

2009年(平成20年2月) 国家試験問題

誤っている組み合わせはどれか。

1. 物流システム ----- バーコード
2. 放射線情報システム ----- RIS
3. 医事会計システム ----- DICOM
4. 電子カルテシステム ----- 情報の一元管理
5. オーダリングシステム ----- 発生源入力

_____ : picture archiving and communication system

画像保管管理システム、医用画像管理システム

CT、MRIなどの医療画像診断装置からの検査画像を電子的に保存、検索、解析する画像データベース・システム。
「院内PACS」や「地域連携PACS」などがある。

Archive(アーカイブ)

- ・記録文章の保管(所)
- ・複数のファイルを圧縮して、1個にまとめたもの
- ・FTP(File Transfer Protocol)によりアクセス可能なネットワーク上のファイルのディレクトリ

PACSとは、医療施設においてCR、CT、MRIなどの医用画像を電子的に保管管理し、ネットワークを介して必要な場所に画像を配信表示するシステムのことである。

PACSとは、医用画像をデータベースで管理し、端末から閲覧可能とするシステムである。

PACSとは、画像情報を電子的に保管・配信するシステムであり、画像参照による診断や患者説明、手術のシミュレーション、3Dなどの画像処理など、様々な用途で利用されている。

PACSとは、放射線画像を中心とする医用画像の管理システムであり、各撮影装置から送られる画像を画像データベースに保存し、各端末から要求された画像を検索し参照させるシステムである。

中核病院

公開用
Webサーバー

周辺医療機関

院内サーバー

紹介状登録オンライン予約

画像情報の公開

画像参照

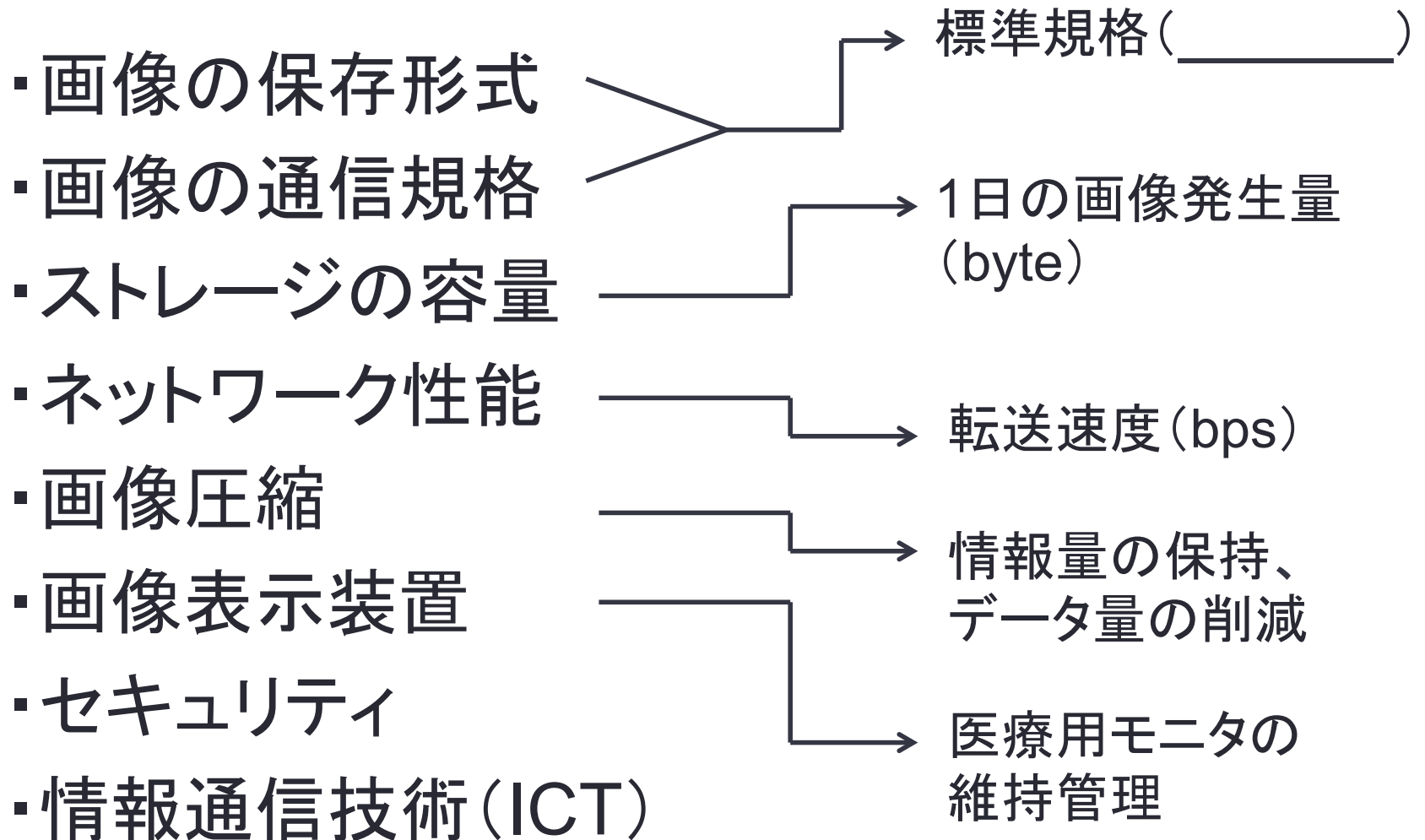
各診療所の
患者情報でアクセス

周辺医療機関

地域画像 連携システム



PACSの構成要素



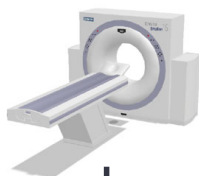
PACSの機能

- 画像保存 (archiving)
- 画像のやりとり (communication)

外来・病棟・読影室
などの院内端末



T社のCT



G社のMRI



P社のDSA



画像データベース
(PACSサーバ)



画像データベースでは、異なるメーカーの撮影装置から
出力される画像を統合的に扱う必要がある。

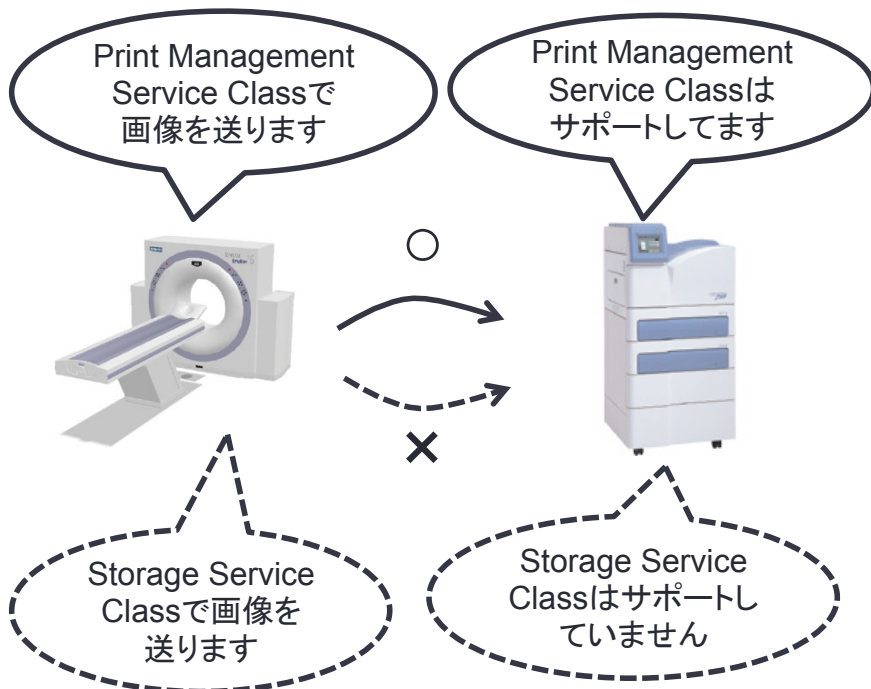
DICOM (digital imaging and communications in medicine)

