

リニアベクション現象を高める広視野空間での周辺視刺激の活用とその効果

小西 晃広^{†a)} 橋口 哲志[†] 木村 朝子[†] 柴田 史久[†]
田村 秀行^{††}

Use and Its Results of Peripheral Visual Field Stimulus for Enhancing Linear Vection in Immersive Display Environment

Akihiro KONISHI^{†a)}, Satoshi HASHIGUCHI[†], Asako KIMURA[†], Fumihisa SHIBATA[†], and Hideyuki TAMURA^{††}

あらまし ベクションとは、視覚刺激を観察することによって発生する運動感覚である。直線方向のベクションをリニアベクション (LV) と呼び、本論文ではこれに着目して周辺視領域との関係について検討を行った。広範な視野領域に視覚刺激を提示するために、全天周型ディスプレイを用いて検討を行った。視覚刺激は先行研究に倣い、ランダムドットとストライプの2種類とした。実験1では視覚刺激提示面の広さがLVの強度に与える影響を確認した。結果として、視覚刺激の提示面が広いほど強いLVが発生することを確認し、水平視野角180度以上の領域もLVの強度に影響を与えることを示唆した。実験2では中心視領域にマスク領域を設けることで、周辺視刺激が引き起こすLVについて分析を行った。結果、LVの強度はマスクの大きさが20度のときに最大となり、マスクが80度のときに最小となった。

キーワード 視覚誘導性自己運動感覚, ベクション, 周辺視領域, 没入型ディスプレイ, マスク領域

1. ま え が き

視覚誘導性自己運動感覚 (ベクション) とは、広範な視野領域に対して提示された一様に運動する視覚刺激を観察することによって得られる運動感覚である [1]。例えば、止まっている電車の中で反対側を走る電車を観察した際に、あたかも自分の乗っている電車が走っているかのように感じられることがある。つまり、ベクションとは視覚系によって認知される運動感覚であり、観察する視覚刺激の移動方向とは逆方向に運動が知覚される。すなわち、体に向かって手前側に

流れる視覚刺激を観察した場合、観察者は前進している運動感覚を得ることができる。このようなベクションは、直線運動感覚 (Linear Vection; LV) と回転運動感覚 (Circular Vection; CV) の二つに分けられる [1]。

ベクションは観察する視覚刺激の広さや視野における領域と密接な関係があることが知られており、これらとの関係について多方面から、様々な検討が成されている。例えば、近年、人工現実感 (Virtual Reality; VR) のコンテンツにおける没入感の向上を目的に、様々な没入型ディスプレイ [2]~[4] の開発・運用が注目を集めているが、ベクション効果 (得られる運動感覚の強さ) は、没入感の指標として着目されている [5]。

ベクションと視野の関係に着目した研究には、特にCVに関する検討が多い。例えば、提示する視覚刺激の提示面積 [6] や領域 [7] との関係について検討したものや、視覚刺激の提示面を中心視領域と周辺視領域に分割してそれぞれの面積ごとに検討したもの [8] がある。

これらの検討では、いずれも視覚刺激提示面の最大

[†] 立命館大学大学院情報理工学研究所, 草津市
Graduate School of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University, 1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu-shi,
525-8577 Japan

^{††} 立命館大学総合科学技術研究機構, 草津市
Research Organization of Science and Technology, Ritsumeikan University, 1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu-shi, 525-8577 Japan

a) E-mail: konishi@rm.is.ritsumeikan.ac.jp
DOI:10.14923/transinfj.2016CWP0004

観察視野角を確保するべく、広視野ディスプレイを用いて検討を行っているが、総じて、CVの強度は「周辺視領域を多く含むほど向上すること」が確認されており、「CVの強度において周辺視領域が重要であること」を示している。一方で、LVにおける視野との関係性に対する検討は未だ少なく、検討の余地が残る。そこで本論文では、LVに着目して検討を行う。

周辺視領域の視覚刺激はLVの強度や速度感に強く影響を与えることが知られている。LVと視野との関係性について調べたJohansson [9]は、被験者の左右両側にディスプレイを配置し、その提示領域の広さを変えて分析を行い、「周辺視領域における視覚刺激の提示領域が広いほどLVの強度が向上すること」を示した。また、瀬川ら [10]は、被験者の前方にディスプレイを配置し、その中心視領域に円形のマスク領域（視覚刺激の描画を行わない領域）を適用することによって周辺視領域のみが引き起こすLVの速度感について分析し、「中心視マスクが大きいほど、得られる速度感が向上すること」を示した。更に、周辺視領域は中心視領域と比較して、「高速な運動の知覚において優位であること [11]」や「運動刺激に対する反応時間が短いこと [12]」が知られている。

