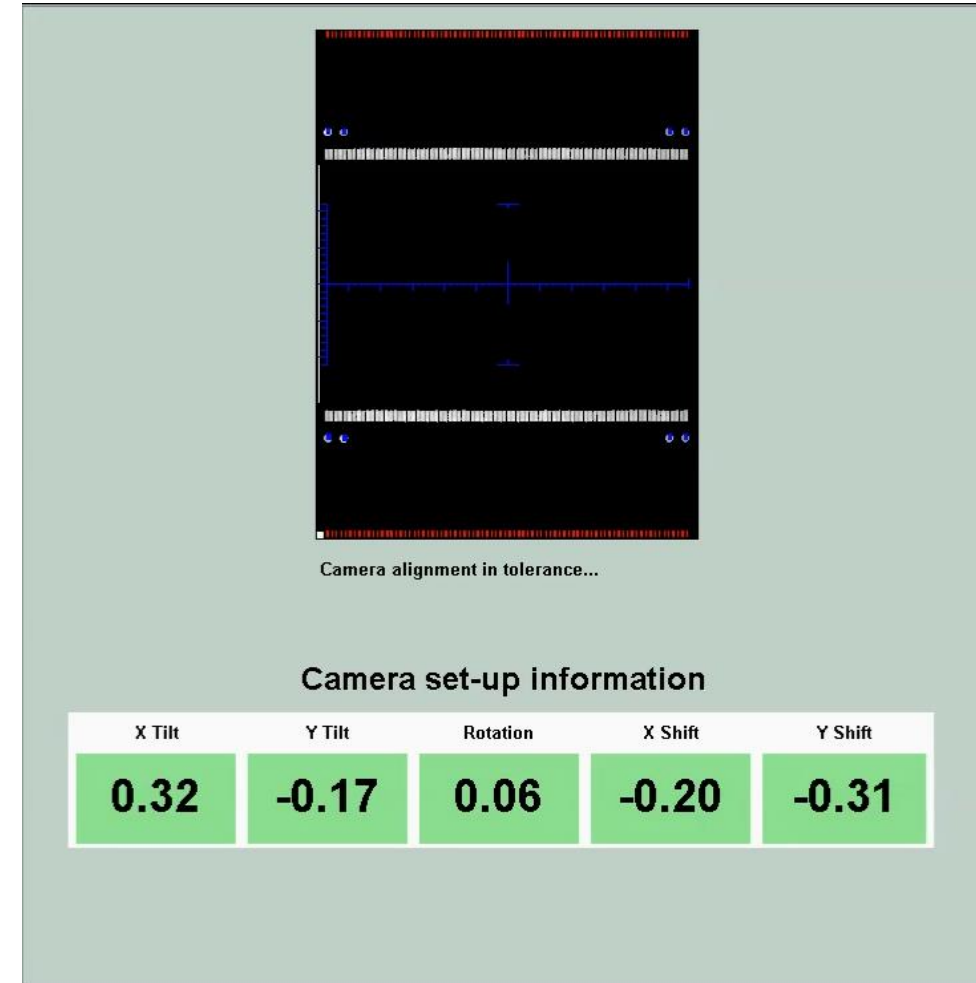
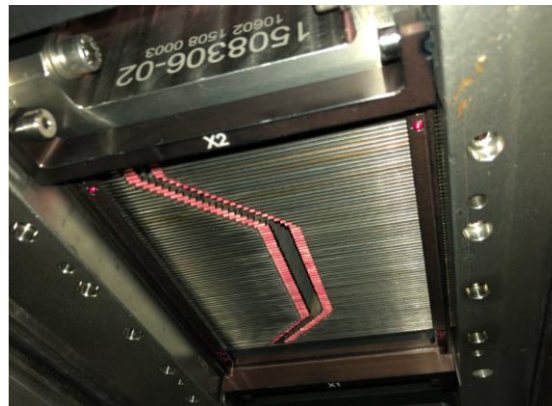
Opticalキャリブレーション

Camera Setup

システムは、8つのリファレンスルビーを介して、カメラシステムとMLC間の傾き/ズレを判断する

Elekta MLCは、リファレンスルビーをMLC位置のクイックチェックとして使用する

セットアップ情報はリアルタイムで読み出され、表示された値が許容範囲内にある限り動作は可能となる

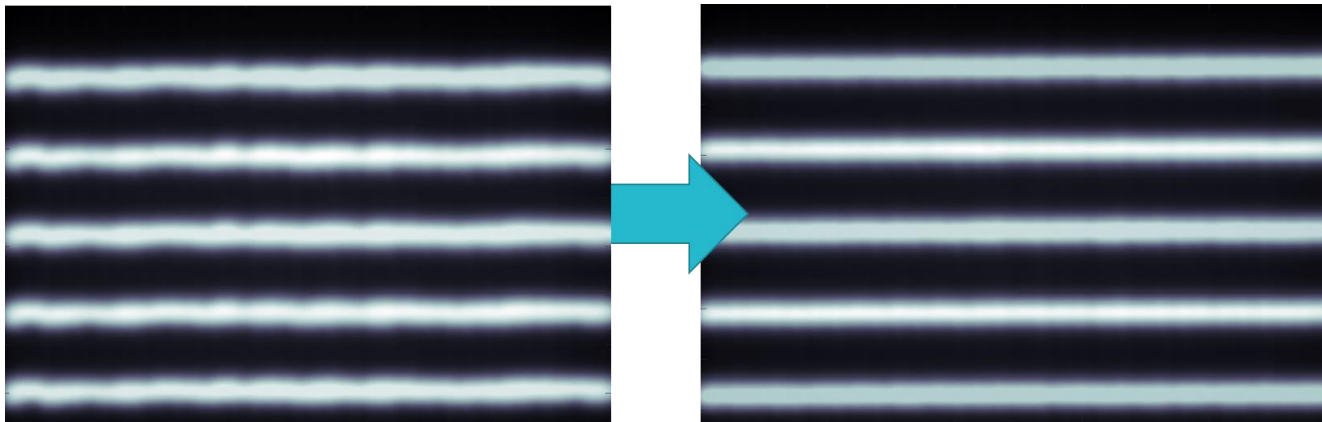


Opticalキャリブレーション

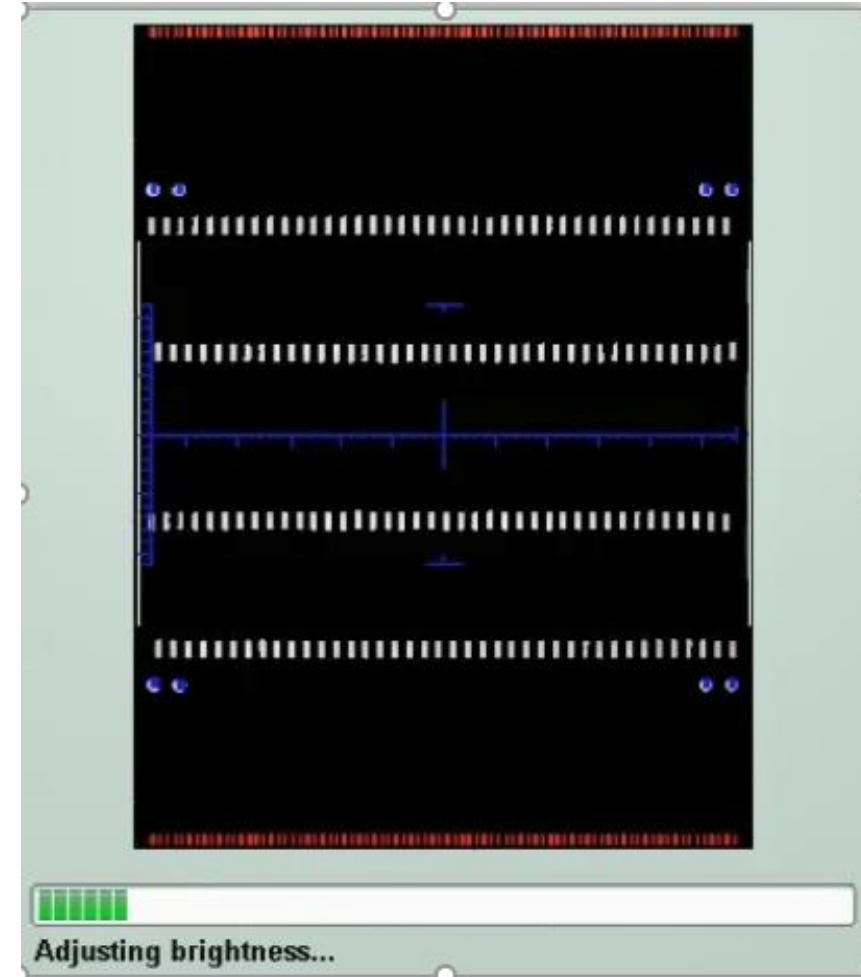
Ruby and Physical Leaf Calibration

Opticalキャリブレーションのリーフ固有の部分は、ルビーの軌跡を学習し、trajectory mask(軌跡マスク)を作成する。これは、すべての偶数のリーフと奇数のリーフを連続して開閉することによって行われる。

軌跡マスクに加えて、リーフを駆動させて、検出されたルビー位置からリーフの物理的なエンドストップまでの距離を与える
(マイナーオフセット)