医用画像の保存とやりとりを一定の決まりで定めた標準規格

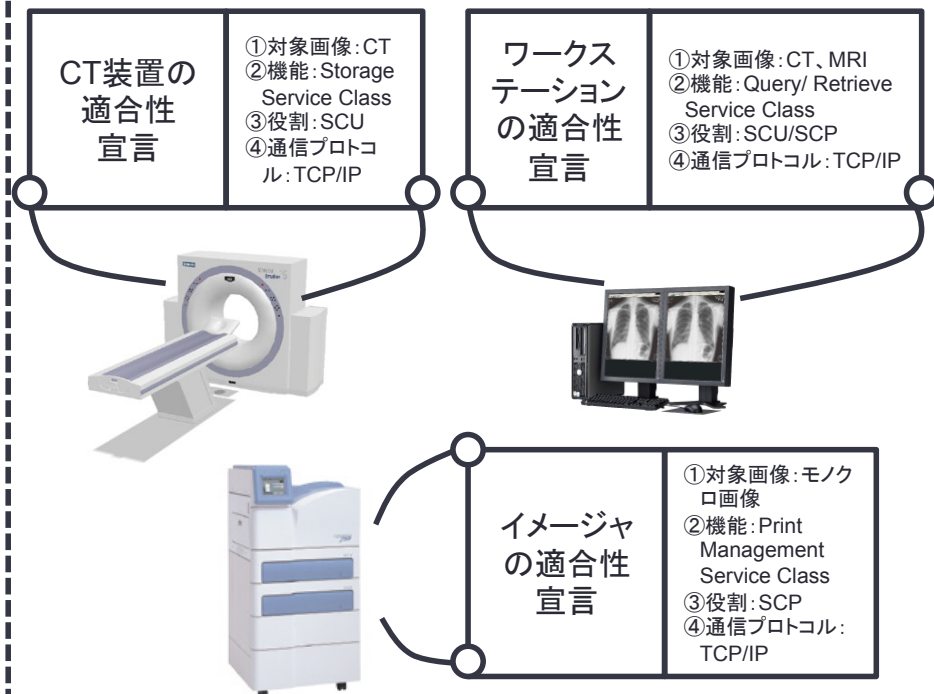
DICOMの注意点

DICOM規格が規定している項目は非常に多く、通常、すべての項目に準拠しているものではない。現実システム構築時には、DICOM規格で通信を行うことを前提としながらも、装置側とデータベース側で「_____」(_____)を取り交わし、細部の打ち合わせが必要である。

DICOM対応 = フルサポートではない



コンFORMANCE・ステートメント



医用画像データの種類

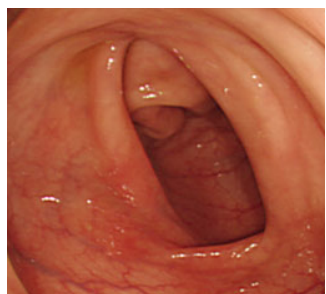
グレースケール				カラー	
静止画	CR	DR	XA	US	Workstation
	CT			内視鏡	CT RT
	MRI	PET	MM	顕微鏡	MRI XA
	RI	US	RT	心電図	RI PET
				デジタルカメラ	
動画	XA			US	Workstation
	US			内視鏡	CT MRI
				デジタルビデオカメラ	

医用画像の解像度例

CR	2140×1760(半切) 2010×670(四切)
MM	2294×1914
CT	512×512
MRI	512×512
US	537×715(A社) 666×888(B社)
DR	2048×2048
XA	960×1240



12 bit 階調



RGB各 8 bit 階調
(24 bit)



動画

(Motion JPEG、MPEG、AVI)

静止画

(DICOM、JPEG、JPEG2000)

画像のデータ量

$$D = R \times C \times G \times N \quad [\text{byte}]$$

D: データ量 [byte]

R: 画像マトリクスの行数 [pixel]

C: 画像マトリクスの列数 [pixel]

G: 画像の階調 [bit] を整数8で除して小数点を繰り上げた値

N: 1検査で生成される画像数

例: CT画像250枚の場合 (縦、横 512 pixel、階調 12 bit)

D =

画像保存容量

モダリティ	画像容量	画像マトリックス	階調
MRI		256×256	10~12 bit
	0.5 MB	512×512	
CT	0.5 MB	512×512	10~14 bit
CR		2048×2048	10~14 bit
マンモグラフィ		4096×4096	
DR(X線透視)	2.0 MB	1024×1024	8~12 bit
XA(DSA, DA)	2.0 MB	1024×1024	12 bit
心カテ(DA)		512×512	8 bit
NM(核医学)	0.016 MB	128×128	8 bit
	2.0 MB	1024×1024	12 bit
超音波モノクロ	0.293 MB	640×480	8 bit
カラー	0.879 MB	640×480	24 bit
内視鏡(カラー)	0.879 MB	640×480	24 bit

画像発生容量の例

モダリティ	A. 検査数 (1月当たり)	B. 平均画像枚数 (1検査当たり)	C. 画像容量 [MB]	年間画像発生容量 $A \times B \times C \times 12$ [GB]
MRI	200	150	0.5	172
CT	400	250	0.5	572
CR	1000	4	8.0	375

画像保存容量の例

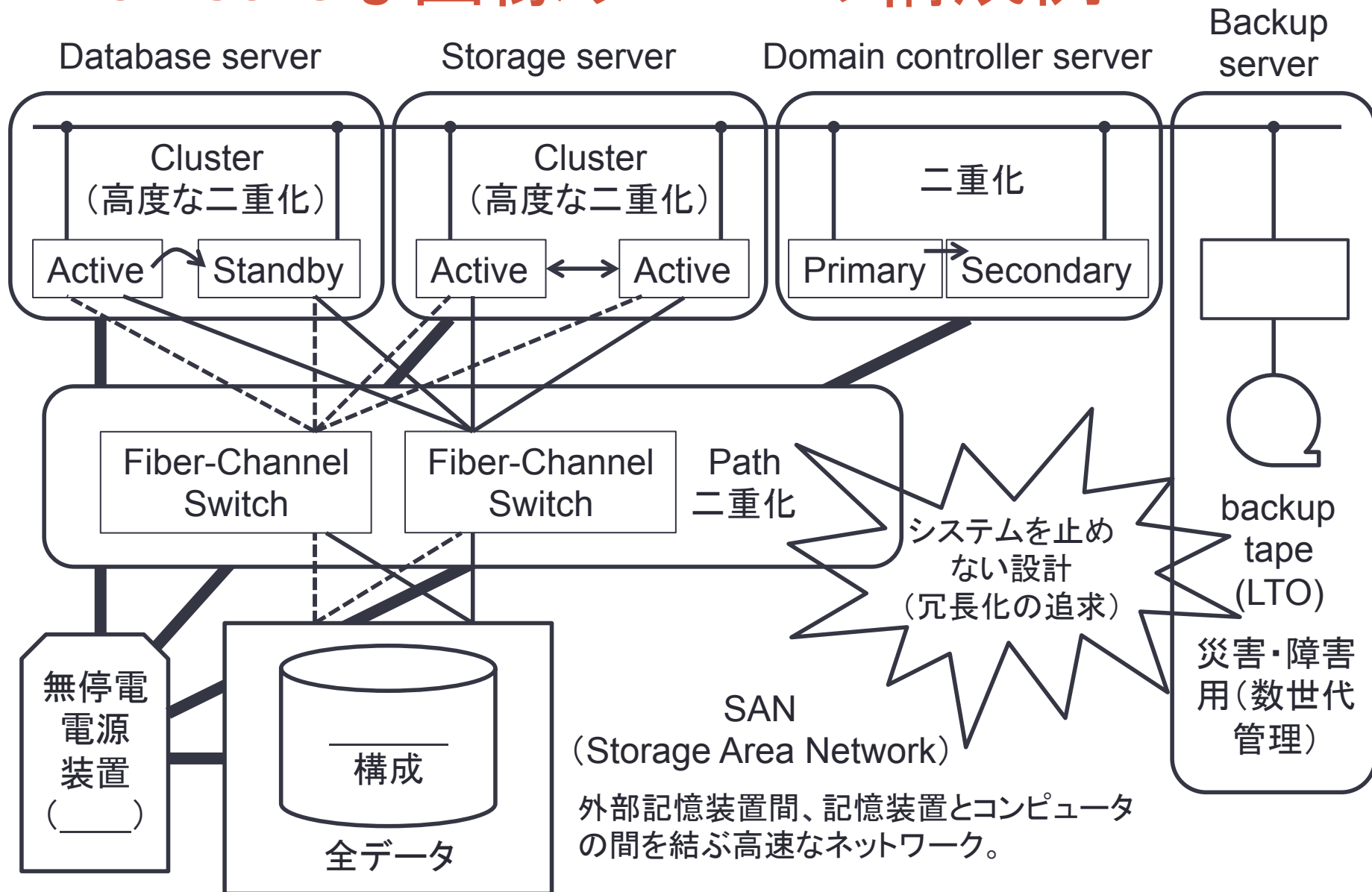
モダリティ	年間画像発生容量 [GB]	圧縮方法 (圧縮率)	年間保存容量 [GB]
MRI	172	可逆(1/2)	86
CT	572	可逆(1/2)	286
CR	375	可逆(1/2)	187.5
合計	1.092 TB	合計	559.5
5年間の合計			2.732 TB

