

医用画像表示用モニタの精度管理

全国病院経営管理学会
診療放射線業務委員会 委員

医療法人社団 哺育会
桜ヶ丘中央病院 放射線科

泉谷 智

はじめに

フィルムとシャーカステンの時代には、我々診療放射線技師がこれらの品質管理を行ってきた。
現在では多くの医療施設がフィルムレス化されている状況にあり、画像診断を行う為の画像表示用モニタも同様に品質管理されている必要があるが、様々な要因により品質管理がなされていない施設もあるのが現状ではないかと考える。
ここでは、画像表示用モニタの精度管理に関すること、および当院における画像表示用モニタ管理の現状について報告したい。

品質管理を実施するために
必要なモニタ性能は？

医用画像表示用モニタに関するガイドライン

- デジタル画像の取り扱いに関するガイドライン v 3.0
日本医学放射線学会
- JESRA X-0093 * A.-2010 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
日本画像医療システム工業会

2. モニタ診断

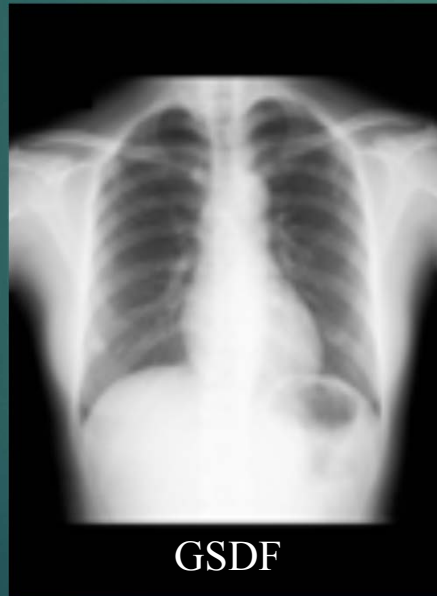
モニタの解像度、輝度、表示階調特性などは、表示部位や診断内容に応じて、適切なものを選ぶ必要がある。どのような階調特性であっても、適切にキャリブレーションされた状態のモニタを使用することが重要である。

(注)品質管理の観点から考えると、モニタは人間の視覚特性を考慮したDICOM Part14 (GSDF : Grayscale Standard Display Function) にキャリブレーションされることが望ましい。GSDFでキャリブレーションされたモニタは、ガイドラインなど(例JESRA X-0093)で品質管理方法が確立されているからである

(※Appendix B参照)。

G S D F 特性とは

部屋の明るさが異なったり、モニタの最大輝度が異なったりしてもG S D Fでキャリブレーションされたモニタであれば、異なるモニタ間でも同じ画像なら同じ見え方になるという特徴を持った表示関数。



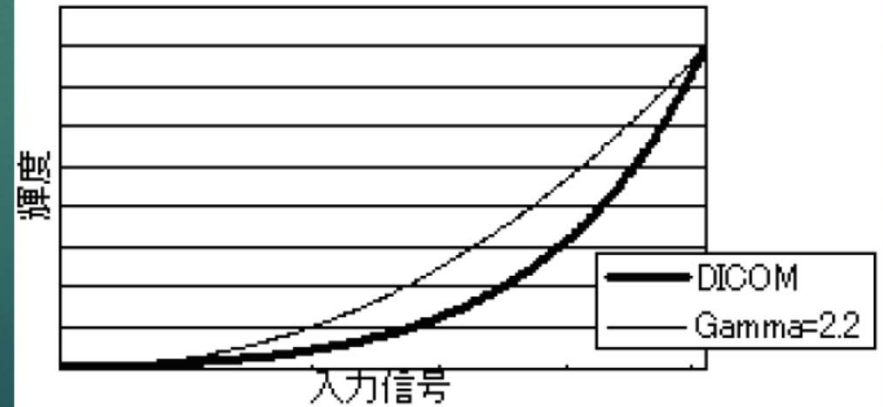
汎用モニタ ($\gamma 2.2$)



