

LCD と PDP の画質比較

主観評価と物理特性に関する一考察

Comparison of Image Qualities of LCD and PDP

Consideration of Relationship between Subjective Evaluation and Physical Properties

学生会員 平井 経太[†], 浮島 正之[†], 柏 潔^{††*},
中口 俊哉[†], 正会員 津村 徳道[†], 正会員 三宅 洋一^{†††}

Keita Hirai[†], Masayuki Ukishima[†], Jie Bai^{††*}, Toshiya Nakaguchi[†], Norimichi Tsumura[†] and Yoichi Miyake^{†††}

Abstract In this paper, we compared image qualities of movies displayed on an LCD (liquid crystal display) and a PDP (plasma display panel) by conducting a subjective experiment and measuring physical properties measurements of the displays. We prepared sixteen movies with different dynamic range, saturation, contrast and colorfulness, and 42 observers rated the quality of the movies. We also measured the displays' physical properties such as the luminance, chromaticity. We analyzed the relationship between the observers' ratings and the measured physical properties and found that the distribution of the luminance histogram is an important factor that affects the observers' reactions to the movies.

キーワード：液晶ディスプレイ, プラズマディスプレイ, 画質比較, 主観評価, 物理特性

1. ま え が き

近年, フラットパネル型ディスプレイの技術発展は著しく, 薄型化, 大型化が急速に進んでいる. 特に液晶ディスプレイ (LCD) とプラズマディスプレイ (PDP) は現在量産化が可能なることから, 従来のブラウン管型 (CRT) ディスプレイに代わり, 需要が高まっている. それに伴い, LCD と PDP の特性や性能を様々な角度から比較することが課題となっている. 比較尺度として消費電力, 寿命, 機能性などが挙げられるが, ディスプレイの表示性能に注目したとき, 画質の評価・比較は特に重要である.

2006年12月8日, IDW'06で発表

2007年5月31日受付, 2007年7月23日再受付, 2007年7月24日採録

[†]千葉大学 大学院 融合科学研究科

(〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33, TEL 043-290-3261)

^{††}千葉大学 大学院 自然科学研究科

(〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33, TEL 043-290-3261)

^{†††}千葉大学 フロンティアメディカル工学研究開発センター

(〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33, TEL 043-290-3114)

* 株式会社日立製作所 生産技術研究所

[†] Graduate School of Advanced Integrated Science, Chiba University
(1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan)

^{††} Graduate School of Science and Technology, Chiba University

(1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan)

^{†††} Research Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University

(1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan)

* Production Engineering Research Laboratory, Hitachi Ltd.

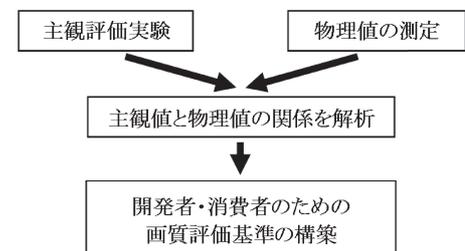


図 1 画質評価尺度の構築の流れ

Flow diagram for building image quality metric.

LCD と PDP の画質は一般に色再現, 階調再現, 偏角特性, 鮮鋭度¹⁾, 動画質²⁾³⁾ などにおいて比較されることが多い. 特に色再現性, 階調再現性は画質比較を行う上で非常に重要である. PDP は各画素が自発光するため, 暗部の表現が特に優れており, LCD はバックライトを液晶でマスキングすることで明るさを制御するため, 全体的に輝度が高く, 明るいシーンが見栄えが良いと言われている. しかし, これらは開発者による経験的な意見・比較で語られることが多く, 上記に挙げたディスプレイの見えの違いについて物理的な要因を言及する研究はほとんど行われていない. そのため, ディスプレイの見えの違いを明らかにし, 主観評価と高い相関がある新しい物理評価値を得ることは今後, 開発者や消費者の画質評価基準を考える上で非常に有効である. このような画質評価基準を構築するためにも

