

# 没入型映像空間での周辺視刺激で生じるリニアベクション効果の分析 (4) ～広視野 HMD での現象確認と拡張実験～

石津航大<sup>†1</sup> 小西晃広<sup>†1</sup> 橋口哲志<sup>†1</sup> 木村朝子<sup>†1</sup> 柴田史久<sup>†1</sup> 田村秀行<sup>†2</sup>

**概要:** 視覚刺激を観察することによって生じる直線方向の移動感覚をリニアベクション (LV) と呼ぶ。LV は周辺視刺激の影響を受けやすいことが知られており、先行研究において我々は、中心視領域にマスク領域を設けることでそれについて検証した。先行研究では、没入型映像空間として全天周型ディスプレイを用いてきたが、本研究では、その拡張として広視野 HMD を用いて同様の実験を行った。結果、前進・上昇・下降の 3 方向に対しては「マスク領域を設けた際に LV 強度が向上する場合がある」ことを確認し、後退方向を含む 4 方向に関しては「マスク領域が大きくなるにつれて LV 強度が減少する」ことを確認した。これらの結果は概ね、全天周型ディスプレイを用いた先行研究と同様の傾向であった。ただし、上昇・下降方向に関して先行研究と一部異なる傾向を確認した。さらに、拡張実験として上昇・下降方向の LV に対して下視野の重要性を検証したところ、下視野を含めて視覚刺激を提示した方が強い LV を知覚されることを示した。また、「マスク領域を設けた際に LV 強度が向上する場合がある」傾向は、下視野への視覚刺激の提示の有無が影響していないことを示唆した。

**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, 前進方向, 後退方向, 上昇方向, 下降方向

## 1. はじめに

近年、人間の視野の大部分に映像を提示できる巨大なディスプレイや、頭部に装着することで目を完全に覆い、映像に対する没入効果を期待した頭部装着型ディスプレイ (Head Mounted Display; HMD) など、没入感の高い仮想環境を観察・体験できる、没入型映像提示装置の開発が活発に行われている。

これらの仮想環境による映像コンテンツに対し、没入感や臨場感など体験者の反応や心理的な影響を評価するにあたって、視覚誘導性自己運動感覚 (ベクション) が注目されている。ベクションとは、自分は静止しているにもかかわらず、動的な視覚刺激を観察することで、あたかも動いている感覚が得られる現象であり、感じる移動方向の違いによって回転ベクション (Circular Vection; CV) と直線ベクション (Linear Vection; LV) の 2 つに分けられる。

いずれも視覚刺激を観察する視野角の広さや、視野の領域と密接な関係がある事が知られており、ベクションと視野の関係に着目した研究は数多く行われている。例えば、提示する視覚刺激の提示面積[1]や領域[2]との関係について検討したものや、提示面積を視野に対する中心視領域と周辺視領域に分割し、それぞれの面積について検討したもの[3]などがある。

これらの先行研究から、CV の強度において周辺視領域が重要であることが示されているが、LV における視野との関係性に対する検討は未だ少ない。そこで、我々は CV に対するこれまでの知見や、周辺視領域が中心視領域を比べて運動の知覚に優位であること[4]や運動刺激に対する反応時間が短いこと[5]から、LV の知覚においても周辺視領

域が重要であると考えた。そして、その仮説を検証すべく、「前進感覚」「後退感覚」「上昇感覚」「下降感覚」について実験・検討を行ってきた[6-8]。

これらの検証を行うにあたり、これまでは没入型映像提示装置として全天周型ディスプレイを用いて実験を行ってきた。しかし、全天周型ディスプレイは装置が複雑かつ巨大であり、安価に構築・入手するのは困難である。一方で、近年市販されている HMD は入手が容易で扱いやすく、これまでの我々の環境で得られた知見と同様の現象が確認できるならば、応用の幅が広がると考えられる。

また、全天周型ディスプレイと HMD では、下方向に対する映像提示の有無 (全天周型ディスプレイには下面の映像がない) など、視覚刺激の観察可能な視野角に違いがある。したがって、同様の現象が発生するとは限らないので、それについても確認を行う必要がある。そこで本稿では、没入型映像空間として HMD を利用してこれまでの実験の追実験を行い、全天周型ディスプレイシステムと HMD の結果を比較・考察する。

## 2. 実験環境

### 2.1 Head Mounted Display

本稿では、我々の先行研究で全天周型ディスプレイを用いて検討して得られた傾向が、HMD を利用した場合に同様であるかを検証する。

本検証で用いる HMD は比較的入手が容易で、安価かつ扱いやすいものが望ましい。一方で、周辺視領域の重要性について検討する上では、できるだけ広い視野角を持つものが望ましい。

