

卒業論文

題目：放射線治療部門におけるスタッフ-ローテーション技師による

患者 set up error の統計学的有意差解析

大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

(指導：医用物理工学講座 松本光弘准教授)

05C07040 山口紘子

(平成 23 年 1 月 21 日 提出)

## 要旨

### [背景・目的]

大阪大学医学部附属病院放射線治療部では患者さんに対し、毎回スタッフ-ローテーション技師がペアを組んで患者セットアップを行っている。その際、どちらがメインにセットアップを行うかによって有意差が生じるかを調べるため、set up error (以下 SE) について両者群における有意差解析を行ったので報告する。

### [方法・対象]

使用機器はリニアック治療装置 ONCOR Impression plus 4.10 および 6.10。スタッフ群の治療経験年数は 5 年から 30 年以上の 4 名、ローテーション群は 1 年～1.5 年の延べ 11 名。対象は骨盤部照射患者 53 名で、内訳は 3DCRT7 名、IMRT46 名で、照合数は総数 1460 であった。照合は全例コーンビーム CT を施行し、手動作業にて X (Lateral)、Y (Long)、Z (Vertical) 方向の SE(mm) を読み取る。これらの SE をスタッフ群とローテーション群に分け、XYZ 方向とそれらのベクトル合成 (以下 3D) の 4 方向で SE の平均値に差があるかどうかを独立 2 群検定で評価した。また、スタッフ群、ローテーション群それぞれの各技師間に SE の平均値に差があるかどうかにも多重比較検定法で評価した。

### [結果]

スタッフ群とローテーション群による SE の平均値を調べ、P 値を求めた結果、X 方向 0.4586、Y 方向 0.2038、Z 方向 0.9859、3D 0.5988 となった。これよりスタッフ群とローテーション群では 4 方向どの方向でも有意差がないことが分かった。また、スタッフ群、ローテーション群のそれぞれ各技師間に SE の平均値を検定した結果、ローテーション群では各技師間の有意差はなかったが、スタッフ群では技師間に若干の有意差が見られた。

### [結論]

スタッフ群とローテーション群で SE の平均値に有意差が見られなかったのは患者セットアップ方法がマニュアル化されていることや固定具の精度も高いことなどの理由が考えられる。一方、スタッフ群では各技師間で SE の平均値に有意差が見られたが、その最大値は 1mm しかなく、臨床的には有意とは言い難いと判断した。

## 1. 序論

### 1-1. 背景

放射線治療の効果は照射された領域の吸収線量に依存する。このため臨床上、標的となる腫瘍に対して十分な線量投与をすることはもちろん、周辺の正常組織に対してできる限り低く抑えた線量を満たすように線量分布の最適化を行っている<sup>1)</sup>。そして、その線量分布の最適化を行うために放射線治療を行う時、治療計画用 CT (Planning CT; 以下 PCT)画像を元に治療体積を決定する。

しかし、治療体積を正確に決定しても実際の治療では系統誤差と偶然誤差が生じる。特に、偶然誤差の原因としては患者の精神的または肉体的状態による照射中の動き、固定具や固定法の違い、set up に費やす時間、set up の再現を行う技師の技量などが考えられ、それらの因子により放射線治療の照射精度には差が生じる<sup>2)3)</sup>。

その中で今回は、毎回の治療 set up 時にリニアック MVX 線を用いて撮影される MV-ConeBeamCT(以下 MV-CBCT)画像と PCT 画像とのずれ、すなわち set up error (以下 SE) について考える。

この SE について高倉らは<sup>4)</sup>、前立腺強度変調放射線治療(以下 IMRT)において、SE が X 方向で平均-0.3mm・標準偏差 1.3mm、Y 方向で平均 0.7mm・標準偏差 1.4mm、Z 方向で平均 0.1mm・標準偏差 1.6mm であったと報告している。

2つの文献によると<sup>5)6)</sup>、技術力と経験年数は比例しているが、このことが患者 set up 技術にもあてはまるのかを、スタッフ群とローテーションに分けて調査した。

### 1-2. 固定具

#### 1-2-1. フットロック

下肢用固定具で膝下に入れるクッション。本研究では全ての患者が同じものを用いている。

#### 1-2-2. バックロック

体幹部用固定具。空気を抜くことで患者個人に合わせた型に形成できる。

本研究では IMRT の患者に使用されている。

#### 1-3. 照合方法

##### 1-3-1. CBCT(Cone Beam CT)

CBCT 画像は膀胱容量・直腸ガス・便等の確認と標的位置の確認(特に前立腺に照射する際に膀胱・直腸による回転がないか)に使用される<sup>7)</sup>。

##### 1-3-2. 3D/3D Matching

本研究で用いた 3D/3D Matching とは MV-CBCT の 3D 画像と PCT の 3D 画像を合わせることを示す。その際、照合は骨格位置で行い、PCT の 3D 画像を移動させ Axial、Sagittal、Coronal の画像上で合わせ込んで、MV-CBCT の 3D 画像と重なるように手動で合わせる。治療計画の 3D 画像と MV-CBCT の 3D 画像が重なると照合終了で、寝台補正量が 1mm 単位で得られる。

#### 1-4. 照射方法<sup>8)</sup>

3次元原体照射(以下 3DCRT)はマルチリーフコリメータ(以下 MLC)を用い、3次元的に計画標的体積(Planning Target Volume; 以下 PTV)に照射野を限定した照射法である。

