

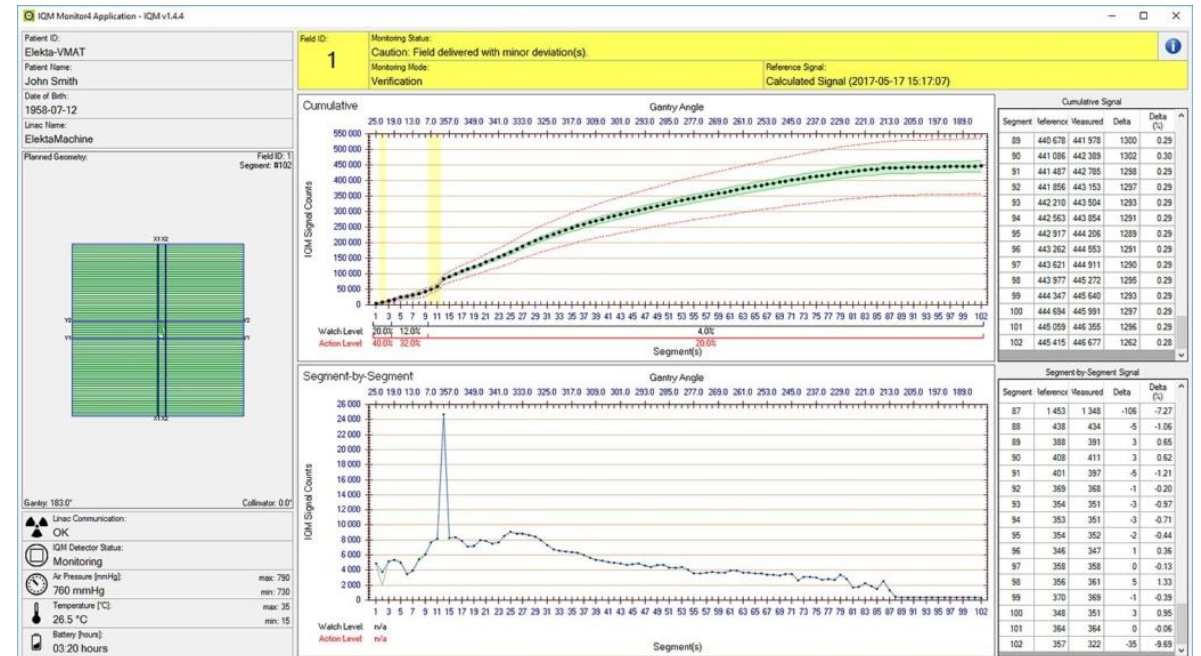
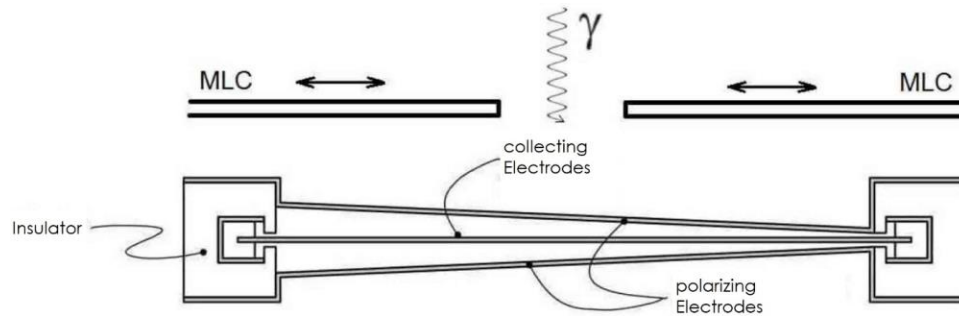
IQMの概要について

はじめに

- **Integral Quality Monitor (IQM, i-RT, Germany)**は、リニアックのガントリーに取り付ける大面積の電離箱です。
- IQMは治療中のビームをリアルタイムにモニタリングし、その日の照射の精度を確認できます。