そこで、一般向けに販売されている HMD のうち、これらの要件を満たすものとして、Oculus 社の Rift CV1 を採用した。Rift CV1 は水平、垂直それぞれ約 90 度に映像の提示が可能であり、比較的広い視野角を有する。また、広く利用されているゲームエンジン Unity と連携することで、映

<sup>†1</sup> 立命館大学大学院 情報理工学研究科  
Graduate School of Information Science and Engineering,  
Ritsumeikan University

<sup>†2</sup> 立命館大学 総合科学技術研究機構  
Research Organization of Science and Technology,  
Ritsumeikan University

像の生成・提示が容易となる利点がある。

## 2.2 LV 視覚刺激の生成

被験者が LV を得るためには、一定の方向に移動する視覚刺激を観察する必要がある。ここで、LV の視覚刺激を設計・生成するにあたり、空間周波数（パターン）や時間周波数（提示周期）など、様々なパラメータが考えられる。本稿では、全天周型ディスプレイを用いた先行研究[6-8]の結果と比較するために、それと同条件の視覚刺激を用いた。

具体的には、ランダムドットまたはストライプのテクスチャ（図 1）を VR 空間内の円筒 CG オブジェクトにマッピングし、平行移動させることで一定の方向に移動する視覚刺激を実現した。

なお、視覚刺激の消失点は VR 空間内での HMD に投影する視点と同じ高さにするように、被験者の視線の高さと同じになるように設定した。また、視線方向を固定するための注視点も設けた。円筒形 CG オブジェクトの直径は 6.0m とし、移動速度は 4.0m/s とした。

## 2.3 視覚刺激のマスク領域

これまで、人間の視野における周辺視領域が LV 強度に与える影響を分析するため、中心視領域にマスク領域（視覚刺激の提示を行わない領域）を設けることで周辺視領域のみへの視覚刺激提示を実現していた。本稿では、その条件を踏襲し、同様のマスク領域を設けた。具体的には、円形 CG オブジェクトの中心が消失点の高さ（1.6m）と同じになるように配置した。マスク領域の大きさ（直径）は、視野角に換算して（以降、視角）0 度（マスク領域なし）、20 度、40 度、60 度、80 度の 5 段階である。

## 3. 実験 1：前進、後退方向におけるマスク領域が LV 強度に与える影響の確認

### 3.1 実験目的

これまでの全天周型ディスプレイを用いた研究では、直線運動に対する周辺視領域の重要性を示すべく、中心視領域にマスク領域を設け、その大きさと LV 強度の関係について分析を行った。結果、前進 LV・後退 LV では、共にマスクが大きくなるにつれて LV 強度が減少する事を確認した。一方で、前進 LV の場合には、マスク領域を設けない場合（視覚刺激の提示を行わない領域を設けない場合）よりも、視角 20 度のマスクを適用した方が強い LV を得られることを確認している。すなわち、前進 LV において、あ

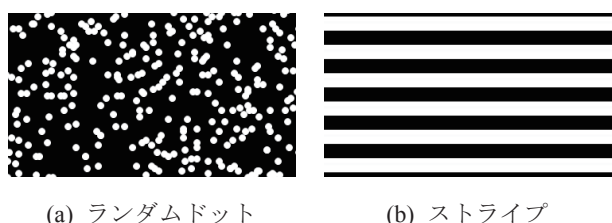


図 1 視覚刺激生成に利用したテクスチャ

Fig.1 Textures mapped onto virtual cylinder

る程度の大きさのマスク領域を配置することで、得られる移動感覚が強くなることを示している[6]。

本実験では、扱いやすさ、入手の容易さを満たす HMD を用いて同様の実験を行い、同様の傾向が得られるかを確認する。これによって、HMD を用いた VR コンテンツの設計・製作などの実応用の際に有用な知見とすることを目的とする。着目する具体的な確認事項としては、全体の傾向として「マスク領域が大きくなるほど LV 強度が下がるという傾向」および「マスク領域を設けることで LV 強度が向上する可能性があるのか」の 2 点である。

### 3.2 実験条件・手順

#### 【実験条件】

本実験では、視覚刺激提示装置（HMD）以外の実験条件を統制するべく、被験者には直立姿勢を指示し、注視点から目を逸らさないように教示した。ただし、実験中は HMD を装着しているため、被験者がバランスを崩した際に転倒してしまう可能性がある。そこで、万が一の不意な転倒に備え、被験者の背後に緩衝材を設置した。さらに、被験者が転倒しそうな時に、直ちに被験者の身体を支えられるよう監視員を同伴させ、安全面に細心の注意を払った。また、被験者には口頭で上記について説明し、同意の上、実験を行った。

