

## ColorEdge シリーズの表示安定化機能について

### CONTENTS

1	はじめに.....	2
2	工場調整の必要性.....	2
2.1	液晶パネルのばらつき.....	2
2.2	液晶パネルの光学特性のばらつき.....	2
3	表示安定化機能の必要性.....	4
3.1	モニターが安定するまでの変化.....	4
3.2	モニターが安定した後の変化.....	6
4	EIZO 独自の高度な表示安定化機能.....	7
4.1	階調特性(ガンマ)補正.....	8
4.2	色度・輝度補正.....	9
5	AI 活用で進化した表示安定化機能.....	9
6	まとめ.....	10

No.18-001 Revision A

作成: 2018 年 5 月

EIZO 株式会社 企画部 商品技術課

# 1 はじめに

ColorEdge シリーズをはじめ、クリエイティブワーク市場には、多数のキャリブレーションモニターが存在している。工場調整を行うことで、どのキャリブレーションモニターも同じように正確な色表示ができると思われがちだが、実際には、それだけでは高精度な表示品位を維持することはできない。

ColorEdge シリーズと一般的なキャリブレーションモニターの違いは、液晶パネルの補正技術にある。当資料ではその中でも当社独自の表示安定化機能について説明する。

## 2 工場調整の必要性

ColorEdge シリーズは工場にて 1 台 1 台測定と調整を行っている。時間とコストがかかる作業ではあるが、正確な色表示を目標とする ColorEdge シリーズでは以下のばらつきを抑制する必要がある。

### 2.1 液晶パネルのばらつき

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。近年、LED を用いたバックライトが主流であるが、液晶パネルは LED だけでなく、図 1 のように反射シートや拡散シート、偏光板、カラーフィルター、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 LED の光学特性だけではなく、シートのたわみや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。

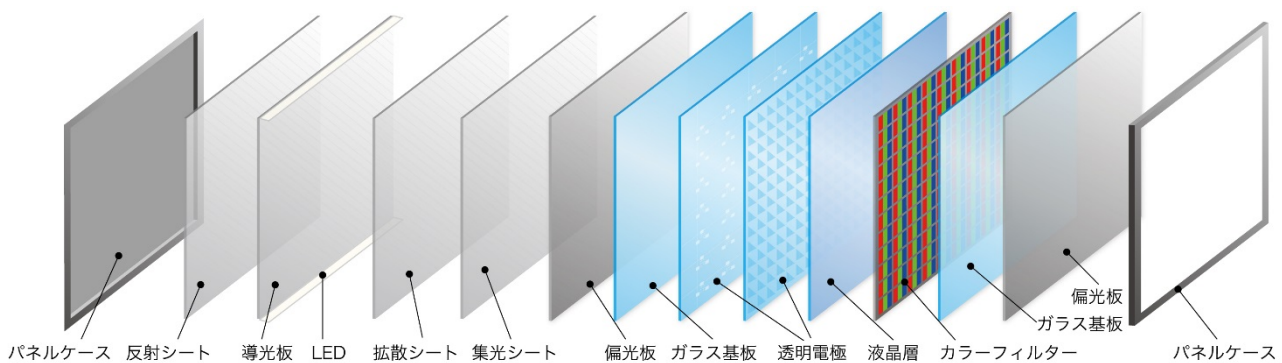


図 1. 液晶パネルの構造

### 2.2 液晶パネルの光学特性のばらつき

液晶パネルの光学特性はバックライトの光に依存するが、それ以外にも各種シート、カラーフィルター、液晶セルの透過率特性にも依存するため、同一モデルの液晶パネルであっても、色度・輝度、階調特性、表示ムラの特徴が異なる。図 2～図 4 に、ばらつきが特に大きい色度、階調特性、表示ムラについて示す。

