

卒 業 論 文

題 目

『骨盤部放射線治療における患者固定方法の違いによる
患者 set up error の統計学的解析』

大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

(指導：放射線技術科学研究室 松本光弘 准教授)

05C09702 筒井保裕

(平成23年1月21日 提出)

要旨

【背景・目的】

放射線治療の治療計画時に設定する set up margin(以下, SM)は患者 set up error (以下, SE)をもとに算出される。骨盤部の放射線治療においては、患者の固定にバックロックを用いる IMRT 照射と、バックロックを用いないそれ以外の照射方法(骨盤部前後対向 2 門・3 DCRT)があるが、これら 2 種類の固定方法の違いが SE にどの程度の差が生じるのかを確認することは SM を考える上でも有用であるといえる。本研究では固定方法の違いによる SE に有意差があるのかどうかを統計学的に解析したので報告する。

【方法・対象】

大阪大学医学部附属病院放射線治療部で骨盤部照射を実施した IMRT 照射 (47 例) 群と IMRT 以外の照射 (40 例 (3DCRT10 例, 前後対向 2 門 30 例)) 群について SE の平均値に差があるかどうかを独立 2 群検定 (t 検定) で解析した。ただし照合方法は IMRT 照射および 3DCRT はコーンビーム CT 法 (3D 照合), 前後対向 2 門はポータルイメージ (2D 照合) 法である。照合結果の評価は x (Lateral)・y (Long)・z (Vertical) の 3 方向と、3 軸のベクトル合成の 3D について行った。

【結果】

IMRT 群と IMRT 以外の群でそれぞれ SE を比較し、t 検定を行ったところ、P 値は X 方向 0.1101、Y 方向 0.0159、Z 方向 0.0009、3D 0.014 であった。これにより、x, y, z の 3 方向と 3D ベクトル合成のすべての方向に危険率 5% 以下で有意差があることが分かった。各方向における、IMRT 照射と IMRT 以外の SE の平均値を次の表 1 に示す。

表 1: 各方向の SE の平均値

	x軸[mm]	y軸[mm]	z軸[mm]	3D
IMRT	0.18	0.45	0.56	3.43
IMRT 以外	-0.06	0.65	1.03	3.64

【結論】

x, y 方向の SE の差はわずか 0.2mm 程度であり臨床的に有意な差があるとは言えないが、z 方向に関してはバックロックを用いることで SE の平均値を 1mm 以内に抑えることができる為、バックロックは患者固定に非常に有用であるといえる。

1. 序論

1-1. 背景

近年、IMRT や IGRT 等の高精度放射線治療が益々発展している。それらの治療を精度良く実施するには、治療計画時に設定した標的体積にいかにか再現性良く照射をすることができるのかが重要であり、その為の患者位置決め精度の向上は必要不可欠である。

標的体積の基本的な概念は、国際放射線単位および測定委員会(ICRU)report 50¹⁾および62²⁾において規定されている。ICRU report 62 では新たに internal margin と set up margin(以下、SM)の考えが導入され、それぞれの施設で適切な margin を設定することが求められている。そのうち、SM は日々発生している患者 set up error(以下、SE)を元に設定されている。

現在、骨盤部放射線治療においては様々な固定具を用いて SE、SM をできる限り小さくする努力がなされている。例えば、大阪大学医学部附属病院では高精度な治療である IMRT では患者固定にバックロックとフットロックを用いており、それ以外の照射方法ではフットロックのみを用いる、といった異なる固定方法が採用されている。

本研究ではその固定具、固定方法の違いによって SE に統計学的有意差が生じるか、set up 精度に臨床的な優劣があるか、SM はおおよそどの程度に設定すべきかを含めて検討した。

1-2. set up error

患者位置決め誤差である SE は、治療計画時の CT 画像と、照射前のリニアック X 線による 2D もしくは 3D 画像との照合により確認される。その誤差は systematic error、random error の 2 種類から構成されている。

systematic error は使用している機器などのシステム自体の誤差や、患者個々の誤差を示しており、random error は set up 者の手技や、患者の動きなどに様々な要因に左右される誤差である。

