

周辺視野選択的な運動知覚を実現する視覚刺激 (第 2 報)

-複数運動提示のためのフロー検討-

Visual motion stimulus that is selectively perceived in peripheral visual field (II)

-Estimation for multi-directional motion flow-

岡野 裕¹⁾, 福嶋 政期¹⁾, 古川 正紘¹⁾²⁾, 梶本 裕之¹⁾³⁾

Yu OKANO, Shogo FUKUSHIMA, Masahiro FURUKAWA, and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学大学院 電気通信学研究科 / 情報理工学研究科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {okano, shogo, furukawa, kajimoto}@kaji-lab.jp)

2) 日本学術振興会特別研究員 PD 3) 科学技術振興機構さきがけ

Abstract: Many methods were proposed to augment visual motion for static pictures or movies. Though it is thought it's effective to add motion flow to the pictures, it has a problem that their spatial resolution gets worse. In this article, we propose a visual motion stimulus that is not perceived in foveal visual field, but perceived only in peripheral visual field. It is achieved by using moving striped luminance patterns composed of a temporal frequency that human can't perceive in foveal visual field. The underlying physiological fact is that peripheral visual field has more temporal sensitivity. We report some experiments and its effectiveness.

Key Words: Critical Flicker Frequency, peripheral visual field, visual motion

1. はじめに

静止画や動画中の運動をより増強して表現する手法が従来存在している。静止画において運動を表現する試みは、例えば漫画では運動方向に多数の線を描く集中線として知られている。また近年では、静止画像にフレーザ錯視を適切な手法で埋め込み任意の運動方向の運動知覚を生じさせる研究[1]が提案されている。また静止画に対して他の動画のフローを付与することで静止画から流体アニメーションを作成する手法も提案されている[2]。たとえば川が描かれた静止画に別の動画の持つフローを重ね合わせることによって、静止画の一部の領域にアニメーションを生成することが出来る。しかしいずれも、運動増強効果を付加することに比例して、増強効果自身が空間を広く占有し、画像全体の空間情報を損なう。

これに対し我々は、人間の時間的な視覚特性を活かして運動知覚を画像に付加し、注視対象の空間解像度が損なわれない手法を提案する。この手法を適用することによって、より迫力のあるコンテンツの提示が可能になると考えている。

本手法を適用した結果、増強する運動方向が左右どちらかであった際の方向識別の検証を行い正しく識別できていることや、知覚される主観的強度の傾向を見ることで、利用に適した輝度縞を算定する指標を得ることが出来た[3]。今回我々はさらに、輝度成分以外を含む一般的な画像への応用を目指して、元画像に対して我々の提案する運

動増強効果を適用した状態においても視野中心にて画像が知覚できていることを確認し、次いで複数の描写物が任意の方向に運動している際の視覚刺激の表現について設計を行った。

2. 提案手法

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・空間における特性が異なることが知られており、高速点滅画像を点滅として認識出来る限界である臨界融合周波数(CriticalFlickerFrequency)を計測した研究では、おおむね網膜周辺部で時間特性に優れると言われる[4-10]。明順応下での CFF はおよそ 50Hz とされる。より詳細には、指標が 2 度以上、または 2 度以下の暗順応下の際に周辺視野でより CFF が高いと言われ、一方明順応下では鼻側網膜は 40-50 度で最も鋭敏になると言われている[9]。この特性から、適切な時間周波数を持つ点滅刺激は、周辺視のみに検出されることが予想される。

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は追従できないことが予想される。すなわち中心視では点滅を知覚せず重畳した静止画として知覚される。一方で周辺視では映像中の運動中の各光点の運動を意味するオプティカルフローを知覚すると考えられる。

本手法は先に述べた 2 つの要求を満たし、なおかつ、「中心視野が知覚する映像は常に静止画となる」ため、視線計

測を必要としないという特徴を持つ。

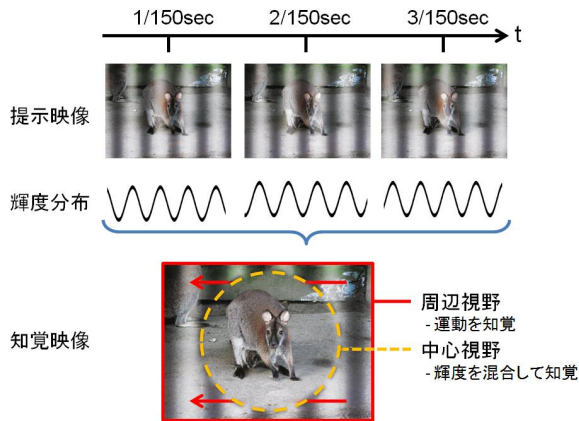


図 1 提案手法原理図

よって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し運動を表現すること。

(2)知覚される静止画としての画質を落とさないこと。

(1)は画面全体に等しく手法を適用し、その運動が人間に正しく近くされなければならないことを示し、(2)静止画として知覚される部分の画像が増強効果によって変化してはならないことを意味する。

