

自己誘導運動による体感風速と体感温度への影響 Effect ofvection on sensory wind speed and sensory temperature

阿部慶賀
Keiga Abe

岐阜聖徳学園大学
Gifu Shotoku Gakuen University
keiga.abe@gmail.com

Abstract

In this paper, we examined whether feeling of self-motion that is induced by visual stimuli ('vection') affect our subjective sensory wind speed and sensory temperature. We hypothesized thatvection biases participants' sensory wind speed. Furthermore, it was hypothesized that the biased sensory wind speed makes participants overestimate sensory temperature. To examine the hypothesis, we conducted a psychological experiment. The result showed thatvection biases participants' sensory wind speed and sensory temperature. Especially, when wind speed was fast,vection whose speed was faster than wind speed lowered participants' sensory temperature. On the other hand,vection whose speed was slower than wind speed increased participants' sensory temperature.

Keywords — 自己誘導運動（ベクション）, 温感, 体感風速

1. 背景

1.1 ベクションとその要因・他の認知処理への影響

視野の広域に一樣な運動視覚刺激を提示されると、刺激の運動方向とは逆の方向への身体移動感覚（自己誘導運動：ベクション）が生じる。例えば、駅で停車した電車に乗車中、隣の車両が発車するのを窓から覗くと、自分が乗車している車両の方が動いているように感じてしまうといったことを経験した人はいるだろう。これも日常にみるベクションの一例である。ベクションの惹起、およびその効果に関与する要因にはさまざまなものが報告されており、視覚刺激のみならず他の感覚入力や感情、意味処理まで、広範囲の刺激が同時入力されることでベクションの効果が左右される。

例えば、ベクション映像内の動く模様の色は赤より緑のほうが効果が強いとされている（Seno, Sunaga, Ito, 2010）。それだけでなく、ベクション

映像が風景である場合、風景であるという意味処理が困難な場合だとベクション効果が抑制される（Riecke, Vastfjall, Larsson & Shulte-Pelkum, 2005）。一方、ベクション映像が葉っぱや羽毛のような落下物を用いたものである場合には逆に意味処理によってベクションが抑制される（Ogawa & Seno, 2014）。これらの研究からは、視覚刺激に付与される意味によってベクション効果が促進または抑制される場合があることを示している。また、Seno, Abe & Kiyokawa(2015)では、重さ刺激を受けた状態でベクション映像を視聴した場合に、抑制効果が生じることが報告されている。

一方、Seno, Ogawa, Ito & Sunaga(2011)では、ベクション映像視聴時に顔に風を当てることでベクション強度が強まることが報告されている。また、平泳ぎのような腕の動作と連動してベクション映像を提示することで、より強い移動感を与えるといった知見もある（Seno, Funatsu & Palmisano, 2013）。

前節では同時提示された刺激がベクション効果を促進・抑制する知見を紹介したが、その逆にベクションが知覚や思考に作用する知見もある。例えば、ベクション映像を提示することで移動時間がより短く感じられる（Seno, Ito & Sunaga, 2011）。また、上昇方向のベクション映像を見せることで、気分の高揚とポジティブ語の連想が促進されること（Seno, Kawabe, Ito & Sunaga, 2013）や、数字の自由連想時に後退方向の（風景や模様が中央へ収束する）ベクション映像を提示することでより大きな数値の連想が促される（Seno, Taya, Ito & Sunaga, 2011）などの効果も示されている。

1.2 研究目的と仮説

ここまでに述べた知見からは、ベクションが他のさまざまな感覚入力や認知的処理からの影響を受けるだけでなく、他の認知的処理がベクションによって影響を受けるという双方向的な関係にあることが示されている。本研究では、その中でも



図 1 オービィ横浜常設展示「マウントケニア」(オービィ横浜 website より転載 URL:<http://orbiearth.jp/jp/exhibition/>)

風刺激とベクション、および体感温度の三項の関係について扱う。先行研究では、風刺激を同時提示することでベクション効果が強まったという知見が挙げられている。これに関し、逆にベクションによって体感風速が変化するか否かは検討されていない。

