



# White Paper

## Hybrid Gamma PXL 機能の視覚評価について

### CONTENTS

1	はじめに.....	2
2	Hybrid Gamma PXL 機能の概要.....	3
3	評価方法.....	5
4	評価結果.....	7
4.1	Hybrid Gamma PXL と GSDF カーブ設定の比較 .....	10
4.2	Hybrid Gamma PXL と $\gamma$ 2.2 カーブ設定の比較.....	10
5	まとめ.....	10

No.17-001 Revision A

作成：2017年11月

EIZO 株式会社 企画部 商品技術課

# 1 はじめに

近年、モダリティ、および、ビューワーの進化に伴い、様々な種類の医用カラー画像が診断で使用されるようになってきた。これに伴い、今後は医用モノクロ画像と医用カラー画像を同時に表示し総合的な診断を行うケースが増加すると考えられる。この際、診断用モニターに求められる表示特性として、医用モノクロ画像を表示する場合は DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) part14 で定められた GSDF(Grayscale Standard Display Function)カーブ 1)が必要となる。一方で、医用カラー画像を表示する場合は sRGB で定められた  $\gamma 2.2$  カーブ 2)が広く利用されている(注)(図 1)。現在の診断用モニターでは、表示する画像の種類に応じユーザーが表示モードを切替えることで、GSDF カーブと  $\gamma 2.2$  カーブの切替えを実現している(図 2)。しかし複数の検査画像を同一画面上に表示し診断を行う場合には、医用モノクロ画像と医用カラー画像が混在するため、双方に適した画質で同時に表示することができなかった。

この点に着目し、医用モノクロ画像と医用カラー画像を切替えた際、もしくは同時に表示した際に適切な表示特性を設定する機能が Hybrid Gamma PXL(ハイブリッド・ガンマ・ピクセル)である。

(注) 現在、医用カラー画像表示を規定する規格・基準は存在していないが、The American Association of Physicists in Medicine (AAPM)や International Color Consortium (ICC)等で標準化活動が進められている。