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の実験として、静止画として知覚される中心視野の領域において手法を適用しないとときと変わらず空間認知が行われているかどうかを測定した。次に、画像中において運動方向が複数存在する際の視覚刺激の設計のために、例となる輝度縞パターンを作成した。

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

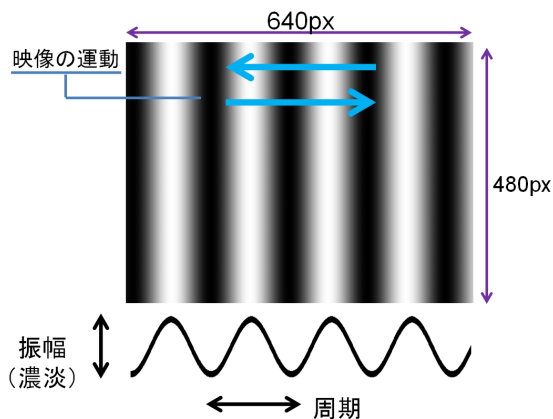


図 2 用意した輝度縞の視覚刺激

実験に際しては、図 2 のような、1/3 位相ずつ異なる波状の輝度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。輝度縞の輝度は、各フレームの輝度に対してガンマ補正をかけ、3 枚の合成輝度が一定になるよう補正した。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 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。

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。

3.2 中心視野での画像知覚検証

我々は既に(1)元画像にオプティカルフローを重畳し運動を表現し、その運動方向が左右どちらかを判断させる試行において正しく知覚されることを確認している[3]。しかし、中心視において(2)静止画としての画質の低下の度合いに対する定量的な評価に関しては未評価であった。よって、本節ではこれを評価するため、輝度縞の有無によって視認可能な視覚指標の分布を計測した。

日本の視力検査では一般に、5m 離れた地点に提示された直径 7.5mm、太さ 1.5mm、の円の一部が 1.5mm 幅で切れているランドルト環を観察し切れている方向が正確に弁別できる能力を「視力 1.0」としている。本実験でもこれに則り、22inchCRT ディスプレイ(東京特殊電線社製 CV921X、解像度 640×480px、150fps)から 5m の位置に眼球が来るように被験者を座らせ、上記規則に基づいて視力と対応する大きさのランドルト環を黒地の上に白地で表示させた。



図 3 実験環境

実験では、輝度縞が無い状態での視力を計測した後に、上下左右及び拡散方向の運動方向を持った輝度縞が元画

像に 50%の透明度で重畳される視覚刺激を用意した(図 4). 実施手順は, 次の手続きによる極限法により視力検査を実施した. ランドルト環により定義される視力評定値 0.1 から始めて, 省略することなく 0.1 ずつランドルト環を縮小していった. 同一視力の試行では各 5 回繰り返し, 3 回以上の正答で見えていると定義した. そして輝度縞が無い試行との比較となる, 輝度縞を表示する試行中にはこの 5 回の中にそれぞれの運動方向の輝度縞 5 種類をランダムな順番で重畳した.

輝度縞の空間周期は 0.5, 1, 2, 4, 8[deg]の 5 条件を設定し, 上記の条件でこれらを繰り返した. 各回の提示の間には全画面黒の画像を 1 秒提示した. 被験者は眼鏡などの矯正を含む成人 5 名で行った. ディスプレイが表示する白色の輝度は $117 \pm 3 \text{cd/m}^2$, 黒色の輝度は $0.5 \pm 0.1 \text{cd/m}^2$ であった.

