

# コンパクト型非接触型 X線アナライザの不確かさの検討

大阪大学医学部保健学科

川手真奈・佐藤光優

大阪大学大学院医学系研究科

松本光弘



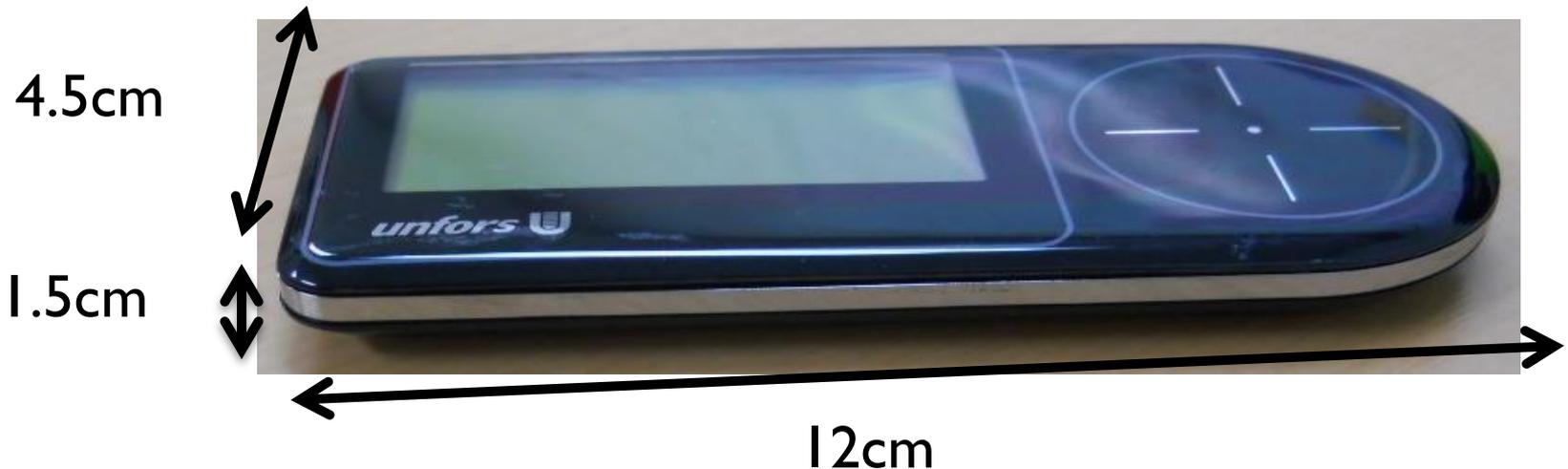
**この研究発表の内容に関する利益相反事項は、**

**ありません**

**日本放射線技術学会  
近畿部会  
第58回学術大会**

# Unfors ThinX RAD

- 一般撮影装置での管電圧、線量、線量率、半価層、照射時間、およびパルスと同時に測定するマルチパラメータ測定器
- 操作ボタンが一切なく、すべて自動で行われる
- 非常にコンパクトなサイズにもかかわらず最先端技術を搭載



# 目的

診断領域の撮影装置におけるUnfors ThinX RAD (以下 Unfors)の測定値の不確かさを指頭形線量計 (以下 Farmer)を用いて検討した。

# 使用機器・器具

- X線発生装置
  - KXO-50G(TOSHIBA社製)
  - KXO-80G(TOSHIBA社製)
- 指頭形線量計
  - PTW社 30010型 0.6cc
- 電位計
  - PTW社 UNIDOSE-E EMF331型
- Unfors ThinX RAD (Unfors Ray Safe AB社製)
- アネロイド型気圧計 No.7610-20(SATO-KEIRYOKI社製)
- 水銀温度計
- 半価層測定用アルミフィルタ及び取り付け器具

