

血管造影室で必要な放射線測定

— 知って得する基礎知識 —

山梨大学医学部附属病院
放射線部 坂本 肇

血管造影室で必要な放射線測定

線量測定



最適化

(被曝線量測定)

線量測定

なぜ、線量測定が必要か

ICRP（国際放射線防護委員会）

(International Commission on Radiological Protection)

Publ.60 放射線防護体系

職業被ばく、公衆被ばく

正当化、最適化、線量限度

医療被ばく

正当化、最適化

最適化：診断情報および治療効果を確保しつつ、
被ばく線量の合理的低減を図る

最適化

血管造影室での放射線技師として最適化に必要なこと

1. 放射線防護———線量低減対策、放射線計測
放射線の影響———放射線物理学、放射線生物学
2. 画像———画質、画像生成、画像の特色
医学的知識———解剖、病気の知識、患者の理解
3. 装置の管理———装置の性能、装置の管理
QC,QA

血管造影室で必要な放射線測定

—知って得する基礎知識—

本日のメニュー

1. 線量測定の種類（測定部位）
2. 被曝線量測定（患者）
各種モダリティーとの比較
3. 個人線量測定（従事者）

最適化

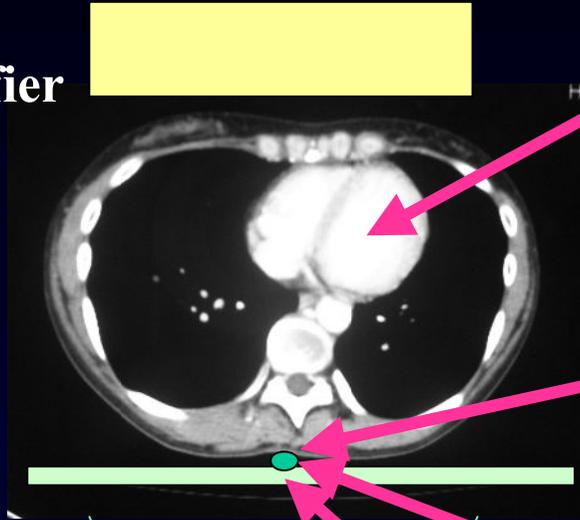
血管造影室での最適化に必要な放射線計測

1. 放射線防護———線量低減対策、放射線計測
放射線の影響———放射線物理学、放射線生物学
2. 画像———画質、画像生成、画像の特色
医学的知識———解剖、病気の知識、患者の理解
3. 装置の管理———装置の性能、装置の管理
QC,QA

患者被曝線量、どこを測定するのか

Key Point

Image
Intensifier



臓器線量 (Gy)

Organ dose

入射皮膚線量 (Gy)

Entrance skin dose(ESD)

ICRP(publ.85)

入射表面線量 (Gy)

Entrance surface dose

IAEA BSS

入射線量 (Gy)

Incident dose(ID)

IEC規格、JIRA

X-Ray Tube

線量測定

どのような線量単位か

線量測定関連単位

記号

照射線量 (exposure)	X	C/kg	R	$1R = 2.58 \times 10^4 \text{ C/kg}$
カーマ (kerma)	K	Gy (J/kg)		$1C/kg = 33.97 \text{ Gy}$
吸収線量 (absorbed dose)	D	Gy (J/kg)		

放射線防護関連単位

線量当量 (dose equivalent)	H	Sv (J/kg)
等価線量 (equivalent dose)	$H_{T,R}$	Sv (J/kg)
実効線量 (effective dose)	E	Sv (J/kg)

Key Point

線量測定

血管造影室で必要な線量測定の種類

患者線量

臓器線量

入射皮膚線量

入射線量

入射表面線量

実効線量

等価線量

従事者線量

実効線量

等価線量

空中線量

環境線量

管理区域

遮へい物

画質評価線量

ディテクタへの

入射線量

被写体への

入射線量

QC,QAの線量

IEC、JIS

始業点検

最適化

血管造影室での最適化に必要な放射線計測

1. 放射線防護———線量低減対策、放射線計測
放射線の影響———放射線物理学、放射線生物学
2. 画像———画質、画像生成、画像の特色
医学的知識———解剖、病気の知識、患者の理解
3. 装置の管理———装置の性能、装置の管理
QC,QA

Key Point

画質と線量

X線管

フィルタ
管電圧
リップル
mAs

装置

天板
グリッド
配置
(拡大率)

画像受像器

システム感度
エネルギー依存性
雑音
DQE
デジタル化
(マトリックス、ビット)

画像 照射線量

患者

厚さ
体型
臓器
造影剤

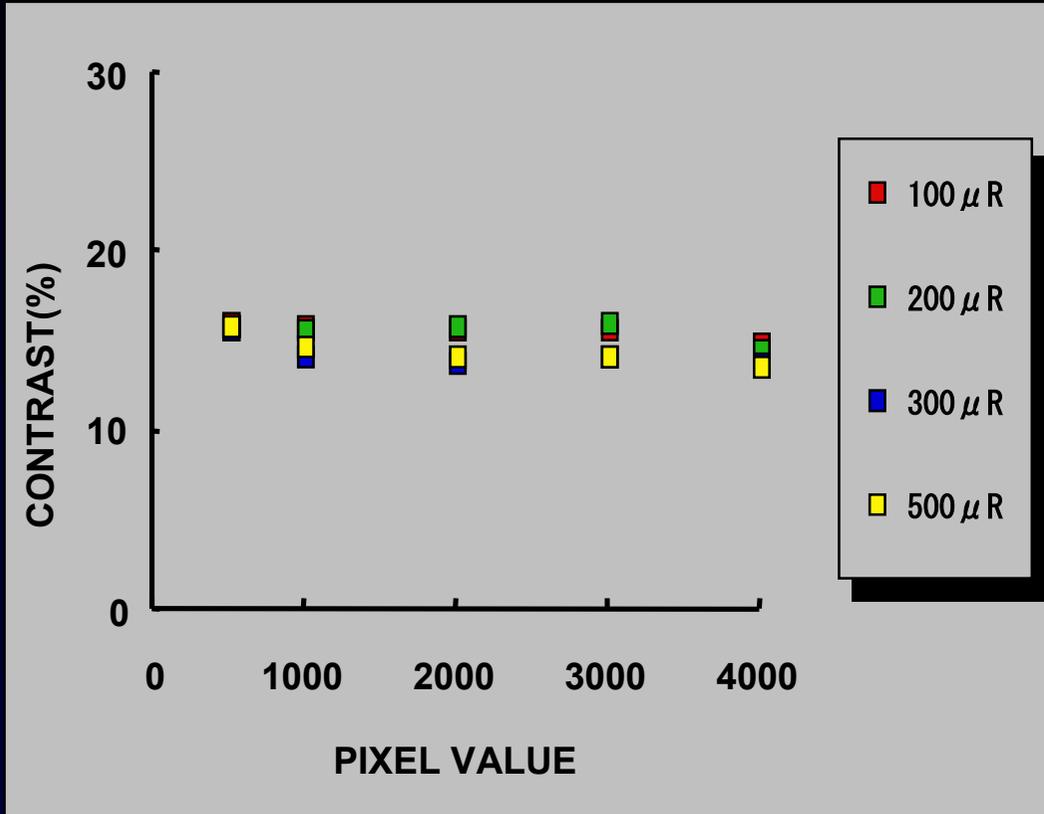
画質の評価

1. コントラスト (Contrast)
2. 鮮鋭度 (Sharpness)
3. 雑音 (Noise)
4. 信号対雑音比 (Signal -to-Noise Ratio)
5. 検出量子効率 (Detective Quantum Efficiency)
6. ROC (Receiver Operating Characteristic)

I.I.-TV系のコントラスト

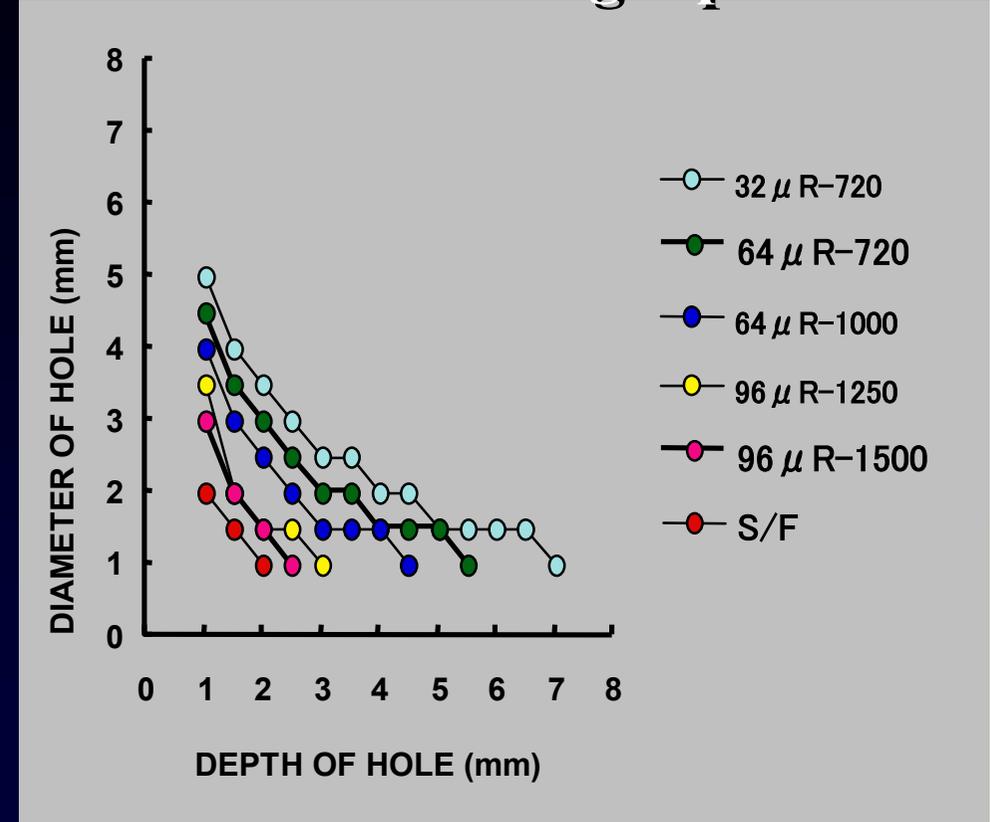
物理的評価

$$C = \frac{b-a}{b} \times 100$$



視覚的評価

Burger phantom



tube voltage 70kVp

acrylic phantom 18cm

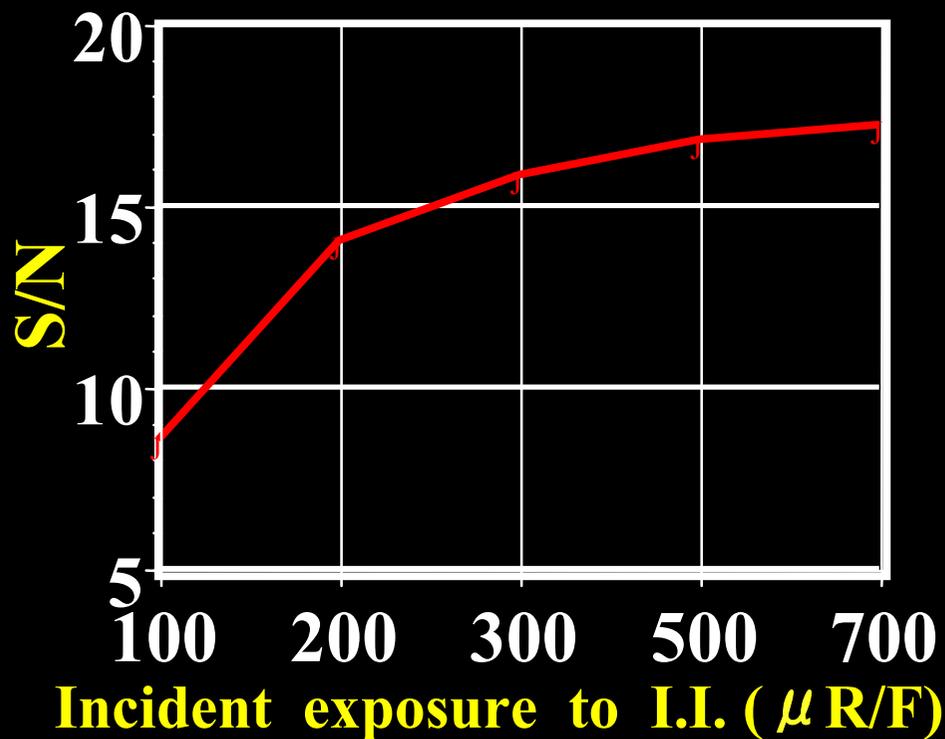
S---1mm 350mg/ml 30%

tube voltage 70kVp

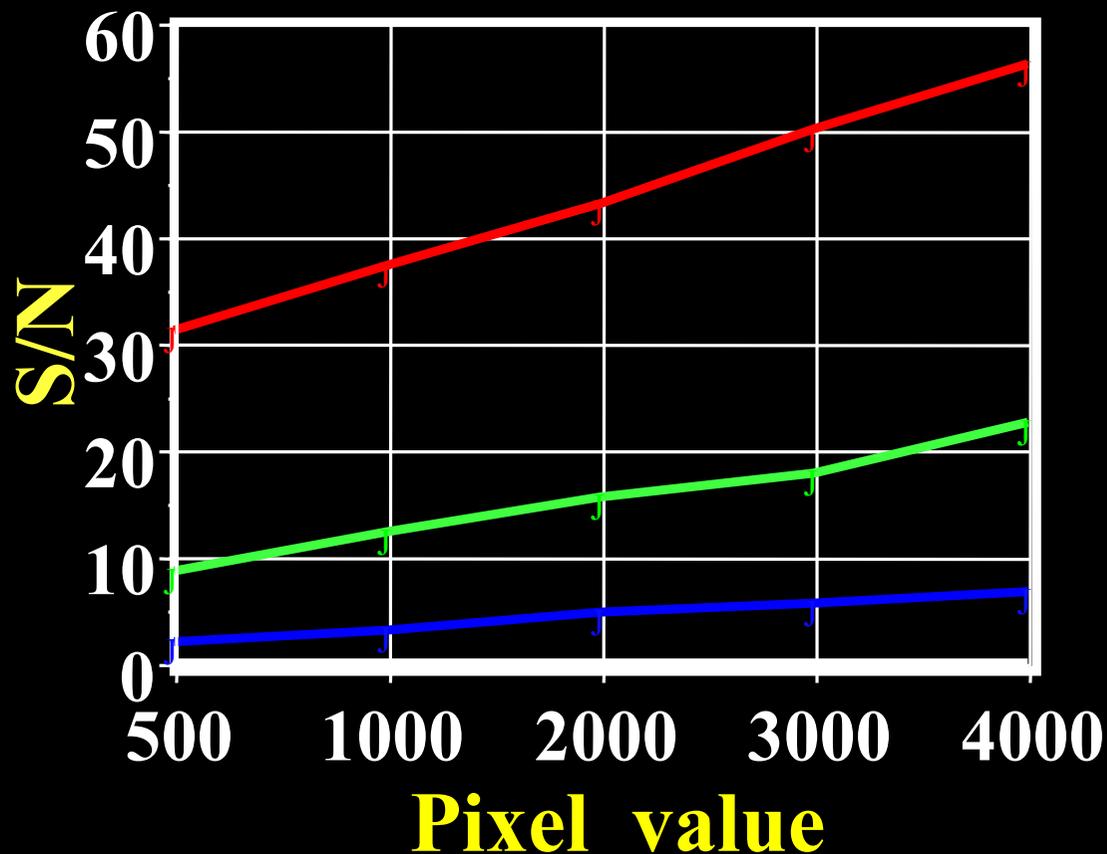
acrylic phantom 10cm

I.I.-TV系のSNR

線量



ビデオレベル(入射光量)