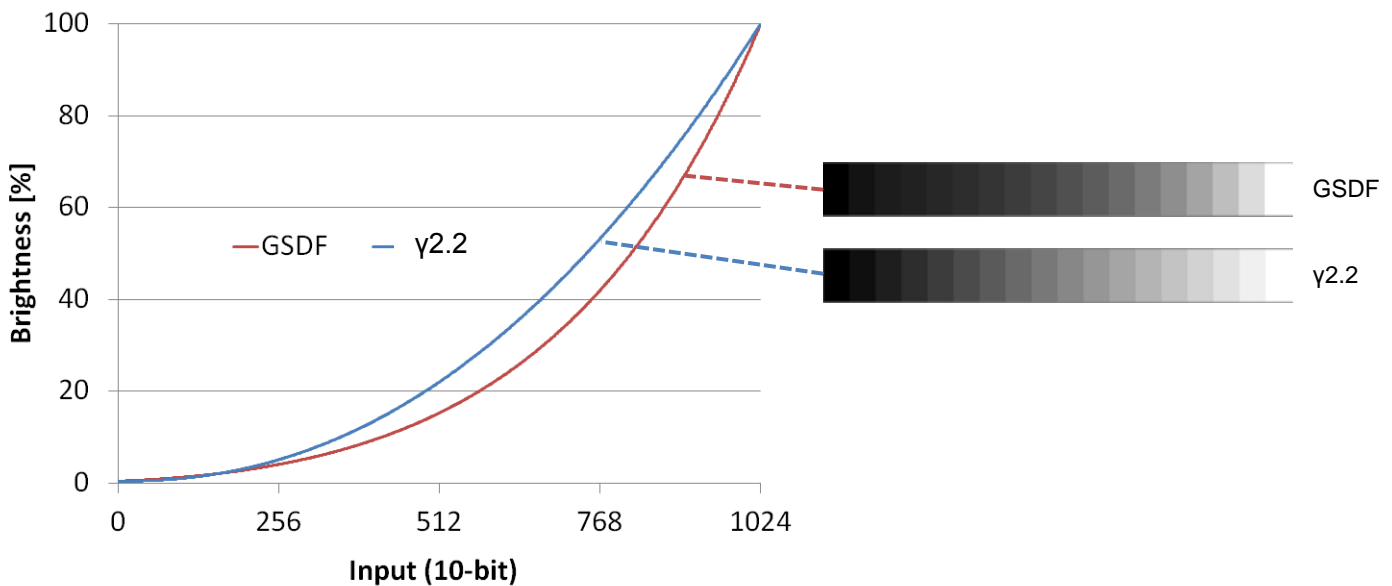


図 1. GSDF カーブと  $\gamma 2.2$  カーブの表示特性の違い

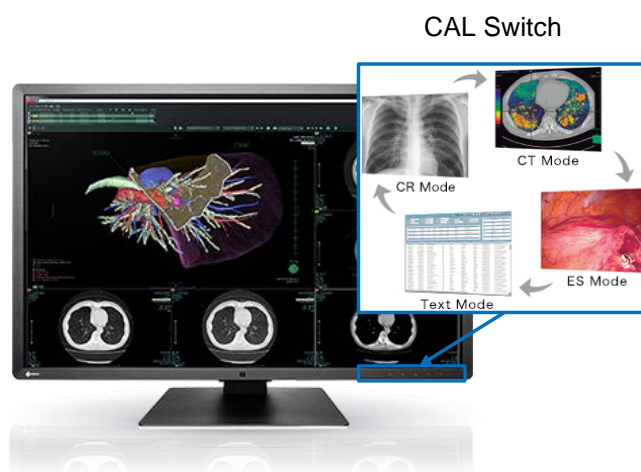


図 2. ユーザーによる表示モード切替え

## 2 Hybrid Gamma PXL 機能の概要

医用モノクロ画像(以下、モノクロ画像)と医用カラー画像(以下、カラー画像)の同時表示を実現するには以下の条件を満たす必要がある。

モノクロ画像	各種医用ガイドラインへの適合を担保
カラー画像	$\gamma$ 2.2 カーブと同等の有効性、安全性を確保

つまりモノクロ画像を十分な精度の GSDF カーブで表示しつつ、カラー画像を  $\gamma$  2.2 カーブ、もしくはそれに近い特性で表示する必要がある。しかしモニターのガンマ設定を GSDF カーブに合わせるだけでは、カラー画像は  $\gamma$  2.2 カーブと比較して中間階調域が落ち込んだ暗めの表示となり、診断への影響が懸念される。

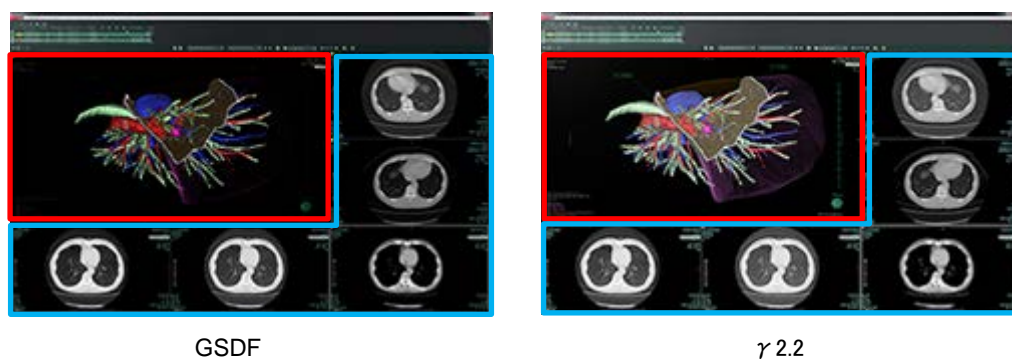


図 3. 階調特性による見え方の違い  
(青枠内がモノクロ画像、赤枠内がカラー画像)

この課題を解決するため、当社が新たに開発した機能が Hybrid Gamma PXL である。Hybrid Gamma PXL はモノクロとカラーをピクセル単位で識別して、それぞれに適切な表示特性を割り当てる。あるピクセルがモノクロと識別された場合、そのピクセルはモノクロ画像向け表示モードと同一精度の GSDF カーブで表示される。カラーと識別された場合は  $\gamma$  2.2 カーブをベースとした特性で表示される。

