

独立計算システムの違いにおける許容値の決定への影響

山崎健史 板野正信 稲城市立病院 放射線科 診療放射線技師

【研究要旨】

放射線治療における独立計算検証は放射線治療の品質管理業務の1つである。独立計算システムは実測を行わずに、実測と同条件で線量検証を行うことが出来るソフトウェアである。複数のソフトウェアが存在するが、独立計算システムの違いによる計算結果への影響についての報告は少ない。本研究では複数の独立計算システムを用い、多施設試験を実施しシステム間の検証結果について検討した。計算アルゴリズムが同一である場合、独立計算ソフトウェアが用いる実効深の算出手法により計算結果への影響が見られた。

【研究協力者および所属施設】

| | |
|-------|------------------|
| 石橋 悟 | 佐世保市立総合病院 |
| 樋口 義 | 佐世保市立総合病院 |
| 山下 幹子 | 神戸市立医療センター中央市民病院 |
| 小浴 恵 | 稲城市立病院 |
| 小林 望美 | 稲城市立病院 |
| 橋 英伸 | 国立がん研究センター東病院 |

【背景】

- ・ 独立計算検証は放射線治療における品質管理業務の1つで、患者投与線量の管理として重要な検証である。
- ・ 線量検証を行う為のソフトウェアが複数存在するが、ソフトウェアの違いによる検証結果への影響について報告は少ない。

【目的】

- ・ 独立計算システムの違いによる検証結果への影響について明らかにする。

の影響について明らかにする。

- ・ 2種類の独立検証ソフトウェアを用いて国内3施設で多施設試験を行い、計算結果への影響について検証した。

【方法】

国内3施設による多施設試験を行った。治療計画装置 TPS は Eclipse(Varian Medical Systems) 及び Pinnacle³(日立メディコ)を使用した。独立計算ソフトウェア Indp-Veri としては

Clarkson 法を使用する SimpleMU (Triangle Products) (以下 SMU) と、RADCALC (LifeLine Software) (以下 RAD) を用い比較検証を行った。本研究では以下 4 項目について検証を行った。

1. 水ファントム及び、固体ファントムを用いた放射線等価長 (実効深) の比較。

4 種類のファントムを作成し、深さ方向に異なる 3 点を設定し TPS、Indp-Veri が算出した実効深を理論値基準で比較した。

ファントムとしては水のみから成る、水ファントムと固体ファントムを使用し作成した均質な水等価ファントム 1 種類と、不均質ファントム 2 種類 (水等価-肺等価-水等価、水等価-骨等価-肺等価-水等価) の計 4 種類を使用した。

2. 水ファントムにおける実測値に対する TPS、Indp-Veri の線量比較。

水ファントムを使用して深さ方向に異なる 3 点 (5, 10, 15 cm 深) を設定し、10×10 cm の矩形照射野にて 100 MU 照射した際の線量を実測。同条件で TPS、Indp-Veri においても線量計算を行い実測基準で比較した。

3. 各施設で共通 CT データ、共通プランを使用した線量比較。

8 部位 (脳、上顎、喉頭、乳房、肺、食道、中央遮蔽の子宮、骨) 各部位 2 門の照射プランを共通プランとして、以下 2 検証を実施。
実測比較

共通プランを水ファントムの 10 cm 深に写し込み、TPS、Indp-Veri で線量計算。同条件で実測も行い、実測基準で比較した。

TPS 比較

共通プランと共通 CT データを用いて各施設保有の TPS にて線量計算。各施設同一条件

で検証を行うため CT 画像の CT 値については補正値を用いて行った。

同条件にて Indp-Veri でも線量計算を行い TPS 基準で比較した。

4. 各施設臨床症例を用いた検証比較。

各施設で治療を行った患者プランを収集症例のみ定義した上で無作為に抽出し、TPS と Indp-Veri の線量を TPS 基準で比較。

収集症例、症例数は表 4.1 に示す。

【結果】

1. 水ファントム及び、固体ファントムを用いた放射線等価長 (実効深) の比較。

理論値に対し不均質 (水等価-骨等価-肺等価-水等価) では最大 8 mm の実効深誤差を生じた。傾向としては深部や、不均質では理論値との乖離が大きくなる傾向であった。