70kVp

acryl 18cm

300 μR

S/N S--1mm 350mg/ml 30%N--SD

— 10cm
— 18cm
— 24cm

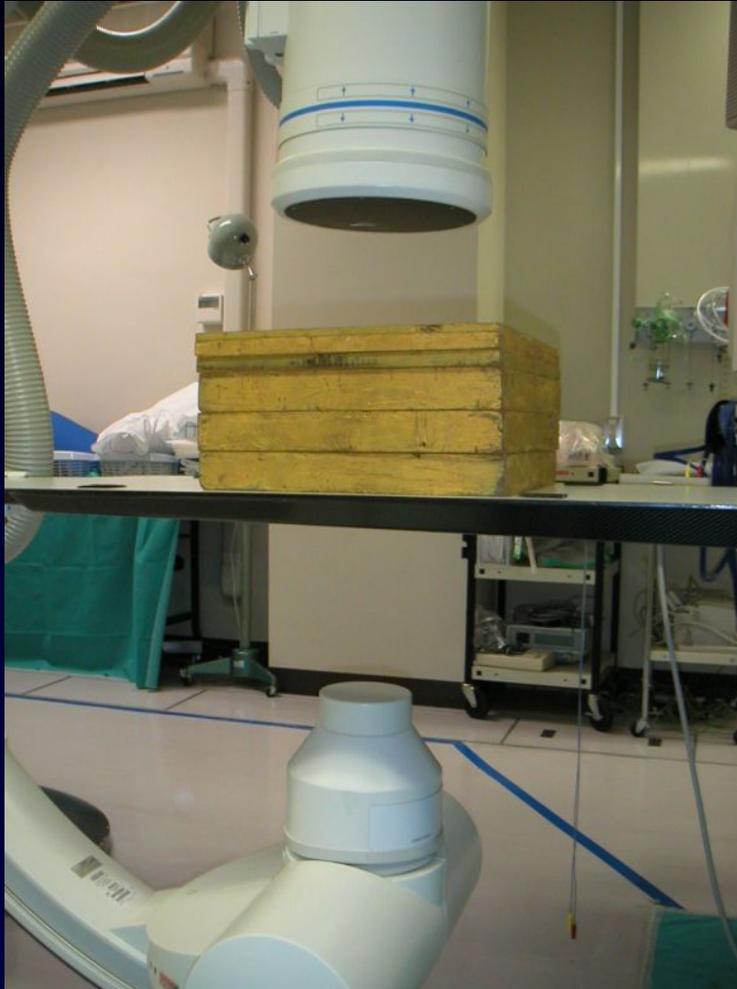
最適化

血管造影室での最適化に必要な放射線計測

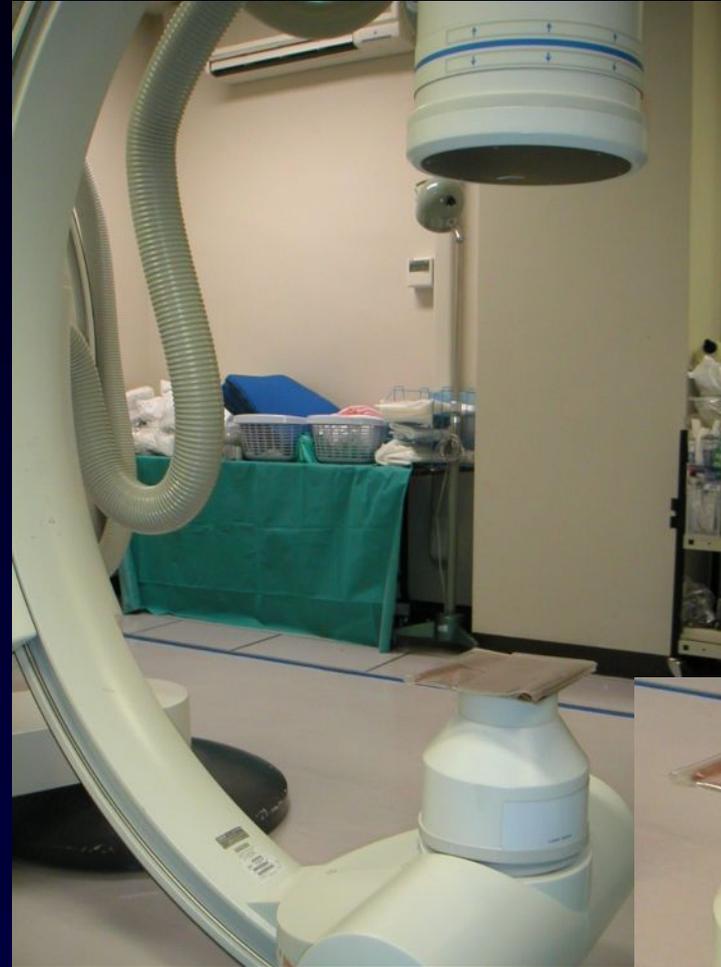
1. 放射線防護———線量低減対策、放射線計測
放射線の影響———放射線物理学、放射線生物学
2. 画像———画質、画像生成、画像の特色
医学的知識———解剖、病気の知識、患者の理解
3. 装置の管理———装置の性能、装置の管理
QC,QA

装置の日常の品質管理

アクリル板 20cm



銅板 3.5mm

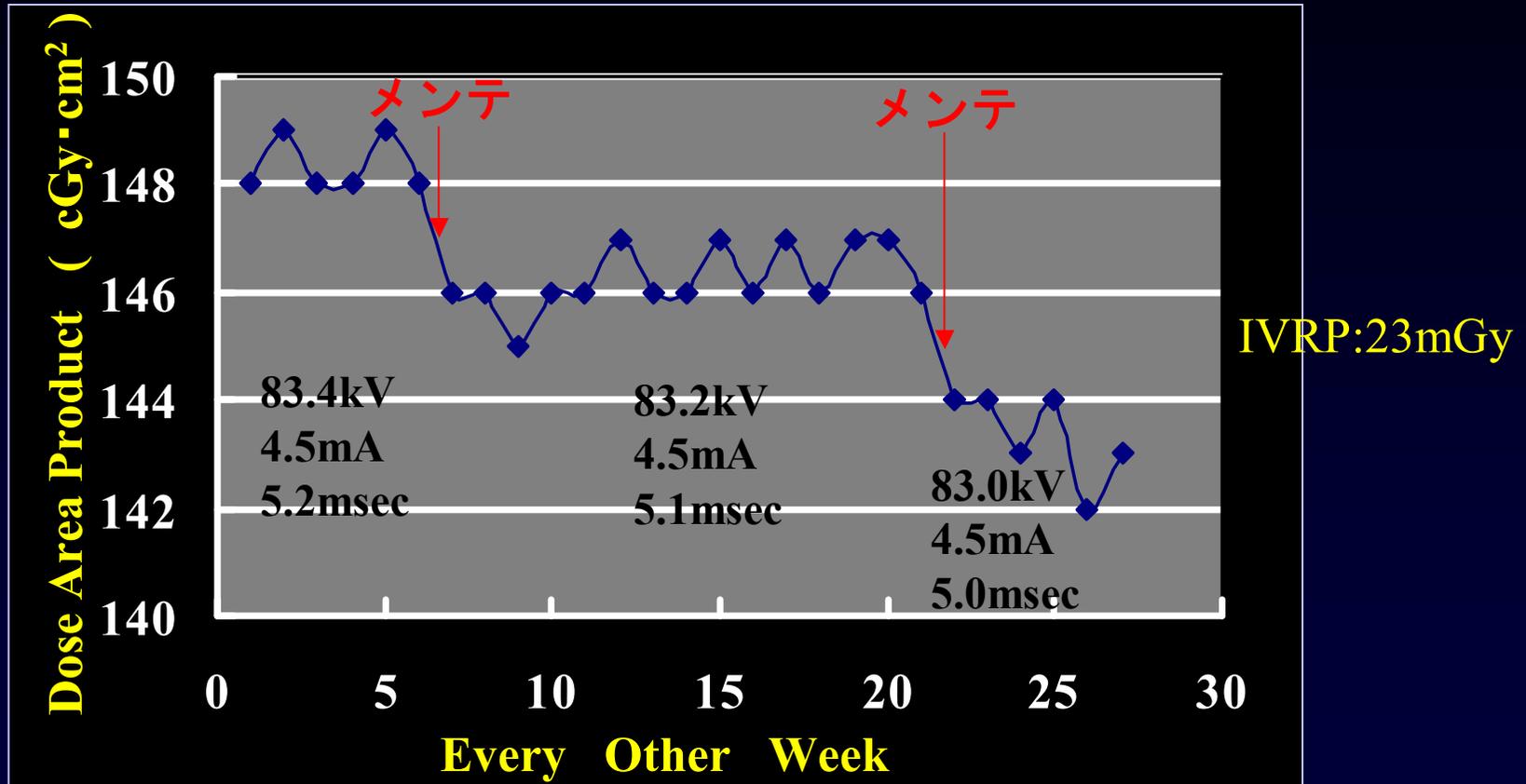


同一のFID、I.I.サイズにて透視

装置の日常の品質管理

面積線量による経時的変化

銅板：3.5mm 透視時間：1分間 I.I.サイズ：17cm



透視条件 管電圧：83.4～82.9kV I.I.入射線量：0.027 μ Gy/P
管電流：4.5mA パルス幅：5.2～5.0msec

血管造影室で必要な放射線測定

—知って得する基礎知識—

本日のメニュー

1. 線量測定の種類（測定部位）

2. 被曝線量測定（患者）

各種モダリティーとの比較

3. 個人線量測定（従事者）

患者被曝線量評估

1. 一般攝影

入射表面線量(*ESD : Entrance Surface Dose*)

入射皮膚線量(*ESD : Entrance Skin Dose*)

2. 乳房攝影

平均乳腺線量(*AGD : Average Glandular Dose*)

3. CT檢查

CTDI, CTDI_w, DLP

4. 血管攝影 (IVR)

入射皮膚線量(*ESD : Entrance Skin Dose*)

被曝線量評価

1. 一般撮影

皮膚吸収線量測定法

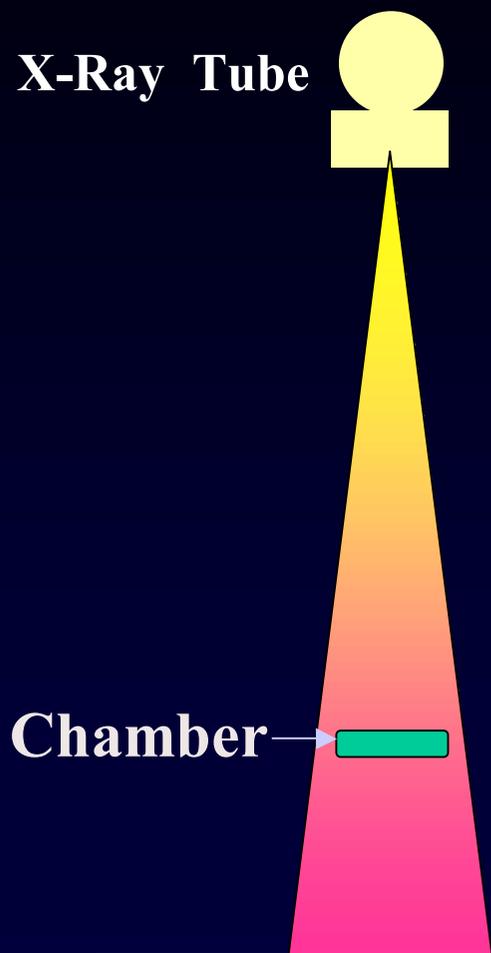
- ① 正確な照射線量の測定-----C/kgまたはmRの測定
- ② 焦点皮膚間距離の補正-----距離逆二乗則の適用
- ③ 後方散乱係数(B.S.F.)の補正-----空中線量に被写体からの散乱補正
- ④ 吸収線量変換係数による補正--- C/kg、mRからGy(mGy)へ変換

診断領域X線の標準測定法 1993年(平成5年)

日本放射線技術学会 計測分科会

Key Point

一般撮影における線量測定方法



空中照射線量測定

半価層測定
(実効エネルギー)

← 距離逆二乗則補正

皮膚表面位置での照射線量

補助手段

TLD
GD
OSL

← 後方散乱係数

← 吸収線量変換係数

皮膚入射面吸収線量

空中照射線量測定

照射線量から入射皮膚線量

1. 空中照射線量 (X_{air} : C/kg)

$$X_{air} = N_c \times M \times k$$

M : 線量計の指示値

N_c : 国家標準とのエネルギーに対応した校正定数

k : 大気圧補正 $k = ((273.2+t) \times p_0) / ((273.2+t_0) \times p)$

t , p : 測定時の気温、気圧

t_0 , p_0 : 校正時の気温、気圧

2. 空中照射線量から空気吸収線量(空気カーマ) (D_{air} : Gy)

$$D_{air} = W \times X_{air} = 33.97 \times X_{air}$$

W : 空気のW値(法令: 33.97eV、JIS: 33.73)

照射線量から入射皮膚線量

3. 空中照射線量から入射皮膚吸収線量 (D_m : Gy)

$$D_m = X_{air} \times W_{air} / e \times f \times BSF \times (SCD / SSD)^2$$

f : 吸収線量変換係数 $(\mu_{en} / \rho)_{med} / (\mu_{en} / \rho)_{air}$

$(\mu_{en} / \rho)_{med}$: 軟部組織の質量エネルギー吸収係数

$(\mu_{en} / \rho)_{air}$: 空気の質量エネルギー吸収係数

$(\mu_{en} / \rho)_{med} / (\mu_{en} / \rho)_{air} : 35.6 / 34 = 1.047$

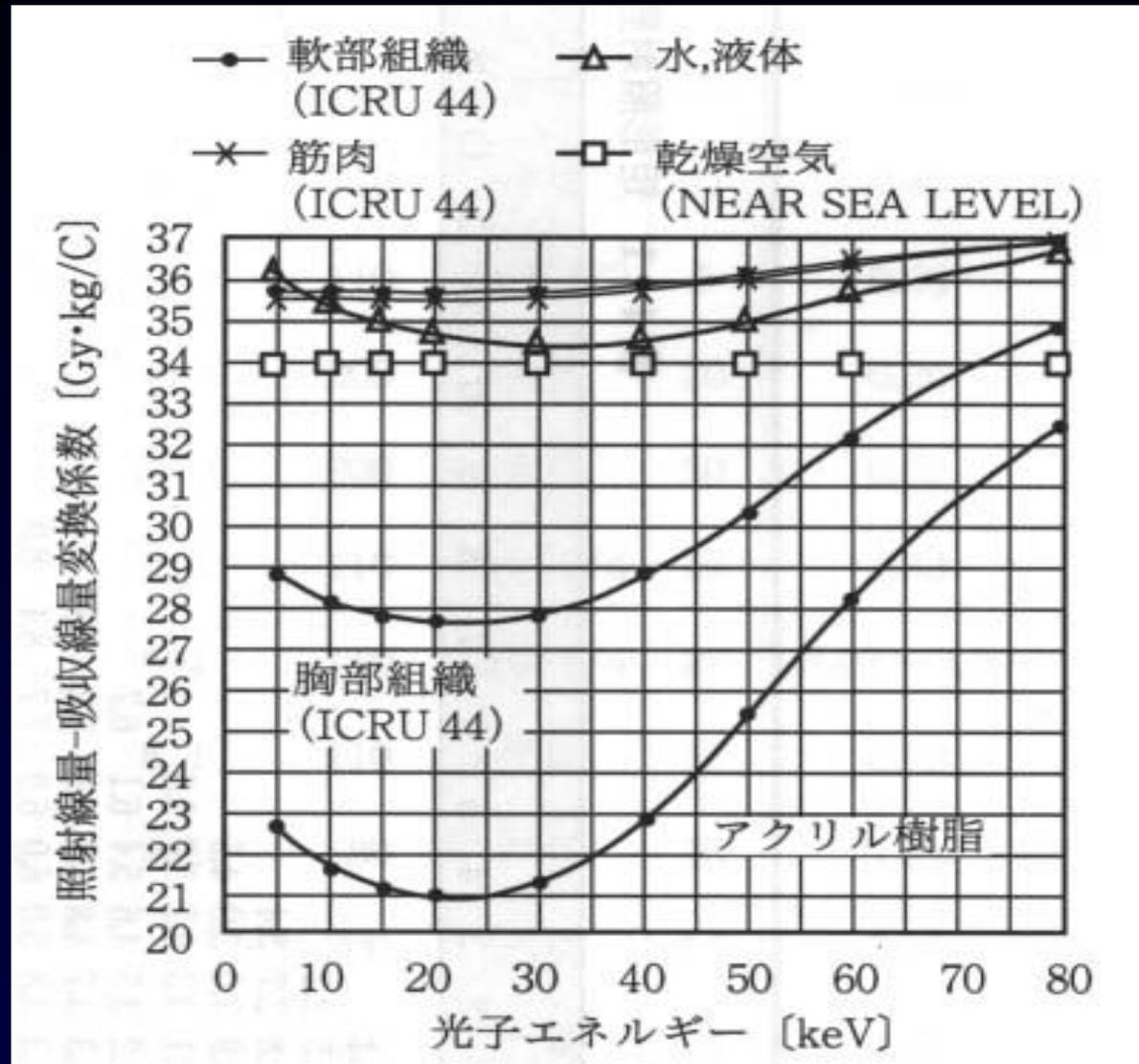
BSF: 後方散乱係数 (エネルギー、照射野により変化)

$$BSF = 1.3 \sim 1.4$$

British Journal of Radiology Supplement 17

$(SCD / SSD)^2$: 測定距離から皮膚入射面までの距離補正

照射線量吸収線量変換係数

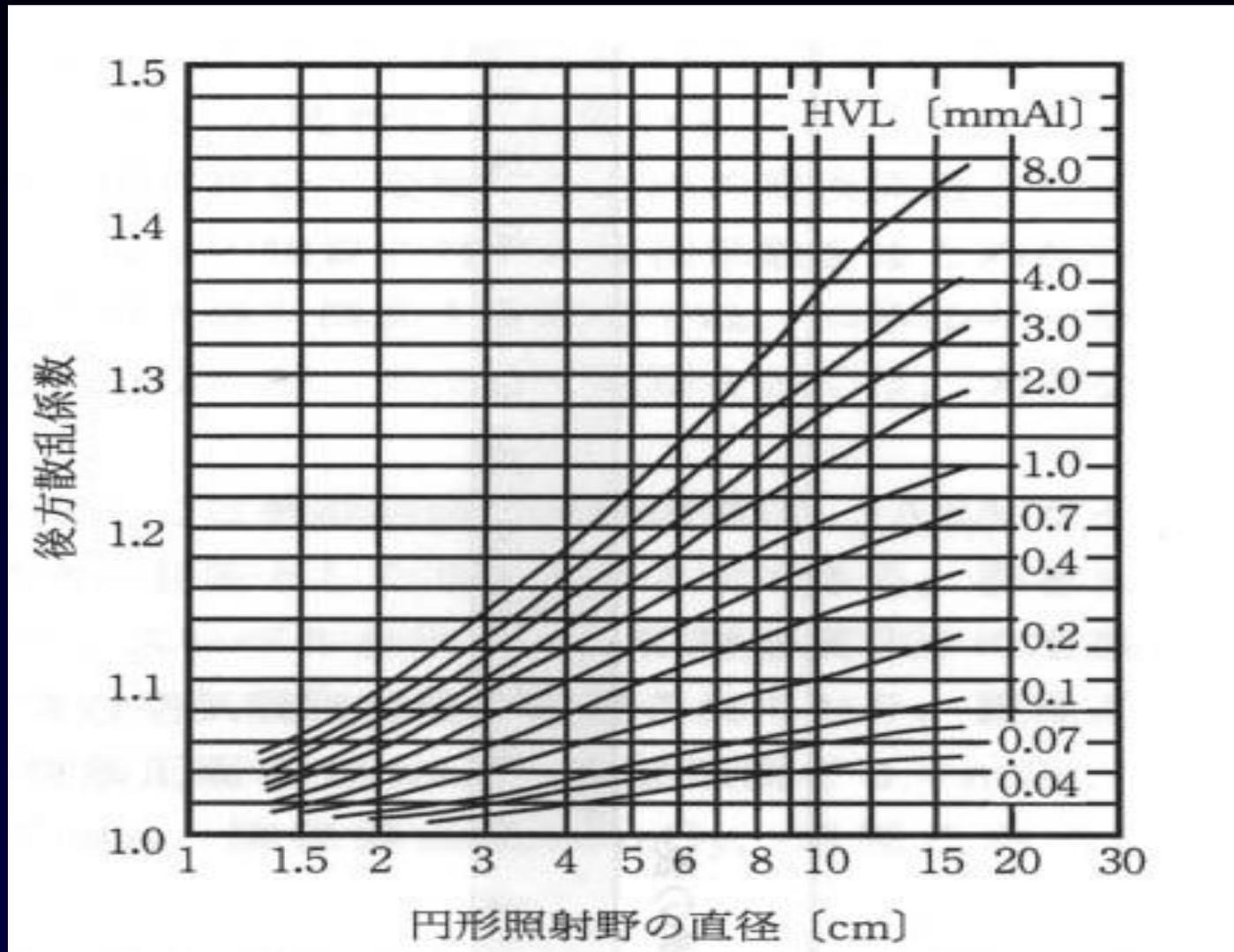


空気のW値
33.97eV

S.M.Seltzer & J.H.Hubbellのデータより

後方散乱係数 (BSF)