一般に SE への影響は random error の方が大きい³⁾とされている。

1-3. set up margin

日本における SM の設定は、stroom⁴⁾らや van Herk⁵⁾⁶⁾らの式を用いて算出することが多い。

計算に必要な systematic error (Σ)、random error (σ) の算出式を以下の式(1)、(2)で示した。

$$\Sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\mu_i - \bar{\mu})^2} \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sigma_i)^2} \dots \dots \dots (2)$$

式(1)は患者ごとの SE の平均値の標準偏差を示している。式(2)は患者ごとの SE の標準偏差の平均値を示す。

Stroom らの SM 式は以下の式(3)で求めることができる。

$$\text{Set up margin [mm]} = 2.0 \Sigma + 0.7 \sigma \dots \dots (3)$$

1-4. 累積比率

本研究ではデータ解析の際にヒストグラムと併せて累積比率のグラフを作成している。累積比率は SE の頻度の比率をマイナス方向から順次加算していったもので、これを用いることで、データのバラツキ具合(標準偏差)を視覚的に確認することができる。

2. 目的

大阪大学医学部附属病院では骨盤部の放射線治療において、IMRT 照射では患者の固定にバックロックとフットロックを用いており、それ以外の照射方法(骨盤部前後対向2門・3 DCRT)ではフットロックのみを用いている。それぞれの固定方法の違いによって SE の平均値の差に有意な差があるのかどうかを統計学的に解析する。SM についても同時に検討した。

3. 使用器具

- ・放射線治療用リニアック

ONCOR Impression plus 4.10 および 6.10

- ・固定具

バックロック Vac-Lok Cushions

…ポリウレタンやナイロン製の固定具で、患者1人1人の体型に合わせて作られる。
背中から腰までを広く固定できる為、高い固定精度が必要になるIMRTに用いられている。



Fig.1 : バックロック

フットロック medtec MT-AFS-01 MODEL CIVCO

…骨盤部照射に用いられ、すべての患者に同じものが使用されている。



Fig.2 : フットロック

4. 方法

大阪大学医学部附属病院放射線治療で日々計測されている SE のデータを収集.
x (Lateral)・y (Long)・z (Vartical)の3方向の SE と, 3 軸のベクトル合成の 3D について t 検定を行うことにより評価をした.

4-1.対象

大阪大学医学部附属病院放射線治療部で骨盤部照射を実施し、画像照合により SE の測定を行ったもの.

- ・バックロック有・・・30 例 データ数 1004
照射方法…IMRT
- ・バックロック無・・・57 例 データ数 851
照射方法…3DCRT(27 例), 前後対向 2 門照射(30 例)

4-2.画像照合方法

照合方法は IMRT 照射および 3DCRT はコーンビーム CT 法 (3D 照合), 前後対向 2 門はポータルイメージ (2D 照合) 法である.

4-3.評価

t 検定により平均値の有意差解析を行う.

4-4.SM による評価

患者固定精度を計る指標の一つとして SM を算出し、固定精度の評価に加える.

5. 結果

5-1. t 検定結果

バックロック有の群と無の群でそれぞれ SE を比較し、t 検定を行った。各方向における SE の平均値を次の Table1 に示す。

Table.1:各方向の SE の平均値

	x軸[mm]	y軸[mm]	z軸[mm]	3D
バックロック有	0.18	0.45	0.56	3.43
バックロック無	-0.06	0.65	1.03	3.64
P 値	<0.05	<0.05	<0.01	<0.05

Table.1 より、x、y、z の 3 方向と 3D 合成のすべての方向において危険率 5%以下で有意差が見られた。特に z 軸方向に関しては危険率 1%以下の強い有意差が見られる。

x、y 方向については SE の平均値に僅かな差は見られるものの、バックロック有、無どちらの群においても SE の平均値が 1mm 以内であった。また、z 方向に関してはバックロック無の群で 1mm 以上の SE が生じた。