均質な水ファントムや水等価ファントム においても最大 2 mm の誤差を持った。

SMU では、水ファントムと水等価ファントムの誤差の傾向が反対となった。(図 1)

2. 水ファントムにおける実測値に対する TPS、Indp-Veri の線量比較。

当検討に用いたエネルギー (4, 6, 10 MV) では実測に対し最大±1 %程度の線量誤差であった。

TPS は深部の誤差が TPS に依存する結果となり、Eclipse では正、Pinnacle³ では負となる傾向を持った。(図 2.1) SMU は TPS によらず全体的に正の方向に誤差を持った。(図 2.2) RAD には一貫した傾向は見られなかった。(図 2.3)

3. 各施設で共通 CT データ、共通プランを使用した線量比較。

実測比較

全施設平均ではTPS、SMU、RAD共に1%以内の誤差であり大きな差は見られなかった。(表 3.1)しかし、Pinnacle³とSMU組合せでは、他のTPSとIndp-Veriの組み合わせに対し、+1%以上の線量誤差を示した。(表 3.2)

TPS比較

実測比較と同様にPinnacle³とSMUの組合せでは、他の組合せよりも+1%程度高い線量誤差を示した。(表 3.3)

4. 各施設臨床症例を用いた検証比較。

施設別の結果でソフトウェアの違いによる線量誤差は0.5-1.0%程度であったが、Pinnacle³とSMUの組合せは、結果3と同様にSMUは+1%程度高い線量誤差を生じた。(表 4.2及び4.3)

【考察】

いずれの検証においてもIndp-Veriソフトウェアの違いによる線量誤差は0.5-1.0%程度であったが、本研究で用いた組み合わせの中で、EclipseとSMUが一致しているにもかかわらず、Pinnacle³とSMUの組合せでは+1%以上高い線量誤差を示す結果となった。

これは、独立検証ソフトウェアおよび治療計画装置によって実効深の算出方法が異なるためであると考えられる。実効深は理論上、物理深に相対電子密度を乗じ求める。EclipseとSMUでは相対電子密度から算出するが、Pinnacle³では物理密度より算出する。したがって、Pinnacle³は理論とは異なる方法を用いていることになる。したがって、本研究ではPinnacle³とSMUの組合せの場合、物理密度と相対電子密度と異なる密度値から実効深を算出しているために誤差が大き

くなったと考えられる。一方、Pinnacle³の場合RADCALCはPinnacle³の場合で求めた実効深を入力するため、その誤差が見られなかった。しかし、これは数値の一致、すなわち誤差が見られなかったという事象であり、正しい実効深を用いた検証ではないため、注意が必要であると考えられる。

【結論】

独立計算システムの違いにおける許容値への影響は各ソフトウェアが用いる実効深が異なる場合に結果に影響を生じた。治療計画装置によって実効深の求め方が異なるため、治療計画装置の実効深の算出方法を、独立計算に利用する前に理解する必要があり、その影響を把握する必要がある。

【参考文献】

なし

【研究発表】

山崎健史、板野正信、石橋悟、樋口義洋、山下幹子、小浴恵、小林望美、橘英伸、独立計算検証ソフトウェアプログラムの違いの影響 -異なるプログラムでの多施設比較、日本放射線腫瘍学会第27回学術大会(横浜市)、2014年12月