# 方法

1. 半価層の測定
2. 空気カーマの測定
  - a. 管電圧特性
  - b. タイマ特性

# I. 半価層の測定

KXO-50G、KXO-80GのAI半価層をUnforsとFarmerとで測定



Unforsでの測定



Farmerでの測定

# 〈曝射条件〉

## UnforsでのKXO-50G、KXO-80Gにおける半価層測定条件

kV	60	70	80	90	100	110	120
mA	200	200	200	200	200	200	200
msec	100	100	100	100	100	100	100

## Farmerにおける半価層測定条件

### KXO-50G

kV	60	80	100	120
mA	250	200	200	200
msec	200	200	100	100

### KXO-80G

kV	60	80	100	120
mA	320	320	320	200
msec	100	100	100	100

焦点検出器間距離100cm

照射野5×5cm

## 〈半価層の算出方法〉

$$d_{1/2} = \{t_b \times \ln(2E_a/E_o) - t_a \times \ln(2E_b/E_o)\} / \ln(E_a/E_b)$$

$E_o$  : AI吸収板のない場合の線量

$E_a$  :  $E_o/2$ より少し大きい線量

$E_b$  :  $E_o/2$ より少し小さい線量

$t_a$  :  $E_a$ が得られたときのAIの厚さ

$t_b$  :  $E_b$ が得られたときのAIの厚さ

$$E_a > E_b \text{ および } t_a < t_b$$

## 2-a. 空気カーマの測定(管電圧特性)

- KXO-50GとKXO-80Gにおいて管電圧を変化させ、Unfors とFarmerとで線量をそれぞれ測定
- それぞれの管電圧の設定値とUnfors の管電圧表示値とを比較

### 〈曝射条件〉

焦点検出器間距離100cm 照射野10×10cm

管電流200mA 照射時間100msec

管電圧50、60、70、80、90、100、110、120、130、140kV

## 2-b. 空気カーマの測定(タイマ特性)

- KXO-50GとKXO-80Gにおいて照射時間を変化させ、Unfors とFarmerとで線量をそれぞれ測定
- それぞれのタイマの設定値とUnfors のタイマ表示値との比較

### 〈曝射条件〉

焦点検出器間距離100cm 照射野10×10cm

管電流200mA 管電圧80kV

撮影時間10、20、40、80、160、320msec

その後、管電圧のみを120kVに変更して同様に測定

# 〈測定電荷量[C]から吸収線量[Gy]への変換〉

$$D \text{ [Gy]} = Q \times N \times 2.58E-04 \times 33.97 \times k_1$$

D : 吸収線量 [Gy]

Q : 測定電荷量 [C]

$N_c$  : Farmerの校正定数 (5.653E+09 [R/C] )

$k_1$  : 大気補正係数

$$k_1 = [(273.2+T) \times P_o] / [(273.2+T_o) \times P]$$

T、P : 測定時気温 [°C]、気圧 [hPa]

$T_o$ 、 $P_o$  : 線量計校正時の気温 [°C]、気圧 [hPa]

F : 変換係数

本研究で用いた指頭形線量計は $N_c$  (コバルト校正定数)であるため、

診断領域エネルギーに変換するための変換係数(F)として0.9425を用いた。

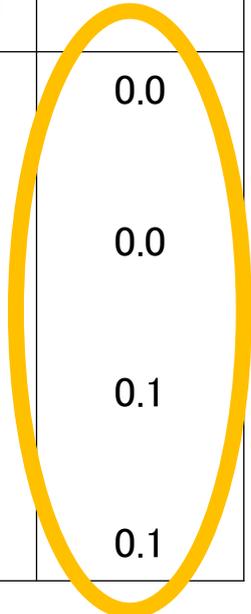
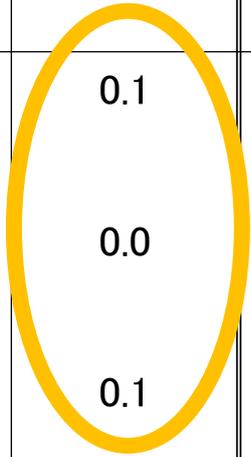
# 結果

