

Saccade-based Displayのためのコンテンツ設計と印象評価

有賀 玲子*¹ 斎藤 英雄*² 安藤 英由樹*³ 渡邊 淳司*⁴

Design Consideration and Impression Evaluation of Image Contents for Saccade-based Display

Reiko Aruga,*¹ Hideo Saito,*² Hideyuki Ando,*³ and Junji Watanabe*⁴

Abstract – Saccade-based Display (SD) can present two dimensional (2D) images only with one dimensional (1D) LED light array based on perceptions during eye movements. Images presented with SD show different perceptual features from normally presented ones. In this paper, therefore, we describe the design issues of image contents in particular for SD and evaluate the change in the impression of the image contents. The results show that the impressions, especially of movement and depth, can be dramatically changed depending on the design of 2D image contents.

Keywords : Saccade-based Display, eye movement, semantic differential method

1. はじめに

近年、人間の知覚特性を提示原理とした視覚情報提示装置が実用化され、社会生活で目にされるようになった [1] [2] . その中でも、Saccade-based Display (SD) は高速眼球運動中の知覚特性に基づき、1次元光源で、スクリーンのない空間に、あたかも2次元像が存在するように知覚させることができる [3] . SD は、垂直方向1次元に配置したLED光源で、2次元画像（コンテンツ画像）を一列ずつ端から順に、水平方向にスキャンするように提示していく。このとき、図1のように、固定したSDの前で、観察者が水平方向に目を動かすと、1次元点滅パターンが空間パターンとして展開され、一瞬の間、2次元像（saccade-induced image: 以後SI像と表記する）が知覚される。

SI像の知覚では、その提示原理から、像の形態が眼球運動により変化するとともに、その知覚特性は固視時と異なり、画像中の図形の配置や方向に依存して、像の知覚されるタイミングや奥行きが変化することが知られている [4] . このように、SI像の知覚は固視時のそれとは大きく異なるため、SD特有のコンテンツ画像の設計指針が必要である。そこで本研究では、汎用性の高い設計指針として、コンテンツ画像の2次元の特徴とSI像の印象の関係を明らかにする。これに

より、SDでの情報提示の際に観察者が受ける印象も考慮した上で、画像を設計することが可能になる。

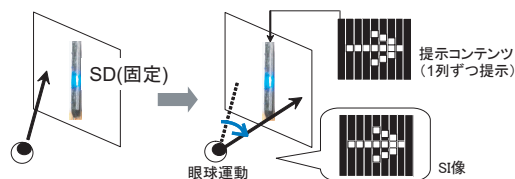


図1 SI像が知覚される原理
Fig. 1 Principle of perception of SI images.

2. 眼球運動時に知覚される2次元像の特性

本章では、SI像の知覚特性のうち、コンテンツ画像を設計する上で考慮すべき重要な特徴の詳細を述べる。

1. 眼球運動方向によるSI像の反転

同じコンテンツ画像を提示しても、図2(a)と図2(b)のように、眼球運動方向が反転すると、網膜像が逆方向に広がり、SI像の向きが反転する。そのため、左右交互に複数回の眼球運動を行うと、異なる向きのSI像が交互に知覚される。

2. 画像の方向性による印象の変化

同じ眼球運動方向でも、コンテンツ画像の提示順序を逆に（画像の向きを反転）すると、逆向きのSI像が知覚される（図2(a)と図2(c)）。このとき、図2(a)のようにコンテンツ画像が方向性を持ち、かつ、眼球運動方向と画像の方向性が一致する場合は、画像の方向が逆の場合（図2(c)）に比べ、奥行きや迫力の印象が強くなる（予備観察より）。

3. 配置による時空間の印象の変化

図3(a)のようなコンテンツ画像は、近接の要因により、離れた1つの円と他の3つの円という知覚的まとまりが生じる。異なる知覚的まとまりは、SI

*1: 慶應義塾大学大学院理工学研究科（現 NTT サイバーソリューション研究所）

*2: 慶應義塾大学大学院理工学研究科

*3: 大阪大学大学院情報科学研究科

*4: 日本学術振興会 / NTT コミュニケーション科学基礎研究所

*1: NTT Cyber Solutions Laboratories, on leave from Graduate School of Science and Technology, Keio University

*2: Graduate School of Science and Technology, Keio University

*3: Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

*4: Japan Society for the Promotion of Science / NTT Communication Science Laboratories

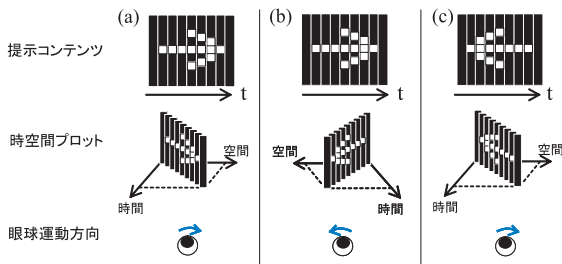


図2 眼球運動方向と網膜像
Fig. 2 Direction of saccades and retinal images.

