

# 頭部CT検査における Imaging Plateを用いた 水晶体放射線被ばく低減の検討

長崎大学 災害被ばく医療科学共同専攻

吉田淳一





## 行為の正当化

放射線被ばくを伴ういかなる行為も、その導入が正味でプラスの利益を生むものでなければならない

## 防護の最適化

経済的および社会的要因を考慮に入れながら、合理的に達成できる限り低く保たねばならない

## 線量限度

個人の線量限度を越えてはならない





- ✓ ) ICRP Publication 103 (2007)

職業被ばくの線量限度 (実効線量)

**Effective Dose** 20mSv/year 5年平均

水晶体の等価線量限度

**Equivalent Dose** 150mSv/year

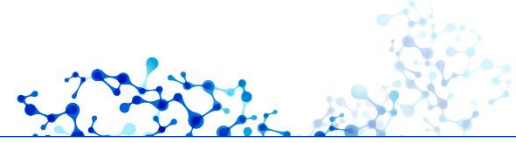


- ✓ ) ICRP Publication 118 (2011)

水晶体の等価線量限度

**Equivalent Dose** 20mSv/year 5年平均

50mSv/year



影響	臓器／組織	影響の発現時期	急性被ばく (Gy)	多分割(1回2 Gy) または等価な遷延被ばく (Gy) †	長年の年(慢性)線量率 (Gy/年)
一時的不妊	精巣	3-9 週	約 0.1	—	0.4
永久不妊	精巣	3 週	約 6	<6	2.0
永久不妊	卵巣	<1 週	約 3	6.0	>0.2
造血機能低下	骨髄	3-7 日	約 0.5	約 10-14	>0.4
口腔乾燥症	唾液腺	1 週	—	<20	—
嚥下障害, 狭窄症	食道	3-8 か月	—	55	—
消化不良, 潰瘍	胃	2 年	—	50	—
狭窄症	小腸	1.5 年	—	45	—
狭窄症	大腸	2 年	—	45	—
肛門直腸機能障害	直腸	1 年	—	60	—
肝肥大, 腹水症	肝臓	2 週から 3 か月	—	<30-32	—
皮膚発赤	皮膚(広範囲)	1-4 週	<3-6	30	—
皮膚火傷	皮膚(広範囲)	2-3 週	5-10	35	—
一時脱毛	皮膚	2-3 週	約 4	—	—
晩発性萎縮	皮膚(広範囲)	>1 年	10	40	—
5年での毛細血管拡張症	皮膚(広範囲)	>1 年	10	40	—
白内障(視力障害)	眼	>20 年	約 0.5	約 0.5	約 0.5 を年間で割る ‡
急性肺炎	肺	1-3 か月	6-7	18	—
浮腫	喉頭	4-5 か月	—	70	—
腎不全	腎臓	>1 年	7-8	18	—
線維症/壊死	膀胱	>6 か月	15	55	—
狭窄症	尿管	>6 か月	—	55-60	—
骨折	成人骨	>1 年	—	50	—
骨折	成長骨	<1 年	—	25	—
	筋肉	数年	—	55	—

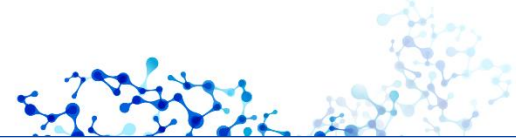
## Publication 118

水晶体のしきい値を  
**0.5Gy** に引き下げる



職業被ばく 医療被ばく  
ともに低減させる動きが加速した

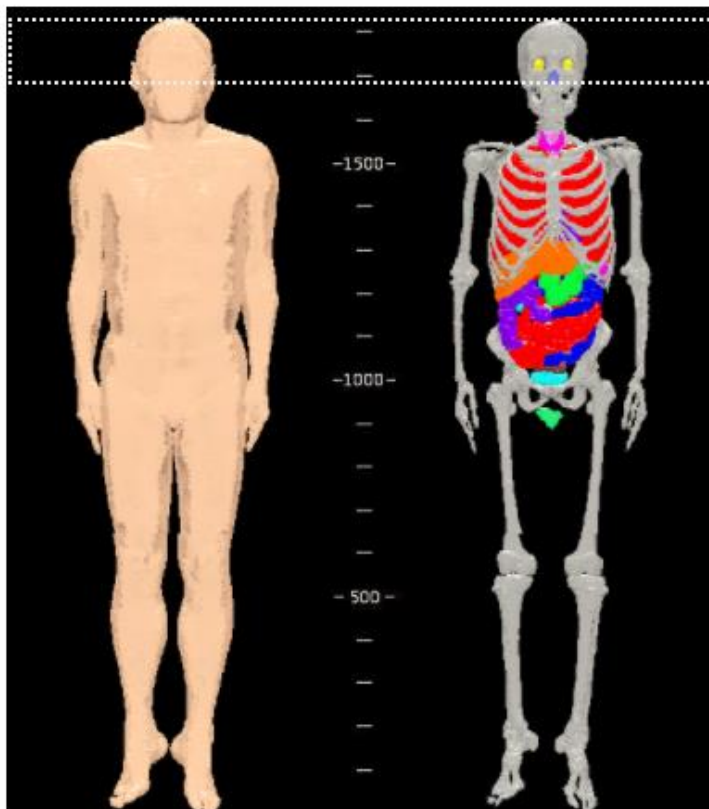
# 頭部CTの線量



Waza-ari

## Input value

Manufacturer	Toshiba
Scanner model	Aquilion ONE (TSX-301)
Filter	Small
Tube potential	120.0 kV
Rotation time	1.0 s
Pitch factor	1.0
Beam width	0.5mmx80 (Volume)
Gender	male
Phantom	standard
Scan type	頭部 (頭部単純ノンヘリカル)
Scan range	1700 mm - 1835 mm
AEC	OFF
Tube current	240.0 mA
Optional Phantom	OFF
CTDI Phantom Size	16.0cm



Effective dose :0.95mSv

Equivalent dose

Eye lens :33.57mSv  
0.033Sv



職業人の線量限度は

20mSv/year

## Results

Organ/Tissue	Dose (mGy)	Organ/Tissue	Dose (mGy)	Organ/Tissue	Dose (mGy)	Organ/Tissue	Dose (mGy)
Gonad	0.0	Gall bladder	0.0	Breast	0.03	Lens	33.57
Prostate/uterus	0.0	Stomach	0.0	Esophagus	0.05	Brain	24.53
Urinary bladder	0.0	Spleen	0.01	Thymus	0.04	Lymphaden	0.87
Colon	0.0	Adrenals	0.0	Thyroid	0.22	Muscle	0.58
Small intestine	0.0	Liver	0.01	Salivary glands	2.62	Skin	2.34
Kidney	0.0	Heart	0.03	Oral cavity	2.02	Bone	13.31
Pancreas	0.0	Lungs	0.04	Out of Thorax	17.02	Active marrow	1.79

ED103:	0.95 mSv
ED50:	0.59 mSv
DLP:	676.51 mGy*cm
CTDIvol:	50.11 mGy

WAZA-ARI 量子科学研究開発機構 Web soft





## <自動露出機構>

CT - AEC (Auto Exposure Control)

