

## 歩行時およびジョギング時の情報操作のための 足ステップ入力インタフェース

山本 哲也<sup>†</sup> 塚本 昌彦<sup>††</sup> 義久 智樹<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>神戸大学大学院自然科学研究科

<sup>††</sup>神戸大学工学部

<sup>‡</sup>京都大学学術情報メディアセンター

大容量携帯型音楽プレーヤや携帯電話の普及、小型化、そしてライフスタイルの変化に伴い、歩行時やジョギング時に音楽を聴いたり、携帯電話を利用するケースが増えている。そうした外で動きながらという状況で、携帯型音楽プレーヤや携帯電話のメニュー選択するときに、従来からの手を使った操作では必ずしも操作し易いとはいえない。本研究ではこのような場合に手を使わずスムーズに情報操作のために入力を行うシステムとして、足の動きに着目した足ステップで入力する方式を提案する。両足に3軸の加速度センサを取り付け、通常歩行や通常ジョギングとは異なる足ステップを用いて、ユーザはメニュー選択などのシステムへの入力を行う。

### An Input Interface using Foot Step for Information Handling on Walking and Jogging styles

Tetsuya Yamamoto<sup>†</sup> Masahiko Tsukamoto<sup>††</sup> Tomoki Yoshihisa<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Science and Technology, Kobe University

<sup>††</sup>Faculty of Engineering, Kobe University

<sup>‡</sup>Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

Due to the recent prevalence of mobile phones and portable players, we often jog or walk using them. In such a situation, since our bodies are moving, it is difficult to operate their system. In this paper, we propose an input system using foot step system. Using foot steps is more natural and intuitive for handling information when the user is walking or jogging. The system equips 3-axis acceleration sensors in shoes to distinguish some gestures from walking and jogging. And the system enables a user to operate menu items.

## 1 はじめに

近年の情報機器の小型化、高性能化に伴い、様々な情報機器が生活に入り込んでいる。特に携帯電話や携帯型音楽プレーヤ等は年々多機能化し容量も増大しており、使われ方も多様化している。屋内や電車の中だけではなく、屋外などで歩きながらといった、止まっているのではない動的な環境で使われる機会が増えている。iPod+Nike[1]のように靴にセンサを付け携帯型音楽プレーヤと連携させることで健康管理をするといった商品も事業化されていることから、ジョギング等で屋外で使われるニーズは高いと考えられる。

また、携帯電話や携帯型音楽プレーヤの進化は保存できる容量といった機器のスペック的な進化だけではなく、ヒューマンインタフェース部分においても徐々に進化しており、携帯電話や携帯型音楽プレーヤで従来からあったボタンによる操作だけではなく iPod にみられるようなホイール型でスクロー

ルし続けられる操作方式や、iPhone のようにタッチパネルによる直感的な操作方式へと変わってきている。

しかしながら、いずれの入力方式も手を使ったものであり、どんな状況でも使いやすいとは言えない。例えば、

- ジョギング中に携帯型音楽プレーヤを使っていて、曲を変えたいとき。
- 歩きながら携帯電話でたくさんのメールを流し読みするとき。
- 歩きながら携帯電話でウェブサイトをブラウジングするとき。

このようなときは、歩くことやジョギングの動作とは関係のない動作をいくつかこなさなければならず、動きながらでは操作がスムーズに行えない。そこで、本研究ではこのような場合に手を使わずスムーズに情報操作のために入力を行うシステムとして、足のステップを用いてメニュー選択を行う入力

方式を提案する。両足に3軸の加速度センサを用いて、通常歩行や通常ジョギングとは異なるステップを用いて、ユーザはメニュー選択などのシステムへの入力を行う。いくつかの方法を実装し足ステップによるメニュー選択を実験により評価考察を行う。

iPodの成功はハードディスクを内蔵し、より多くの曲を持ち運べるという以上に、多くの曲の中から聴きたい曲を選択するという地味な作業を、美しい外観とホイールによるクールで楽しい入力インタフェースの力が大きく、入力インタフェースの方法が人々に訴求効果があったのだと考えられる。そして、人の身体性に基づいたセンサを用いた足ステップによる方式もさらに楽しくスムーズに入力させる要素があると考えている。

以下、2章で関連研究について述べ、3章でジョギングの特徴について述べた後、それふまえた提案システムを4章で述べ、5章で評価・考察、6章でまとめを述べる。

## 2 関連研究

加速度センサを用いて人の動きをセンシングする研究としては、ライフログの取得と処理-ウェアラブル、ユビキタス、車-[2]やセンサ装着場所を考慮した3軸加速度センサを用いた姿勢推定手法[3]がある。