また IMRT は 3DCRT をベースに、さらに標的部位と決定臓器の吸収線量にウェイトをもたせた強度変調照射法である。

## 2. 目的

本研究の目的は、大阪大学医学部附属病院放射線治療部で行われた前立腺 IMRT 及び 3DCRT に対し、スタッフ技師・ローテーション技師のどちらがメインにセットアップを行うかによって SE に有意な差が生じるか retrospective に調査し、両者群で統計学的有意差解析を行った。

### 3. 使用器具

- ・ リニアック治療装置

SIEMENS ONCOR Impression plus 4.10 および 6.10

- ・ バックロック

CIVCO Vac-Lok Cushions

- ・ フットロック

CIVCO Foot-Lok Positioning Cushion MTAFS01

## 4. 方法

### 4-1. 技師対象

放射線治療経験年数による SE の違いを調べるため、技師経験年数が 10 年以上で治療経験年数が 5 年以上の 4 名で構成するスタッフ技師と技師経験年数および治療経験年数が 1~1.5 年の 11 名で構成するローテーション技師に分類した。

### 4-2. 患者対象

骨盤部照射患者は 53 名で、内訳が 3DCRT24 名、IMRT29 名、全照合数は 1460 回であった。そのうち、スタッフ技師がメインに担当したのが 883 回、ローテーション技師がメインに担当したのが 577 回であった。

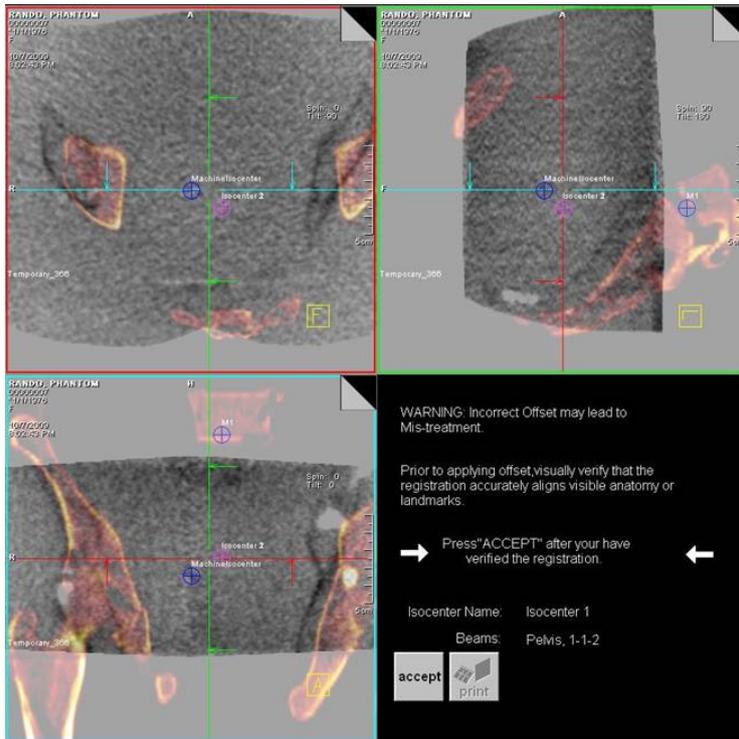
患者の治療は、スタッフ技師とローテーション技師のペアで行っている。

### 4-3. 照合方法

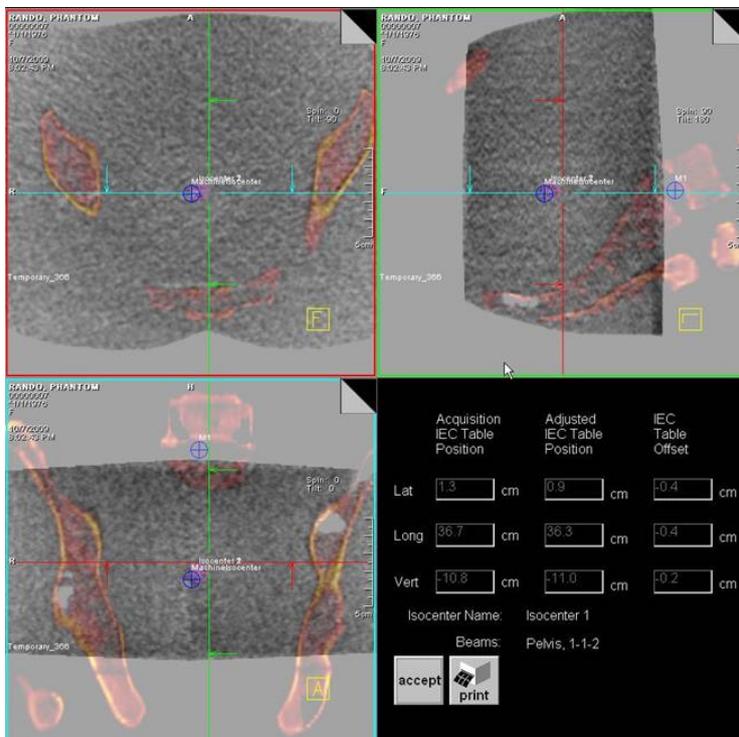
照合は全例 MVCBCT を施行し、3D/3D マッチング(Fig.1)を用い、手動作業において X (Lateral) 、 Y (Long) 、 Z (Vertical) 方向の SE が決定される。

