

# 歩行時の有効視野を規定する要因

## What alters the Useful Filed of View (UFOV)'s feature for adaptation to walking?

正田真利恵, 横澤一彦  
Marie Shoda, Kazuhiko Yokosawa

東京大学  
The University of Tokyo  
shoda@L.u-tokyo.ac.jp

### Abstract

People select visual information from outside world for precise control of one's kinematic movement. Previous experiments declare that the kinematic movements alter the selective function of visual information (i.e. visual attention), whether that movements are visually guided or not. Authors showed, in their previous experiments, that walking and stepping in place made the visual attentional window shrink toward lower visual field, by comparing the useful field of view (UFOV) under those kinematic movement conditions against that under the standing condition in the darkened room. This result is explained by leg movements exaggerate the saliency of lower visual field. We explore whether other aspects of kinematic movements moderate this asymmetric pattern of UFOV. As the leg movement's speed increased, the UFOV became narrower from the upper visual field, and finally, it became symmetric. Contrary when the speed was equal with several difficulty levels of stabilization, the shrinkage patterns were constant among conditions. Thereby we newly propose that the basic pattern of visual attentional window is determined by which body parts mainly move, but then that feature is determined, based on the perceived speed of kinematic movements.

**Keywords** — Useful field of view (UFOV), Stepping in Place, Kinematic Movement, Walking

### 1. はじめに

視覚的注意という機能が備わっているため、人間は外界から必要な情報のみを取得することが可能であり、結果として、雑多な環境の中であっても、適応的に行動できる。運動選手を対象とした一連の研究から、個々人が行う身体運動の特性に基づき、視覚的注意がチューンナップされる可能性が示唆されている。たとえば運動選手の視覚的注意の時空間特性は、素人のそれとは異なり、専門とする運動に特化している (Lum, Enns, & Pratt, 2002)。加えて熟達していく中で、視覚的

注意は、特定の運動に適応するように、徐々にその性質を変性していく (Nougier, Azemar, Stein, & Ripoll, 1992)。それゆえ視覚的注意は、運動の獲得および遂行と、密接に関係していると考えられてきた。ただし上記の特性は、自身の運動と外界の変化との関係を長期間に渡って学習した運動選手に当てはまることであり、一般健常成人が運動を行う際にも同様に、視覚的注意の時空間特性が、運動に適応するように変化するかについては明らかではない。

視覚的に定義された運動目的地への到達運動を用いて、一般健常成人においても、視覚的注意が運動に適応するように変性するかが検証されるようになってきた。Tipper, Lortie, & Baylis (1992) は、視覚的に定義された標的に対して、一般健常成人が上肢の到達運動を試みる際に、運動開始位置を中心に、視覚的注意が異方的に広がることを明らかにした。このような視覚的注意の変化は、運動を行う身体部位によらず、到達運動を行う際には観察された (t'Hart & Einhäuser, 2012)。一連の研究成果は、方向性のある運動命令が、視覚的注意の照射領域を規定した結果として理解されている。しかしながら運動命令ではなく、運動目的地が視覚的に定義されていたことが、視覚的注意に対して作用したとも考えられる。

Shoda & Yokosawa (2013) は、暗室におけるトレッドミル歩行や足踏みといった、視覚刺激が運動生成に無関係な運動を行う際にも、視覚的注意の照射領域が、運動に適応するように変性するかを検証した。突如提示される刺激に対して、視線を動かさずに反応可能な空間範囲 (有効視野)

を計測し、その結果を3つの運動条件（トレッドミル歩行・足踏み・正立）間で比較した。その結果、トレッドミル歩行や足踏みといった下肢運動を行うことで、上視野が扁平した形で、有効視野が狭窄した。したがって、運動が主に行われた下空間の顕著性が上昇し、その顕著性の変化に基づき、有効視野が異方的に狭窄したと考えられる。以降では、実験操作に併せて、視覚的注意の照射領域を有効視野と呼ぶ。