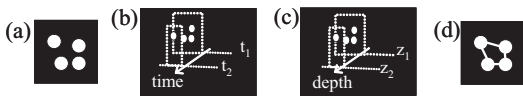


図3 時空間知覚と知覚的まとまり
Fig. 3 Spatio-temporal perception and perceptual grouping.

像において、異なるタイミング(図3(b))及び異なる奥行き面(図3(c))に知覚されることが知られている。ただし、図3(d)のように図形同士が線で連結され、1つのまとまりとして知覚されると、時空間のばらつきの印象は減少する[4]。

3. 実験

本実験では、前章で述べたSI像の知覚特性を考慮してコンテンツ画像を設計・作成し、印象評価を行う。

3.1 視覚刺激

前章で述べたそれぞれの特性に基づき作成した視覚刺激を、図4(a)(d)と図5(a)(d)に示す(右方向眼球運動時)。実験1では、特性1より、非対称な画像は眼球運動ごとにSI像の向きが変化するため、動きの印象が生じると予想し、眼球運動の方向でSI像の向きが変化しない対称画像(図4(a)SY1)と、向きが反転する非対称画像(SY2)を比較した。

実験2では、特性2より、眼球運動方向とSI像の方向性が一致する画像(図4(d)DR1)と、これが一致しない画像(DR2)を比較した。DR2に比べ、DR1の方が、奥行きや迫力の印象が大きくなると予想した。

実験3-1, 3-2では、特徴3を考慮し、時間的・空間的ばらつきを変化させる視覚刺激を作成した。水平方向の配置は時間知覚を、垂直方向の配置は空間知覚を変化させることが知られている[4]。そこで、図形を水平方向に離して配置した画像(図5(a)TM1)では、時間的ばらつきが増して安定しない印象に、図形を近づけて配置した画像(TM2)、線で連結した画像(TM3)では、安定した印象になると予想した。また、垂直方向にずれのない画像(図5(d)SP1)より、ずれ

て配置した画像(SP2)の方が、奥行き方向にばらつきが生じ、これを線で連結した画像(SP3)では平面的な印象に戻ると予想した。

3.2 実験方法

実験は暗室で行われ、SDを壁に固定した(中心の高さは床から1.1m)。SDは128個のLEDから成り、1つのLEDのサイズは8mm(視角換算で6')で、SDの長さは1.02m(12°)だった。被験者はSDから4.6m離れて座り、1秒間に2回程度左右に眼を動かした(振幅は22°)。提示した画像の解像度は128×128ピクセルで、SDの点滅周期は2kHzであるため、画像全体は64msで提示される。一度の眼球運動の持続時間は50~60msであり、その間に提示画像の大部分が知覚される。実験を行う前に、SDの両側11°に蛍光マーカの視標を置き、視標間で眼球運動を行う練習をするとともに、SI像を正確に把握できることを確認した。

実験では、被験者はSI像を観察し、印象が決定するまで眼球運動を行った(1刺激あたり2~3分)。印象評価にはSD(semantic differential)法を用いた。形容詞対には、Osgoodの形容詞対の中から、SI像の印象を表現するのに適切と考えられる9対を選定した(「自然な-不自然な」「鋭い-鈍い」「派手な-地味な」「安定な-不安定な」「複雑な-単純な」「面白い-退屈な」「好きな-嫌いな」「迫力のある-物足りない」「新鮮な-古臭い」。SI像の特性を反映した3対の評価項目(「見やすい-見にくい」「動的な-静的な」「空間的な-平面的な」)を加え、全12対の形容詞対について7段階評価を行った。「どちらでもない」を0とし、各形容詞対のうち、前者の印象が強ければ正(最大値は3)、後者の印象が強ければ負(最小値は-3)とした。さらに、以上の結果がSDで提示した場合(SD条件)に特有であるか調べるために、SD条件と同じ画像をプロジェクタでスクリーンに投影し、同様の印象評価を行った(PJ条件)。被験者は、スクリーンから4.6m離れた場所に座り、正面に視線を固定して、投影される画像を観察した。画像の投影時間・投影領域は、SD条件での網膜像と同程度の平均64ms, 22°とした。

