

表面処理の違いが 各種FPDの画質に及ぼす影響

JEITA ディスプレイデバイス事業委員会
人間工学プロジェクト

(株)日立ディスプレイズ 佐々木亨

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

2

発表内容

1. はじめに
 - 1.1. 本研究の目的
 - 1.2. AHP法による評価
2. 実験方法
3. 結果
 - 3.1. 評価項目の重要度
 - 3.2. 画質評価結果(評価項目/パネル別)
 - 3.3. パネル別総合評価結果
4. まとめ

補足資料:ISO/FDIS 9241-303要求

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

発表内容

1. はじめに
 - 1.1. 本研究の目的
 - 1.2. AHP法による評価
2. 実験方法
3. 結果
 - 3.1. 評価項目の重要度
 - 3.2. 画質評価結果(評価項目/パネル別)
 - 3.3. パネル別総合評価結果
4. まとめ

補足資料:ISO/FDIS 9241-303要求

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

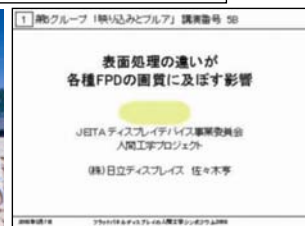
4 FPDの表面処理と画質

ポリッシュ(クリア)



映り込み: **くつきり強く**
文字、画像: **くつきり**

弱いマット処理(弱AG)



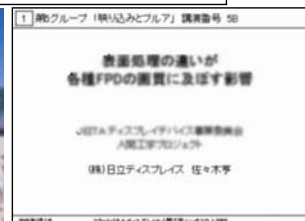
映り込み: **ぼやかせる**
文字、画像: **少しぼやける**

アンチリフレクション(AR)



映り込み: **くつきり弱く**
文字、画像: **くつきり**

強いマット処理(強AG)



映り込み: **強くぼやかせる**
文字、画像: **強くぼやける**

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

主観的な画質

- ・読み易さ
- ・くつきり感
- ・眩しさ
- ・リアルさ
- 等

主観的な画質を左右する要因

- ・使用環境の照度
- ・表面処理
- ・表示画像の内容
- ・パネル構造
- ・画面サイズ
- 等

- ◆どのような画質が重視されるか？
- ◆表面処理が画質に及ぼす影響を定量比較できないか？
- ◆さまざまな要因による違いはあるか？



表面処理の違いによる各種FPDの画質への影響を
人間工学的に比較・検討する。

発表内容

1. はじめに
 - 1.1. 本研究の目的
 - 1.2. AHP法による評価
2. 実験方法
3. 結果
 - 3.1. 評価項目の重要度
 - 3.2. 画質評価結果(評価項目/パネル別)
 - 3.3. パネル別総合評価結果
4. まとめ

補足資料:ISO/FDIS 9241-303要求

AHP (Analytical Hierarchy Process) 法とは

ピッツバーグ大学 T. L. Saaty 教授が考案した階層化意思決定法。複数の評価対象を、複数の項目に対して評価し、評価項目の重み付け(重要度)を乗じた総合評価点から順位付けをする統計手法。

主な応用事例

- ・フィンランドにおける原子力発電所建設に対する国会決議
- ・ペルーの日本大使館籠城事件の人質救出作戦方法の選択

本実験でAHP法を用いる理由

複数の画質評価項目ごとに表面処理の評価点が求まる。総合的に見て画質が最も良い表面処理を選定できる。

8 AHP法による評価結果の解析

評価対象

- a) ポリッシュ(クリア)
- b) ポリッシュAR(クリアAR)
- c) 弱いマット処理(AG12%)
- d) 強いマット処理(AG25%)

評価項目

- A: 見易さ、読み易さ
- B: 綺麗さ、くつきり感
- C: グレア感(眩しさ)、疲労感の少なさ
- D: リアルさ、忠実性

「A:見易さ、読み易さ」に対する a), b), c), d) の評価点相対値

$$\begin{pmatrix} T_a \\ T_b \\ T_c \\ T_d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_a & B_a & C_a & D_a \\ A_b & B_b & C_b & D_b \\ A_c & B_c & C_c & D_c \\ A_d & B_d & C_d & D_d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_i \\ B_i \\ C_i \\ D_i \end{pmatrix}$$

T_a : a) の総合評価点
 A_a : Aに対するa) の評価点相対値
 A_i : Aの重要度相対値

a), b), c), d) の総合評価点(相対値)

9 AHP法による解析手順

評価項目の重要度の評価手順

～ 例: 2.4型LCD, 写真画像, 100 lxの場合 ～

(1) 一対比較係数 = A対B、A対C、A対D、B対C、B対D、C対D
の比を計算

例: AはBの0.81倍重要

評価項目／表面処理		実験参加者				平均値	対比較係数			
		YH	DH	JH	...		対A	対B	対C	対D
A:見易さ、読み易さ	クリア	5	5	5		4.588	1	0.99	1.01	1.02
	クリアAR	5	5	5		4.706	1.03	1	1.04	1.05
	AGヘアズ ^{12%}	4.5	4.5	4.5		4.529	0.99	0.96	1	1.01
	AGヘアズ ^{25%}	4.5	4	4.5		4.500	0.98	0.92	1	1.01
B:綺麗さ、くつきり感	クリア	5	5	5		4.706	1.23	1	1.34	1.09
	クリアAR	5	5	5		4.588	0.92	0.75	1	0.81
対角にある値の逆数										
A:見易さ、読み易さ		5	7	5		5.824 = a	1	a/b = 0.81	a/c = 1.09	a/d = 0.88
B:綺麗さ、くつきり感		7	7	7		7.176 = b	1.23	1	b/c = 1.34	b/d = 1.09
C:グレア感、疲労感の少なさ		9	5	3		5.353 = c	0.92	0.75	1	c/d = 0.81
D:リアルさ、忠実性		5	5	5		6.588 = d	1.13	0.92	1.23	1

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シ

10 AHP法による解析手順

(2) 一対比較係数の相乗平均とその百分率を計算

例: 評価項目の重要度の場合

評価項目	対A:見易さ、読み易さ 対B:綺麗さ、くつきり感 対C:グレア感、疲労感の少なさ 対D:リアルさ、忠実性	積	4乗根 (= 相乗平均)	相乗平均の百分率 → 重要度 (%)
A:見易さ、読み易さ	$1.00 \times 0.81 \times 1.09 \times 0.88 =$	0.7803	$(0.7803)^{1/4} = 0.9399$	$0.9399 / 4.0253 \times 100 = 23.3$ A _i
B:綺麗さ、くつきり感	$1.23 \times 1.00 \times 1.34 \times 1.09 =$	1.7996	$(1.7996)^{1/4} = 1.1582$	$1.1582 / 4.0253 \times 100 = 28.8$ B _i
C:グレア感、疲労感の少なさ	$0.92 \times 0.75 \times 1.00 \times 0.81 =$	0.5571	$(0.5571)^{1/4} = 0.8639$	$0.8639 / 4.0253 \times 100 = 21.5$ C _i
D:リアルさ、忠実性	$1.13 \times 0.92 \times 1.23 \times 1.00 =$	1.2783	$(1.2783)^{1/4} = 1.0633$	$1.0633 / 4.0253 \times 100 = 26.4$ D _i