この想定容量を参考にして、PACSのストレージ(storage)容量を決める。

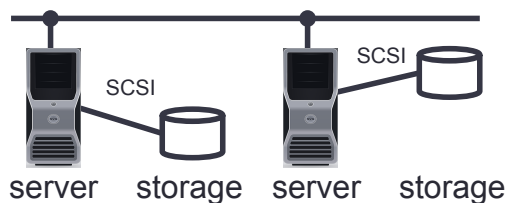
画像データの容量が最も大きいのはどれか。

1. マトリクスサイズ 256×256 、
階調数 12ビット、圧縮なし
2. マトリクスサイズ 512×512 、
階調数 8ビット、1/3圧縮
3. マトリクスサイズ 512×512 、
階調数 16ビット、1/5圧縮
4. マトリクスサイズ 1024×1024 、
階調数 8ビット、1/10圧縮
5. マトリクスサイズ 1024×1024 、
階調数 10ビット、1/15圧縮

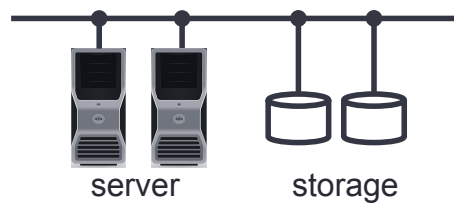
Fail safeな画像サーバの構成例



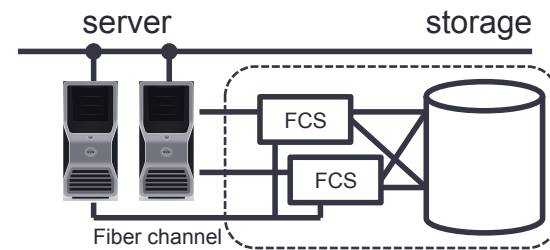
- ・冗長化: 最低限必要な量より多めに設備を用意しておき、一部の設備が故障してもサービスを継続して提供できるようにシステムを構築すること。
- ・フェイルセーフ(fail safe): 機械に対して故障などの障害が発生することを予め想定し、起きた際の被害を最小限にとどめるよう工夫しておくという設計思想あるいはその仕組み。
- ・フールプルーフ(fool proof): 利用者が誤った操作をしても危険に晒されることがないように、設計の段階で安全対策を施しておくこと。
- ・ストレージ(storage): データを保管する記憶装置で、メモリ、磁気ディスク(いわゆるハードディスク)、磁気テープ、光ディスクなどがある。ストレージの接続形態としてはDAS、NAS、SANがある(教科書 p.82)。



DAS (direct attached storage)



NAS (network attached storage)



SAN (storage area network)

- ・無停電電源装置(UPS: uninterruptible power supply): 入力電源が断たれた場合にも、一定時間、接続されている機器に対して、停電することなく電力を供給し続ける電源装置。
- ・RAID (redundant array of independence/inexpensive disks): 複数台のハードディスクを組み合わせて高速／大容量を実現し信頼性を高くする(冗長性を向上させる)技術。
- ・LTO (linear tape open): 磁気テープ記憶装置の規格のひとつ。大容量、高速読み書きを目指したテープ規格。

通信速度 bps (bits per second)

通信におけるデータ転送の速度を表す単位。1秒間に送れるビット数。

ネットワークの転送速度が1Gbpsの場合、100MBの画像が転送される時間

8MBのCR画像を転送速度が1Gbpsネットワークで1秒間に転送できる枚数

圧縮技術の利用

- ・完全にオリジナル画像に復元できる圧縮 → **可逆圧縮** Lossless
- ・オリジナル画像には戻らずある程度画質が低下する圧縮 → **非可逆圧縮** Lossy

JPEG圧縮

- ・通常、非可逆圧縮。
- ・DCT()を利用。
- ・エントロピー符号化(ハフマン符号化)。
- ・8ビット濃淡画像、24ビットカラー画像を扱える。
- ・圧縮率を上げると、ブロックノイズやモスキートノイズが生じる。
- ・圧縮率は10～20分の1が限界。
- ・可逆なLossless JPEG、JPEG-LSも医用画像の圧縮保存に使われる。

JPEG2000圧縮

- ・通常、非可逆圧縮。
- ・DWT()を利用。
- ・エントロピー符号化(算術符号化)。
- ・医用画像のような8ビットより大きなビット数の画像も扱える。
- ・圧縮率を上げると先鋭なラインはぼけるが、ブロックノイズなどは発生しない。
- ・JPEG圧縮よりも圧縮率を上げることができ、高圧縮に向いている。
- ・圧縮率は20～100分の1程度まで。

動画圧縮

Motion JPEG

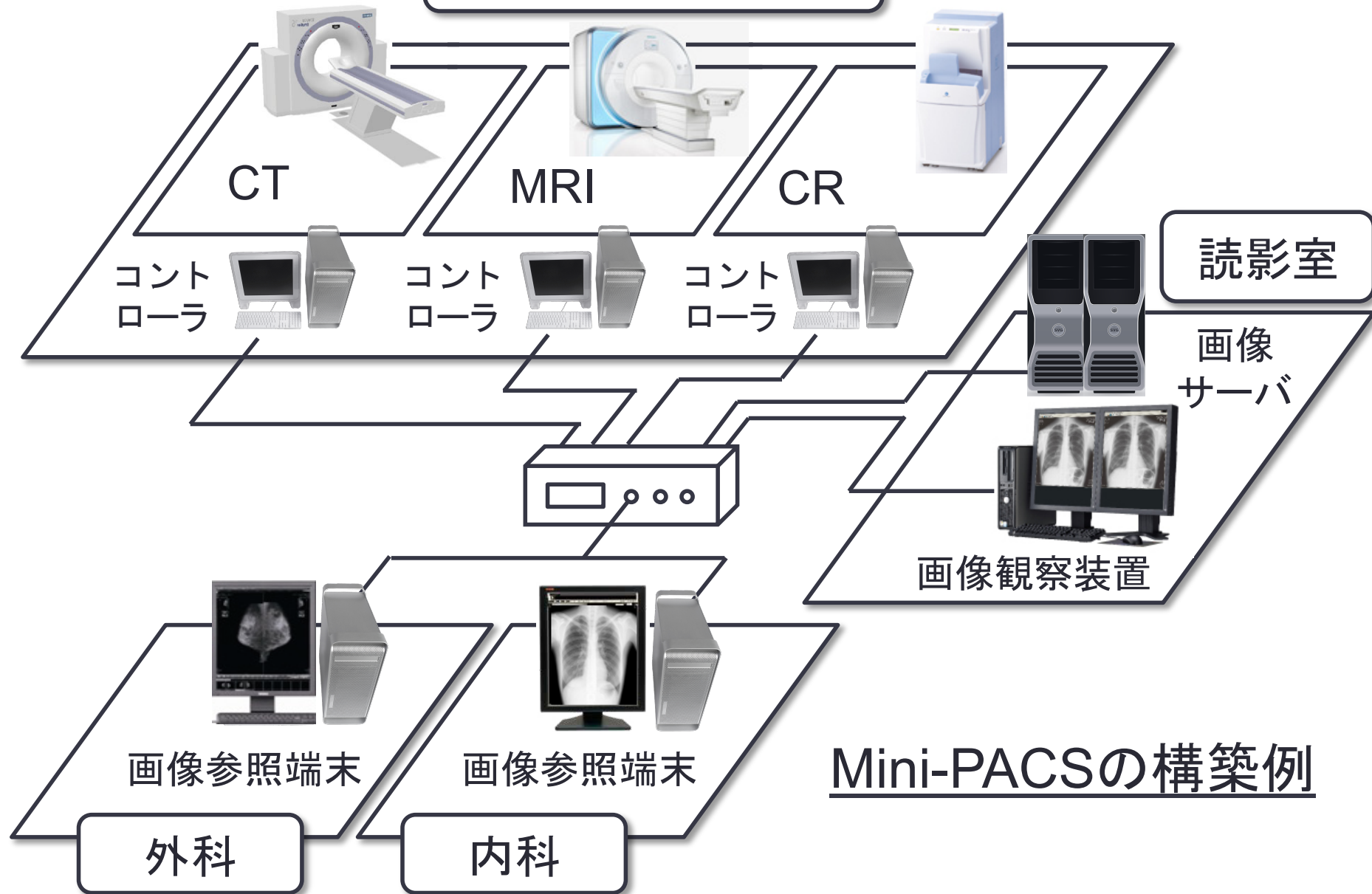
静止画(フレームごとの映像)を高速にJPEG圧縮したものを時系列にまとめてひとつのファイル(マルチフレーム)にしたもの。Motion JPEG2000もある。