SD・PJ条件ともに同じ15名の被験者が参加した(男性12名、女性3名、22~26歳)。全員裸眼・矯正視力で0.6以上あった。SD・PJ条件は別日程で行った。また、被験者数が多く、眼球運動の振幅はSI像の印象に影響しないと予備実験で確認されたため、眼球運動計測は行わなかった。

4. 結果・考察

図4(b)(e)、図5(b)(e)に、各実験における全被験者の印象評価の平均値を、図4(c)(f)、図5(c)(f)に、SD条件の平均値からPJ条件の平均値の差分を取った結果を示す。差分結果に対しては、対応のあるt検定を

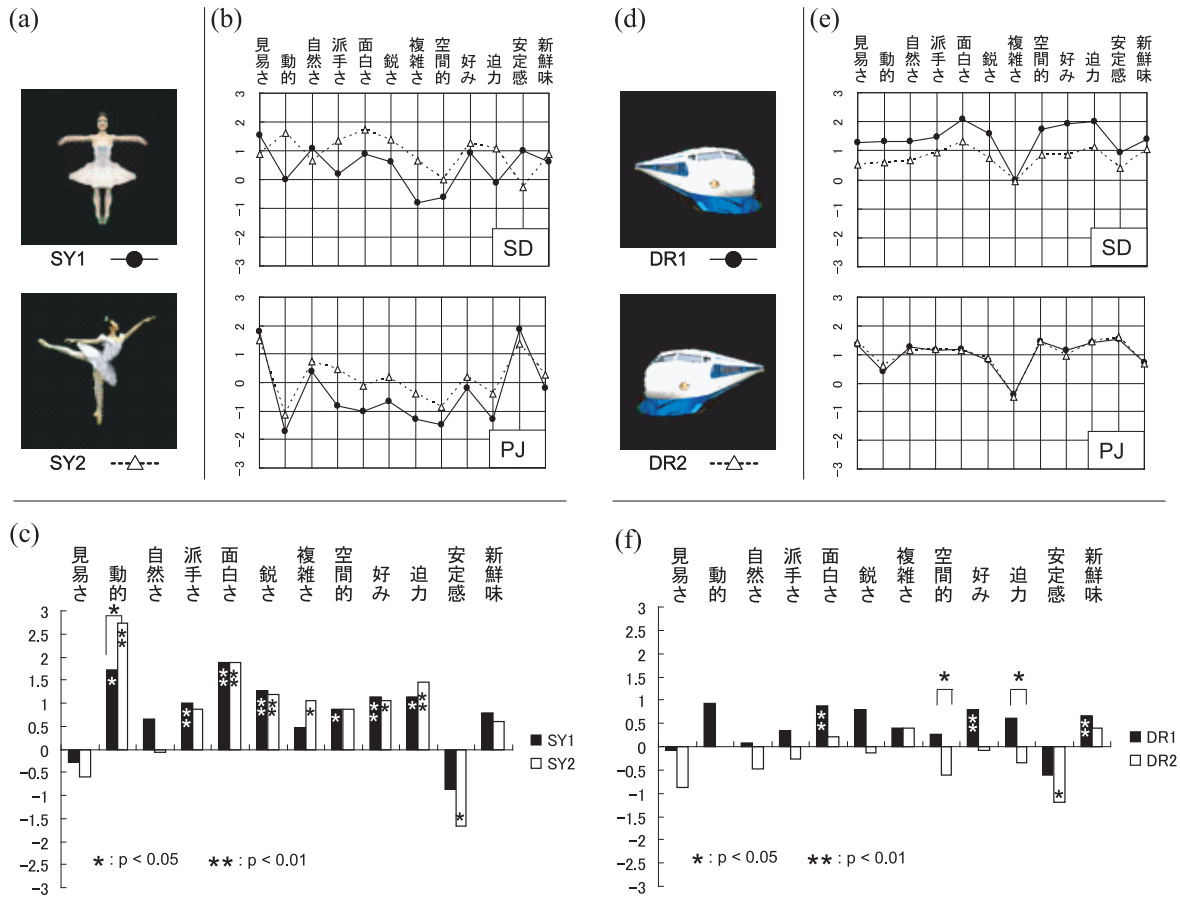


図 4 実験 1. (a) 視覚刺激．左右対称な画像 (symmetry1: SY1) と左右非対称な画像 (SY2). (b) 平均値. (c) SD・PJ 条件の平均の差分. 実験 2. (d) 視覚刺激．眼球運動方向と画像の方向性が一致している画像 (direction1: DR1) と一致していない画像 (DR2). (e) 平均値. (f) SD・PJ 条件の平均の差分.

