



---

# 色再現範囲はどこまで必要か —ユーザーの要求値と国際規格の動向—

東芝松下ディスプレイテクノロジー(株)  
先行技術商品開発センター

久武 雄三

<http://www.tmdisplay.com>

東芝松下ディスプレイテクノロジー



---

## 内容

1. 色再現範囲の満足限、許容限
2. ISO規格の動向
3. 実使用環境下での色再現範囲と改善策
4. まとめ

東芝松下ディスプレイテクノロジー

1. 色再現範囲の満足限、許容限
2. ISO規格の動向
3. 実使用環境下での色再現範囲と改善策
4. まとめ

東芝松下ディスプレイテクノロジー

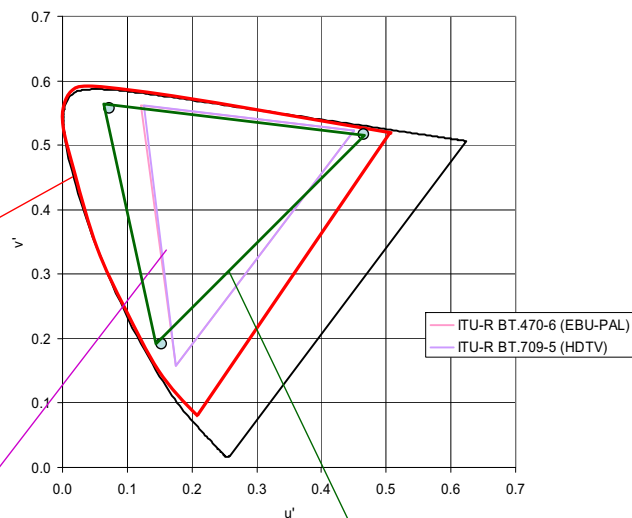
理想的な色再現

理想的な色再現  
 = 人間が目にする色の範囲 + 忠実な色再現 (カラーマッピング)

本当に全て必要か???

人間が目にする色の範囲

- ・自然界に存在する色;
  - 物体色
  - 発光光 (星空、夕焼け)
  - 相対色 (茶色、金色、銀色)
- ・人口色
  - LED, レーザーなど



EBU (sRGBもほぼ同じ)      NTSC



# 多様化するFPDの用途とFPDの特性

## 多様化するFPDの用途

- ・電子商取引
- ・ネットショップ
- ・テレショップ
- ・遠隔医療
- ・電子美術館

## 色再現の理想

- ・実物と同じ色
- ・光沢感
- ・質感

## FPDのパフォーマンス

・色再現範囲拡大  
(xvYcc、多原色、FS、LED-RGB光源)

- 一方、
- ・視野角特性
  - ・外光の拡散反射、表面反射



暗室特性  
(高彩度・高コントラスト)  
を高めても  
明所ではコントラストが低下



東芝松下ディスプレイテクノロジー



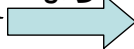
# 想定される満足限／許容限

・映像/TV/  
グラフィック画像

- ・電子商取引
- ・ネットショップ
- ・テレショップ

紙物のカタログでも  
「多少実物と異なります」  
といった但し書き

一般用  
なら



## 想定されるレベル

理想  
実物と同じ

満足限  
実物に近い(違和感なし)  
記憶色の再現  
十分に綺麗な画像

許容限  
実物と同じ色相  
綺麗さ／記憶色との差異限界

- ・遠隔医療
- ・電子美術館

忠実性は必須  
→使用環境の指定も  
必要か

東芝松下ディスプレイテクノロジー

## Optimal and acceptable color ranges for display primaries

Erno H. A. Langendijk and Ingrid Heynderickx  
Philips Research Laboratories  
Eindhoven, The Netherlands

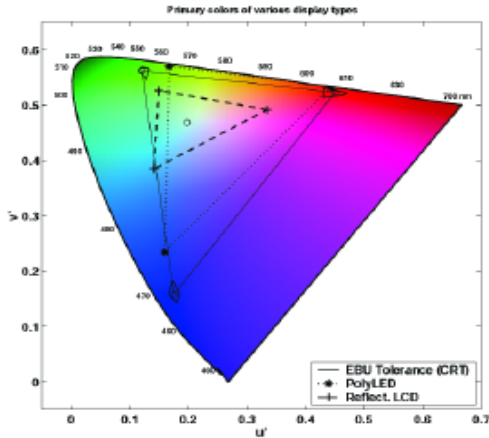


Figure 1. Chromaticity coordinates of the Red, Green, and Blue primaries as set by the EBU (European Broadcasting Union), and as measured on a typical PolyLED display and on a typical reflective LCD in daylight (D65). The circle (o) in the center of the plot is the white point (D65).

