

【画像情報研究会】

平成 25 年度 夏季学術大会報告

今年度の夏季学術大会における画像情報研究会では、「Exposure Index を理解しよう！」をテーマに掲げ、2 題の教育講演とシンポジウムが催された。午前中は、撮影線量(患者被曝)と画質の関係についての講演と、撮影線量指標の新しい概念である Exposure Index の基本的な考え方から臨床現場における応用方法についての講演の 2 題が行われた。いずれの講演も重要なテーマを含んでおり、撮影線量の最適化を考えるうえで有益な講演であった。

午後からは、実際の臨床現場における Exposure Index の応用法についての基調講演の後、4 社のメーカーの技術者による各社の Exposure Index の実装状況について報告があった。その後、午前中の講演者も含めて総合討論を行った。参加者は午前 85 名、午後 80 名と盛況であった。

本報告書では、学術大会のプログラムを記載し、講演の資料も添付した。

代表世話人 徳島文理大学 朝原正喜

「夏季学術大会プログラム」

日時 平成 25 年 7 月 7 日(日) 10:00~15:30

会場 岡山大学鹿田キャンパス

MUSCAT CUBE

(地域医療人育成センター おかやま)

3 階 講義室

テーマ 「Exposure Index を理解しよう！」

【午前の部】 10:00~12:00

司会 高知大学医学部附属病院 伊東賢二
教育講演 I

「単純 X 線撮影における画質と線量の考え方」
滋賀医科大学附属病院
今井方丈

教育講演 II

「Exposure Index の基本的な考え方」

コニカミノルタ

石坂 哲

【午後の部】 13:00~15:30

司会 愛媛大学医学部附属病院 田頭裕之
基調講演

「Exposure Index(ED)の臨床応用に向けて」
大阪府立急性期・総合医療センター
檜山和幸

1. 「Exposure Index 値について」
富士フイルムメディカル
網本直也

2. 「キヤノン CXDI における Exposure Index の取扱い」
キヤノンライフケアソリューションズ
向笠恭司

3. 「フィリップス社製 DigitalDiagnost の Exposure Index 算出方法」
フィリップスエレクトロニクスジャパン
坂口裕一

4. 「GE 一般撮影システムの被ばく線量管理支援技術 : Deviation Index」
GE ヘルスケア・ジャパン
船木 新壽

総合討論

単純X線撮影における 画質と線量の考え方

滋賀医科大学医学部附属病院 放射線部
今井方丈

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

何故、今…？

昔は こんなこと
言わなかったなあ

それは
デジタル画像に
なったからだよ

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

何故、デジタル画像だと…？

アナログ画像の
撮影条件合わせは
すごくシビア
だった！

でも、決めら
れた通りに
すればよっ
たんだよ！

それに比べ
デジタル画像の
それは、大雑把！
それでいいの？

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

デジタルになると何故…？

撮影条件のプリセット

MWM (HIS/RIS : 部位・方向・他)

自動露出機構

部位・方向・体厚・解剖学的組成

デジタル受光系

広ダイナミックレンジ
画像データ読取（自在）

デジタル画像処理

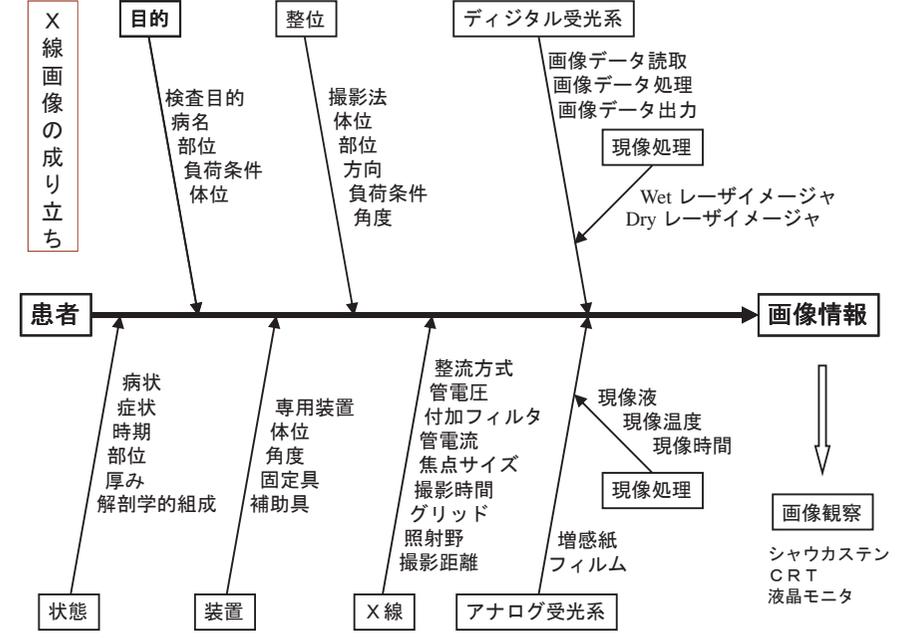
階調処理・周波数処理・ほか

ソフトコピー診断

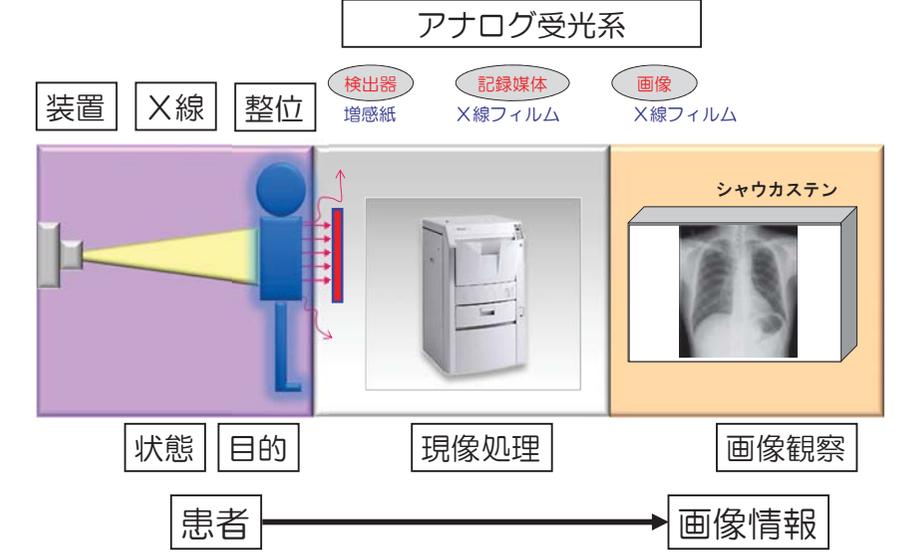
階調処理・拡大

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

アナログX線画像の成り立ち

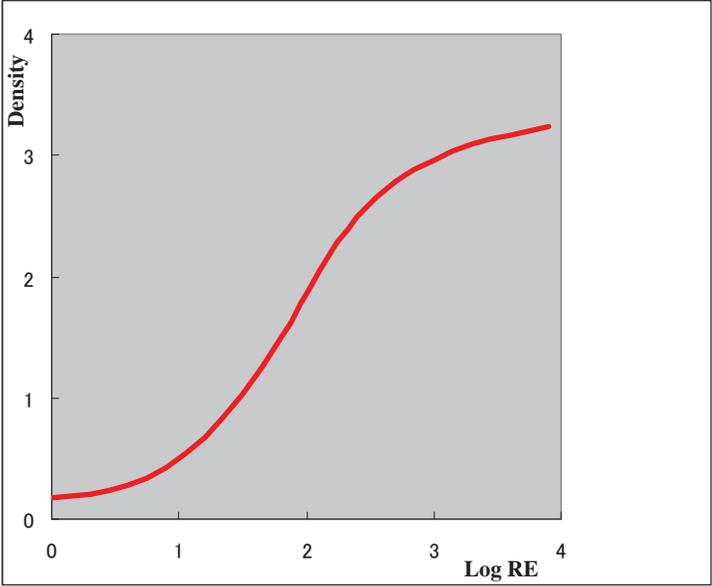


Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)



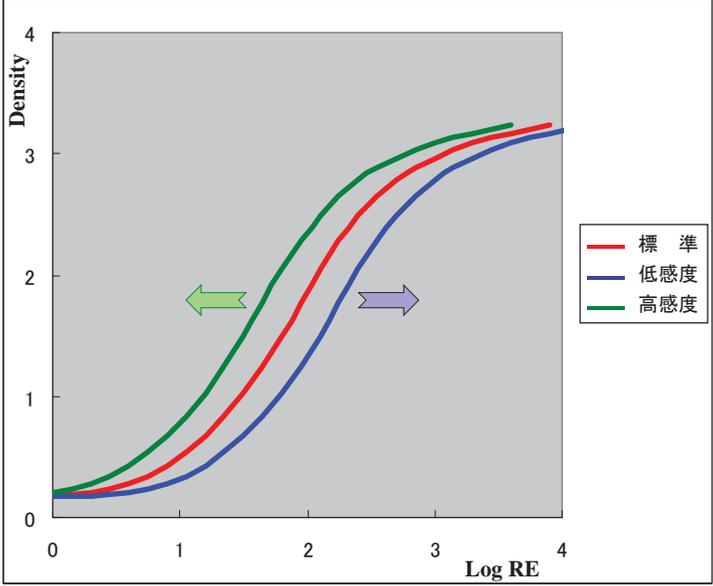
Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

特性曲線



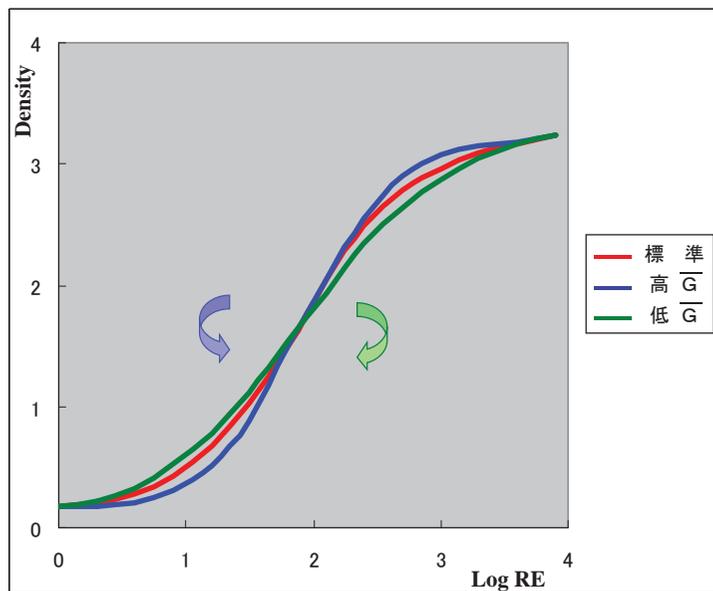
Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

特性曲線 (感度選択)



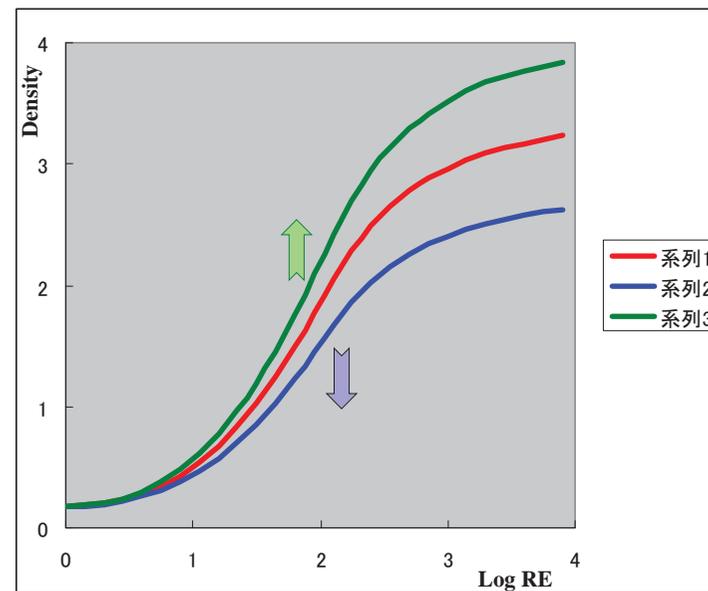
Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

特性曲線（平均階調選択）



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

特性曲線（形状選択）



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

アナログ受光系

感光材料(増感紙/フィルム系)

現像条件(液・温度・時間)

⇒特性曲線 [感度・コントラスト(寛容度)・形状]

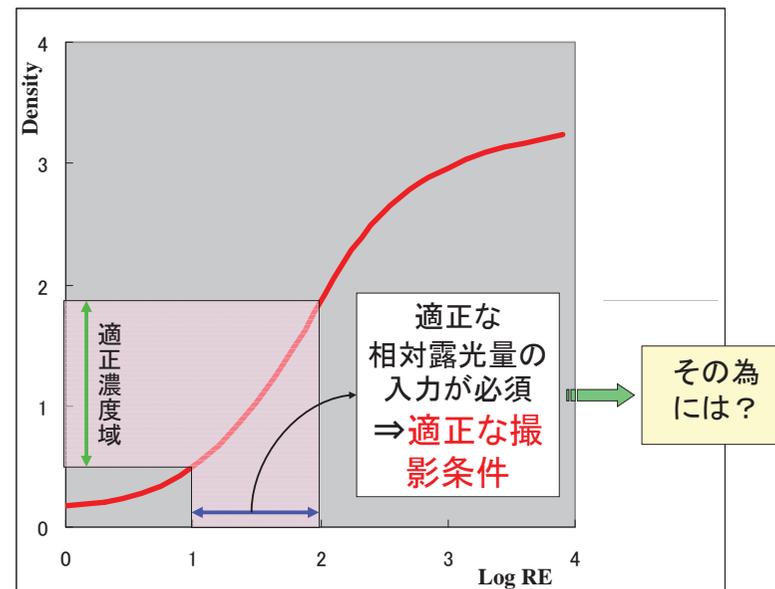


撮影目的に応じた特性曲線を選ぶ

即ち感光材料と現像条件を選択(決定)する.

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

アナログ画像の場合



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

適切な相対露光量を入力する為には

状態(どのような患者さんの)

病状・症状・時期(術前後・処置前後・・・)

部位・厚み・解剖学的組成

目的(何を観るのか?)