また、視覚刺激は先行研究[6][7]と同様に、円筒形の CG オブジェクトを水平に配置し、水平軸に平行移動させることで前進、または後退する視覚刺激を生成した。

実験パターンは、視覚刺激の種類としてランダムドット、ストライプの 2 種類に対しマスク領域 0 度、20 度、40 度、60 度、80 度の 5 種類の合計 10 パターンとした（表 1）。

なお、被験者数は 10 名とした（成人男性 9 名、成人女性 1 名）である。

#### 【実験手順】

実験は我々の先行研究[6]と同様に、Thurstone の一対比較法に基づいて行う。被験者には、視覚刺激のパターンから 2 つ提示し、どちらがより強いバクシオンを知覚したか、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。なお、視覚刺激の提示は、被験者が LV を感じ、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、

表 1 実験パターン

Table 1 Patterns of visual stimuli

視覚刺激の種類	マスク領域の大きさ（視角）
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

10 パターンの総当たりとなる 10C2=45 試行である。

具体的な手順を以下に示す。

- (1) 表 1 のパターンからランダムに 2 つを選出する
  - (2) 1 つ目の視覚刺激を被験者に提示する
  - (3) 2 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、どちらが強い移動感を得られたか回答させる
  - (5) 疲労による影響を排除するため、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、手順に示した(5)のインターバルとは別に、9 試行毎に 1 分以上の休憩時間を設けた。

### 3.3 実験結果と考察

HMD による前進方向、後退方向の LV に対する実験結果を図 2、図 3 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 強度に対する心理尺度を示しており、数値が大きくなるにつれて、被験者はより強い移動感が得られたことを示す。

#### 【前進 LV に対する実験結果 (図 2)】

図より以下のことが分かる。

- (i) 中心視マスク 80 度の場合を除き、ランダムドットの方がストライプよりも強い LV が知覚される
- (ii) ランダムドット、ストライプ共にマスク領域が大きくなるにつれて LV 強度が減少する
- (iii) ランダムドット、ストライプ共にマスク領域 0 度 (マスク領域なし) の場合よりもマスク領域 20 度の場合により強い LV が知覚される
- (iv) ランダムドット、ストライプ共にマスク領域が 80 度の場合、顕著に LV 強度が減少する

これら(i)~(iv)の結果は、総じて全天周型ディスプレイシステムを用いた我々の先行研究 (特に前進 LV) と合致した傾向であった。

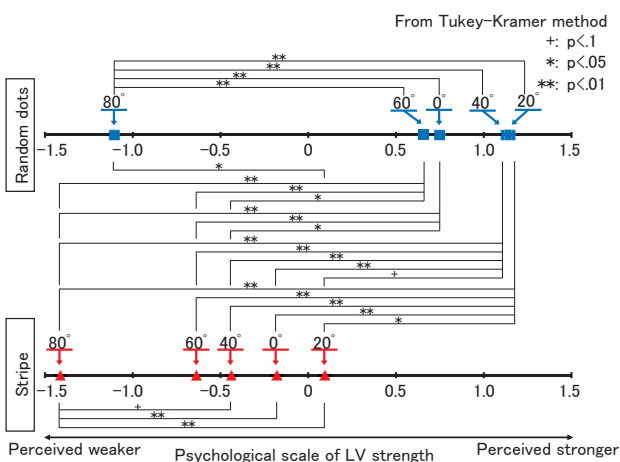


図 2 中心視マスクの広さと前進 LV 強度の関係  
 Fig.2 Relationship between forward vection and central masked area

ただし、(iv)の結果は、マスク領域が視角 80 度の場合に LV 強度が極端に弱く知覚されていることを示し、この点是我々の先行研究[8]と異なる傾向であった。これは、全天周型ディスプレイと比べて HMD の視野角が狭く、視角 80 度のマスク領域が観察可能な視野角に対して相対的に大きかったためであると考えられる。すなわち、視覚刺激の中心視領域が欠落し、LV の知覚に重要な奥行き手がかり[9]が欠落したため、移動感覚が想起し難くなった結果と言える。

一方で、ランダムドットにおいて、マスク領域 0 度 (マスク領域なし) と 20 度との間に着目し、符号検定を適用したところ、有意水準 5%で有意差が確認された。これは、前進 LV において、HMD を用いた場合でも全天周型ディスプレイを用いた場合と同様に、マスク領域を設ける事で LV 強度が向上することを示し、対比較の際にそれが被験者にとっては明確な差であったことを示している。

