



放射線治療計画の事前線量検証

鳥取県東部放射線治療かたろう会 2015.6.17

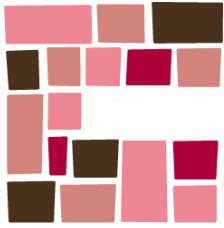
担当 朝倉



背景

治療計画の事前検証は、治療計画装置と実際に得られる線量との相対比較が行われているのが世界的な現状である。いろいろな検証方法で比較検討できれば実証性は向上するが、2つのデータ間での比較では「確からしい」としかいえない。





時勢 ～IMRTにおける事前線量検証～

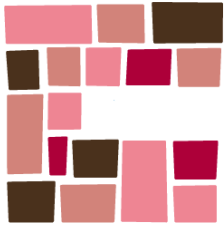
放射線治療と医学物理 第33号

Parminder S. Basran, et al.: An analysis of tolerance levels in IMRT quality assurance procedures, Med Phys, 35, 2008

IMRTにおけるQAガイドラインの思想および方法論はAAPMよりレポートとして報告されています。このIMRTにおける独立したMUの計算として、各々のセグメント毎にチェックをすることは現実的に困難であるため、歴史的に電離箱およびフィルムを用いて絶対測定および線量分布の検証がなされてきました。ICRUのレポート24では線量計算の精度を5%と定めており、IMRTのプランが現実的に照射可能であるならば本規定値は考慮されるべきです。しかし、実際にはより優れたアルゴリズムの開発、より複雑なフルエンスパターンにともない、高線量および傾斜の少ない領域において2%-3%、高線量および急な傾斜の領域において4%程度の値が可能となってきています。結果的により少ない許容値が適用されるようになってきていますが、国際的なstandardとなりうる指標は存在せず、また上記のようなわずかな値を採用する根拠も十分に記載されていない状況にあります。ゆえに本論文は許容値を提案する上での状況を報告することにあります。



鳥取県立中央病院
Tottori Prefectural Central Hospital



時勢 ～IMRTにおける事前線量検証～

IMRT患者個別線量検証の変遷

『IMRT 関連ガイドラインと3施設での経験』

東京ベイ先端医療・幕張クリニック 遠山 尚紀 先生

IMRTは2000年に国内臨床導入された。創成期はMU値決定を実測による決定、フィルム解析装置などの線量測定機器が未普及、ガイドラインや参考資料が未整備などIMRTを導入する壁は高かった。しかし、この十数年で治療装置、計画装置、測定機器は発展しそれらを適切に利用することでIMRTを臨床可能時代となった。

IMRT物理技術ガイドラインにおいて、すべての治療計画に対して治療開始前に線量検証を実施し線量精度を確認することが義務づけられている。線量検証は、電離箱線量計を用いた評価点吸収線量とフィルムを用いた線量分布検証が推奨される。しかし、患者数の増加や業務負担の軽減等を考えると、多次元検出器などの測定機器を有効活用し、線量検証の合理化を検討することも必要である。一方で高度化した測定機器によって得た結果の解釈に困惑していることも予想される本報告では、IMRT 関連ガイドラインと、勤務した3施設での線量検証の変遷、測定結果の解釈方法を考えながら、今後のIMRT 患者個別線量検証を参加者とともに考えたい。





検証の必要性 重要性

線量検証はコミッショニングおよび品質管理において特に重要な項目である。

患者投与線量の不確かさの要因は

- 1)CTおよび治療計画装置に由来する不確かさ
- 2)放射線治療装置に由来する不確かさ
- 3)標的および臓器の位置精度に由来する不確かさの3つに分類できる。

ここで、線量検証は1) 2)について、立案した治療計画が正しくデータ転送され、計画通りに線量投与が行われている事を確認するために実施する。

検証の必要性 重要性

;現在、IMRTの線量検証法のガイドラインESTRO booklet No.9が存在するが多くの研究報告を集約した内容に留まっており、各施設において線量検証を確立するための実用性に欠ける部分がある。また、適切なコミッショニングが行われていても稀に計画線量と投与線量に許容できない不一致が生じる場合があり検出するためにも、国際的には“全てのIMRTで線量検証が必要である”という見解が支持されている。