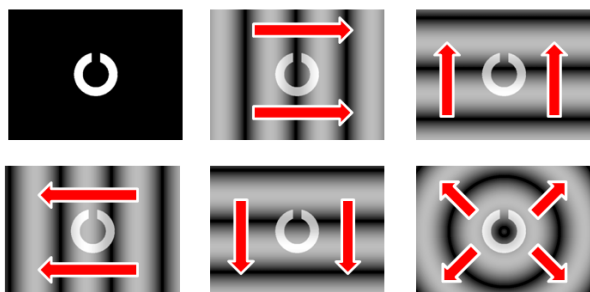


図 4 静止刺激と輝度縞の 5 種類の提示方向

3.3 中心視野知覚実験結果

視力の個人差を吸収するため, 集計の際には被験者毎に輝度縞が存在しない試行で求めた視力を基準と定義し, これに対する比率で視力を表した(図 5). その結果輝度縞のある環境下では, いずれもおおむね中心視で通常比 80%以上の視力が保たれていることが分かった.

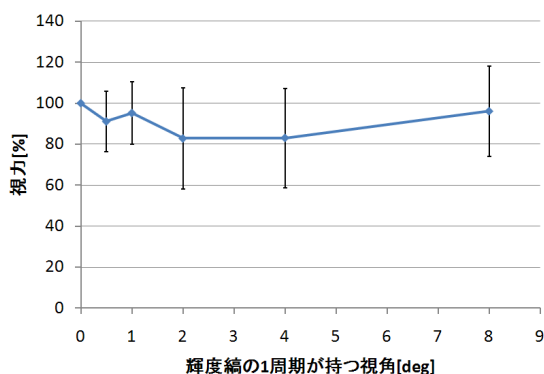


図 5 空間周期毎の相対視力

以上で本提案手法を適用しても中心視野にて空間解像度が失われていないことが分かり, 第一報[3]で明らかにした, 視野全体に手法を適用して運動方向知覚が正しくなされていることの検証と合わせて本手法の有効性が確認された.

今後提示部が大画面になれば同じ場所で多くの人異なる知覚を体験できる可能性がある. 大画面になれば, 同一の視距離では画面の拡大に比例し視野角も広がるため, より多くの運動方向を提示できる可能性がある. これを実現するために, 自由な輝度縞の方向を複数合成できる視覚刺激作成法を構築した.

この手法は, 複数の方向を指定することで, 出力として輝度縞画像が得られる. 従来の設定条件と同じく, 150fps で 3 枚の画像を提示することが可能である. 輝度の波は任意の点を中心に拡がるように運動知覚の制御が出来る.

考案した合成手法で図 6 のような視覚刺激を作成し, その運動知覚に関して予備的な実験を行ったところ, 各運動方向の知覚が確認できた. しかし, その知覚のされ方は, 視覚刺激の作成法によって差があり, 明らかにされなければならないことが明確化した.

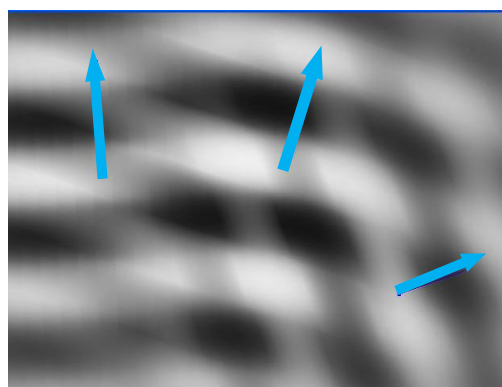


図 6 3 方向の運動方向による輝度縞を合成した例

5. おわりに

本研究では周辺視に対して選択的に運動知覚を付与し, 中心視には元の画像を知覚させる視覚刺激の提示手法を提案した. そして中心視に輝度縞が存在していても空間解像度の低下が少量であることを確認した. さらに今回複数の運動方向に対する視覚刺激の設計指針を検討し, 応用に当たっての指針とする. 今後は主に合成視覚刺激の空間周期や, 輝度縞の空間的な拡がりについて実験を伴う検討を行う. そして広視野提示を目指して応用を行っていく.

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]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.
- [4]G. Philips : Perception of flicker in lesions of the visual pathways, Brain, 56, 464-478, 1933.
- [5]B. S. Hylkema : Examination of the visual field by determining the fusion frequency, Acta Ophthalmology, 20, 181-193, 1942.
- [6]P. W. Milles : Flicker fusion field, American Journal of Ophthalmology, 33, 1069-1076, 1950.
- [7]E. Hartmann, B. Lachenmay and H. Brettel : The peripheral critical flicker frequency, Vision Research, 19, 1019-1023, 1979.
- [8]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.
- [9]福田 忠彦 : CFF で示される中心視と周辺視の感度差, テレビジョン学会誌, vol32, No3, pp.210-216, 1978.