

**Fig. 6 乳房症例の施設別結果**

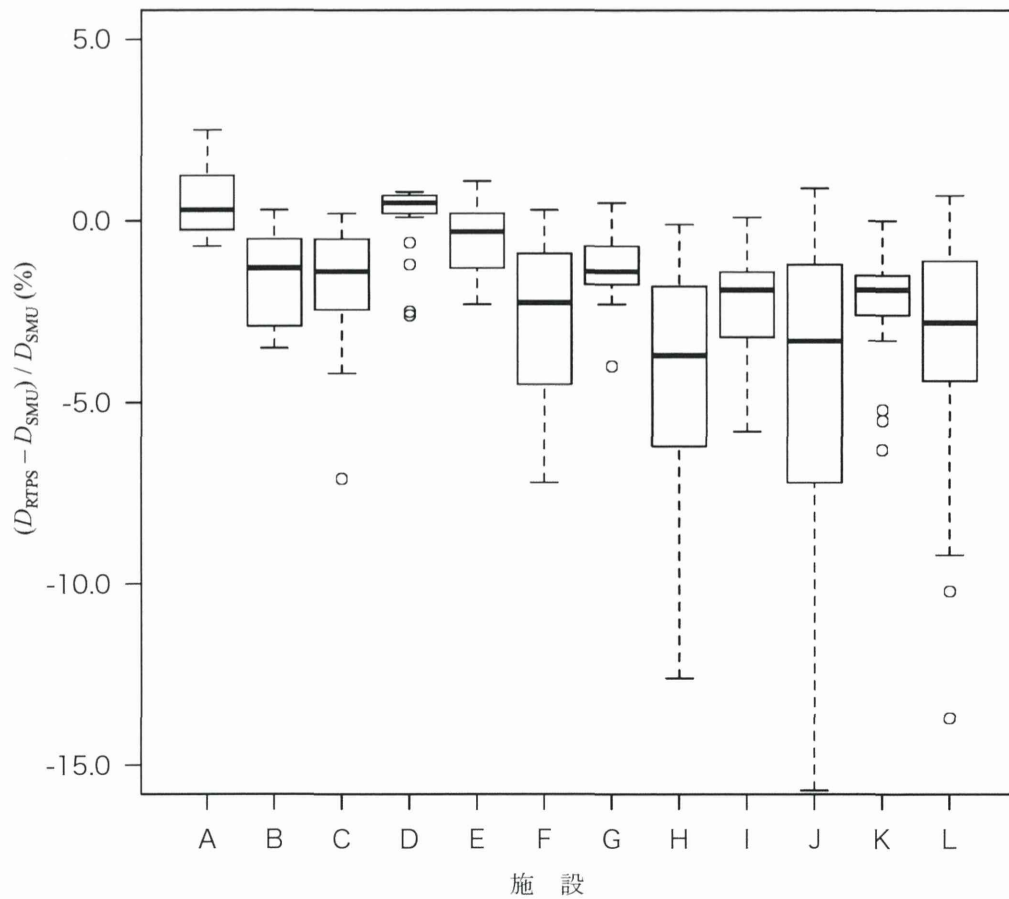


Fig. 7 肺症例の施設別結果

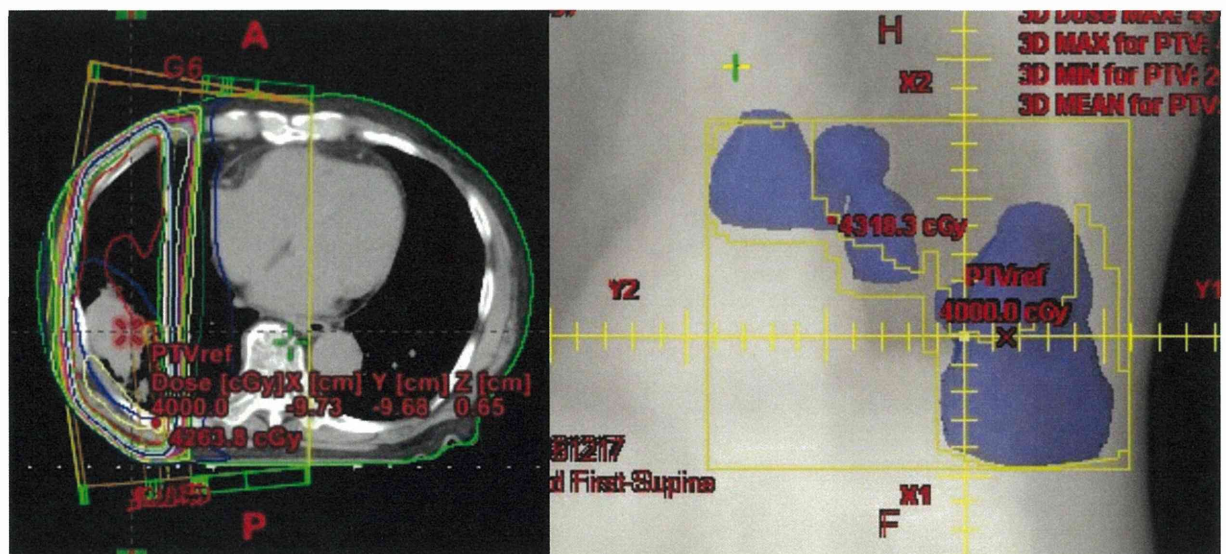


Fig. 8 外れ値症例（肺）の横断面と Beam's Eye View (BEV)