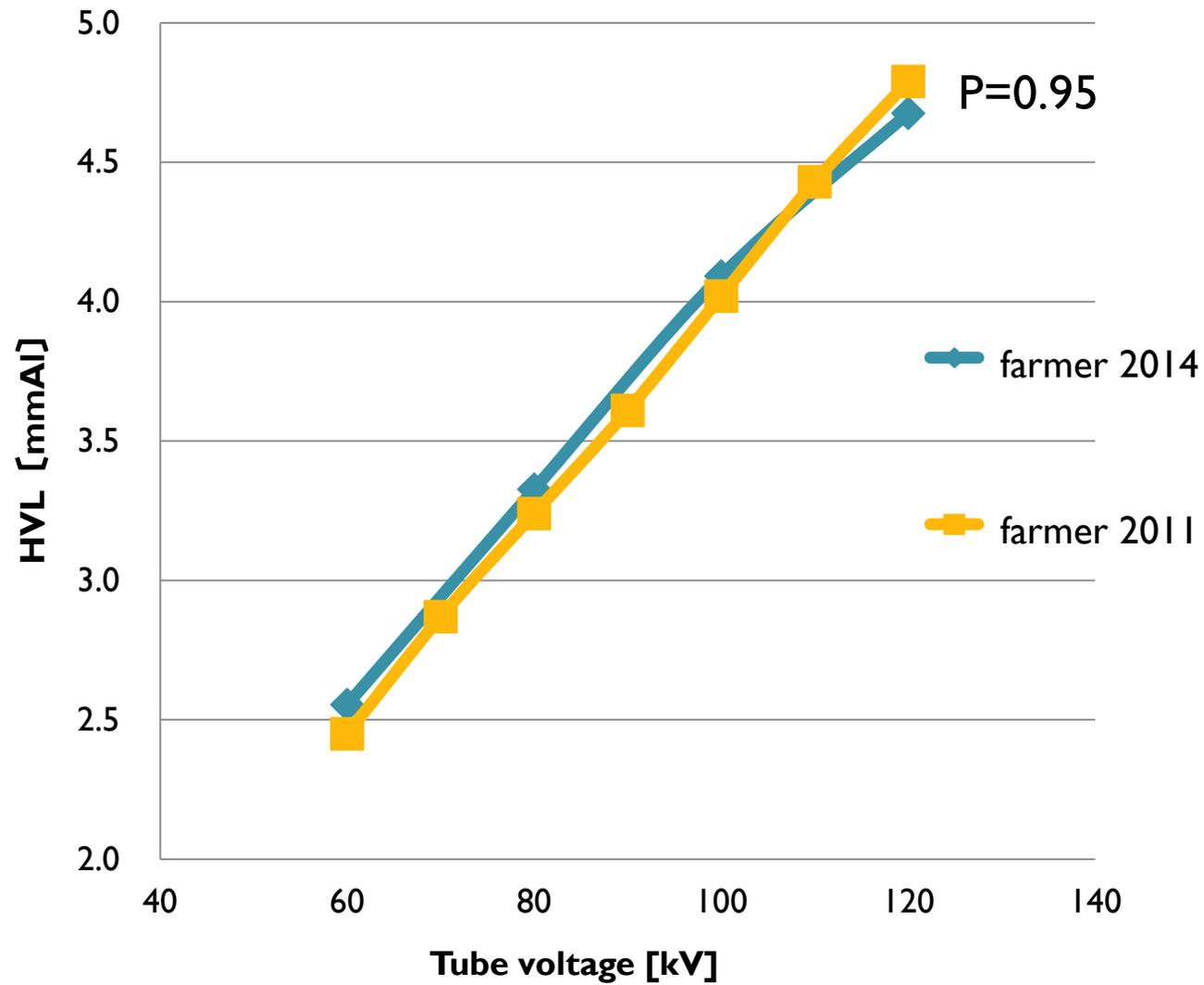
## I. 半価層の測定

半価層の測定値

Tube voltage [kV]	KXO-50G			KXO-80G		
	Unfors [mmAl]	Farmer [mmAl]	$\Delta$ [mmAl]	Unfors [mmAl]	Farmer [mmAl]	[mmAl]
60	2.5	2.6	0.1	2.3	2.3	0.0
70	2.8			2.6		
80	3.3	3.3	0.0	3.0	3.0	0.0
90	3.7			3.4		
100	4.2	4.1	0.1	3.9	3.8	0.1
110	4.6			4.3		
120	5	4.7	0.3	4.7	4.6	0.1

0.2mmAlという  
不確かさの範囲内





KXO-50Gにおける半価層の経年比較

## 2-a. 空気カーマの測定(管電圧特性)

KXO-50Gの測定値