#### 【後退 LV に対する実験結果 (図 3)】

図より以下のことが分かる。

- (v) ランダムドットの方が総じてストライプよりも強い LV が知覚される
- (vi) ランダムドット・ストライプ共にマスク領域が大きくなるにつれてベクション強度が減少する
- (vii) 前進方向とは異なり、後退方向ではマスク領域が 0 度 (マスクなし) の場合に LV 強度が最大となる

(v)、(vi)の結果は、前進 LV と同様の傾向であり、我々の全天周型ディスプレイを用いた先行研究[6]とも合致した傾向であった。また、(vii)は前進 LV と異なる傾向が得られたことを示しており、こちらも我々の先行研究[7]と合致した傾向である。

一方、前進 LV で見られた(iv)の「80 度のマスク領域で極端に LV 強度が減少する傾向」は後退 LV においては確認できなかった。これらは、前進 LV と後退 LV で周辺視

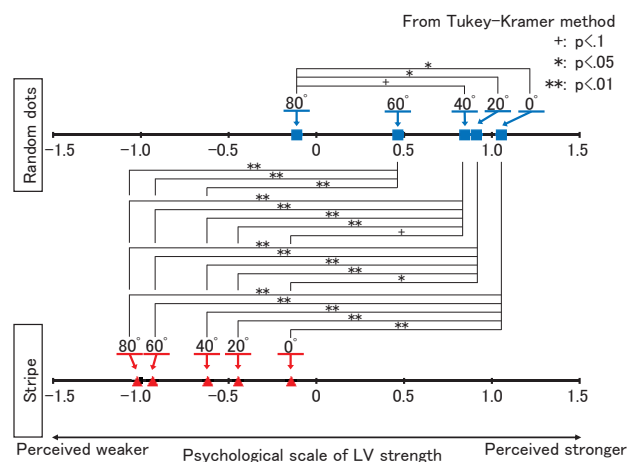


図 3 中心視マスクの広さと後退 LV 強度の関係  
 Fig.3 Relationship between backward vection and central masked area

領域の役割が異なることを示唆している。

HMD のように水平視野角が比較的狭い条件でも同様の傾向が得られたことから、後退方向に関しては周辺視刺激よりも視覚刺激の奥行き情報が LV 強度に対して優位であることを示唆する結果となった。

【実験1のまとめ】

以上をまとめると、実験1では概ね先行研究[6][7]と同様の傾向が得られており、我々の先行研究で用いた全天周型ディスプレイと今回用いた HMD で同様の傾向が得られていることが分かる。したがって、比較的視野角の狭い HMD においても周辺視領域が LV の知覚において重要であることを示した。

ただし、(iv)のように、一部異なる傾向が得られており、これは観察可能な最大視野角の違いによると考えられる。すなわち、コンテンツ設計・製作などの実応用の際には、ディスプレイの視野角にも配慮するべきであると考えられる。

4. 実験2：上昇、下降方向におけるマスク領域が LV 強度に与える影響の確認

4.1 実験目的

実験1では、HMD を用いた VR コンテンツの設計・製作などの実応用の際に有用な知見とする目的のもと、HMD を用いて「前進 LV」「後退 LV」に関して先行研究[6]と同様の実験を行い、概ね合致した傾向であることを確認した。実験2では、これに引き続き「上昇 LV」「下降 LV」に対して同様の実験を行い、その傾向を確認する。

全天周型ディスプレイを用いた上昇 LV・下降 LV に対する検討[8]では「上昇 LV・下降 LV 共にマスク領域を設けることで LV 強度が向上する場合がある」ことを確認している。そこで、本稿ではこれらについて、HMD で同様の傾向が得られるかを確認し、分析を行う。

4.2 実験条件・手順

【実験条件】

実験1と同様、視覚刺激提示装置 (HMD) 以外の実験条件を統制するため、被験者には直立姿勢を指示し、注視点から目を逸らさない様に教示した。また、被験者の安全面についても実験1と同様に対処した。

ここで、本実験では上昇方向または下降方向に流れる視覚刺激を生成する必要がある。そこで、2.2 節で説明した円筒形 CG オブジェクトを垂直に配置し、垂直軸に平行移動させることで上昇方向、下降方向の視覚刺激を生成した。

実験パターンは実験1と同様に、視覚刺激2種類 (ランダムドット、ストライプ) とマスク領域5種類 (0度、20度、40度、60度、80度) を組み合わせた10パターンである (表1)。

また、被験者数は実験1と同様に10名 (成人男性9名、成人女性1名) とした。

【実験手順】

実験は Thurstone の一対比較法に基づいて行った。上昇または下降する視覚刺激を2つ観察させ、どちらがより強いバクシオンを知覚したかを集計することで心理尺度 (間隔尺度) を構成する。

