

Situated Music: インタラクティブジョギングへの応用

酒田 信親^{*1*2} 興梠 正克^{*2} 大隈 隆史^{*2} 蔵田 武志^{*1*2}

Situated Music: An Application to Interactive Jogging

Nobuchika Sakata^{*1*2}, Masakatsu Kouroggi^{*2}, Takashi Okuma^{*2} and Takeshi Kurata^{*1*2}

Abstract –We define Situated Music as a framework that selects and plays a tune according to a situation. The selected and played tune itself is also referred to as Situated Music. In this paper, we describe Interactive Jogging, that is an application of Situated Music for jogging. Measuring pitch acceleration with an accelerometer attached on a headphone, we estimate a mileage of the jogging. And then we provide certain music, which has certain tempo based on the measured pitch and mileage, to the jogger. Due to this, Interactive Jogging may keep the jogger a runner motivated and augment an amusement aspect of jogging.

Keywords: Situated music, Interactive jogging, Wearable computing, Augmented reality, Human-computer interface

1. はじめに

近年、多数の楽曲を記録可能な携帯音楽再生機器が普及している。しかし、入力/表示デバイスが小型であるため、特にユーザが移動している場合や両手を使っている場合に選曲・再生・停止などの操作の負担は大きい。そのため、ユーザの状況や環境に即した楽曲が再生されると操作の負担が軽減すると考えられる。例えば、歩行中・運転中という2つの状況を把握することができれば、歩行から車の運転に移行した時に携帯音楽再生機器で再生中の楽曲を自動的に停止したり、ヘッドフォンに出力する代わりに車のスピーカに出力したり、運転に合うように選曲したりすることが可能となる。このように、ユーザの状況や環境に即し選択・再生される楽曲やそのための枠組みを Situated Music こととし、本稿では、この Situated Music を以下に示すインタラクティブジョギングへ適用することを提案する。

インタラクティブジョギングとは、刺激と反応による相互作用のループによって走者にその目標を達成させるための枠組みや、その枠組みの中でのジョギングそのものことである (図1)。ジョギング中の走者の状況に基づき、目標に応じて走者に何らかの刺激を与え、その刺激に走者が反応して状況が変化することで、次に与えられる刺激が変化する。走者に与える刺激には、視覚・聴覚・痛覚に基づくものが考えられ、反応には速く走ったり、そのままの速さを維持したり、遅く走ったりすることが考えられる。

筆者らは、インタラクティブジョギングの中で走者に与える状況に基づく刺激として Situated Music を採用し、

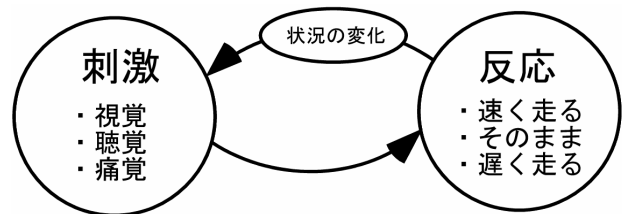


図1 インタラクティブジョギング

これを携帯音楽再生機器上で実現することを目指す。この場合のインタラクティブジョギングは、このインタラクティブジョギングは、ユーザの状況を装着型のセンサにより推定し、ユーザの設定した目標と推定された状況に基づいてプレイリストや楽曲を選択したり、楽曲にエフェクトを施して再生したりする機能を有するものとする。

以下、本稿ではまず、ユーザの走行ピッチに基づいて Situated Music を提供するインタラクティブジョギングシステムについて述べる。次に、それを実現するためのセンシング手法、ジョギング中における Situated Music の提供方法について述べ、最後に二通りの適用例を示す。

2. インタラクティブジョギングシステム

本稿では Situated Music をユーザへの刺激として提供するインタラクティブジョギングのシステムを提案する。提案システムではユーザの状況に基づいて、選ばれた楽曲やエフェクトが施された楽曲を提供するので、ユーザの状況を推定する手法が必要である。また、状況に基づいてユーザの運動量を推定し、無理なくユーザに目標を達成させるために、ユーザの意識・無意識に働きかけることで運動量を自然に調整する手法も必要である。

