

直線運動と回転運動が共存する場合の回転ベクション効果の分析

古賀宥摩^{†1} 新井啓介^{†1} 三浦勇樹^{†1} 小西晃広^{†2}
橋口哲志^{†1} 木村朝子^{†1} 柴田史久^{†1} 田村秀行^{†3}

概要：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。移動方向の違いから、直線運動感覚 (Linear Vection; LV) と回転運動感覚 (Circular Vection; CV) の2つに分けられる。ベクションの研究は、LV と CV 各々を対象に分析したものがほとんどであり、LV と CV が組み合わさった場合についての検討は少ない。そこで、我々は、LV と CV が共存した場合に双方が与える影響に着目し、その第1段階として、直線運動の進行速度が CV 強度に与える影響について実験を行った。その結果、進行速度が遅くなるほど CV 強度が増加する傾向が見られ、LV 強度が減少するほど CV 強度が増加することを示唆した。

キーワード：視覚誘導性自己運動感覚、直線ベクション、回転ベクション、広視野ディスプレイ

1. はじめに

視覚誘導性自己運動感覚 (ベクション) とは、実際には動いていないにもかかわらず、一様に運動する視覚刺激を観察することによって運動感覚が引き起こされる現象である[1]。例えば、止まっている電車の中で、向かい側の電車が動き出した際に、あたかも自分の乗っている電車が動き出したかのように感じることもある。つまり、ベクションとは一定方向に移動する視覚刺激を観察することによって引き起こ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感覚を知覚する。具体的には、観察者に対して後退方向に流れるような視覚刺激を観察することで、観察者は前進しているような感覚を知覚する。また、このような直線的な運動感覚だけでなく、観察する視覚刺激によって、回転しているような運動感覚を知覚することもできる。例えば、観察者の正面方向を軸として回転する視覚刺激を観察することで、その回転とは逆方向に回転しているような感覚が知覚される。このように、知覚される移動方向の種類の違いから、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2つに分けられる[1]。

ベクションを利用することで、実際の移動や運動を伴わずに視覚刺激を観察するだけで直線方向と回転方向の運動感覚を表現・再現可能である。また、引き起こされる運動感覚の強さは、仮想現実 (Virtual Reality; VR) のコンテンツにおける没入感の指標としても着目されている[2]。つまり、ベクションの発生傾向の分析やメカニズムの解明は、VR 空間における表現力や没入感の向上に繋がる。

ベクションに関する研究はこれまでに多く行われてきたが、LV・CV を独立に分析したものがほとんどであった。一方、LV と CV が組み合わさった場合についての検討は少なく、議論の余地が残る。そこで、我々は視覚刺激として、直線運動と回転運動が共存するものを利用し、LV と CV の両方を感じ得る場合に、人がそれぞれのベクションをどのように知覚するのか、そしてどのように影響し合うのかを確認する。その第1段階として、本稿では CV 強度に着目し、分析を行う。

ベクションの先行研究において、CV に着目したものは多い。例えば、Brandt ら[3]は視覚刺激の回転速度が速くなるほど CV 強度が増加することを示しており、回転速度が速くなるにつれて CV 強度の増加量が減少することを示している。他にも、ベクションと視野について検討した研究としては、視覚刺激の提示面積に着目した研究[4]や提示領域に着目した研究[5]がある。これらの研究では、いずれも「周辺視領域が広いほどベクション強度が向上すること」を示しており、ベクションを知覚するうえで周辺視領域が重要であることを示している。したがって、ベクションを検討するにあたり、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言える。そこで、本研究では広視野ディスプレイシステムを導入し、視野全域に視覚刺激を提示した場合における CV 強度について検討する。

2. 実験環境

2.1 広視野ディスプレイシステム

本研究において、被験者の視野領域の全域に視覚刺激を提示すべく、我々は広視野ディスプレイシステムを構築した。広視野ディスプレイシステムのスクリーンとして、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。また、3 台のプロジェクタ (パナソニック株式会社 PT-DW6300LK) を小型ドームの壁面の高さ 2.15m に設置した。3 台のプロジェクタがそれぞれ 120 度ずつ小型ドームの壁面に映像を投

^{†1} 立命館大学 情報理工学部
College of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University