なお、視覚刺激の提示は、被験者が LV を感じ、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、10パターンの総当たりとなる  ${}_{10}C_2=45$  試行である。

具体的な実験1と同様である。

4.3 実験結果と考察

HMD による上昇方向、下降方向の LV に対する実験結果を図4、図5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 強度に対する心理尺度を示しており、数値が大きくなるにつれて、被験者はより強い移動感が得られたことを示す。

【上昇 LV に対する実験結果 (図4)】

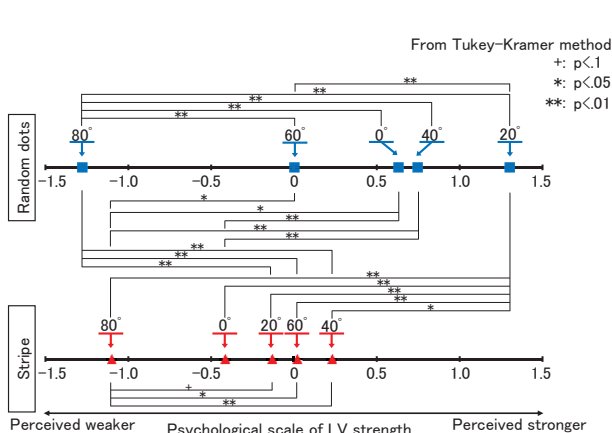


図4 中心視マスクの広さと上昇 LV 強度の関係  
 Fig.4 Relationship between upward vection and central masked area

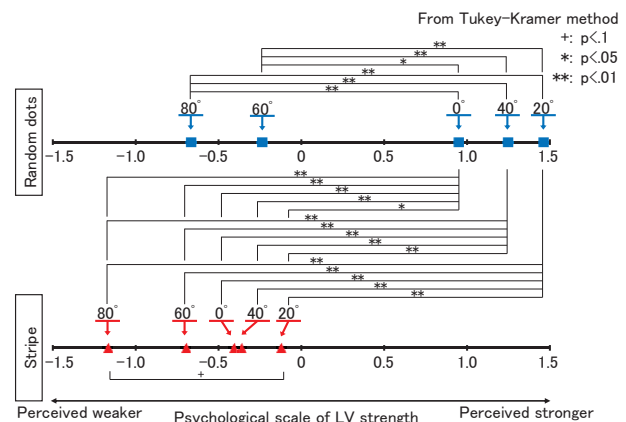


図5 中心視マスクの広さと下降 LV 強度の関係  
 Fig.5 Relationship between downward vection and central masked area

図より以下のことがわかる。

- (i) ランダムドットに関して、マスク領域 0 度（マスク領域なし）の場合を除き、マスク領域が大きくなるほどベクション強度が減少する
- (ii) ランダムドット、ストライプ共にマスク領域 0 度（マスク領域なし）の場合よりも視角 20 度、40 度のマスク領域を適用した場合に LV 強度が向上する
- (iii) ストライプの条件では、マスク領域 0 度の場合よりもマスク領域 60 度の場合に LV 強度が向上する

(i), (ii)の結果に関して、ランダムドットに着目すると、全天周型ディスプレイを用いた我々の先行研究[8]の結果と同様の傾向が確認できる。すなわち、上昇 LV において、マスク領域を設けることで LV 強度が向上する場合があることを示している。

一方で、(iii)の結果は先行研究とは異なる傾向を示している。具体的には、視覚刺激がストライプの条件下において、全天周型ディスプレイの結果ではマスク領域の大きさが視角 0 度（マスク領域なし）の場合に最も強い LV が得られているのに対し、本実験では視角 40 度の場合に最も強い LV が得られている。これについて符号検定を適用すると有意水準 5%で有意差が確認でき、これら間には被験者にとって明確な強度の差があったことを示している。言い換えると、ストライプの条件において、全天周型ディスプレイではマスク領域を適用した場合に LV 強度が向上せず、強度の差も明瞭では無かった一方で、HMD ではマスク領域を設けることで優位に LV 強度が向上していることが確認されたことになる。

この結果は、観察可能な最大視野角が比較的狭く、マスク領域が視野角に対して相対的に大きくなると考えられる HMD においては意外な結果である。すなわち、全天周型ディスプレイと HMD において、視覚刺激の提示面積以外の効果が現れていることを示唆している。ここで、ベクションの知覚において下視野（地面方向）が有効であること[10]が知られており、(iii)は全天周型ディスプレイと HMD の違いによる下視野の影響が要因の一つとして考えられる。

