

# 歩行中の自己身体認知 -若年成人と高齢者の比較-

## Self-body cognition during walking

### -Comparison between young adults and elderly people-

林田 一輝<sup>†‡</sup>, 岡本 拓也<sup>†</sup>, 西 祐樹<sup>‡§</sup>, 高村 優作<sup>‡</sup>, 宮原 崇<sup>†</sup>,  
國吉 光<sup>†</sup>, 森岡 周<sup>‡</sup>

Kazuki Hayashida, Takuya Okamoto, Yuki Nishi, Yusaku Takamura, So Miyahara,  
Hikaru Kuniyoshi, Shu Morioka

<sup>†</sup>宝塚医療大学, <sup>‡</sup>畿央大学, <sup>§</sup>長崎大学

Takarazuka University of Medical and Health Care, Kio University, Nagasaki University  
k-hayashida@tumh.ac.jp

#### 概要

本研究の目的は、健常若年者と健常高齢者を対象に、トレッドミル歩行中の視覚遅延フィードバック課題を用いた自己身体認知において、感覚運動不一致検出感度およびその視線行動の特徴を検証することである。実験の結果、健常若年者群と健常高齢者群では感覚運動不一致検出感度に有意差が無く、一方で、視線行動には有意差を認め、健常高齢者群の方が注視時間は短かく、注視回数が多かった。これは、歩行中の自己身体認知を保つためには、高齢者の方が多くの身体の空間的情報を要することが示唆される。

キーワード：自己身体認知, 歩行

#### 1. はじめに

ある円滑な運動を行う際、運動意図に基づく脳内で予測された感覚運動情報と実際のフィードバックが統合され、これらの間に不一致がある場合、それを適切に検出することで運動プログラムが修正される（コンパレータモデル）。この感覚運動の一致および不一致への気づきは、自己身体情報に基づく必要があるため自己身体認知の基盤となっている（Blakemore et al., 1998）。また感覚の感度は年齢に伴い低下するため、一般的には加齢によって自己身体認知は変遷すると考えられている（Mariano et al., 2024）。感覚運動不一致の検出能力を実験的に操作できる方法として、視覚フィードバックの遅延を用いた研究が遂行されてきた（Shimada et al., 2009）。この実験では、視覚フィードバックを数 100ms 遅延させて物理量を系統的に変化させ、実験参加者には身体運動と提示された視覚フィードバックが一致しているか否かを回答させることで、感覚運動不一致の検出感度を定量化できる。例えば視覚遅延課題を用いた先行研究では、脳卒中後遺症の失行症（Nobusako et al., 2018）や子どもの手先の不器用さ（Nobusako et al.,

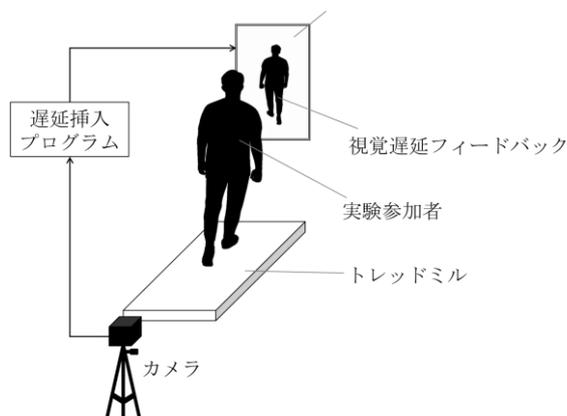
2018）において、感覚運動不一致の検出感度が逸脱していることが報告されている。これらは主に上肢の動きを対象とした研究であるが、歩行運動に焦点を当てた研究は非常に少ない。Blanke らのグループは、健常若年者を対象に視覚遅延課題を用いたトレッドミル歩行中の感覚運動不一致に関する実験を報告している（Kannape & Blanke, 2013）。歩行は上肢の動きと比較すると、非意図性、連続性、周期性、全身運動性という特徴があるが、コンパレータモデルに基づく歩行中の自己身体認知については不明な点が多い。また、その複雑性から加齢による影響は未解明である。本研究の目的は、健常若年者と健常高齢者を対象に歩行中の感覚運動不一致検出感度およびその視線行動の特徴を検証することである。