「IQM - iRT Systems (i-rt.de)」 <https://i-rt.de/iqm/>

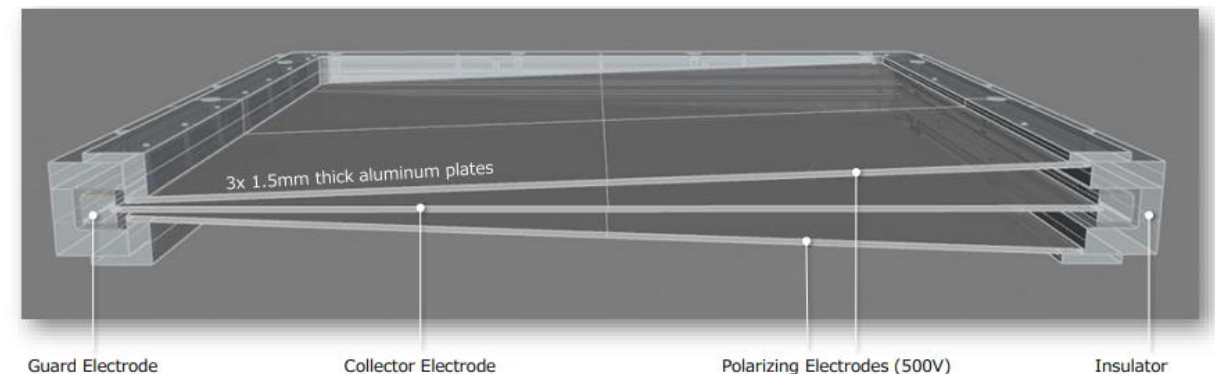


Detectorの仕様と性能

- 外形寸法: 45cm x 35cm x 3.5cm
- 重量 (バッテリー含む) : 4.3 kg
- 温度気圧センサー内蔵
- バッテリー動作時間: > 24h
- 電離体積: 550 cc
- 対応最大照射野サイズ: 40 cm x 40 cm
- 対応エネルギー: 4MV, 6MV, 10MV, 6FFF, 10FFF



