



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～

小西晃広¹⁾, 橋口哲志¹⁾, 木村朝子¹⁾, 柴田史久¹⁾, 田村秀行²⁾

1) 立命館大学大学院 情報理工学研究科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

2) 立命館大学 総合科学技術研究機構 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

概要: リニアベクション (LV) とは, 視覚刺激を観察することによって発生する直線方向の運動感覚である. LV の強度 (感じられる移動感の強さ) は視野と密接な関係があることが知られており, これに対して様々な検討が成されてきた. 一方で, 今までの LV の研究においては, 特に前進方向に対する検討が主流であり, 後退方向に対する検討はほとんどされていない. そこで, 本稿では後退方向における LV について着目し, 周辺視領域との関係について検討を行った. 実験では, 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, 前進方向の場合とは異なり, マスクの大きさが大きくなるにつれて LV の強度が減少することを確認した.
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, 後退方向, 後退感覚

1. まえがき

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. この感覚をベクションと呼び, 一般的には, 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で知覚される. この時に感じる移動方向の違いから, ベクションは回転ベクション (Circular Vection; CV) と直線ベクション (Linear Vection; LV) の 2 つに分けることができる.

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 CV, LV の両面から検討が成されてきた. ベクションと視野の関係に着目した研究には, 特に CV に対する検討が多く, 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, 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毎に検討したもの[3]等がある. これらの先行研究の共通見解として, 周辺視領域を多く含むほどベクションが向上することを示している. すなわち, 「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. その一方で, 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.

ここで, 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[4]や運動刺激に対する反応時間が短いこと[5]が知られている. これらの視野領域の機能差の観点と CV に対する検討によって得られた知見を複合的に考えると, LV の知覚においても周辺視領域が重要であると考えられる.

そこで, 我々はこれについて検証するべく, 視野における周辺視領域が前進方向の LV の強度に与える影響について分析を行ってきた[6]. しかしながら, LV の検討としては, 主に検討されてきた「前進感覚」の他に, 「後退感覚」「上昇感覚」「下降感覚」も考えられる. そこで, 本稿ではその第一段階として, 後退方向について実験・検討を行う. また, 実験結果を前進方向の結果と比較し, その傾向の違いについて考察する.

2. 実験環境

2.1 広視野ディスプレイシステム

周辺視領域がベクションに与える影響を確認するにあたって, 人間の視野領域全域に視覚刺激を提示することは重要である. 人間の視野角は水平方向に 180 度以上と言われ[7], CV と視野領域との関係について分析した先行研究では, これらの領域に視覚刺激の提示を行うべく, 広視野ディスプレイを用いた検討が主流であった. そこで, 本稿ではそれらに倣い, 広視野ディスプレイシステムを構築し, それを利用して実験・検討を行う.

ディスプレイ面としては, 直径 7.0m, 高さ 3.8m の小

Akihiro KONISHI, Satoshi HASHIGUCHI, Asako KIMURA,
Fumihisa SHIBATA, and Hideyuki TAMURA
Ritsumeikan University

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。これに 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 の位置に設置し、内壁面に映像投影を行うことで、全天周への映像提示を実現している（図 1）。なお、全天周に映像を提示するため、視覚刺激面としての最大視野角は水平方向に 360 度となる。また、ドーム状であるため、ディスプレイ面に不連続点が無く、一様な視覚刺激の提示が可能である。

2.2 前進方向・後退方向の LV 視覚刺激の生成

従来の LV の研究では、主に前進方向の移動感覚について検討されてきた[8]。被験者が前進方向の移動感覚を得るためには、点群や縞模様などのパターンが被験者の背面方向に向かって移動する視覚刺激を提示すれば良い。ここで、被験者が後退方向の移動感覚を得るためには、逆に被験者の前面方向に移動する視覚刺激を提示すれば良い。つまり、後者について検討するためには、従来の視覚刺激を逆方向に移動させることで実現できる。

視覚刺激の生成方法は先行研究[8]に倣った。具体的には、内側にテクスチャを適用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。ただし、CG オブジェクトの移動方向として、従来の「被験者に対して背面方向」に加え、新たに「被験者に対して前面方向」を含めることで、それぞれ前進方向、後退方向の移動感覚についての検討を行うことができる。

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

2.3 視覚刺激のマスキング領域

人間の視野における周辺視領域が 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、ディスプレイ面の中心視領域にマスキング領域（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の提示を実現した。