AECの利用は、CT撮影ガイドライン

で推奨されている

体圧に合わせて最適な線量を設定する



# CT装置の撮影条件設定方法



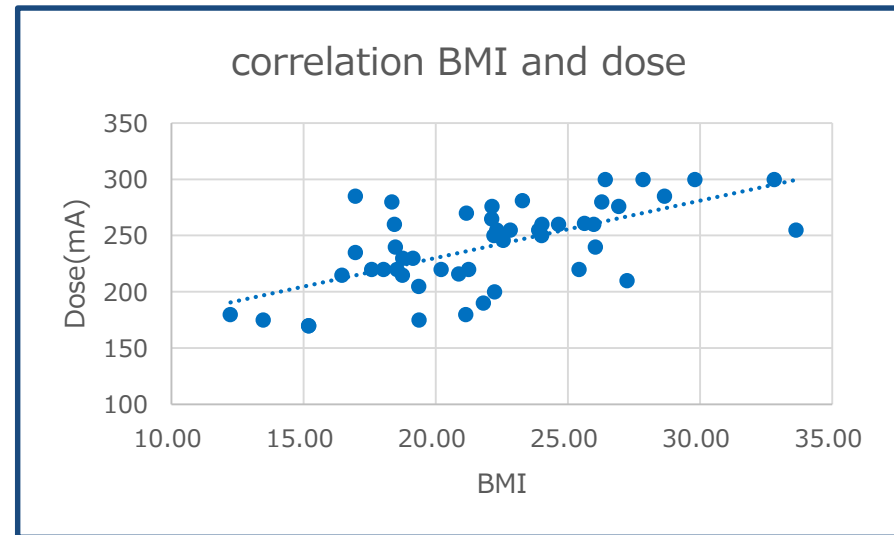
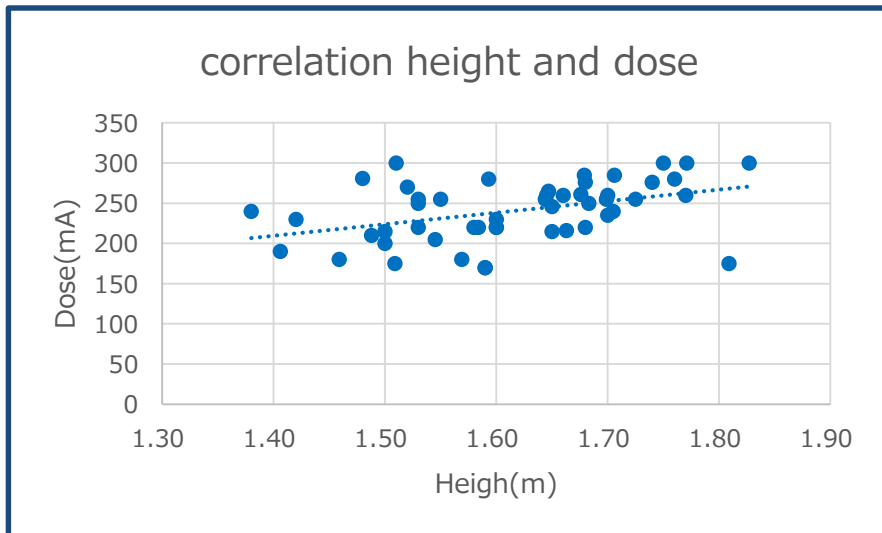
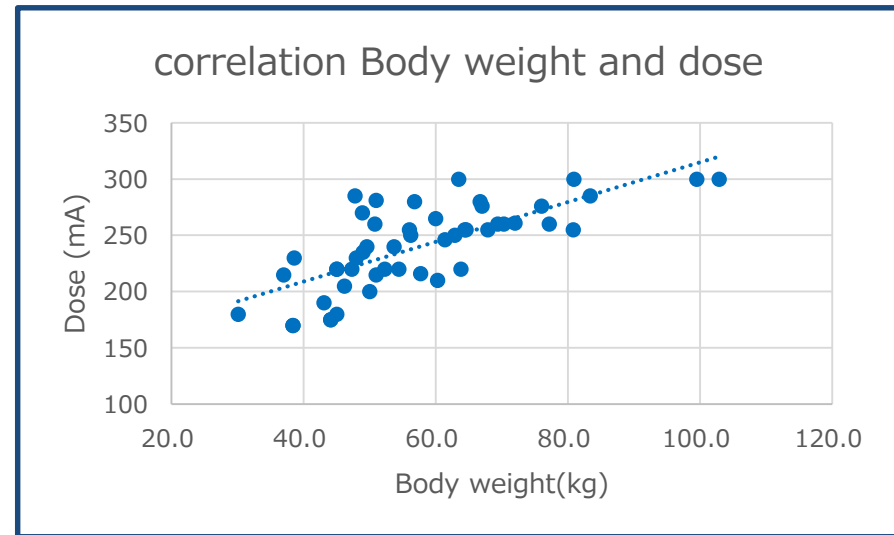
平均 240.3 mA 標準偏差 36.6

相関係数 体重 **0.73**

身長 0.41

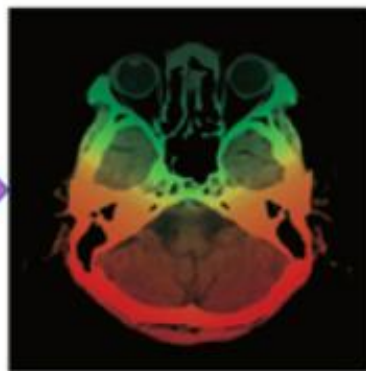
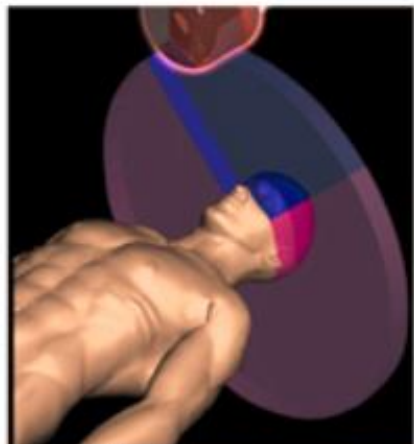
BMI 0.63

(電流値の上限は 300mA)