一般ユーザに対し主観評価実験を行い、その評価値と LCD と PDP の物理評価値を比較し、それらの関係を考察することは極めて重要である (図1)。

そこで本研究では動画像を提示した際の一般ユーザによる主観評価実験により、LCD と PDP の画質比較を行う。またそれらの画像の物理量として輝度・色度を測定することで、主観評価結果に対する物理量の影響を考察した。

2. 主観評価実験

主観評価実験では様々な動画像を提示した際の一般ユーザによる LCD と PDP の画質比較を行い、提示した動画像の特徴と主観評価結果との関係について考察した。

2.1 実験方法

本実験における被験者数は 20 歳代 28 人、30 歳代 3 人、40 歳代 5 人、50 歳以上 7 人、計 43 人 (画質知識豊富な被験者 (画質評価・画質改善に従事する研究者)13 人含む) である。被験者は両ディスプレイを同時に観察し、「全体的な見えが良い」と感じるディスプレイを選択した。また、実験後、被験者から自由記述のコメントを得るとともに、画質評価キーワード (図4) を提示し、LCD と PDP それぞれについて任意で回答を得た。図2 に実験環境を示す。視距離は二つのディスプレイが見やすいよう 3.1m とした。

観察対象として LCD は Sharp 製 AQUOS・LC-45GD1、PDP は Panasonic 製 VIERA・TH-42PX300 を用い、一般家庭環境下を仮定し、ディスプレイ中央位置で水平照度 150lux のもと、実験を行った。また、一般ユーザである被験者が明るさを基準として評価する可能性が高いため、本実験では 1 人の被験者に対して、LCD のバックライト設定を変化させた以下に示す 2 種類の条件で実験を行った。

- (1) 工場出荷時のディスプレイの状態で行った (LCD-1)。
- (2) 18%グレイを全面表示した際、LCD の輝度が PDP の輝度に一致するよう、LCD のバックライトを調整した状態で実験 (LCD-2)。

提示する動画像は 15 ~ 20 秒間の映像 (1920 × 1080 画素) を計 16 本用意し、特徴により六つのカテゴリーに分類した (表1)。また、動画像内の動きが速すぎる場合、各ディ

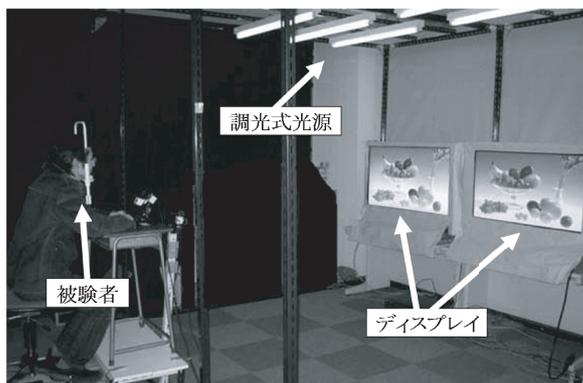


図 2 主観評価実験の環境
Subjective experimental setup.

表 1 「PDP の方が全体的な見えが良い」という回答した被験者の割合 (カテゴリー別)

Ratio of observers who preferred PDP (various types of displayed movies).

動画像カテゴリー	LCD-1 との比較	LCD-2 との比較
記憶色 (肌:3 本)	57.4%	54.3%
記憶色 (自然:2 本)	38.4%	34.9%
(原色系の) 鮮やかさ (3 本)	27.9%	24.0%
暗いシーン (4 本)	97.1%	92.4%
(氷, 金属などの) 質感 (3 本)	51.9%	38.8%
解像度 (1 本)	67.4%	62.8%
平均	59.2%	53.3%

*解像度: 煉瓦が敷き詰められている壁を撮影した、細かいテクスチャを含む動画像

表 2 「PDP の方が全体的な見えが良い」という回答した被験者の割合 (被験者の種類別)

Ratio of observers who preferred PDP (various types of observers).

