



# 蛍光ガラス線量計を用いた陽子線の 郵送線量調査に関する研究

大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

○山形梨華・浅井奏子・尾崎史歩・福田涼香

大阪大学大学院医学系研究科

松本光弘



この研究発表の内容に関する利益相反事項は、

ありません

日本放射線技術学会  
近畿部会  
第62回学術大会

## 背景・目的

ガラス線量計を用いたX線郵送調査を  
医用原子力技術研究振興財団(ANTM)が  
「治療用照射装置の出力線量測定義務を  
平成19年11月から実施



陽子線装置の  
郵送調査は可能？

蛍光ガラス線量計は  
陽子線治療用装置における  
線量郵送調査に適した  
デバイスであるか検証



# 使用器具

- ▶ リニアック治療装置 (6MVX線)
- ▶ 蛍光ガラス線量計・小型素子システム Dose Ace(AGCテクノグラス株式会社)

線量計小型素子                      高エネルギー測定用    GD-302M

線量計リーダ                        FGD-1000

読取マガジン                        FGD-M151

アニールマガジン                    FGD-C101

アニール用電気炉                    NEW-1CT

プレヒート用恒温器                DKN-302

プレヒートトレー                    FGD-C102

- ▶ PTW30013型ガラス素子測定用ファーマ形ファントム(防水型)

# 郵送協力

- 南東北がん陽子線治療センター 粒子線治療装置  
陽子タイプ (三菱電機)
- 兵庫県立粒子線医療センター 陽子線治療装置  
回転ガントリ2号機(日立製作所)
- 大阪陽子線クリニック MELTHEA(三菱電機)
- 神戸陽子線センター MELTHEA V(三菱電機)
- 社会医療法人 高清会 高井病院 陽子線治療システム  
(住友重機械工業)

# 方法① 線質補正係数の算出

ガラス素子(GD-302M)の線量計リーダーの校正を6MVX線で行っているため、陽子線エネルギー解析の補正が必要である。そのため、南東北がん陽子線治療センターの協力の下、陽子線測定における補正係数を算出し、線量補正をした。

照射



測定



解析

- ・ 式(1)により補正係数を算出

$$\text{補正係数} = \frac{\text{実測値}[cGy]}{\text{FGD1000の測定値}[cGy]} \dots \text{式(1)}$$

