

# パーキンソン病における共創型介助システム Walk-Mate の有効性評価

東京工業大学 知能システム科学専攻 青木 清志, 石澤 一紀, 三宅 美博  
日産厚生会玉川病院 リハビリテーションセンター 和田 義明  
公立学校共済組合関東中央病院 神経内科 織茂 智之

## An Estimation of Co-creation System “Walk-Mate” in Parkinson’s Disease

Kiyoshi AOKI, Ikki ISHIZAWA and Yoshihiro MIYAKE, Tokyo Institute of Technology

Yoshiaki WADA, Nissan Tamagawa Hospital; Tomoyuki ORIMO, Kanto Central Hospital

**Abstract:** In this research, to evaluate the effectiveness of walking support system Walk-Mate based to on mutual-entrainment of walking rhythm, we applied it to Parkinson’s disease patient. We analyzed it from the viewpoint of temporal development of walking cycle. The results revealed the acceleration walking which is typically observed in was significantly reduced, suggesting the effectiveness of Walk-Mate system.

### 1. はじめに

近年、歩行障害などに対する新たな訓練手法として、一定のリズム刺激を与え、機能改善を行う手法が注目されている。このような手法の1つに、一定のリズム音や音楽を刺激として提示するRAS(Rhythmic Auditory Stimulation)がある。この手法では、McIntoshらは、患者が提示されたリズムに合わせて歩くことでパーキンソン病患者にRASを適用し、3週間毎日訓練した後、その効果が3~4週間持続したことを報告した[1]。また、Van Weganらも、パーキンソン病患者にRASを適用し、歩行周期や歩幅などの歩行能力の改善効果を示した[2]。このようにリズム刺激を与えつつ訓練を行うことで、運動障害が改善されることが明らかにされている。

しかし、通常の歩行訓練はRASと異なり、患者と療法士が歩行リズムを相互に適応させあう協調歩行として行われることが多い[4]。そこで、われわれの研究グループは、療法士と患者のインタラクションに着目し、このような協調歩行を人間-機械系に再構築し、共創型介助システム Walk-Mateの開発を進め、その効果の検証を行ってきた[5]。Walk-Mateは患者と仮想的な二足歩行ロボットが、足音を交換することで歩行リズムを相互に引き込み合い、協調歩行を実現するシステムである。これまで試行的に歩行障害患者に適用することで、歩行運動の安定化や左右対称性の回復に効果があることを示唆してきた[6,7]。

しかし、これまで Walk-Mate を適用してきた疾患が非常に限定されている。特に、RASで改善効果が報告されているパーキンソン病への適用が実現されていない。パーキンソン病とは、中脳の黒質に異常が起こることで、脳内のドーパミンが不足し、脳からの指令をうまく伝えることができなくなり、身体の動きが遅くなったり思うように動かなくなったりする疾患である。主症状としては、震顫、固縮、動作緩慢、姿勢反射障害がある。それ以外にも、歩いているうちに歩幅が小さくなる小刻み歩行や、歩いているうちにどんどん早足になってしまう加速歩行、歩き出せなかったり、突然歩けなくなったりするすくみ足などの歩行障害がみられる[8]。

そこで本研究では、Walk-Mateをパーキンソン病患者の歩行障害に適用し、その有効性を調査することを目標とする。特に、その第一歩として、パーキンソン病において特徴的に観察される加速歩行の抑制効果について分析を行う。

### 2. 実験

#### 2.1 実験方針

本研究では、パーキンソン病患者に Walk-Mate を適用し、歩行障害の改善への効果を評価する。具体的には、患者の Walk-Mate 歩行と患者の単独歩行を時間的観点から比較する。特に、パーキンソン病の特徴である加速歩行について改善効果の評価する。

#### 2.2 Walk-Mate システム

Fig.1に Walk-Mate の概念図を示す。Walk-Mate は、患者と仮想的な二足歩行ロボットが足音に対応するリズム音を相互に交換することで、歩行リズムの相互適応を実現する。このとき Walk-Mate は身体モデルと内部モデルという2つのサブモデルから構成されている。