### 4-4. 解析方法

X、Y、Z の 4 方向とそれらをベクトル合成した方向(以下 3D)に関して、平均値、標準偏差、ヒストグラム解析、有意差検定(t 検定)を行った。



(A)



(B)

Fig.1 3D/3D Matching における照合前(A)と照合後(B)の画像

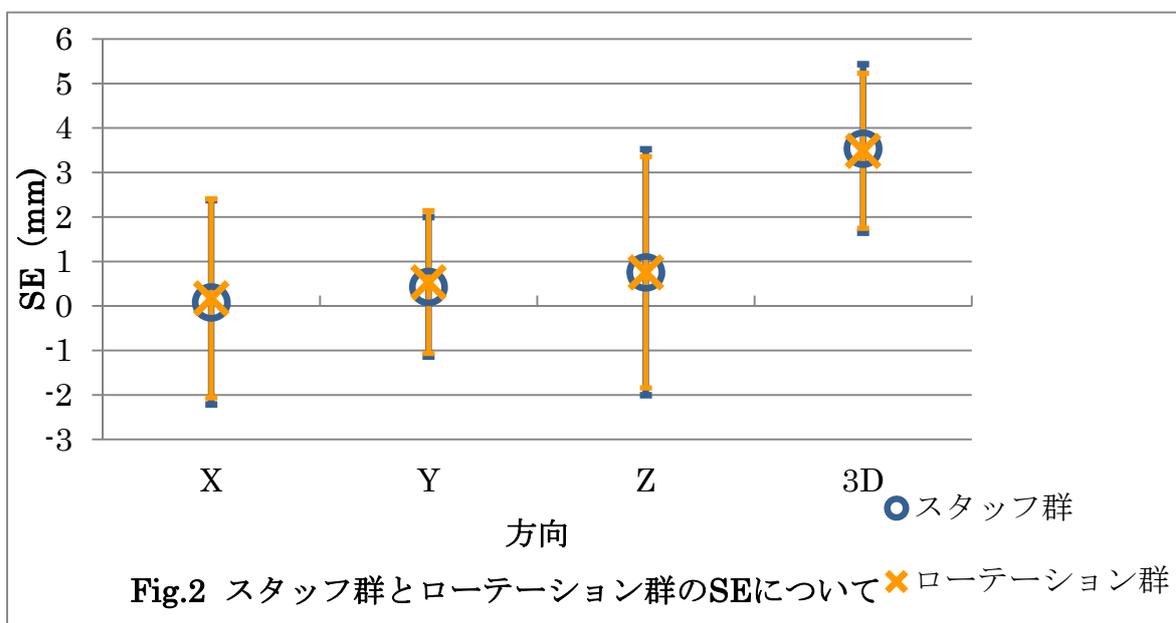
## 5. 結果

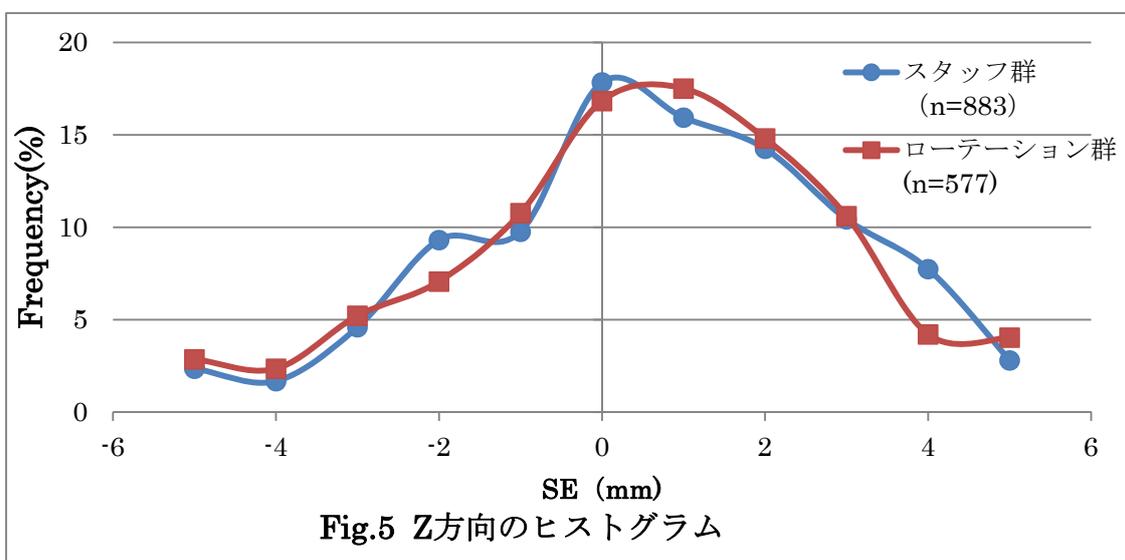
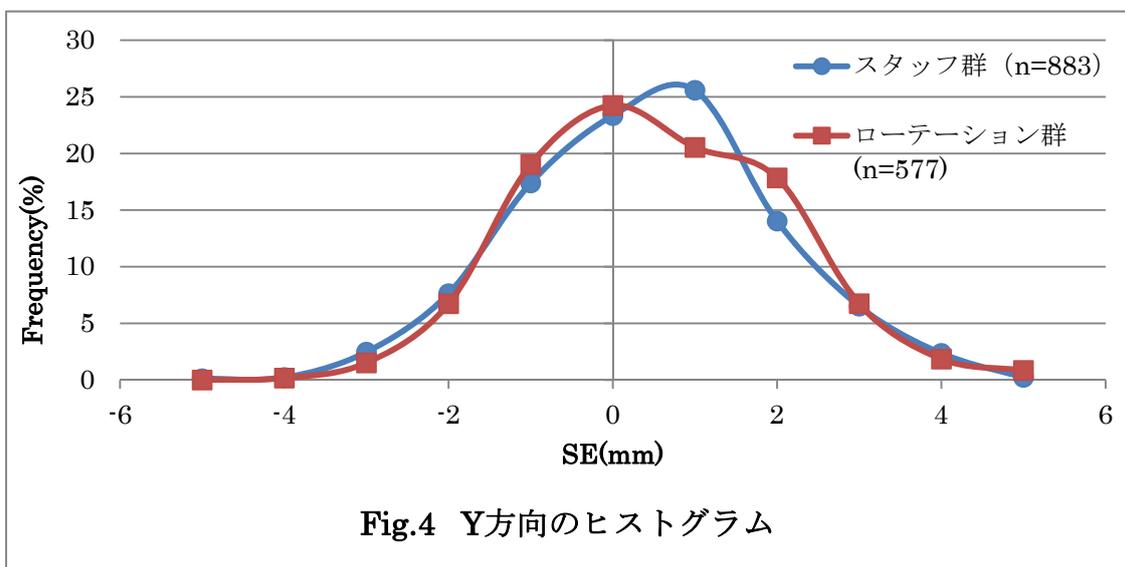
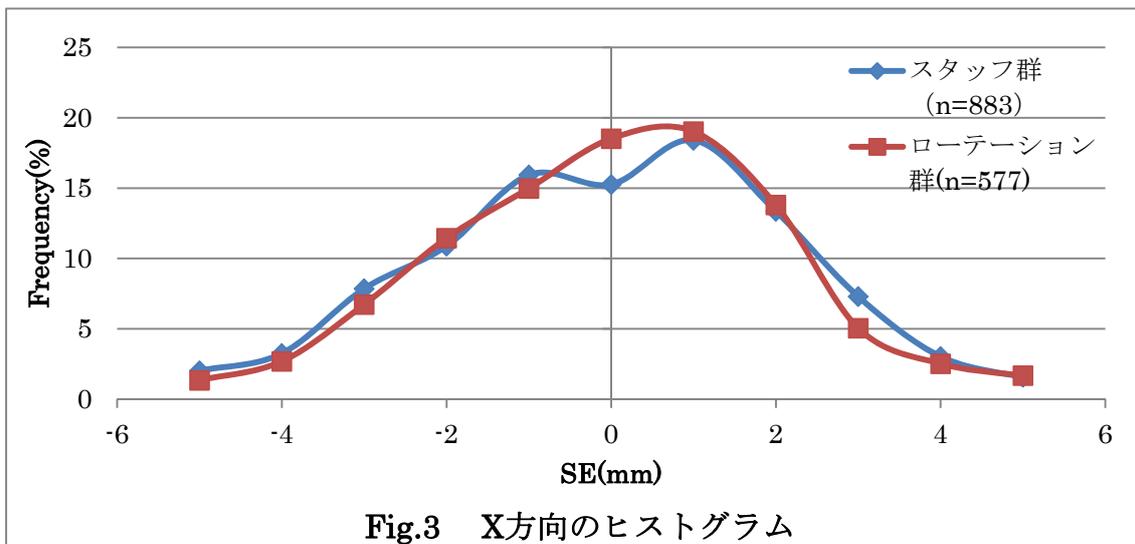
### 5-1. SE について

全 53 名の SE について平均値と標準偏差を Table.1、Fig.2 に示す。また、それぞれの方向について、ヒストグラムを Fig.3~5 に示す。

Table.1 スタッフ群・ローテーション群における SE について

		X(mm)	Y(mm)	Z(mm)
スタッフ群	平均値	0.1	0.4	0.8
	標準偏差	2.3	1.6	2.8
ローテーション群	平均値	0.2	0.5	0.8
	標準偏差	2.2	1.6	2.6





また、スタッフ群とローテーション群の比較として、SE が±5mm 以上の比率を Table 2 にまとめた。その結果、スタッフ群の方が全ての方向で SE が±5mm 以上の比率が低いことが分かった。

Table2 スタッフ群・ローテーション群の±5mm 以上の SE の比率について

スタッフ群			
	X	Y	Z
比率(%)	2.2	0.1	4.4
ローテーション群			
	X	Y	Z
比率(%)	3.2	0.5	4.9

## 5-2. スタッフ群とローテーション群の有意差検定

独立した 2 群の差の検定を行うため Student T 検定を行った。Student T 検定とは  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  を仮定して  $\mu_1 = \mu_2$  という帰無仮説を検定するものです<sup>9)</sup>。ここで、Student T 検定を行った結果を Table 3 に示す。

ここで t 値を算出し、有意差検定する方法を述べる。

t 値は下の式より求めることができる。

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (n: \text{データ数、} x: \text{平均値})$$

