

# 医療分野における 放射線防護と被ばく低減効果

公益社団法人日本診療放射線技師会

富田 博信



## 放射線防護の種類と課題①

- 放射線防護には多くの手法があり、医療被ばくの最適化によっても職業被ばくの低減を期待できる。

放射線防護の種類	使用に当たって制限となりうる課題等	優先度
防護眼鏡の使用	初期の購入費用の発生 破損等臨床現場による日常点検が必要	↑
防護板等の使用	単独の防護用具ですべての防護を行うと形状が大きくなり、アームやテーブルの移動を妨げる。いろいろな形状のものを組み合わせるとよい。	
防護エプロンの使用	防護能力が高いほどよいが、一般的に高くなると重くなり、診療行為に対する集中力が低下したり、腰痛の原因になる。	
術者および介助者の立ち位置・防護具の適正な使用	散乱線分布を理解し十分な知識と意識が必要	
撮影フレームレートをできるだけ低く設定し、時間も短くする	心拍数や病状に応じたフレームレートを選択する必要がある。	
線量と画像の関係を把握し、装置と検査手技にあった照射条件で検査する	被ばく低減の有効な対策を講じ、常に最適化と安定性の維持に努める必要がある。	
低パルスレート透視を使用する	慣れないとカテーテル等の観察を妨げる場合もある。体厚の厚い患者の場合、装置が自動的にパルス幅を広くしたり管電流を大きくしたりする場合がある。	
付加フィルタの使用	付加フィルタが装着されていない装置に追加する際、可動絞りの前面にフィルタを設置すると、フィルタから散乱線が発生し、術者の線量増加の原因となる。	
X線管を患者からできるだけ離す	患者の被ばく線量は低減する。術者の背が低い場合、テーブルを低くしがち。術者の受ける線量は変わらない。	
I.I.をできるだけ患者に近づける	I.I.を患者から離すと線量が増加する、術者の受ける線量はあまり変わらない。術者は手技に集中しているので診療放射線技師等スタッフが注意を払う必要。	
拡大透視、撮影の使用は必要最小限にする	PCIではガイドワイヤやステントの鮮明な画像を得るため（安全に施行するため）、拡大視野は必須の機能であるが、必要最小限にとどめる必要がある。	
体格の小さな患者やI.I.を患者に近づけない手技ではグリッドを取り外す	小児などの体格の小さい患者はグリッドを外すことで線量低減が図れる。I.I.を離すことによって散乱線を除去できる。	
常に必要な範囲に照射野を絞る	I.I.のサイズを大きくすると照射野が大きくなる。	
X線の入射角度	X線入射方向が変わると被写体厚が変化し、その厚みに応じた線量が照射される。LAOの方が入射線量が多くなる。	

## 放射線防護の種類と課題②

診療放射線技師はICRPの勧告等に従い、患者及び術者の被ばくを低減するために、前述の放射線防護の手法をもって、日常的に放射線検査業務を実施している。

術者を含め、関係者においても

- ・ 患者の被ばくを低減することを念頭に入れて従事すること
- ・ 被ばく低減法（防護策）について、理解すること

**教育訓練が必要**

## 眼の近傍 [防護眼鏡外側] と頸部の等価線量の比較

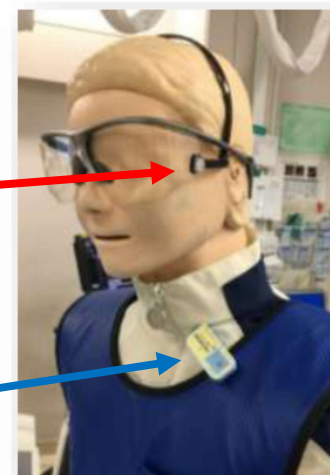
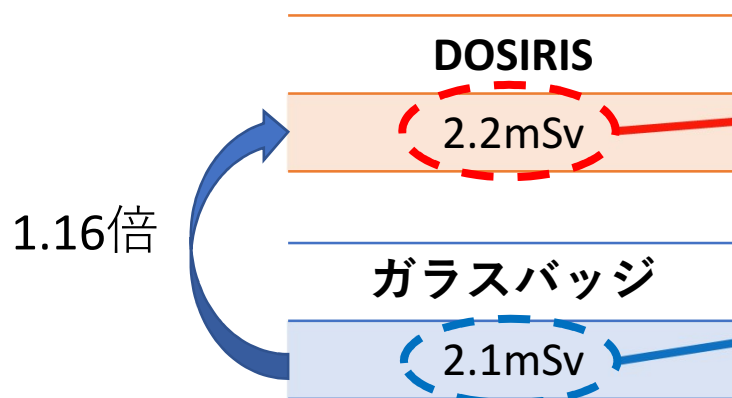
- 防護眼鏡を使用しない場合、眼の近傍と頭頸部ガラスバッジの眼の水晶体の等価線量を比較すると、ほぼ変わらない。

