

ともに創り上げる歩行介助

～ 歩行介助ロボット Walk-Mate と歩く ～

高梨 豪也[†] 武藤 剛[†] 下釜 みずき[‡] 三宅 美博[†]

[†]東京工業大学大学院 総合理工学研究科, [‡]東京工業大学 工学部

1. はじめに

高齢者を対象とした歩行介助では、介護士と被介護者が向かい合い、あるいは寄り添いながら協調歩行を行うことが多く見られる。これは、歩行介助という行為が、人間同士の協調によって、ともに創り上げられる過程であり、その場その場の状況に適した機能がリアルタイムに創出されるためである。しかし、既存の福祉機械の多くは、利用者が機械側に一方的に適応する形式、もしくは機械側が利用者に必要な機能を一方的に提供する形式をとっており、リアルタイムの機能創出を実現することは困難であった。我々の研究グループでは、これまで、介護士と被介護者の関係のように双方が適応し合う中で歩行介助機能が共創出[1][2]される歩行介助ロボット Walk-Mate[3]を提案してきた。本稿では、Walk-Mateの紹介とともに、実際に歩行障害をもつ高齢者がWalk-Mateとともに歩行した例を紹介する。

2. Walk-Mate

歩行介助ロボットWalk-Mateは仮想ロボットであり、図1のように構成されている。人間はヘッドフォンを通してロボットの足音に相当するリズム音を聞くことができる。また、ロボットは、タッチセンサを通し人間の足の接地タイミングを計測することで、人間の歩行リズムを観測する。このような相互作用を通し、Walk-Mateは人間との協調歩行を実現することができる。

また、Walk-Mateは、人間-人間協調系のモデルとしての「共創出モデル」[2]によって構成されている。共創出モデルは、2つサブモデル「身体モデル」と「内部モデル」の相互拘束プロセスを通して、

人間との協調動作を実現させるものである。

身体モデルは非線形振動子によってモデル化されており、人間側の歩行運動との間で身体リズムの

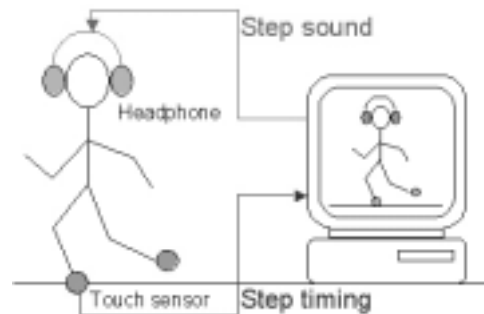
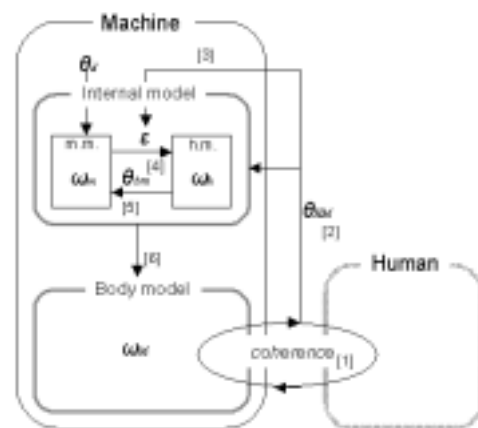


図1 Walk-Mate



1. Self-organize coherence between human motion and body model
2. Get the organized coherence as phase difference θ_{HM}
3. Modify the internal model parameter such as $\min(\theta_{HM} - \theta_d)$
4. Search ω_h such as $\min(\theta_{HM} - \theta_{hm})$ under the fixed ω_m in internal model
5. Search ω_m such as $\min(\theta_d - \theta_{hm})$ under the fixed ω_h in internal model
6. Change ω_M in body model corresponding to searched ω_m
7. Back to 1.

図2 共創出モデル

Co-emergent Technology for Walk-Support ~ Walking with Walk-Support Robot "Walk-Mate" ~

Hideya Takanashi[†], Takeshi Muto[†]

, Mizuki Shimogama[‡], and Yoshihiro Miyake[†]

[†]: Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

[‡]: Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Technology

相互引き込み[4]を介する開かれた相互作用関係を実現し、コヒーレントな位相関係を自己組織することができる。内部モデルは、位相振動子[5]の結合系によって記述されており、身体モデルにおいて生成された関係を、閉じた状態空間としての内部モデル中に再構成する。そして、それを一方向的な作用関係として分解して表現することで、人間側との位相関係の変化を予測することを行う。さらに、それぞれのモデルは相互に拘束しあうことを通し、人間側との位相関係を柔軟に調整し、状況に応じた適切な協調機能を創出させる。

