

Unity Physics Training

Introduction to Unity Dosimetry System

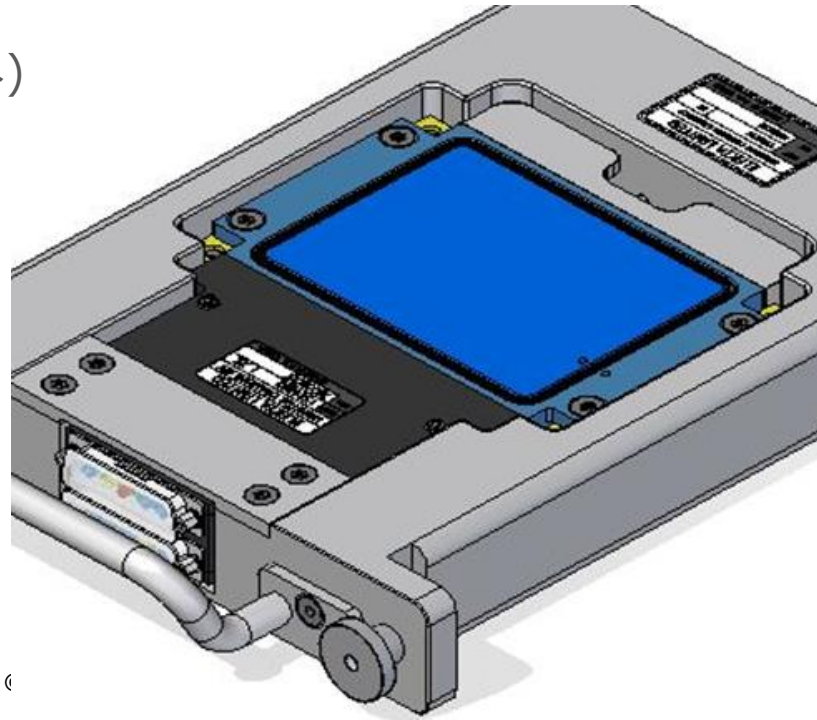
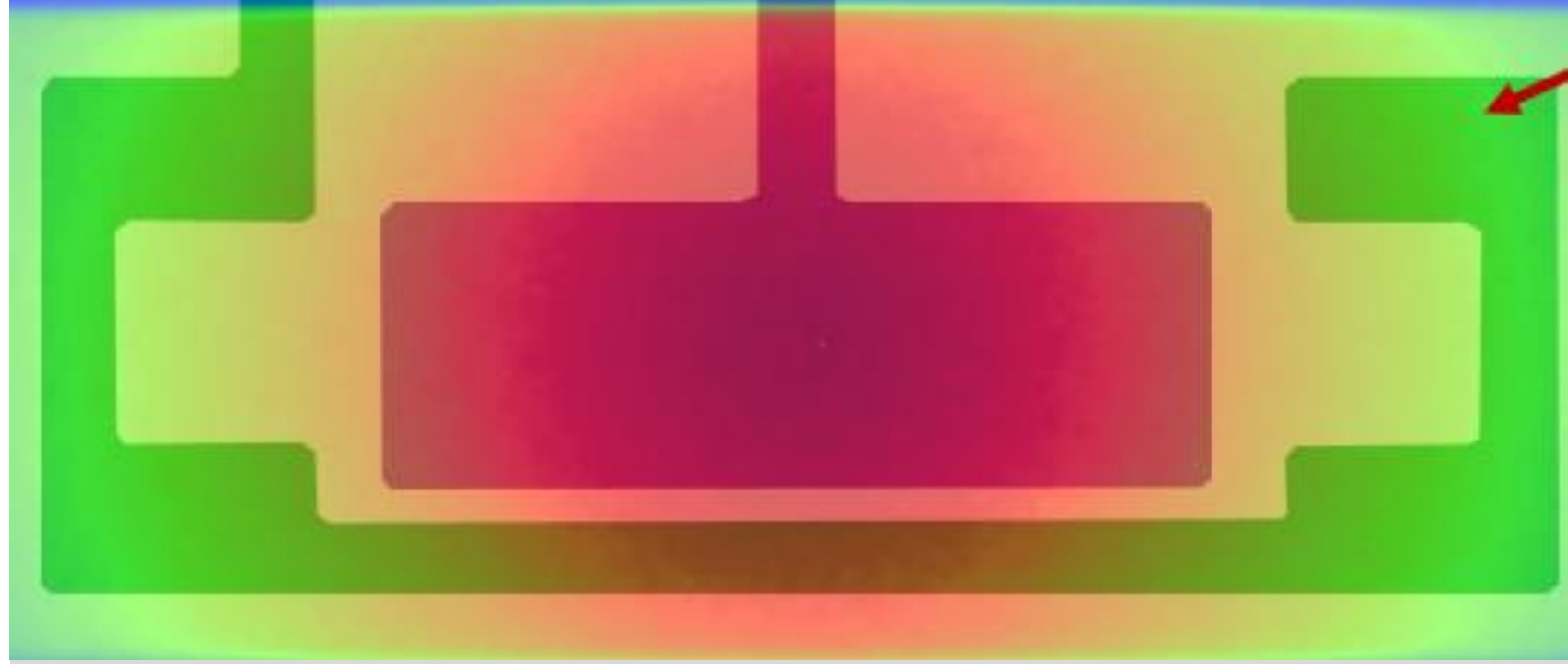
第2版：2021/7/28



Objectives

目的

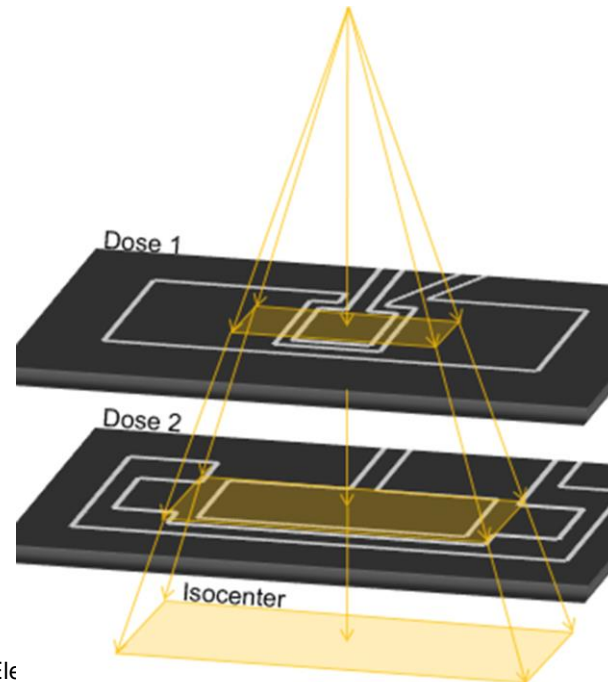
1. Unityイオンチェンバーの物理的
特性について説明
2. イオンチェンバーが原因で発生する
様々なインターロック（インヒビット）
を説明
3. 線量校正方法の理解



