

## 液晶ディスプレイにおける表示文字の視認性に関する工学的解析

遠藤 厚志\*

## Engineering Research on Visibility Evaluation of Display Character in LCD

Atsushi Endo\*

LCD screens are used in TV viewing and VDT work. The study on the visibility of the display is often reported from the perspective of the ecological psychology. This paper describes the results of the research the relationship between the human sensibility and the physical indicators. Focusing on the display character, the engineering evaluation and the analysis of the visibility are conducted. The primary purpose of this study is to show the equations by a quantitative analysis of the relationship between the visibility and the display character. The second purpose, through the evaluation and analysis of LCD visibility, is to clarify the research methods of the engineering control technology for the information display in the electronic information equipment system, and to deepen the understanding of this field.

キーワード：視認性，液晶ディスプレイ，表示文字

Keywords : Visibility, LCD, Display Character

## 1. 緒言

1973年に、シャープより電卓(EL-805)の表示として世界で液晶が初めて製品化された<sup>(1)</sup>。液晶技術は、セグメント駆動方式からドットマトリックス方式へ、モノクロームからカラー、さらに静止画を中心とした表示から動画表示へと進化している。高画質・多機能化となった液晶ディスプレイ(Liquid Crystal Display, 以下「LCD」と示す)は公共機関や医療機関の情報提供などを含め、我々の社会生活やビジネスシーンの中でLCDの役割は益々拡大している。

このような現状の中、パーソナルコンピュータへと等を使用した作業(Visual Display Terminals, 以下「VDT作業」と示す)の作業効率に影響を与える要因の1つに視認性がある。デザインや人間工学の分野における視認性とは、背景に対し色や形が際立っていたり、文字が大きくてわかりやすかったりする度合いのことである。VDT作業の点から見ると、「文字の見やすさ」という感覚が考えられる。その視認性については様々な分野から研究<sup>(2)</sup>が行われている。LCDの生態学<sup>(2)</sup>によれば、VDT作業を主体とした視認性と疲労度に関する環境要因はディスプレイの表示特性か

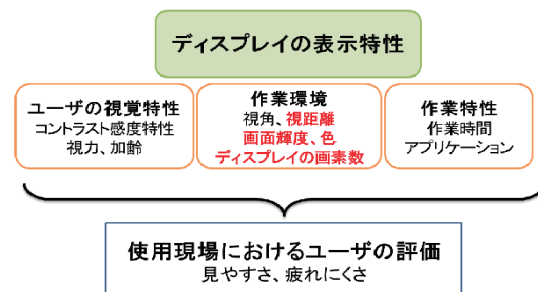


図1 ディスプレイの人間工学

ら図1のように示される。LCDの視認性を向上することで、疲労度は緩和されると考えられる。

前回、文字情報について背景色と文字色の組合せに着目した研究を行い、視認性向上には最適な色の組み合わせがあることを定量的に明らかにした<sup>(3)(4)</sup>。

本研究では表示される文字単体についてそのサイズとフォント、画素ピッチ、画面輝度、視距離等に注目し視認性との関係を明らかにする。LCDを使用した日常生活においてユーザ側は「見やすい」と「見にくい」の2パターンで判断するが、その画面に情報を提供する側は定量的に見やすさを知ることが必要である。従って、本研究の目的は、液晶ディスプレイに表示された個々の文字の見やすさ、すなわち「表示文字の視認性」について定量的に解析を行い、数式化を目指すこと、さらには実施した評価手法の妥当性

\* 制御情報システム工学科  
〒861-1102 熊本県合志市須屋 2659-2  
Dept. of Control and Information Systems Engineering,  
2659-2 Suya, Koshi-shi, Kumamoto, Japan 861-1102