全て不確かさの範囲内

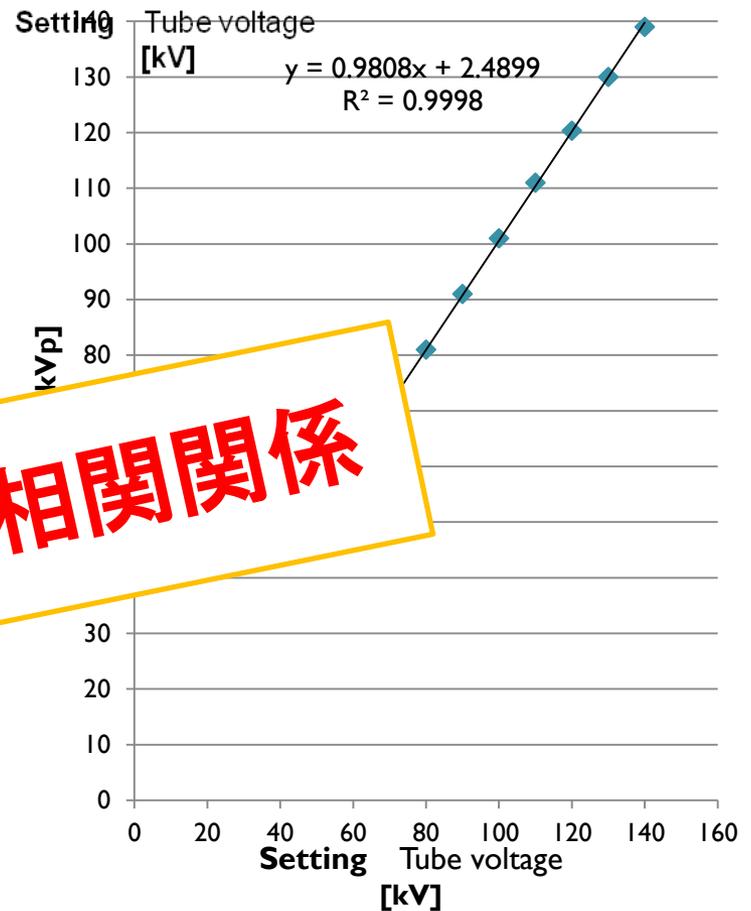
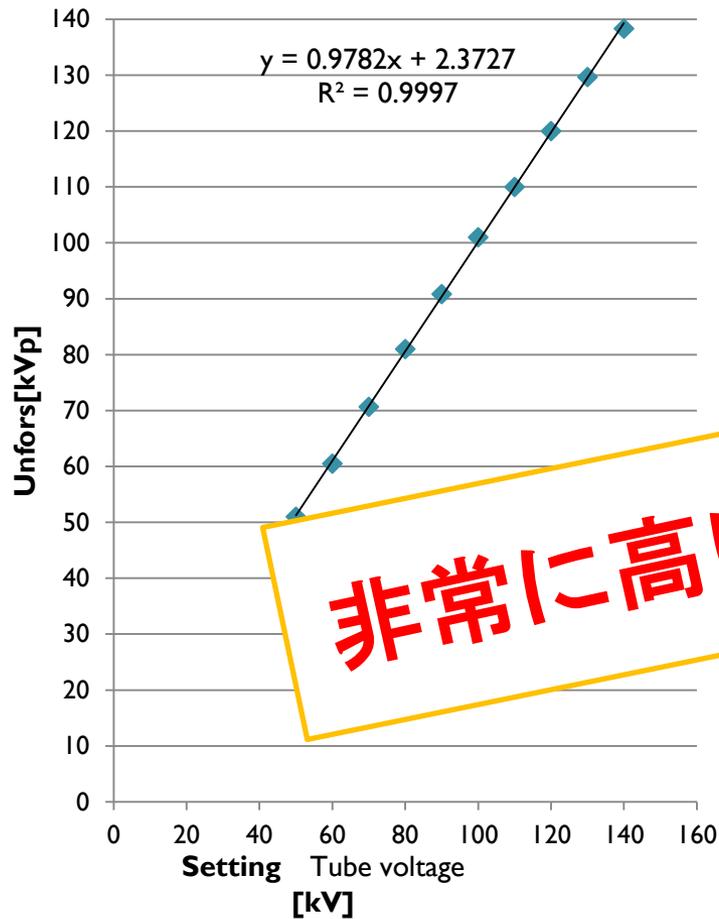
Tube voltage [kV]	Dose [mGy]	Unfors			farmer
		Uncertainly 5% [mGy]			Dose ave [mGy]
50	0.38	0.36	~	0.40	0.36
60	0.59	0.56	~	0.61	0.57
70	0.81	0.77	~	0.85	0.79
80	1.1	1.0	~	1.1	1.0
90	1.3	1.2	~	1.4	1.3
100	1.6	1.5	~	1.7	1.6
110	1.9	1.8	~	2.0	1.9
120	2.3	2.2	~	2.4	2.2
130	2.6	2.5	~	2.8	2.6
140	3.0	2.9	~	3.2	2.9