円形照射野と後方散乱の関係



一般撮影における線量測定方法

空中線量測定



実効エネルギー測定



患者被曝線量評估

1. 一般撮影

入射表面線量(*ESD : Entrance Surface Dose*)

入射皮膚線量(*ESD : Entrance Skin Dose*)

2. 乳房撮影

平均乳腺線量(*AGD : Average Glandular Dose*)

3. CT検査

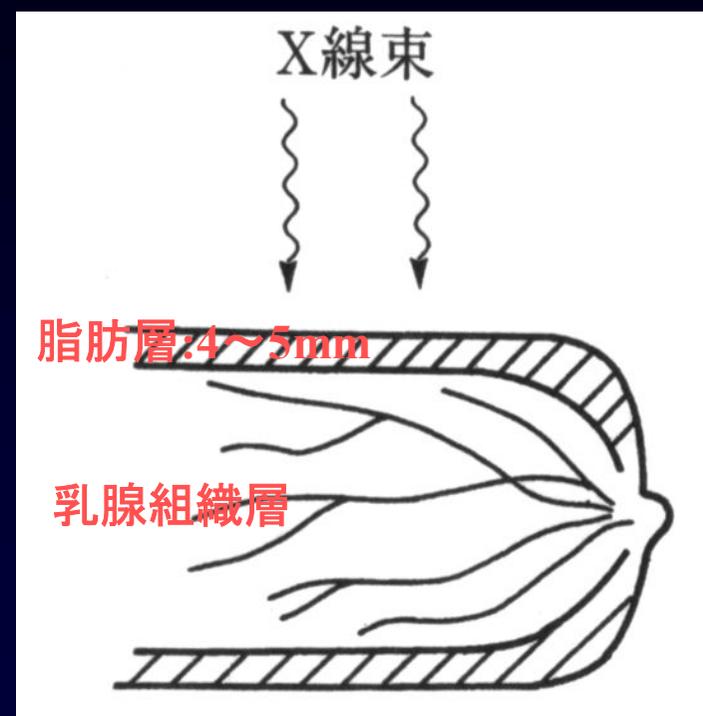
CTDI, CTDI_w, DLP

4. 血管撮影 (IVR)

入射皮膚線量(*ESD : Entrance Skin Dose*)

乳房撮影領域 X 線の被曝リスク

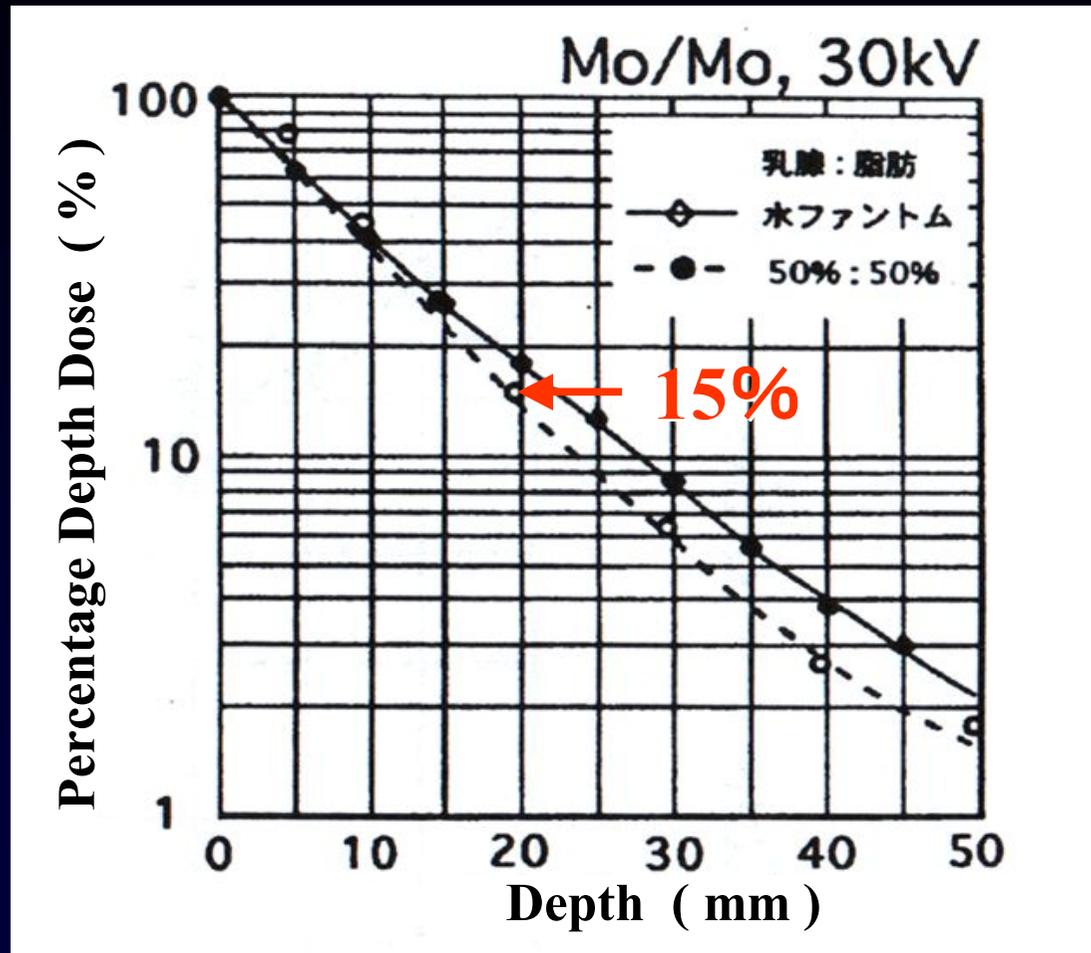
- 1) 乳房皮膚面から5mm下層には乳腺組織があるので、X線管球側に一番近い乳腺の被曝線量を測定する。
リスク評価の観点から個々の患者のリスク評価を目的とする。
- 2) 乳腺全体の平均乳腺線量を測定する。
標準ファントムを使用してX線診断の品質保証を行い、被検者全体のリスク評価を目的とする。



ACRの測定評価方法

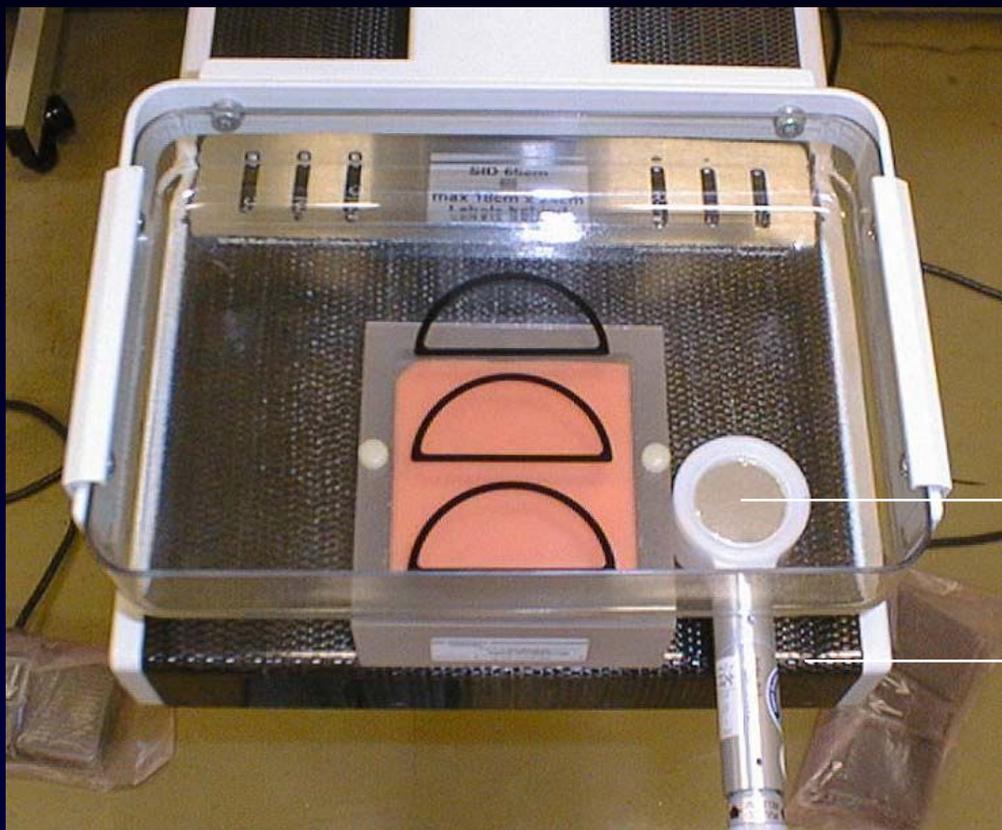
Key Point

深部量百分率 (Percentage Depth Dose: PDD)

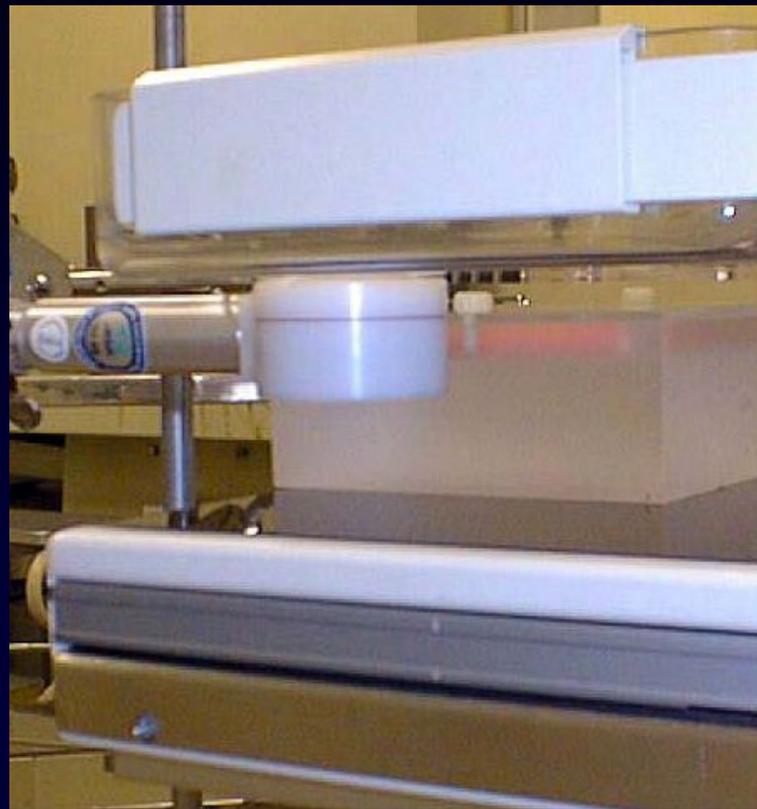


平均乳腺線量は皮膚線量の僅か15%

乳房入射線量



40



平均乳腺線量の算出

HVL	X-Ray Tube Voltage (kVp)											
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
0.23	116											
0.24	121	124										
0.25	126	129	131									
0.26	130	133	135	138								
0.27	135	138	140	142	143							
0.28	140	142	144	146	147	149						
0.29	144	146	148	150	151	153	154					
0.30	149	151	153	155	156	157	158	159				
0.31	154	156	157	159	160	161	162	163	164			
0.32	158	160	162	163	164	166	167	168	168	170	171	
0.33	163	165	166	168	169	170	171	173	173	174	175	
0.34	168	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	
0.35		174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	
0.36			179	181	182	183	184	185	185	186	187	
0.37				185	186	187	188	189	190	191	191	
0.38					190	191	192	193	194	195	195	
0.39						196	197	198	198	199	200	
0.40							201	202	203	204	204	
0.41								206	207	208	208	
0.42									211	212	212	
0.43										215	216	
0.44											220	
0.45												

Mo/Mo

30kV

HVL : 0.36mmAl

Entrance dose : 0.5R

$$X_{air} = N_c \times M \times k$$

$$AGD = X_{air} \times D_{gN}$$

Average glandular dose

$$0.5R \times 185\text{mrad/R} = 93\text{mrad}, 0.93\text{mGy}$$

吸収線量変換係数 : D_{gN}

1Rでの乳腺組織線量(mrad)

平均乳腺線量 = 皮膚面より18mm深部

患者被曝線量評估

1. 一般撮影

入射表面線量(*ESD : Entrance Surface Dose*)

入射皮膚線量(*ESD : Entrance Skin Dose*)

2. 乳房撮影

平均乳腺線量(*AGD : Average Glandular Dose*)

3. CT検査

CTDI, CTDI_w, DLP

4. 血管撮影 (IVR)

入射皮膚線量(*ESD : Entrance Skin Dose*)

CT装置での線量評価

CT装置の技術の進歩（ヘリカル、マルチ、CT透視など）は急速であり、線量測定法（被曝線量測定）に対処しきれていない。

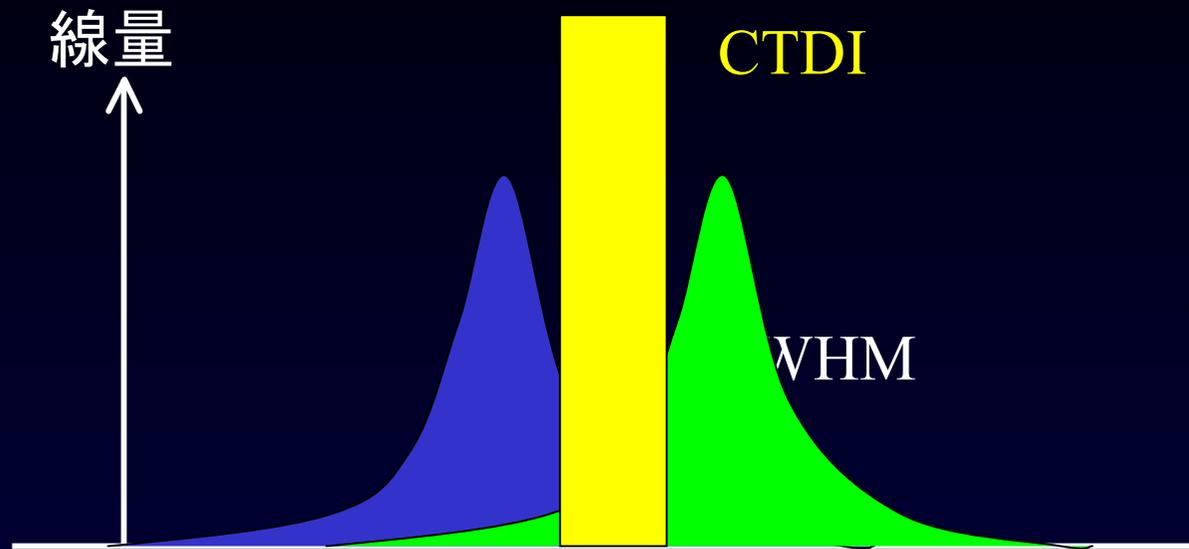
CTの被曝線量の評価方法が分かりにくい。（難しい）

国際的な評価方法（IAEA、ICRP、IEC、FDA等）
円筒形ファントムによる測定

装置の性能評価のための線量測定であり患者被ばく線量ではない

CT線量指標

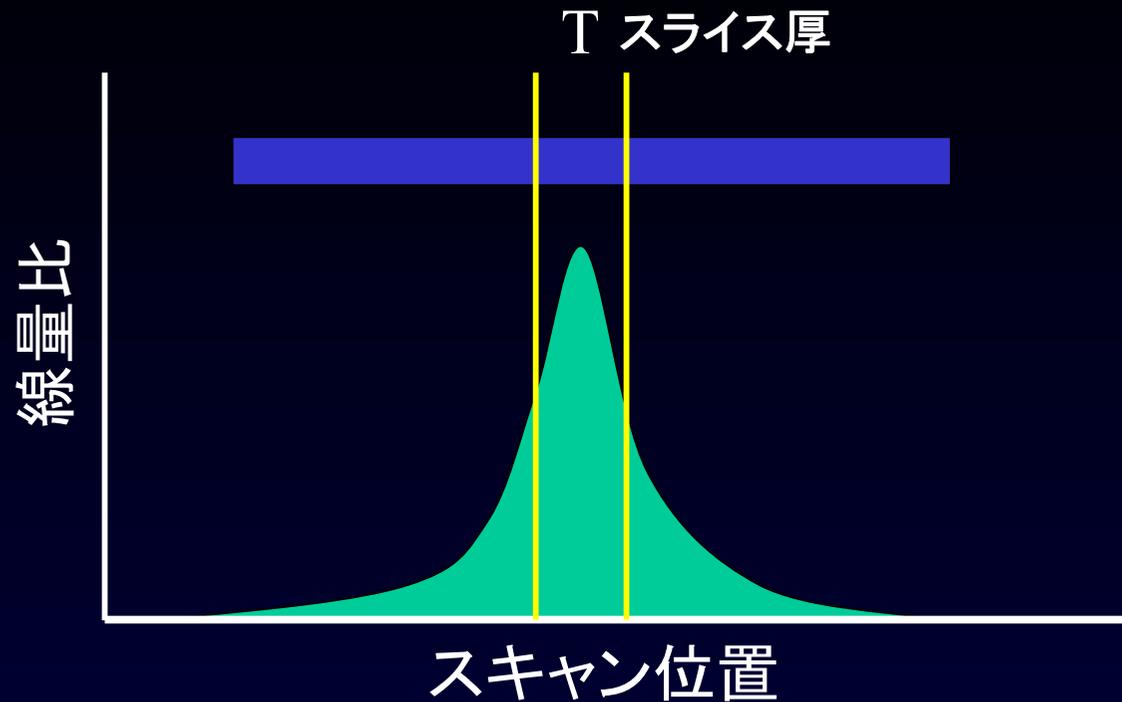
Computed Tomography Dose Index : CTDI



単一スライスの撮影の線量プロファイルは実効スライス厚の範囲外に及ぶため、隣接するスライス外の線量が上乘せされる。

局所線量 → 複数スライスが単一スライスに比較し多い

CTDI :Computed Tomography Dose Index



$CTDI_{FDA}$: スライス厚の14倍の線量を測定 (FDA)

