

有機 EL ディスプレイの表示特性の測定

窪田 悟^{*1}

Measurement of Luminance and Color Gamut of Organic Light-Emitting Diode Displays

Satoru KUBOTA^{*1}

(Received August 8, 2008)

1. はじめに

有機EL (organic light-emitting diode : 以後OLED) ディスプレイの実用化のための研究は, 1987年にコダック社のTang and VanSlyke¹⁾により有機物の積層構造が発光ダイオードとして使用できることを発表以来活発化した。現在 (2008年夏) までに, テレビディスプレイへの応用を目指した20型を超える大きさのアクティブマトリックスOLEDディスプレイの試作品がソニー, 東芝松下ディスプレイテクノロジー, セイコーエプソン, サムソンなどから相次いで発表され, 次世代の高画質ディスプレイとして注目を集めている。

本研究では, 試作品も含め3機種のOLEDディスプレイを開発メーカーから提供を受け, 画質に関連する物理的な特性を実際の使用環境を考慮して測定した結果を示す。測定結果をLCDやPDPに対する同様の測定結果と対比して示すことによってOLEDディスプレイの表示上の特徴を明確にした。

2. 測定対象ディスプレイ

表1に示したOLEDディスプレイ3種とLCD5機種, PDP1機種の合計9機種について, 実際の使用環境を考慮した表示特性の測定をおこなった。

表1 測定対象のOLEDディスプレイと各種ディスプレイ

種類	機種コード	主用途	発売または開発時期	対角サイズ (inch)	画素数	画素ピッチ (mm)
有機EL	AM-OLED1	試作品	2005年	3.5	320×240	0.220
有機EL	AM-OLED2	HDTV	2007年冬	11	960×540	0.261
有機EL	PM-OLED	試作品	2005年	1.0	96×96	0.180
TFT液晶	LCD-1	メディアプレーヤ	2006年	3.5	320×240	0.222
TFT液晶	LCD-2	メディアプレーヤ	2006年	3.7	640×480	0.117
TFT液晶	LCD-3	PDA	2006年	3.7	640×480	0.117
TFT液晶	LCD-4	ゲーム機	2006年	4.3	480×272	0.198
TFT液晶	LCD-5	HDTV	2007年春	42	1920×1080	0.484
プラズマ	PDP	HDTV	2007年秋	42	1920×1080	0.484

^{*1}:エレクトロメカニクス学科教授 (kubota@st.seikei.ac.jp)

3. 測定方法

3. 1 表示輝度

暗室条件において, 全白画面と全黒画面の輝度を法線方向から約50cmの距離で, 輝度計 (Photo Research社製PR880 FOV 1度) を用いて測定した。AMOLEDとPDPについては, 表示輝度にAPL (Average Picture Level) 依存性が認められたので, 白の測定パッチの大きさを画面全体の1~100%に変えてピーク白の輝度を測定した。

3. 2 表示色

暗室条件において, RGB三原色と白を分光放射計 (Photo Research社製PR701S) により計測し, 三刺激値 (X,Y,Z) を求めた。三刺激値より1976UCS色度座標を求め, 色域 (NTSC比) などを算出した。

3. 3 拡散反射輝度係数

ISO13406-2²⁾に準拠した方法で測定した。すなわち, まず15° φの2つの光源を30°入射で照射し, 法線方向から反射輝度 L_{rDIFF} を測定した。次に, 同じ光源と配置で標準白色板 (Labsphere99%) の反射輝度 L_{rWSTD} を測定し, 以下の式により拡散反射輝度係数 q を求めた。輝度計はPhoto Research社製PR880 FOV1度を用いた。

$$q = \frac{L_{rDIFF}}{L_{rWSTD}} \times \frac{0.99}{\pi} \quad (1)$$

3. 4 鏡面性反射率

拡散反射と同様に, ISO13406-2に準拠した方法で測定した。鏡面性の反射測定では光源を1台だけ用いる。入射角15°, 測定角15°に配置し, 光源サイズを前面のアパーチャーからの見込み角で1°~15°まで変化させて鏡面性 (Hazeを含む) の反射輝度を測定する。いわゆるVariable Aperture Specular Arrangement³⁾による測定方法である。輝度計の焦点は光源に合わせる。輝度計のアパーチャーは0.25°を用いた。