Dosimetry
System Design
and Calibration

Topic Covered

- MLCヘッドとイオンチェンバー
- 設計
- チェンバー形状
- エネルギー変化の検出

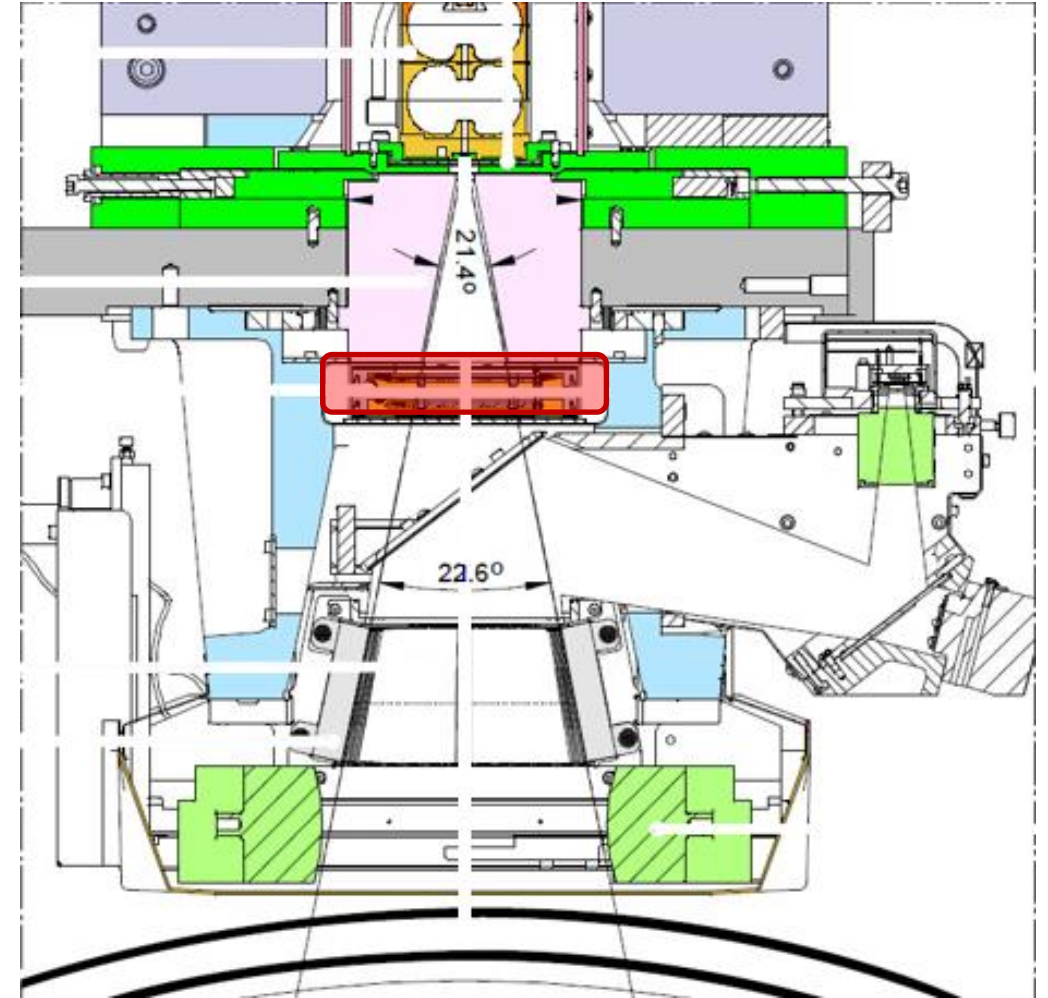


Physical characteristics of the Unity Ion Chamber.

Physical Characteristics of the Unity Ion Chamber

MLC Head and Ion Chamber

- 透過検出器
- 線量を測定し、ビームエネルギーの変化を検出
- 2つの独立した密閉された電離箱
 - 温度や気圧の補正なし
 - ビームのフィードバック制御なし
 - Steering
 - Energy
 - Profile
- ビームプロファイルを監視



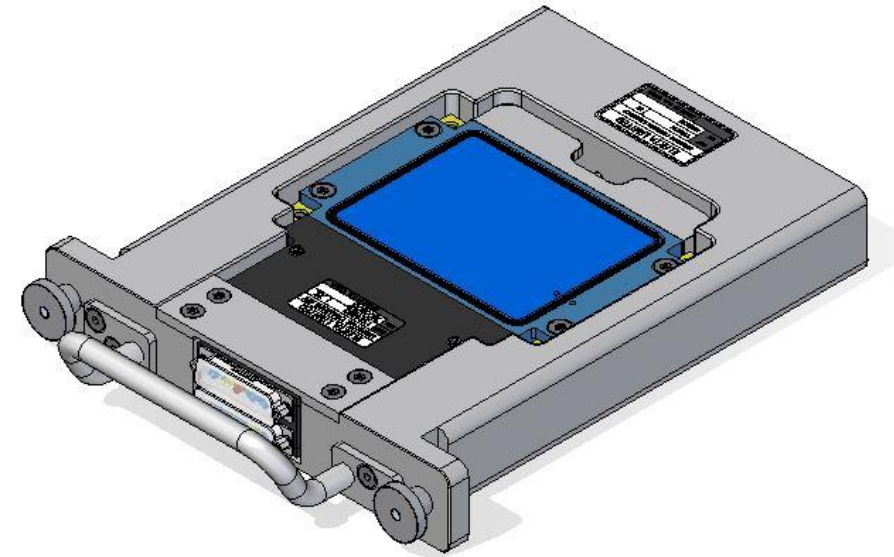
Physical Characteristics of the Unity Ion Chamber

MLC Head and Ion Chamber

イオンチェンバーはUnity用に再設計された。

汎用リニアックとの主な違いは次の通り

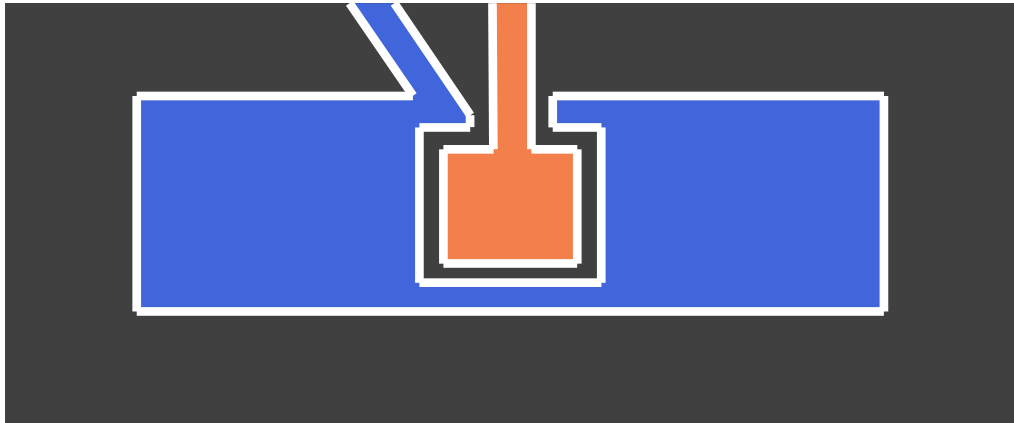
- サーボ専用プレートの取り外し
- 1.2atmで窒素を充填した密閉設計
- 「エネルギー識別」プレートの追加
- 長方形のチェンバー形状



Physical Characteristics of the Unity Ion Chamber

Chamber Geometry

Dose Plate 1 : プライマリチェンバー



- 内側検出器は比較的小さい10mm x 10mmで、ビームの中心部分に高感度
- 外側検出器は60mm x 20mmで、中心以外のビームをカバー

Dose Plate 2 : セカンダリチェンバー

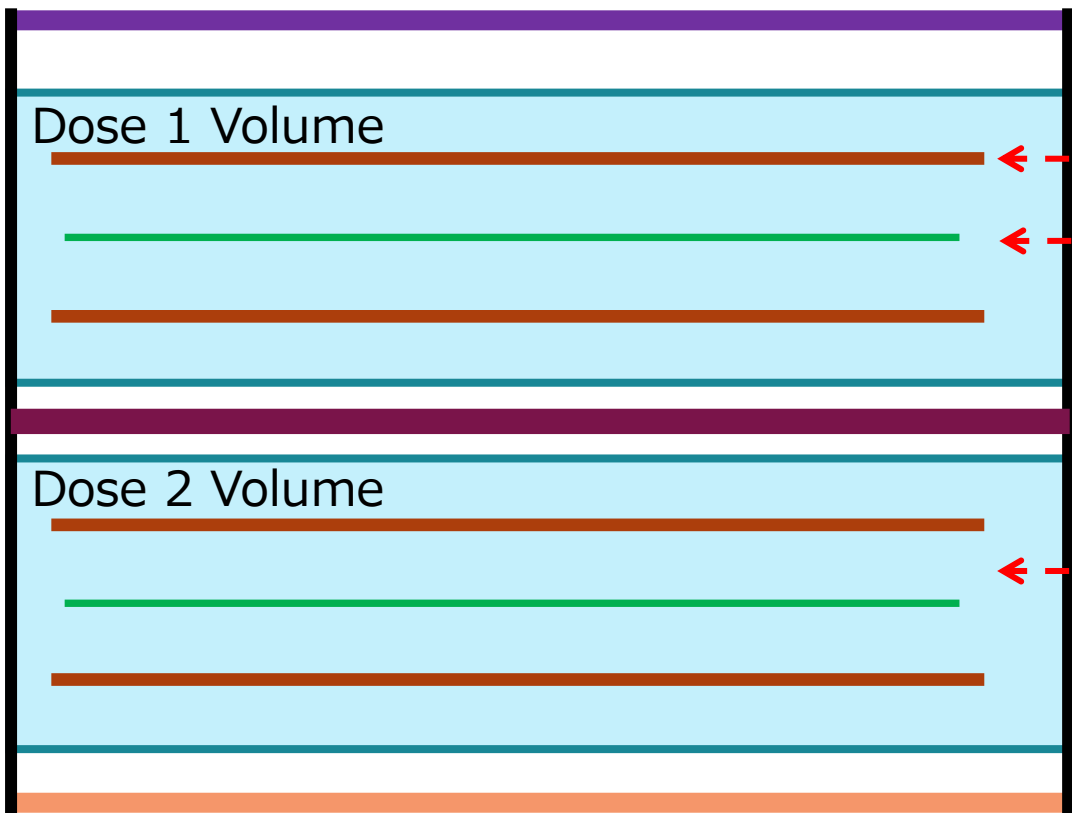


- 内側検出器は32mm x 10mm
- 外側検出器は、ビームのコーナーに配置された複数のセグメントで構成されており、各セグメントのサイズは10mm x 5mm
- 外側検出器はビーム中心より外側の変化に高感度