被験者の種類	LCD-1 との比較	LCD-2 との比較
20 歳代	57.1%	53.4%
30 歳代	61.7%	46.7%
40 歳代	55.0%	45.0%
50 歳代以上	69.3%	61.4%
一般ユーザ	59.2%	50.8%
画質知識豊富な被験者	59.2%	58.8%

スプレイの動画表示特性²⁾³⁾ が主観評価に大きな影響を与えると考えられる。本研究では、色や輝度が主観評価に与える影響を考察するため、ディスプレイの動画表示特性が主観評価に影響を与えないよう「動きの遅い」動画像を用意した。被験者にはまず始めにテスト動画像を 2 本提示し、その後、評価用の 16 本の映像を同じカテゴリーが連続しないよう提示した。各動画像間には 10 秒間の 18%のグレイ画像を表示している。

2.2 結果と考察

各カテゴリーに分けた際の「PDP の方が全体的な見えが良い」という回答が得られた結果を表 1 に示す。「暗いシーン」は約 95%という PDP 優位な結果が得られた。一方、「記憶色 (自然)」や「鮮やかさ」のカテゴリーでは LCD の方が良い結果になった。図3 は「暗いシーン」、「鮮やかさ」の動画像から切り出した代表フレームである。各々の主観結果は「暗いシーン (図 3(左))」が 95.3%、「鮮やかさ (図 3(右))」が 17.4%である。

表2 は年代別、一般ユーザと画質知識豊富な被験者の結果である。年代別では 50 歳代以上では「記憶色」、「鮮やかさ」において「PDP の方が良い」と選ぶ傾向が見られた。



図 3 動画像から切り出した代表フレーム (左) 暗いシーン (右) 鮮やかさ
Representative images of displayed movies
(left):Dark scene, (right):Scene with colorfulness

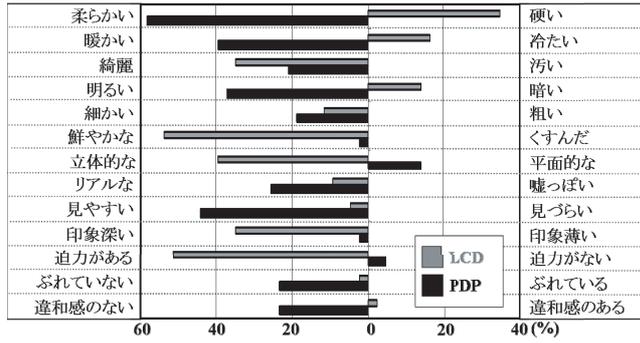


図 4 画質評価キーワードとその結果
Image quality keywords and results of observers' impression.

これは「LCD は不自然に感じる」というコメントが多かったことが要因と考えられる．一般ユーザの結果は画質知識豊富な被験者の結果に対して、特に「解像度」や「鮮やかさ」の点で PDP の評価が下がった．

画質評価キーワードを分析した結果(図 4), PDP は柔らかい・暖かい, LCD は鮮やかな・迫力があるという要因が挙げられた．またコメントとして PDP は「暗部がはっきり見える」「柔らかい」「自然」, LCD は「鮮やか」「不自然」などが多く、主観評価結果と一致する傾向が得られた．

3. 主観評価値と物理値に関する考察

本章では、前述の動画像について物理量を測定し、主観評価実験の結果に対する物理量の影響を考察する．

3.1 物理測定と結果

物理量測定では各動画像から代表的なフレームを切り出し、その輝度と色度を測定した．測定機器は輝度・色度について校正済みのカメラ (NIKON D1X) を使用した．測定環境は主観評価実験と同様である．

図5は PDP と LCD の主観評価結果の差が大きかった動画像の代表フレーム(図 3)の輝度・xy 色度ヒストグラムである．LCD-1 と LCD-2 の色度ヒストグラムはほぼ同じ結果となったため、LCD-2 の結果は割愛した．

3.2 主観評価に対する物理量の影響

図 5(a) に代表されるように、暗いシーンでは LCD に比べ PDP の輝度ヒストグラムはより広く分散している．これは低輝度領域において PDP はより詳細な輝度階調表現が可能であることを示しており、これが主観評価実験結果やコメントの「暗部がきれいに見える」という結果になった要因と考えられる．一方、PDP の最大輝度は低いため、低輝度から高輝度までを含むシーンでは LCD の方がよりコントラストの高い表現ができ、LCD の高評価につながったと考えられる．