5-2. ヒストグラムと累積比率

Fig.1 と Fig.2 に x 方向、Fig.3 と Fig.4 に y 方向、Fig.5 と Fig.6 に z 方向のヒストグラムと累積比率のグラフをそれぞれ示す。

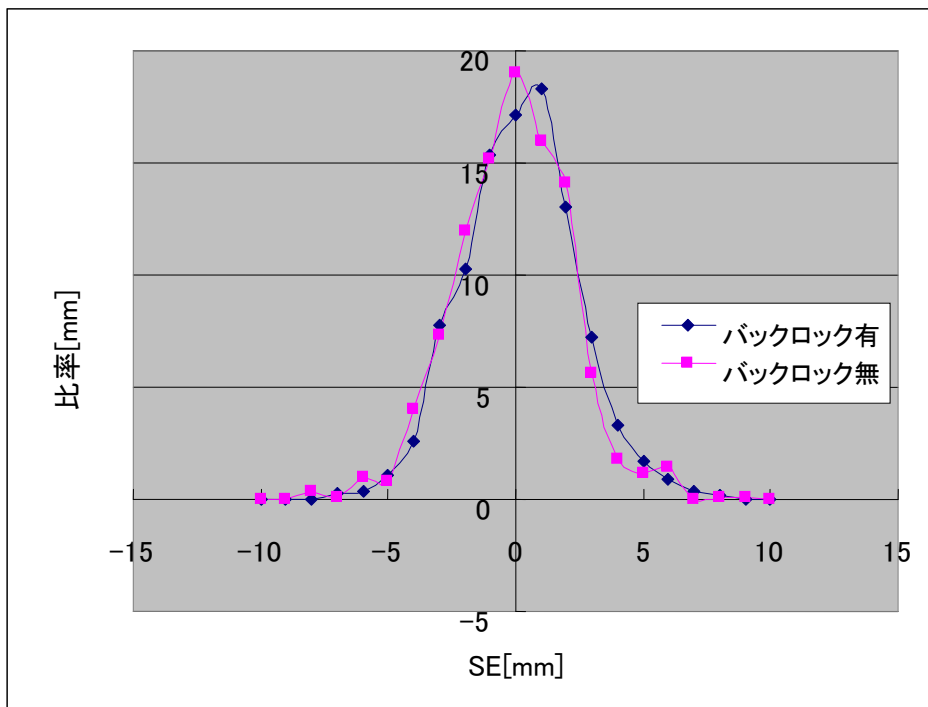


Fig.1 : ヒストグラム(x-direction)

Table2:平均値と標準偏差(x方向)

