

# 不均質領域における線量計算アルゴリズムの計算精度の検討

JA 新潟厚生連 上越総合病院 放射線治療科

○山岸 隆宏      丸山 裕崇      馬場 竜太      徳山 克一  
(Yamagishi Takahiro) (Maruyama Hiroataka) (Baba Ryuta) (Tokuyama Katsuichi)

高頭 浩正      江部 和勇  
(Takatou Hiromasa) (Ebe Kazuyu)

順天堂大学大学院医学研究科

小澤 修一      杉本 聡  
(Ozawa Shuichi) (Sugimoto Satoru)

## 【目的】

当院に導入されている治療計画装置iPlan Ver4.1.2(BrainLAB)に搭載されているMonte Carlo法(MC)とPencil Beam Convolution法(PBC)の比較を、肺腫瘍症例を想定した不均質ファントムにて行った。本研究ではこれらの計算結果とフィルムによる測定結果について比較・検討を行ったので報告する。

## 【方法】

不均質ファントムをタフリングファントム・タフウォーターファントム(京都科学)を用いてFig.1のように配置し、16列CT(Aquilion16東芝、スライス厚2mm、ヘリカルスキャン)にて撮影した。次にiPlan上でMHI-TM2000(三菱重工業)6MV、照射野 $3 \times 3\text{cm}^2$ 、 $8 \times 8\text{cm}^2$ 、SSD 88cm、ガントリ0度で1門照射の線量分布をMCとPBCでそれぞれ計算した。アイソセンタ処方で2Gy(12cm深)とし、計算パラメータの設定はMCを計算グリッド $2 \times 2 \times 2\text{mm}^3$ 、Mean Variance 1%、PBCは計算グリッドを最小で $1 \times 1 \times 1\text{mm}^3$ とした。比較のためMCとPBCは同一MU値とし、各照射野におけるPBCの計算MU値に統一した。(照射野 $3 \times 3\text{cm}^2$ は286MU、 $8 \times 8\text{cm}^2$ は254MU)

測定は深さ3cmから12cmまでのコロナル面(1cmおき)に配置したEDR2(Kodak)およびGAFCHROMIC EBT2 (ISP、以下EBT2)に照射し、透過型スキャナOffrio ES-10000G(EPSON)でEDR2は16bit gray scale, 150dpi, EBT2は48bit color, 72dpi(照射後の濃度上昇の影響を避けるため18時間後から読み取り)で読み取りを行った<sup>1)</sup>。解析にはDD-Analysis Ver 9.3(アールテック)、OmniPro-I' mRT(IBA Dosimetry, 2次元検出器 I' mRT MatriXXの解析用アプリケーション)を使用し、深部線量、ガンマ法、プロファイルカーブによる比較を行った。

## 【結果】

### 深部線量

治療計画装置による計算とFilmでの実測によって得られたビーム軸上の $5 \times 5\text{mm}^2$ のROI(Region of Interest)における平均線量を深さの関数としてプロットしたもの(深部線量曲線)をFig.2に示す。MCとEDR2の軸上線量は水等価領域、肺等価領域ともに3%以内で一致した。(EBT2は7%以内)

これに対し、PBCはEDR2との比較で最大11%、EBT2との比較で最大10%と過大評価する結果となり、肺等価領域、小照射野でその傾向が強かった。ただ

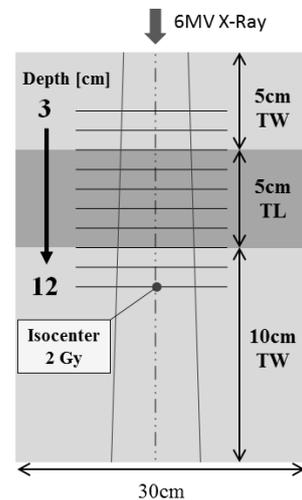


Fig.1 不均質ファントムの概略図

TW : Tough Water,  
TL : Tough Lung

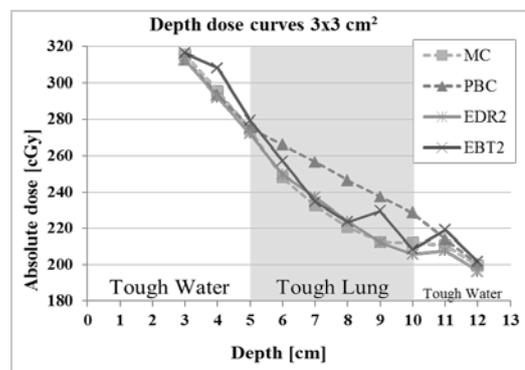


Fig.2 深部線量曲線

RTPSによる計算値(MC, PBC)とFilmによる実測値(EDR2, EBT2)との比較

し、電子平衡の成立している水等価領域に限っては5%以内でFilmによる実測と一致した。(今回EBT2は測定値のバラつきが大きく、Film自体の均一性に原因があったと考えられる。)