^{†2} 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

^{†3} 立命館大学 総合科学技術研究機構
Research Organization of Science and Technology,
Ritsumeikan University

影することで、天井を含む被験者の周り 360 度への映像提示を実現している。構築した広視野ディスプレイシステムのイメージ図を図 1 に示す。

ただし、我々が構築した広視野ディスプレイシステムでは、映像の投影に前面投影方式を採用し、全天周に映像を提示している。そのため、プロジェクタから放射された光が被験者の目に差し込むことによって、被験者が眩しく感じる可能性が考えられる。そこで、玉置ら[6]の手法に倣い、実験を行う際はプロジェクタの座標系における被験者の頭部に黒色を投影することによって対処した。黒色を投影することで被験者の顔の部分に光が放射されないため、被験者が実験中にプロジェクタの光を眩しく感じる事がなくなる。また、実験を行う際は被験者の影が映り込まないよう被験者の位置に配慮した。

2.2 視覚刺激

視覚刺激の生成方法は先行研究[7]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 空間に設置する。この VR 空間内の被験者の観察位置における観察映像を 3 方向（水平方向に 120 度ずつ）の映像に分割し、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への全天周への視覚刺激提示を実現できる。また、円筒形の CG オブジェクトを平行移動させることで直線運動の視覚刺激を表現でき、円筒を回転させることで回転運動の視覚刺激を表現することができる。本稿では、視覚刺激の直線の移動方向は被験者に対して後退方向とした。また、回転方向は直線の移動方向に対して時計回り（Roll 回転）とした。

円筒形の CG オブジェクトの直径は、先行研究[7]に倣い、6.0m とした。また、被験者が視覚刺激の直線運動と回転運動の双方を認識することができ、LV と CV が知覚できるテクスチャとしてランダムドットを採用した。このランダムドットは、黒色の一様背景に白色の円形ドットで構成される。本実験では、白色が占める密度が 20%となるよう設定した。また、ドットの大きさ（直径）は視角角に換算して（以降、視角）2 度とした。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（被験者の目線の高さ）とし、同一箇所視線方向を固定するために赤色の注視点を設けた。生成した視覚刺激の例を図 2 に示す。

2.3 評価方法

知覚するベクションの強度を評価する方法として、本稿では Scheffé の一対比較法（浦の変法）を採用する。被験者には視覚刺激を 2 つ観察させ、どちらがより強いベクションを知覚したか、すなわち、どちらの視覚刺激の方がより強い移動感を得られたかを 5 段階で回答させる（表 1）。この方法であれば、簡便に心理尺度（間隔尺度）を構成することができ、順序効果（視覚刺激の提示順による影響）を排除することができる。

