

# 速度感覚増強のための周辺視野への刺激提示手法の検討

岡野 裕<sup>1)</sup>, 雑賀慶彦<sup>2)</sup>, 橋本 悠希<sup>2)</sup>, 野嶋 琢也<sup>3)</sup>, 梶本 裕之<sup>1)2)</sup>

1) 電気通信大学 人間コミュニケーション学科

2) 電気通信大学大学院 人間コミュニケーション学専攻

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

3) 宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部

(〒181-0015 東京都三鷹市大沢 6-13-1, tnojima@computer.org)

**概要:** 一般に人間は、視野周辺部において生じるオプティカルフローに基づいて、自らの移動、特に速度に関する情報を知覚している。これを利用して我々は、オプティカルフローの利用による、速度感覚増強提示手法を提案してきた。本研究では、歩行における速度感覚増強提示の効果について、実験を通じて検証を行ったので、その結果について報告する。また、速度感覚増強提示システムに関する設計指針について考察を加え、その予備的な検証を行ったので、その結果についてもあわせて報告する。

## A study on the display method to the peripheral view for augmentation of speed sensation

Yu Okano<sup>1)</sup>, Yoshihiko Saiga<sup>2)</sup>, Yuki Hashimoto<sup>2)</sup>, Takuya Nojima<sup>3)</sup> and Hiroyuki Kajimoto<sup>1)2)</sup>

1) The University of Electro-Communications, Human Communication dep.

2) Graduate School of Electro-Communications, Human Communication dep.

3) Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Aerospace Technology

**Abstract:** Optical flow to the peripheral view is essential to human nature to sense their movement, especially for speed information. In our previous research, we propose peripheral display system using optical flow for enhancement of speed sensation. In this report, we describe the effect of our experimental system for enhancement the speed sensation of running. Furthermore, we discuss about the conditions to be considered with to develop the peripheral display. Then report the result of preliminary evaluation.

### 1. はじめに

古来より人は様々な目的で運動を行ってきたが、なかでもランニングは、もっともポピュラーな運動の一つとしてあげられるであろう。このランニングであるが、実際に屋外を走るという方法が一般的であるものの、天候に左右されない、走る時間を細かく調整する事が出来る、走行時のデータを数値として手軽に取得出来るなどの特長があることから、屋内でルームランナーを利用して走るという形式も普及している。しかしルームランナー

は、実際に屋外で走る際の状況を完全に再現しているわけではない。ルームランナーでのランニングよりも実際に屋外でランニングをした方が爽快で気持ちが良い、などと言われる事があるが、両者の差異が影響を及ぼしているものと考えられる。そこで我々は、特にルームランナーを用いたランニングにおける自己運動感覚の低下という問題に着目した。人間の自己運動感覚は、地面を蹴るなどの歩行動作などによる体性感覚や、周囲景色変化による視覚情報、そして内耳による前庭感覚

など、様々な感覚情報に基づいて生成されている。中でも視野周辺領域に対するオプティカルフローは、自己運動感覚のなかでも、速度感覚に対して大きな影響を及ぼしていることが知られている[1][2]。しかしルームランナーを用いたランニングの場合、基本的には移動が伴わないため、ランナー周辺の景色は変化しない。そのため、屋外でのランニングと比較してオプティカルフローが乏しく、自己運動感覚の低下に影響を及ぼしているものと考えられる。

そこで本研究では、周辺視野に対して適切なオプティカルフローを提示する事によって、自己運動感覚、特に速度感覚を増強する事を目指す。これにより、実際に屋外でランニングしている場合と同程度の速度感、あるいは実際よりも速い速度感を与える事が可能になると考えられる。また、速度感覚を増強することによって、自らの運動能力を実際よりも高く認識させる事も可能になると考えられる。ランニングなどに限らず、様々な運動に対して適用する事によって、自らの身体能力が向上したような感覚を与え、ひいては運動に対する積極性を増加させるといった効果も期待できると考えられる。我々は既に歩行時にオプティカルフローを提示可能なシステムの試作を行っており[3]、本稿ではまず、試作システムによる歩行時の速度感覚の増強に関する検証実験の結果について報告する。

実験を通じてその効果を確認した後、あらためて、歩行を含めた運動時にオプティカルフローが提示可能なシステムを構築する上で必要となる設計指針について考察を行い、その設計指針に関する評価実験を実施したので、その結果についてあわせて報告する。