【知的財産権の出願・登録状況】

(予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

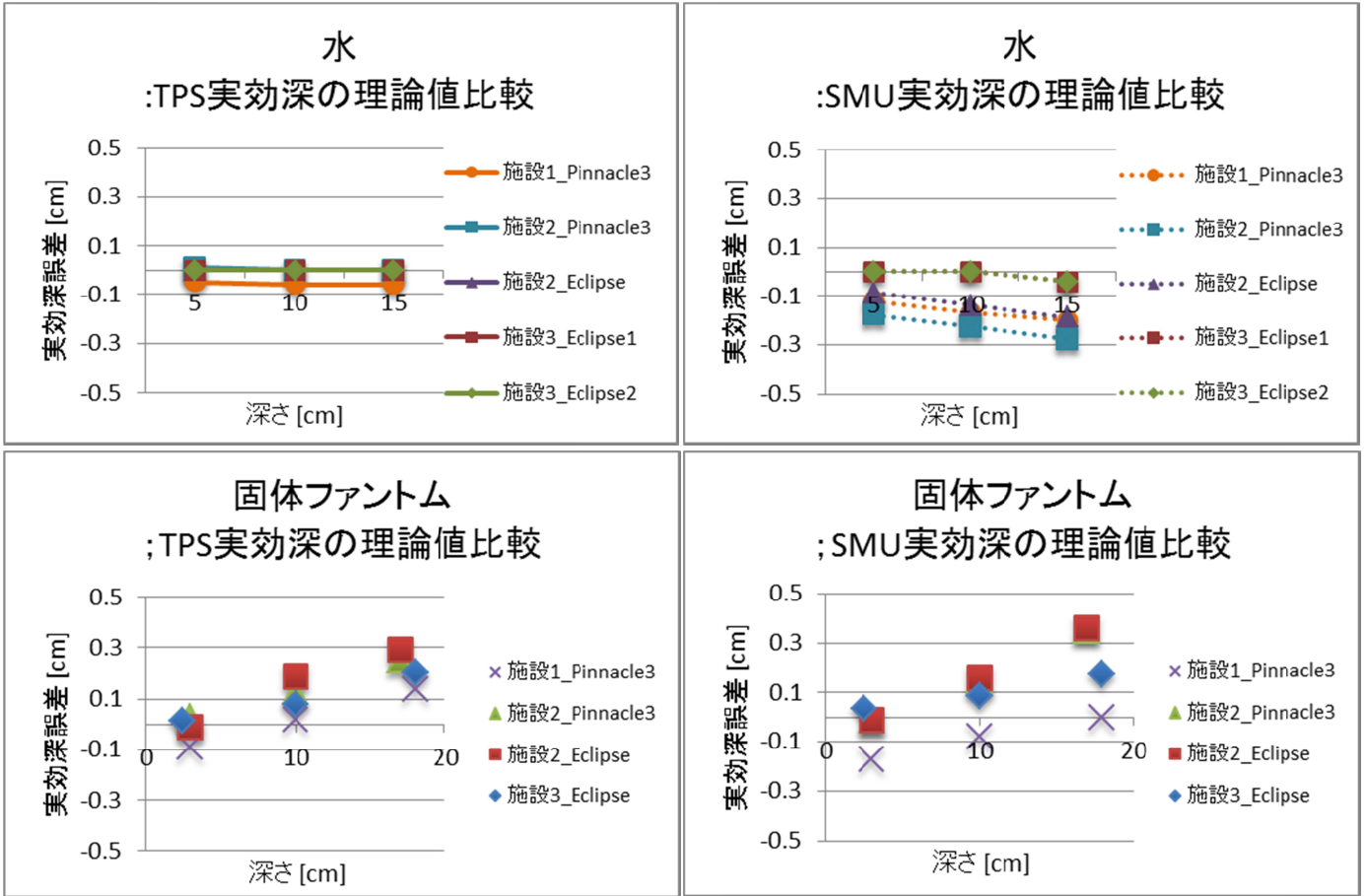


図 1 理論値に対する実効深の違い

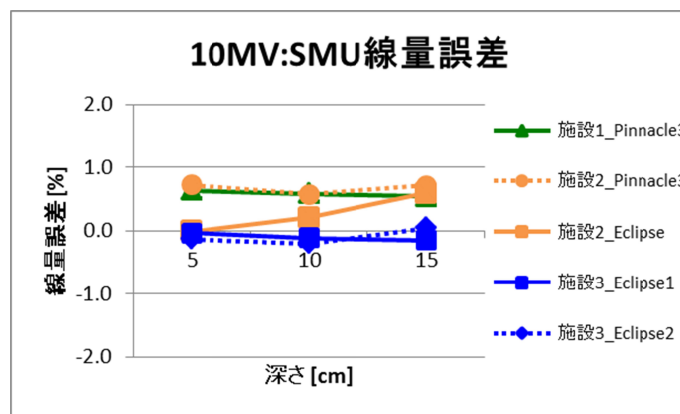


図 2.1 水における実測値と TPS の線量誤差

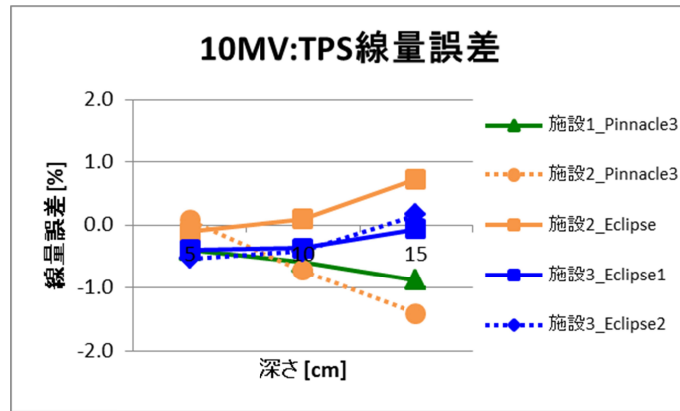


図 2.2 水における実測値と SMU の線量誤差

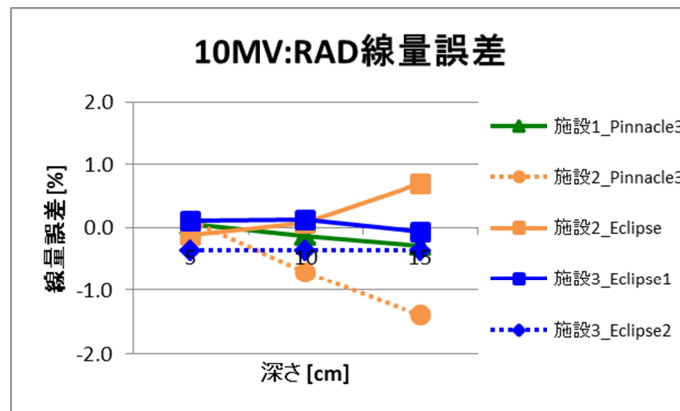


図 2.3 水における実測値と RAD の線量誤差

表 3.1 各施設の実測値に対する線量誤差

| [%] | 施設 1 Pinnacle ³ | 施設 2 Pinnacle ³ | 施設 2 Eclipse | 施設 3 Eclipse 1 | 施設 3 Eclipse 2 | 全施設平均 |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------|
| TPS | 0.6±1.2 | 0.1±0.6 | -0.4±0.7 | -0.5±0.3 | -0.5±0.5 | -0.2±0.8 |
| SMU | 1.5±0.6 | 1.5±0.5 | 0.7±0.8 | 0.0±0.5 | -0.3±1.0 | 0.7±1.0 |
| RAD | 1.4±0.6 | -0.1±0.9 | 1.4±0.7 | 0.0±0.6 | 0.0±0.6 | 0.5±1.0 |

表 3.2 各 TPS 別の実測値に対する線量誤差