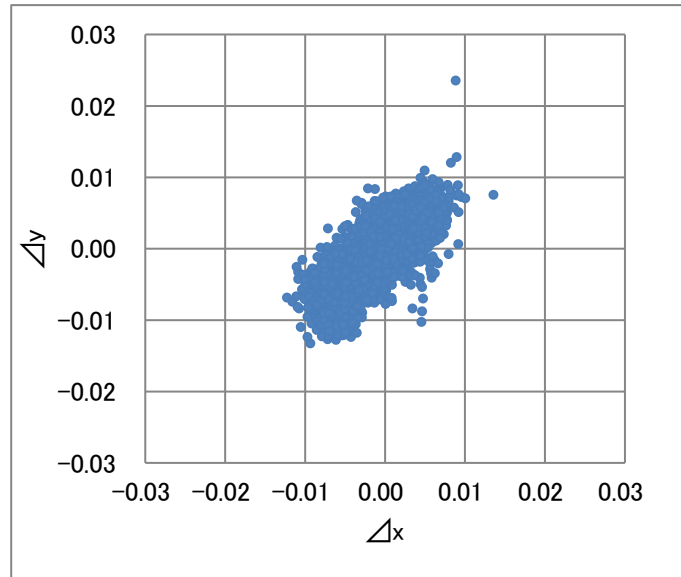


図 2. 色度のばらつき(平均値基準)

