

有機 EL 照明パネル色度の角度依存性に対する知覚特性 -連続的色度変化知覚に影響するパラメータの調査- Perception of angle dependent color change for OLED lighting panels - Parameters that affect the perception on a continuous change of chromaticity-

高橋和敏	Kazutoshi Takahashi	山形大学大学院理 工学研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
川島祐貴	Yuki Kawashima	山形大学大学院理 工学研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
永井岳大	Takehiro Nagai	山形大学大学院理 工学研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
山内泰樹	Yasuki Yamauchi	山形大学大学院理 工学研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University

Keywords: 有機 EL(OLED)照明, 角度依存性,
連続的色度変化.

1. はじめに

近年, 有機 EL 技術を用いた「有機 EL(Organic Light Emitting Diode: OLED)照明」が次世代の照明として注目を集め, 研究されている.

OLED 照明は従来の照明と異なる「面発光」「薄型」「フレキシブル」「低発熱」「環境に優しい」といった利点となる特性を多く持つ. しかし, 一般的な照明として好ましくない特性を併せ持っており, その一つが「角度依存性」である¹⁾. これは薄膜の干渉性を有することに起因し, 観察角度によって色度が連続的に変化する特性である. 一般的に, 照明は観察角度に依存せずに一定の白色光を提供すると考えられているため, このような色度変化は照明利用において好ましくない. そのため照明の実用化に際する性能評価において, 本性能は重要な項目の一つとして考慮されるべきである. またその性能評価は「人間の知覚特性」を反映して指標化することが望ましいと考えられるが, 明確な指標への反映に至っていない.

OLED 照明の角度依存性の定量化にあたり, 実際のパネルを用いて主観評価実験を行うのが望ましいと考えられるが, 特性の異なる多数のパネルが必要であり, 現実的ではない. そこで先行研究では, 角度変化に起因する連続的色度変化を「時間的色度変化」に置き換え, 色度のみが変化する動画刺激をディスプレイ上に模擬刺激として提示し, 主観評価実験を行った²⁾. しかし実際のパネルでは, 角度変化と共に輝度及び可視面積が変化し, また任意の方向から観察しながら評価することも考えられる. これらの条件が連続的色

度変化の知覚に影響する場合, これらの条件を含んだ色度変化刺激を用いて知覚特性を調査する必要がある.

このことから本研究では, 角度依存性による「連続的色度変化」に対する知覚特性の研究を進め, 角度変化に起因する色度変化の, どのようなパラメータが知覚に影響するのかを明らかにすることを目的とした.

2. 実験

角度依存性による連続的色度変化のパラメータの影響を調査するため, 「時間的色度変化」と「コントローラ操作による色度変化」の2つの色度変化手法, 「角度変化に伴う輝度変化」の有無, 「パネルの可視面積変化」の有無を組み合わせ, 5つの条件を用意した. それぞれの条件で, 色度変化方向の異なる8刺激の色度変化知覚量を, ディスプレイ上で主観評価実験を行うことで比較し, 条件の違いによる知覚変化を調査した.

2. 1 刺激

作成した OLED 模擬刺激及び各角度における輝度情報を図1, 2に示す. 使用色空間はCIELABを採用し, 基準白色(観察角度0度)はOLED照明パネル(Lumiotec社製OLED P-07 基準:L=170, x=0.377, y=0.373, Xw=171.8, Yw=170, Zw=113.9)とした. 各刺激はパネル観察角度0度(パネルを正面から見た時)の色度が原点となっており, そこから90度(-90度)までの色度変化軌跡を示している. 輝度値は, 輝度変化無しの条件において164cd/m²固定, 輝度変化有りの条件では, 実際のパネルの各観察角度における輝度値を, 最大輝度170cd/m²になるようスケールした.

呈示刺激の形状は、面積変化無しするとき視野角 4.5 度の正方形刺激、面積変化有りのとき実際のパネル観察時の可視面積変化を模擬し、各角度に対しパースを与えた。これを図 3 に示す。