18 | Focus where it matters



MV Geometry キャリブレーション

Pixel Size

MV Geometryキャリブレーションは、mm / pixelでアイソセンターに投影されるEPIDピクセルサイズとMVアイソセンターのピクセル位置の両方を決定するワークフローとなる

この情報は、EPIDを使用したフィールドサイズのキャリブレーション中に、リーフとダイアフラムの位置を決定するために重要となる

MV geometry calibration

45 minutes is necessary for this procedure

Use this workflow to make sure that the MV detector panel is aligned correctly

Tools

- Pixel tool and alignment tray
- MV alignment phantom and MV phantom interface assembly
- PPS indexing bar

Prerequisites

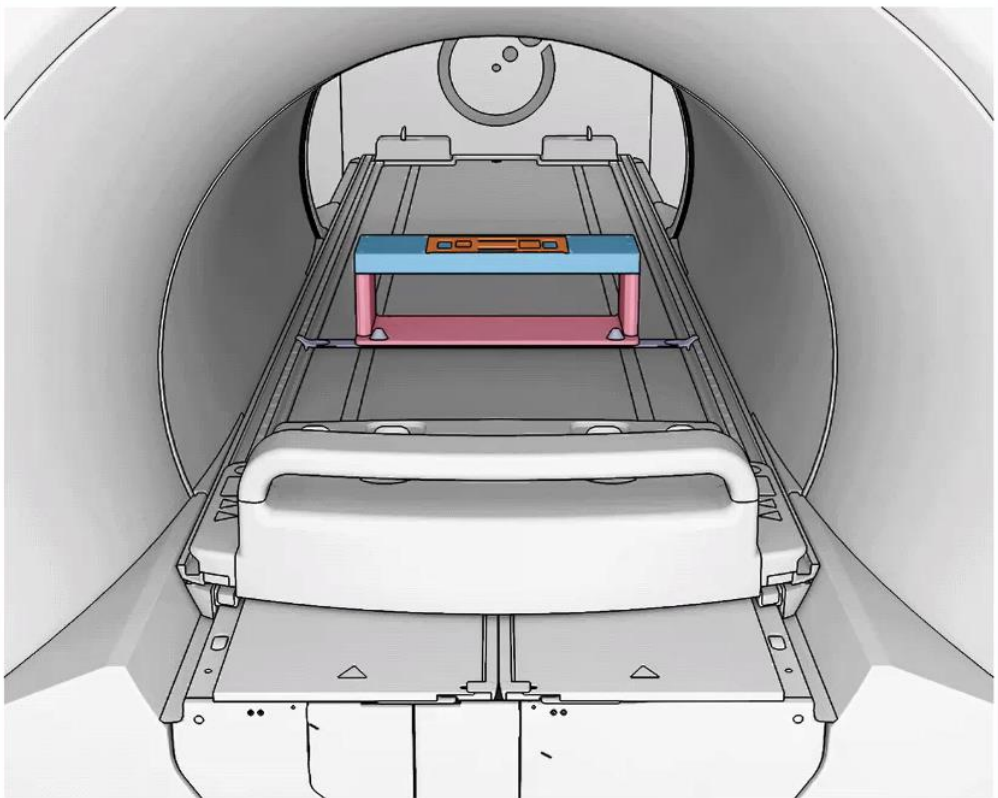
- A. Prepare MVIC to acquire images.
- B. Set MVIC to iCom mode.

MV Geometry キャリブレーション

Pixel Size

Pixel size - Set up the pixel tool

1. Put the PPS indexing bar in the correct position on the table top.
2. Put the MV phantom interface assembly on the PPS indexing bar.
3. Attach the pixel tool alignment tray to the MV phantom interface assembly.
4. Put the pixel tool on the pixel alignment tray.



017771_001

Pixel size Angular alignment U pixel V pixel

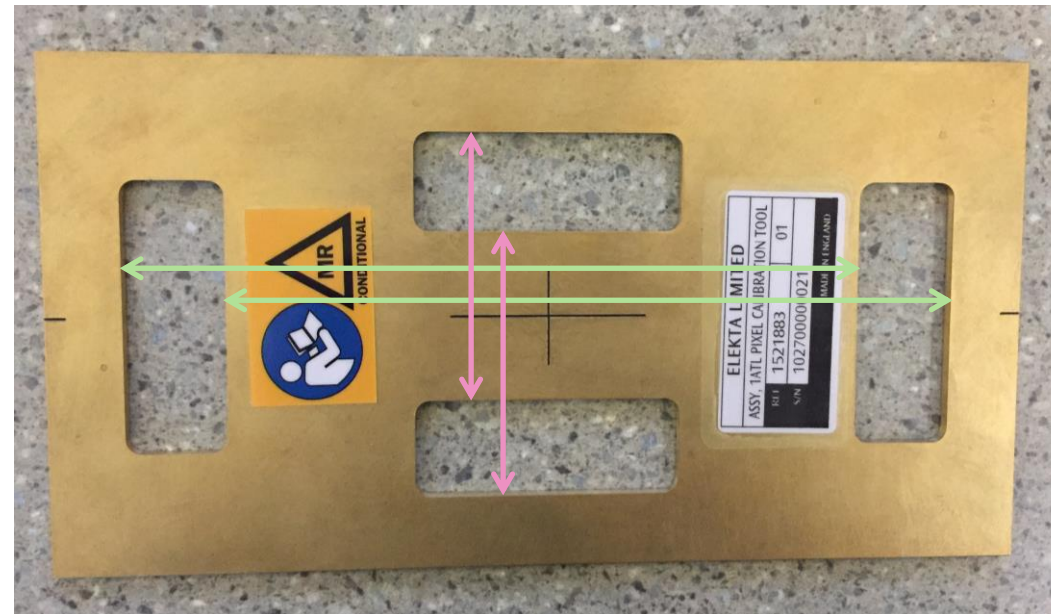
> X

MV Geometry キャリブレーション

Pixel Size

UnityピクセルプレートはMV EPIDのピクセルサイズを決定する目的のみに使用される

ピクセルプレートは、既知の寸法の切り抜きを持っており、2つのEPID画像を介して、mm/pixelを決定する

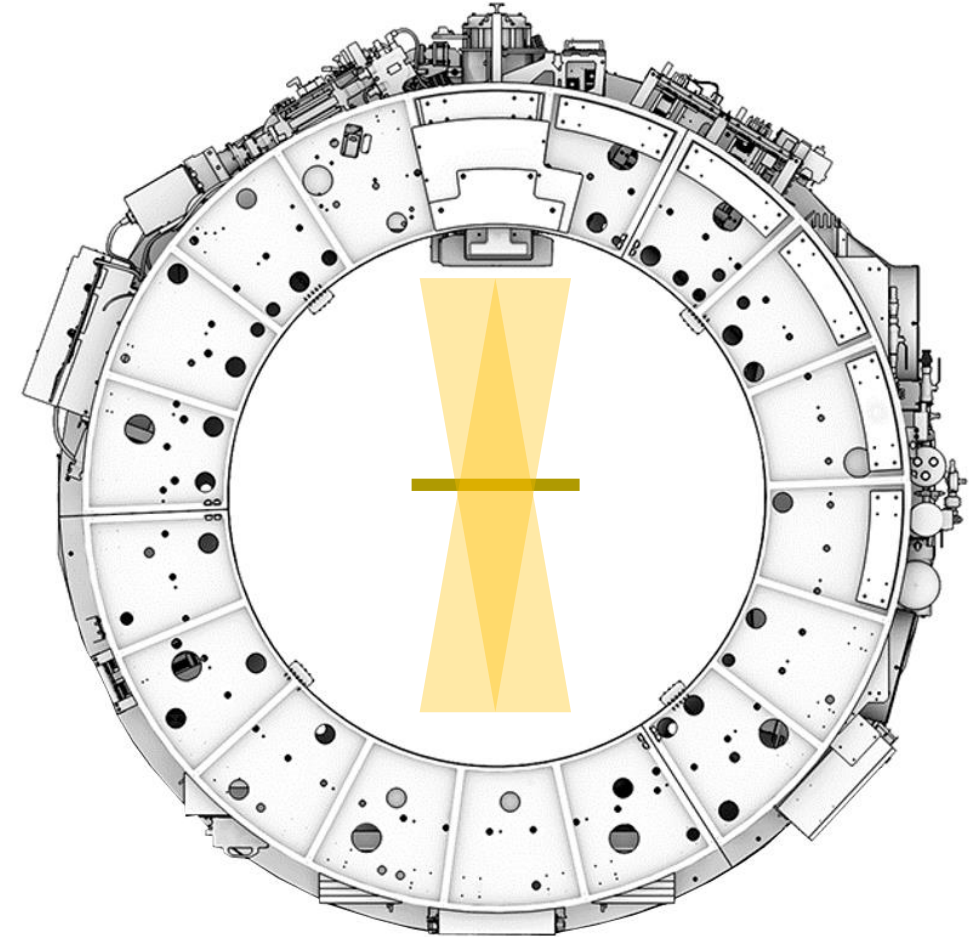


MV Geometry キャリブレーション

Pixel Size

ODIやレーザーがないと、プレートをアイソセンターに正確に配置することが困難になる。したがって、Unityでは標準のAgilityマシンと比較し、少々異なるアプローチを取っている。