G S D F



特性曲線



Appendix B (Informative) デジタル画像の取り扱いに関するガイドラインv3.0 より抜粋
 キャリブレーション精度の品質管理について
 実際の医療現場では、診断用に限らず、GSDFとガンマカーブのモニタが使用されていることが多い。キャリブレーション精度について品質管理の観点から違いを比較する。

項目	GSDF	ガンマカーブ
管理方法	ガイドラインが存在しており、精度の管理方法が明確である	管理方法は不明確で、管理されていない、またはメーカー独自であることが多い
視覚特性	考慮されており、輝度設定に関わらず、Barten モデルによる視覚的に直線化された特性曲線上にあるため、許容範囲が広い。	数学的な計算値で求めるため、同じように見えるためには同じ輝度設定にすることを考慮しなければならない。
判定基準	輝度設定によらず、同じ判定基準を用いることができる(コントラスト応答)	輝度ごとに判定基準を設定することを考慮しなければならない。

診断に必要な解像度と輝度

2. 1. 3 胸部X線画像診断用モニタ

(1) 胸部X線画像診断において1M以上のモニタであればフィルムに代替して使用することができる。

(2) モニタの最大輝度は350cd/m²以上を推奨する。

(注) [文献3]では500cd/m²の67%以下である320cd/m²で、結節の検出率が有意に低下した結果を示しており、実験において320cd/m²の一段階上の条件は350cd/m²であった。

以上から、解像度はマンモグラフィ以外では1M以上であればよいのでは・・・。

Appendix A (Informative)

モニタの種類

このガイドラインで想定しているモニタとは、表示領域の対角が19インチ（48cm）以上で8ビット（256階調）以上のグレースケール表示階調をもつ据え置きで使用される透過型液晶モニタである。モニタの種類に応じて下記の解像度相当の製品を示している。

モニタ種類	解像度(短辺×長辺)	例) 対角サイズとピクセルサイズ
1Mモニタ	1024×1280	19.0インチ0.294×0.294 (mm)
2Mモニタ	1200×1600	21.3インチ0.270×0.270 (mm)
3Mモニタ	1536×2048	21.3インチ0.2115×0.2115 (mm)
5Mモニタ	2048×2560	21.3インチ0.165×0.165 (mm)

2. 1. 3 胸部X線画像診断用モニタ

(1) 胸部X線画像診断において1M以上のモニタであればフィルムに代替して使用することができる。

(2) **モニタの最大輝度は350cd/m²以上を推奨する。**

(注) [文献 3]では500cd/m²の67%以下である320cd/m²で、結節の検出率が有意に低下した結果を示しており、実験において320cd/m²の一段階上の条件は350cd/m²であった。

2. 1. 1 液晶モニタの性能

(1) 画像診断において、**液晶モニタ(カラー・白黒)**はフィルムに代替可能である。

(注) **確認した液晶モニタは、日本画像医療システム工業会の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-0093)でいう管理グレード1を満たす液晶モニタである。**

(2) 液晶モニタの表示マトリックスは、**1,000 X 1,000** 以上が望ましい。

(3) 入力画像の画質に配慮して液晶モニタ診断を行うこと。特に乳房X線画像などのように高分解能を要するものについては留意して読影する必要がある。

2. 1. 2 乳房X線画像診断用モニタ

デジタル乳房X線画像診断において液晶モニタはデジタルハードコピーに代替可能である。

(注) 確認した液晶モニタは前述の管理グレード1を満たす5M(2048x2560)であり、適切な画像処理(拡大・階調処理など)操作を加えた場合である。

管理グレードとは

JESRA X-0093 * A-2010

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より抜粋

4.管理グレードの分類
管理されている医用モニタを以下の2つに分類する。

表1 医用モニタの管理グレード

管理グレード	最大輝度 $L_{max}(cd/m^2)$	輝度比 $L_{max} \div L_{min}$	コントラスト応答 $k\delta(\%)$
1	≥ 170	≥ 250	$\leq \pm 15$
2	≥ 100	≥ 100	$\leq \pm 30$