Physical Characteristics of the Unity Ion Chamber

Chamber Geometry

Build-up Plate



Build-Up Plate –チェンバーによって測定される信号を強化し、散乱した低エネルギー放射線からの寄与を減らす。

Polarizing Electrode –ポリウムに極性を発生させ、荷電粒子をSignal Electrodeに集める。

Signal Electrode –荷電粒子によって生成された電荷を収集する。

Energy Discriminator Plate-エネルギー変化の検出を行う。最初のポリウムは低エネルギースペクトルを検出し、2番目のポリウムは硬化部分を検出する。

Fill Gas –光子は高密度ビルドアッププレートから電子を発生させ、ガスをイオン化する。二次電子が信号に最も寄与する。

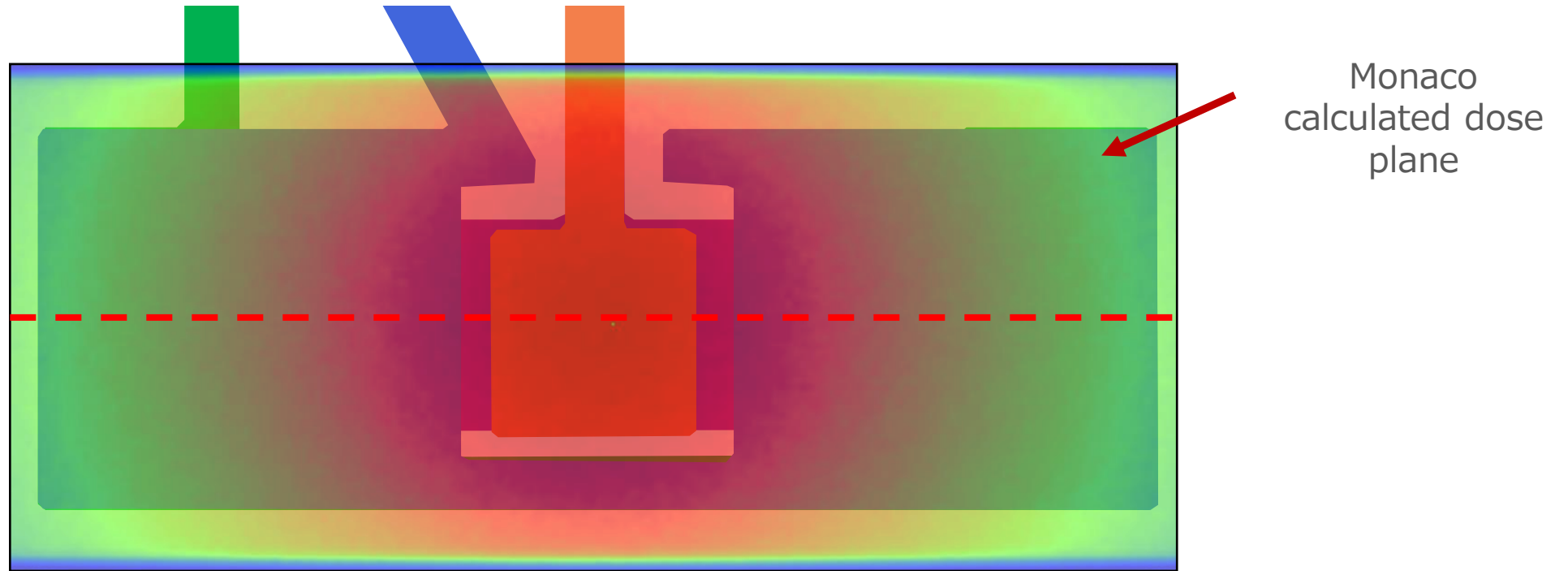
Backscatter Plate – MLCからの後方散乱の寄与を減らし、照射野サイズに対するチェンバー応答の依存性を排除する。

Backscatter Plate

Physical Characteristics of the Unity Ion Chamber

Chamber Geometry

チェンバーは、ビームの広い範囲をサンプリングするように設計されている。



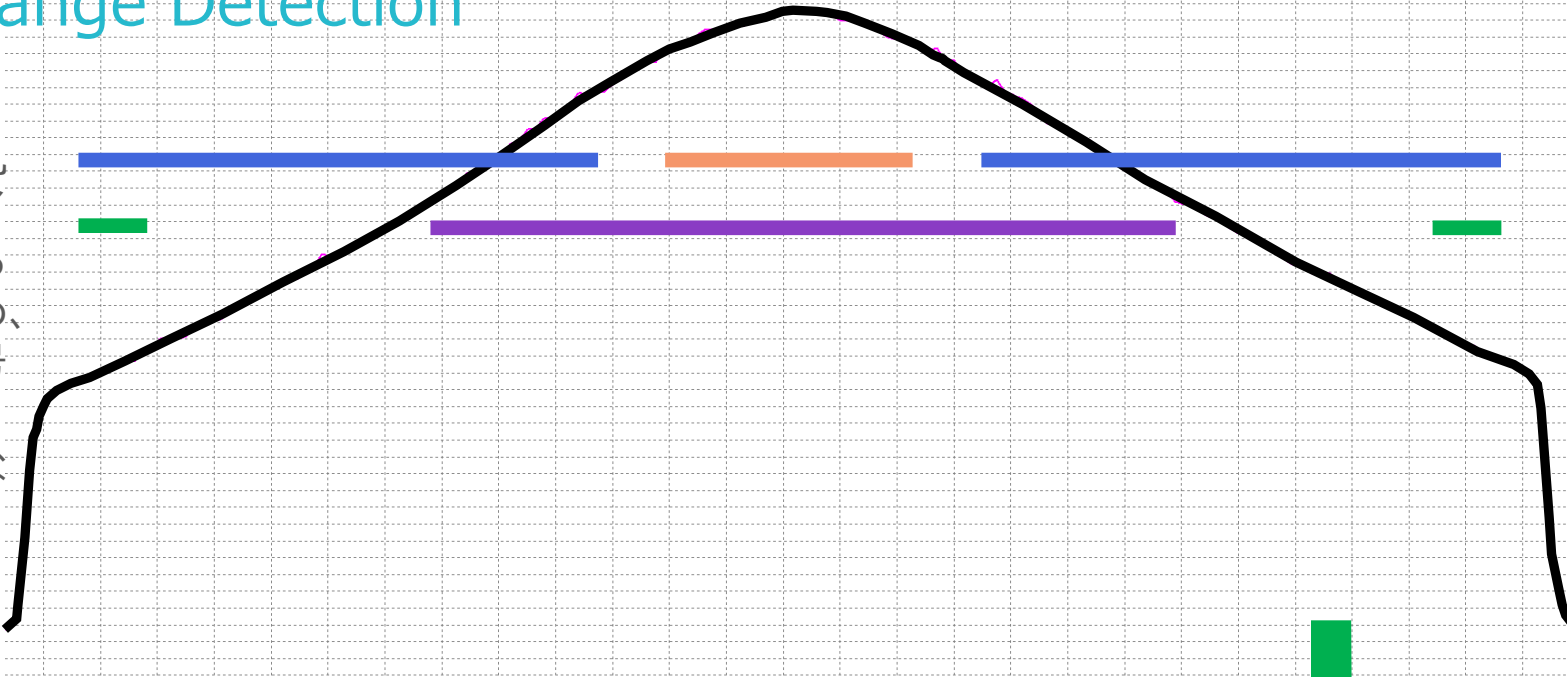
点線を切り取ると、以下のような層になっている。



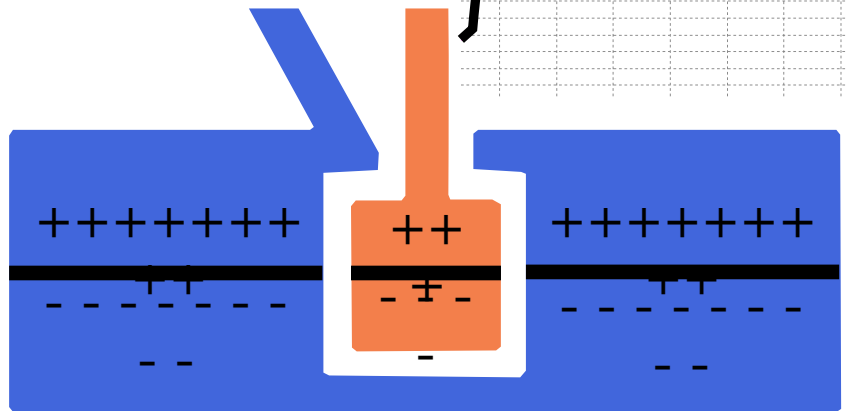
Physical Characteristics of the Unity Ion Chamber