### 【測定条件】

経皮的冠動脈形成術を想定した配置の術者マネキンで、次の2箇所に放射線測定器を装着して、水晶体等価線量を測定した。

- ・ 頸部にガラスバッジを装着（1 cm又は70 $\mu$ m線量当量のいずれか高い方）
- ・ 眼の近傍（防護眼鏡の外側）にDOSIRISを装着（3 mm線量当量）

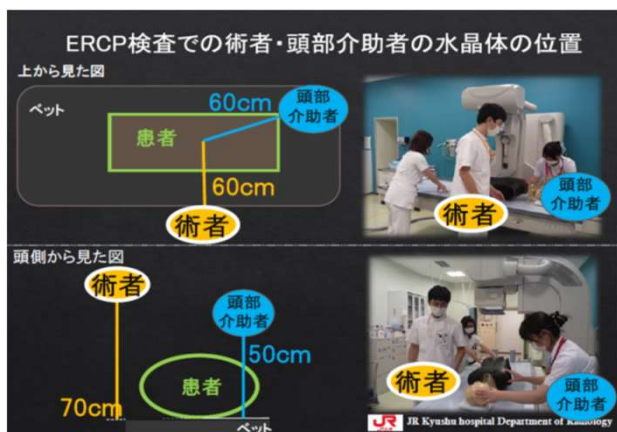
### 【測定結果（眼の水晶体の等価線量）】



## 防護眼鏡の遮蔽率（内視鏡的逆行性胆道膵管造影 （ERCP）検査における術者・頭部助手を想定）

- 被写体（水ファントム）からの散乱線は、ベッドから40～50cmの高さで最大となった。この高さは、頭部助手者の水晶体の高さにはほぼ一致している。
- オーバーチューブにおける防護眼鏡の遮蔽率は約70%であった。

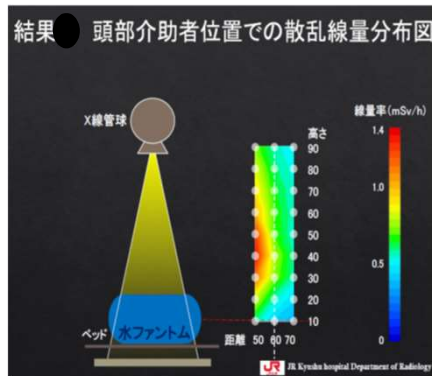
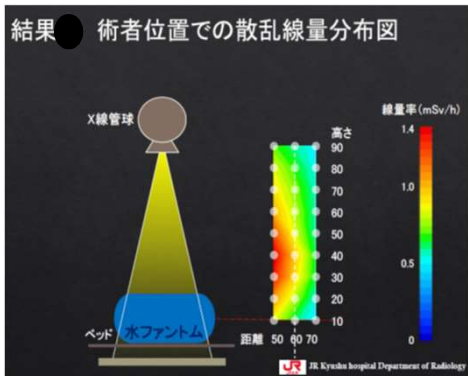
【測定条件】 オーバーチューブによる実験値