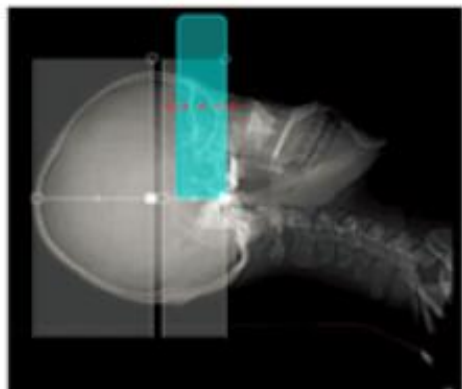




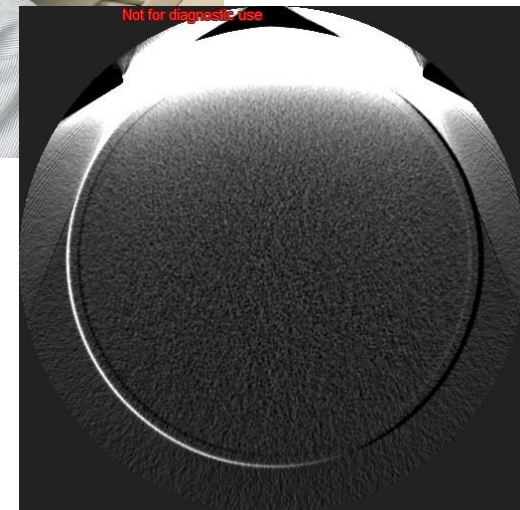
# 水晶体の線量を低下させる方法



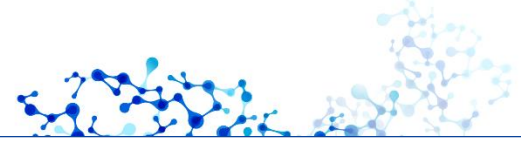
\*青い部分のX線を抑制しています



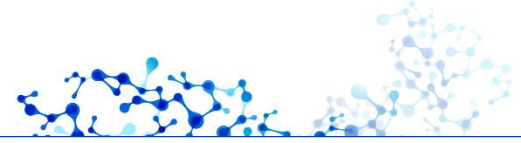
機械的に低減する方法



物理的に低減する方法



頭部CT検査において、X線撮影で不要になった  
Imaging Plateが水晶体の放射線防護材として  
使用可能であるか検討をおこなう



## CT装置

Aquilion ONE TSX-301C (キャノンメディカル)

## 線量計

Accu Gold X線アライザ

10\*6-0.6CT型マルチスライスCT用フィンパ (Radcal)



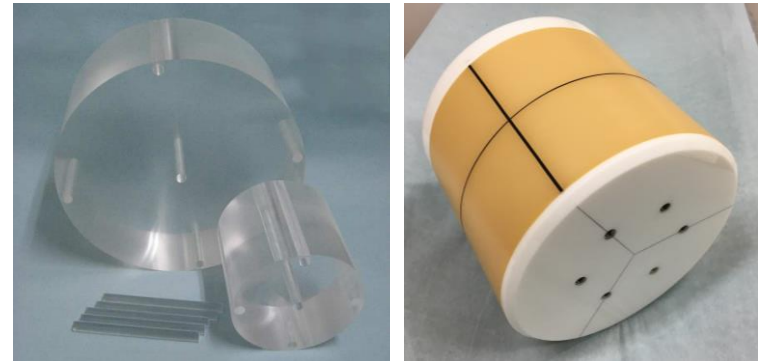
## ファントム

CT用被ばく線量測定ファントム JIS Z4923 メタクリル樹脂製

低コントラスト分解能ファントムMHT型 (京都科学)

## モニタ

高精細2MEータ MX215 (EIZO)