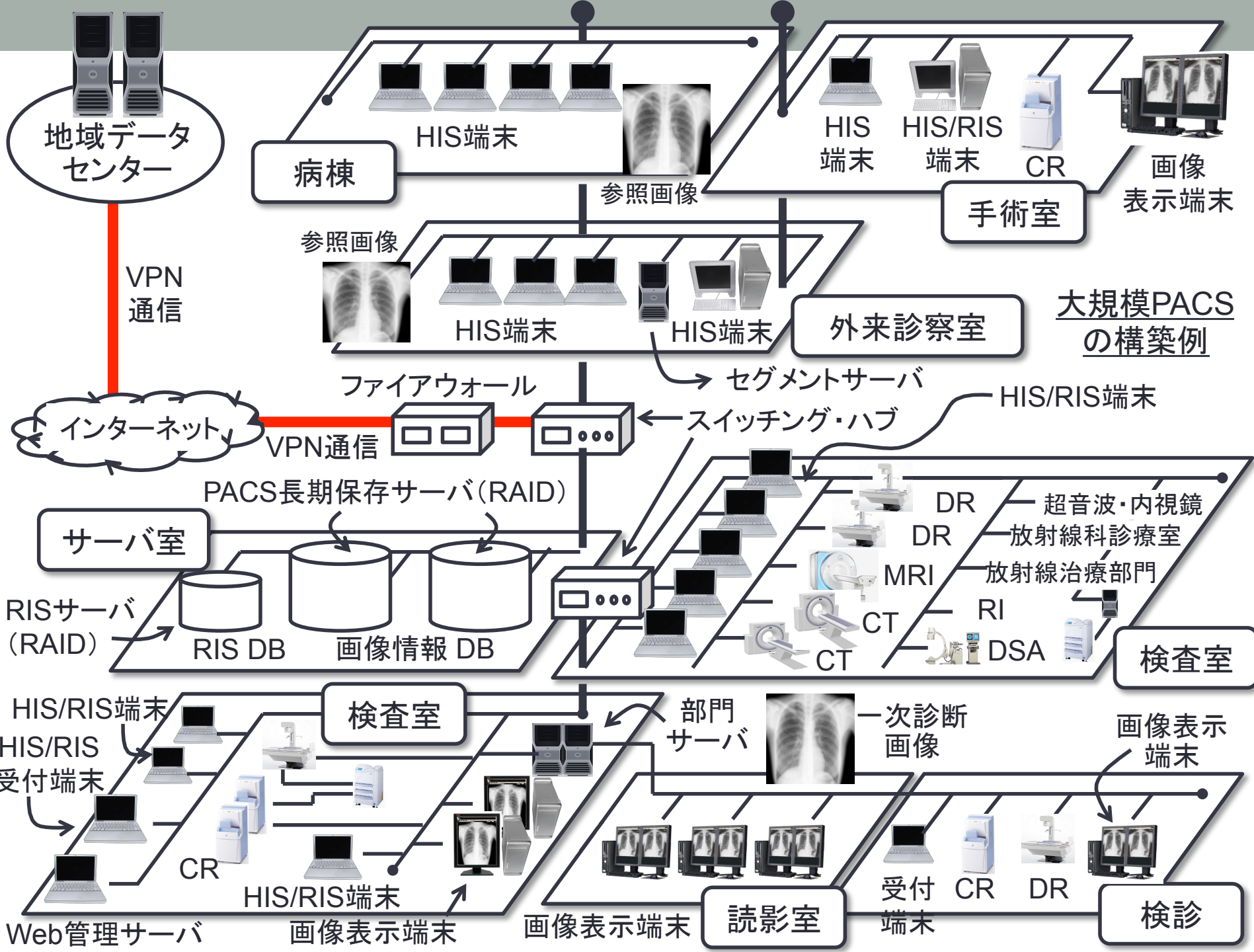
MPEG (Moving Picture Experts Group)

通常のJPEG静止画像[Independent frame:I-frame]を開始画像とし、次の画像は前の画像との差分を取り出し圧縮、記録する。この差分の記録を繰り返す。途中で画像が大きく変化したときは、再度I-frameを挿入する。

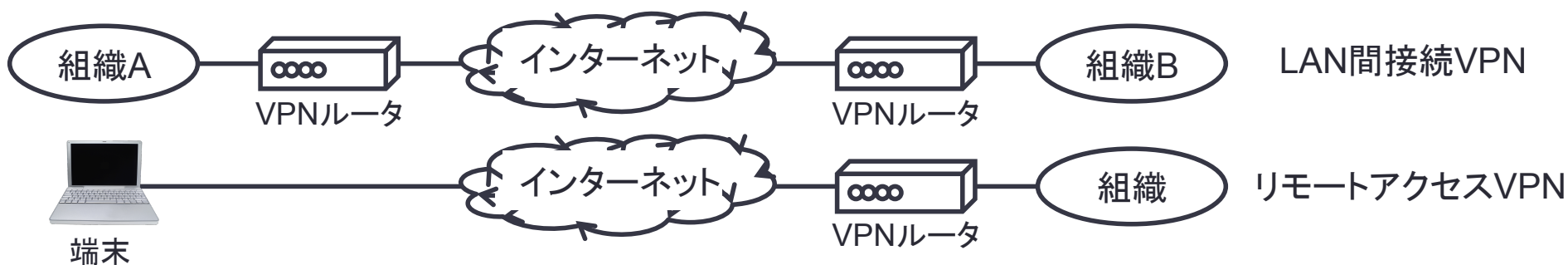
再生時は、I-frameに差分を足すことで元のフレームを再現する。MPEG-1、MPEG-2、MPEG-3、MPEG-4と変遷してきた。

放射線部検査室

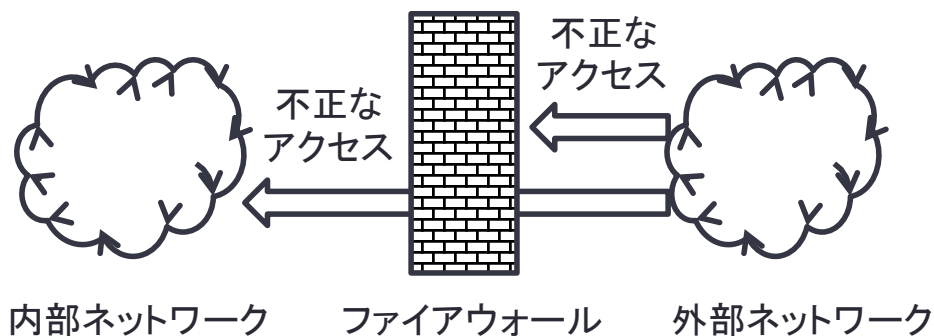




- ・ VPN : 仮想プライベートネットワーク。インターネットのようなパブリックなネットワークをまたいでプライベートなネットワークを拡張する技術。ネットワーク上の経路上を仮想的(virtual)に専用線(private network)のように利用することを可能にする技術。認証と暗号化によって成り立っている。