このときの s は両群の分散  $s_1^2, s_2^2$  から合成した分散であり、下の式から求めることができる。

$$s = \sqrt{\frac{s_1^2(n_1-1) + s_2^2(n_2-1)}{n_1 + n_2 - 2}}$$

また、自由度より t 分布表から  $t(0.975)$ (=危険率 5%の両側検定の上側境界値) を求めて、計算した t 値と比較する。

その結果、 $|t| \leq t(0.975)$  のとき、帰無仮説を棄却できず、 $|t| > t(0.975)$  のとき、帰無仮説を棄却し有意差ありとなる<sup>10)</sup>。

Table 3 各方向における Student T 検定の結果

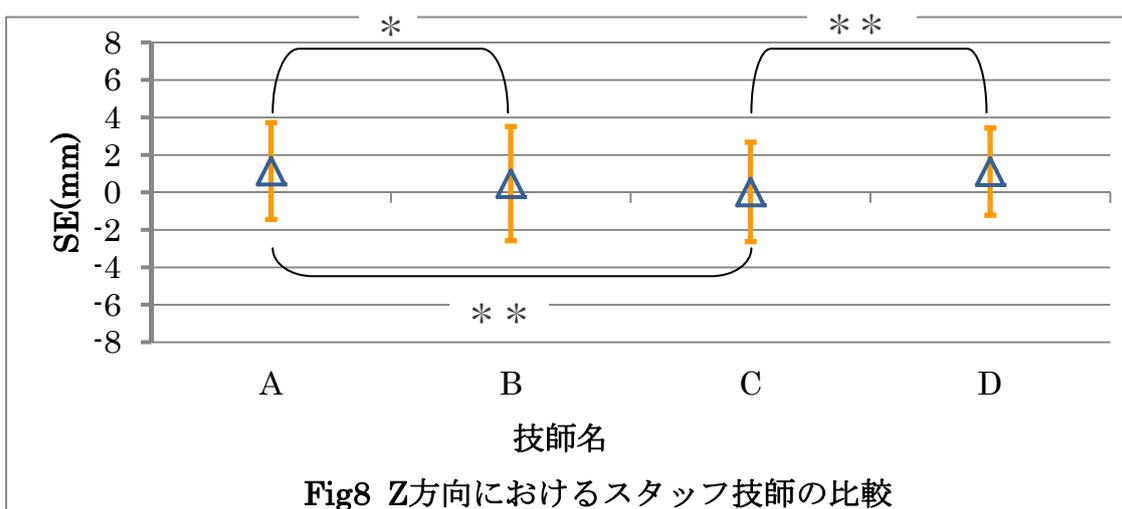
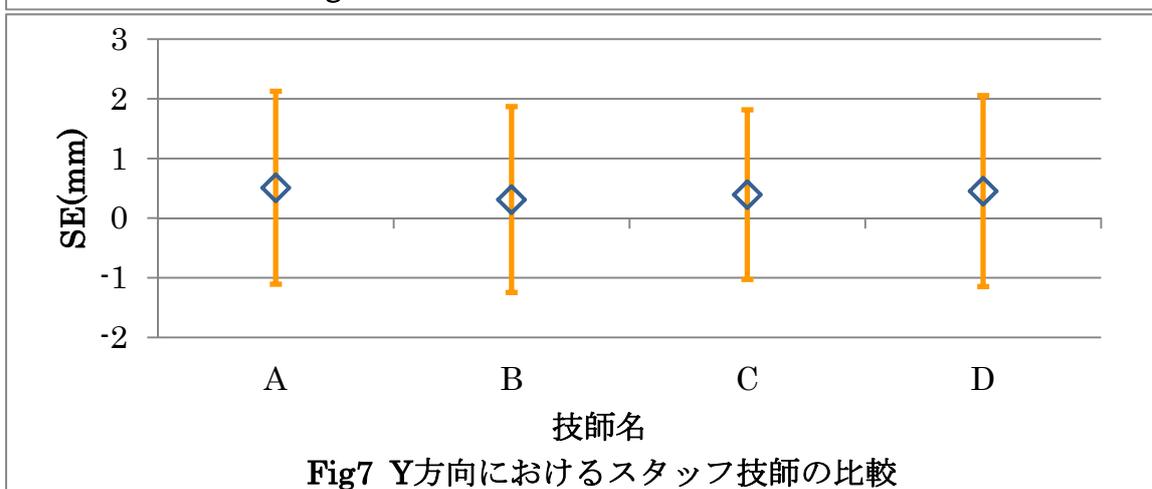
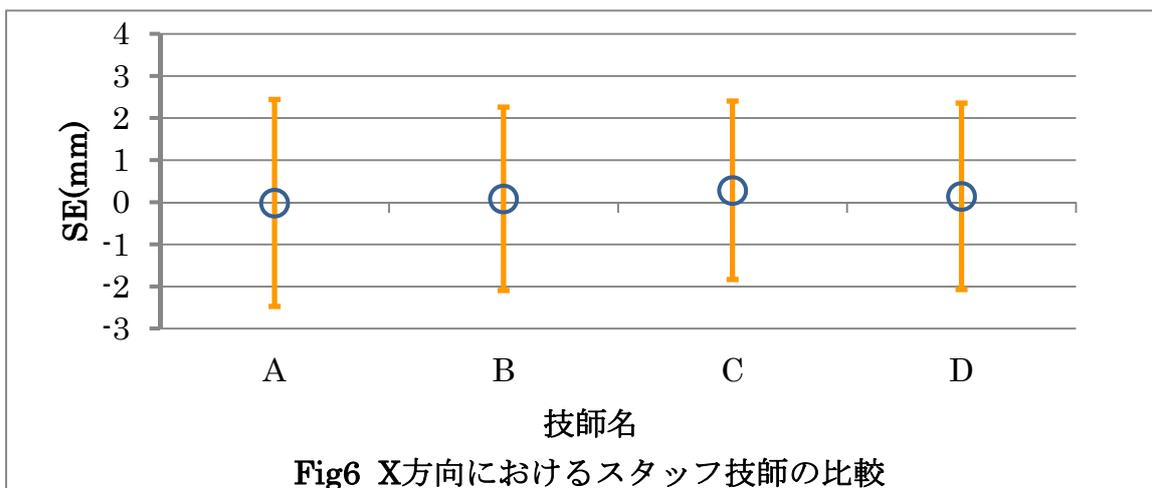
	平均値の差	自由度	t 値	P 値(両側確率)	t (0.975)
X 方向	-0.089	1483	-0.741	0.459	1.962
Y 方向	-0.107	1483	-1.271	0.204	1.962
Z 方向	-0.003	1484	-0.018	0.989	1.962
3D 方向	0.051	1483	0.526	0.599	1.962