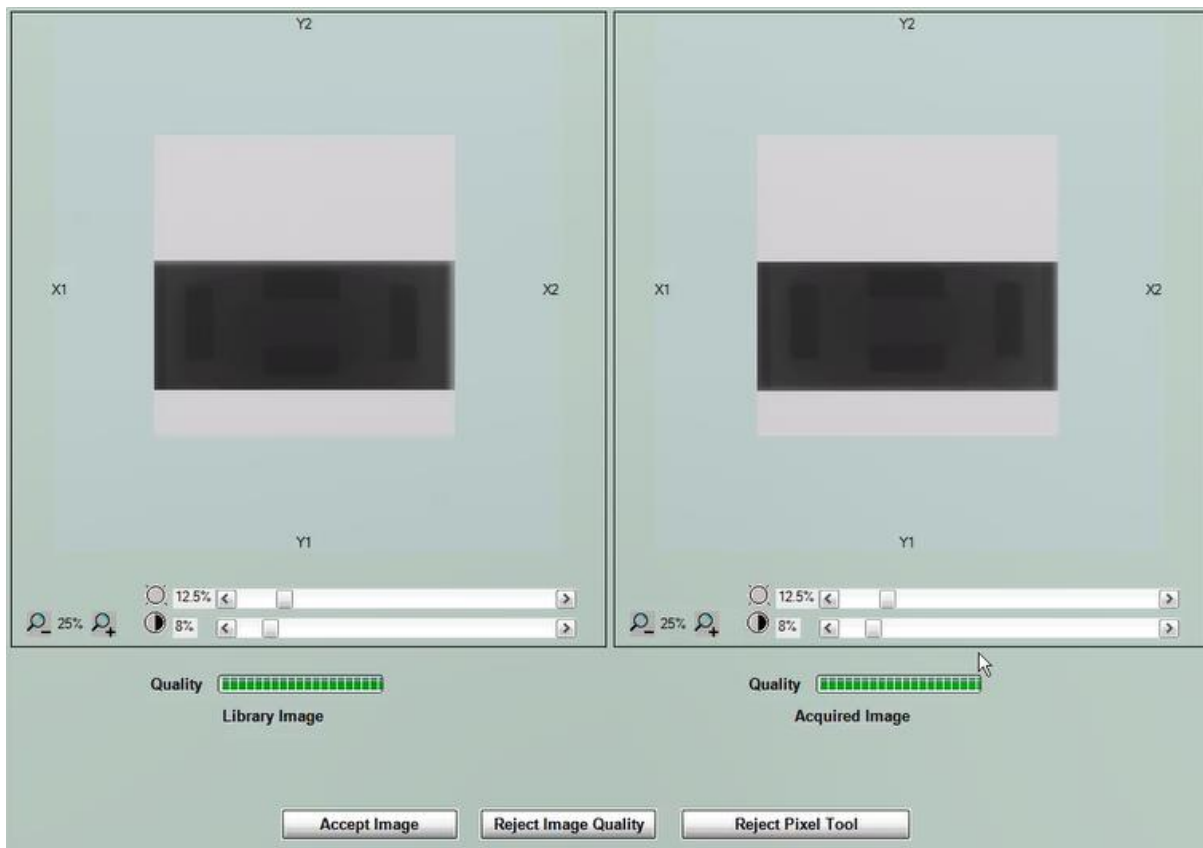
画像はガントリー角度0および180で取得され、ピクセル値が平均化される。これは、ビームアイソセンターでプレート配置の不確実性を取り除くために行われる。



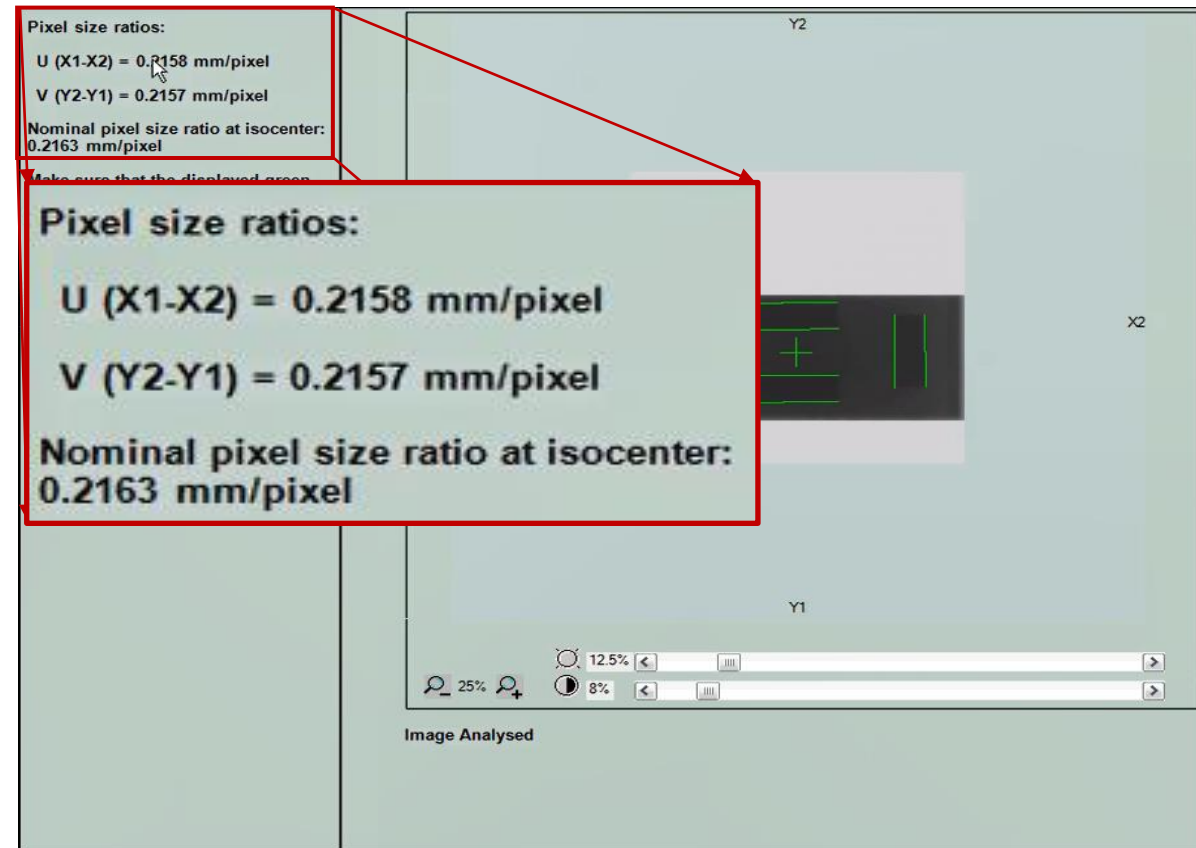
MV Geometry キャリブレーション

Pixel Size

最初にガントリー角度0の画像を取得し分析してから、ガントリー角度180から行い、個々の画像の分析結果が表示される



EPID image acquisition



Automated image analysis

MV Geometry キャリブレーション

Pixel Size

Gantry 0

Pixel size ratios:

U (X1-X2) = 0.2158 mm/pixel

V (Y2-Y1) = 0.2157 mm/pixel

**Nominal pixel size ratio at isocenter:
0.2163 mm/pixel**

Make sure that the displayed green lines are on the edges of the cutouts of the pixel tool.

Image analysis key:

Green line = position of the pixel tool cutouts

Green cross = center of the pixel tool

Gantry 180

Pixel size ratios:

U (X1-X2) = 0.2162 mm/pixel

V (Y2-Y1) = 0.2161 mm/pixel

**Nominal pixel size ratio at isocenter:
0.2163 mm/pixel**

Make sure that the displayed green lines are on the edges of the cutouts of the pixel tool.

Image analysis key:

Green line = position of the pixel tool cutouts

Green cross = center of the pixel tool

MV Geometry キャリブレーション

Pixel Size

The pixel size results are within the 2% tolerance.