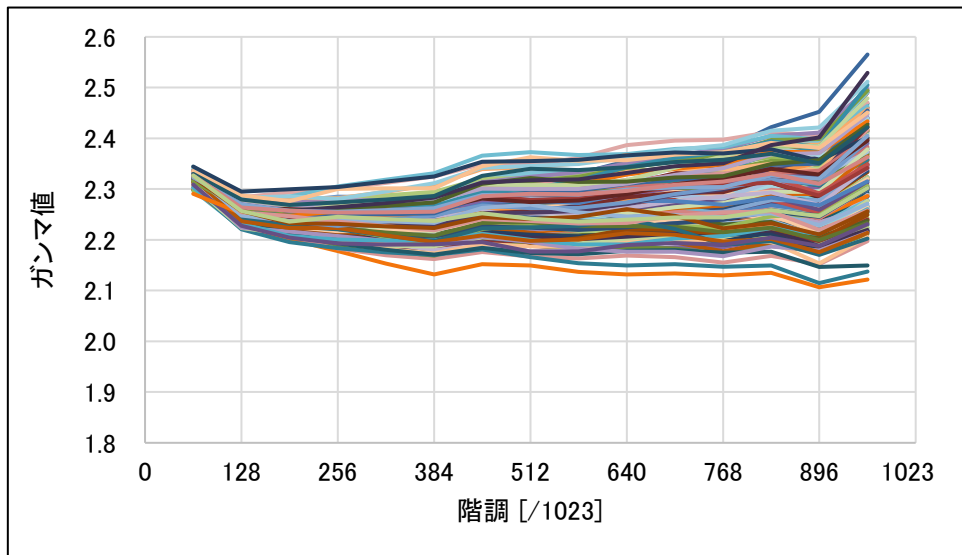


図 3. 階調特性(ガンマ)のばらつき

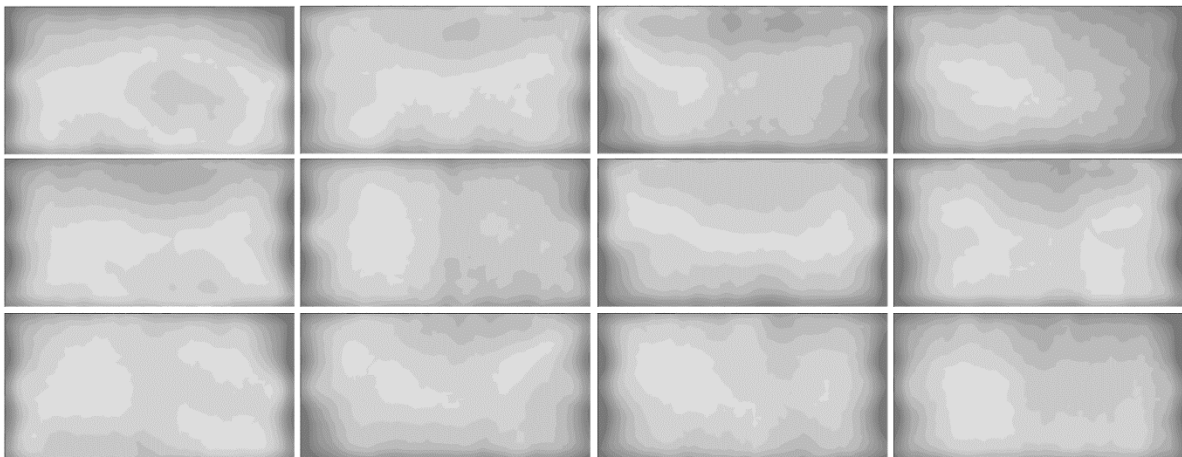


図 4. 表示ムラのばらつき(1023 階調)

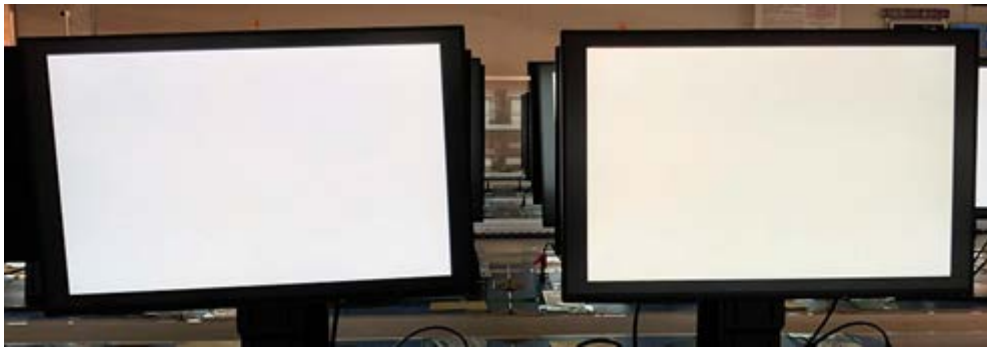


図 5. 未調整のモニター(色度・輝度がバラバラ)

上述の通り、液晶パネルの構造や光学特性により、液晶パネルにはばらつきがあるため、工場調整前の状態を見ると、1台ごとに表示にばらつき(図5)が見られる。したがって正確な色表示を行うためには、工場調整にて色度・輝度、階調特性、表示ムラなどのばらつきを補正する必要がある。ColorEdge シリーズは発売当初より、当社工場で1台ごとにRGB各色の全階調の調整や、表示ムラの補正などを実施(図6)して出荷し、ばらつきを最小限に抑えた、高精度な表示品質を実現している。



図 6. ColorEdge シリーズの工場調整工程の様子

### 3 表示安定化機能の必要性

近年では、液晶パネルのばらつきを補正するために ColorEdge シリーズ以外にも工場調整を行っているキャリブレーションモニターが市場に存在する。しかしながら、キャリブレーションモニターであっても周囲の温度変化やモニター内部の温度変化の影響を受けて、階調特性、色度・輝度が変動している。

実際にユーザー環境下に設置したモニターの色表示の変化を、下記に示す。

#### 3.1 モニターが安定するまでの変化

モニターの電源を入れてから輝度が安定するまでには時間を要することはよく知られているが、モニター内部の温度変化の影響を受けて、色度とガンマも安定するまでに時間が必要である。

例えば図7に示した通り、モニターの電源を入れてからの色度・輝度の変化を $\Delta E_{2000}^*$ で示すと、0分を基準として60分後までに $\Delta E_{2000}^*=5.6$ の変動がある。この値は、人間の目で違いが認識できると言われている $\Delta E_{2000}^*=2$ を大きく超えており、電源を入れてから色度・輝度が安定するまでは正しい色表示ができていないことが分かる。