※北村らの報告¹⁾によると医用画像表示用モニタには2M性能のものが最も使用されているとあり、これらは管理グレード2のモニタも含まれている。

1) 平成26年度診療報酬改定に向けたアンケート調査結果 日本診療放射線技師会誌2014;61(1):84-111

最大輝度の決定について

- 主に胸部X線を診断する診療科で使用するモニタは350cd/m²以上の最高輝度で使用できる性能が必要。
- 主にCTやMRIなどの診断であれば、医師との相談の上でグレード2程度の性能を維持できる設定を決める。

ただし、部屋の照度や採光などに留意する必要がある。

環境照度に対する配慮

輝度比

最大輝度を L_{max} 、最小輝度を L_{min} 、表示システムの電源が切れている状態で表示システムの表面に観測される輝度の値を L_{amb} とすると、**輝度比は、 $(L_{max}+L_{amb})/(L_{min}+L_{amb})$** で表される。**本ガイドラインでは測定値の再現性を保つため原則的に $L_{amb}=0$ とし、輝度比を L_{max}/L_{min} として運用する。**

管理グレード	最大輝度 $L_{max}(cd/m^2)$	輝度比 $L_{max} \div L_{min}$	コントラスト応答 $\kappa\delta(\%)$
1	≥ 170	≥ 250	$\leq \pm 15$
2	≥ 100	≥ 100	$\leq \pm 30$

環境照度に対する配慮

環境輝度 (cd/m²) = 照度 (lx) × 液晶モニタの拡散反射係数

読影室は100~200(lx)、診察室は300~700(lx)程度

仮に300(lx)で計算、環境輝度は1.7 (cd/m²)程度

メーカー
機種により
違う値

L_{max}を350 (cd/m²)、L_{min}を0.3 (cd/m²)と仮定

$$(L_{max} + L_{amb}) / (L_{min} + L_{amb}) = (350 + 0.3 + 1.7) \div (0.3 + 1.7) = 176$$

管理グレード	最大輝度 L _{max} (cd/m ²)	輝度比 L _{max} ÷L _{min}	コントラスト応答 κδ(%)
1	≥170	≥250	≤±15
2	≥100	≥100	≤±30

モニタの精度管理について

JESRA X-0093 * A.-2010

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

日本画像医療システム工業会

5.2.1 モニタ品質管理者の業務

モニタ品質管理者は、診断に必要な医用モニタの表示能力を保証し安定に保つため、以下の業務を行う。

- ・ 品質維持に関する手順の作成、
- ・ 受入試験・不変性試験の設定値の決定
(特に**最大輝度の設定値の決定**)、
- ・ **試験実施者への訓練、**
- ・ **受入試験と不変性試験の実施、** →
- ・ **結果に対する評価と対策、**
- ・ 試験履歴となる記録の保管、
- ・ モニタの修理、更新など。

モニタ性能の把握
センサーと品質管理ソフト
を準備

受け入れ試験

- ・メーカーの出荷試験報告書で代替可能

不変性試験

- ・導入時の基準値作成（測定と目視）
- ・使用日ごとの試験（目視）
- ・定期試験（測定と目視）
6ヵ月ごと（輝度安定化回路ありでは12ヶ月ごと）

ガイドラインやテストパターンなどはJIRAホームページからダウンロード可能

表 2 受入試験の確認項目と判定基準

判定方法	分類	テストパターン 測定器	判定基準	
			グレード1	グレード2
仕様	仕様	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE] ¹⁰	$\geq 1k*1k$	
			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。	
目視	全体評価	判定用臨床画像又は基準臨床画像	判定用臨床画像又は、基準臨床画像の判定箇所が問題なく見えること。 ¹¹	
	グレースケール	JIRA TG18-QC [8bit以上のグレースケール]	滑らかな単調連続表示であること。	
	幾何学的歪み： CRTのみ	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE]	画面全体が確認できて直線性が保たれていること。 X/Yのアスペクト比が適切なこと。	
	解像度： CRTのみ	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE] JIRA TG18-UNL80 [JIRA TG18-UN80 、全白]	$0 \leq C_x \leq 4$ ナイキストラインが見えること。	
	アーチファクト	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE]	アーチファクトが確認できないこと。	