Beam Name	Measured U Pixel Size (mm/pixel)	Measured V Pixel Size (mm/pixel)
Pixel Size 0 Deg	0.2158	0.2157
Pixel Size 180 Deg	0.2162	0.2161

Combined pixel size at isocenter: 0.2160 mm/pixel

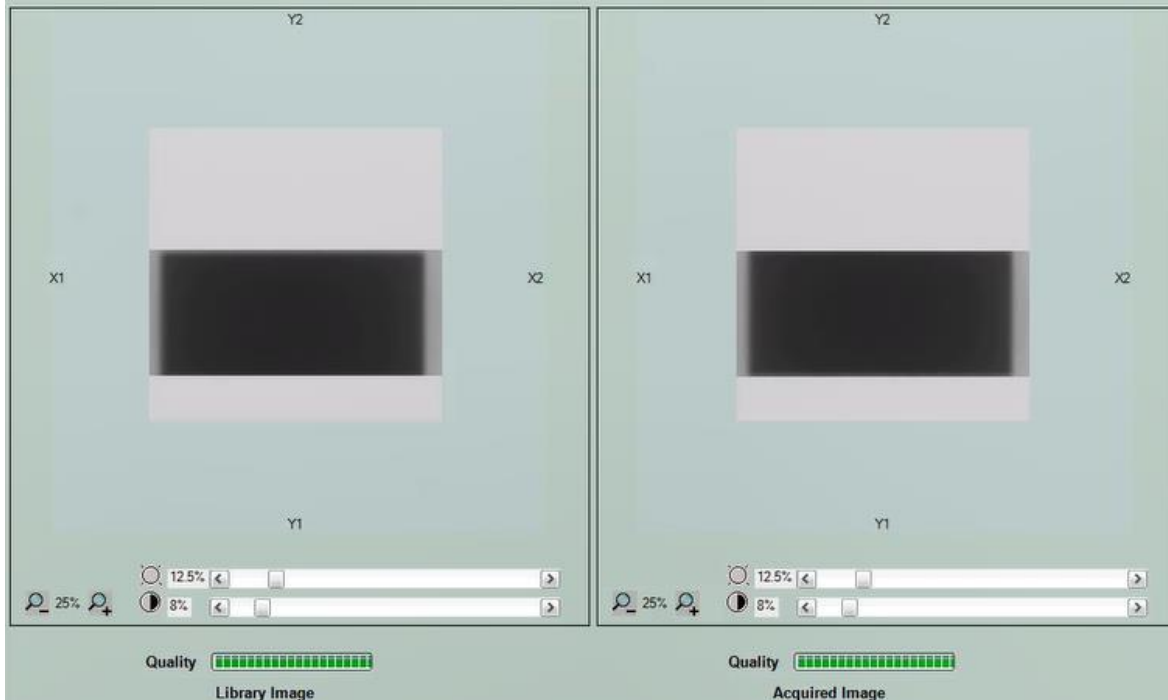
Nominal pixel size at isocenter: 0.2163 mm/pixel

結果には、画像と合否基準の両方の分析の概要が表示される
組み合わせたピクセルサイズは0.2160で、公称ピクセルサイズは0.2163となる

$$\frac{0.2158 + 0.2157 + 0.2162 + 0.2161}{4} = 0.2160$$

MV Geometry キャリブレーション

Angular Alignment



Current Panel Angle (degrees)	Calculated Panel Angle (degrees)
.010	.011

Image analysis key:
Green lines = detected edges of the leaves in the image
Yellow box = detected edges of the region of interest

The 'Image Analysed' window shows the same image as the previous windows, but with green lines highlighting the detected edges of the leaves and a yellow box highlighting the detected edges of the region of interest. The coordinate system (X1, X2, Y1, Y2) and control sliders (25% zoom, 8% brightness, 12.5% contrast) are also present.

Update Settings Reject Results Do Not Update Settings

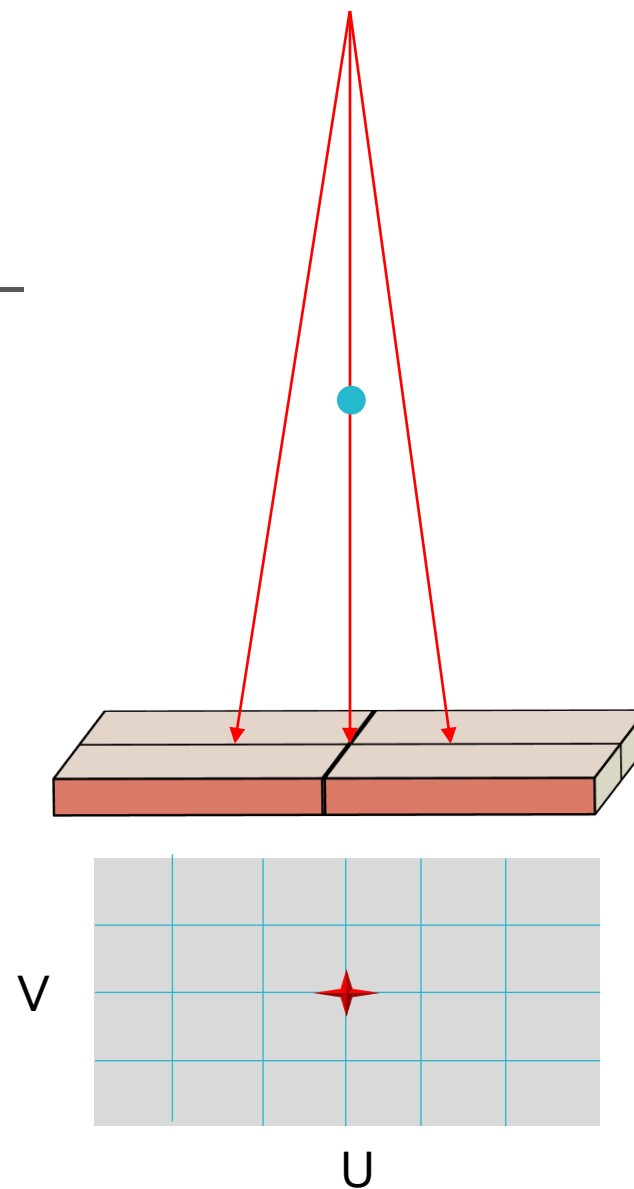
MV Geometry キャリブレーション

U Pixel (IEC X)

MV Geometryキャリブレーションプロセスは、MVイメージングパネルにおけるMVアイソセンターのピクセル位置を決定する

重要なパラメータは

- アイソセンターピクセル (Uピクセル、Vピクセル)
- 光源検出器距離 (SDD)



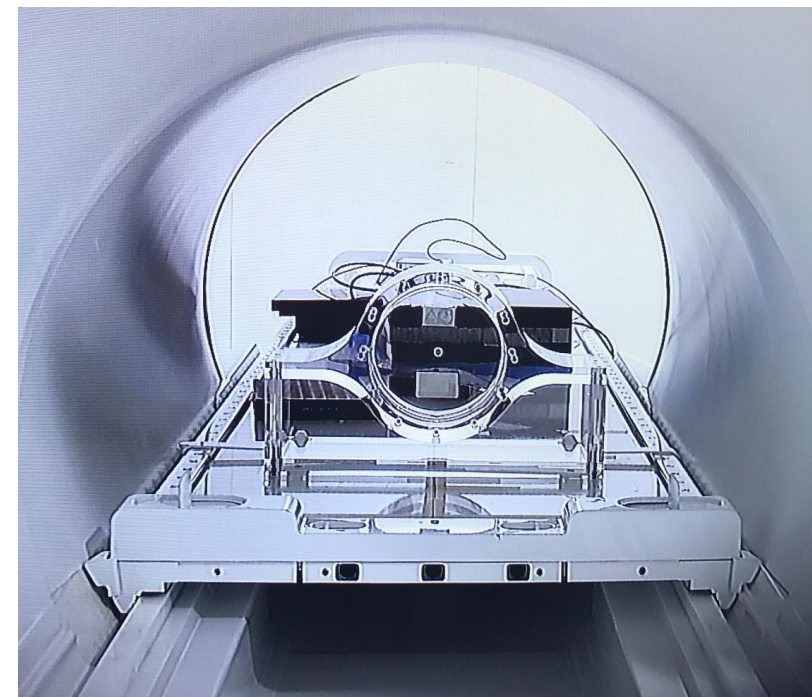
* SDDは、アイソセンターに投影されるピクセルサイズの計算に使用される

MV Geometry キャリブレーション

U Pixel (IEC X)