検査目的・病名・部位・体位・負荷条件



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

適切な相対露光量を入力する為には

装置(何を使って?)

専用装置・体位・角度・固定具・補助具

整位(ポジショニング)

部位・方向・体位・角度・撮影法・負荷条件



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

適切な相対露光量を入力する為には

X線(撮影条件は? 線質と線量)

整流方式・管電圧・付加フィルタ・管電流・撮影時間・

撮影距離・グリッド・照射野・自動露出装置

⇒ プリセット・微調整・粗調整・自動調整



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

適切な相対露光量を入力する為には

アナログ受光系

感光材料(増感紙/フィルム系)

現像条件(液・温度・時間)

⇒特性曲線 [感度・コントラスト(寛容度)・形状]



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

適切な相対露光量を入力する為には

アナログ受光系

受光系に若干の選択自由度はあるが、
選択された各々のシステムごとでは**入出力条件は固定**



適正な撮影条件による撮影

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

昔々… 一般撮影室の必需品

条件表

部位・方向ごとに、
管電圧・管電流・撮影時間・グリッドの有無・
距離・**使用感材（主として増感紙）**等を記した表

体厚計

患者さんの厚み（X線射入方向）を計る道具

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

デジタル撮影系のメリット・・・？

こんなことにはなっていないですか……？

技師は、撮影条件を意識せずに検査し、
撮影後の記帳もなく終了。



撮影条件を覚えなくても撮影ができる。



撮影条件の内容・意図を理解していない。



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

HIS/RIS/PACS/Modarity 連携

RISとModarityとの通信

DICOMで規格化されたプロトコル

MWM(Modality Worklist Management)

MPPS(Modality Performed Procedure Step)

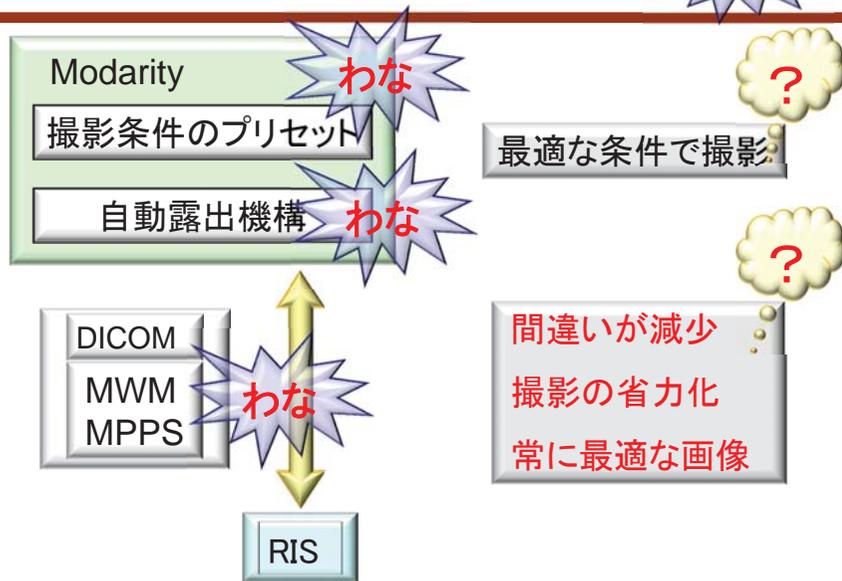
オーダー情報、撮影条件等の検査情報を通信



間違いが減少
撮影の省力化
常に最適な画像

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

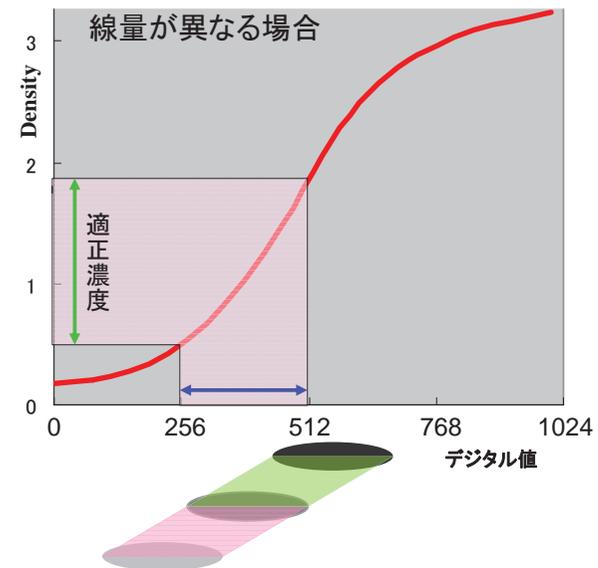
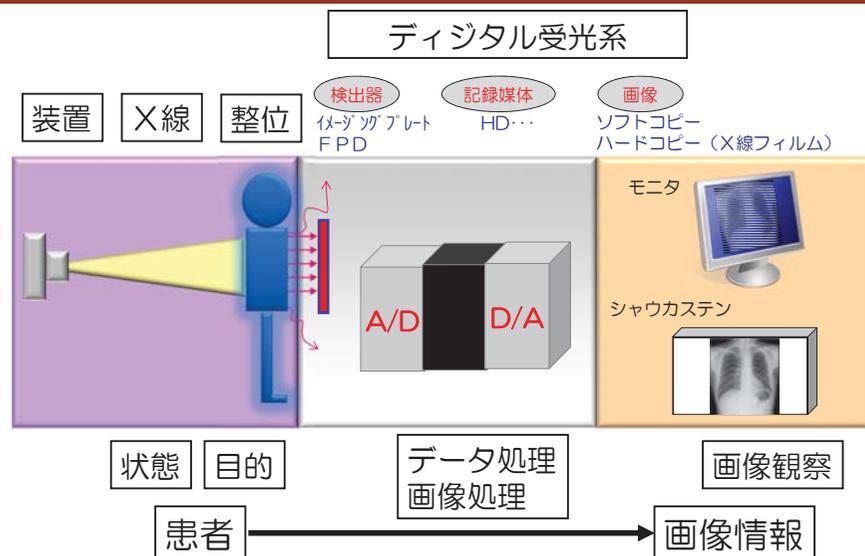
効率性・安全性・簡便性・・・**わな**

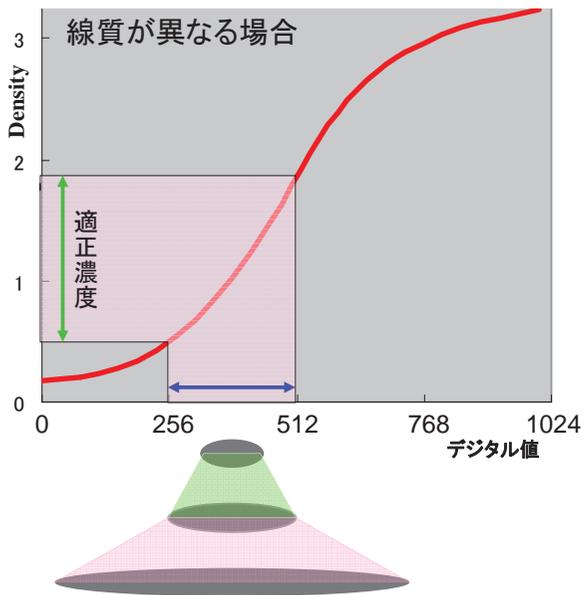


デジタルになると何故・・・？

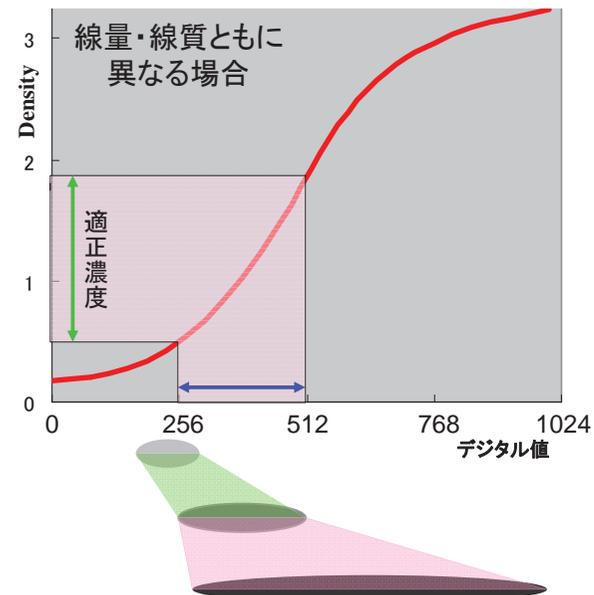


デジタルX線画像の成り立ち





Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

適切な相対露光量を入力する為には

適切な相対露光量を入力する為には

デジタル受光系

- ディテクタ (IP・FPD・・・)
- デジタル化 (読み取り)
- デジタル処理 (処理・出力・保存)
- レーザフィルム [熱処理条件 (dry)・現像条件 (wet)]
- ⇒ 特性曲線 [感度・コントラスト (寛容度)・形状]



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

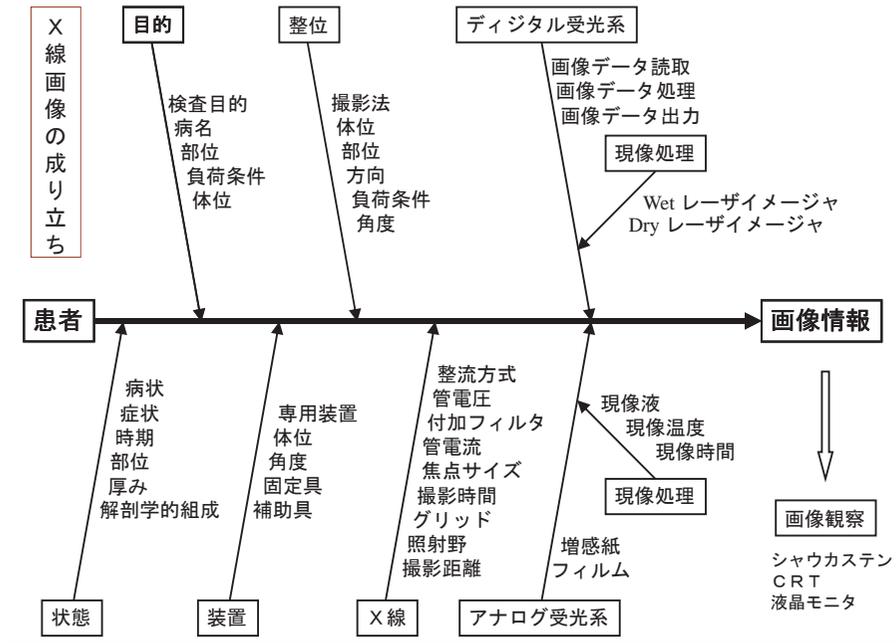
デジタル受光系

- 検出器選択の自由度は少ないが、
- 入出力量の自由度は際限なし (に近い) 限度はある。

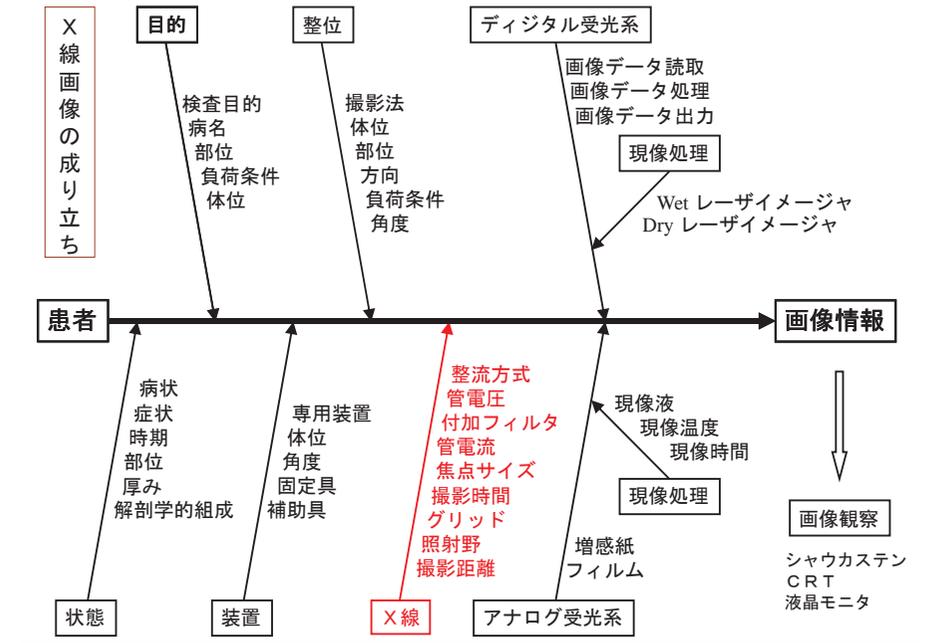


適正な撮影条件って???