E.H.A.Langendijk, etal Jurnal of SID 2001

東芝松下ディスプレイテクノロジー

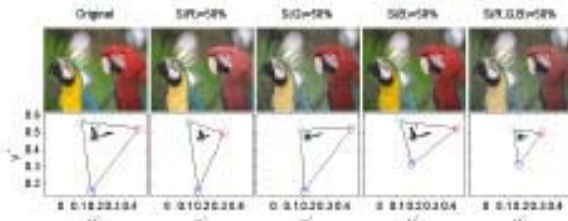


Figure 2. : Example of the effect of a saturation change of a single primary (middle three columns of panels) and all three primaries (most right column of panels) on the image Parrots. The upper panels illustrate the actual color change in the image. The lower panels show the corresponding chromaticity coordinates of all pixels in the 1976 CIE ( $u'$ ,  $v'$ ) color space. The red, green, and blue circles in the lower panels represent the coordinates of the Red, Green, and Blue primaries, respectively.

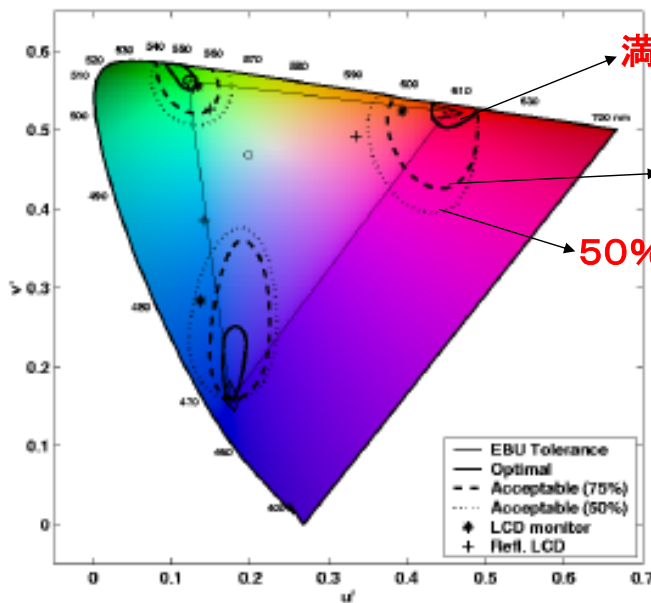


Figure 4. Optimal and acceptable chromaticity ranges of display primaries and the tolerance as defined by the EBU. If a primary is on the thick dotted ellipse, 75% of the subjects will say it is acceptable, on the thin dotted ellipse, only 50% of the subjects will say it is acceptable.

満足限

75%の被験者が許容  
(ISOでは許容限と定義)

50%の被験者が許容

満足限/許容限を面積のみで示すのは不適だが、3原色の色相が適切と仮定して

満足限 = EBU3角形面積の90%  
許容限 = EBU3角形面積の40%

東芝松下ディスプレイテクノロジー

1. 色再現範囲の満足限、許容限
2. ISO規格の動向
3. 実使用環境下での色再現範囲と改善策
4. まとめ

東芝松下ディスプレイテクノロジー

## FPDの品質要求規格における色再現範囲

TCO\*: TCO03以降、EBU規格準拠を要求。

ISO\*: 現IS規格 (ISO-9241-3,7,8、ISO-13406-2)  
では項目なし。

IS作成中の規格ISO-9241-30x  
(2007年中or2008年初頭に発行の見込み)  
では2種の要求がなされている(後述)。

\* TCO: The Swedish Central Organization of Salaried Employees  
ISO: International Organization for Standardization