なお、マスキング領域の位置は、用いた円形 CG オブジェクトの中心が視覚刺激の消失点と同じ高さ（1.6m）になる

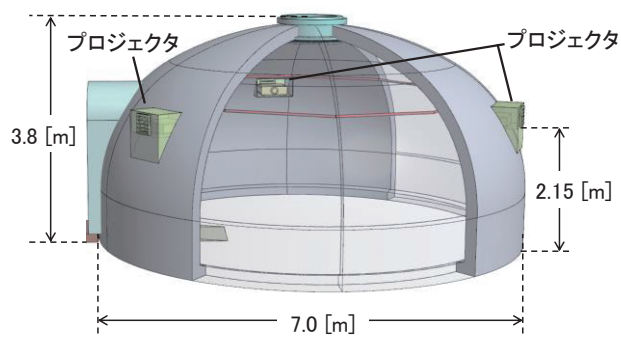


図 1 広視野ディスプレイシステムの外寸とプロジェクタの位置

ように配置した。また、本稿で用いるマスク領域の大きさ（直径）は、我々の先行研究[6]と同様に、視角 0 度（マスク領域なし）、20 度、40 度、60 度、80 度とした。

3. 実験：マスク領域の大きさが後退方向の LV 強度に与える影響の分析

3.1 実験目的

今までの LV の研究において、周辺視領域のみに視覚刺激を提示した場合にはほとんど検討されていなかった。そこで、我々は先行研究[6]にてこれらについて実験し、中心視マスクの大きさと前進方向の LV 強度の関係について明らかにした。結果として、全体の傾向としてはマスクが大きくなるほど LV 強度が下がる一方で、マスクが無い場合と比較してマスクが 20 度の時に LV の強度が向上することを示した。

ここで、別方向（後退、上昇、下降）の LV においても、前進方向と同様の傾向を示すのであれば、直線方向全般の知覚として、周辺視領域の重要性を示すことができる。

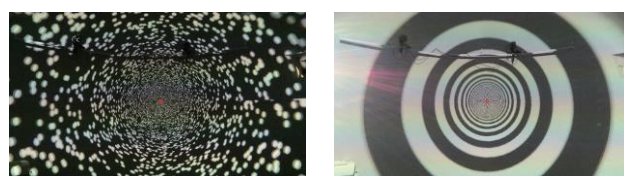
そこで、本稿では LV の別方向に対して検証すべく、その第一段階として、中心視マスクの大きさと後退方向の LV 強度の関係について検討を行う。

3.2 実験条件・手順

【実験条件】

図 3 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 0.55m とし、直立姿勢を指示した。また、被験者には注視点から視線を逸らさずに全体を俯瞰する様に指示した。

実験パターンとしては、視覚刺激としてランダムドットとストライプの 2 種類に加え、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



(a) ランダムドット (b) ストライプ
図 2 小型ドーム壁面に投影した視覚刺激

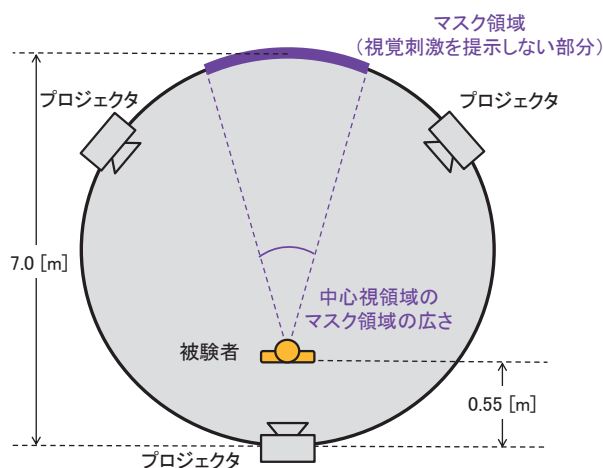


図 3 被験者の位置と中心視マスクのイメージ

10パターンとした(表1)。被験者数は我々の先行研究[6]に倣って10名(成人男性8名,成人女性2名)とした。

【実験手順】

実験は我々の先行研究[6]と同様に,サーストンの一対比較法に基づいて行う。被験者には,「被験者に対して前面方向」に進む視覚刺激を2つ提示し,どちらがより強いベ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3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,10パターンの総当たりとなる $10C_2=45$ 試行である。