角度：  
AP\*のみ

※ AP：患者の正面から後方の向き

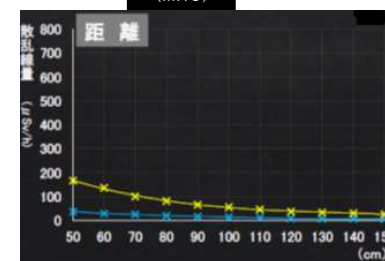
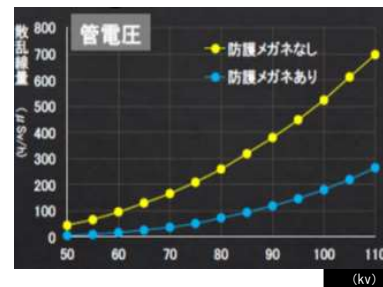
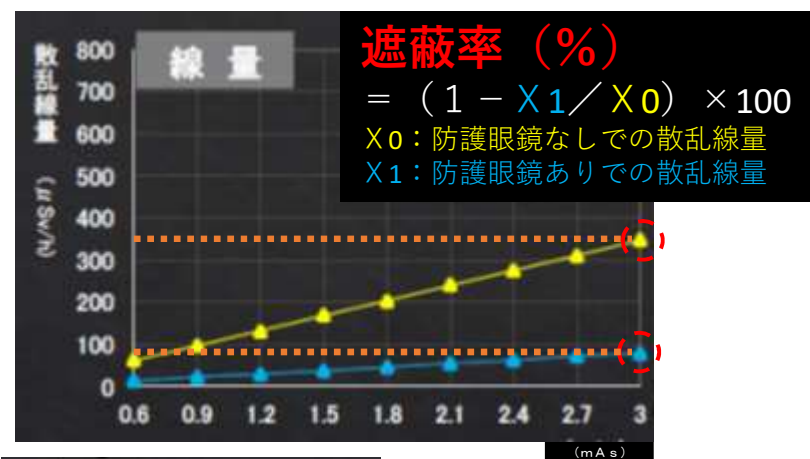
散乱線分布



撮影条件の変化による散乱線量（術者）

防護眼鏡の遮蔽率

約70% ( $\approx (1 - 100/350) \times 100$ )



## 防護眼鏡の遮蔽率（PCI術者を想定①）

- バイプレーンを用いてCアーム角度を調整して測定したところ、防護眼鏡の遮蔽率は約70%であった。

### 【測定条件】

バイプレーンによる実験値  
（角度：撮影条件に示す5種類）

### 【測定時の撮影条件】

		Cアーム角度	管電圧(kV)	管電流(mA)
①	Front	RAO30	83	340
	Late	LAO50	112.9	242
②	Front	RAO30 CAU25	93	303
	Late	LAO30 CRA20	93	303
③	Front	AP CAU30	81	348
	Late	LAO50 CAR25	125	216
④	Front	RAO30 CRA25	95	297
	Late	LAO45 CAU25	125	219
⑤	Front	AP CRA25	79	355

入射表面線量10Gyになるまで1min毎に角度を変更

### 【測定結果】

防護眼鏡の遮蔽率 **70.1 ± 6.05%**

	方向	Cアーム角度 〔数字は角度を示す〕	眼鏡 有 (mGy)	眼鏡 無 (mGy)	遮蔽率 (%)
①	Front	RAO30	0.42	1.29	67.3
	Late	LAO50	1.96	5.61	65.0
②	Front	RAO30 CAU25	0.55	1.67	67.4
	Late	LAO30 CRA20	0.55	2.05	73.1
③	Front	AP※ CAU30	0.31	1.67	<b>81.4</b>
	Late	LAO50 CAR25	0.56	2.05	72.7
④	Front	RAO30 CRA25	0.96	3.25	70.4
	Late	LAO45 CAU25	2.16	5.42	<b>60.2</b>
⑤	Front	AP※ CRA25	0.40	1.50	73.3

※ AP：患者の正面から後方の向き

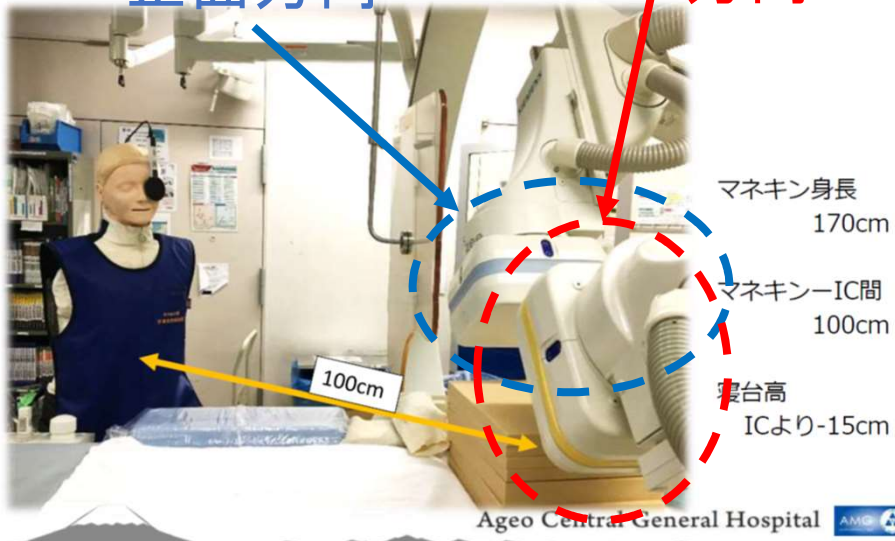
# 防護眼鏡の遮蔽率 (PCI術者を想定②)

$$\text{遮蔽率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{防護メガネ有の入射線量}}{\text{防護メガネ無の入射線量}}\right) \times 100$$



