

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700632

研究課題名(和文)リアルタイム運動情報フィードバックによる運動指導法

研究課題名(英文)The real-time exercise guidance using the acceleration-sound converter

研究代表者

塩澤 成弘(Shiozawa, Naruhiro)

立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授

研究者番号：30411250

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円、(間接経費) 480,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は携帯型加速度モニタ装置によって得られた運動情報を音情報に変換し、リアルタイムにユーザーに運動情報をフィードバックすることで走動作の向上を目指すものである。本研究では、まず種々の加速度/音変換方式を検討し、その検討結果を基に加速度情報を音情報に変換する携帯型装置を開発した。また、本開発装置の検証実験として、走動作に本装置を適応し、走動作の変化を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aim to improve the running-motion by the sound/ acceleration converter based on the portable acceleration monitoring device that we developed. The converter feeds back the user's motion information to the user in real time. In this study, we have developed the portable converter. Furthermore we conducted verification experiments for the device that we have developed.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、身体教育学

キーワード：運動指導 生体計測 ウェアラブルコンピュータ

1. 研究開始当初の背景

ジョギング、ランニングなどの走行動作を含むスポーツや日常生活の動作の改善を考えた場合、その動作を評価し、その情報を何らかの形でフィードバックする手法は多く提案されている。体育やスポーツの指導現場においては、指導者が対象者の動作を観察し、対象者に言葉によってフィードバックを行ったり、ビデオカメラなどで動作を撮影し、その動作を対象者一人もしくは指導者などの第三者とともに観察させたりすることでフィードバックを行っていることが多い。この場合、主観に基づき評価とフィードバックしているため、指導者や運動者の十分な経験やスキルが必要である。また、画像処理ソフトやモーションキャプチャシステムなどを用いて定量的に動作分析を行い、フィードバックすることもあるが、これらの方法は高額な設備が必要になるため、導入できる現場は限られている。

一方、申請者はこれまで携帯型の加速度モニタ装置を開発し、本装置をスポーツ動作の分析や歩行分析に応用してきた。本装置は身体運動の代表点である体重心付近の加速度をモニタすることができる。加速度情報には運動指導にも重要と考えられる運動情報を多く含んでいる。本研究では以上の現状とこれまでの研究の到達点を踏まえ、体重心加速度をリアルタイムに音声に変換することで体重心加速度、および体重心加速度のパターンを対象者(運動学習者)にフィードバックする装置を開発し、それを走動作の運動学習に実際に用いて効果を検証することで、本手法の確立を目指す。

2. 研究の目的

本研究では申請期間内に以下の点を明らかに、もしくは実現することを目的とした。

- (1) リアルタイム運動情報フィードバック装置(ハードウェア)の開発
- (2) 加速度 - 音声変換方法の検討と検証実験

3. 研究の方法

- (1) リアルタイム運動情報フィードバック装置(ハードウェア)の開発

本研究では、体重心位置の加速度変化に着目し、図1のように携帯型加速度装置を基礎としたリアルタイム運動情報フィードバック装置の開発を行った。さらに音声への変換方法は様々なものが考えられるため、効果のある加速度/音変換方法の検討を行った。

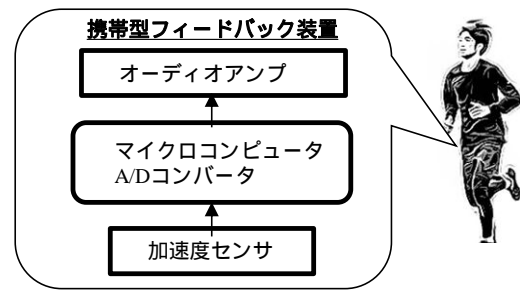


図1 提案する装置の概要

- (2) 加速度 - 音声変換方法の検討と検証実験

まず、体重心加速度を音声に変換する方法として、体重心加速度の変化に対して閾値を設定し、その閾値を超えれば音を鳴らす方法(閾値条件)、体重心加速度の大きさを音の周波数にして変化させる方法(周波数変換条件)の二つのパターンを検討した。

閾値条件では、3軸加速度センサから得られた体重心加速度が、ある定められた閾値を超えれば音が鳴り、音が鳴れば、音が鳴らないように走行を試みてもらうという方法を検討した。しかし、この方法では基準である閾値を挟んで入力の小刻みに変化した場合、チャタリングと呼ばれる意図しない出力の振動が起こるため、実用上における問題が考えられる。そこで、不感帯を基準となる閾値の上や下もしくは上下に設けた。不感帯を設けることにより、一度どちらかの状態になった場合、この不感帯を抜け出すまでは、その状態を維持し、安定した結果が得られるようにした。