| [%] | Eclipse | | | Pinnacle3 | | |
|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|---------|
| | TPS | SMU | RAD | TPS | SMU | RAD |
| 検証 1 頭部 | -0.5±0.5 | 0.0±0.4 | 0.2±0.7 | 0.0±0.3 | 0.9±0.1 | 0.1±0.9 |
| 検証 2 頭頸部 | -0.2±0.6 | -0.4±1.6 | 0.1±1.0 | 1.4±2.0 | 1.5±0.1 | 0.2±1.1 |
| 検証 3 喉頭 | -0.4±0.5 | -0.1±0.4 | 0.5±1.2 | 0.9±0.1 | 1.0±0.1 | 0.6±0.1 |
| 検証 4 乳房 | -0.9±0.2 | -0.4±0.5 | 0.5±0.9 | 0.5±0.8 | 1.1±0.3 | 0.3±0.7 |
| 検証 5 肺 | -0.5±0.2 | 1.2±1.0 | 1.4±0.4 | 0.7±0.3 | 2.3±0.4 | 2.0±1.2 |
| 検証 6 食道 | -0.4±0.6 | 0.1±0.4 | 0.5±0.8 | -0.2±0.8 | 1.4±0.6 | 1.1±1.0 |
| 検証 7 骨盤 | -0.3±1.0 | 0.7±0.4 | 0.5±1.3 | -0.3±0.7 | 2.1±0.4 | 0.5±1.2 |
| 検証 8 骨 | -0.4±0.3 | -0.1±0.5 | -0.1±0.9 | 0.0±0.5 | 1.4±0.4 | 0.5±1.1 |
| 平均 | -0.5±0.5 | 0.1±0.1 | 0.5±0.5 | 0.3±0.3 | 1.5±1.5 | 0.7±0.7 |