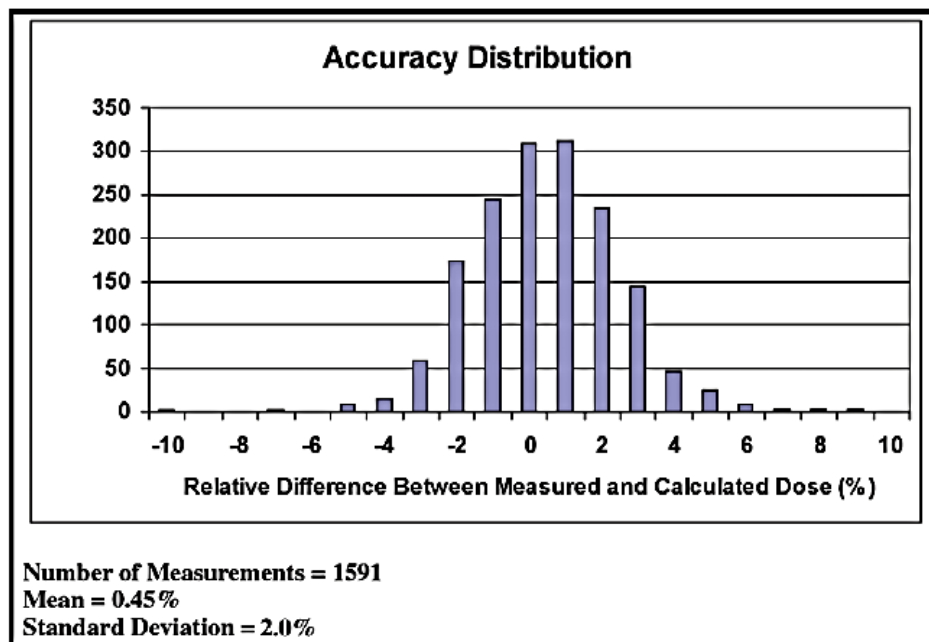


図 1.1 M. D. Anderson Cancer Center の IMRT 線量検証における計算値と測定値の相対差 (%) の度数分布¹⁰⁾

751 症例 (1591 検証) の内、約 3% の検証で 3.5% を超える相対差が観察された。



事前検証とは？

治療計画装置の結果と検証作業で得られた確からしい結果とを照し合せてみる作業

- 検証の必要性 重要性
- 参考となるガイドライン・報告書

JASTRO QA委員会

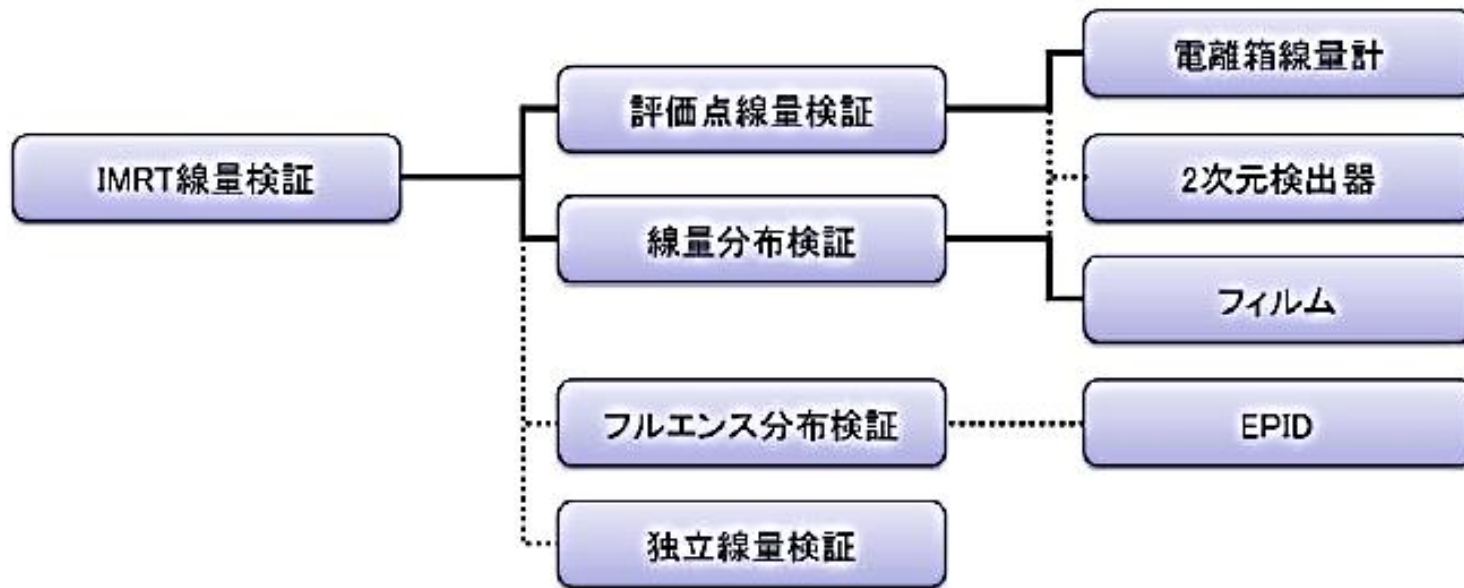
多分割コリメータによる強度変調放射線治療の機器的精度確保に関するガイドライン ver1. 2001.

日本医学物理学会

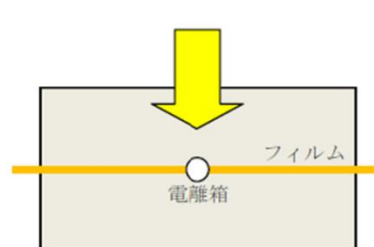
2008-2009年度研究援助課題「強度変調放射線治療における吸収線量測定法の標準化に関する研究」 研究報告書

- 線量検証の大別
