

Saccade-based display の特性を活かした 呈示コンテンツの生成

Study on image contents using perceptual properties of Saccade-based display

有賀玲子¹⁾, 斎藤英雄¹⁾, 安藤英由樹²⁾, 渡邊淳司³⁾

Reiko ARUGA, Hideo SAITO, Hideyuki ANDO, Junji WATANABE

1) 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

(〒223 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, { aruga, saito } @ozawa.ics.keio.ac.jp)

2) 大阪大学大学院 情報科学研究科

(〒565 大阪府吹田市山田丘 1-5, hide@ist.osaka-u.ac.jp)

3) 科学技術振興機構さきがけ/NTT コミュニケーション科学基礎研究所

(〒243 神奈川県厚木市森の里若宮 3-1, watanabe@avg.brl.ntt.co.jp)

Abstract : When we look at one dimensional light array while moving our eyes rapidly, the light array will be spread on the retina and we can see two dimensional image. Saccade-based display, which uses this phenomenon and is composed of rapid blinking LED array, generate extraordinary perception because the brain system during saccade is different from usual one. To make use of this perceptual properties, we performed experiments and found that some image contents induce depth perception or distorted surface perception which can't be realized on normal display.

Key Words: Saccade-based display, depth perception, surface perception.

1. はじめに

近年, 大型フラットパネルや集光レーザーを利用した, 大型で大エネルギー量を必要とする映像デバイスが数多く開発されている. 一方で, 渡邊ら [1] は, ひとの高速眼球運動 (サッカード) に着目し, 2 次元の情報を少ないリソースで呈示する視覚情報呈示装置, Saccade-based display (以下 SD) を提案している. サッカード時に 1 次元光点列を高速点滅させると網膜上で継時的な 1 次元情報が空間的に広がり, 2 次元画像が知覚される. SD ではこれを拡張し, 1 次元 LED アレイに画像を一つずつ高速に呈示することで, サッカード中に 1 枚の 2 次元画像を知覚させることを実現した. これまで, サッカード時の知覚特性について詳しく検討されてきたが [2], SD に特化した呈示コンテンツの検討は不十分であるので, その設計指針を構築する必要がある.

SD において視覚像の生じる状況は, 通常のそれとは大きく異なる. 通常のディスプレイでは, 脳内で生じたイメージに対応する実体を実空間に存在するが, SD では実空間にあるのは 1 次元 LED アレイのみで, 得られる視覚像に対応する実体が存在しない. このような知覚条件下では, 脳が実世界と一致しない網膜情報を意味的に補完する部分が大きく, 通常のディスプレイでは得られない効果が期待できる.

本研究では, このような SD の特性を活かして, 通常の

ディスプレイでは実現が困難である運動や奥行き感, 歪んだ面知覚等, 多様な知覚を与えるコンテンツを生成することを目的とし, 心理物理実験を行った.

2. サッカード時における群化と肌理の勾配

ひとが図形を観察するとき, 視野内で自然発生的に図同士がまとまって知覚されることが知られており, これを群化と呼ぶ [4]. 群化の代表的な要因に「近接の要因」が挙げられる (図 1 (a)). また, ひとでは物体の表面を認識する際に, 表面の肌理から面全体の勾配情報を得ていることが知られている (肌理勾配の原理, 図 1 (b)). 本研究では, サッカード時においてこれらの視覚特性がどのように働くのかを調べた. 実験 1 では, 個々の図形のまとまりの知覚と全体の見え方の関係を調べ, 実験 2 では, 個々が図形の肌理の勾配と面全体を構成するときの見え方の関係を調べた.