全身性の身体運動は行わないが、外界の視覚情報の変化（オプティカルフロー）により、移動感覚が得られる車の運転が、有効視野に与える影響を検証した研究から、認知負荷と運動速度が上昇することで、有効視野が狭窄していくことが報告されてきた（Crundall, Underwood, & Chapman, 1999; Patten, Kircher, Östlund, & Nilsson, 2004; Rogé, Pebayle, Lambilliotte, Spitzenstetter, Giselbrecht, & Muzet, 2004）。本研究ではこれを受け、下肢運動時の認知負荷が有効視野に及ぼす影響を検証するために、運動速度は一定にした上で、片足のみが接地する片足支持期の長さを操作した。なぜならば、片足支持期が長くなるに従い、姿勢制御により多くの認知資源が必要となるためである（Siu, Catena, Chou, van Donkelaar, Woollacott, 2008）。加えて有効視野に対する運動速度の影響を検証するために、両足が接地する両足支持期と、片足支持期の長さの比率を1:4とし、健常成人の歩行を模倣した上で（Murray, 1967）、運動速度が速い条件と遅い条件を設けた。

有効視野の狭窄に対しては、認知負荷や運動速度が影響したが（Crundall et al., 1999; Patten et al., 2004; Rogé et al., 2004）、運動時の有効視野の異方性に対しては、主たる運動部位が影響した（Shoda & Yokosawa, 2013）。このように異なる要因が、有効視野の狭窄と異方性をそれぞれ生じさせたことから、有効視野の両特性は独立に生じると考えられる。本仮説が支持されるならば、認知負荷や運動速度の上昇

に合わせて、有効視野は狭窄するが、上下視野に関する異方性は維持されることが予測される。

## 2. 方法

健常な視力を有し、かつ、独立歩行が可能な25名が、個別に実験に参加した（平均身長：164.3cm（標準誤差：1.6cm）；平均年齢：24.0歳（標準誤差：0.7歳））。ただし1名は、途中で実験参加を取りやめたため、最終的に分析対象となった人数は24名であった。

足踏みの制御に視覚情報が用いられることを防ぐために、暗室内で実験をおこなった。参加者はトレッドミル上で足踏みを行いながら、奥行き方向に約114cm離れた位置にある、スクリーン上に投影された刺激を観察した（図1）。

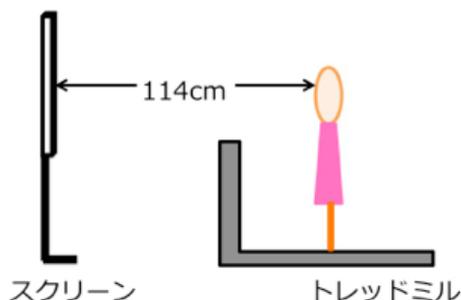


図1 実験環境概略

片足支持期の長さを操作するために、各試行前に、リズム音に合わせて6歩足踏みを行わせた（cf. Rose, & Gamble, 2005）。その後参加者は、足踏みの遂行と並行して、有効視野を計測する認知課題に取り組んだ。

各試行の開始時に、画面中心で直行する2本の仮想軸上で、偏心度 $4^\circ$ 、 $8^\circ$ 、 $12^\circ$ 、 $16^\circ$ 、 $20^\circ$ となる各位置に、直径 $1.2^\circ$ の輪をプレイスホルダーとして提示した。1000ms経過後に、中心刺激として、 $1^\circ \times 1^\circ$ の枠に収まるアルファベットが画面中央に提示され、同時に、周辺刺激として、直径 $1^\circ$ のドットが、プレイスホルダーのいずれかに提示された（図2）。刺激の提示時間は、50msであり、直後にマスク刺激として、刺激が提示される全ての場所に、直径 $1.2^\circ$ のチェッカーボードが提示された。

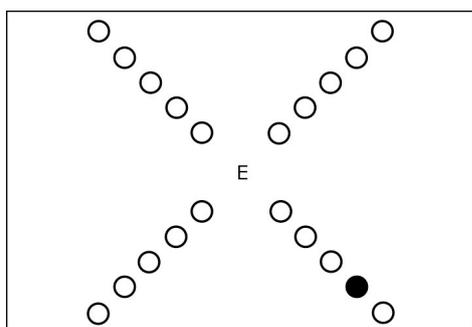


図2 刺激画面例

参加者は、中心刺激を正確に弁別した上で、周辺刺激が提示された方位（右上・右下・左上・左下）を答えた。教示として、画面中央から視線をそらさずに、中心刺激を正確に答えるように伝えた。なお本研究では、周辺刺激の絶対位置を答えることは求めなかった。なぜならば足踏み時には、微量ながらも頭部が3方向に振動するため（Pozzo, Berthoz, & Lefort, 1990）、その振動が、刺激の定位に影響する可能性も考えられたからである（e.g. Schofield, Bishop, & Allen, 2006）。