カラーピクセルを $\gamma$ 2.2カーブそのままの特性で表示してしまうと、カラー画像に内在するモノクロピクセル(RGBの値が一致したピクセル)がノイズのように見えてしまう可能性がある。この現象を防ぐため、カラーピクセルに対してはピクセルのRGB成分に応じた $\gamma$ 2.2カーブとGSDFカーブの混合カーブを適用して、違和感の無い表示を実現している。

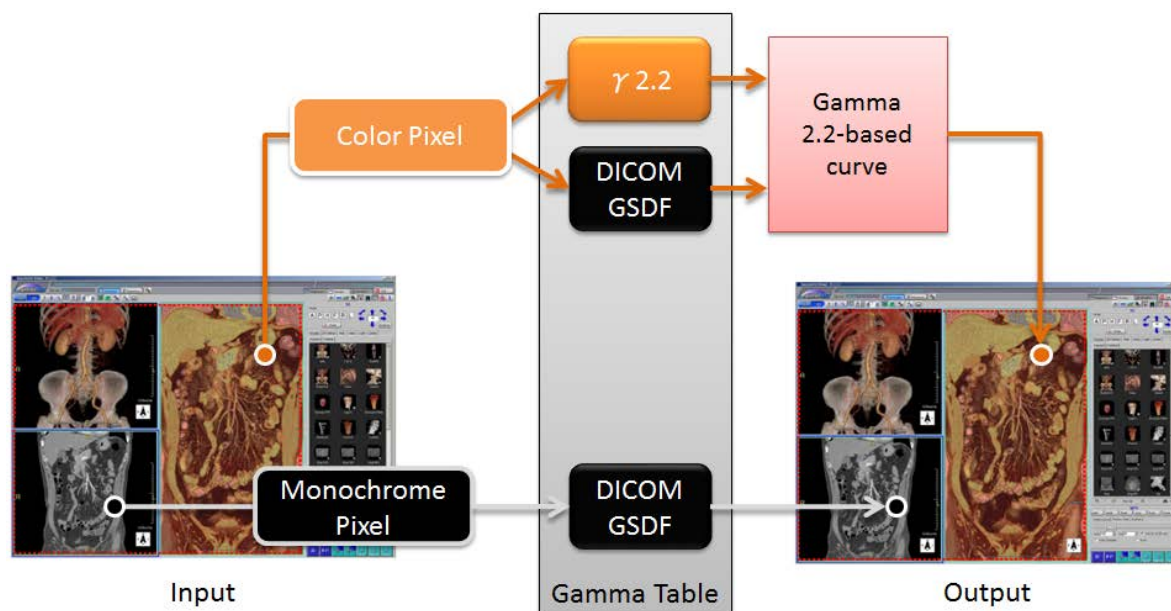


図 4. Hybrid Gamma PXL の仕組み

上記のように Hybrid Gamma PXL はカラーピクセルを $\gamma$ 2.2カーブとGSDFカーブの混合カーブで表示する。そのため、装置側が $\gamma$ 2.2カーブで画像を出力している場合、Hybrid Gamma PXLで処理されたカラー画像は理想的な $\gamma$ 2.2カーブからずれていることになる。

そこで当社は、このずれが及ぼす影響の度合いについて、国家公務員共済組合連合会 熊本中央病院 放射線診断科部長 片平和博氏と共同で有効性と安全性に関する視覚評価を実施した。次項以降で評価方法およびその結果について述べる。

### 3 評価方法

- 実施期間、場所、人数

- 実施期間 : 2017年5月23日 ~ 2017年7月3日
- 場所 : 熊本中央病院 放射線診断科 読影室
- 被験者 : 2名(読影経験12年、27年)

- 使用機器

- モニター : 5MP カラーモニターRadiForce RX560 (2台)  
※以下の(A)~(C)の設定で使用

表 1. モニターの設定

設定	設定内容
(A)	Hybrid Gamma PXL 有効 (Lmin = 0.6, Lmax = 500 [cd/m <sup>2</sup> ])
(B)	GSDF カーブ (Lmin = 0.6, Lmax = 500 [cd/m <sup>2</sup> ])
(C)	$\gamma$ 2.2 カーブ (Lmin = 0.6, Lmax = 500 [cd/m <sup>2</sup> ])