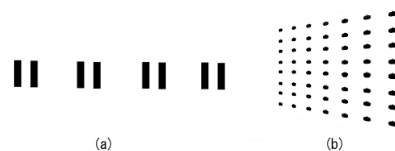


図 1: (a) 近接の要因 (b) 肌理勾配の原理

3. 実験1 サッカーボール時における近接の効果

3.1 実験装置

すべての実験で、部屋は暗室とし、約5分間の暗順応を経てから開始した。呈示デバイスには、2kHzで点滅する128個の1次元LEDアレイから成るSDを使用し、呈示コンテンツの切り替えの制御にはVisual C++ 6.0 (Microsoft社製)を用いた。視標として赤色LEDをSDの両側に22.1deg離して配置し、実験中は片側の視標からもう一方の視標に目を動かすように被験者に指示した(図2(a))。被験者とSDの距離は4.6mとし、図形の中心が目の高さになるように調整した。被験者は、女性5名・男性8名(21~26歳)で、裸眼・矯正視力が0.7以上あった。

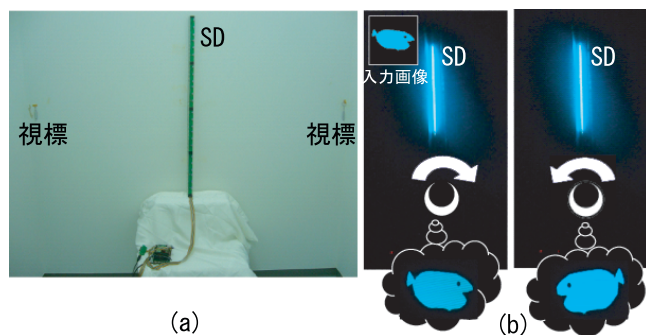


図2: (a) 実験環境 (b) 眼球運動の方向により図形が反転

3.2 呈示刺激

実験1では、サッカーボール時の知覚に近接の要因がどのような影響を与えるかを調べるために、図3に示す8種類の図形を用いて心理物理実験を行った。すべての視覚刺激は背景が黒で、直径が1.5degの白色の円を(a)4.2degx4.2deg (b)10.5degx4.2deg (c)4.2degx10.5deg (d)10.5degx10.5degの矩形の頂点に4つ配置した図形、さらに(a)~(d)の左上に配置された円を、頂点から2.1degx2.1deg離れた位置に描き直した図形(e)~(h)をSDに呈示した(図3)。

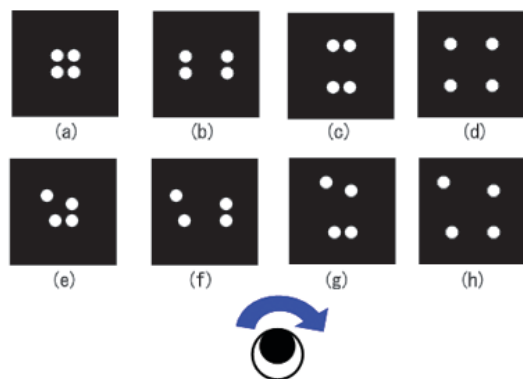


図3: 実験1で用いた図形(右方向の眼球運動時)

3.3 実験課題

図3(a)~(h)をそれぞれSDに呈示したものを自由に観察し、認識された図形のスケッチを描くように指示した。そして、まとめて認識された「グループの数」を報告するように指示した。このとき、SDではサッカーボールの方向とは

逆向きに網膜に視覚情報が広がるため、左右非対称な図形の場合、サッカーボールの向きによって図形は反転して見えるが(図2(b))、スケッチで答えるのはどちらか一方の図形とした。また、各グループが奥行き異なる平面に描かれているように知覚された場合、その平面の数を「奥行き数」として答えるように指示した。グループ数が複数であっても、すべてのグループが同一平面上にあるように知覚されることもあるが、その場合の奥行き数は1とした。さらに、前述のとおり、SDでは継時的に図形が網膜に広がるため、コンテンツによっては図形全体を同時に知覚するのが難しくなる。これを「非同時性」と定義し、一度に全体が見えた場合は0、ばらばらに飛び出して見えた場合は2、その中間は1として評価した。すべての評価値において、判定不可能の場合にはそのように記述するように指示した。

4. 実験1の結果と検討

4.1 図の配置とグループ数の関係

被験者のスケッチから、円の配置の仕方によって、図形の一部しか知覚されなかったり、正しい図形を認識できない場合が生じることが分かった。特に誤認識が多かったのは、図3(b)(d)(f)(h)で、それぞれ13名中6名以上が図の一部のみ、または誤った形状で認識していた。