Energy Change Detection

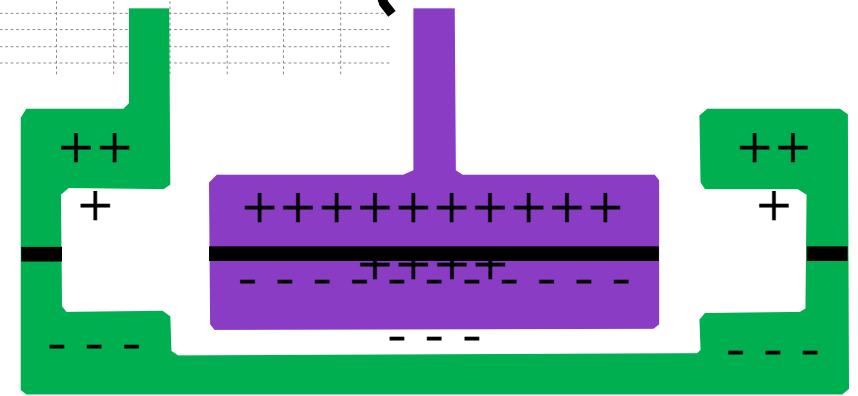
より高いエネルギーのビームはより前方に散乱されるため、プロファイルは中心を基準に比べると肩が下がる。そのため、内側のプレートでの信号が高くなり、外側のプレートでの信号が低くなる。



エネルギービームが低いほど前方散乱が少なくなるため、プロファイルは中心を基準に比べると肩が上がる。そのため、内側のプレートでの信号が低くなり、外側のプレートでの信号が高くなる。

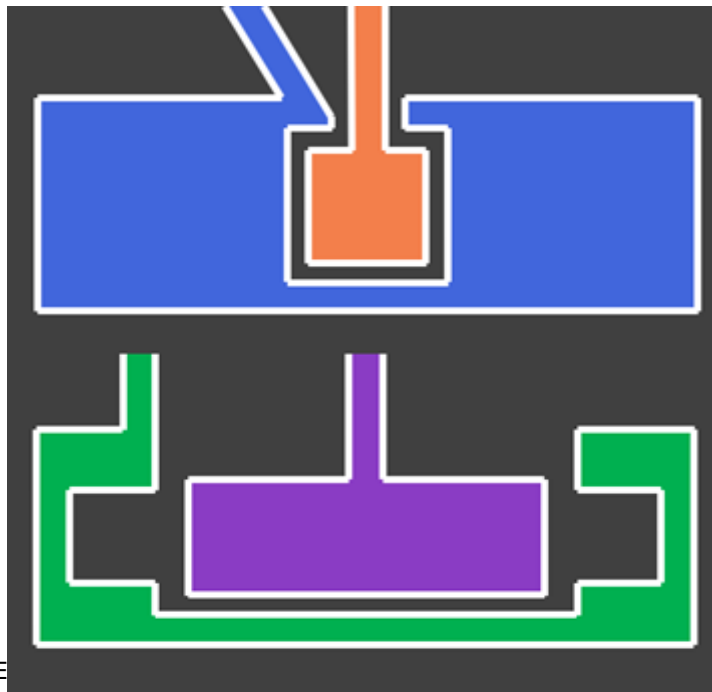


プロファイルの形状変化（肩部の上下）は、エネルギーの変化を示している。



Topic Covered

- General Operation and Safety
- Dose Difference
- Beam Timer
- Plate Sum
- Uniformity