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

デジタル画像 線量

例えば…

腰椎単純撮影: 相対感度350のS/Fシステムで
適正なmAs値を 25mAsだとする。

他の条件は全く変えず

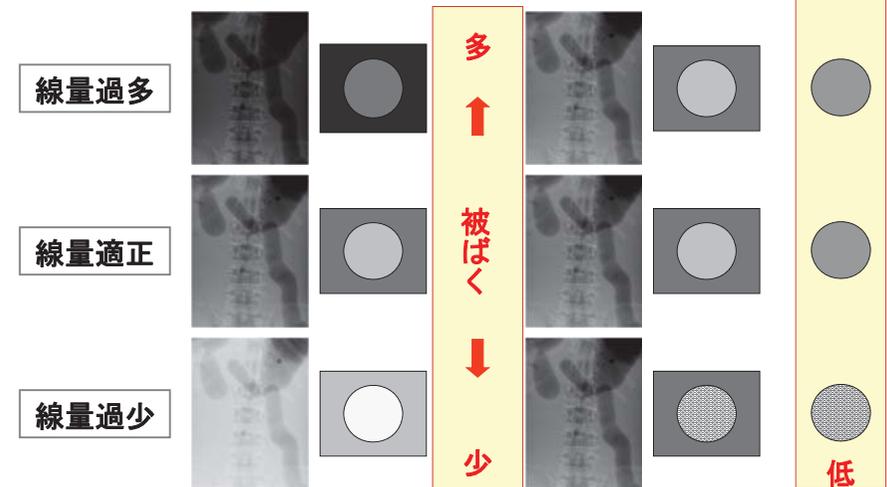
50mAs	
25mAs	
13mAs	

で撮影した…とする。

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

線量の多少

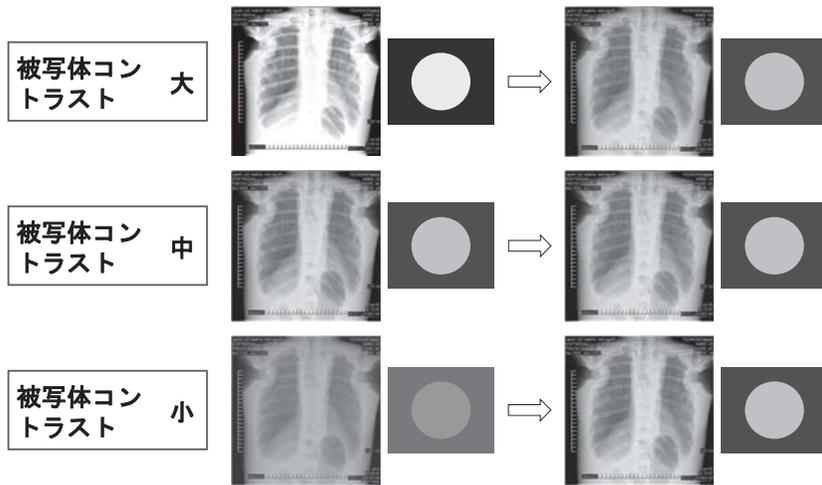
アナログ受光系 デジタル受光系



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

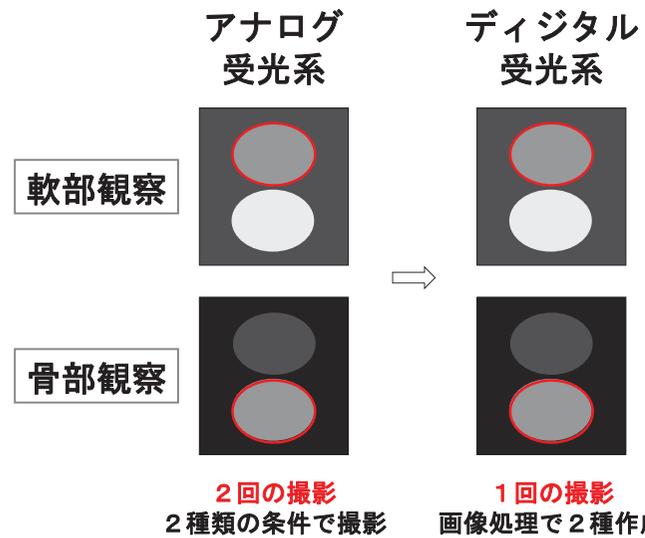
被写体コントラストの大小

アナログ受光系 デジタル受光系



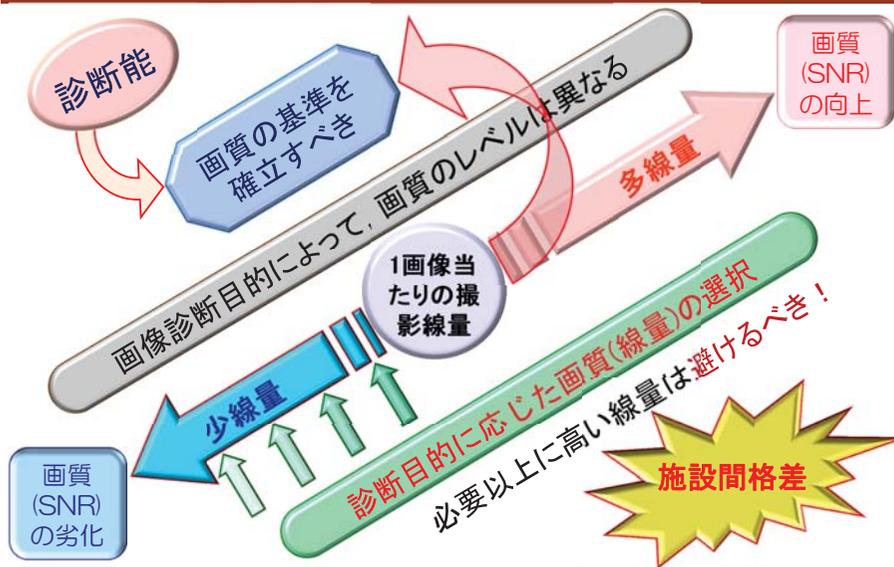
Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

2種類の条件



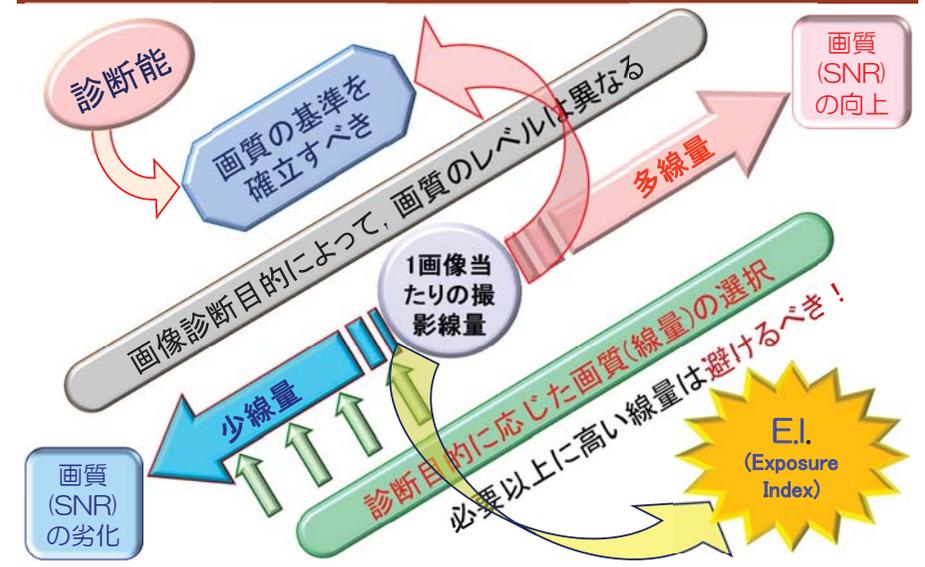
Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

デジタル画像の最適線量



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

デジタル画像の最適線量



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

デジタルX線撮影線量の最適化を 図るためには…

部位・撮影目的ごとに

標準化・ガイドライン

適正線量確認用ツール

その他…

E I
E I T
D I

JSRT：平成22年度の学術研究班

『デジタル画像の被ばくと画質を 考慮した適正線量の検討』班

検討班メンバー（敬称略）

班長：岸本健治（大阪市立大学医学部附属病院）

班員：有賀英司（名古屋第二赤十字病院）

石垣陸太（京都医療科学大学）

今井方丈（滋賀医科大学医学部附属病院）

川本清澄（大阪大学医学部附属病院）

小林謙一（藤田保健衛生大学病院）

澤田道人（ムツダ商会）

中前光弘（奈良県立医科大学病院）

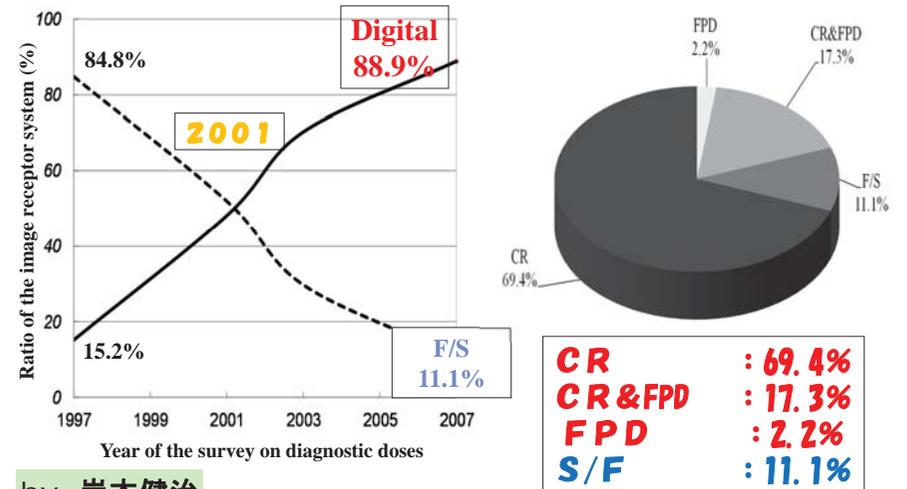
能登公也（金沢大学医学部附属病院）

東出 了（名古屋市立大学医学部附属病院）

JSRT：日本放射線技術学会

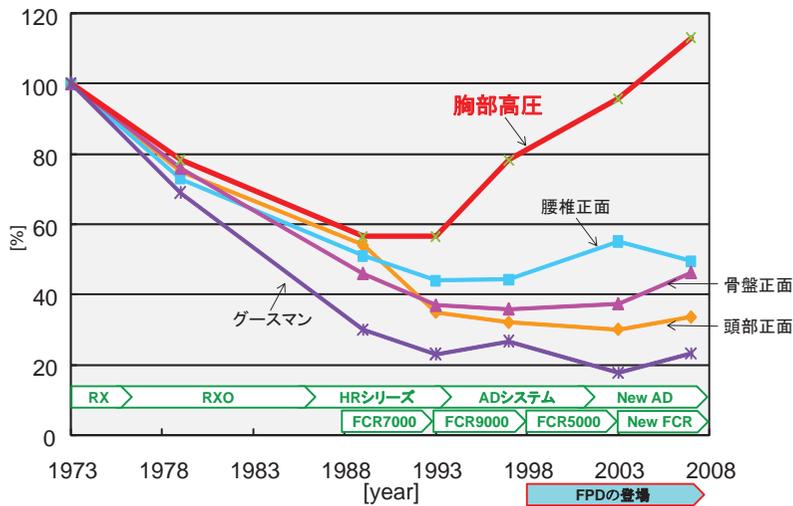


一般撮影における患者が受ける線量の現状 —平成19年度全国調査より—



by 岸本健治

1973年からの2007年全国調査による線量変化



by Ken-ichi Kobayashi [JJSRT 67(11) Fig.4]

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

各部位における線量結果(施設間格差)

部位 (計算施設数)	平均	標準 偏差	最小値	75% 線量	最大値
頭部正面 (712)	2.39	1.66	0.05	2.87	22.86
頭部側面 (703)	1.82	1.21	0.19	2.21	13.36
頸椎正面 (711)	0.90	0.83	0.07	1.03	12.76
胸椎正面 (692)	3.37	2.97	0.03	3.93	46.77
胸椎側面 (687)	5.73	5.07	0.01	6.71	65.70
腰椎正面 (707)	4.06	2.31	0.25	5.17	16.23
腰椎側面 (703)	11.34	7.98	0.50	14.16	77.65
骨盤正面 (702)	3.12	2.61	0.01	3.61	39.01
大腿上部 (697)	1.99	1.51	0.01	2.38	17.72
前腕 (706)	0.18	0.27	0.01	0.19	5.22
足関節 (709)	0.21	0.19	0.02	0.25	2.74

[mGy]

by Ken-ichi Kobayashi [JJSRT 67(11) Table 1]

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

各部位における線量結果(施設間格差)

部位 (計算施設数)	平均	標準 偏差	最小値	75% 線量	最大値
胸部低圧 (258)	0.42	0.63	0.01	0.44	7.26
胸部準高圧 (251)	0.49	0.38	0.01	0.62	3.11
胸部高圧 (721)	0.26	0.26	0.02	0.30	2.99
腹部正面 (703)	2.52	2.60	0.01	3.00	34.13
ゲースマン (328)	5.65	5.55	0.23	6.77	50.55
マルテウス (308)	6.02	5.07	0.24	7.60	35.32
幼児股関節 (475)	0.19	0.21	0.01	0.19	1.99
幼児胸部 (490)	0.18	0.26	0.01	0.19	3.91
小児胸部 (527)	0.25	0.42	0.01	0.24	4.70

[mGy]

by Ken-ichi Kobayashi [JJSRT 67(11) Table 1]

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

患者が受ける線量は、やや増加傾向で施設間差が大きい

原因として

1. 撮影条件の検討が十分にされていない
2. CR装置の品質管理が十分行われていない可能性がある
3. 線量指標 (Dose Index / Exposure Index) がない
4. 検出器 (CR・FPD) と読影媒体の多様化
5. 必要以上の線量を与える傾向がある

ICRP93 『再撮影防止のため必要以上の線量を与える傾向がある』

現状は非常に厳しい状況である

by 岸本健治

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

撮影距離目視設定実験

対象者：技師7名（経験年数20年から1年目）

事前打ち合わせ：なし

依頼内容：X線管焦点-テーブル間処理を100cmになるように目視で合わせる。

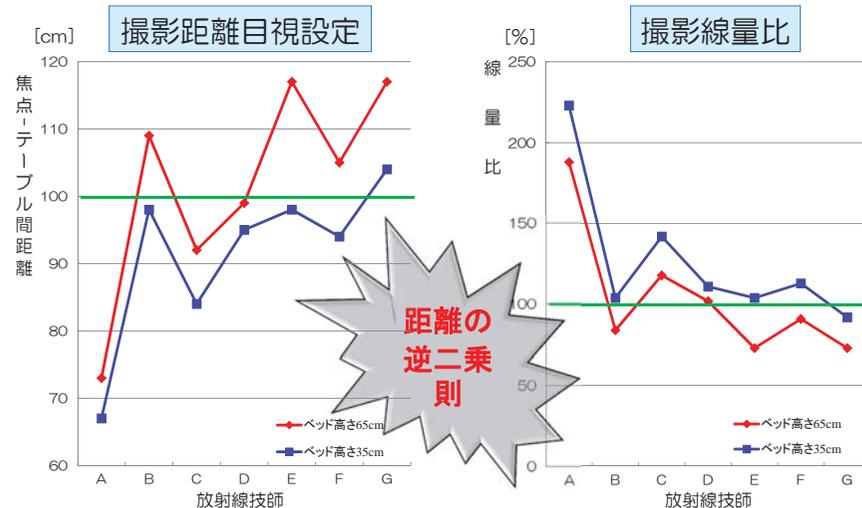
- テーブル高さを35cmと低く設定した場合
- テーブルを通常高さ65cmに設定した場合