Scheffé の一対比較法によって算出される尺度値は、その

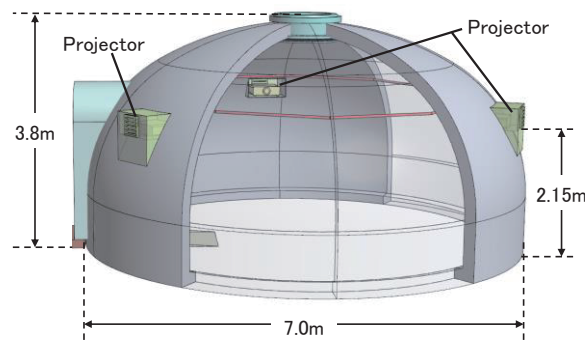


図 1 広視野ディスプレイシステムの外寸とプロジェクタの位置

Fig. 1 Immersive display system we constructed

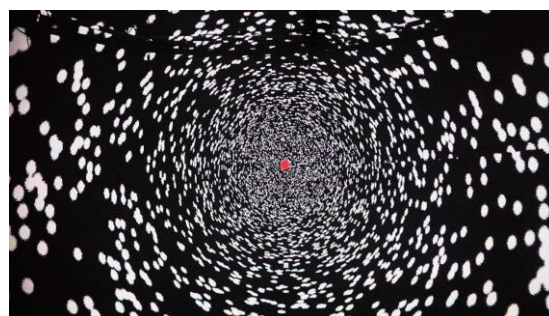


図 2 小型ドームの壁面に投影した視覚刺激

Fig. 2 Visual stimuli projected onto dome of wall

表 1 回答させる 5 段階の評価値

Table 1 Evaluation value of 5 stages

5 段階の評価値	数値に対応する評価
-2	明らかに前者が強い
-1	少し前者が強い
0	同じくらいの強さ
1	少し後者が強い
2	明らかに後者が強い

差が心理的な差に相当する。すなわち、数直線上にプロットされた間隔を観察することで、刺激によって引き起こされる知覚量の心理的な差を分析できる。

本研究では、直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を観察した際に発生するベクションに着目し、それを分析する。ベクションの強度を比較するためには、視覚刺激の提示毎に被験者が十分にベクションの強度を把握する必要がある。そこで、視覚刺激の提示は被験者が十分にその強度を把握したと報告するまで行った。

また、被験者が LV・CV それぞれの強度を把握できるように直線運動と回転運動を段階的に提示した。具体的には、LV について検討する予備実験（3 章）では、被験者が CV を知覚するまで回転する視覚刺激を観察させ、その後に直線運動を加えた。同様に、CV について検討する本実験（4・5 章）では、被験者が LV を知覚するまで直進する視覚刺激を観察させ、その後に回転運動を加えた。

3. 予備実験：直線運動の進行速度が LV 強度に与える影響の分析

3.1 実験目的

ベクシヨンの強度は様々な要因によって増減することが知られている。中でも、視覚刺激における移動方向・移動速度の影響は強い。例えば、回転方向の移動速度に着目した検討として、Brandt ら[3]は視覚刺激の回転速度（角速度）が速くなるほど CV 強度が増加することを示している。また、直進方向の移動速度に着目した検討として、島村ら[8]は視覚刺激の進行速度が速くなるほど得られる速度感が向上することを示している。

これらのように、視覚刺激における移動速度は、移動方向を問わずベクシヨンの強度に影響を与えていると考えられる。ここで、視覚刺激における移動速度を直進成分と回転成分に分解すると、LV では進行速度が、CV では角速度がそれぞれに影響を与えると考えられる。

そこで、予備実験では、LV と CV の両方を知覚する環境においても、進行速度が LV 強度に影響を与えるかを検証するべく、進行速度に着目し実験を行う。

まず、我々が構築した広視野ディスプレイシステムにおいて、直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を観察した場合に、進行速度が変化することで LV 強度にどのような影響を与えるのかを確認する。

3.2 実験条件

視覚刺激提示面に被験者自身の影が映り込むことを避けるため、被験者の位置は壁面から 0.55m とした（図 3）。また、被験者の姿勢は直立姿勢とした。

視覚刺激の進行速度は 4.0m/s, 8.0m/s, 12m/s の 3 段階とした。また、角速度は、これらの進行速度で直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を観察した際に、多くの被験者が LV と CV を同時に知覚できた 10deg/s とした。つまり、実験に使用する視覚刺激の提示パターンは、角速度 1 段階（10deg/s）と、進行速度 3 段階（4.0m/s, 8.0m/s, 12m/s）の総当たりとなる $1 \times 3 = 3$ パターンである（表 2）。

被験者は 12 名（成人男性 10 名、成人女性 2 名）である。

3.3 実験手順

実験は 2.3 節で述べた通り、Scheffé の一対比較法に基づいて行う。実験は順序効果を考慮し、提示順を入れ替えた試行も別試行として換算する。すなわち、被験者 1 人あたりの試行回数は提示パターン 3 通りの総当りの 2 倍となる $3C_2 \times 2 = 6$ 試行である。なお、被験者が LV 強度を比較できるように事前に十分な練習を行った。

具体的な実験手順は以下の通りである。

- (1) 表 2 の提示パターンから 2 つをランダムに選出する
- (2) 1 つ目の視覚刺激を提示する
- (3) 2 つ目の視覚刺激を提示する
- (4) 1 つ目と 2 つ目を比較させ、どちらがより強い移動感