- ・ 求めた補正係数と残余飛程 $R_{res}$ 、実用飛程 $R_p$ それぞれについての線質依存性を調べた。

# 方法② 郵送調査

郵送

- 陽子線治療装置を所有する4施設に測定セットを郵送
- ・測定用ファントム
- ・GD20本入りケース

照射

- ・各施設3エネルギー
- ・SOBP中心に1Gy照射依頼

測定

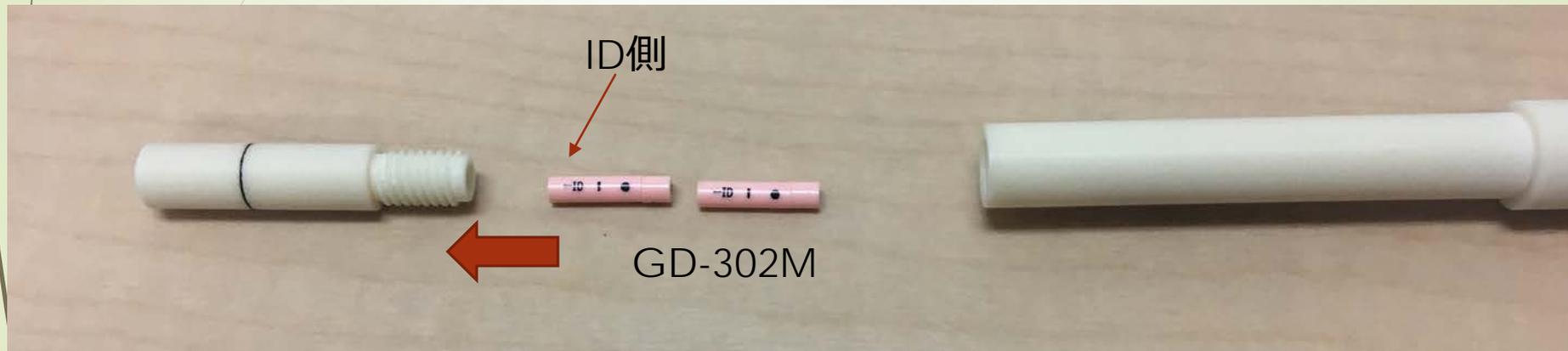
- ・返却後プレヒート処理
- ・FDG-1000による測定



ファーマ形測定用ファントム

# 方法② 照射方法

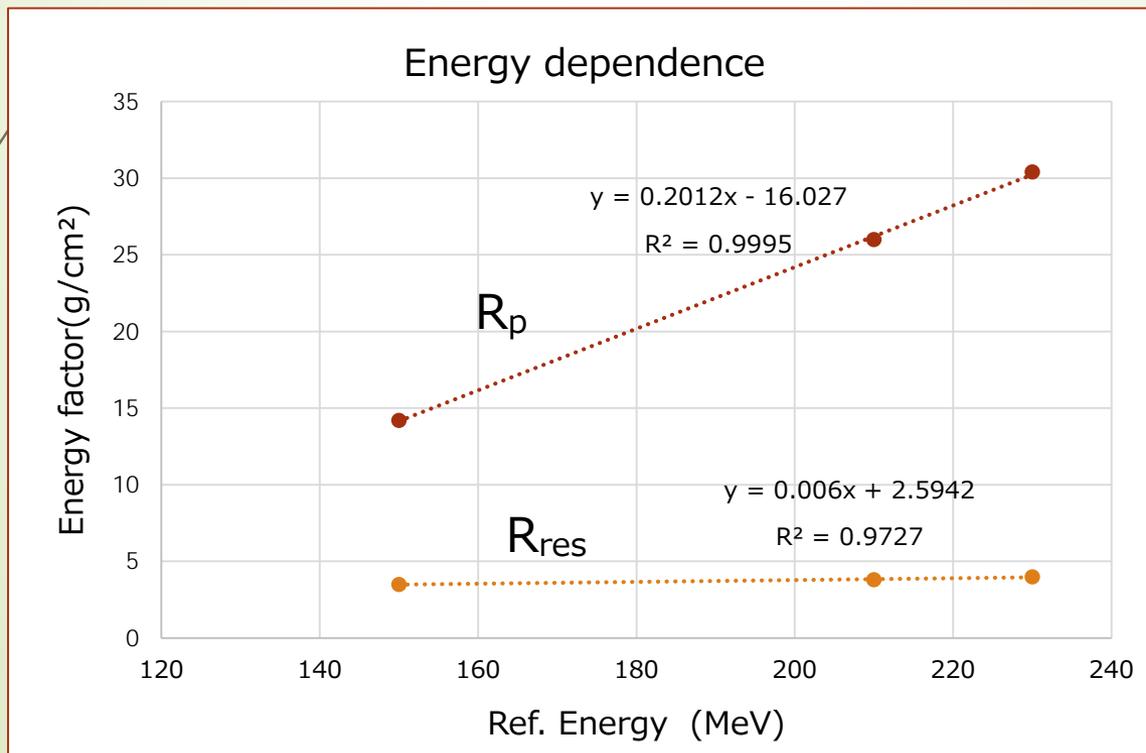