[2]は体験を記録するため、加速センサを用いて、ユーザの振る舞いを歩、走、止の3状態で分類している。これは入力インタフェースではなく、コンテキストウェアネスを目的としたものである。さらに、このシステムは加速度センサ以外にも様々なセンサを用いており入力システムとしては応用するには冗長である。

[3]は加速度センサを搭載した携帯電話を使って姿勢を推定するもので、1つの加速度センサの値からもっている人がどのような姿勢を推定する。これも目的はコンテキストウェアネスである。入力システムとしては、データが少なく故意的に動かすことを想定していないので使うことができない。

センサを用いたジェスチャによる入力としては、Ubi-Finger:モバイル指向ジェスチャ入力デバイスの試作[4]があるが、これは手の指を用いたもので手袋状のもので、靴に取り付けたセンサとは違い気軽に付けるようなモノではなく入力のためだけに新たなデバイスを身につける必要があるという問題がある。屋外で気軽に情報機器を操作するためには、新しいデバイスを用いるのではなく普段から身につけているもので入力できることが望ましい。さらに使われる状況を考慮し、その運動の特徴を捉えるため、本研究では靴に加速度センサをつけるといったシンプルな構成での入力方式を用いることにした。

## 3 ジョギングの特徴

近年、携帯型音楽プレーヤを身につけてジョギングする姿や携帯電話を見ながら歩いている姿を見かけることが多くなってきた。

通常これらのデバイスを使うときには、携帯電話や携帯型音楽プレーヤは入力を受け付けるために、ボタン等の入力インタフェースが備わっており、手を使ってそれら进行操作する。この方式は椅子に座っているときなど静止状態においては有効であるが、歩行中やジョギング中では足を動かすことに加えて手にも注意を向けねばならず入力が比較的困難である。

そこで、歩行中やジョギング中であれば常に足を動かしており、この動きを入力インタフェースに取り入れることができればスムーズに自然な入力が可能になると考えられる。さらに、いくつかの通常の歩行やジョギングとは異なる動きを入力として検出できるようにすれば、歩行やジョギングをしながら様々な入力が可能となる。

歩行中やジョギング中の足の動きを入力システムとして取り入れるために、簡単に足の動きをトラックする方法として加速度センサを用いることにする。さらに、足に余分なデバイスがあると走りやすく、装着に手間もかかる。そこで、外に出るときには必ず靴を履くので、両足の靴に3軸の加速度センサを取り付ける。その加速度センサのデータから通常の歩行やジョギングのステップとそれとは異なる動きであるということを解析すれば様々な入力が可能となる。

ジョギングや歩行には、継続的な動作がある。また、ユーザが意識的におこなうことで、意識的な動作も可能になる。以下にそれぞれについて詳述する。

### 3.1 継続的な動作

ジョギングや歩行では、歩みのように、継続的な動作がある。これは、意図せずともジョギングや歩行等では繰り返される動作であり、ユーザが静止している状態では発生しない特徴で、しかも継続的であり普段は意識しないが、多少であればユーザがコントロールすることもできる柔軟性を持っている。この継続的な動作は、例えば、メニュー選択で選択肢を順次選択する操作といったように、繰り返して行う操作に適用できると考えられる。

### 3.2 意図的な動作

ジョギング中においても、足を左に振り上げるなど、意図的な動作が可能である。これは歩行中やジョギング中では通常現れない動作を意図的におこなうものである。この意図的な動作を利用して、メニューを選択するといったユーザの意思を反映した操作が可能になる。

## 4 提案システム

歩行中やジョギング中の足の動きを入力システムとして取り入れるため、両足の靴に3軸の加速度センサを取り付ける。その加速度センサのデータを解析して階層構造のメニューを操作する。なお、映像だけではなく、まだ補助的ではあるが音によるフィードバックを返すことで入力しやすくしている。

### 4.1 システム構成

提案するシステムは、図1のようになる。まず、足の動きの情報を得るために、図2のように両足の靴の底に加速度センサを取り付け、そこから有線で図3にあるマイコンに繋げ、受け取った2つの加速度センサのデータをシリアル通信でPCに送る。PC側では、図4のような画面を表示しており、メニューの表示とその加速度センサの値を解析しメニューへの入力とする役割をする。なお、マイコンにはPIC16F877A、PCにはsonyのvaio-uを用いた。