- 線量検証の評価基準の設定概念(P185)

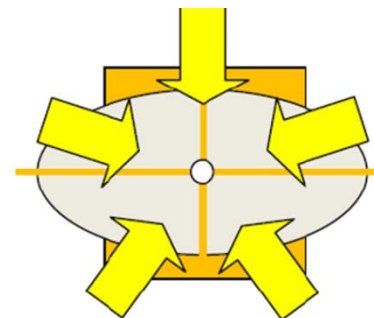
線量検証の大別



- 評価点線量検証 電離箱線量計を用いた絶対線量の検証
- 線量分布検証 フィルムを用いた絶対または相対線量分布検証



(a) 各門検証



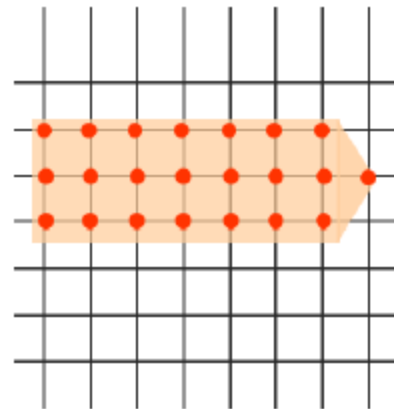
(b) 全門検証

- 評価点線量検証 電離箱線量計を用いた絶対線量の検証

①計画された照射データと同一条件、あるいは準じた条件を患者から固体ファントムに置き換えて線量の再計算を行う

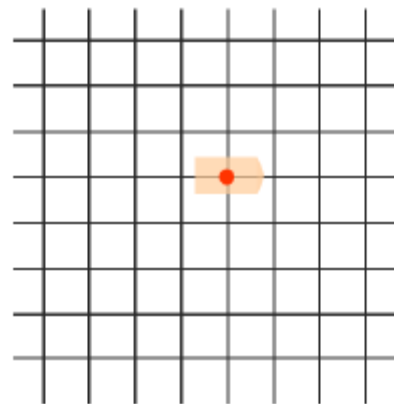
a) 電離体積内の体積平均線量を用いる方法

電離容積が計算グリッドより大きいFarmer形電離箱などを使用する場合は、その電離容積の領域に相当する複数点の計算値の平均値を計算線量として利用する平均線量の算出は電離空洞をROIとして登録しDVHから平均線量を算出し評価点計算線量として用いる