## ファーマ形測定用ファントム



# 結果 線質補正係数の算出

エネルギーと $R_{res}$ ,  $R_p$ との相関

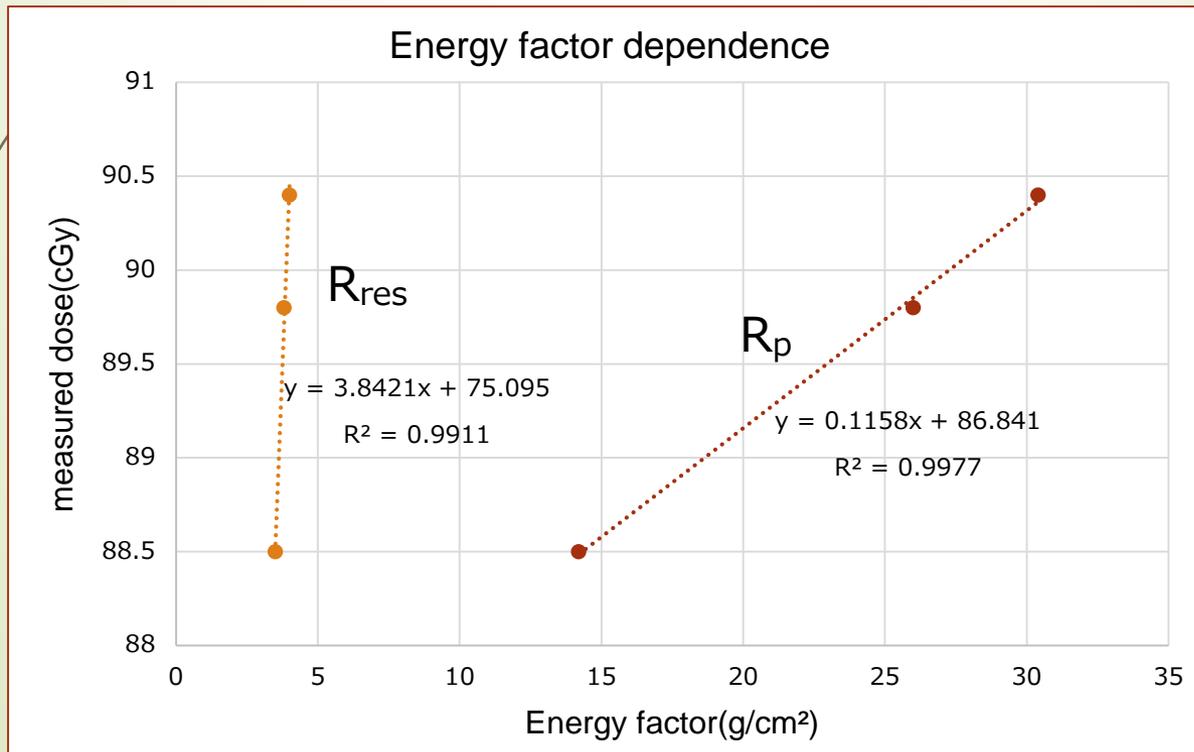
Energy(MeV)	$R_{res}$ (g/cm <sup>2</sup> )	$R_p$ (g/cm <sup>2</sup> )
150	3.5	14.2
210	3.8	26.0
230	4	30.4



# 結果 線質補正係数の算出

$R_{res}$ ,  $R_p$  と測定線量との相関

$R_{res}(g/cm^2)$	$R_p(g/cm^2)$	Measured dose(cGy)
3.5	14.2	88.5
3.8	26.0	89.8
4	30.4	90.4