# 使用機器 (防護材)



## ▪ Bi (ビスマス)

市販 ディスポ製品 高価

¥4000/枚



## ▪ Mo箔 (モリブデン) 0.1mm

X線との相互作用が少なく、散乱線が少ない

薄く軟らかいため取扱いが難しい 高価

0.5mm 10\*20 ¥6000/枚



## ▪ IP (イメージングプレート)

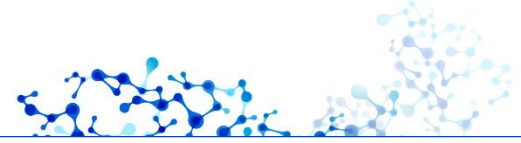
発光吸収現象を利用する

高価であるが、使用されなくなったため豊富にある

約¥0/枚



\* MoとIPは散乱線を除去するため、0.1mmCuを付加する



- **線量評価**

  - 線量計を用いた実測

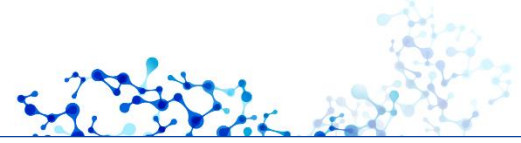
- **画質評価 物理評価**

  - SD 測定 (Standard Deviation) ノイズ評価

  - CNR測定 (Contrast Noise Ratio) コントラスト評価

- **画質評価 視覚評価**

  - 個数識別



線量計は水晶体を想定し、中心より40mmに配置する

臨床データより

スペーサに X線吸収のない10mmのスポンジを使用

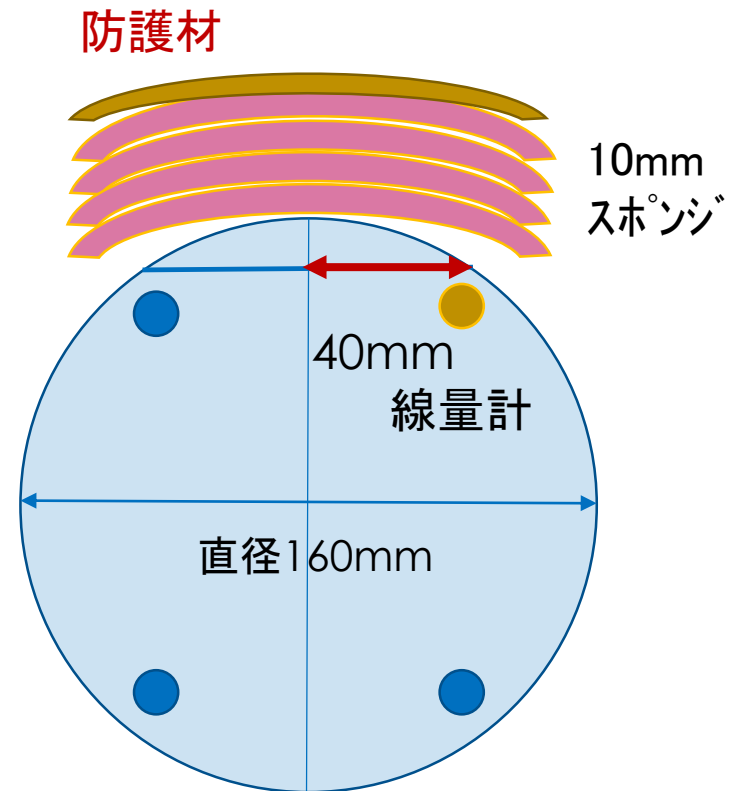
各防護材をファントムから

10・20・30・40・50・60mm

と距離を離し測定する

撮影条件 120kV 240mA

臨床データ平均値





## ファントム

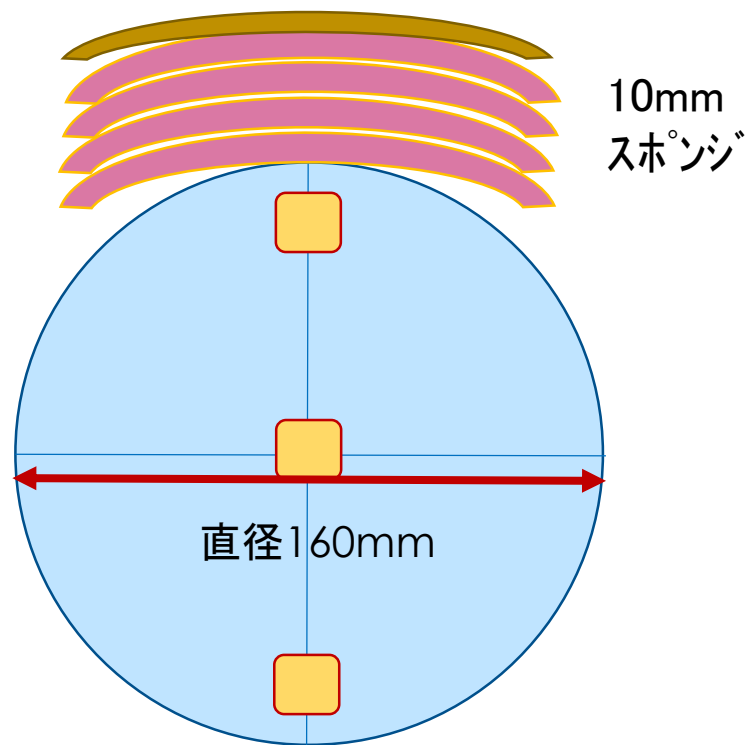
- ・上部エリア
- ・中央エリア
- ・下部エリア

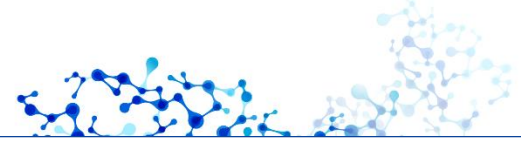
3箇所でのSDを測定する

10・20・30・40・50・60 mm

の配置で計測する

防護材





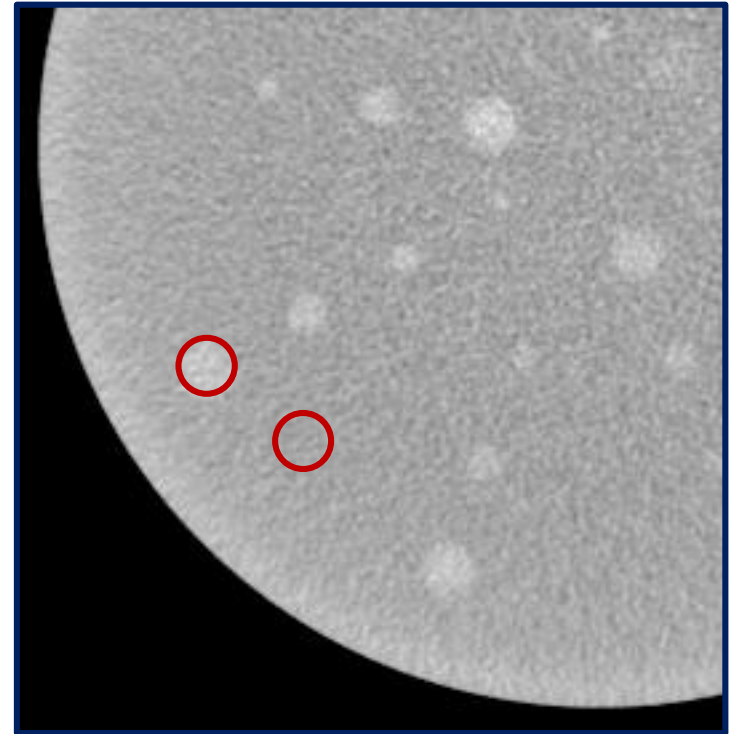
$$\begin{aligned} \text{CNR} &= \frac{\text{Contrast}}{\text{Noise}} \\ &= \frac{|ROI_M - ROI_B|}{\sqrt{(SD_M)^2 + (SD_B)^2}} \end{aligned}$$

ROI<sub>M</sub> : 対象物のCT値

ROI<sub>B</sub> : バックグラウンドのCT値

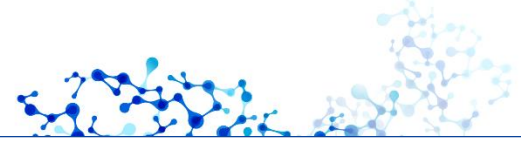
SD<sub>M</sub> : 対象物のSD値

SD<sub>B</sub> : バックグラウンドのSD値



防護材の配置は、ファントムより 30 40mm で測定する SD測定結果より





眼窩小脳レベル 小脳エリアを対象

灰白質(皮質:CT値35)