本システムではユーザの状況を推定するため、ジョギング中のピッチを基準にする。検出したピッチにより、歩行・走行の区別、さらには、どのくらいの速さで走っているかを推定することができる。また、検出したピッ

*1: 筑波大学

*2: 産業技術総合研究所

*1: University of Tsukuba

*2: AIST, Japan



提案センサヘッドフォン 試作センサヘッドフォン

図2 センサヘッドフォン

チはユーザの単位時間当たりの歩数に相当する。よって、事前にユーザの走行中の歩幅を測定しておく、この歩幅と検出したピッチを乗算することでおおよその走行距離が算出できる。本稿では、ユーザのピッチを計測するため加速度センサを装着してユーザの加速度を計測し、それらを周波数解析することにした。

ユーザの運動量を調節する方法を実現するための知見として、人間の聴覚に周期音を入力すると、その周期に合わせて歩行運動に代表されるリズム運動に人間が引き込まれる[3][4]。この知見から、一定のテンポで演奏される楽曲を聞かせ、その楽曲のテンポにジョギング中の人間を引き込み運動量が調整できると考えられる。

一般的に携帯音楽再生機器に収録された楽曲は、ユーザ所有の音楽のため、ユーザの嗜好に合致している場合が多い。よって、ユーザは好みの音楽を聞くことでジョギングへのモチベーションを保つことができる。

2.1 センサヘッドフォン

ユーザのジョギングのピッチを検出するための加速度センサを、図2左のようにヘッドフォンのスピーカ部分に取り付ける[7]。この加速度センサ付きのヘッドフォンを、本稿ではセンサヘッドフォンと呼ぶ。ヘッドフォンは、携帯音楽再生機器本体とは異なり、頭部への装着姿勢が決まってくるため、このセンサヘッドフォンにより比較的安定して同じ方向の加速度を計測することができる。また、現在の加速度センサはMEMS技術により小型化されており、図2左に示すように、ヘッドフォンに内蔵することが十分可能である。

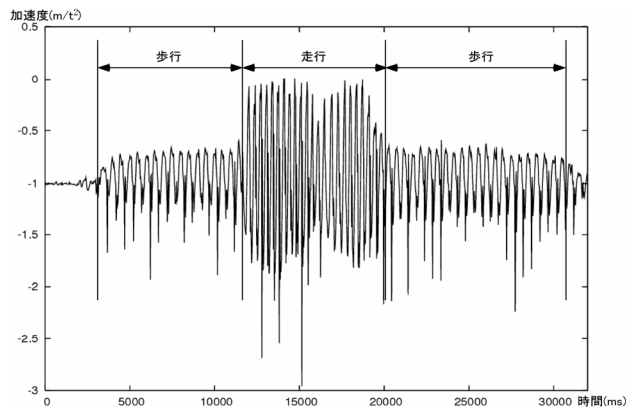


図3 歩行→走行→歩行時の加速度のグラフ

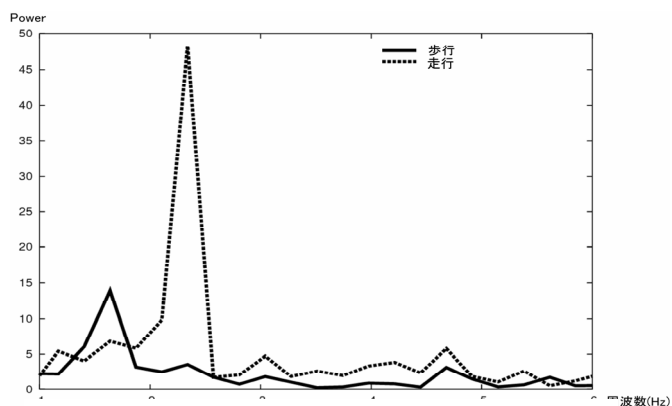


図4 歩行→走行→歩行時の首方向の加速度のFFTのパワースペクトル (0Hz 近傍は載せていない)