### ガンマ評価・プロファイル

計算(MC, PBC)とEDR2による実測とを各照射野サイズにおいて比較したガンマ評価の結果をFig.3に示す。Fig.3においてプロファイルはすべてビーム軸中心において規格化を行い、ガンマ評価の条件を2mm/2% 閾値10%とし、グラフの縦軸はパス率、横軸は表面からの深さとなっている。Fig.3を見ると、MCによる計算とFilmによる実測は水等価・肺等価領域ともに各照射野サイズで良好なパス率を示したのに対し、PBCとFilmでは肺等価領域においてパス率が大きく低下する結果となった。

次にPBCでガンマ評価のパス率が低下していた肺等価領域におけるエラー分布図と、プロファイルの比較をFig.4に示す。(a)では、MCはFilmとすべての領域ではほぼ一致しているのに対し、PBCとFilm とでは照射野辺縁の四隅部分にエラー(灰色の部分)が見られた。

(b)はガンマ評価条件ではエラーとなっていないクロスライン((a)における破線)のプロファイルについて評価した。MCはFilmとほぼ一致しているのに対し、PBCはFilmに対してペナンプラ領域において過大評価しているのが見られた。電子平衡の成立している水等価領域ではこのような傾向は見られず、PBC, MCともに実測とよく一致した。

### 【考察】

本研究では比較のために、MCとPBCは同一MU値とし、各照射野におけるMU値はPBCの計算値に統一している。そこでPBCのMU値とMCで再計算させたMU値とを比較してみると、照射野3×3cm<sup>2</sup>で1MU、照射野8×8cm<sup>2</sup>で5MUとなり、いずれもMCが小さく、照射野が小さいほど差が縮まる傾向が見られた。しかしながら、肺腫瘍症例のSBRTなどの小照射野による治療を想定したとき、肺野および腫瘍の辺縁領域においてPBCでは線量が過大評価となり、計算アルゴリズムによる処方MUの差は大きく違ってくる可能性が高い。

### 【まとめ】

Monte Carlo法による計算はPencil Beam Convolution法よりも水等価領域および肺等価領域ともに実測に近い結果となった。

Monte Carlo法を使用することで、肺腫瘍症例で問題となる肺野や腫瘍辺縁の線量分布図、Dose Volume Histogramをより正確に得ることができる。

### 【参考文献】

- 1) 隅田伊織:Gafchromic film type EBT2の取扱い-使用経験からみて- 日本放射線技術学会誌 Vol.66 No.10,1367-1375,2010

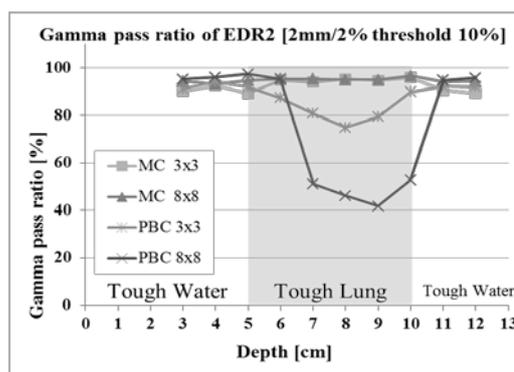


Fig.3 MCとPBCの各照射野サイズによるガンマ評価パス率の比較(EDR2)。

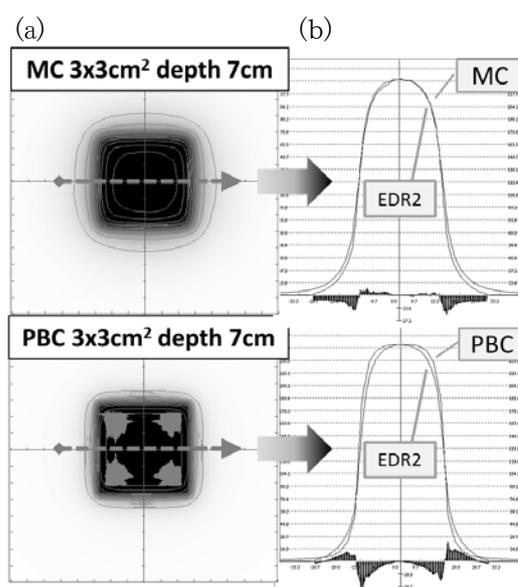


Fig.4 肺等価領域におけるRTPS (MC, PBC) とFilm (EDR2)の比較

(a)ガンマ評価のエラー分布

(b)クロスラインにおけるプロファイル