

医用画像表示用モニタの表示特性を安定化させる独自機能

EIZO(株) 企画部商品技術課
川本 康詔



【はじめに】

医用画像を表示するモニタ(以下、「医用モニタ」と記す)は、適切な画像診断ができるように、微細な画像を忠実に、かつ安定して再現できることが重要である。しかし、液晶モニタは一般的に、経年変化以外にも液晶パネルを構成する部品のばらつきや周囲、およびモニタ内部の温度変化により、輝度や色度、階調特性などの表示特性は安定していない。

そこで当社は、ヘルスケア市場向けに RadiForce シリーズ液晶モニタ(以下、「RadiForce シリーズ」と記す)を開発し、安定した画像表示を実現することによって、数多くの医療施設で高い信頼を得ている。本稿では、最新モデルに搭載された AI(人工知能)を活用した技術とともに、当社独自の表示安定化技術について説明する。

【原因】

モニタの表示特性が安定しない原因として、以下の3つが考えられる。

1. 部品のばらつき

液晶パネルは、バックライト(光源)から照射される光の透過率を制御することで明暗を表現しているが、バックライトだけでなく、反射シートや拡散シート、偏光板、カラーフィルタ、液晶セルなどの多数の部材で構成されている。そのため、液晶パネルはバックライトの光学特性だけではなく、液晶セルの透過率特性やシートのたわみなど、各種部材のばらつきによって1枚ごとに異なる特性を持つ。これらのばらつきによって、モニタ画面の輝度や色度、階調特性、表示ムラなどに違いが生じている。

2. 温度変化① 電源投入後の内部温度の変化

モニタは、電源を入れてから輝度が安定するまでに時間を要することはよく知られているが、同様に階調特性もモニタ内部の温度変化の影響を受け、安定するまでに時間が必要である。理想的にはモニタの電源を入れてから、すぐに意図した特性で全階調が表示されることが望ましい。しかし、一般的なモニタでは電源を入れてから一定の時間が経過するまでは階調特性に変動があり、電源を入れてからモニタ内部の温度が安定するまでは正しい表示ができない。

3. 温度変化② 周囲温度などの影響

季節や天候、空調によりモニタの周囲温度は異なり、モニタもその影響を受けて表示特性が変化する¹⁾。例えば、周囲温度 25℃を基準とした場合、15℃(-10℃)や 35℃(+10℃)において理想の階調特性からずれが生じている(表1)。

表1 階調の周囲温度の違いに伴うエラー率(%) (25℃基準)

周囲温度	15℃ (-10℃)	25℃ (基準)	35℃ (+10℃)
最大エラー率	6.41%	-	6.05%

【解決方法】

前述した原因に対し、RadiForce シリーズでは次のような解決方法を実施している。

1. 医用モニタ1台1台の工場調整

RadiForce シリーズは発売当初より、当社は工場ですべての台ごとに輝度、色度、階調の調整(キャリブレーション)や、表示ムラ(輝度、色のムラ)の補正(デジタルユニフォミティ補正)などを実施している。調整後の医用モニタの品質については、JESRA X-0093^{2,3)}に基づいて出荷試験を実施しており、特に目視検査は社内資格をもった検査員によって実施されている。当社ではこのようにして、ばらつきを最小限に抑えることで、安定した表示品質の製品をユーザに提供している。

2. 電源投入後の表示安定化機能

一般的に、モニタの電源を入れてから、階調特性が安定するまでの経過は図1のとおり、電源を入れてから一定の時間が経過するまでは変化が大きく、正しい表示ができていないことが分かる。