東芝松下ディスプレイテクノロジー



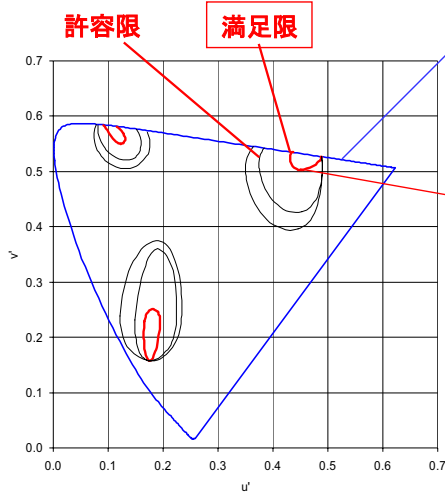
# ISO-DIS9241-307要求値(2005/12発行)

## a) for artificial information ( PCでのテキストや図表が対象 )

Over all relevant viewing directions (see design viewing direction) the colour gamut under ambient illumination shall exceed a minimum of 5 % of the total area of the CIE 1976 UCS chromaticity diagram, centered about the chromaticity of the reference white.

## b) for reality information (グラフィック画像やビデオ/TV画像が対象)

Over all relevant viewing directions (see design viewing direction) the colour gamut under ambient illumination shall be optimal to more than 90 % of the population (see Figure 4)



## a) for artificial information ( PCでのテキストや図表が対象 )

青枠の面積の5%以上  
→およそ、左図の一桁分

## b) for reality information (グラフィック画像やビデオ/TV画像が対象)

3原色の色度が赤枠内

ユーザーの満足限(左図)を要求

※いずれも1500lx下まで、  
左右±65°、上下±35°の視野  
まで満たす必要あり

東芝松下ディスプレイテクノロジー



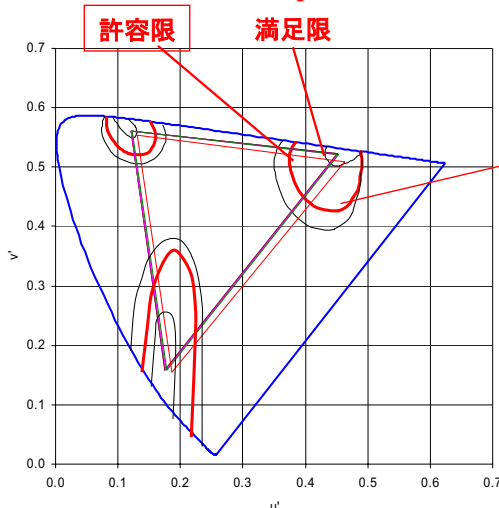
# ISO-FDIS9241-307要求値(2007/夏頃に発行見込)

## a) for artificial information ( PCでのテキストや図表が対象 )

DISと同じ

## b) for reality information (グラフィック画像やビデオ/TV画像が対象)

Over all relevant viewing directions (see design viewing direction) the colour gamut under ambient illumination shall be optimal to more than 75 % of the population



## b) for reality information (グラフィック画像やビデオ/TV画像が対象)

3原色の色度が赤枠内→DISから緩和

ユーザーの許容限(左図)を要求

※いずれも1500lx下まで、  
左右±65°、上下±35°の視野  
まで満たす必要あり

東芝松下ディスプレイテクノロジー

1. 色再現範囲の満足限、許容限
2. ISO規格の動向
3. 実使用環境下での色再現範囲と改善策
4. まとめ

東芝松下ディスプレイテクノロジー

## 実使用環境下での色再現範囲

実使用環境下での色度計算式  
(RGBサブピクセルを持つFPDにて赤色単色表示した場合)

### ①3刺激値の値

引用文献: Kubota, S.: Effects of Ambient Lighting Conditions on Luminance Contrast and Color Gamut of Displays with Different Technologies, In Proceedings of 6th International Conference on Human-Computer Interaction, p.643, Elsevier Science B.V., 1995

$$X_n(R) = X_0(R) + X_r(R)$$

$$Y_n(R) = Y_0(R) + Y_r(R)$$

$$Z_n(R) = Z_0(R) + Z_r(R)$$

$X_0(R), Y_0(R), Z_0(R)$ : 暗室下での3刺激値

$X_r(R), Y_r(R), Z_r(R)$ : 外光拡散反射成分の3刺激値

東芝松下ディスプレイテクノロジー



## 発光光(透過光)成分の3刺激値

$$\begin{aligned} X_0(R) &= \{X_0(R_{on}) + X_0(G_{off}) + X_0(B_{off})\} \\ &\doteq X_0(R_{on}) \\ &\doteq 9u'(R) \cdot Y_0(R) / 4v'(R) \\ Y_0(R) &\doteq Y_0(R_{on}) / \{L_L / \pi\} \\ Z_0(R) &\doteq Z_0(R_{on}) \\ &\doteq 3Y_0(R) \cdot (4 - u'(R)) / 4v'(R) - 5Y_0(R) \end{aligned}$$