合計 4.0253

合計 100

◆ 評価項目ごとの各表面処理評価点も同様に計算。

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

11 AHP法による評価結果の解析

(3) 計算結果の意味

評価項目	評価点 平均値	< 採	□ 採	○ 採	□ 採	積	4乗根 (=相乗平均)	相乗平均の 百分率 (%)
A	a	1	a/b	a/c	a/d	$a^4/(abcd)$	$a/(abcd)^{1/4}$	$100 \times a/(a+b+c+d) = A_i$
B	b	b/a	1	b/c	b/d	$b^4/(abcd)$	$b/(abcd)^{1/4}$	$100 \times b/(a+b+c+d) = B_i$
C	c	c/a	c/b	1	c/d	$c^4/(abcd)$	$c/(abcd)^{1/4}$	$100 \times c/(a+b+c+d) = C_i$
D	d	d/a	d/b	d/c	1	$d^4/(abcd)$	$d/(abcd)^{1/4}$	$100 \times d/(a+b+c+d) = D_i$

合計 (a+b+c+d)

合計 $(a+b+c+d)/(abcd)^{1/4}$

∴ 一対比較係数の相乗平均の百分率 = 評価点平均値の百分率

◎ 評価項目間の一対比較により係数を決めれば、元の評価点の相対値が求まる。

◆このように計算した値を、評価項目の重要度や画質の評価点として用いる。

12 AHP法による画質評価結果の解析

(4) 各項目の重要度による重み付け 【AHP法を2段階に用いる】

評価項目		A:見易さ、読み易さ	B:綺麗さ、くつきり感	C:グレア感、疲労感の少なさ	D:リアルさ、忠実性	
評価点 (%)	クリア	A _a 25.0	B _a 26.4	C _a 22.5	D _a 24.3	} 評価点平均値から計算
	クリアAR	A _b 25.7	B _b 25.7	C _b 25.0	D _b 26.7	
	AGヘアス*12%	A _c 24.7	B _c 24.4	C _c 26.6	D _c 25.4	
	AGヘアス*25%	A _d 24.6	B _d 23.6	C _d 25.8	D _d 23.6	
重要度 (%)		A _i 23.3	B _i 28.8	C _i 21.5	D _i 26.4	総合評価 (%)
加重値 (%)	クリア	5.8	7.6	4.8	6.4	T _a 24.7
	クリアAR	6.0	7.4	5.4	7.1	T _b 25.8
	AGヘアス*12%	5.8	7.0	5.7	6.7	T _c 25.2
	AGヘアス*25%	5.7	6.8	5.5	6.2	T _d 24.3

この列の評価点 × 重要度

この行の合計

◆他の照度・画像条件、パネル種類についても同様に計算。

発表内容

1. はじめに
 - 1.1. 本研究の目的
 - 1.2. AHP法による評価
2. 実験方法
3. 結果
 - 3.1. 評価項目の重要度
 - 3.2. 画質評価結果(評価項目/パネル別)
 - 3.3. パネル別総合評価結果
4. まとめ

補足資料:ISO/FDIS 9241-303要求

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

14 実験条件

(1)比較した表面処理 各種表面処理の透明フィルムを貼り分け

b) クリアAR	c) AG ヘイズ12%
a) クリア* (フィルムなし)	d) AG ヘイズ25%

*37型LCD-TV:AGAR

(2)評価条件 16条件に対して4種の表面処理を比較

パネル4種 × 照度2種 × 画像2種 = 16条件

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

(3) 評価パネル 4種

- 2.4型QVGA-LCD: 携帯電話(透過型)
- 15型XGA-LCD : PCモニター
- 37型Full HD LCD: TV
- 42型Full HD PDP: TV(表面保護板付き)

(4) 評価照度 2種


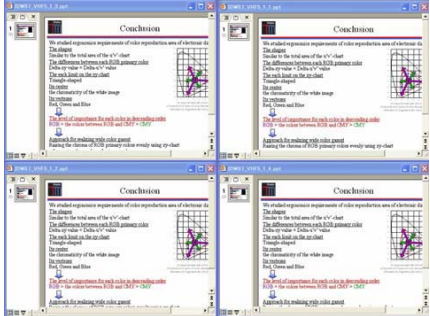
水平面照度 100 lx(リビング相当), 500 lx(オフィス相当)
 ・ともに画面への光源の映り込みなし

(成蹊大学 理工学部 窪田教授研究室 実験室: 天井照明調光可能)

(5) 実験参加者

男性19名、女性4名 (13~19名/1条件)

(6) 評価画像 パネルごとにドットバイドットで表示できるように変換

	15型LCD, 37型LCD, 42型PDP用	2.4型LCD用
写真画像	花束  黒背景 黒セーター 黒髪の女性	 黒背景 黒セーター 黒髪の女性
テキスト画像	 プレゼンテーション画面	 12ポイント 和文

(1) 主観評価

各照度、各パネル、各画像について、各表面処理の画面を正面から好みの距離で観察して下記項目を評価。

(2) 画質評価項目

- A: 見易さ、読み易さ (legibility, readability)
- B: 綺麗さ、くつきり感 (sharpness, pureness)
- C: グレア感(眩しさ)、疲労感の少なさ (glaringness, fatigue)
- D: リアルさ、忠実性 (reality, fidelity)

(3) 評価項目のスケール

- 5: 全く問題ない
- 4: 僅かに問題である
- 3: 少し問題である
- 2: 問題である
- 1: 非常に問題である

(4) 評価項目の重要度のスケール

- 9: 絶対的に重要
- 7: かなり重要
- 5: わりと重要
- 3: やや重要
- 1: 同じくらい重要

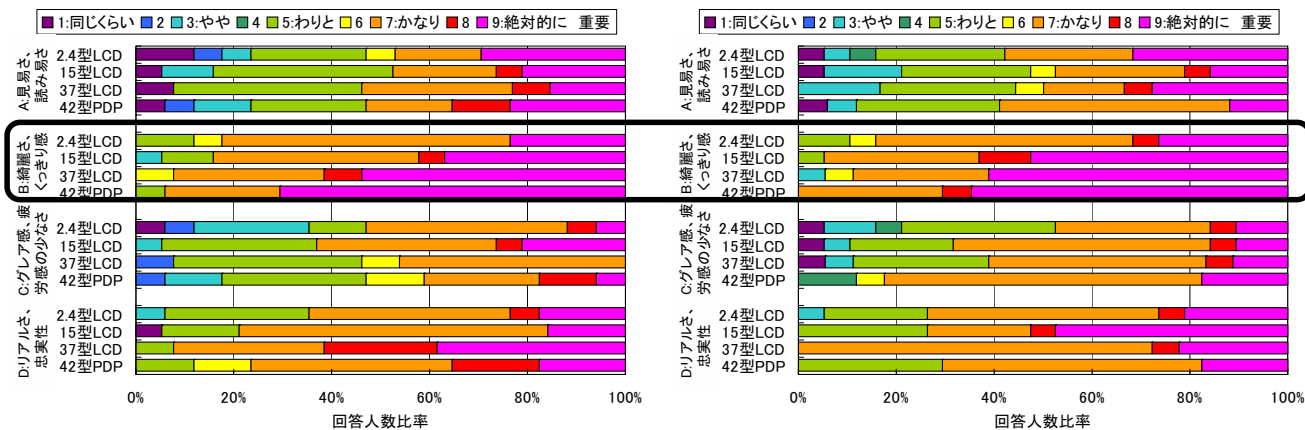
発表内容

1. はじめに
 - 1.1. 本研究の目的
 - 1.2. AHP法による評価
2. 実験方法
3. 結果
 - 3.1. 評価項目の重要度
 - 3.2. 画質評価結果(評価項目/パネル別)
 - 3.3. パネル別総合評価結果
4. まとめ