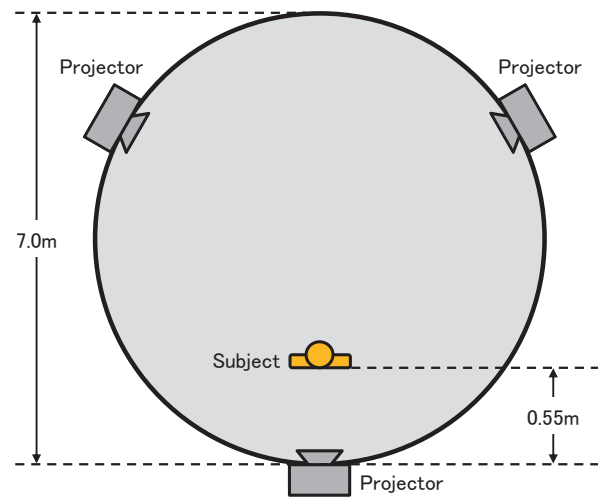


図 3 被験者の観察位置

Fig. 3 Observation position of subject

表 2 予備実験における視覚刺激の移動速度

Table 2 Velocity of visual stimuli in preliminary experiment

角速度	進行速度
10deg/s	4.0m/s
	8.0m/s
	12m/s

覚を得られたか 5 段階で回答させる

- (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、4 試行毎に 3 分以上の休憩を設けた。

ただし、手順(4)で被験者がやり直しを希望した場合、1 分間の休憩を挟み、その試行についてやり直した。

3.4 実験結果

実験結果を図 4 に示す。数直線は LV 強度に対する心理尺度を表しており、数値が大きくなるほど、被験者が強い移動感覚を得たことを示す。

図より、進行速度が速くなるほど LV 強度が増加することがわかる。分散分析の結果、それぞれの視覚刺激の条件間で LV 強度に有意差が認められた ($p < .01$)。また、post-hoc な検定として、多重比較を行ったところ、全ての条件間において有意水準 1% で有意差が認められた (Scheffé 法)。

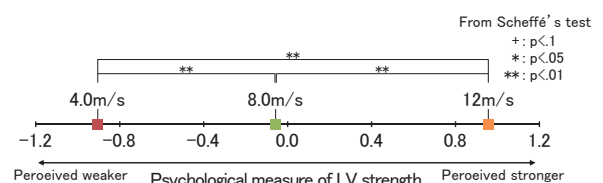


図 4 予備実験結果：進行速度が LV 強度に与える影響

Fig. 4 Relationship between LV strength and linear velocity of visual stimuli

全ての条件間で有意差が確認できることから、被験者は、進行速度による LV 強度の差を明確に知覚していると言える。つまり、直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を観察した際に得られる LV において、進行速度が LV 強度に影響を与えることを示した。

4. 実験 1：直線運動の進行速度が CV 強度に与える影響の分析

4.1 実験目的

予備実験で、LV と CV を同時に感じている環境において、進行速度が速くなるにつれて LV 強度が増加することを確認した。実験 1 では、予備実験と同様の視覚刺激を観察した際の CV に着目し、進行速度と CV 強度の関係について分析を行う。

4.2 実験条件

予備実験と同様に、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広視野ディスプレイシステムの壁面から 0.55m とし、直立姿勢を指示した (図 3)。

本実験では、回転運動のみの視覚刺激を観察した際に得られる CV 強度と直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を観察した際に得られる CV 強度についても考察するため、0.0m/s を進行速度の条件に加えた。すなわち、本実験で用いる視覚刺激の進行速度は 0.0m/s, 4.0m/s, 8.0m/s, 12m/s の 4 段階とした。よって、実験に使用する視覚刺激の提示パターンは、角速度 1 段階 (10deg/s) と、進行速度 4 段階 (0.0m/s, 4.0m/s, 8.0m/s, 12m/s) の総当たりである $1 \times 4 = 4$ パターンである (表 3)。

被験者は、予備実験と同じ 12 名 (成人男性 10 名, 成人女性 2 名) である。

4.3 実験手順

実験は、2.3 節で述べた Scheffé の一対比較法に基づいて行う。予備実験と同様に、被験者 1 人あたりの試行回数は、提示パターン (表 3) の総当たりの倍である $4C_2 \times 2 = 12$ 試行である。なお、被験者が CV 強度を比較できるよう事前に十分な練習を行った。

具体的な実験手順は以下の通りである。

- (1) 表 3 の提示パターンから 2 つをランダムに選出する
- (2) 1 つ目の視覚刺激を提示する
- (3) 2 つ目の視覚刺激を提示する
- (4) 1 つ目と 2 つ目を比較させ、どちらがより強い回転感