これらの知見や視野領域の機能差の観点から、周辺視領域は中心視領域と比較してLVの速度感や強度の知覚に優位であると予想できる。周辺視領域がLVの知覚に優位であるのなら、逆に「周辺視領域のみに視覚刺激を提示することで、LVの強度が向上する」可能性も考えられる。

岡野らの研究 [13]では、中心視領域にマスク領域を設けることで、純粋に周辺視領域がLV強度に与える影響を確認し、「中心部にマスク領域を適用することによってLVの強度が減少すること」を示した。これは、一見すると上記仮説を否定する結果となっているが、同研究では被験者に対して、マスク領域を適用しない場合を強度の上限とするレバーコントロールにてLV強度を回答させており、上記仮説自体に対する検証は行っていない。そこで、本論文ではLV強度の評価に上下限を設けない評価法を採用し、上記仮説を検証する。

更に、岡野らの研究では、利用している視覚刺激の提示面が水平方向の最大観察視野角が90度と狭く、人間の視野角を十分に覆うものではない。しかし、一般に、人間の視野は水平方向に180度以上とされ [14]、周辺視領域とLV強度との関係について議論する上で、

広範な視野領域全域に視覚刺激を提示することが重要となる。そこで、本研究では視覚刺激の提示に広視野ディスプレイシステムを導入する。

視覚刺激に占める周辺視領域を拡張することで、既存の研究とは異なる結果が得られる可能性もある。周辺視領域はLVの効果の増強が見込めるものの、これまでの研究において、人の視野領域全域に提示を行ったものは少ない。そこで、本論文では「周辺視領域のみに視覚刺激を提示することで、LVの強度が向上する」という仮説を検証するべく、視覚刺激提示面の水平方向の最大観察視野角が確保できるシステムを構築し実験を行う。

2. 実験環境

2.1 広視野ディスプレイシステム

本研究では、広視野ディスプレイシステムとして直径7.0m、高さ3.8mの小型ドーム（ジャパンドームハウス株式会社7000型ドームハウス）を採用した。3台のプロジェクタ（パナソニック株式会社PT-DW6300LK）を小型ドーム壁面の高さ2.15mの位置に設置する事で、全天周への映像提示を実現している（図1）。全天周に映像を提示するので、視覚刺激面としての最大視野角は水平方向に360度である。

我々が構築した広視野ディスプレイシステムでは、前面投影方式を採用しているため、プロジェクタから放射された直接光が被験者の目に差し込み、眩しく感じられる可能性がある。また、被験者の位置によっては被験者自身の影が壁面に投影されてしまう。そこで、プロジェクタの直接光に関しては、玉置ら [15]の手法に倣い、プロジェクタの座標系における被験者頭部の位置に黒色を投影する（すなわち被験者の顔の部分には光を放射しない）よう設定することで対処した。ま

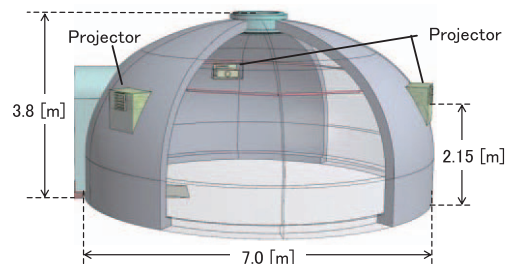
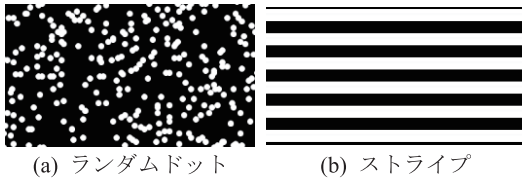


図1 広視野ディスプレイシステムの外寸とプロジェクタの位置

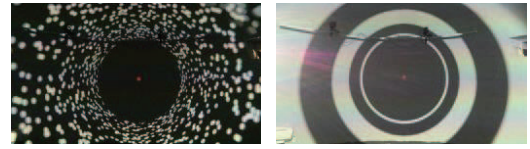
Fig.1 Immersive display system we constructed.



(a) ランダムドット (b) ストライプ

図2 利用したテクスチャ

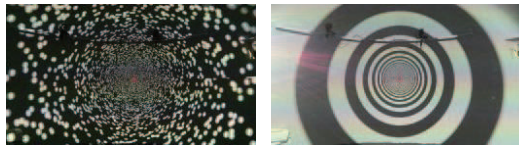
Fig. 2 Textures mapped onto virtual cylinder.



(a) ランダムドット (b) ストライプ

図4 視角 20 度のマスクを適用した視覚刺激

Fig. 4 Visual stimuli applied 20° masked area.



(a) ランダムドット (b) ストライプ

図3 小型ドームの壁面に投影した視覚刺激

Fig. 3 Visual stimuli projected on the wall of the dome.