環境工学分野では、風によって体感温度が変化することも知られており、概算では風速が1メートル速くなると体感温度は1℃低下するとされている。エンターテインメントの分野では、こうした風による体感温度の低下を利用して、擬似的に極寒の環境を安全に体験させるといった試みも行われている。例えばオービィ横浜での常設展示の1つである「マウントケニア」(図1)では、室温0℃の部屋で風速15m/秒の風を提示することで擬似的にマイナス15℃の極寒環境を体感できる。ベクション映像によって体感温度をより低く錯覚させることができれば、こうした場面においても安全に低温環境の疑似体験を提供することも可能になる。また、視覚によって温度情報にバイアスがかかるとすれば、冬山登山などでは自身の体温の誤認を招き安全性を脅かすものにもなりうる。こうした観点からもベクションなどの視覚情報と体感温度の相互の関係を検討することが必要となる。

本研究ではまず、ベクションと他の感覚との双方向的な影響が風速の認知にも生じると仮定し、「体感風速はベクション刺激によって促進、抑制される」という仮説1を立て、次節にて実験による検討を行う。また、先行研究では風刺激によって体感温度が低下することが示されていることから、仮説1を前提として「ベクションによって体感風速が速いと感じられた場合には体感温度も低下する」という仮説2もあわせて検討する。

2. 実験

2.1 方法

2.1.1 協力者

視覚の健常な大学生13名(男性7名、女性6名、平均年齢20歳)が実験に参加した。風刺激を提示される上半身の着衣枚数は下着を除き平均1.84枚、全員下腕部を露出した半袖の衣類を着ていた。下半身の衣類については、2名が7分丈、11名が裾の長いズボンを着用していた。

2.1.2 題材・実験環境

実験は6月中旬から7月上旬の約3週間にわたって行われ、この期間の平均室温は23.4℃、平均湿度は52.3%であった。実験室は3m×2mの防音室となっており、窓等の外部からの光は遮断した。協力者は背もたれのない椅子に座り、足を椅子にかけないように教示した。また、足が床につかないよう座面高は68cmのものを用いた。これは、足を不安定にすることによって移動感を促進する目的での操作であった。

視覚刺激の提示には、ソニー製ヘッドマウントディスプレイ(HMZ-T2)を用いた。ベクション映像は、黒地の背景に緑色のドットが中央から周辺へと拡散するように設定した前進の移動感を誘導する映像を用い、ドットの移動スピードは高速と低速の2段階を設定した。低速ではドットが画面中心から画面周辺へ移動し消失するまで3秒、高速では1秒かかるよう設定した。

風刺激の提示はシー・ネット社製扇風機(CFML101)を用いた。扇風機は協力者の1m手前に配置し、協力者の胸から顔にかけて風が当たるよう高さを調整した。協力者の位置する1m手前での風の強さについては、強風(2.7m/秒)、弱風(1.7m/秒)の2段階を設定した。

2.1.3 手順

まず試行前の確認として実験開始前に協力者の年齢、性別、視力、視力矯正の有無、当日の服装を確認し、実験開始前の疲労度を10段階(1:疲労感なし～10:疲労感が強い)で尋ねた。なお疲労感が7を超える被験者は居なかった。続いて、実験開始前の実験室の体感温度の回答するよう課した。回答後には当時の実際の室温を教示した。