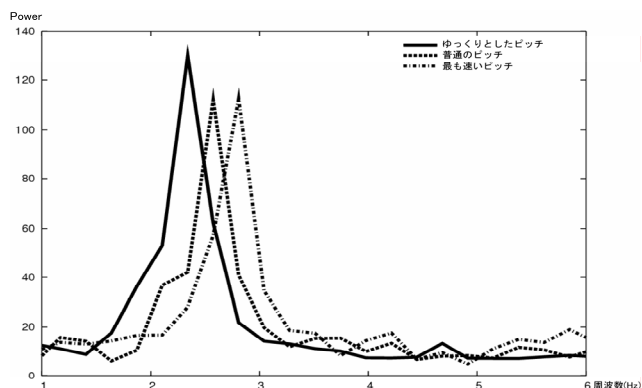


図5 3段階の速さの走行時の加速度のFFTのパワースペクトル (0Hz 近傍は載せていない)

2.2 ピッチ検出によるユーザの状況の推定

加速度からピッチを検出する手順を以下に示す。

1. 加速度センサから、ユーザが直立した場合の重力方向の加速度を計測
2. 計測した加速度を記録して、一定区間ごとに FFT
3. 重力加速度成分がピークとして現れる 0Hz 近傍を除くピークが高い周波数を、ジョギングのピッチと判断

に示すようなセンサヘッドフォンを試作し、上記の手順でピッチを検出して状況を推定する方法が適切に動作するかを検証する実験をした。ここでは、Microstrain 社

製 3DM-G をサンプリングレート 30Hz に設定し、頭頂部に取り付け、内蔵されている加速度センサ（1軸）のみを用いた。頭頂部に取り付けた場合とヘッドフォンに取り付けた場合、計測される加速度の大きさに違いは有るが方向や周期に違いは無く、本稿で提案するユーザの状況を判別する手法には大きな影響は無いと考えられる。

図3は、試作センサヘッドフォンをユーザが着用し、歩行（約8秒）、走行（約8秒）、歩行（約10秒）という一連の動作をした時に計測された加速度を表している。歩行と走行では、振幅と周波数が違うことがこのグラフから判る。次に、図4は図3の歩行と走行の各区間から128サンプル（約4.2秒に相当）抜き出しFFTを施しパワースペクトルを計算したものである。尚、いずれのグラフでも重力加速度が検出されピークが最も高くなる0Hz近傍は描画していない。歩行では、1.6Hz近傍を中心に、走行では2.4Hz近傍を中心に高いピークが検出された。以上の実験結果より頭頂部に取り付けた加速度センサより計測された加速度を周波数解析し、0Hz近傍を除き最もピークが高い帯域とそのピークの大きさを見ることで、歩行と走行の状態を区別可能なことを確認した。

「最も速いピッチ」、「普通のピッチ」、「ゆっくりとしたピッチ」という主観に基づいた3段階のピッチで、試作センサヘッドフォンを付けてユーザに同じ距離を走行してもらった。なお、図3と図4の実験における走行は、普通のピッチに相当する。図5は、3段階の走行で計測された加速度にFFTを施し、各帯域のピークごとに積算したものである。「最も速いピッチ」では2.8Hz近傍に高いピーク、「普通のピッチ」では2.5Hz近傍に高いピーク、「ゆっくりとしたピッチ」では2.3Hz近傍に高いピークを検出した。以上の実験結果より0Hz近傍を除きピークが最も高い帯域を見ることで、運動量の目安となるピッチを取得可能なことを確認した。

また、予備実験の結果から首を傾けたり周囲を見回したりする動作を伴ってもその影響は小さく、試作センサヘッドフォンで走行・歩行の状況や走行のピッチが検出可能という知見を得ている。これ

2.3 Situated Music の提供方法

ユーザへの刺激である Situated Music の提供方法に、検出したピッチに応じた楽曲またはプレイリストを選択し再生するものがまず考えられる。この方法を実現するのに、携帯音楽再生機器に収録された楽曲をいくつかのプレイリストに分けることが必要となる。一般的に、携帯音楽再生機器は多くの楽曲を収録しているので、システムは様々な種類のテンポをもった楽曲を検出したピッチに応じて提供できる。テンポ情報は楽曲から解析するか、もしくは、MoodLogic[5]のようにネット上のデータベースから取得する。次に取得されたテンポ情報を元に楽曲を複数のプレイリストに分ける。何個のプレイリストに分けるかに関しては、検出できるピッチの段階の数