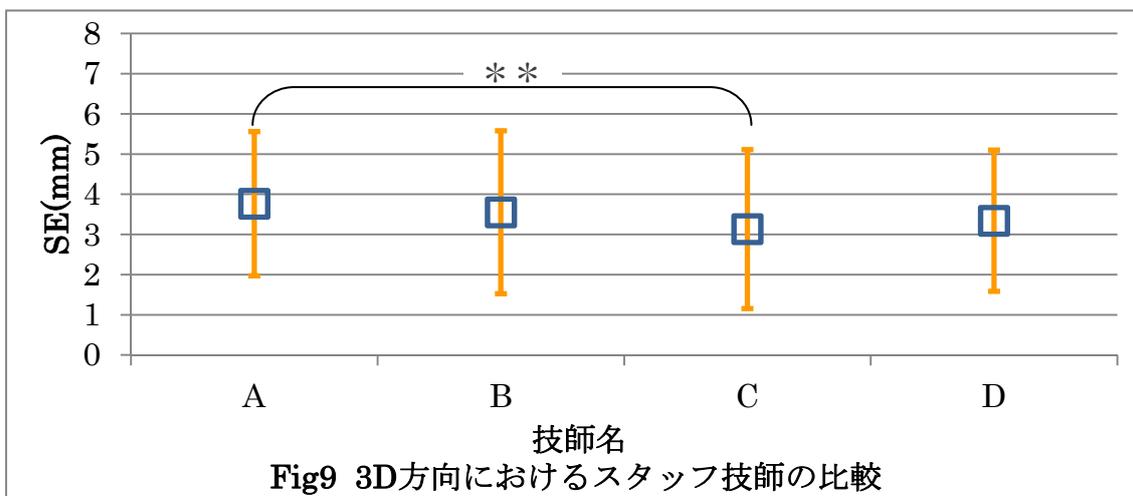
この結果より各方向において  $|t| \leq t(0.975)$  なので棄却域に入らず有意差なしということが言える。また、P 値が 0.05 以上であることから有意差なしという結果が得られた。

#### 5-2. スタッフ群の各技師間での多重比較検定

スタッフ技師 4 名での比較を行うため、4 方向に関して各水準のデータ数が等しくない場合も検定が可能な方法である多重比較検定の Turkey-Kramer 法を用いた<sup>11)</sup>。

すると、XY 方向では有意差はみられなかったが、Z 方向では AB 間について P 値が 0.05 以下、AC・CD 間については P 値が 0.01 以下の有意差あり、3D 方向では AC について P 値が 0.01 以下の有意差ありという結果になった。その結果を Fig6～9 に示す。