## 2. 歩行における速度感覚増強の検証

### 2.1 実験システム構築

提案するシステムは周辺視ディスプレイと名付けた。図1に示すように、ヘルメット上に視野の3方向を覆うように複数のLEDアレイを配置した構造となっている。一般に人間は地面方向のオプティカルフローを重視していることが確認されているので[4]、視野の左右のみならず、下方にもLEDアレイが配置された構造とした。LEDアレイの大きさは8x4cm

となっており、その解像度は32x16dotとなっている。そして装着時にはLEDアレイは目から約4cmの距離に位置し、前方視野中心に対して30°から90°の間でオプティカルフローを提示することが可能となっている。

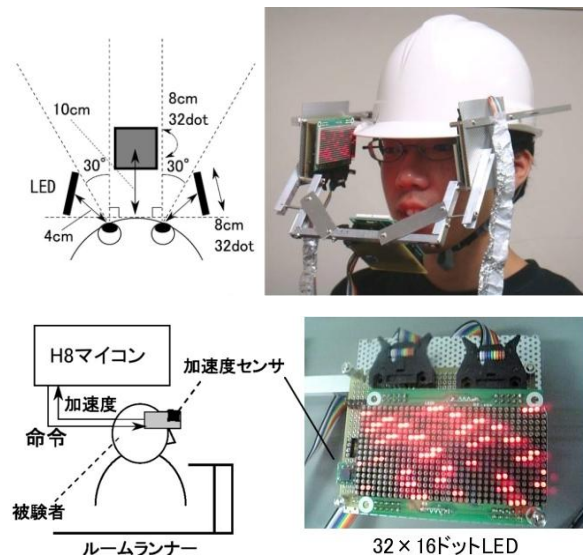


図1 周辺視ディスプレイ全体図

LEDアレイ上に表示されるオプティカルフローはH8マイコンにより制御されており、ランダムなパターンを任意の早さで動かして表示することが可能となっている。また、加速度センサを用いることにより、人間の歩行運動にあわせて、オプティカルフローが上下に動くようになっている。図2に実際にシステムを装着して、ルームランナーによるランニングを行っている状態を示す。

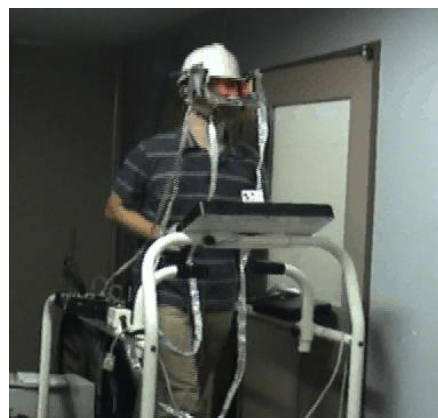


図2 実験風景

## 2.2 実験

被験者に図2のようにルームランナーの上で周辺視ディスプレイを装着して走ってもらい、どの程度速度感覚が増強されたのかを、極限法(2件法)により評価した。

はじめに標準刺激としてルームランナーで所定の速度で走行してもらい、次に比較刺激としてオプティカルフロー無しで走行速度を変化させ、標準刺激と比較しての増減を回答してもらおう。これにより速度の主観的等価点を計測している。そして標準刺激を提示する際にオプティカルフローも表示した場合と、何も表示しない場合とを比較することで、オプティカルフローによる速度の主観的等価点の変化に対する影響を検証した。なお、被験者は成人男性3名であり、標準刺激としてのルームランナーの速度は5.2km/hであった。実験の結果を図3に示す。

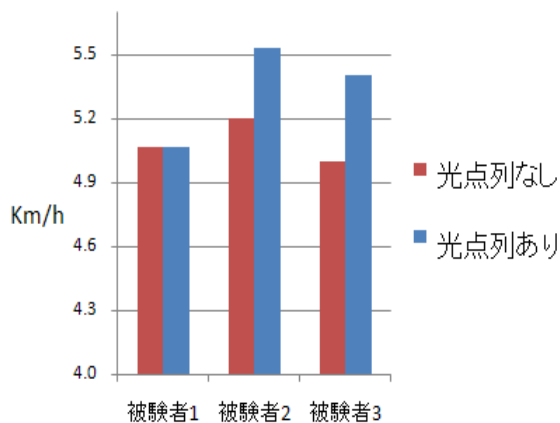


図3 周辺視ディスプレイによる速度感覚増強

図3中、光点列の有無は、標準刺激提示の際の、オプティカルフロー提示の有無を示している。図3によれば、被験者1を除き、全体としてはオプティカルフローを付加することにより、速度の主観的等価点が増加する傾向が伺える。この結果より、提案システムにより、速度感覚を増強することは可能であると考えられる。