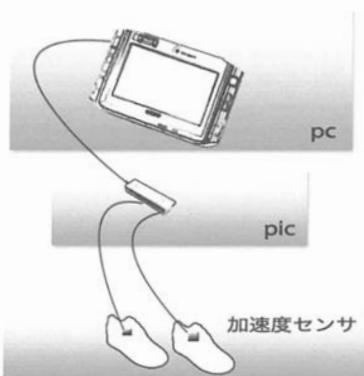


図1: システム構成図



図2: 靴と加速度センサ

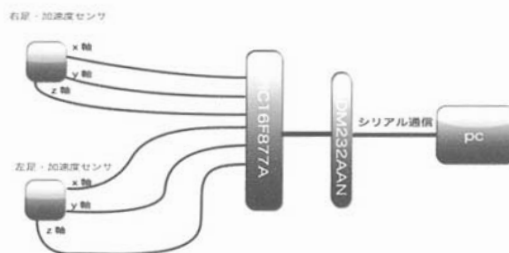


図3: 回路図



図4: スクリーンショット

### 4.2 メニュー画面

今回使ったメニューは図5のようになっており、メニューアイテムが上下にならんでおり、1つのメニューアイテムを選択すると他のメニューに遷移できる iPod のような階層構造をしている。1つのメニュー画面では上下にカーソルが動くものとする。このメニューはリスト構造となっており、ある入力を”決定”する入力とする、次のメニューに遷移し、また別の入力を”戻る”入力とする。よってメニューに対する入力としては”下”に動かす、”上”動かす、”決定”、”戻る”の4つのパターンがある。なお、すべてのメニューに”戻る”項目を設けていて、それを選択して”決定”すると、前メニュー画面に遷移する。ここで、補助的な役割として、メニューの何段階目であるかを数字で読み上げ、次のメニューに遷移もしくは戻る時にも効果音にて知らせる。

### 4.3 データの解析

両足の3軸の加速度センサは図6のような軸の配置とする。前後方向がy軸、横方向をx軸、上下方向をz軸とする。3軸の加速度センサを解析し入力する方法として、しきい値による解析とDPマッチングを用いた解析と2つの方法を用いた。4.2章



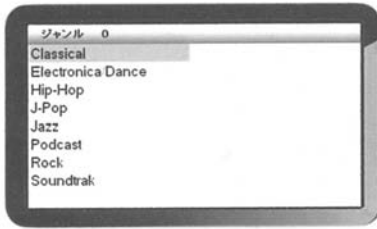


図 5: メニュー画面

で述べた4つの入力方法は以下の2つ方法から選択することができる。

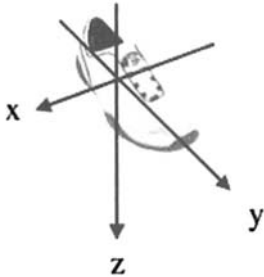


図 6: 加速度センサの軸

#### 4.3.1 しきい値による解析

本システムでは入力としてリアルタイム性が必要とされるので、単純で素早い解析方法としてしきい値による解析を試みた。静止状態の加速度センサの値から、ある設定したしきい値を超えたときにメニューへの入力とする。なお、グラフの表示は静止状態の各軸の加速度センサとの差なるようにしている。

#### 4.3.2 DP マッチング

足ステップによる入力として様々な入力と考えられる。しかしながら上記に述べたしきい値による入力では複雑な動きを入力として検出できない。よって、あるテンプレートにどれだけ近いか検出するためにDPマッチングを用いた。

DPマッチングとは、動的計画法 (Dynamic Programming) を用いて系列になっているデータ同士の類似度を比較するもので、音声認識などに使われている。

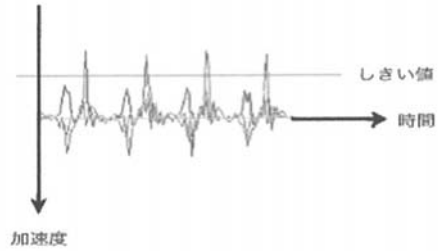


図 7: 加速度センサの値としきい値

今回のシステムではあらかじめ登録された加速度センサの時系列のデータ (テンプレート) を、常にリアルタイムでDPマッチングを行う。テンプレートとどれだけ近いかを判定するために、静止時の加速度センサの値と現在の値をDPマッチングをとったときの値を $\alpha$ とすると、テンプレートと現在の値とをDPマッチングをとった値 $\beta$ が $\beta < \alpha$ であればテンプレートとのマッチングがとれたとしてメニューへの入力とする。