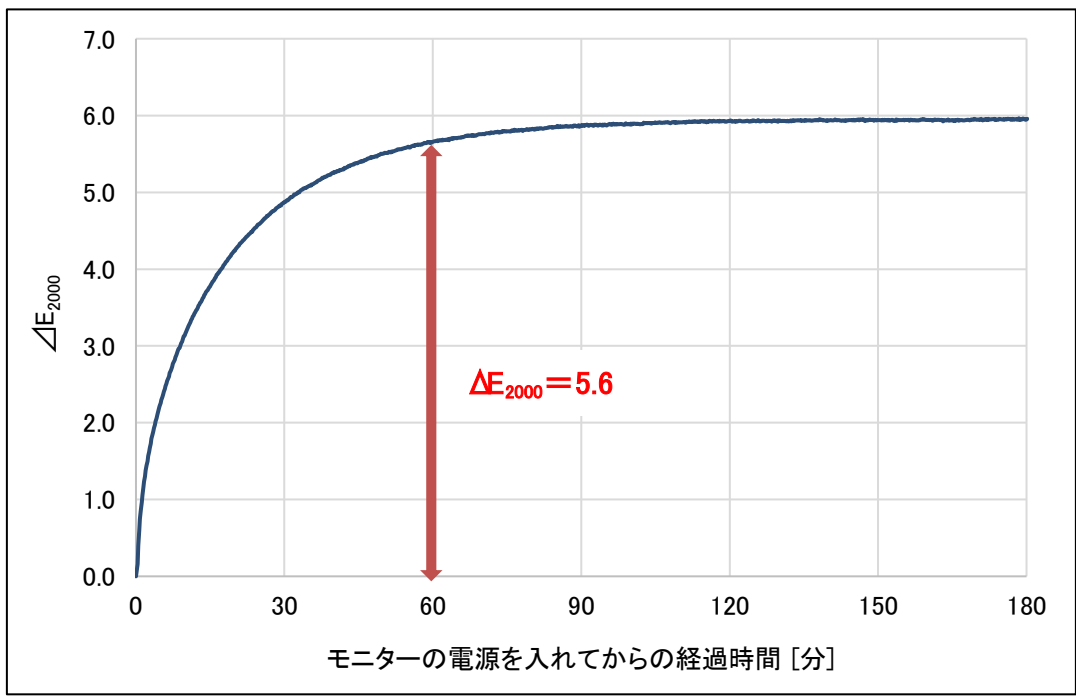


図 7. 色度・輝度の変動(モニター起動直後基準)

また、階調特性も、理想的にはモニターの電源を入れてから全階調でガンマ値が一定になっていることが望ましい。しかし、例えば 640 階調のガンマ値は、電源を入れてから 60 分後までに約 0.1 の変動があり、電源を入れてから階調特性が安定するまでは正しい色表示ができていないことが分かる(図 8)。