表 3 実験 1 における視覚刺激の移動速度

Table 3 Velocity of visual stimuli in Experiment 1

角速度	進行速度
10deg/s	0.0m/s (直線運動なし)
	4.0m/s
	8.0m/s
	12m/s

- 覚を得られたか 5 段階で回答させる
- (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、4 試行毎に 3 分以上の休憩を設けた。

ただし、予備実験と同様に、手順(4)で被験者がやり直しを希望した場合、1 分間の休憩を挟み、その試行をやり直した。

4.4 実験結果と考察

実験結果を図 5 に示す。数直線は CV 強度に対する心理尺度を表しており、数値が大きくなるほど、被験者は強い回転感覚を得たことを示す。

分散分析によりそれぞれの視覚刺激の条件間で CV 強度に有意差が認められた ($p < .01$)。また、post-hoc な検定として、多重比較を行ったところ、進行速度 8.0m/s と 12m/s の間以外の条件間において有意水準 1% で有意差が認められた (Scheffé 法)。

図より、次のことがわかる。

- (i) 得られる CV 強度は進行速度が遅くなるほど増加する
- (ii) 進行速度が遅くなるほど、数直線上にプロットされる間隔が広がる

(i)は、直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を観察した際に、進行速度によって CV 強度が増減することを示している。3.1 節で述べた様に、我々は、進行速度と角速度が LV と CV それぞれ独立に影響すると考えていた。しかしながら、その予想に反し、本実験の結果は、角速度だけでなく、CV 強度が視覚刺激の進行速度にも影響されることを示している。

ここで、(i)の結果と予備実験より確認された「直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を観察した際に得られる LV 強度は進行速度が速くなるほど増加する」という結果を複合的に考えると、視覚刺激の進行速度が遅くなり、知覚される LV 強度が減少するほど CV 強度が増加することを示唆している。言い換えると、LV 強度の増減が CV 強度に影響を与えると考えられ、「同時に知覚される LV と CV のそれぞれの強度が反比例的な関係にあること」を示唆している。また、進行速度が 0.0m/s のとき (直線運動を伴わない視覚刺激) に最も強い CV を知覚しており、それ以外の

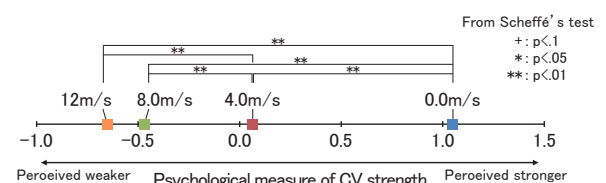


図 5 実験 1 の結果：進行速度が CV 強度に与える影響

Fig. 5 Relationship between CV strength and linear velocity of visual stimuli

表 4 実験 2 における視覚刺激の進行速度と角速度の組み合わせ

Table 4 Combination of linear and angular velocity of visual stimuli in Experiment 2

(a) 角速度 5.0deg/s		(b) 角速度 20deg/s		(c) 角速度 30deg/s	
角速度	進行速度	角速度	進行速度	角速度	進行速度
5.0deg/s	0.0m/s (直線運動なし)	20deg/s	0.0m/s (直線運動なし)	30deg/s	0.0m/s (直線運動なし)
	4.0m/s		4.0m/s		4.0m/s
	8.0m/s		8.0m/s		8.0m/s
	12m/s		12m/s		12m/s

進行速度との間に有意水準 1% で有意差が認められることも、上記の考察を支持する結果と言える。さらに、(ii)の結果は、進行速度が遅くなるほど、CV 強度の差がより明確に知覚されることを示しており、上記仮説と矛盾が無い点は特筆すべきである。

以上をまとめると、実験 1 では視覚刺激の進行速度と CV 強度との関係について分析を行い、進行速度が遅くなるにつれて CV 強度が増加する傾向を確認した。この結果は、LV と CV が同時に知覚された際に、LV, CV のそれぞれの強度が反比例的な関係にあることを示唆するものであった。