$CTDI_{100}$: スライス厚に関係なく体軸方向100mmの線量測定 (IEC)

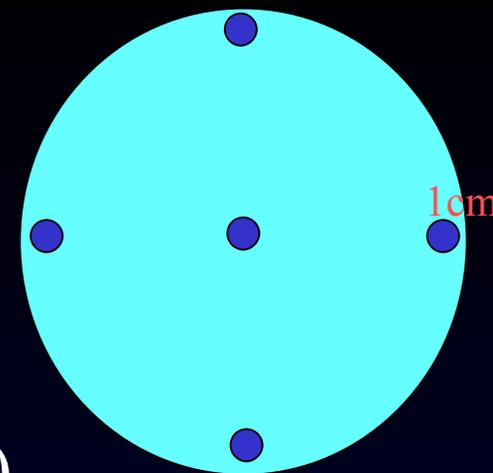
$$CTDI_{100} = \frac{1}{nT} \int_{-50}^{+50} D(z) dz$$

n: スライス数 (1回転)
T: スライス厚 (cm)
D(z): 総積算線量

CTDI_w : Weighted CTDI (mGy)

$$\text{CTDI}_w = 1/3 \times \text{CTDI}_{100c} + 2/3 \times \text{CTDI}_{100p}$$

$${}_n\text{CTDI}_w = \text{CTDI}_w / \text{mAs} \quad (\text{CTDI}_w \text{をmAsで除した値})$$



直径32cm:腹部
直径16cm:頭部

CTDI_{w,eff} : Effective CTDI_w CTDI_{vol} : Volume CTDI_w (mGy)

$$\text{CTDI}_{w,eff} = \text{CTDI}_w / \text{CT}_{pitch factor} \quad (\text{CTDI}_w \text{をピッチで補正})$$

$$\text{CTDI}_{vol} = \text{CTDI}_w / \text{CT}_{pitch factor} \quad \text{MDCT} \quad \text{CTDI}_{vol} = \text{CTDI}_w \times \text{DAS/pitch}$$

DLP : Dose-length Product (mGy·cm)

$$\begin{aligned} \text{DLP} &= \sum_i {}_n\text{CTDI}_w \times C \times nT \times N & nT: \text{ビームコリメーション(cm)} \\ &= \text{CTDI}_{vol} \times L & N: \text{回転数} \quad C: \text{照射mAs値} \\ & & L: \text{スキャン長(cm)} \end{aligned}$$

CTDIの測定

線量計算

$$X = X_{out} \times F \times K \times (2.58 \times 10^{-4})$$

X : ファントム中での照射線量で示されるCTDI (C/kg)

X_{out} : CT用電離箱の出力線量 (R)

K : 大気補正係数

$$K_{air} = X \times 33.97(\text{J/C})$$

K_{air} : 空気カーマで表示されたCTDI (Gy)

線積分線量から局所線量(ポイント線量)の空気カーマ
CTDI

八ヶ岳



南アルプス



患者被曝線量評估

1. 一般撮影

入射表面線量(*ESD : Entrance Surface Dose*)

入射皮膚線量(*ESD : Entrance Skin Dose*)

2. 乳房撮影

平均乳腺線量(*AGD : Average Glandular Dose*)

3. CT検査

CTDI, CTDI_w, DLP

4. 血管撮影 (IVR)

入射皮膚線量(*ESD : Entrance Skin Dose*)

患者

医療被曝

線量限度なし →
(参考レベル、ガイドライン)

放射線障害の出現
(確定的影響)



Ablation 6.5 months after



PCI 21 months after

AJR:177.July 2001

患者被曝線量評価

4. 血管撮影 (IVR)

患者被曝線量測定法

入射皮膚線量 (*ESD : Entrance Skin Dose*)

装置の出力線量

IVRにおける患者皮膚線量の測定マニュアル

IEC 60601-2-43 (2000.06)

JIS

入射皮膚線量測定法

直接測定法

精度が高い、煩雑

TLD (Thermoluminescence Dosimeter)

蛍光ガラス線量計

SDM (Skin Dose Monitor)

フィルム法

放射線感受性インジケータ

間接測定法

簡便、リアルタイム

NDD法 (Numerical Dose Determination)

患者照射線量管理ネットワーク PEMNET

面積線量計

被曝線量推定法

精度が低い、参考値

基準線量を基に皮膚線量を推定

スキンドースモニタ

線量特性

線量率特性

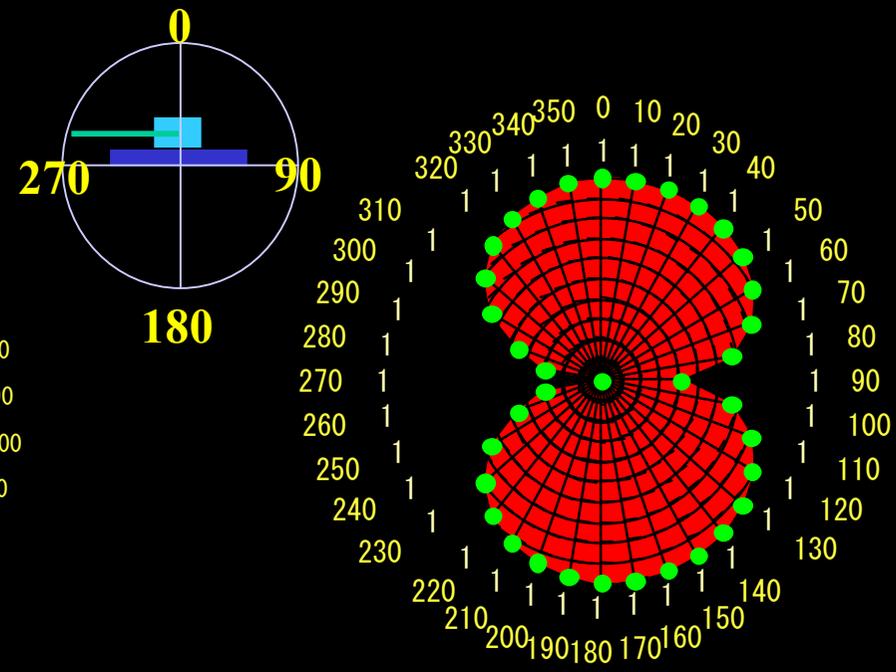
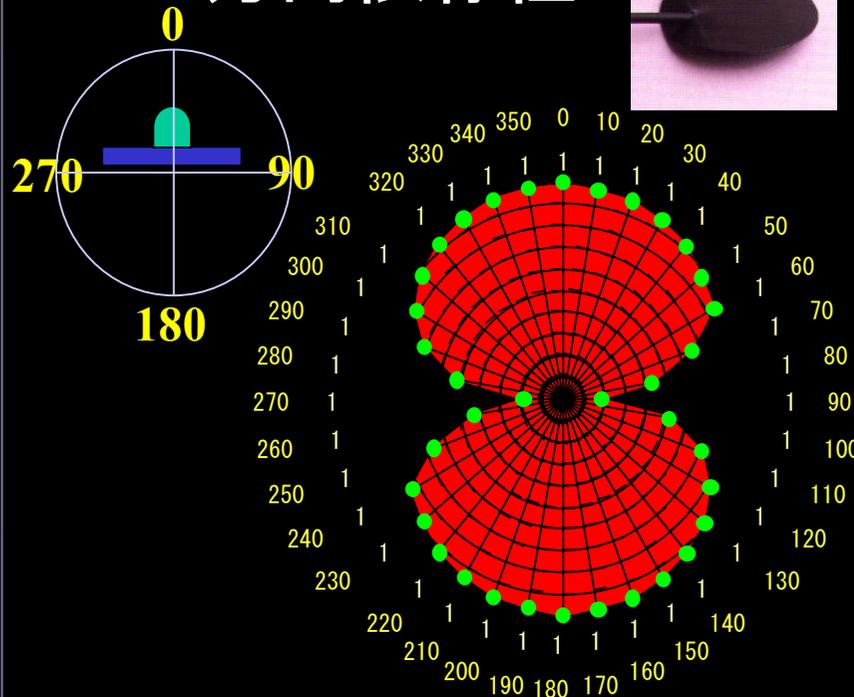
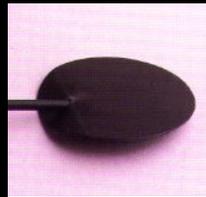
エネルギー特性

後方散乱に対するレスポンス

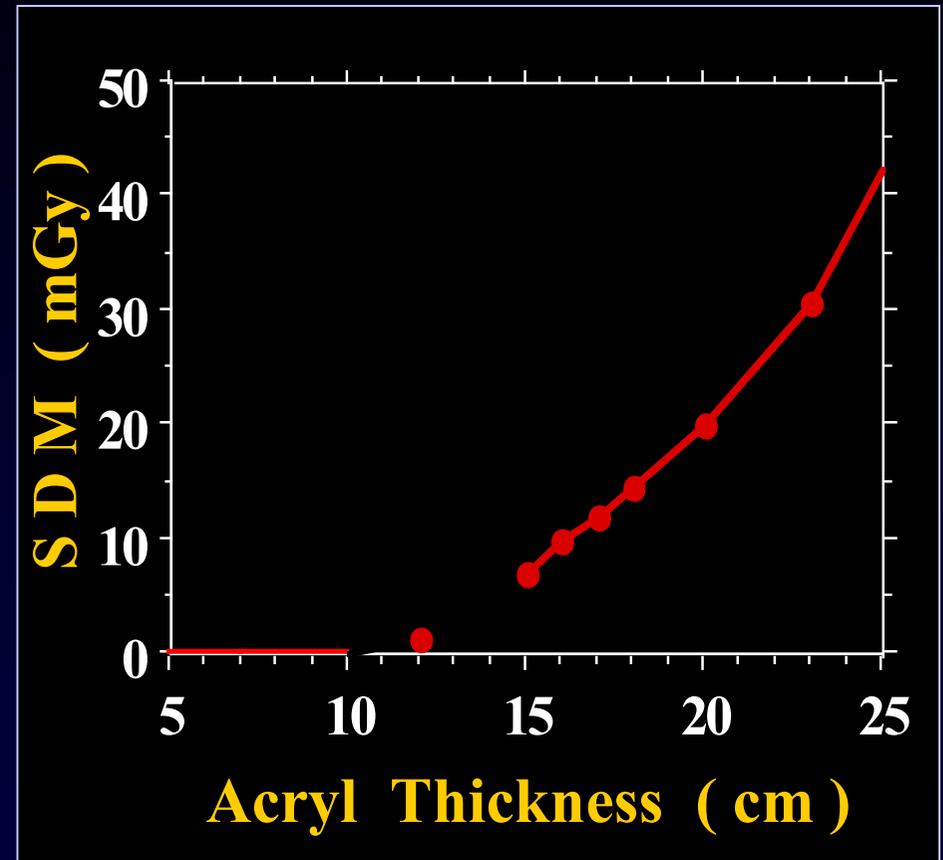
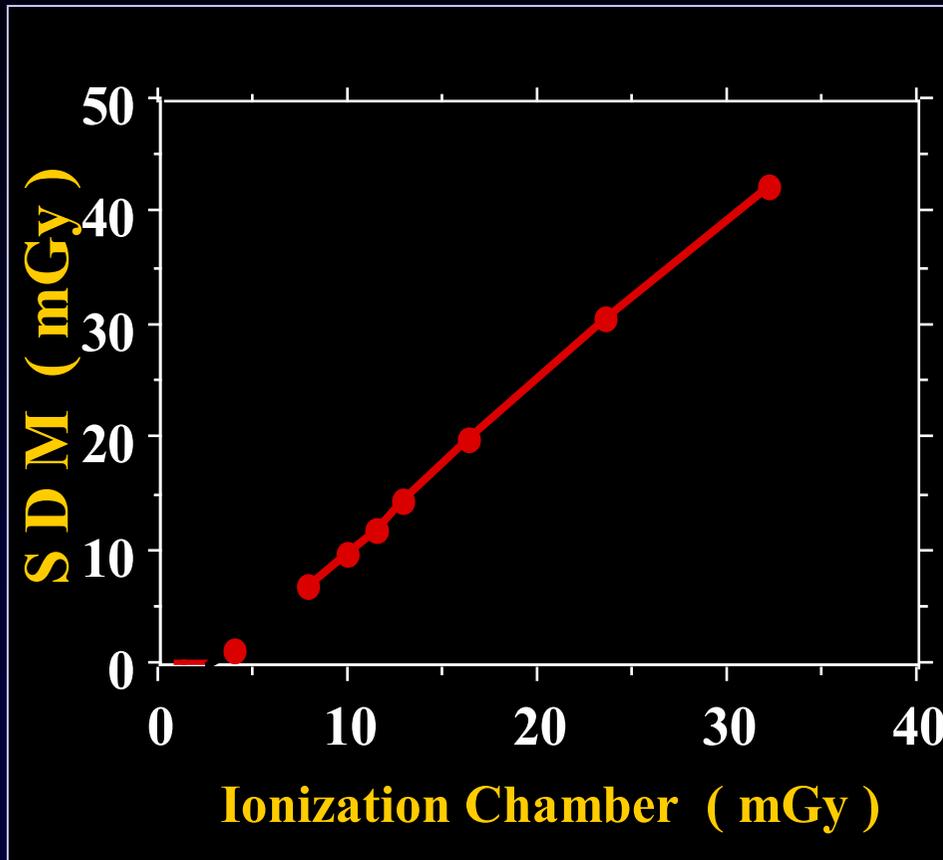


良好

方向依存性

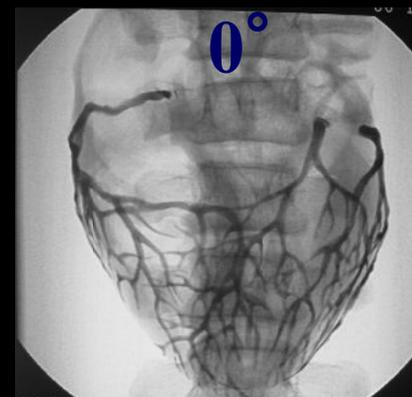
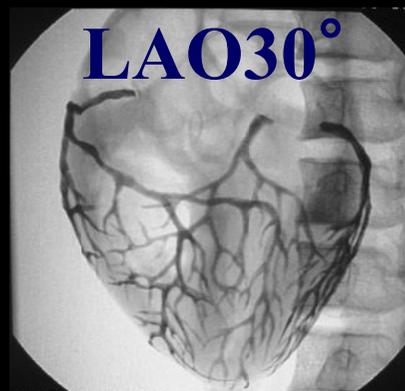
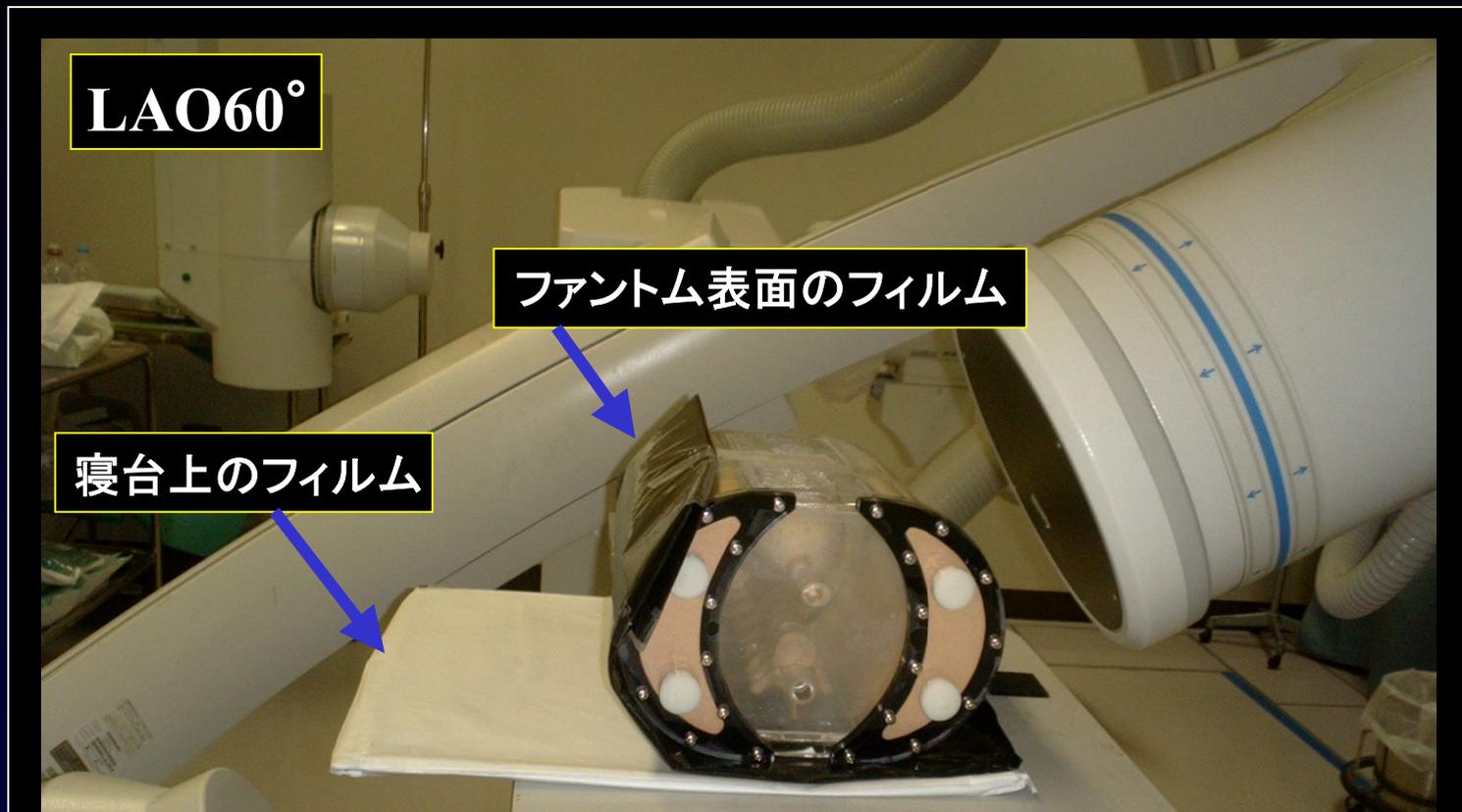