補足資料:ISO/FDIS 9241-303要求

19 画質評価項目の重要度の評価結果

(1) 写真画像の場合



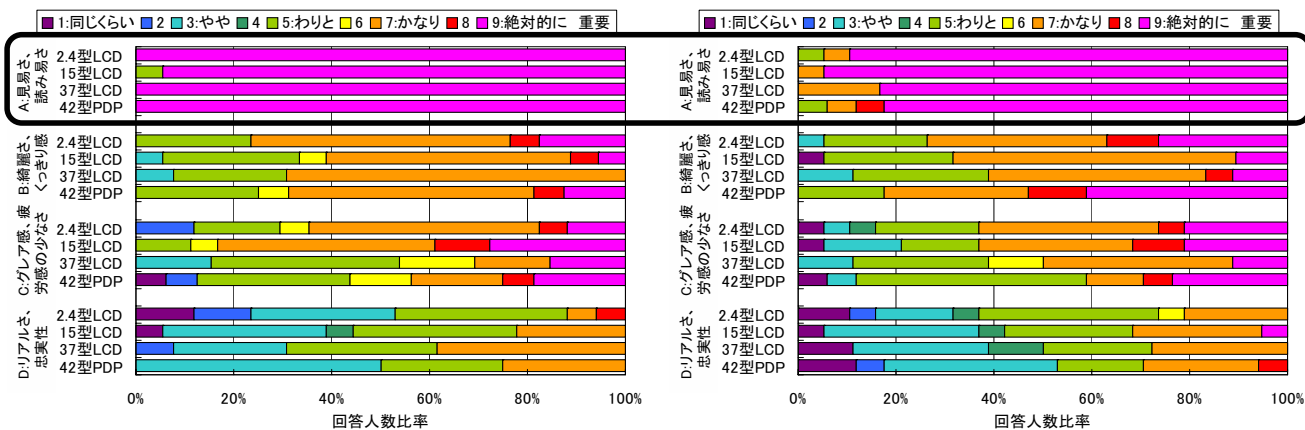
(a) 100 lx

(b) 500 lx

「B:綺麗さ、くつきり感」を重視する傾向

20 画質評価項目の重要度の評価結果

(2) テキスト画像の場合



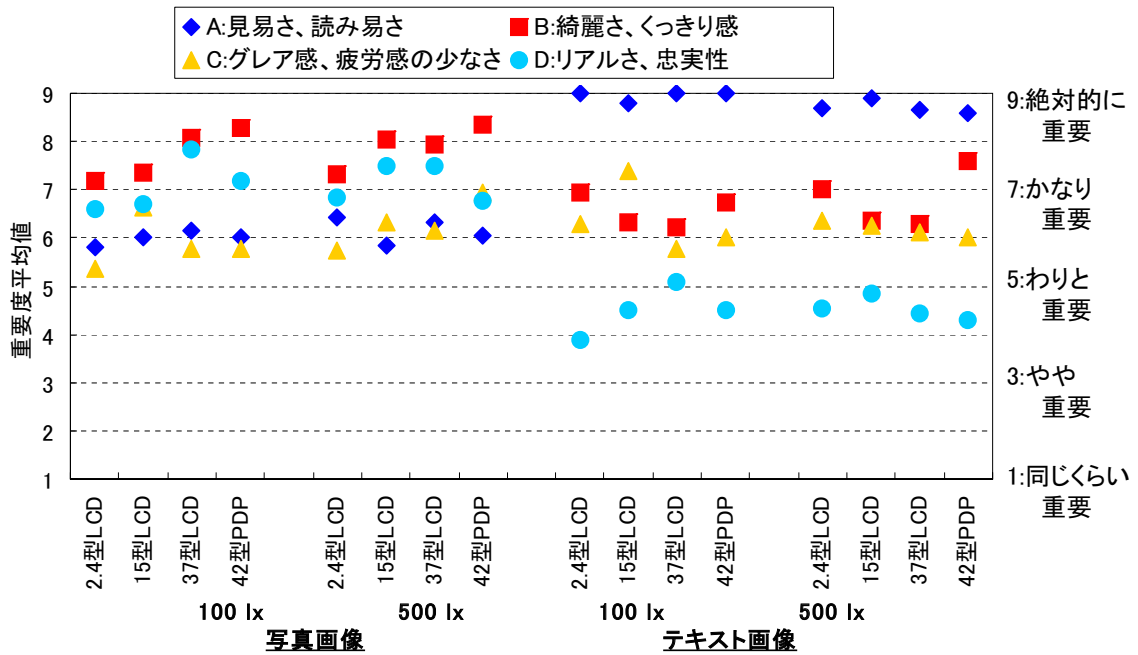
(a) 100 lx

(b) 500 lx

「A:見易さ、読み易さ」を重視する傾向

21 画質評価項目の重要度の評価結果

(3) 重要度平均値の比較



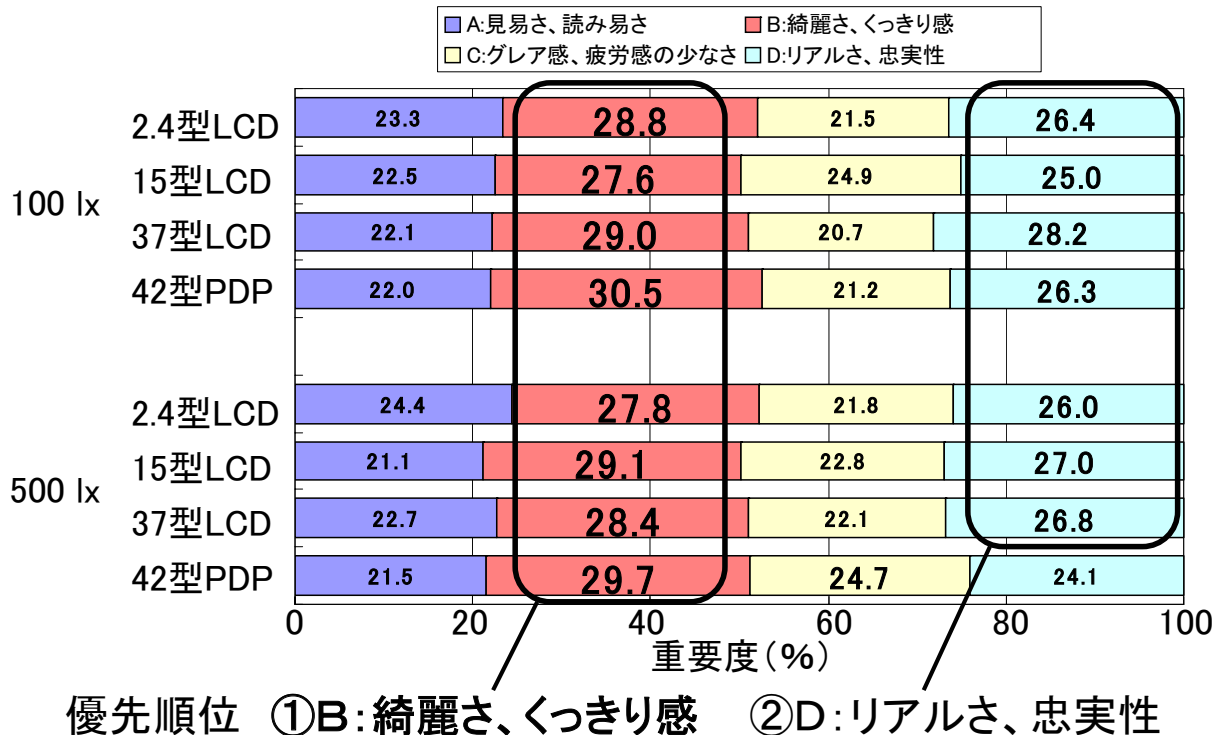
「A:見易さ、読み易さ」と「D:リアルさ、忠実性」の重要度は画像に左右される。
 「C:グレア感、疲労感の少なさ」の重要度は画像に左右されにくい。