を検証することにある。

## 2. 視認性について

### 2.1 JIS規格

文字情報評価に関する日本工業規格(JIS)には、JIS S 0032の「日本語文字の最小可読文字サイズ推定方法<sup>(5)</sup>」がある。JIS S 0032は、紙面などの印刷物を対象とし、若年者から高齢者までの任意の年齢の観測対象者が様々な環境下で仮名、片仮名、アラビア数字、及び漢字の日本語文字の1文字を読むことのできる最小の文字サイズの推定方法である。JIS S 0032によると、推定の影響要因に年齢、観測対象者の目から画面までの距離、輝度及び視力があり、それらを用いた計算式から最小可読文字サイズを求めることができる。これはある観測条件における視覚の最小分解能に対応するサイズ係数Sの一次関数で求められる。このサイズ係数Sは画面と被験者の目の距離D(以下「視距離」と示す)、観測条件下での視力Vから求めることができる。

$$S = \frac{D}{V} \quad (1)$$

観測条件は、輝度補正係数と被験者の年齢及び視距離による100cd/m<sup>2</sup>における視力の資料によって求められる。

本研究ではJIS S 0032の規格を参考に、LCDに対応した最小可読文字サイズの計算式を新たに算出する。また、サイズ係数が最も依存している影響要因を明らかにする。

### 2.2 視認性の定量化

見やすさを数値にしたものを用いた。著者らの先行研究「液晶ディスプレイにおける視認性の工学的解析<sup>(3)</sup>」、「液晶ディスプレイにおける文字情報の視認性評価に関する研究<sup>(4)</sup>」は、見やすさという感覚の数式化を行っている。この研究で示されるデータから、背景と文字の色の組合せの見やすさを数値化したものを参考にし、測定色として用いた。図2に今研究で用いた色の組合せ例を示す。表1には、見やすさと輝度差の数値を示す。



図2 背景-文字の色の組合せ例

## 3. 視認性の評価実験

### 3.1 評価方法

表1 色の組合せによる見やすさと輝度差の数値

背景色 (輝度 cd/m <sup>2</sup> )	文字色 (輝度 cd/m <sup>2</sup> )	見やすさ	輝度差 (cd/m <sup>2</sup> )
白 (61.7)	黒 (1.39)	1.00	30.3
黄赤 (24.1)	黄 (61.7)	0.72	37.6
青緑 (26.1)	黄 (61.7)	1.55	35.6
青 (11.7)	黄 (61.7)	2.07	50.0

ポイント	I	II	III	IV	ポイント
3	.	.	.	.	3
5	*	*	*	*	5
6	*	*	*	*	6
7	*	*	*	*	7
8	*	*	*	*	8
9	*	*	*	*	9
10	*	*	*	*	10
11	*	*	*	*	11
12	*	*	*	*	12
14	*	*	*	*	14
16	*	*	*	*	16
18	*	*	*	*	18
20	*	*	*	*	20
24	*	*	*	*	24
28	*	*	*	*	28
36	*	*	*	*	36
48	*	*	*	*	48

図3 評価画面

被験者は測定画面を観測し、自分が文字を判断出来る最小の文字サイズを記入させる。測定に用いる文字は、JIS S 0032の規格を参考に、ひらがなを「あ」、漢字8画を「波」、漢字15画を「標」、アルファベットを「a」とする。フォントは広く用いられてものから、日本語を明朝体、ゴシック体、丸ゴシック体、メイリオの4種類、アルファベットをArial, Georgia, Verdana, Times New Romanの4種類とする。これにより、画数およびフォントの視認性におよぼす影響がわかる。図3に、Iが明朝体、IIがゴシック体、IIIが丸ゴシック体、IVがメイリオとした表示文字評価画面を示す。

### 3.2 測定機器・測定環境

今研究の測定で使用したLCDはiiyama社製のProLite E2473HDSである。LCDの輝度特性の評価には、KONICA MINOLTA社製の色彩輝度計CS-100A、LCD画面付近の照度評価にはDIGITL INSTRUMENTS社製の照度計LX-1108を用いた。なお、視認性評価実験の際は、太陽光の映り込みを抑制するため、窓のブラインドを閉めた。

測定環境は以下の通りである。

照度 : 400~500lx

視距離 : 0.5m, 1m, 2m

輝度 : 60 cd/m<sup>2</sup>, 200cd/m<sup>2</sup>

画素ピッチ 0.272mm(画素数 : 1920×1080)

0.326mm(画素数 1600× 900)

0.407mm(画素数 1280× 720)

0.652mm(画素数 800 × 600)

背景-文字の色の組合せ:

白-黒, 青-黄, 青緑-黄, 黄赤-黄

被験者は、熊本高専(熊本) 19~22 歳の男女学生で 20 人である。

具体的な測定を次に示す。

- ①サイズ係数と最小可読文字サイズの関係を探る。この場合、画素ピッチを 0.272mm として輝度と視距離の条件を変えて測定する。観測する文字は、ひらがな、漢字 8 画、漢字 15 画、アルファベットである。
- ②色の影響を探る。画素ピッチを 0.272mm、輝度を 60cd/m<sup>2</sup>で視距離の条件と背景、文字の色の組合せを変えて測定する。観測する文字は、漢字 15 画である。
- ③画素ピッチの影響を探る。輝度を 60 cd/m<sup>2</sup>、視距離を 1m とし、画素ピッチを変えて測定する。観測する文字は、漢字 15 画とアルファベットである。

今回の測定では、被験者に文字サイズを示すポイント数を記入させた。しかし、ポイントは LCD が変わると大きさも変化する。汎用性を待たせるために、測定結果をポイント数から mm 単位に変換し文字サイズデータとした。なお、被験者の先入観の影響を防ぐためにフォントの名前は明かさない。

### 3.3 母平均の区間推定・有意差検定

被験者数が最大 20 人と少ないため、結果の解析には統計学の手法を用い有意差検定を行った。本文にはこの結果を示し、判断の補強を行う。統計学を心理学へと応用した心理統計学によれば過去の研究結果から、「ヒトの感覚は正規分布に従う<sup>6)</sup>」と仮定できる。しかし、これは「母集団からのランダムサンプリング」という条件下でなければならない。これを満たすために性別や年齢を限定したとしても、その条件の枠内に入るのは多数いる。従って、ランダム性を維持するためには、母集団を絞る必要がある。これにより、被験者データの信頼性は高まり、また確立モデルでの解析が可能となる。このため、本研究では母集団を熊本高専(熊本)の学生とした。

母平均の区間推定は母分散  $\sigma^2$  未知である正規母集団  $N(\mu, \sigma^2)$  から大きさ  $n$  の無作為標本の標本平均と不偏分散の実現値をそれぞれ  $\bar{X}$ 、 $u^2$  とすると、母平均  $\mu$  の  $100(1-\alpha)\%$  信頼区間は次式となる。

$$\bar{X} - t_{n-1}(a) \sqrt{\frac{u^2}{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{n-1}(a) \sqrt{\frac{u^2}{n}} \quad (2)$$

母平均の差の検定は母分散  $\sigma^2$  が未知の場合、標本平均を、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$  とすると、標本の大きさ  $n_1$  と  $n_2$  がいずれも大きければ、 $\sigma_1^2$ 、 $\sigma_2^2$  それぞれに不偏分散の実現値  $u_1^2$ 、 $u_2^2$  を代用することができる。すなわち検定統計量は次式で求められる。

$$Z = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{u_1^2}{n_1} + \frac{u_2^2}{n_2}}} \quad (3)$$

## 4. 視認性の評価結果

### 4.1 サイズ係数が最小可読文字サイズに与える影響

第 2 章で述べた JIS 規格の計算方法を用い、(1)式を用いてサイズ係数を算出する。結果、表 2 に示すように、年齢によるサイズ係数の差は小さく、相違は見られない。被験者が 19~22 歳と年齢幅が小さいことによるものと考えられる。有意差として認められるは、輝度と視距離であることが分かる。この結果から本研究では、サイズ係数として表 2 に示す年齢別数値の平均をとり、解析を進めた。

実施した明朝体、ゴシック体、丸ゴシック体、メイリオの文字評価結果から、表示文字が明朝体の場合の最小可読文字サイズとサイズ係数との関係を図 4 に示す。データとして標本平均を使用した。得られた 4 種類のフォント毎に母平均の区間推定を行うと、95%信頼区間の幅は最大で 1.558 である。標準偏差は最大で 1.623、大部分は 0.1~0.8 であった。