Front:  
正面方向

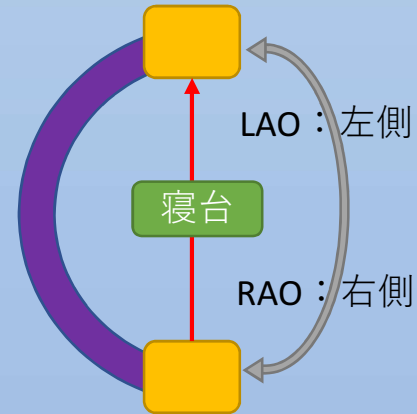
Late: 側面  
方向



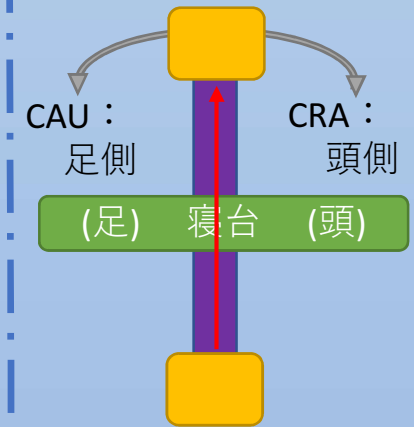
## Cアームの概略図

< Front : 患者から見て線源が正面方向 >

【側面図】

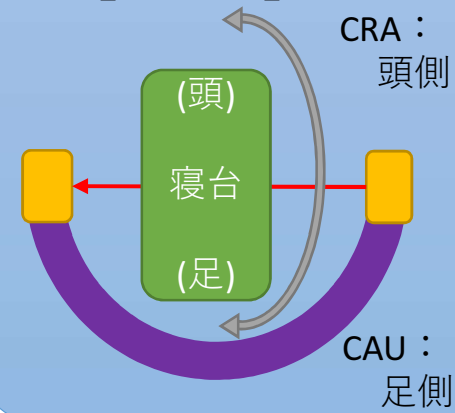


【正面図】

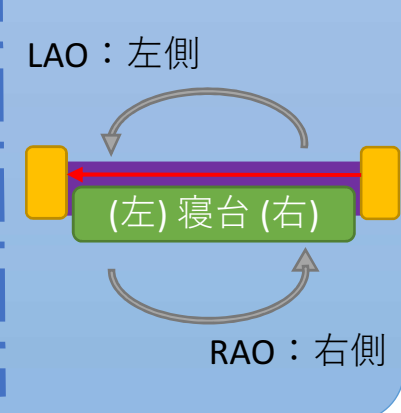


< Late : 患者から見て線源が側面方向 >

【上面図】



【正面図】



## 防護板等の遮蔽率

- 血管撮影装置において術者を想定した位置（測定点B）での防護板の遮蔽率は、透視時約42%、撮影時約33%であった。

### 【測定条件】

- ・ シングルプレーンによる実験値（角度:PA\*のみ）
  - ・ アクリルファントム20枚を寝台に設置
  - ・ 透視と撮影に分けて、防護板を設置する場合の高さ150cm
  - ・ 鉛当量：防護板が0.5mmPb
  - ・ 透視条件：73kv, 7.1mA
  - ・ 撮影条件：71kv, 450mA, 6.3msecにて15fpsで6sec間撮影
- ※ PA：患者の後方から正面の向き