身体モデルでは、仮想ロボット側の歩行リズムを生成し、患者の歩行リズムとの相互引き込みを介して安定な位相関係を自己組織する。内部モデルは、身体モデルにおいて生成した位相関係における位相差（踵接地タイミングのズレ）を制御する機能を持ち、あらかじめ設定した目標位相差に位相差が収束するように身体モデルを制御する。この目標位相差を適切に設定することで、歩行リズムを同調させることだけでなく、患者の歩行リズムの促進や抑制が可能になる[5]。

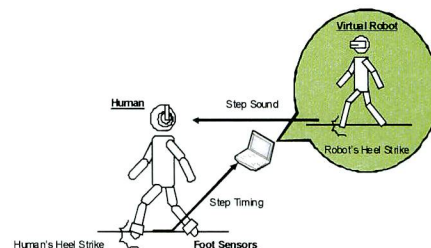


Fig.1 Walk-Mate システム

#### 2.3 実験課題と手順

被験者は、Walk-Mateが実装された小型PC(仮想ロボットのシミュレーター)、ヘッドホン(仮想ロボットの足音を患者に伝達)、フットセンサ(患者の踵接地タイミングを検出)を装着した状態で、直線状30mの廊下を端点で折り返し計

60m 歩行する。歩行パターンは、単独歩行と Walk-Mate 歩行の 2 パターンである。単独歩行はリズム音が提示されない状態で自由歩行を行い計測する。Walk-Mate 歩行は、Walk-Mate を適用した状態で歩行を計測する。歩行の間には十分な休憩を取り、疲労からの影響を排除した。

Walk-Mate 歩行では、提示されるリズム音に合わせて歩行するように患者に指示した。Walk-Mate の目標位相差は両足ともに  $+0.125\text{rad}$  として、仮想ロボットの踵接地タイミングが患者のタイミングよりも僅かに遅れるように設定し、患者の歩行リズムを抑制するように制御した。

## 2.4 被験者

パーキンソン病患者であり、投薬治療を受けている外来患者複数名にご協力いただいた。その中で本稿に掲載するデータは典型例の一つである。この患者は、77 歳男性で、顕著な加速歩行の症状を持ち、特に坂道で症状が現れやすい。日常生活では杖を使用しているが、視力、言語、意思疎通能力に問題はなく、実験課題に対する指示も理解可能であった。

## 3. 結果

患者の歩行リズムは、歩行周期の時間発展として分析した。ここで歩行周期は、左足の踵が接地してから、次に左足の踵が接地するまでの時間と定義する。

Fig.2 は、単独歩行（図中で Single Walk と表記）、Walk-Mate との歩行（図中で Walk-Mate と表記）それぞれの歩行周期の時間変化を表している。単独歩行、Walk-Mate 歩行ともに、時間発展に従って歩行周期が徐々に短くなっていく傾向が観察された。これはパーキンソン病患者に特徴的である加速歩行に対応する現象である。しかし、その周期の減少速度は明らかに単独歩行の方が Walk-Mate 歩行よりも急速なものであった。そこで最小二乗法によって回帰直線を算出し勾配  $\alpha$  を求めたところ、単独歩行の方が Walk-Mate 歩行に比べ約 3 倍大きくなっていることが確認された。

したがって Walk-Mate 歩行において、単独歩行で顕著に観察される加速歩行が緩和されていることがわかる。

## 4. 考察

本研究では、パーキンソン病患者に歩行介助システム Walk-Mate を適用し、単独歩行と比較することでその歩行改善効果の調査を行った。その結果、単独歩行では時間とともに歩行周期が徐々に短くなる傾向が観察された。これはパーキンソン病の典型的な症状である加速歩行によって歩行速度

が速くなっていることに起因するものと考えられる。また、Walk-Mate を適用した場合には、単独歩行と比べて歩行周期の減少が顕著に緩和されることが示された。この結果から、Walk-Mate をパーキンソン病患者に適用することによって、加速歩行を抑制し、歩行を安定化できる可能性が示唆された。