Fig. 4 Experiment 1. (a) Visual stimuli. A symmetric image (symmetry1: SY1) and an asymmetric image (SY2). (b) Average. (c) Differential between SD and PJ conditions. Experiment 2. (d) Visual stimuli. An image whose direction is the same as saccades (direction1: DR1) and an image whose direction is contrary to saccades (DR2). (e) Average. (f) Differential between SD and PJ conditions.

行った．差分の結果が有意にゼロではない場合，棒グラフ中に*または**を，画像間で差分値が有意に異なる場合，棒グラフの外に*を記す．画像の種類によらず，SD 条件と PJ 条件の差分値が同程度である場合，それは提示条件によるもので，画像間で差分値に有意差が生じる場合，それは画像の作成方法によるものであると考えられる．以下では，各実験において，差分値が画像間で有意に異なる形容詞対について述べる．

4.1 対称・非対称

図 4(c) より，動きの印象評価の差分において，SY1 と SY2 の間に有意差が見られた ($t(14)=-2.27$, $p<0.05$)．SY2 のような左右非対称なコンテンツ画像は，SD 条件で動的な印象が強まることが分かった．

4.2 方向性

多くの形容詞対において，差分値が，DR1 では正の値，DR2 では負の値となったことから，画像の方向性

により，反対の印象が生じるものと考えられる．図 4(f) より，空間と迫力の印象評価の差分において，DR1 と DR2 の間で有意差が見られた (空間: $t(14)=2.69$, 迫力: $t(14)=2.17$, $p<0.05$)．コンテンツ画像が方向性を持つ場合，DR1 のように，眼球運動方向と画像の方向が一致するように SD で提示すると，空間的，迫力のある印象になることが示された．

4.3 水平・垂直方向の配置

図 5(c) より，TM1 は，TM2，及び TM3 に比べ，動き，複雑さ，新鮮さの印象評価の差分値が，有意に大きかった (TM1-TM2 間: $t(14)=2.18$, TM1-TM3 間: $t(14)=2.23$, $p<0.05$)．画像作成の際，図形の水平方向の距離を長くすると，動的で複雑な印象を強め，その距離を短くする，または線で連結すると，静的で単純な印象を与えることが示された．