b) 点の計算値を用いる方法

電離容積の小さいmicro型電離箱を使用する場合、治療計画装置上の点線量を計算値として検証に用いる。使用する電離箱の有感体積が計算グリッドとほぼ同等の大きさの場合、この方法を適用できる



② 固体ファントム内でアイソセンタまたは線量計挿入可能な場所に評価点を設定して計画線量を求める

- a) 固体ファントムの厚さおよび密度、均一性等を確認する
- b) 固体ファントムは治療領域(すなわち、コンプトン領域)で水等価になるように調整されているので検証用としてCT撮影したCT値と相対電子濃度を確認する必要がある。

評価点とは・・・

水吸収線量の絶対値について計画の計算値と測定値を比較する点のこと

③ 線量測定器を固体ファントムに挿入して治療ビームの照射を行い、絶対線量を求める。

- a) ファントム媒質に固体ファントムを使用する場合は、深さスケールリングによる光子のフルエンスの変化を補正する
- b) 電離箱を測定器として使用する場合は、フルエンススケールリング係数による電子フルエンスの変化を補正する



(a) 板形ファントム



(b) 円柱形ファントム

- 線量分布検証(フィルム法) フィルムを用いた絶対または相対線量分布検証

- ①評価点線量検証と同様、患者から固体ファントムに置き換えて線量の再計算を行う
- ②線量評価面の分布情報を検証ソフトウェアに転送する
- ③フィルム黒化度と線量の関係を求めるため、ある一定の照射野に対してモニタ設定値のみを順次変化させてフィルムに照射する
- ④固体ファントム内において、②で計算した線量分布と同一面にフィルムを挿入して治療ビームの照射を行う



