

ウェアラブル光ファイバを用いたランニング支援のための聴覚フィードバックシステムの開発

Auditory feedback system for running support using wearable hetero-core fiber optics

小山 勇也†
Yuya Koyama

渡辺 一弘†
Kazuhiro Watanabe

1. 研究背景

スポーツやリハビリテーションでは、被験者は特定の身体動作を練習によって習得する事が求められる。身体動作のフィードバックシステム[1]は、指導者を伴わない日常的なトレーニングにおいて、初心者が基本動作を学習するためのツールとして有用であると考えられる。そのようなツールは、練習者に可能な限り拘束性を意識させることなく身体動作を計測するものが望ましい。従来の動作計測システムには、慣性センサをウェアラブルセンサとして用いたフィードバックシステム[2-4]が挙げられる。このシステムは、練習場所を限定されずに練習することができるシステムとして有用性があるが、身体部位の加速度や角速度を計測するためにセンサ筐体を身体に計測部位に直接取り付け、身体への拘束性は避け難い。また、積算誤差に対する補償を必要とするためシステムが複雑になるといった課題を有する。

一方、軽量・柔軟な光ファイバの特徴を持ったヘテロコア光ファイバセンサ[5]は、変位量や圧力などの物理量を光強度変化のみで簡便に計測可能であるという特徴を有する。本センサを練習者が着用するスポーツウェアに取り付けることにより、身体に対する拘束性を抑えるために有効であると考えられる。これまで、ヘテロコア光ファイバセンサをスポーツウェアに取り付け、身体動作によって生じる伸縮変位量を検出することにより、肘や体幹における屈曲動作や回旋動作を計測可能である事が確認されている[6]。

本稿では、ヘテロコア光ファイバをウェアラブルセンサとして応用することによって拘束性を可能な限り除去し、練習者がリアルタイムに身体動作の変化を把握可能な、実用性のあるスポーツフィードバックシステムを提案する。また、比較的日常生活でのトレーニングに向いているランニングを例に、被験者の走行動作に対して教

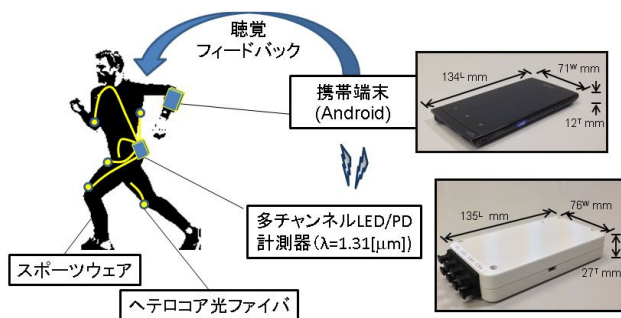


Fig. 1 聴覚フィードバックシステム

示音をフィードバックする実験を行い、本システムの有用性について検討した。

2. 聴覚フィードバックシステム

Fig.1 に提案するフィードバックシステムの概要図を示す。練習者は市販のスポーツウェアを着用しており、ウェアの表面には伸縮量を検出可能なヘテロコア光ファイバ伸縮センサが取り付けられている。練習者の動作に対して生じるウェアの伸縮変化は、光強度変化として多チャンネル計測器(サイズ: 76^w x 135^l x 27^t mm)によってサンプリング数 50Hz で計測される。モニタされた光強度情報は、Android OS によって動作する携帯端末に Bluetooth を介して送信される。本研究では、ランニングを行う際にポイントとなる動作として脚の動作範囲と歩数に着目し、それらがトレーニング中において適切な状態であるかどうかを判断し、必要に応じて練習者に音声を教示するための Android アプリケーションを携帯端末に実装した。

Fig.2 に脚動作に対する伸縮センサの応答結果を示す。伸縮センサはスポーツウェアの腿部上面に取り付けられており、脚の屈伸動作に対して生じるウェアの伸縮量の変化を検出可能である。この伸縮量の時間微分によって、走行中の脚の繰り返し動作における動作範囲が抽出される。さらに、走行ペースを把握するための指標として、一回の動作に要する時間から 1 分間における歩数が算出される。

3. 実験結果

Fig.3 に、AndroidOS 上に実装した走行動作に対するフィードバックのためのアプリケーションのフローチャートを示す。本システムでは、練習者の左脚における屈曲

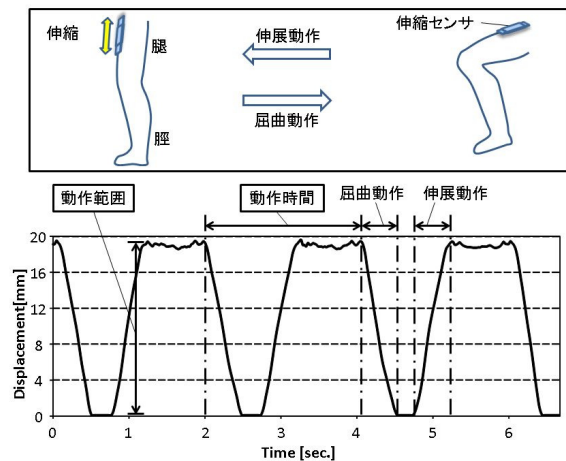


Fig. 2 脚動作に対する伸縮センサの応答結果

動作を検出するヘテロコア光ファイバ伸縮センサからの光強度変化情報から、走行動作における動作範囲や歩数をモニターする。光強度値は前処理において 8Hz のローパスフィルタによって平滑化される。次に、走行中の脚の屈曲・伸展動作を検出するために時間微分値が計算される。時間微分値によって検出された脚の動作範囲の値は平均化され、動作回数 20 回おきにフィードバックの判定が行われる。尚、フィードバックされる音声は、動作範囲の値が基準値を満たしていない場合には「足が下がってきていますよ」、基準値を満たしている場合には「その調子です」と出力される。一方、練習者がリアルタイムに走行ペースの増減を把握できるように、一回の動作に要する時間から算出された 1 分間における歩数もまた動作回数 20 回おきに通知される。基準値である 160 歩を下回っている場合は、教示音として 170 回/分の tap sound が出力されるが、練習者はこの tap sound に合わせて動作を行うことによって走行ペースを増加させることができる。