Uピクセルは、MVアラインメントPhantomを使用して決定される

30度ごとにファントムの画像を撮影する

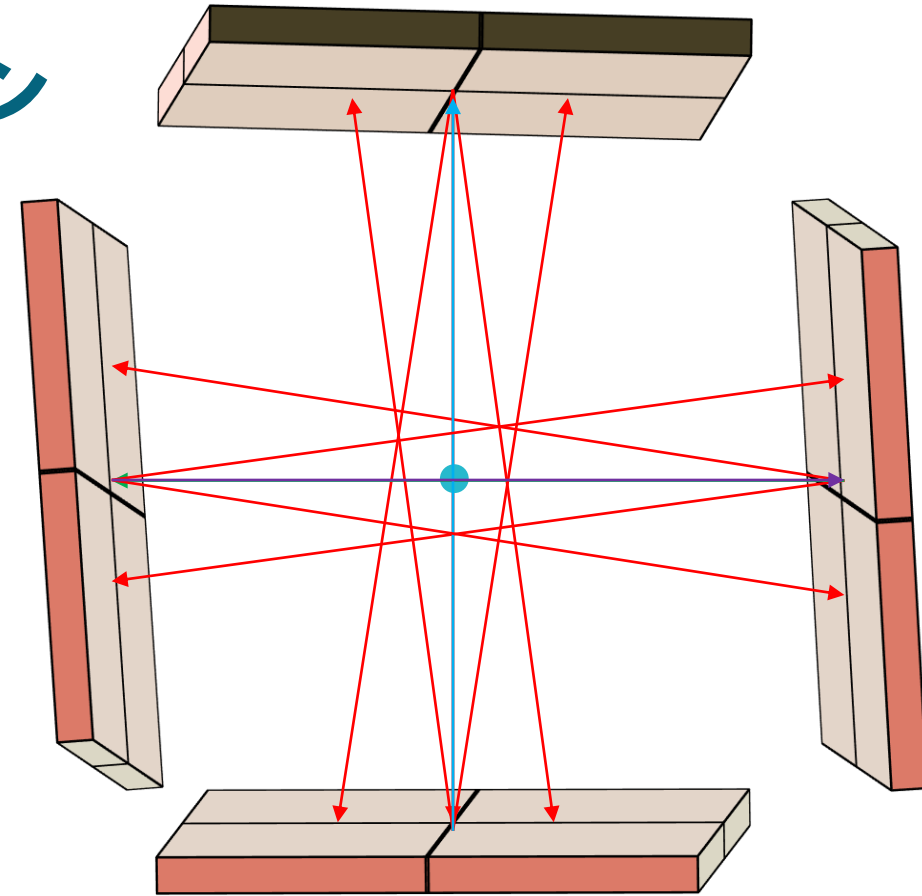


MV Geometry キャリブレーション

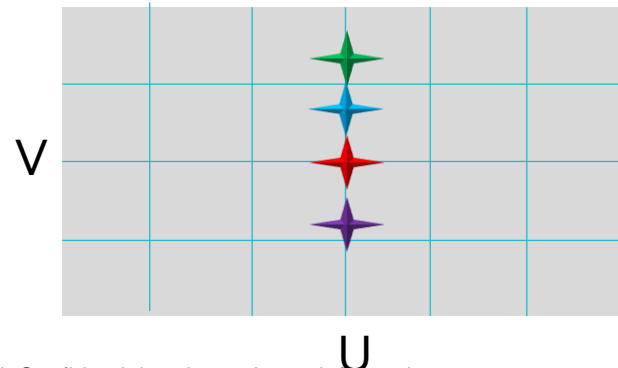
U Pixel (IEC X)

Uアイソセンターピクセルは複数のガントリ角度で計算される

- ガントリ回転でのイメージングパネルの位置の変化を確認し、必要に応じて修正する
- IEC X / Zアイソセンターピクセル → **U Pixel**

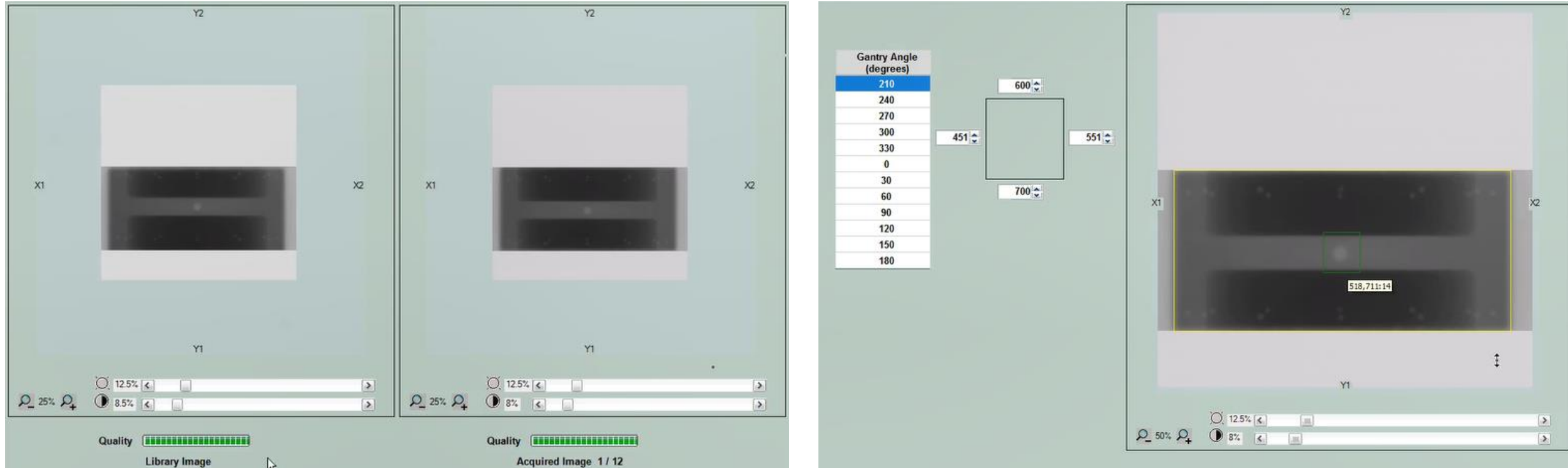


Vピクセルは別に校正される



MV Geometry キャリブレーション

U Pixel (IEC X)



30度ごとに画像を撮影する

MV Geometry キャリブレーション

U Pixel (IEC X)

計算されたUピクセル値がガントリ角度ごとに表示され、平均値が計算される

これらの値はMachine Geometryファイルに保存される

The results are within the 4.63 pixel tolerance.

Gantry Angle (degrees)	Calculated U Pixel
210	505.98
240	505.71
270	505.35
300	504.97
330	505.02
0	505.56
30	506.21
60	506.75
90	506.91
120	507.41
150	507.20
180	506.53

Calculated Mean U Pixel	Maximum U Pixel	Minimum U Pixel	Range U Pixel
506.13	507.41	504.97	2.44

Next Image

25%

8%

12.5%

Image analysis key:
Yellow line = U pixel at gantry angle

MV Geometry キャリブレーション

U Pixel (IEC X)

※ サンプルデータ

Description	Parameter	Unit	Value1				
Source axis distance (SAD)	sys_sad	mm	1435				
Source detector distance (SDD)	sys_sdd	mm	2653.15				
Source collimator distance leaves (SMCD) to center of leaves	sys_smcdl	mm	356.8				
Source collimator distance diaphragms (SMCD) to center of diaphragms	sys_scddd	mm	442.5				
Thickness of leaves	mlc_tleaf	mm	90				
Thickness of diaphragms	mlc_tdiaphragm	mm	77				
Number of MLC leaf pairs	mlc_nleaves	NONE	80				
Maximum field size at iso	sys_fieldwidth	mm	571.704	220	571.704	220	1
Coil gap width	fgu_gapwidth	mm	146.1		146.1		1
Coil gap to isocenter distance	fgu_igd	mm	630.6		630.6		1
Imager width/height x/y	im_dim	mm	409.6	409.6	409.6	409.6	1
Image panel resolution read out U/V	im_npix	pixels	1024	1024	1024	1024	1
Isocentre pixel U/V 0 degrees	im_isopix_0.0	pixel	521.93	370.691	512	375	0
Isocentre pixel U/V 30 degrees	im_isopix_30.0	pixel	520.981	370.881	512	375	0
Isocentre pixel U/V 60 degrees	im_isopix_60.0	pixel	520.356	370.645	512	375	0
Isocentre pixel U/V 90 degrees	im_isopix_90.0	pixel	520.709	370.345	512	375	0
Isocentre pixel U/V 120 degrees	im_isopix_120.0	pixel	520.397	370.134	512	375	0
Isocentre pixel U/V 150 degrees	im_isopix_150.0	pixel	519.684	370.139	512	375	0
Isocentre pixel U/V 180 degrees	im_isopix_180.0	pixel	521.202	370.237	512	375	0
Isocentre pixel U/V 210 degrees	im_isopix_210.0	pixel	522.412	370.407	512	375	0
Isocentre pixel U/V 240 degrees	im_isopix_240.0	pixel	522.468	370.783	512	375	0
Isocentre pixel U/V 270 degrees	im_isopix_270.0	pixel	522.606	370.693	512	375	0
Isocentre pixel U/V 300 degrees	im_isopix_300.0	pixel	523.125	370.961	512	375	0
Isocentre pixel U/V 330 degrees	im_isopix_330.0	pixel	522.922	370.927	512	375	0
Mean U/V	im_isopix_mean	pixel	521.566	370.57	512	375	0
Panel rotation (CCW)	im_rot_deg	degrees	-0.056		0		0