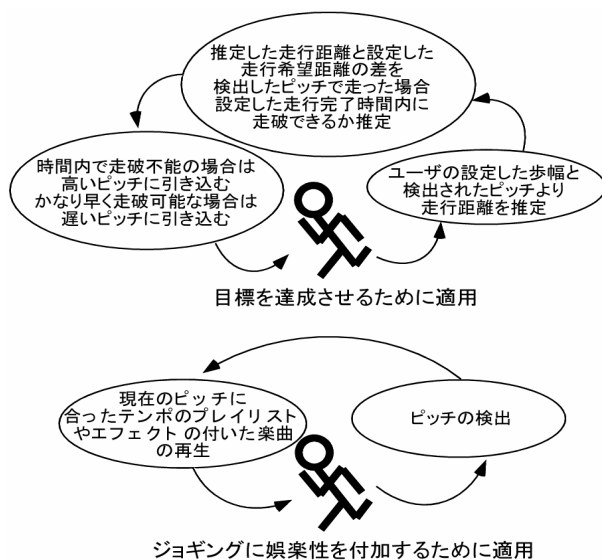


図6 インタラクティブジョギングシステムの適用例

(2.2節だと3段階)でもいいし、その数より多く分けても良い。テンポを細かく分けた場合、同じピッチで継続して走ること、徐々に再生させたいテンポのプレイリストに段階的に近づいていく方法などが実現できゲーム性が高まる。

しかし、同じようなテンポを持った楽曲ばかりを携帯音楽再生機器に収録するユーザもいないとは言い切れない。また、通常の楽曲の再生にエンターテインメント性を付加したい。そこで、検出したピッチに合ったテンポに変えるエフェクトやゲーム性を高めるエフェクトを楽曲にかけ、ユーザに提供する方法も提案する。このエンターテインメント性を付加するエフェクトとしては、強いローパスフィルタを用いて楽曲の低音域しか聞かせないもの、楽曲を検出したピッチにあわせた速度で再生するもの、楽曲に元来無い音を付加しゲーム性を高めるもの等が考えられる。

3. インタラクティブジョギングシステムの適用例

構築したインタラクティブジョギングシステムの二通りの適用例を示す。一つは、図6上のように検出したピッチが事前に設定したユーザの目標を達成できるか計算し、目標を無理なく達成させるピッチに引き込むためのものである(適用例1)。もう一つは、図6下のようにジョギング中のユーザのピッチに基づいた Situated Music を聞かせ、ジョギングのエンターテインメント性を高めるためのものである。

適用例1としては、例えば、走行距離の算出に使う歩幅と、目標である走行希望距離と走行完了時間を、ユーザがあらかじめ設定し、それを達成させるものが挙げられる。もし現在のピッチのまま走行すると時間内に完走できないと推定された場合は、テンポの速い曲を集めたプレイリストを選んだり、楽曲にエフェクトをかけて速

く再生したりすることでユーザを高いピッチに引き込む。一方で、走行完了時間より早く着きすぎる場合は、テンポの遅い曲を集めたプレイリストを選んだり、楽曲にエフェクトをかけて遅く再生したりすることでユーザを低いピッチに引き込む。また、あまりにも設定したピッチより早く走っている場合には、歩行のピッチに合うテンポのプレイリストを選ぶか曲の再生がかなり遅くなる強いエフェクトをかけて再生する。これにより運動量を管理し、ユーザの身体への過負荷を未然に防止し、怪我を防ぐ効果が期待される。

適用例2としてはシステムがエンターテインメント性を高める具体例として、検出されたピッチで走り続けるとそのテンポに近い楽曲を持ったプレイリストが選択されたり、ピッチにあったテンポになるエフェクトがかかった楽曲が再生されたりするものが考えられる。また、ダンスダンスレボリューション[6]の様に、走り初めは低音域以外ほとんど聞こえていないが一定のピッチで走り続けると次第に大音量で全音域に渡り聞こえるようになり、更に走り続けると様々なエフェクトが付け加わっていくものも実現できる。