グループ数については形状を誤認識した被験者も含めて平均をとった。このとき、円が多数知覚され、その数の判定は不可能と記述があった場合、4つの円がそれぞれ独立して知覚されたものと解釈し、グループ数を4として解析に含めた。このときの全被験者の平均を表1に示す。対称図形である図3(a)~(d)と、一部の円を離して描いた非対称図形である図3(e)~(h)の結果を比較すると、SDにおいても通常の視知覚と同様に、図同士の距離が離れると互いにまとまりにくくなり、グループ数が増大する傾向にあることがわかった。

表1: グループ数の結果

図3の図番号	a	b	c	d
グループ数	1.1	1.4	1.9	2.9
図3の図番号	e	f	g	h
グループ数	2.0	2.3	2.5	3.1

4.2 グループ数と奥行き数の関係

奥行き数では、知覚された像全体がいくつの奥行きに配置されているかを調べた。奥行き数が判定不可能と判断されるときにはふたつのケースが存在し、円が多数知覚され、互いの相対的な奥行きの位置関係が把握できないと答えた場合と、サッカーボールごとに見える図形が異なり、図形全体の奥行き数を一概に答えられないという場合があった。別の理由で判定不可能と判断された結果を合わせて考えるのは難しいため、このように判断したときのデータをのぞいて平均をとった(表2)。奥行き数を判定不可能とした被験者

は、図3(d)で2名、図3(f)で6名、図3(g)で1名、図3(h)で7名であった。また、多くの被験者が、非対称図形ではふたつ以上の奥行き面が知覚され、ひとつ離れている円が手前に飛び出して見えたと報告した。

表 2: 奥行き数の結果

図 3 の図番号	a	b	c	d
奥行き数	1.0	1.0	1.1	1.2
図 3 の図番号	e	f	g	h
奥行き数	1.5	1.3	1.8	1.4

表 1 と表 2 より、グループ数も奥行き数も、対称図形に比べ非対称図形の方が評価値が大きくなることがわかった。また、グループ数が増えるとともに奥行き数も増大することが示された(図 4)。通常の知覚における近接の効果は、同一平面上で群化するグループを決定しているだけだが、SD では各グループが異なる奥行きを持つ平面上に属するように知覚される傾向があることがわかった。

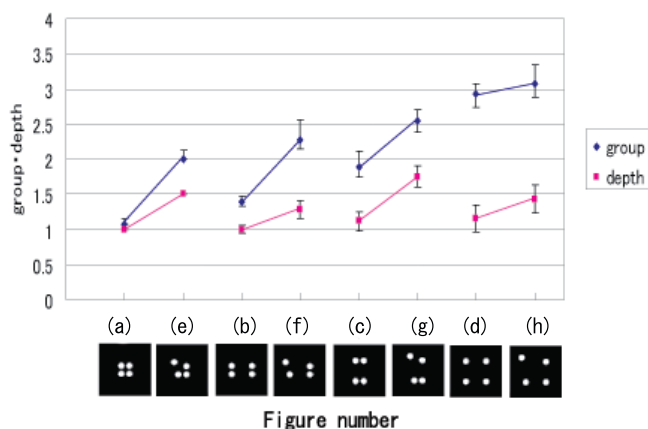


図 4: グループ数と奥行き数の結果

4.3 図の配置と非同時性の関係

同時性の評価では、判断できないと答えた被験者はいなかった。図形の一部分しか認識できていない被験者については、図形全体を同時に認識できていないものとし、非同時性を 2 と補正して平均をとった(表 3)。

表 3: 非同時性の結果

図 3 の図番号	a	b	c	d
非同時性	0	1.7	0.5	1.8
図 3 の図番号	e	f	g	h
非同時性	1.1	1.8	0.8	1.6

表 1 と表 3 を見ると、グループ数と非同時性の間に関係性を見出すことは難しい。ここで、非同時性の低い順に図形を並べてみると(図 5)、グループ同士が横方向に離れているほど非同時性が高く、図全体を同時に認識できなくな