測定：ここと思われた位置で固定し実測した。

by Hiroshi Mizutani (Matsuyama Red Cross Hp.)
[放射線撮影分科会誌 53号]

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

撮影距離目視設定実験結果



by Hiroshi Mizutani (Matsuyama Red Cross Hp.) [放射線撮影分科会誌 53号]

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

今、一度考えてみよう！

いまや・・・

- 整流方式
- 管電圧
- 付加フィルタ
- 管電流
- 焦点サイズ
- 撮影時間
- 撮影距離
- 照射野
- グリッド

曝射
の前に……

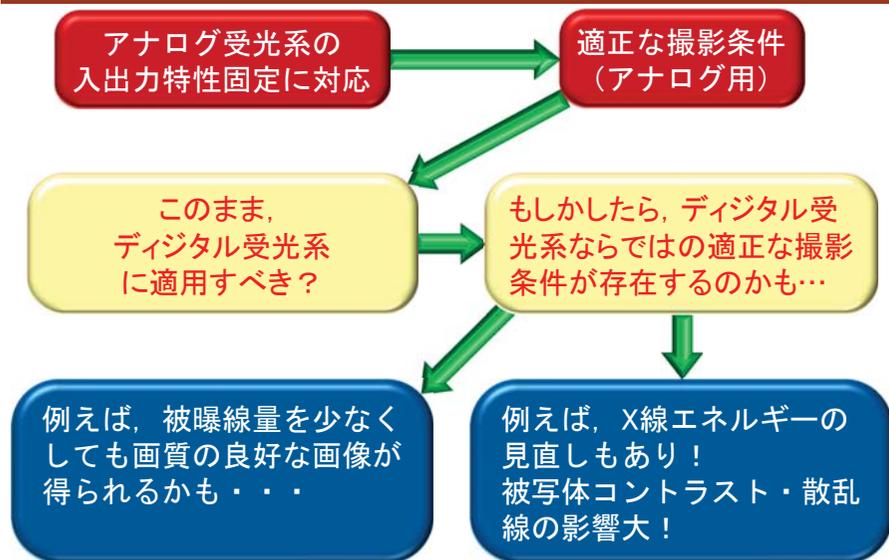
今、曝射しようとしたX線の性質は？

単純X線撮影は
デジタル時代！

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

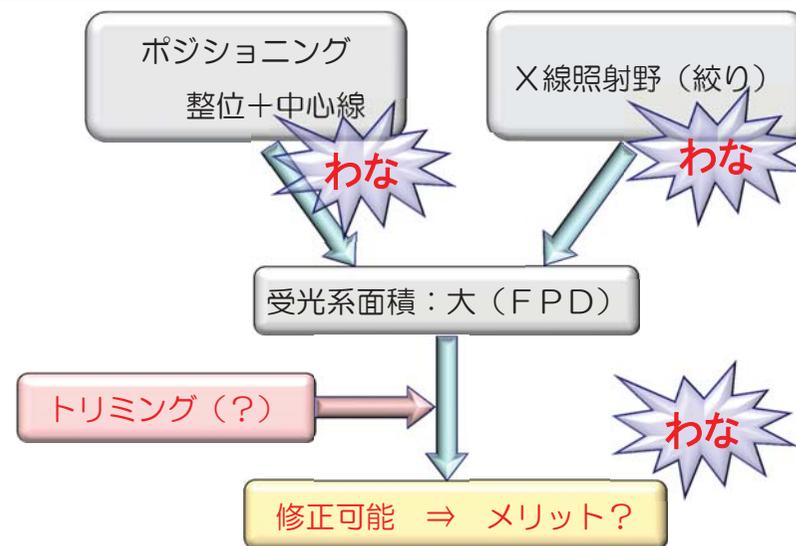
Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

考えてみよう！ 適正な撮影条件



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

新手法⇒トリミング・・・メリット？



Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

問題点って・・・？

気づきなさい
考えなさい

Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

参考文献

1. デジタル画像の画質と被ばくを考慮した適正線量の研究
岸本健治, 有賀英司, 石垣陸太, 今井方丈, 川本清澄, 小林 謙一, 澤田道人, 能登公也, 中前 光弘, 東出 了
日本放射線技術学会雑誌 Vol.67 No.11 (2011) pp.1381-1397
2. 画像デジタル化の光と影
今井方丈
臨床放射線 Vol.53 No.2 (2008) pp.287-298
3. デジタル化のわな
今井方丈
日本放射線技術学会雑誌 Vol.65 No.7 (2009) (巻頭言)
4. X線診断時に患者が受ける線量の調査研究班-中間報告.
鈴木昇一, 浅田恭生, 加藤英幸, 他
日本放射線技術学会雑誌 Vol.65 No.5 (2009) pp.681-685.
5. X線診断時に患者が受ける線量の調査研究班-中間報告2
鈴木昇一, 浅田恭生, 加藤英幸, 他
日本放射線技術学会雑誌 Vol.65 No.11 (2009) pp.1582-1590.
6. デジタル画像のわな -被曝関連-
水谷 宏
日本放射線技術学会 放射線撮影分科会誌 53号(2009) pp.22-24

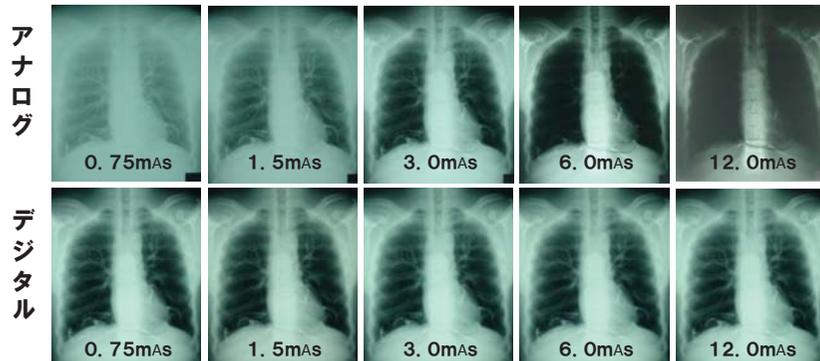
Masatake Imai (Shiga University of Medical Science)

ご静聴
ありがとう
ございました

Exposure Indexの基本的な考え方

2013年7月7日
コニカミノルタ株式会社
ヘルスケアカンパニー 開発統括部
石坂 哲

exposure indicator の必要性



デジタル画像機器では、照射線量の過不足は広いダイナミックレンジや画像処理で隠されてしまう。

各社ともディテクタに入射する線量に関連した指標を準備してきた

Exposure Index とは

IEC62494-1で規定された exposure indicator

International Electrotechnical Commission
(国際電気標準会議)

スクリーン/フィルムの時代と異なり、デジタル医用画像機器は、電気機器として扱われている。



本部はスイスのジュネーブ

露光指標

IEC62494-1 あるいは AAPM Report No.116 では、Exposure Indexを含む広義の用語として exposure indicatorが使われている。

(AAPM : American Association of Physicists in Medicine)

各社の exposure indicator

AAPM Report No.116(2009) より

Manufacturer	Indicator Name	Symbol	Units	Exposure Dependence	Calibration Conditions
Fujifilm	S Value	S	Unitless	200/S X (mR)	1 mR at 80 kVp, 3mm Al (Total) => S=200f
Kodak	Exposure Index	EI	mbels	EI + 300 = 2X	1 mR at 80 kVp + 1.0 mm Al and 0.5 mm Cu => EI=2000
Agfa	Log of Median of histogram	IgM	bels	IgM + 0.3 = 2X	2.5 μGy at 75 kVp + 1.5 mm Cu => IgM=1.96 at 400 Speed Class
Konica	Sensitivity Number	S value	Unitless	for QR=k, 200/S α X (mR)	for QR=200, 1 mR at 80 kVp => 200
Canon	Reached Exposure Value	REX	Unitless	for Brightness=c1, Contrast=c2, REX α X (mR) ²	for Brightness = 16, Contrast = 10, 1 mR = 106 ²
GE	Uncompensated Detector Exposure	UDExp	μGy Air KERMA	UDExp α X (μGy)	80 kVp, standard filtration, no grid
GE	Compensated Detector Exposure	CDExp	μGy Air KERMA	CDExp α X (μGy)	kVp, grid, and additional filter compensation
GE	Detector Exposure Index	DEI	Unitless	DEI = 2.4X (mR) ²	Not available
Swisstray	Dose Indicator	DI	Unitless	Not available	Not available
Imaging Dynamics Company	Accutech	f#	Unitless	2 ^{f#} =X(mR)X ₀ (mR)	80 kVp + 1 mm Cu
Philips	Exposure Index	EI	Unitless	100/S α X (mR)	RQA5, 70 kV, +21 mm Al, HVL=7.1 mm Al
Siemens Medical Systems	Exposure Index	EI	μGy Air KERMA	X(μGy)=EI/100	RQA5, 70 kV +0.6 mm Cu, HVL=6.8 mm Al

名称、表記、定義とも各社各様

照射線量に対する挙動を取っても、
・比例
・反比例
・対数に比例
が混在し混乱を招くもの



2006年より、IECにて標準化作業が行われた

Exposure Index の誕生



IEC62494-1

Exposure Index of digital X-ray imaging systems
Part-1: Definitions and requirements for general radiography

デジタルX線映像システムのExposure Index
第1部:一般撮影における定義及び要求事項

2008年8月にEd.1が発効

(IEC62494-1で規定する)
Exposure Indexは、
ディテクタへの照射線量に
比例する指標



The essentials of imaging

参考 : Exposure Indexは固有名詞の扱い



exposure indicator (露光指標)

S値(富士フィルム)

REX(キヤノン)

S値(コニカミノルタ)

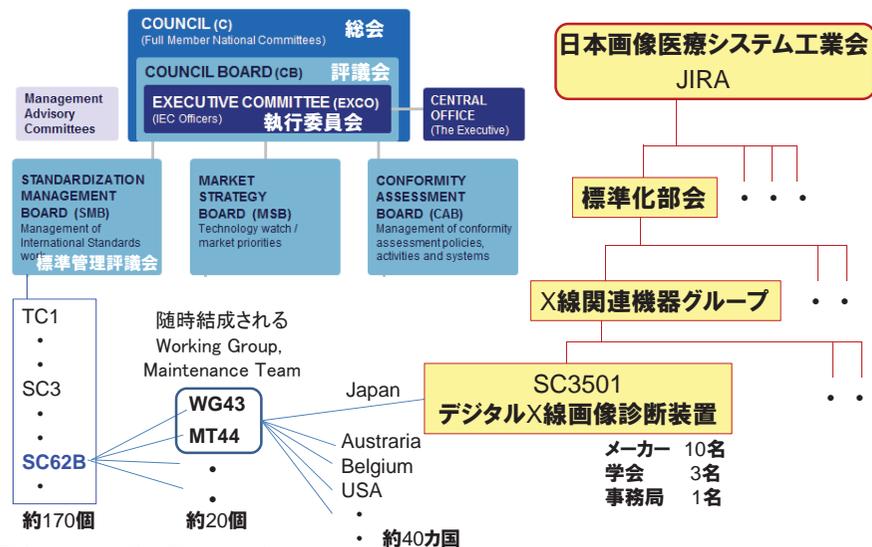
EI(Carestream)

(IEC62494-1で規定する)
Exposure Index

標準化の目的でIECにより規定
されていることが大きな違い

The essentials of imaging

参考 : IECとJIRAの組織



TC:technical committee, SC:sub committee
SC62BはDiagnostic imaging equipment に関する

IEC62494-1で規定する Exposure Index



The essentials of imaging

IEC62494-1 Introduction より (要旨抜粋1)



・アナログシステムでは、ディテクタへの照射線量は光学濃度と直結していたが、デジタルシステムでは、濃度から線量の過不足を判定することは難しい。

・このため各社は、exposure indicator と呼ばれる指標を提供してきたが、これらは各社とも定義がまちまちであり、統一された指標が必要であった。

・本規格によるExposure Index を用いれば、意図する画質を得るために適した線量がディテクタに照射されたかどうか、判断することができる。(目的は画質管理を通じた線量管理)

・デジタルシステムにおける画質は、主にS/Nにより決定される。Exposure Indexは、画像信号に基づいて計算されるため、ディテクタに吸収されたエネルギーすなわちS/Nに対応している。

The essentials of imaging

IEC62494-1 Introduction より (要旨抜粋2)



・適性画質を得るためのディテクタへの照射線量は、撮影部位や撮影方向、用いる撮像システムにより変わる。よって実際のExposure Index が、最適な値からどれだけずれているかを表すDeviation Index という指標を導入する。

・ディテクタへの照射線量と患者入射線量の関係は様々な要因に影響されるため、Exposure Index は被曝線量の見積りや管理に用いるべきではない。

・この規格では、Exposure Index の definition, scale, general requirements について記載する。計算方法詳細(software algorithm) は、技術の進歩を妨げないために記載しない。

The essentials of imaging

IEC62494-1 Scope より (要旨抜粋)



・この規格は、デジタルX線一般撮影に適用される。

・CR, FPD, CCD撮像システムなどが含まれる。

・マンモグラフィーや歯科システムは、Ed.1では対象外とする。

・複数露光により像形成するシステムは対象外とする。
(トモシンセシス、デュアルエネルギー等)