(a) 板形ファントム



(b) 円柱形ファントム

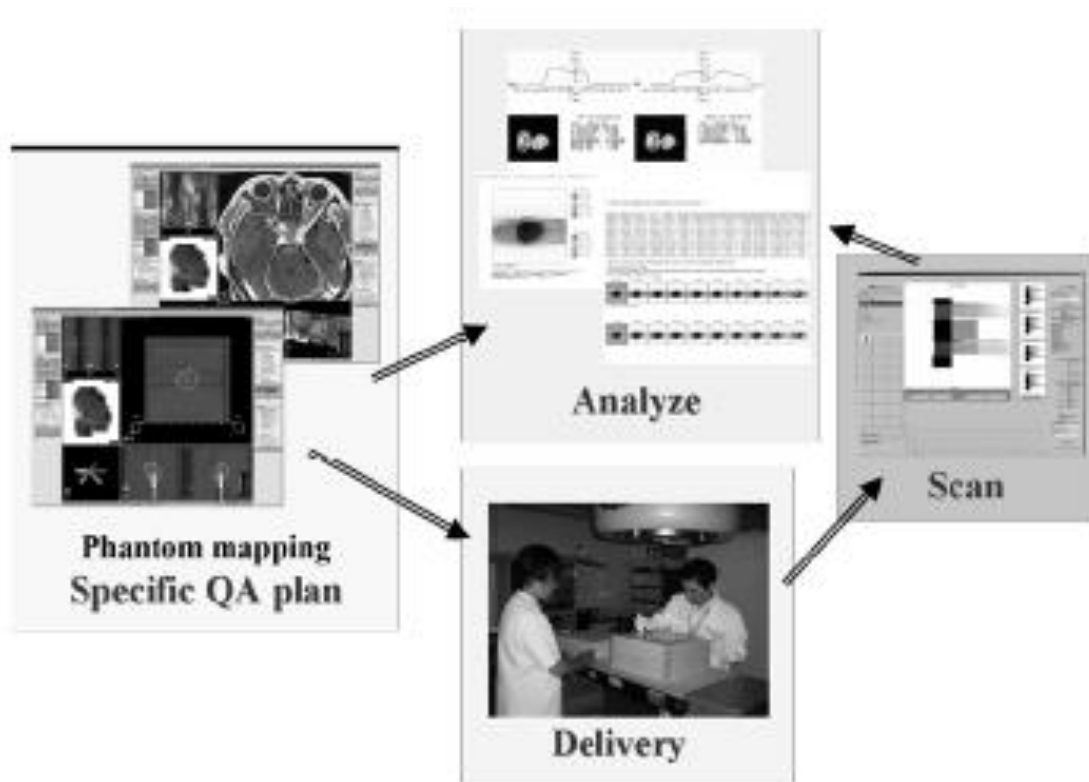


- 線量分布検証(フィルム法) フィルムを用いた絶対または相対線量分布検証

⑤照射したフィルムを現像後、スキャナ等で検証ソフトウェアに取り込む

⑥線量ソフトウェアにてフィルム黒化度を線量に変換する特性曲線を作成する

⑦線量評価面の計算値と線量変換された測定値を重ね合わせ評価する



RGF特性 ラジオグラフィックフィルム

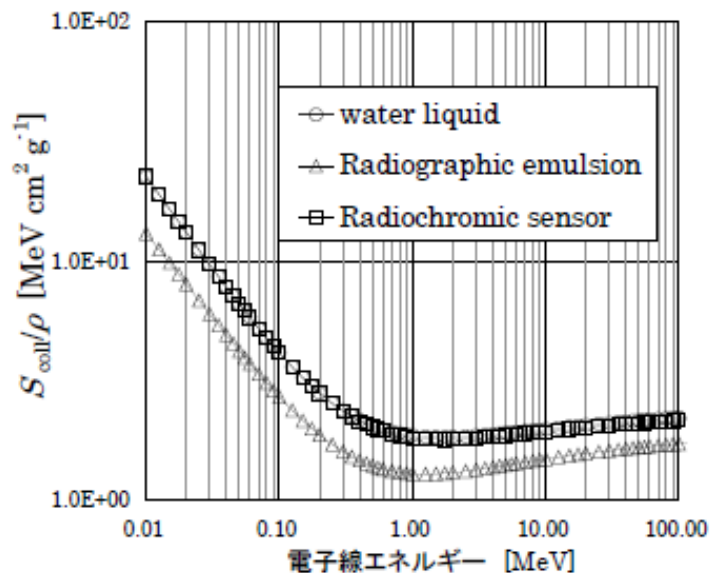
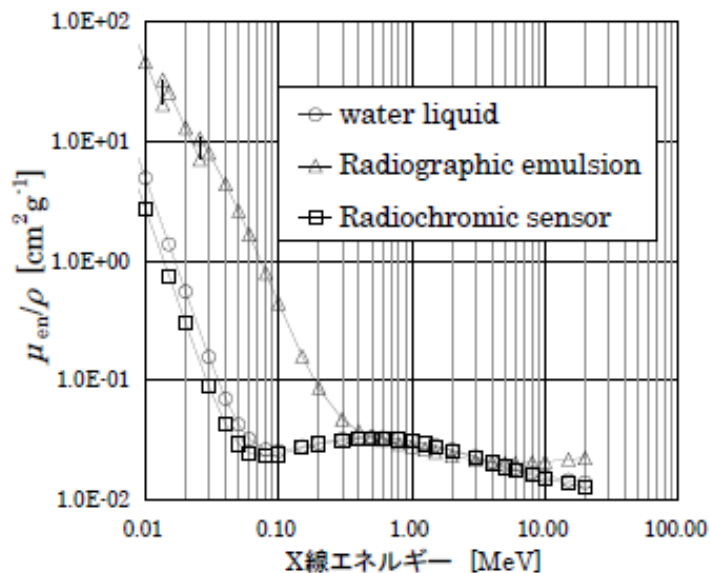
- 黒化 ハロゲン化銀粒子の還元作用
- 高原子番号 光子の振る舞いが水とは異なる
- 左側 光子の質量エネルギー吸収係数