- 評価画像

Hybrid Gamma PXL のアルゴリズム上、モノクロ画像表示に対するリスクは無いため、今回の視覚評価ではモノクロ評価画像の枚数は少なく、カラー評価画像の枚数を多く設定した。

表 2. 評価画像

モノクロ/カラー	Modality	枚数	部位例
モノクロ	単純 X 線 (XP)	3	胸部、腰椎、骨
	CT	3	頭部、胸部、腹部
	MRI	3	頭部、脊椎、膝間接
カラー	3D-CT	3	心臓、腹部、脊椎
	3D-MRI	1	心臓
	MRI fusion	2	結腸、前立腺
	RI	50	心筋、脳血流、骨など
	ES	20	上部、下部
US	10	乳腺	

● 評価手順

視覚評価および採点を以下の手順で行う。

■ 視覚評価

- 設定(A)と設定(B)のモニターに評価画像を表示 (図 5 左側)
- (A)~(B)間の差異を表 3 の評価シートに従って記載
- 設定(A)と設定(C)のモニターに評価画像を表示 (図 5 右側)
- (A)~(C)間の差異を表 3 の評価シートに従って記載

■ 採点

評価完了後、(A)~(B)間、(A)~(C)間それぞれにおいて、全モダリティの合計スコア、モノクロモダリティのみの合計スコア、カラーモダリティのみの合計スコアを被験者ごとに算出する。

※各評価には三肢強制選択法(3-AFC)を用いる。

※被験者両名の各スコアの平均値を検証に用いる。



図 5. モニター表示設定

表 3. 評価シート

	Reader 1						特記事項
	(A) > (B)	(A) = (B)	(A) < (B)	(A) > (C)	(A) = (C)	(A) < (C)	
画 1 (部位、症例)	1	0	0	0	1	0	
画 2 (部位、症例)	0	1	0	0	1	0	
画 3 (部位、症例)	0	1	0	1	0	0	
...							

(A) > (B) or (A) > (C) : (A)の方が診断に優位

(A) = (B) or (A) = (C) : 差異は認められない

(A) < (B) or (A) < (C) : (B) or (C)の方が診断に優位

## 4 評価結果

図 6、8、10 に(A)Hybrid Gamma PXL と(B)GSDF カーブのスコア合計値の比較結果を、図 7、9、11 に(A)Hybrid Gamma PXL と(C) $\gamma$  2.2 カーブのスコア合計値の比較結果を、それぞれ「全モダリティ合計」、「モノクロモダリティのみ」、「カラーモダリティのみ」の 3 パターンに分けて示す。

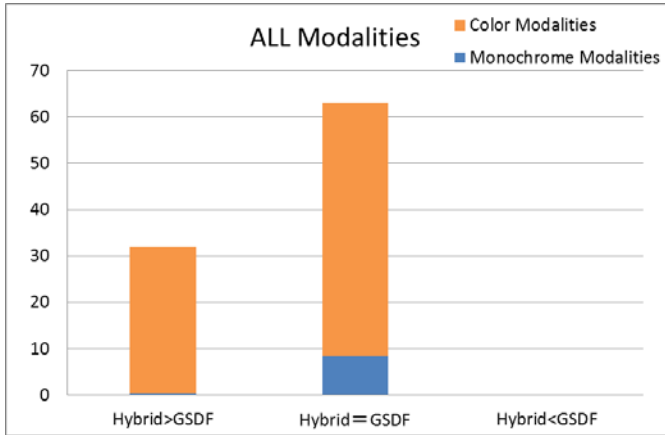


図 6. Hybrid Gamma PXL と GSDF のスコア比較  
(全モダリティ合計)