The essentials of imaging

一般論：exposure indicator 設定の難しさ



exposure indicatorの設定とは、言い換えると、

デジタル画像から、1つの代表信号値を選ぶ操作である

一樣露光画像であれば、簡単である



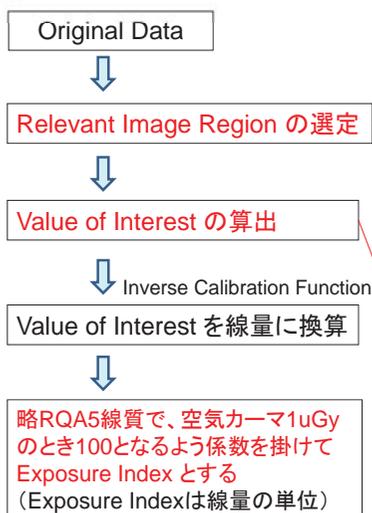
臨床画像では・・・



- ・画像1枚ごとに位置を指定するのか？
- ・ヒストグラム解析をする領域は？
- ・ヒストグラムから1つの値を選ぶ基準は？

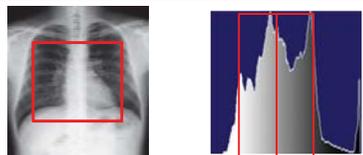
The essentials of imaging

IEC62494-1で定める Exposure Indexの計算方法



★規格では明確に定義されていない★

Relevant Image Region の取り方は、
image segmentation(ROI),
histogram based
or other appropriate methods



具体的な計算方法は決まっていない
(mean, median, mode...or other
recognized statistical method)

★具体的な算出方法は各社で異なる★

IEC62494-1における用語定義 (3項より)



Raw Data : AD変換直後でソフト的補正のされていない pixel values

Original Data : Raw Dataに対し本規格で認める補正の掛ったデータ
(一般的に言う raw data)

照射ムラ、画欠、ゲイン、オフセット、
ディストーション、(CRの)走査速度ムラ、
その他リニアで画像依存性のないもの

Relevant Image Region : (診断に)関連する画像領域
: examination-specific sub-area or sub-areas of the image
containing the diagnostically relevant information

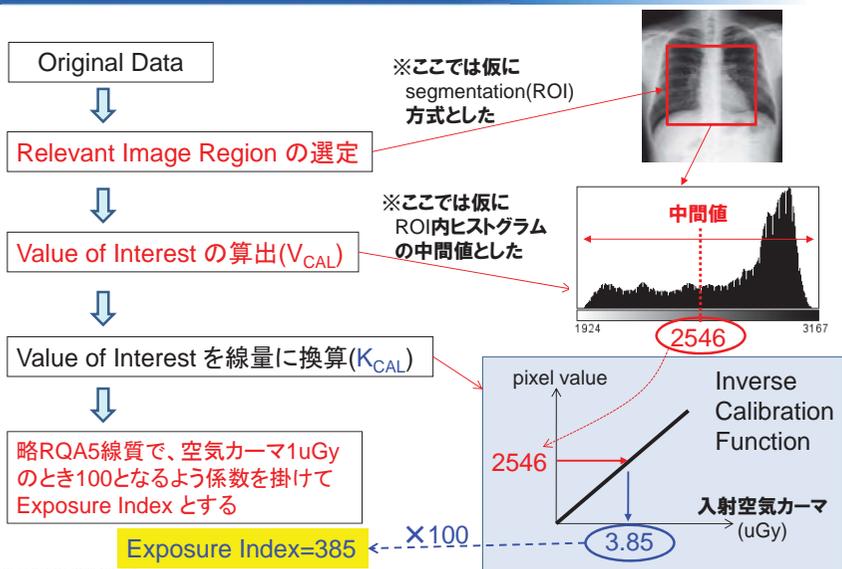
【参考】 IEC62494-1 4.2項NOTE2に、下記の記載がある。

While ... a single unified method may be desirable, it is not feasible
at this time. Future versions of the standard may address this issue.

Value of Interest

: central tendency of the original data in the relevant image region

Exposure Indexの計算例



Inverse Calibration Function の線質



ディテクタへの照射線量(空気カーマ)とpixel value との関係(入出力特性)は、
通常、線質により異なる。

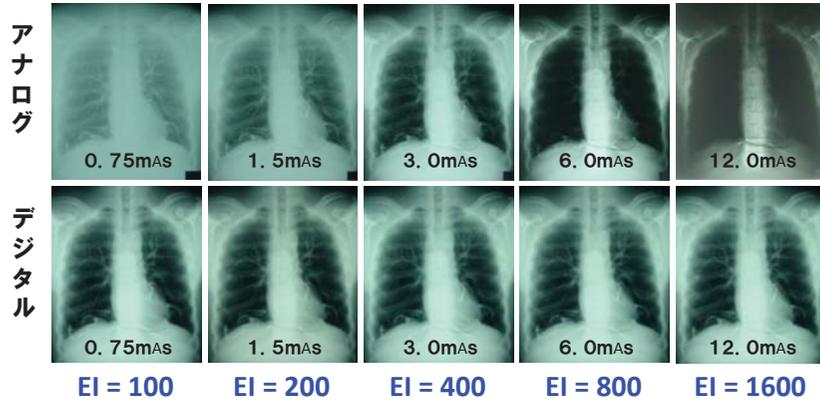
Exposure Index における Calibration Function (空気カーマ→pixel value)
および Inverse Calibration Function(pixel value→空気カーマ)は、RQA5
に類似した下記線質の一樣露光画像により求めることになっている。
(IEC62494-1 Annex C)

半価層 : 6.8±0.3mm Al
付加フィルター : 21mm Al または 0.5mm Cu + 2mm Al
管電圧 : 66~74kV(この範囲内で半価層を合わせる)

よって Calibration 線質以外では、Exposure Indexは、正確にディテクタへの
照射線量(空気カーマ)を表すものではない。(指標としては成立している)

また Inverse Calibration Function の誤差は、20%未満と記載されている。

Exposure Index(EI)の性質



- 同一被写体(同配置)ならば、Exposure Index はmAs値(照射線量)に比例する
- 同じExposure Index ならば、異なる体型の被写体でも同程度の画質(S/N)になる
→ 適切なExposure Index の選択により、適正な照射線量/画質の管理が期待される

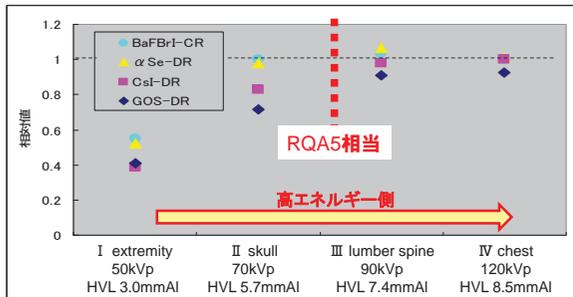
The essentials of imaging

線質依存性に対する注意



前頁キャリブレーション条件の線質においては、各社各ディテクタのExposure Indexは、同一照射線量に対し、同じ値を示す。しかしディテクタの線質依存性により、他の線質においては、(一様露光画像に対しても)この関係は成り立たない。

<単位線量あたりのディテクタ応答(相対値)>



※管電圧と半価層はISO9236-1による

※グラフはIEC62494-1 Annex A Fig. A-3 をトレースし、逆数を取って再編集したもの。

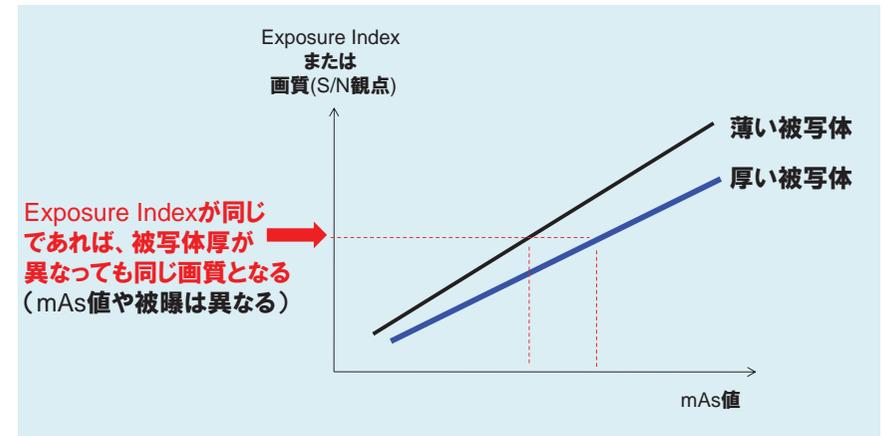
※IEC62494-1 Annex Aの後半に、線質依存性について注意すべし、との記載がある。

部位や撮影条件を考慮した運用が必要

一応の解は用意されている

The essentials of imaging

Exposure Indexによる画質管理のイメージ



※同一部位、同一配置、同一ディテクタの場合

The essentials of imaging

Target Exposure Index(EI_T)と Deviation Index(DI)



このように、Exposure Indexは部位や撮影条件などにより変わるため、適切な値も変わると考えられる。そこで、目標とすべき値 **Target Exposure Index(EI_T)** を定め、これからのズレ量を表す **Deviation Index(DI)** も併せて規定されている。

EI_Tの値が与えられたならば、次式よりDIを計算する

$$DI = 10 \cdot \log\left(\frac{EI}{EI_T}\right)$$

<例>

EI = EI_T のとき DI = 0
EI = EI_T × 0.8 のとき DI = -1.0
EI = EI_T × 1.3 のとき DI = +1.1

DI	EIのEI _T からの差異	(1/2線量)
-3	-50%	
-2	-37%	
-1	-21%	
0	0%	(基準線量)
+1	+26%	
+2	+58%	
+3	+100%	(2倍線量)

The essentials of imaging

Target Exposure Index(EI_T)の課題



IEC62494-1の思想は、EIとEI_Tにより算出されるDIを見ながら簡単に線量管理ができるというものだが、ここにも課題がある。

① EI_Tの値

- ・IEC62494-1では、EI_T値あるいは値の決め方について記載されていない。
- ・4.7項のNOTEとして、下記の記載がある。
「Such values may be established by professional societies or by the Responsible Organization.」

② EI_Tが検査内容(撮影部位など)および撮影システムに依存して変わることへの対処法

- ・EI_Tは、部位やシステムのDQEにより異なると考えられるので、部位やシステムごとにEI_Tを定める必要がある。
- ・この運用方法についても、メーカーに一任されている。

The essentials of imaging

まとめ：Exposure Indexの利点と課題



利点

1. IEC62494-1により標準化されたexposure indicatorである。
2. EI_TとDIによる一応の運用方法が与えられている。

課題

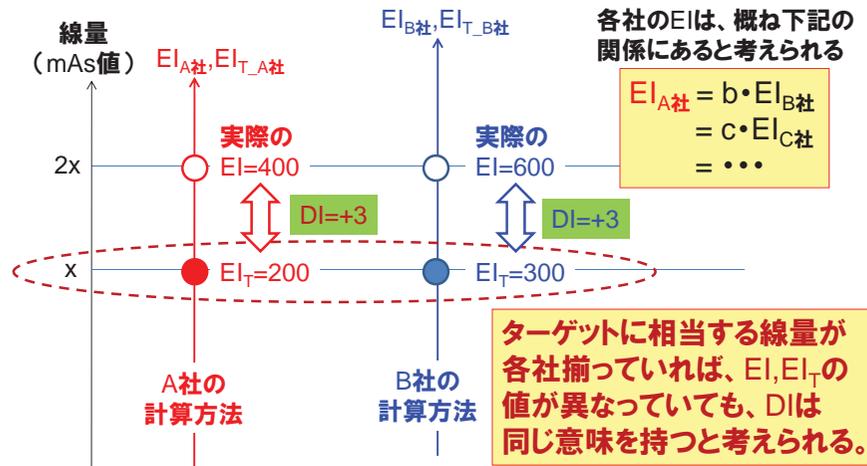
1. 具体的な計算方法が決まっていない。
2. EI_Tの値や決め方が決まっていない。
3. 上記状況の中で、各メーカーが独自の計算方法でEIを計算し、独自の方法でEI_Tを決めて運用が始まっている。