	データ数	平均値	標準偏差
バックロック有	1004	0.18	2.27
バックロック無	851	-0.06	2.29

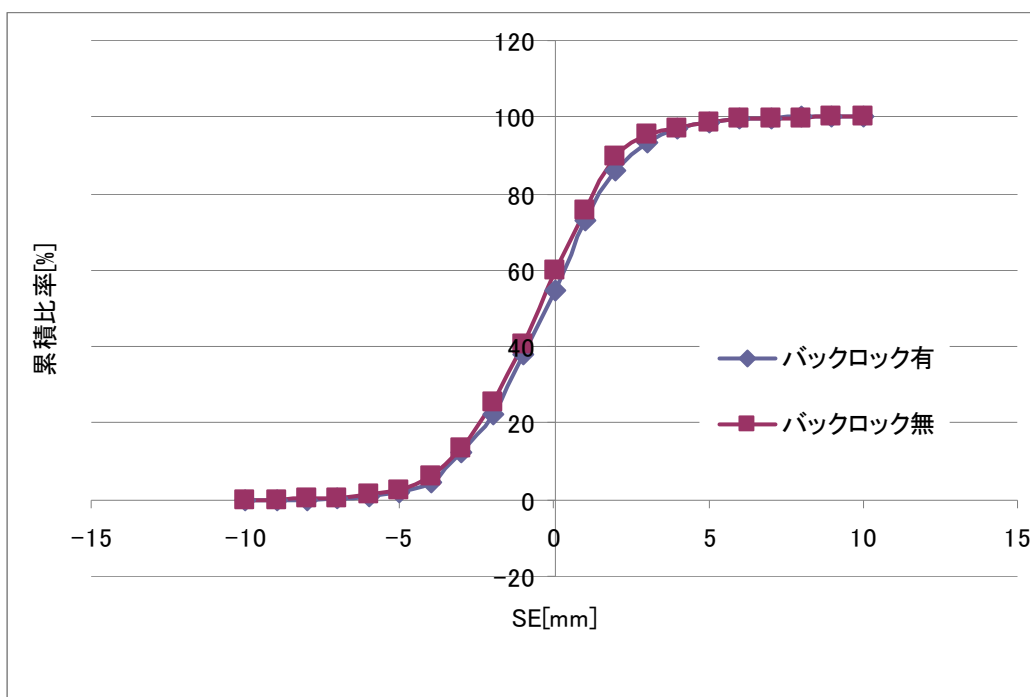


Fig.2 : 累積比率(x-direction)

Fig.1 の x 方向のヒストグラムにおいてはバックロック有の群と無の群において目立った差は見られず、共に正規性の良い分布になっている。また、Fig.2 のグラフにおいても 2 群間で顕著な差は見られない。

x 方向に関しては、以上の結果と、SE の平均値の差が僅か 0.24mm であることを踏まえ総合的に判断すると、臨床における有意な差では無いと言える。

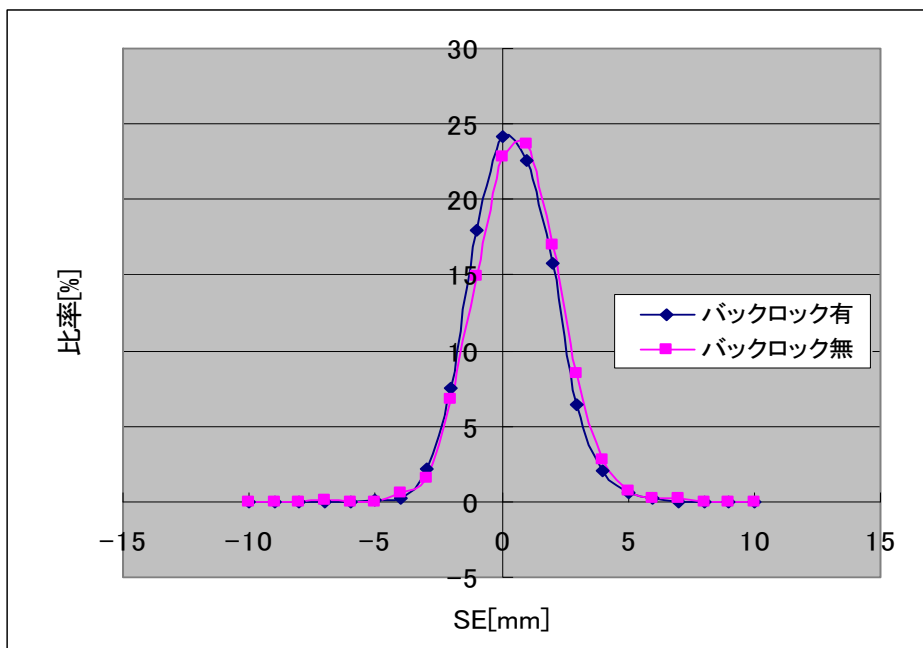


Fig.3 : ヒストグラム(y-direction)

Table3:平均値と標準偏差(y方向)