この結果を踏まえ、サイズ係数が依存している要素について視距離、輝度から調べる。

最初に、視距離が最小可読文字サイズに与える影響について考察する。図 4 に最小可読文字サイズと視距離との関

表 2 サイズ係数

視距離 [m]	輝度 [cd/m <sup>2</sup> ]	年齢[歳]	サイズ係数 S	サイズ係数 S (平均)
0.5	200	19, 20	0.3922	0.3980
		21, 22	0.4116	
	60	19, 20	0.4294	0.4358
		21, 22	0.4506	
1.0	200	19, 20	0.6701	0.6767
		21, 22	0.6923	
	60	19, 20	0.7336	0.7409
		21, 22	0.7579	
2.0	200	19, 20	1.2387	1.2387
		21, 22	1.2696	
	60	19, 20	1.3561	1.3561
		21, 22	1.3900	

係を示す。視距離 0.5m と 2m のデータを 1% 有意水準で両側検定すると  $Z_{0.005}=2.576$  で、視距離の検定統計量は最小でも 8.106 とはるかに大きく、有意差があることが分かる。

次に、輝度が最小可読文字サイズに与える影響について調べる。図 5 に最小可読文字サイズと輝度との関係を示す。

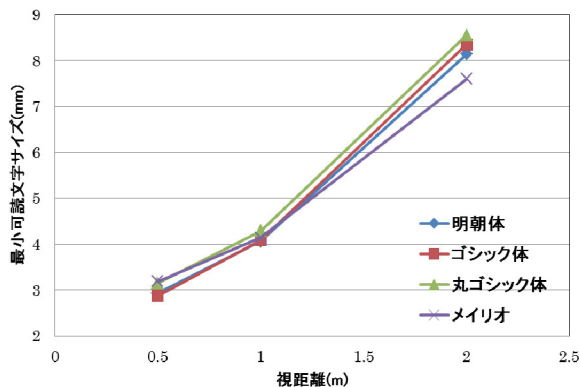


図 4 最小可読文字サイズと視距離  
(表示文字-漢字15画「標」)

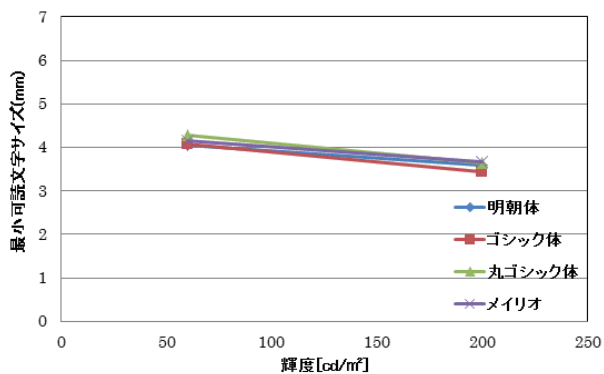


図 5 最小可読文字サイズと輝度  
(表示文字-漢字15画「標」)

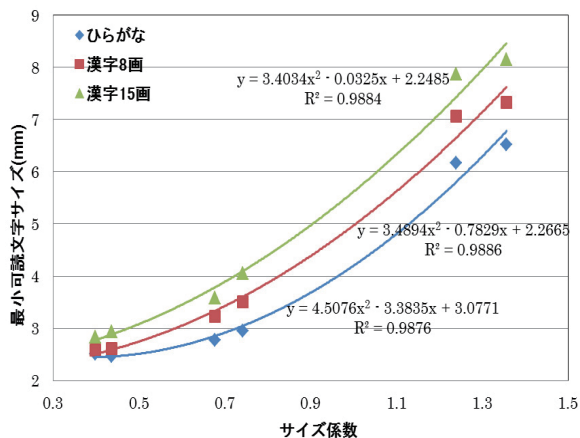


図 6 最小可読文字サイズとサイズ係数  
(フォントは明朝体)

視距離と同様に、有意差検定を行う。その結果、検定統計量を求めると最大が 1.621、10% 有意水準で両側検定すると  $Z_{0.05}=1.645$  となる。従って、この結果からは有意差が少ないといえ、輝度範囲の妥当性については判断できない。しかし、実際の VDT 作業では LCD の輝度  $60\text{cd}/\text{m}^2$  は暗く、 $200\text{cd}/\text{m}^2$  を大きく超えると眩しくなるため、評価条件としては疲労度も考慮する適切だと判断する。