ディスプレイの設定を変化させた際、LCD-2 との比較よりも LCD-1 との比較において「PDP の見えが良い」と回答した被験者が少ない．これは LCD-1 は LCD-2 に比べ

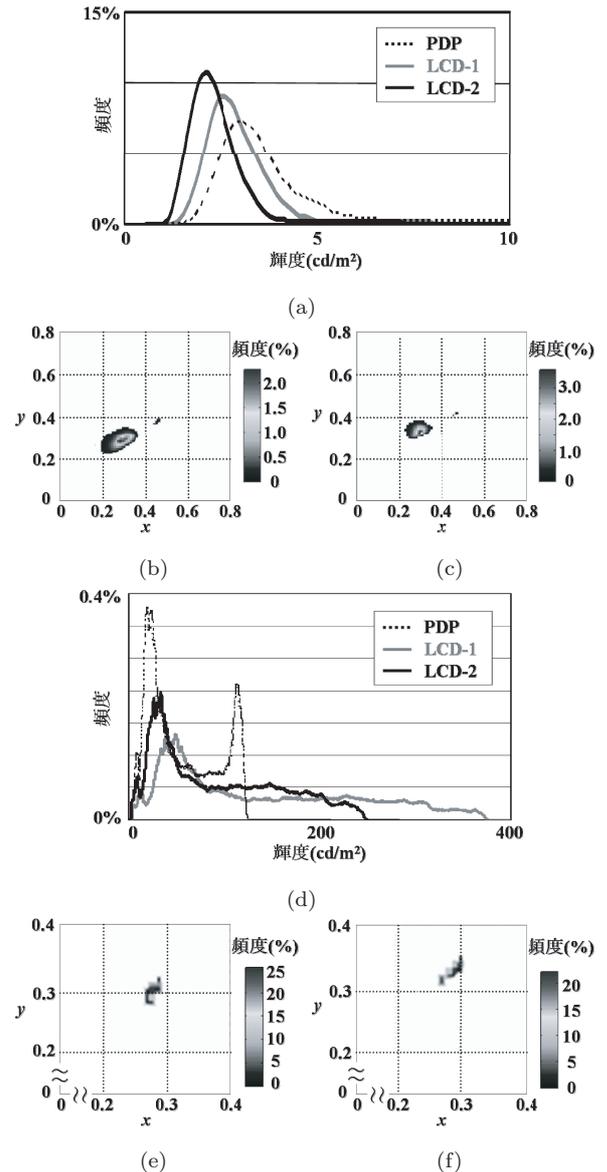


図 5 (a)~(c):図 3(左)の輝度ヒストグラム・xy 色度ヒストグラム (LCD-1)・xy 色度ヒストグラム (PDP), (d)~(f):図 3(右)の輝度ヒストグラム・xy 色度ヒストグラム (LCD-1)・xy 色度ヒストグラム (PDP)

(a)~(c):Luminance distribution, xy chromaticity distribution (LCD-1) and xy chromaticity distribution (PDP) of the image shown in Fig.3 (left), (d)~(f):Luminance distribution, xy chromaticity distribution (LCD-1) and xy chromaticity distribution (PDP) of the image shown in Fig.3 (right).