Image source: ¹ K. Islam et al. *Real-time verification of IMRT*. Med Phys 2009



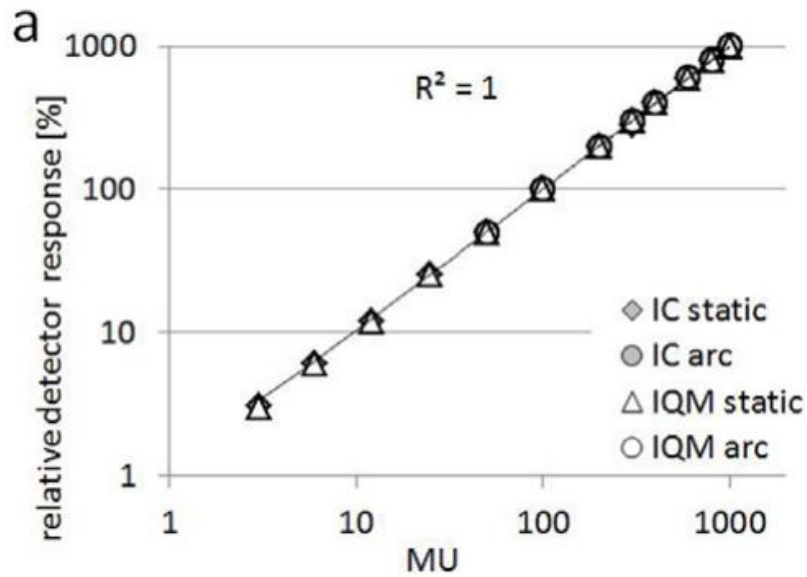
IQMによるモニタリングが効果的な照射技術

- SRT / SBRT (高線量率の低分割技術を含む)
- VMAT (TBI含む)
- IMRT
- 呼吸同期照射

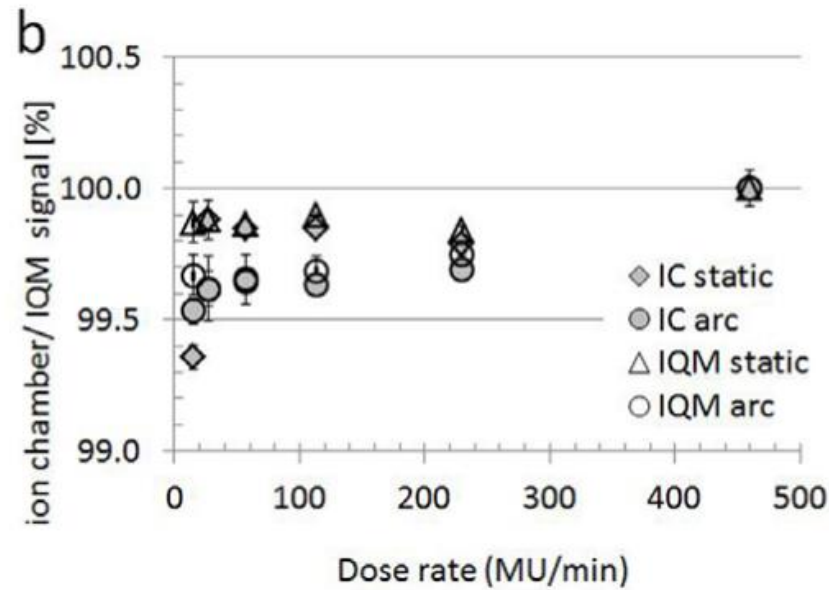


性能に関する外部からの報告

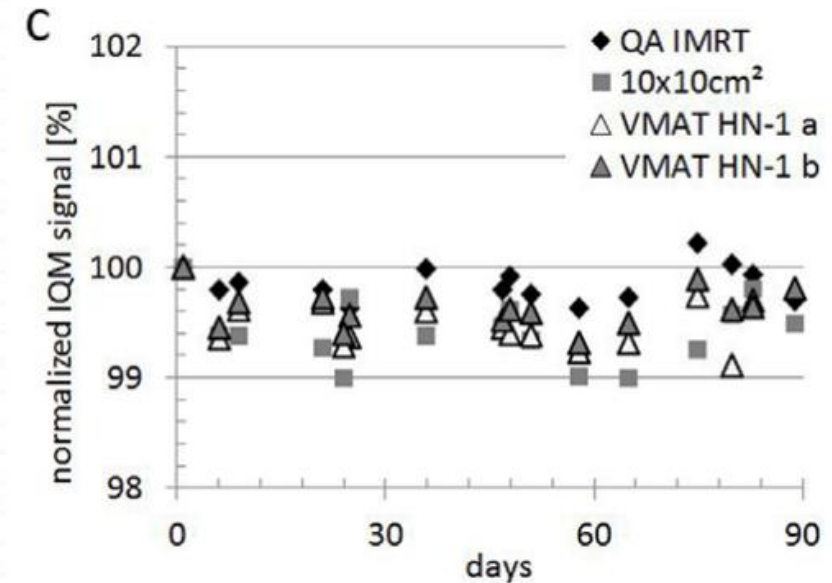
² M.Pasler et al. *Error detection capability of IQM*. Phys Med Biol 2017



- 線量直線性²: $R^2 > 0.9999$



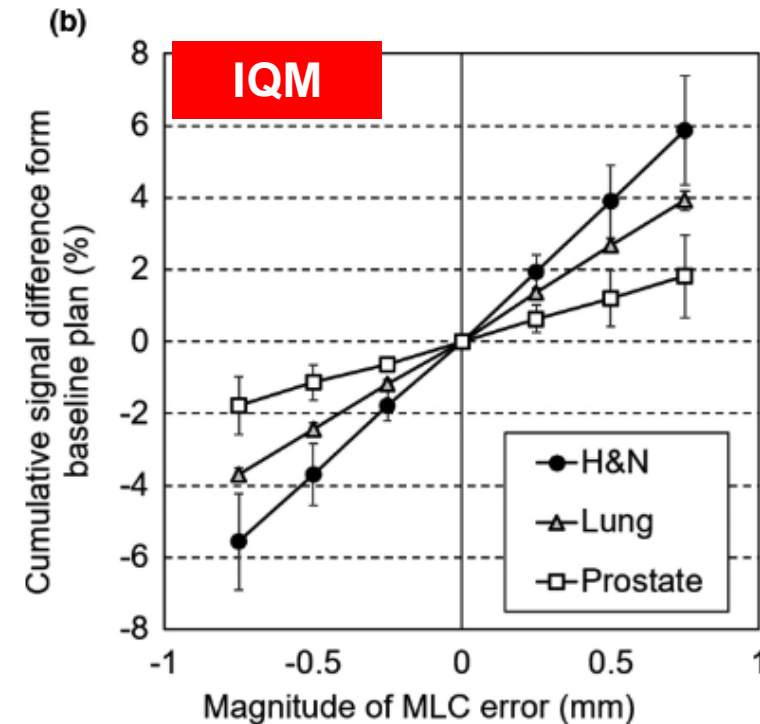
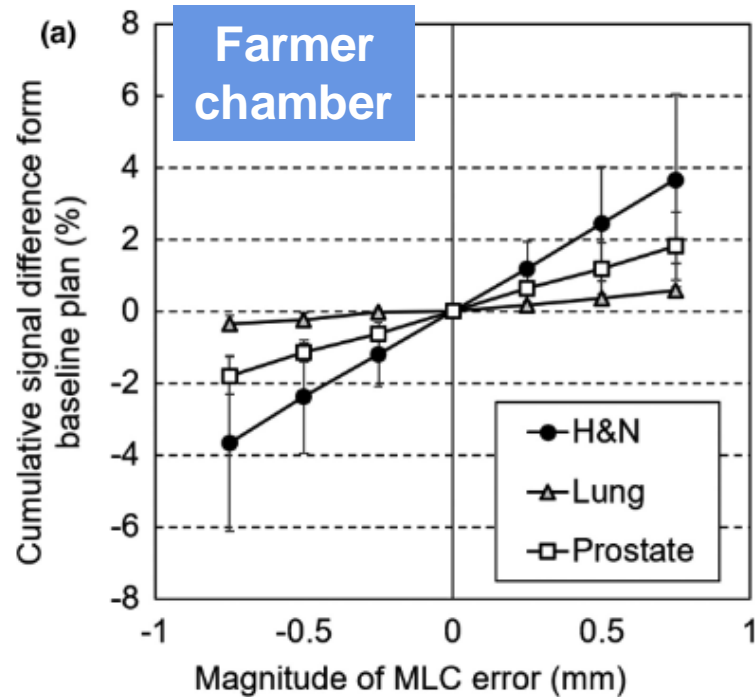
- 線量率依存性²: $< 0.5\%$