た、実験を行う際は被験者の影が映り込まないように被験者の位置に配慮した。

2.2 視覚刺激の生成

視覚刺激の生成方法は先行研究 [5], [10] に倣った。具体的には、内側にテクスチャを投影した十分に長い円筒形の CG オブジェクトを、VR 空間内で平行移動させる。このとき、VR 空間内の任意の点における 3 方向（水平方向に 120 度ずつ）の観察映像をそれぞれのプロジェクタから小型ドームの壁面に投影することで、体験者の全天周への視覚刺激提示を実現した。

ここで、視覚刺激の消失点は、小型ドームの床面から高さ 1.6 m の位置（被験者の目線の高さ）とし、視線方向を固定するための注視点を設けた。

本論文では、我々の先行研究 [16] に倣い、円筒形の CG オブジェクトの直径は 6.0 m とし、移動方向は被験者に対して背面方向、移動速度は 4.0 m/s とした。また、テクスチャはランダムドットまたはストライプの 2 種類を用いた（図 2）。

それぞれのテクスチャを適用して生成した視覚刺激の 1 フレームの例を図 3 に示す。ただし、ランダムドット（図 2 (a)）は黒色 (0.74 cd/m^2) の一様背景に白色 (10.2 cd/m^2) の円形ドットとし、その密度は 20% とした。また、ドットの大きさ（直径）は視野角に換算して（以降、視角）2 度とした。ストライプ（図 2 (b)）は黒色 (1.86 cd/m^2) と白色 (11.4 cd/m^2) から成り、その幅はそれぞれ 1.6 m とした。

今回利用したテクスチャの白黒比は同一ではないため、視覚刺激全体の平均輝度に差が生じる。周辺視領

域が LV 強度に与える影響を分析するにあたり、この視覚刺激の輝度差による影響が懸念されるが、先行研究 [17] において「周辺視領域における視覚刺激の輝度は LV の知覚に影響を与えない」ことが示されていることから、今回着目している周辺視領域が LV に与える影響の分析という目的には、このテクスチャで問題ないと考えられる。

2.3 マスク領域

周辺視領域が LV の強度に与える影響を分析するにあたって、視覚刺激を周辺視領域のみに提示する必要がある。そこで、視覚刺激を提示しない領域（以降、マスク領域）を視野の中心部に配置した。実現方法として、視覚刺激を VR 空間で生成していることを利用し、同 VR 空間内にマスク用の CG オブジェクトを配置した。具体的には、被験者の VR 空間内における座標から前方に一定の距離だけ離して平面の円形オブジェクトを固定することで、中心視領域のマスクを適用した LV の視覚刺激を生成することができる。

なお、中心視領域のマスク領域の作成に用いた円形オブジェクトは、その中心が視覚刺激の消失点と同じ高さ（1.6 m）になるように配置した。また、円の大きさ（直径）は視角 0 度（マスク領域なし）、20 度、40 度、60 度、80 度とした（図 4）。

3. 観察視野角が LV の強度に与える影響の検証（実験 1）

3.1 実験目的

先行研究 [5], [10] では、被験者の観察視野角が広いほど、LV の強度が向上することを示している。ただし、これらの先行研究では一般的な平面ディスプレイや被験者の周りを覆うように平面ディスプレイを組み合わせたものを利用しており、提示面が湾曲し、視覚的に連続した視覚刺激提示面ではなかった。また、これらの先行研究では水平方向 180 度を超える周辺視領域全域に視覚刺激を提示した場合に LV の強度にどのような影響を与えるか検討されていなかった。

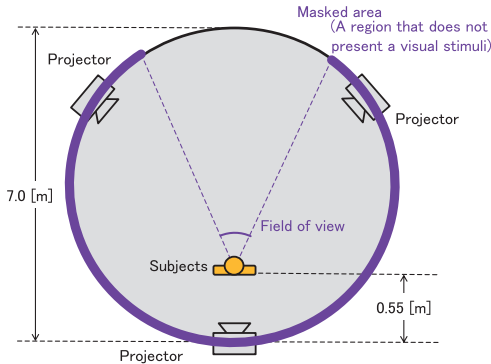


図 5 実験 1 におけるマスク領域のイメージ
Fig. 5 Conceptual diagram of masked area in Exp. 1.

表 1 実験 1 における視覚刺激のパターン
Table 1 The patterns of visual stimuli in Exp. 1.