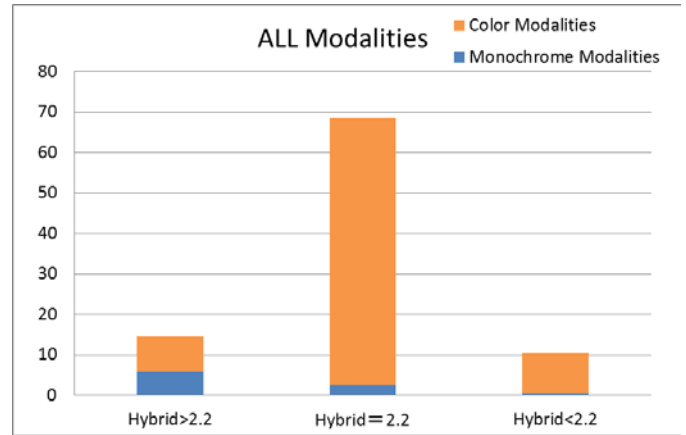


図 7. Hybrid Gamma PXL と  $\gamma$  2.2 のスコア比較  
(全モダリティ合計)

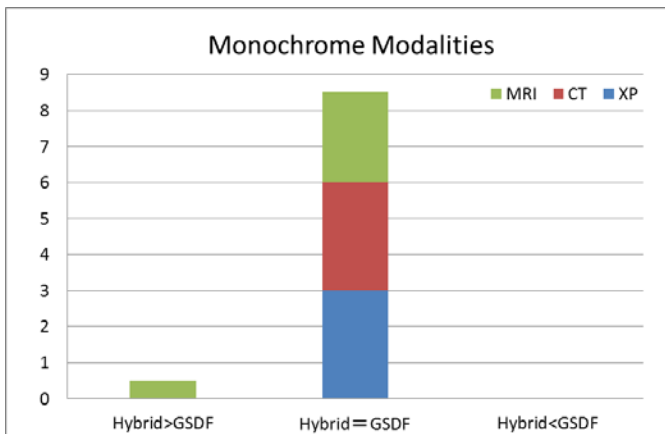


図 8 Hybrid Gamma PXL と GSDF のスコア比較  
(モノクロモダリティのみ)

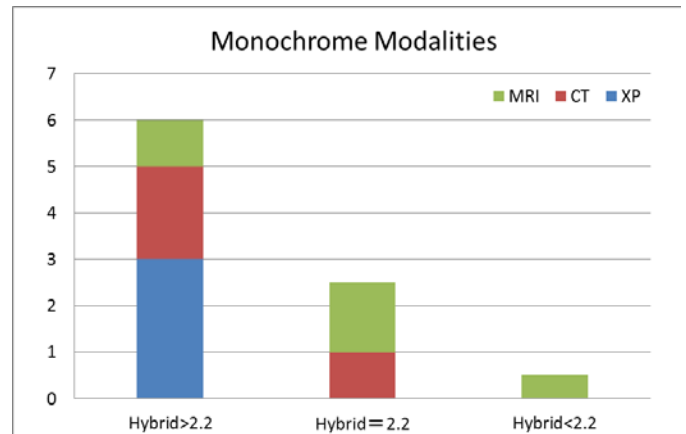


図 9 Hybrid Gamma PXL と  $\gamma$  2.2 のスコア比較  
(モノクロモダリティのみ)

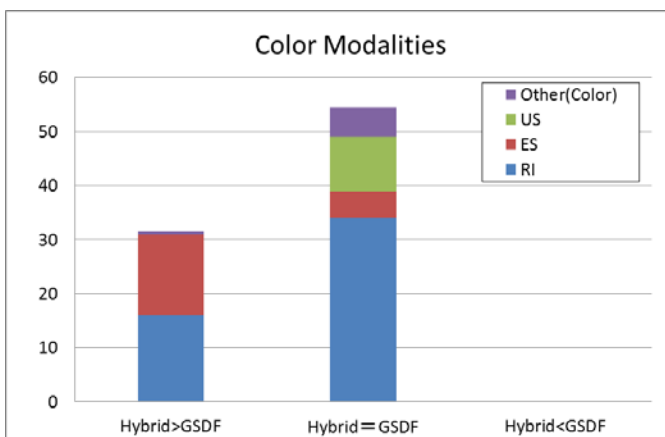


図 10 Hybrid Gamma PXL と GSDF のスコア比較  
(カラーモダリティのみ)