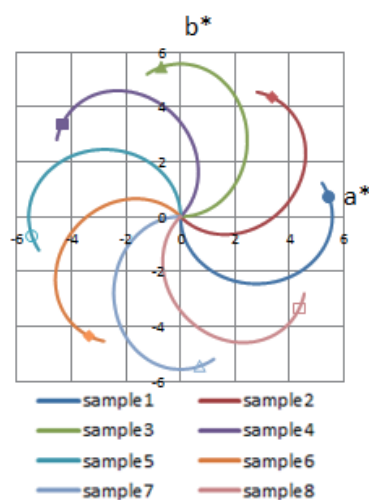


図 1 刺激色度

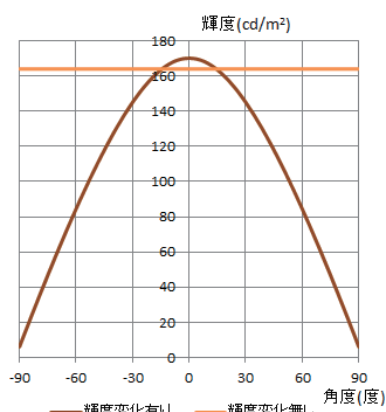


図 2 各角度における輝度値

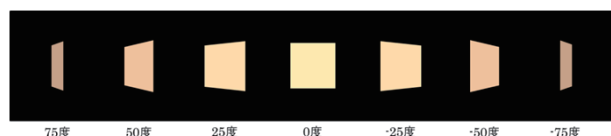


図 3 可視面積変化

「時間的色彩変化」の刺激は、0 度(原点)から 90 度(端点)までを約 5 秒間かけて変化する動画刺激である。「コントローラ操作による色度変化」では、コントローラによって観察角度を操作し、任意に変化させることができた。また刺激観察時間に制限は設けなかった。

色度変化手法、パラメータの組み合わせから、

- a) 時間的色彩変化—色度のみ変化。
 - b) コントローラによる変化—色度のみ変化。
 - c) コントローラによる変化—色度, 面積変化。
 - d) コントローラによる変化—色度, 輝度変化。
 - e) コントローラによる変化—色度, 輝度, 面積変化。
- の 5 条件を用意した。

2. 2 実験環境

実験は暗幕で覆われたブース内で行われた。ブース内は D₆₅ 蛍光灯で照らされており、キャリブレーション済みの液晶ディスプレイ (EIZO ColorEdge CX240), 及びキーボードが設置されている。ブース内照度はキーボード付近で約 150lx, 視距離は約 1m に設定した。

2. 3 コントローラ

ディスプレイに呈示される刺激の色度を変化させるためのコントローラとして、照明パネルに形状の近いタブレット端末 (Google Nexus7(2012)) を使用した。端末に備わっている方位センサの値を利用し、Bluetooth によるシリアル通信にて PC に現在の観察角度の値を送信した。使用方法は、端末を両手で持ち液晶が自身に向くよう、体の正面に垂直に構えた状態を 0 度とし、左右 90 度から 90 度まで回転させ操作する。Bluetooth のリアルタイム通信により端末の回転角度に連動してディスプレイ上の刺激が回転し、所望の連続的な刺激色度変化を観察できる。

2. 4 被験者

被験者は正常色覚の 20 代男性 4 名であった。

2. 5 実験方法

実験の流れを図 4 に示す。実験手法は「一対比較法」を用いた。被験者はブース内で照明に 5 分間順応後、キーボードの任意のキーを押下し実験開始する。被験者はディスプレイに継時比較の形で呈示された、2 つのサンプルの色度変化を観察し、前後の刺激でどちらの連続的色彩変化が大きいと知覚されたかを、指定のキー入力で応答する。呈示される刺激の組み合わせ及び前後の順番はランダムであり、8 つの刺激から 2 つを選択する組み合わせ ${}_8C_2=28$ 通りを、それぞれ 5 回繰り返し比較し 1 セットとした、5 つの条件で 2 セット行い一人計 280 応答を得た。

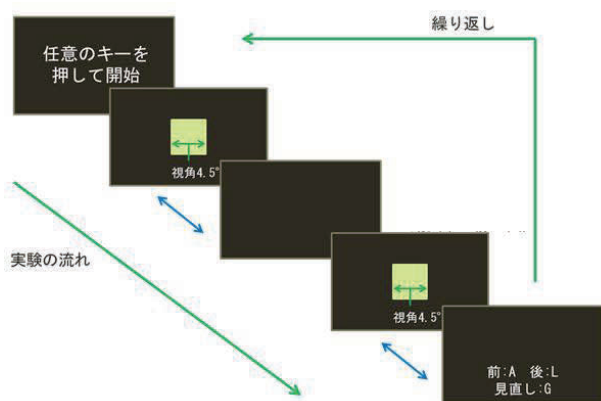


図4 実験の流れ

3. 結果

一対比較により得た 8 つの刺激の勝率(色度変化をより大きく知覚した確率)から z-score を算出し、各条件における各刺激の色度変化の知覚の大きさを数値化した。被験者 K.T の結果を表 1、図 5 に示す。これは各刺激の z-score とそれをレーダーグラフで表したものであり、値が大きいほど色変化を大きく知覚したことを示す。