本章では提案システムの有効性に関して、実験を通じて検証を行い、その効果を確認した。次章では改めて、運動時に着用する周辺視ディスプレイを設計する上で必要とされる項目について検討を加える。

## 3. 周辺視ディスプレイの設計指針に関する考察

周辺視ディスプレイを設計する上で最も重要なことは、原則として中心視野領域には、速度感覚を向上させるための刺激を何ら提示しない、という点である。例えばランニングに限らず、様々な運動を行う際にこの周辺視ディスプレイを利用することを考える。例えばボール競技のように、何らかの対象物を目で追跡するような必要がある場合、やはり肉眼で直接視認できることが望ましいものと考えられる。また、本報告では特に運動時における速度感覚の向上という観点で論じているが、提案技術そのものは、運動に限らず、ゲームなど幅広い分野において応用が可能なものであると考えられる。例えばフライトシミュレータと組み合わせて使うといったことを考えた場合[5]、やはり中心視や領域には人工物を介在させず、直接シミュレータ画面を視認できるようにすることが望ましいものと考えられる。

一方、極端に中心視野領域を大きく取った場合、周辺視ディスプレイが利用可能な周辺視野領域が極端に狭くなり、所望の速度感覚増強が困難になる可能性が考えられる。一定の範囲内であれば周辺視野の領域を狭くし、中心視野の領域を大きく取ったとしても、周辺視野において提示されるオプティカルフローにより、自己運動感覚が生じることが知られている[6]。しかしその範囲としては、 $10^{\circ}$ ~ $25^{\circ}$ の範囲で幅広く定義されている[6]。

また、運動時に着用することを想定していることから、周辺視ディスプレイのシステムはできる限り軽量で、シンプルな構成であることが望ましい。今回実験で利用した周辺視ディスプレイは、視野の側面ならびに下面にLEDアレイが配置された構造となっている。しかし当初は単純な構成を重視し、視野の下面のLEDアレイは配置されていなかったため[3]、所望の効果を確認することが困難であった。しかし金谷らの知見[4]に基づいて下面のLEDアレイを搭載することにより、その効果を改善することが可能となった。つまり速度感覚を増強する上では、視野下面のオプティカルフローに強く影響を受けるものと考えられる。

えられる。逆に言えば、視野下面にオプティカルフローを提示する事により、視野周辺部へのオプティカルフロー提示部を縮小できる可能性があると考えられる。ひいては、周辺視ディスプレイの構成の簡素化、軽量化が可能になると考えられる。

本報告では上記の項目のうち、特に中心視野の領域と周辺視野の領域の間の大きさの変化に伴う、自己運動感覚の変化について検証を行ったので、その結果について報告する。

#### 4. 視野領域と自己運動感覚との相関に関する検討

第2章では、自己運動感覚なかでも特に速度感覚に着目して評価実験を行った。一方、本章では周辺視ディスプレイにおいて、中心視野領域と周辺視野領域の大きさを変化させた時の、自己運動感覚の相対的な変化に関して検証を行ったので、それについて報告する。改めて自己運動感覚そのものに着目しその内観報告に基づいて評価を実施するものとする。

##### 4.1 実験システム構築

実験に際してはできる限り広い視野角を有する映像提示システムが必要になると考えられる。そこで今回我々は、マルチプロジェクタによる広視野映像提示システムを構築した。限られた室内空間を有効に活用するため、図4に示すように、鏡を利用してプロジェクタとは反対側の壁に映像を投影することにより、広視野の映像提示システムを実現している。鏡を利用して映像を折り返すことにより、被験者により映像が遮蔽されることなく、映像の投影が可能となっている。映像投影用のプロジェクタとしては BenQ 社製の MP770 を2台利用し、それらを垂直に設置した。そして両プロジェクタの画面が一部重なるように調整した上で、広い範囲に対して映像の投影を行っている。なお、当該プロジェクタに搭載されている台形補正機能を用いて、画像のゆがみを補正している。各プロジェクタの画面解像度は SVGA (800x600) であり、一部重畳する領域を除いて、二画面で横 923px、縦 800px という解像度の画面を構築した。投影面の大きさは横 300cm、縦 260cm となっている。被験者は画面中央の手前 1.5m 地点に目が