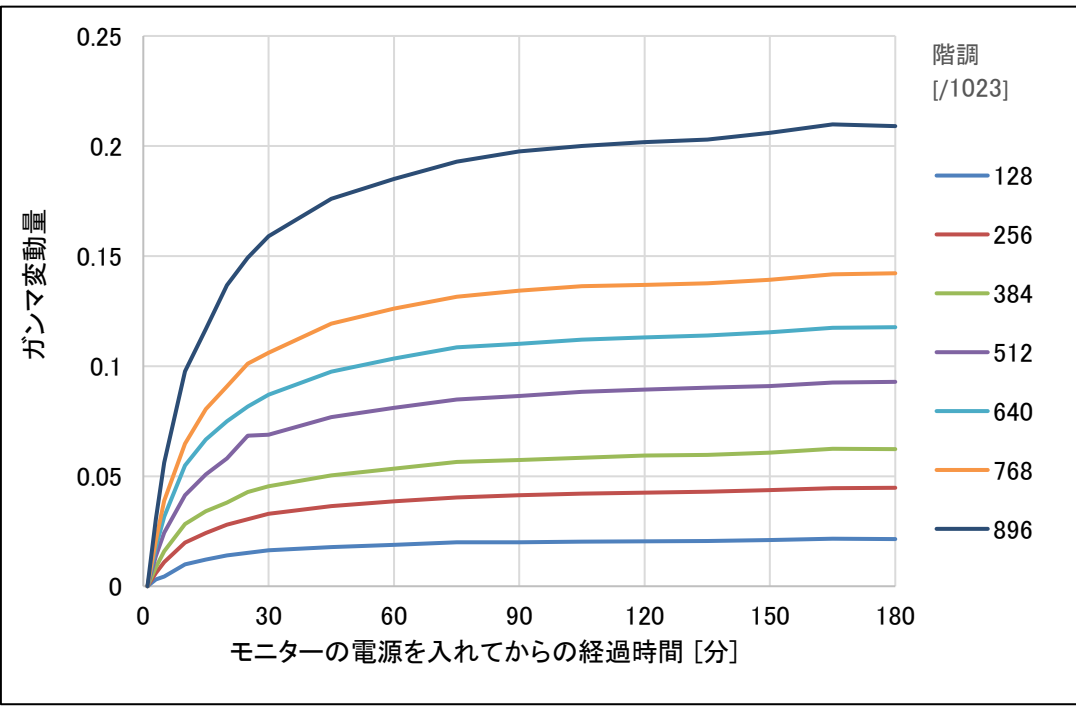


図 8. ガンマ値の変動(モニター起動直後基準)

\* 【参考文献】 ISO 11664-6/CIE 014-6 Colorimetry - Part 6: CIEDE2000 Colour-Difference Formula 2013  
<http://www.cie.co.at/publications/colorimetry-part-6-ciede2000-colour-difference-formula>

### 3.2 モニターが安定した後の変化

モニターが安定した後も、下記の通りモニターの内部温度を変化させる要因がある。

- ◇ モニターの周辺温度（設置している室内の温度）が時間帯によって変化する。
- ◇ モニターの輝度などを各種基準に合わせて切替えながら使用する。
- ◇ モニターの電源を切り入りする。

例えば、周辺温度が 15°C から 25°C に 10°C 上昇すると、25°C を基準として  $\Delta E_{2000}=2.0$  の変動があり（表 1）、モニターが安定した後も周辺温度の変化により正しい色表示ができない可能性があることが分かる。また、電源を切り入りしたりすると、3.1 節で説明したように、モニターが安定するまでに時間がかかる。

表 1. 色度・輝度の変動(25°C基準)

周辺温度	15°C (-10°C)	25°C (基準)	35°C (+10°C)
$\Delta E_{2000}$	2.0	-	1.9

このように、ユーザー環境下に設置したモニターの色表示は変動しているため、当社は安定した表示を実現するためには工場調整だけでは不十分と考え、ColorEdge シリーズは表示安定化機能を搭載し、高精度かつ安定した表示品質を提供している。

ColorEdge シリーズ: 安定した表示



一般的なキャリブレーションモニター: 不安定な表示



図 9. モニターの表示品位のイメージ図

## 4 EIZO 独自の高度な表示安定化機能

3章で説明したように、モニターの設定によるモニター内部の温度変化や、周辺温度の変化により、実際にはモニターの色度・輝度、階調特性などが常に変動している。すなわち、表示を安定させるには、モニター内部や周辺の温度を正確に把握することが重要である。

ColorEdge シリーズは、モニター内部に温度センサーを搭載し、モニター内部の温度を正確に測定するとともに、周囲の温度変化を高い精度で推測する。この温度センシングと温度推定技術により、内部温度測定→周囲温度推定→補正值のフィードバックという一連の制御を、階調特性、表示ムラ、色度・輝度の各補正に対して高い精度でリアルタイムに実施することで、常に安定した表示を実現している。