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

22 画質評価項目の重要度百分率

写真画像の場合

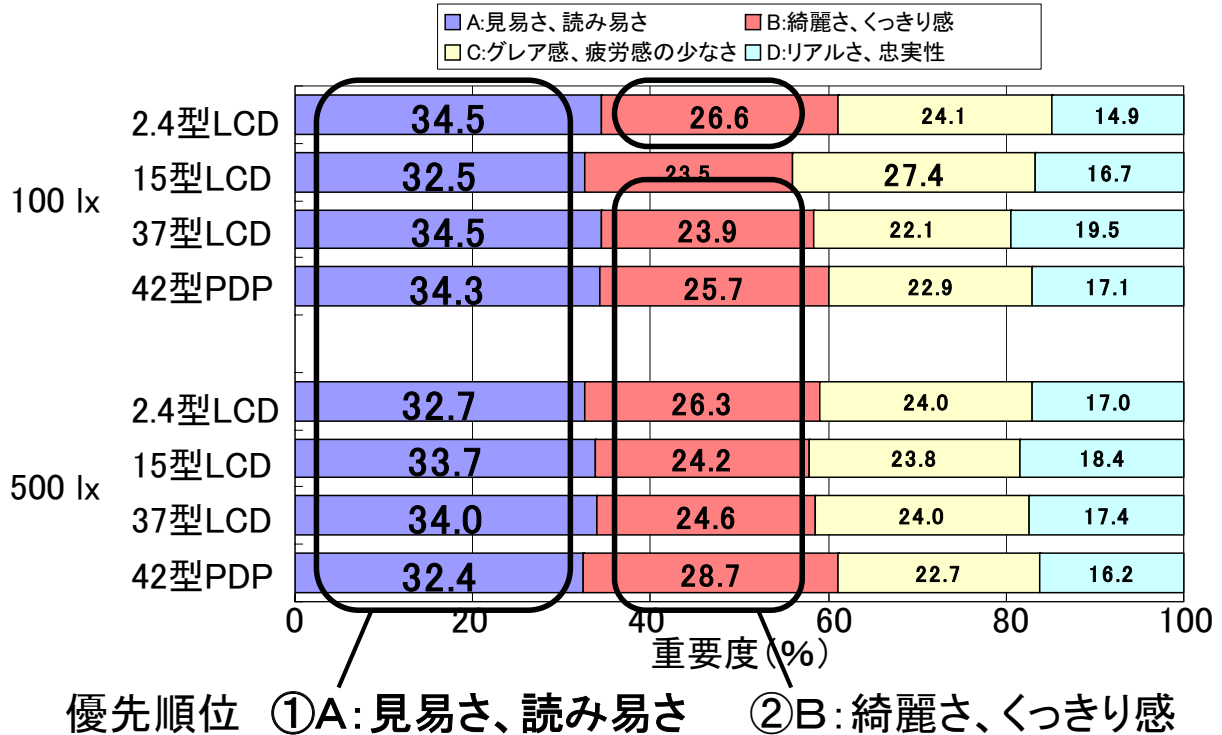


2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

23 画質評価項目の重要度百分率

テキスト画像の場合



2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

24 画質評価項目の重要度の解析結果



光源が画面に映り込まない光環境の場合、
「綺麗さ、くつきり感」を優先して画質向上を図ったほうがよい。



画像のボヤケを回避する方向が望ましい。

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

発表内容

1. はじめに
 - 1.1. 本研究の目的
 - 1.2. AHP法による評価
2. 実験方法
3. 結果
 - 3.1. 評価項目の重要度
 - 3.2. 画質評価結果(評価項目/パネル別)
 - 3.3. パネル別総合評価結果
4. まとめ

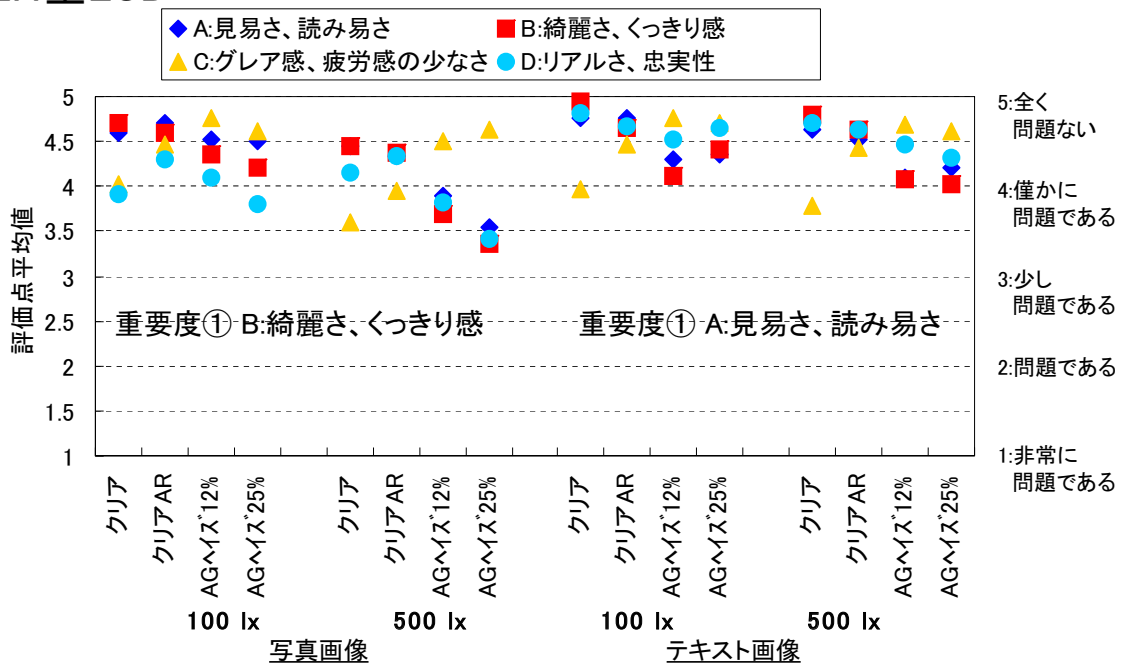
補足資料:ISO/FDIS 9241-303要求

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

26 各種表面処理パネルの画質評価結果:評価点平均値

(1) 2.4型LCD



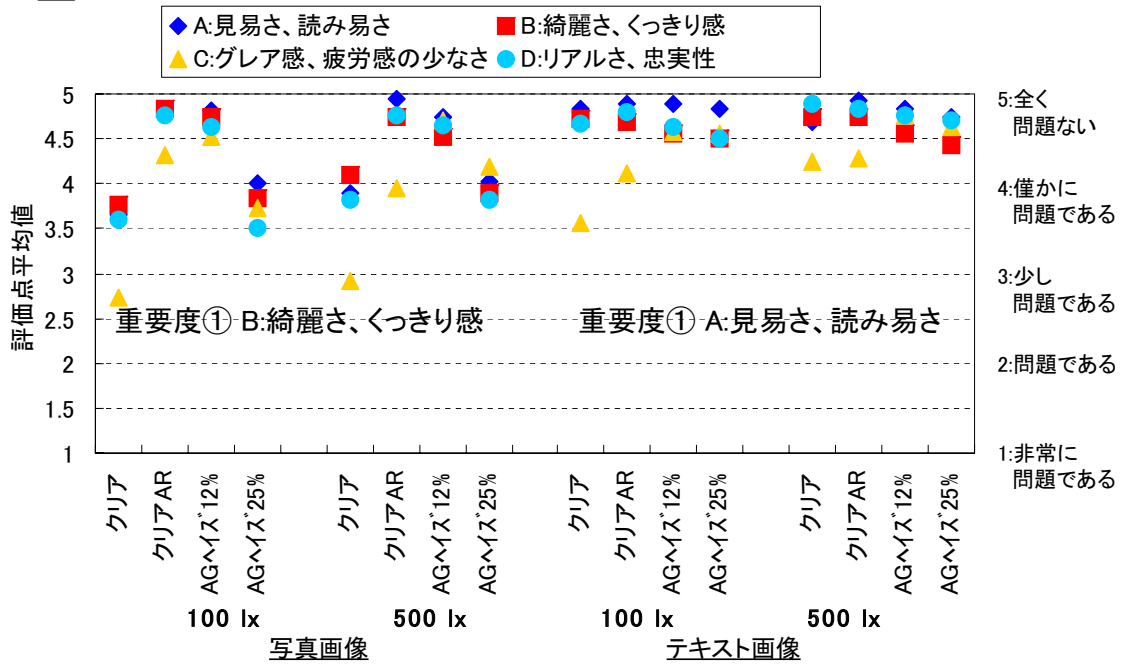
◆ AG表面のほうが「グレア感、疲労感の少なさ」の評価点が高いが、重要度の高い項目に対する評価点は低い傾向。