測定	輝度均一性	JIRA TG18-UNL80 [JIRA TG18-UN80 、全白] 輝度計	≤ 30	
	コントラスト 応答	JIRA TG18-LN 又は JIRA BN 輝度計	$\leq \pm 15$	$\leq \pm 30$
	最大輝度		≥ 170	≥ 100
	輝度比	JIRA TG18-UNL80 [JIRA TG18-UN80 、全白] 色度計	マルチ医用モニタ間 ≤ 10	
	色度		≥ 250	≥ 100
		画面内 ≤ 0.01	マルチ医用モニタ間 ≤ 0.01	

1. 使用日ごとに使用前に確認する項目と判定基準

判定方法	分類	テストパターン 測定器	判定基準	
			グレード1	グレード2
目視	全体評価	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE]	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。	
		判定用臨床画像又は 基準臨床画像	判定用臨床画像又は、基準臨床画像の判定箇所が問題なく見えること。	
	代替全体評価	JIRA CHEST-QC	16 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。胸部画像の判定箇所が問題なく見えること。	

2. CRT 医用モニタは 3 ヶ月毎に、液晶医用モニタは 6 ヶ月又は 1 年毎に

判定方法	分類	テストパターン 測定器	判定基準	
			グレード 1	グレード 2
目視	全体評価	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE]	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。	
		判定用臨床画像又は 基準臨床画像	判定用臨床画像又は、基準臨床画像の判定箇所が問題なく見えること。	
	グレースケール	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE]	滑らかな単調連続表示であること。	
	幾何学的歪み： CRT のみ	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE]	画面全体が確認できて直線性が保たれていること。 X/Y のアスペクト比が適切なこと。	
	解像度： CRT のみ	JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE]	$0 \leq C_x \leq 4$ ナイキストラインが見えること。	
	アーチファクト	JIRA TG18-UNL80 [JIRA TG18-UN80 、全白]	アーチファクトが確認できないこと。	
JIRA TG18-QC [JIRA SMPTE]				
輝度均一性	JIRA TG18-UNL80 [JIRA TG18-UN80 、全白]	著しい非一様性がないこと。		

測定	コントラスト 応答	JIRA TG18-LN 又は JIRA BN 輝度計	$\leq \pm 15$	$\leq \pm 30$
	最大輝度		≥ 170	≥ 100
			輝度偏差 $\leq \pm 10$	
	輝度比		マルチ医用モニタ間 ≤ 10	
照度 (参考値)	≥ 250	≥ 100		

当院におけるモニタ品質管理の現状

当院のモニタ構成 (2015.12現在)

メーカー	機種名	管理グレード	解像度	面数構成	台数
EIZO	GS520	1	5M	2	1
EIZO	RX440	1	4M	1	2
EIZO	GS310	1	3M	2	1
EIZO	RX211	1	2M	1	2
EIZO	MX210	2	2M	1	12
EIZO	MX215	2	2M	1	11
EIZO	MX190	2	1M	1	4
EIZO	MX191	2	1M	1	2
リアルビジョン			47inch 大型	1	3

38(面数は40)