上記有意差検定とサイズ係数に関する検討結果から、サイズ係数に最も影響を与えた要因は視距離であることが明らかとなった。

図 6 に示すように、明朝体の LCD における最小可読文字サイズは JIS の規格のサイズ係数を用いて図上に記載のある 2 次関数で定量化することが出来た。また、評価した他のフォントも同様な図の結果を得られ、同様に 2 次関数で近似出来ることが分かった。すなわち、最小可読文字「サイズ」はサイズ係数を用い(4)式で示されることが分かった。なお、係数 a, b, c はフォントならびに文字の画数によって異なる。(4)式を定める定数を表 3 にまとめる。

$$P_{min} = a \cdot S^2 + b \cdot S + c \quad (4)$$

$P_{min}$  : 最小可読文字サイズ

S : サイズ係数

a, b, c : 測定から求めた定数

表 3 最小可読文字サイズを求める計算式の定数

フォントの種類		a	b	c
明朝体	ひらがな	4.5076	-3.3835	3.0771
	漢字 8 画	3.4894	-0.7829	2.2665
	漢字 15 画	3.4034	-0.0325	2.2485
ゴシック体	ひらがな	3.8093	-2.3911	2.6324
	漢字 8 画	3.0362	-0.7225	2.3532
	漢字 15 画	3.8452	-0.5367	2.3279
丸ゴシック体	ひらがな	3.4861	-2.3571	2.8598
	漢字 8 画	3.9718	-2.0402	2.8816
	漢字 15 画	4.1829	-1.2926	2.8851
メイリオ	ひらがな	3.5376	-2.5167	2.9231
	漢字 8 画	3.9056	-1.5898	2.6538
	漢字 15 画	4.9172	-2.6027	3.3385
Arial		1.9534	-0.7859	1.5565
Georgia		1.8974	-0.4145	1.3029
Verdana		1.2469	0.3624	1.1179
Times New Roman		2.5968	-1.5726	1.823

#### 4.2 画素ピッチが最小可読文字サイズに与える影響

画素ピッチと最小可読文字サイズとの関係を示す。測定環境は輝度が 60cd/m<sup>2</sup>、視距離が 1.0m である。表示文字として漢字 15 画の「標」の場合の評価結果を図 7 に示す。最小可読文字サイズは画素ピッチと一定の関係があり、近似式で示すことができる。この関係式は文字のフォントが異なっても適応可能であり、(5)式で示される一般式が得られる。なお、サイズ係数の最小可読文字サイズ依存性と同様に、係数 a, b はフォントならびに文字の画数によって異なる。フォント毎に異なる(4)式を定める定数を表 4 に示す。

$$P_{min} = a \cdot \log(Pix) + b \quad (5)$$

$P_{min}$  : 最小可読文字サイズ  
 $Pix$  : 画素ピッチ  
 a, b : 測定から求めた定数

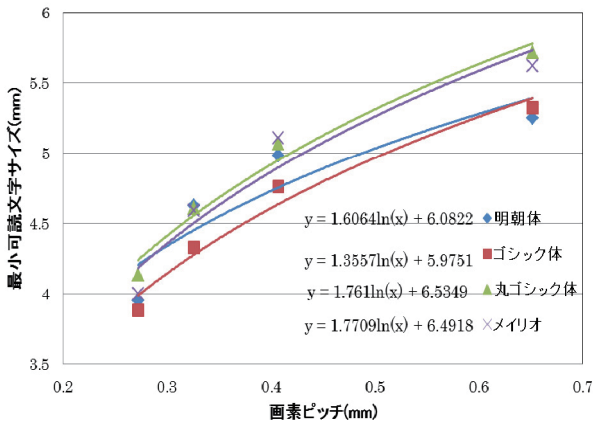


図 7 最小可読文字サイズと画素ピッチ  
 (表示文字-漢字15画「標」)

ところで、図 7 に示すように、最小可読文字サイズは、画素ピッチが 0.652mm でフォントにより、明朝体とゴシック体のグループ、丸ゴシック体とメイリオのグループに分かれる。この理由について表示文字を LCD 上で表現するためのデータ形式であるビットマップフォントとアウトラインフォントから考察する。

