

音楽運動療法における共創的インタラクションの再構成

○栗塚義人, 三宅美博

東京工業大学 総合理工学研究科 知能システム科学専攻

Construction of co-creative interaction in music-therapy

○Yoshihito kuriduka, Yoshihiro Miyake

Department of Computational Intelligence and Systems Science,
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Abstract: In this reserch, we attempt to construct co-creative interaction in music-therapy based on the co-creative walking support system "Walk-Mate". Firstly, we combined music and walking to construct a music-therapy walk-mate system. Then we investigated the effectiveness of our music-thrapy Walk-Mate by both physical mesure and mental questionnaire.

1. はじめに

福祉施設における高齢者の歩行リハビリテーションでは、患者と介護士が共に歩く協調歩行を行うことが多い¹⁾。患者と介護士が相互に歩行リズムを適応しあう関係の中で、患者の状況に応じた歩行機能が共に創りあげられているのである、このような作用関係は一方が他方に対して強制的に行うのではなく、お互いが双方向的に歩み寄るインタラクションの中で機能回復が実現されている。

一方、歩行リハビリテーションに対する新たな試みとして音楽運動療法が注目されている。音楽を用いた歩行訓練を行った場合では、通常の歩行訓練に比べて大幅な機能の改善が認められたことがThautらによって報告されている²⁾。このような音楽運動療法においては患者と介護士が音楽的インタラクションを通して歩行機能の維持や回復を共創的に実現していると考えられる。

これらの背景から本研究では共創的な歩行介助装置であるWalk-Mateに対して音楽演奏機能を付加することによって音楽を介した共創的インタラクションの再構成を試みる。そして、音楽運動療法としての有効性を評価することを目的とする。

2. 装置の開発

2.1 Walk-Mateについて

Fig.1に示すWalk-Mateは携帯型PC (SONY VA10-U1)上に構成される仮想ロボットである。Walk-Mateによる歩行リハビリテーションは仮想空間内を歩くロボットと人間が協調歩行を行うことによって実現されている。詳しくは文献を参照のこと²⁾³⁾。

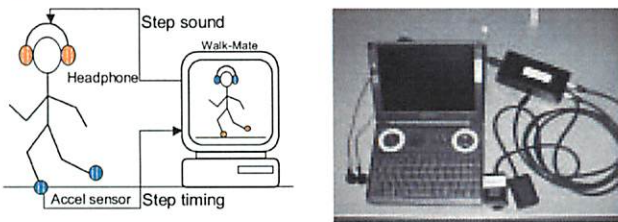


Fig.1 Walk-Mate

2.2 音楽演奏機能の付加に関する問題点

Walk-Mateに音楽演奏機能を付加する上での問題点として、歩行リズムの時間発展と音楽演奏における演奏位置の対応関係を定義する必要がある。この問題についてはFig.2のように小林らによる相互引き込みによるアンサンブルシステムで行われている位相振動子による方法を用いた⁵⁾。式(1)において固有テンポ ω は左右の脚の平均歩行周期の和を対応させた。さらに振動子の1回転を楽譜上の四分音符に対応させる事で人間の半歩の歩行周期と音楽の四分音符を対応させた。

その上で人間の足の接地は常に0radで行われるものとし、このときの振動子との位相を演奏との位相差として定義した。

$$\dot{\theta} = \omega(1 + k \cdot \sin \theta) \quad (1)$$

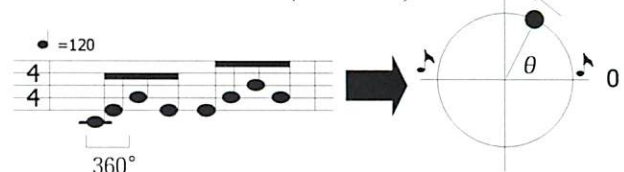


Fig.2 Relationship between music and walking rhythm

3. 評価実験

3.1 実験手順

20代の健康な大学院生3名を対象に平坦で長い直線においてWalk-Mateとの協調歩行実験を行った。初めの60sec間自由歩行(state 1)をし、次の120sec間Walk-Mateと協調歩行(state 2)を行う。そして最後に60sec間の自由歩行(state 3)を行う。全体としては240sec間の歩行である。被験者に対しては右足に関節固定装具を用いて左右の脚が非対称になるように設定した。被験者に提示する音は、音楽提示とリズム音提示の差を明確にするために"線路は続くよどこまでも"と足音に対応するリズム音の両方を使用した。この順序は被験者によってランダムである。このときの被験者とWalk-Mateの目標位相差は0radで結合係数は0.15を使用して計測を行った。