5. 実験 2:異なる角速度における進行速度が CV 強度に与える影響の分析

5.1 実験目的

実験 1 では、視覚刺激の進行速度が遅くなるほど得られる CV 強度が増加する傾向を確認した。また、この結果は、予備実験の結果と合わせて考えると、直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を観察した際に、得られる LV 及び CV の強度がそれぞれ反比例的な関係にあることを示唆するものであった。ただし、実験 1 で検討した角速度は 10deg/s の 1 段階のみであり、他の角速度については検討の余地が残る。

そこで、実験 2 では、他の角速度について実験 1 と同様の検討を行い、それぞれの角速度の条件において視覚刺激の進行速度の増減が CV 強度にどのような影響を与えるかを確認する。

5.2 実験条件・手順

実験条件(被験者の位置および視覚刺激の進行速度)は、実験 1 と同様である。ただし、視覚刺激の角速度は新たに 5.0deg/s, 20deg/s, 30deg/s の 3 つを設定した。

本実験では異なる角速度間での比較は行わず、3 つそれぞれの角速度ごとに 4 段階の進行速度 (0.0m/s, 4.0m/s, 8.0m/s, 12m/s) で検討を行うため、実験パターンは表 4 (a), (b), (c) に示す通りである。また、被験者は実験 1 と同じ 12 名(成人男性 10 名, 成人女性 2 名)である。

なお、被験者の負担を考慮し、本実験は実験 1 と別の日程で行った。さらに、試行を連続して実施することによる影響を排除するべく、角速度の条件毎(表 4 (a), (b), (c))に、日を改めて実施した。したがって、実験 2 は被験者 1 人あ

たり 3 日間にわたって実施した。

実験手順は実験 1 と同様である。

5.3 実験結果と考察

視覚刺激の角速度ごとの実験結果を図 6 (a), (b), (c) に示す。それぞれに分散分析を適用し、いずれの角速度においても、進行速度の条件下で CV 強度に有意差が認められた ($p < .01$)。そこで、それぞれに post-hoc な検定として多重比較を行い、確認された有意差については図中に記載した (Scheffé 法)。

図より、次のことがわかる。

- (i) いずれの角速度においても、得られる CV 強度は進行速度が遅くなるほど増加する
- (ii) いずれの角速度においても、進行速度が遅くなるほど数直線上にプロットされる間隔が広がる
- (iii) 角速度が遅くなるにつれ、有意差を確認できる視覚刺激の組が増加する

(i)(ii)の結果は、角速度 10deg/s で議論した実験 1 と同様

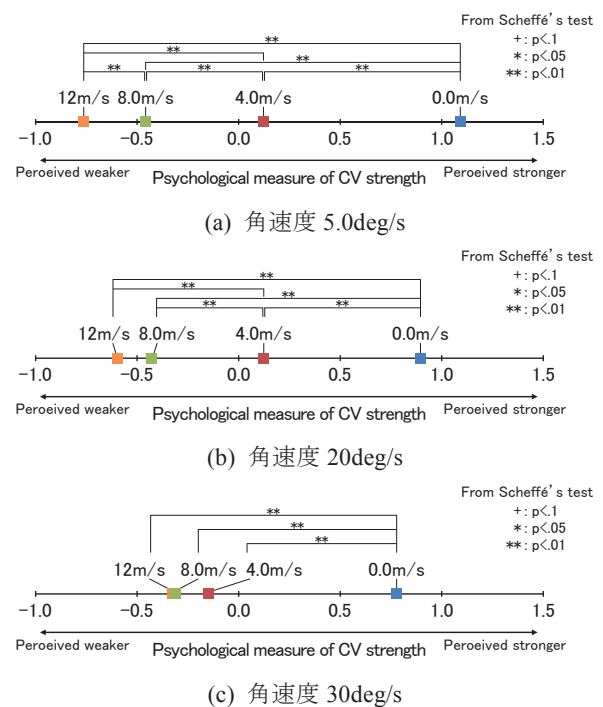


図 6 実験 2 の結果：それぞれの角速度の条件下で進行速度が CV 強度に与える影響

Fig. 6 Relationship between CV strength and linear/angular velocity of visual stimuli

の傾向で、今回利用した 3 つの角速度 (5.0deg/s, 20deg/s, 30deg/s) においても、進行速度が CV 強度に影響を与えていることがわかる。すなわち、角速度に関わらず、視覚刺激の進行速度が減少し、LV 強度が減少するにつれて、CV 強度が増加すること (LV 強度と CV 強度が反比例的に変化すること) を示唆する結果となった。