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

27 各種表面処理パネルの画質評価結果: 評価点平均値

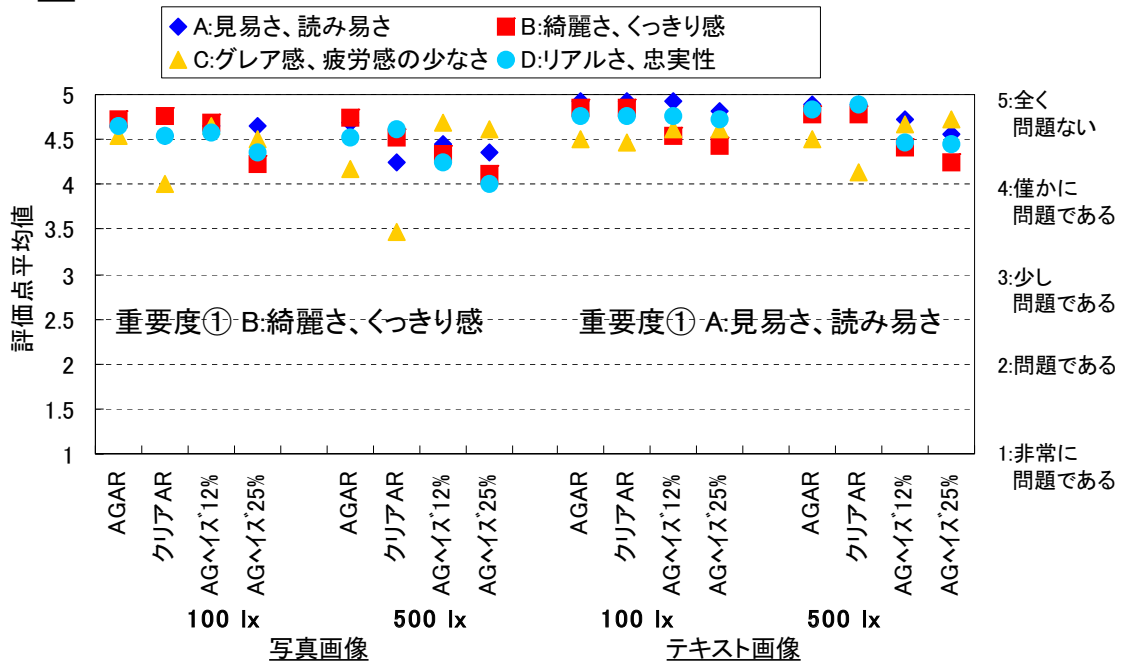
(2) 15型LCD



◆写真画像ではクリア表面とAGヘイズ25%で評価点が低い傾向。

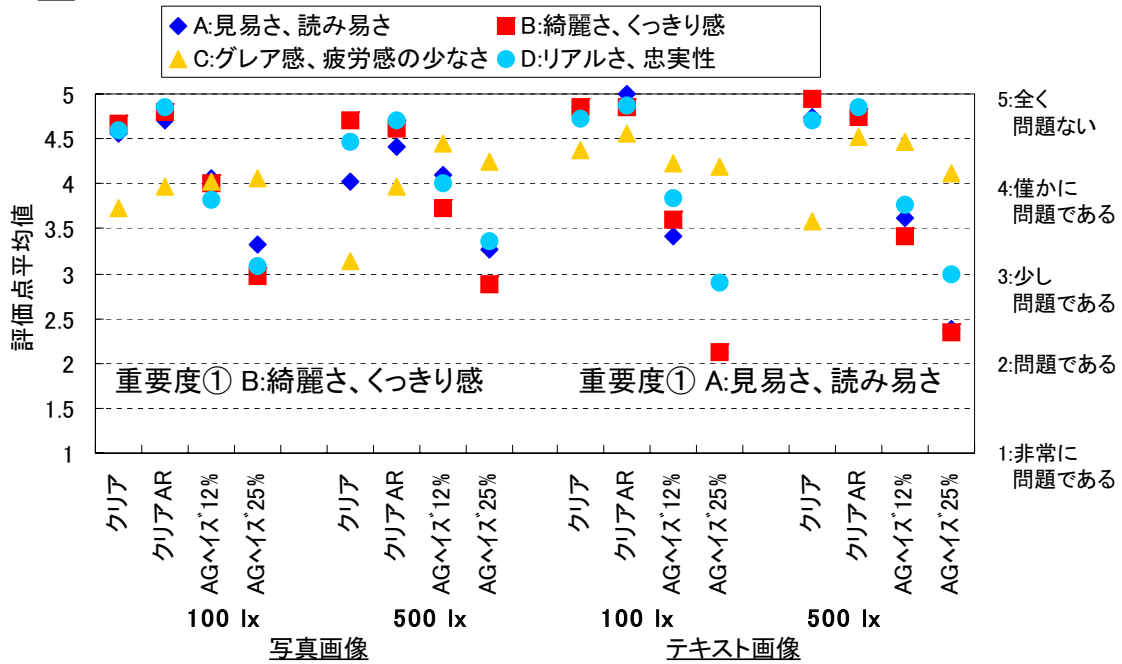
28 各種表面処理パネルの画質評価結果: 評価点平均値

(3) 37型LCD



◆全体的に評価点が高い。

(4) 42型PDP



◆AG表面で「グレア感、疲労感の少なさ」以外の評価点が低い傾向。

発表内容

1. はじめに
 - 1.1. 本研究の目的
 - 1.2. AHP法による評価
2. 実験方法
3. 結果
 - 3.1. 評価項目の重要度
 - 3.2. 画質評価結果(評価項目/パネル別)
 - 3.3. パネル別総合評価結果
4. まとめ

補足資料:ISO/FDIS 9241-303要求

31 AHP法による画質評価結果の解析(再掲)

各項目の重要度による重み付け【AHP法を2段階に用いる】

例: 2.4型LCD, 写真画像, 100 lxの場合

評価項目		A:見易さ、読み易さ	B:綺麗さ、くつきり感	C:グレア感、疲労感の少なさ	D:リアルさ、忠実性	
評価点(%)	クリア	25.0	26.4	22.5	24.3	評価点平均値から計算
	クリアAR	25.7	25.7	25.0	26.7	
	AGヘイズ*12%	24.7	24.4	26.6	25.4	
	AGヘイズ*25%	24.6	23.6	25.8	23.6	
重要度(%)		23.3	28.8	21.5	26.4	総合評価(%)
加重値(%)	クリア	5.8	7.6	4.8	6.4	24.7
	クリアAR	6.0	7.4	5.4	7.1	25.8
	AGヘイズ*12%	5.8	7.0	5.7	6.7	25.2
	AGヘイズ*25%	5.7	6.8	5.5	6.2	24.3