上昇 LV の結果をまとめると、全天周型ディスプレイと一部同様の傾向が得られたものの、(iii)は視野角が比較的狭い HMD としては意外な結果と言え、新たに下視野の影響を考慮する必要性を示唆する結果であった。

#### 【下降 LV に対する実験結果（図 5）】

図より以下のことがわかる。

- (iv) ランダムドット、ストライプ共にマスク領域が大きくなるにつれて LV 強度が減少する
- (v) ランダムドット、ストライプ共にマスク領域 0 度（マスク領域なし）の場合よりもマスク領域 20 度、40 度の場合に強い LV が知覚される

(iv), (v)の結果は、先述の上昇 LV と同様の傾向であった。特に、(v)の結果は下降 LV においても、マスク領域を設け

ることで LV 強度が向上する場合があることを示している。

すなわち、下降 LV の知覚においても周辺視領域が重要であると言え、全天周型ディスプレイの傾向と同様だとと言える。

#### 【実験 2 のまとめ】

以上をまとめると、(i), (ii)及び(iv), (v)で述べた通り、HMD においても、概ね先行研究[8]で用いた全天周型ディスプレイと同様の傾向が得られており、上昇 LV・下降 LV においても周辺視領域が重要であることを示した。

ただし、上昇 LV において、(iii)の結果は、視野角が比較的狭い HMD としては意外な結果と言え、新たに下視野の影響を考慮する必要性を示唆する結果であった。

## 5. 追加実験：上昇・下降方向における下視野領域が LV に与える影響の確認実験

### 5.1 実験目的

実験 1 では「前進 LV」「後退 LV」に関して、全天周型ディスプレイを用いた我々の先行研究と同様の実験を行った結果、概ね合致した傾向が得られた。一方で、実験 2 で「上昇 LV」「下降 LV」に関して実験を行った結果、一部異なった傾向を確認した。

4.3 節で述べた通り、上昇・下降で異なる傾向が得られた要因として、下視野の影響が考えられる。下視野はベクションの知覚において有効であり、下視野における視覚刺激提示の有無は、上昇 LV または下降 LV に対して影響すると考えられる。ここで、我々が先行研究で利用している全天周型ディスプレイは床面に映像投影が行われない（下視野角は約 15 度である）。それに対し、今回利用した HMD の下視野角は比較的広く、約 45 度に相当する。これらのことから、水平視野角が比較的狭い HMD において、マスク領域を設けた際に LV 強度が向上する場合があった理由として、下視野における映像提示の有無が大きく影響した可能性が考えられる。

本実験では、実験 2 に対する追加実験として、「上昇 LV、下降 LV に対して下視野が与える影響」を分析する。具体的には、下視野における視覚刺激提示の有無で LV 強度に違いがあるのかを確認する。

そこで、まず HMD で全天周型ディスプレイの床面を模したマスク領域を下視野に設け、下視野への映像提示の有無が LV 強度に影響を与えるのかを確認する（追加実験 1）。

さらに、下視野に映像提示を行わない条件で、実験 2 と同様にマスク領域を中心視に配置し、得られる傾向について確認する（追加実験 2）。

### 5.2 実験条件

実験 1, 2 と同様、実験条件を統制するため、被験者は直立姿勢を指示し、注視点から目を逸らさないように教示した。安全面に関しても同様の対処を行った。また、視覚刺激の生成方法は実験 2 と同様である。

下視野のマスク領域は、先行研究[6-8]で利用した全天周型ディスプレイにおいて被験者の観察映像と同様になるように配置した。

実験で用いた視覚刺激は、追加実験 1（下視野の影響を確認する実験）では 4 パターン、追加実験 2（下視野に映像提示を行わない条件で、中心視マスクの影響を確認する実験）では 10 パターンとした（図 6）。

具体的には、追加実験 1 では、下視野における視覚刺激提示の有無の影響を確認するため、視覚刺激 2 種類（ランダムドット・ストライプ）と下視野への映像提示の有無を組み合わせた 4 パターンについて検討を行った。また、追加実験 2 では、視覚刺激 2 種類と中心視領域のマスクの大きさ 5 段階（視角 0 度、20 度、40 度、60 度、80 度）を組み合わせた 10 パターンとした。これらの実験パターンについて、上昇 LV および下降 LV を別々に検討した。

ただし、被験者の負担を減らすべく、追加実験 2 では、視覚刺激ごとの条件を組み合わせずに実験を行った。具体的には、ランダムドットに対しマスク領域 5 段階の 5 通り、ストライプに対してマスク領域 5 段階の 5 通りのパターンで実験を別々に行った。これによって、被験者 1 人あたりの上昇方向、下降方向それぞれに対する試行数は  ${}_5C_2 \times 2 = 20$  試行となる。