姿勢制御の影響を検証するために、毎秒1回足踏みを行うように運動速度を固定した上で、片足支持期の長さ（200ms, 500ms, 800ms）を操作した。つづいて運動速度の影響を検証するために、足踏みを毎秒1回行う条件と、毎秒1.6回足踏みを行う条件を設けた。運動速度が遅い条件は、上述の片足支持期が800msの条件を指し、一方、運動速度が速い条件では、両足支持期を125ms、片足支持期を500msとした。一連の足踏みリズムの操作は、ブロック間で行った。各ブロックの順序は、参加者間でランダムにした。

認知課題に関わる要因は、中心刺激（E,F,H,L）、周辺刺激の偏心度、そして周辺刺激の方位の3要因であった。それら全ては参加者内要因であり、ブロック内で操作された。試行順序はランダムであった。

各ブロックに含まれる練習試行は、20試行、本試行は80試行であった。疲労の影響や順序効果を防ぐために、各ブロック間では、2時間以上の間隔を明けた。

### 3. 結果

ブロックによらず、中心課題の誤反応率は、10%未満であった。そのため足踏みのリズムによらず、参加者は試行中に画面中央を注視していたと考えられる。

周辺刺激の誤反応率は、周辺課題の誤反応試行数を中心課題の正答試行数で割って算出した。これにより、画面中央を注視していたことが保証されるデータのみを分析対象とした。

**姿勢制御が有効視野の異方性に与える影響** 運動速度は等速だが片足支持期の長さが異なる条件を比較することで、姿勢制御に要する認知資源の過多によって、上下視野における有効視野の異方性が変化するかを検証する。検証に際し、周辺課題の誤反応率（図3）に対して、片足支持期の長さとして上下視野の2要因分散分析を実施した。

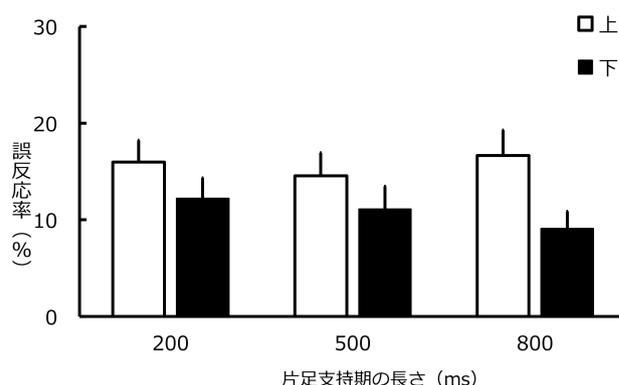


図3 片足支持期の長さとして上下視野の異方性

分析の結果、上下視野の主効果のみが有意となった ( $F(1, 23) = 9.36, p < .01$ )。一方で、有意な交互作用は得られなかったことから ( $F(2, 46) = 0.82, n. s.$ )、有効視野の異方性は、姿勢制御に関わる負荷によらず、一律に観察された。したがって本研究で操作した範囲では、姿勢制御の負荷は、有効視野の上下視野における異方性に対して、影響を及ぼさなかった。

**運動速度が有効視野の異方性に与える影響** 運動速度によらず、有効視野の異方性が変化しないことを検証するために、運動速度（遅・速）と上下視野の2要因分散分析を周辺課題の誤反応率に対しておこなった（図4）。姿勢制御

の影響を検証した時とは異なり，上下視野の主効果のみならず，交互作用も有意になった（上下視野の主効果： $F(1, 23) = 5.90, p < .05$ ；交互作用： $F(1, 23) = 6.22, p < .05$ ）。

有意な交互作用に関して，単純主効果検定を行ったところ，運動速度が遅い条件に限り，下視野よりも上視野で，誤反応率が有意に増加した（ $F(1, 23) = 7.45, p < .05$ ）。加えて下視野では，運動速度の単純主効果が有意になったことから（ $F(1, 23) = 11.85, p < .01$ ），運動速度の上昇に伴い，上視野から，有効視野が狭窄していく可能性が示唆された。