白質 (髄質:CT値25) を識別できるか

直径 3mm,5mm,7mm,10mmの対象物を  
どこまで認識できるかの評価をおこなう

防護材の配置は

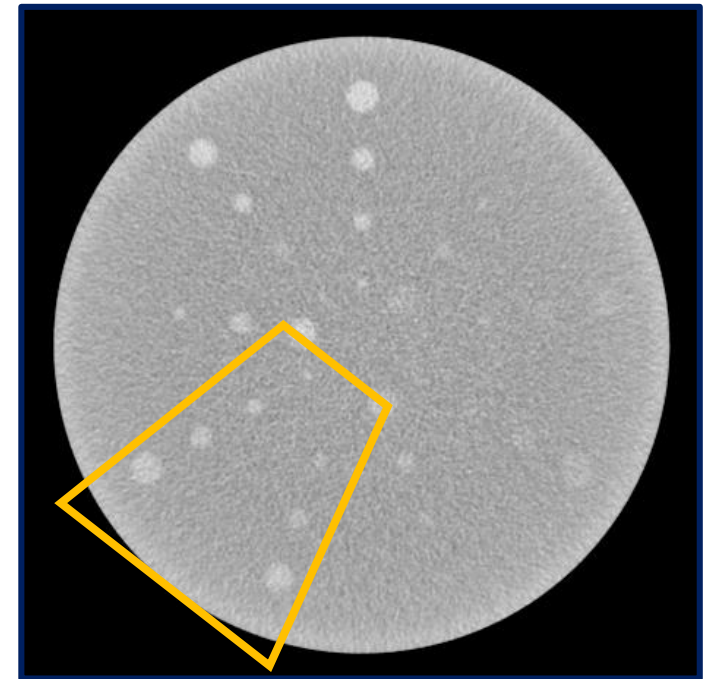
ファントムより 30 40mm で測定する

SD測定結果より

評価者 CT担当診療放射線技師 7名

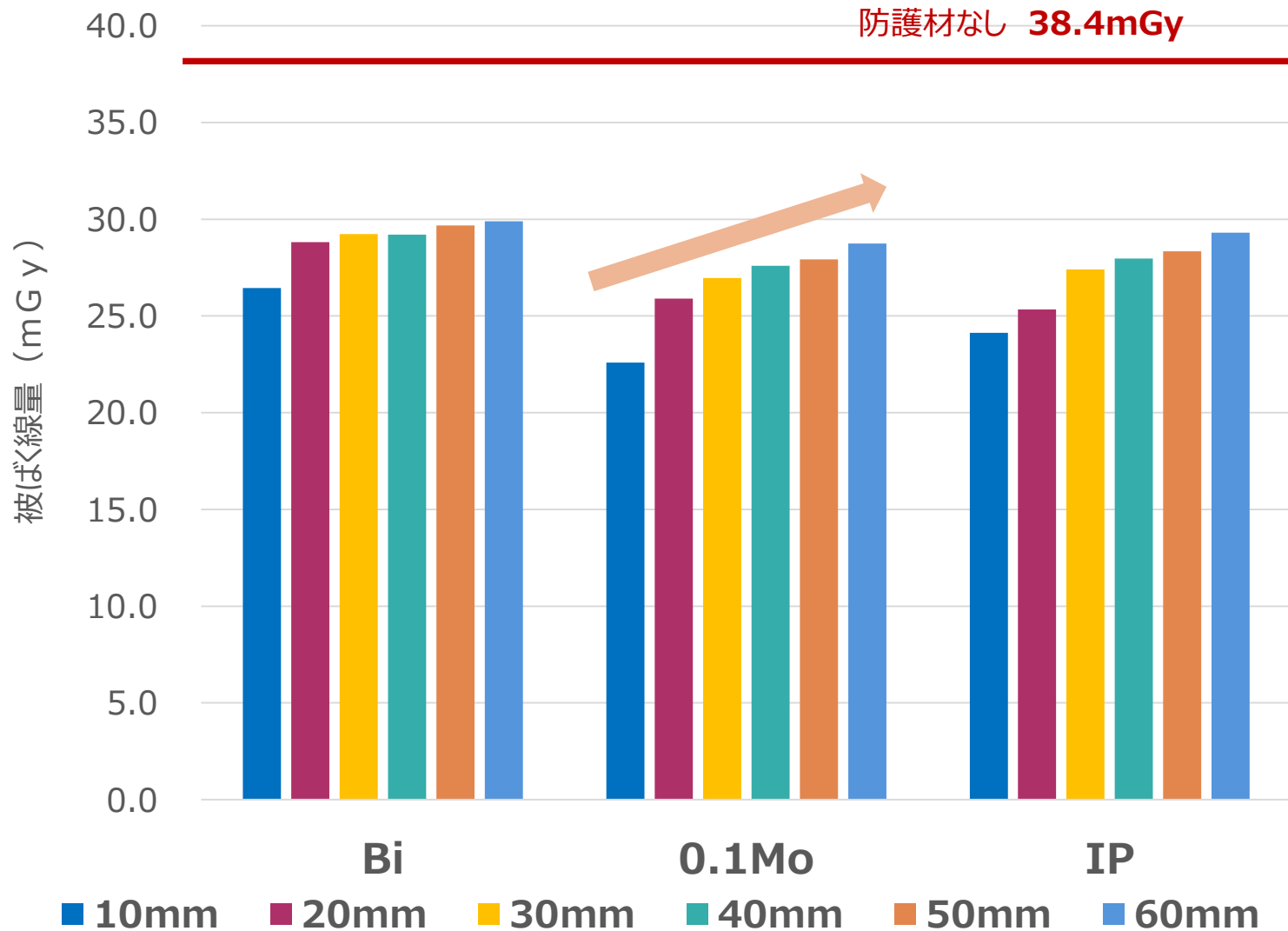
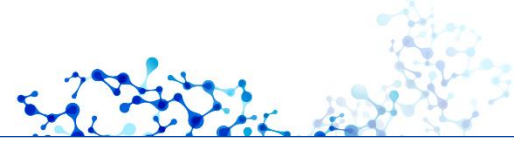
経験年数 5 - 21年

(有意水準 0.05 ホンフェローニの多重比較検定)



