

## 視線計測に基づいた移動支援器 Tread-Walk の操作性の評価

## Eye Gaze Measurement Based Evaluation of Operability for “Tread-Walk”

○ 中島康貴（九大，早大） 劉思佳（早大） 呂筱薇（早大） 曹陽（早大）

松本侑也（早大） 二瓶美里（東大） 安藤健（パナソニック，早大）

小林洋（早大） 藤江正克（早大）

Yasutaka NAKASHIMA, Kyushu University and Waseda University

Sijia LIU, Waseda University

Xiaowei LU, Waseda University

Yang CAO, Waseda University

Yuya MATSUMOTO, Waseda University

Misato NIHEI, University of Tokyo

Takeshi ANDO, Panasonic Corporation and Waseda University

Yo KOBAYASHI, Waseda University

Masakatsu G. FUJIE, Waseda University

**Abstract:** This growing elderly population will require many kinds of mobility-aid devices, and many new devices have already been studied for supporting the mobility of the elderly. From the viewpoint of both preventive care and mobility aids, we have been developing a new robotic vehicle called “Tread-Walk (TW)”, which is controlled by walking movements. TW amplifies the user’s walking velocity on the treadmill to the driving wheel to expand their range of travel. TW estimates the user’s desired walking velocity from their anteroposterior force and drives the treadmill belt. It uses active treadmill velocity control, which allows the user to change treadmill and mobility velocity by changing the kicking force loading to the treadmill, similar to the way velocity is changed in natural walking. In this paper, we propose new evaluation method of the operability for TW. We measure the eye gaze during using TW in real-time and analyze the relation between novice and expert from viewpoint of the eye gaze.

**Key Words:** Tread-Walk, Operability, Eye gaze

## 1. 緒言

現在，日本では65歳以上の高齢者が総人口の25.1[%]を占めており，超高齢社会に突入している．高齢者は加齢に伴い，身体能力，特に下肢の筋力が低下することが知られており，このため，外出意欲の低下，寝たきりの原因につながっていきまう恐れがある．また，少子化の問題により介護者の不足も深刻化している．そこで，高齢者の移動能力と外出意欲を向上させるために，介護者の介助を必要としない新たな移動支援機器が求められる．

高齢者の移動を支援する機器として，車いすやセニアカーなどが挙げられるが，これらの機器では，搭乗者の運動能力を使わずに移動が可能であるため，身体機能の低下につながる恐れがある．その中で，著者らは，搭乗者の移動範囲の拡大と身体機能の維持を両立する，移動支援機器 Tread-Walk (TW) を開発している<sup>(1)</sup>．TW (Fig. 1) は，トレッドミル上での歩行を操作に用いており，搭乗者のベルトを蹴った力を検出することにより，搭乗者の意図した速度を推定し，追従するようにベルトの制御を行っている．また，トレッドミル上での歩行速度を増幅して車輪を駆動することで，搭乗者の身体機能を越えた移動が可能である．

しかし，TW は，トレッドミル上での歩行を操作に用いる点，歩行速度を増幅した駆動輪による移動の点の両者から，これまでの移動支援機器とその操作性が大きく異なり，従来の指標を用いた操作性の評価が困難である．これまで，著者らは，搭乗中の下肢の関節位置に基づいた運動学的な評価<sup>(2)</sup>や，NIRS を用いた脳活動に基づいた生理学的な評価<sup>(3)</sup>など独自に行ってきた．その中で，TW では，操作に熟

練していない搭乗者と熟練した搭乗者では，搭乗中の視線の方向に変化があることが挙げられている．その原因として，TW では搭乗者のトレッドミル上を歩行中の加減速が機器そのものの車輪の速度として出力されるため，熟練していない搭乗者では，前方よりも足元に注意に向く可能性が高いためだと考えられる．同様な傾向として，自動車の運転時に，初心者のドライバーでは，手元の操作に集中し，前方の情報を上手く取得できず，事故などの危険性が高いことが報告されている<sup>(4)</sup>．そのため，搭乗型の移動支援機器の操作中の視線の方向は，搭乗者の操作能力を表す可能性が高いと考えられる．

そこで，本研究では，搭乗型の移動支援機器の操作性を評価する新たな指標として，搭乗中の視線角度に注目した手法を構築することを最終目標とする．本論文では，まず，熟練者と初心者の間で視線角度の変化に差があるかどうかについて，TW を用いた検証実験から明らかにすることを目的とする．



Fig. 1 Tread-Walk

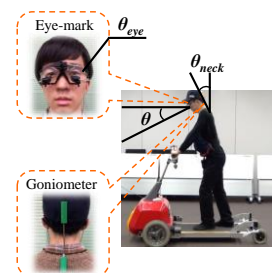


Fig. 2 Experimental scene

## 2. 視線計測に基づいた操作性の評価手法

TW の搭乗時は、トレッドミル上での歩行速度を増幅して移動するため、平地歩行時の感覚と異なる。そのため、使用経験時間が短い初心者では、操作に慣れることが出来ず、視線が下方に向く傾向があると考えられる。一方、使用経験時間が長い熟練者では、操作に十分慣れており、視線が前方に向く傾向があると考えられる。これは、自動車の運転時に、安全に操作するために、90[%]の情報を取得するのが視覚であると報告されている<sup>(4)</sup>例からも、視覚からの情報が操作性に及ぼす影響は大きいといえる。本研究では、搭乗者の視線情報に着目し、視線角度  $\theta$  と使用経験時間の関係を定量化するために、搭乗中の被験者の視線を計測する実験を行う。