当社独自の表示安定化技術では、正確な表示を実現するために重要な要素である、階調特性、表示ムラ、色度・輝度を1つずつ補正しているが、その補正効果を以下で説明する。

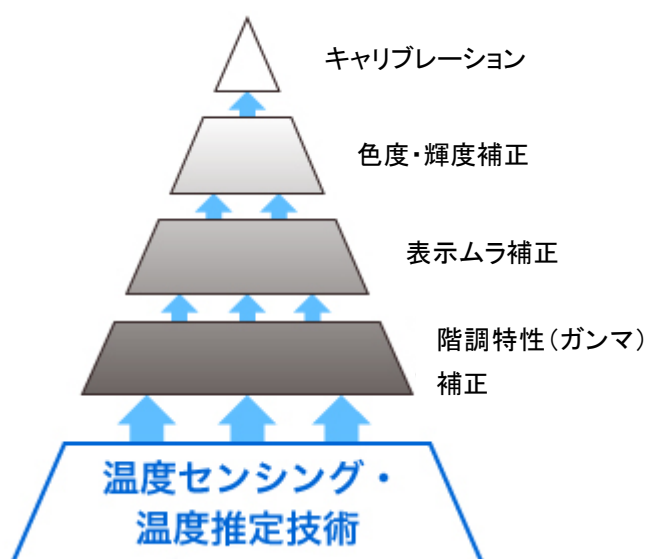


図 10. 表示安定化機能の概念図

#### 4.1 階調特性(ガンマ)補正

図 11、図 12 はモニターの輝度設定と周辺温度の様々な組み合わせにおける特性を示している。階調特性の表示安定化機能がない場合(図 11)、周辺温度の変化の影響を受けて中間～高階調エリアではガンマが2.4(※ $\gamma=2.4$  設定の場合)から大きく変動し、約 $\pm 0.1$  以上の変動があるのに対し、表示安定化機能を使用した場合(図 12)は $\pm 0.05$  の変動に収まっており、正確な階調表示ができていることが分かる。

◆周囲温度の変化によるガンマ値の変動( $\gamma=2.4$ 、輝度設定と周辺温度の各組み合わせ)