Base CT値 50 / 対象CT値 60

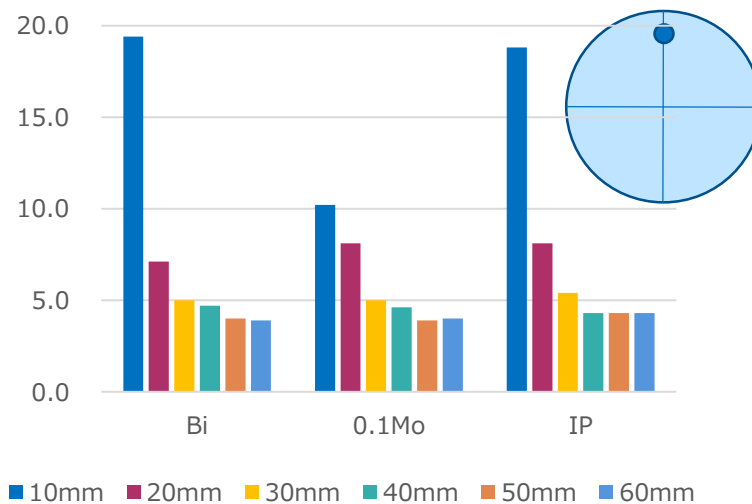
# 結果線量評価



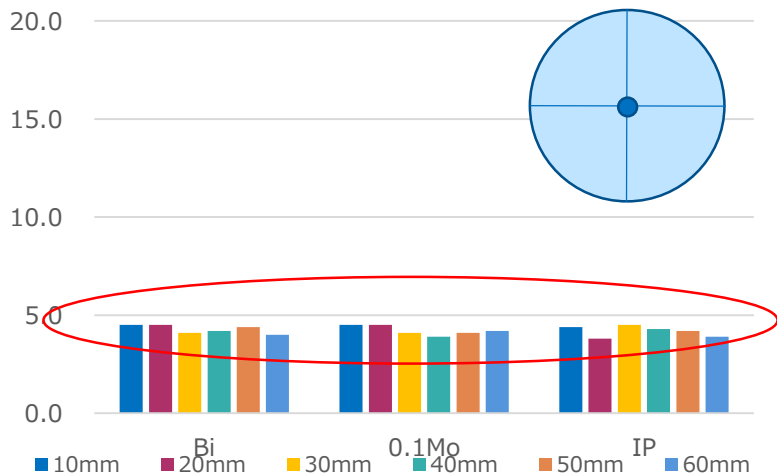
# 結果画質評価 SD



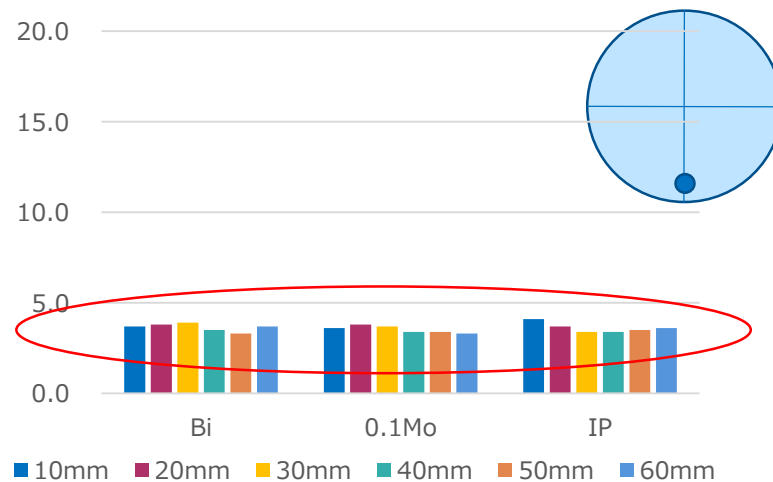
上部エリア SD 値

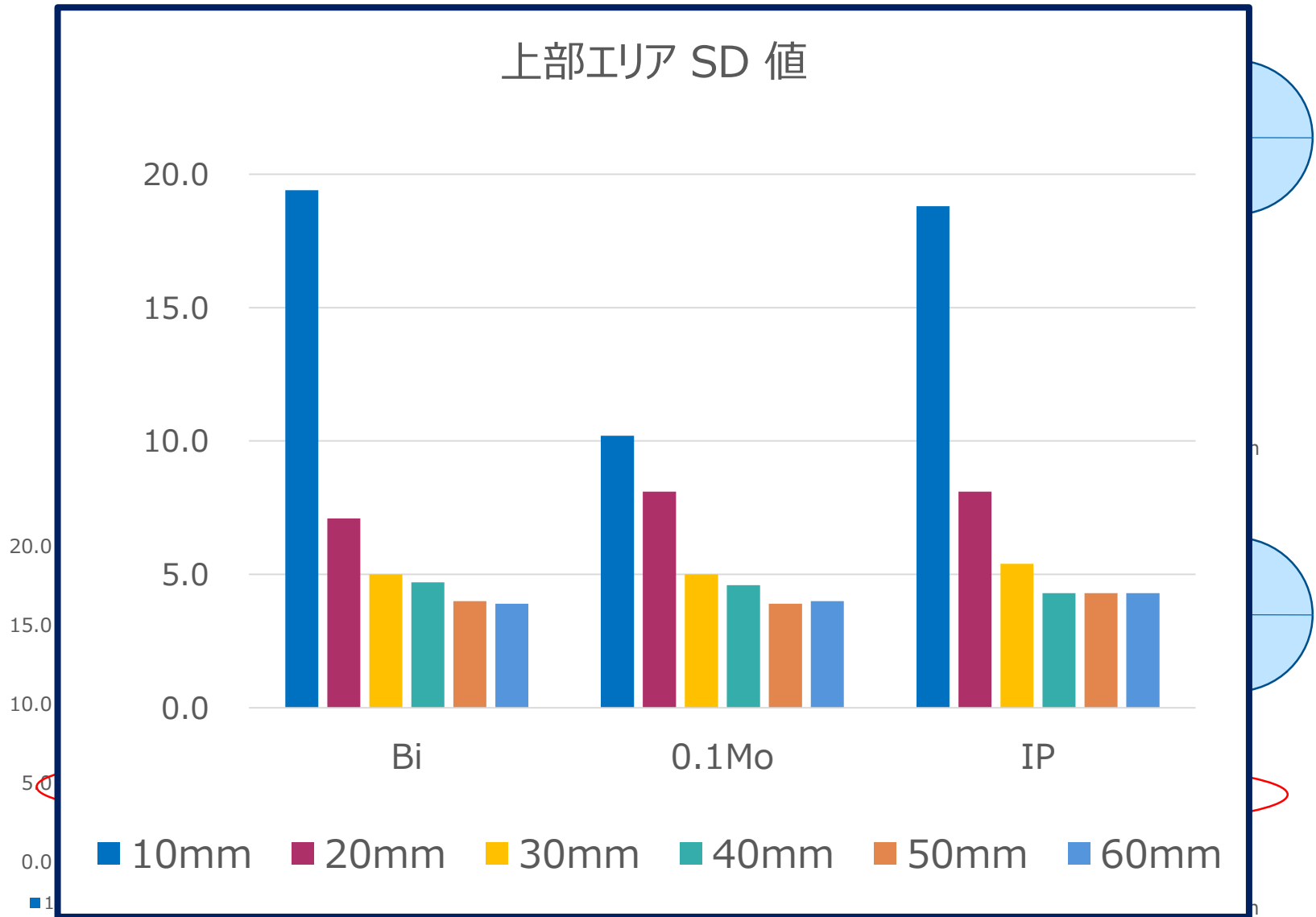
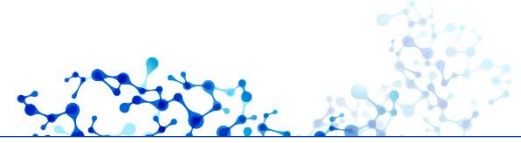