- ・ ルーター (router) : ネットワークにおいて道案内(ルーティング、routing)を行う専用機器。ネットワーク同士をつなぐ専用機器とも言える。ネットワーク上を流れるデータを他のネットワークに送るための制御装置。
- ・ スイッチング・ハブ (switching hub) : ネットワーク内においてデータの中継を行う機器(ハブ)の一種。ネットワークスイッチ、あるいは単に「スイッチ」とも呼ばれる。ルーティング機能はない。
- ・ ファイアウォール : 防火壁の意味。外部ネットワークからの脅威を遮る仕組みやそのためのソフトウェアのことを指す。

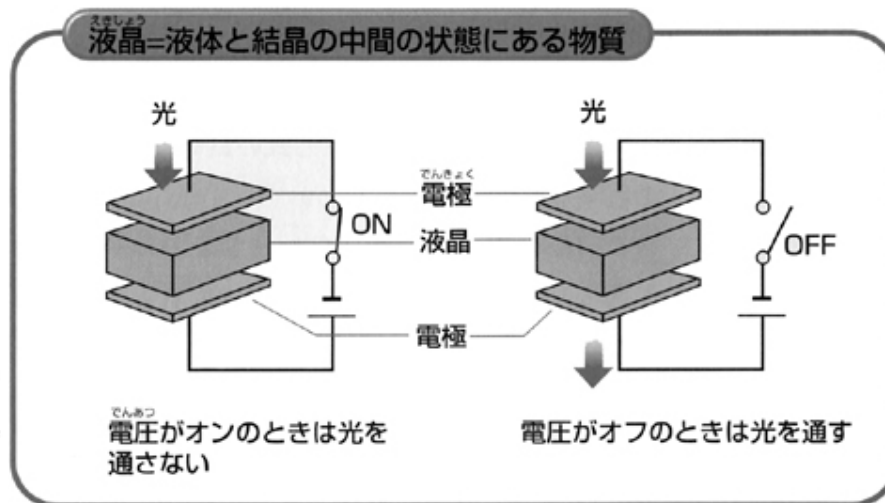
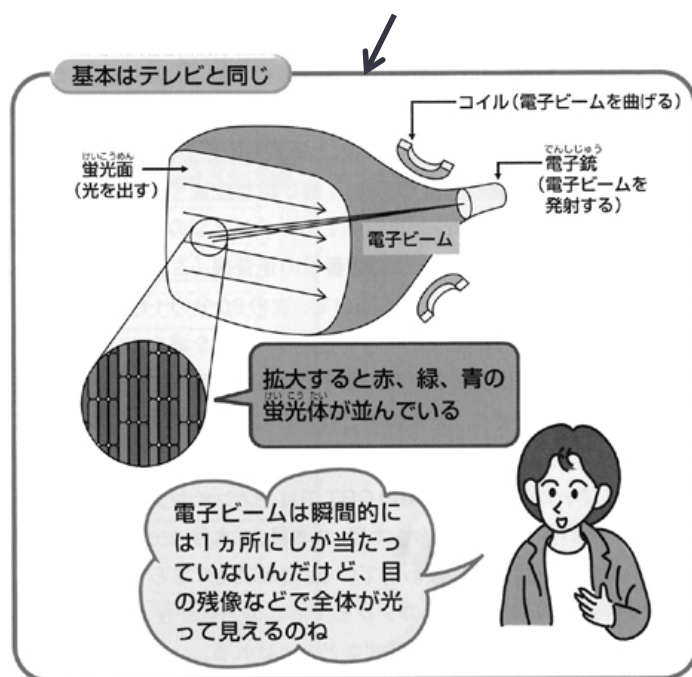


画像表示装置

- 全病院規模にPACSを導入、いわゆるフィルムレス運用する際には、画像を表示するモニタ(医用画像表示モニタ「医用モニタ」)の品質およびその管理方法が重要となる。
- フィルム運用(_____診断)で保たれていた画像の質が、モニタにした途端劣化し、見えていたものも見えなくなって診断能が低下してもは本末転倒である。
- フィルムレス運用(_____診断、モニタ診断)は、モニタに表示される画像の質が少なくともフィルムと同等レベルであることが担保されて初めて意味をなす。
- Cathode-ray tube (CRT) から _____ に置き換わっている。

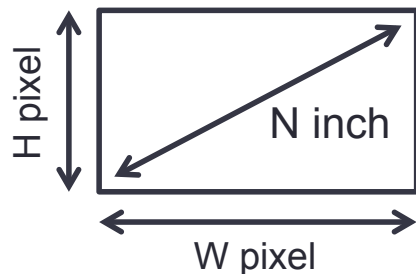


「液晶ディスプレイ」



モニタの性能

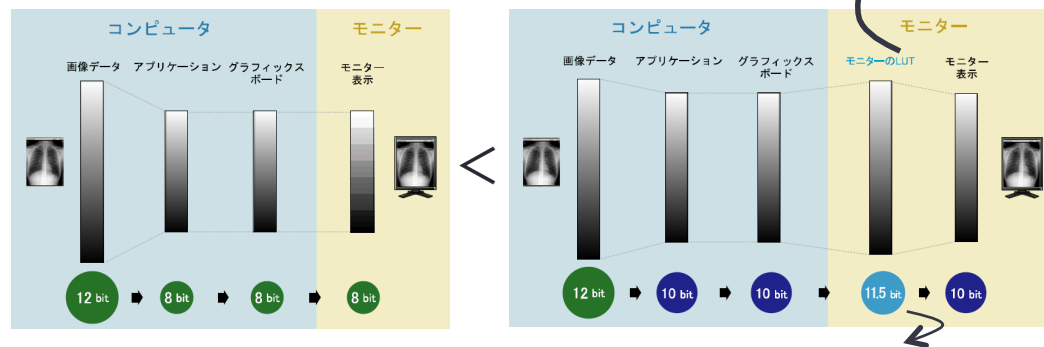
解像度(画面サイズ)



論理画面サイズ W×H pixels
物理画面サイズ N inch

色数、階調

- 読影用の高精細モニタはモノクロ
- カルテ、レポート用はカラー



DICOMカーブ(_____: grayscale standard display function)

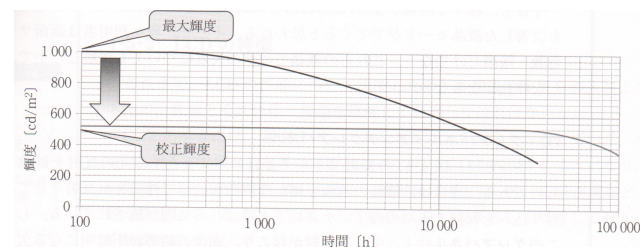
画像の濃度分解能を最適に表現できるかは、アプリケーション、グラフィックボード、LUT、モニタのそれぞれの性能に関係する。

代表的な論理画面サイズと名称

VGA	Video Graphics Array	640×480	
SXGA	Super Video Graphics Array	800×600	
XGA	eXtended Graphics Array	1024×768	約100万pixel
SXGA	Super eXtended Graphics Array	1280×1024	➔ 「1 M モニタ」
UXGA	Ultra eXtended Graphics Array	1600×1200	➔ 「2 M モニタ」
QXGA	Quad-XGA	2048×1536	➔ 「3 M モニタ」
QSXGA	Quad-SXGA	2560×2048	➔ 「5 M モニタ」
QUXGA	Quad Ultra-XGA	3200×2400	約500万pixel

輝度

- 物体がどの程度の明るさで光っているかを示す値
- 単位は[cd / m²] (カンデラ毎平方メートル)
- 最大輝度、校正輝度



JND (Just Noticeable Difference)