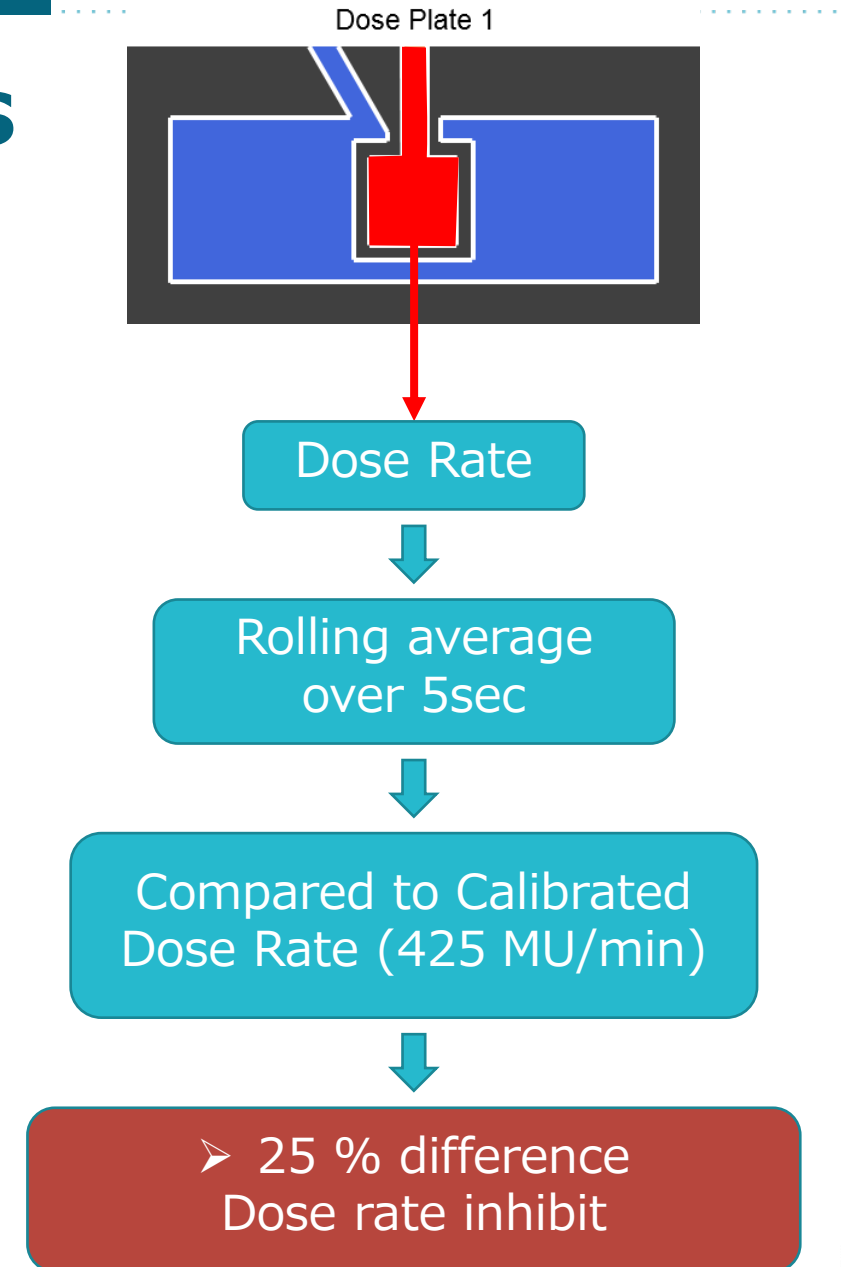


Chamber Dependent
Interlocks

Chamber Dependent Interlocks

General Operation and Safety – Dose Rate

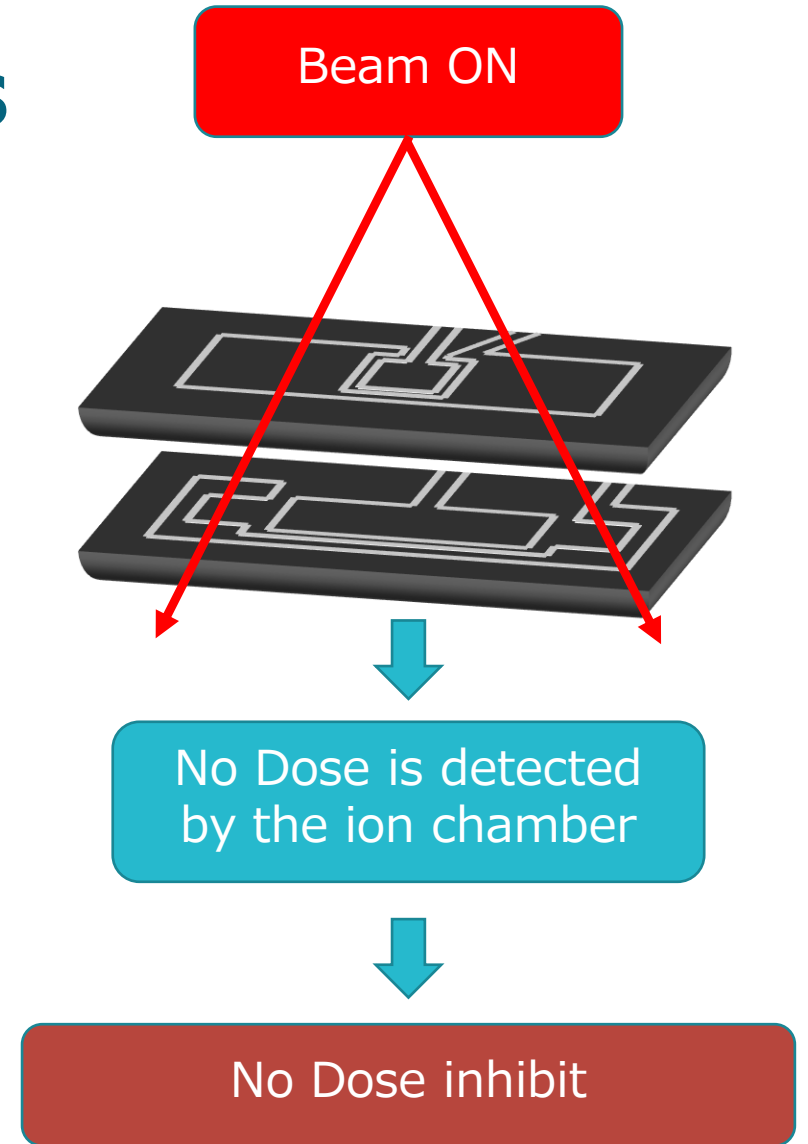
- 線量率は、Doseプレート1の内部セグメントからの信号より得られる。
- システムは、線量率の平均（5秒間）をとり、それを校正線量率（425 MU / min）と比較する。
- 平均線量率と校正済み線量率の差が校正済み線量率の25%を超える場合、システムによりDose Rate inhibitが発生する。



Chamber Dependent Interlocks

General Operation and Safety – No Dose

- ビームがオンになり、システムが照射状態になると、イオンチェンバーによって線量が予測される。
- 5秒以内にいずれかのイオンチェンバーで線量が検出されない場合-No-Dose inhibitが発生する。



Chamber Dependent Interlocks

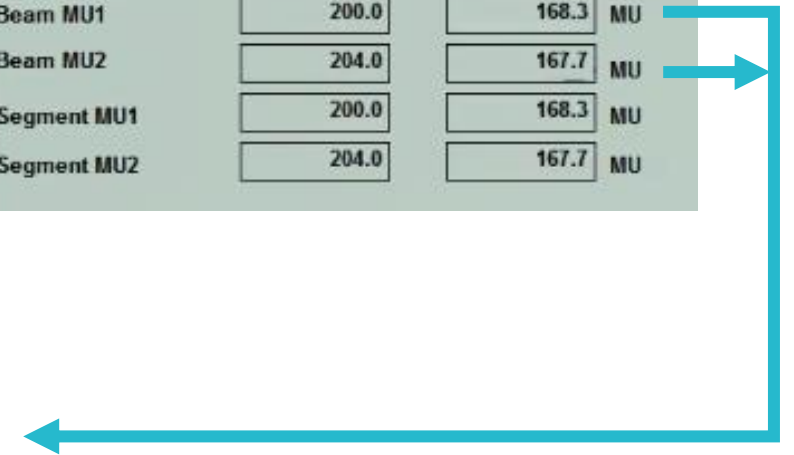
Dose Difference – Primary to Secondary Dose Difference

- Beam MU1とBeam MU2の間の差が測定される。
- 次に、MU単位の許容誤差が次の式を使用して計算される。

$$Dose\ Difference\ Tolerance = \left[\left(\frac{MU\ 1 + MU\ 2}{2} \right) * .04 \right] + 2\ MU$$

- MU 1 とMU 2 の差が許容範囲を超えると、Dose Difference inhibitが発生する。

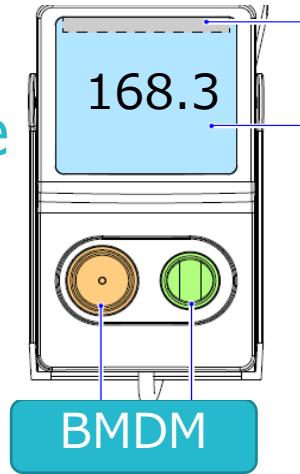
Quick Beam		
	Set	Actual
Radiation Type	XRAY	XRAY
Energy	7 MV	7 MV
Beam MU1	200.0	168.3 MU
Beam MU2	204.0	167.7 MU
Segment MU1	200.0	168.3 MU
Segment MU2	204.0	167.7 MU



Chamber Dependent Interlocks

Dose Difference – Primary to Beam Monitor Dose Difference

- BMDM (ビームモニターユニットディスプレイモジュール) に表示される線量は、Beam MU1と比較される。
- 測定された差が許容値を超えると、Dose Difference inhibitが発生する。
 - ビーム配信中、許容誤差は3MUに設定されている。
 - 終了チェック中、この許容誤差は1MUとなる。



Quick Beam			
	Set	Actual	
Radiation Type	XRAY	XRAY	
Energy	7 MV	7 MV	
Beam MU1	200.0	168.3	MU ←
Beam MU2	204.0	167.7	MU
Segment MU1	200.0	168.3	MU
Segment MU2	204.0	167.7	MU

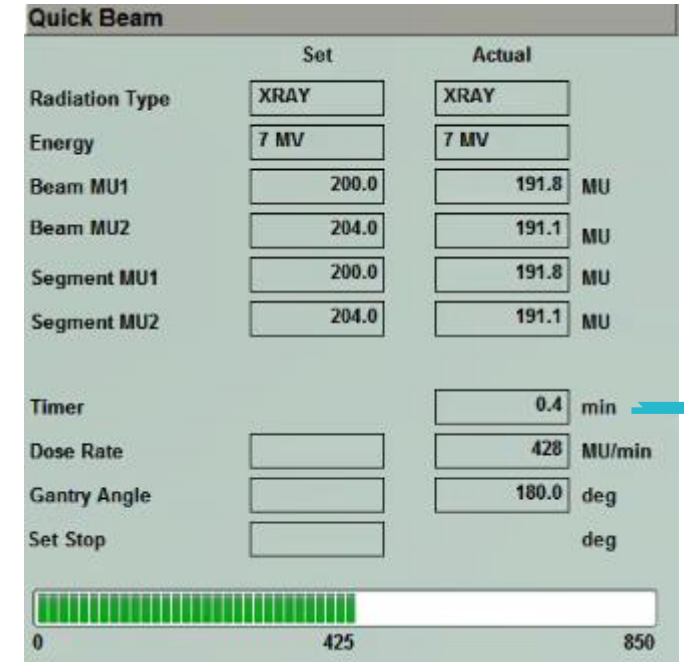
Chamber Dependent Interlocks

Beam Timer

- 予想されるビーム時間は、次の式を使用して、読み込まれたセグメントに対して計算される。

$$Total\ Beam\ Time = \sum_0^{n\ segments} \left(\frac{Segment\ Dose_n - Segment\ Dose_{n-1}}{Segment\ Dose\ Rate} \right)$$