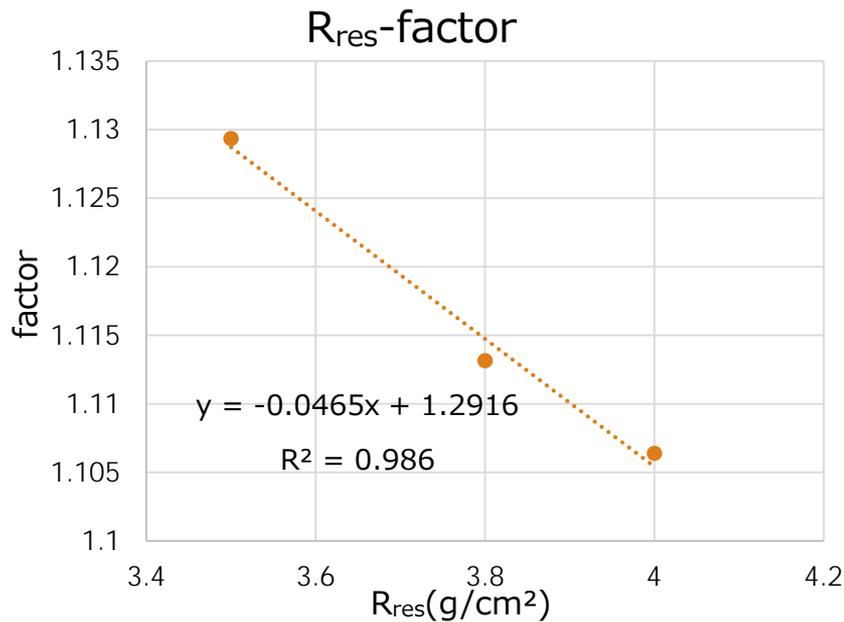


# 結果 線質補正係数の算出

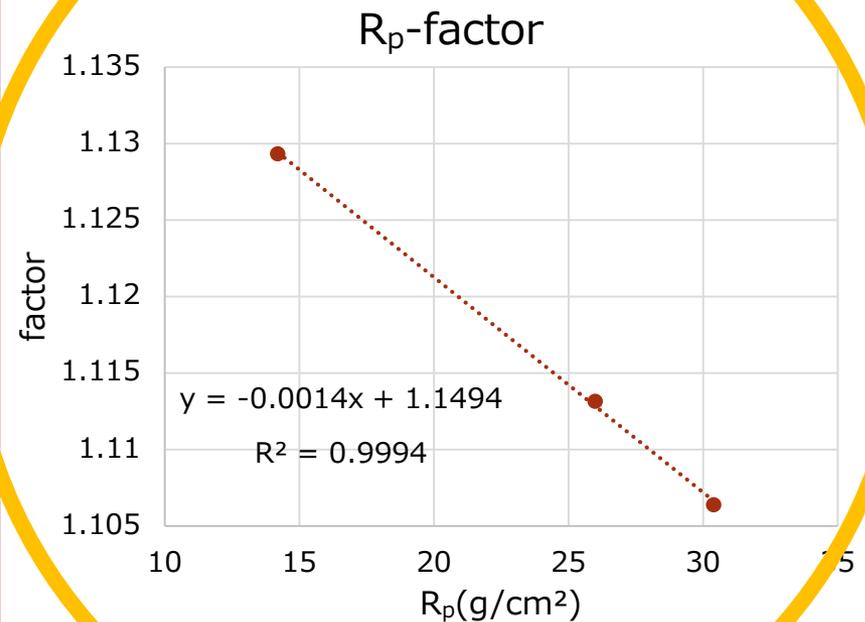
$R_{res}$ ,  $R_p$  と補正係数との相関

$R_{res}(g/cm^2)$	$R_p(g/cm^2)$	Factor
3.5	14.2	1.129
3.8	26.4	1.113
4	30.4	1.106