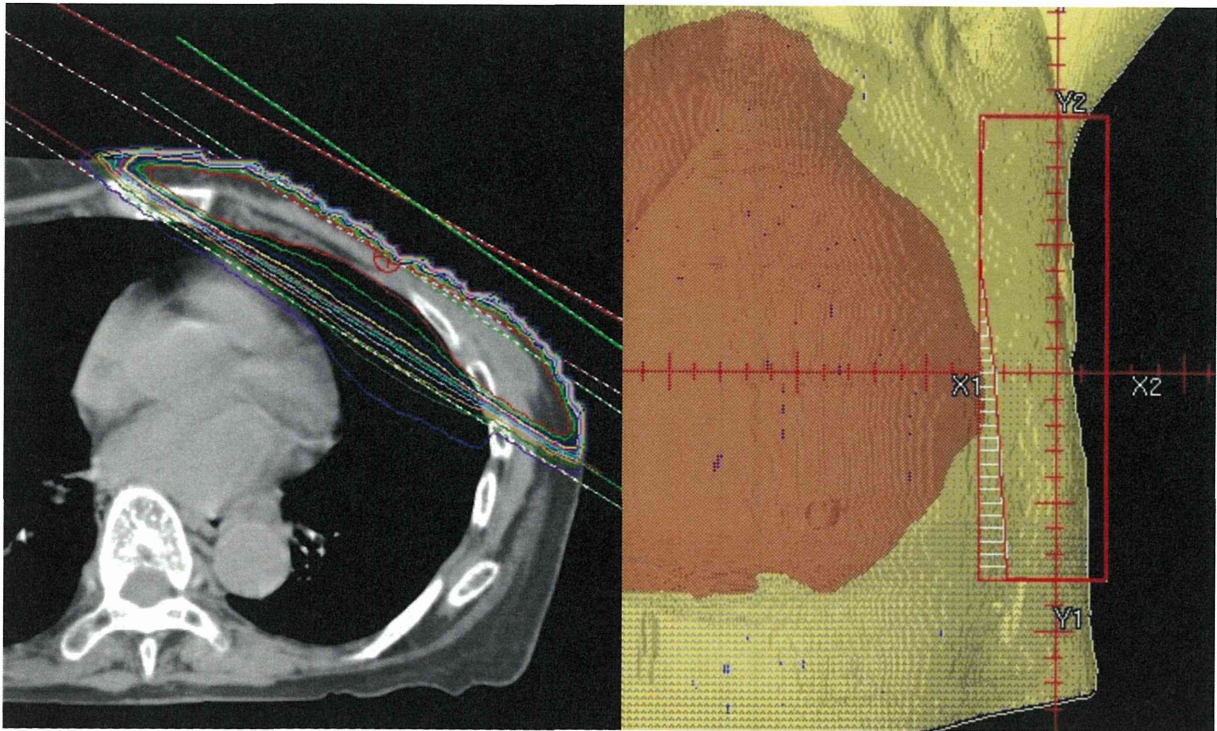


Fig. 9 外れ値症例（乳房切除後）の横断面と BEV

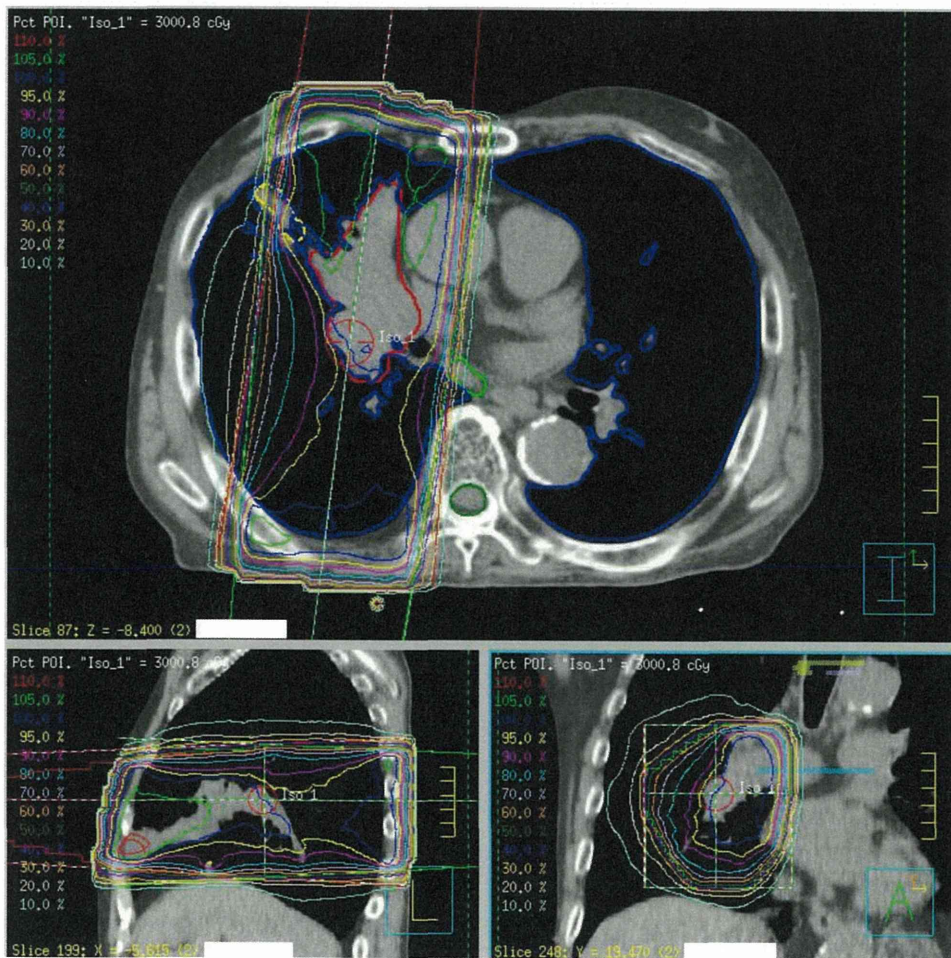


Fig. 10 外れ値症例（肺）の横断面、矢状面、冠状面



Table 1 施設別結果

項目	全施設	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
症例数	1899	120	244	161	164	76	38	145	222	130	96	197	306
有効ビーム数	5306	338	744	508	461	123	176	389	610	430	286	519	722
平均値(%)	-0.9	-0.4	-0.9	-0.6	0.2	-0.6	-1.6	-1.1	-2.1	-0.7	-0.6	-1.1	-1.2
中央値(%)	-0.6	-0.3	-0.7	-0.4	0.4	-0.3	-0.8	-0.9	-1.7	-0.3	-0.1	-0.8	-0.7
標準偏差(%)	1.7	1.3	1.7	1.3	0.9	1.9	2.2	1.1	1.8	1.6	2.2	1.5	2.0
2SD	3.5	2.7	3.4	2.6	1.7	3.8	4.5	2.1	3.6	3.3	4.5	3.1	4.1
CL( 平均値 +2SD)	4.4	3.1	4.3	3.2	1.9	4.4	6.1	3.2	5.7	4.0	5.1	4.2	5.2
最大値(%)	5.9	3.7	5.9	3.8	2.4	2.1	2.0	1.4	3.0	3.1	2.9	3.5	4.3
75パーセンタイル値(%)	0.2	0.3	0.1	0.1	0.7	0.9	-0.1	-0.2	-1.0	0.3	0.5	0.0	0.1
25パーセンタイル値(%)	-1.7	-1.0	-1.5	-1.0	0.0	-1.5	-2.0	-1.7	-3.1	-1.2	-0.8	-2.1	-2.0
最小値(%)	-17.1	-9.5	-14.6	-7.1	-3.1	-9.7	-8.9	-5.3	-12.6	-6.9	-17.1	-6.3	-14.1

