

半導体検出器を用いた X線CT装置のビーム幅測定について

産業医科大学病院

○大石 芳貴

高山 愛菜

中上 晃一

渡邊 亮

小川 正人



背景

IEC60601-2-44「CT装置の基礎安全及び基本性能」において、X線出力は公称X線ビーム制限幅に対して選択可能な管電圧(kV)で放射線(X線)出力としてCTDI_{free air}を測定すると規定されている。

公称X線ビーム制限幅が実測値と異なる場合には、装置間の線量比較に誤差を生じる恐れがあることから正確なX線ビーム制限幅を把握することは重要である。

IP(CR)法によるビーム幅測定

I 事前準備

CRの精度管理

システム感度の検証

デジタル特性曲線

IP入射線量に対する
S値の直線性

注意事項

IP入射線量の減弱
IPのフェーディング効果
線質の影響
線量計の校正

II 測定

X線ビーム幅測定

デジタルプロフィール

線量プロフィール

半値幅(FWHM)

手順の多さ、煩雑さが課題

第4回九州放射線医療技術学術大会 沖縄
第3回九州CT研究会
第5回九州放射線医療技術学術大会 熊本
第15回全国X線CT技術サミット 福岡(ポスター)
第4回九州CT研究会 にて報告

目的

新たな測定器であるCT Dose Profiler(CTDP)を用いたビーム幅測定の精度について評価し、過去に報告したIP(CR)法と比較を行った。

半導体検出器 CT Dose Profiler (CTDP)

- ヘリカル、ノンヘリカル線の線量プロファイルが取得可能
- 専用ソフトを用いるため各種補正が不要
- 測定精度や校正についての報告はみられない



CT Dose Profiler

専用ソフト Ocean 操作画面

2015/09/15 takayama - Ocean 2014 Professional

Measure Design Data link Appearance Reporting Central database Help

Connect Rese **Start** Capture Pause Position check Meter info Exposure assistant

Clear row Clear all Close Detector New Quick Check Favorites Get waveforms History Trend Scheduling

Keyboard

Measurements Library 2015/09/15 takayama

View / Select	#	Set kV (kV)	CT phantom type	CT phantom position	Collimation (mm)	Scan length (mm)	Tube rotation time (s)	Measuring time (s)	Exposure (mGy)
	1	120.0	Free-in-air	A (center)	32	150	1.50	12	20.46
	2	120.0	Free-in-air	A (center)	32	150	1.50	12	17.72
	3	120.0	Free-in-air	A (center)	16	150	1.50	12	11.34
	4	120.0	Free-in-air	A (center)	16	150	1.50	12	9.901

撮影条件と測定条件の設定

Mover

Enabled

Speed and distance
83.3 mm/s 150 mm

Estimated time: 1.7 s

Initial direction
Push

Start
 Auto start after 10.0 s
 Manual Start now

Return
 Auto: when measuring time is complete
 Auto: after delay 5 s
 Manual Return now

Sound

Equipment Meter CTDI Mover

Waveform

Exposure rate

Time (s)

Z-axis (mm)

Waveform data

Between cursors

Dose 9.816 mGy

CTDI 76.69 mGy

Time 2045 ms

Length 170.4 mm

測定結果
Excelのデータとして出力可能

駆動体「Mover」
設定タグ

Piranha Real-time display Log mode CTDI Not Available

検討項目

1. 直線性
2. 線量依存性
3. 線質依存性
4. 再現性
5. IP(CR)法との比較

使用機器および機材

CT装置 : Aquilion ONE (東芝メディカルシステムズ株式会社)

CTDPによる測定

半導体検出器 : CT Dose Profiler (アクロバイオ株式会社)

解析ソフト : Ocean (アクロバイオ株式会社)

Microsoft Excel (マイクロソフト)

IP(CR)法による測定

CR装置 : FCR, Imaging Plate (富士フイルム株式会社)

半導体検出器 : Piranha (アクロバイオ株式会社)

解析ソフト : ImageJ (National Institutes of Health)

Microsoft Excel (マイクロソフト)

その他 : 2mm厚のPb板

CTDPによるビーム幅の測定手順

セッティング

線量プロファイルの取得

半値幅の測定

基準測定条件

管電圧: 120kV

管電流秒積: 300mAs

ビームコンフィグレーション: 0.5*64

CTDP移動速度: 83.3mm/sec

(解析ソフトOceanで制御)

Iso center

CTDP

駆動装置

Z軸方向

CTDPの配置図

方法

①直線性

ビーム幅を変えて測定し、公称値との直線性を見た
0.5*2, 0.5*4, 0.5*8, 0.5*16, 0.5*32,
0.5*64, 0.5*128, 0.5*256, 0.5*320 mm

②線量依存性

管電流秒積を変えて測定した
15mAs, 150mAs, 300mAs, 525mAs

③線質依存性

管電圧を変えて測定した
80kV, 100kV, 120kV, 135kV

方法

④再現性

日を変えて3回測定し, 3回測定の変動率を求めた.