中央エリア SD 値

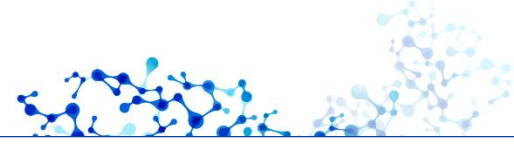


下部エリア SD 値

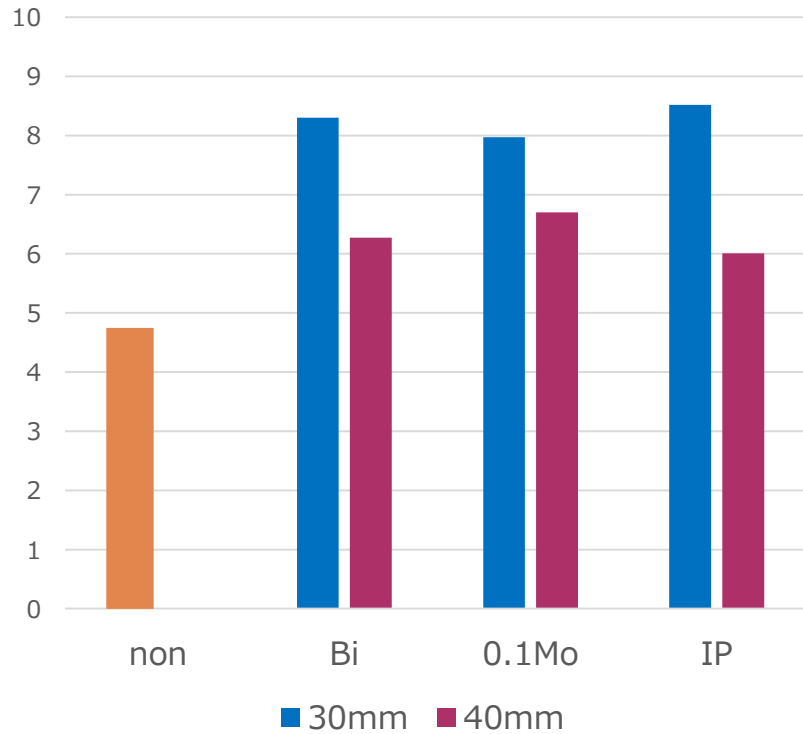




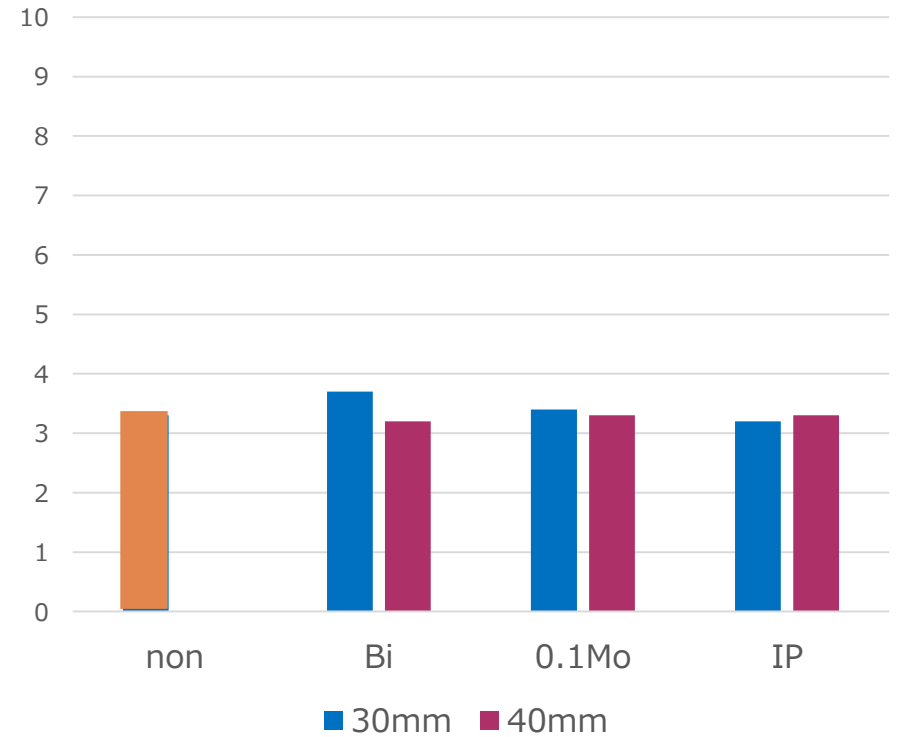
# 結果画質評価 CNR



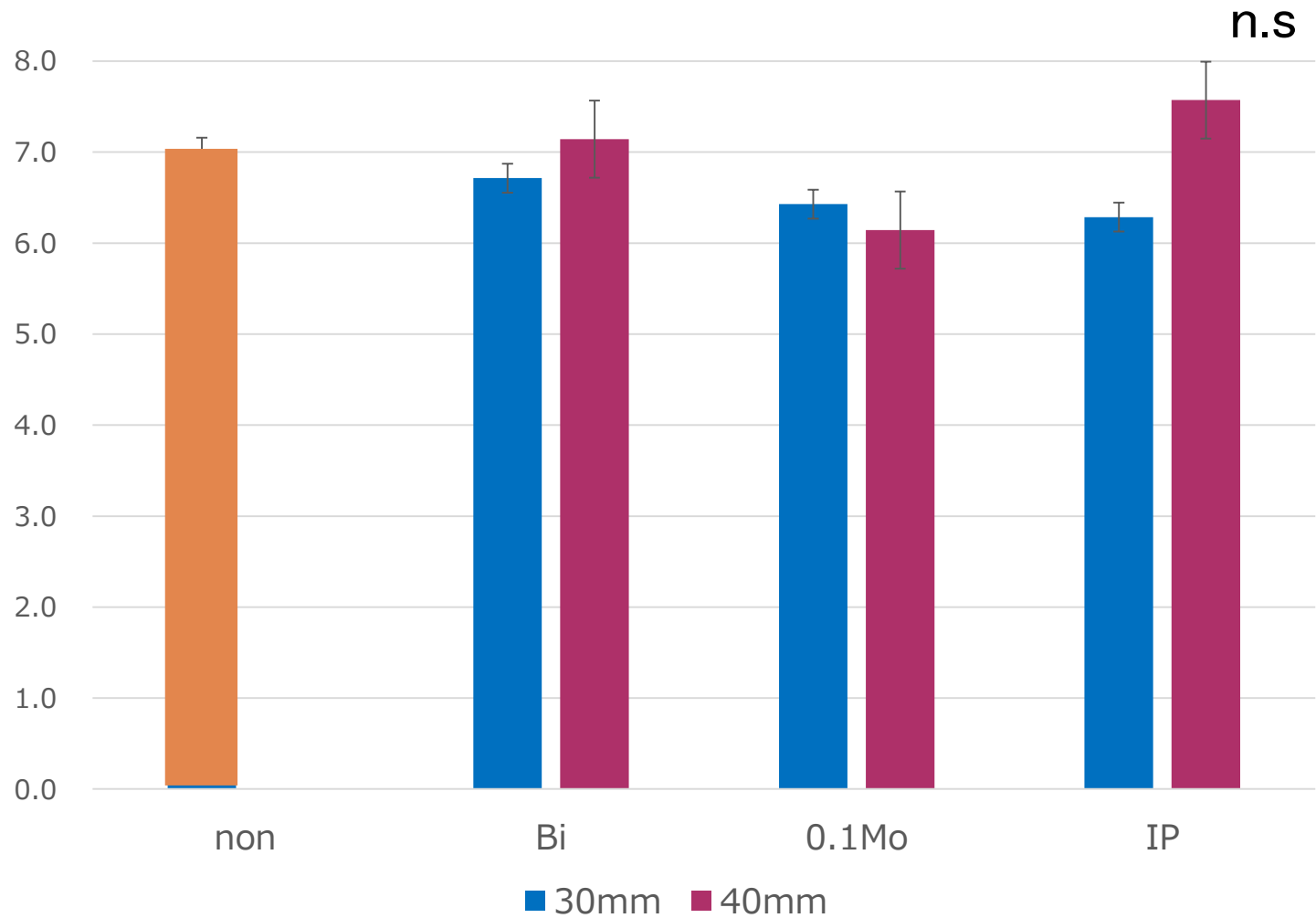
## 上部エリア CNR



## 下部エリア CNR



# 結果 視覚評価

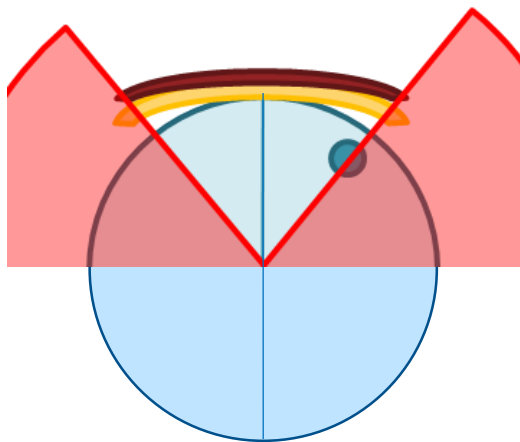




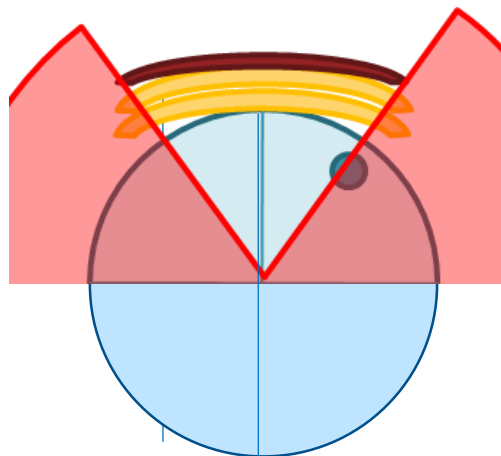
防護材を密着させることによって防護効果は高まる



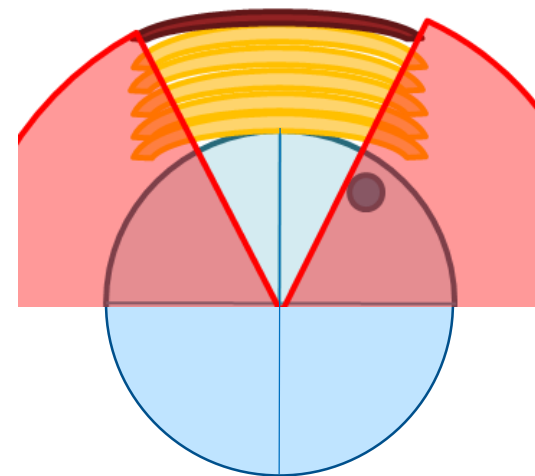
CT装置の円軌道により、横方向からの直接線の影響による



10mm



20mm



60mm





- 防護材の距離が近い 10 mmの距離では、SD値の上昇（画質の劣化）が大きかった



- ・ 金属に照射されることによるアーチファクト（散乱）  
材質による差が大きく反映される

- 40mmの距離では、防護材によるSD値の差（画像の劣化）は少なかった