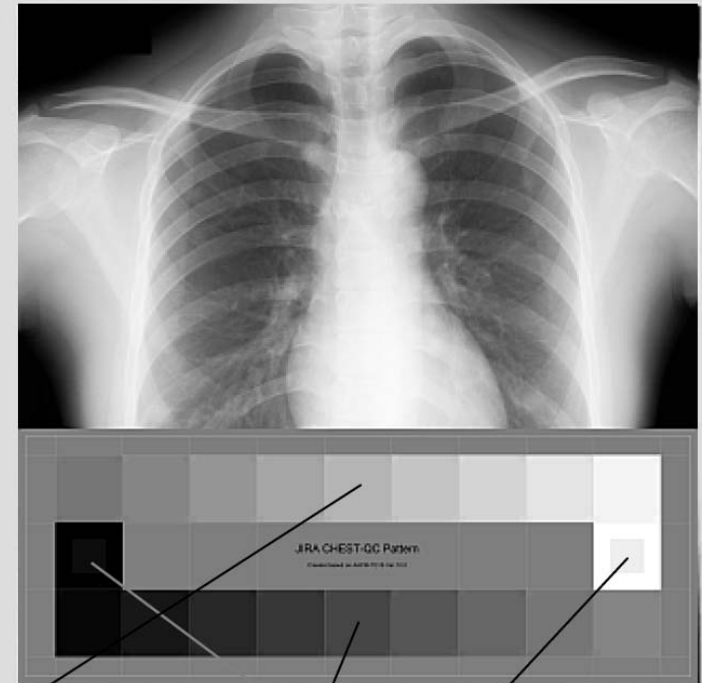
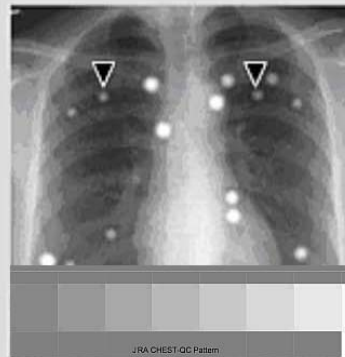
使用日ごとの試験

検像端末 使用毎点検

医療機関	桜ヶ丘中央病院		16段階のパッチの輝度差が明確に判別できること。			
設置場所	CT/MRI側 操作室		点検方法 5%95%パッチが見えること。			
機種名	SYNAPSE QA201		基準臨床画像の判定箇所が問題なく見えること。			
機器No.	sakuQA02					
点検年月	2015年11月		判定方法			
日	月	火	水	木	金	土
1	2	3	4	5	6	7
		☉	☉	☉	☉	
8	9	10	11	12	13	14
	☉	☉		☉	☉	☉
15	16	17	18	19	20	21
	☉	☉	☉	☉	☉	☉
22	23	24	25	26	27	28
		☉	☉	☉		
29	30					
						承認
						☉

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

定期的な不変性試験



設置場所	S/N	管理 グレード	最大輝度 (cd/m ²)	試験日	使用時間 (h)	備考
内科1	25284020	2	178.64	H25. 5	2638	
内科2	25248020	2	177.46	H25. 5	3016	
内科3	25283020	2	176.42	H25. 5	2997	
外科	25290020	2	166.44	H25. 5	6710	
整形外科1	20263010	2	152.95	H25. 5	627	
整形外科2	20261010	2	157.26	H25. 5	4136	
皮膚科	25235020	2	173.40	H25. 5	849	
脳外科	25243020	2	170.34	H25. 5	3066	
内視鏡室1	25168020	2	174.23	H25. 5	1387	
内視鏡室2	25247020	2	158.77	H25. 5	5708	
処置室	25178020	2	176.96	H25. 5	1261	
救急室	25350020	2	174.24	H25. 5	2227	
眼科	25244020	2	174.18	H25. 5	648	
小児科	25281020	2	173.18	H25. 5	278	
小児特診室	25246020	2	179.70	H25. 5	857	
健康管理課	25171020	2	171.07	H25. 5	2727	