すなわち、ビットマップフォントは表示要素である各ビットを描写するか否かで黒、白を決定している。それに対し、アウトラインフォントでは文字の輪郭を線のデータとして記憶し、大きく拡大してもエッジが目立たないように構成している。しかし、最終的に表示される時はビットマップと同様にピクセルを使うためエッジが完全なくなるわけではない(表 5、各文字は 4 倍に拡大して表示)。

表 4 最小可読文字サイズを求める計算式の定数(画素ピッチから求める場合)

フォント	a	b
明朝体	1.3557	5.9751
ゴシック体	1.6064	6.0822
丸ゴシック体	1.761	6.5349
メイリオ	1.7709	6.4918
Arial	0.9976	3.4041
Georgia	0.6465	2.9228
Verdana	0.6654	2.9307
Times New Roman	0.7279	3.0413

また、画素ピッチが大きく、小さな文字を表示するときは全体がぼやける、あるいは潰れるため読み難くなる。画素ピッチが小さくなることで、1文字を表すために使うビットが増えることから、潰れ難くなり、アウトラインフォントの方が見やすくなる(表 6)。図 7 に示された結果は、上記考察から説明できる。最近の LCD は画素ピッチが小さくなっている、すなわち画面の高精細化進んでいることもあり、アウトラインフォントの適用が進んでいる。また、明朝体、ゴシック体で大きな文字を表示する場合は、アウトラインフォントを用いることで、エッジ部が滑らかな文字を表示している。結果、視認性が増す。

表 5 ビットマップフォントとアウトラインフォントの相違

フォント(書体)	7ポイント	12ポイント
ビットマップフォント(明朝体)	標	標
アウトラインフォント(メイリオ)	標	標

表 6 画素ピッチによる表示の相違

書体	画素ピッチ 0.652mm	画素ピッチ 0.272mm
アウトラインフォント(メイリオ)	標	標

### 4.3 カラー表示文字の視認性

2.2 で述べた背景と文字の色の組合せ<sup>(3)(4)</sup>の見やすさについて、本研究で得られた結果を図8に示す。測定環境は輝度が 60cd/m<sup>2</sup>、視距離が 1.0m、LCD の画素ピッチが 0.272mm である。表示文字は漢字 15 画の「標」とした。図8の横軸は表1で示した見やすさの数値である。サイズ係数の時と同様に見やすさが最も小さい時と最も大きい時の有意差検定を行う。検定統計量の最大は 1.162 と求められ、両側検定の 10%有意水準は  $Z_{0.05}=1.645$  であるから有意差があるとはいえない。従って、心理的な指標である見やすさと最小可読文字サイズとは相関はみられない。

しかし、図9に示すように、最小可読文字サイズは、背景と文字の色の輝度差による影響を受け、見やすさの指標である最小可読文字サイズ評価結果には輝度差依存性があることが確認できる。有意差を確認する。輝度差の最小の時と最大の時のデータの検定統計量は最大で 2.050 となる。

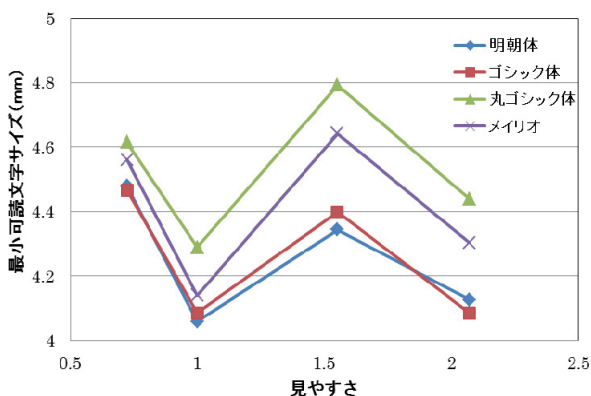


図8 最小可読文字サイズと見やすさ  
(表示文字-漢字15画「標」)

