

視聴覚情報による歩容変化を目的とした 歩容フィードバック装置の提案

岡崎 大輝^{*1} 安藤 優人^{*1} 高田 悠輔^{*1} 小林 洋平^{*2} 武藤 剛^{*1}

Gait-feedback Training Device by Virtual Audiovisual Information to vary the gait

Daiki Okazaki^{*1}, Masato Ando^{*1}, Yusuke Takada^{*1}, Yohei Kobayashi^{*2}, Takeshi Muto^{*1}

Abstract - The purpose of this study is to suggest and to develop the Gait-feedback training device to change and vary the user's gait by virtual audiovisual information. The device we suggest contain the function to display, in real time, the model gait and the user's gait as the virtual footsteps and the CG images overlapped each other, which let the user to perceive the difference of gait with the model's by visual and auditory senses. This study reports the developed Gait-feedback training device and an example of the use.

Keywords: Gait-feedback, Motion capture, Audiovisual information and Physical Adaptation

1. はじめに

人が歩いている様子（歩容）には、様々な違いがみられ、その人の体調や個性を垣間見ることができる。例えば、私たちは他者の歩容を通して、その人の健康状態や年齢などの身体状態の評価をする上での目安とすることや、美しく安定な歩行動作を見て、その人に良い印象を抱くことがある。また、歩いている様子は、その人の感情^[1]などの非言語情報を伝えるメディアとしての役割を担っている^[2]ことも知られており、歩行者の感情を機器により推定する手法の提案もなされている^[3]。

本研究は、そのような他者の印象形成に関わる非言語のメディアとしての側面を持つ「歩容」に注目し、その

歩容を様々な補正することを支援する装置の開発を目的としている。

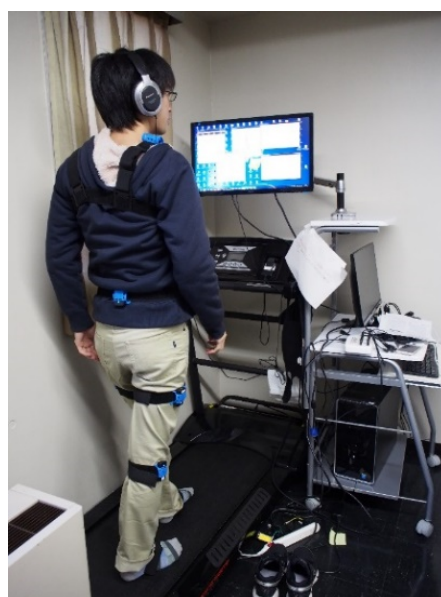


図2 歩容フィードバック装置を使用している様子
Fig.2 An example of the use of Gait-Feedback device.

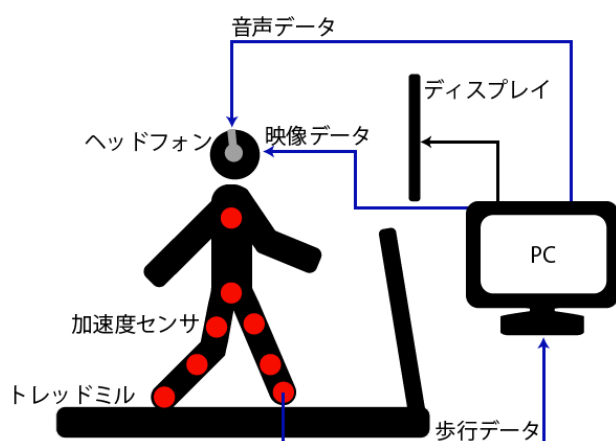


図1 歩容フィードバック装置
Fig.1 Gait Feedback system.

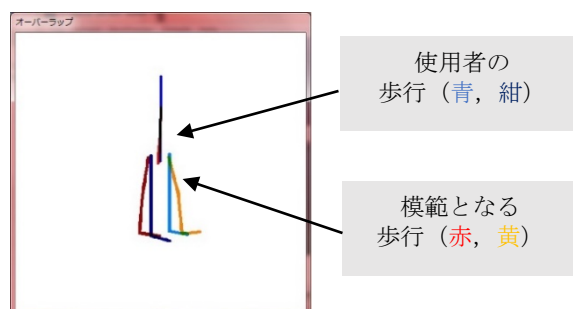


図3 提示される歩容映像
Fig.3 CG image of the gait.