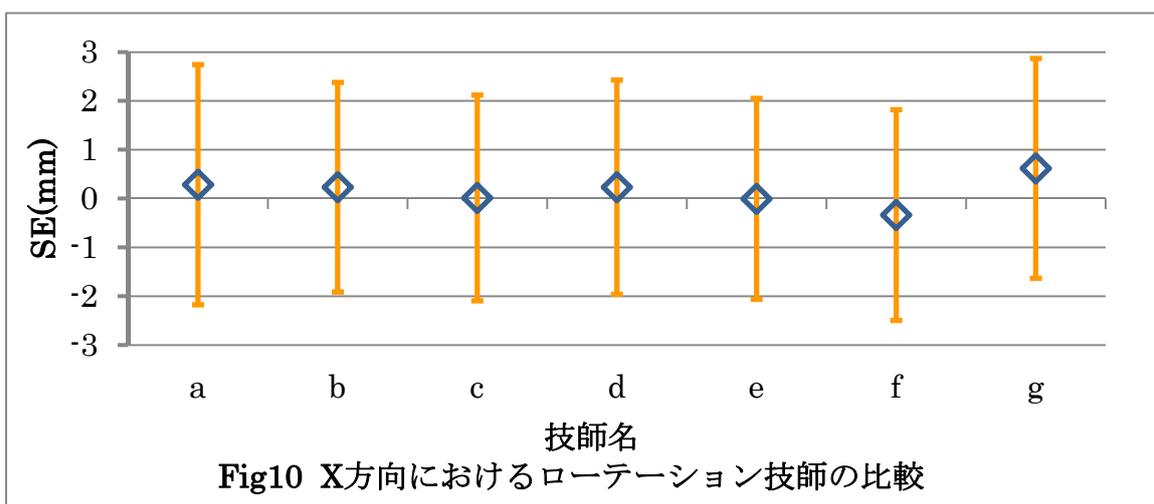


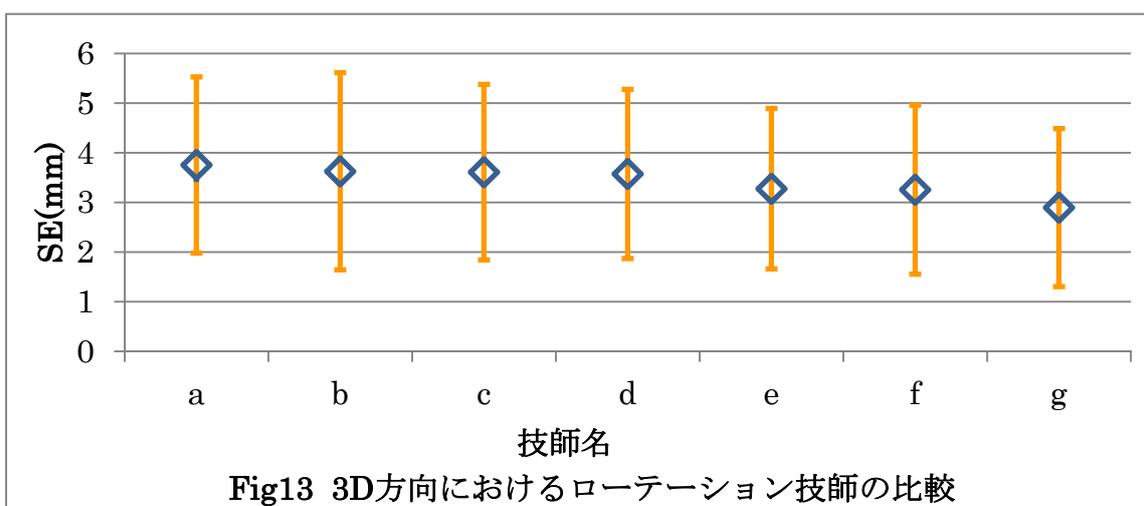
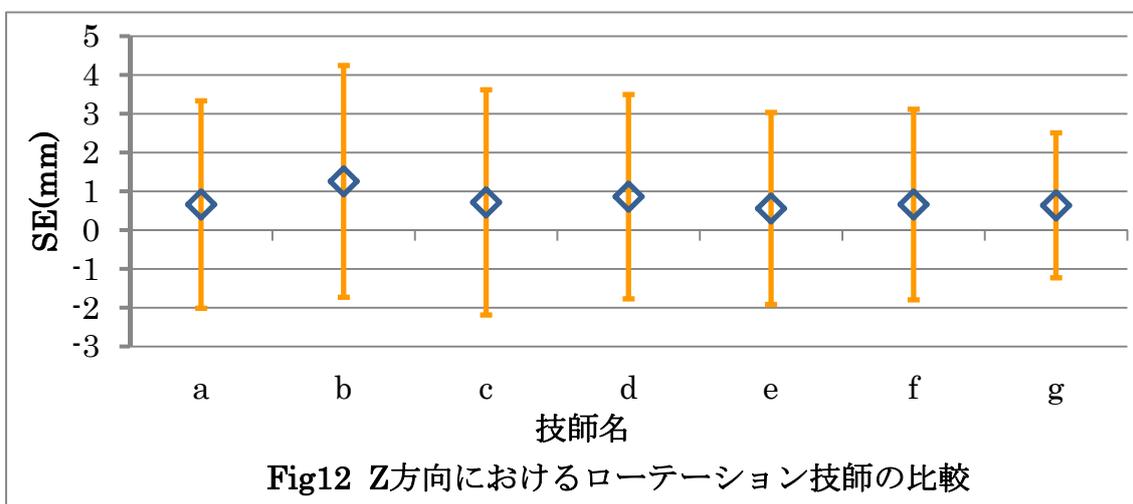
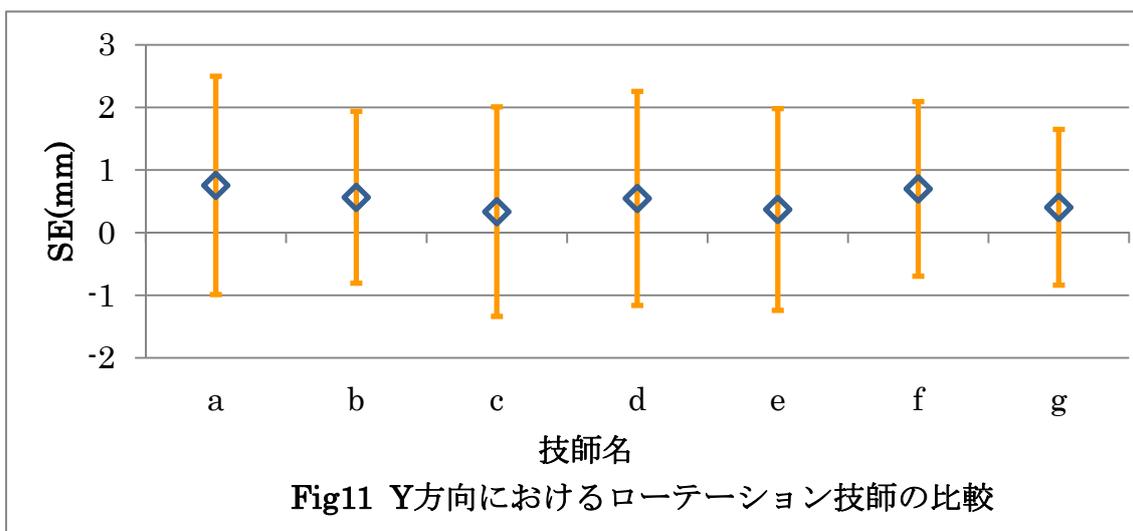