⑤IP(CR)法との比較

IP(CR)法でビーム幅を測定し, CTDPで測定したビーム幅と比較した. また, それぞれの測定時間をストップウォッチで計測した.

IP法によるビーム幅の測定手順

セッティング

デジタル特性曲線の作成

X線ビームの撮影

デジタルプロファイルの取得

線量プロファイルへの変換

半値幅の測定

X線管球
0度固定



線量減弱材
(Pb2mm)



線量計およびIP

Iso center



後方散乱除去材
(Pb2mm)



幾何学的配置図

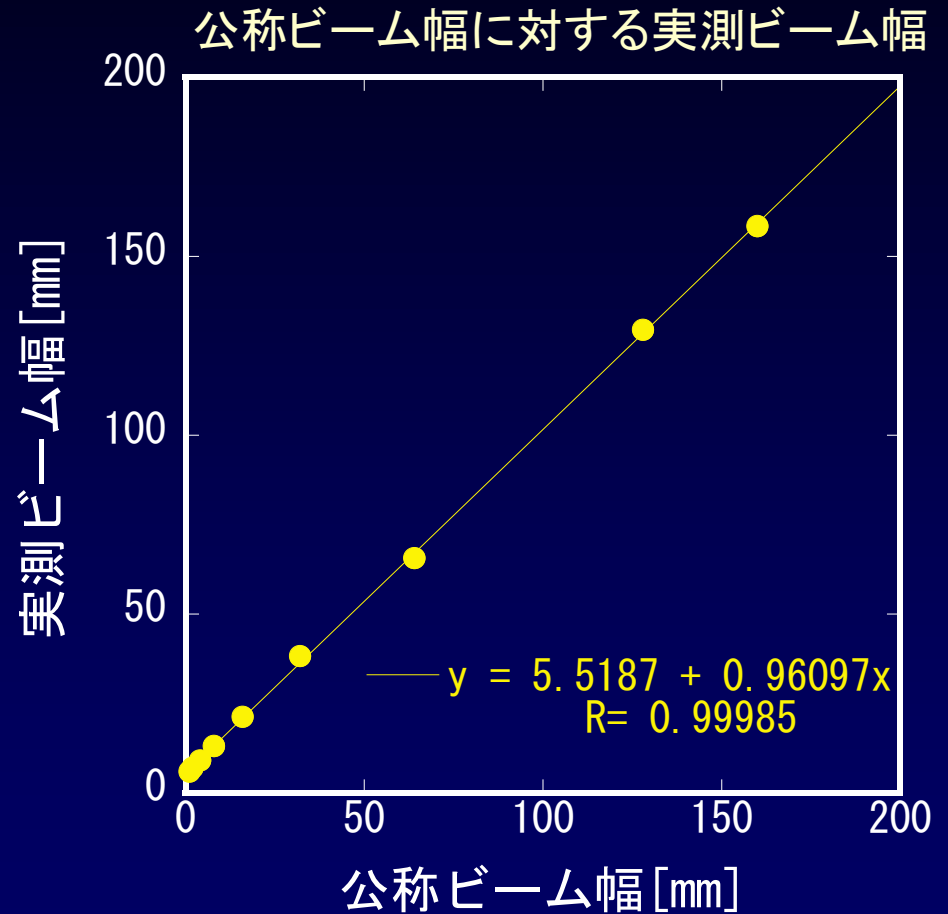
注意事項

IP入射線量の減弱
IPのフェーディング効果
線質の影響
線量計の校正

結果1 直線性

公称ビーム幅	実測ビーム幅
0.5 × 2	6.01
0.5 × 4	6.96
0.5 × 8	9.08
0.5 × 16	13.05
0.5 × 32	21.33
0.5 × 64	38.22
0.5 × 128	65.71
0.5 × 256	129.52
0.5 × 320	158.59

[mm]