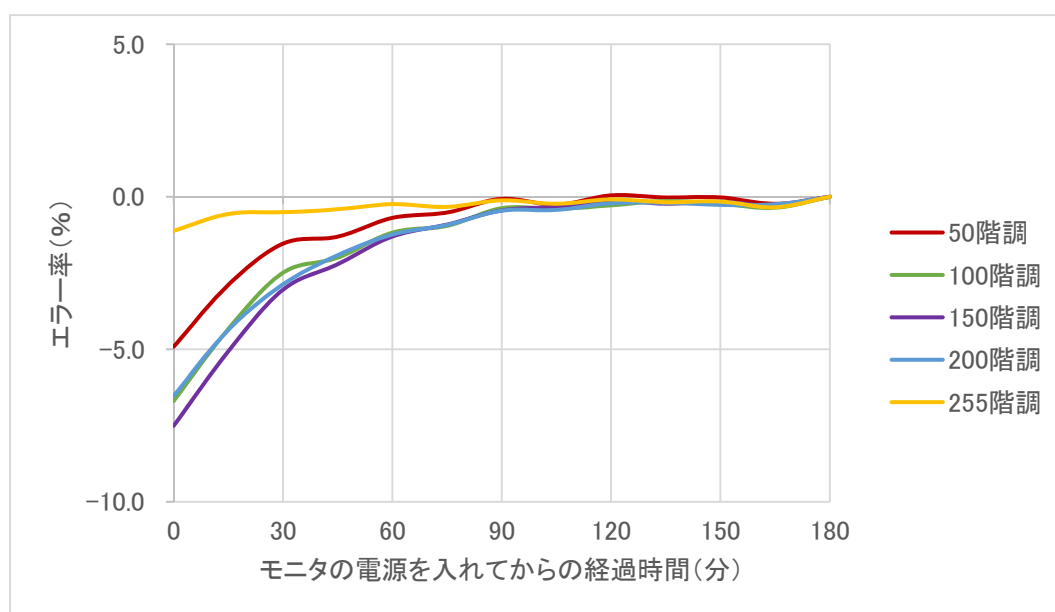


図1 階調特性の変動(安定化機能なし、起動後180分を基準)

RadiForceシリーズでは電源投入後、表示が安定するまでの時間を短縮するための機能「起動ドリフト補正機能」をモニタに搭載している。起動ドリフト補正機能は、「バックライトセンサを利用した調光機能」と「モニタ内部の温度センサを利用した階調補正機能」からなる。前者は、液晶パネル背面の採光用の穴から光を取得できるように光センサを配置し、光センサの値を画面の輝度に関連づけることで、バックライトの光を調整する機能である。後者は、液晶パネルの温度と階調特性の関連データから作成した補正用のパラメータを設定し、モニタ内部の温度センサの温度に応じてパラメータを変えることで階調を補正する機能である。この機能により、輝度の変動を短時間で安定させることはもちろん、階調特性についても短時間で安定させることができる(図2)。

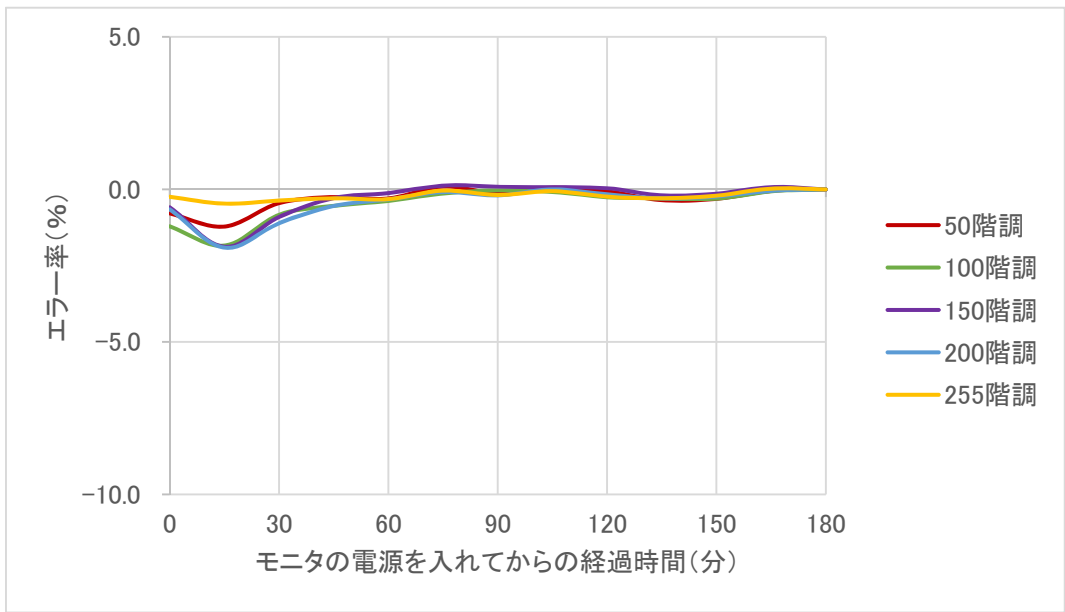


図2 階調特性の変動(安定化機能あり、起動後 180 分を基準)