*1: 文教大学 情報学部 情報システム学科

*2: (株) 脳機能研究所

*1: Department of Information Systems, Faculty of Information and Communications, Bunkyo University

*2: Brain Functions Laboratory Inc.

著者らは、これまで主に聴覚的な刺激提示による歩容訓練装置の提案と、その有効性評価を行ってきた⁴⁾。本研究では、自分の歩容と模範となる特殊な訓練を受けた理想の歩容の双方を視聴覚情報の提示によってリアルタイムで知覚しながら自身の力で歩容の補正を行う、歩容フィードバックと呼ばれる手法の提案と、それを機能として実装した装置のプロトタイプ構築及び、その実際の使用例を紹介する。

2. 歩容フィードバック装置

提案する歩容フィードバック装置は、図 1, 2 のように構成されている。使用者は小型センサを胸、左肩、右肩、左右上腕、左右下腕、左右手、腰、左右上脚、左右下脚、左右足、頭の、合計 17 個を身体に付着する形式のモーションキャプチャ装置（イエイ立体空間モーションキャプチャシステム、YEI Technology 社製）を装着し、トレッドミル（AFW1109, ALINCO 社製）上を任意の速さで歩行できる。また、トレッドミル上には、デスクトップ PC（Inspiron Desktop 3847, DELL 社製）に接続された液晶ディスプレイ（VE248H, ASUS 社製）が設置されており、使用者はそこに CG として表示される歩容の視認と、PC から提示される模範となる歩容の足音に相当する仮想的な接地音を聞きながら歩容の補正訓練を行うことができる（図 3）。

また、使用者に装着されている小型センサ（図 4）には、それぞれ 3 軸のジャイロセンサ、3 軸加速度センサ、地磁気センサが内蔵されており、それらによって取得された情報が、2.4GHz 帯の独自の無線通信により、PC に接続されたテレメータ装置に転送される。その後、カルマンフィルタによるノイズ除去が行われ、各センサのローカル座標系の x, y, z 軸それぞれに関し、絶対座標系における向きの各単位ベクトルが算出され、60 Hz のサンプリングレートでデスクトップ PC 上に記録される。

なお、装置を使用する際には、使用者へのセンサを装着が完了し、使用前に、直立静止状態でキャリブレーションが行われる。その際、使用者から見て正面方向を x 軸、上方向を y 軸、右方向を z 軸となるようにデータの補正はなされた。



図 4 モーションキャプチャシステムの小型センサ
Fig.4 A sensor device of motion capture system.

使用者に提示される CG は、独自に製作したソフトウェアにより、モーションキャプチャ装置からリアルタイムで得られる使用者の歩容及び、事前に記録された模範となる歩容の、双方を同時にオーバーラップさせる形式で、CG 及び、接地音としてとして表示す機能が実装されている（図 3）。また、CG として提示される歩容の向きは、使用者が視認しやすい向きに自由に変えることができる。

また、訓練中の歩容データは 17 個の小型センサが取得した、絶対座標系における向きの各単位ベクトルの時系列データとして csv 形式のファイルとして保存され、その歩容を CG として表示する際のデータ及び、使用者の歩容状態の評価に用いることができる。

3. 使用試験

20 歳代の男子大学生 1 名の協力のもと、下記の 2 パターンの歩容を計測し、装置の使用試験を行った。

Free 条件：

トレッドミル上を任意の速さ（自身が普段歩いている速さ）で 1 分間歩行

Training 条件：

装置による模範歩容の映像提示と接地音の提示を受けながら任意の速さで歩行

また、Training 条件の際に用いる模範歩容のデータは、過去に 3 年間柔道選手としての訓練を受けた経験のある、立位及び、歩行の姿勢が安定している 20 歳代の健康な女性の協力のもと、その女性が Free 条件で歩行した際の歩容データを対象として作成した。動作試験では、使用者に対し、模範の歩容データとリアルタイムの使用者の歩容が、図 3 のように、体幹及び下肢に関し、双方がオーバーラップする形式で提示された。

4. 結果と評価

提示される模範歩行に対する使用者の歩容の適応性を評価するため、左側の脚部データ（左上脚、左下脚、左足）に対応するセンサから得られた歩容データに基づく xyz 軸の各単位ベクトルの線形和のベクトルを各部位の方向ベクトルと定義し、その時間変化データを使用者の歩容を評価するデータとして用いた。