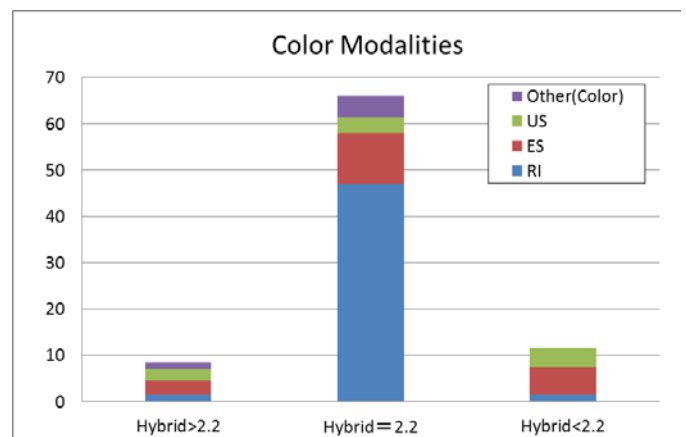


図 11 Hybrid Gamma PXL と  $\gamma$  2.2 のスコア比較  
(カラーモダリティのみ)

代表的な画像の比較イメージを図 12～図 14 に示す。

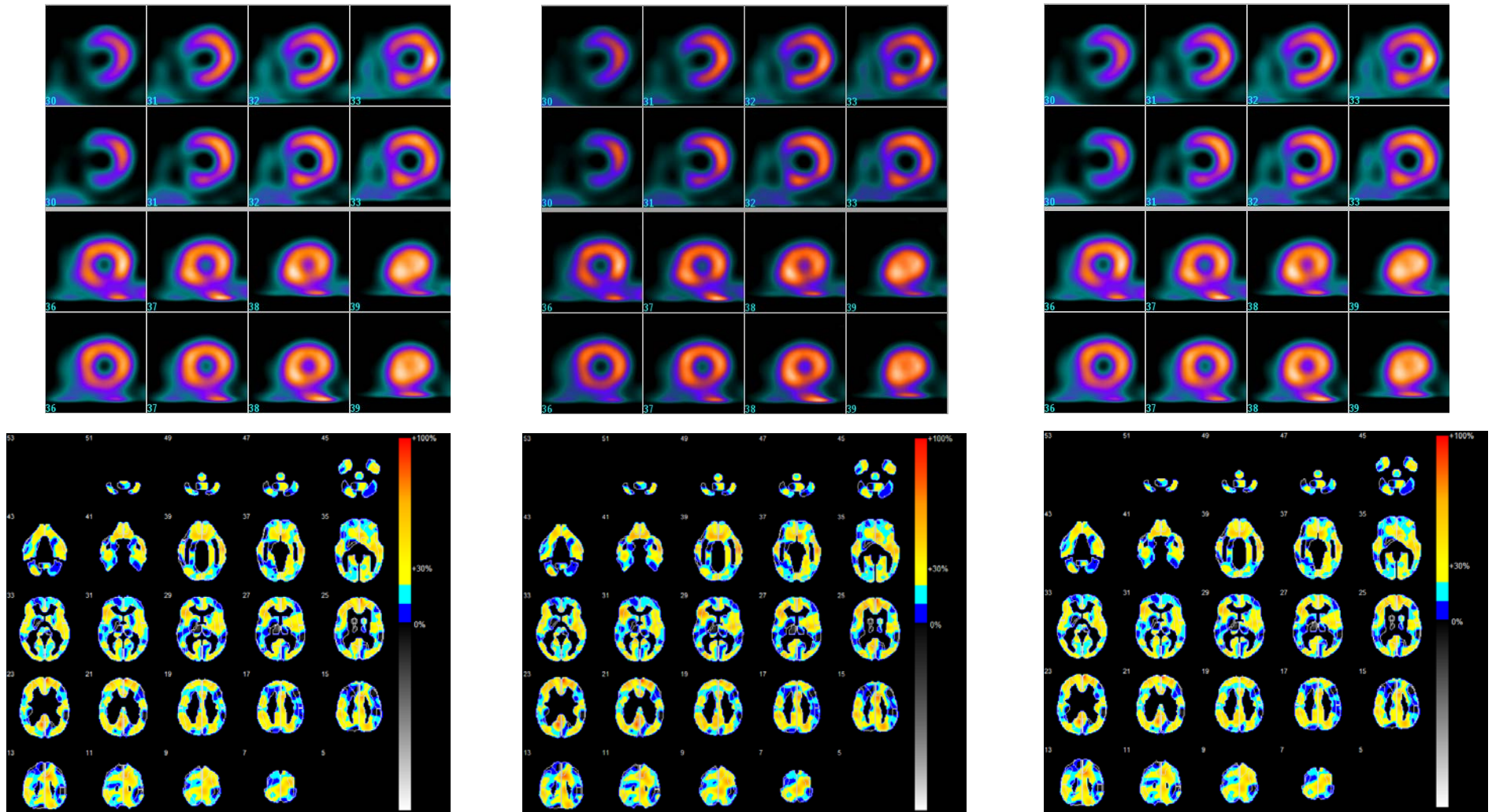


図 12 RI 画像を表示した場合  