表 1 z-score

K.T	a)	b)	c)	d)	e)
sample1	0.328727	0.650543	0.517471	-0.26921	-0.14724
sample2	-0.72833	-0.1715	0.028452	-0.00741	0.58366
sample3	-0.40652	-0.4623	-0.97443	0.612609	0.193583
sample4	0.540586	0.442878	0.002073	1.179119	0.736241
sample5	0.57111	0.907744	1.088581	1.149001	1.153195
sample6	0.249792	0.095138	0.941336	0.364889	0.509564
sample7	-0.29563	-0.98554	-0.57902	-1.25321	-1.45397
sample8	-0.25973	-0.47697	-1.02446	-1.77578	-1.57503

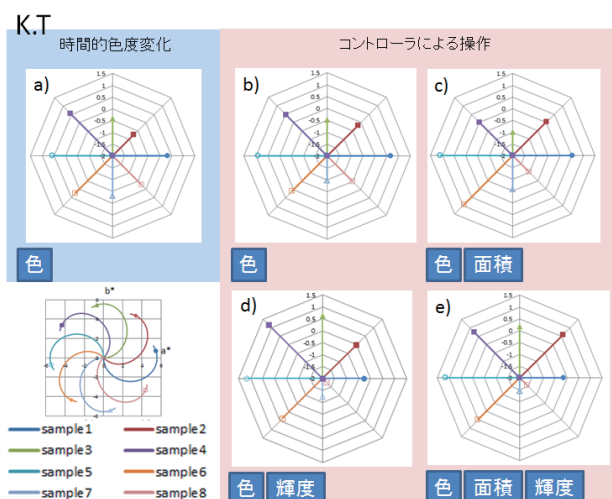


図5 z-score

結果から、全ての条件において-a*方向への色度変化の大きい刺激が知覚されやすい傾向が見られた。

色度変化手法の影響を調査するため、「時間的色度変化」と「コントローラによる変化」の手法のみが異なる 2 つの条件 a) と b) を比較した。図 6 は a), b) 条件における z-score と条件間の z-score(+2.326348) の比率である。(2.326348 : z-score の取り得る最低値)

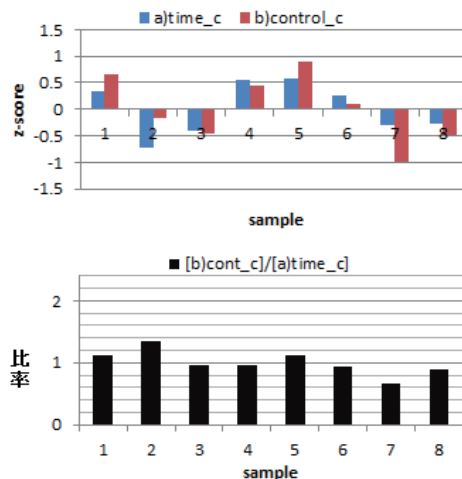


図6 条件 a), b)比較

これより、「コントローラによる色度変化」条件では「時間的色度変化」条件に対し、有意ではないが sample1,2,5 の色度変化を大きく知覚し、sample7,8 の色度変化を、小さく知覚していた。

次に角度変化に伴う輝度変化の有無の影響を調査するため、このパラメータのみが異なる条件 b) と d), 条件 c) と e) を比較した。これを図 7 に示す。

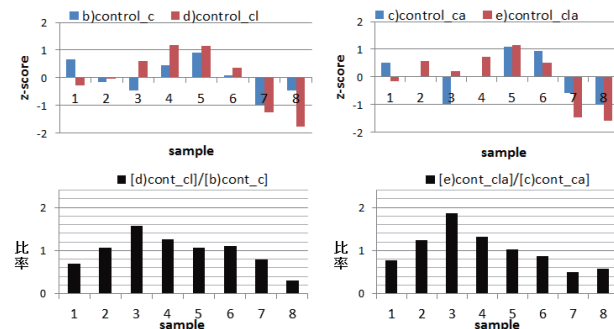


図7 条件 b), d), 条件 c), e)比較

これより、条件 b)d)の比較から「輝度変化有り」の条件では、「輝度変化無し」の条件に対し、sample3,4 の色度変化を大きく知覚し、sample7,8 の色度変化を小さく知覚していた。また、条件 c),e)の比較においてもほぼ同様の結果が得られた。唯一、条件 b), d)間の sample8 においてのみ有意に値が変化していた。

次に角度変化に伴う可視面積変化の有無の影響を調査するため、このパラメータのみが異なる条件 b) と c), 条件 d) と e) を比較した。これを図 8 に示す。