	データ数	平均値	標準偏差
バックロック有	1004	0.45	1.59
バックロック無	851	0.65	1.67

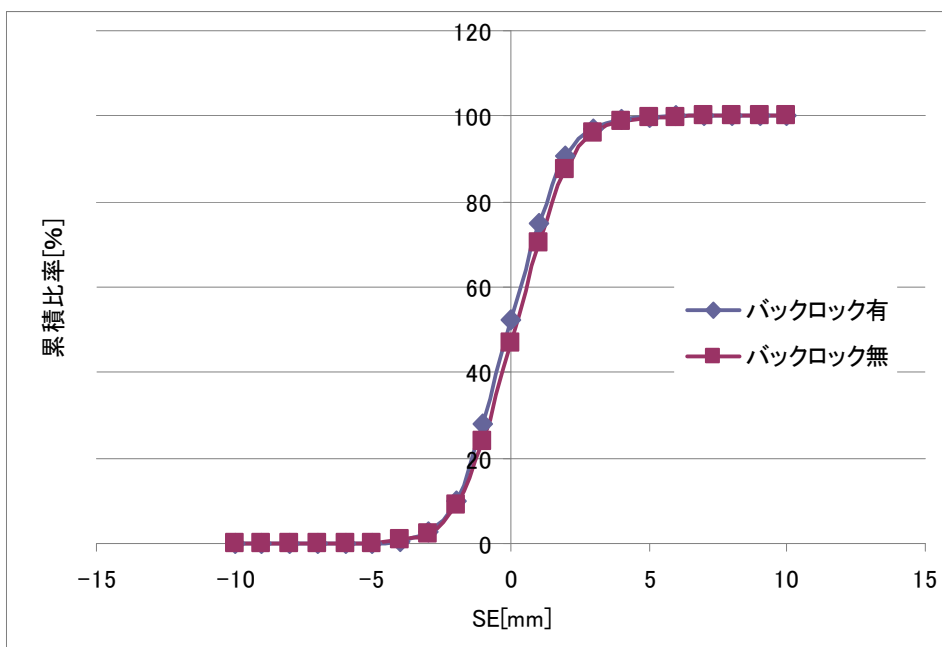


Fig.4 : 累積比率(y-direction)