このように、現状は、Exposure Indexの絶対値およびEI_Tは、各社横並びで比較することはできない。

またDeviation Indexについても、EI_Tの決め方が統一されていないため、意味付けが各社により異なると考えられる。

The essentials of imaging

【付録】 同じ性能のディテクタで同条件で同じ被写体を撮った場合の考察



ターゲットを同じ基準で決めることが、DIを共通で使用するために必要

The essentials of imaging

ご清聴ありがとうございました。



Giving Shape to Ideas

富士フィルムのExposure Indexについて



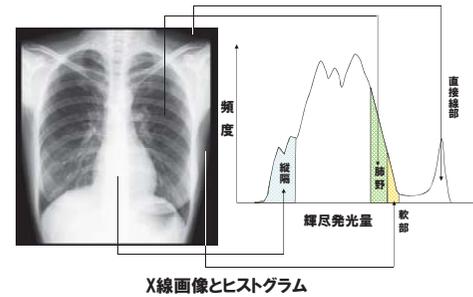
富士フィルムメディカル株式会社

FUJIFILM

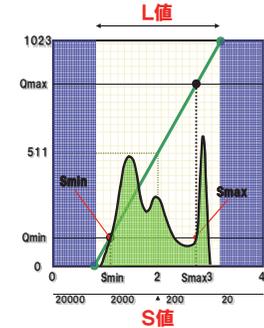
FCRの感度指標S値

S値は、画像の濃度安定化に使用される感度指標値です。

FCRで使用されているS値は、画像の濃度とコントラストを安定化させるために開発された感度指標値です。



X線画像とヒストグラム



X線画像のピクセルのデジタル値でヒストグラムを作成することで、大まかな臓器に分類することができます。

画像を安定化させるためにあらかじめ決められた特徴的なポイントを自動検出したのちに、画像の中央のデジタル値の値を感度指標値として計算しています。

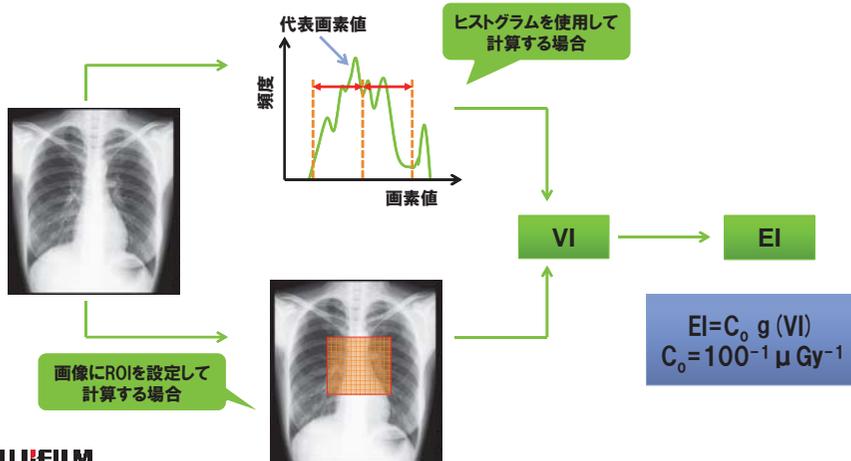
使用するメニューごとに検出するポイントが異なります

FUJIFILM

Exposure Indexの求め方

EI値を計算するための代表画素値の求め方はメーカーに委ねられています。

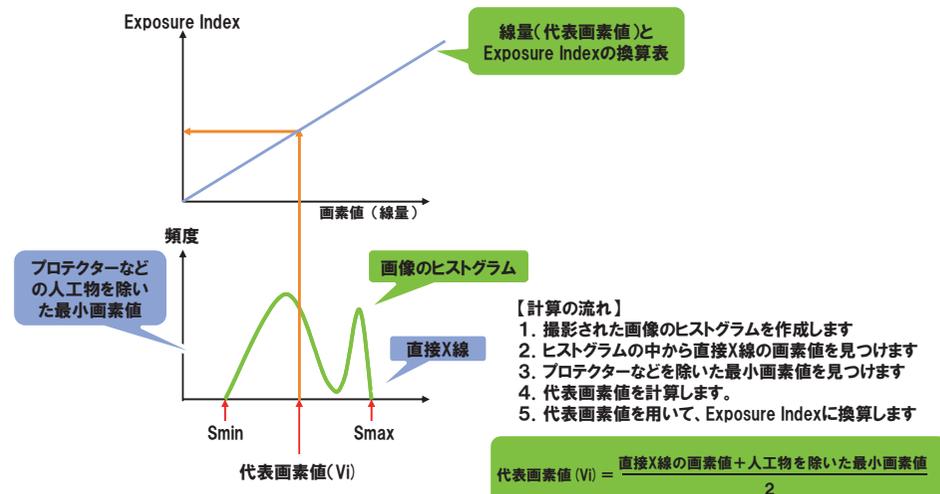
Exposure Indexは、画像の中から画像を代表する画素の値を抽出して、その代表画素値を用いて計算がされます。



FUJIFILM

Exposure Indexの算出法

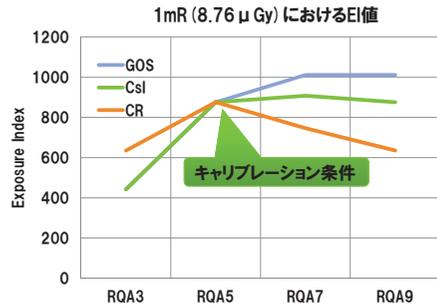
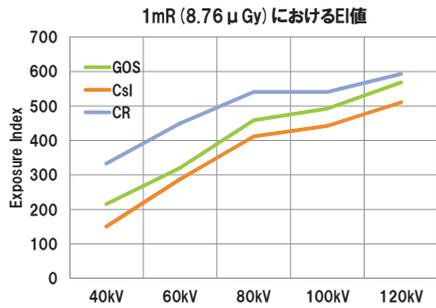
ヒストグラムの中央の画素値を画像の代表画素値として採用しています。



FUJIFILM

線質とExposure Indexの関係

EI値はキャリブレーション条件と異なる線質において同一入射線量であっても異なる値を示します

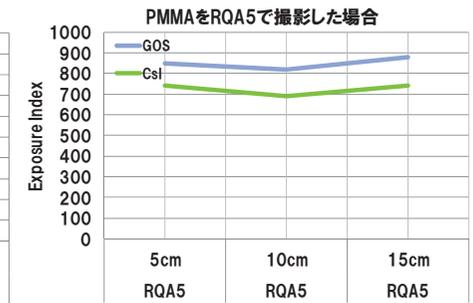
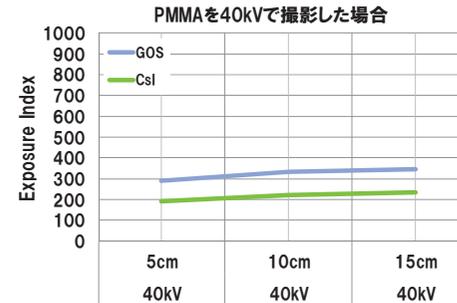


キャリブレーション条件ではデバイス種別に寄らず同じ値を示します。RQA5の線質からずれるとデバイスの分光感度特性の違いにより異なる値を示します

線質が硬くなることで同一入射線量であってもEI値は高い値を示す傾向を示します（一様露光条件）

被写体厚と線質がEI値に与える影響について

被写体厚が増えると散乱線のためEI値は微増するが、線質が変わると大きく値が変わります



PMMAが厚くなるとビームハードニングの影響でEI値は微増すると推定されます。

RQA5の線質は硬いので、ビームハードニングによるEI値への影響は少ないと推定されます。

Exposure Indexの特徴

Exposure Indexは線量計の代わりにはなりません。

校正条件(RQA5 均一露光)であれば、装置によらず同一線量で同じEI値になります。

校正条件と異なる線質では、デバイスごとに検出するエネルギー特性が異なるため、同一線量であってもEI値は異なる値になります。

体厚、ポジショニング等によるヒストグラム変動によって同一線量であってもEI値は変化する（S値と同じ）

Exposure Indexの表示

検査画像のアノテーション情報としてEI値を表示します

- EI表示
- DI (Deviation Index) 表示
- EI_T (Target EI) の設定
- DICOMへのデータ出力

EI/DI : 182/-6.8
S/L : 634/1.9
GA/GS : 1.0/-0.15



Exposure Index対応商品

Exposure Indexに以下の商品が対応しております

コンソール装置

FCR装置:CR Console V8.0版 以上

FPD装置:Console Advance V5.0版 以上

X線検出器

FCR装置:FCR5000 Plus以上

FPD装置:全てのFPDシリーズ



ありがとうございました

PHILIPS

sense and simplicity

日本放射線技術学会 中国四国部会 夏季学術大会 画像情報研究会様

「フィリップス社製 DigitalDiagnost Exposure Index算出方法」

Yuichi Sakaguchi
Modality Specialist
Healthcare, X-ray
July 07, 2013



ありがとう、日本で60年。

NA 080-00-16 GA N

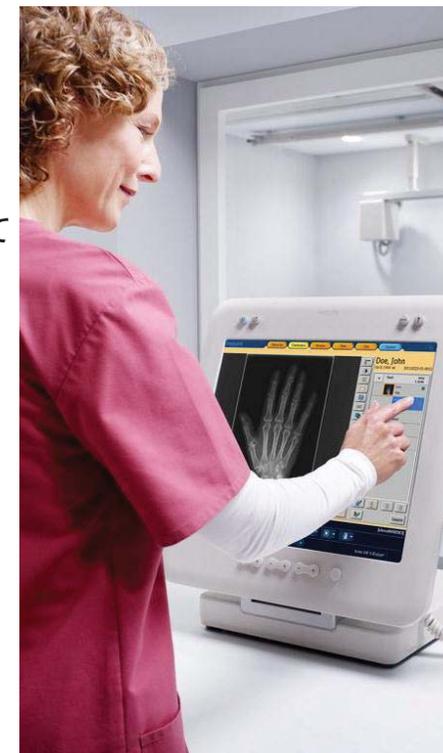
EIとは 概要

- 2008年にIEC62494-1にて提唱される
- すべての装置において一元化された線量指標
- 撮影直後に画像に寄与する線量を把握できる
- 目標線量指標 Elt、偏差指標 DIも同時提案される
- 患者線量は関与しない



本日の内容

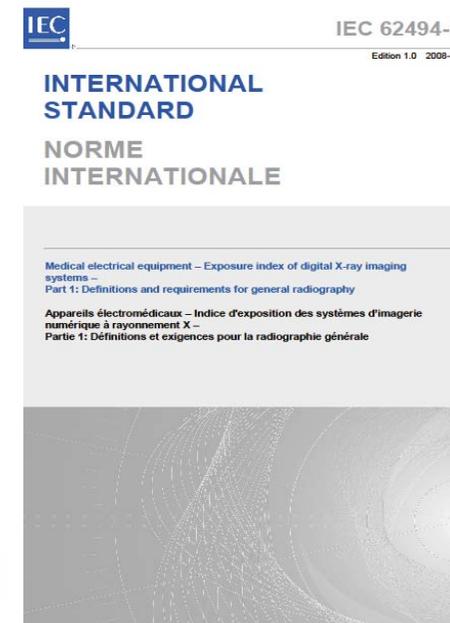
- Exposure Index(以下、EI)について
- EI算出時の注意点
- フィリップスのEIの算出方法



NA 080-00-16 GA N

EIとは 注意すべき点

- 管電圧の影響を受ける
- EIの算出方法がメーカーによって異なる
- Eltの設定は各施設が求める画質に寄与する
- EIの管理方法(CPI024)





EIの算出時の注意点

PHILIPS

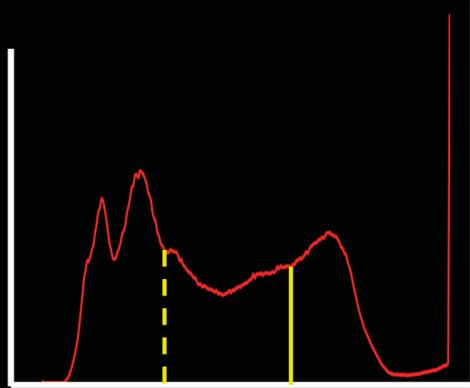
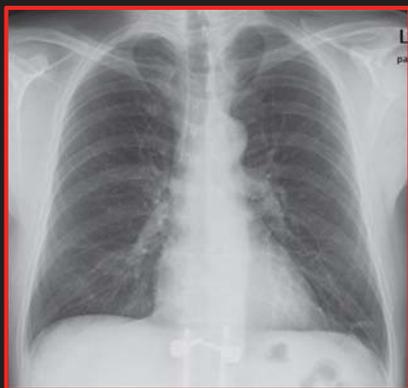
EIの算出方法

ROI & 代表値

PHILIPS

EIの算出方法
ROI & 代表値

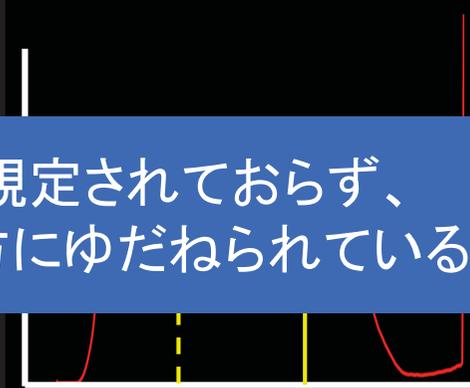
- どの**ROI**を設定するか？
- ヒストグラムをどこを**代表値**として設定するか？



PHILIPS

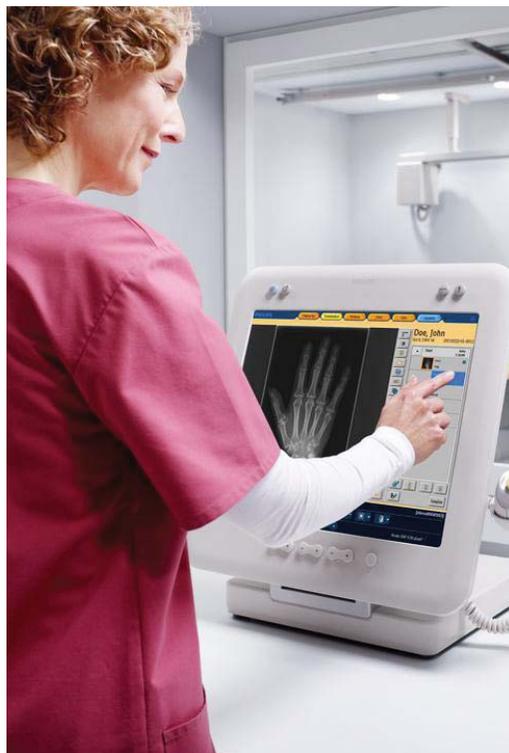
EIの算出方法
ROI & 代表値

- どの**ROI**を設定するか？
- ヒストグラムをどこを**代表値**として設定するか？



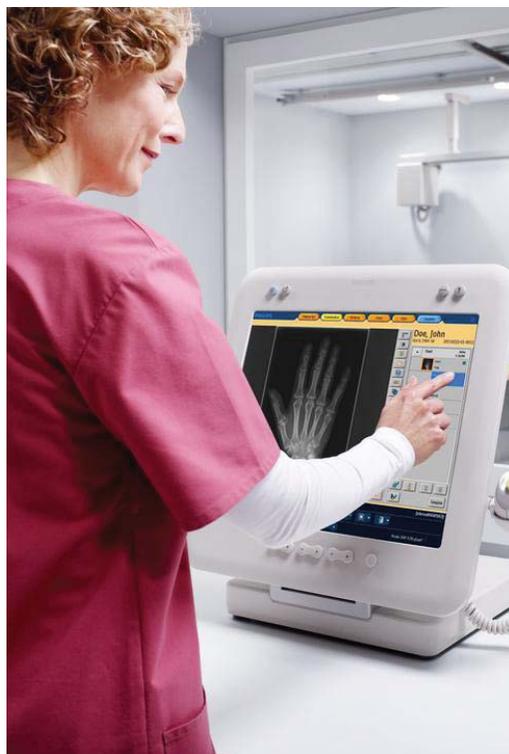
IEC62494-1では規定されておらず、
各メーカーの考え方にゆだねられている

PHILIPS EIの算出方法



PHILIPS EIの算出方法

“ROI”