来るように座った。その時の視野角は横  $90^\circ$ 、縦  $82^\circ$  となっている。

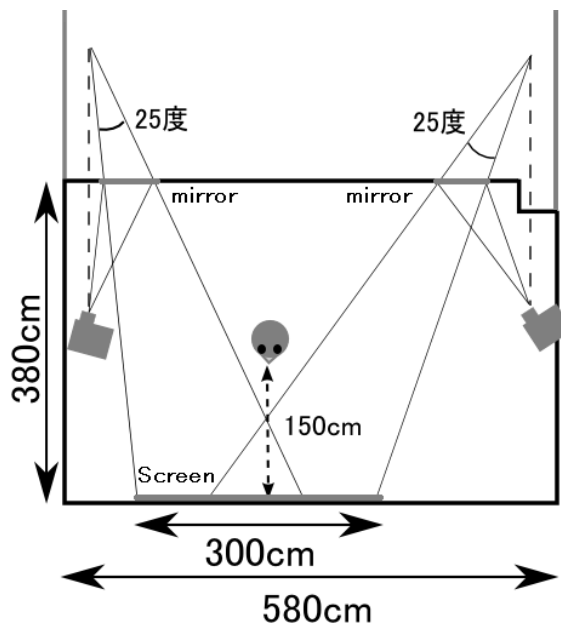


図4 実験装置の配置(上面図)

実験用画像の描画用として nVidia 社製グラフィックカード (GeForce 7600 GT) が搭載された PC (CPU: Intel 社製 Core2Duo 6300 Memory: 1GB) を利用している。

##### 4.2 実験方法

実験は暗室の中で行い、図5のように画面にはランダムドットによるオプティカルフローを提示した。ランダムに配置された光点が、視野中心付近から放射状に移動することにより、オプティカルフローが生成されるものとなっている。そして各光点は一定の方向および速度で移動するように設定されている。本実験では、オプティカルフローを表示する周辺視野領域と、何も刺激を提示しない中心視野領域の大きさを変化させた時の、自己運動感覚の相対的な変化について検証を行う予定である。そのため、提示される画像の視野中心部に、一切のドットを表示しない領域をもうけることが可能となっている。この中心視野領域としては、視野角に換算して  $5^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$  の4種類の大きさを設定した。これら中心視野領域の外側では、所定のオプティカルフローが常に表示される状態となって

いる。被験者は、画面中央部分に映像に整体して着座し、映像の中心付近を常に見続けるように指示されている。

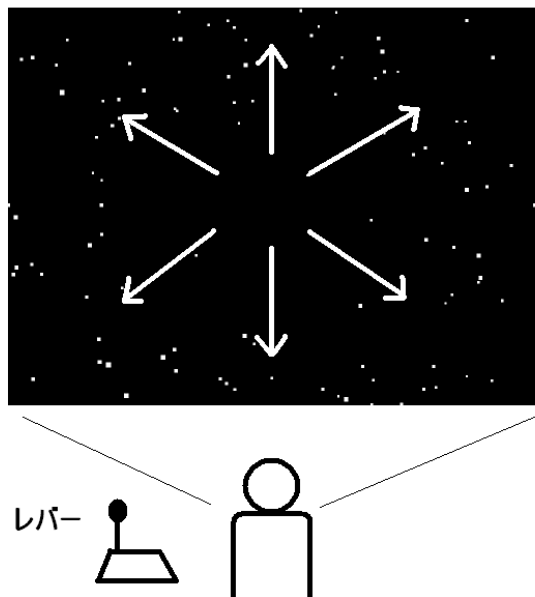


図 5 実験環境イメージ

そして各被験者は、映像を見て生じる自己運動感覚について、その主観的な強度をレバーを動かすことによって示すよう指示された。画面に映像を一切表示しない状態を 0%、中心視野も含めて全画面に映像を表示する状態を 100%とし、映像を表示しない中心視野の角度毎に、主観的な自己運動感覚の強度を報告してもらった。