- 信号再現性²: $SD \approx 0.5\%$

性能に関する外部からの報告

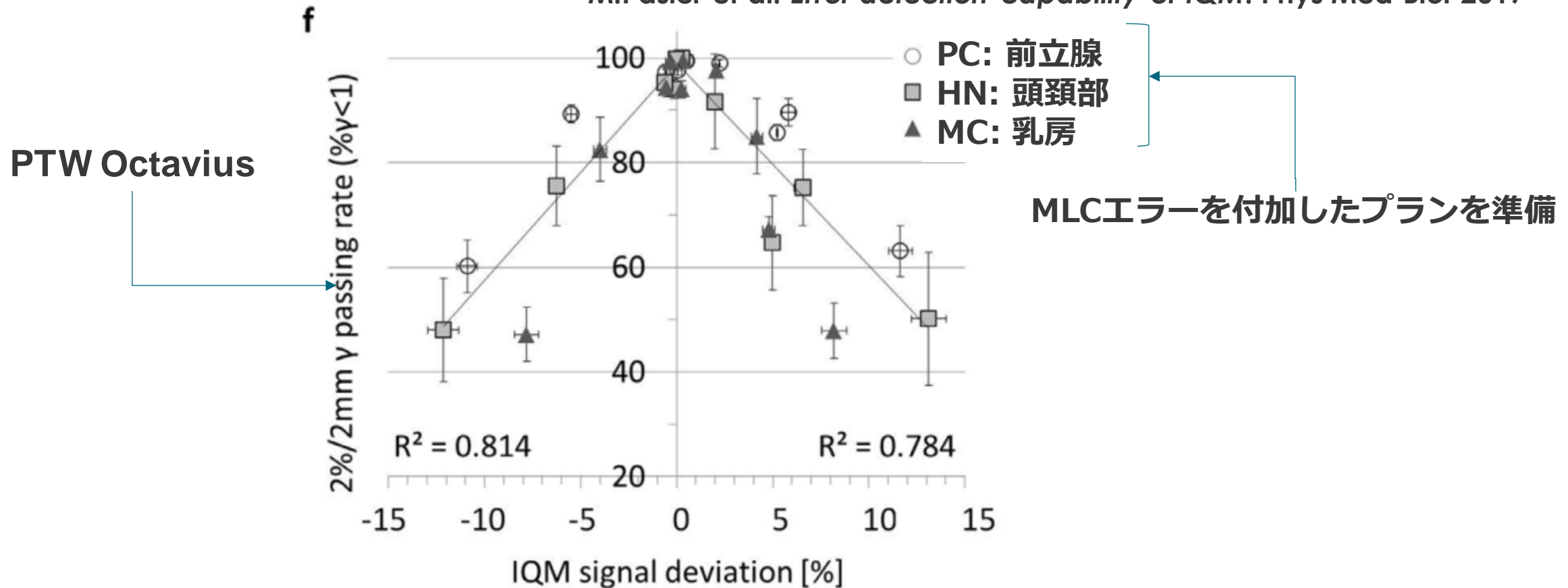
³ Saito M et al. J Appl Clin Med Phys. 2018



- Saito Mらの報告:
“系統的なMLCのエラーの検出感度は、Farmerチャンバーよりも有意に優れていた”

性能に関する外部からの報告

² M.Pasler et al. *Error detection capability of IQM*. Phys Med Biol 2017

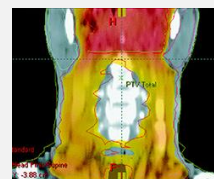


- M.Paslerらの報告: “ γ パス率(2mm/2%)とIQMのシグナルに相関関係がある”

クリニカルワークフロー

クリニカルワークフロー

通常のワークフロー:



Monaco

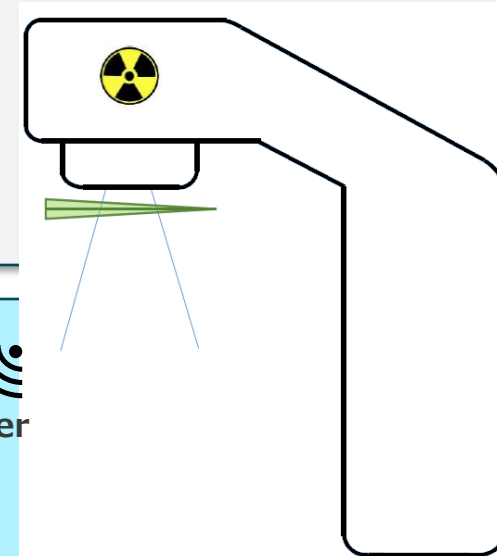
DICOM RT-plan



MOSAIQ

プラン転送・照射

Linac with IQM



IQMのワークフロー:



サーバー

RT-planを基に、
IQMのシグナルに変換された数値

Calc.

