

ハンズオンセミナー 「線量分布測定の原点回帰といえば、 フィルムでしょう」

「本ハンズオンセミナーの主旨と内容」

講師：小澤 修一 広島がん高精度放射線治療センター
吉田 毅 アールテック株式会社
協賛：アールテック株式会社、株式会社ベリタス



背景

- IMRT線量検証について
 - 強度変調放射線治療における物理技術ガイドライン2023

表 8.1. IMRT 線量検証の推奨項目

(a) IMRT 臨床導入前のコミッショニング, 臨床導入直後, プロセスの変更時, など

※点線量検証と線量分布検証の両方を実施する

- ・電離箱と配列型検出器による全門検証
- ・電離箱とフィルムによる全門検証

(b) IMRT の安定期

※上記(a)からの簡略化を許容する

- ・測定による線量分布検証
 - ・独立計算による線量分布検証 + 治療装置の検証
-

8.4.3. 配列型検出器

小型の電離箱や半導体を並べた配列型検出器は、線量の不確かさが小さく、結果を即時に確認できる利点がある。また、全門検証ができる場合、患者に投与される線量分布の全体像を容易に把握できる利点もある。このため、現在は配列型検出器が IMRT の線量検証に最も多く使用されている¹²⁾。通常、配列型検出器で全門検証を実施するためには方向依存性が無視できる設計やソフトウェア側で正確に考慮する機能が必要になる。また、ノンコプラナ照射を伴うため各門検証となる場合や高い空間分解能が求められる場合では、フィルムによる全門検証の追加を検討する。

使用前のコミッショニングでは、配列型検出器の線量直線性と方向依存性を確認する。各素子の感度の違いを補正する相対校正は製造元の推奨事項に従って適切な頻度で実施する。毎回の測定前には配列型検出器の線量校正を実施し、検出器の応答変化と治療装置の出力変動の影響を補正することが望ましい。線量分布の正規化に関する推奨事項は 8.6.1 項に記述した。

8.4.5. EPID 等

EPID や照射ヘッドに装着する測定器を用いた IMRT の線量検証は、その幾何学的配置の制限によって全門検証を実施できない。また、素子への入力信号が各門または各アークで積分される場合、一部のエラーが、どのタイミングでどの程度のエラーを生じたのか検出不能になる可能性がある。このため、EPID 等を用いた線量検証は IMRT 導入時のコミッショニングには適していない。ただし、効率的で測定結果の再現性が高いため、安定稼働している IMRT プロセスにおける線量分布検証として有用である。

EPID を用いた検証は、線量直線性、ガントリ角度依存性、残像効果などの影響を受けるため使用前に確認する¹⁵⁾。また、表 8.1(a)の結果と比較するなどのコミッショニングも必須となる。各素子の感度の違いを補正する相対校正は製造元の推奨事項に従って適切な頻度で実施する。

8.4.4. フィルム

現在はラジオクロミックフィルムが主流であるが、現像処理が必要なラジオグラフィックフィルムでも線量検証が可能である。いずれにおいても、フィルム濃度が飽和しないように治療計画の最大線量に対して適切な感度をもつフィルムを使用する。設置時にはアイソセンタなどの位置をマーキングし、固体ファントムとフィルムの間に空気層ができないよう十分に密着させる⁹⁾。

照射後のフィルムはスキャナで読み取り、特性曲線（光学濃度から線量への変換曲線）を用いて水吸収線量に変換する。フィルムの光学濃度は、光子エネルギー、照射後の経過時間、スキャナ上のフィルムの位置と方向、フィルタや解像度などのスキャン条件など多くの影響を受ける。このため、特性曲線と線量分布は同じロットのフィルムを使用し、できるだけ同条件で照射とスキャンを行う^{13,14)}。

フィルムは空間分解能が高く臨床的に重要な断面の線量検証が可能であり、ノンコプラナ照射の全門検証にも用いることができる。しかし、線量の不確かさは配列型検出器よりも大きく、絶対線量を計測するための理想的な測定器ではないため、電離箱や配列型検出器と組み合わせて使用する。線量分布の正規化に関する推奨事項は8.6.1項に記述した。

以前のガイドラインでの記載

・強度変調放射線治療における物理・技術的ガイドライン2011

8-3 推奨線量検証項目

推奨する線量検証は、電離箱を用いた評価点線量検証とフィルムを用いた線量分布検証である。これらの測定器を用いた場合の線量検証項目を表 8.1 にまとめる。表中の「◎」は、すべての治療計画に対して線量検証の実施を推奨する項目である。「○」は、IMRT 開始直後の少なくとも 30 症例で実施することを推奨する項目である。検証項目を省略する場合は施設の IMRT 品質管理担当者（医学物理士や放射線治療品質管理士など）を中心に放射線治療部門内での議論の上、承認された場合のみ容認される。

表 8.1 IMRT 線量検証項目

	評価点線量検証	線量分布検証
全門検証	◎	◎
各門検証	○	○

多次元検出器や EPID などは、それらの長所短所を十分に把握し、電離箱・フィルムを用いた線量検証との比較検討を行い有用であると認められた場合に限り、従来の線量検証の代用として使用することが容認される。この場合も同様に放射線治療部門内の承認が必要である。

本セミナーの主旨

- フィルムは、線量の不確かさが大きめだが、空間分解能、方向依存性、測定面の自由度などのアドバンテージから、以前から線量分布検証のゴールドスタンダード
- 配列型検出器やEPIDが広く普及している現代だからこそ、フィルムを学ぶべき

今大会のテーマである「原点回帰」に完全マッチする内容

本セミナーの内容

1. 本セミナーでは、ガフクロミックフィルム研究会が編集した「放射線治療分野でのGAFCHROMIC HANDBOOK 線量分布を測定する場合の取り扱いについて」に準拠して行います。
2. 透過型フィルム（EBT-4）と反射型フィルム（RTQA2）を使用します。
3. フィルムのカット方法、フィルムスキャン時の注意点、フラットベッドスキャナの取り扱い、ESPN標準スキャナソフトを用いた汎用的な運用方法を学びます。
4. あらかじめ照射されたフィルムを用いてスキャンからTIFFファイルへの変換までの一連の手順を体験していただきます。

放射線治療用ガフクロミックフィルムの種類

引用：アールテック有限会社HP



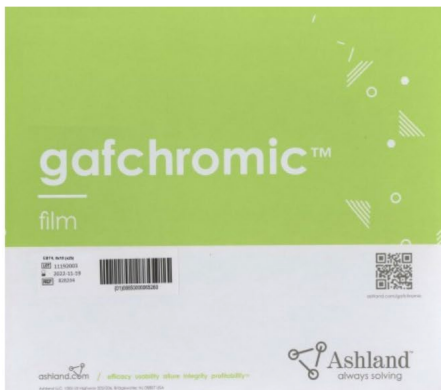
EBT4
感度：**0.2 Gy~10 Gy**
透過型

線量分布検証：通常の線量分割



RTQA2
感度：**0.2 Gy~10 Gy**
反射型

装置の幾何学的QA



EBT-XD
感度：**0.4 Gy~40 Gy**
等価型

線量分布検証：定位放射線治療