

周辺視野選択的な運動知覚を実現する視覚刺激の作成と応用

岡野 裕[†]

橋本 悠希[†]

梶本 裕之[†]

野嶋 琢也^{††}

Toward visual motion stimulus that is selectively perceived in peripheral visual field

YU OKANO[†]

YUKI HASHIMOTO[†]

HIROYUKI KAJIMOTO[†]

TAKUYA NOJIMA^{††}

1. はじめに

本研究は、動画あるいは静止画に対して任意方向の運動感覚を視覚的に付与することを目的とする。静止画において運動を表現する試みは、例えばマンガにおける効果線として知られている。また近年ではフレーザ一錯視を適切な手法で配置することで運動を知覚させる研究 1)も行われている。しかしいずれの手法も運動を提示する部分が元画像の空間を広く占有してしまうため画質を損なう。また静止画に対して動画による流れ場を付与する手法も提案されており 2), 例えば静止画の川に対し別の動画との重ね合わせによって流れを付与する処理を実現している。この手法は高精細な表現が可能であるが高い計算コストを必要とする。

これに対し我々は、人間の視覚特性を活かして運動感覚を画像に付与し、元の画質を損なわない手法を提案した 11)。本稿では提案手法を概観した後、手法の有効性を評価する。

2. 提案手法

我々の目的のためには次の二つを同時に実現する画像処理が必要となる。

- (1)元画像にオプティカルフローを重畳できること。
- (2)静止画としての画質を落とさないこと。

元画像にオプティカルフローを重畳する単純な手法として、低空間周波数の輝度パターンを移動させる手法が提案されている 3)4)が、当然通常の輝度パターンは静止画としての画質を落としてしまう。

ここで我々は人間の視覚特性に着目した。人間の視

覚特性の一つとして、中心視野と周辺視野では時間・空間の役割分担があることが知られており、概ね網膜周辺部で時間特性に優れると言われる 5)6)7)8)9)。この特性から、適切な時間周波数を持つ運動刺激は、周辺視のみに検出されることが予想される。

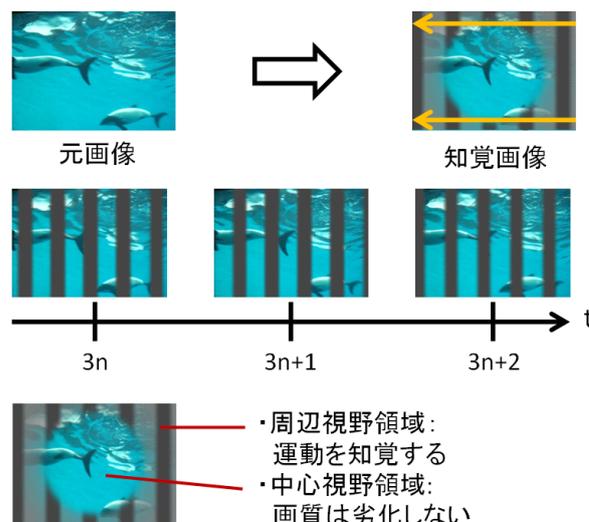


図1 提案手法イメージ図 11)

以上の知見を総合すると、適切な時間周波数を持つ輝度縞による運動は、図 1 に示すように中心視では時間周波数の高さに追従できないことから点滅を知覚せず重畳した静止画として知覚され、周辺視でのみオプティカルフローを知覚すると予想される。

本手法は先に述べた二つの要求を満たすと共に簡便であり、なおかつ、「視野中心はいつでも自動的に静止画となる」ため、視線計測を必要としないという特徴を持つ。

本稿の以下の実験では、提案手法の有効性を検証するため 2 つの基礎的実験を行った。まず提示視野角と運動方向の判別可能性の関係を計測すると共に、運動

[†] 電気通信大学大学院 人間コミュニケーション学専攻
Graduate school of Human Communication, the University of
Electro-Communications

^{††} 電気通信大学大学院 情報システム学専攻
Graduate school of Information Systems, the University of
Electro-Communications

方向を正しく認識できていることを確認する予備実験を行った。次に輝度縞の周期や振幅を変えた際のオペティカルフローの知覚量を測定した。

3. 視覚特性検査実験

3.1 設計指針に基づく視覚刺激生成

実験に際しては、図 2 のような、1/3 ずつ位相の異なる正弦波縞が左右どちらかに連続して移動する視覚刺激 3 枚を作成し、150fps で繰り返し表示することとした。すると 3 枚の画像は 1/50 秒ごとに繰り返すことになる。もし中心視野の臨界融合周波数(CFF)がこれよりも低ければ、中心領域では 3 枚の画像の平均である灰色が静止して知覚されるはずである。またもし周辺視野の CFF がこれよりも高ければ、周辺視野領域では運動が知覚されるはずである。