スキンドースモニタ



I.I. 17cm SID 100cm Fluoroscopic Time 1min

フィルム法

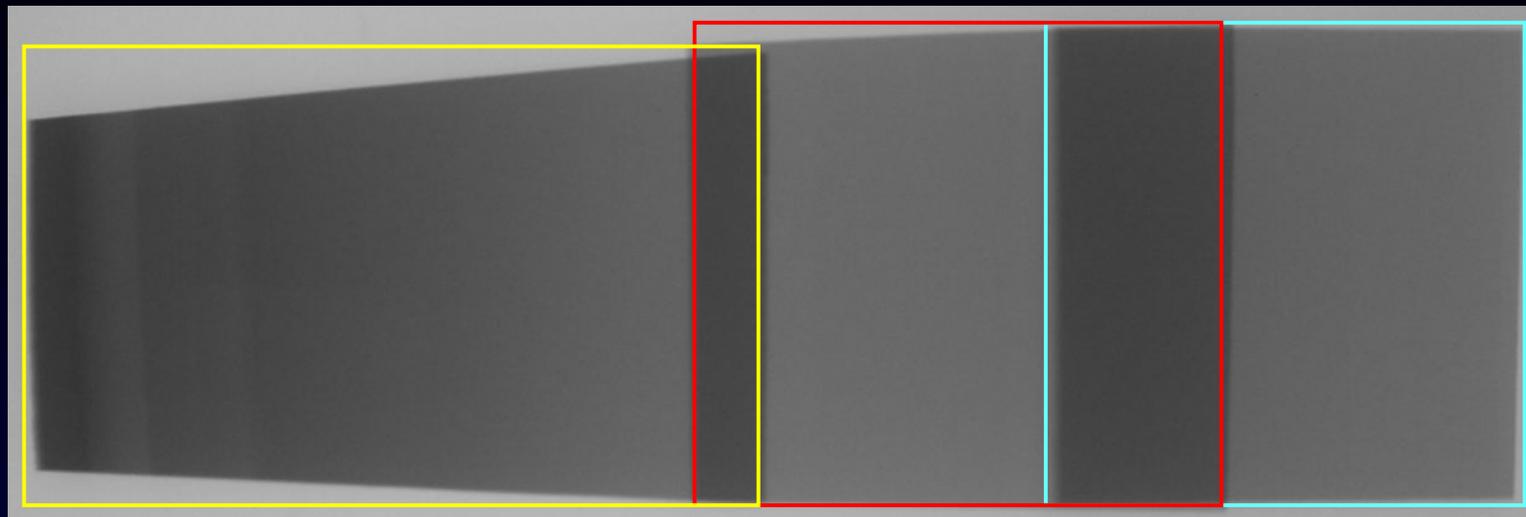


フィルム法

(LAO60°、LAO30°、0°での照射野の位置)

寝台上のフィルム

SSD大=患者小(50kg)

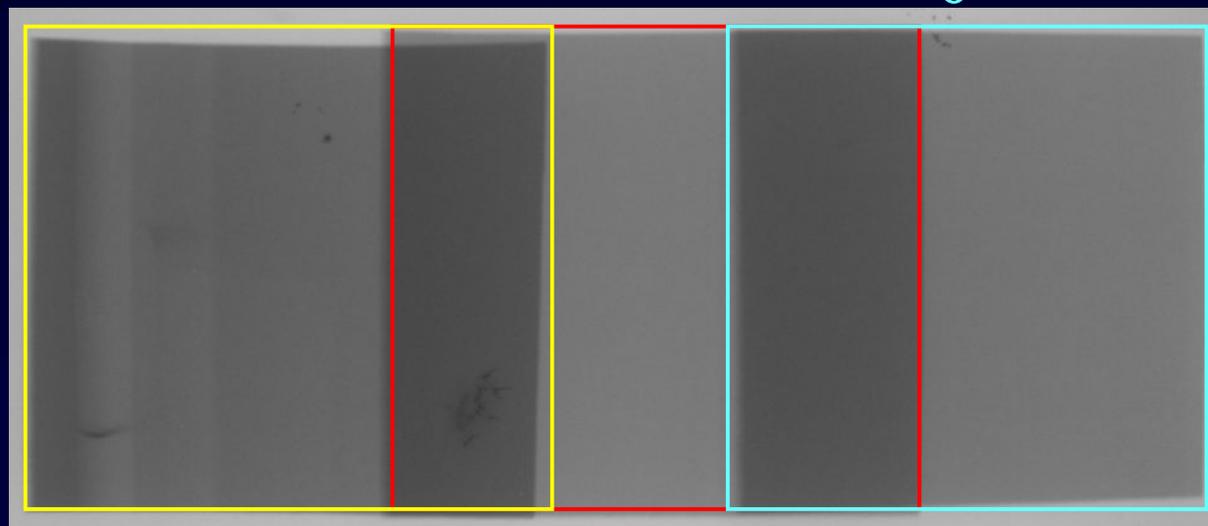


60°

30°

0°

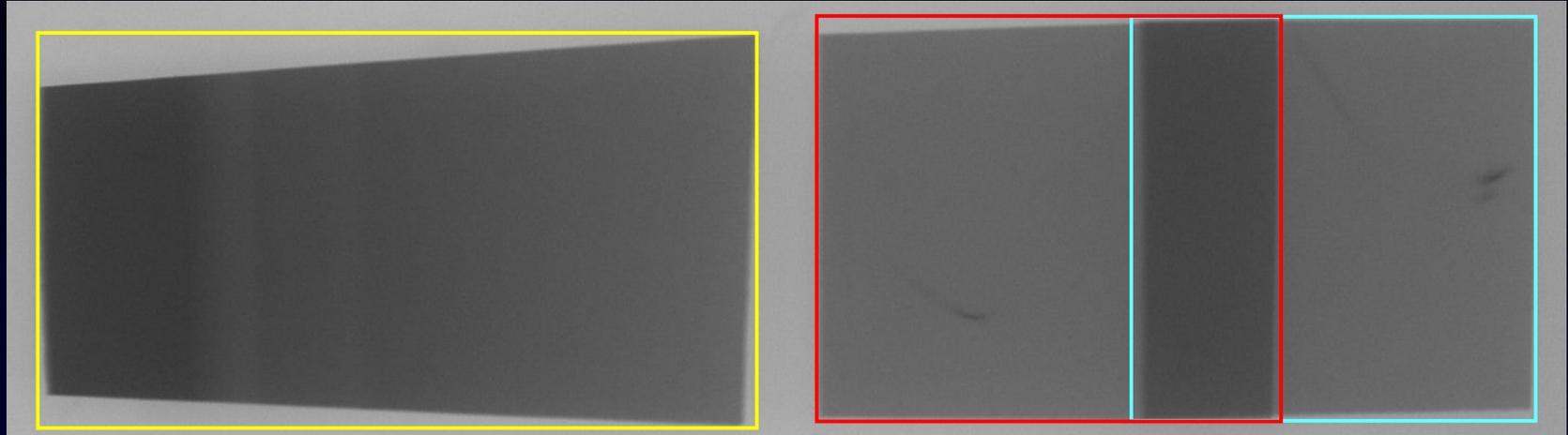
ファントム表面のフィルム



フィルム法 (LAO60°、LAO30°、0°での照射野の位置)

寝台上のフィルム

SSD小=患者大(60~70kg)

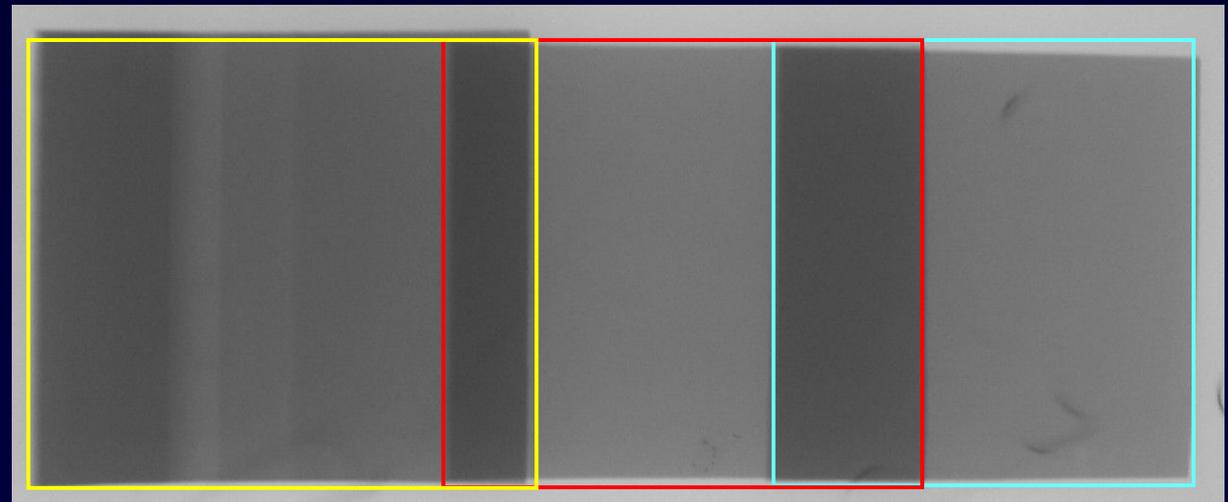


60°

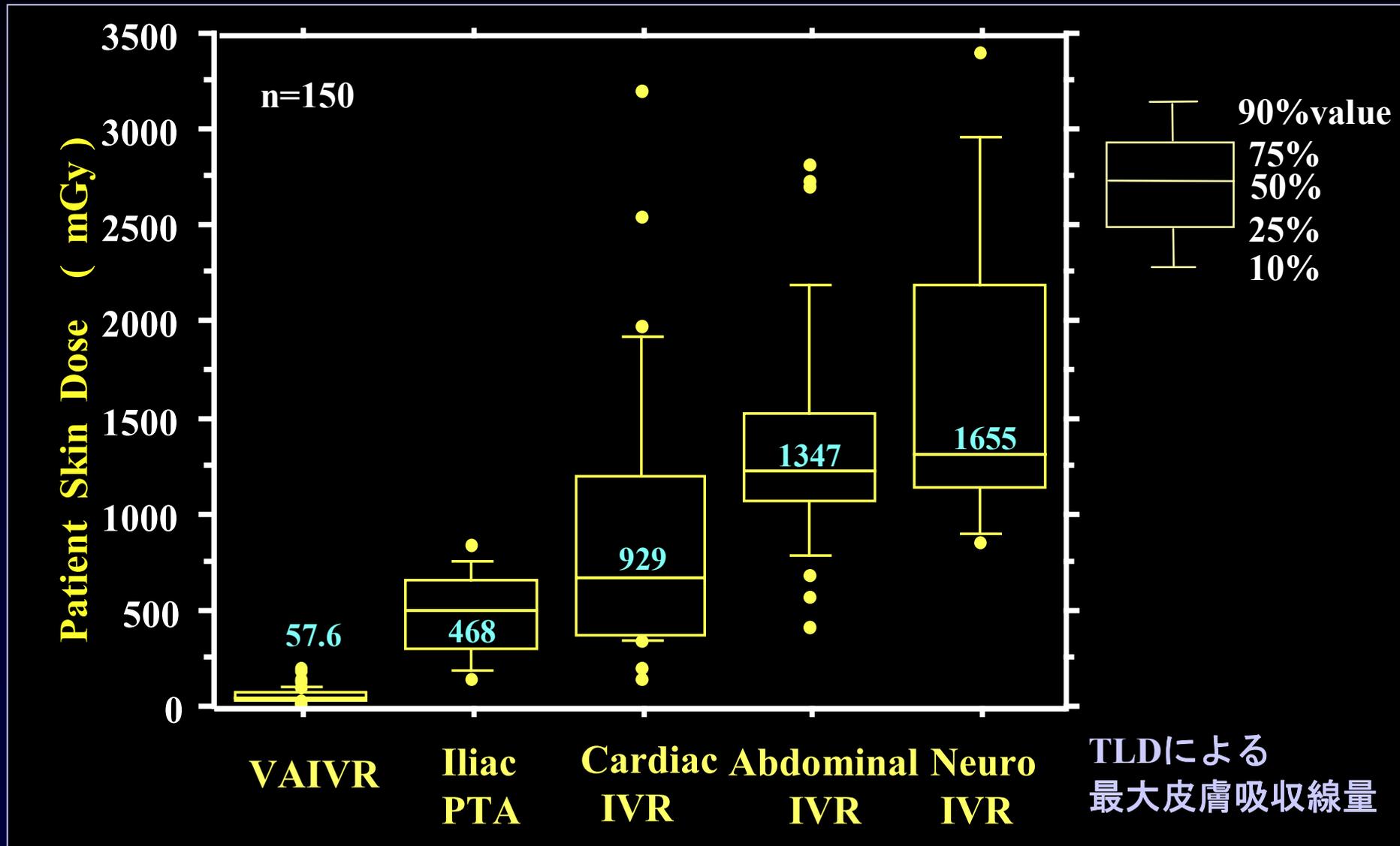
30°

0°

ファントム表面のフィルム



患者入射皮膚線量



坂本肇、他：BAIVTにおける術者と患者の被曝線量、透析会誌、36(6),1199-1205, 2003

Key Point

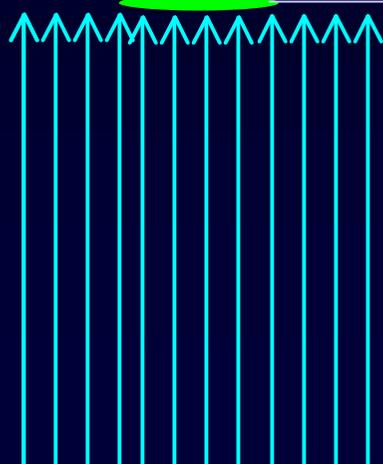
入射皮膚線量

Entrance skin dose(ESD)

$70 \mu\text{m} = 0.07\text{mm}$

皮膚

$70 \mu\text{m}$ $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 表皮の基底細胞



X-ray

線量計

Gy : 吸収線量

組織吸収線量を表し、
確定的影響について評価

Sv : 線量当量

70μ 線量当量 (1cm線量当量)
を表し、確率的影響について評価

エネルギー不明の場合

1cm線量当量 : 1.9倍

70μ 線量当量 : 1.73倍

患者被曝線量評価

4. 血管撮影 (IVR)

患者被曝線量測定法

入射皮膚線量 (*ESD : Entrance Skin Dose*)

装置の出力線量

IEC 60601-2-43 (2000.06)

JIS

IVRにおける患者皮膚線量の測定マニュアル

International Electro technical Commission (IEC)

国際電気標準会議

60601-2-43 (2000-06)

医用電気機器 パート 2-43

インターベンショナルプロセジャー用
X線装置の安全に関する個別要求事項

インターベンショナル基準点
(Interventional Reference Point)

基準空気カーマ
(Reference Air Kerma)

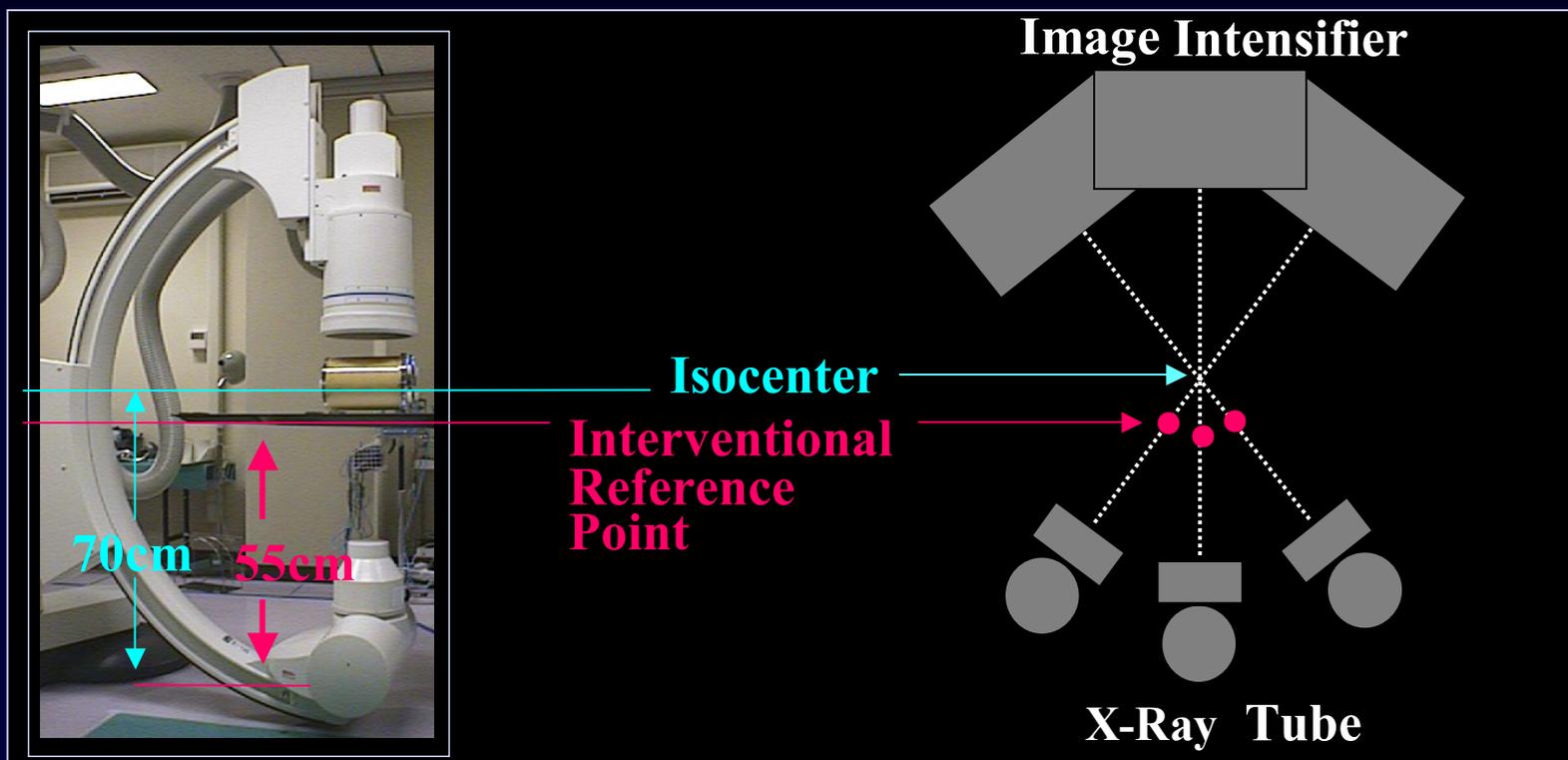
Medical electrical equipment – Particular requirements for the safety of X-ray equipment for interventional procedures. IEC 60601-2-43 (2000-06).