## KXO-80Gの測定値

全て不確かさの範囲内

Tube voltage [kV]	Dose [mGy]	Unfors			farmer
		Uncertainly 5% [mGy]			Dose ave [mGy]
50	0.51	0.49	~	0.54	0.50
60	0.78	0.74	~	0.82	0.77
70	1.1	1.0	~	1.2	1.1
80	1.4	1.3	~	1.5	1.4
90	1.7	1.6	~	1.8	1.7
100	2.1	2.0	~	2.2	2.0
110	2.5	2.4	~	2.6	2.4
120	2.9	2.8	~	3.0	2.8
130	3.3	3.1	~	3.5	3.2
140	3.6	3.4	~	3.8	3.7

# X線発生装置の設定値とUnforsで測定した管電圧表示値との相関関係



**非常に高い相関関係**

相関係数0.9999 決定係数：0.9997

KXO-50G

相関係数0.9999 決定係数：0.9998

KXO-80G

## 2-b. 空気カーマの測定(タイマ特性)

KXO-50G

管電圧80kVでの測定値

管電圧120kVでの測定値

Timer [msec]	Unfors				Farmer	Timer [msec]	Unfors				Farmer
	Dose [mGy]	Uncertainly 5% [mGy]			Dose ave [mGy]		Dose [mGy]	Uncertainly 5% [mGy]			Dose ave [mGy]
10	0.11	0.10	~	0.11	0.10	10	0.23	0.22	~	0.24	0.22
20	0.21	0.20	~	0.22	0.20	20	0.46	0.44	~	0.48	0.44
40	0.42	0.40	~	0.44	0.41	40	0.92	0.87	~	0.97	0.88
80	0.8	0.76	~	0.84	0.8	80	1.8	1.7	~	1.9	1.8
160	1.7	1.6	~	1.8	1.6	160	3.7	3.5	~	3.9	3.6
320	3.4	3.2	~	3.6	3.3	320	7.5	7.1	~	7.9	7.3