Machine Geometry
ファイルは、実行され
たキャリブレーション
に応じて更新される

MV Geometry キャリブレーション

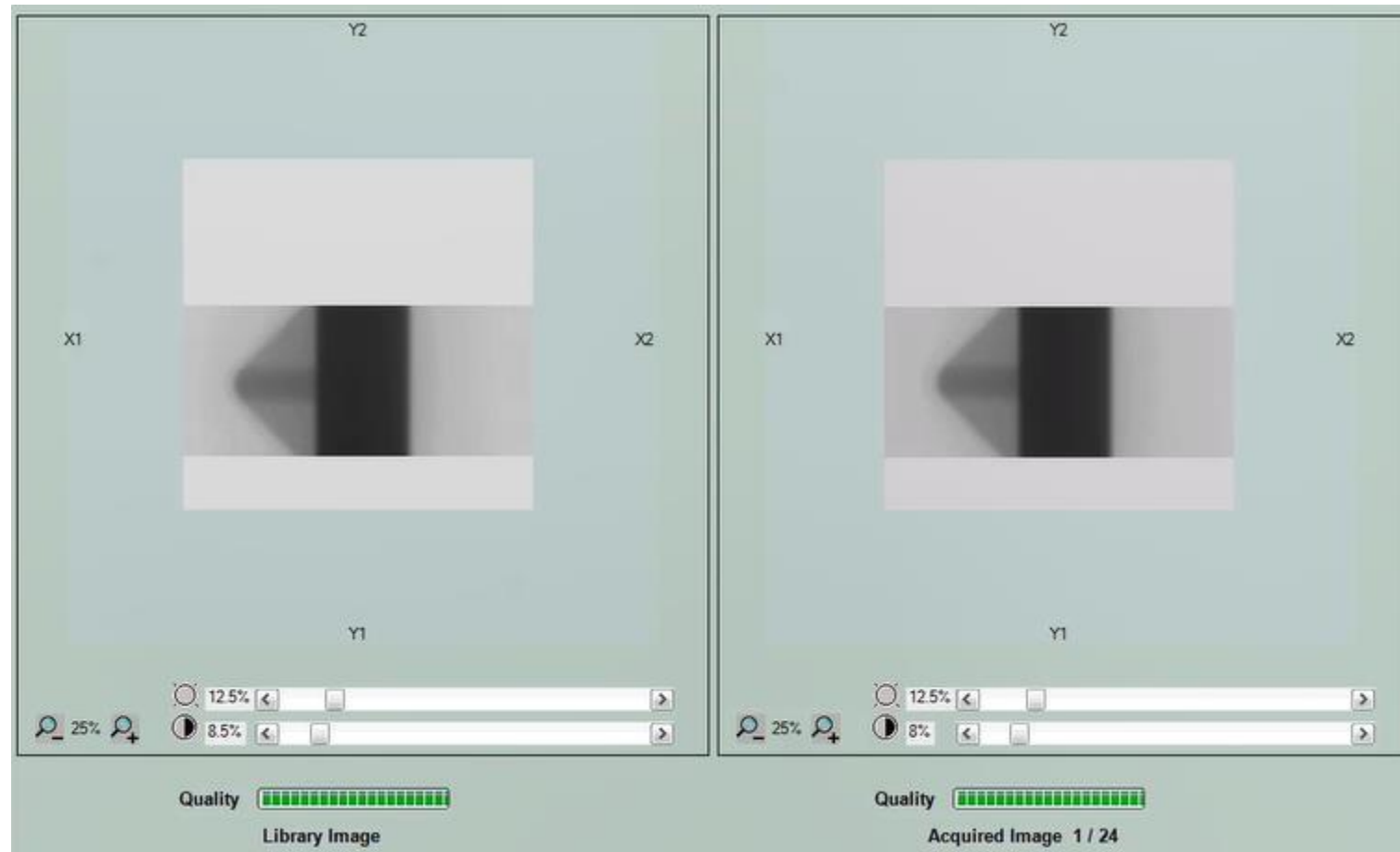
V Pixel (IEC Y)

Vピクセル (IEC Y) キャリブレーションプロセスは、ダイアフラムのユニークな形状を利用している。V形状を利用することにより、ソフトウェアはダイアフラムの背面頂点を探し、これをEPIDパネルのY軸に沿った照射野中心の尺度として使用する。



MV Geometry キャリブレーション

V Pixel (IEC Y)



MV Geometry キャリブレーション

V Pixel (IEC Y)

The results are within the 4.63 pixel tolerance.

Gantry Angle (degrees)	Calculated V Pixel	Range X1, X2
210	652.03	3.43
240	651.85	3.67
270	651.41	3.37
300	651.06	3.24
330	650.77	3.04
0	650.85	2.94
30	650.97	2.92
60	650.87	3.10
90	651.23	3.41
120	651.48	3.59
150	652.01	3.58
180	651.80	3.55

Calculated Mean V Pixel	Maximum V Pixel	Minimum V Pixel	Range V Pixel
651.36	652.03	650.77	1.26

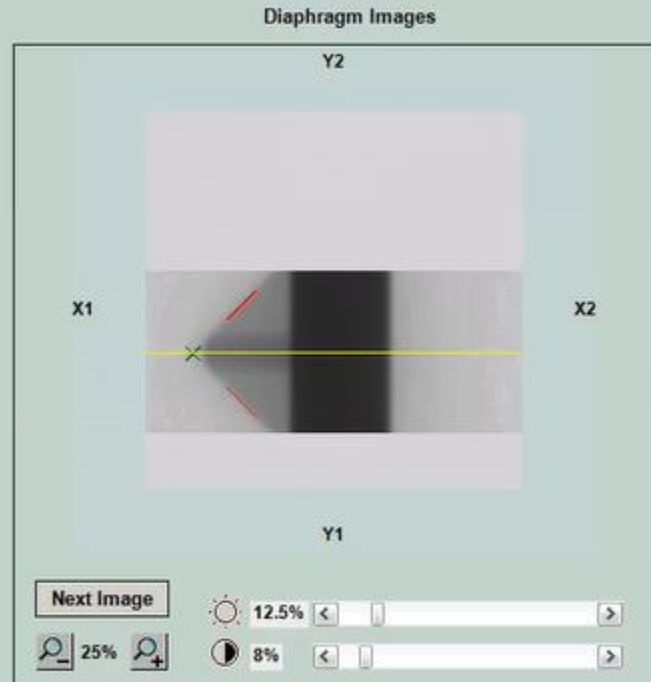


Image analysis key:
 Red line = edge of diaphragm
 Yellow line = V pixel at gantry angle
 Green cross = intersection point

Pixel size and angular alignment results

Combined pixel size: 0.2160 mm/pixel
 The pixel size was calibrated on 04/19/2018 at 11:52:25

Calculated panel angle: -0.11 degrees

Calculated U and V pixel results for all gantry angles

Gantry Angle (degree)	Current U Pixel	Calculated U Pixel	Current V Pixel	Calculated V Pixel
210	506.24	506.25	651.67	652.05
240	505.83	505.98	651.86	651.87
270	505.45	505.62	651.48	651.43
300	504.87	505.24	650.93	651.07
330	504.95	505.29	650.93	650.79
0	505.74	505.83	650.75	650.86
30	506.41	506.48	650.74	650.98
60	506.97	507.02	650.95	650.88
90	507.29	507.18	651.16	651.24
120	507.92	507.69	651.46	651.49
150	507.59	507.47	651.96	652.02
180	506.90	506.81	651.97	651.81

Calculated mean U and V pixel results

Current Mean U Pixel	Calculated Mean U Pixel	Current Mean V Pixel	Calculated Mean V Pixel
506.35	506.41	651.32	651.37

Vピクセルの結果が表示され、次に要約情報が表示される

MV Geometry キャリブレーション

V Pixel (IEC Y)

※ サンプルデータ

Description	Parameter	Unit	Value1	Value2	Defaults1	Defaults2	Locked
Source axis distance (SAD)	sys_sad	mm	1435		1435		1
Source detector distance (SDD)	sys_sdd	mm	2653.15		2653.15		0
Source collimator distance leaves (SMCD) to center of leaves	sys_smcdl	mm	356.8		356.8		1
Source collimator distance diaphragms (SMCD) to center of diaphragms	sys_scmdd	mm	442.5		442.5		1
Thickness of leaves	mlc_tleaf	mm	90		90		1
Thickness of diaphragms	mlc_tdiaphragm	mm	77		77		1
Number of MLC leaf pairs	mlc_nleaves	NONE	80		80		1
Maximum field size at iso	sys_fieldwidth	mm	571.704	220	571.704	220	1
Coil gap width	fgu_gapwidth	mm	146.1		146.1		1
Coil gap to isocenter distance	fgu_igd	mm	630.6		630.6		1
Imager width/height x/y	im_dim	mm	409.6	409.6	409.6	409.6	1
Image panel resolution read out U/V	im_npix	pixels	1024	1024	1024	1024	1
Isocentre pixel U/V 0 degrees	im_isopix_0.0	pixel	521.93	370.691	512	375	0
Isocentre pixel U/V 30 degrees	im_isopix_30.0	pixel	520.981	370.881	512	375	0
Isocentre pixel U/V 60 degrees	im_isopix_60.0	pixel	520.356	370.645	512	375	0
Isocentre pixel U/V 90 degrees	im_isopix_90.0	pixel	520.709	370.345	512	375	0
Isocentre pixel U/V 120 degrees	im_isopix_120.0	pixel	520.397	370.134	512	375	0
Isocentre pixel U/V 150 degrees	im_isopix_150.0	pixel	519.684	370.139	512	375	0
Isocentre pixel U/V 180 degrees	im_isopix_180.0	pixel	521.202	370.237	512	375	0
Isocentre pixel U/V 210 degrees	im_isopix_210.0	pixel	522.412	370.407	512	375	0
Isocentre pixel U/V 240 degrees	im_isopix_240.0	pixel	522.468	370.783	512	375	0
Isocentre pixel U/V 270 degrees	im_isopix_270.0	pixel	522.606	370.693	512	375	0
Isocentre pixel U/V 300 degrees	im_isopix_300.0	pixel	523.125	370.961	512	375	0
Isocentre pixel U/V 330 degrees	im_isopix_330.0	pixel	522.922	370.927	512	375	0
Mean U/V	im_isopix_mean	pixel	521.566	370.57	512	375	0