視覚刺激の種類	視野角の広さ (水平方向)
ランダムドット	60 度
	120 度
	180 度
	360 度 (視野角制限無し)
ストライプ	60 度
	120 度
	180 度
	360 度 (視野角制限無し)

そこで本実験では、まず、視覚刺激提示面が湾曲している広視野ディスプレイシステムにおいて、平面状のディスプレイによって得られた知見と同様の傾向が得られるかどうかの確認を行う。また、先行研究において検討されていなかった水平方向 180 度以上 [14] とされる人間の視野全域に視覚刺激を提示した場合について検討するべく、視角 180 度と視角 360 度 (視野全域) の LV 強度を比較することで、180 度を超える視覚刺激の提示が LV において影響を与えるかどうかを検証する。

3.2 実験条件・手順

【実験条件】

図 5 に示すように、被験者の位置は壁面に被験者の影が映り込まないように小型ドームの壁面から 0.55 m とし、直立姿勢を指示した。被験者数は 10 名 (成人男性 9 名, 成人女性 1 名) とした。実験パターンとしては、視覚刺激としてストライプとランダムドットの 2 種類に加え、視覚刺激提示面の広さとして、水平方向に視角 60 度, 120 度, 180 度, 360 度の 4 種類の合計 $2 \times 4 = 8$ パターンとした (表 1)。

【実験手順】

実験はサーストンの一対比較法に基づいて行う。被験者には、視覚刺激を二つ提示し、どちらがより強いバクションを知覚したか、すなわち、どちらがより強い移動感が得られたかを回答させる。この方法であれば、被験者が三つ以上の選択肢で迷うこと無く、簡便に心理尺度を構成することができる。なお、視覚刺激の提示は、被験者が LV を感じ、十分にその強度を把握するまで続けた。試行回数は被験者 1 人あたり、8 パターンの総当たりとなる ${}_8C_2 = 28$ 試行である。

具体的な実験手順を以下に示す。

- (1) 表 1 の実験パターンからランダムに二つを選ぶ
- (2) 一つ目の視覚刺激を被験者に提示する
- (3) 二つ目の視覚刺激を被験者に提示する
- (4) 1 回目と 2 回目の試行を比較させ、どちらがより強い移動感が得られたかを回答させる
- (5) 疲労による影響を排除するために十分なインターバルを設ける
- (6) 残りの組み合わせについて (1)~(5) を繰り返す
なお、(5) のインターバルとは別に、9 試行ごとに 1 分以上の休憩時間を設けた。

3.3 実験結果・考察

実験結果を図 6 に示す。2 本の数直線は、ランダムドットとストライプの視覚刺激におけるそれぞれの LV の強度に対する心理尺度を示しており、数値が小さくなるにつれて、被験者はより強い移動感が得られたことを示す。なお、一対比較法で得られる心理尺度は 1 本の数直線で表されるが、実験結果を見やすくするために、視覚刺激の種類で分けて表記している。

図より以下のことが分かる。

- (i) 総じてランダムドットの方がストライプよりも強い LV が発生する
- (ii) 視覚刺激の種類を問わず、観察視野角が広くなるにつれて LV の強度は向上する
- (iii) ランダムドットでは 360 度 (視野角制限無し) と視野角 180 度の間に有意水準 5% で有意差が認められる
- (iv) ストライプでは 360 度 (視野角制限無し) と視野角 180 度の間に有意水準 5% で有意差が認められない

(i) の結果は、ディスプレイの視野角の広さにかかわらず利用するテクスチャによって移動感の強さが異なることを示している。ここで、用いる視覚刺激の空間

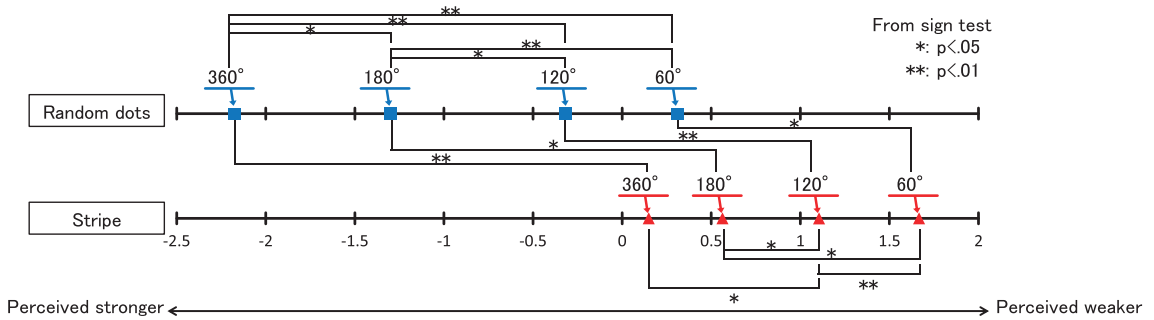


図6 実験1の結果：水平視野角の広さとLV強度の関係（LV強度に対する心理尺度）
Fig. 6 Result of Exp. 1; Relationship between LV strength and field of view (Psychological measure of LV strength).