y方向の結果である Fig.3 と Fig.4 から x方向と同様の結果で、臨床における有意な差では無いと言える。

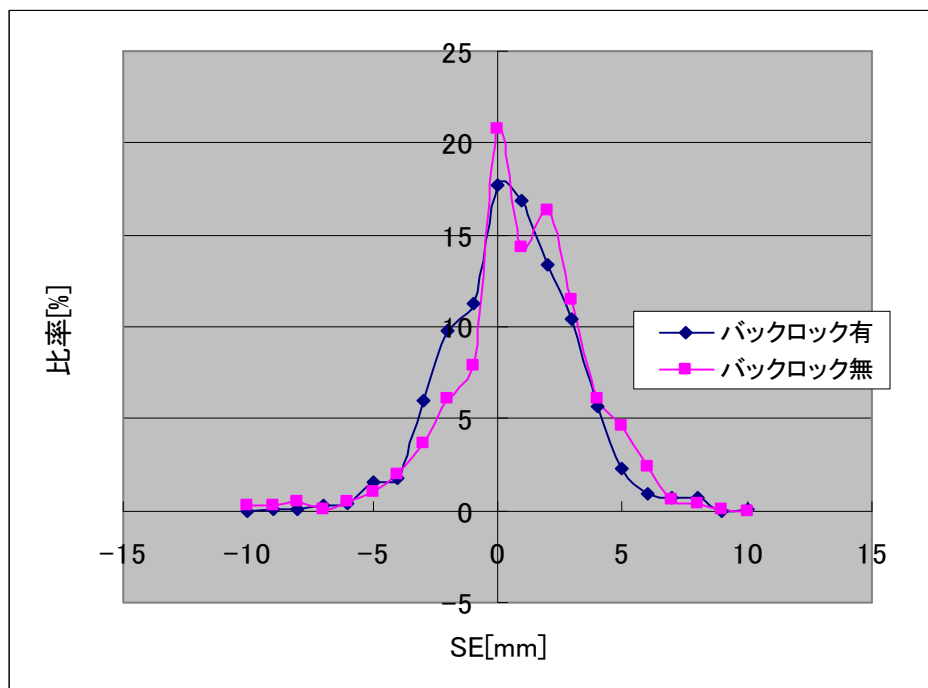


Fig.5: ヒストグラム(z-direction)

Table4: 平均値と標準偏差(z 方向)

	データ数	平均値	標準偏差
バックロック有	1004	0.56	2.49
バックロック無	851	1.03	2.82

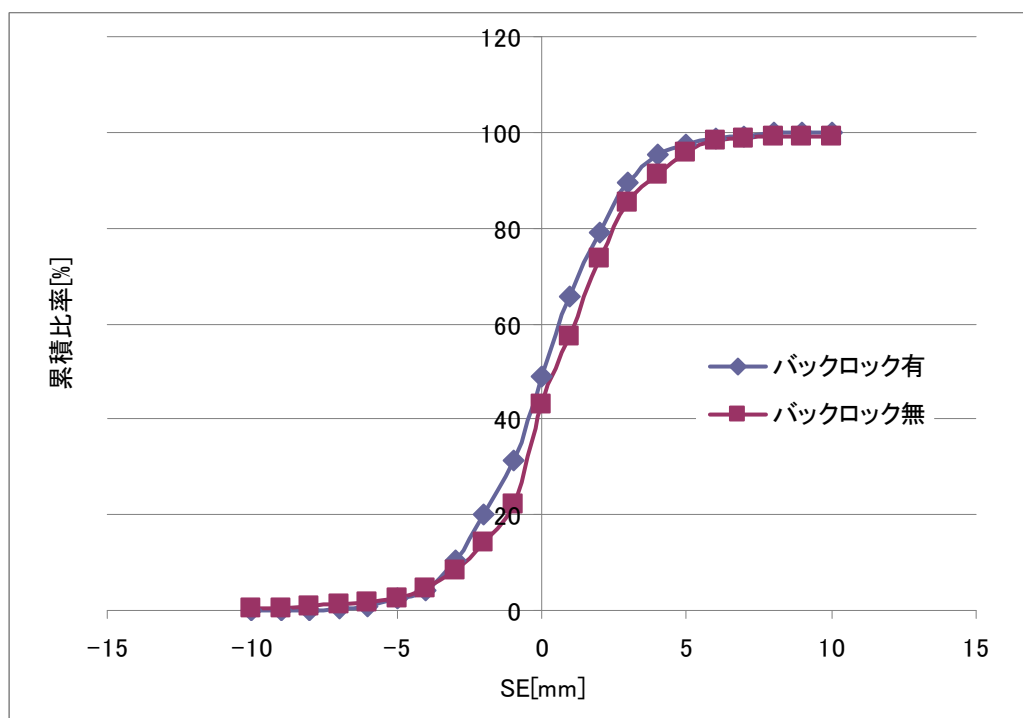


Fig.6 : 累積比率(z-direction)

z 方向についての結果である Fig.5 と Fig.6 からは、2 群間のヒストグラムの分布に差異が見られる。

有の群では正規性は良いがやや広がり広い分布となっており、無の群ではプラス 2mm 程度の位置に誤差が多く現われている。標準偏差の値から考えると、有の群の方がバラツキはやや小さいものと考えられる。

Fig.6 の累積比率のグラフから、バックロック有の群はグラフがやや上方にきていることから標準偏差はやや小さいことを表している。

4-3.SM の算出

各方向における SM を式 3 を用いて算出した。

放射線治療での SM を計算するためにはおおむね照合回数 15 回以上、患者数 15 人以上が必要とされるという報告⁷⁾を参考にしたため、一部の照合回数の少ない患者データを用いず、バックロック有の群の 30 名、無の群の 20 名を対象とした。