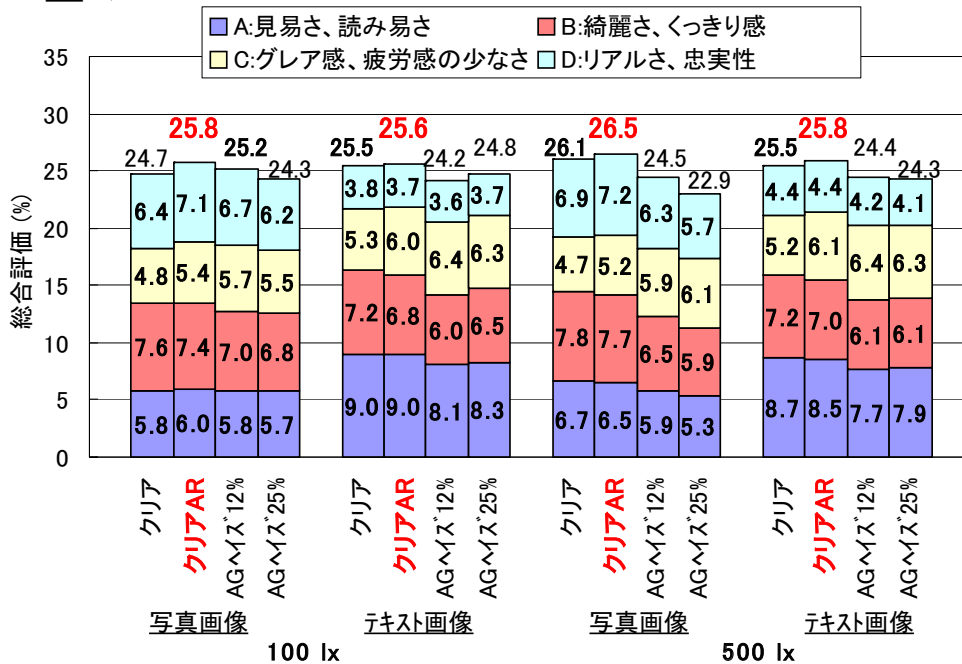
この列の評価点 × 重要度

この行の合計

◆他の照度・画像条件、パネル種類についても同様に計算。

32 各種表面処理パネルの画質総合評価

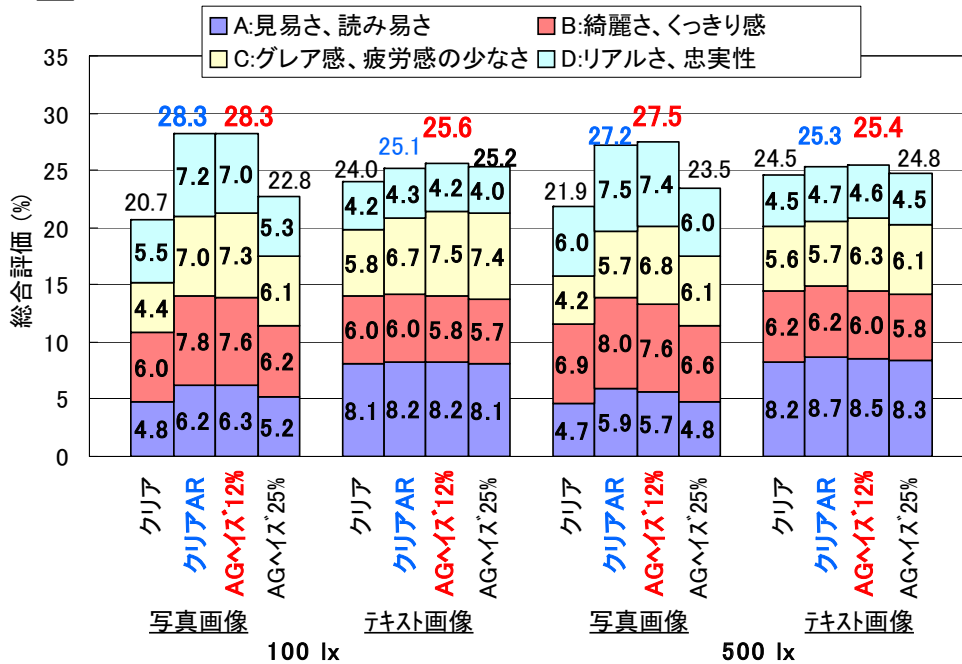
(1) 2.4型QVGA-LCD



◆500 lxでは、AG表面のほうが画像のボヤケのため総合評価が低いと推定。

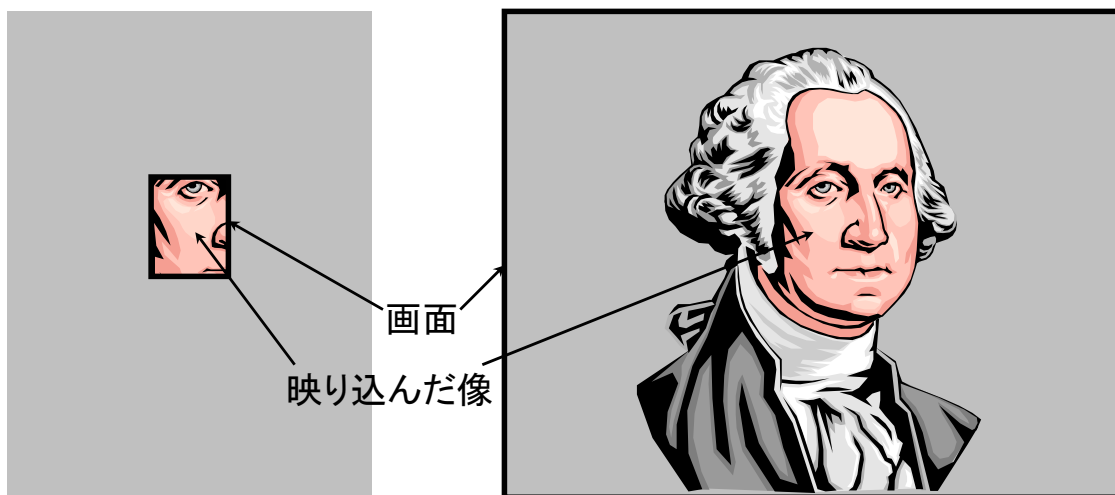
33 各種表面処理パネルの画質総合評価

(2) 15型XGA-LCD



◆総合評価が高いクリアARとAGヘイズ12%では、
 周辺の映り込み・画像のボヤケが低いと推定。

34 パネル構造の違いによる影響の検討



(a) 2.4型QVGA-LCD

(b) 15型XGA-LCD

◆画面サイズの差 ⇒ 映り込む範囲の差 ⇒ 均一性の差