3.2 評価指標

歩行周期は足首に装着された2軸加速度センサ(アナログ・デバイス, ADXL202E)によって計測される。評価指標としてはWalk-Mateの有効性評価実験でも用いられた歩行運動の円滑性として歩行周期ゆらぎを用いる。なお歩行ゆらぎは歩行リズムの周期の変化量の絶対値として定義し、この値が大きいほど歩行運動におけるゆらぎが大きくスムーズではない不安定な歩行を示していることになる。

3.3 実験結果

本節では開発を行ったWalk-Mateの支援効果を従来のWalk-Mateから得られている知見を元に検討していく³⁾。一例としてFig.3aにリズム音と音楽を使用した際の人間の歩行ゆらぎの時系列変化を示す。図中の矢印は協調歩行の開始と終了の時刻を示す。Fig.3bにそのゆらぎを示す。Fig.3cに平均値の比較を行う。また被験者全員の結果としてTable 1, Table 2にゆらぎの平均値とt検定によるp値を示す。表中の**は5%以下の有意差,*は10%以下の有意傾向をそれぞれ示す。

State 1の歩行周期ゆらぎに対してState 2のゆらぎの平均値が小さくなっていった。この点に関しては従来のWalk-Mateの実験結果からも一致している。リズム音の場合、Sub-

ject D以外の被験者に関してゆらぎの平均値はstate 1に比べてstate 2が有意に減少する傾向が得られた。このことは歩行周期が安定化していることを示している。音楽ではすべての被験者において歩行ゆらぎが有意に軽減した。また、提示する音が音楽の場合と歩行の場合の特徴的な違いとして、5名中4名の被験者でstate 2からstate 3において音楽を提示したほうが安定性効果が持続する傾向が得られた。

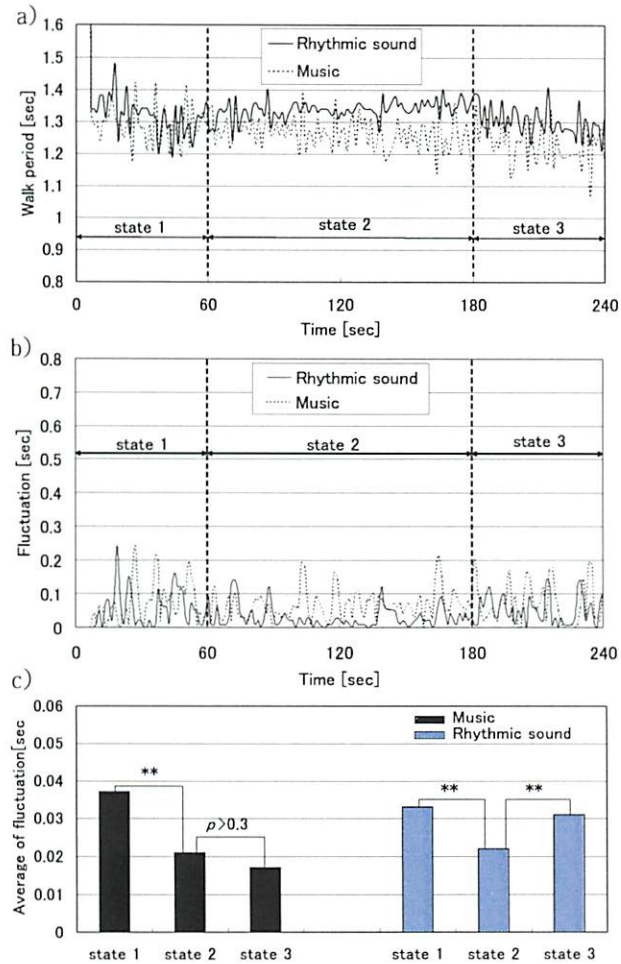


Fig.3 Temporal development of fluctuation

Table.1 Average of fluctuation on music

(*: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$)

	state 1	state 2	state 3
Subject A	0.021	0.011	0.011
Subject B	0.077	**	0.88
Subject C	0.037	*	0.38
Subject D	0.029	**	**
Subject E	0.024	**	0.72