各方向における Σ (systematic error) と σ (random error) の値を Table.5 に、SM の計算結果を Table.6 に示す。

$$\text{Set up margin[mm]} = 2.0 \Sigma + 0.7 \sigma$$

Σ : systematic error(患者個々の平均値の標準偏差)

σ : random error(患者個々の標準偏差の平均値)

Table.5: 各方向における Σ と σ

		バックロック有[mm]	バックロック無[mm]
x方向	Σ	1.49	1.18
	σ	1.78	1.81
y方向	Σ	0.99	0.95
	σ	1.24	1.18
z方向	Σ	1.38	1.18
	σ	2.12	2.72

Table.5 より、バックロックを用いると x 方向・z 方向において Σ が、用いない場合に比べて大きいという結果になった。つまり平均値のバラツキが大きいことを表している。

また σ はバックロックを用いることで値は小さくなった。

Table.6 : 各方向における SM

	x方向[mm]	y方向[mm]	z方向[mm]
バックロック有	4.2	2.9	4.3
バックロック無	3.6	2.7	4.3

Table.6 より、x、y 方向ではバックロック有の方は SM が大きく、z 方向においては差が無いという結果が出た。

6.考察

6-1.SE

Table.1 より、y 方向については SE の平均値の差が僅か 0.2mm 程度であることと、どちらの固定方法においても SE の平均値が 1mm 以下の十分小さい値である為、臨床で考慮しなくてはならない程度の誤差ではなく、どちらの固定方法も精度が高いといえる。

z 方向に関しては SE の平均値が、バックロックを用いると 0.56mm、用いないと 1.03mm という結果からも、明らかにバックロックの有用性が指示された。

3D 方向においてもバックロックを用いることで SE の平均値が小さくなるという結果には、z 方向の SE の差が顕著に現れたためと考えられる。

6-2.SM

Table.6 より、小数点以下 1 桁の結果では x、y 方向に差が出たが、寝台の修正最小単位である 1 mm を考慮すれば、x 方向、y 方向、z 方向にそれぞれ SM は 4mm、3mm、4mm となり、固定具の種類に関わらず同等となった。

6.結論

骨盤部放射線治療の固定具にバックロックを用いることでy、z方向の固定精度が上がり、特にz方向に関してはバックロックを用いない場合に比べて明らかに固定精度が高いということが指示された。しかしSMに関しては差はなかった。

7.引用文献

- 1) ICRU Report 50. Prescribing, Recordind and Reporting Photon Beam Therapy (supplement to ICRU Report 50). International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1993.
- 2) ICRU Report 62. Prescribing, Recordind and Reporting Photon Beam Therapy. International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1999.
- 3)Yan D, Lockman D, Brabbins D,et al.:An off-line strategy for constructing a patient-specific planning target volume in adaptive treatment process for prostate cancer.Int J Radiat Oncol Biol Phys,48(1),289-302,(2000)
- 4)Stroom JC, deBoer HC,Huizenga H,et al,Inclusion of geometrical uncertainties in radiotherapy treatment planning by means of coverage probability.Int J Radiat Oncol Biol Phys 1999;43(4):905-919.
- 5)ven Herk M, Remei jer P, Rasch C, et al the probabikity of correct target dosage:dose-population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy.Int J Radiat oncol Biol Phys 2000:47(4):1121-1135
- 6) ven Herk M, Remei jer P, Lebesque JV. inclusion of geometric uncertainties in treatment plan evaluation. Int J radiat Oncol Biol Phys 2002;52(5):1407-1422
- 7)松本 光弘, 太田 誠一, 大野吉美, 小縣 裕二 放射線治療におけるセットアップマージンに関する検討: どれだけの照合数と患者数が必要か