これを踏まえ、使用者と模範歩行に関し、双方の各部位の方向ベクトルの方向の角度の違いを歩容のずれと定義し、その時間変化を図 5 示す。すると、いずれの部位に関しても、歩行開始直後に比べ、後半では、ずれの値が減少する傾向にある様子が見られる。

このような傾向を定量的に評価するため、使用開始直後から 15sec までを前半、使用開始 45sec 後から 60sec までを後半とし、それぞれの歩容ずれの平均値の比較を行

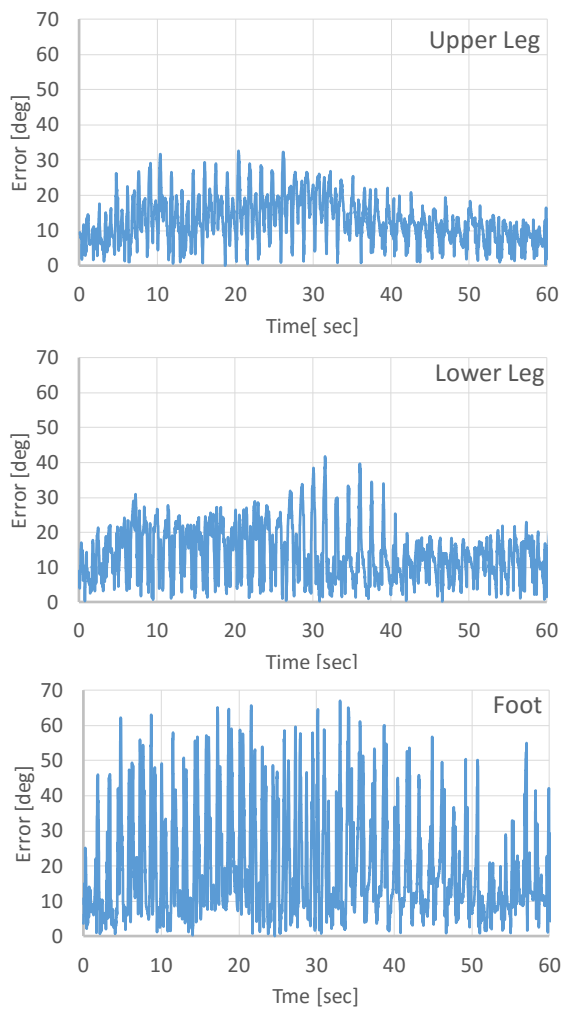


図5 体験者と模範の歩容ずれの時間変化
Fig.5 Error of gaits between a user and a model.

った．(図 6) すると，全ての部位において，前半にくらべ，後半のほうが，有意に歩容ずれが小さくなる傾向になることが明らかとなった（Student t-test, $p < 0.001$ ）．このことから訓練の開始直後に比べ，訓練の後半では，歩容ずれがより小さくなる傾向にあったことが考えられる．

また，使用者と模範，双方の各部位の方向ベクトルの向きの違いに関する傾向をより詳細に検討するため，双軸成分（上方向）に関し，水平面（地面）に対する角度

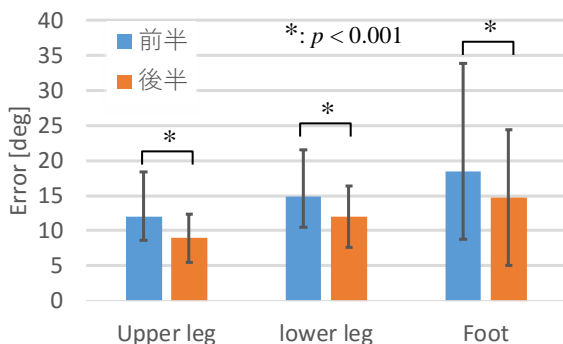


図6 体験者と模範の歩容ずれの前後半の比較
Fig.6 Comparison between early and latter parts of errors of gait.