一つひとつの階調に対して、輝度が変わったと人間の目で感じられる輝度を全て測定する。

この与えられた観察条件のもとで、平均的人間観察者が識別可能な最小の輝度差は JND (目の最小弁別域) と呼ばれている



どこまで階調が見分けられるか！

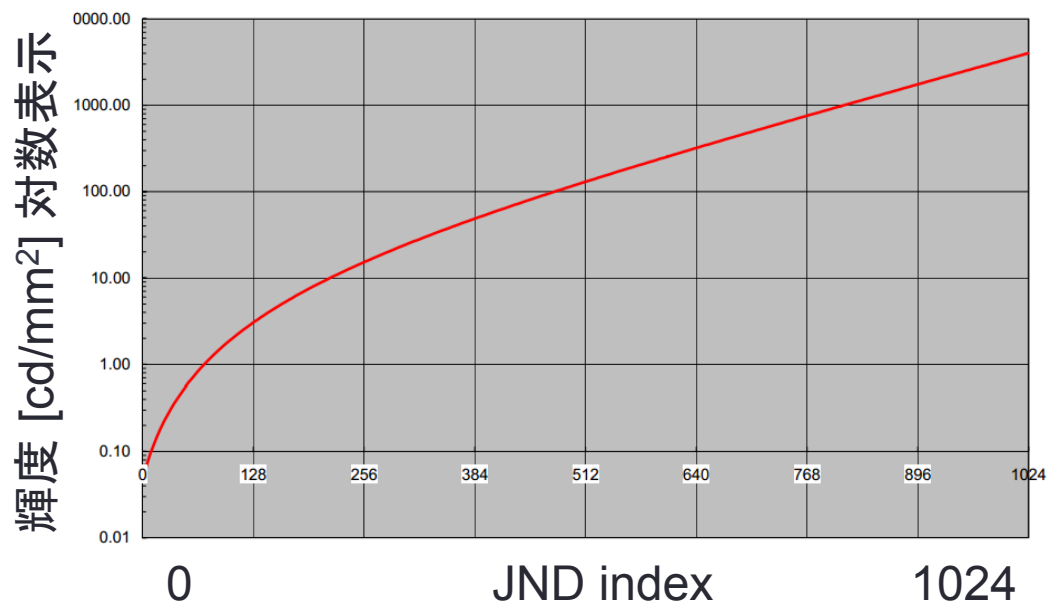
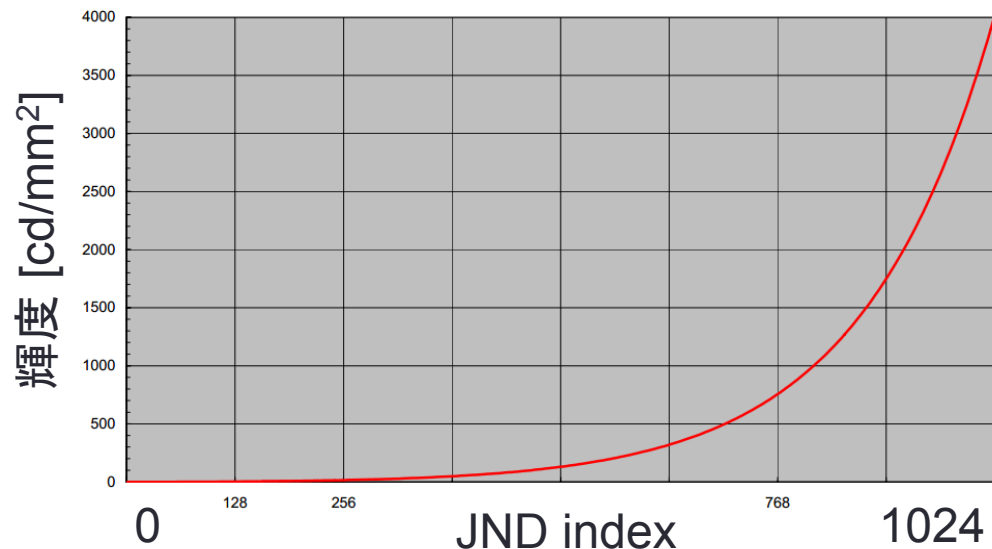
DICOM Part14には、測定の結果定められたJNDの各整数値に対する輝度値が表で記述されている

GSDF (Grayscale Standard Display Function)

DICOM規格で規定されている
グレースケール画像のモニタ
表示のための標準表示関数.
「 」ともいう

JND	輝度 [cd/m^2]
1	0.0500
2	0.0547
3	0.0594
4	0.0643
⋮	⋮
1021	3941.8580
1022	3967.5470
1023	3993.4040

JND 対 輝度 の表



医用モニタの品質管理

- モニタは使用により、輝度、コントラストが徐々に劣化し、診断能に大きな影響を及ぼすため、その維持管理は非常に重要である。
- 日本画像医療システム工業会(JIRA)が定めた「医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン JESRA X- 0093A⁻²⁰¹⁷」にしたがって管理する。
- 納入メーカーがモニタ導入時に行う「_____」と、利用者が導入後、一定期間ごとに行う「_____」がある。
- 試験項目は、最大輝度、輝度均一性、輝度比、グレースケール、コントラスト応答、アーチファクト、色度、照度(参考)などが含まれる。
- 計測機器として、輝度を測定するための「輝度計」、照度を測定するための「照度計」、色温度を測定するための「色度計」が必要である。
- 輝度の単位は、カンデラ毎平方メートル(cd/m^2)
- 色温度の単位は、ケルビン(K)
- 照度の単位は、ルクス(lx)またはルーメン毎平方メートル(lm/m^2)



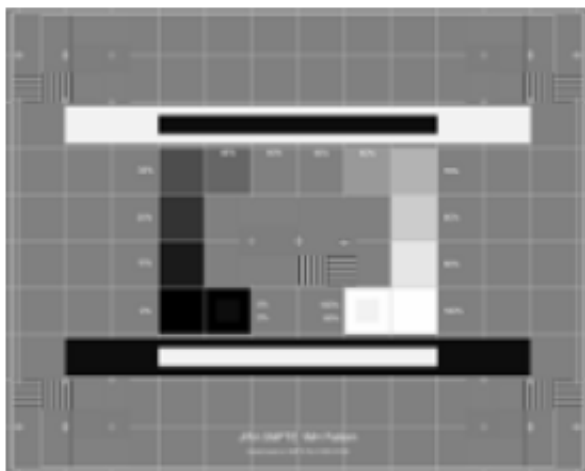
TG18-QC パターン



TG18-UN80 パターン

目視試験用
テストパターン

図 1 標準テストパターン



SMPTE パターン



TG18-UNL80 パターン

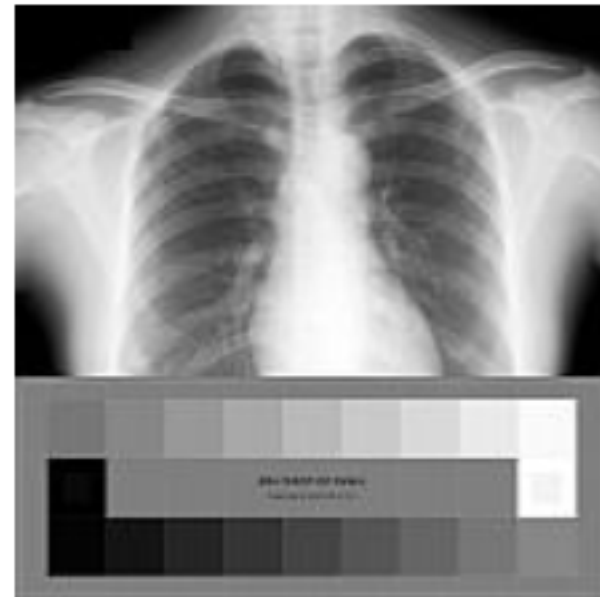


全白パターン

図 2 代替テストパターン



基準臨床画像



JIRACHEST-QC パターン

図 3 臨床画像 例

目視試験:

目視試験は次のステップで実行する

1. 指定のテストパターンまたは臨床画像を表示する
2. 目視で確認事項を見る
3. 判定基準を満たすことを確認する

測定試験:

測定試験は次のステップで実行する

1. 指定のテストパターンを表示する
2. 測定器(輝度計または色度計)で指定のテストパターンの測定を行う
3. 確認項目で定義されている計算などを行う
4. 判定基準を満たすことを確認する