Table 2 部位別結果

項目	頭部	脳	上咽頭	中咽頭	下咽頭	その他頭頸部 (鼻腔など)	頸部食道	食道	乳房	肺
症例数	67	137	32	56	74	141	37	146	202	158
有効ビーム数	199	298	82	146	160	322	82	398	389	392
平均値(%)	-0.5	-1.1	-0.6	-1.1	-0.9	-1.4	-0.9	-0.9	-3.8	-2.4
中央値(%)	-0.2	-1.0	-0.6	-0.8	-0.8	-1.3	-0.8	-0.6	-3.5	-1.7
標準偏差(%)	1.5	1.2	1.3	1.4	1.1	1.5	1.6	1.5	1.8	2.6
2SD	3.1	2.3	2.6	2.9	2.2	3.1	3.1	2.9	3.6	5.3
CL( 平均値 +2SD)	3.6	3.4	3.3	4.0	3.1	4.5	4.1	3.8	7.3	7.6
最大値(%)	3.5	3.1	2.7	1.4	1.5	3.8	5.9	2.9	0.7	2.5
75パーセンタイル値(%)	0.3	-0.2	0.3	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	0.1	-2.7	-0.6
25パーセンタイル値(%)	-1.1	-1.8	-1.2	-2.1	-1.5	-2.3	-1.9	-1.6	-4.5	-3.4
最小値(%)	-9.5	-3.9	-4.1	-5.9	-4.9	-6.3	-4.3	-8.6	-14.1	-17.1

Table 2 施設別結果 (つづき)

項目	肝臓	脾臓	胃	子宮	膀胱	前立腺	直腸	骨	その他
症例数	49	85	60	97	89	159	99	172	39
有効ビーム数	162	338	180	317	344	721	322	354	100
平均値(%)	0.2	-0.1	-1.0	-0.6	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-1.0
中央値(%)	0.2	0.0	-0.8	-0.5	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-1.0
標準偏差(%)	0.8	0.9	1.1	1.1	0.9	1.0	1.6	1.4	1.1
2SD	1.7	1.8	2.2	2.1	1.8	2.0	3.3	2.8	2.2
CL(平均値+2SD)	1.9	1.9	3.2	2.7	2.1	2.3	3.6	3.0	3.2
最大値(%)	3.9	2.3	1.6	2.0	2.2	2.1	2.4	4.3	2.8
75パーセンタイル値(%)	0.6	0.5	-0.3	0.1	0.4	0.4	0.4	0.6	-0.4
25パーセンタイル値(%)	-0.3	-0.7	-1.5	-1.2	-0.8	-1.0	-0.7	-1.2	-1.6
最小値(%)	-2.0	-3.2	-6.2	-5.6	-3.9	-4.1	-14.6	-3.7	-3.4

Table 3 線量計算アルゴリズム別結果

項目	線量計算アルゴリズムの種類			
	AAA	AC	PBC	SP
症例数	1039	361	164	335
有効ビーム数	3056	915	461	874
平均値(%)	-0.8	-1.9	0.2	-0.9
中央値(%)	-0.5	-1.6	0.4	-0.6
標準偏差(%)	1.7	1.9	0.9	1.6
2SD	3.3	3.9	1.7	3.3
CL( 平均値 +2SD)	4.2	5.8	1.9	4.2
最大値(%)	5.9	4.0	2.4	3.7
75パーセンタイル値(%)	0.2	-0.9	0.7	0.1
25パーセンタイル値(%)	-1.4	-2.9	0.0	-1.5
最小値(%)	-17.1	-14.1	-3.1	-9.7

Table 4 治療計画別結果

項目	線量評価点位置		組織欠損の有無		不均質補正		ウェッジの使用	
	アイソセンタ	軸外	無	有	無	有	無	有
症例数	1422	477	1575	324	284	1615	1457	442
有効ビーム数	4122	1184	4619	687	799	4507	4238	1068
平均値(%)	-0.9	-1.2	-0.7	-2.6	-0.1	-1.1	-0.8	-1.5
中央値(%)	-0.5	-0.9	-0.5	-2.6	0.2	-0.8	-0.5	-1.2
標準偏差(%)	1.7	1.8	1.6	2.0	1.1	1.8	1.6	2.1
2SD	3.5	3.5	3.1	4.1	2.3	3.6	3.2	4.1
CL( 平均値 +2SD)	4.3	4.7	3.8	6.7	2.3	4.7	4.0	5.7
最大値(%)	4.3	5.9	5.9	3.0	3.7	5.9	5.9	3.9
75パーセンタイル値(%)	0.2	-0.1	0.2	-1.2	0.6	0.0	0.2	-0.1
25パーセンタイル値(%)	-1.5	-2.1	-1.3	-3.7	-0.5	-1.8	-1.4	-2.9
最小値(%)	-17.1	-14.6	-17.1	-14.1	-9.5	-17.1	-17.1	-14.6