3. AI 活用でさらに進化、周囲の温度変化に追従する当社独自の高度な表示安定化機能

出荷時に正しく調整して起動時の表示を安定させたとしても、周囲温度の変化などにより、モニタの輝度や階調特性などは常に変動する可能性がある。表示を安定させるには、モニタ内部や周囲の温度を正確に把握し、液晶パネルの温度特性を認識したうえで適切に補正することが重要である。表示安定化機能がない場合のさまざまな周囲温度及び輝度の組み合わせにおける、階調特性の理論値からの差分(エラー率)を階調ごとに示したグラフを図3に示す。

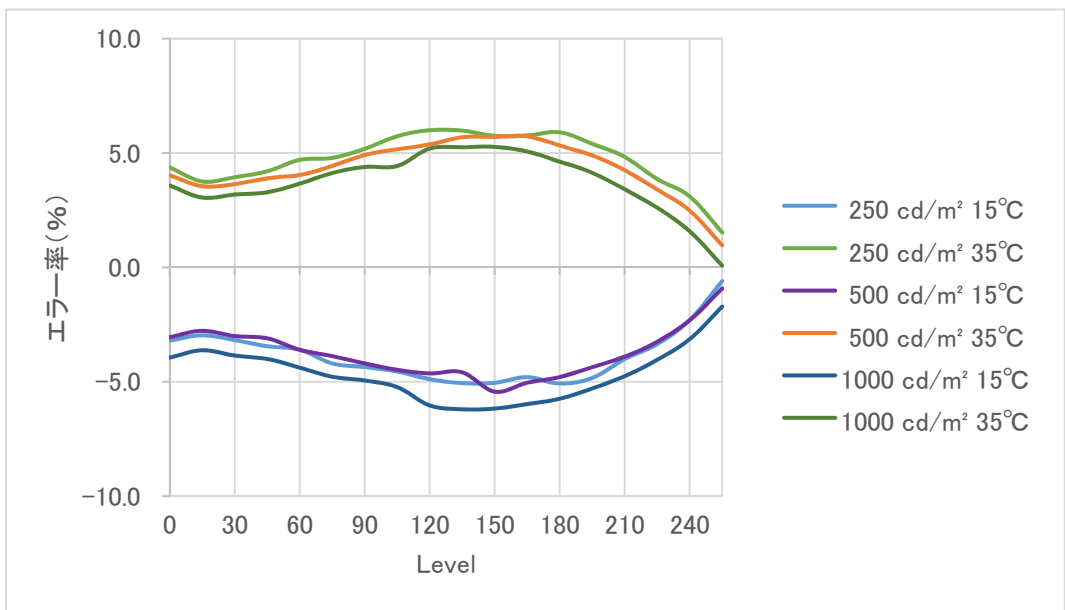


図3 表示安定化機能なしの場合の階調特性(理論値からの差分(エラー率))

当社の医用モニタは、従来より内部の温度センサだけで、周囲の温度を推定する技術を開発し、適正な補正を実施している。しかし、近年は医用モニタの高輝度化、デザインのスリム化に伴い、モニタ内部の温度分布や温度変化が複雑化していることから、モニタ内部の温度変化から周囲の温度変化を推定することが困難になってきている。例えば、バックライトの小型化や高輝度化に伴うバックライト付近の温度上昇、熱を逃がすための冷却ファンの動作などが複雑化の要因となっている。そこで当社は、従来の技術にAIを活用することによって、複雑なケースであっても正確に周囲温度が推定でき、より安定した表示性能をもった新しい制御アルゴリズムの開発に成功(特許第 6723964 号)した。AIの特長である、多数のパラメータから関係性を見出す分析能力により、モニタ内部の複雑な温度状態から周囲の温度を精度よく推定することが可能となる。

