



# White Paper

## ColorEdge CG221 のデジタルカラーユニフォミティ(色均一性)補正について

### CONTENTS

1. はじめに.....	2
2. カラーユニフォミティが画質に与える影響.....	3
2-1. カラーユニフォミティとは.....	3
2-2. カラーユニフォミティの表示画面への影響.....	3
3. カラーユニフォミティ不均一の原因.....	4
3-1. パネル構造による影響.....	4
3-2. 液晶セル、導光板や各種光学シート、カラーフィルターによる影響.....	4
3-3. 液晶駆動による影響.....	4
4. デジタルカラーユニフォミティ補正の測定例.....	5
5. デジタルカラーユニフォミティ補正のしくみ.....	6
5-1. 面内均一性補正.....	6
5-2. 階調別均一性補正.....	7
5-3. 12ビットLUT(Look-Up Table)&16ビット内部演算処理による高精度補正.....	8
6. まとめ.....	9

No.06-003 Revision A

作成：2006年8月

株式会社ナナオ カスタマーリレーション推進部

## 1. はじめに

近年、印刷・グラフィックス市場では、デジタルワークフローの浸透とともに、モニターの重要性がますます高まってきた。中でも印刷結果の確認をモニター上でおこなうソフトプルーフについては色校正の回数削減やワークフローのスピードアップなどが図れるとして多くの期待が寄せられており、ここで使うにふさわしい、より高い表示性能がモニターに求められるようになってきた。

これに対して当社では、印刷・グラフィックスの要求にこたえるべく、色再現性の向上、階調特性の最適化、専用キャリブレーションソフト (ColorNavigator) の開発などの技術的な取り組みを行い、ColorEdge シリーズに反映してきた。

しかし ColorEdge の名が当業界で知られてくる中、更なる高品位の要求が挙がってきている。その中の最も大きなもののひとつが、画面の色均一性(カラーユニフォミティ)である。この要求を受けて EIZO では補正技術を開発し、液晶パネル単体では実現困難な、色均一性をもつ画面を得ることに成功した。この技術を搭載した ColorEdge CG221 では、画面の色や輝度にムラの無い、今までにない均一な画面で画像を表示できる。

このホワイトペーパーでは、グラフィックスモニターに要求される画面の色均一性(カラーユニフォミティ)補正についてどのように考え、ColorEdge CG221 で実現したかについて焦点を当てて説明を行う。



ColorEdge® CG221

## 2. カラーユニフォミティが画質に与える影響

### 2-1. カラーユニフォミティとは

カラーユニフォミティとは、画面上の色の均一性(色つき度合い)のことである。通常、画面上の均一性というと、色の均一性と、輝度(明るさ)の均一性とは別に考える場合が多いが、ここでは輝度の均一性も含めてカラーユニフォミティと呼ぶこととする。

モニターの画面は通常均一に見えるが、実際によく眺めてみると、中央部が明るく周辺部が暗いとか、周辺部に色つきが見えたり、輝度や色が不均一な部分が見られる。また、これらは画面全域を白にしたときと、中間や低階調のグレー画面にしたときにはまた異なる不均一性を見せる。これは、画面上のエリアによるガンマ値が異なっていることも示している。参考に、実際の均一性を測定したデータ例を下記に示す。これにより、画面中央部と周辺部で E がかなり異なっていることがわかる。

E: 2点間の色の違いを色度と輝度の関係式で表して数値化したもの。数値が大きいほど、目視上色が異なって見える。通常、1程度であればほとんど色の違いは認識できないと言われている。

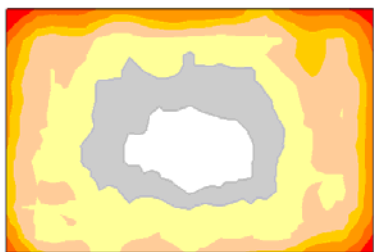


図1 画面の E (255 階調)