Table 5 乳房症例施設別結果

項目	全施設	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
症例数	202	10	10	11	12	25	5	10	54	10	10	20	25
有効ビーム数	389	21	20	22	24	20	20	20	108	24	20	40	50
平均値(%)	-3.8	-1.8	-4.7	-3.5	-2.0	-3.7	-5.9	-2.5	-4.1	-5.1	-2.9	-3.6	-4.0
中央値(%)	-3.5	-2.0	-5.3	-3.4	-2.1	-3.1	-5.7	-2.3	-3.9	-5.4	-3.0	-3.8	-3.3
標準偏差(%)	1.8	1.0	2.3	0.9	0.6	2.0	1.1	1.0	1.2	1.3	0.7	1.2	2.6
2SD	3.6	1.9	4.7	1.8	1.1	3.9	2.1	2.1	2.5	2.7	1.4	2.4	5.1
CL( 平均値 +2SD)	7.3	3.7	9.4	5.3	3.1	7.6	8.1	4.6	6.6	7.8	4.3	6.0	9.1
最大値(%)	0.7	0.7	-0.9	-2.1	-0.7	-2.0	-4.7	-0.8	-2.4	-2.3	-1.6	0.6	-1.5
75パーセンタイル値(%)	-2.7	-1.5	-2.8	-2.9	-1.6	-2.9	-5.3	-1.8	-3.4	-5.0	-2.5	-3.3	-2.6
25パーセンタイル値(%)	-4.5	-2.5	-6.5	-4.4	-2.4	-3.5	-6.2	-3.0	-4.3	-6.0	-3.4	-4.4	-4.1
最小値(%)	-14.1	-3.2	-8.5	-5.1	-2.9	-9.7	-8.9	-4.8	-9.6	-6.9	-4.2	-5.8	-14.1

Table 6 肺症例施設別結果

項目	全施設	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
症例数	158	10	10	10	11	10	5	10	15	10	10	20	37
有効ビーム数	392	20	25	27	22	20	38	20	42	29	25	40	84
平均値(%)	-2.4	0.5	-1.6	-1.8	0.1	-0.4	-2.8	-1.3	-4.1	-2.3	-4.6	-2.1	-3.3
中央値(%)	-1.7	0.3	-1.3	-1.4	0.5	-0.3	-2.3	-1.4	-3.7	-1.9	-3.3	-1.9	-2.8
標準偏差(%)	2.6	0.9	1.2	1.6	1.0	0.9	2.2	1.0	2.9	1.6	4.8	1.3	2.6
2SD	5.3	1.8	2.4	3.2	2.0	1.9	4.4	1.9	5.7	3.1	9.6	2.6	5.3
CL( 平均値 +2SD)	7.6	2.3	4.0	5.0	2.1	2.3	7.2	3.2	9.8	5.5	14.2	4.7	8.5
最大値(%)	2.5	2.5	0.3	0.2	0.8	1.1	0.3	0.5	-0.1	0.1	0.9	0.0	0.7
75パーセンタイル値(%)	-0.6	1.2	-0.5	-0.5	0.7	0.2	-0.9	-0.7	-1.8	-1.4	-1.2	-1.5	-1.1
25パーセンタイル値(%)	-3.4	-0.2	-2.9	-2.5	0.2	-1.3	-4.5	-1.7	-6.0	-3.2	-7.2	-2.6	-4.4
最小値(%)	-17.1	-0.7	-3.5	-7.1	-2.6	-2.3	-7.2	-4.0	-12.6	-5.8	-17.1	-6.3	-13.7

Table 7 不均質補正の有無による結果（乳房症例）

項 目	不均質補正	
	無	有
症例数	22	180
有効ビーム数	45	344
平均値(%)	-1.9	-4.0
中央値(%)	-2.0	-3.7
標準偏差(%)	0.8	1.7
2SD	1.6	3.5
CL( 平均値 +2SD)	3.5	7.5
最大値(%)	0.7	0.6
75パーセンタイル値(%)	-1.5	-3.0
25パーセンタイル値(%)	-2.5	-4.7
最小値(%)	-3.2	-14.1

Table 8 不均質補正の有無による結果（肺症例）

項 目	不均質補正	
	無	有
症例数	21	137
有効ビーム数	42	350
平均値(%)	0.3	-2.7
中央値(%)	0.5	-1.9
標準偏差(%)	1.0	2.6
2SD	1.9	5.2
CL( 平均値 +2SD)	2.2	7.9
最大値(%)	2.5	1.1
75パーセンタイル値(%)	0.8	-1.1
25パーセンタイル値(%)	-0.1	-3.8
最小値(%)	-2.6	-17.1