#### 2. 対象と方法

健常若年者 10 名（21±0.5 歳）と健常高齢者 16 名（73.4±4.7 歳）を対象とした。速度 1.0m/s のトレッドミル上を歩行している姿を後方からカメラで撮影し、前方のモニターで直接的に遅延映像としてフィードバックされた（図 1）。固視点提示後、3 秒間の視覚遅延フィードバックが与えられた。その後、視覚遅延フィードバックが身体運動と一致したと感じたか否かを回答させた（不一致検出）。遅延水準は 7 水準（0,50,75,100,200,300,400 ms; 内部遅延 170 ms）であり、各水準 8 試行ずつランダムに提示された（計 56 試行）。実験参加者は実験終了まで約 10 分間トレッドミル上を歩行し続けた。遅延水準を説明変数として、不一致検出の回答割合をロジスティック回帰曲線に fit させ、その曲線の勾配（a）を感覚運動不一致検出感度とした（Shimada et al., 2010）。これらの実験系の制御は MATLAB R2022a (MathWorks Inc)にて行った。視線行動は、NEON (Pupli Labs) によって計測した。解析対象

は、視覚遅延フィードバック中の注視時間および注視回数とした。統計学的検討には、勾配 (a) および注視時間と注視回数をマンホイットニーU 検定にて群間比較した。統計ソフトは Python 3.11.12 を使用し、有意水準は 5% とした。

図1 実験のセット



### 3. 結果

勾配(a)では、健常若年者群 ( $0.02 \pm 0.03$ ) と健常高齢者群 ( $0.01 \pm 0.01$ ) との間に有意差は無かった。注視時間では有意差があり、健常若年者群 ( $633 \pm 421$  ms) の方が健常高齢者群 ( $186 \pm 88$  ms) よりも注視時間が長かった ( $p < 0.05$ )。注視回数でも有意差を認め、健常若年者群 ( $6.0 \pm 2.5$  回/3秒) の方が健常高齢者群 ( $8.5 \pm 2.6$  回/3秒) よりも注視回数が少なかった ( $p < 0.05$ )。

### 4. 考察

健常若年者群と健常高齢者群では勾配(a)に有意差が無く、歩行中における不一致検出感度は加齢による影響を受けないことが示唆された。これは、高齢者の感覚感度の低下の観点で考えた際に、加齢による自己身体認知の低下という一般的な認識とは異なる。先行研究における上肢の単発的な随意運動と比較して、本実験では全身運動を連続的にフィードバックしていた。このような多くの自己身体情報を知覚できる状況では、健常若年者群と同等の不一致検出感度を保つことができる可能性が考えられる。一方で視線行動には有意差を認め、健常高齢者群の方が注視時間は短かく、注視回数が多かった。これは、歩行中の自己身体認知を保つためには、高齢者の方が多くの身体の空間的情報を要することが示唆される。これは連続性、全身運動性という歩

行の特徴によって抽出された健常高齢者の特色であると考えられる。

### 文献

- Blakemore, S. J., Frith, C. D., & Wolpert, D. M. (1999). Spatio-temporal prediction modulates the perception of self-produced stimuli. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(5), 551–559. <https://doi.org/10.1162/089892999563607>.
- Kannape, O. A., & Blanke, O. (2013). Self in motion: sensorimotor and cognitive mechanisms in gait agency. *Journal of Neurophysiology*, 110(8), 1837–1847. <https://doi.org/10.1152/jn.01042.2012>
- Mariano, M., Kuster, N., Tartufoli, M., & Zapparoli, L. (2024). How aging shapes our sense of agency. *Psychonomic Bulletin & Review*, 31(4), 1714–1722. <https://doi.org/10.3758/s13423-023-02449-1>
- Nobusako, S., Ishibashi, R., Takamura, Y., Oda, E., Tanigashira, Y., Kouno, M., Tominaga, T., Ishibashi, Y., Okuno, H., Nobusako, K., Zama, T., Osumi, M., Shimada, S., & Morioka, S. (2018). Distortion of Visuo-Motor Temporal Integration in Apraxia: Evidence From Delayed Visual Feedback Detection Tasks and Voxel-Based Lesion-Symptom Mapping. *Frontiers in neurology*, 9, 709. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00709>
- Nobusako, S., Sakai, A., Tsujimoto, T., Shuto, T., Nishi, Y., Asano, D., Furukawa, E., Zama, T., Osumi, M., Shimada, S., Morioka, S., & Nakai, A. (2018). Manual Dexterity Is a Strong Predictor of Visuo-Motor Temporal Integration in Children. *Frontiers in psychology*, 9, 948. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00948>
- Shimada, S., Fukuda, K., & Hiraki, K. (2009). Rubber hand illusion under delayed visual feedback. *PLOS ONE*, 4(7), e6185. [doi:10.1371/journal.pone.0006185](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006185)
- Shimada, S., Qi, Y., & Hiraki, K. (2010). Detection of visual feedback delay in active and passive self-body movements. *Experimental Brain Research*, 201(2), 359–364. [doi:10.1007/s00221-009-2028-6](https://doi.org/10.1007/s00221-009-2028-6)