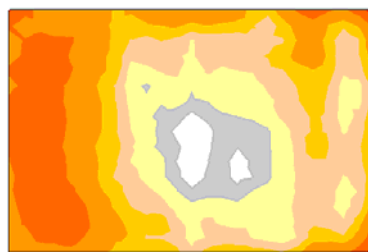
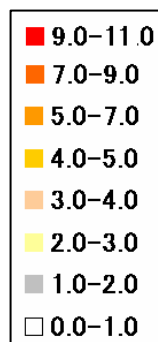


図2 画面の E (128 階調)



Eスケール

### 2-2. カラーユニフォミティの表示画面への影響

それでは、カラーユニフォミティの不均一なモニター、つまり画面のエリアごとに色や輝度、ガンマが異なるモニターでは、画質上どのような問題があるのでしょうか。一つには、全体の画像の色が部分部分で異なってしまふことである。例えば図4のように画面の右部分が黄色い場合には、元画像の右部分が黄色いと誤解してしまう可能性がある。



図3 正しい画像



図4 画面右側が黄色い場合

また、画面上に同じ画像を並べるなどして画像の色を比較する場合があるが、図 5 では左側の画像が黄色く、右側の画像が赤っぽくなっている。これも、モニターの不均一性が原因で、正しく比較できないという問題がある。

さらに、画面上のエリアでガンマ値が異なることもある。こうなると、せっかくセンター部をキャリブレーションしてガンマ値を合わせても、左右でガンマが異なる場合には、画像の明るさや色が図 6 のように結果として異なってしまうという問題がある。

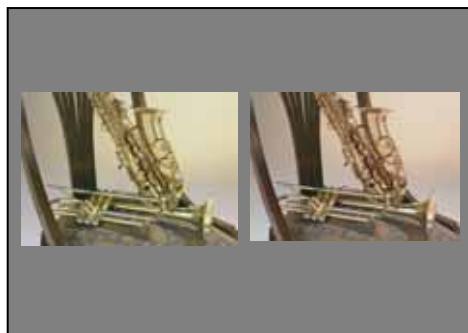


図 5 画面の左右で色が異なる場合

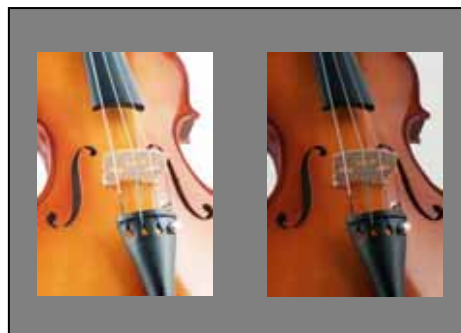


図 6 画面の左右でガンマ値が異なる場合

これら 3 つの例からもわかるように、カラーユニフォミティが不均一であると、程度の差はあれ、画像補正や色の確認をモニター上で正確に行うことが難しくなってくる。

### 3. カラーユニフォミティ不均一の原因

そもそも、なぜカラーユニフォミティの不均一が起こるのであるのか。これにはいくつか原因が挙げられる。この原因について以下に簡単に述べる。

#### 3-1. パネル構造による影響

まずはバックライトの光の不均一性。図に示すように、液晶パネルの背面にはバックライトが位置している。液晶パネルの種類にもよるが、このバックライトの位置や発光強度の違いなど直接光の不均一性や、反射板などその他構造物による反射光の不均一性が原因として挙げられる。これらは、なるべく均一になるように設計されているが、完全には均一にするのは難しい。

#### 3-2. 液晶セル、導光板や各種光学シート、カラーフィルターによる影響

次に、液晶セル自身の不均一性が挙げられる。液晶セルは非常に薄いガラスに挟まれた間隔を制御していることもあり、この間隔の不均一による影響も無視できない。また、内部の導光板などの光学シート類、カラーフィルターによる影響も考えられる。

#### 3-3. 液晶駆動による影響

最後に、液晶素子を駆動させるときの影響もある。とくにワイド型モニターの場合、左右に長い液晶を画面全域にわたって駆動させなくてはならないため、どうしても左右で液晶素子の駆動度合いに差が出て、これが不均一性として画面上に現れる場合がある。