続いて事前質問として、風刺激を提示せずベクション映像のみを提示した場合の「移動している感じ」(101件法)と体感温度を回答するよう課し

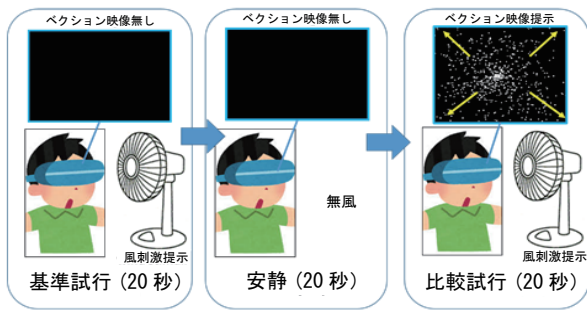


図2 事後質問の試行手順

た。映像は低速と高速の2種類を設け、それぞれについて移動している感じと体感温度を回答させた。これを1セッションとして3回回答を求め、3回の中央値を分析に用いた。

事後質問では以下に述べる基準試行と比較試行を行った(図2参照)。先に基準試行としてベクシオン映像無しで弱風、あるいは強風の風刺激のみを20秒間提示し、その直後に体感温度を尋ねた後、20秒間の安静時間をとった。その直後に比較試行として、高速、あるいは低速のベクシオン映像を提示しながら同じ強さの風を20秒提示し、その直後に体感風速と体感温度、移動している感じの強さを尋ねた。体感風速は日常で推測する機会が乏しいため、基準試行での風の強さを基準値1とした場合の強さを数値で回答するよう課した。移動している感じの強さは101件法での回答を求めた。これを1セッションとして3回の刺激提示と回答を行い、3回の中央値を分析に用いた。この実験は風の強さの要因(3水準: 無風・弱風・強風)とベクシオン速さの要因(2水準: 低速・高速)からなる被験者内要因計画として実施した。

2.2 結果

まず、協力者の温度感覚を確認するため、無風、映像刺激無しの条件下での体感気温と室温の差を検討した。その結果、平均 -0.52°C ($SD = 2.39$)となり、基準となる差異0との間にも有意な差は認められなかった。このことから、今回の協力者は全体として温感に過度な偏りがないものとみなした。

続いて、風提示によるベクシオン強度の変化について、図3に示した。風の強さ(無風・弱風・強風)とベクシオン速度(低速・高速)の2要因の分散分析を行ったところ、ベクシオン速度の要因の主効果 ($F(1, 12) = 51.493, p = 0.010, \text{偏}\eta^2 =$) と交互作用 ($F(1, 24) = 7.289, p < 0.05$) が有意であった。単純主効果検定では、低速ベクシオン提示時には風速による有意差は見られなかった ($F(2, 48) = 0.273, p =$

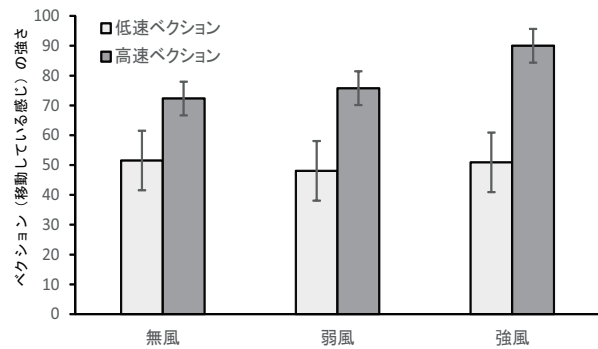


図3 風刺激によるベクシオン強度の変化

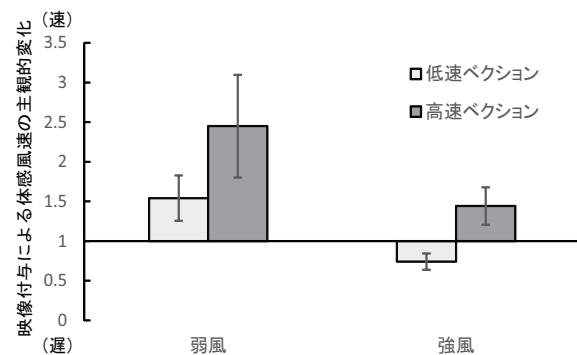


図4 ベクシオン提示による体感風速の変化

0.729, 偏 $\eta^2 = 0.22$) が、高速ベクシオン提示時には風速による有意差が見られた ($F(2, 48) = 7.032, p = 0.004, \text{偏}\eta^2 = 0.369$)。強風提示時は弱風提示時に対してベクシオン強度が高く ($t(12) = -2.475, p = 0.029, d = 0.667$)、また無風時に対してもベクシオン強度が高いという結果になった ($t(12) = -2.368, p = 0.036, d = 0.693$)。