厚生労働科学研究委託費（革新的がん医療実用化研究事業）

委託業務成果報告（業務項目）

### ウェッジ利用時の軸外線量比の独立計算の精度

清水 裕之 北里大学メディカルセンター 放射線部 診療放射線技師

#### 【研究要旨】

AAPM TG114 では、IMRT プランを除く外部放射線治療(SRS,SBRT を含む)における独立検証計算に対する許容レベルを提示している。しかしながら、ウェッジを利用した際の照射野中心軸外に線量評価点(処方点)を設定した治療計画に対する独立検証計算の許容レベル設定はなされていない。そこで、ウェッジを利用した際のプランにおいて、ウェッジ軸外線量比を考慮することによる独立計算の精度について多施設試験を行い検討した。独立検証システムでは、Wedge 使用プランにて軸外線量比を考慮することで、検証計算結果の線量差および Confidence limit の改善が得られた。また、AAPM TG114 に提示されていない中心軸外線量評価点プランにおける許容レベルの設定として、本研究より Wedge 使用プランにおいても Wedge 軸外線量比を考慮することで他のプランと同様に 5%の許容レベルが利用できるといえる。

#### 【研究協力者および所属施設】

研究者名 1	板野 正信	所属施設 1	稲城市立病院
研究者名 2	山崎 健史	所属施設 1	稲城市立病院
研究者名 3	高橋 良	所属施設 2	がん研有明病院
研究者名 4	上間 達也	所属施設 2	がん研有明病院
研究者名 5	山下 幹子	所属施設 3	神戸市立医療センター中央市民病院
研究者名 6	橘 英伸	所属施設 4	国立がん研究センター東病院
研究者名 7	馬場 大海	所属施設 4	国立がん研究センター東病院
研究者名 8	石橋 悟	所属施設 5	佐世保市立総合病院
研究者名 9	樋口 義洋	所属施設 5	佐世保市立総合病院
研究者名 10	山本 鋭二郎	所属施設 6	大手前病院
研究者名 11	菅原 康晴	所属施設 7	国立国際医療研究センター
研究者名 12	佐藤 礼	所属施設 8	板橋中央総合病院
研究者名 13	西山 史郎	所属施設 9	久喜総合病院
研究者名 14	河合 大輔	所属施設 10	神奈川県立がんセンター
研究者名 15	宮岡 聡	所属施設 11	上都賀総合病院

## 【背景】

・放射線治療を安全・適正に実施するにあたり、治療計画装置から算出された MU 値の妥当性を評価するために、治療計画装置とは別システムのシステムによって独立検証計算を行うことが推奨されている。

・AAPM TG114 では、IMRT プランを除く外部放射線治療(SRS,SBRT を含む) に対しては、独立検証計算に対する許容レベルが提示されている。しかし、ウェッジを利用した際の線量評価点が中心軸外に設定されている場合では独立検証計算の許容レベル設定はされていない。

## 【目的】

- ・ウェッジを利用した、中心軸外線量評価点プランにおける独立検証計算の許容レベルの検討を行った。
- ・ウェッジ軸外線量比を考慮することによる許容レベルの改善度の把握を行った。

## 【方法】

軸外線量比を考慮した検証計算が可能な独立検証プログラムを統一的に使用し、多施設における比較試験を行う。使用した独立検証プログラムへの登録データは、TMR、OAR、Sc、Sp、Wedge factor 等がある。また、Wedge 軸外線量比を考慮するため Physical Wedge(以下 PW)、ELEKTA 社製 Universal Wedge(以下 UW)に関しては Wedge 軸外線量比を測定・入力、また Moving jaw を利用した VARIAN 社製 Enhanced Dynamic

Wedge(以下 EDW)は Gibbons らの式<sup>1)</sup>を利用、SIEMENS 社製 Virtual Wedge(以下 VW)は Siemens ユーザーマニュアルに示されている式<sup>2)</sup>を利用した。

### 1. バーチャルファントム試験

治療計画装置において水等価のバーチャルファントムを作成し、プランには Physical Wedge を用いた。線量評価点は、深さ 10cm の中心軸、および Wedge 角度(傾斜)方向に  $\pm 3\text{cm} \cdot \pm 5\text{cm}$  の軸外位置に配置した。使用 Wedge 角度は、15,30,45,60 度を使用した。治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との比較において、独立検証計算上 Wedge 軸外線量比を考慮した場合と考慮しない場合との計算結果の比較を行った。ここで、Wedge 軸外線量比を考

慮しない場合とは、独立検証プログラムに登録されている中心軸での Wedge factor のみを利用している。

### 2. 同一 CT データを用いた多施設試験

上顎洞(45 度 Wedge 使用、線量評価点を中心軸外に配置)、喉頭(15 度 Wedge 使用)、乳房(15 度 Wedge 使用)の 3 部位において、同一 CT データを用い同一プランを作成し、12 施設(リニアックと治療計画装置の組み合わせは全 26 組)で検証を実施した。まず、治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差の比較を行った。また、同プランを水等価ファントムプランに移し込み電離箱を用いた実測を行い、その実測値に対する治療計画装置算出結果と独立検証計算結果の線量差をそれぞれ比較した。