図 5(f) より，SP2 は，他の刺激に比べ，空間に関

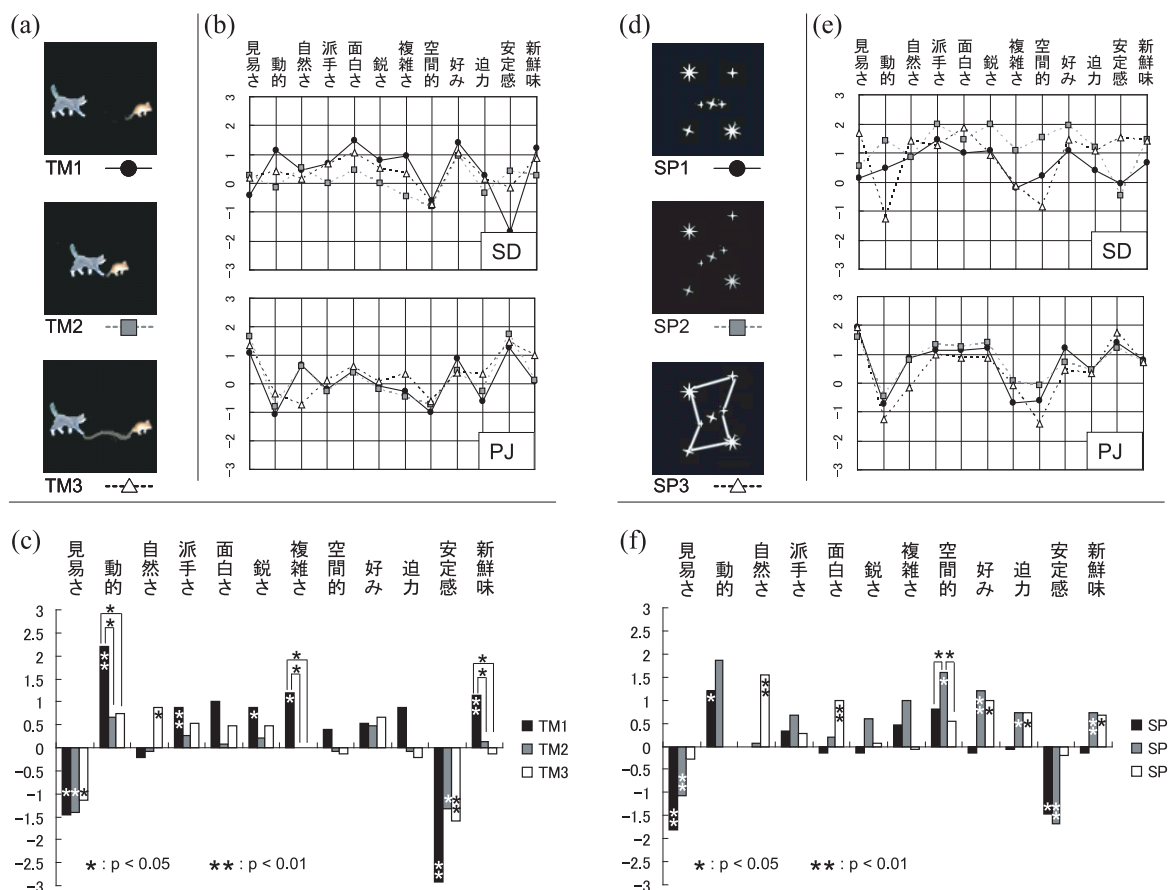


図5 実験 3-1. (a) 視覚刺激. 図形を水平方向に離れた画像 (temporal1: TM1), 近づけた画像 (TM2), 連結した画像 (TM3). (b) 平均値. (c) SD・PJ 条件の平均の差分. 実験 3-2. (d) 視覚刺激. 垂直方向にずれのない画像 (spatial1: SP1), ずれた画像 (SP2), 連結した画像 (SP3). (e) 平均値. (f) SD・PJ 条件の平均の差分.

Fig. 5 Experiment 3-1. (a) Visual stimuli. A horizontally distant image (temporal1: TM1), a horizontally close image (TM2), and a connected image (TM3). (b) Average. (c) Differential between SD and PJ conditions. Experiment 3-2. (d) Visual stimuli. A vertically aligned image (spatial1: SP1), a vertically misaligned image (SP2), and a connected image (SP3). (e) Average. (f) Differential between SD and PJ conditions.

する印象評価の差分値が有意に大きかった (SP1-SP2 間: $t(14)=2.18$, SP2-SP3 間: $t(14)=-2.18$, $p<0.05$). 図形を垂直方向にずらして配置すると, 空間的に広がりのある印象になり, これを線で結ぶと, 平面的な印象になることが示された.

5. おわりに

本研究では, SI 像特有の知覚特性に基づきコンテンツ画像を設計・作成し, 印象評価を行った. その結果, 画像中の図形の対称性や方向性, 配置の仕方によって, SI 像に対する印象, 特に, 動き, 奥行き, 迫力感の印象が変化することが明らかになった. これらのコンテンツ画像の 2 次元の特徴と SI 像の印象の関係から, SD での情報提示において, 動きや空間的印象を考慮に入れて画像作成を行うことが可能となった.

(2010 年 5 月 6 日受付)

謝辞

本研究の一部は, JST「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」領域の CREST 研究プロジェクト「自由空間に 3 次元コンテンツを描き出す技術」の支援を受けて行われた.

参考文献

- [1] 株式会社コマデン “Image-Mesh”: <http://www.komaden.co.jp/> (2010. 4. 26 参照)
- [2] アビックス株式会社 “Pole-Vision”: <http://www.avix.co.jp/> (2010. 4. 26 参照)
- [3] Saccade-based Display: <http://www.junji.org/saccade/> (2010. 4. 26 参照)
- [4] R. Aruga, H. Saito, H. Ando, and J. Watanabe: Perceptions of depth and asynchrony during eye movements; ECVP 2009 Abstract, p. 175, (2009.8)