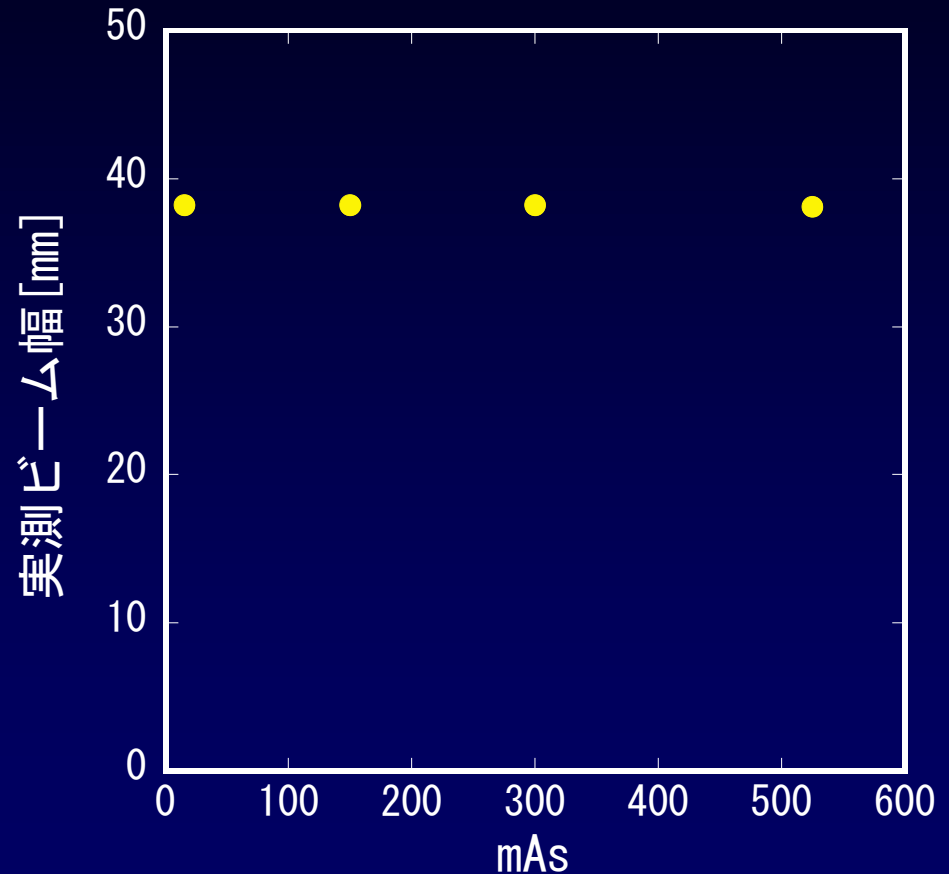
結果2 線量依存性

管電流秒積 [mAs]	実測ビーム幅 [mm]
15	38.23
150	38.21
300	38.20
525	38.14
変動率	0.10%

ビームコンフィグレーション: 0.5*64

変動率 = 標準偏差 / 平均値 × 100%

各管電流秒積における実測ビーム幅



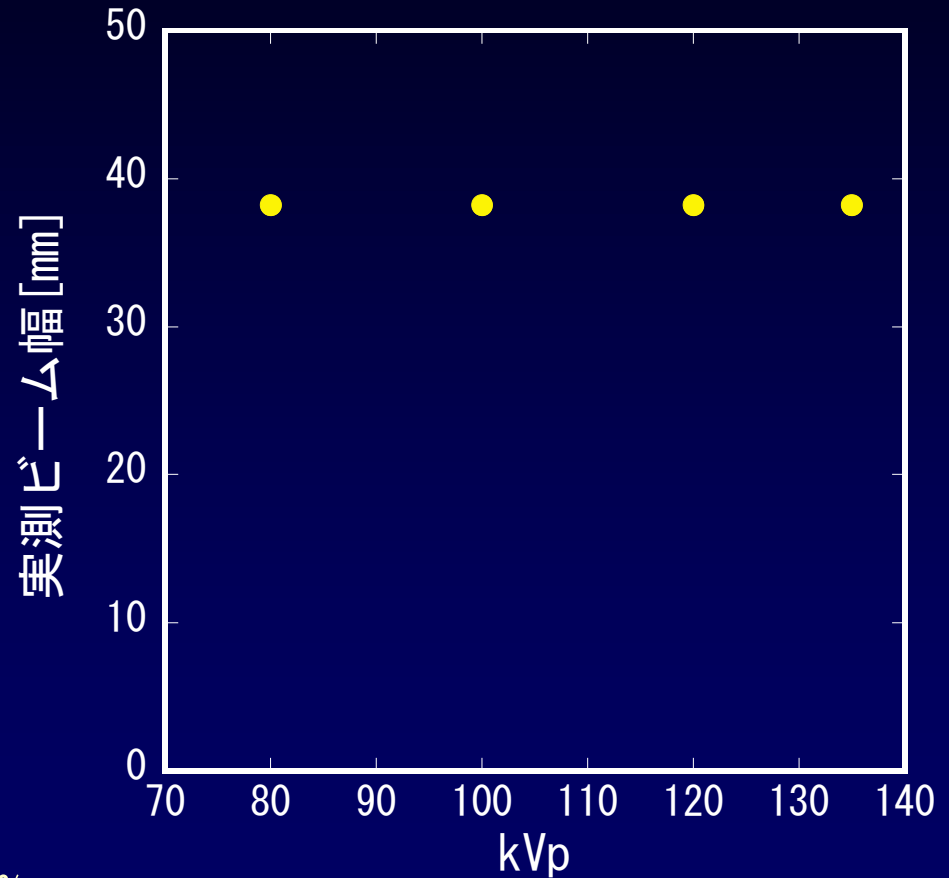
結果3 線質依存性

管電圧 [kVp]	実測ビーム幅 [mm]
80	38.22
100	38.21
120	38.20
135	38.24
変動率	0.04%

ビームコンフィグレーション: 0.5*64

変動率 = 標準偏差 / 平均値 × 100%

各管電圧における実測ビーム幅



結果4 再現性