結果保存



ワークステーション

自動で測定結果を取得

Meas.



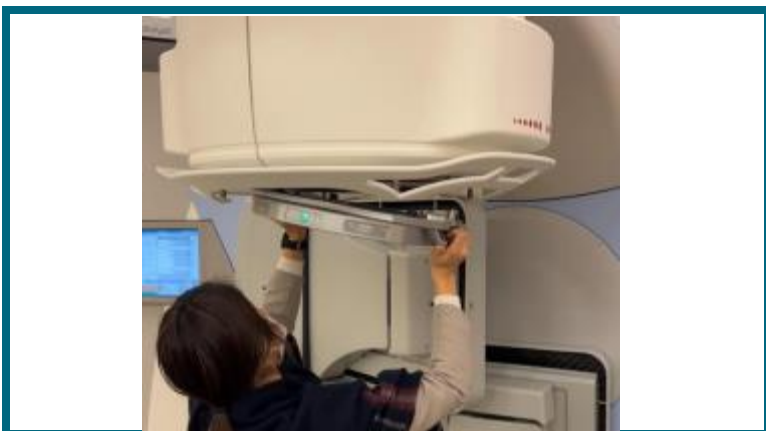
iCOM

- IQMはRT-planを基に、IQMのシグナルへと変換します。(Calc.)
- Calc.を基準にして、IQMで測定したシグナル (Meas.) を比較します。

クリニカルワークフロー

Step 1:

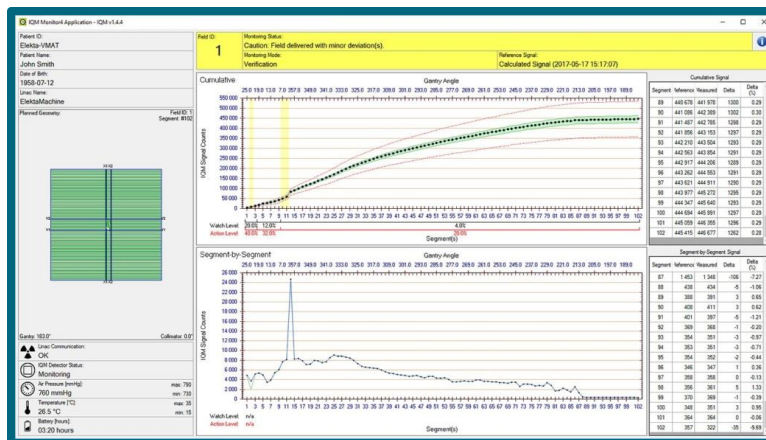
治療開始(朝)



- 充電器から取り外してリニアックのヘッドにマウントします。
- 線量出力補正係数（DOCF: Dose Output Correction Factor）を取得して適応します。

Step 2:

治療中(日中)



- 治療中、IQMは自動で測定し、基準との比較も自動で行います。
- 比較結果は自動でPDFとしてサーバーに保存されます。

Step 3:

治療終了(夕方)