周波数変換条件では、得られた体重心加速度の大きさを音の周波数として出力する。フィードバックをする場合、被験者に見本の音(目標音)をはじめに聴いてもらい、その音の高さの変化と同じようになるように走ってもらう方法を検討した。

以上の2手法で用いる閾値条件の閾値や周波数変換条件における目標音の作成には上級者走行中の体重心加速度を取得し、その加速度を用いて見本となる音および、閾値決定を行った。

検証実験では、光学式モーションキャプチャシステムを用いた動作の計測を行った。モーションキャプチャカメラは周回コースの途中に設置した。まず被験者のトレーニング前の走動作の測定を行った。つぎに被験者を無作為に5名ずつのグループ分け、それぞれ装置のフィードバックがない条件グループ、周波数変換条件でトレーニングを行うグループ、閾値条件によるトレーニングを行うグループとした。このトレーニング前の測定の約1週間後に週1回10分間の走行を2回測定した。ただし、2回の測定の間に被験者の任意のタイミングで各自、装置を装着し 15

分間の練習を 2 回実施してもらった。また、装置はランニング用ウエストポーチに入れ腰部正面に装着してもらい、加速度センサは腰部背面に装着してもらった。走動作の変容は、取得した加速度およびモーションキャプチャシステムから計測した。装置および 3 軸加速度センサを装着する位置を図 2 に示す。被験者は健常男性 15 名(年齢:21.9±1.33 歳、身長:172.3±4.74cm、体重:64.5±7.29kg)とした。



図 2 装置の装着位置

4. 研究成果

(1) リアルタイム運動情報フィードバック装置(ハードウェア)の開発

本研究で開発した加速度/音変換によるフィードバック装置には、8bit 分解能のワンチップマイコン (AVR ATmega 328P、ATMEL 社製) を搭載したマイコンボード (Arduino Uno R3)、3 軸加速度センサ (CXL10GP3、Crossbow 社製)、データ保存用に micro SD、Arduino ボードに 5V の電源を供給するためにモバイルバッテリー (QE-QL103、Panasonic 社製) を使用した。Arduino ボードおよび、モバイルバッテリーを 125(W)×75(H)×35(D)[mm] のプラスチックケースにおさめた。加速度センサ、モバイルバッテリーおよび Arduino ボードを含めた重量は 285[g] (うち 3 軸加速度センサ 46[g]、モバイルバッテリーは 80[g]) である。サンプリング周波数は 80Hz とした。装置の外観を図 3 に示す。音声の出力には本装置に内蔵した圧電スピーカを用いた。



図 3 装置の外観

また、3 軸加速度の軸方向としては、図 4 のようにした。

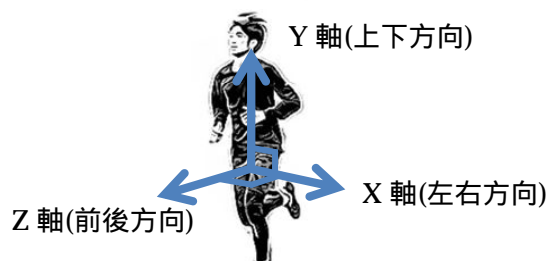


図 4 加速度の軸方向

(2) 加速度 - 音声変換方法の検討と検証実験

加速度 音変換方法の変換条件の詳細に関しては、上級者および一般健常男性 15 名の 10 分間走動作中における体重心加速度を取得し、比較することで決定した。上級者は大学陸上競技部の長距離選手とした。上級者と一般健常男性との体重心加速度を比較したところ、X 軸方向(左右方向)の加速度において、最も大きな差異がみられたため、X 軸方向において、閾値を設定した。プラス方向に体重心加速度が閾値を超えた場合には高い音(1000Hz)が、マイナス方向に体重心加速度が閾値を超えた場合には低い音(500Hz)が鳴るように設定した。