$X_0(R_{on}), X_0(G_{off}), X_0(B_{off}), Y_0(R_{on}), Z_0(R_{on})$   
: 暗室下でのR,G,Bサブピクセル各々の3刺激値。  $Y_0(R_{on})$ の単位は $\text{cd}/\text{m}^2$   
 $u'(R), v'(R)$ : 暗室下でのRサブピクセルのUCS値(CIE1976)  
 $L_L$ : 画面表面の照度( $\text{lx}$ )

東芝松下ディスプレイテクノロジー



## 外光の3刺激値への影響(拡散反射光)

$$\begin{aligned} X_r(R) &= \{X_r(R_{on}) + X_r(G_{off}) + X_r(B_{off})\} / 3 \\ &= X_r(SP) \\ Y_r(R) &= Y_r(SP) \\ Z_r(R) &= Z_r(SP) \end{aligned}$$

$X_r(SP), Y_r(SP), Z_r(SP)$ : RGBサブピクセルの各々の外光拡散反射成分の3刺激値  
(RGBとも同等の値と近似)

$$\begin{aligned} X_r(SP) &= 9u'i \cdot r / 4v'i \\ Y_r(SP) &= r \\ Z_r(SP) &= 3r \cdot (4 - u'i) / 4v'i - 5r \end{aligned}$$

$u'i, v'i$ : 使用環境の照明のUCS値(CIE1976): D65に順ずる場合、 $(u'i, v'i) = (0.20, 0.47)$   
 $r$ : パネルの拡散反射率(表面処理や蛍光体での拡散反射)

東芝松下ディスプレイテクノロジー



## 実使用環境下色再現範囲計算式と一般的な係数 $r$

$$X_n(R) = X_0(R) + X_r(R) \\ = 9u'(R) \cdot Y_0(R) / 4v'(R) + 9u'i \cdot r / 4v'i$$

$$Y_n(R) = Y_0(R) + Y_r(R) \\ = Y_0(R_{on}) / \{L_L / \pi\} \pm r$$

$$Z_n(R) = Z_0(R) + Z_r(R) \\ = 3Y_0(R) \cdot (4 - u'(R)) / 4v'(R) - 5Y_0(R) \\ + 3r \cdot (4 - u'i) / 4v'i - 5r$$

自発光ディスプレイ、  
透過型LCDともに  
照度が高くなるほど、  
下線部分の比重が大きくなる。

### ②一般的な $r$ の値

- ・AG+コーティングAR偏光板用いたLCD

$$r_{(Pol)} \doteq 0.5\%$$

- ・従来のCRT蛍光体

$$r_{(Pho)} \doteq 6\% \text{ (ITU-R.BT500-1規格値)}$$

- ・蛍光体上にCFを設けた場合 ( $Y_0$ はCFなしとほぼ同等)

$$r_{(Pho+CF)} \doteq r_{(Pho)} \cdot (0.3 \sim 0.7) \doteq 2 \sim 4\%$$

東芝松下ディスプレイテクノロジー



## UCSの値／視角依存性があるパネルの試算

### ③UCS値の値

$$u' = 4X_n / (X_n + 15Y_n + 3Z_n)$$

$$v' = 9Y_n / (X_n + 15Y_n + 3Z_n)$$

※G単色、B単色も同様に計算。

### ④コントラスト視角依存性があるパネルの試算

$$X_0(G_{off}), X_0(B_{off}), Y_0(G_{off}), Y_0(B_{off}), Z_0(G_{off}), Z_0(B_{off}) > 0$$

