

小型センサーを用いた自動ランニングコーチングシステム

身体運動科学研究領域

5015A016-9 金 小康

研究指導教員: 菅田 雅彰 教授

1. はじめに

近年, IoT やビッグデータの技術進展に伴い, 様々な遠隔健康診断サービスやその結果をリアルタイムにフィードバックする運動アプリが増えている. 長距離競技のコーチングにおいて, センサー技術を用いた研究の一つに, 尾崎らによる「スマートフォンを用いたスケーティングの分析と支援」(2010)[1]という自動コーチングに関する研究がある. この研究によって, 携帯に搭載された GPS センサー・方位センサー・傾きセンサーのデータに基づいて運動フォームに関する指示をリアルタイムにフィードバックするシステムが実現されている. 一方, ランニングアプリを使用してランニングする人が増えている. ランニングの距離やペースも携帯の GPS センサーや加速度センサーによって計測でき, 自分の運動量や調子などがすぐわかる. しかし, 依然として, 一般のランナーが, 競技専門の上級者のように, 常にコーチから運動フォームに関するアドバイスを得ることは難しい. 日本人のランナーの 95% 程度はプロネーションを起こしていると言われている[2]. このねじれが大きすぎるとオーバープロネーションと言って膝や脛の傷害に繋がる危険性も高まる.

そのため, センサーを用いた自動ランニングコーチングシステムを構築することによって, 誰もが, いつでも, どこでもリアルタイムにランニングフォームアドバイスを自動的に得ながらフォームを修正することが可能になると考え, 本研究を進めることにした.

2. 本実験

2.1. データ収集

本実験では, 一般ランナーとして, 被験者 7 名と競走部の上級者 3 名を被験者とした. 図 (1) のように, 被験者の足, 下腿, 大腿, 背中上部の 4 ヶ所に LPMS-B 型センサー(図 2)を装着し, トレッドミル上で時速 8, 10, 12, 14, 16 km の 5 種類の速度でランニングを行い, その動作データをサンプリング周波数 100Hz で測定した. また, 参照情報として, センサーの測定と同時に高速カメラを用い, 毎秒 120 コマで動画撮影も行った.

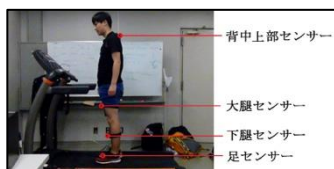


図 1 センサーの装着



図 2 センサー

2.2. 動作特徴分析

収集したデータのうち, 背中上部 Y (前頭面に垂直軸), Z 軸 (横断面に垂直軸), 大腿, 下腿, 足 X 軸 (矢状面に垂直軸) の回転角度を対象として, 以下の動作特徴を抽出した.

- (1) 走行時のピッチ周期
- (2) 各部位の角度データの変動範囲
- (3) 各部位の角度データの極値間の振幅差
- (4) 各部位の角度データの最小時点を基準とした極値時点のタイミング
- (5) 大腿の最小時点を基準とした他の部位の極値時点のタイミング
- (6) ピッチの周期揺らぎ
- (7) ピッチの振幅揺らぎ

3. 動作特徴の検定

抽出した 55 種類の動作特徴に関して, 5 段階のランニングスピードごとに一般ランナーと上級者間での平均動作特徴の差異に関して T 検定を行った.

表 1 有意差(p<0.05)が認められた動作特徴

速度	8km/h	10km/h	12km/h	14km/h	16km/h
結果					
<0.01		relative p1 of foot x	peak range p1-p3 foot x	peak range p1-p3 foot x	peak interval p1-p1 thigh z
				peak range p1-p3 foot x	peak interval p1-p1 thigh x
				relative n1 of body z	Other leg x
				relative p1 of body y	peak range p1-p3 foot x
					relative n1 of body z
<0.03					relative p1 of body y
					relative p1 of body z
					relative p1 of body y
					Other body y
					peak range p1-p3 foot x
<0.05					Other body y
					Other body y
					Other body y
					Other body y
					Other body y

T 検定の結果, 全走行速度において, 有意差が認められた動作特徴は, 足の第 1 極値と第 3 極値の間の振幅差 (表中の peak range p1-p3 foot x) と 足の第 1 極値と第 2 極値の振幅差 (表中の peak range p1-p2 foot x) であった. これらの動作特徴は, 足が一番前に伸ばす時点の角度と完全に接地している時の角度の差に対応している.