$R_p$  による  
線質補正を採用



相関係数  $r = -0.993$



相関係数  $r = -0.9997$

# 結果 郵送調査

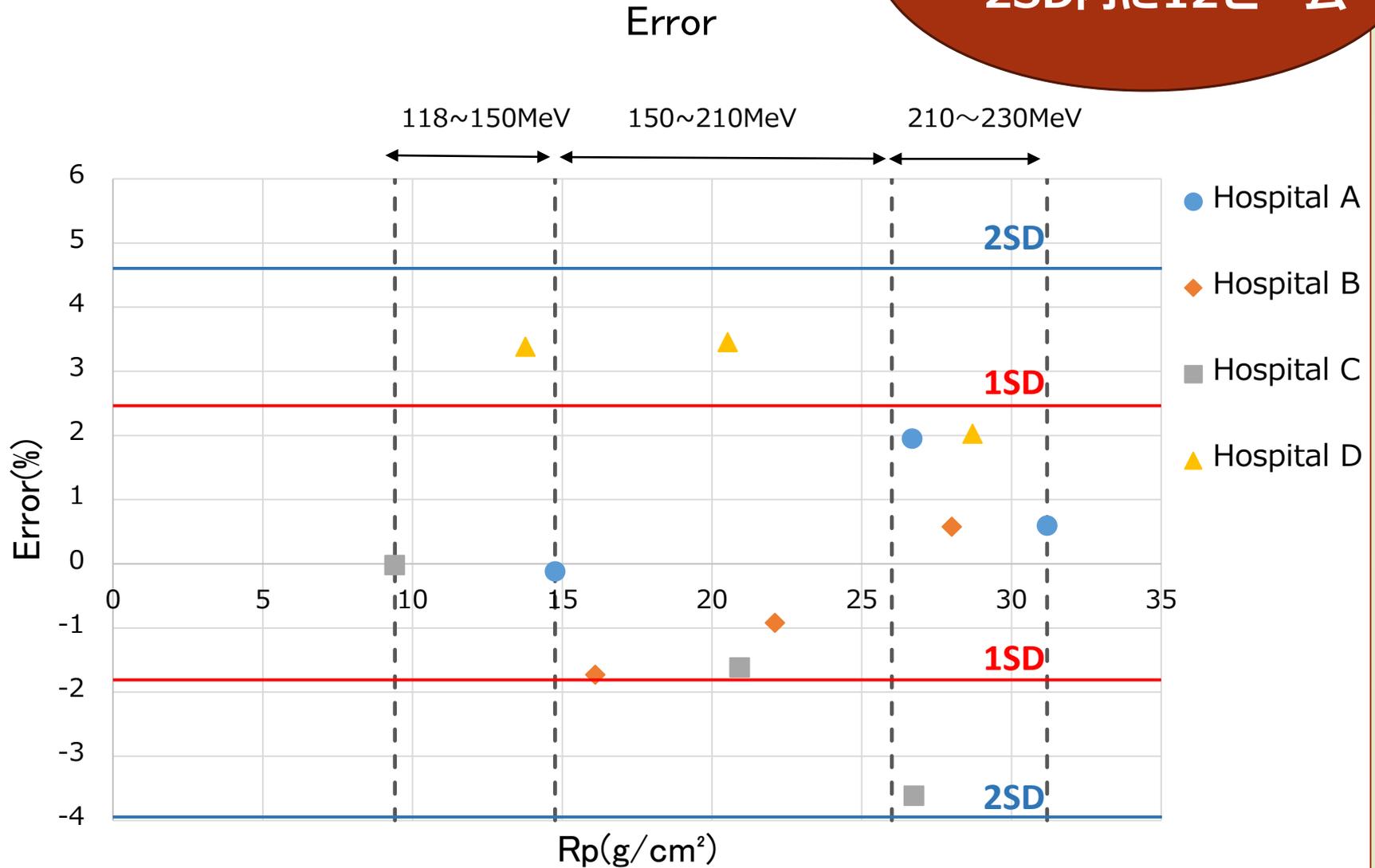
## 照射依頼線量1Gyに対する誤差

	Energy(MeV)	R <sub>p</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	factor	Dose(cGy)	Error (%)
Hospital A	150	14.76	1.129	101.95	1.95
	210	26.68	1.112	99.88	-0.12
	230	31.19	1.106	100.59	0.59
Hospital B	153	16.1	1.127	100.58	0.58
	183	22.1	1.118	99.08	-0.92
	210	28	1.110	98.27	-1.73
Hospital C	118	9.41	1.136	102.36	2.36
	183	20.93	1.120	101.00	1.00
	210	26.75	1.112	99.88	-0.12
Hospital D	150	13.77	1.118	99.08	-0.92
	190	20.52	1.122	101.20	1.20
	230	28.7	1.109	102.18	2.03

誤差平均  
0.33±2.14%

# 結果 郵送調査

全12ビーム中  
1SD内に9ビーム  
2SD内に12ビーム



# 結果 不確かさの見積もり

## ファーマー形線量計による陽子線測定の不確かさ

物理量または手段	相対標準不確かさ(%)
<b>線量校正における不確かさ</b>	
<b>ステップ1:標準構成機関</b>	
特定二次標準器の校正定数 $N_{D,W}$	0.40
特定二次標準器による基準 $\gamma$ 線場の決定	0.18
二次線量標準機関におけるユーザ電離箱線量計の測定値	0.27
<b>ステップ1の合成不確かさ</b>	<b>0.52</b>
<b>ステップ2:ユーザ施設の陽子線</b>	
ユーザ電離箱線量計の長期安定性	0.3
基準条件の設定	0.4
モニタ設定値に対する表示値 $M_{raw}$	0.6
補正係数 $k_i$	0.4
線質変換係数 $k_Q$ (計算値)	1.7
<b>ステップ2の合成不確かさ</b>	<b>1.9</b>
<b><math>D_{W,Q}</math>の相対合成標準不確かさ (ステップ1+2)</b>	<b>2.0</b>

# 結果 不確かさの見積もり

本実験におけるGD測定の不確かさ

標準不確かさ	標準不確かさ(%)
素子間の感度ばらつき (新品)	1.1
読み取り再現性	0.3
Position間のばらつき	1.7
合成標準不確かさ	2.0
ファーマー形線量計 + ガラス線量計の相対合成標準不確かさ	2.8
相対拡張標準不確かさ (包含係数 $k=2$ )	6