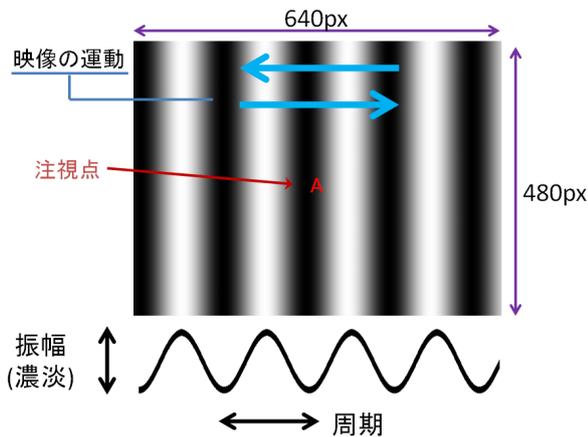


図2 輝度縞による視覚刺激の概観

我々が提案する手法では、中心視野では検出できない高い周波数の点滅が必要である。そのために、高周波数で点滅を提示できる CRT ディスプレイを用いた視覚刺激提示システムを構築した。



図3 実験セットアップ

17inchCRT ディスプレイ(東京特殊電線社製 CDT1787A, 解像度 640×480px)の前方 12.2cm の位置に被験者の眼球がくるように、被験者ごとに図 3 に示す顎台を調節して設置した。これは視野にして垂直方向 90 度、水平方向 120 度に対応する。実験時は被験者に暗幕を被せ、部屋の蛍光灯の点滅を遮断した。眼球から見た視覚刺激は照度 $104.5 \pm 0.5 \text{lux}$ 、輝度は $63 \pm 1 \text{cd/m}^2$ であった。

3.2 予備実験

予備実験では提示視野角に伴う運動知覚の変化を見た。提示画像は黒地の中心に円形の提示部分があり、その内部で輝度縞が左右どちらかに運動することとした。提示する中心視野領域は眼球からの角度が半径 2.5 度(中心窩)、1~20 度まで 1 度刻み、20~45 度まで 5 度刻みの 26 通りであり、注視点は充分小さな点とした。縞模様の空間周期は視野にして 17 度であり、輝度変化は真白から真黒まで 100%とした。この試行を 4 回ずつ 6 名の成人に対して行った。回答はキー入力によって左右を回答させ、正答率を得た。

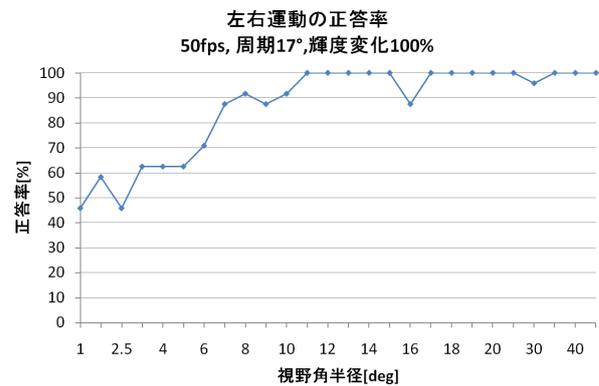


図4 予備実験結果

実験の結果、図 4 に示すとおり、およそ 7 度以上ではほぼ正しく左右方向の運動を認識できていることが分かった。これは「7 度よりも小さな中心視野のみでは運動を知覚できない」こと、および「周辺視野では運動を正しく知覚できる」ことを表しており、本提案の実現性を確認することができた。

3.3 主観的強度計測実験

次に、提案画像が被験者にもたらす主観的強度を計測する実験を行った。この実験により、各パラメータとの関係を明らかにすることで効果の指標を得ること

を目的とする。実験装置は予備実験と同じ物を使用した。被験者には移動方向と、標準刺激との相対的な強度を1.0～5.0の範囲で1試行ごとに回答させた。比較刺激は、輝度変化を白黒と比較して25%, 50%, 75%, 100%の4通りとした。また、空間周期は18, 36, 72, 144, 288dotの5通りとした。この空間周期は視野にして4.4, 8.7, 16.9, 31.4, 50.6度に対応する。標準刺激は、輝度変化、空間周期共に各試行の中間となる50%の輝度変化および空間周期16.9度とした。すべての組み合わせを左右各1回、合計40回提示する実験を、成人5人に対して行った。

また、実験時には“A”, “B”, “C”, “D”いずれかの注視文字を視野にして水平半径1.2度の大きさで画面中心に提示し、これを0.5秒ごとにランダムに切り替えた。この文字は周辺視野では判別が困難であり、実験中被験者にこれをすべて読み上げさせることで、視野中心がずれたときの回答の混入を防いだ。なお、視覚刺激はTroxler効果(10)による知覚減衰を避けるため、いずれの視覚刺激も提示時間を5秒と定め、また試行間の回答時間に最低5秒以上の時間を取った。