- 実際のビーム時間が予想されるビーム時間を15%超えると、Beam timer inhibitが発生する。

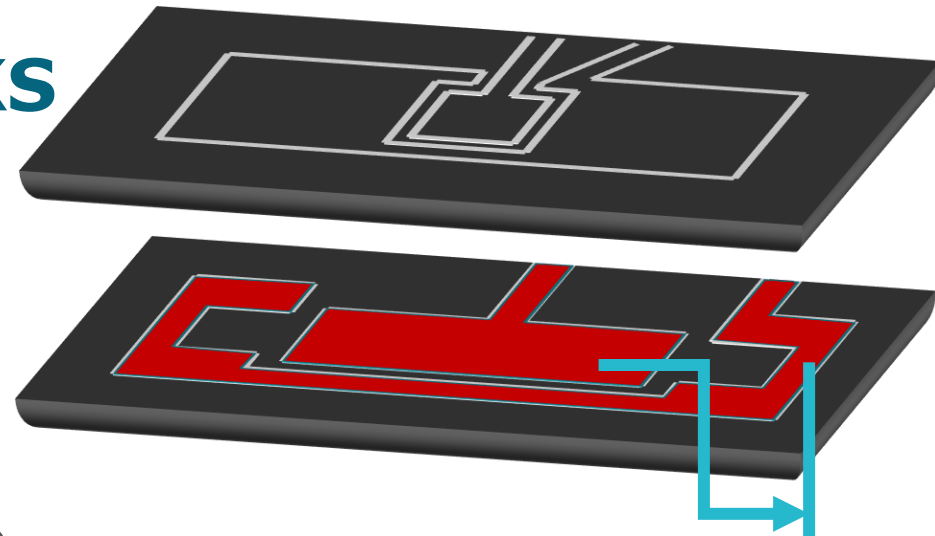


$$Beam\ Time = \frac{200}{425} * 1.15 = 0.5min$$

Chamber Dependent Interlocks

Plate Sum

- Plate Sumは、セカンダリチェンバーで収集された50パルスの平均電荷であり、エンジニアによって設置時に調整される。
- 調整された値を10%超えたMUが20以上の場合、Plate Sum inhibit が発生する。

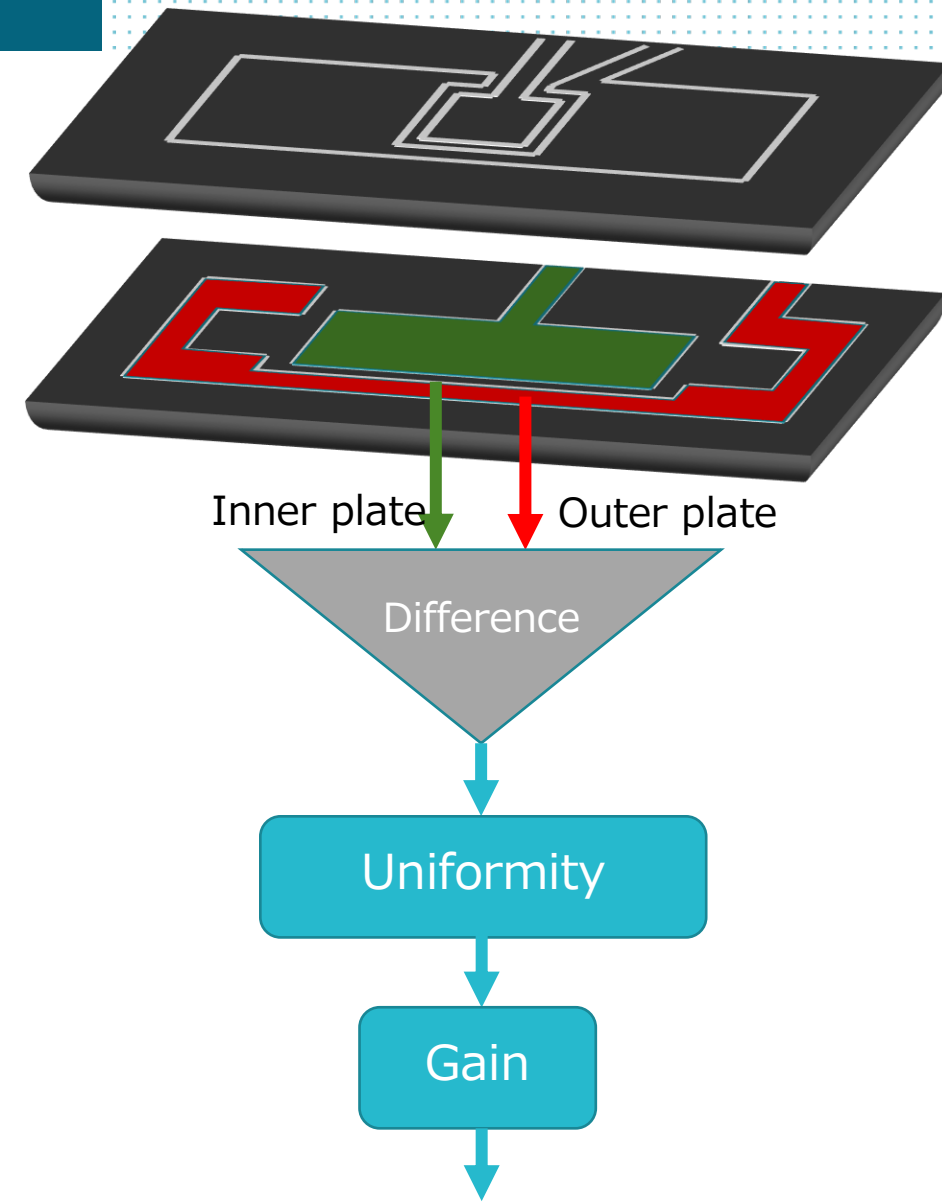


	Raw Value	Scaled Actual
Primary Inner Plate	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/> %
Primary Outer Plate	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/> %
Secondary Inner Plate	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/> %
Secondary Outer Plate	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/> %
Plate Sum	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="100.0"/> %
Uniformity		<input type="text" value="0.0"/> %

Chamber Dependent Interlocks

Uniformity

- Uniformityは、セカンダリチェンバーの外側プレートと内側プレートの信号の差として定義される。
- 設置時にエンジニアによって均一性が調整される。
- 3%均一性 = $< \pm 3\%$ 線量出力の変化は、ビームのエネルギーの $\pm 6\%$ 変化に相関する。
- 均一性が3%を超えたMUが20以上の場合、ビームはUniformity inhibitが発生する。



3% uniformity = $< \pm 3\%$ change in dose output

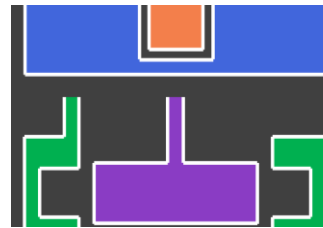
Chapter 3 Summary

General Operation and Safety



これらの制御により、線量率が逸脱せず、線量が妥当な時間内に出力され、ビームが適切に終了する。

Dose Difference



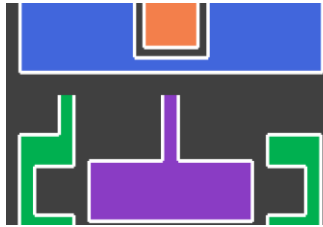
Dose Differenceは、両方のチェンバー間またはプライマリチェンバーとBMDM間で登録された線量に有意差がないことを確認する。