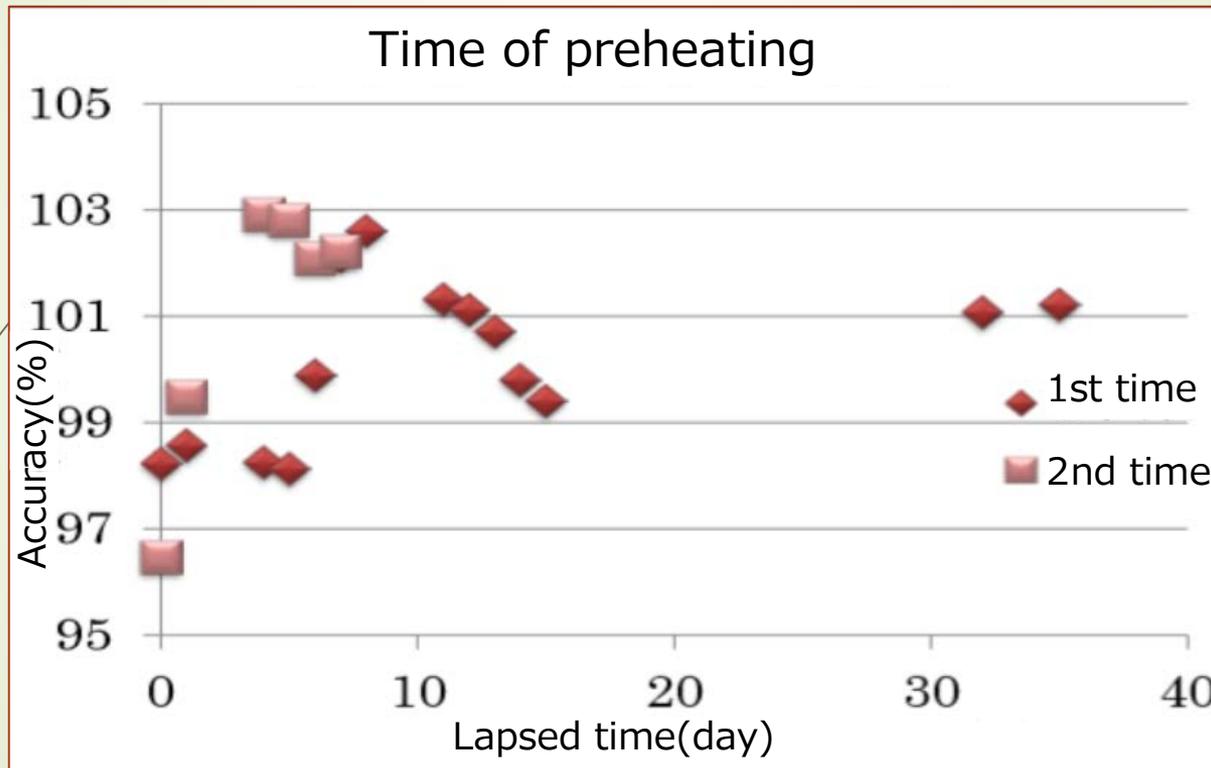
## 考察②

- ▶ 計測結果と実用飛程 $R_p$ の相関係数は-0.9997、  
残余飛程 $R_{res}$ の相関係数は-0.993であり、 $R_p$ のほうが  
 $R_{res}$ よりも相関が良かったため、 $R_p$ を線質指標として  
線質補正係数を算出した。

## 考察②

- ▶ 郵送調査を行った4施設の全12ビームにおいて、標準不確かさ $\pm 6\%$ の範囲内であり、また $\pm 2SD$ の範囲内であった。
- ▶ 病院Dにおいて3ビームとも誤差が $+2.03\sim 3.46\%$ と大きくなった原因として、照射からプレヒートまでに6日間とスパンが開いたことが考えられる。先行研究により、照射から6日後のタイミングでプレヒートをした場合 $2\sim 3\%$ 増加傾向があるという結果(ビルドアップ現象)を得ており、そのための誤差と考えている。

# ビルドアップ現象





## 結論

ガラス線量計郵送線量調査において、測定値は相対拡張標準不確かさの範囲内であり、陽子線線量調査においても郵送調査の有用性が証明された。

# 謝辞

## 大阪大学医学部附属病院放射線部

井ノ上技師 有村技師

## 郵送調査にご協力いただいた施設

南東北がん陽子線治療センター

兵庫県立粒子線医療センター

医療法人伯鳳会 大阪陽子線クリニック

神戸陽子線センター

社会医療法人高清会 高井病院

ご清聴ありがとうございました。