周波数が高いほどLVの速度感は向上することが知られている[17]。すなわち、ランダムドットの方が比較的ストライプよりも空間周波数が高いため、LVの強度に差が出たと考えられる。

(ii)の結果では、ランダムドット、ストライプを問わず、同じ傾向を示しており、先行研究[5],[10]と同様の傾向を示している。つまり、今回構築した広視野ディスプレイシステムのように、視覚刺激提示面自体が湾曲している場合においても視野領域がLVの強度に与える影響の実験が問題なく行える事が分かる。

特に、(iii)の結果は視覚刺激を視野角180度に提示する場合と360度に提示する場合の間に、被験者にとって明確な差がある事を示している。言い換えると、水平視野角180度以上の領域もLVの知覚において利用されていることが分かる。すなわち、周辺視刺激がLVの強度に与える影響を分析する上で、広範な視野領域への視覚刺激の提示が可能な、没入型ディスプレイを用いた検討が重要であると言える。ただし、(iv)の結果では(iii)で見られた有意差が認められず、これは被験者にとって必ずしも明確な差があったわけではないことを示している。すなわち、視覚刺激の種類によっては180度以上の視野領域がLVの強度に与える影響が少なくなることを示しており、周辺視刺激がLV強度に与える影響を分析する上では複数の視覚刺激の種類（テキストチャ）による検討を行う必要があることを示している。

これらをまとめると、実験1では総じて先行研究に合致した傾向が得られており、かつ、視野角180度以上の視野領域に視覚刺激を提示する必要性と、複数の視覚刺激の種類で検討を行う必要性について示唆する結果となった。

4. 周辺視刺激がLVの強度に与える影響の分析（実験2）

4.1 実験目的

先行研究[10],[13]において、中心視領域を欠落させた場合におけるLVの強度への検討は実施されている。しかし、それぞれで利用された視覚刺激提示面は人間の視野を十分に覆うものではなかった。実験1で示したとおり、水平視野角180度以上の視野領域における視覚刺激の提示がLVの強度に影響を与えることから、周辺視刺激がLVの強度に与える影響について分析する上で、広範な視野領域全域に視覚刺激の提示を行う事は重要であると言える。

そこで、広視野ディスプレイシステムを用いて水平視野角360度に視覚刺激の提示を行い、先行研究と同様に視野の中心部にマスク領域を配置し、その大きさを変えることによって、周辺視刺激がLVの強度に与える影響について分析する。

4.2 実験条件・手順

【実験条件】

被験者の位置は実験1と同様、広視野ディスプレイシステムの壁面から0.55mの位置とした(図7)。実験2では、視覚刺激としてストライプとランダムドットの2種類に加え、中心視領域のマスク領域として、視角0度（マスク領域無し）、20度、40度、60度、80度の5種類の合計10パターンとした(表2)。また、被験者は10名（成人男性8名、成人女性2名）とした。

【実験手順】

実験1と同様に、サーストンの一対比較法に基づいて行う。試行回数は被験者1人あたり、10パターンの

総当たりとなる ${}_{10}C_2 = 45$ 試行である。

- (1) 表 2 の実験パターンからランダムに二つを選出する
- (2) 一つ目の視覚刺激を被験者に提示する
- (3) 二つ目の視覚刺激を被験者に提示する
- (4) 1 回目と 2 回目の試行を比較させ、どちらがよ

- り強い移動感を得られたかを回答させる
- (5) 疲労による影響を排除するために十分なインターバルを設ける
- (6) 残りの組み合わせについて (1)~(5) を繰り返す
なお、(5) のインターバルとは別に、9 試行ごとに 1 分以上の休憩時間を設けた。

4.3 実験結果・考察

実験結果を図 8 に示す。実験 1 の結果と同様に、2 本の数直線はそれぞれランダムドットとストライプの視覚刺激における LV の強度に対する心理尺度を示しており、数値が小さくなるにつれて、被験者はより強い移動感を得られたことを示す。

図より、以下のことが分かる。

- (i) 総じてランダムドットの方がストライプよりも強い LV が発生する
- (ii) ランダムドット、ストライプを問わず、中心視マスクの広さが 20 度の場合に、0 度（中心視マスク無し）の場合よりも強い LV が発生する
- (iii) ランダムドット、ストライプを問わず、80 度の場合に、LV の強度は最も弱くなる
- (iv) ランダムドットの場合、20 度と 0 度（中心視マスク無し）の間、20 度と 60 度の間、20 度と 80 度の方に有意水準 10% で有意差が認められる
- (v) ストライプの場合、0 度、20 度、40 度、60 度のいずれの間にも有意水準 10% で有意差が認められない