### 3. 臨床プランにおける線量差比較

同 12 施設において、Physical Wedge/23Fields、non-Physical Wedge/67Fields (EDW、VW、UW)を使用した臨床プラン(90Fields)を抽出した。これらは主に、頭頸部・乳房病変に対する臨床プランであり、すべてのプランにおいて線量評価点は中心軸外に設定されている。これらを、Physical Wedge プラン、non-Physical Wedge プランに分け、治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差を比較した。

4. Wedge4 様式を用いた臨床プランにおける Wedge 軸外線量比有無における比較  
4 施設を対象とし、Wedge4 様式(PW/62Fields、EDW/22Fields、VW/20Fields、UW/14Fields)における中心軸外線量評価点プランに対し、独立検証計算上 Wedge 軸外線量比を考慮した場合と考慮しない場合での、治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差の比較を行った。軸外移動距離はプランにより様々であり、Wedge 角度 (傾斜) 方向への移動は最大で 2cm 程度であった。ここで、Wedge 軸外線量比を考慮しない場合とは、独立検証プログラムに登録されている中心軸での Wedge factor のみを利用している。

#### 【結果】

##### 1. バーチャルファントム試験

独立検証計算上 Wedge 軸外線量比を考慮した場合、治療計画装置算出結果と独立検証計算結果は良い一致を示した。しかし、Wedge 軸外線量比を考慮しない場合では Wedge 角度が大きくなるほど、軸外移動距離が増すほど、両者間の線量差は大きくなった。また、これらの結果にエネルギーによる依存は見られなかった。(図 1)

##### 2. 同一 CT データを用いた多施設試験

結果は、各 Field 毎の線量差多施設平均値  $\pm 2SD$  とした。治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差は乳房プランの約 2.3%が最も大きく、2SD で表した Confidence limit はいずれの Field も 5%以内であった。また、実測値を基準とした時の治療計画装置および独立検証計算との線量差は、いずれも  $\pm 0.5\%$ 以内に収まった。(図 2)

##### 3. 臨床プランにおける線量差比較

結果は Physical Wedge プラン、non-Physical Wedge プランに分け、それぞれの全 Field における線量差多施設平均値  $\pm 2SD$  とした。いずれも治療計画装置算出結果と独立検証計算結果の線量差は 2%程度、2SD で表した Confidence limit は 5%以内であった。(図 3)

4. Wedge4 様式を用いた臨床プランにおける Wedge 軸外線量比有無における比較  
結果は、4 施設それぞれの Wedge 様式プランにおいて、Wedge 軸外線量比を独立計算上考慮した場合(ON)と考慮しない場合(OFF)でのそれぞれ治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差であり、各 Wedge 様式の全 Field 平均値  $\pm 2SD$  とした。(OFF)-(ON)は、その差を絶対値として扱いその平均値  $\pm 2SD$  とし、Wedge4 様式において 約 1~3%となった。(図 4)

#### 【考察】

バーチャルファントム試験からわかるように、線量評価点が Wedge 角度 (傾斜) 方向に移動して配置されている Wedge 使用プランにおいては、Wedge 軸外線量比を考慮しない場合プランによっては大きな線量差 (治療計画装置算出結果と独立検証計算結果) が生じ、考慮することによりその線量差は改善されることが確認できた。また、臨床プランより得ら



れた Confidence limit から、独立検証計算における Wedge 使用軸外線量評価点プランの許容レベルを 5%程度に設定出来るのではないかと考える。ここで、結果 2 の乳房プランおよび結果 3 における約 2%の系統誤差は、Field 内の組織欠損および不均質補正の影響によると考える。

#### 【結論】

治療計画装置により算出された MU 値の検証を行うにあたり、治療計画装置とは別系統のシステムを利用することが推奨されている。そこで本研究でも独立した検証システムを利用し、Wedge 使用プランにて軸外線量比を考慮することで、検証計算結果の線量差および Confidence limit の改善が得られた。また、AAPM TG114 に提示されていない中心軸外線量評価点プランにおける許容レベルの設定として、本研究より Wedge 使用プランにおいても Wedge 軸外線量比を考慮することで他のプランと同様に 5%の許容レベルが利用できると思われる。

