

## デジタルサインネーミング景観向上のための 光源輝度を指標としたLEDディスプレイの心理的影響評価

Psychological Impact of LED Display based on Luminance of Light-source  
towards improving Digital Signage Landscape

4. 環境工学 — 1. 環境心理・生理  
デジタルサインネーミング 環境心理 輝度  
LEDディスプレイ まぶしさ 不快グレア

正会員	○ 福田 知弘*	FUKUDA Tomohiro
非会員	松井 孝典**	MATSUI Takanori
非会員	長町 志穂***	NAGAMACHI Shiho

### 1. はじめに

デジタルサインネーミングは、公共空間や交通機関等の様々な場所でディスプレイ等の電子機器を用いて情報発信するシステムを指す。デジタルサインネーミングは、時間や場所に応じて適切なコンテンツを配信できる可変性、ネットワーケ化された配信システムによるコンテンツ管理、双方向機能による効果的な情報提供ができるなどの特性を有しており、従来の印刷による看板や案内板に代わる新しいメディアとして、平常時の広告・案内等の利用に加え、災害時の情報伝達手段としても期待されており、普及が急速に進む<sup>1)</sup>。

デジタルサインネーミングを屋外に設置する場合、LEDディスプレイが光源として採用されることが多い。その理由としてLEDは、長寿命・省エネルギー性の高さに加えて、高輝度光源であり外光が当たる場所でも視認性が確保できるためである<sup>2)</sup>。一方、LEDディスプレイを光源としたデジタルサインネーミング(以下、LEDデジタルサインネーミング)が普及した場合、輝度の高いLEDデジタルサインネーミングによる光害<sup>3)</sup>など、夜間景観への影響が懸念される。例えば、現地調査を通じて、約5000 cd m<sup>2</sup>のLEDデジタルサインネーミングの存在が報告されている<sup>4)</sup>。また、LEDデジタルサインネーミングを眺めるシーンでは、人はLEDディスプレイを直視することになる。そのため、直接グレアによりまぶしさや不快感が生じやすくなることが予想される。このように、LEDデジタルサインネーミングが人に与える直接グレアの影響を検討する必要がある。

デジタルサインネーミングに関する既往研究は多岐に渡るが<sup>5)</sup>、本研究が扱うテーマにより近いものとして、LED照明のグレアに関する研究が散見される<sup>6)</sup>。しかしながら、既往研究<sup>6)</sup>は、本研究が扱う白色LEDを用いてグレア評価を行っているもののデジタルサインネーミングのよう

な光源を評価したものではない。また、現在の不快グレア評価指標UGRからLEDの特徴に合致した評価方法の検討の必要性が指摘されている<sup>7)</sup>。そこで本研究は、デジタルサインネーミングによる良好な景観創出を目指し、人がLEDディスプレイを眺めた際の心理的影響を印象評価実験により明らかにすることを目的とした。

### 2. 実験方法

本実験では、LEDディスプレイによってデジタルサインネーミングによって形成される光環境を生成し、被験者に対して心理評価実験を行うことで、LEDディスプレイの光源輝度とまぶしさ、不快さを評価するものである。実験の手続きの詳細を以下に示す。

#### 2.1 映像刺激の作成

LEDディスプレイに提示するための映像刺激として、無彩色の光源色で16, 32, 64, 128, 256, 512, 768, 1024, 1536, 2048 cd m<sup>2</sup>の10段階の光源輝度を10 sec表示する映像刺激を作成した。刺激の光源輝度の水準の設定は、一般的に心理量と物理量の関係がべき関数で表現されること、ならびに後述する使用したLED機材の仕様の制約に依っている。

#### 2.2 評価後の選定

LEDディスプレイに表示される映像刺激に対する評価語とその尺度を選定は、まぶしさ、不快さのそれぞれについて、1に「全く～ない」、7に「非常に～である」という程度副詞を示した7段階の単極尺度を採用した。

これは本デスタトに先行したグレアの結果に基づいている。グレアデスタトでは21名(平均年齢30歳[S.D. 12.6], 男女比16:5)の被験者が、上記の10種類の輝度の映像刺激に対して、「明るい～暗い」、「快適である～不快である」の両極尺度、「まぶしい～まぶしくない」の単極尺度

\* 大阪大学 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 准教授  
博土 (工学)