検証実験では、モーションキャプチャシステムから走動作におけるストライドおよびピッチを評価した(図 6、7)。

モーションキャプチャシステムから評価したストライドは、周波数条件グループにおいて、1 回目の測定に比べ 2、3 回目は減少し、1 回目と 2 回目では有意差 ($p<0.05$) がみられた。また、有意差は認められなかったものの 2 回目より 3 回目のストライドの方が大きくなる傾向がみられた。ピッチにおいては、3 つの群すべてにおいて減少し、閾値によるフィードバック方法において 1 回目と 3 回目、2 回目と 3 回目において有意差 ($p<0.05$) がみられた。また、見本の音の周波数に合わせるフィードバック方法において 1 回目と 2 回目、1 回目と 3 回目において有意差 ($p<0.05$) がみられた。2 回目はストライドおよびピッチともに低下するため、走速度が 1 回目に比べ低下したと考えられる。それに対し 3 回目においては、ピッチは低下しているが、ストライドが大きくなる傾向がみられたため、走速度が 1 回目に近づいたと考えられる。これは、練習によりフィードバック方法に慣れてきたと結果だと考えられる。

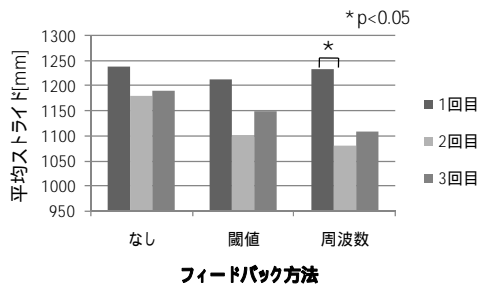


図5 スライドの変化

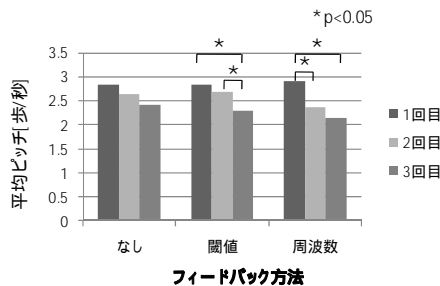


図6 ピッチの変化

以上のように本研究では、音情報に変換した体重心加速度をリアルタイムにユーザーにフィードバックする携帯型装置を開発した。検証実験では、2種類の音変換方法によっていずれも走動作を向上させることができる可能性を示すことができた。周波数変換条件に関しては、検証実験に参加した被験者から「目標音を覚えるのが難しい」といった意見がみられた。これは、本手法は1歩毎にリアルタイムに情報をフィードバックするものであるため、周波数変換条件ではフィードバックされる情報量が多くなり、ユーザーに混乱を招いたと考えられる。このことから、閾値条件の方がより容易にフィードバックが行うことができると考えられる。

本装置はモーションキャプチャ装置に代表される従来の動作解析手法に用いられる機器と比べて、情報量が少ないものの非常に安価であることや毎歩リアルタイムに情報をフィードバックすることで精度や情報量の少なさを補っていることが特徴として挙げられる。また、1歩辺りの情報量が多かったとしても、周波数変換条件の被験者が述べているようにリアルタイムにフィードバックする情報量が多くなった場合、ユーザーにとって分かり難くなってしまおうと考えられる。よって提案手法の閾値条件のように必要最低限の情報をフィードバックした方が実用的であり、その点で運動指導には加速度情報のみで十分であると考えられる。

本装置が実用化されることで、近年増加しているジョギングやマラソン愛好家、または陸上競技初心者などが、熟練した指導者の指

導や高価な機器が得られない環境でも正しい走動作を手軽に身に付けることができることが期待できる。また、本研究では、本手法の典型例として走動作に着目したが、他の動作にも応用することができると考えられるため、新しい運動指導方法としての発展も考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

著者名: 奥野 彰文、塩澤 成弘、論文標題: 加速度 / 音変換による運動指導のためのフィードバック装置の開発、雑誌名: 電子情報通信学会技術研究報告、査読: 無、巻: MBE2013-121、発行年: 2014、ページ: 35 - 38

[学会発表](計 2件)

発表者名: Shin Arai、Naruhiro Shiozawa、Masaaki Makikawa、発表標題: Portable Acceleration Monitoring Device for Walking Ability and Fall Risk Assessment、学会名等: uHealthcare 2012、発表年月日: 2012年10月26日、発表場所: Gyeongju, KOREA

発表者名: Naruhiro Shiozawa、Shin Arai、Shima Okada、Masaaki Makikawa、発表標題: Relationship Between Fall Experiences And Acceleration Of Center Of Gravity Of Body During Sit-To-Walk Motion、学会名等: World Congress 2012 Medical Physics and Biomedical Engineering、発表年月日: 2012年05月28日、発表場所: Beijing, China

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塩澤 成弘 (SHIOZAWA Naruhiro)

立命館大学・スポーツ健康科学部

准教授

研究者番号: 30411250