設置場所	S/N	管理 グレード	最大輝度 (cd/m ²)	試験日	使用時間 (h)	備考
内科1	25284020	2	174.22	H26. 11	4537	
内科2	25248020	2	166.14	H26. 11	4862	
内科3	25283020	2	163.63	H26. 11	5663	
外科	25290020	2	156.02	H26. 11	9199	
整形外科1	20263010	2	142.67	H26. 11	3629	
整形外科2	20261010	2	124.73	H26. 11	6855	
皮膚科	25235020	2	-	-	-	H26.11.10 故障／予備(SAKU220)使用
脳外科	25243020	2	164.17	H26. 11	3549	
内視鏡室1	25168020	2	178.74	H26. 11	2495	
内視鏡室2	25247020	2	155.20	H26. 11	6371	
処置室	25178020	2	179.66	H26. 11	1815	
救急室	25350020	2	176.99	H26. 11	3065	
眼科	25244020	2	179.28	H26. 11	861	
小児科	25281020	2	174.65	H26. 11	835	
小児特診室	25246020	2	181.15	H26. 11	875	
健康管理課	25171020	2	164.14	H26. 11	5092	

修理 or 更新

液晶パネル交換

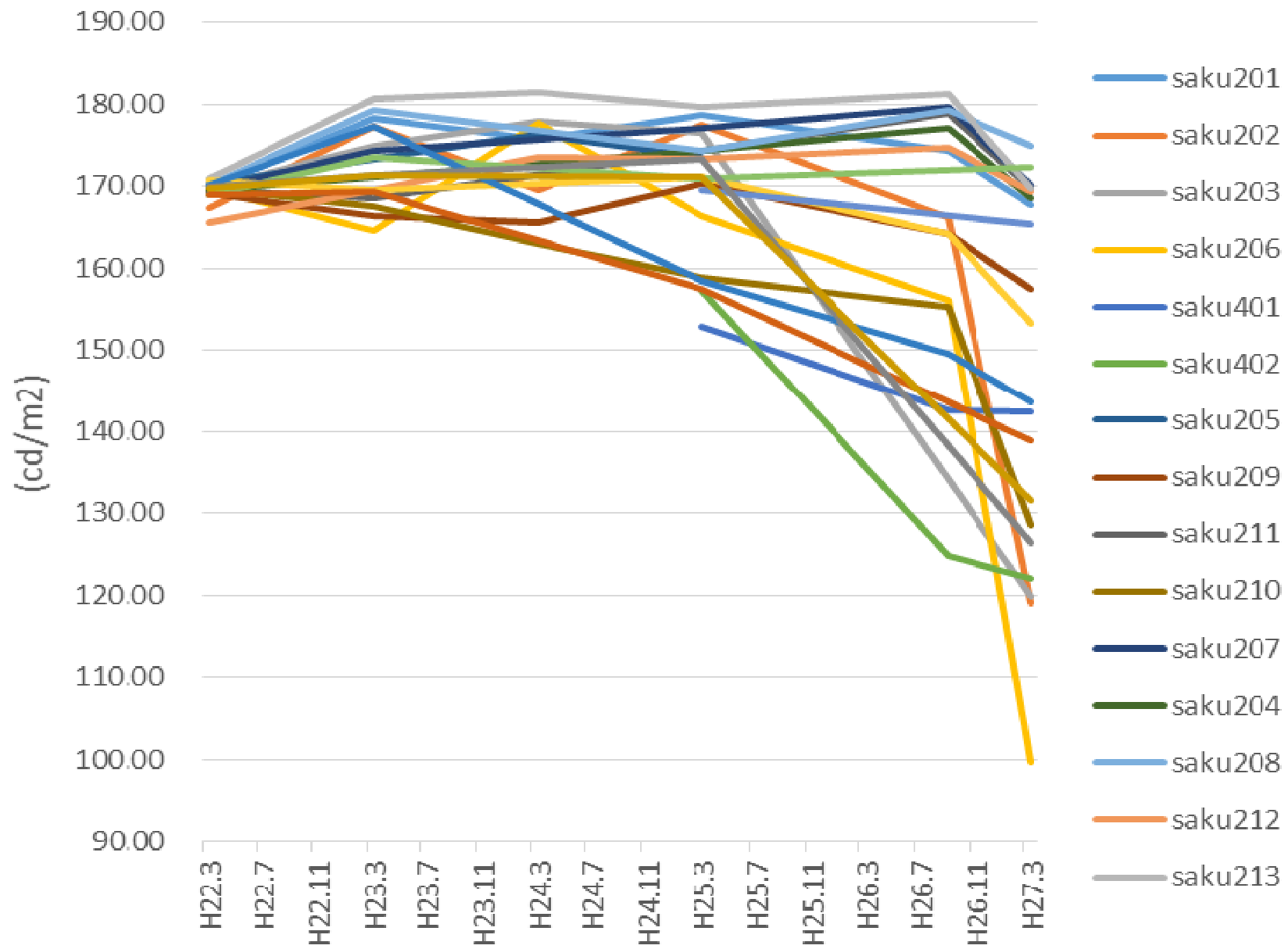
センドバック方式で交換箇所のみ修理後3ヶ月の保証
他箇所で故障が起きた場合は本来の保証期間に準じる