### 【測定結果】

**(透視)** [ $\mu\text{Sv/h}$ ]

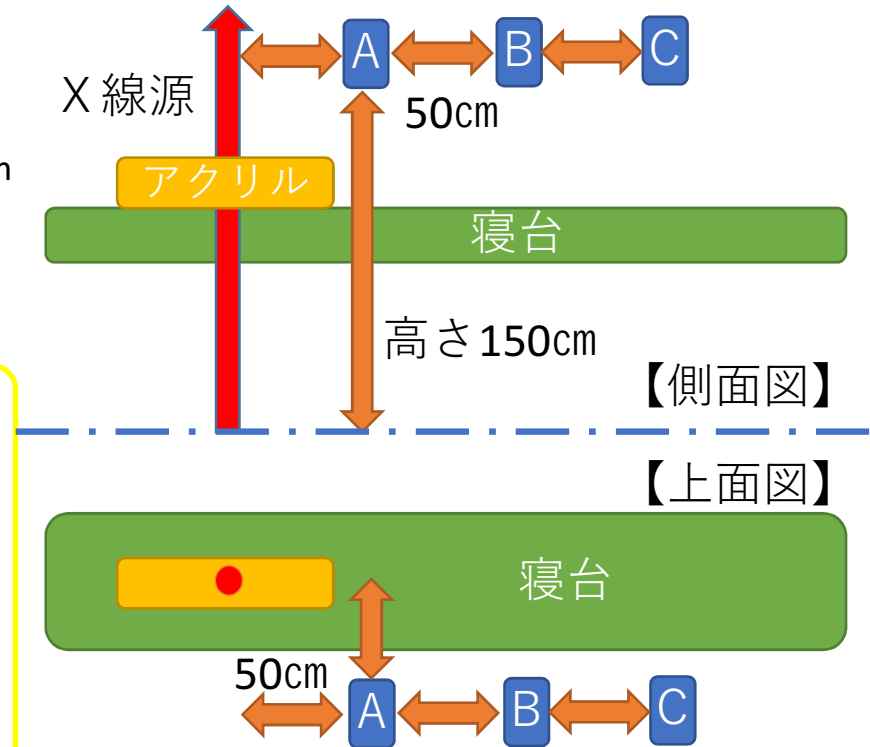
防護板により約42%低減

	測定点A	測定点B	測定点C
防護板(-)防護眼鏡(-)	313	184	113
防護板(+)	106	107	68
低減効果	66.1%	41.8%	40.0%

**(撮影)** [ $\mu\text{Sv/h}$ ]

防護板により約33%低減

	測定点A	測定点B	測定点C
防護板(-)防護眼鏡(-)	5.2	3	1.7
防護板(+)	0.8	2	1.5
低減効果	84.6%	33.3%	11.8%



- 測定点A：ファントムより寝台右側へ50cmさらに足側へ50cmの点（最も線量が高くなる測定点）
- 測定点B：Aより、さらに足側へ50cmのところ（術者を想定した測定点）
- 測定点C：Bより、さらに足側へ50cmのところ



## 可能な年間検査件数の推計（経皮的冠動脈形成術）

- 経皮的冠動脈形成術（PCI）を想定した年間検査件数は、防護板なしの場合と比較して、防護板ありの場合に、約1.5倍の検査が可能と推計される。

- 【仮定】
- ・ 検査の平均透視時間を20分
  - ・ PCIにおける撮影回数を30回
  - ・ 第1術者における測定点Bで測定  
（測定点は防護板の真後ろではなくラフな配置）
  - ・ 水晶体等価線量限度は20mSv/年

### 【推計結果】

#### 〔防護板なし〕

透視  $60 \mu\text{Sv}/20\text{min}$  ( $\doteq 184 \mu\text{Sv}/\text{h} \times 1/3$ )  
撮影  $90 \mu\text{Sv}$  ( $= 3 \mu\text{Sv} \times 30\text{回}$ )

透視と撮影の合計： $150 \mu\text{Sv}$  ( $= 0.15\text{mSv}$ )

$20\text{mSv}/\text{年} \div 0.15\text{mSv}/\text{件} = \underline{133.3 \text{ 件}/\text{年}}$

#### 〔防護板あり〕

透視  $35 \mu\text{Sv}/20\text{min}$  ( $\doteq 107 \mu\text{Sv}/\text{h} \times 1/3$ )  
撮影  $60 \mu\text{Sv}$  ( $= 2 \mu\text{Sv} \times 30\text{回}$ )

透視と撮影の合計： $100 \mu\text{Sv}$  ( $= 0.1\text{mSv}$ )