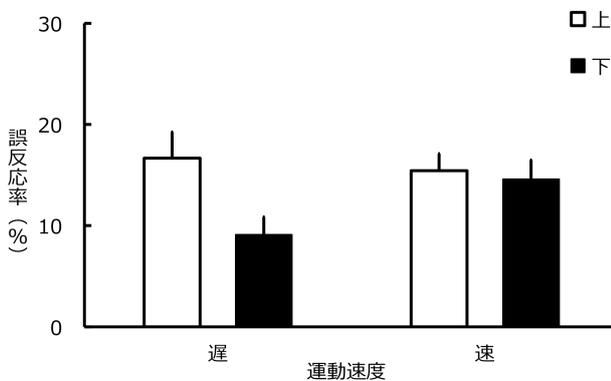


図4 運動速度と上下視野の異方性

**運動速度が遅い条件** 本研究では，瞬間提示されたドットの検出を求めた。それゆえ周辺課題を正答するためには，有効視野が広く，かつ，視覚的注意の時間分解能も高い必要がある。したがって前述の分析のみからでは，運動速度が上昇することで，有効視野が上視野から狭窄したか，あるいは，下視野に比べて上視野では，視覚的注意の時間分解能が劣化しやすかったかを判断できない。そこで運動速度ごとに，有効視野が上下視野に関して異方的に狭窄するかを検証するため，各運動速度において，上下視野と偏心度の2要因分散分析を実施した（図5）。運動速度の上昇に伴い，有効視野が上視野から狭窄するならば，運動速度が遅い条件では，交互作用が有意になるだろう。

図5に示した通り，各種主効果に加えて，交互作用が有意になった（上下視野の主効果： $F(1, 23) = 8.92, p < .01$ ；偏心度の主効果： $F(4, 92) = 33.04, p < .01$ ；交互作用： $F(4, 92) = 3.42, p$

$< .05$ ）。有意な交互作用に関して，単純主効果検定をおこなったところ，偏心度の単純主効果が両視野において有意となった。したがって有効視野は，視野によらず，有意に狭窄した（ $F_s(4, 20) > 11.54, ps < .01$ ）。さらに重要な結果が，上下視野の単純主効果検定から得られた。偏心度  $12^\circ$  以上では，下視野よりも上視野で，有意に誤反応率が増加した（ $F_s(1, 23) > 5.05, ps < .05$ ）。したがって運動速度が遅い条件では，下視野に比べて上視野において，有効視野の狭窄がより強く生じた。

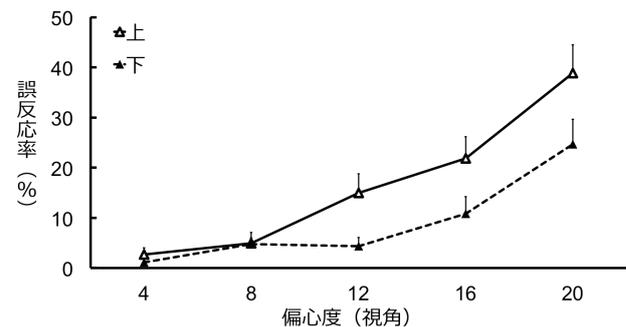


図5 運動速度が遅い条件での誤反応率

**運動速度が速い条件** 運動速度が速い条件も同様に，図6に示した周辺課題の誤反応率に対して，上下視野と偏心度の2要因分散分析を行った。その結果，偏心度の主効果が有意となるのみで，交互作用は有意にならなかった（偏心度の主効果： $F(4, 92) = 32.44, p < .01$ ；交互作用： $F(4, 92) = 0.39, n. s.$ ）。本結果は運動速度が速い条件では，有効視野の狭窄には，視野間で有意な違いが見られなかったことを示唆している。

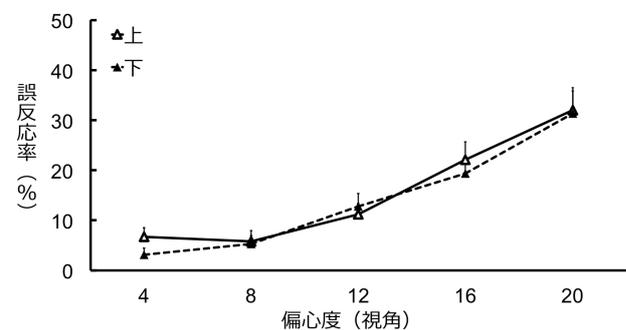


図6 運動速度が速い条件での誤反応率

#### 4. 考察

先行研究は，実空間あるいはシミュレーション空間内で，参加者が移動することで知覚された移動速度が，有効視野を狭窄させることを報告してきた（Patten, et al., 2004; Rogé, et al., 2004）。