ベクシオン提示による体感風速の変化について図4に示した。弱風提示時、強風提示時それぞれについて、ベクシオン映像を提示していない風刺激のみの場合での体感風速を基準値1とし、ベクシオン付与時の体感風速の変化を比較した。Wilcoxon符号順位検定の結果、弱風提示時は低速・高速どちらのベクシオン映像を提示した場合も有意に体感風速が向上した(低速時 $p = 0.035$, 高速時 $p = 0.005$)。また、強風提示時は低速ベクシオン映像を提示した際に有意に体感風速が低下し ($p = 0.028$)、高速ベクシオン映像提示時に有意に体感風速が向上した ($p = 0.018$)。

ベクシオン提示による体感温度変化について図5に示した。まず、各条件での体感温度について基準である0との差があるかどうかを検討した。基準を0とした一標本でのt検定を行った結果、強風提示時に低速ベクシオンを提示された場合には有

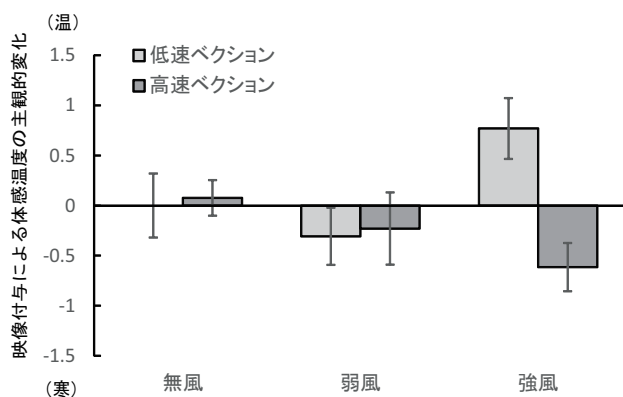


図5 ベクション提示による体感温度の変化

意に体感温度が上昇し ($t(12) = 2.540, p = 0.026$)、高速ベクションを提示された場合には有意に体感温度が低下した ($t(12) = -2.540, p = 0.025$)。

各条件間での違いを比較するにあたり、風の強さ(無風・弱風・強風)とベクション速度(低速・高速)の2要因の分散分析を行ったところ、有意な交互作用が見られた ($F(2, 24) = 9.197, p = 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.434$)。単純主効果検定では、強風が提示された条件下で高速ベクション提示時が低速ベクション提示時に比べて体感温度が低くなるという結果が示された ($t(12) = 3.343, p = 0.006, d = 1.140$)。弱風提示時 ($t(12) = -0.186, p = 0.856, d = -0.063$)、および無風時 ($t(12) = -0.186, p = 0.856, d = -0.063$) においてベクション速度に伴う体感温度の違いは見られなかった。

2.3 考察

まず、風提示によるベクション強度の変化については、高速ベクション提示時には先行研究と同様に風速の向上に伴うベクション強度の向上がみられた。低速ベクション提示時では風速による影響が見られなかったが、これは低速ベクションの速度が遅いために、風刺激によるベクション強度の過大評価が生じて、有意な違いとして表れにくかったためだと考えられる。

一方、ベクション提示による体感風速の変化については、弱風下では高速・低速どちらのベクション映像を見ても体感風速が向上した。これは提示された弱風が高速・低速の両方のベクション映像に比してなお動きが遅かったため、どちらの場合もベクション映像に誘導されて風速を過大評価したものと考えられる。これに対し、強風下では低速ベクションを提示した場合に体感風速が低下し、高速ベクションを提示した場合には体感風速が向

上した。強風とともに低速ベクションを提示した場合には、風速がベクションに誘導されて過小評価され、高速ベクションを提示した場合にはベクションに誘導されて過大評価が起きたものとみられる。これらの結果は、「体感風速はベクション刺激によって促進、抑制される」という本研究の仮説を支持するものであった。