インターベンショナル基準点

Interventional Reference Point

成人心臓カテーテル検査に適応

アイソセンタからX線管側へ15cmの点



Key Point

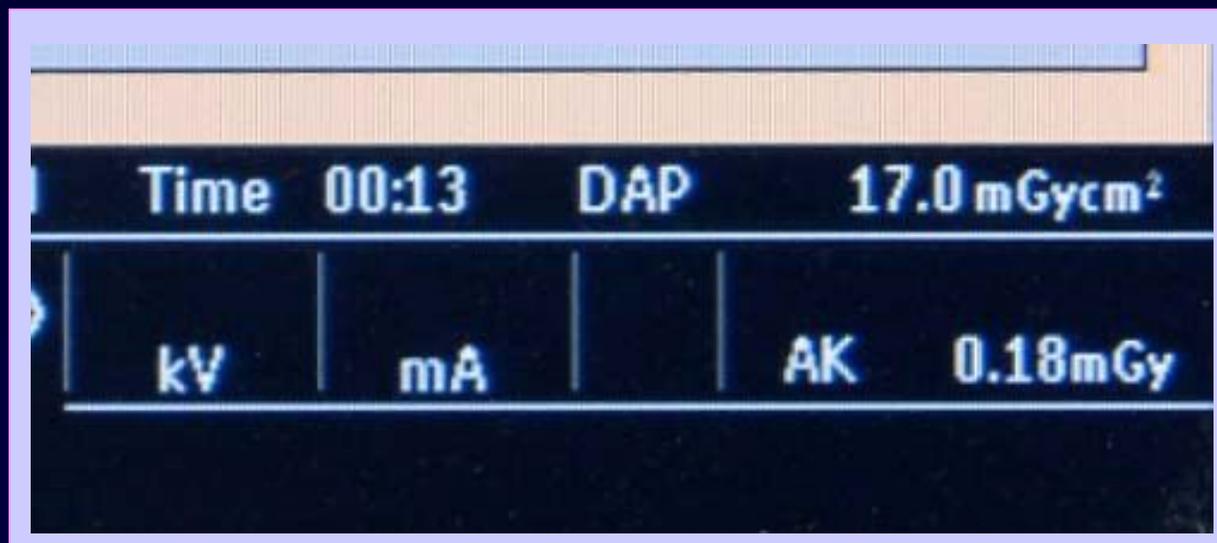
基準空気カーマ (率)

インターベンショナル基準点での
一次X線の空気カーマ (率)



空気の吸収線量 (率) mGy mGy / min

IEC規格に準拠した装置では空気カーマの線量表示



入射線量 Incident Dose (mGy) IEC規格の表示値
基準空気カーマ

患者さんのいない状態での空気カーマ

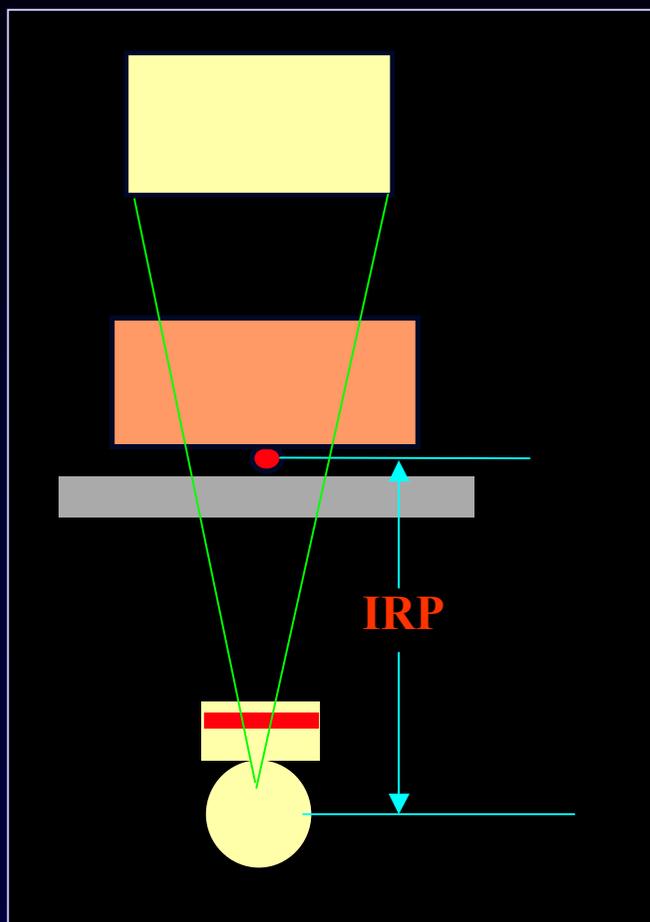
入射皮膚線量 Entrance Skin Dose (mGy)

患者さんからの後方散乱線を含めた皮膚の吸収線量

$$\begin{aligned} \text{ESD} &= \text{ID} \times \text{組織線量変換係数} \times \text{後方散乱係数} \\ &= \text{ID} \times 1.3 \sim 1.4 \\ &= \text{装置の表示値} \times 1.3 \sim 1.4 \end{aligned}$$

インターベンショナル基準点での入射皮膚線量

基準空気カーマ



入射線量 **Incident Dose** (mGy)

$ID = K_{air}$: 空気カーマでの装置表示値 (Gy)

テーブルの吸収 : 15%

$$ID = K_{air} \times 0.85$$

後方散乱係数 : 1.3

入射表面線量 **Entrance Surface Dose**

$$ESD = K_{air} \times 0.85 \times 1.3$$

組織線量変換係数 : 1.06

入射皮膚線量 **Entrance Skin Dose**

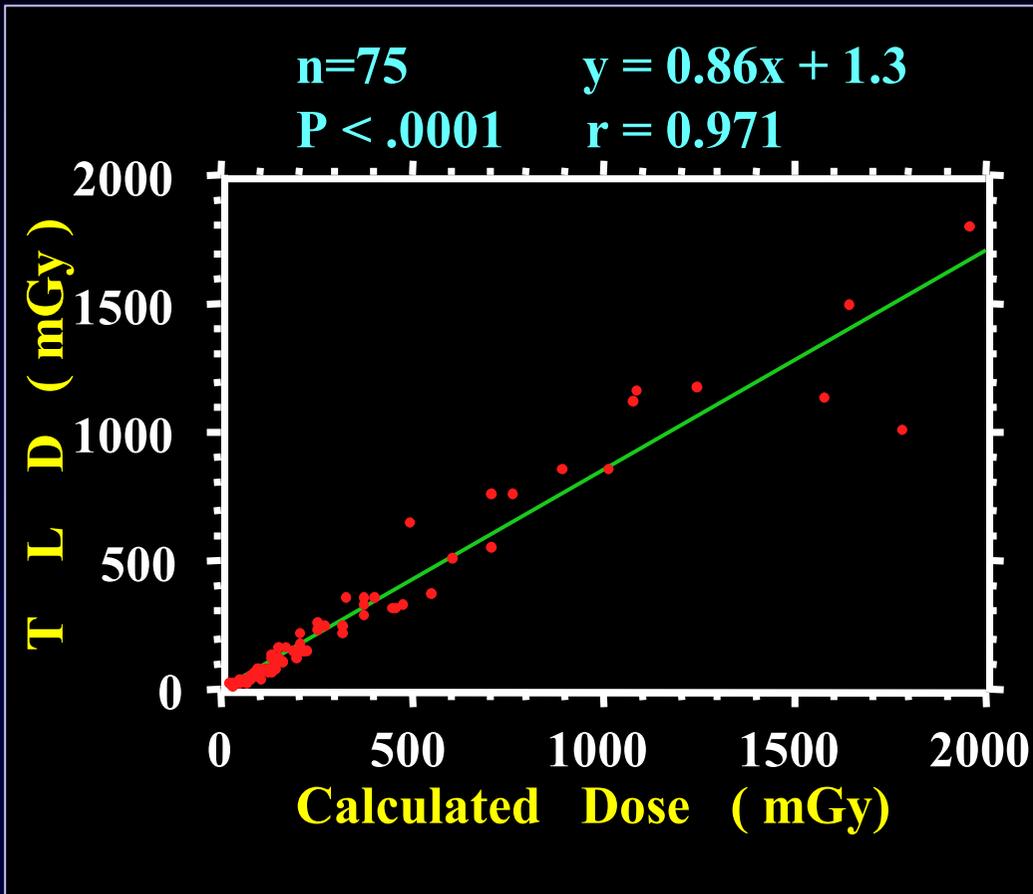
$$\begin{aligned} ESD &= K_{air} \times 0.85 \times 1.3 \times 1.06 \\ &= K_{air} \times 1.17 \end{aligned}$$

臨床でのTLDによる実測値と

面積線量計から求めた皮膚線量の比較

成人カテーテル検査

基準点での皮膚入射面積にて計算



$$y = 0.86x + 1.3$$

入射皮膚線量

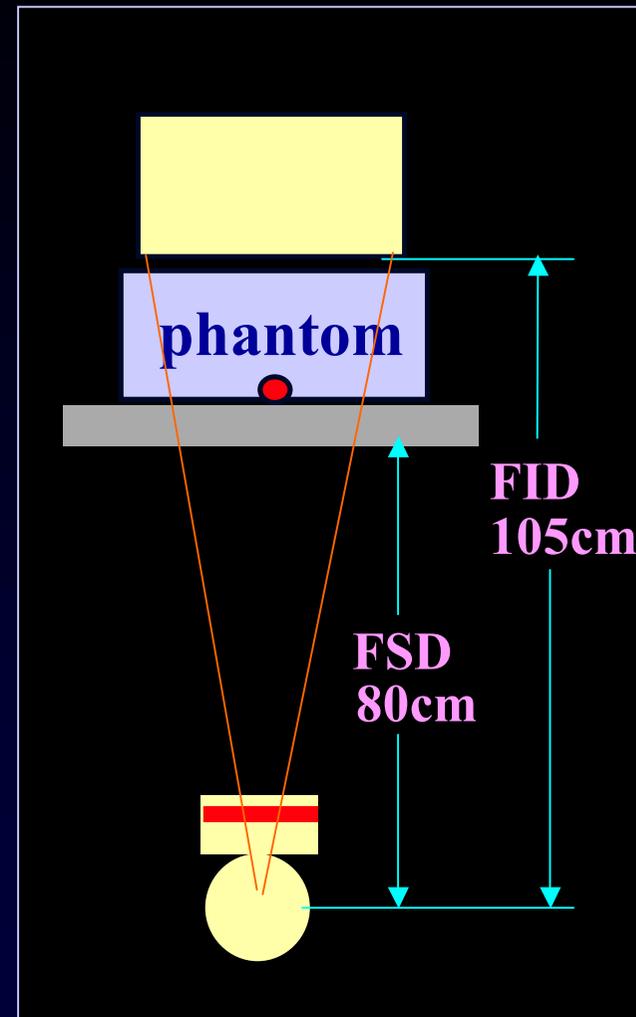
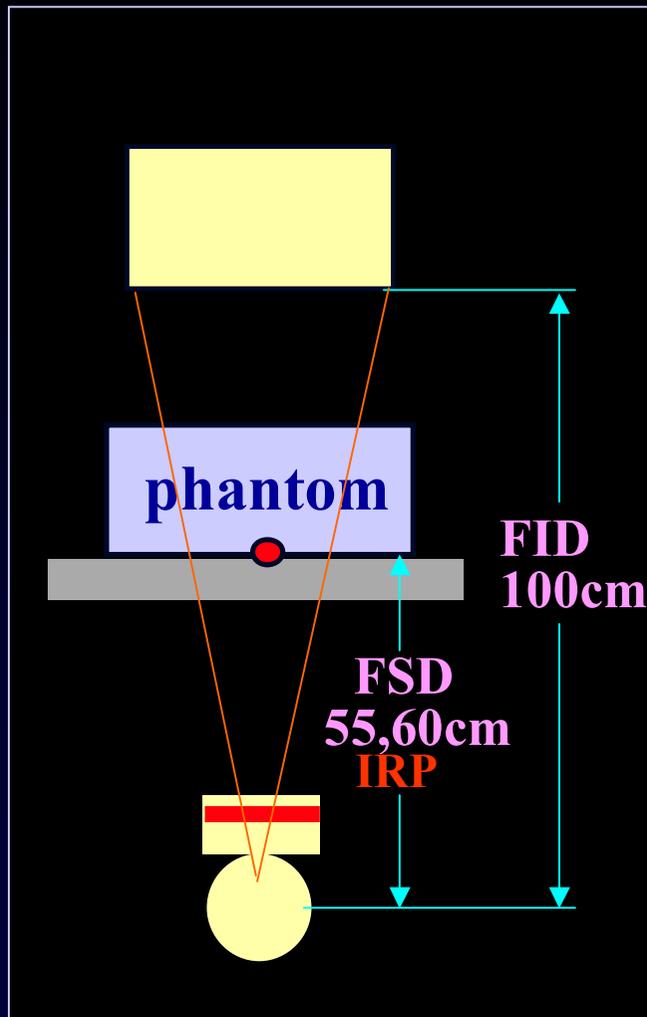
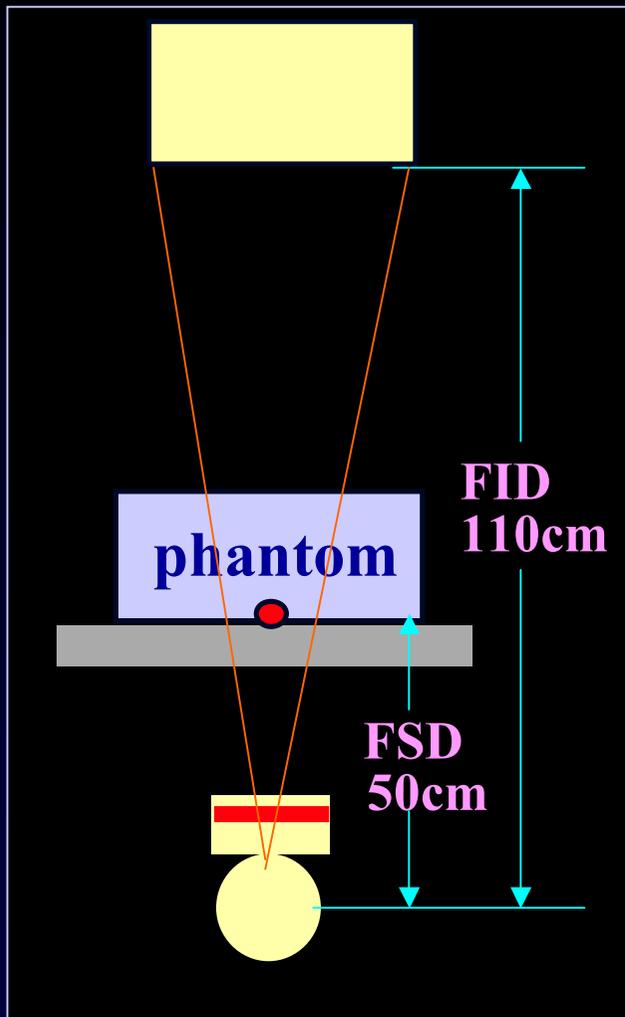
$$= 0.86 \times \text{基準点での入射皮膚線量}$$

基準点での入射皮膚線量

$$= 1.17 \times \text{入射皮膚線量}$$

坂本肇、他：新しく規格化されたインターベンショナル基準点についての考察、
日放技学誌、60(4),520-527, 2004

入射表面線量の幾何学的誤差範囲



線量比 1.32 (0.77)
IRP 55cm

1

0.46 (2.2)

線量比 1.50 (0.67)
IRP 60cm

1

0.59 (1.7)

患者被曝線量評価

4. 血管撮影 (IVR)

患者被曝線量測定法

入射皮膚線量 (*ESD : Entrance Skin Dose*)