\*\* 大阪大学 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 助教  
博土 (工学)

\*\*\* ㈱ LEM空間工房 代表取締役・京都造形芸術大学 客員教授

Assoc. Prof., Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering,  
Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.  
Assist. Prof., Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering,  
Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.  
President, LEM Design Studio Co., Ltd. | Visiting Prof., Kyoto University of  
Art and Design

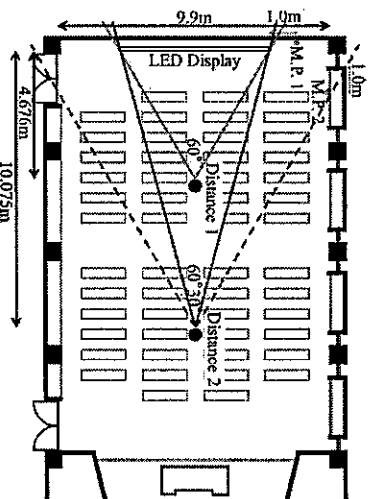


図1 実験環境

の3つの評価語を7段階尺度で評価した。その結果、「明るいー暗い」と「まぶしいーまぶしくない」の組み合わせに  $R = 0.86$  の相関が生じ、内観報告でも明るさとまぶしさの違いがわからないという指摘があったこと、また「快適であるー不快である」について最小の水準である  $16 \text{ cd m}^{-2}$  でも評価の平均値がどちらでもないことを表明する  $3.76$  (S.E.  $0.33$ ) となり、ほぼ快適であるという評価が行われなかったことから、明るさに関する評価語を不採択とし、まぶしさと不快さの単極尺度を採択した。

### 2.3 実験環境の設計

実験環境についての概要を図1に示す。実験室のサイズは幅  $9.9 \text{ m}$  ×奥行き  $15.6 \text{ m}$  であり、実験室の壁の一面にデジタルサインネー지를想定したLEDディスプレイを設置した。LEDディスプレイはギヤラクジヤパン製の WinVision 1875 HD を使用した。この機材は1ユニットが  $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ 、LEDピッチ  $18.75 \text{ mm}$ 、最大  $2100 \text{ cd m}^{-2}$  の出力が可能である。縦5ユニット×横9ユニットの接続により、 $3000 \text{ mm} \times 5400 \text{ mm}$  のLEDディスプレイを組織し、実験室の壁面に鉛直設置した。光源がLEDであるため、設置されたデジタルサインネー지는面光源となる。

このLEDディスプレイからの映像刺激を視認する際に、視認距離として、水平静視野の飽和角である  $60^\circ$ 、ならびにその半分となる  $30^\circ$  の2つの条件を設定した。その結果、ディスプレイからの距離はそれぞれ、距離1:  $4.676 \text{ m}$ 、距離2:  $10.075 \text{ m}$  である。実験室での映像提示における輝度の校正は、実験室の中央部地点の高さ  $1.5 \text{ m}$  において、モニカミノルタ製の LS-100 で行った。ただし図2のように、壁面は木質パネルであるため  $10 \text{ m}$  の視認距離の場合、例えば  $1024 \text{ cd m}^{-2}$  の場合では、ディスプレイ背面横  $1 \text{ m}$  の地点 (図1の M.P. 1) で  $4.375 \text{ cd m}^{-2}$ 、視野角  $60^\circ$  となる地点 (図1の M.P. 2) で  $15.64 \text{ cd m}^{-2}$  と反射光による背景輝度が存在する。

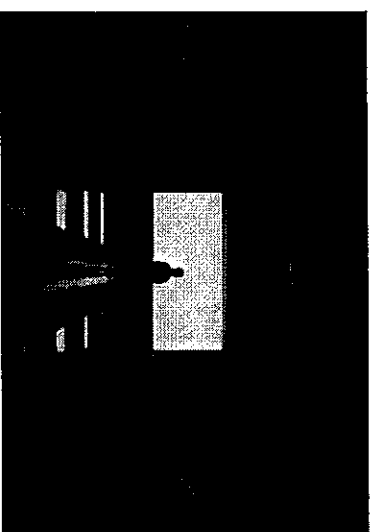


図2 実験風景

表1 被験者の構成と視覚特性 ( $n = 52$ )