$$X_0(R) = X_0(R_{on}) + X_0(G_{off}) + X_0(B_{off}) \\ \neq X_0(R_{on})$$

$$Y_0(R) = Y_0(R_{on}) + Y_0(G_{off}) + Y_0(B_{off})$$

$$Z_0(R) = Z_0(R_{on}) + Z_0(G_{off}) + Z_0(B_{off})$$

赤単色表示において、  
G,Bの光抜けを無視できない

東芝松下ディスプレイテクノロジー



## 視角依存性があるパネルの発光光(透過光)成分の3刺激値

R,G,B各サブピクセルのY値に対するコントラスト比を  $A_R, A_G, A_B (:1)$  とすると、

$$Y_0(R) = Y_0(R_{on}) + Y_0(G_{off}) + Y_0(B_{off})$$

$$= Y_0(R_{on}) + Y_0(G_{on})/A_G + Y_0(B_{on})/A_B$$

$$X_0(R) = X_0(R_{on}) + X_0(G_{off}) + X_0(B_{off})$$

$$= 9u'(R) \cdot Y_0(R) / 4v'(R)$$

$$+ 9u'(G) \cdot Y_0(G_{on}) / \{4v'(G) \cdot A_G\}$$

$$+ 9u'(B) \cdot Y_0(B_{on}) / \{4v'(B) \cdot A_B\}$$

$$Z_0(R) = Z_0(R_{on}) + Z_0(G_{off}) + Z_0(B_{off})$$

$$= 3Y_0(R) \cdot (4 - u'(R)) / 4v'(R) - 5Y_0(R)$$

$$+ 3Y_0(G_{on}) \cdot (4 - u'(G)) / \{4v'(G) \cdot A_G\} - 5Y_0(G_{on})/A_G$$

$$+ 3Y_0(B_{on}) \cdot (4 - u'(B)) / \{4v'(B) \cdot A_B\} - 5Y_0(B_{on})/A_B$$

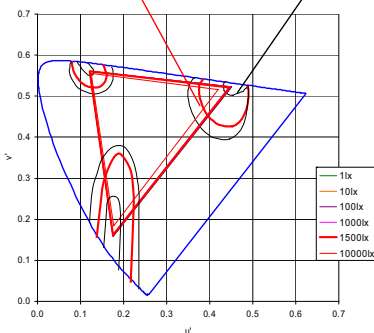
東芝松下ディスプレイテクノロジー



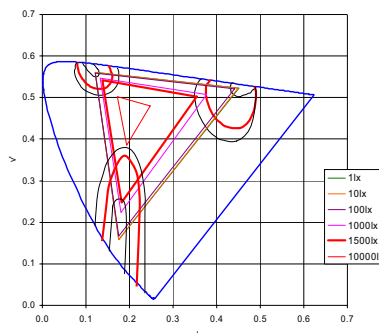
## 暗室下でEBUに準拠したパネルの色再現範囲の照度依存性

ユーザー許容限  
= ISO要求

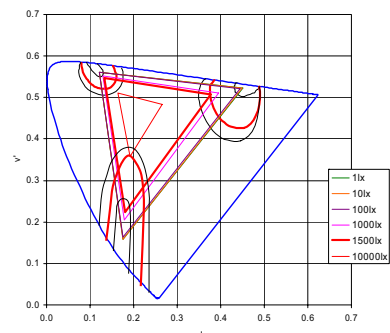
ユーザー満足限



EBUに準拠したLCD  
(拡散反射率0.5%)  
(正面特性)



EBUに準拠したCRT  
(拡散反射率6.0%)



EBUに準拠したCRT  
(拡散反射率3.0%)

- ・拡散反射率4%以下とすればISO-FDIS9241-307に適合。
- ・一般的なリビング環境では拡散反射率6%(CRTの現状)でも満足限を満たしている。

東芝松下ディスプレイテクノロジー

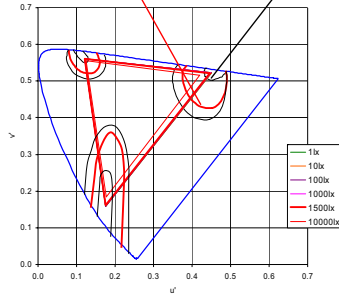


# 暗室下でEBUに準拠したパネルの色再現範囲のコントラスト比依存性1

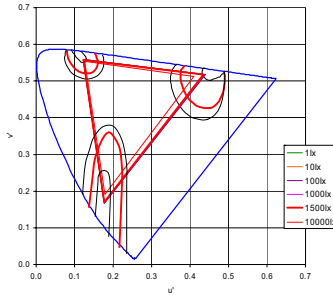
拡散反射率0.5%のLCD(一般的なコーティングAR付AG偏光板)の場合、視角依存性に伴うコントラスト比低下に対し、