表 3.3 部位別の TPS 算出値に対する線量誤差

| [%] | Eclipse | | Pinnacle3 | |
|----------|---------|---------|-----------|---------|
| | SMU | RAD | SMU | RAD |
| 検証 1 頭部 | 1.3±0.5 | 1.2±0.4 | 2.6±0.5 | 1.4±0.6 |
| 検証 2 頭頸部 | 0.7±1.0 | 0.0±0.2 | 2.7±0.3 | 0.5±0.7 |
| 検証 3 喉頭 | 0.7±0.4 | 0.6±3.1 | 3.2±0.3 | 0.8±0.2 |
| 検証 4 乳房 | 2.7±0.5 | 3.0±0.5 | 2.9±0.4 | 2.0±0.7 |
| 検証 5 肺 | 4.5±0.8 | 4.6±0.7 | 5.5±1.2 | 4.1±1.6 |
| 検証 6 食道 | 1.7±0.7 | 1.7±1.0 | 3.2±1.9 | 2.5±1.5 |
| 検証 7 骨盤 | 0.0±0.9 | 0.0±0.4 | 1.5±0.9 | 0.4±1.6 |
| 検証 8 骨 | 1.6±0.2 | 1.2±0.4 | 1.2±2.5 | 2.3±0.9 |
| 平均 | 1.7±1.5 | 1.5±1.9 | 2.8±1.7 | 1.8±1.6 |

表 4.1 施設別の臨床症例数

| [件数] | 施設 1 | 施設 2 | 施設 2 | 施設 3 |
|------|-----------------------|-----------------------|---------|---------|
| | Pinnacle ³ | Pinnacle ³ | Eclipse | Eclipse |
| 頸部 | 26 | 28 | 102 | 46 |
| 食道・肺 | 64 | 82 | 94 | 43 |
| 乳房 | 108 | 50 | - | 60 |
| 腹部 | 39 | 6 | 20 | 67 |
| 前立腺 | 196 | 4 | 100 | 14 |
| 骨盤 | 103 | 50 | 10 | 74 |
| 椎体・骨 | 44 | 41 | 31 | 41 |
| 総件数 | 580 | 261 | 357 | 345 |

表 4.2 施設別の TPS 算出値に対する線量誤差

| [%] | 施設 1 | 施設 2 | 施設 2 | 施設 3 | 全体平均 |
|-----------|-----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|
| | Pinnacle ³ | Pinnacle ³ | Eclipse | Eclipse | |
| Simple MU | 2.2±2.0 | 1.8±2.3 | 1.1±2.1 | 1.6±1.8 | 1.7±2.1 |
| RADCALC | 1.1±1.8 | 0.9±3.5 | 0.3±1.7 | 1.3±1.7 | 0.9±2.2 |

表 4.3 部位別の TPS 算出値に対する線量誤差

| [%] | Eclipse | | Pinnacle ³ | |
|------|---------|----------|-----------------------|----------|
| | SMU | RADCALC | SMU | RADCALC |
| 頸部 | 1.0±1.4 | 0.8±1.6 | 2.2±1.7 | 2.3±2.0 |
| 食道・肺 | 2.6±2.6 | 1.3±2.1 | 2.9±2.5 | 1.5±3.7 |
| 乳房 | 4.4±0.7 | 3.9±1.0 | 4.3±2.1 | 3.1±1.9 |
| 腹部 | 0.6±1.3 | 0.2±1.1 | 0.8±1.4 | 0.3±0.8 |
| 前立腺 | 0.0±0.7 | -0.4±0.6 | 1.2±0.8 | -0.1±0.8 |
| 骨盤 | 0.7±0.7 | 0.3±0.6 | 1.1±1.0 | -0.2±1.8 |
| 椎体・骨 | 0.6±1.5 | 0.2±1.1 | 0.8±1.6 | 0.6±0.9 |
| 平均 | 1.3±2.0 | 0.8±1.8 | 2.0±2.1 | 1.0±2.4 |