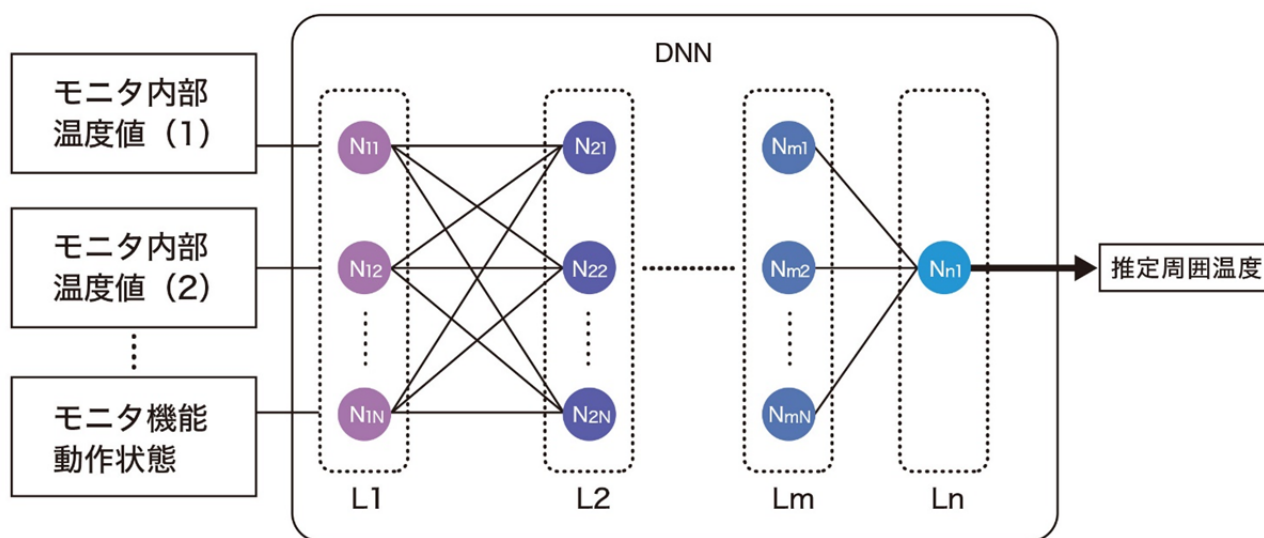


図4 恒温室での測定データを学習したAIによる温度推定のイメージ

当社の AI は、一般的な DNN (Deep Neural Network) の構成をとる(図4)。DNNで重要なことは推定対象のパラメータに関連する入力パラメータの抽出と、抽出結果に基づいた学習データセットの準備である^{4,5)}。当社では、医用モニタ開発時に専用の恒温室で環境温度を変化させ、多点の温度を同時に測れる測定器を用いて、液晶パネルや部品、その周囲温度をさまざまな動作条件で測定し、データを収集している。

そのデータをもとに、入力パラメータの種類や数を変えながら DNNを学習させ、その結果を比較することによって、最適なパラメータをもった学習済の AIを完成させる。医用モニタに実装された学習済みの AIがモニタ内部の温度や、その他のパラメータから周囲の温度を正確に推定し、それをもとに適切な補正をかけることで常に安定した画面表示を実現することができる。補正後の階調特性における周囲温度の変化に伴うエラー率を図5に示す。

このAIを活用した温度推定技術を、最新の RadiForceシリーズ(2021年1月現在：RX1270, RX360, GX560)に搭載している。AIの活用により、RadiForceシリーズはさらに高い精度の温度推定と表示安定化を実現し、より正確な階調表示を実現している。