(i) の結果から、マスク領域の有無や大きさにかかわらず、実験 1 と同様にランダムドットの方がストライプと比較して強い LV が発生することが分かる。

(ii) の結果は、中心視領域にマスク領域を設けた場合に、マスク領域を適用しない場合よりも強い LV が

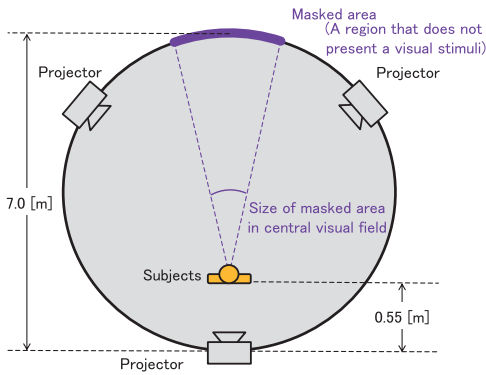


図 7 実験 2 におけるマスク領域のイメージ
Fig. 7 Conceptual diagram of masked area in Exp. 2.

表 2 実験 2 における視覚刺激のパターン
Table 2 The patterns of visual stimuli in Exp. 2.

視覚刺激の種類	中心視マスクの広さ
ランダムドット	0 度 (マスク領域なし)
	20 度
	40 度
	60 度
	80 度
ストライプ	0 度 (マスク領域なし)
	20 度
	40 度
	60 度
	80 度

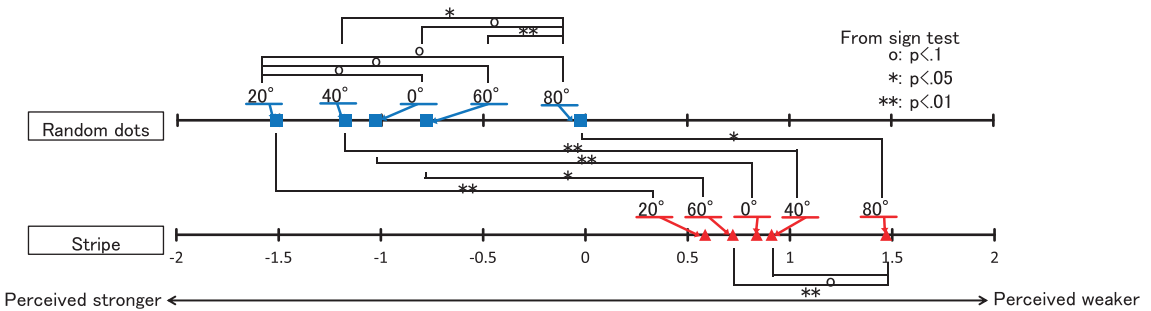


図 8 実験 2 の結果：中心視マスクの広さと LV 強度の関係 (LV 強度に対する心理尺度)

Fig. 8 Result of Exp. 2; Relationship between LV strength and central masked area (Psychological measure of LV strength).

発生する場合があることを示しており、1. で述べた仮説が一部示されたことになる。

(ii) の結果について考察すると、中心視領域にマスク領域を設けることで、視覚刺激の見かけ上の距離が遠くなり、知覚される速度感が向上することが知られている [10]。また、提示する視覚刺激の速度が向上すると、知覚される移動感、すなわちベクションの強度が向上することも知られている [8]。これは、周辺視領域は変化に敏感、すなわち物体の運動知覚に優位である [12] ことから頷ける。したがって、中心視領域が欠落したことによって視覚刺激の運動が見かけ上、速く感じられるようになり、結果的に自己運動感覚の強度が向上したのではないかと考えられる。したがって、中心視マスク領域が広がるにつれて LV の強度も向上すると考えられる。

一方で、(iii) の結果はマスク領域が広すぎる場合には、LV の強度が減少することを示している。特に、一部にはランダムドット、ストライプにかかわらず有意水準 1% で有意な差が認められ、中心視領域に 80 度以上のマスク領域を設けた場合には顕著に LV の強度が減少する傾向があると言える。つまり、人間が LV を知覚する上では速度感以外の手がかりも重要であることが分かる。ここで、考えられる重要な手がかりの一つとして、パース等の奥行き情報（距離手がかり）が挙げられる。距離手がかりが LV の強度に与える影響は非常に大きいことが知られており [18]、中心視領域がマスクされることによって、自己運動の想起に必要な距離手がかりがなくなり、結果的に LV の強度は減少したのではないかと考えられる。

平面ディスプレイで同様の検討を行っている岡野らの研究 [13] においても、中心視マスクが広がるにつれて LV 強度が減少する傾向を示しており、平面ディスプレイによる検討とおおむね同じ傾向であったことには着目すべきである。また、今回の検討では中心視マスクを適用することによって LV の強度が向上する場合があることを確認している。すなわち、LV 強度を確認する上で、岡野ら [13] のように上限や下限を設ける評価法ではこの知見は得られなかったため、今回の我々の評価法は妥当であったと考えられる。