#### 【参考文献】

- 1) J.P.Gibbons.“Calculation of enhanced dynamic wedge factors for symmetric and asymmetric photon fields,”Med.Phys.25,1411-1418,1998.
- 2) Digital linear accelerator Physics Primer 2013 Siemens AG

#### 【研究発表】

清水裕之、板野正信、山崎健史、高橋良、上間達也、山下幹子、橘英伸、馬場大海、石橋悟、樋口義洋、山本鋭二郎、菅原康晴、佐藤礼、西山史郎、河合大輔、宮岡聡

“ウェッジ利用時の軸外線量比の独立計算の精度”、第109回日本医学物理学会学術大会（横浜市）、2015年4月

#### 【知的財産権の出願・登録状況】

（予定を含む）

13. 特許取得  
なし
14. 実用新案登録  
なし
15. その他  
なし

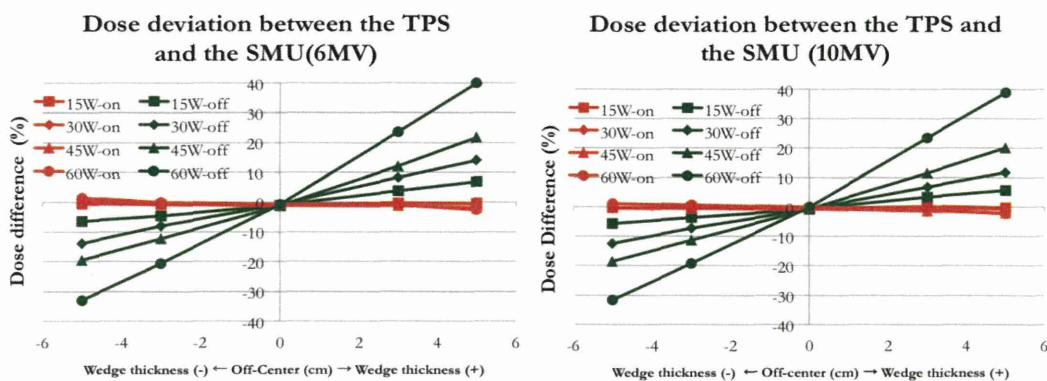


図 1. バーチャルファントム試験

[%]	Sinus (off axis)		Larynx		Breast	
	field1	field2	field1	field2	field1	field2
TPS vs. SMU	1.8 ± 1.9	1.8 ± 2.0	0.9 ± 2.2	1.1 ± 2.1	2.2 ± 2.5	2.3 ± 2.1
TPS vs. Meas.	0.1 ± 2.1	0.1 ± 1.9	(-)0.1 ± 1.5	(-)0.1 ± 1.7	(-)0.2 ± 1.9	(-)0.4 ± 1.8
SMU vs. Meas.	0.1 ± 2.6	0.1 ± 2.6	(-)0.2 ± 1.9	0.1 ± 2.7	0.1 ± 2.1	(-)0.0 ± 2.0

図 2. 同一 CT データを用いた多施設試験

[%]	Physical wedge	Non-physical wedge
TPS vs. SMU	2.3 ± 4.2	2.0 ± 4.3
Number of the fields	23	67

図 3. 臨床プランにおける線量差比較

[%]	PW	EDW	VW	UW
ON	1.8 ± 2.7	2.2 ± 3.1	3.8 ± 2.8	3.1 ± 5.4
OFF	2.0 ± 4.3	1.7 ± 7.6	2.3 ± 7.3	2.3 ± 7.9
(OFF)-(ON)	1.2 ± 1.6	2.5 ± 4.1	2.8 ± 2.8	2.6 ± 1.9
Number of the fields	62	22	20	14

図 4. Wedge4 様式を用いた臨床プランにおける Wedge 軸外線量比有無における比較

## 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て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

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Pinnacle<sup>3</sup>(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。

12. 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。

13. 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。

14. 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。

① 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。

② 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 値については補正值を用いて行った。

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

15. 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】

9. 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)

10. 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、Pinnacle<sup>3</sup> 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)

11. 各施設で共通 CT データ、共通プランを使用した線量比較。

① 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、Pinnacle<sup>3</sup>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)

## ② TPS 比較

①実測比較と同様にPinnacle<sup>3</sup>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)

## 12. 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、Pinnacle<sup>3</sup>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、Pinnacle<sup>3</sup>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、Pinnacle<sup>3</sup>では物理密度より算出する。したがって、Pinnacle<sup>3</sup>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Pinnacle<sup>3</sup>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、Pinnacle<sup>3</sup>の場合

RADCALCはPinnacle<sup>3</sup>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ての検証ではないため、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)

## 16. 特許取得

なし

## 17. 実用新案登録

なし

## 18. その他

なし