ディスプレイの輝度が高く、輝度ヒストグラムがより広く分散しているためだと考えられる．カテゴリー別では特に金属、氷などの質感の豊富なコンテンツにおいて、他のコンテンツよりもディスプレイの設定の差が大きく生じている．質感などの表示は他のコンテンツに比べ、より輝度ヒストグラムに大きく影響すると考えられる．また、年代別に見ると 20 歳代に比べ 30 歳以上では、よりディスプレイの設定に影響を受けやすい結果が得られたが、この結果も、30 歳以上ではより輝度ヒストグラムの分散が大きいディスプレイを好む傾向があることが要因として挙げられる．一方、一般ユーザに比べ画質知識豊富な被験者はディスプレ

イの設定にほとんど影響を受けていない。主観評価実験において画質知識豊富な被験者は一般ユーザに比べ、解像度や鮮やかさのカテゴリにおいて特にLCDを好む傾向が得られた。このことより、画質知識豊富な被験者はディスプレイの輝度やそのヒストグラムの分散よりも色再現や解像度などのその他の要因を観察し評価しているためと考えられる。

色度ヒストグラムに関してLCDとPDPの差は見られたが、「LCDは不自然に感じるが、好みである」というコメントも多く見られた。そのため、色に関しては個人的な好みが大きく影響されると考えられる。

4. むすび

本研究では、LCDとPDPを用いて動画像を提示した際の主観評価実験を行った。その結果PDPは暗部、LCDは明るいシーンの表現が良いという従来の経験的意見の妥当性が確認できた。また、提示した動画像の代表フレームの物理量を測定し、主観評価との関係を考察した。その結果、画像の輝度ヒストグラムの分布が主観評価へ大きな影響を与える要因の一つとして挙げられることも示した。

今回はLCDやPDPの画質比較において、動画像の主観評価を基本とし、その物理量との関係に注目した研究の第一ステップといえる。今後の課題として、画像の見えに関して様々な角度から主観評価・物理評価を行うことで、より詳細な比較・分析をし、主観評価結果と相関が高い新しい画質評価尺度の構築が挙げられる。

最後に、本研究において多大なアドバイス、ご協力して頂いた松下電器産業株式会社の足達克己氏に感謝致します。

〔文 献〕

- 1) 三宅洋一: “デジタルカラー画像の解析・評価”, 東京大学出版会 (2000)
- 2) Y. Igarashi, T. Yamamoto, Y. Tanaka, J. Someya, Y. Nakakura, M. Yamakawa, Y. Nishida, and T. Kurita: “Summary of Moving Picture Response Time (MPRT) and Futures”, SID Symposium Digest of Technical Papers, **35**, 1, pp.1262-1265(2004)
- 3) K. Oka, Y. Enami, J. Lee, and T. Jun: “Edge Blur Width Analysis Using a Contrast Sensitivity Function”, SID Symposium Digest of Technical Papers, **37**, 1, pp.10-13(2006)



ひらい けいた
平井 経太 2005年、千葉大学工学部情報画像工学科卒業。2007年、同大学院自然科学研究科博士前期課程卒業。2007年、同大学院融合科学研究科博士後期課程入学。現在に至る。主にフラットパネルディスプレイの画質評価・改善に関する研究に従事。学生会員。



うきしま まさゆき
浮島 正之 2005年、千葉大学工学部情報画像工学科卒業。2007年、同大学院自然科学研究科博士前期課程卒業。2007年、同大学院融合科学研究科博士後期課程入学。現在に至る。画質評価、画像解析に関する研究に従事。



かしわ けい
柏 潔 2006年、千葉大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。2007年、(株)日立製作所生産技術研究所入所。現在、(株)日立製作所生産技術研究所にて画像処理の研究に従事。



なかぐち としや
中口 俊哉 2003年、上智大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。現在、千葉大学工学部情報画像工学科 助手。2001-2003年、日本学術振興会特別研究員。画像解析、画質評価、医用画像処理、組合せ最適化に関する研究に従事。



つむら のりみち
津村 徳道 1995年、大阪大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。現在、千葉大学工学部情報画像工学科 助教授。医用画像工学、計測画像工学、色再現工学、質感再現工学の研究に従事。正会員



みやけ よういち
三宅 洋一 1968年、千葉大学大学院修士課程修了。1978年工博(東工大)、京都工繊大助手、助教授、スイス連邦工科大研究員、千葉大助教授を経て1989年教授、2003年より千葉大フロンティアメディカル工学研究開発センター長。ロチェスター大光学研究所客員教授、東工大教授(併任)。正会員。