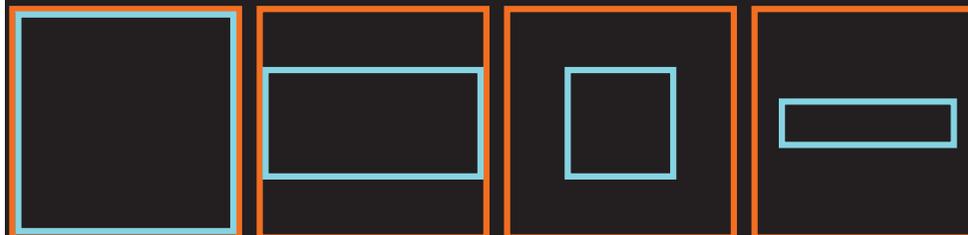


PHILIPS EIの算出方法

撮影部位ごとに最適なROIを設定し、
観察したい目的部位を**代表値**として算出する

PHILIPS EIの算出方法

撮影部位ごとに最適なROIを設定



Full field

Half field

Quarter field

Shift field

PHILIPS EIの算出方法

撮影部位ごとに最適なROIを設定



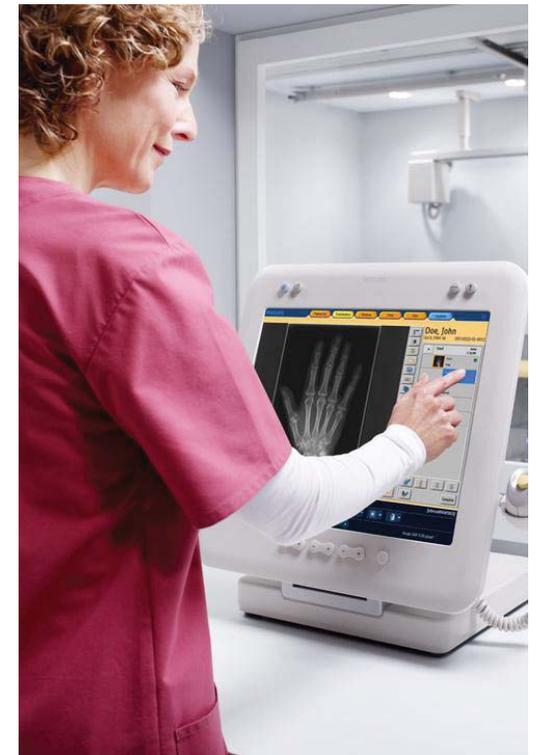
Half field

Full field

Slit field

PHILIPS
EIの算出方法

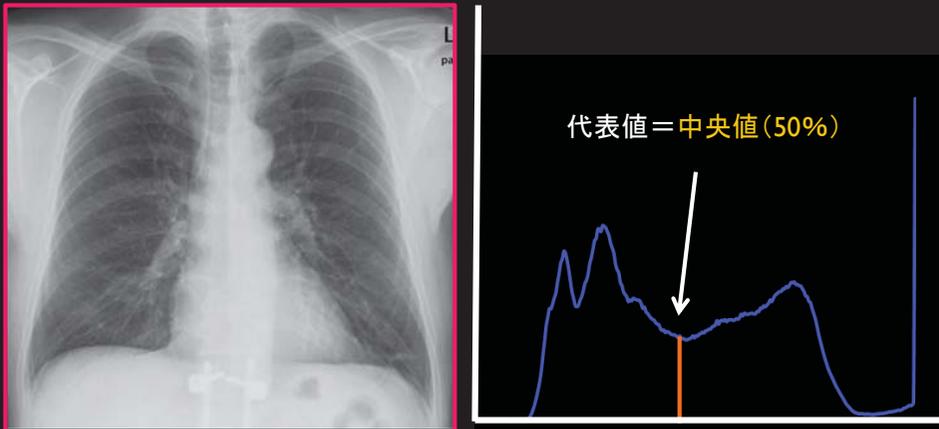
“代表値”



EIの算出方法(一般例)

代表値

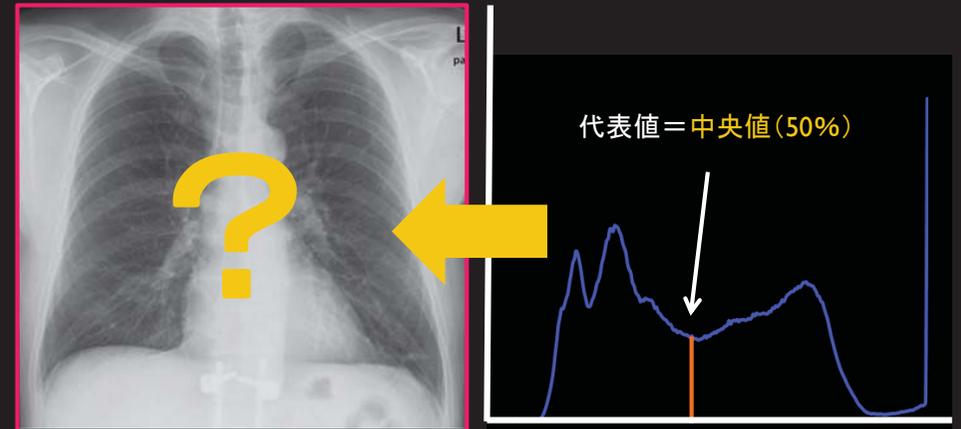
- ヒストグラムのどの画素値を代表値とするか? → 中央値



EIの算出方法(一般例)

代表値

- ヒストグラムのどの画素値を代表値とするか? → 中央値
- 中央値はROI内のどの部位のEIか?



EIの算出方法(一般例)

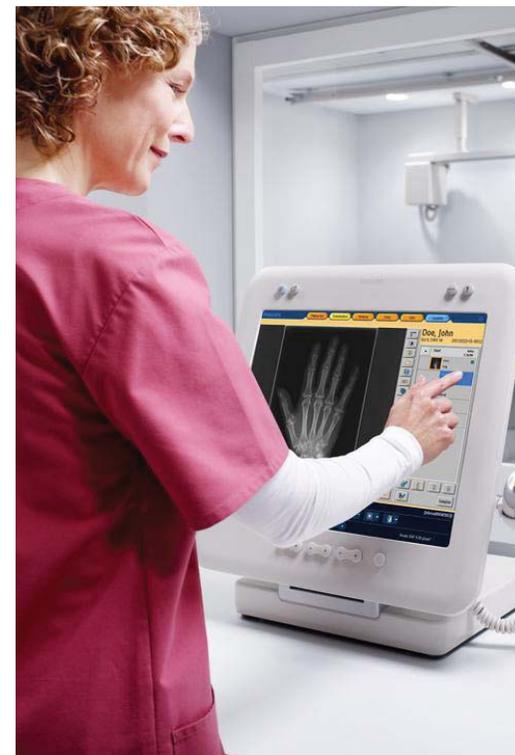
代表値

- ヒストグラムの中の画素値を**代表値**とするか? → **中央値**
- **中央値はROI内のどの部位のEIか?**

→ ※グリーンスノー(フィリップス独自機能)
算出されたEIに相当するピクセルを緑で強調



算出方法によるEIの違い



Case I : 胸部

PHILIPSデフォルト設定



ROI→任意

(胸部では縦隔と肺野にROIを設定)

代表値→任意(90%)

(目的部位となる肺野に相当する代表値)

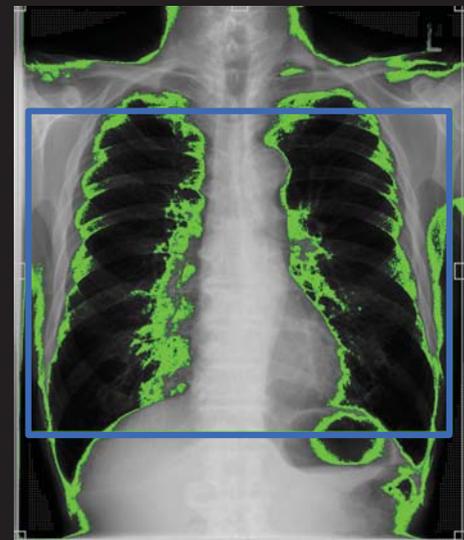
結果

縦隔や腹部を除いた肺野に相当するEIを算出することができる。



EI = 387

Case I : 胸部



ROI→任意

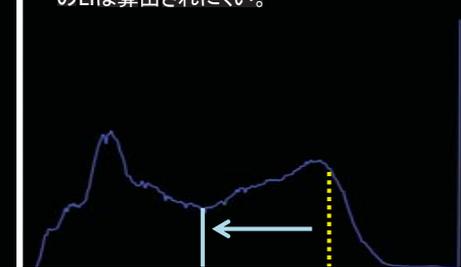
(胸部では縦隔と肺野にROIを設定)

代表値→中央値(50%)

(ヒストグラム内の中央値)

結果

中央値にすると、目的部位である肺野付近のEIは算出されにくい。



EI = 219

Case I : 胸部

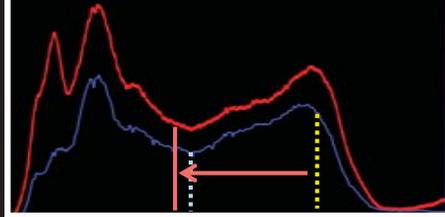


ROI → 全体
(全体のROIを設定)

代表値 → 中央値 (50%)
(ヒストグラム内の中央値)

結果

全体ROIとなり、腹部の影響を受け、ヒストグラムが変化。目的部位である肺野付近のEIは算出されにくい。



EI = 180

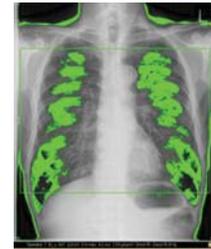
ご清聴ありがとうございました。



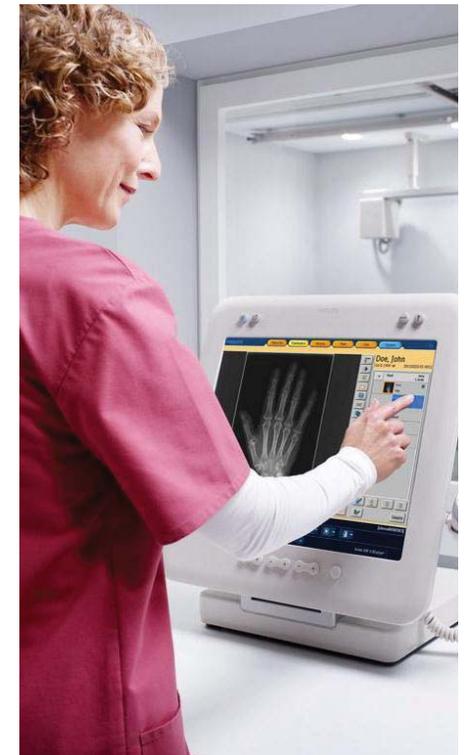
PHILIPS EIの算出方法

- 撮影部位ごとに最適なROIを設定
- 観察したい目的部位を代表値として算出
- PHILIPS独自のグリーンスノーで目的部位のEIが算出されているか確認

※グリーンスノー: 算出されたEIに相当するピクセルを緑で表示



胸部 = 肺野



フラットパネル搭載一般撮影装置
GEの被ばく線量管理支援技術
DI:Deviation Index (DEI ver.2)
 <DEI : Detector Exposure Indexとの違いも含めて >



GE imagination at work

GE Title or job number / 2013/7/8
 DOC1384244 Rev.1

線量の過不足例

フィルム増感紙



不足 適正 過剰

フィルム増感紙の感度 (SPEED) 選択 → 撮影条件の決定 → 写真濃度の確認 ⇒ 線量適否の確認

線量の過不足例

フィルム増感紙



不足 適正 過剰

デジタル



-CR/DRでは、線量不足/過剰は広いダイナミックレンジや画像処理で隠されてしまう。
 -デジタルになり、不適切な照射が判別しにくくなった

DOC1384244 Rev.1

デジタルにおける課題

- AECのオート撮影:
 - AECモード選択やポジショニングなどで、線量不足や過剰を招いても、気づかない
- 照射mAsを固定した撮影
 - 撮影時に依頼科のイメージグレアムを避けるため、線量が多めになる傾向がある。

文献報告:小児撮影の43%が線量過剰 [Don et al., SPR 2002].
 胸部撮影の線量が、デジタル化で1.2倍に増加
 [Nippon Acta Radiologica 2000:Mori.]

何らかのdetector exposure指標の表示が必要

GE Title or job number / 2013/7/8
 DOC1384244 Rev.1

GEの線量管理への対応

システム化された線量表示

- ・検出器入射線量:
調査・研究・開発・評価を経て
2006年よりDEIとして搭載
- ・2012年より、New ver.のDIを搭載
- ・患者入射線量

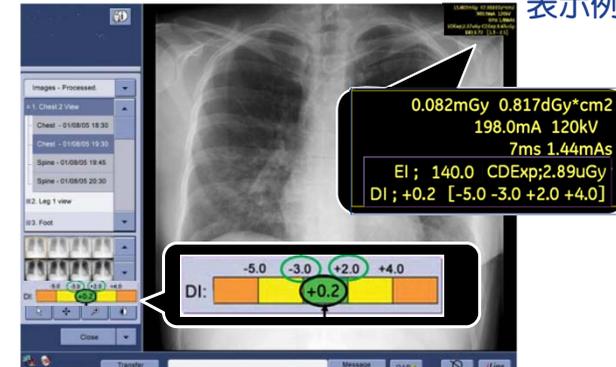
適正面質から見た
線量過不足を表示



DOC1384244 Rev.1

1.線量指標の表示:DI (Deviation Index)

表示例



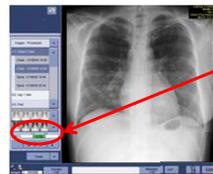
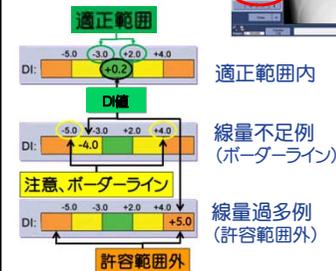
設定システム感度(SPEED)において、
撮影線量が適正範囲内かどうかを表示



12 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

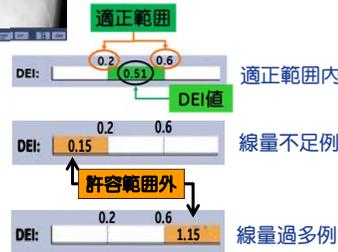
指標の 表示例

DIの例(2012~)



グラフィカル表示

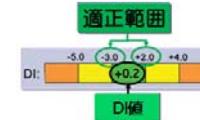
DEIの例(2006~2011)