(左: Hybrid Gamma PXL、中央: GSDF、右:  $\gamma$  2.2)



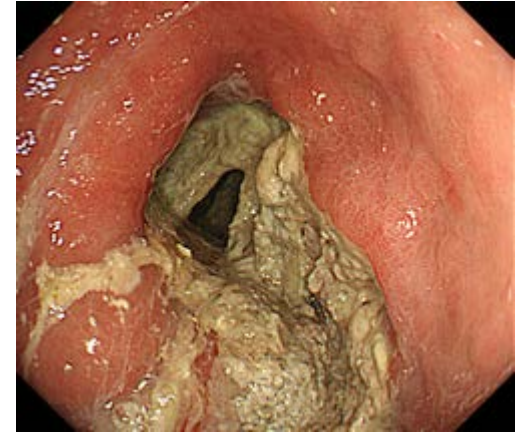
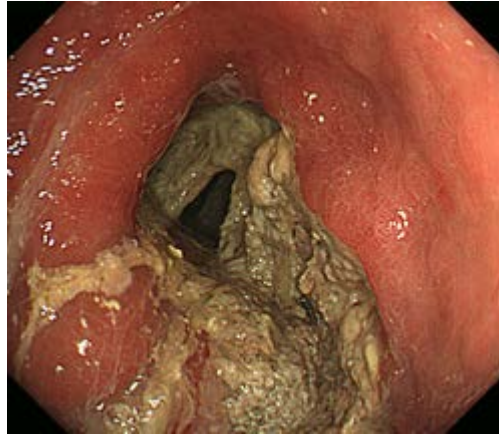
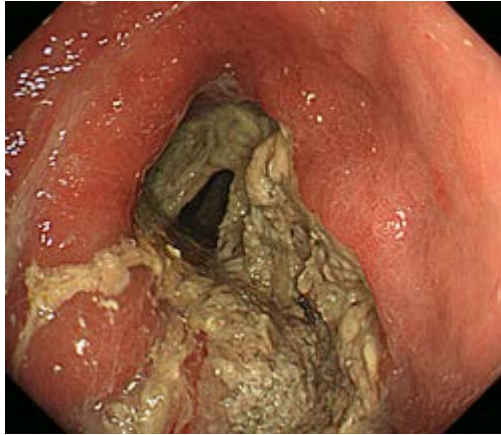


図 13 ES 画像を表示した場合  
(左: Hybrid Gamma PXL、中央: GSDF、右:  $\gamma$ 2.2)