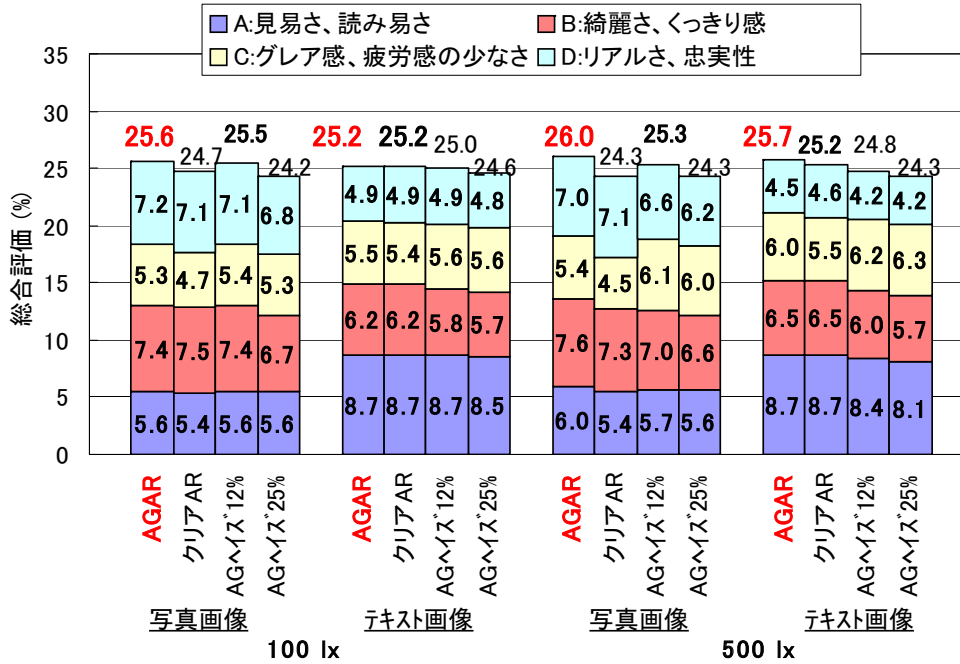
◆表示に対する映り込んだ像の見えやすさ

写真画像(比較的暗い) > テキスト画像(比較的明るい)

⇒ 画質評価結果の差

35 各種表面処理パネルの画質総合評価

(3) 37型Full HD-LCD



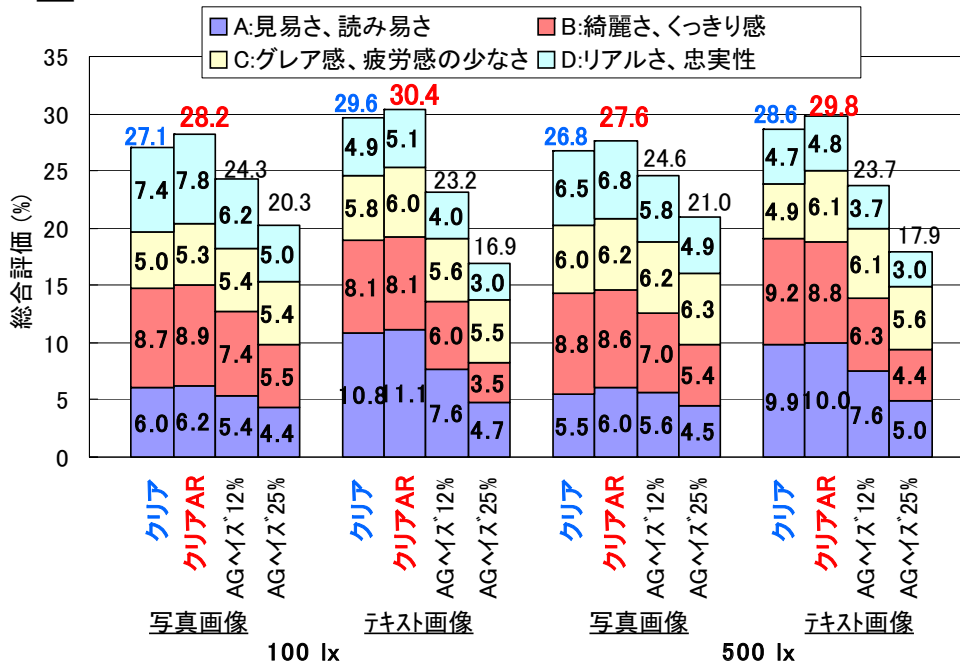
◆元のAGARの総合評価が高いが、他の条件とほとんど差がなく、クリア表面との比較も必要。

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

36 各種表面処理パネルの画質総合評価

(4) 42型Full HD-PDP



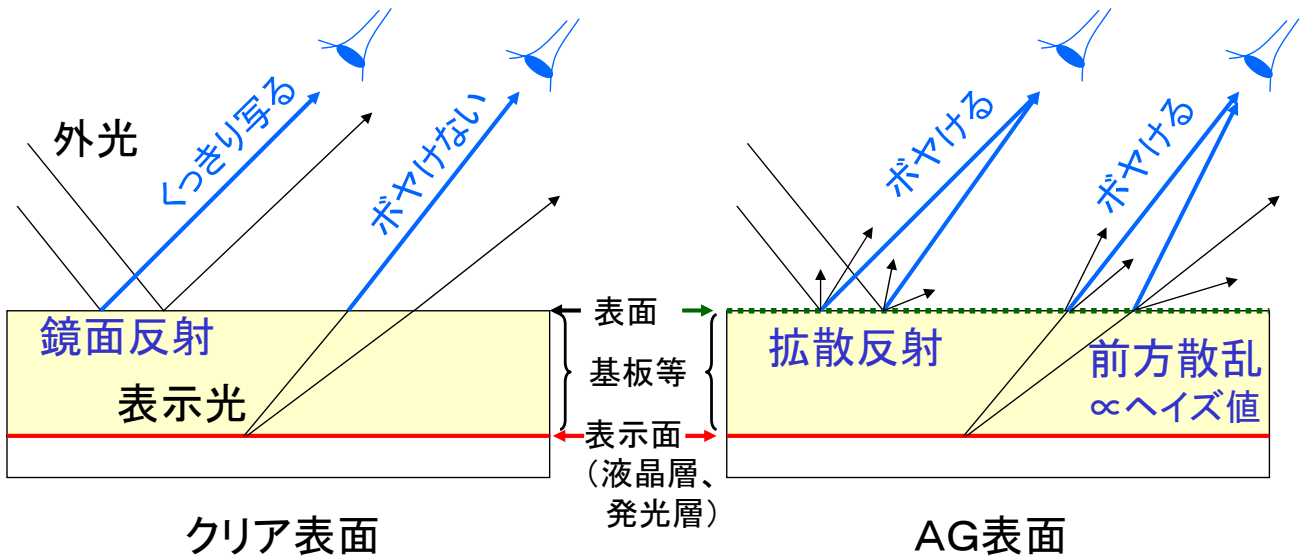
◆表示面から離れた表面保護板上に表面処理フィルムを貼ったため、AG表面では画像のボヤケが大きくなり、総合評価が低いと推定。