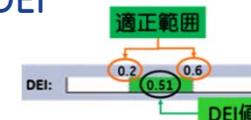
13 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

指標の特長

DI



DEI



共通点

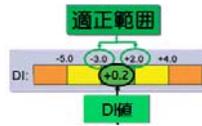
- ・撮影後に、適・不適を即時に表示
- ・線量に対して、数値は単調増加
- ・表示値から撮影条件修正を容易に行える
- ・許容値をカスタマイズ可能



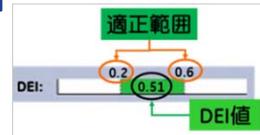
14 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

指標の特長

DI



DEI



相違点

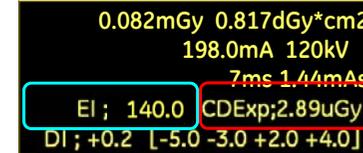
- | | |
|--|---|
| <p>a. 目標値は、常に“0”。
(部位・方向に関係なし)</p> <p>b. DI値は、相対線量の対数値</p> <p>c. 5段階表示</p> <p>d. DI、EI、CDExp、を表示</p> | <p>a. 目標値は、部位・方向によって異なる。</p> <p>b. DEI値は、線量に比例の真数</p> <p>c. 3段階表示</p> <p>d. DEI、UDExp、CDExp、を表示</p> |
|--|---|



GE imagination at work

15 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

DIでの検出器入射線量の表示



参考例

EI(Exposure Index):検出器線量に対する指標
kV、フィルタ、Gridの、係数補正なし検出器入射線量

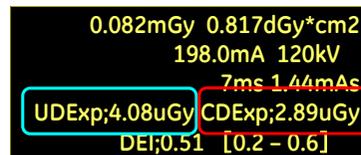
CDExp (Compensated Detector Exposure) [μGy]
kV、フィルタ、Gridの係数補正を行った検出器入射線量



GE imagination at work

16 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

DEIでの検出器入射線量の表示



参考例

UDExp (Uncompensated Detector Exposure) [μGy]
kV、フィルタ、Gridの、係数補正なし検出器入射線量

CDExp (Compensated Detector Exposure) [μGy]
kV、フィルタ、Gridの係数補正を行った検出器入射線量

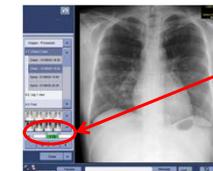
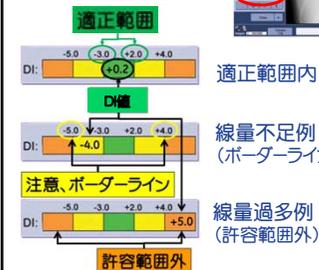


GE imagination at work

17 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

指標の運用例

DIの例



グラフィカル表示

- いつ:
撮影した際に
- 何処で:
操作コンソールで
- 何を:
DI表示が不適切線量である
ことを示した場合
- どうする:
撮影条件の見直しを、必要に応じて検討
線量不足⇒条件変更して再撮影?
例) DI=-5⇒mAsを5タップUP 等
線量過多⇒次回の撮影条件見直し?
⇒不要な線量増加に歯止めかかる



GE imagination at work

18 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1.1

目標線量の設定:画質レベルと診療目的の例

	高画質	中画質	低画質
FPD	400	800	1600
CR	200/400	400	800
フィルムスクリーン	200	400	800

表2.2.画質のレベル (数字は感度)

ICRP publication93(2003)デジタルラジオロジーにおける患者線量の管理
2. デジタルラジオロジーにおける患者線量と画質、より編集

目的によってシステム感度 (Speed: 200~1600) を
選択して設定する、という考え方



19 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

フィルム増感紙のSpeedと受像系の入射線量

Speed	光学濃度≒1.0を得る 入射線量の基準値	臨床適用領域の例
200	8μGy	胸部領域
400	4μGy	腹部領域
800	2μGy	婦人科領域

(80kV、付加フィルタ無し、グリッド無し)

Speed値と線量の関係は、従来のフィルム増感紙の相対感度と同じ

• “Speed” と線量の関係は、FPDシステムでも
そのまま継承されている。



20 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

GE の新しい線量指標 Deviation Index(=DI)

と
その表示の仕組み

$$DI = 10 * \log(EI/EIt)$$

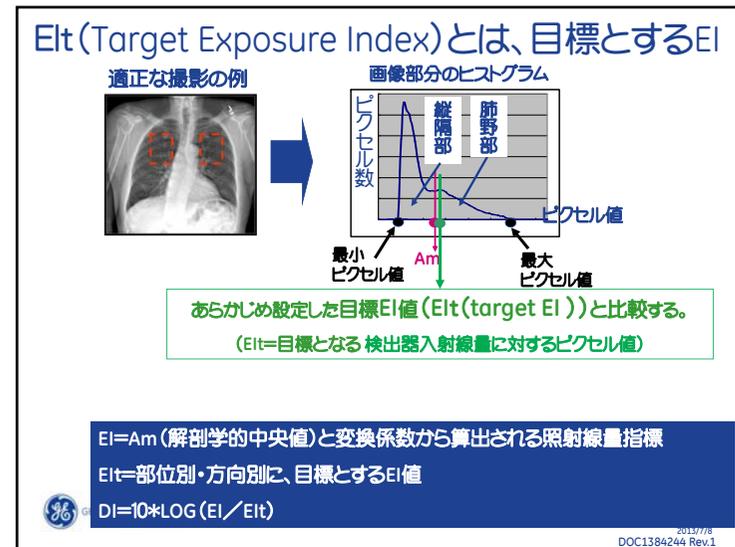
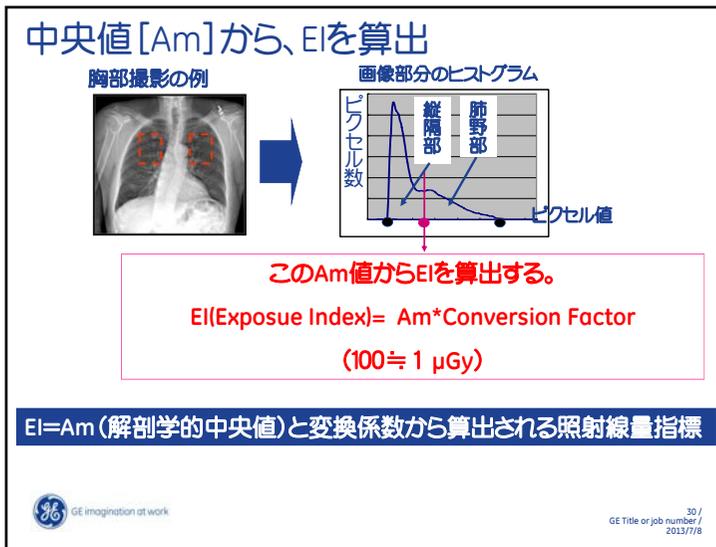
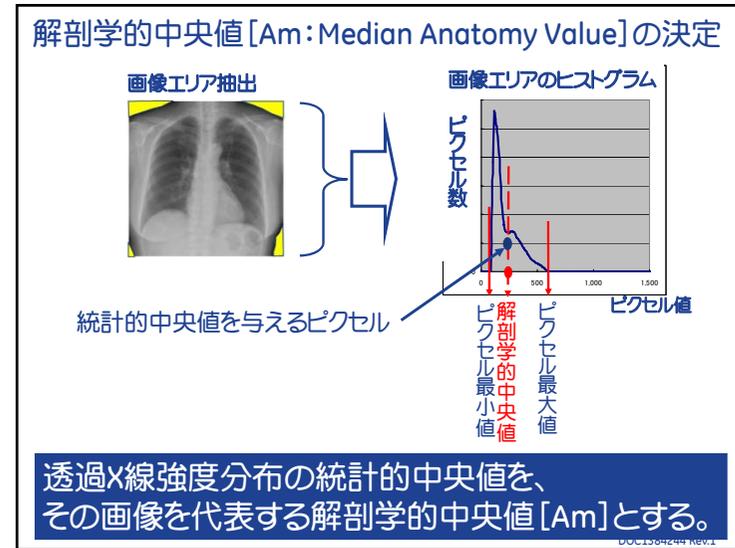
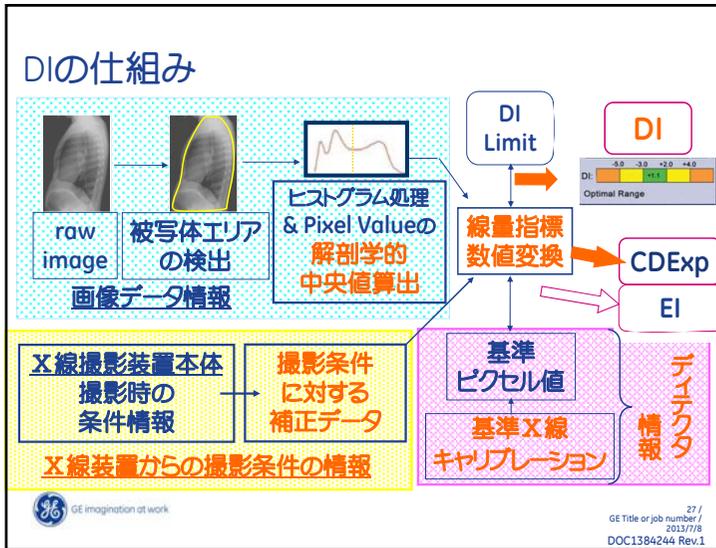
(IEC 62494-1 より)



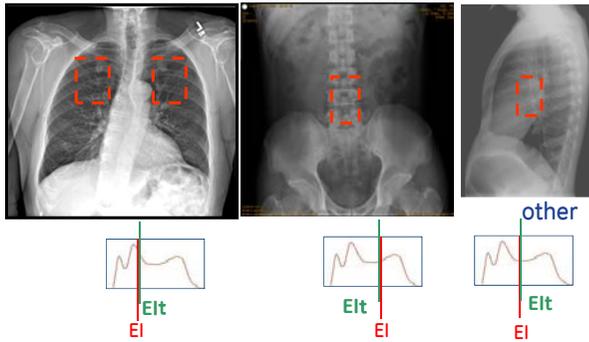
22 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1



24 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1.1



様々な部位の撮影



DIは部位・方向等にかかわらず、“0”が目標



GE Imagination at work

34 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

EIのCustomise画面:ターゲットEIをカスタマイズできる



GE Imagination at work

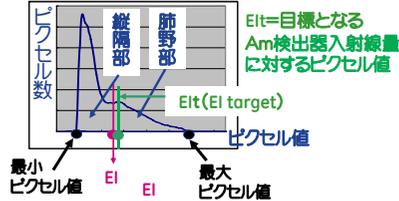
35 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

不適切な条件での撮影では、EI≠EIt

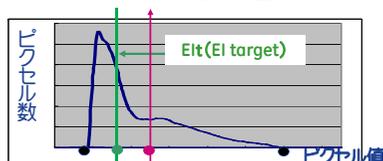
適正な撮影の例



画像部分のヒストグラム



不適切な撮影の例



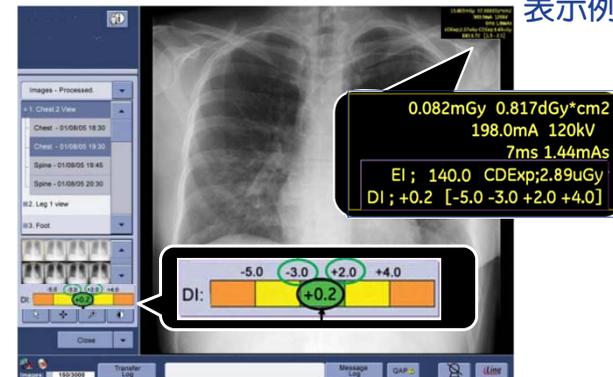
DIでは、正しく撮影された場合には、EIはEItと一致するが、不適切な照射線量で撮影されると、両者は一致しない。



DOC1384244 Rev.1

線量指標の表示: DI (Deviation Index)

表示例



表示される指標: DI, EI, CDExp,



GE Imagination at work

37 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

“Speed”設定とDIの関係

AEC mode

- 変更・選択されたSpeedに対して、照射条件も変更され、DIは同一

参考例



GE imagination at work

50 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

“Speed”設定とDIの関係

Manual modeの場合

- 変更・選択されたSpeedに対して、mAsを適正に変更した場合、DIは同一

参考例



GE imagination at work

51 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

DIの管理幅



imagination at work

52 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

DI control limits

Preferences - DI Control Limits



DI Control Limits		DI Control Range Suggestions	
Negative Limits	-5.0	Out of Desired Range	Suggestion: Out of desired range
	-3.0	Acceptable Range	Suggestion: Acceptable range
	0	Optimal Range	Suggestion: Optimal range
Positive Limits	2.0	Acceptable Range	Suggestion: Acceptable range
	4.0	Out of Desired Range	Suggestion: Out of desired range

Default limits for DI:
 If DI <-5 or DI > 4: out of desired range
 If -3 > DI >= -5 or 2 < DI <= 4: acceptable range
 If -3 <= DI <= 2: optimal



53 /
GE Title or job number /
2013/7/8
DOC1384244 Rev.1



imagination at work

指標データの出力:DEI & DI Log File

DEI&DIの履歴 (Index、リミット、Cdexp、etc)は記録され、
Excel (.csv)で取り出すことが可能

2013/7/8
DOC1384244 Rev.1

DICOM tags

	DICOM Tag Name	old	new
	Median Anatomy Count	0011,1035	0011,1035
UExp	Uncompensated Detector Exposure	0011,1035	
EI	Exposure Index		0018,1411
EI _T	Target Exposure Index		0018,1412
CDEP	Compensated Detector Exposure	0011,1034	0011,1034
DEI	Detector Exposure Index	0011,1033	
DI	Deviation Index		0018,1413



DOC1384244 Rev.1.1

フラットパネル搭載一般撮影装置

GEの被ばく線量管理支援技術

DI:Deviation Index (DEI ver.2)

<DEI: Detector Exposure Indexとの違いも含めて >



ご清職、ありがとうございました。

DOC1384244 Rev.1