ることがわかった。このことは、時間的に離れて網膜に呈示されるほど、非同時性が高くなることを示している。

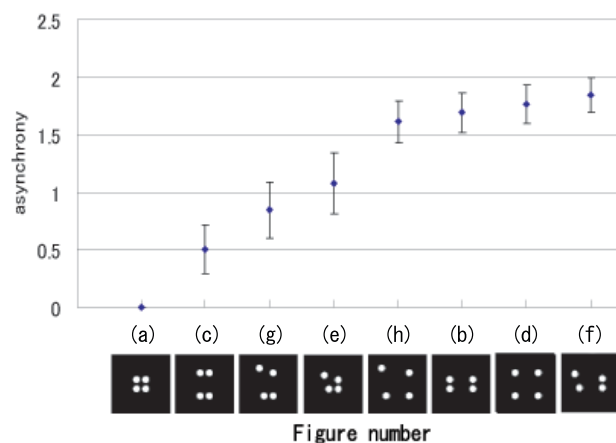


図 5: 非同時性の結果

4.4 フリップブック効果

図 5 より、図形同士を横方向に離して配置した図 3 (b)、(d) (f) (h) では、非同時性の値が大きくなっている。被験者の報告から、これらの図形では、図全体を一度に知覚することが難しくなることがわかった。さらに縦方向にも離れた図 3 (d) と図 3 (h) の場合、13 名中 8 名の被験者が、呈示した図とは異なるスケッチを報告した。このうち、左右対称である図 3 (b) では、13 名中 9 名の被験者が、縦に並んだふたつの円のみが見えたと報告した。左右非対称である図 3 (f) の場合、8 名の被験者が、サッカーボールごとに縦に並んだふたつの円が見えたり、斜めにならんだ円が見えたりすると報告した。他の 5 名は正確な形状を報告できなかった。

図 3 (b) と図 3 (f) の見え方の比較から、図形同士が横方向に離れると、1 枚の画像がふたつのフレームに分割されることがわかる。左右対称であればサッカーボールごとに同一フレームが知覚されるので静止画と認識されるが、非対称であるとサッカーボールごとに異なるフレームが知覚されるため、2 コマのフリップブックと同様の効果が生じ、運動感が得られたものと考えられる。このことを利用して、ストーリー性のあるふたつの図形を横方向に離して描いたものを SD に呈示すれば、2 コマのアニメーションを表現できることが示された。

5. 実験 2 肌理勾配の効果

5.1 実験内容

2 章で示したような一般的な肌理勾配の原理は、実在する物体に肌理情報が投影されている。一方で、SD には投影面が存在しないため、知覚された肌理情報は奥行き方向に歪んだ面情報として知覚される可能性がある。実験 2 では、肌理の勾配を持つ画像を SD で呈示したときに、どのような知覚が得られるか調べた。視覚刺激には、サッカーボールの方向に円が大きくなるように歪みを持たせた 9 つの点群と、これとは逆方向に歪みを持たせた点群を組み合わせた 4 種

類の図形を用いた（図 6（a）～（d））．これを SD に呈示した時の見えを口頭で報告するように指示した．視覚刺激以外の実験条件は実験 1 と同様であった．

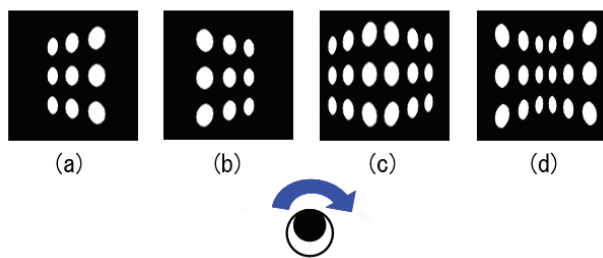


図 6: 実験 2 で用いた図形（右方向の眼球運動時）

5.2 実験 2 の結果と検討

サッカーの方向に円が大きくなるように勾配をつけた図 6（a）では、13 名全員が面が図 7（a）のように面が飛び出して見えると答えた．逆に勾配をつけた図 6（b）では、図 6（a）に比べると鈍角に飛び出てくるように見えると報告したのが 4 名、面が奥の方に向かってっていると答えたのが 5 名、よく見えないと答えたのが 4 名であった．図 6（c）では、図 7（b）のようにキューブの角を外側から見ているように感じると答えたのが 10 人、図 7（a）と同様に飛び出す面のように見えると答えたのが 3 人だった．また、図 6（d）では、13 人全員が図 7（c）のように円筒を内側から見ているように感じると答えた．