また、ベクションによる体感風速変化にともない、「ベクションによって体感風速が速いと感じられた場合には体感温度も低下する」という第2の仮説を立てたが、この仮説も一部支持的な結果が得られた。弱風提示時には影響がみられなかったものの、強風提示時に高速ベクション映像を提示すると体感温度が低下した。また、逆に強風提示時に低速ベクション映像を提示すると体感温度が上がるという結果も得られた。弱風提示時では効果が見られなかったのは、提示された風刺激の風速が遅いために、風速が過大評価されても体感温度に影響が及ぶには十分ではなかったと考えられる。一方、強風提示時には、低速ベクション提示時は体感風速が過小評価され、体感風速に応じて体感温度が相対的に増加する方向に補正されたものと考えられる。強風提示かつ高速ベクション提示時の場合は体感風速の増加による補正が生じ、より体感温度が低く評価されたことが示唆される。

3. 結論

本研究ではベクション提示による体感風速と体感温度への影響を検討した。実験結果からは、ベクション映像の速度と風刺激の風速との間での不一致がある場合に、風刺激から受ける体感風速や体感温度がベクション映像に誘導されて補正されることが示された。こうした結果は、風速や温感という不可視的な感覚情報がベクションという視覚情報によって歪められることを示している。本研究ではベクション提示による風速の過大評価、温感の過小評価を予測していたが、実験の結果では風速の過小評価、温感の過大評価という結果も得られた。体感温度の過大評価については本研究の仮説としては挙げていなかったが、視覚情報によって低温を高く見誤るという結果は低温環境下の活動時などでの体温把握など、現実の場面での安全面に対する示唆もあろう。

ただし、今回の検討については、まだ未検討の側面も多い。今回は被験者の安全面や実験実施時期の都合から比較的温暖な状況下での検討となったが、一般に温感は気温が低い状況下ほど敏感になるため、より低い気温や、湿度、気圧の状況下でも再検討を行い、再現性を確かめる必要もある。

また、実験参加者に対して衣服の着用の条件を指定していなかったが、これらも実験前に衣服を用意する等の統制や、clo値（着衣の種類や枚数による断熱、保湿性の指標）の影響を考慮した評価が必要であろう。これらの側面も十分に統制した上で、現象レベルにとどまらず、定量的に体感風速の影響を予測できるモデルの構築が望まれる。

参考文献

- [1] Seno, T., Taya, S., Ito, H. & Sunaga, S. (2011) Mental number line in depth revealed byvection. *Perception*, **40**, 1241-1244.
- [2] Seno, T., Ito, H. & Sunaga, S. (2011) Self-motion perception compresses time experienced in return travel. *Perception*. **40**, 497-499.
- [3] Ogawa, M. & Seno T. (2014). Vection is modulated by the semantic meaning of stimuli and experimental instructions. *Perception*, **63**, 605-615.
- [4] Seno, T., Kawabe T., Ito H. & Sunaga, S. (2013) Vection modulates emotional valence of autobiographical episodic memories *Cognition*, **126**, 115-120.
- [5] Riecke, B. E., Vastfjall, D., Larsson, P., & Schulte-Pelkum, J. (2005). Top-Down and Multi-Modal Influences on Self-Motion Perception in Virtual Reality. *HCI International 2005*, 1-10. Las Vegas, NV.
- [6] Seno, T., Funatsu, F. and Palmisano, S. (2012) Virtual swimming - breaststroke body movements facilitate vection. *Multisensory Research*, **26**, 267-275.
- [7] Seno T., Ogawa M, Ito H. and Sunaga S. (2011) Consistent air flow to the face facilitate vection. *Perception*, **40**, 1237-1240.
- [8] Seno, T., Abe, K. and Kiyokawa, S. (2013) Wearing heavy iron clogs can inhibit vection. *Multisensory Research*, **26**, 569-580.
- [9] Seno T., Sunaga S., Ito H. (2010) Inhibition of vection by red. *Attention, Perception & Psychophysics*, **72**, 1642-1653.