- (1) 表1の実験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試行毎に1分以上の休憩時間を設けた。

表1 視覚刺激のパターン

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

3.3 実験結果と考察

前進方向,後退方向のLVに対する実験結果をそれぞれ図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5より,以下のことが分かる。

- (i) ランダムドット・ストライプを問わず,マスクの大きさが視角0度,20度,40度,60度,80度の順にLVの強度は減少する
- (ii) ランダムドット・ストライプを問わず,0度,20度,40度,60度,80度のいずれの間にも有意水準5%で有意差が見られる

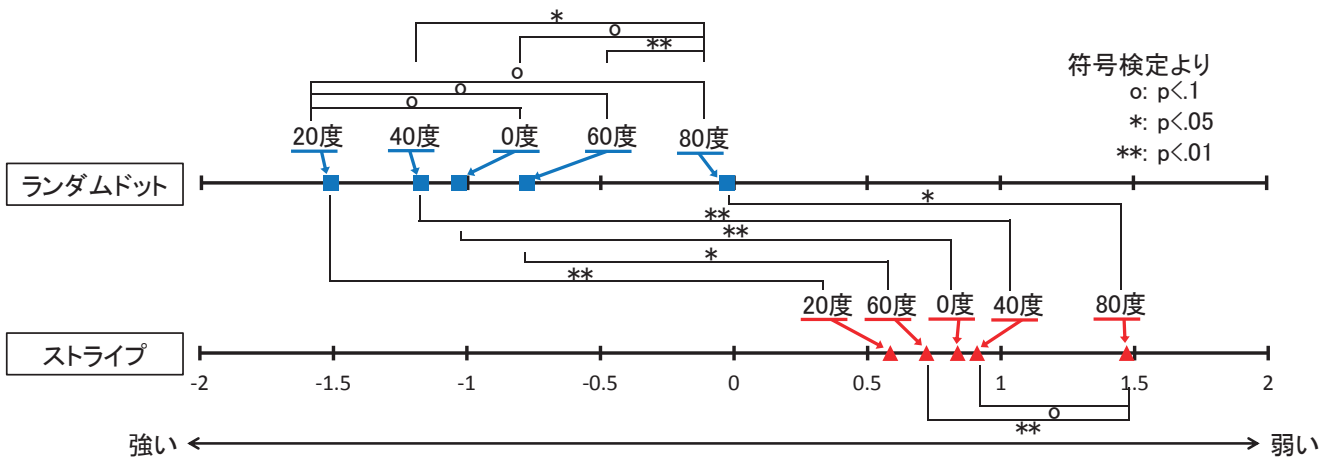


図4 中心視マスクの広さと前進方向のLV強度の関係(LV強度に対する心理尺度)[6]

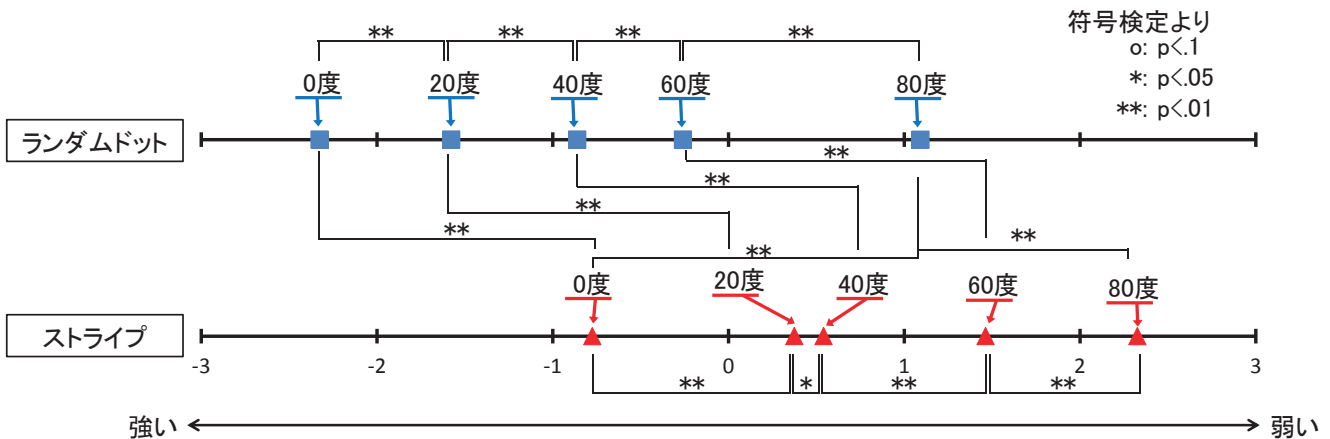


図5 中心視マスクの広さと後退方向のLV強度の関係(LV強度に対する心理尺度)