更新（後継機）

5年保証または使用時間が30,000時間以内
ただし、液晶パネル及び輝度保証は3年または使用時間
が10,000時間以内

保守契約でも使用劣化は対象外であるが、それ以外の故障は保守対象となるため、パネル交換のほうが総合的にはコストパフォーマンスが良い場合も。契約内容により一長一短あり。

設置場所	S/N	管理 グレード	最大輝度 (cd/m ²)	試験日	使用時間 (h)	備考
内科1	25284020	2	167.70	H27.3	5050	
内科2	25248020	2	131.40	H27.3	4334	H27.4第6病棟より移動
内科3	25246020	2	169.71	H27.3	877	H27.4小児科特診より移動
外科	25176020	2	126.30	H27.3	5602	H27.4第5秒棟より移動
整形外科1	20263010	2	142.40	H27.3	4350	
整形外科2	20261010	2	121.95	H27.3	7715	
皮膚科	25247020	2	118.45	H27.3	6732	H27.4内視鏡2より移動
脳外科	25243020	2	157.45	H27.3	3657	
内視鏡室1	25168020	2	159.81	H27.3	2812	
内視鏡室2	25285020	2	169.14	H27.3	499	H27.4皮膚科より移動
処置室	25178020	2	170.20	H27.3	2046	
救急室	25350020	2	168.61	H27.3	3459	
眼科	25244020	2	174.87	H27.3	901	
小児科	25281020	2	159.31	H27.3	933	
小児特診室	25283020	2	119.80	H27.3	6476	H27.4内科3診より移動
健康管理課	25171020	2	153.27	H27.3	5780	



不変性試験の間隔について

ガイドラインでは輝度安定化回路がある場合は1年に1回とされているが、使用時間の長いモニタでは対応できないのでは？



せめて輝度の低下だけでも自動的に検知できないか？
モニタに利用できる機能はないか？

品質管理ソフトウェアとバックライトセンサーによる自己診断機能や、内蔵センサーによる輝度チェックを自動実行可能であれば、早期発見することが可能。

モニタの寿命を延ばすには・・・

使用時間が長くなると性能も劣化するため、使用していないときはモニタの電源を切るような設定にする。

(注意)

- ・スクリーンセーバーではバックライトが点灯したままであるため、電源をOFFにする必要がある。
- ・1日に数十回に及ぶ電源ON/OFFはかえって寿命を縮める可能性がある。

モニタ電源設定による寿命比較

設置時期がほぼ同時である施設 A と施設 B の同一機種で比較

設置日：2010年3月

機種：MX210 (EIZO)