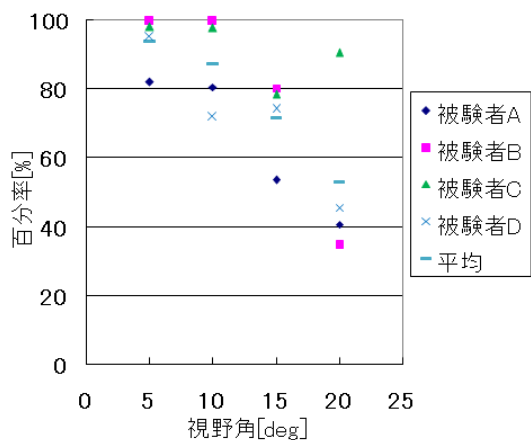


図 6 中心視野角と自己運動感覚強度の関係

被験者は視覚に障害のない20代男女4名とした。4名の被験者に対し、各角度につき5回ずつ、計20個の視覚刺激をランダムに提示し回答させた。その結果を図6に示す。図6の横軸は中心視野角度、縦軸はあらかじめ定めた自己運動感覚の最大値と最小値の間での主観的な強度の百分率である。図6では各角度について、各人の最大値と最小値を除いたものの平均をプロットしている。

### 4.3 考察

この結果によると、 $10^\circ$  を越えた付近から自己運動感覚の強度が低下し始め、 $20^\circ$  になると 50%程度にまで低下する傾向が見て取れる。これは過去の研究結果に合致する結果となっている。

本研究ではできうる限り中心視野の領域を広くとりたいという要求がある一方で、十分な強度で自己運動感覚を増強したいという要求がある。今回用いた刺激手法により生成される自己運動感覚に関して、若干の損失を許容するのであれば、何も映像を表示しない中心視野として、 $15^\circ$  程度の値を採用することができるものと考えられる。しかしHMDなどでも中心視野角として  $30^\circ$  程度のものが存在することを考慮するならば、 $15^\circ$  という値は不十分であると言わざるを得ない。

一方、今回実施した実験は、あくまで相対的な評価にとどまっているという問題がある。アプリケーションを構築する上では、所望の感覚が、十分な強度で生成されているかどうか重要になる。そして生成される感覚の強度は、刺激の方法や周辺の状況などによって変化すると考えられることから、今後はこの点についても検証を行っていく必要があるものと考えられる。

### 5. おわりに

本研究ではまず、提案する周辺視ディスプレイにより、歩行時の速度感覚が増強されるという効果があることを確認した。

次いで周辺視ディスプレイを設計する上で、中心視野と周辺視野の関係性に関する問題、視野下部に対する刺激と視野側面に対する刺激に関する問題について指摘した。

そして自己運動感覚について，中心視野と周辺視野の関係を検証する実験を行い，刺激を表示しない中心視野領域の増大に伴い，主観的な自己運動感覚強度が減少する傾向があることを再確認した．この時，若干の損失を許容するのであれば，映像を何も表示しない中心視野の角度として 15° 程度まで許容できる可能性があることを示唆した．

今後は刺激の提示手法と絶対的な感覚強度の関係，また視野下部に対する刺激と視野側面に対する刺激に関する問題について実験を行い，検証をしていく予定である．

**謝辞** 本研究で利用したルームランナーは電気通信大学健康・スポーツ科学部会の好意で借用した．

#### 参考文献

- [1] Warren, W., Jr.: Self-motion: Visual Perception and Visual Control (Epstein, W. and Rogers, S. (Ed), Perception of Space and Motion, 1995), pp263-325
- [2] Nicholas A. Webb and Michael J. Griffin: “Eye Movement, Vection, and Motion Sickness with Foveal and Peripheral Vision”, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 74, No. 6, pp.622-625, 2003.
- [3] 岡野 裕, 雑賀 慶彦, 橋本 悠希, 野嶋 琢也, 梶本 裕之: 「周辺視ディスプレイを用いた自己運動感覚の増強」, 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会論文集, (2007年9月) pp. 139-140
- [4] 金谷 英俊, 妹尾 武治, 佐藤 隆夫: 「空間知覚における地面優位効果の座標依存性」 日本バーチャルリアリティ学会VR心理学研究委員会 第10回研究会資料集(2007年12月) pp. 5-8
- [5] 雑賀 慶彦, 岡野 裕, 橋本 悠希, 梶本 裕之, 野嶋 琢也: 「周辺視ディスプレイを用いたフライトシミュレータにおける移動感の増強」, 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会論文集(2007年9月) pp. 259-260
- [6] 大山 正・今井省吾・和気典二 編 新編 感覚・知覚 心理学ハンドブック 誠信書房