400keV以下の低エネルギー光子に対して一定ではなくなっている(コンプトン優位)

低エネルギー光子増加はエネルギー吸収が増加するためフィルム濃度も増加すると推察

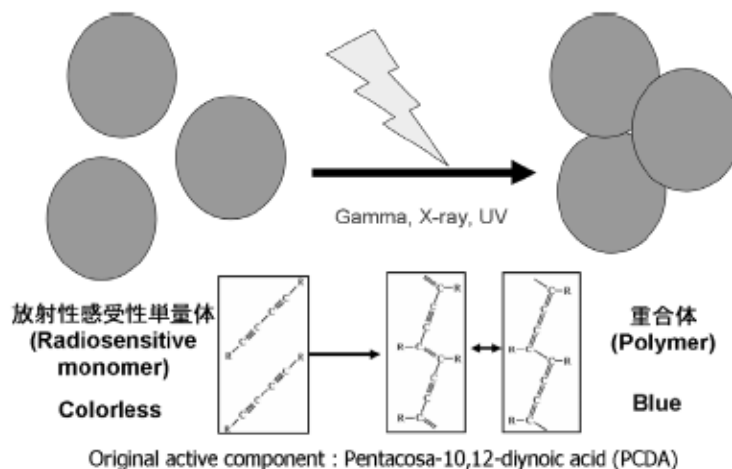
- 右側 電子のエネルギーに対する質量衝突阻止能

阻止能に違いはあるが、物質間の関係は一定である したがって、物質による阻止能の違いは水とフィルムとの間では重大な問題とはならない



RCF特性 ラジオクロミックフィルム

- 現像処理不要 銀粒子は含まない 主に炭素、水素、酸素で構成されるため人体軟部組織組成に近い RGFに比べエネルギー依存性が小さい
- 着色現象 放射線感受性単量体(モノマー)に放射線を照射することで化学反応し開環重合して重合体(ポリマー)構造となり、無色透明な物質が青色に変色する現象 ラジオクロミック現象



Clear yellow-dyed polyester 97 microns
Adhesive
Surface layer 3 microns
Active layer 17 microns
Opaque white polyester 97 microns

RTQA

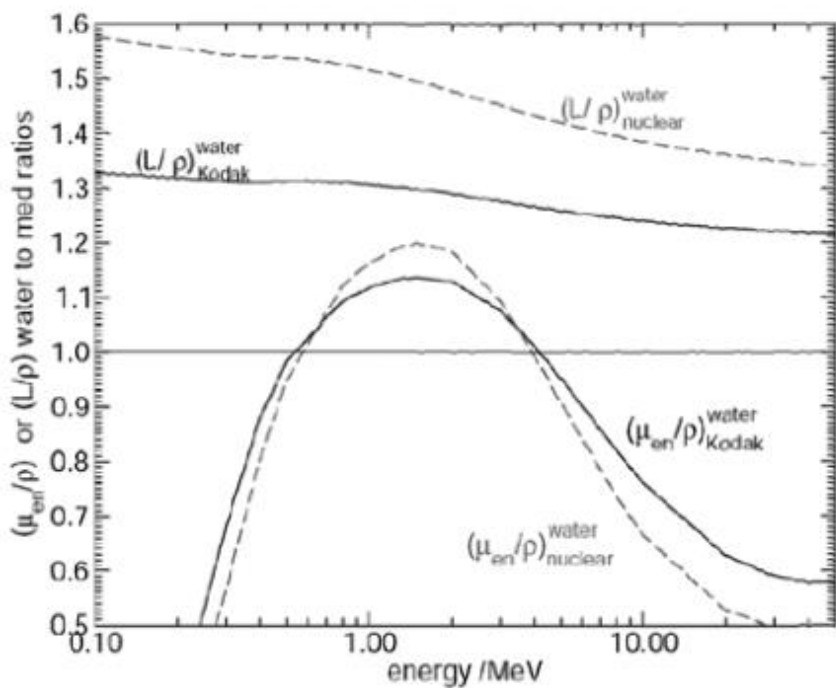
Clear polyester 97 microns
Active layer 17 microns
Surface layer 5 microns
Active layer 17 microns
Clear polyester 97 microns