の時間変化を求め，それを双方の相関図として図 7 に示す．すると，いずれの部位に関しても，前半（使用開始直後から 15sec まで）は，後半（使用開始 45sec 後から 60sec まで）と比べ，その分布の傾きが小さいことが見て取れる．これに対し，後半では多くの部位に関し，正の

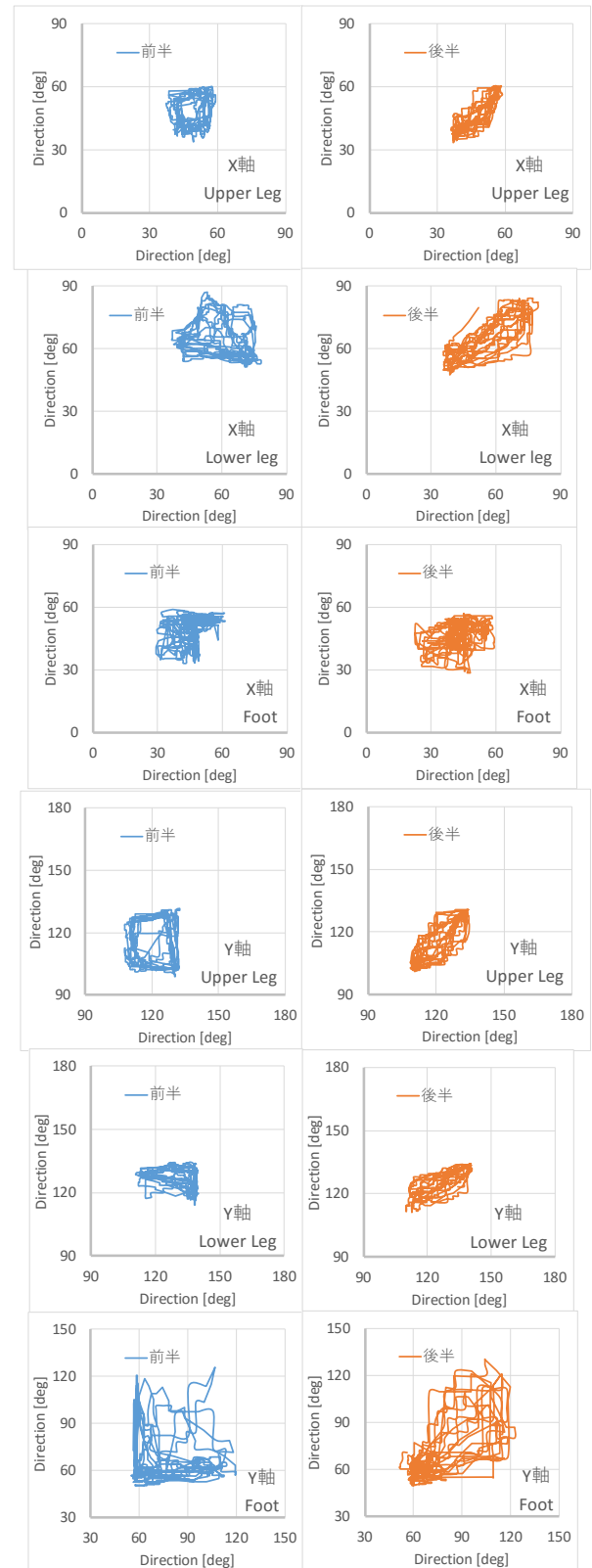


図7 体験者と模範歩容の時間変化の相関図
Fig.7 Correlation diagram between a user and a model.

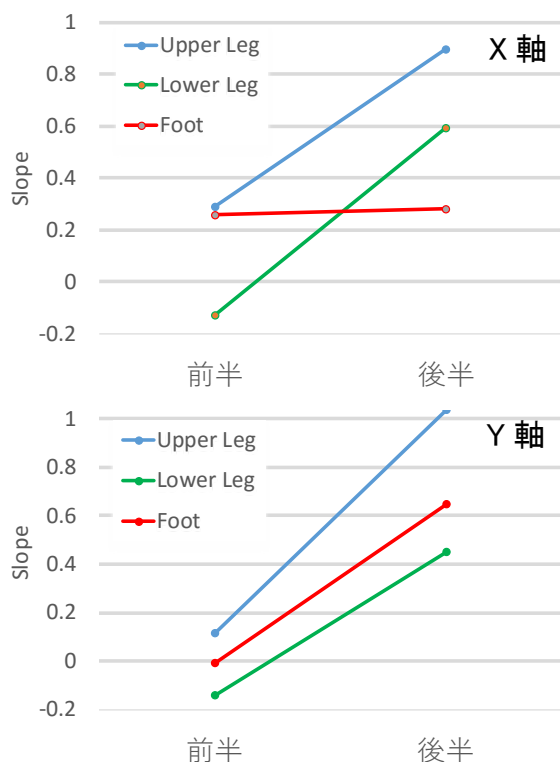


図8 使用者と模範歩容の相関の傾きの比較
Fig.8 Slopes of Correlation between a user and a model.