4. 測定結果と考察

表2に各機種の輝度、反射特性、色域などを示した。図1に暗室条件における色域と白色点を1976UCS色度図上に示した。評価対象となった3機種のOLEDの色域を最近の代表的なLCDとPDP（いずれも42型HDTV）と対比してプロットしたものである。AM-OLED1とPM-OLEDは試作品であり、青の純度が低い。AM-OLED2は製品であるが、色域は極めて広くほぼNTSCの領域をカバーしている。HDTV用のLCDとPDPはHDTVの規格であるITU-R BT.7094)の領域（sRGBに同じ）をほぼカバーしている。

これらの測定データからkubota⁵⁾、窪田⁶⁾、Post et al.⁷⁾の方法により、画面照度と黒レベル、コントラスト比、色域との関係を求めた。図2に画面照度と黒レベルとの関係を示した。広範囲の画面照度において、OLEDディスプレイはLCDやPDPよりも黒レベルが低い。特に100lx以下の条件においてLCDやPDPとの差が拡大し、OLEDディスプレイの特徴を現す。ただし、画面照度100 lxは家庭におけるテレビの観視条件の平均的レベルに相当し⁸⁾、100lx以下の環境は家庭においても比較的暗い観視条件であるといえる。

表2 暗室条件での各ディスプレイの測定結果

種類	機種コード	白輝度 (cd/m ²)	黒輝度 (cd/m ²)	コントラスト 比	拡散反射 率(%)	1度の光源 に対する鏡面性 反射率(%)	色域 NTSC 比 (%)
有機 EL	AM-OLED1	63 (APL:100%) 240 (APL:1%)	0	—	0.35	4.66	61
有機 EL	AM-OLED2	155 (APL:100%) 387 (APL:1%)	0	—	0.33	3.01	109
有機 EL	PM-OLED	93 (APL:100%)	0	—	0.43	4.79	46
TFT 液晶	LCD-1	132	0.19	695	0.98	10.84	57
TFT 液晶	LCD-2	127	0.73	174	6.43	4.57	25
TFT 液晶	LCD-3	165	0.81	204	0.83	0.76	42
TFT 液晶	LCD-4	123	0.17	724	0.15	13.48	49
TFT 液晶	LCD-5	702	0.087	8083 ※	0.56	0.28	98
プラズマ	PDP	55 (APL:100%) 268 (APL:1%)	0.036	7530 ※	3.32	1.25	87

※ 全黒画面とピーク白の輝度比。すなわち輝度のダイナミックレンジである。
APL 依存の輝度制御をしている場合は特定の画像のコントラストとは異なる

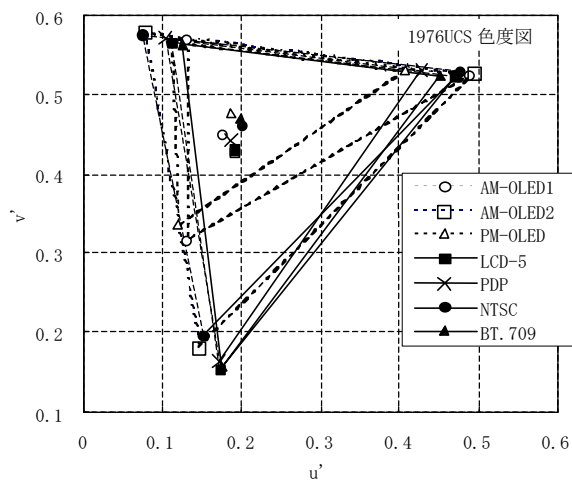


図1 暗室条件での各ディスプレイの色域

一方、比較的高い画面照度において同じ自発光型のPDPディスプレイは、黒レベルがLCDよりも高いが、OLEDディスプレイはLCDと同程度以下である。OLEDディスプレイは自発光型ではあるが、拡散面が無い上に円偏光