装置の出力線量

IEC 60601-2-43 (2000.06)

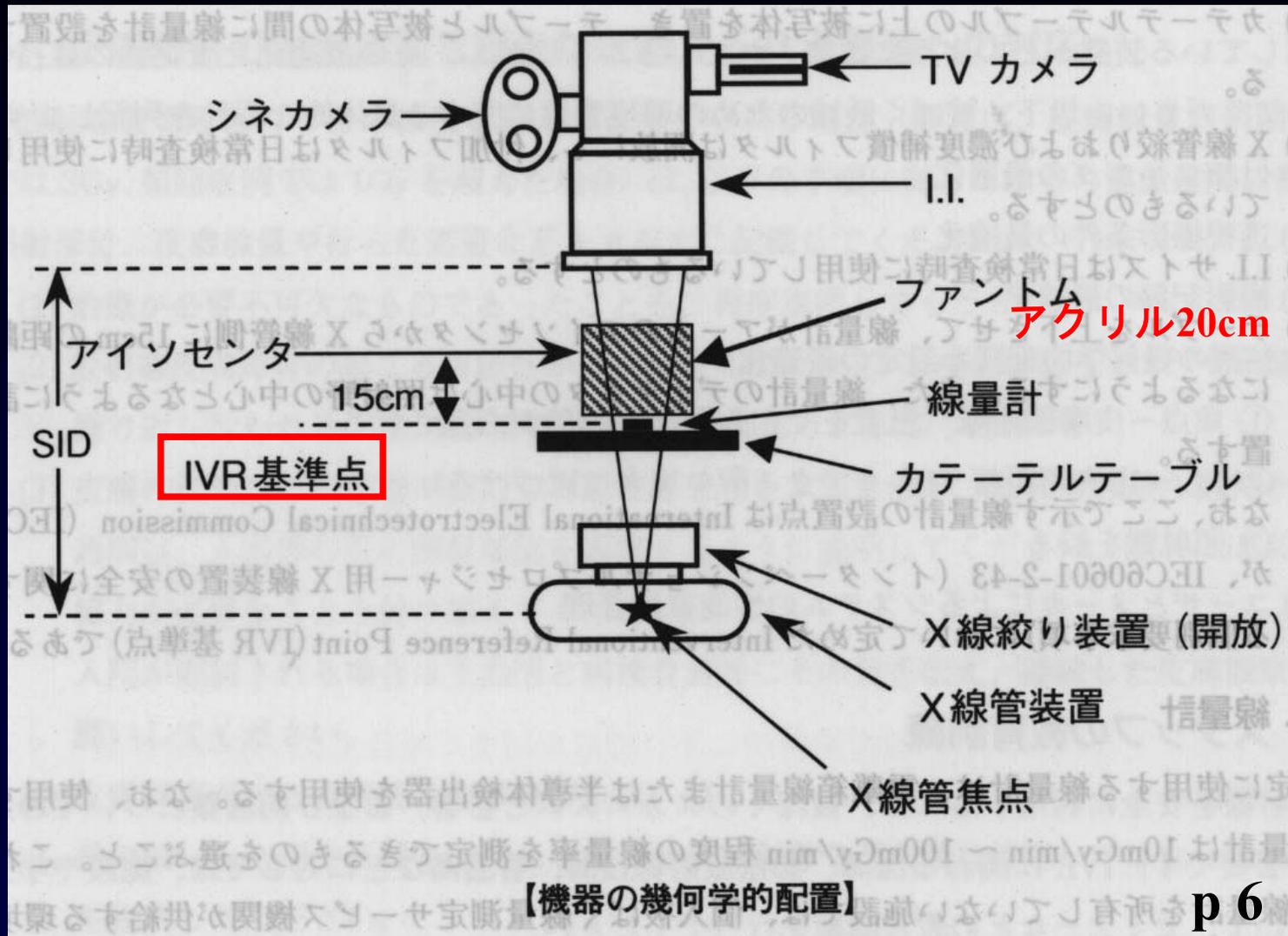
JIS

IVRにおける患者皮膚線量の測定マニュアル

Yamanashi Univ.Hosp.

IVRにおける患者皮膚線量の測定マニュアル

測定に関する幾何学的配置



IVRに伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドラインブックレッド3より引用

自作ファントム線量測定

・水ファントム



OSL線量計

(ルクセルバッジ:長瀬ランダウア)



ウォータータンク(ポリエチレン)

アクリル20cm(相当)

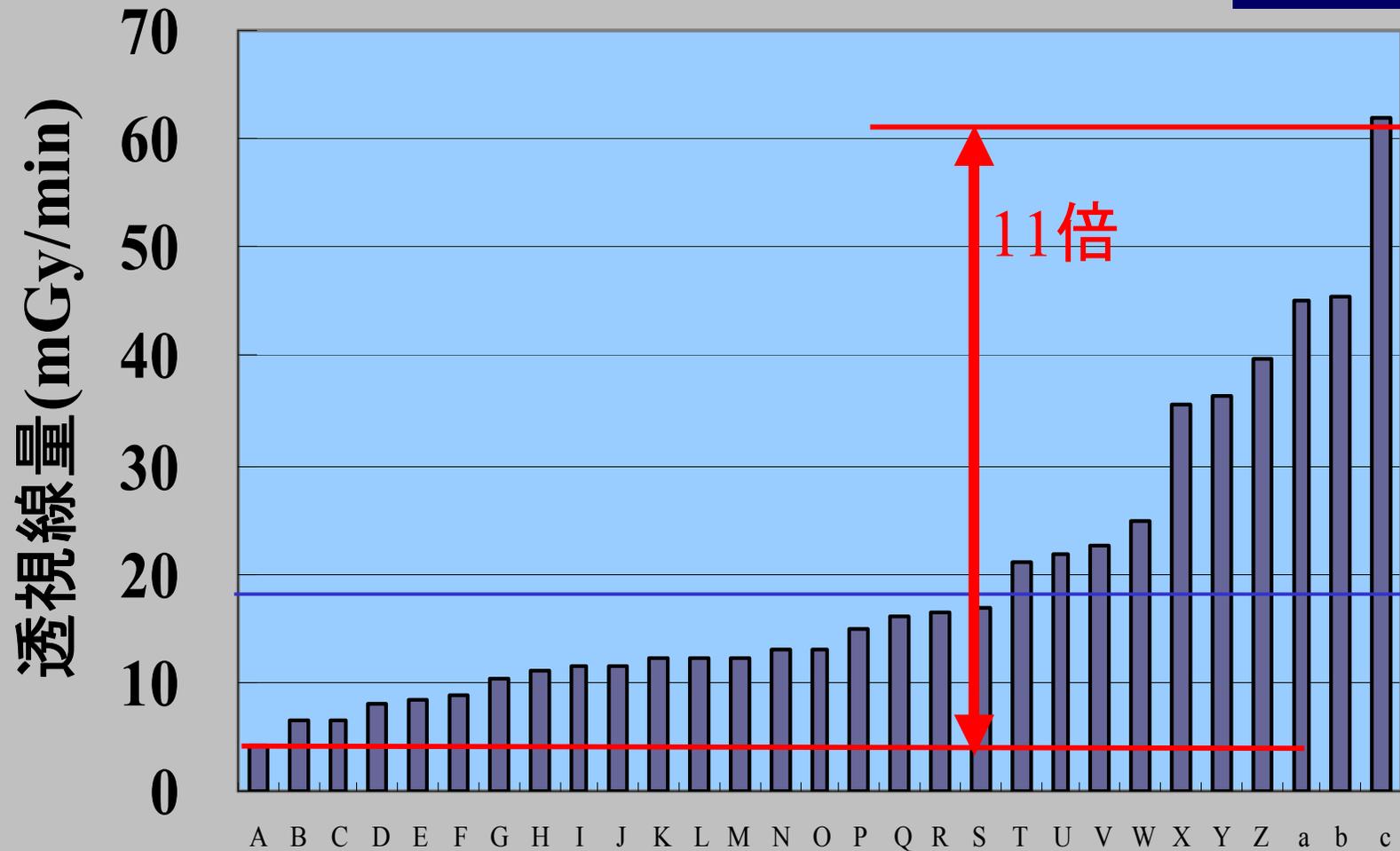
技術学会関東部会広域研究班

Yamanashi Univ.Hosp.

各施設の透視線量

OSL線量計

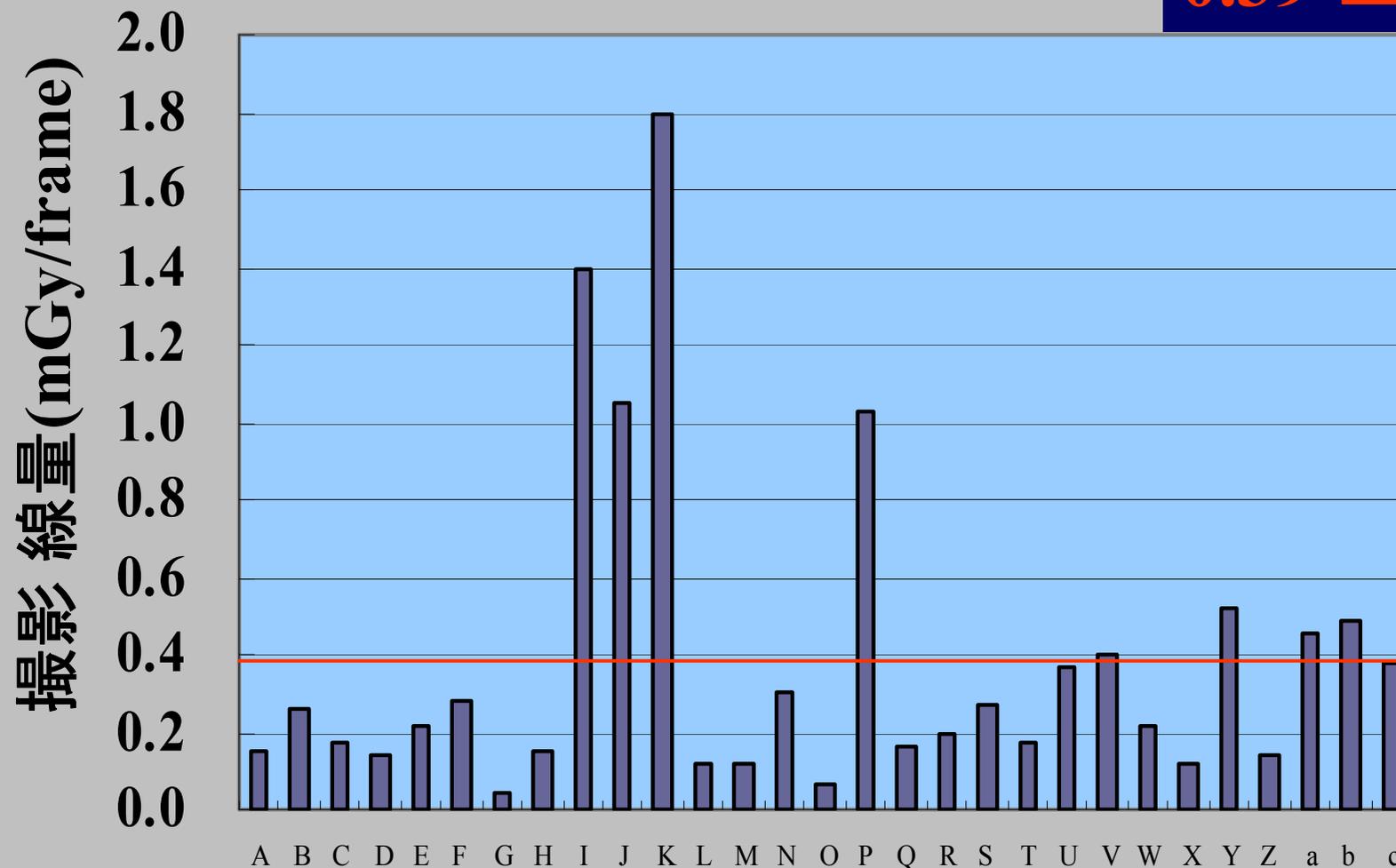
mean \pm SD
19.6 \pm 14.2



各施設の撮影線量

OSL線量計

mean \pm SD
0.39 \pm 0.42



富士山



血管造影室で必要な放射線測定

—知って得する基礎知識—

本日のメニュー

1. 線量測定の種類（測定部位）

2. 被曝線量測定（患者）

各種モダリティーとの比較

3. 個人線量測定（従事者）

なぜ、従事者被曝線量測定が必要か

線量限度

医療法施行規則（第30条の18）

1cm線量当量及び70 μ m線量当量を測定器を用いて測定する
測定することが著しく困難である場合は計算により算出

医療法施行規則（第30条の27）

術者は不均等被曝となるため、防護衣の内側胸部と防護
衣外側の頭頸部、末端部の最も被曝するおそれのある部位

放射線防護

防護の最適化の評価・判断を行う基準とするため

Key Point

被曝線量の評価

評価項目 測定方法 線量限度

実効線量 (H_E)

均等被曝	線量計着用部位の H_{1cm}	100mSv/5年 50mSv/年
不均等被曝	頭頸部での H_{1cm} (H_a) 防護衣内胸部での H_{1cm} (H_b) $H_E = 0.11H_a + 0.89H_b$	女子 (妊娠可能者) 5mSv/3月

等価線量

皮膚	最大線量となる部位の $H_{70\mu m}$	500mSv/年
水晶体	頭頸部での H_{1cm} か $H_{70\mu m}$ の大きい方	150mSv/年
妊娠中の女子 の腹部表面	腹部の H_{1cm}	2mSv

H_{1cm} : 1cm線量当量 単位
 $H_{70\mu m}$: 70 μm 線量当量 Sv

等価線量と実効線量

H_T : 組織・臓器(T)の等価線量

$$H_T = \sum W_R \cdot D_{TR} \text{ (Sv)}$$

W_R : 放射線荷重係数

D_{TR} : 臓器・組織(T)の平均吸収線量 (Gy)

H_E : 実効線量

$$H_E = \sum W_T \cdot H_T \text{ (Sv)}$$

W_T : 組織荷重係数

$$H_E = \sum [W_T \cdot \sum (W_R \cdot D_{TR})]$$

線量単位

Gy : 対象組織の吸収線量——**確定的影響**

Sv : 放射線の人体への影響——**確率的影響**

[Sv]の単位で確定的影響を評価することは不適切であるが、対象組織の等価線量で確定的影響の閾値を提示する場合がある

H_T : 組織(T)の等価線量

$$H_T = W_R \cdot D_{TR} \text{ (Sv)}$$

W_R : 放射線荷重係数

D_{TR} : 臓器・組織(T)の平均吸収線量 (Gy)

$$H_T \text{ (Sv)} \geq D_{TR} \text{ (Gy)}$$

安全側で評価

Key Point 外部被曝線量のための諸量の関係

Q(L) と測定・計算で確認された
(球かスラブ)ファントムで計算

外部被曝線量の測定

実用量

- 周辺線量当量 $H^*(d)$
- 方向性線量当量 $H'(d, \Omega)$
- 個人線量当量 $H_p(d)$

自由空気中空気吸収線量

物理量

- フルエンス Φ
- カーマ K
- 吸収線量 D

w_R, w_T と人体形状を模擬
したファントムで計算

- w_R : 放射線荷重係数
- w_T : 組織荷重係数

線量限度

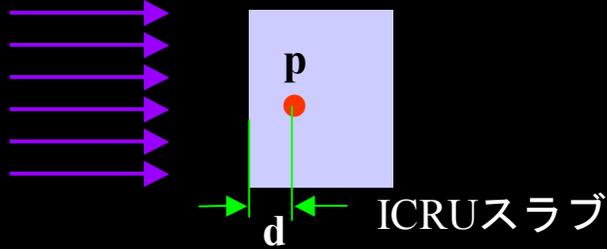
防護量

- 臓器吸収線量 D_T
- 臓器等価線量 H_T
- 実効線量 E

組織吸収線量

測定と (w_R, w_T と人
体形状を模擬したファ
ントムを用いた) 計算
により比較

個人線量当量 $H_p(d)$ Personal dose equivalent



サーベイメータ：周辺線量当量 場のモニタリング
方向性線量当量

個人線量計：個人線量当量 個人のモニタリング

実効線量

- 実効線量とは、組織・臓器の平均吸収線量に線質係数を荷重した線量の合計。 **防護量**
- 実効線量は直接測定できないので、生体等価な30cmの球の1cm中の線量として定義された。 **実用量**
- この線量も直接測定できないので、アクリルスラブファントム上に設置された線量計にエネルギーごとの係数を掛けて校正されている。 **実用量**