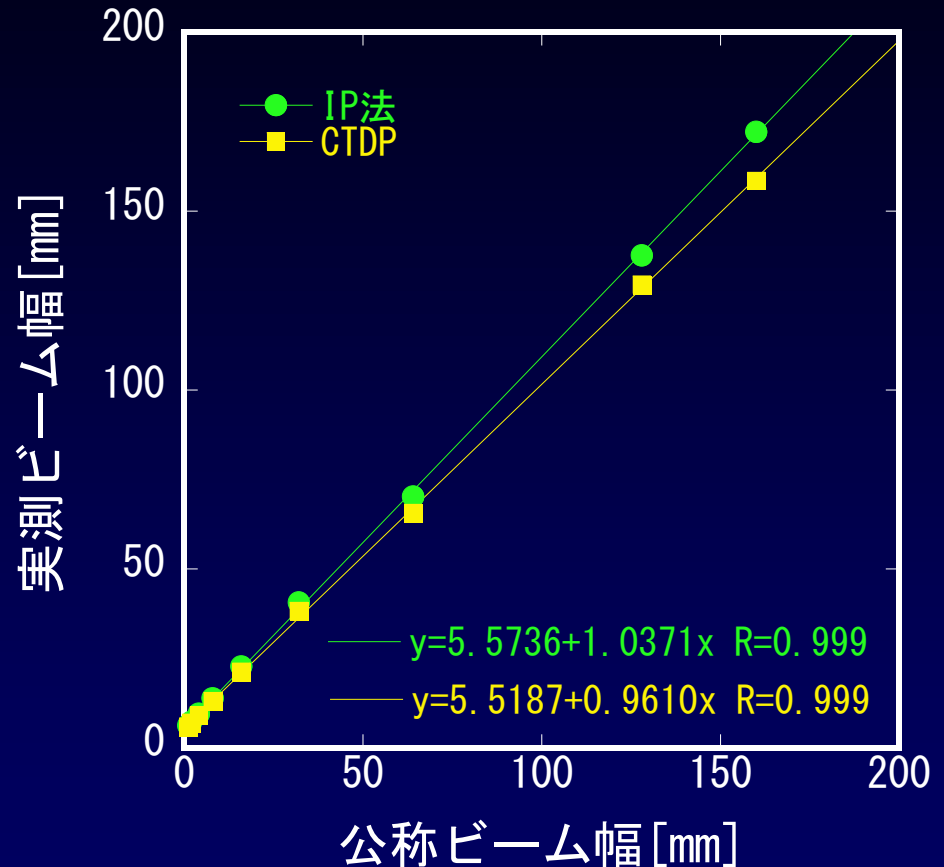
公称ビーム幅	1st	2nd	3rd	平均	変動率
0.5×2	6.01	6.11	6.00	6.04	1.0%
0.5×4	6.96	6.96	6.99	6.97	0.3%
0.5×8	9.08	9.04	9.17	9.10	0.8%
0.5×16	13.05	13.01	13.04	13.03	0.2%
0.5×32	21.33	21.29	21.39	21.34	0.2%
0.5×64	38.22	38.16	38.20	38.19	0.1%
0.5×128	65.71	65.54	65.73	65.66	0.2%
0.5×256	129.52	129.28	128.96	129.26	0.2%
0.5×320	158.59	158.70	158.23	158.50	0.2%