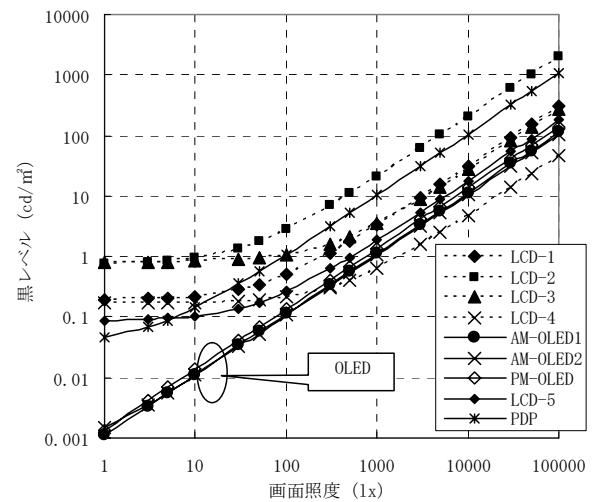


図2 各ディスプレイの画面照度と黒レベル

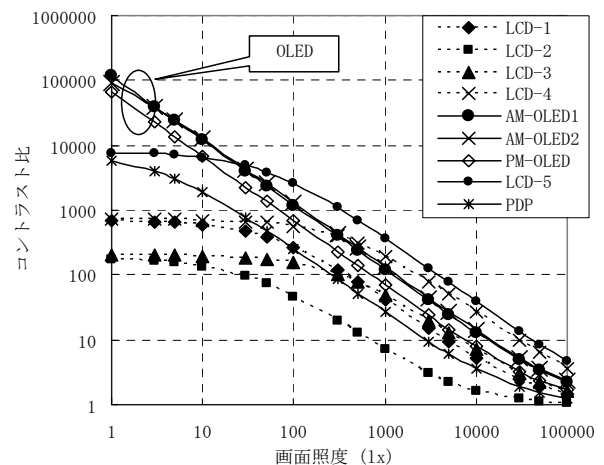


図3 画面照度とコントラストとの関係

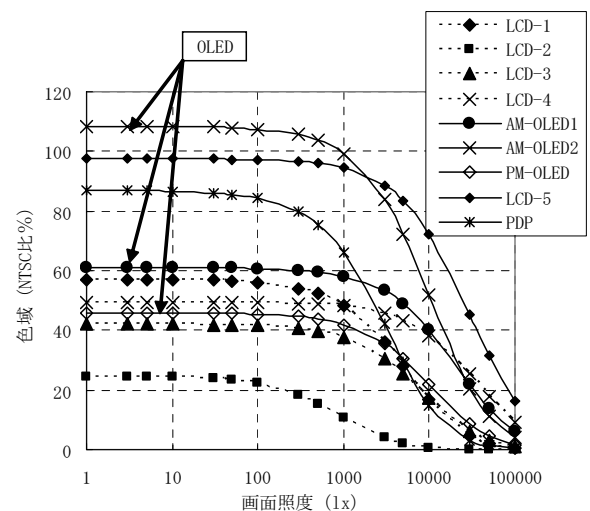


図4 画面照度と色域との関係

フィルターまたは特殊な光学フィルターにより外光反射を減じているためである。

図3に画面照度とコントラストとの関係、図4に画面照度と色域との関係を示す。図4の色域はUCS色度図におけるNTSC比である。広範囲の照度条件におけるOLEDディスプレイの黒レベルの低さは、同様にコントラストの高さおよび色域の広さと相関する。さらに鏡面性の反射率を低く抑えられれば、OLEDディスプレイは屋内、屋外を問わず高コントラスト、低黒レベルを維持できる自発光型ディスプレイとなり得る。

これらのOLEDディスプレイを用いた主観的な画質評価実験⁹⁾においても、物理的特性の測定から得られたOLEDディスプレイの際立った特徴が見出されている。

参考文献

- 1) Tang, C.W. and VanSlyke, S.A. : “Organic electroluminescent diodes”, *Applied Physics Letters*, Vol.51, No.12, pp.913-914, (1987)
- 2) ISO 13406-2 : “Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels – Part 2 : Ergonomic requirements for flat panel displays”, (2001)
- 3) Kubota, S. : “Effects of the reflection properties of liquid-crystal displays on subjective ratings of disturbing reflected glare” , *Journal of Light and Visual Environment*, Vol.21, No.1, pp.33-42, (1997)
- 4) ITU-R BT.709-5 : “Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange”, (2002)
- 5) Kubota, S. : “Effects of Ambient Lighting Conditions on Luminance Contrast and Color Gamut of Displays with Different Technologies”, In Y.Anzai, K.Ogawa and H.Mori (Eds.), *Symbiosis of Human and Artifact*, Elsevier Science B.V. (1995)
- 6) 窪田 悟 : “液晶ディスプレイの生態学—利用者中心のディスプレイ技術への視点—”, (財) 労働科学研究所出版部, (1998)
- 7) Post, D.L. and Lloyd, C.J.C. : “Colour display gamuts and ambient illumination”, *Displays*, Vol.15, No.1, pp.39-43, (1994)
- 8) 窪田, 嶋田, 岡田, 中村, 城戸: “家庭におけるテレビの観視条件, 映像メディア誌,” 60 巻, 4 号, pp.597-603, (2006)
- 9) 窪田 悟 : 有機 EL ディスプレイの画質評価, 映像情報メディア学会誌, 62 巻, 1 号, pp.122-125, (2008)