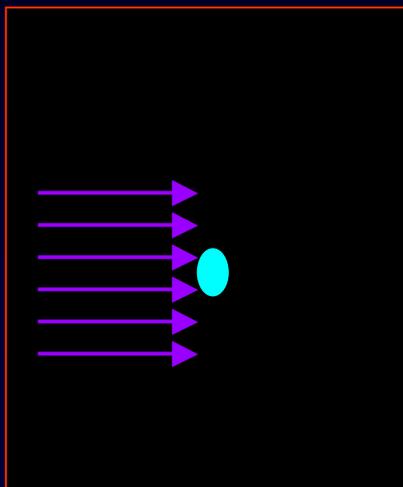
Key Point

個人線量当量 $H_P(d)$

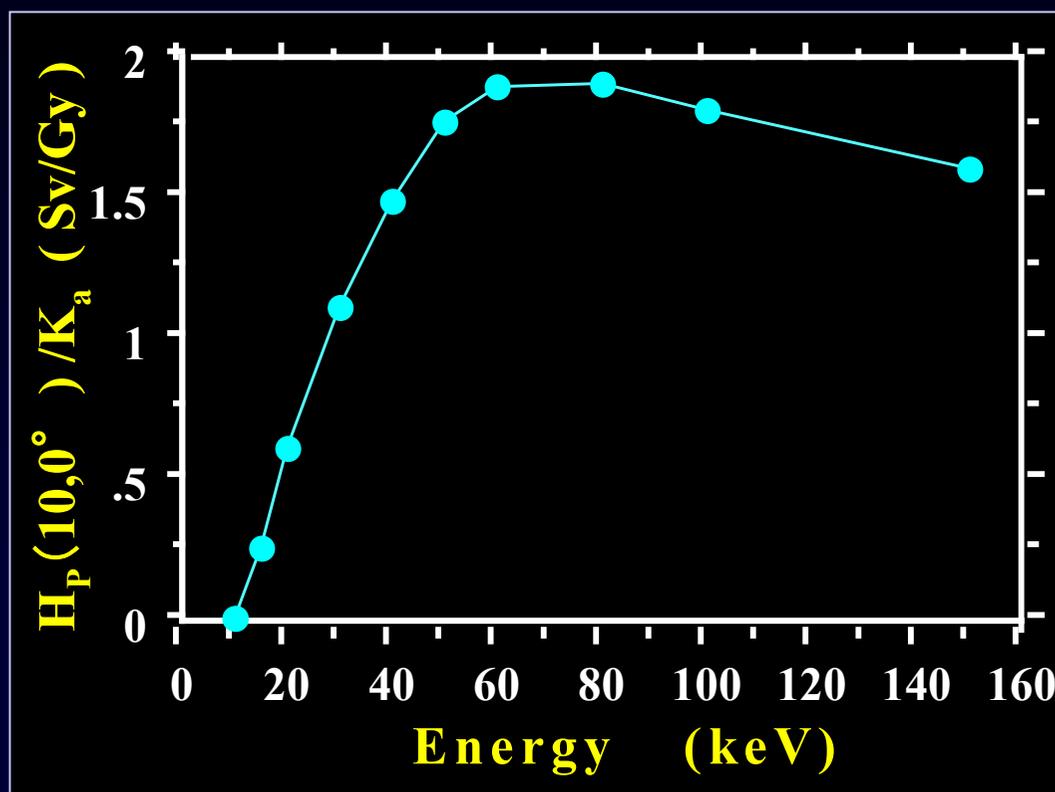
Personal dose equivalent

1cm線量当量 $H_P(10)$

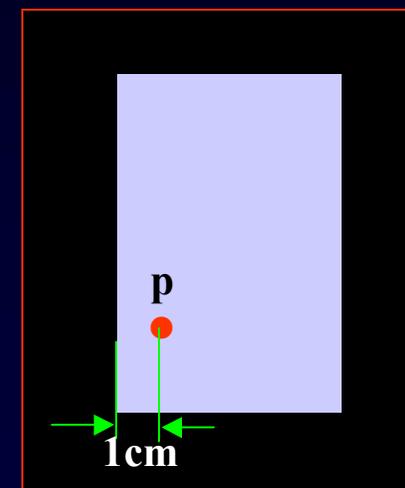
自由空気中空気カーマ



測定



ICRUスラブ

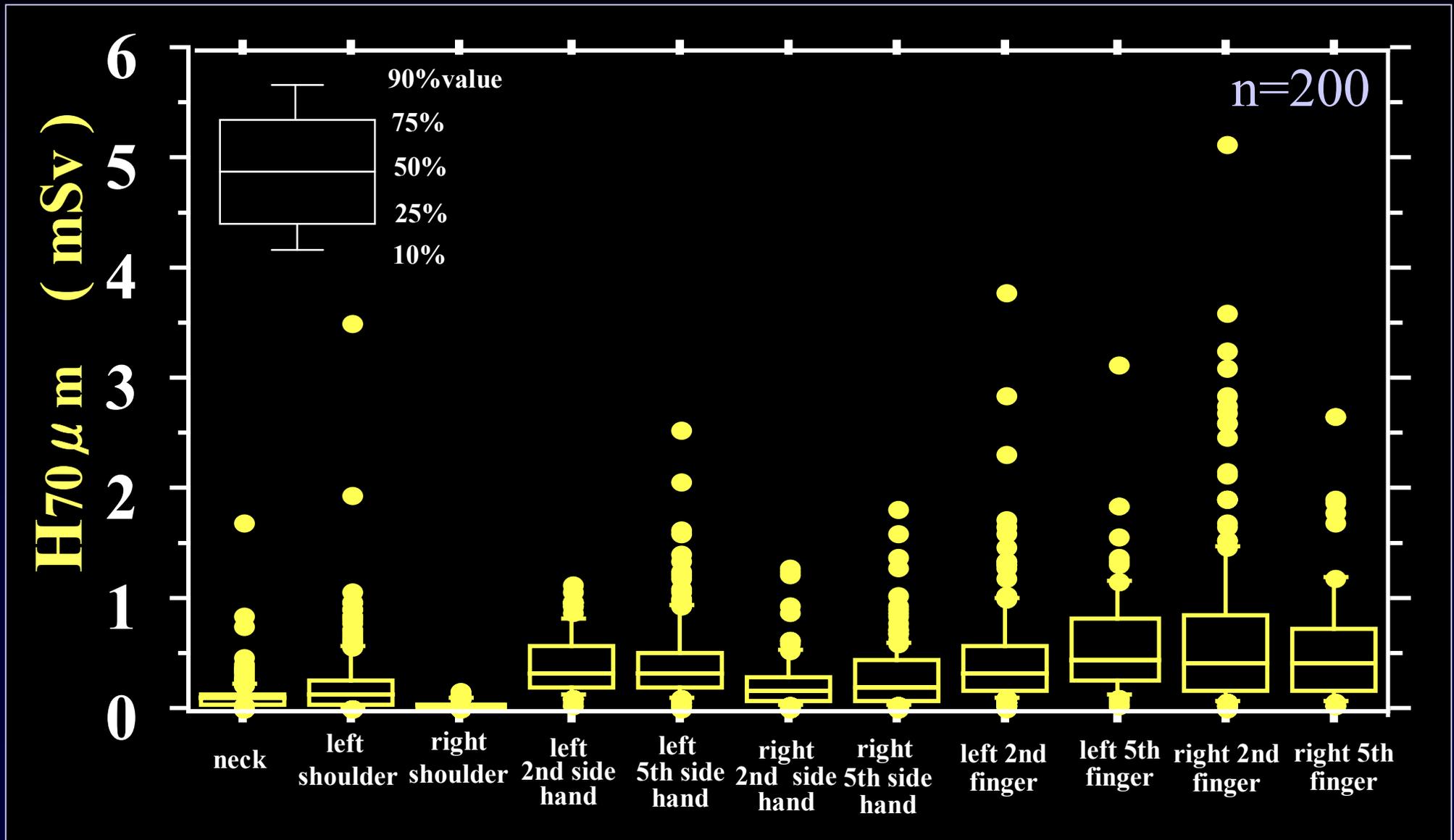


換算(計算)

ICRP publication 74

IVR時の術者部位別皮膚線量当量

H70 μ m



坂本肇、他：面積線量計による術者被曝線量推定に関する検討、日放技学誌、62(7),951-960, 2006

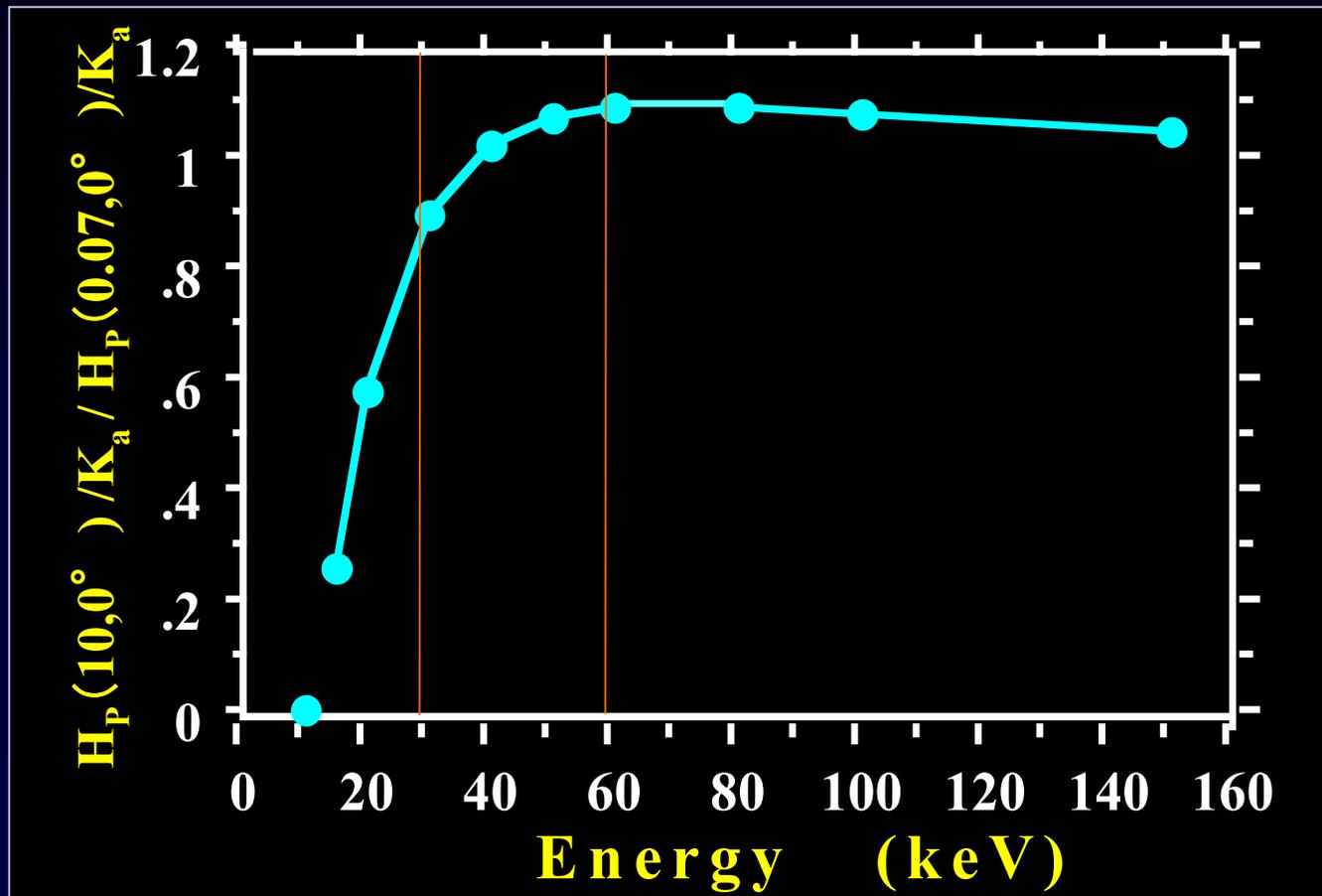
Yamanashi Univ. Hosp.

個人線量当量

Personal dose equivalent $H_P(d)$

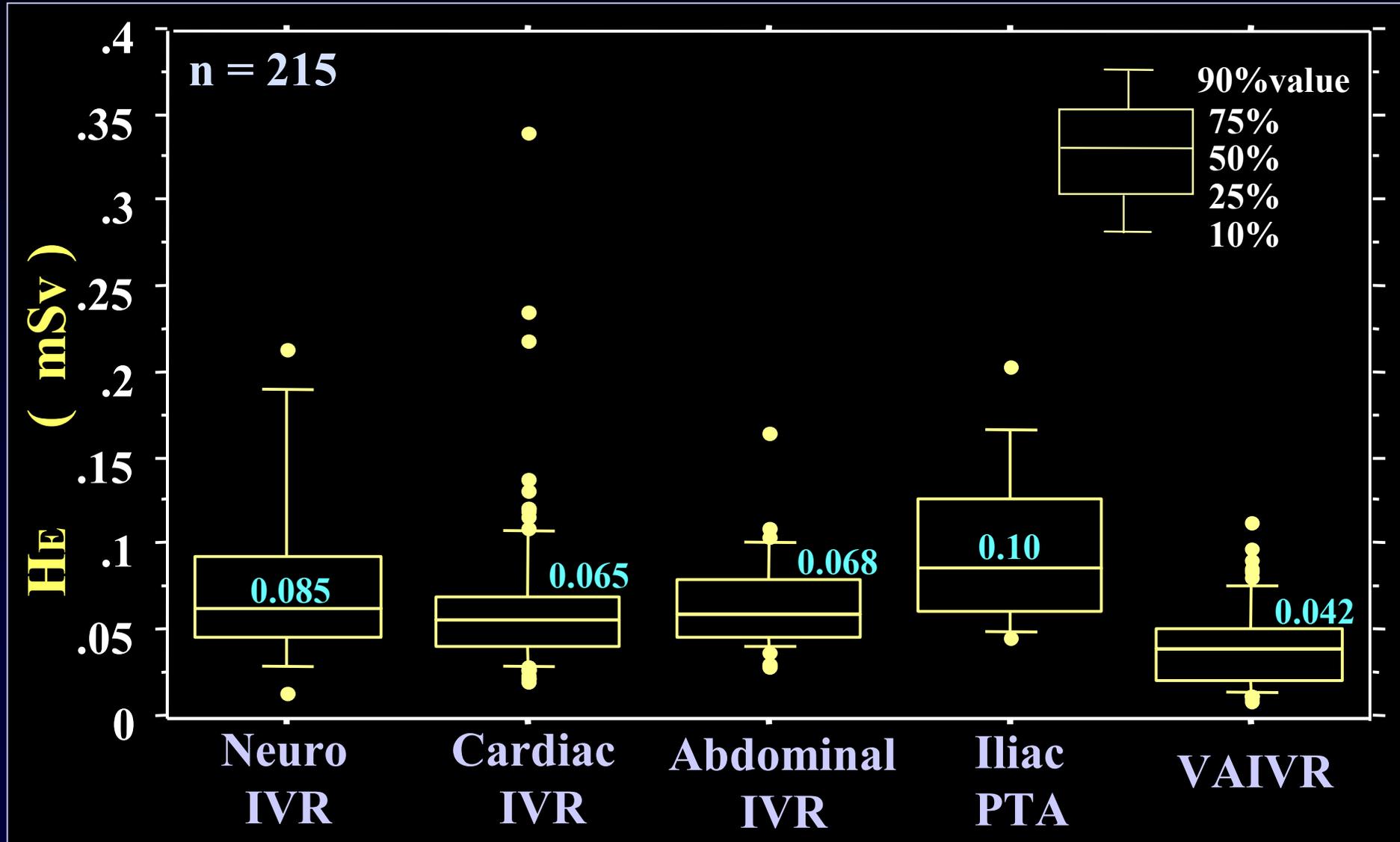
$H_{70\mu m}$ (Sv) : 皮膚表面での皮膚吸収線量

H_{1cm} (Sv) : $H_{70\mu m}$ を基に変換



術者実効線量

Effective dose H_E



従事者被曝線量測定

$H_{1\text{cm}}$: 1cm線量当量 単位
 $H_{70\mu\text{m}}$: 70 μm 線量当量 Sv

線量当量 H (dose equivalent)は組織中の吸収線量(D)
と線質係数(Q)から $H=QD$ (J/kg :Sv)として求める

線量当量は直接測定できない

自由空気中空気カーマ（空気吸収線量）
から換算係数により計算する

換算係数 ICRP publication 74

線量測定 (ICRP Publ.60)

外部被ばくに係わる諸量

- 1) しゃへい物に関する限度や管理区域の設定基準などの放射線防護基準を定める量は原則として「防護量」
等価線量・実効線量(従来は1cm線量当量)
- 2) 測定に係わる量は「実用量」
場のモニタリング量・個人モニタリング量
- 3) 1cm線量当量の用語は引き続き用いるが、従来の1cm線量当量の意味とは異なり、実用量の総称とする
場のモニタリングにおける1cm線量当量は周辺線量当量
個人のモニタリングにおける1cm線量当量は個人線量当量

Key Point

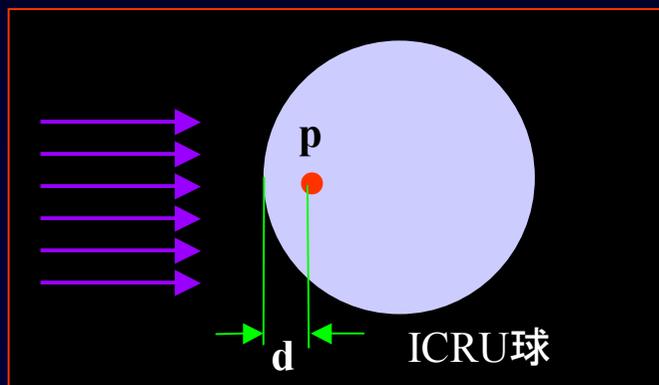
外部被曝線量

1cm線量当量

場所に係わる量

周辺線量当量 $H^*(d)$

Ambient dose equivalent

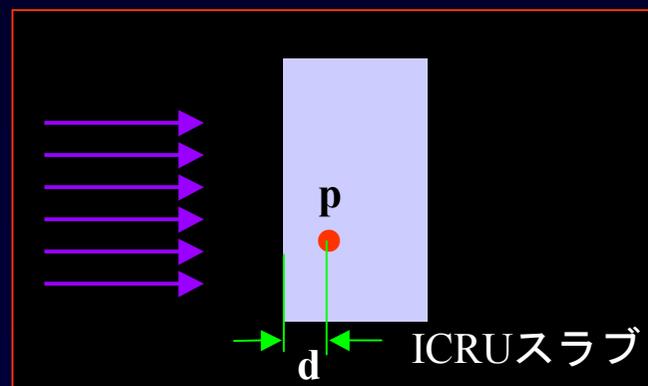


換算係数 (最大) 1.74(Sv/Gy)

個人の外部被曝に係わる量

個人線量当量 $H_P(d)$

Personal dose equivalent



換算係数 (最大) 1.903(Sv/Gy)

ICRP publication 74

線量測定

血管造影室で必要な線量測定の種類

患者線量

臓器線量

入射皮膚線量

入射線量

入射表面線量

実効線量

従事者線量

実効線量

等価線量

空中線量

環境線量

管理区域

遮へい物

画質評価線量

ディテクタへの

入射線量

被写体への

入射線量

QC,QAの線量

IEC、JIS

始業点検

血管造影室での最適化