Age class	Female	Male	Eye sight (R, L)	Eye correction rate
20-29	5	5	(1.0, 1.0)	0.80
30-39	5	5	(1.1, 1.0)	0.40
40-49	5	6	(0.9, 0.9)	0.27
50-59	6	6	(1.0, 0.9)	0.33
60-	5	4	(0.9, 0.9)	0.44

### 2.4 実験の実施

実験期間は9月29日～10月29日の間の10日間で、大阪大学吹田キャンパス S4 棟 111 室を実験室として実施した。実験には52名の被験者が参加した。被験者の特性を表1に示す。20代から60代までの全年齢層、ならびに男女の性別を網羅しており、視覚特性にも20代の視力矯正者の割合が高い以外はほぼ同様である。

各被験者は、司会者より実験方法の教示を受け、2回練習した後、10段階の光源輝度と2種類の視認距離の組み合わせからなる計20種類の映像刺激を視認した。各映像刺激の評価のスケエンスは、まずLEDディスプレイ以外の光源をすべて消灯して5sec待機し、その後10secの映像刺激を視認した。被験者は直立姿勢で光源の中央部を注視して、まぶしいか、不快かを意識して各刺激を視認した。映像が終了して5sec待機した後には照明を点灯し、先述の評価語によって心理状態を表明した。このとき、順序効果を避けるために、映像刺激の提示順、実験開始時の視認距離の順序、各条件の評価における評価語の提示順序は被験者ごとにランダムとした。

### 3. 結果

まず、まぶしさ、不快さそれぞれの光源輝度別の評価を図3に示す。横軸は対数光源輝度、縦軸は各心理量の評価値、図中の各プロットは被験者全体での平均値、誤差範囲は標準誤差を表す。全体的な傾向としては、まぶしさ、不快さともに物理量である光源輝度、立体角の増加に伴って心理量も増加するという既存のグラフを説明する知見とも良い対応を示している。光源輝度と視認距

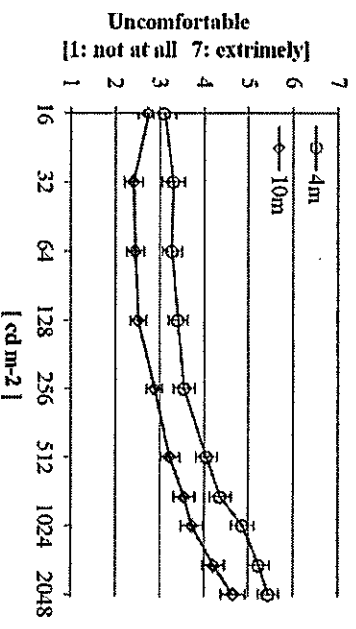
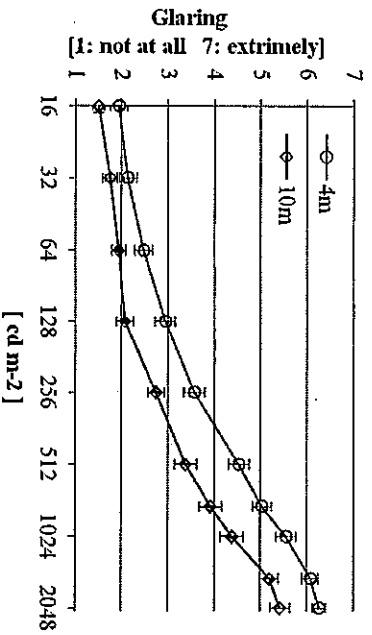


図3 輝度別のまぶしさ、不快さの評価値の平均値と標準誤差  
a) まぶしさ b) 不快さ

離を要因とした 2 way repeated measure ANOVA の結果では、まぶしさ、不快さ共に 1 % 水準で有意に差が生じている。ただし、不快さの 16~32 cd m<sup>2</sup> で、多重比較による検定では有意ではないものの、光源輝度が低い方が、平均値が高くなる場合が見られる。