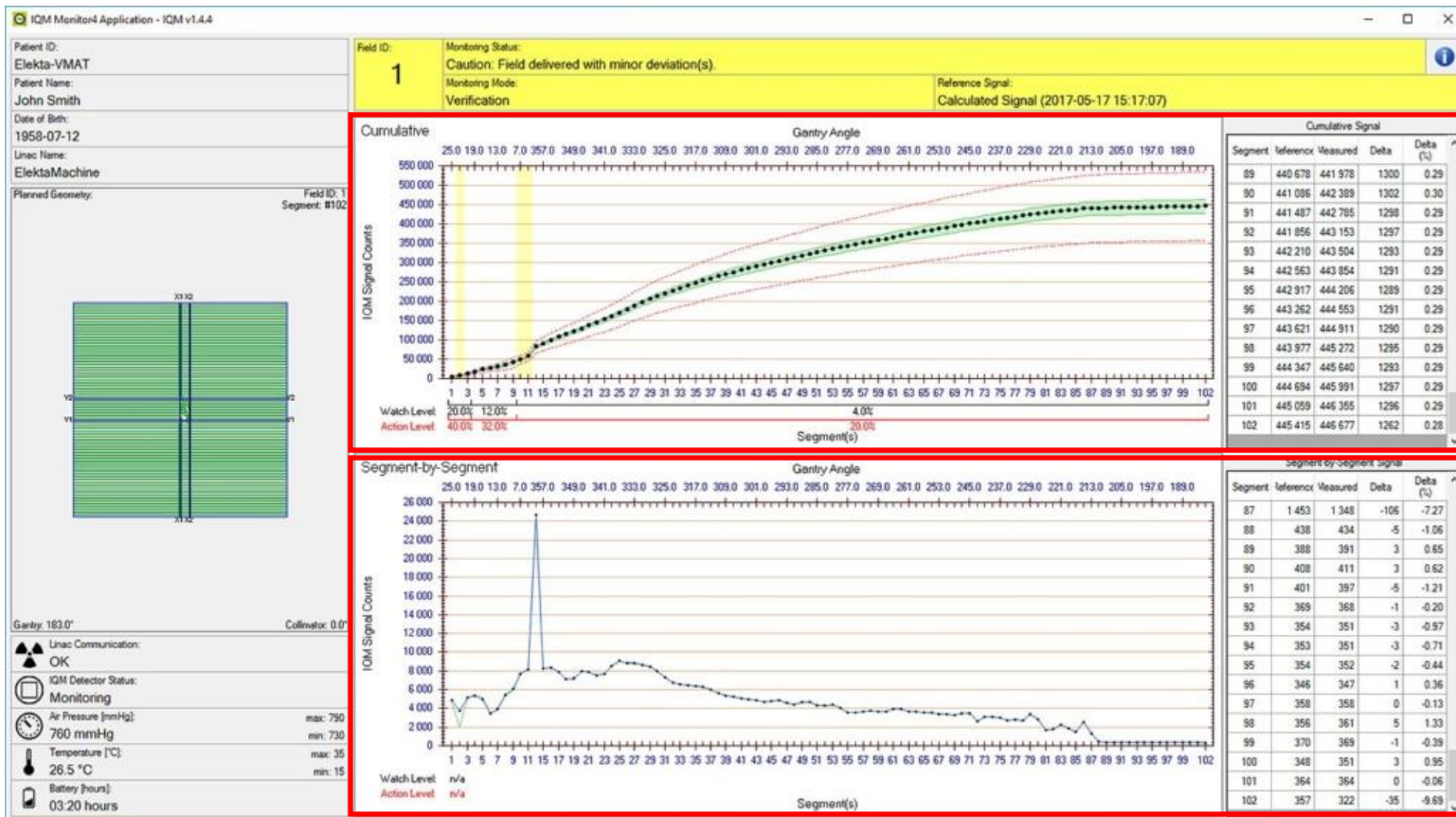
- その日の治療が終了したら、充電器にセットします。

評価とトレランスレベル



評価

- 治療中、リアルタイムで**積算**と**各セグメント**の評価が可能です。
- それぞれのモードにおいてリアルタイムでモニターされると同時に、評価結果も目視可能です。



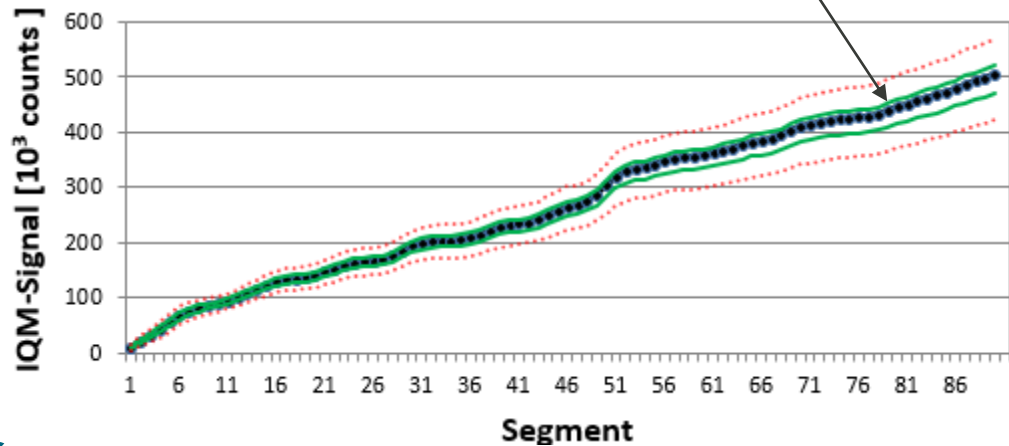
積算

各セグメント

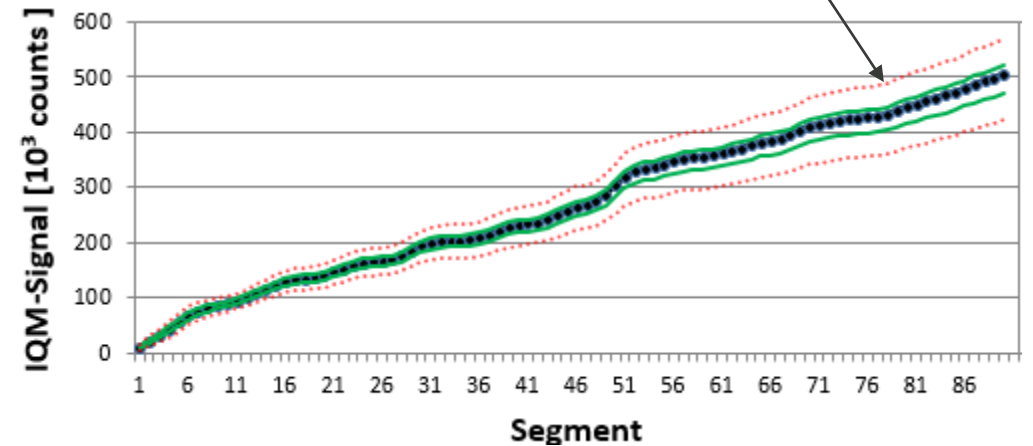
トレランスレベル (Watchレベル、Actionレベル)