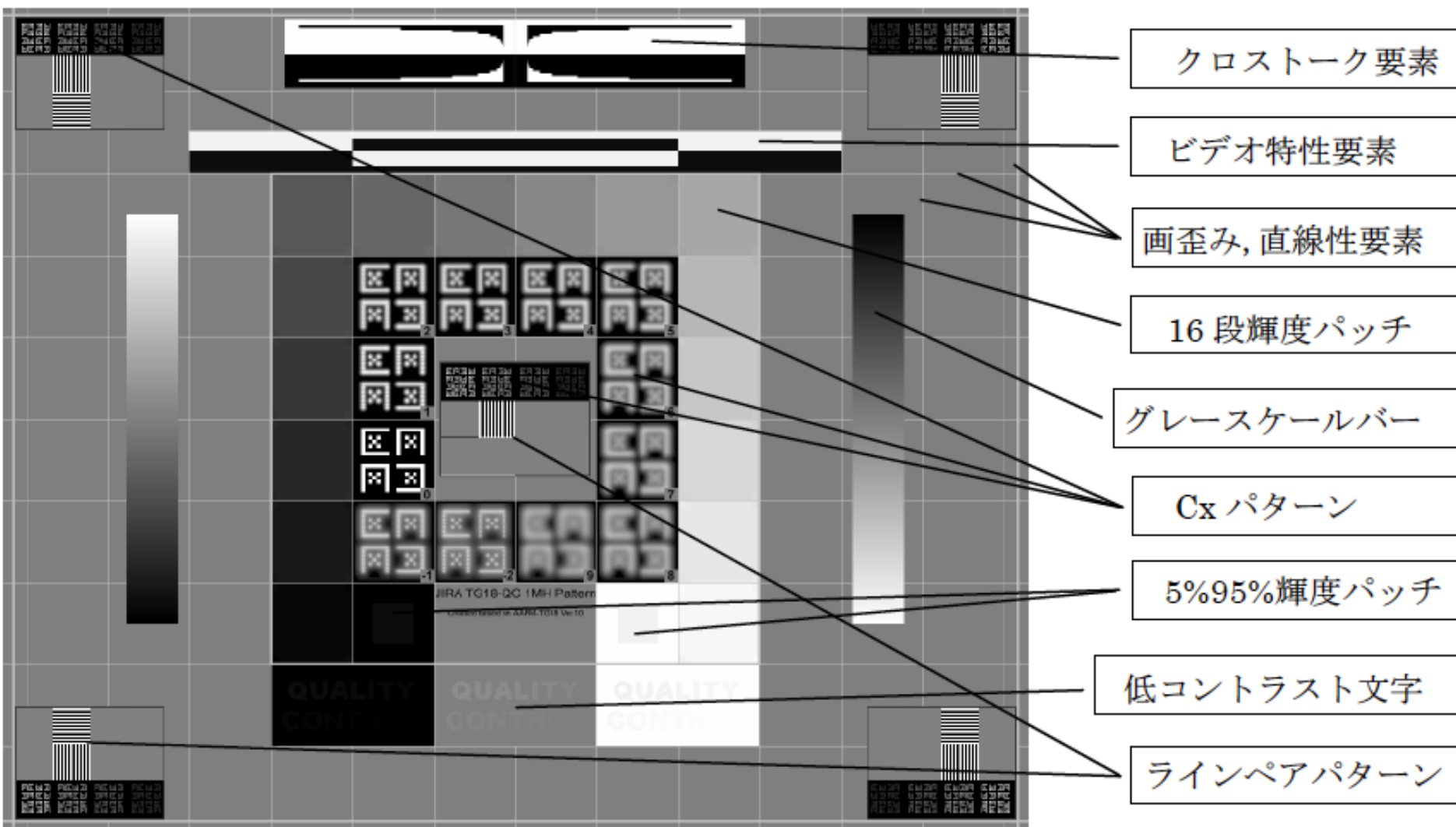
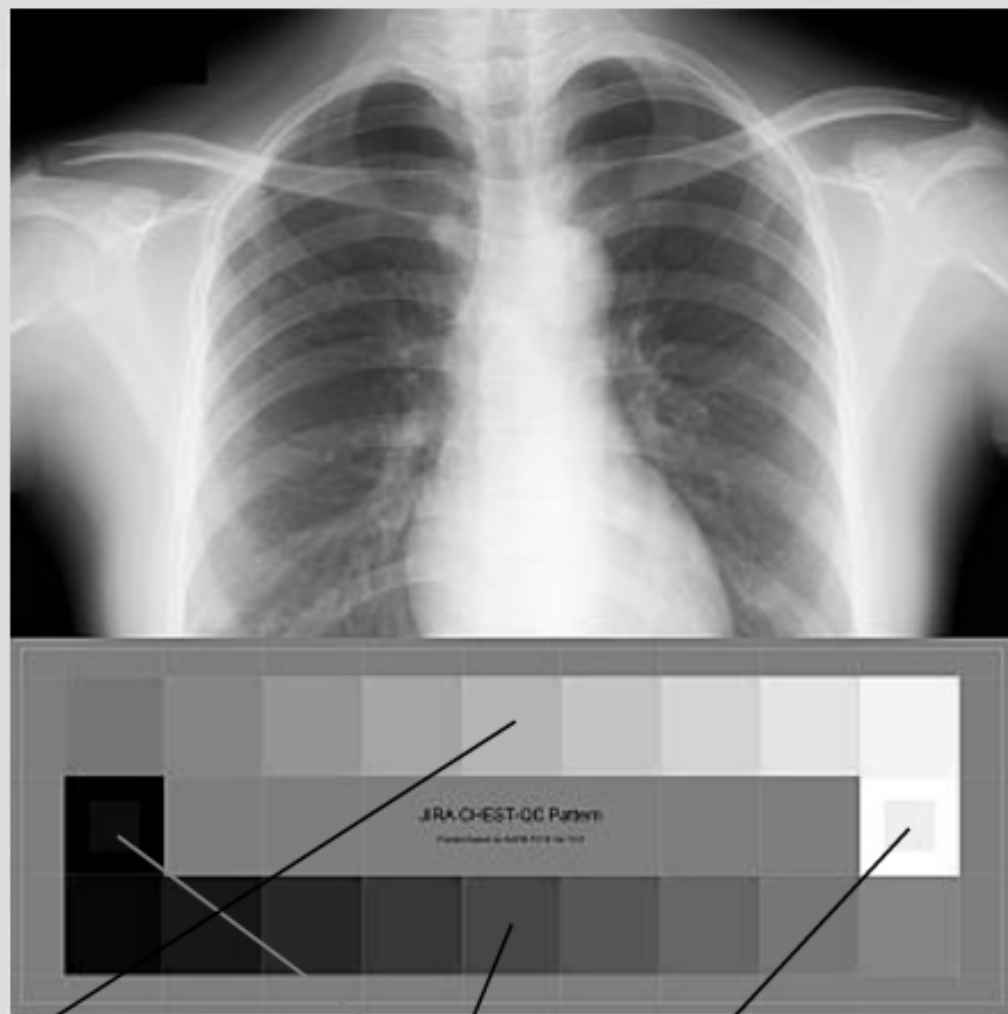
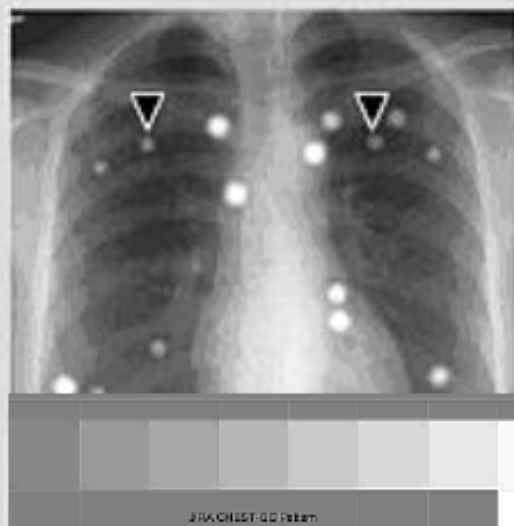