全て不確かさの範囲内

# KXO-80G

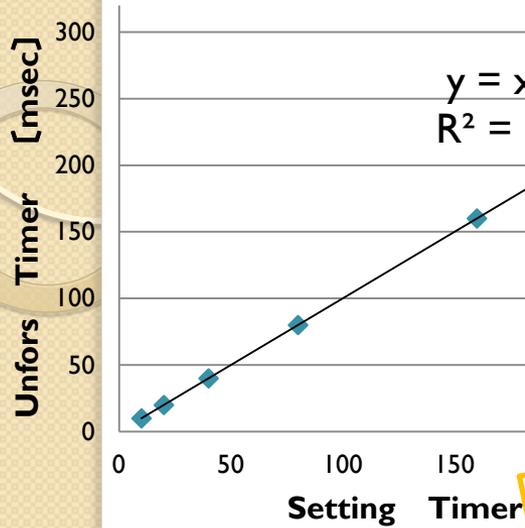
## 管電圧80kVでの測定値

## 管電圧120kVでの測定値

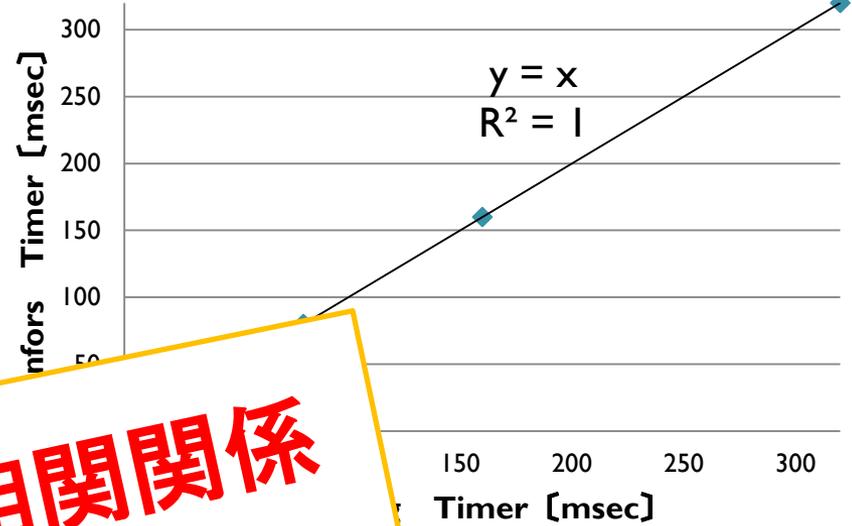
Timer [msec]	Unfors			Farmer	Timer [msec]	Unfors			Farmer
	Dose [mGy]	Uncertainly 5% [mGy]		Dose ave [mGy]		Dose [mGy]	Uncertainly 5% [mGy]		Dose ave [mGy]
10	0.14	0.13 ~ 0.15		0.14	10	0.30	0.29 ~ 0.32		0.29
20	0.28	0.27 ~ 0.29		0.28	20	0.59	0.56 ~ 0.62		0.57
40	0.56	0.53 ~ 0.59		0.55	40	1.2	1.1 ~ 1.3		1.1
80	1.1	1.0 ~ 1.2		1.1	80	2.3	2.2 ~ 2.4		2.2
160	2.2	2.1 ~ 2.3		2.2	160	4.5	4.3 ~ 4.7		4.5
320	4.4	4.2 ~ 4.6		4.3	320	9.2	8.7 ~ 9.7		9.1