搭乗時に被験者の視線を計測するために、簡単に装着でき、搭乗中においても計測が可能な計測装置が必要である。そこで、本研究では、ナックイメージテクノロジー社製のモバイル型アイマークレコーダ EMR-9 (Fig. 2) を選定した。こちらは、モバイル性をコンセプトに小型軽量化した視線計測装置であり、瞳孔角膜反射法により、眼球の運動を記録し、使用者の眼球の角度  $\theta_{eye}$  を推定することが可能である。

また、TW 搭乗時の様子から、操作中に足元に注意をする際は、視線の角度だけでなく、首の曲がる角度も重要であることが考えられる。これは、首の曲がる角度が大きく変化した場合、搭乗者の視線の角度のみで決められないためである。そこで、バイオメトリクス社製の角度計測装置ゴニオメータ SG150 及びデータ収集装置データログ P3X8 を用い、搭乗者の首の角度  $\theta_{neck}$  を計測し (Fig. 2)、EMR-9 で計測した眼球の角度  $\theta_{eye}$  と足し合わせることで、視線の角度  $\theta$  を算出する。

$$\theta = \theta_{eye} + \theta_{neck} \quad (1)$$

本実験では、使用経験時間が異なる被験者の視線角度を比較するために、TW の使用経験が全くない初心者 4 名 (被験者 A, B, C, D) と、使用経験が 1 時間以上ある熟練者 2 名 (被験者 E, F) の合計 6 名の若年健常者を被験者として選定した。

実験場所は、風や日照などの天候要素および坂や凸凹などの地面状況の影響を排除するために、室内の平坦な地面状況のある場所を選定した。搭乗時に被験者の視線を確認するために、走行距離に十分な長さを保証すべきである。予備実験から 10[m]以上の距離を確保可能であれば十分に視線の変化が見られることを確認した。そこで、直線走行可能な最大距離 12[m]を直進タスクの直線走行距離とした。安全のために、

被験者には事前実験内容を説明し、同意を得た上で行った。

## 3. 検証実験結果

それぞれ 3 回の試行で計測した結果から算出した視線の角度の平均値と標準偏差を Fig. 3 に示す。また、計測結果を比較するために、視線の角度の平均値に注目して、被験者の視線角度が大きい順番に並べ変えている。被験者 E の視線角度は 0.12[°]であり、被験者 F の視線角度は 0.00[°]であった。この結果から、熟練者 2 名の視線角度は、被験者 A, B, C, D いずれも全員の角度より小さいことが確認できた。これより、使用経験時間に差がある熟練者と初心

者では、視線角度が異なり、操作能力と関係が高いことが示唆された。

## 4. 結言

本研究では、著者らが開発している、歩行を操作に用いる移動支援器 TW の操作性の向上を目的としている。本論文では、特に、操作性を評価する新たな手法として、搭乗者の操作時の視線に注目し、計測を行った。その結果、機器の使用経験が大きく異なる初心者と熟練者において、操作時の前方を見る視線の角度が大きく異なり、搭乗者の操作能力を評価する手法として有効であることが示唆された。

今後は、若年健常者だけでなく、高齢者での評価を行い、TW だけでなく、その他の搭乗型の移動支援機に対しても有用であるか検証を行う。

## 謝辞

本研究の一部は、グローバル COE プログラム「グローバルロボットアカデミア」、文部科学省科研費基盤研究 A (26242061, 23240088) 若手研究 B (15K16397)、公益財団法人カシオ科学技術振興財団、公益財団法人ミズノスポーツ振興財団の支援を受けて行なわれた。

## 参考文献

- (1) M. Nihei, Y. Kaneshige, M. G. Fujie, and T. Inoue, "Development of a new mobility system 'Tread-Walk' - Design of a control algorithm for slope movement -," 2006 IEEE Int. Conf. Robot. Biomimetics, ROBIO 2006, pp. 1006-1011, 2006.
- (2) T. Ando, M. Nihei, E. Ohki, Y. Nakashima, Y. Kobayashi, M. G. Fujie, Kinematic Walking Analysis on a New Vehicle "Tread-Walk" with Active Velocity Control of Treadmill Belt, 2011 Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBC'11, pp. 5977-5980, 2010.
- (3) Y. Yokoo, Y. Nakashima, S. Miura, Y. Ogaya, T. Ando, Y. Kobayashi, M. G. Fujie, Brain Activity Measurement Based Evaluation of Active Control of a Treadmill, Proceedings of the 2012 The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems/The 13th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp. 1201-1206, 2012.
- (4) Hartmann, E., "State-of-the-Art-Driver Vision Requirements", SAE Technical Paper 700392, 1970, doi:10.4271/700392.

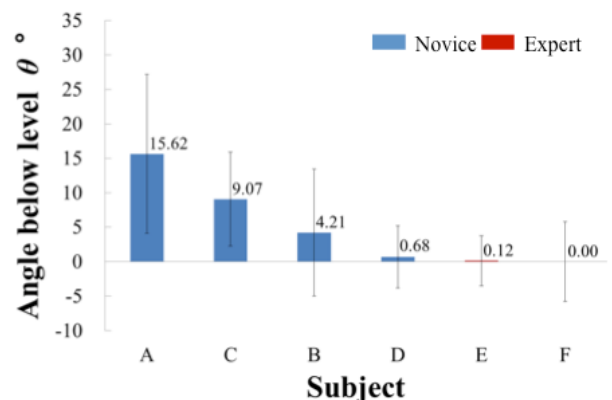


Fig. 3 Experimental results