【実験手順】

実験 1, 2 と同様に、Thurstone の一対比較法に基づいて実

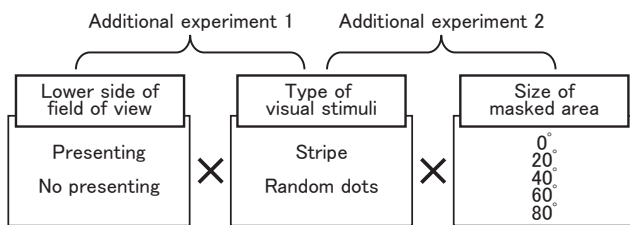


図 6 追加実験のパターン

Fig.6 Experiment patterns of additional experiment

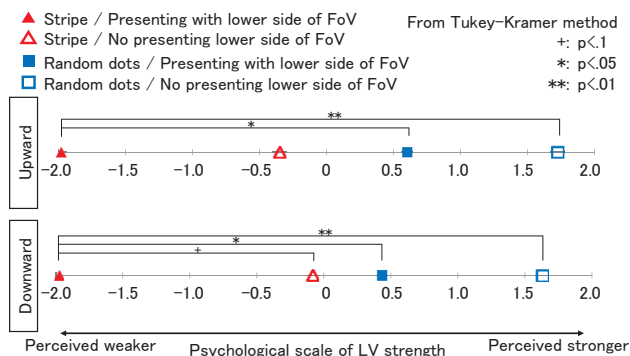


図 7 追加実験 1：下視野と上昇 LV・下降 LV 強度の関係

Fig.7 Relationship between upward/downward vection and lower side of field of view

験を行う。具体的な実験手順も実験 1, 2 と同様である

なお、追加実験 2 では、手順に示した(5)のインターバルとは別に、10 試行毎に 1 分以上の休憩時間を設けた。

5.3 実験結果と考察

追加実験 1 の結果を図 7、追加実験 2 の結果を図 8, 9 に示す。数直線は、LV 強度に対する心理尺度を示しており、数値が大きくなるにつれて、被験者はより強い移動感が得られたことを示す。

【追加実験 1 の結果 (図 7)】

図より、上昇 LV・下降 LV 共に、下視野への映像提示を行わないことによって LV 強度が減少していることがわかる。このことから、上昇 LV・下降 LV 共に下視野における映像提示の有無が LV 強度に影響を与えていることがわかる。この傾向は、テクスチャや上下方向によらず確認でき、総じて、下視野における映像提示は LV の知覚において重要であることを示した。

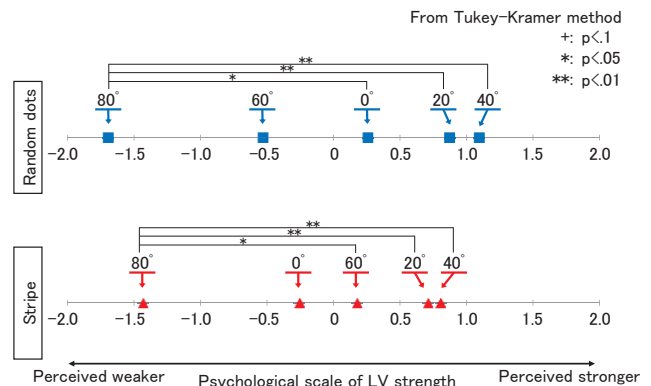


図 8 追加実験 2：下視野への視覚刺激提示を行わない条件での中心視マスクと上昇 LV 強度の関係

Fig.8 Relationship between upward vection and masked area under "No presenting lower side of FoV" condition

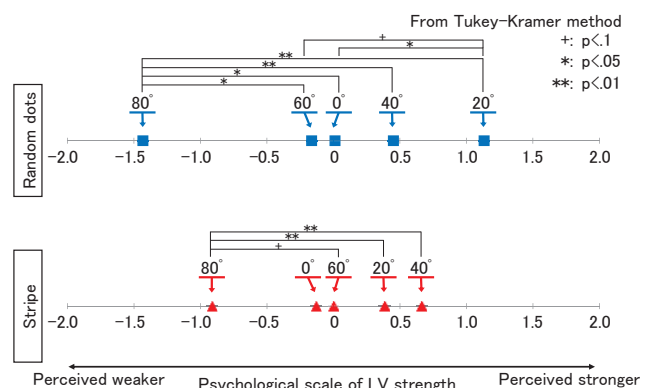


図 9 追加実験 2：下視野への視覚刺激提示を行わない条件での中心視マスクと下降 LV 強度の関係

Fig.9 Relationship between downward vection and masked area under "No presenting lower side of FoV" condition

### 【追加実験 2 の結果 (図 8, 図 9)】

図より, 上昇 LV・下降 LV 共に, 視覚刺激の種類に依らず「マスク領域を適用することで LV 強度が向上する場合がある」ことが確認された. これは, 下視野にマスク領域を設けずに中心視マスクの影響を分析した実験 2 と同様の結果である. すなわち, 下視野における視覚刺激提示の有無は, 上昇 LV および下降 LV 強度に対して影響するものの, 中心視マスク領域が LV 強度に与える影響とは独立していることを示唆する結果であった.