変動率 = 標準偏差 / 平均値 × 100%

結果5 IP(CR)法との比較

公称ビーム幅	CTDP	IP
0.5 × 2	6.01	6.31
0.5 × 4	6.96	7.31
0.5 × 8	9.08	9.52
0.5 × 16	13.05	13.84
0.5 × 32	21.33	22.75
0.5 × 64	38.22	40.62
0.5 × 128	65.71	70.23
0.5 × 256	129.52	137.71
0.5 × 320	158.59	172.27

[mm]



近似曲線の傾きの比

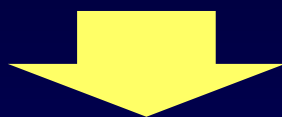
IP(CR)法 : CTDP = 1.079 : 1

CTDPとIP(CR)法の測定時間

	CTDP	分:秒	IP(CR)法	分:秒
測定手順	セッティング	12:14	セッティング	15:03
	線量プロファイルの取得	20:47	デジタル特性曲線の作成	34:56
	半値幅の測定	5:03	X線ビームの撮影	23:11
			デジタルプロファイル取得	4:07
			線量プロファイルへの変換	3:25
			半値幅の測定	4:39
測定時間	38分04秒		85分21秒	

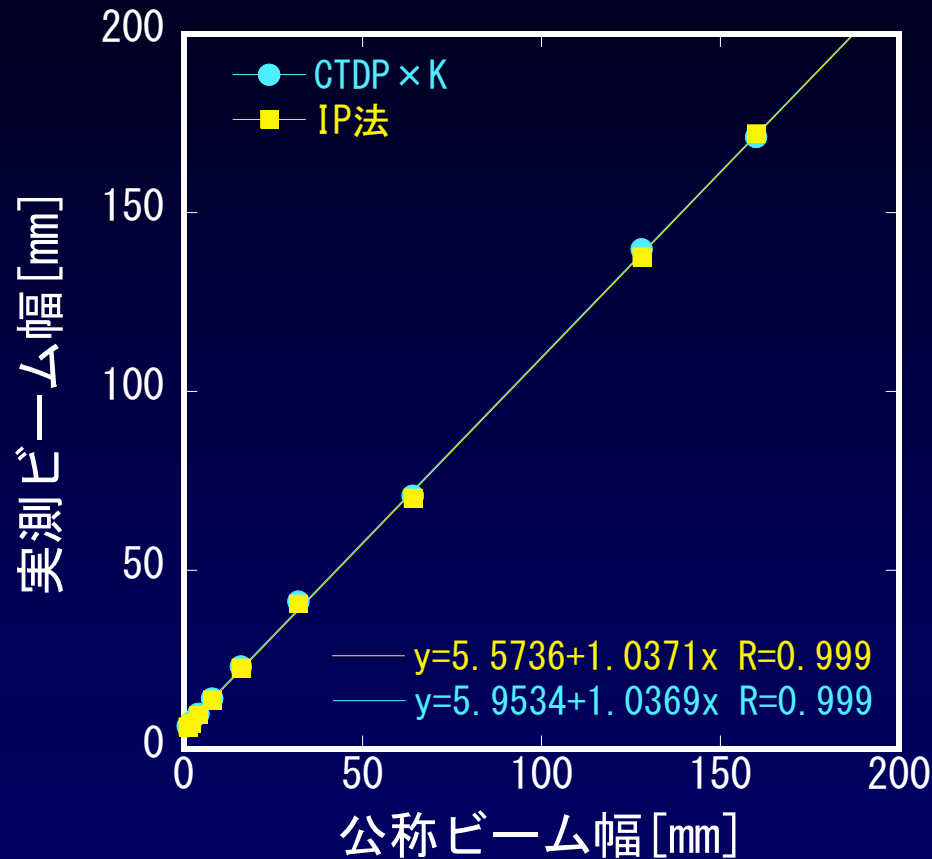
考察

CTDPで測定したビーム幅はIP(CR)法と比較して異なっていた。



公称ビーム幅に対する実測値の直線性は両者とも良好であったことから、傾きの比を乗ずることで補正できると考える。

測定値の補正



傾き係数 $K = \frac{IP}{CTDP} = 1.079$

結語

CTDPを用いたビーム幅測定は良好な直線性、かつ線量および線質依存性も小さく、高い再現性を示した。

校正値がないCTDPはIP(CR)法で校正することで、簡便で精度良いビーム幅測定が可能となった。