Plate Sum



Plate Sumは、測定された出力と所定のベースラインを比較する。

Uniformity



Uniformityはビームエネルギーの測定値として使用され、測定値が期待値の3%以内でない場合は照射を終了する。

Topic Covered

- Dose Reference Overview
- Calibration Point
- Absolute Calibration Procedure



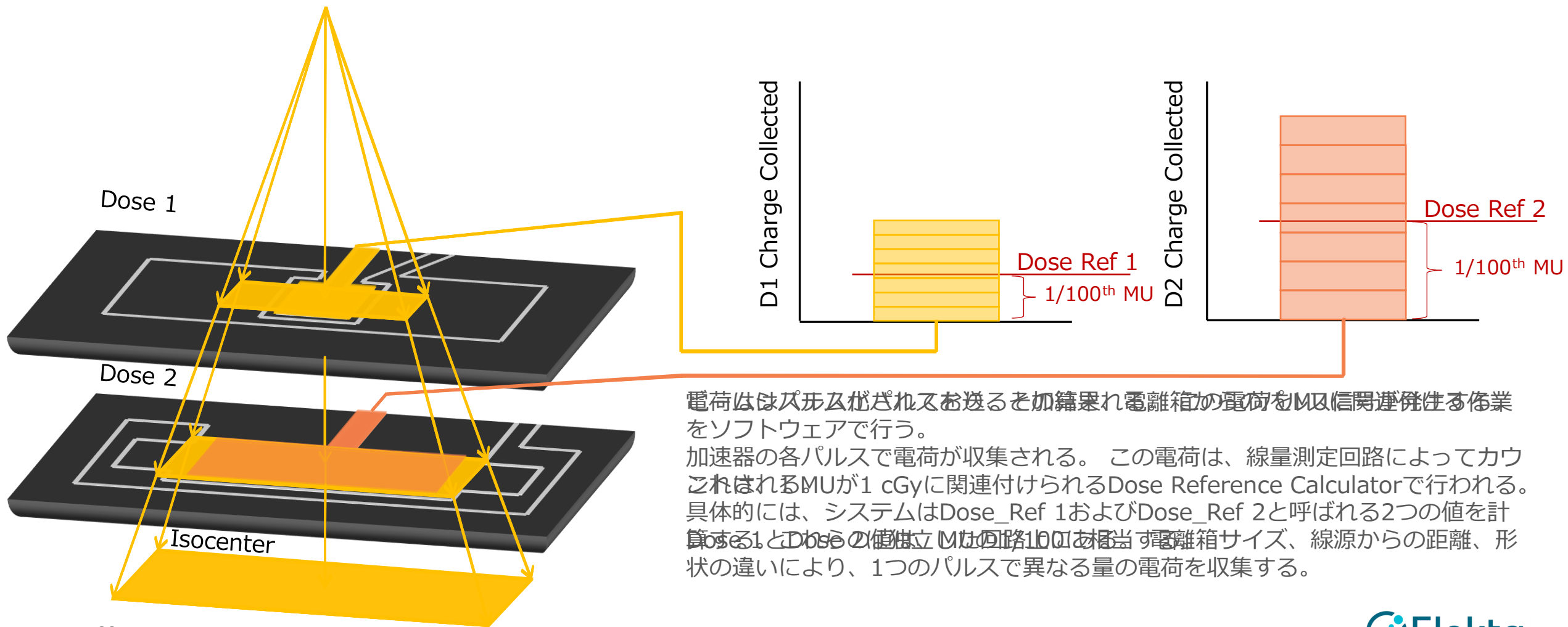
Measured Dose cGy

Dose Rate MU/Min

Absolute Calibration

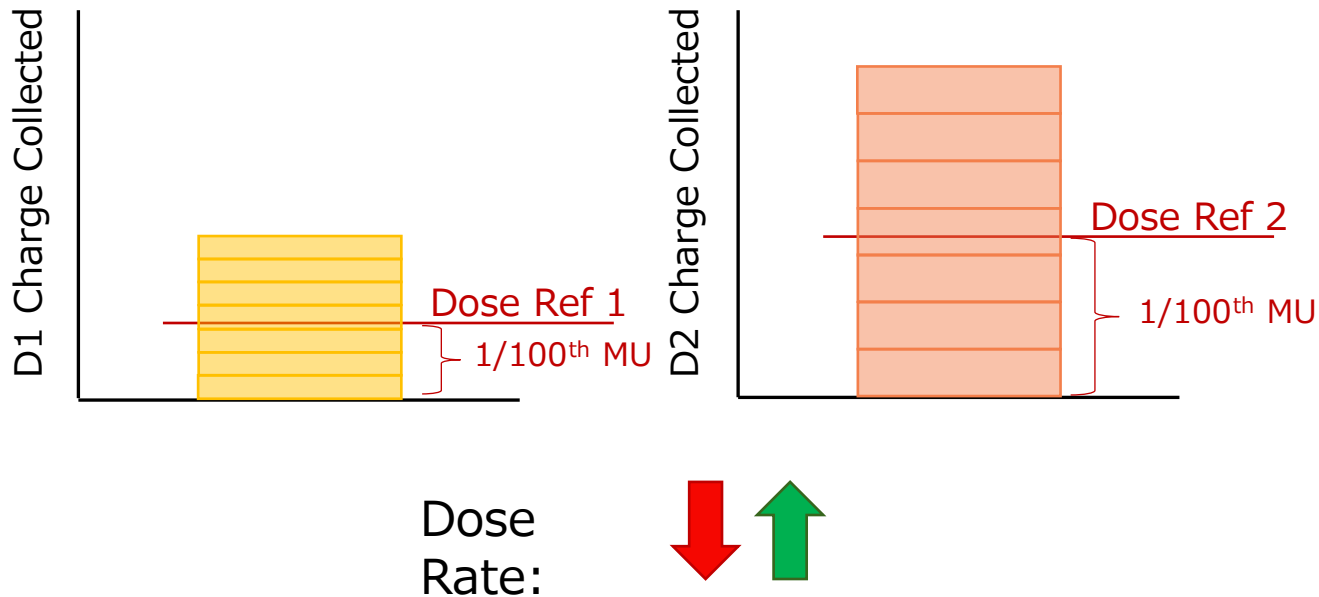
Absolute Calibration

Dose Reference Overview



Absolute Calibration

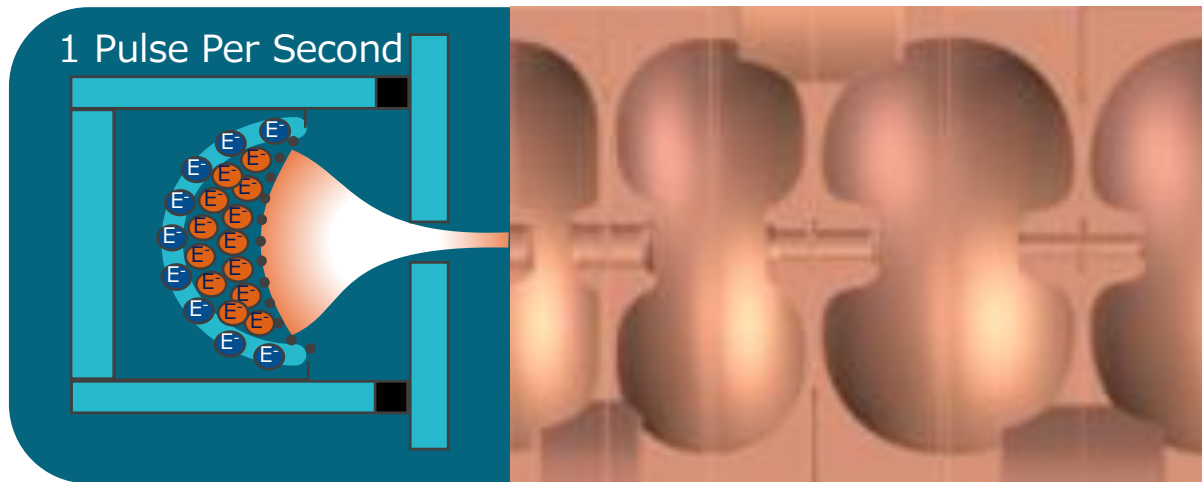
Dose Reference Overview



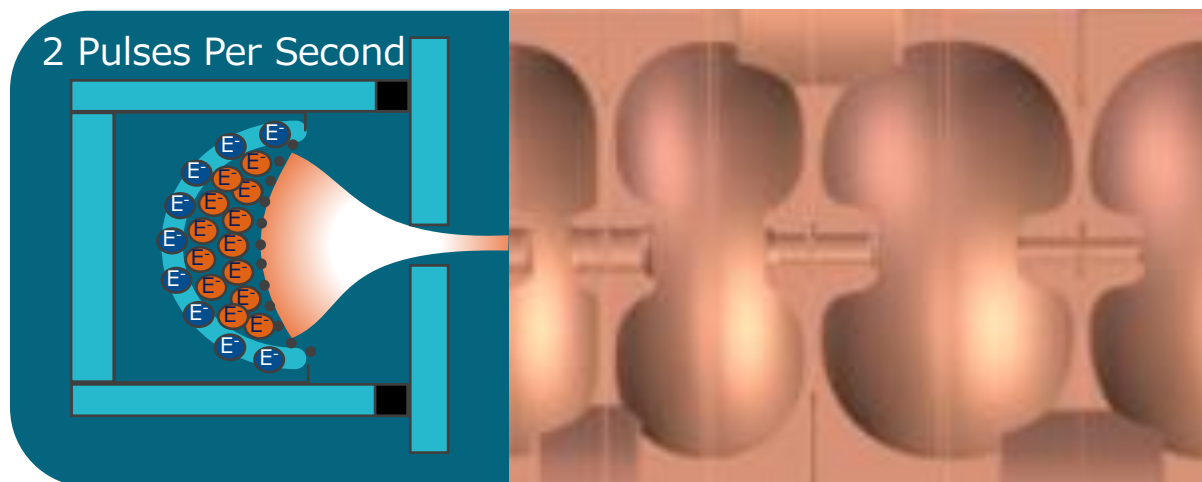
- このアプローチの結果、線量率がDoseRef値によって影響を受ける。
- Dose Reference 値が増加した場合、システムは100 MUに到達するためにより多くのパルスを出力するように調整される。これにより、線量率を低下させようとする。
- ただし、Unityの線量率は425 MU / minに設定されているため、実際は電子銃のデューティサイクルが変化する。
- 線量校正が行われると、デューティサイクルが調整され、線量率が425 MU / minに戻る。
- 電子銃は425 MU / minの線量率を維持するためにより速くまたはより遅くパルスする。