2008年3月7日

フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2008

37 パネル構造の違いによる影響の検討

(1) クリア表面とAG表面

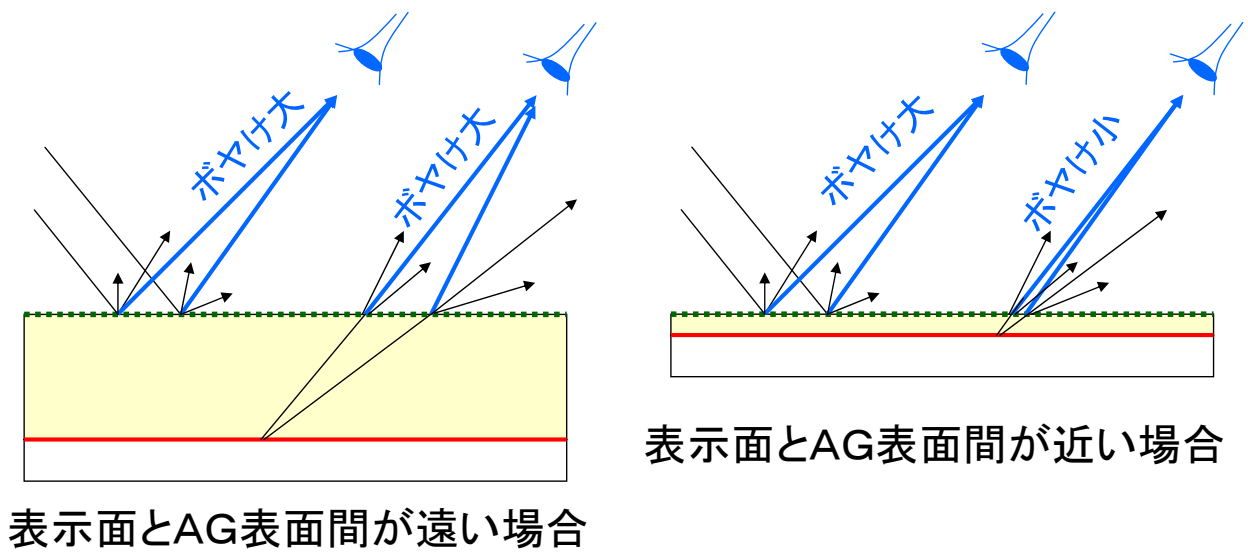


表示はボヤけないが、
外光がくっきり写る

外光はボヤけるが、
表示もボヤける

38 パネル構造の違いによる影響の検討

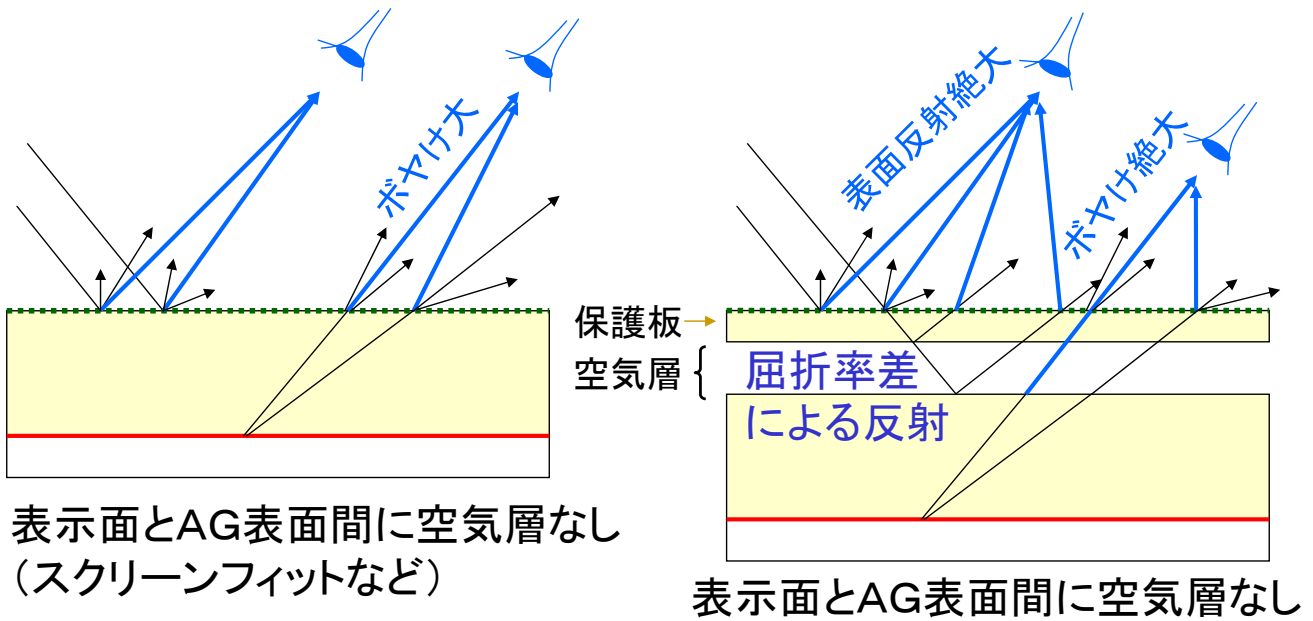
(2) 表示面～AG表面間厚みの差



外光も表示も
強くボヤける

外光は強くボヤけるが、
表示は余りボヤけない

(3) 表示面～AG表面間の空気層の有無



空気層の介在は表示面～AG表面距離を遠ざけるばかりでなく、
表面反射率が高まり、明所コントラストも低下する

発表内容

1. はじめに
 - 1.1. 本研究の目的
 - 1.2. AHP法による評価
2. 実験方法
3. 結果
 - 3.1. 評価項目の重要度
 - 3.2. 画質評価結果(評価項目/パネル別)
 - 3.3. パネル別総合評価結果
4. まとめ

補足資料:ISO/FDIS 9241-303要求

1. 表面処理の違いが各種FPDの画質に及ぼす影響を主観評価実験とAHP法による解析で調査した。

(1) 4種類の画質評価項目の重要度の順位は画像により異なる。

- ・光源が映り込まない光環境では、画像のボヤケを回避する方向が望ましい。

(2) 4種類の表面処理の画質への影響はパネルにより異なり、表示する画像による場合もある。

- ・特定の表面処理が必ずしも万能とは限らない。

2. 望ましい表面処理はケースバイケースであり、各種FPDの構造や使用環境等に合わせて選択しなければならない。

- ・100 lx下でわざと照明を映り込ませた条件の評価を実施。
SID' 08 ポスターセッション P-44 にて発表。

Y. Hisatake, et al, "Overall Judgment by Comparison with Polish and Matt Surface for Some FPDs with Analytic Hierarchy Process", SID' 08 DIGEST PAPER, p-44 (2008)

Thank you for your kind attention

謝辞

以下の皆様に心より感謝申し上げます

実験方法へのご助言、ご指導

東芝松下ディスプレイテクノロジー株式会社 山本和義様

実験室ご提供・主観評価ご協力

成蹊大学 窪田研究室ならびに学生の皆様

光学フィルムのご提供

日東電工株式会社様

共同研究者

日東電工株式会社 濱本大介様

補足資料

ISO/FDIS 9241-303要求

5 Ergonomic requirements and recommendations

5.2 Luminance

5.2.4 Luminance balance and glare

The area average luminance of task areas that are frequently viewed in sequence while using the display (paper document, screen, etc.) should be between $0,1L$ and $10L$, where L is the average luminance of the whole screen in the application used on the display in the design viewing direction. For a stationary visual field, a higher ratio of space average luminances between the task area and its surrounds (for instance, room walls), up to 1:10, has no adverse effect.

The design of the visual display screen and surrounding area of the product housing shall not contribute to disturbing glare by the environmental lighting. This holds especially for prolonged viewing in work environments.

NOTE 1 Glare is defined by CIE (845-02-52; glare) as: “condition of vision in which there is discomfort or a reduction in the ability to see details or objects, caused by an unsuitable distribution or range of luminance, or too extreme contrasts” (Reference [22]). Disturbing glare thus is a condition of vision in which there is a disturbing degree of visual discomfort or/and a noticeable reduction in the ability to see details or objects.

NOTE 2 Matt surfaces typically do not produce glare, whereas gloss surfaces can, depending on design aspects such as shape, colour, size and environmental lighting conditions. There are, however, cases where gloss is advantageous. For printed paper and some mobile displays, such as reflective colour displays, gloss is necessary for obtaining high colour fidelity, whereas the occurrence of disturbing glare can be avoided by changing the orientation of the paper or mobile display with respect to the environmental light source.

NOTE 3 For prolonged viewing in work environments, the aim is to harmonize the visual display screen and surrounding area of the product housing with their environment and its lighting according to ISO/IEC 8995-1 and ISO 9241-6.