図 7 液晶モニターの構造

## 4. デジタルカラーユニフォミティ補正の測定例

EIZO では、このような画面の不均一性に対し、新商品 ColorEdgeCG221 において、デジタルカラーユニフォミティ補正機能を開発し、搭載した。当機能は画面上の輝度と色度を、画面全域、しかも全階調にわたって補正を行ったものである。

以下に、当補正システムの実際の補正例を示す。これまでほぼ不可能であった画面均一性の向上が、かなりの精度で実現できていることがわかる。下記のいずれの階調でも、通常の画面域のほとんどの部分で E が 1~2 以下と、これまで問題とされてきた画面の不均一性による問題点はほぼ解決すると考えている。

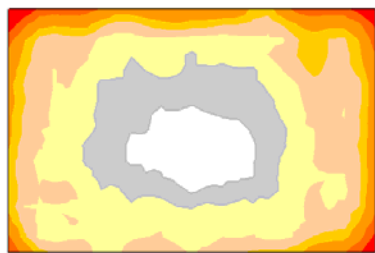
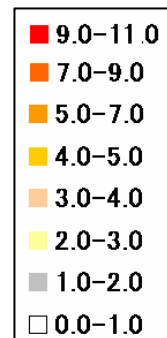


図8 255階調 (補正前)



図9 255階調 (補正後)



Eスケール

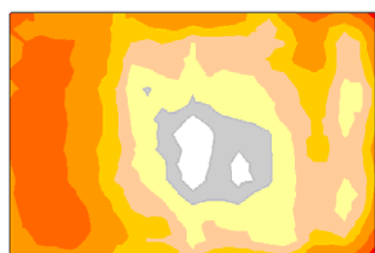


図10 128階調 (補正前)

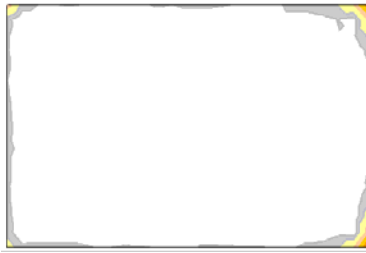


図11 128階調 (補正後)

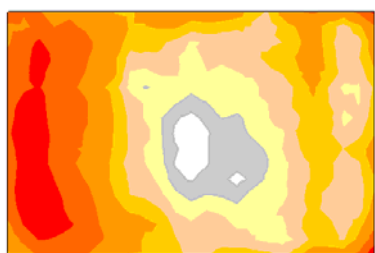


図12 64階調 (補正前)

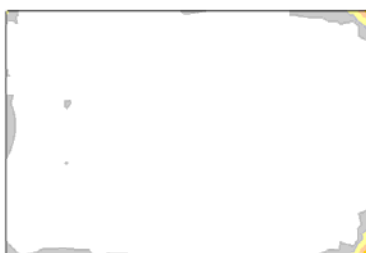


図13 64階調 (補正後)

## 5. デジタルカラーユニフォミティ補正のしくみ

では、ColorEdgeCG221 において、デジタルカラーユニフォミティ補正機能がどのように実現されているかについて以下に説明する。

### 5-1. 面内均一性補正

ある画面、例えば 255 階調目の白画面を補正する際、輝度の補正と色の補正を行う必要がある。これにより、輝度および色度が均一した画面が実現できる。実際には、モニター1 台ごと、画面上のすべてのポイントについて補正を行っている。

#### < 輝度均一性補正 >

例えば、図 14 のように画面上の輝度(明るさ)に不均一性があったとすると、そのエリアに対して輝度を下げ、周囲と明るさを合わせるように調整をおこなう。これを同じように画面全域に対しておこなうことにより、明るさについては画面全域で均一となる。