(ii), (iii) の結果をまとめると、中心視マスクが 20 度程度までは LV の強度が向上するものの、更に広くなるにつれて徐々に移動感が減少する傾向を示した。

ただし、(iv), (v) の結果より、ランダムドットの場合は中心視領域にマスクを適用した場合に LV の強度

が向上するという (ii) の結果が有意水準 10% の有意差で確認された一方で、ストライプの場合にはそれほど明確な差では無かったと言えることには留意すべきである。ここで、(i) と (v) の結果を合わせて考えると、中心視領域のマスク領域の違いによる強度を比較する上で、ストライプが引き起こす LV の強度が弱すぎる可能性も考えられる。つまり、中心視領域のマスク領域の広さによる強度への影響が、視覚刺激の種類による影響よりも比較的弱いことを示唆する結果となった。

5. むすび

本論文では、没入型ディスプレイを用いて周辺視刺激が LV に与える影響について分析し、周辺視領域のみに視覚刺激を提示することで、LV の強度が向上するかどうかについて検証を行った。

まず、実験 1 では視覚刺激提示面の広さが LV の強度に与える影響について実験を行った。結果、視覚刺激の提示面が広いほど LV の強度は向上し、先行研究 [5], [10] に合致した結果が得られた。また、視覚刺激を水平視野角 180 度以上の領域を含めて提示した場合に、その領域を含めずに提示した場合と比べて LV の強度が向上する場合があることを示した。これにより、広視野空間が LV の検討をする上で適していることを示し、かつ、周辺視領域が LV の強度に与える影響について検討、議論する上では水平視野角 180 度以上のディスプレイを用いる必要があることが示唆された。

なお、視覚刺激の条件としてランダムドットとストライプの 2 種類を利用したが、それぞれに傾向の違いは無かった。ただし、ストライプよりもランダムドットの方が強い LV を知覚することを示した。

更に、実験 2 では、視覚刺激提示面の中心視領域にマスク領域を適用し、周辺視刺激が LV の強度に与える影響（周辺視領域のみに視覚刺激を提示することで、LV の強度が向上するかどうか）について分析を行った。結果として、中心視領域に視野角換算で 20 度のマスク領域を適用すると、マスク領域を適用しない場合と比較して LV の強度が向上する傾向にあることを示した。一方で、中心視領域に視野角換算で 80 度のマスク領域を適用すると、LV の強度が減少する結果が得られた。

なお、今回の検討では視野全域に視覚刺激を提示する条件として 360 度を採用していたが、人間の視野角

の限界は 200 度～220 度と言われており、これらの領域にも検討の余地が残る。今後は、これらの領域について段階的に検討を行う。更に、別の移動方向に対しても検討を行い、本研究で得られた知見も含め、直線移動感覚全般の知見として拡張する予定である。