4. 考察

4.1 インタラクティブジョギングに関する考察

本稿で示したインタラクティブジョギングの実装では、3段階の走行を区別したが、より細かい走行の段階が必要なアプリケーションでは加速度センサのサンプリング周波数を上げナイキスト周波数を上げることで、より細かい解像度でピッチを取得できると思われる。また、本実装ではピッチから走行距離を算出したが、慣性センサやGPSなどを統合して移動軌跡を算出する興梠・蔵田の手法[1]を用いれば、現在の手法より精度のよい走破距離の検出が可能になる。

現在の実装では、身体能力は個人によって違うので検出したピッチで実際にどの程度ユーザの身体に負荷がかかっているかはわからない。構築したシステムで身体への負荷を把握するには、検出されたピッチと心拍数や血中酸素濃度の対応を事前に取らなければならない。しかし、ユーザの心拍数や血中酸素濃度などの生体情報を計測するセンサを装着することで対応付けは必要なくなる上、その日の体調に応じて運動量をさらに細かくコントロールできるかもしれない。現在、ユーザの心拍数や血中酸素濃度を測るセンサは、ヘッドフォン部分に内蔵するには充分小型で、ヘッドフォンに内蔵したシステムを実現できる可能性は高い。

提案したシステムではユーザの明示的な入力はいない。Situating Music の提供の基準に入っていない。暦本の UniversalPlaylist [2]の研究で携帯音楽再生機器で大量のプレイリストからユーザの Yes/No のみの入力だけで好みのプレイリストを選択する機能がある。この研究を参考に

すると、よりユーザの嗜好にあった Situating Music を提供できる可能性がある。

4.2 Situating Music に関する考察

場所、天気、風景を状況の情報を取得し Situating Music を実現する方法も考えられる。この場合、装着したGPS、地磁気、湿度、大気圧などの各センサや、ネットワーク上の情報により、それらの状況を把握して音楽を提供する。例えば、ユーザが特定の音楽を特定の場所に結びつけ、他のユーザがその場所に来てその楽曲を聞くことで雰囲気共有できるシステムが考えられる。具体的には、他のユーザが感じた雰囲気を GPS の緯度経度情報や地磁気情報など、現在のユーザの居場所とどの対象物に頭を向いているかを特定する。この特定した情報に対しユーザがその雰囲気にあった特定の曲を結びつけデータベースへ保存する。そして別のユーザが同じ場所と同じ方向を向いた場合に、データベースから結び付けられた曲を検索して見つけてその場で再生するとユーザ間で雰囲気共有することができる。

5. おわりに

本稿では、Situating Music を導入したインタラクティブジョギングシステムを提案し実装した。加速度センサをヘッドイヤフォンに取り付け、ユーザの状況として走行のピッチや歩行・走行の状態を検出できることを実験により確認した。また、Situating Music のユーザへの提供方法も示した。

今後、ユーザがこのシステムを使うことで、無理なく目標を達成したり、ジョギングに娯楽を感じたりしたかの検証をする必要がある。

参考文献

- [1] 興梠正克, 蔵田武志: "GPS と歩行動作解析に基づくデッドレコニングの統合によるパーソナルポジショニング", 第 19 回人工知能学会全国大会 (JSAI2005), IA3-03 (2005).
- [2] 暦本純一, UniversalPlaylist: 利用者の嗜好に動的に適合するメディア再生機構, インタラクシオン 2005, (2005).
- [3] 清水博: "生命を捉えなおす 増補版" 中公新書, (1990).
- [4] 田村寧健・三宅美博, "相互適応的な歩行介助システム", 第 10 回自律分散システム・シンポジウム資料, pp. 247 - 250, (1998).
- [5] MoodLogic. <http://www.moodlogic.com>.
- [6] ダンスダンスレボリューション, コナミ <http://www.konami.co.jp/am/ddr/>
- [7] S.Matsushita, A Wearable Communication Modulator, ISWC2002, pp. 166-167, (2002)