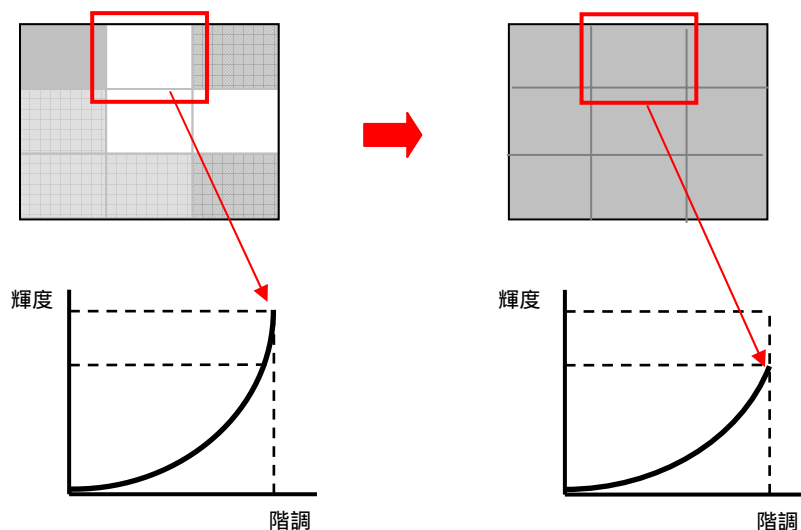


図 14 輝度均一性の補正

### < 色度均一性補正 >

次に、色度均一性の補正である。輝度が均一になったとしても、色度に関しては均一であるとは言えず、実際には画面上に色がついて見えるのが普通である。ここで、あるエリアに対して、RGB のバランスを変更することにより、画面センターと同じような色に変更することが可能になる。図 15 の例では、右下の G と B がセンター部と比較して強いため、各々補正されている。

これを画面全域でおこなうことにより、全体の色均一性が実現する。

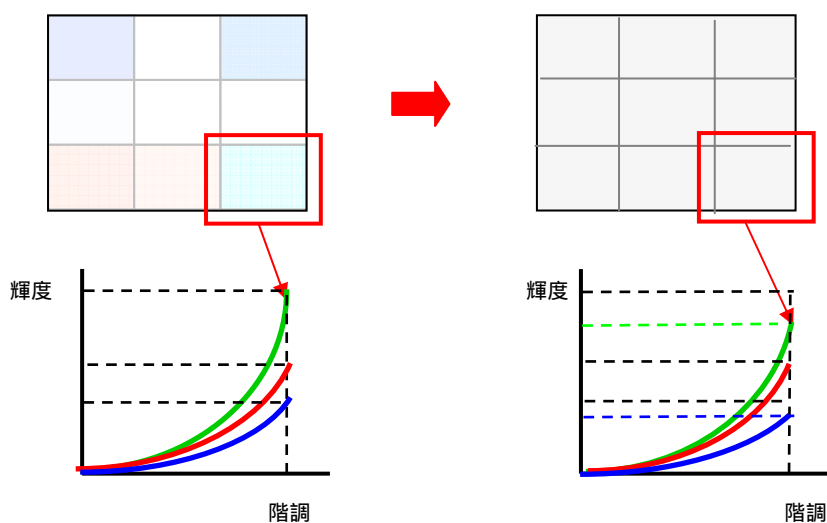


図15 色度均一性の補正

## 5-2. 階調別均一性補正

実際の画像データは、上記に示した 255 階調だけではなく、0~254 の中間階調も含んでいることは自明である。当デジタルカラーユニフォミティ補正では、この中間階調についてもほぼすべての階調で補正を行うことで、より理想的な画面を実現している。

これにより、中間階調を含むすべて階調において、輝度および色度の均一化をはかっている。こうして、結果として画面上のどのエリアにおいても均一なガンマ値を実現している。