これらの結果より、SD においても肌理の勾配により面を表現でき得ることが確認された．このとき図 6（a）や図 6（d）のように、サッカーの終点付近に行くほど円が大きくなるような勾配をつけると、効果的に面の飛び出しや歪みの知覚を与えることが確認された．

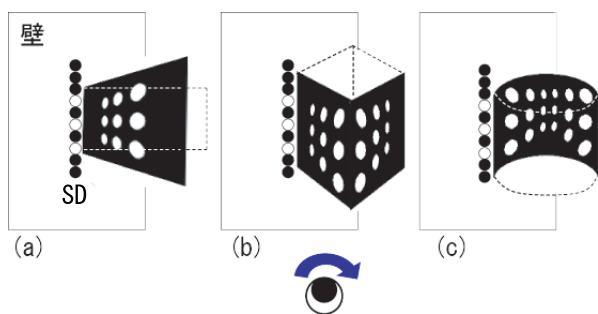


図 7: 実験 2 の結果（右方向の眼球運動時）

6. 応用例

実験 1 より、SD では、呈示する画像中の図形が互いに離れていると奥行き感が、図形同士が横方向に離れているとフリップブック効果が得られることが示された．このことを応用し、運動感とストーリー性のある呈示コンテンツを作成した．

まず、フリップブック効果の生じた図 3（f）と同様に、視野角にして 10.5deg 程度横に離して二羽のウサギの図形描いた図 8（a）を作成した．これを SD に呈示して観察する

と、サッカーの方向によってイメージが反転することもあり、運動感が強く得られた．このとき、二羽同時に認識するのは難しいので、"二兎追うものは一兎を得ず"とタイトルをつけて紹介したところ、評判が良かった．また、図 8（b）では、目を開いた図と閉じた図を離して描き、目が開いたり閉じたりするまばたきのイメージを引き出すことができた．



図 8: （a）"二兎追うものは一兎を得ず．"（b）まばたき

7. まとめ

群化と肌理勾配という、知覚心理学で得られている視覚特性が、SD で呈示するコンテンツに対しても生じ得ることがわかった．SD においてこれらの効果は図形に奥行き感や運動感を与えるため、平面ディスプレイで呈示するよりもダイナミックな知覚が得られることが分かった．さらに、これらの効果を組み合わせることにより、2 コマアニメーションの設計が可能であることが示された．今回は横方向の肌理勾配図形のみを用いたので、今後は縦方向に勾配を持つ図形も検討する（図 9）．また、複数の SD を用いたり、呈示するコンテンツを時間軸に沿って徐々に変化させることで、より多様な知覚を与えるコンテンツを検討していく．

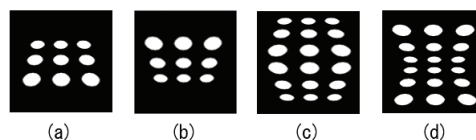


図 9: 今後検討すべき図形

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」により行われた．

参考文献

- [1] 渡邊淳司，前田太郎，館暲：サッカーを利用した新しい情報提示手法の提案，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol. 6, No. 2, pp. 79-87, 2001.
- [2] Junji Watanabe, Atsushi Noritake, Taro Maeda, Susumu Tachi, Shin'ya Nishida: Perisaccadic Perception of Continuous Flickers, Vision Research, Vol. 45, No. 4, pp. 413-430, 2005.
- [3] 吉村浩一：知覚は問題解決過程 - ア - ヴィン・ロックの認知心理学 - ，ナカニシヤ出版，2001．
- [4] デビッド・マー，乾敏郎，安藤広志：ビジョン - 視覚の計算理論と脳内表現，産業図書，1987．