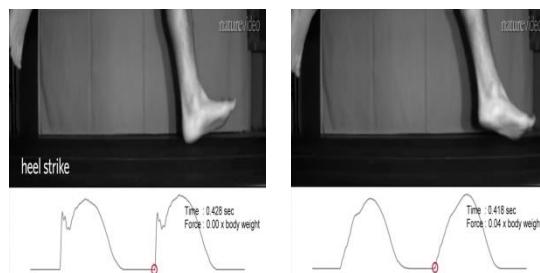


図 4 接地方法と衝撃の関係図

先行研究[3]によれば、図4のように踵接地は一瞬间に踵に負担をかけることが明らかになっている。また、フラット接地もしくはつま先接地はより緩やかに足に負担をかける。したがって、一般ランナーの接地方法の改善が求められている。

4. 自動ランニングコーチングシステム

4.1. システムの機能

システムは、動作データの測定、動作特徴（足の第1極値と第3極値の間の振幅差）の分析を自動的に行い、動作特徴を10段階に離散化した数値の音声指示をユーザーにリアルタイムにフィードバックする。

4.2. システムの構成

ランニング自動コーチングシステムの構成を、図5に示す。

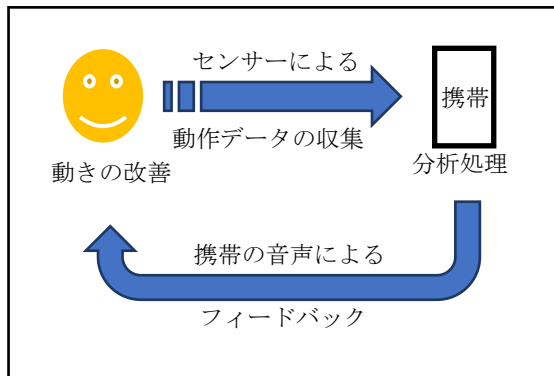


図5 自動コーチングシステムの構成

4.3. システムの効果の検証

4.3.1. 実験方法

効果の検証は、一般ランナー8名と競走部の長距離ランナー4名を対象として実験を行った。被験者の足に本実験と同様に、LPMS-B型センサーをつける。被験者にシステムの指示音声の数値の意味を伝えた後に、トレッドミル上で時速10kmの走行速度でランニングを行う。指示が提示される時間は60秒とし、引き続き指示なしで15秒間、ランニングを継続した。指示が提示される時間区間では、システムによる運動フォームの学習効果を検証し、指示なしの区間では学習効果の持続性を検証する。

4.3.2. 実験結果

実験の結果、図6に示すように、上級者たちは最初から最後まで、所望の足接地（平行接地）に対応する目標値1付近の数値を全走行区間で持続した。特に、30秒後、連続的に目標値1を出す学習効果も見られた。

一方、一般ランナーでは、被験者により収束する時間の違いはあるものの、指示フィードバックにより、踵接地から所望の平行接地に徐々に変化し、フィードバックが切断される60秒以降も平行接地が持続しているのがわかる。

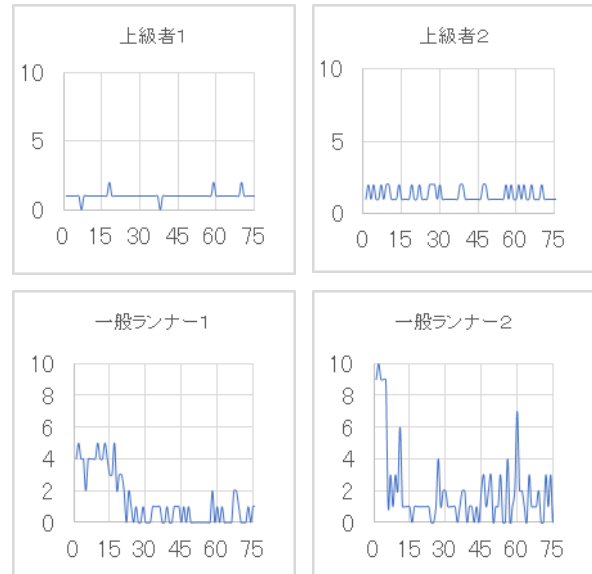


図6 指示番号の経時的変化
(横軸:時間 縦軸:指示番号)

5. 結論

本研究で構築したランニング自動コーチングシステムは、現時点ではすべての人に対して効果があるとまではいえないが、比較的多くの一般ランナーについて、上級者の接地方法に接近させる効果が認められた。また、上級者に対しても、自分のフォームをリアルタイムにチェックすることも可能になる。さらに、ランニングの評価がリアルタイムに得られるため、このシステムを使って、ランニングの面白さが増えたという声もあった。

ただし、ランニング運動の接地方法を改善するには、ただ足が接地瞬間での地面に対する角度を調整するのみならず、全身の動きにも影響してくる。今後、足の接地方法だけでなく、他の身体部位に関する指示の出し方、指示内容を充実・改善することによって、全身の動きを考慮し、より効果的に所望のランニングフォームに近づけることができる自動コーチングシステムの開発が期待される。

(参考文献)

- (1) 尾崎 惇史, 藤田 悟: “スマートフォンを用いたスケーティングの分析と支援”, 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.9, No.3, pp.473-476(2010) .
- (2) 櫻井 智野風: “ランニングの科学”, 株式会社秀和システム, pp.39-40 (2011) .
- (3) RISE “ランニングの科学を簡単に: 踵接地 vs. つま先接地 (Science of Running)”, Online video.YouTube,2015.6.17.Web.2016.12.1.