相関となる傾向がみられた。このような傾向を、定量的に評価するため、双方の各部位の方向ベクトルの x 軸成分（正面方向）と y 軸成分（上方向）に関し、各部位の相関図に関する回帰直線の傾きを示す。すると、x 軸に関しては、足を除いた、左上脚、左下脚の回帰直線の傾きの値が、前半に比べ、後半のほうがより 1 に近い正の値となっていた。また、y 軸に関しては、すべての部位に関し、x 軸の場合と同様に回帰直線の傾きの値が、前半に比べ、後半のほうがより 1 に近い正の値となっていた。また、これらの x 軸、y 軸双方の 3 部位に関する、回帰直線の傾きの値の前半と後半の変化の大きさに関しても有意に大きくなっている傾向（Student t-test, $p < 0.005$ ）にあることが明らかとなった。

以上のことから、本装置により提示される模範歩行の歩容データ対し、訓練が進むにつれ、使用者の歩容とのずれが減少する形式で、類似した時間変を伴い、歩容が適応していたと考えられる。

5. まとめ

本研究では、自分の歩容と模範となる歩容の双方を視聴覚情報の提示によってリアルタイムで知覚しながら自身の力で歩容の補正を行う、歩容フィードバックと呼ばれる手法の提案と、それを実装した装置のプロトタイプの構築及び、それを使用した際の結果例の紹介を行った。

特に、1 min の訓練の中で、装置の使用者の歩容データである下半身 3 か所（左上脚、左下脚、左足）向きに相当する方向ベクトルが、模範となる歩容とのずれの時間

変化に関し、試験の後半に向かっていくにしたがって、徐々に減少していく様子が見られた。また、使用者と模範、双方の各部位の方向ベクトルの x 軸成分（正面方向）と y 軸成分（上方向）に関し、各部位の相関図に関する回帰直線の傾きを評価したところ、試験の後半に向かっていくにしたがって、1 に近い値となる傾向にあることも明らかとなった。このことから、本装置を用い歩行訓練により、使用者の歩容とのずれが減少する形式で、使用者が、模範歩容と類似した時間変を伴い、徐々に適応していたことが考えられる。

以上のことは、本提案装置に実装されている模範となる歩容を提示する機能が、使用者が自身の歩容を適切に補正し、より模範となる歩容を随意的に再現できる可能性を示唆するものである。

今後は、様々な模範歩容を対象とした歩容補正訓練の評価試験を進めることを予定している。例えば、福祉分野において、高齢者や障がい者の歩容を模範とすることで、若年者が、高齢者や障がい者の歩容を外的な拘束を伴わない随意的な運動形式により体験することが可能となり、装具などで強制的に拘束されることなく、高齢者や障がい者の歩行体験をすることができると考えられる。また、他者から良い印象を得るための歩容訓練装置としての活用として、エンタテインメント分野や芸術分野における演技者やモデルのウォーキングの訓練に活用することも考えている。

謝辞

本研究は、科研費 25350679（他者との身体的な相互作用に基づく歩行機能の獲得支援技術に関する研究、研究代表者：武藤 剛）の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Montepare, J. M., Goldstein, S. B., Clausen, A.: The identification of emotions from gait information. *Journal of Nonverbal Behavior*, **Vol. 11**, pp.32-42 (1987).
- [2] 岩田, 佐々木, 春木: 歩行スタイルからの感情識別および特性抽出, *ヒューマンサイエンスリサーチ*, **Vol. 10**, pp.57-67 (2001).
- [3] 田村, 淡野, 石井, 唐: 加速度センサを用いた感情を込めた歩行動作の識別実験, *知能と情報*, **Vol. 22**, No. 1, pp. 65-72 (2010).
- [4] Muto, T., Herzberger, B., Hermsdoerfer, J., Miyake, Y., Poeppel, Y.: Interactive cueing with Walk-Mate for Hemiparetic Stroke Rehabilitation, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **Vol. 9**, No. 58, pp. 1-21 (2012).