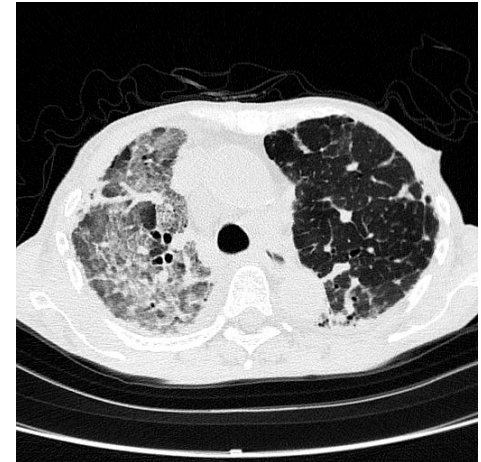
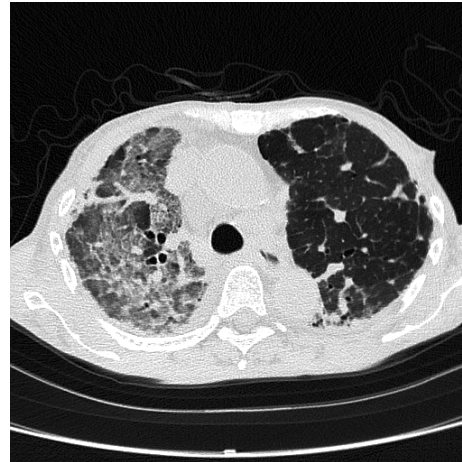
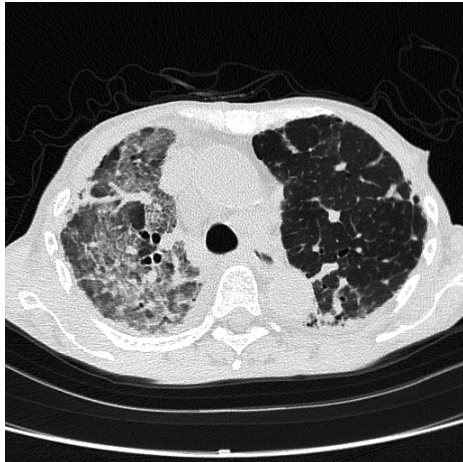


図 14 CT 画像を表示した場合  
(左: Hybrid Gamma PXL、中央: GSDF、右:  $\gamma$ 2.2)

#### 4.1 Hybrid Gamma PXL と GSDF カーブ設定の比較

##### ■モノクロ表示の比較

図 8 の結果から、Hybrid Gamma PXL は GSDF カーブ設定と同等の表示品位を有していることが示された。Hybrid Gamma PXL はモノクロピクセルをモノクロ画像向け表示モードと同一精度の GSDF カーブで表示する仕組みのため、理論上、差異は生じない

##### ■カラー表示の比較

図 10 の結果から、Hybrid Gamma PXL に優位性があることが示された。Hybrid Gamma PXL の効果が分かりやすい彩度の高い RI 画像に加えて、彩度の低い ES 画像でも Hybrid Gamma PXL の方が優位という結果となった。

#### 4.2 Hybrid Gamma PXL と $\gamma$ 2.2 カーブ設定の比較

##### ■モノクロ表示の比較

図 9 の結果から、Hybrid Gamma PXL の優位性が示された。一般的にモノクロ画像は GSDF カーブで表示されるため、モノクロ画像を GSDF カーブで表示する Hybrid Gamma PXL が優位な結果となった。

##### ■カラー表示の比較

図 11 の結果から、Hybrid Gamma PXL は  $\gamma$ 2.2 カーブ設定と同等の表示品位を有していることが示された。一部の ES 画像、US 画像で評価が分かれたものの、明確な差異は無かった。

## 5 まとめ

Hybrid Gamma PXL の有効性、安全性について、下記の通りまとめる。

##### ■有効性

4.1 カラー表示の比較および 4.2 モノクロ表示の比較より、Hybrid Gamma PXL の優位性が示された。特にカラー画像表示のときに Hybrid Gamma PXL を ON にすることで、GSDF と比較し、視覚評価に用いた全医用カラー画像 86 枚中 32 枚の画像において、診断が優位になるレベルの改善効果(約 37[%]の改善効果)が得られた(図 6)。

##### ■安全性

4.1 モノクロ表示の比較および 4.2 カラー表示の比較より、Hybrid Gamma PXL を ON にしても、モノクロ表示・カラー表示ともに診断に影響するレベルの差異が生じない結果となった。

以上より、Hybrid Gamma PXL はモノクロ画像の表示に影響はなく、カラー画像の表示においては GSDF に対する有用性が示唆された。Hybrid Gamma PXL を使用することにより、従来のモニターで手間となっていた表示モードの切替えが不要となるため、診断効率の向上が見込まれる。

**【参考文献】**

1. Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) (2004), “Part14: Grayscale Standard Display Function”, [http://dicom.nema.org/dicom/2004/04\\_14pu.pdf](http://dicom.nema.org/dicom/2004/04_14pu.pdf)
2. IEC 61966-2-1:1999, Multimedia systems and equipment - Colour measurement and management - Part 2-1: Colour management - Default RGB colour space – sRGB  
<https://webstore.iec.ch/publication/6169>