また図4にまぶしさと不快さに対する7段階評価の相関を示す。横軸と縦軸はそれぞれ、まぶしさと不快さに対する評価値を表し、格子点には全条件での回答数の累積値を示す。図に見られるように、基本的にはまぶしさと不快さは共変動を示す傾向が見られており、R<sup>2</sup> = 0.730となった。特徴的な傾向は、例えばまぶしさ4と評価された刺激に対して不快さは28 % が5と回答するなど、まぶしさが4~7の領域で不快さの方が高い値になる傾向がある。その一方で、1~3の領域では比較的不快さがあり高くならない傾向が観察される。また視認距離別にデータを分割した場合、(4, 10) で R<sup>2</sup> = (0.713, 0.723)となり、まぶしさと不快さの相関への視認距離による影響が認められなかったが、光源輝度別では、(16, 32, 64, 128, 256, 512, 768, 1024, 1536, 2048) で R<sup>2</sup> = (0.311, 0.422, 0.469, 0.653, 0.754, 0.760, 0.813, 0.863, 0.823, 0.831)となり、特に16~256 cd m<sup>2</sup>の低い光源輝度の領域でまぶしさと不快さの相関が安定しない傾向が示された。

次に、まぶしさ、不快さ共に7段階で評価されたうち、非常にまぶしいあるいは不快であると表明したと考えられるカテゴリ6, 7の回答を1, カテゴリ1から5までの回答を0にバイナリ変換したデータフレームに対して、一般化線形モデルによる回帰を行った結果を図5に示す。図の横軸は光源輝度、縦軸は非常にまぶしいあるいは不快であると回答した被験者の割合を示し、プロットは実際の被験者からの回答を集計した実測値、曲線はモデルによる予測値を表す。モデルリングには統計ソフトウェア

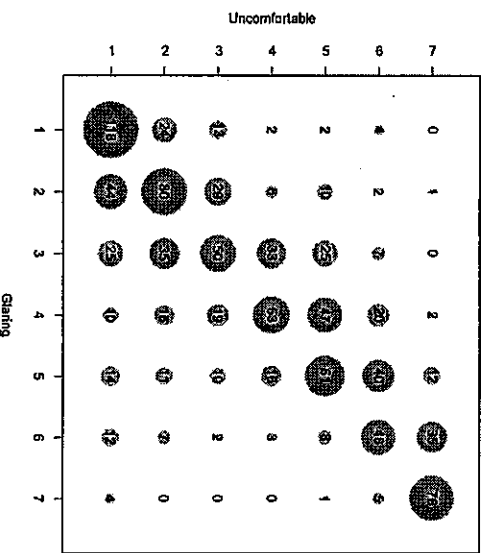
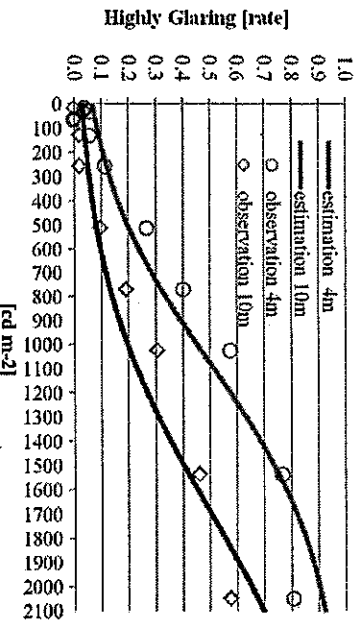


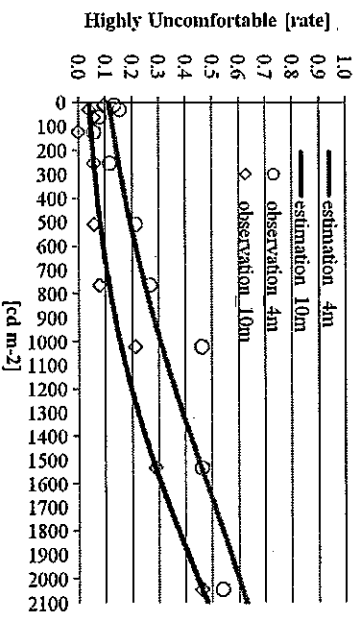
図4 まぶしさと不快さの相関

Rを使用し、リンク関数をlogit、誤差分布を二項分布とした glm 関数によりパラメータ推定を行い、lrm 関数により擬似決定係数を算定した。結果の一覧を表2に示す。まぶしさ、不快さ共に一般化線形モデルによる回帰での係数パラメータの推定値は切片、輝度とも 1 % 水準で有意であった。まぶしさでは擬似決定係数が 0.4 程度の適合を示しているが、不快さでは 0.2 程度であり、適合水準は高くない。特に低光源輝度領域と 1024 cd m<sup>2</sup> 付近の残差が大きいためである。図3の不快さでも示されるように、対数線形ではなく、512 cd m<sup>2</sup> 付近から、単位光源輝度増加あたりの不快さの増加量が増加している傾向も認められ、光源輝度のクラスによって心理量の応答特性が異なる可能性を示唆している。