3. Walk-Mateによる高齢者の歩行介助

高齢者への歩行介助は、転倒防止を主たる目標とすることが一般的である。そのため、歩行ダイナミクスの円滑性(歩行周期のゆらぎ量)及び、両脚の運動バランス(足の接地タイミングの非対称性)

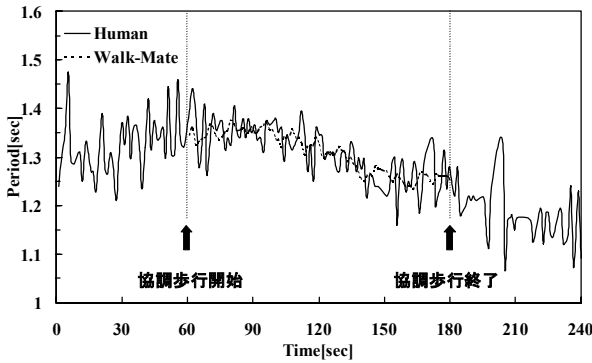


図3 高齢者と Walk-Mate の歩行周期

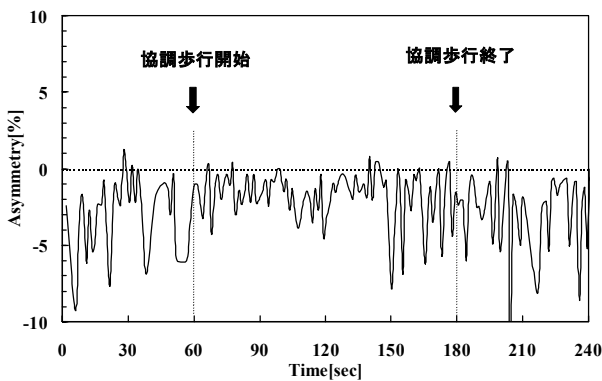


図4 高齢者の歩行運動の非対称性

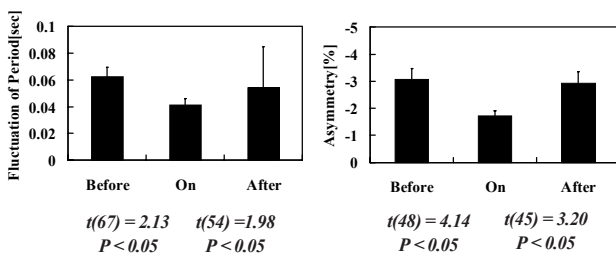


図5 協調歩行前、中、後における高齢者の歩行運動の変化の比較

を評価指標としてその有効性の検討を行った。なお、周期ゆらぎは時間的に連続して定義された2つの歩行周期の差分値として、また、非対称性は、歩行周期に対する左右の足の接地時間差の比率から50%差し引いた値として定義した。

3.1 歩行ダイナミクスの円滑性

図3に歩行障害(片側性膝関節障害)を持つ高齢者(86歳、女性)とWalk-Mateの歩行周期の時間発展を示す。歩行は240[sec](最初と最後の60[sec]は単独歩行)行われた。協調歩行が始まる60[sec]以降は、協調歩行前や後に比べ、周期ゆらぎが減少し、より円滑な歩行ダイナミクスが実現されている傾向がわかる。また、図5より、それらの間の有意差も有意水準5%で認められ、これらの結果を支持するものとなった。

3.2 両脚の運動バランス

同様に、高齢者の足の接地タイミングの非対称性の時間発展を図4に示す。60[sec]以降、足の接地タイミングの非対称性が0[%]へ収束する傾向が見られ、両脚の運動バランスが対称な方向へ改善している傾向がわかる。また、図5からも、それらの間の有意差も有意水準5%で認められ、これらの結果を支持するものとなった。

4. まとめ

本研究では、介護士と被介護者のようなリアルタイムの機能創出を実現する歩行介助ロボットWalk-Mateの提案及び、その高齢者の歩行介助への適用を行った。その結果、歩行ダイナミクスの円滑化及び、両脚の運動バランスの向上が実現される可能性が示された。この結果は、我々の提案するWalk-Mateが、協調歩行を通し、状況に応じた適切な介助機能を創出させることを示す結果であり、その有効性を示唆するものである。

参考文献

- [1] 三宅美博: コミュニカビリティーと共生成, 場と共創 第4章, NTT出版(2000)
- [2] Miyake, Y. & Miyagawa, T., "Internal observation and co-generative interface," Proc. of 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC'99), Tokyo, Japan, pp. I-229-I-237 (1999)
- [3] 田村寧健, 三宅美博: 相互適応的な歩行介助システム, 第10回自律分散シンポジウム資料, 247/250(1998)
- [4] Condon, W. S. & Sander, L. W.: Neonate Movement is Synchronized with Adult Speech, Science, Vol.183, 99-101, (1974)
- [5] Kuramoto, Y.: Chemical oscillation, waves, and turbulence, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo(1984)