(iii)は、角速度が遅くなるにつれて、進行速度の違いによる CV 強度の差をより明確に知覚しやすくなることを示している。ここで、視覚刺激の進行速度が 12m/s と 8.0m/s の組に着目すると、角速度が 20deg/s の場合 (図 6 (b)) では有意差が確認できないが、それよりも遅い角速度である 5.0deg/s の場合 (図 6 (a)) は有意差が確認できる (有意水準 1%)。つまり、視覚刺激の角速度が「進行速度の減少量に対する CV 強度の増加量」に影響を与えている、言い換えると、角速度が遅くなるにつれて、進行速度が CV 強度に与える影響が大きくなると言える。したがって、(iii)の結果と予備実験の結果を合わせると、「角速度が遅くなるほど、CV 強度が LV 強度に影響されやすくなる」ことを示唆している。

以上の結果と考察をまとめると、本実験では、実験 1 で確認した「進行速度が CV 強度に影響を与えること」が角速度に依存しないことを確認した。さらに、角速度が遅くなるにつれて、進行速度による CV 強度の影響を知覚しやすくなることを示した。これは視覚刺激の回転運動、直線運動の双方が CV 強度に影響を与えていることを示しており、その影響は「角速度が遅くなるほど、CV 強度が LV 強度に影響されやすくなる」ことを示唆するものであった。

6. むすび

今までのベクションの研究では、LV と CV をそれぞれ独立に検討したものが多く、それらを組み合わせて分析したものは少なかった。そこで、我々は LV と CV の両方が同時に知覚される場合に、双方がどのように影響し合うのかに着目した。LV と CV を同時に知覚できるように、直線運動と回転運動が共存する視覚刺激を利用し、本稿では特に CV の強度に着目して検討を行った。

予備実験では、視覚刺激の進行速度 (直線運動の速度) が速くなるほど LV 強度が増加することを確認した。つまり、LV と CV を同時に知覚している場合においても、視覚刺激の速度によって LV の強度が変化することを確認した。

実験 1 では、視覚刺激の進行速度が速くなるほど CV 強度が減少することを確認した。つまり、視覚刺激の進行速度が CV 強度に影響を与えることを確認した。この結果と予備実験の結果を合わせると、「LV と CV が同時に知覚している場合に、LV 強度が増加するほど CV 強度が減少する」ことを示唆しており、その変化は反比例的であると考えられる。

実験 2 では、実験 1 とは異なる角速度条件を利用し、それぞれの条件において「視覚刺激の進行速度と CV 強度が

反比例的に変化する」という実験 1 と同様の傾向が得られることを確認した。つまり、今回利用した実験条件の範囲では、この傾向は視覚刺激の角速度に関わらず発生することを示唆した。また、視覚刺激の角速度が遅いほど、進行速度による CV 強度の影響を知覚しやすくなることを確認した。これは、視覚刺激の角速度が遅い条件では、実験 1 で示唆した傾向 (LV 強度と CV 強度が反比例的に変化) が、より顕著に現れることを示している。

なお、本稿では、LV と CV が同時に知覚された場合における CV 強度に着目して分析を行ったが、同様に LV 強度に対する検討も考えられる。そこで、今後は LV 強度に着目し、それについて分析する予定である。

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。

参考文献

- [1] M. H. Fischer and A. E. Kornmüller: "Optokinetisch ausgelöste bewegungswahrnehmung und optokinetischer nystagmus," *Journal für Psychologie und Neurologie*, Vol. 41, pp. 273 - 308, 1930.
- [2] 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", 電子情報通信学会技術研究報告, MVE, Vol. 103, No. 107, pp. 63 - 68, 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, No. 5, pp. 476 - 491, 1973.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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", 情報処理学会研究報告, CVIM 研究会報告 2008, No. 36, pp. 43 - 46, 2008.
- [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", 電子情報通信学会技術研究報告, MVE, Vol. 115, No. 495, pp. 223 - 228, 2016.
- [8] 島村達也, 北島律之: "仮想経路での移動における時空間の評価", 電子情報通信学会技術研究報告, HIP, Vol. 103, No. 107, pp. 57 - 60, 2007.