図 A-1-1 TG18-QC パターン

JIRA CHEST-QC

パターン

矢印の結節が識別できなければ
モニタ輝度の劣化もしくは観察環
境が不適切であることを視覚的か
つ容易に知ることができる



8～16 段輝度パッチ

1～9 段輝度パッチ

5%95%輝度パッチ

測定試験用 テストパターン



JIRA BN-01~18 パターン



TG18-UNL80 パターン

図 4 標準テストパターン



TG18-LN-1~18 パターン



TG18-UN80 パターン



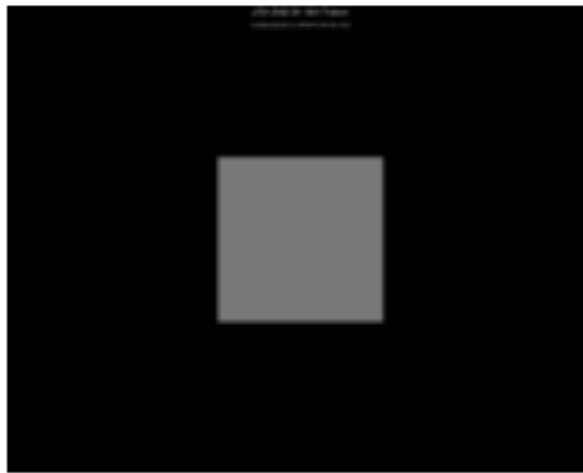
全白パターン

図 5 代替テストパターン

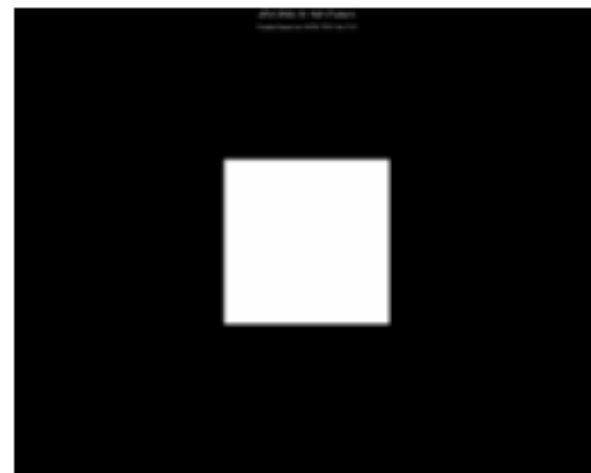
測定パッチは0階調から15階調ごとに等間隔で255階調まで割り振った18種類(01~18)



JIRA BN-01



JIRA BN-09



JIRA BN-18

図 A-2-1 JIRA-BN-01~18 パターン (背景は0階調)



TG18-LN-01



TG18-LN-02



TG18-LN-18

図 A-2-2 TG18-LN-01~18 パターン (背景は最大輝度の20%になる階調)

表 2 受入試験の確認項目と判定基準

方法	分類	判定基準			確認項目	テストパターン [代替] /測定器
		グレード 1		グレード 2		
		A	B			
仕様	解像度	≧1000 × 1000			Pixel	—
目視	全体評価	16[11]段階のパッチの輝度差が明瞭に判別できること。 5 %95 %パッチが見えること。			—	TG18-QC [SMPTE]
		臨床画像の判定箇所が問題なく見えること。				判定用臨床画像 [基準臨床画像]
	グレースケール	滑らかな単調連続表示であること。			—	TG18-QC [8bit 以上 グレースケール]
	アーチファクト	アーチファクトが確認できないこと			フリッカー	TG18-UN80 [TG18-UNL80,全白]
クロストーク ビデオアーチファクト					TG18-QC [SMPTE]	
測定	輝度均一性	≦30			$(L_{\text{high}} - L_{\text{low}}) / (L_{\text{high}} + L_{\text{low}}) * 200 (\%)$	TG18-UN80 [TG18-UNL80,全白] /輝度計
	コントラスト 応答	≦±10	≦±15	≦±30	K _δ (%)	JIRA BN [TG18-LN] /輝度計
	最大輝度	≧350	≧170	≧100	L _{max} (cd/m ²)	
		マルチ医用モニタ間≦10			$(L_{\text{max_H}} - L_{\text{max_L}}) / L_{\text{max_L}} * 100 (\%)$	
	輝度比	≧250			≧100	L _{max} /L _{min}
色度	画面内 ≦0.01			—	$\Delta u'v' = \{(u'_a - u'_b)^2 + (v'_a - v'_b)^2\}^{1/2}$	TG18-UN80 [TG18-UNL80,全白] /色度計
	マルチ医用モニタ間 ≦0.01				$\Delta u'v'_{\text{ave}} = \{(u'_{\text{ave_R}} - u'_{\text{ave_L}})^2 + (v'_{\text{ave_R}} - v'_{\text{ave_L}})^2\}^{1/2}$	

表 4 定期的な不変性試験の確認項目と判定基準

方法	分類	判定基準			確認項目	テストパターン [代替] /測定器
		グレード 1		グレード 2		
		A	B			
目視	全体評価	16[11]段階のパッチの輝度差が明瞭に判別できること。5 %95 %パッチが見えること。			—	TG18-QC [SMPTE]
		臨床画像の判定箇所が問題なく見えること。				判定用臨床画像 [基準臨床画像]
	グレースケール	滑らかな単調連続表示であること。			—	TG18-QC [8bit 以上 グレースケール]
	アーチファクト	アーチファクトが確認できないこと			フリッカー	TG18-UN80 [TG18-UNL80,全白]
					クロストーク ビデオアーチファクト	TG18-QC [SMPTE]
	輝度均一性	著しい非一様性がないこと			—	TG18-UN80 [TG18-UNL80,全白]
測定	コントラスト 応答	≤ ±10	≤ ±15	≤ ±30	K _s (%)	JIRA BN [TG18-LN] /輝度計
	最大輝度	≥ 350	≥ 170	≥ 100	L _{max} (cd/m ²)	
		輝度変化率 ≤ ±10			{(L _{max_n} - L _{max_o})/L _{max_o} } *100 (%)	
		マルチ医用モニタ間 ≤ 10			(L _{max_H} - L _{max_L})/L _{max_L} *100 (%)	
	輝度比	≥ 250		≥ 100	L _{max} /L _{min}	

コントラスト応答： 階調特性がGSDFに準拠しているかを評価するために行う

1. JIRA BN-01~18のパッチ中央部の輝度を測定する
2. 測定結果からJNDに対するコントラストを求める
3. 理想値との誤差率を求める
4. 最大誤差率 K_s が判定基準値以内か確認する

PACSの利点と欠点

- 画像作成から診断可能になるまでの時間を短縮できる
 - 過去画像や異種検査画像と簡単に比較参照できる
 - 必要に応じて画像処理で見やすい画像にできる
 - 大量の画像を短時間に読影できる
 - 同一画像を同時に複数の場所で見ることができる
 - 動画表示やカラー表示が可能である
 - コンピュータ支援診断 (Computer-Aided Diagnosis: CAD) や3次元表示などが利用できる
 - 画像が簡単には消失しない
 - 物理的な画像フィルムの保管や搬送に比べると人手がかからない
 - 物理的な画像フィルムに比較して保管スペースが少なくすむ
-
- 導入に多額の費用がかかる
 - システムがダウンするとまったく画像を見ることができなくなる
 - ディスプレイの種類や調整により画像の質が変化し診断に影響する
 - ディスプレイの経時的変化を管理する必要がある
 - 検査機器によっては画像を電子化するのが困難なものも混在し、必ずしもすべての画像が統一的に見られるわけではない
 - 他施設との画像交換が必ずしも容易ではない (規格の不統一やネットワークの不整備、施設間格差など)

2018年(平成30年2月) 国家試験問題

画像圧縮に用いないのはどれか。

1. JPEG
2. エッジ法
3. ウェーブレット変換
4. ランレングス法
5. 離散コサイン変換

2018年(平成30年2月) 国家試験問題

モニタ精度管理で測定器を用いるのはどれか。
2つ選べ。

1. 色 度
2. 解像度
3. アーチファクト
4. グレースケール
5. コントラスト応答