Radiation キャリブレーション

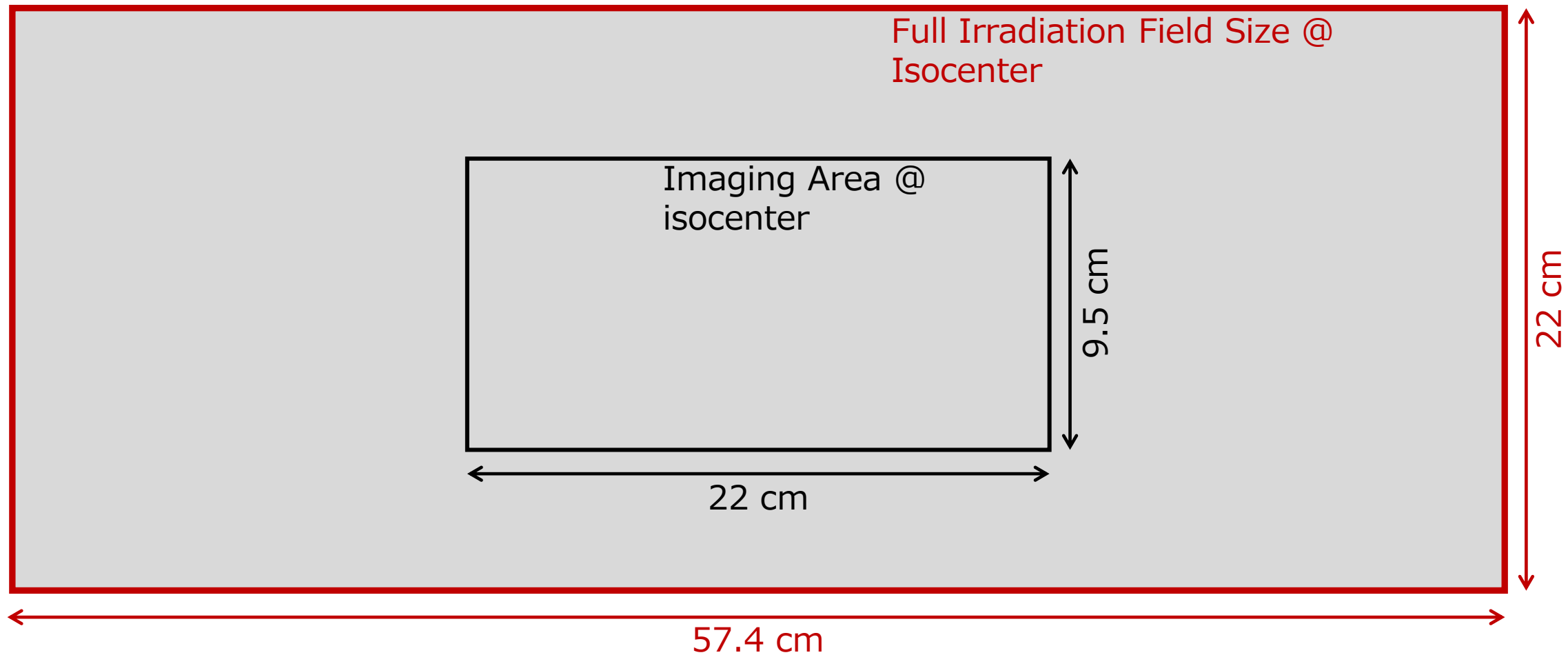
このキャリブレーションは、リーフ
およびダイアフラムのメジャーオフ
セットとゲインを取得するために実行
される

Reduced field diaphragm calibration

3 minutes is necessary for this procedure, or add 12 minutes if pixel size activity is required

Radiation calibration of the diaphragms using the reduced field of the on-gantry EPID

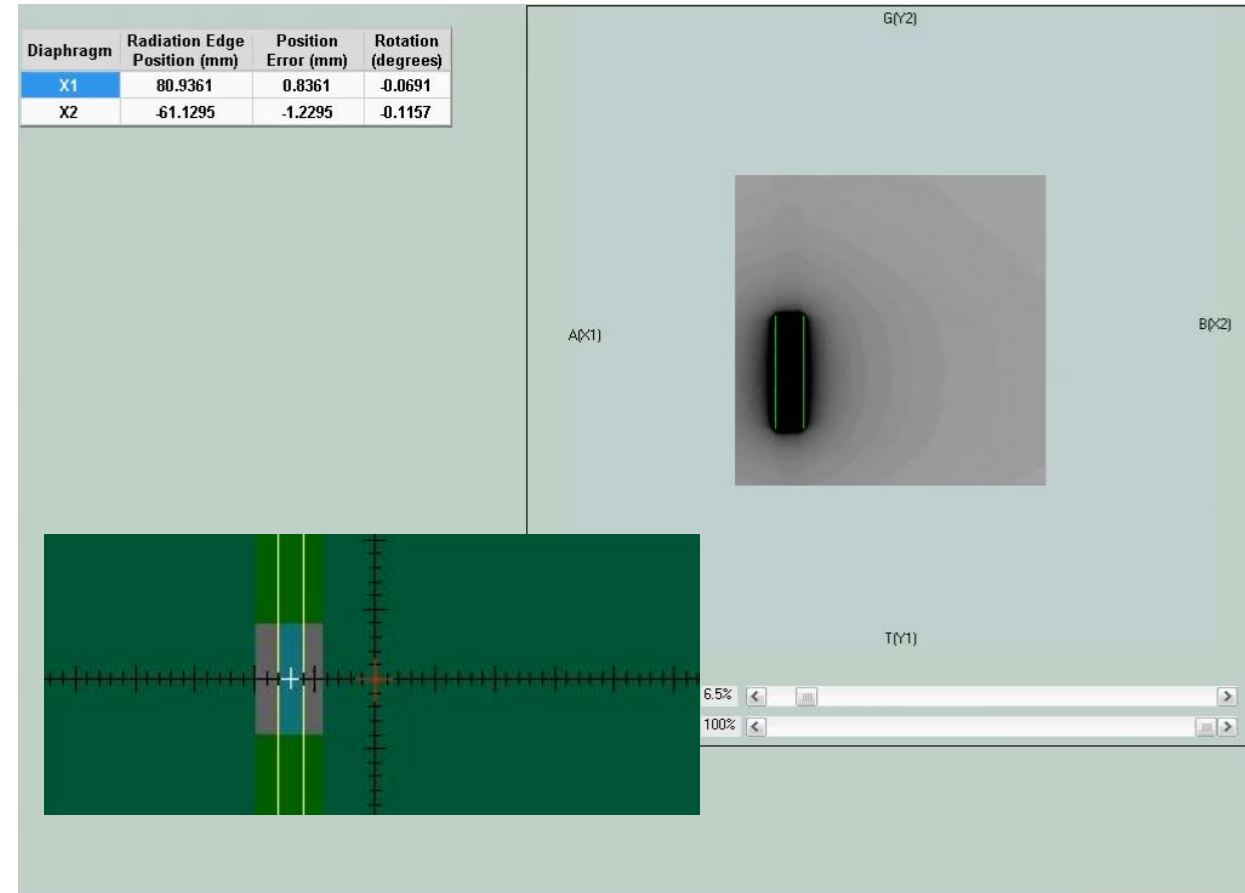
Radiation キャリブレーション



Radiation キャリブレーション

Diaphragm Workflow

- ダイアフラムのキャリブレーションは、3ストライプピケットフェンステストに基づいている
- ストライプは個別に分析され、キャリブレーション値が計算される
- ピクセルサイズは、ストライプのサイズと動きを決定するために使用される
- アイソセンターピクセルは、ストライプの絶対位置を決定するために使用される
- 右の画面キャプチャーには、3つのセグメントのうち最初のセグメントが表示されている



Radiation キャリブレーション

Diaphragm Workflow

Reading the current calibration.

Displaying the diaphragm calibration results.

Applying the new calibration.

The new calibration is applied.

Diaphragm Results

Diaphragm	Measured Gains	Measured Offsets (mm)	Delta Gains	Delta Offsets (mm)	RMS Residual Error (mm)	Max. Residual Error	Min. Residual Error
X1	0.0017	-1.0136	-0.0002	0.1514	0.0356	0.0503	-0.0254
X2	0.0043	1.5234	0.0009	-0.1236	0.0676	0.0483	-0.0956

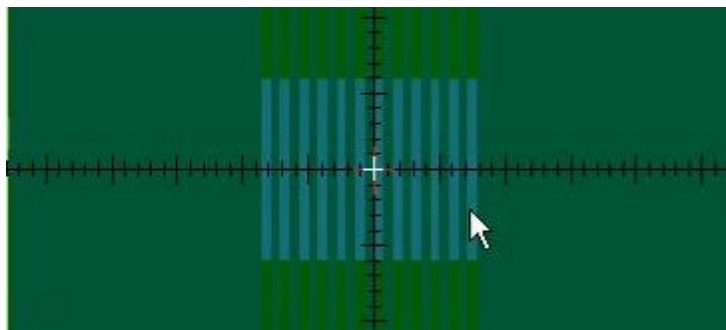
表示される値には、放射線に基づいて更新されたキャリブレーション値のゲイン/オフセットが含まれる