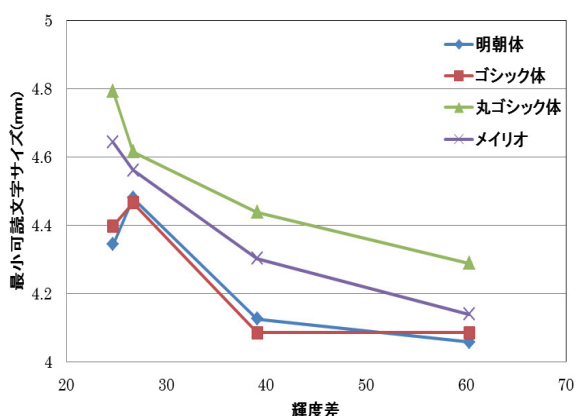


図9 最小可読文字サイズと背景-文字間の輝度差  
(表示文字-漢字 15 画「標」)

両側検定では 1%有意水準は  $Z_{0.005}=2.576$  では有意差がないとなるが、5%の有意水準の場合  $Z_{0.025}=1.960$  であるから有意差があり、これまで 10%の有意水準で有意差を判断してきたことから、この結果は有意差があると判断できる。

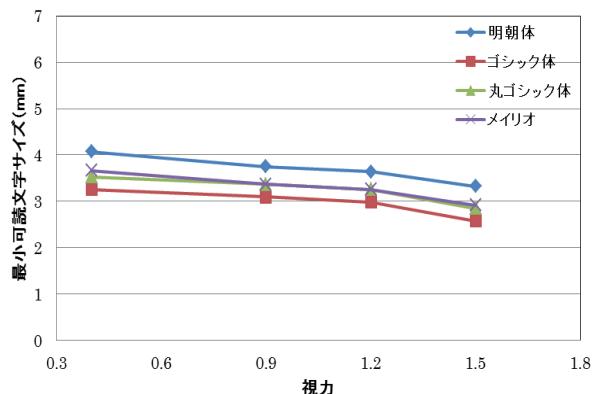


図10 最小可読文字サイズと視力  
(表示文字-漢字 15 画「標」)

### 4.4 視力が最小可読文字サイズに与える影響

被験者の視力による影響を検証する。被験者は普段生活している時の視力で測定行う。なお、被験者 20 人の視力は、0.4 が 2 人、0.9 が 5 人、1.2 が 5 人、1.5 が 8 人である。今回の測定では以下の通りとなった。

図10に最小可読文字サイズと視力との関係を示す。評価した漢字は 15 画の「標」である。ひらがな、漢字 8 画、アルファベットに比べて一番違いが現れたのが漢字 15 画のためである<sup>(6)</sup>。

視力 0.9 と視力 1.5 のデータの有意差検定を行う。結果、検定統計量は最大で 0.891 となり、両側検定の 10%有意水準は 1.645 だから有意差は認められない。

従って、視力が視認性に与える明確な影響は今研究では示されなかった。

しかし、明朝体が他に比べ見えにくくなっていることから、フォントは視認性に影響を与えていることが示された。

## 5. 結論

本研究で実施した LCD における表示文字の工学的視認性評価に関する研究から明らかとなった点を以下に示す。

- 1)印刷物を対象とした JIS 規格のサイズ係数による評価方法は LCD の視認性評価にも有効な手法であり、文字の視認性の定量的な評価に適用できる。
- 2)年齢、輝度、視距離から得られるサイズ係数を用いると、最小可読文字サイズは 2 次関数で示される。
- 3)LCD 画面の高精細化は視認性向上に有効であり、画素ピ

ッチを小さくすることで、視認性が向上し、最小可読文字サイズと画素ピッチとは log 関数の関係にある。

- 4)文字フォントは視認性に影響を与え、ゴシック体が明朝体、メイリオ体に比べて視認しやすい。文字表示のデータ形式が視認性に影響を与え、アウトラインフォントが視認性に優れる。
- 5)カラー表示の場合、背景色と文字色の輝度差を大きくすることで視認性が向上する。青と黄の色の組合せが視認性に優れるのは輝度差が大きいことによる。

なお、本研究では被験者数・対象が限定されていた。今後、被験者を幅広く・多くするなど、視認性評価・検証を継続し、最適な LCD 評価解析手法等を提案する予定である。