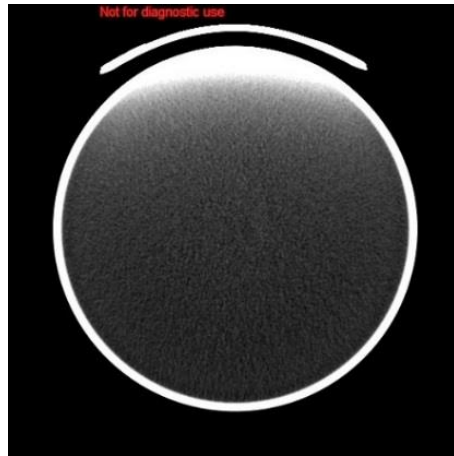
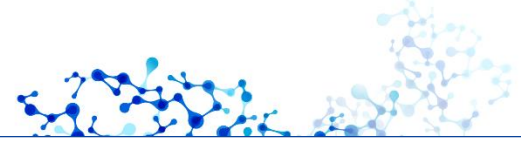


- ・ 距離を離すことによって、ファントムに入射する散乱線の影響が少なくなった  
材質による差が少なくなった



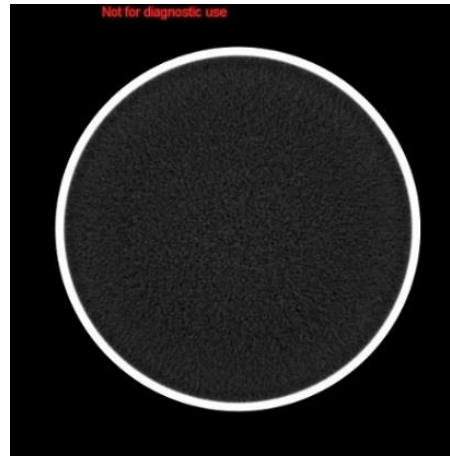


# サブトラクション



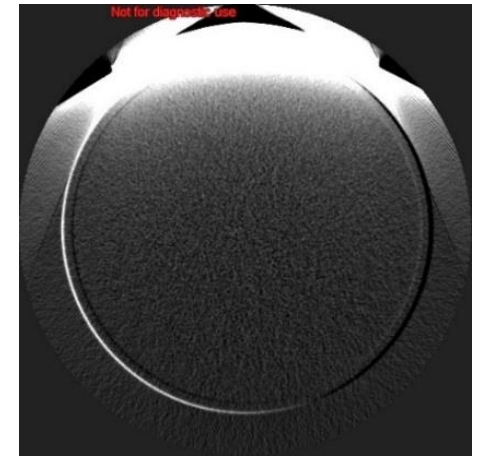
防護材有

-

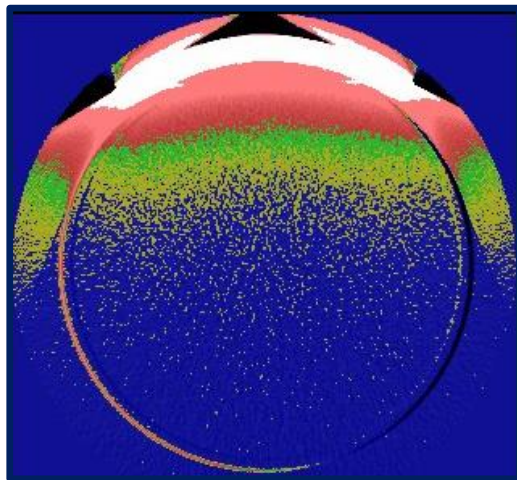


防護材無

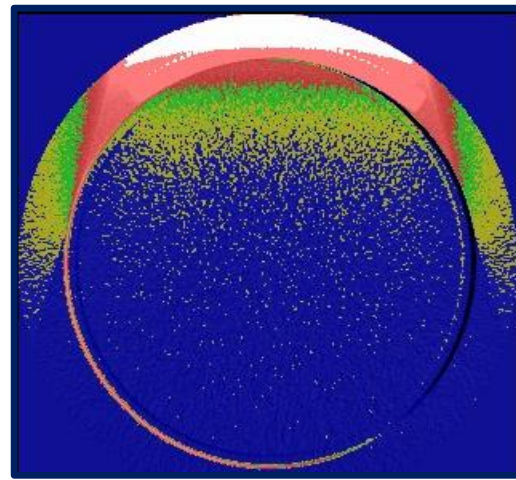
=



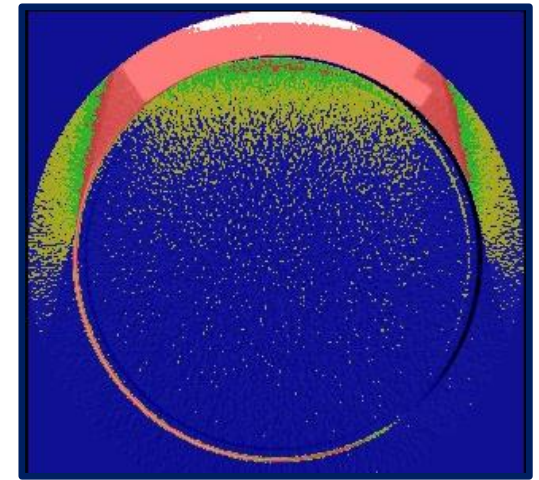
減算画像



10mm



30mm



40mm

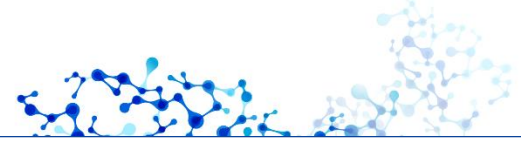
■ 30HU>

■ 20HU>

■ 10HU>

■ 0HU>





頭部 CT 検査において、IP をもちいることにより、水晶体の線量は約3割減少した。



X 線診断領域で不要になった IP は、放射線防護材として使用することが可能である。