謝辞 本研究の一部は、科研費・基盤研究(S)「複合現実型情報空間の表現力基盤強化と体系化」による。

文 献

- [1] M.H. Fischer and A.E. Kornmüller, "Optokinetisch ausgelöste bewegungswahrnehmung und optokinetischer nystagmus," J. für Psychologie und Neurologie, vol.41, pp.273-308, 1930.
- [2] C. Cruz-Neira, D.J. Sandin, and T.A. DeFanti, "Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE," Proc. ACM SIGGRAPH'93, pp.135-142, 1993.
- [3] 廣瀬通孝, 小木哲朗, 石綿昌平, 山田俊郎, "多面型全天周ディスプレイ (CABIN) の開発とその特性評価," 信学論 (D-II), vol.J81-D-II, no.5, pp.888-896, May 1998.
- [4] 山田俊郎, 棚橋英樹, 小木哲朗, 廣瀬通孝, "完全没入型 6 面ディスプレイ COSMOS の開発と空間ナビゲーションにおける効果," 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.4, no.3, pp.531-538, 1999.
- [5] 柳 在鎬, 橋本直己, 佐藤 誠, "没入型ディスプレイにおける視覚誘導自己運動の分析," 信学技報, MVE2003-24, 2003.
- [6] I.P. Howard and T. Heckmann, "Circular vection as a function of the relative sizes, distances, and positions of two competing visual displays," Perception, vol.18, no.5, pp.657-665, 1989.
- [7] 大西 仁, 望月 要, 杉本裕二, "重心動揺を指標としたサラウンド・ディスプレイの視覚的效果の測定," 信学論 (B), vol.J86-B, no.1, pp.45-56, Jan. 2003.
- [8] T. Brandt, J. Dichgans, and E. Koenig, "Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception," Experimental Brain Research, vol.16, pp.476-491, 1973.
- [9] G. Johansson, "Studies on visual perception of locomotion," Perception, vol.6, no.4, pp.365-376, 1977.
- [10] 瀬川かおり, 氏家弘裕, 岡嶋克典, 齋田真也, "オブティカルフローによる自己移動速度知覚に距離手がかりが及ぼす影響," 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.8, no.1, pp.111-117, 2003.
- [11] 福田忠彦, "運動知覚における中心視と周辺視の機能差," テレビジョン学会誌, vol.33, no.6, pp.479-484, 1979.
- [12] 山岸典子, S.J. Anderson, "周辺視野の位置知覚における色情報と運動情報の役割," 信学技報, HIP98-35, 1998.
- [13] 岡野 裕, 雑賀慶彦, 橋本悠希, 野嶋琢也, 梶本裕之, "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," 情処学研報, HCI 研究会報告 2008, no.11, pp.145-150, 2008.
- [14] 三橋哲雄, 矢野澄男, 畑田豊彦, 画像と視覚情報科学 (映像情報メディア基幹技術シリーズ), p.172, コロナ社, 2009.
- [15] 玉置純也, 村上和人, "眩しくないプロジェクタシステムの提案," 情処学研報, CVIM 研究会報告 2008, no.36, pp.43-46, 2008.
- [16] 小西晃広, 橋口哲志, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行, "周辺視刺激が引き起こす視覚誘導自己運動感覚の分析," 2015 信学総大, A-16-7, March 2015.
- [17] 呉 景龍, 于 英花, 楊 家家, "視覚誘導自己直線運動感覚の空間特性の輝度依存性," 人間工学, vol.49, no.1, pp.18-24, 2013.
- [18] L. Telford, J. Spratley, and B.J. Frost, "Linear vection in the central visual field facilitated by kinetic depth cues," Perception, vol.21, no.3, pp.337-349, 1992.

(平成 28 年 5 月 23 日受付, 9 月 23 日再受付, 11 月 2 日早期公開)



小西 晃広 (学生員)

2015 年立命館大学情報理工学部メディア情報学科卒業。現在、同大学院情報理工学研究科博士前期課程在学中。視覚誘導自己運動感覚 (ベクション) の研究に従事。



橋口 哲志 (正員)

2005 年職業能力開発総合大学校福祉工学科卒業。2007 年九州工業大学大学院生命体工学研究科博士前期課程修了。2013 年九州大学大学院芸術工学府博士後期課程修了。現在、立命館大学情報理工学部メディア情報学科特任助教。触覚ディスプレイ、バーチャルリアリティ、複合現実感の研究に従事。博士 (工学)。日本バーチャルリアリティ学会論文賞受賞。



木村 朝子 (正員)

1996 年大阪大学基礎工学部卒。1998 年同大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。同大学助手、立命館大学理工学部助教授、科学技術振興機構さきがけ研究員等を経て、2009 年 4 月より立命館大学情報理工学部メディア情報学科准教授。現在、同教授。博士 (工学)。実世界指向インタフェース、複合現実感、ハプティックインタフェースの研究に従事。日本バーチャルリアリティ学会、情報処理学会、ヒューマンインタフェース学会、ACM、IEEE 各会員。日本バーチャルリアリティ学会学術奨励賞・論文賞、ヒューマンインタフェース学会論文賞、情報処理学会山下記念研究賞等受賞。



柴田 史久 (正員)

1996年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。1999年同研究科博士後期課程修了。大阪大学産業科学研究所助手を経て、2003年4月より立命館大学理工学部助教授。同大学情報理工学部准教授を経て、現在、同教授。博士(工学)。モバイルコンピューティング、複合現実感等の研究に従事。日本バーチャルリアリティ学会複合現実感研究委員会幹事。IEEE, 日本バーチャルリアリティ学会, 情報処理学会, ヒューマンインタフェース学会等の会員。日本バーチャルリアリティ学会学術奨励賞・論文賞, ヒューマンインタフェース学会論文賞を受賞。



田村 秀行 (正員：フェロー)

1970年京都大学工学部電気工学科卒。工業技術院電子技術総合研究所, キヤノン(株)等を経て、2003年4月より立命館大学理工学部教授。現在、同大学総合科学技術研究機構(特別招聘)教授。工学博士。1997年より2001年まで、MRシステム研究所にて「複合現実感研究プロジェクト」を率いた。本学会フェロー, 元理事, 現在, 評議員, 複合現実感研究委員会顧問。編著書「Mixed Reality」(Ohmsha & Springer)「コンピュータ画像処理」(オーム社)など。日本バーチャルリアリティ学会, IEEE, ACM, 情報処理学会, 人工知能学会, 映像情報メディア学会等の会員。日本バーチャルリアリティ学会及び情報処理学会論文賞, 人工知能学会功労賞等を受賞。