全て不確かさの範囲内

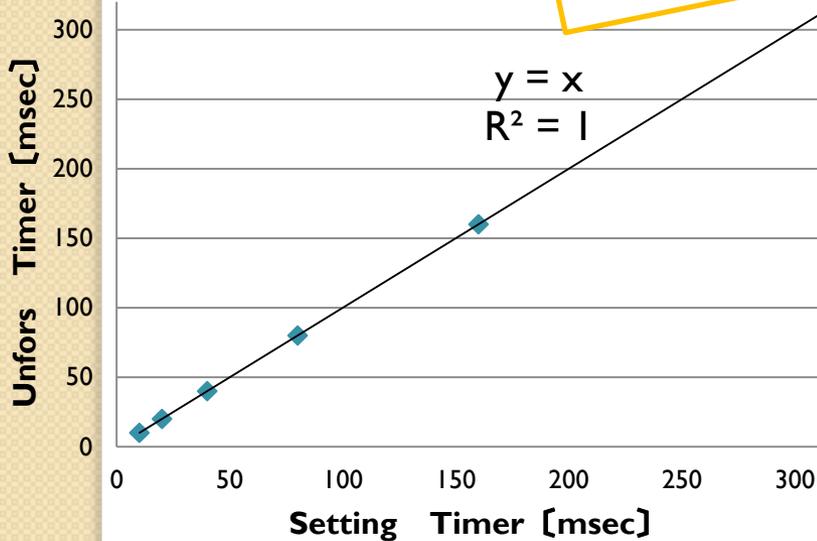
# X線発生装置の設定値とUnforsで測定したタイマ表示値との相関関係



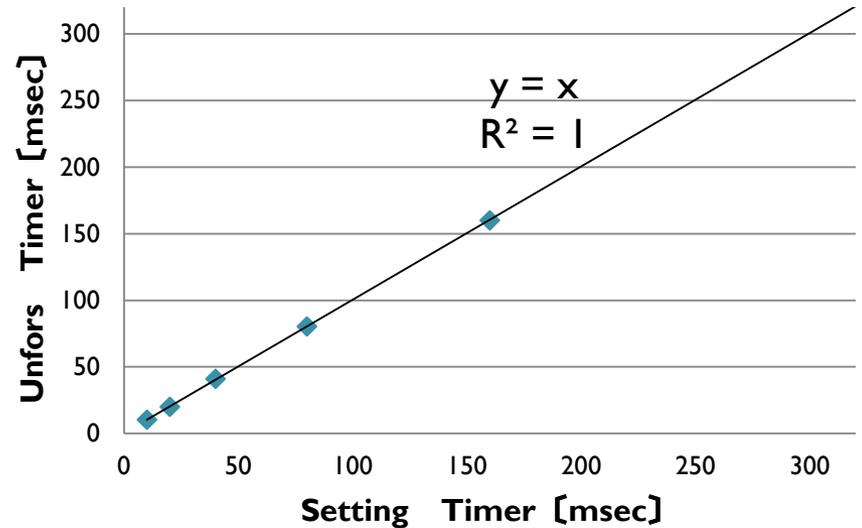
80kV



120kV



KXO-80G



完全な相関関係

# 考察

## I. 半価層の測定

- 半価層は概ね0.2mmAlという不確かさの範囲内で十分測定できている
- 実際のUnfors測定データから計算すると半価層については1.3%の不確かさが得られた
- t検定を行ったところ、2011年と2014年の測定値に有意差はなかった

## 2. 空気カーマの測定

- 全ての測定値においてUnforsの不確かさ5%の範囲内に線量計測定値（平均値）が入っており、十分な測定精度である
- 実際のUnfors測定データから計算すると線量については0.25%の不確かさが得られた
- 管電圧計測においてどちらの装置でも相関係数0.99と非常に高い相関関係が得られたことから非常に高精度
- 照射時間計測においては相関係数1.0と完全な相関関係が得られたことから完璧な精度

# 結論

半価層、線量、管電圧、照射時間の全てにおいて  
Unforsでの測定値は十分不確かさの範囲内であり、  
Unforsは簡単に高精度の測定が可能な大変有用な  
非接触型X線アナライザであった



**ご清聴ありがとうございました**