3.4 実験結果

図5に、輝度変化がそれぞれ25%, 50%, 75%, 100%の時の、主観的な動きの強度のアンケート結果を示す。各図を比較すると、輝度変化を大きく取ると強度が増して知覚される傾向が確かめられた。また、刺激の周期変化では、個人差が大きくばらついたものの概ね周期が長いと強度が減衰している。しかしながら、空間周期が短い時も強度が減衰する被験者もみられた。今後我々の望むシステムを構築する上で、適切な強度の運動知覚付与を実現する視覚刺激設計の指標となると考えられる。

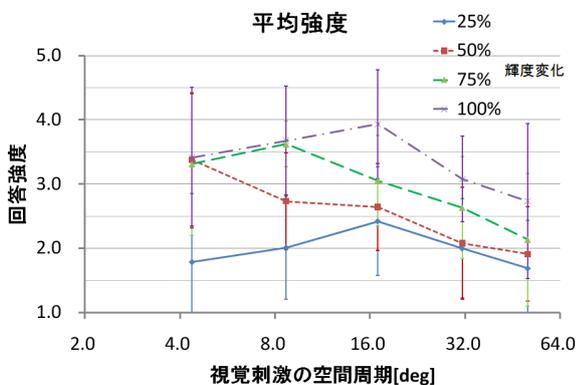


図5 輝度変化と強度の関係

4. 応用例

実験で扱った画像は輝度情報のみを含む物であったが、本章では提案手法をより一般的な画像に対して適用した。重畳する輝度情報は図6のように一次元的なものと、図7のように同時に複数の運動方向を含むものを作成した。図7は対象物体が接近するような感覚の生起を目指している。

予備的な実験の結果、両方の場合の効果を確認した。図7の場合、視野中心を画像の中心からずらした時には視野中心の運動方向とは異なる運動感覚が付与されるが、各点の運動方向の通り付与されていることは確認した。以上より、提案した手法が様々な画像に適用できることと、複数方向の運動情報を持つ視覚刺激でも適用できることを確認した。



図6 1次元方向の運動



図7 接近を表現する円状の運動

5. おわりに

本研究では周辺視野で運動を知覚し、中心視野では元画像をそのまま知覚する視覚刺激を提案した。実験

によって本提案手法の実現可能性を示し、主観強度を回答させる実験により、刺激パラメータの変化による運動知覚強度を変化させうることを確認した。さらにこの手法を用いて様々な画像に実際に適用し、効果を確認した。今後は動画への応用、およびユーザ自身の動きを増強することを試みる。

参考文献

- 1) M. Chi, T. Lee, Y. Qu, T. Wong : Self-Animating Images: Illusory Motion Using Repeated Asymmetric Patterns, ACM Trans. Graph. 27, 3, Article 62, 8 pages, 2008.
- 2) Makoto Okabe, Ken Anjyo, Takeo Igarashi, Hans-Peter Seidel: Animating Pictures of Fluid using Video Examples, Eurographics, Vol. 28 Number 2, 2009.
- 3) 舟川 政美 : 視野の時空間周波数特性に基づくアンビエント型情報表示法, 社団法人自動車技術会 学術講演会前刷集, No.35-09, pp.23-28, 2009.
- 4) F. L. Kooi and M. Mosch : "Peripheral motion displays: tapping the potential of the visual periphery", proceedings of the human factors and ergonomics society 50th annual meeting, pp.1604-1608, 2006.
- 5) G. Philips : Perception of flicker in lesions of the visual pathways, Brain, 56, 464-478, 1933.
- 6) B. S. Hylkema : Examination of the visual field by determining the fusion frequency, Acta Ophthalmology, 20, 181-193, 1942.
- 7) P. W. Milles : Flicker fusion field, American Journal of Ophthalmology, 33, 1069-1076, 1950.
- 8) E. Hartmann, B. Lachenmay and H. Brettel : The peripheral critical flicker frequency, Vision Research, 19, 1019-1023, 1979.
- 9) C. W. Tyler : Analysis of visual modulation sensitivity. II. Peripheral retina and the role of photoreceptor dimensions, Journal of the Optical Society of America A, 2, 393-398, 1985.
- 10) F. J. J. Clarke & S. J. Belcher : On the localization of Troxler's effect in the visual pathway. Vision Research, 2, 53-68, 1962.
- 11) 岡野, 橋本, 梶本, 野嶋 : 周辺視野選択的な運動知覚を実現する視覚刺激の提案, 日本バーチャルリアリティ学会 第 14 回大会論文集, 2009.