試験日：2015年10月頃

施設 A は設定なし、施設 B は15分でoffの設定

不変性試験およびCAL後の結果

	平均通電時間
施設A	18,679
施設B	4,327

	合格	不合格
施設A	0	26
施設B	14	9

モニタの品質管理に関する労力について

不変性試験を行う時間帯

診療開始の1時間前と午前・午後診療の合間、診療終了後

1台あたりに費やす時間

- ✓ 不変性試験で合格の場合は10分程度で終了
- ✓ 不変性試験で不合格の場合は、その後のキャリブレーションの回数にもよるが、20分～長くて60分程度かかる場合もあり、使用年数の経過とともに労力が増すため、何らかの対策は必要か。

内蔵センサーのあるモニタでは、定期的な試験の自動実行が可能。

モニタの品質管理に関する労力軽減

- 管理サーバーの導入

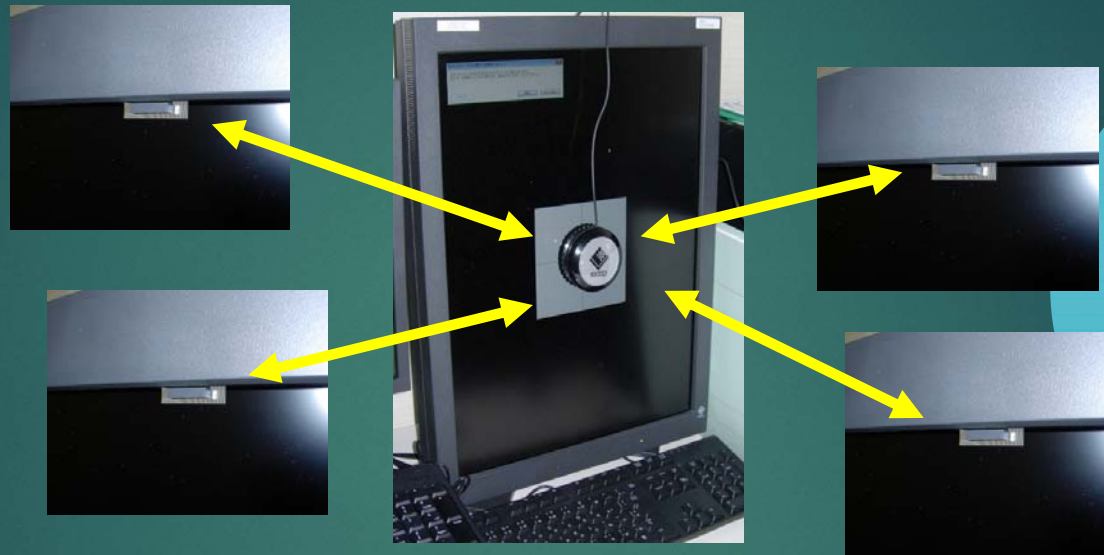
→ 中規模施設で導入費用150万円位（ソフトのみで65万円前後）

- その他

EIZO製のセンサー内蔵モニタを対象とした、富士フィルムが提供するモニタ品質管理状態を管理することができるサービスなどもある（オンラインディスプレイQC） → ¥5,400/台

いずれも軽減される労力は不変性試験の測定項目のみ。
目視評価は現場で行う必要がある。

内蔵センサーのコレレーション



- 液晶パネルの中央部との内蔵センサーでの測定ポイントに輝度の差が生じるため、定期的に相関を取り直す必要がある。外部センサーを用いてこれとの相関を取り直すコレレーションといい、1年に1回程度これを行う事をメーカーは推奨している。

その他、留意すること

キャリブレーションに使用する
外付けセンサーの故障による不具合
が発生する可能性がある。



定期的な点検、校正を
行うことが望ましい。



そもそも、
このセンサー
がおかしいと
話にならない

モニタ品質管理を行うことで

- 定期的な品質管理を行うことで早期に不具合を発見できる。
- 経時的な輝度の推移から修理、更新の時期を予測できる。
- 輝度劣化時の修理、更新の予算が立てられる
- 一定の品質で画像を提供できる。