EBT

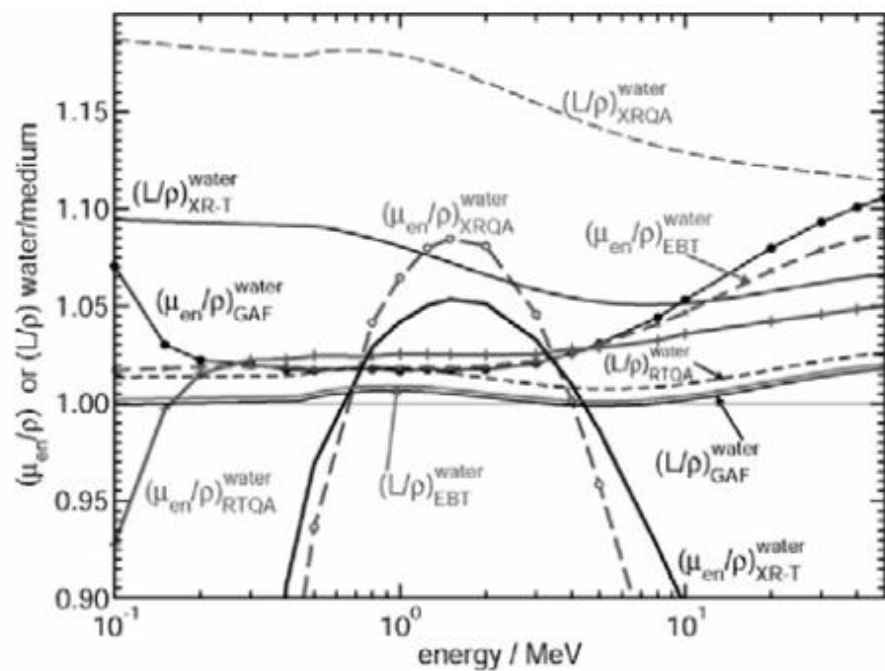
Polyester overlamine 59 microns
Adhesive layer 25 microns
Reprint 5 microns
Active layer 30 microns
Polyester substrate 175 microns

EBT2

- エネルギー依存性 小さい



(a) RGF



(b) RCF

- 線量分布検証 (多次元検出器を用いた)