- IQMはRT-planを基に、変換されたIQMのシグナルを基準として、IQMで測定したシグナルと比較します。
- 導入時の施設のプランの特性に合わせた2段階のトレランスレベル(Watchレベル、Actionレベル)が設定されます。
- このトレランスレベルはプランとの乖離を評価するために使用されます。

Watch Level



Action Level



トレランスレベル (Watchレベル、Actionレベル)

- **積算**の評価と**各セグメント**の評価にそれぞれ個別のWatchレベルとActionレベルが設定されています。

各セグメントの場合:

- Watch レベル
 - ご施設で作成された複数の臨床プランを測定し、IQMはRT-planを基に変換されたIQMのシグナルを基準として、IQMで測定したシグナルと比較します。
 - その誤差が**2~3 σ に収まる範囲**に設定されます。
 - したがって、**施設ごとにWatch レベルは異なります**。
- Actionレベル
 - 各セグメントの評価では、Actionレベルは存在しません。

トレランスレベル (Watchレベル、 Actionレベル)

- **積算**の評価と**各セグメント**の評価にそれぞれ個別のWatchレベルとActionレベルが設定されています。

積算の場合:

- Watch レベル
 - 各セグメントの場合と同じです。
- Actionレベル
 - DVHパラメータとIQMのシグナルの相関に関する研究に基づいてiRT社が設定します。
 - したがって、**トレランスは全施設で、[-7.1%, +5.5%]** で共通です。



使用までのステップ

Detector acceptance test

Commission measurement

Training

- IQM検出器の受け入れ試験には、検出器の適切な動作を検証するための以下のテストを実施します。*
 - 温度・気圧校正
 - 再現性
 - 直線性
 - 線量率依存性
 - 傾斜計バイアスオフセット
 - 角度校正
 - QAフィールドテスト
 - 検出器リーク

* 6MVに対してのみ実行されます。

使用までのステップ

Detector acceptance test

Commission measurement

Training

- 導入時の施設のプランの特性に合わせた2段階のトレランスレベル(Watchレベル、Actionレベル)を設定するために、測定データを収集します。
 1. 線量出力補正係数 (DOCF: Dose Output Correction Factor)
 2. 最大照射野のプロファイル(Off-axis ratio (OAR))
 3. Area-output factor (AOF) の測定
 4. High resolution QA Fieldの測定
 5. 計算の検証とトレランスの最適化のための測定

* IQMで使用するすべてのエネルギー毎に測定が必要です。

使用までのステップ

Detector acceptance test

Commission measurement

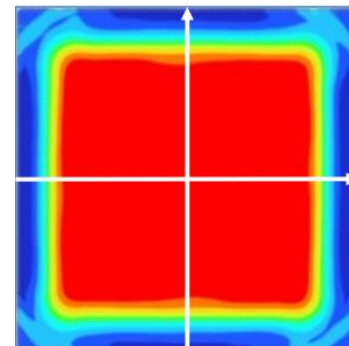
Training

1. 線量出力補正係数 (DOCF: Dose Output Correction Factor)

- リニアック出力の日々の変動を考慮するために測定値に適用される補正係数です。
- IQMのシグナル値と、水中における絶対線量 (MU校正時と同じ条件) を測定します。

2. 最大照射野のプロファイル(Off-axis ratio (OAR))

- IQM検出器未装着の状態、3次元水ファントムを使って**水中プロファイル**を取得します。
 - 条件: 40 cm × 40 cm, SSD 100cm & Depth Dmax
- FFFビームの場合、ビルドアップキャップを用いて、**空中プロファイル**を測定します



使用までのステップ

Detector acceptance test

Commission measurement

Training

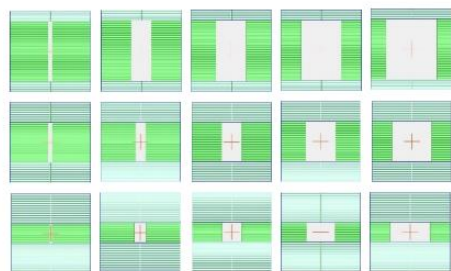
3. Area-output factor (AOF) の測定 - IQMのみ使用, 1 h / エネルギー

- JawおよびMLCによって成形された一連の正方形および長方形照射野のIQM検出器の測定値を取得します
- Static IMRTとDynamic IMRTおよびVMAT AOF のそれぞれを測定する必要があります。
 - ただし、臨床で使用しない照射方法については測定不要です。