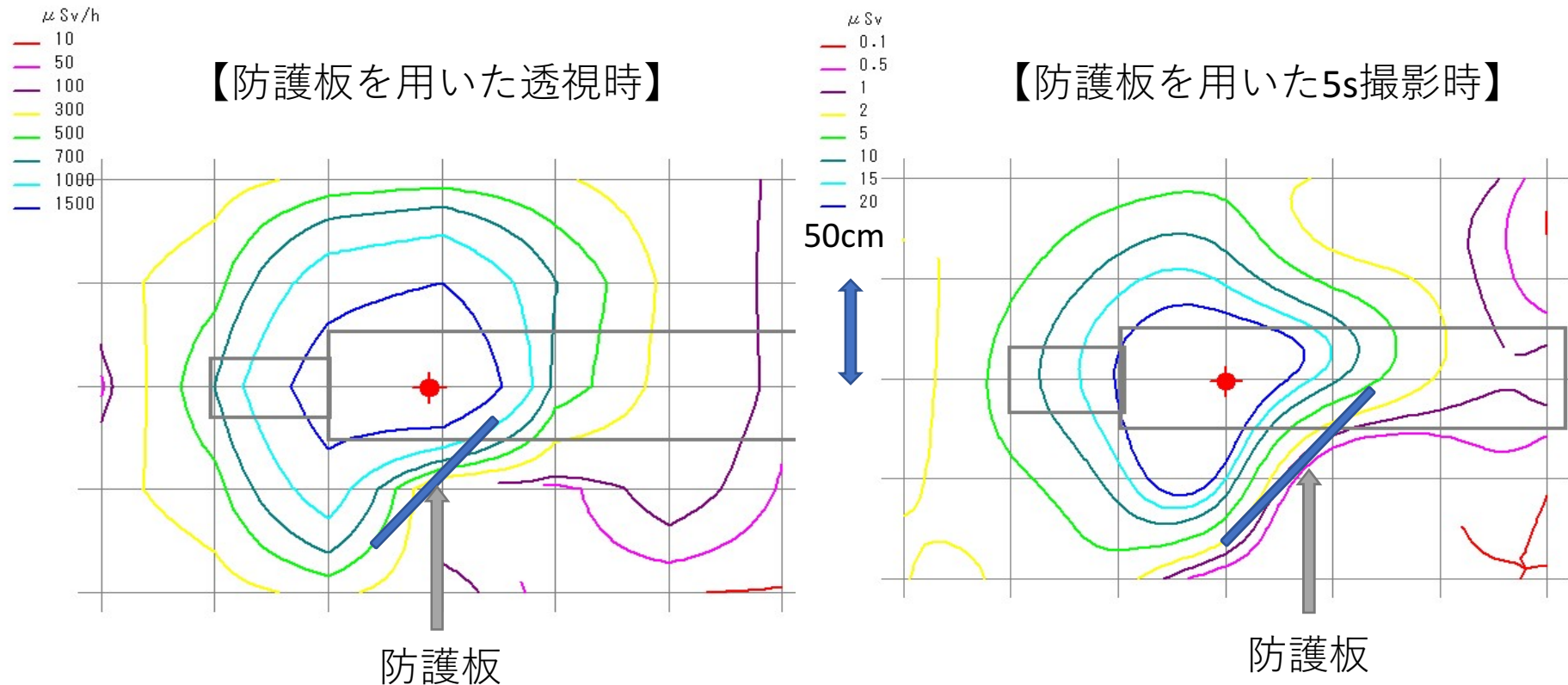
$20\text{mSv} / \text{年} \div 0.1\text{mSv}/\text{件} = \underline{200 \text{ 件}/\text{年}}$

測定点B（防護板なし）：130件/年程度  
測定点B（防護板あり）：200件/年程度  
の検査が可能と推計される。

防護板の使用により  
年間の検査件数が  
約1.5倍可能となる。

## 防護板の遮蔽効果（散乱線分布図）

- 防護板を使用すると、散乱線分布が下図のとおり屈曲するため遮蔽効果が認められるが、放射線は防護板を回り込むように散乱する。



### 【測定条件】

Pulse Rate:15f/s 6inch SID:100cm  
寝台高:90cm 透視・撮影条件:Auto

## まとめ

- ① 放射線防護には多くの手法があり、医療被ばくの最適化によっても職業被ばくの低減を期待できる。
- ② 防護眼鏡を使用しない場合、眼の近傍と頭頸部ガラスバッジの眼の水晶体の等価線量を比較すると、ほぼ変わらない。
- ③ 被写体（水ファントム）からの散乱線は、ベッドから40～50cmの高さで最大となった。この高さは、頭部介助者の水晶体の高さにはほぼ一致している。
- ④ オーバーチューブによる実験値、バイプレーンによる実験値ともに防護眼鏡の遮蔽率は約70%である。
- ⑤ 術者を想定した位置における防護板の遮蔽率は、透視時約42%、撮影時約33%である。
- ⑥ 経皮的冠動脈形成術（PCI）を想定した年間検査件数は、防護板なしの場合と比較して、防護板ありの場合に、約1.5倍の検査が可能と推計される。
- ⑦ 防護板を使用すると、散乱線分布の遮蔽効果が認められるが、放射線は防護板を回り込むように散乱する。