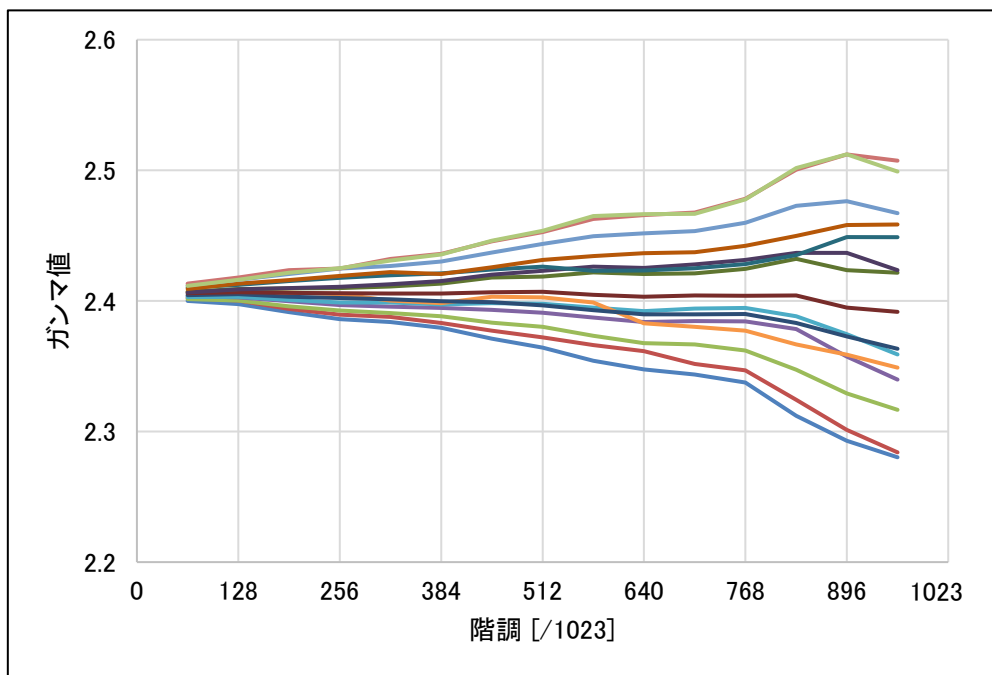


図 11. 表示安定化機能なし

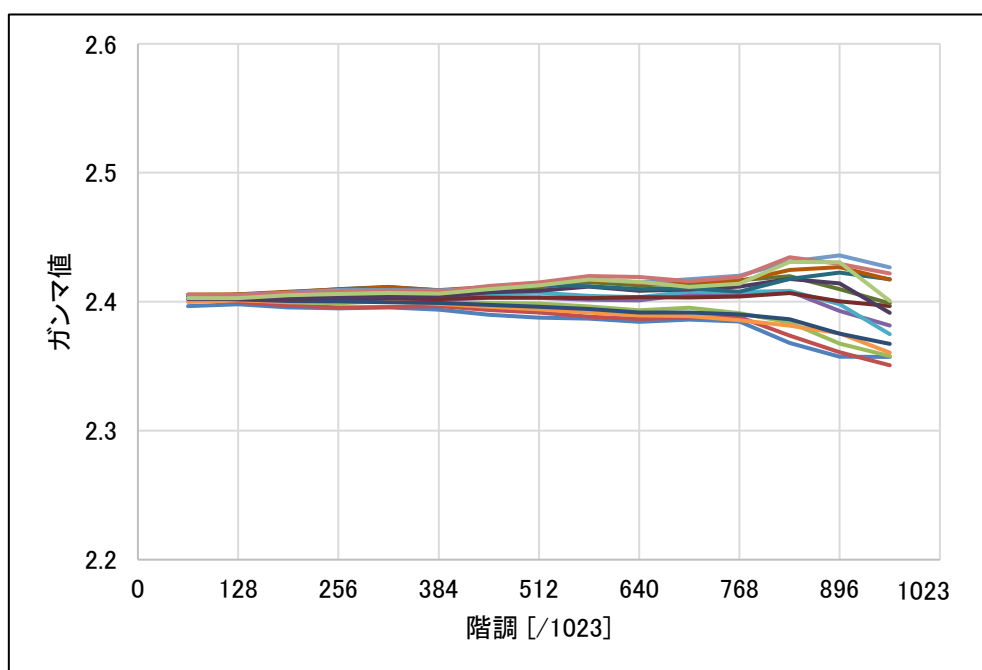


図 12. 表示安定化機能あり



## 4.2 色度・輝度補正

表 2 に示す通り、表示安定化機能を使用しない場合、15°Cから 25°Cに周辺温度が変化すると 25°Cを基準として $\Delta E_{2000}=2.0$ の変動があるのに対し、表示安定化機能がある場合は $\Delta E_{2000}=0.2$ の変動に抑えられており、色度・輝度補正の効果があることが分かる。

表 2. 色度・輝度の変動 ( $\Delta E_{2000}$ 、25°C基準)

周辺温度	15°C (-10°C)	25°C (基準)	35°C (+10°C)
表示安定化機能なし	2.0	-	1.9
表示安定化機能あり	0.2	-	0.4

## 5 AI 活用で進化した表示安定化機能

4章で説明した表示安定化機能の更なる性能向上を実現するために、当社では、AIを活用した新しい制御アルゴリズムを開発した。専用の恒温室と高精度の測定器を用いて、液晶パネルとその周辺温度の変化による微妙な特性変化のパターンを丹念に測定、データ収集し、機械学習を取り入れたAIを用いてその測定データを処理する。このAIを活用した温度推定技術を当社の最新 ColorEdge シリーズ(2018年5月時点:CG3145、CG319X)に搭載している。AIの活用により、ColorEdge 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、より正確な色表示を実現している。