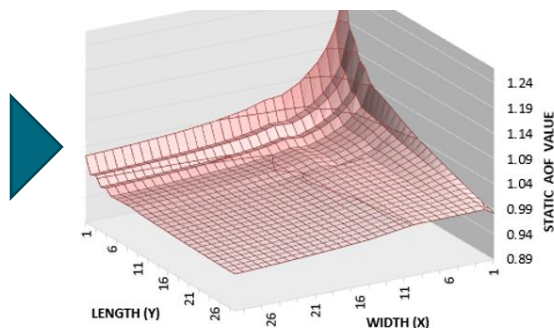
4. High resolution QA Fieldの測定 - IQMのみ使用, 1 h / エネルギー

- 複数の軸外位置にあるセグメントを使用して、IQMを装着した状態のフルエンスを評価します。

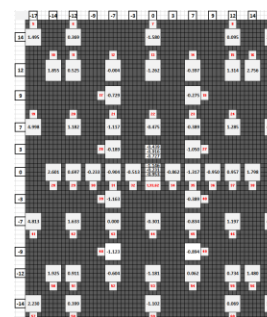
3. AOF Filed



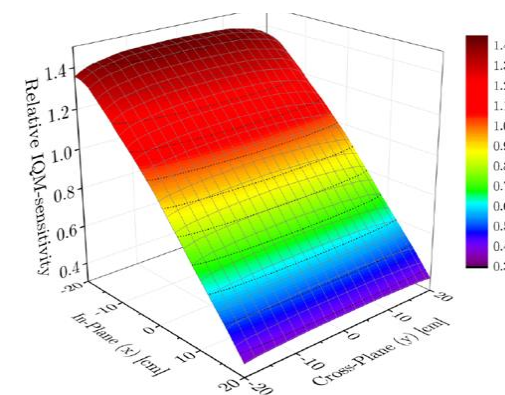
シグナルの照射野サイズおよび照射位置依存性を把握



4.High resolution QA Field



検出器感度をマッピング



使用までのステップ

Detector acceptance test

Commission measurement

Training

5. 計算の検証とトレランスの最適化のための測定 - IQMのみ使用, 2~3 h / エネルギー

- Watchレベルの設定するため、ご施設で作成した臨床プランを測定します。
- この検証は、臨床に用いる治療法のプランをエネルギー毎に準備する必要があります。
- 例えば、ご施設でエネルギー6MVと10MVのVMATを実施している場合、以下のプランをご準備頂く必要があります。
 - A) 6MV 臨床VMATプラン (20プラン)
 - B) 10MV 臨床VMATプラン (20プラン)
- この測定のために新たにプランを作成する必要はありません。これまでに治療した患者プランを使用できます。

使用までのステップ

Detector acceptance test

Commission measurement

Training

- Elekta Japanのスタッフが基本的な取り扱いに関するご説明を実施します。
- 導入実績：

川口市立医療センター 様

帝京大学医学部附属病院 様

IQMの追加導入をご検討されるご施設様へ

- エレクタ HP [物理サービス \(elekta.co.jp\)](http://elekta.co.jp) では、IQMのビーム特性やMonacoビームモデルでのIQMの表現について説明した資料を公開しています。

『IQMとMonacoビームモデル』

本資料では、IQM装着した場合と未装着の場合で取得したデータを比較し、線量分布の変化を考慮するためにMonacoビームモデルをどのように調整するかについて考察し、推奨事項を記載しています。

原本（英語）とその翻訳をご用意しています。

📄 『Technical Reference for : The IQM and Monaco Beam Models』 (PDF)

📄 『テクニカルリファレンス：IQMとMonacoビームモデル』 (PDF)

📄 『IQMのビーム特性について』 (PDF)

IQMの物理特性を放射線治療研修センター（RTTC-LiNC）にて検証した結果を記載した資料です。コミッショニングの方法やご施設で取得するデータの一例を参考としてお示します。

- IQMは治療ビームを減弱させるため、治療中のリアルタイムモニタリングでIQMをご使用する場合は、機既存のMonacoモデルを修正する必要があります。
- この修正には(1) 単純な再正規化、(2) 再モデリングの2つの手法があります。
- 上記資料を基に、修正の適応についてご施設様でご検討いただければと思います。

Realtime QA device比較表

項目	IQM	Dolphin
リファレンスシグナル	計算値および測定値	計算値および測定値
データインポートとリファレンス計算	自動	手動
計算アルゴリズム	IQM固有 (独立)	Collapsed Cone
ディテクタータイプ	電離箱 (単一傾斜型)	電離箱 (1513個)
解像度	連続的 (フィルム同様)	ディスクリット : 中央5mm/端10mm
2D/3Dアレイ測定の置換	可能	可能
患者ごとの追加の作業負荷	不要	必要 (手動計算、手動測定、手動分析プロセス)
利用可能な検証結果	治療中のリアルタイム	治療後
重量	4.3kg	12kg