最後に、実験終了時に被験者に求めた内観報告を整理する。12 % の被験者が、光源輝度が低い場合に不快感を感じたことを表明しており、低光源輝度域での不快さの解釈には注意を要する。また 5 % の被験者は視認距



a) まぶしき



b) 不快さ

図5 まぶしき、不快さについての量反応曲線

表2 量反応曲線のパラメータ推定結果

	Glaring		Uncomfortable	
	4 m	10 m	4 m	10 m
Intercept	-2.6151	-3.4430	-3.4300	-3.1642
Luminance	0.0024	0.0020	0.0020	0.0015
Pseudo R <sup>2</sup>	0.47	0.38	0.18	0.22

\*パラメータはすべて1%水準で有意。

参考文献

- 1) デジタルサインネーミングシステム：デジタルサインネーミング白書2013, [http://www.digital-signage.jp/download/2013\\_degitalsignage\\_hakusho.pdf](http://www.digital-signage.jp/download/2013_degitalsignage_hakusho.pdf) (参照：2014.11.17)
- 2) 高橋和久：高輝度LEDを利用した大型映像装置, 電気設備学会誌 31(10), 771-774, 2011.
- 3) 環境省：光害対策ガイドライン(平成18年12月改訂版), [http://www.env.go.jp/air/itf/hikari\\_g\\_h18/full.pdf](http://www.env.go.jp/air/itf/hikari_g_h18/full.pdf) (参照：2014.11.26)
- 4) H26年度大阪府景観審議会：LED等照明広告 部会報告資料, [http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/2687/00033883/02\\_siryou1-belms12\\_4\\_5.xlsx](http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/2687/00033883/02_siryou1-belms12_4_5.xlsx) (参照：2014.11.26)
- 5) 遠藤隆介, 伊藤雄一, 中島康祐, 岸野文郎：マルチタッチディスプレイを用いた複数人によるアラウンドができるデジタルサインネーミングシステムの提案, 情報処理学会論文誌 55(4), 1275-1286, 2014.
- 6) 遠藤潤一, 茂登山清文, 中村純：情報提供を目的としたデジタルサインネーミングの画面デザイン評価, 図学研究 43(4), 23-30, 2009.
- 7) 李東超, 江欣宸, 平手小太郎：建築空間におけるLED照明の光色が色味と不快感に与える影響に関する基礎的研究, 日本建築学会環境系論文集, 第74巻 第639号, 553-559, 2009.
- 8) 高橋宏, 入倉隆, 戸田雅宏, 森山駿典：白色LED照明光源による不快レベル：光源呈示位置による影響, 照明学会誌 90(11), 82-87, 2006.
- 9) 松本穂：LED光源開発の今後の動向・法令・規格整備と技術開発 -, 電気設備学会誌 32(1), 9-12, 2012.

4. まとめと今後の課題

LED デジタルサインネーjingは公共空間に面して設置されるため、設置者は万人がLED デジタルサインネーjingを眺める環境であることを熟慮する必要がある。本実験結果では、図5より、例えば、1000 cd・m<sup>2</sup> では視認距離 4 m で 5 割の人々がまぶしいと感じ、3 割の人々が不快だと感じる結果が得られた。まぶしい、不快だと感じる人々の何割までを許容すべきか、本研究では精査していない。しかしながら、現地調査<sup>4)</sup>と本実験結果を鑑みると、人の心理的影響を配慮していないLED ディスプレイの存在は無視できない事実である。本実験結果を通じて、今後、公共空間にLED ディスプレイを設置する際には輝度の抑制措置やアクセスメント手続きの検討が望まれる。今後の課題として、LED デジタルサインネーjingの動きを伴うコンテンツに対する心理的影響の解明が挙げられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、ウソオライネインング株式会社、株式会社テールミックス、および被験者の皆様方より多大な支援を頂いた。ここに謝意を記す。