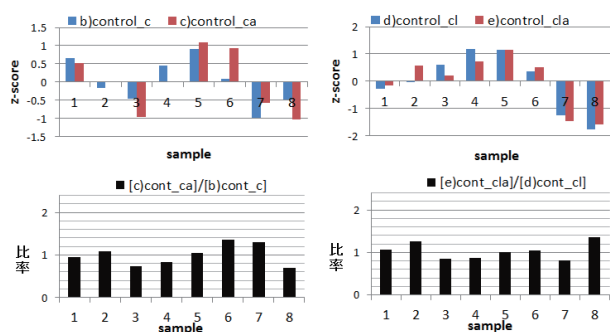


図 8 条件 b), c), 条件 d), e) 比較

これより、条件 b), c) の比較から「可視面積変化有り」の条件では、「可視面積変化無し」の条件に対し、有意ではないが sample2, 6 の色度変化を大きく知覚し、sample3, 4 の色度変化を小さく知覚していた。また、条件 d), e) の比較においてもほぼ同様の結果が得られたが、sample7, 8 では 2 組間で逆の傾向を示した。

最後に、4 人の被験者間の色度変化手法の影響を比較した。4 人の条件 a), b) の比較結果を図 9 に示す。

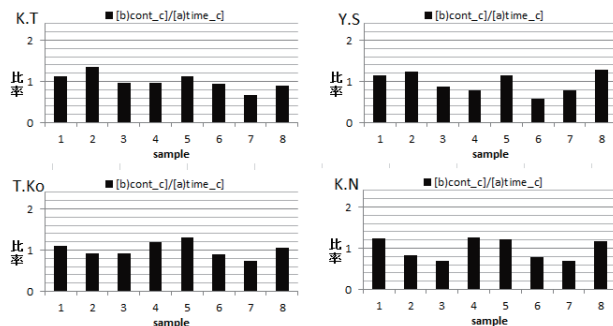


図 9 条件 a), b) の被験者間比較

これより、 a^*b^* 軸方向に色度変化量の大きい sample1, 3, 5, 7 に着目すると、条件 b) では条件 a) に対し、 a^* 軸方向に変化量の大きい刺激に対し色度変化を大きく知覚し、 b^* 軸方向に変化量の大きい刺激に対し色度変化量を小さく知覚している傾向が全ての被験者に見られた。

4. 考察

「時間的色度変化」「コントローラによる色度変化」の 2 つの色度変化手法、角度変化に伴う「輝度変化」と「可視面積変化」について、これらの

パラメータによる連続的色度変化の知覚への影響は、一部を除いて刺激の知覚しやすさに対し有意に表れなかった。しかし、K.T における、「輝度変化」の有無のみが異なる 2 組の条件間比較、「可視面積変化」の有無のみが異なる 2 組の条件間比較、及び被験者 4 人の「色度変化手法」のみが異なる条件間比較内で、同様の傾向を示していた。これは各パラメータが固有の影響を知覚に与えていることを示しているといえる。つまりは、角度依存性における連続的色度変化の知覚特性を求めるにあたっては、これらのパラメータを考慮する必要があることが示唆された。

5. 結論および今後の課題

角度依存性における連続的色度変化を模擬した刺激を用い、色度変化手法と色度変化に伴う輝度変化・可視面積変化の影響を調査するため主観評価実験を行った。その結果、「コントローラによる色度変化」条件における連続的色度変化の知覚は、従来の「時間的色度変化」条件に比べ、 a^* 軸方向に変化量の大きい刺激に対し色度変化を大きく知覚し、 b^* 軸方向に変化量の大きい刺激に対し色度変化量を小さく知覚する傾向が見られた。また輝度変化の有無、及び面積変化の有無のそれぞれの条件間では、知覚への影響に同様の傾向が見られた。よって、有意ではないが、これらのパラメータの影響を確認できた。すなわち、角度依存性の定量化のための主観評価実験において、「色度変化手法」「輝度変化」「可視面積変化」を考慮する必要があることが示唆された。しかしこれらのパラメータによる影響によって、今回作成した模擬刺激が、実際のパネルの角度依存性による連続的色度変化に、より近い評価ができる刺激となったのか明らかになっていない。そこで、いくつかの実際のパネルと、そのパネルの各パラメータを可能な限り模擬した刺激、時間的色度変化の刺激の 3 つを主観評価・比較する必要がある。それにより、模擬刺激によって、実際のパネル評価に近い評価ができているのかを検証できると考える。

- 1) Kido, J., Kimura, M and Nagai, K. 1995. Multilayer: White Light-Emitting Organic Electroluminescent Device., *Science*, 267 no. 5202, 1332.
- 2) Yamauchi, Y., Itayama, T., and Hirasawa, M., “Perception of the color change of temporally modulated stimuli”, CIC20, Los Angeles, 2012, 11.