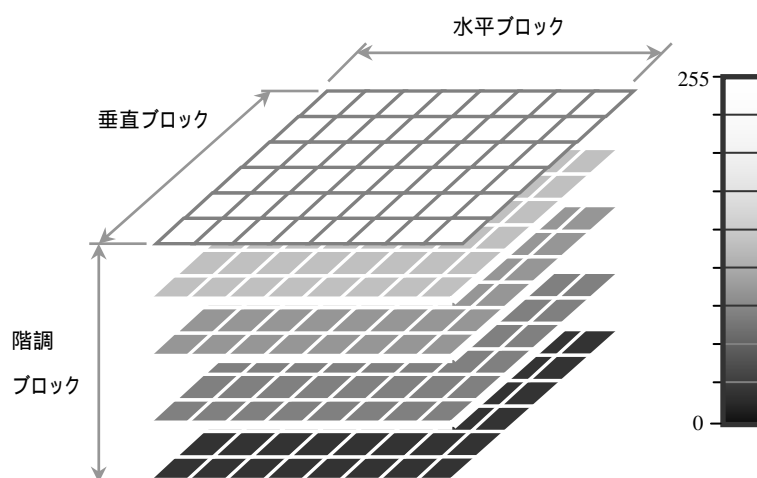


図16 階調別均一性補正



### 5-3. 12 ビット LUT (Look-Up Table) & 16 ビット内部演算処理による高精度補正

これら面内均一性、階調別均一性補正については、原理上は今までのシステムである 10 ビット LUT+14 ビット内部演算処理でも実現可能ではあったが、実際には補正縞が見えるなど、結果として得られる画像は実用に耐えるものではなかった。そこで、当カラーユニフォミティシステムでは新たな専用カラー補正 ASIC を開発することで、上記で説明した補正アルゴリズムと補正精度の向上を 1 チップ化することに成功した。(図 17)



図17 新カラー補正ASIC

実際の補正の原理としては、これまでの ColorEdge シリーズと大差はないが、今回の補正システム(新カラー補正 ASIC)では、カラー補正が補正フローに入り、演算部の内部演算処理精度がこれまでの 14bit から最高 16bit に変更となり、かつ出力の LUT もこれまでの 10 ビットから 12 ビット LUT になったことが異なっている。これにより全体域での変換誤差精度が向上し、中間部を含めた階調表示精度がいちだんと向上している。信号の流れとそれぞれの部位での役割は図 18 の通りである。