ユーザー許容限  
=ISO要求

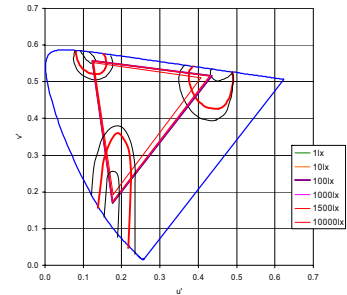
ユーザー満足限



コントラスト比=3000:1



コントラスト比=100:1  
→ISO規格適合  
→量販店環境で満足限



コントラスト比=70:1  
→ISO規格適合  
→量販店環境では  
許容限-満足限の間  
リビング環境で満足限

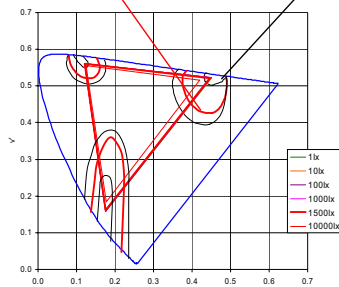
東芝松下ディスプレイテクノロジー



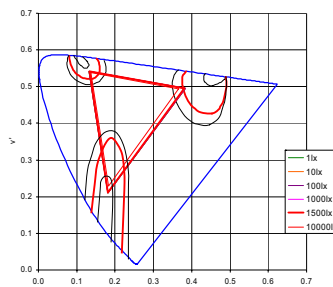
# 暗室下でEBUに準拠したパネルの色再現範囲のコントラスト比依存性2

ユーザー許容限  
=ISO要求

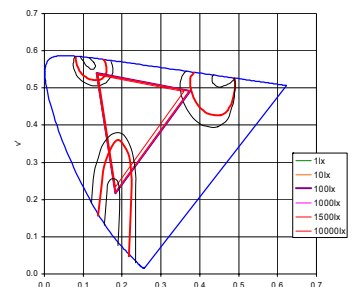
ユーザー満足限



コントラスト比=3000:1



コントラスト比=14:1  
→ISO規格適合  
→量販店環境で許容限



コントラスト比=12:1  
→ISO規格適合  
→リビング環境で許容限  
(ISO規格は100lxまで適合)

ISO規格の視野角標準(左右±65°、上下±35°)は、TV視聴の観視方向実態\*とほぼ合致している。従って、  
規格適合/最低限の視認性確保 → 視野角標準内コントラスト比 ≥ 14:1  
規格適合/家庭で満足される視認性確保 → 視野角標準内コントラスト比 ≥ 70:1  
規格適合/量販店でも満足される視認性確保 → 視野角標準内コントラスト比 ≥ 100:1

\*: 窪田悟; FPDの人間工学シンポジウム2005, session7, p132, JEITA(2005)  
及び久武; FPDの人間工学シンポジウム2006, session2-2, p43, JEITA(2006)

東芝松下ディスプレイテクノロジー

1. 色再現範囲の満足限、許容限
2. ISO規格の動向
3. 実使用環境下での色再現範囲と改善策
4. まとめ

東芝松下ディスプレイテクノロジー

## まとめ

- ①ISO-FDIS9241-307ではユーザー許容限(EBU3角形面積の略40%)を画面照度1500lx、視野角左右65° /上下35° にて満たすことを要求
- ②ISO規格に適合させるには拡散反射率 $\leq 4\%$   
但し、リビング環境では拡散反射率6%でもユーザーの満足限を満たす(標準的CRTがこれに該当)
- ③LCDの場合、
  - ・ISO規格に適合させる(=1500lxでユーザーの許容限満たす)には、視野角左右65° /上下35° にてコントラスト比 $\geq 14:1$
  - ・家庭(100lx)でユーザーの満足限を満たすには、視野角左右65° /上下35° にてコントラスト比 $\geq 70:1$
  - ・量販店(1500lx)でもユーザーの満足限を満たすには、視野角左右65° /上下35° にてコントラスト比 $\geq 100:1$

東芝松下ディスプレイテクノロジー