(iii) マスクの大きさに関わらず、同じ大きさで比較すると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 (有意水準 1%)

さらに、前進方向の LV に対する実験結果 (図 4) と比較すると、以下のことが分かる。

(iv) 前進方向と後退方向で共通して、マスクの大きさが 80 度の時に LV の強度は最も弱い

(v) 前進方向ではマスクが 20 度の時に LV の強度が最大となるのに対し、後退方向では 0 度 (マスク無し) の時に最大となる

(vi) 前進方向・後退方向を問わず、ランダムドットの方がストライプよりも強い LV の強度を示す一方で、後退方向ではその傾向が比較的弱い

(i)の結果は、中心視領域が欠落するほど、後退方向の LV 強度が減少することを示している。特に、(ii)を合わせて考えると、被験者にとってその差は顕著であったと言える。(iv)より、この傾向は前進方向の LV 強度の傾向と概ね合致しており、前進・後退の両方向において過度な中心視領域の欠落が LV 強度を減少させることを示している。これは、中心視領域が欠落したことにより、自己運動の想起に必要な視覚刺激内の奥行き情報 (距離手がかり) が無くなったことが原因の一つでは無いかと考えられる。距離手がかりは前進方向の LV の知覚に重要であることが知られており [9]、この結果は後退方向の LV の知覚においても距離手がかりが重要であることを示唆している。

一方、(v)は、中心視領域のマスクによる影響が前進・後退方向の LV 強度に与える影響が一部異なることを示している。具体的には、中心視領域のマスクが視角 20 度の場合に、前進方向の LV では強度が向上するのにに対し、後退方向の LV では強度が減少することを示している。ここで、Brandt ら [3]は「視覚刺激の速度が向上すると知覚される移動感の強さが向上」することを示している。つまり、マスクを適用することによって見かけ上の速度が向上すれば、付随的に移動感が向上すると考えられる。瀬川ら [8]は、前進方向の LV に関して「マスクを適用することで視覚刺激の見かけ上の速度が向上する」ことを示しており、結果として矛盾がない。一方、後退方向に関しては、マスクを適用することによる見かけ上の速度に変化が少なくと考えられ、結果としてマスクによる距離手がかりの損失の影響が強く現れたものと考えられる。

また、(iii)の結果は前進方向に対する検討 [6]と同じ傾向を示しており、視覚刺激の種類による LV 強度への影響は前進方向・後退方向問わず現れることが分かる。他方、(vi)の結果より、マスクによる影響との相互関係に関しては前進方向と後退方向で異なることが分かる。

4. むすび

本稿では、周辺視領域が後退方向の LV に与える影響について検討を行った。また、先行研究にて検討した前進方向の LV との比較を行い、その傾向の違いについて考察し

た。具体的には、視覚刺激の中央にマスクを設け、その大きさ毎に得られる LV の強度について検討を行った。結果、後退方向の LV の強度は 0 度 (マスク無し) の時に最大、80 度の時に最小となった。また、視覚刺激の種類による比較では、ストライプよりもランダムドットの方が強い LV が得られた。

総じて、後退方向の LV における傾向は前進方向のそれと概ね同様であったが、マスクの大きさが 0 度の時と 20 度の時に関しては得られる LV の強度の順番が入れ替わるなどの差があることを確認した。これは、前進方向と後退方向で移動感を知覚する上での周辺視領域の役割が異なることを示唆する結果である。今後はこれらの差分について原因を究明する予定である。

謝辞

本研究の実験の一部を担当した長谷川航平氏に感謝の意を表す。なお、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. Koenig: "Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception," *Experimental Brain Research*, Vol. 16, 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", 信学技報, 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", 信学技報, MVE, Vol. 115, No. 495, pp. 223 - 228, 2016.
- [7] 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)", コロナ社, p. 172, 2009.
- [8] 瀬川かおり, 氏家弘裕, 岡嶋克典, 斎田真也: "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.
- [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.