Radiation キャリブレーション

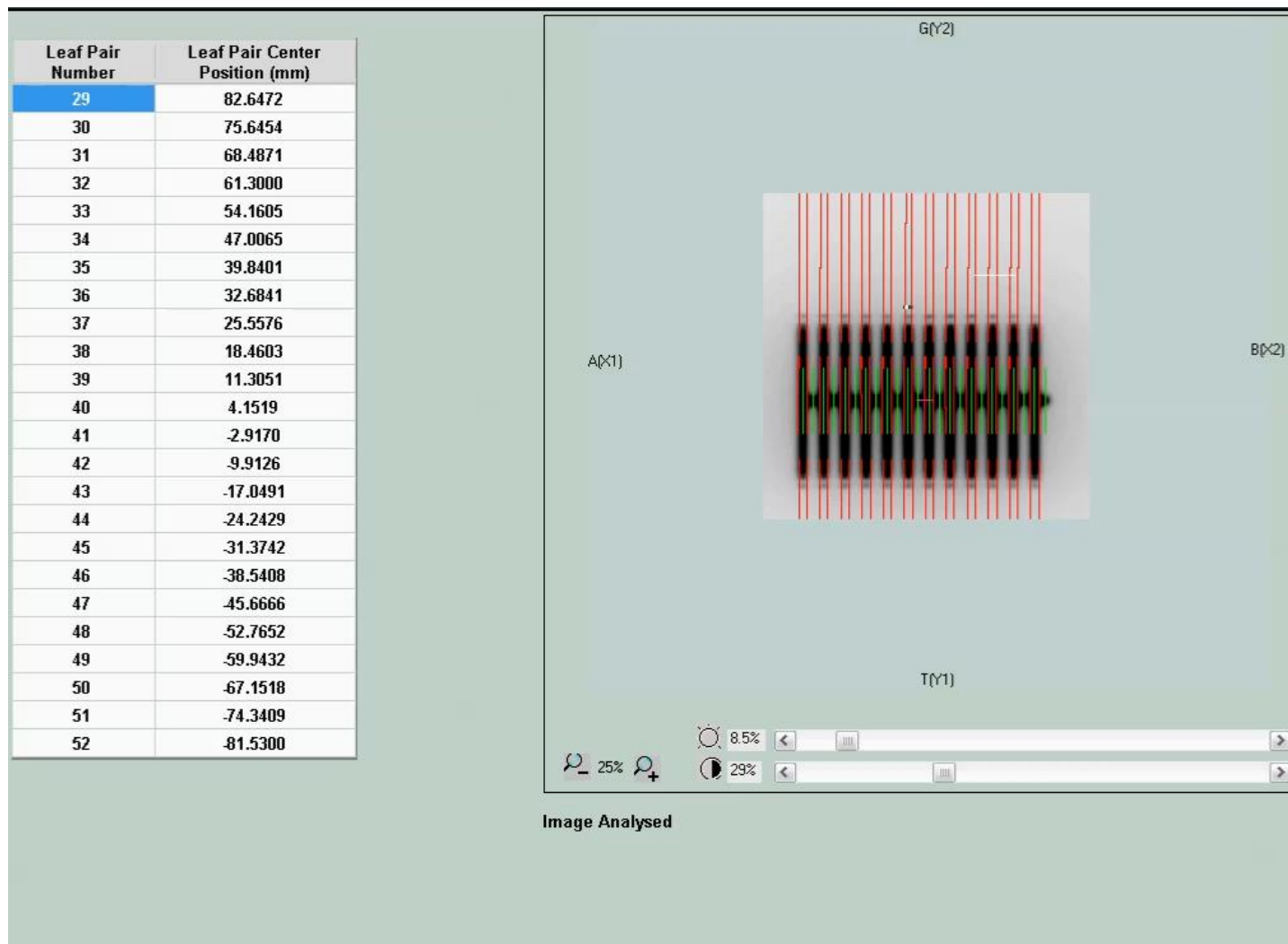
Leaf Workflow

リーフのキャリブレーションは、「くし」のようなフィールドの取得から始まる。このフィールドは、キャリブレーションに使用される各リーフの中心位置を測定するために行われる。また、投影されたリーフサイズを使用し、ピクセルサイズのチェックとしても行われる。

このキャリブレーションでは、Y1とY2の両方のリーフ範囲29～52のみを測定する。
(合計24対のリーフ)



46 | Focus where it matters



Radiation キャリブレーション

Leaf Workflow

ダイアフラムワークフローと同様に、リーフワークフローは3ストライプピケットフェンスを取得し分析する。リーフの実際の位置は放射線を介して測定される。

右の画面キャプチャーには、3つのセグメントのうちの最初のセグメントが表示されている。

Leaf Number	Radiation Edge Position (mm)	Position Error (mm)
Y2:29	40.7344	-0.6344
Y2:30	40.5366	-0.5366
Y2:31	40.6250	-0.7250
Y2:32	40.9779	-0.7779
Y2:33	40.7522	-0.7522
Y2:34	40.6951	-0.8951
Y2:35	40.5698	-0.6698
Y2:36	40.8781	-0.7781
Y2:37	40.9316	-0.7316
Y2:38	40.9007	-0.6007
Y2:39	40.3750	-0.3750
Y2:40	40.8941	-0.7941
Y2:41	40.0992	0.0008
Y2:42	40.6244	-0.7244
Y2:43	40.6740	-0.7740
Y2:44	40.7736	-0.9736
Y2:45	40.6474	-0.5474
Y2:46	41.0299	-1.0299
Y2:47	40.6261	-0.7261
Y2:48	40.4789	-0.5789
Y2:49	40.7091	-0.7091
Y2:50	41.2348	-1.2348
Y2:51	40.7623	-0.8623
Y2:52	40.8750	-0.9750
Y1:29	-19.4244	-0.8756
Y1:30	-18.7959	-1.2041
Y1:31	-19.3916	-0.9084
Y1:32	-19.2199	-0.9801
Y1:33	-19.4634	-0.8366
Y1:34	-18.9262	-0.9738

Radiation キャリブレーション

Leaf Workflow

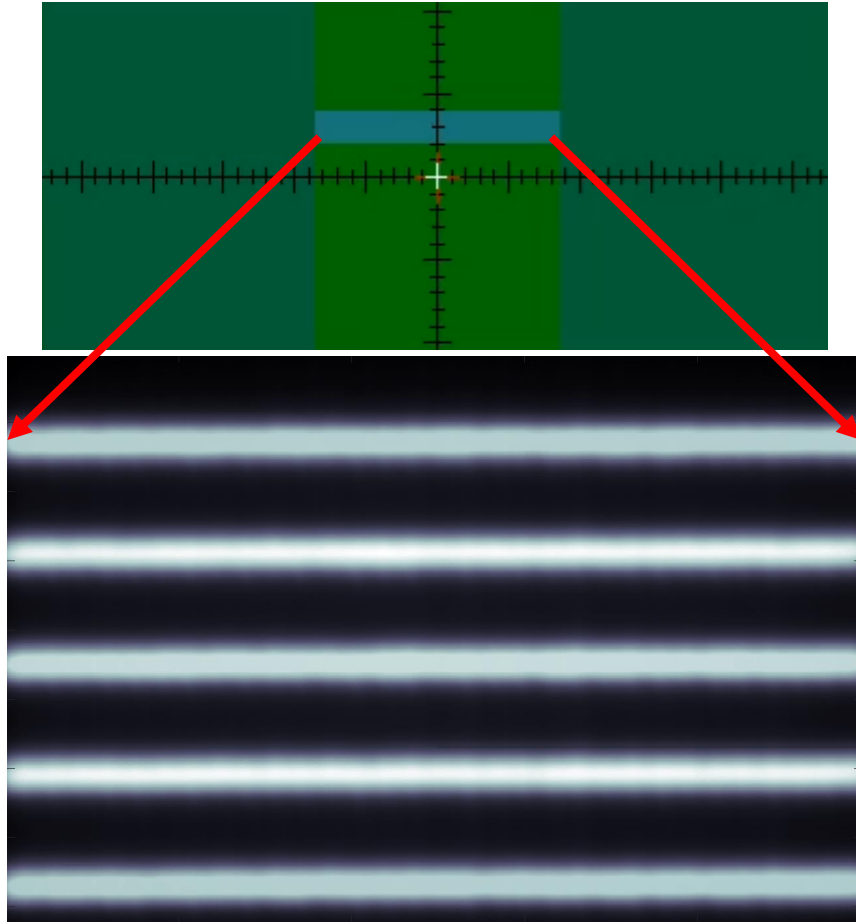
Reading the current calibration.
Displaying the leaf calibration results.
Applying the new calibration.
The new calibration is applied.

Leaf Bank	Gain	Offset (mm)	Delta Gain	Delta Offset (mm)	Max. Residual Error (mm)	Min. Residual Error (mm)	RMS Residual Error (mm)
Y1	0.0044	-0.8269	0.0026	0.0981	0.0029	-0.0057	0.0040
Y2	0.0040	-0.9141	0.0031	-0.1781	0.0019	-0.0037	0.0026

リーフの結果もダイアフラムの結果と同様の表示になる。ただし、リーフごとにゲイン/オフセット値は与えられない。

Radiation キャリブレーション

Leaf Workflow



ここでの情報は、縮小フィールドで見えるリーフのメジャーオフセットとゲインの両方を決定するために使用される。

これらの値は、リーフ全体に使用される。

Thank you