4. 実験結果

Fig. 4 及び Fig. 5 に、音声フィードバックが行われた際の、左脚に取り付けられた伸縮センサの実時間応答結果

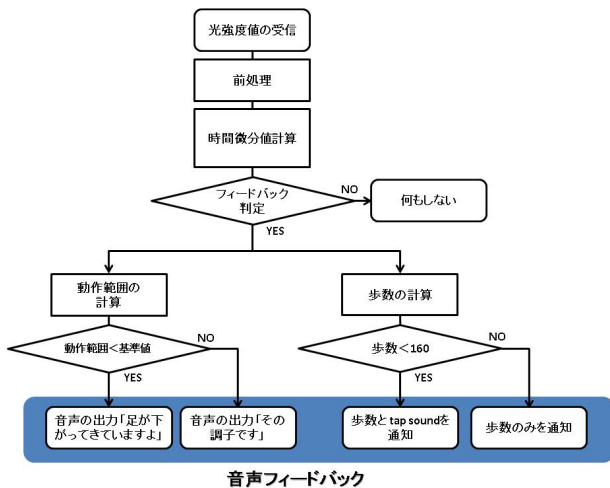


Fig. 3 アプリケーションのフローチャート

を示す。練習者は 6km/h に設定されたルームランナー上で走行動作を行った。Fig. 4 では動作範囲に対するフィードバックが行われており、「足が下がってますよ」という音声出力された。ここで、練習者は自身の動作が小さくなっていることを音声のみによって把握し、自身の動作を意識的に大きくすることで動作を改善した。

一方、Fig. 5 では歩数に対するフィードバックが行われている。Fig. 5 より、動作時間 830msec. から算出された歩数は約 145 であり、「140 です」と音声出力された。さらに、歩数が 160 を下回っているため tap sound が出力された。その結果、練習者は tap sound のリズムに走行動作を同調させることによって、歩数を約 166 に増加させた。

5. まとめ

本稿では、日常生活のトレーニングにおいてスポーツ初心者がリアルタイムに身体動作の変化を把握可能な、実用性のある動作フィードバックシステムを提案した。その結果、走行動作中における練習者の動作範囲や歩数は適切な状態であるか判断され、必要に応じて練習者に音声フィードバックが教示された。本システムはコーチの代わりとなり得るトレーニングツールとして有用である事が確認された。

参考文献

- [1] Chi, E.H. et al., Pervasive Computing, IEEE, 4(3), 22-25, 2005.
- [2] G. X. Lee et al., IEEE Trans. Instrum. Meas., 59(5), 1309-1317, 2010.
- [3] Gopalai, A.A. et al., Mechatronics, IEEE/ASME Trans., 16(5), 827-834, 2011.
- [4] Van der Linden et al., IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.60(1), 104-113, 2011.
- [5] K. Watanabe et al., IEICE Trans. Electron, E83-C(3), 309-314, 2000.
- [6] Y. Koyama et al., IEEE Trans. Instrum. Meas., 62(4), 828-836, 2013.

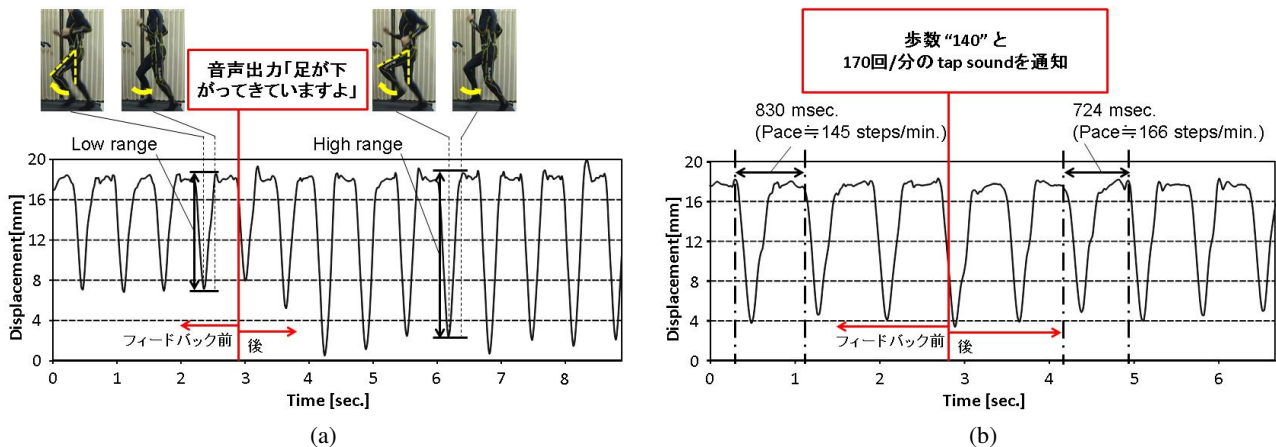


Fig. 4 聴覚フィードバック時における伸縮センサの実時間応答結果
(a) 動作範囲に対するフィードバック (b) 歩数に対するフィードバック