Absolute Calibration

Calibration Point



5
0



5
0

Measured Dose	<input type="text"/>	cGy
Dose Rate	<input type="text" value="0"/>	MU/Min
<input type="button" value="Calibrate Dosimetry"/>		

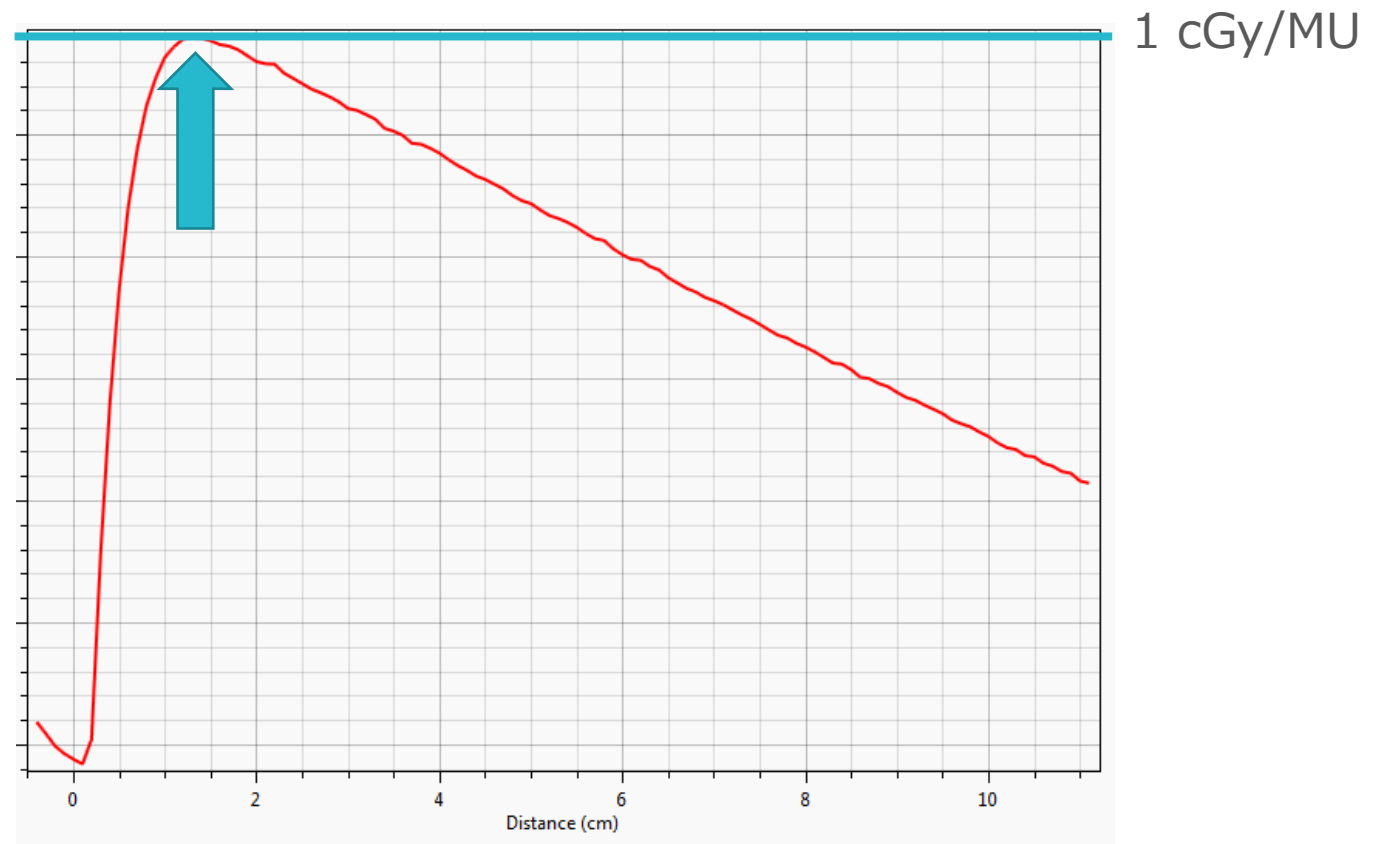
- 線量校正を行うと線量率は変化しないが、電子銃の動作に影響を与える。
- デューティサイクルは、グリッドにパルスが送られるレート（グリッドがオフおよびオンにされる頻度）であり、1秒あたりのパルス（PPS）の単位。各パルスで、ほぼ同じ数の電子が導波管に注入される。
- デューティサイクルは、ビームエネルギーに影響を与えずに、マシンのMUあたりの線量を制御する。

Absolute Calibration

Calibration Point

- Unityの線量校正では、デューティサイクルを変更して、MUあたりの線量を変化させる。
- 一例として、線量率は常に425 MU / minだが、Dmaxで1 cGy / MUに調整されている場合、電子銃のデューティサイクルは、深さ10cmで調整されているよりも低くなる。
- より深い深度で校正すると、デューティサイクルが増加し、MUあたりの線量が増加する。

Measured Dose	<input type="text"/>	cGy
Dose Rate	<input type="text" value="0"/>	MU/Min
<input type="button" value="Calibrate Dosimetry"/>		



Absolute Calibration

Calibration Procedure

Beam Generation Calibration STW

Channel 1

	Original	Current
Dose Reference	420000	420000
Delivered Dose(MU) :		0.0
Dose Difference (%) :		

Channel 2

	Original	Current
Dose Reference	420000	420000
Delivered Dose(MU) :		0.0
Dose Difference (%) :		

Measured Dose(cGy) :

Dose Rate MU/min

Graph | Gun Rundown | AFC | Dosimetry Calibration

- 汎用Linacと同様に、Unityではデジタルキャリブレーションインターフェイスを使用する。
- 求めた線量を入力し、Calibrate Dosimetryをクリックするだけでよく、従来に比べて簡素化されている。
- MUは200以上を推奨
- 終了する前に、必ず「Save Calibration」ボタンをクリックする。

Absolute Calibration

Calibration Procedure

Original Dose Reference
現在登録されているDose Ref値

Delivered Dose (MU)
照射されたMU値。通常200MU

Measured Dose (cGy)
ユーザーが計算した線量

Channel	Original	Current
Channel 1	603876	603876
Channel 2	503629	503629

Delivered Dose(MU) : [] []

Dose Difference (%) : [] []

Measured Dose(cGy) : []

Dose Rate : [0] MU/min

Calibrate Dosimetry

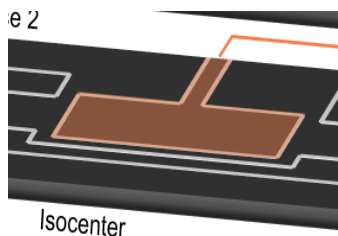
Current Dose Reference
ソフトウェアを介して計算された値。「Calibrate Dosimetry」を押すと、Original=Currentになる。

Dose Difference (%)
予想される線量と計算された線量とのパーセント差

NOTE:チェンバーは、2つの個別のチャンネルで構成されている。したがって、各チャンネルには固有のキャリブレーション値があり、パーセンテージが異なる場合がある。

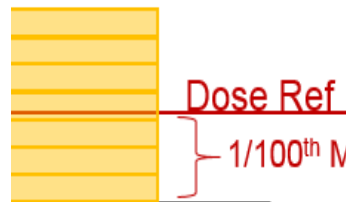
Chapter 4 Summary

Dose Ref 1 / Dose Ref 2



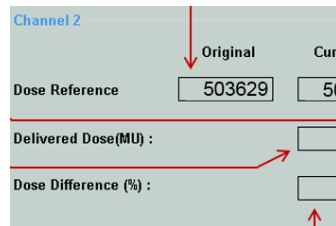
Dose Reference 値は、イオンチェンバーで測定された電荷を線量に関連付けるために使用される。

Dose Ref 1 / Dose Ref 2



VersaHDでは、Dose ReferenceがMUの1/64に設定されていたが、UnityはMUの1/100に等しくなるようにコード化されている。

Absolute Calibration Procedure



Unityシステムの線量校正手順は、VersaHDのものと同様。ユーザーは測定された線量を入力する。

Thank you