- ①基本的物理特性を十分確認する

- ;再現性、直線性、出力係数、線量率依存性、温度依存性、方向依存性、体積平均効果、分解能

- ②3DCRTと単純なIMRTの測定・解析 QARC と RPCが提供しているIMRT Benchmarkなど

- 測定から解析といった一連の流れを確認し自施設の検証プロトコルを作成する



- ③CT画像に多次元検出器を用いるのか、水ファントムを用いるのか検討

- 検出器の空気層、金属部分が計算精度に影響を与えることが懸念される

- ④ユーザー責任の下、基準条件でクロスキャリブレーション

- ⑤解析 ガントリー 0度で各門検証

- 線量プロファイル, Dose-difference , DTA , ganma解析法を用いて多角的評価

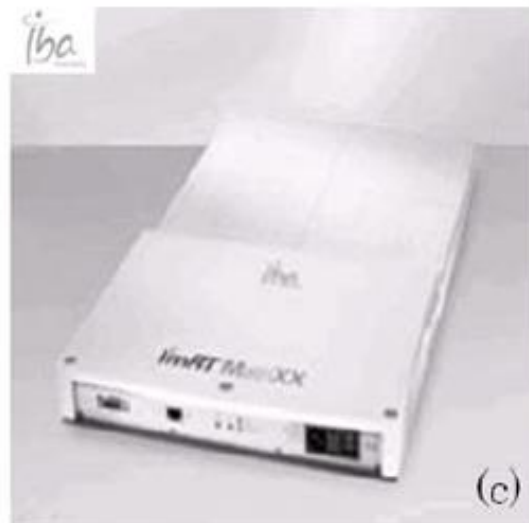
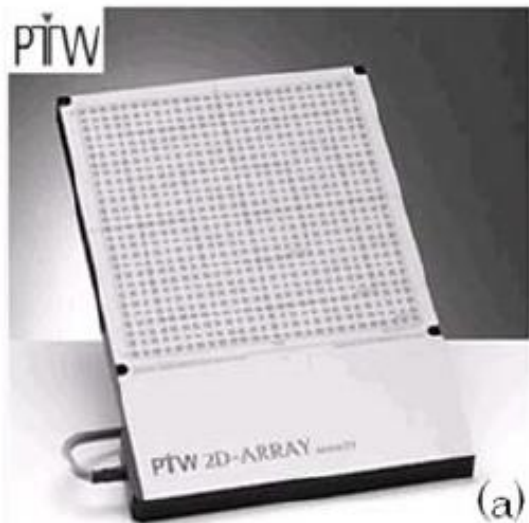


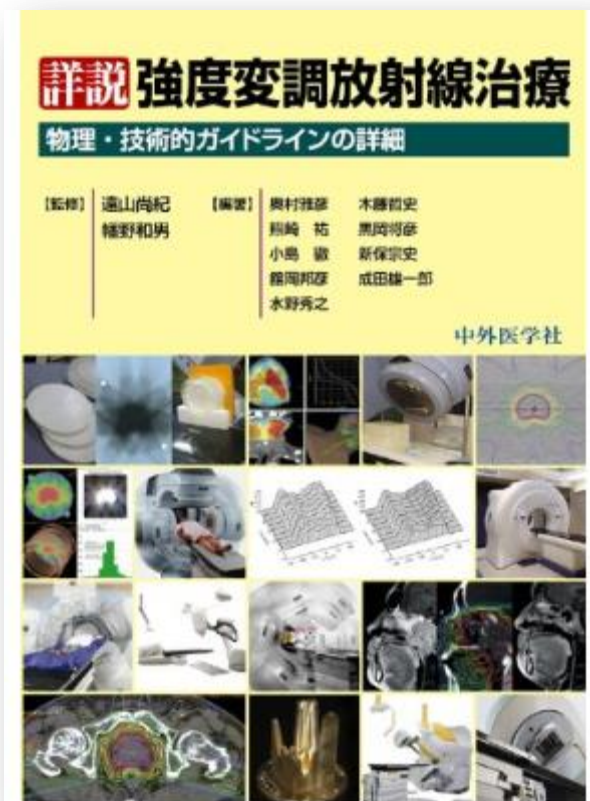
图 8.1 (a) 2D-ARRAY, (b) MapCHECK, (c) I'mRT MatriXX, (d) DAVID, (e) Delta⁴, (f) ArcCHECK

出典

多分割コリメータによる強度変調放射線治療の 機器的精度確保に関するガイドライン (Ver. 1)

日本放射線腫瘍学会 QA 委員会 (委員長: 遠藤真広)

同 IMRT における QA-QC 確立に向けての研究班 (班長: 幡野和男)



強度変調放射線治療の線量検証法

日本医学物理学会 2008-2009 年度研究援助課題

「強度変調放射線治療における吸収線量測定法の標準化に関する研究」

研究報告書