(但し、\*は危険率 5%で有意差あり、\*\*は危険率 1%で有意差ありを示す。)

### 5-3. ローテーション群の各技師間での多重比較検定

また、5-2 同様にローテーション技師 7名での比較を、多重比較検定の Turkey-Kramer 法で行った。その結果、ローテーション技師では 4 方向全てで有意差なしとなった。この結果を Fig10~13 に示す。





#### 5-4. Z方向における各技師のSEについて

スタッフ群において有意差が出たZ方向についてSEを比較した。その結果をTable 4に示すように、C技師のSEが極めて小さいことが分かった。

Table4 Z方向におけるSEの比較

スタッフ群							
	A	B	C	D			
平均値(mm)	1.1	0.5	0.0	1.1.			
ローテーション群							
	a	b	c	d	e	f	g
平均値(mm)	0.7	1.3	0.7	0.9	0.6	0.7	0.6

#### 6. 考察

大阪大学医学部附属病院放射線治療部において、前立腺IMRTと3DCRTに関しては「スタッフ群とローテーション群でSEに有意差なし」という結果となった。今回、スタッフ群とローテーション群でSEに有意差が見られなかった理由として考えることは、①set up手法がマニュアル化されていること、②固定具の精度が高いこと、③1年間常時治療に従事することで技術をほぼ習得できるのではないかと3点を挙げる事ができる。

ただ、Table2に示すようにローテーション群よりスタッフ群の方が、±5mm以上のSEを起す確率が小さいことから、スタッフ群のset up技術が優れていることが指示された。

次にFig8,9に示すようにスタッフ技師間で有意差が見られたのはC技師のSEが極めて小さかった(平均値0.0mm)ことに起因していると考えられる。また、Table4に示すように、C技師以外のスタッフ技師及びローテーション技師のSE

の平均値はおおよそ近似しており、そこからほとんどの技師はマニュアル化された手法を用い、同じレベルの精度でセットアップを行っていることが指示される。

さらに考えられることは、メインでローテーション技師が set up を行う際には必ずスタッフ技師がフォローを行っているという業務体制も大いに関係していると考えられる。

参考文献 5)6)のような経験年数を単純に比較すれば、ベテランとビギナーの差は出るのかもしれないが、今回検討したようにチームとして評価すれば、技術力の差によるリスクが回避できると考えられる。

今回の解析結果から、放射線治療担当に新人技師が混じっていても経験 5 年以上のスタッフ技師とのダブルチェック体制であれば、SE に有意な差は認められないことが示された。

## 7. 結論

放射線治療の set up 技術にはスタッフ群とローテーション群で統計学的な有意差は見られなかった。

## 8. 謝辞

本卒業研究を進めるにあたり、多くの有益な助言を賜った大阪大学大学院医学研究科医用物理工学講座松本光弘准教授に深く感謝の意を表す。またデータの提供をして下さった大阪大学医学部附属病院放射線部川越技師、井ノ上技師、太田技師に厚く感謝の意を表す。

## 9. 参考文献

- 1) 南山堂 放射線治療学 井上 俊彦、井上 武宏、手島 昭樹著 P27
- 2) 平林 久枝 外部照射における Target Volume への照射精度 日本放射線技術学会雑誌 1984: P907-912
- 3) 遠山尚紀、幡野和男、他. 詳説 強度変調放射線治療 物理・技術的ガイドラインの詳細 P201-202
- 4) 高倉 亨、中田 学、矢野 慎輔、他. 前立腺用 IMRT 固定具を用いたセットアップ精度と至適 PTV マージンに関する検討 日本放射線技術学会雑誌 2006; P130-135
- 5) 山口 雅基、阿草 清滋、間瀬 健二、他. 大学における社会人向けソフトウェア技術者人材養成の実施と分析 SEC journal 創刊記念論文
- 6) 武田 啓子、高木 直美. 介護現場における介護技術の習得状況—介護福祉教育における介護技術教育の検討に向けて— 日本福祉大学健康科学論集第 13 巻
- 7) 遠山 尚紀 位置照合・治療の実際(CBCT の活用方法) 日本放射線技術学会放射線治療分科会誌 2009;vol.23 No.1:35-43
- 8) 黒岡 将彦 Linac・RTPS の QA/QC(コミッションング) 日本放射線技術学会放射線治療分科会誌 2009;vol.23 No.23:8-18
- 9) OMS 社 4steps エクセル統計 柳井久江著 P80
- 10) OMS 社 4steps エクセル統計 柳井久江著 P83
- 11) OMS 社 4steps エクセル統計 柳井久江著 P148