Table.2 Average of fluctuation on rhythmic sound

(*: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$)

	state 1	state 2	state 3
Subject A	0.028	0.013	0.025
Subject B	0.055	**	**
Subject C	0.033	**	**
Subject D	0.024	0.14	0.12
Subject E	0.033	**	0.29

3.4 1/fゆらぎによる評価

持続効果が得られた被験者の協調歩行時における歩行周期のパワースペクトルを算出した。Fig.4aに音楽を用いた場合、Fig.4bにリズム音を用いた場合それぞれのパワースペクトルと近似直線の一例を示す。4名中3名の被験者が音楽を用いた場合にリズム音に比べてスペクトルの傾きが-1に近づくいわゆる1/fゆらぎが得られた。健康者の歩行周期は1/fゆらぎに近づくことが報告されており⁶⁾、この結果は音楽を用いた場合に歩行周期ゆらぎレベルで健康な歩行に近づいたことを示唆している。

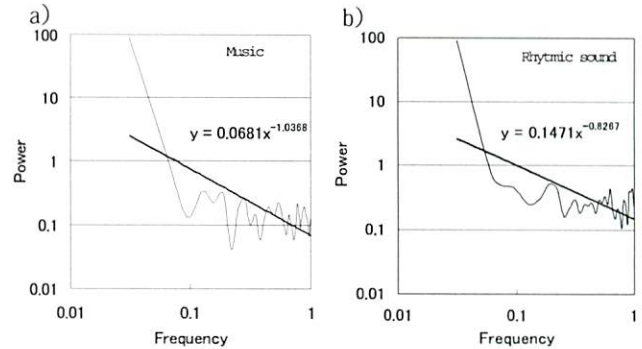


Fig.4 Power spectrum of Walk period

3.5 心理的評価

音楽とリズム音の心理的側面への影響を測るためにアンケートによる調査を行った。質問は口頭で

- ・音楽とリズム音ではどちらが歩きやすかったか？
 - ・音楽とリズム音ではどちらが音に合わせやすかったか？
- の2つについて質問した。調査は実験を終えて2分間経過した後に行った。結果として、全員が音楽のほうが歩きやすく、かつ合わせやすいと回答した。

4 まとめと考察

今回、共創型インタフェースをもつWalk-Mateを基に、人間の歩調に合わせるように音楽演奏を行うWalk-Mateの開発を行い、共創的な音楽運動療法の再構成を試みた。評価として歩行運動の円滑性という身体的な側面と、アンケートによる心理的側面から行った。身体的側面の変化においては協調歩行時に歩行運動のゆらぎが低減し安定化する従来のWalk-Mateと同じ効果が得られていた。そして音楽を提示したほうが歩行運動の安定化効果が持続する傾向が4名の被験者において見られた。その内3名の歩行周期のパワースペクトルの傾きが1/fに近づいた。これらの結果は身体的側面からの有効性を示すものである。また主観的評価によっても有効性が示唆された。今後は実際の患者にも適用し、有効性を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 長谷川, 中島: 寝たきりにさせない看護術(第5章, 自立のための介助, 誘導, 62/74), 医学芸術社(2001)
- 2) 三宅, 宮川, 田村: 共創型コミュニケーションとしての人間-機械系, 計測自動制御学会論文集 Vol.37, No.11, 1087/1096(2001)
- 3) 高梨, 三宅: 共創型介助ロボット"Walk-Mate"の歩行障害への適用, 計測自動制御学会論文集(in press)
- 4) Thaut, McIntosh, rice: Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation, Journal of the Neurological Sciences, Vol151, Issue2, 207/212(1997)
- 5) Kobayashi & Miyake: New Ensemble System based on Mutual Entrainment, Proc. of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics(SMC2002), Hammamet, Tunisia, MP1J1 pp.1-6 (2002)
- 6) 多賀: 脳と身体の動的デザイン(第2章, 歩行における脳と環境の強結合, 65/67), 金子書房