また、今研究によって得られた成果は、下記のような多くの場面で応用・展開することが可能であることを示したと考える。

- (1)明朝体の漢字 15 画で、視距離 1m、輝度 200cd/m<sup>2</sup>の場合最小可読文字サイズは 3.8mm である。図 1 1 に示すように、100m 先の LCD では 380mm が最小可読文字サイズであると推定出来る。すなわち、電光掲示板においてその場の画面輝度、視距離、電光掲示板を利用する年齢層からサイズ係数を算出し、文字の大きさの最小が分かり目安となることができる。

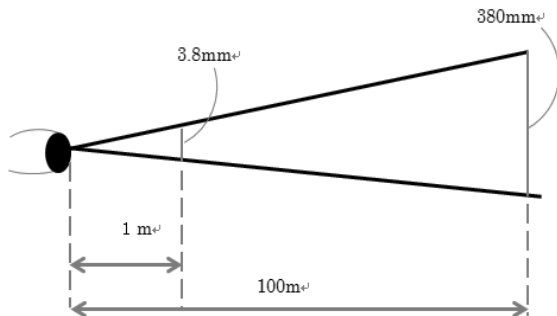


図 1 1 最小可読文字サイズの応用

- (2)漢字文化圏では文字の簡素化が進んでおり、中国（繁体字）では、識字率の向上を目指して簡体字を制定、韓国（漢字）では読み書きの国民への教育が容易になるために制定といった動きがある。

表 7 各国の文字の簡素化

繁体字	簡体字	韓国の漢字	ハングル
門	门	街	가
僕	仆	湾	만

今日まで、文字の読み書きの面で簡素化を勧められてきたが、将来パーソナルコンピュータの技術は進み人が文字を書くことは減ってくる。LCD を用いることが多くなるこれからはより見やすさを向上するという面で簡略化が進むと考える。実際、今研究の結果からも画数が多い文字は潰れ、可読文字サイズの大きさはひらがな等に比べ大きくなってしまっていることが分かっている。従って LCD でも小さな文字が読めるようにという狙いで、日本でも文字の簡素化が進む余地があることが示された。

- (3)日本の道路標識に用いられている文字のフォントは公団文字というものが用いられている。しかし、公団文字は視認性を上げるために文字の「はね」、「払い」を大胆に省略したことが 起因となり、誤字と認識される部分が多くあった。そのため高速道路ではフォントの見直しが行われ、標識と電光掲示板の両方に「ヒラギノフォント」を用いるようになってきた。特徴として、サンズイやオオザトが他のフォントよりも大きく、遠方からの視認性に優れている点である。つまり、文字を簡素化するだけでなく、文字の中の構成される比を変えることでも視認性の向上が出来ると考えられる。今後の研究が期待される。

最後に、本研究は平成 26 年 3 月に卒業した電子制御工学科高木由香さんの卒業研究<sup>(6)</sup>による。多くの時間を割いて課題に真剣に取り組んだ姿勢に敬意を表し、改めてお礼申し上げます。

(平成 26 年 9 月 25 日受付)

(平成 26 年 12 月 2 日受理)

#### 参考文献

- (1)松本正一、液晶ディスプレイ技術—アクティブマトリクス LCD、産業図書、(2001.6)
- (2)窪田 悟、『液晶ディスプレイの生態学』、(財)労働科学研究所出版部 (1998.3) pp26-28
- (3) 早田浩紀、“液晶ディスプレイにおける視認性の工学的解析”，熊本高専卒業研究報告書、(2013)pp5-13
- (4)遠藤厚志，“液晶ディスプレイにおける文字情報の視認性評価に関する研究”，熊本高等専門学校研究紀要、NO.5(2014)pp47-54
- (5) 日本工業規格 JIS S 0032，“高齢者・障害者配慮設計指針—視覚表示物—日本語文字の最小可読文字サイズ推定方法”，(2003)pp1-5
- (6)南風原 朝和、『心理統計学の基礎』、有斐閣アルマ社 (2002.6) pp120-126
- (7) 高木由香，“液晶ディスプレイにおける文字情報の視認性の工学的解析”，熊本高専卒業研究報告書、2014