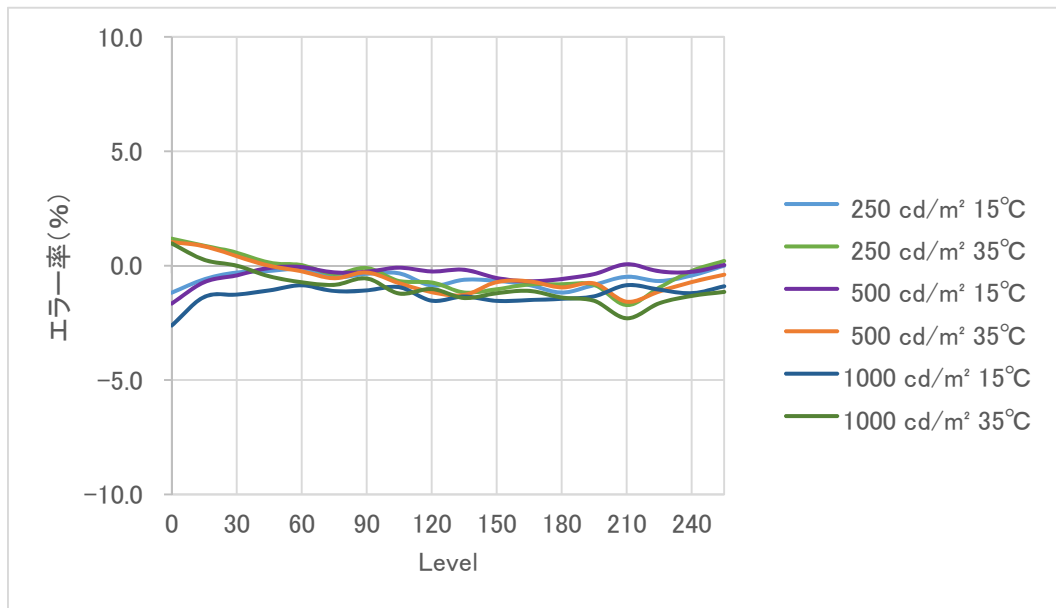


図5 表示安定化機能ありの場合の階調特性(理論値からの差分(エラー率))

【まとめ】

RadiForceシリーズは、液晶パネルの構造や光学特性による液晶パネルのばらつきがあるため、工場ですべての台ごとに高度な調整を行うことでばらつきを最小限に抑え、JESRA X-0093に基づいた検査を行い、高精度な表示品位を実現している。

また、電源投入後の変動を抑え、短時間で表示が安定するための機能を搭載し、早期に作業が開始できるようにしている。それはモニタ内部に搭載した温度センサにより、内部の温度変化をセンシングするとともに周囲の温度変化を推定し、階調特性や輝度などに対して適切な補正を行うことで実現している。さらに、最新機種では温度推定に AIを活用し、表示安定化機能の精度をいっそう向上させている。

この温度センシングと温度推定技術を土台とした表示安定化機能は、一般的なモニタとの大きな違いの一つであり、安定した画面表示ができる RadiForce シリーズの高い表示品質には欠かせない機能である。

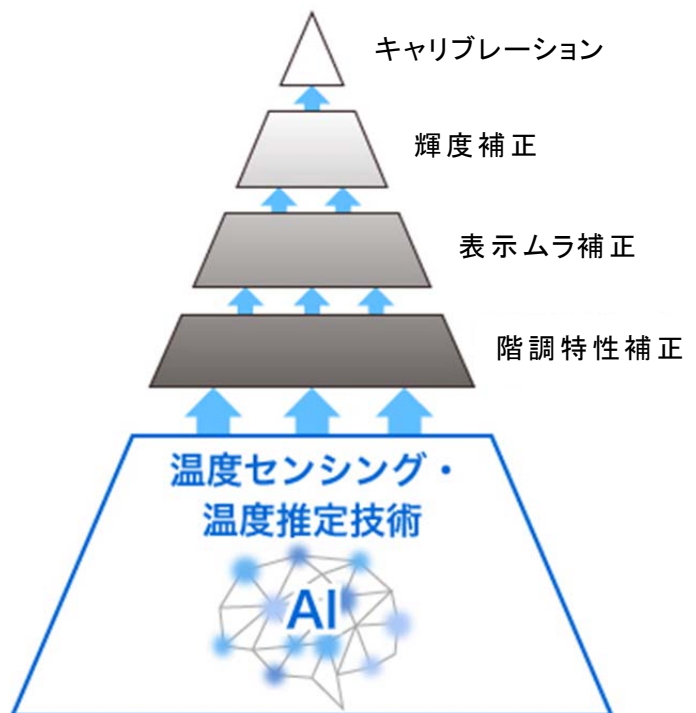


図6 表示安定化機能の概念図

【参考文献】

- 1) 雲梯 隆夫, 松下 泰廣, 鶴飼 育弘, 青木 茂雄 : アクティブマトリクスカラーLCDの電気光学的特性 : その温度依存性 : 画像表示, テレビジョン学会技術報告1988年12巻6号 p.13-17
- 2) 日本画像医療システム工業会 モニタ診断システム委員会 : 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*B-2017, 2017
- 3) 日本医学放射線学会 電子情報委員会 : デジタル画像の取り扱いに関するガイドライン 3.0版, 2015
- 4) 岡谷貴之 : 深層学習(機械学習プロフェッショナルシリーズ), 講談社, 東京, 2015
- 5) Schmidhuber J. : Deep learning in neural networks : An overview, Neural Networks, 61, 85-117, 2015