## 5. まとめ

本研究では、パーキンソン病の症状の一つである加速歩行に注目して Walk-Mate を適用することで、その加速を抑制できる可能性を示唆した。今後は、Walk-Mate の効果の検証を継続するとともに、すでに類似した改善効果が報告されている RAS と比較することで更なる有効性評価を行っていく。また時間的観点だけでなく、運動学的側面からの解析も必要である。さらに、患者数を増やすとともに、歩行分析の定量化を進めていく予定である。

## 参考文献

- [1] McIntosh GC, Brown SH, Rice RR, et al.: Rhythmic auditory motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease, *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. Vol.62, No.1, 22/26 (1997)
- [2] van Wegen E, Lim I, de Goede C, Nieuwboer A, Willems A, Jones D, Rochester L, Hetherington V, Berendse H, Zijlman J, Wolters E, Kwakkel G: The effects of visual rhythms and optic flow on stride patterns of patients with Parkinson's disease, *Parkinsonism & Related Disorders*, Vol.9, No.1, 21/27 (2006)
- [3] 栗塚, 三宅, 小林: 音楽的コミュニケーションに基づく歩行介助システム, 計測自動制御学会論文集, Vol.41, No.10, 866/875 (2005)
- [4] 長谷川, 中島: 寝たきりにさせない看護技術, 62/67, 医学芸術社 (2001)
- [5] 武藤, 三宅: 歩行介助を目的とする人間-ロボット協調系における共創出過程の解析, 計測自動制御学会論文集, Vol.38, No.3, 316/323 (2002)
- [6] 渥美, 三宅, 國見, 野村, 別府: 歩行介助システム Walk-Mate の時間的・運動学的な有効性評価, 計測自動制御学会論文集, Vol.41, No.4, 380/382 (2005)
- [7] 小林, 三宅, 和田, 松原: 加速度センサを用いた運動学的分析システム-股関節疾患の術後リハビリにおける Walk-Mate の有効性評価への適用, 計測自動車学会論文集, Vol.42, No.5, 567/576 (2006)
- [8] 国立療養所神経筋難病研究グループ: 神経筋難病情報サービス, <http://www.niigata-nh.go.jp/nanbyo/index.htm#start>

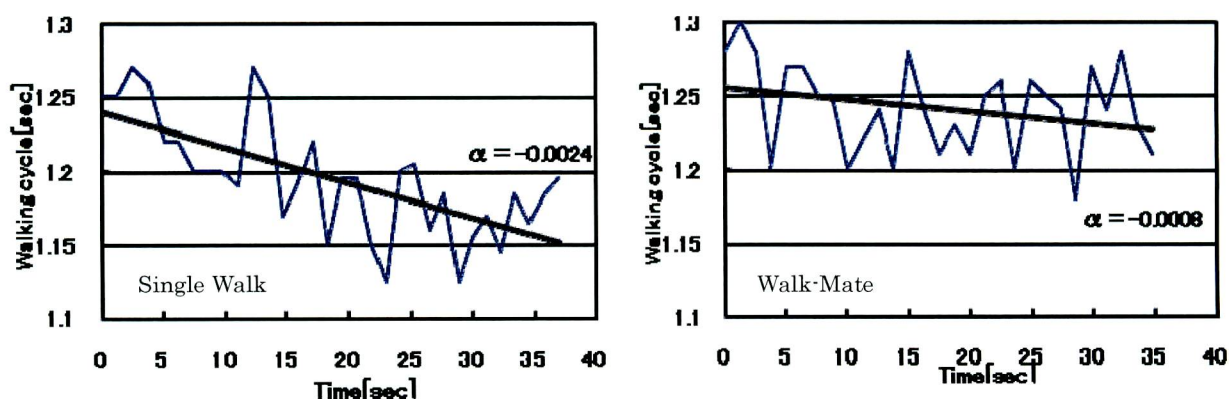


Fig.2 患者の歩行周期の時間発展