## 6. むすび

本稿では, 我々の先行研究で, 全天周型ディスプレイを用いて明らかにした「LV の知覚において周辺視刺激が有効」という知見に対して応用の幅を広げるべく, HMD を用いた場合にも同様の現象が発生するのかを「前進」「後退」「上昇」「下降」の 4 方向に対して確認した. 具体的には, 周辺視刺激を実現するために, 視野の中心視領域に視覚刺激の提示を行わない領域 (マスク領域) を設け, その大きさ毎に得られる LV 強度について確認した.

まず, 3 章では, 「前進 LV」「後退 LV」について検討を行った (実験 1). その結果, 前進 LV に関してはマスク領域が視角 20 度の時に LV 強度が最大になることを確認した. また, 後退 LV では中心視マスクなしの場合に LV 強度が最大になることを確認した. これらの結果は, 先行研究[6][7]と同様であり, 全天周型ディスプレイを用いた場合と同様の現象が HMD でも発生することを確認した.

4 章では, 「上昇 LV」「下降 LV」について検討を行った (実験 2). 結果, 上昇・下降共に, マスク領域を設けることによって LV 強度が向上する場合があることを確認した. ただし, 先行研究[8]とは一部異なり, ストライプの条件においてマスク領域が視角 40 度の場合に下降 LV 強度が最大となる結果が得られた. この結果は視野角が比較的狭い HMD としては意外な結果であり, 新たに下視野の影響を考慮する必要性について論じた.

5 章では, 実験 2 で先行研究と異なる傾向が得られた要因について考察するために追加実験を行った. 具体的には, 全天周型ディスプレイと HMD で異なる提示領域である「下視野」に着目し, その影響が大きいという仮説のもと, 検証を行った. 結果として, 上昇 LV・下降 LV 共に下視野における視覚刺激の提示の有無が LV 強度に影響を与えることを確認した. しかし, 下視野における視覚刺激の提示の有無に依らず, 「マスク領域を適用することで LV 強度が向上する場合がある」ことが確認された. したがって, 実験 2 で先行研究と異なる傾向が得られた要因として下視野の影響であるという仮説を否定する結果となった.

今後は, 全天周型ディスプレイを用いた結果と HMD を用いた結果が異なる要因について詳細に分析し, 人間の視野特性の観点からベクション知覚における周辺視刺激の有

効性について検証する予定である. さらに, 周辺視領域への映像提示を利用し, ベクションを有効活用した VR コンテンツの実現に向けた基礎検討を深めていく.

## 謝辞

本研究の実験の一部を担当した牛谷宗一朗氏, 芦田大樹氏に感謝の意を表す. 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.

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] 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効果の測定", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J86-B, No. 1, pp. 45 - 56, 2003.
- [3] T. Brandt, J. Dichgans, and E. Koening: "Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception," *Experimental Brain Research*, Vol. 16, No. 5, pp. 476 - 491, 1973.
- [4] 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.
- [5] 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", 電子情報通信学会技術研究報告, HIP, Vol. 98, No. 397, pp. 23 - 30, 1998.
- [6] 小西晃広, 橋口哲志, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: "没入型映像空間での周辺視刺激で生じるリニアベクション効果の分析", 電子情報通信学会技術研究報告, MVE, Vol. 115, No. 495, pp. 223 - 228, 2016.
- [7] 小西晃広, 橋口哲志, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: "没入型映像空間での周辺視刺激で生じるリニアベクション効果の分析 (2) ~後退方向のリニアベクションに対する実験結果~", 第 21 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 31B-06, 2016.
- [8] 小西晃広, 橋口哲志, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: "没入型映像空間での周辺視刺激で生じるリニアベクション効果の分析 (3) ~上昇・下降方向のリニアベクションに対する実験結果~", 本研究会予稿集, 2017.
- [9] 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.
- [10] 妹尾武治, 金谷英俊, 深澤宏充, 佐藤隆夫: "視覚誘導性自己運動感覚 (ヴェクション) 誘発における地面の優位性", 基礎心理学研究, Vol. 26, No. 2, p. 209, 2008.