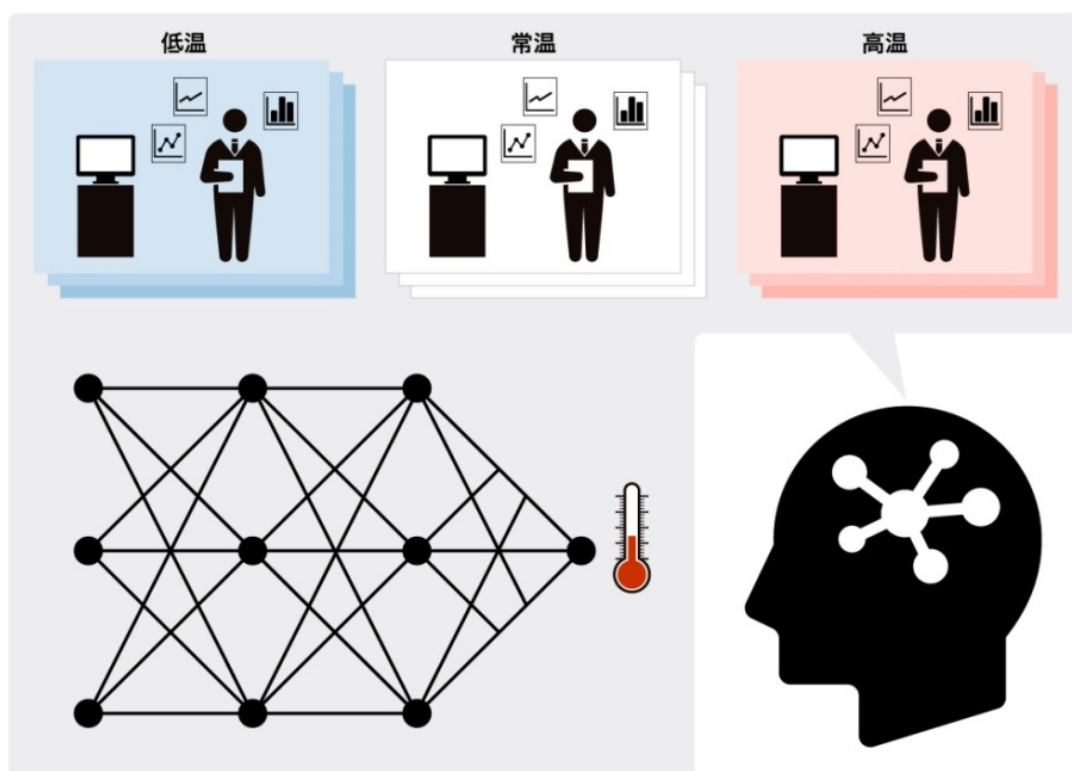


図 13. 恒温室での測定データを学習した AI による温度推定のイメージ

## 6 まとめ

液晶モニターは、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1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、高精度な表示品位を実現している。しかし、工場調整によってばらつきは補正できているものの、実際には周囲やモニター内部の温度変化の影響を受けて、色度・輝度などが常に変動している。

ColorEdge シリーズは、モニター内部に搭載した温度センサーにより、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、色度・輝度などに対して適切な補正を行い、正確な表示品質を維持している。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。

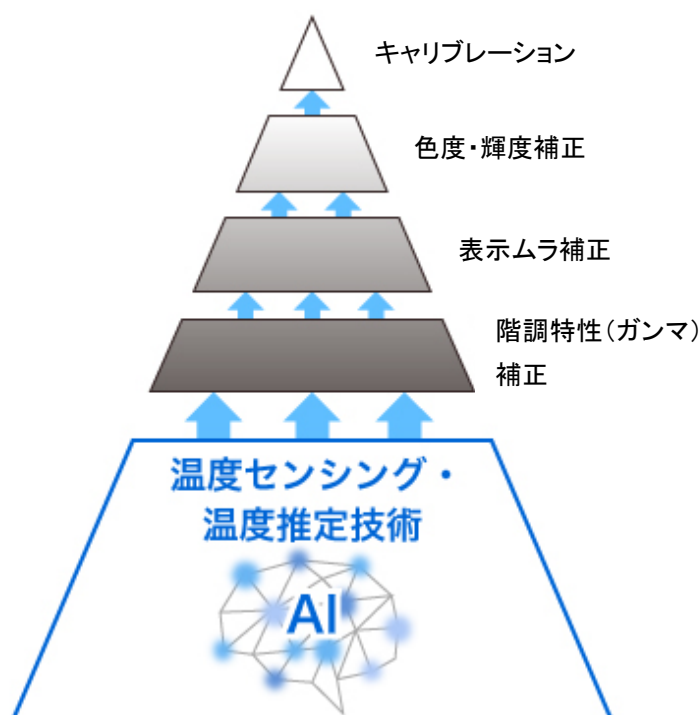


図 14. 表示安定化機能の概念図

以上により、ColorEdge シリーズを使用すれば、高精度なキャリブレーションだけでなく、キャリブレーション後も安定した色確認を行うことができる。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こそが、一般的なキャリブレーションモニターとの大きな違いであり、安定した色表示ができる ColorEdge シリーズの高い表示品質には欠かせない機能である。