しかしながら本研究は、空間内を身体が移動しなくとも、自身の下肢の体性感覚の変化速度を知覚することで、有効視野が狭窄することを示した。そしてその狭窄には、一定の方向性があり、運動速度の上昇に併せて、上視野から狭窄し、最終的に運動速度が速い条件では、上下視野に関して異方性を持たずに、その面積は小さくなった。

一方、運動速度が等しい場合には、姿勢制御に必要な認知資源の過多に関わらず、有効視野の特性には、有意な差が見られなかった。このことから有効視野は、姿勢制御ではなく、運動速度に基づきその特性が決定された。

Shoda & Yokosawa (2013) および本研究は、運動時には、運動を行う主たる身体部位の活性が、空間の顕著性を決定すること、あわせて、知覚された運動速度に基づき、有効視野が狭窄することを明らかにした。そして最終的に、両者の影響が加算されることで、運動時の有効視野の特性が決定された。以上より、運動に関わる単一要因が、有効視野特性を決定するのではなく、複数の要因が相補的に作用することで、有効視野が、運動に適応するように決定された。

本研究は、運動選手のように特別な訓練を行っていない一般健常者が運動を行う時にも、その運動特性が、視覚的注意の空間特性に影響を与えることを示した。今後の課題は、視覚的注意の空間特性が運動に適応していく過程を解明することである。

## 参考文献

- [1] Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. (1999). Driving experience and the functional field of view. *Perception*, **28**, 1075-1087
- [2] Lum, J., Enns, J. T., & Pratt, J. (2002). Visual orienting in college athletes: Explorations of athlete type and gender. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, **73**, 156-167.
- [3] Murray, M. P. (1967). Gait as a total pattern of movement. *American Journal of Physical Medicine*, **46**, 290-333.
- [4] Nougier, V., Azemar, G., & Stein, J-F, & Ripoll, H. (1992). Covert orienting to central visual cues and sport practice relations in the development of visual attention. *Journal of Experimental Child Psychology*, **54**, 315-333.
- [5] Patten, C. J. D., Kircher, A., Östlund, J., Nilsson, L. (2004). Using mobile telephones: Cognitive workload and attention resource allocation. *Accident Analysis and Prevention*, **36**, 341-350.
- [6] Pozzo, T., Berthoz, A. & Lefort, L. (1990). Head stabilization during various locomotor tasks in humans: 1. Normal subjects. *Experimental Brain Research*, **82**, 97-106.
- [7] Rogé, J., Pebayle, T., Lambilliotte, E., Spitzenstetter, F., Giselsbrecht, D., & Muzet, A. (2004). Influence of age, speed and duration of monotonous driving task in traffic on the driver's useful visual field. *Vision Research*, **44**, 2737-2744.
- [8] Rose, J. & Gamble, J. G. (2005). *Human Walking 3rd edition*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. (Rose, J., Gamble, J. G., 武田 (監訳) (2009). ヒューマン ウォーキング 原著第3版 医歯薬出版株式会社)
- [9] Schofield, A., Bishop, N. J., & Allen, J. (2006). Oscillatory motion induces change blindness. *Acta Psychologica*, **121**, 249-274.
- [10] Shoda, M., & Yokosawa, K. (2013). Foot movement for walking biases the visual attention allocation. *CogSci 2013 proceedings*, 929.
- [11] Siu, K-C., Catena, R. D., Chou, L-S., van Donkelaar, P., & Woollacott, M. H. (2008). Effects of secondary task on obstacle avoidance in healthy young adults.

*Experimental Brain Research*, **184**,  
1150120.

- [12] t'Hart, B. M., & Einhäuser, W. (2012).  
Mind the step: Complementary effects of  
an implicit task on eye and head  
movements in real-life gaze allocation.  
*Experimental Brain Research*, **223**,  
233-249.
- [13] Tipper, S. P., Lortie, C., & Baylis, G.  
(1992). Selective reaching: Evidence for  
action-centered attention. *Journal of  
Experimental Psychology: Human  
Perception and Performance*, **18**, 891-905.