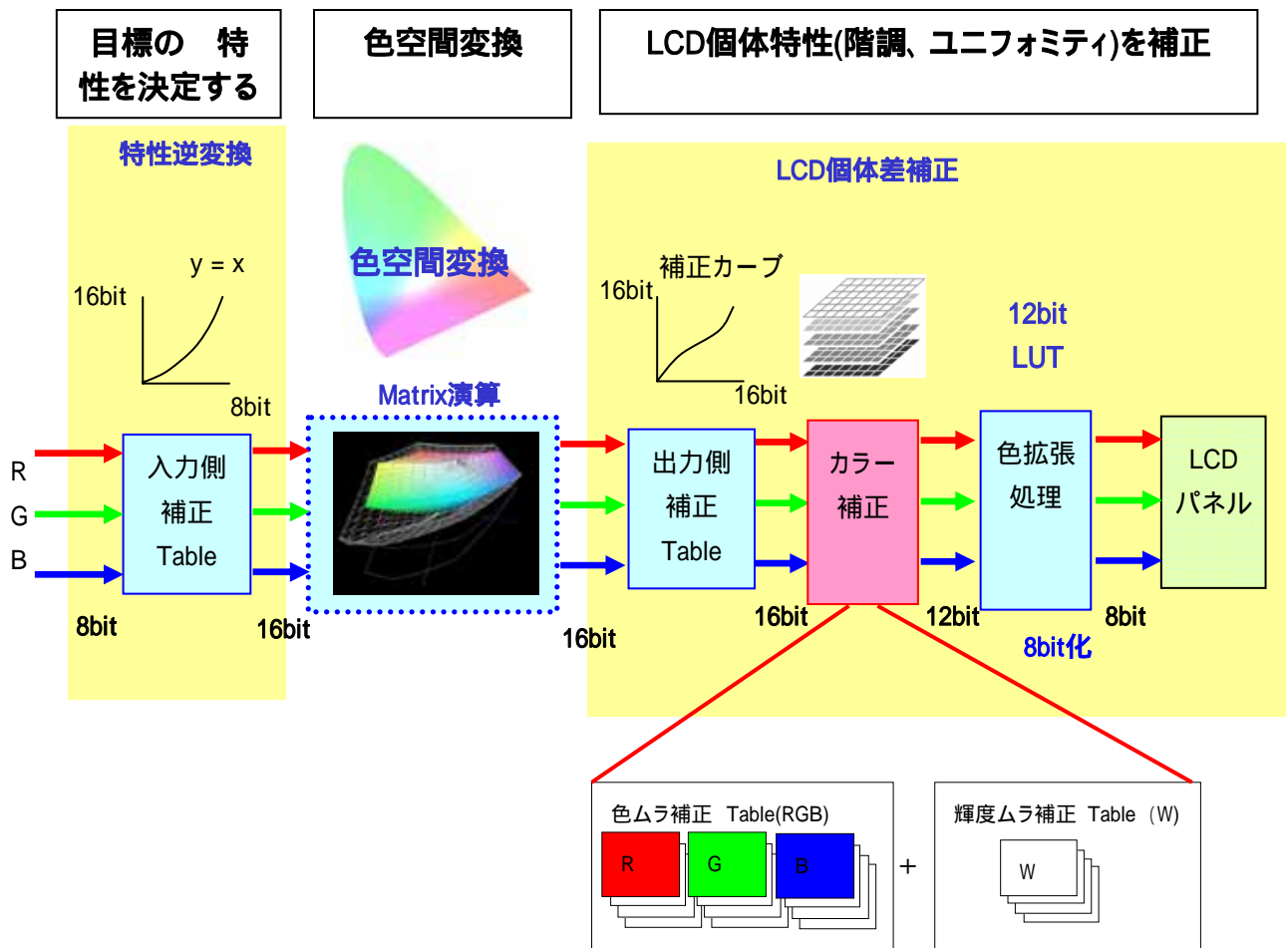


図18 補正フロー



**目標の 特性を決定する...**LCD の個体差がない(理想的な 特性であるとの仮定)前提で、目標とする 特性、例えば 1.8 等、を演算により決定する。

**色空間変換...**目標の 特性を決定しただけでは、色温度が正しくないため、色空間演算により白色の色温度や色域を決定する。当結果については、演算精度向上(16 ビット演算)により、結果として得られる色空間がより目標値に近づいている。

**液晶パネル個体特性を補正 (階調およびカラーユニフォミティ補正)...**元々液晶パネルが持っている個体差を吸収し、滑らかな特性を持たせるように補正を行う。このとき、合わせてカラーユニフォミティ補正も行う。12 ビットの LUT(16 ビット内部演算処理)の実現により、より高精度に補正が可能となっている。

## 6. まとめ

最後に、今回のカラーユニフォミティ補正を実現した技術についてまとめてみる。

### (1)専用カラー補正 ASIC の開発

カラー補正を行うために開発された専用 ASIC で、モニターのカラーユニフォミティ補正を実現。モニター1台ごとに、画面上の全ポイントと、全階調を補正。

### (2)専用カラー補正 ASIC の使用により、12 ビット LUT + 16 ビット内部演算処理の実現

これまでの 10 ビット LUT + 14 ビット内部演算処理をはるかに超える 12 ビット LUT + 16 ビット内部演算処理により、カラーユニフォミティ補正の補正精度を実用となるレベルにまで向上

### (3)補正アルゴリズムの確立

専用カラー補正 ASIC の開発と同時にその補正アルゴリズムを確立。また、補正の精度を上げるためのノウハウを蓄積することでより理想的な画面を実現。

以上により、ColorEdge は、CG221として更なる進化を達成し、理想的な印刷ワークフローを実現するためのカラーマネジメントモニターに、また一歩近づいたといえる。