ただし、表1にある通り、常にDPマッチングを行うため、計算時間が長く、しきい値にくらべて誤認識も多い。これは、足ステップは人がするので毎回同じ動きにはならず、加速度のばらつきが大きいためである。しかしながら、通常の歩行やジョギング以外の動きの検知にはDPマッチングが必要である。

しきい値は、計算時間が短く、認識率も高いため、メニューを順にたどるといった使う頻度の高い操作に適している。DPマッチングは、複雑な動きに対応できるため、決定や戻るなど頻度は高くはないが動きにバリエーションが必要などところで必要となる。

	計算時間	誤認識	複雑な動き	複数の動き
しきい値	短い	少ない	対応不可	対応不可
DP マッチング	長い	多い	対応可能	対応可能

表 1: しきい値と DP マッチング

#### 4.4 使用方法

加速度センサが埋められた靴を両足にはき、腰のポーチにpicとPCが入っている。必要に応じてHMD (ヘッドマウントディスプレイ) にて画面を確認することもできる。最初のメニューには”曲”と”登録”と”テスト”の項目があり、”登録”にて

しきい値を使うのか DP マッチングを使うのか、また、DP マッチングの場合、両足の登録か片足の登録かが選択できる。“テスト”には0~9の値が書かれたメニューがあり、メニューは3回遷移できる。入力によりカーソルを動かすとその数字を読み上げるようになってきている。“曲”を選択すると、iPodのように“ジャンル”、“アーティスト”、“アルバム”、“曲”の順にメニューが遷移する。

## 5 評価・考察

足ステップでの入力の評価実験として、4.3章で述べたしきい値と DP マッチングによる入力についていくつかの実験を行った。以下に実験の詳細をそれぞれ述べる。

### 5.1 通常歩行時の加速度センサ値

図8では、右足と左足の3軸の加速度センサの値を示している。横軸は時間であり右に行くほど時間が経過している。縦軸は加速度の値であり、静止時にはほぼ中央の値になる。上側が右足、下側が左足を示す。

このグラフより、左右両足とも、周期的に加速度が変化していることがわかる。これは、一歩踏み出すたびに、両足が同じ動作を繰り返すためである。こういった単純な波形の繰り返し動作の検出にはしきい値による検出ができしており、提案手法では、最も振幅の大きな前後方向である y 軸に対してしきい値を用いている。

### 5.2 通常ジョギング時の加速度センサ値

図9も同様に、右足と左足の3軸の加速度センサの値を示している。ジョギング時の加速度センサの値は歩行時よりも値が大きく振動している。前後方向 y 軸と上下方向 z 軸だけでなく、横方向 x 軸の値の変化も大きくなっているのは、足が地面に着いたときの衝撃が加速度センサに伝わるためだと考えられる。それがノイズとなっているため、歩行時と同じしきい値では誤入力を引き起こす可能性がある。しきい値を用いて通常のジョギングのステップをとるときには、しきい値を歩くときにくらべて少し引き上げている。

### 5.3 DP マッチング

図10は片足の3軸の加速度センサの値で DP マッチングに用いた波形である。これは走りながら片足を後ろに普段より大きく振ったときの動作の加速度の値である。

ジョギング中の足ステップとして、いくつか試してみた結果、y軸が大きく静止時の状態より大きくなる図10のような加速度センサの値となる動作が DP マッチングで判別し易い。

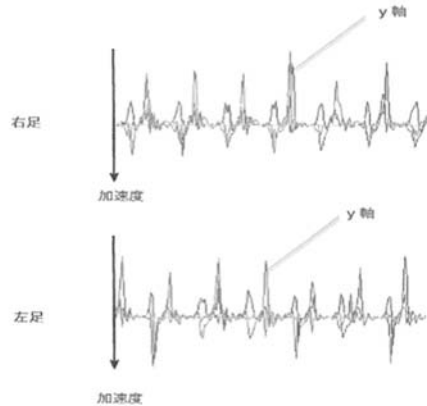


図8: 歩行時の加速度

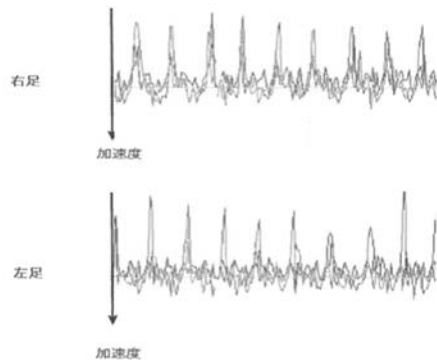


図9: ジョギング時の加速度

図11はジョギング中の右足と左足の3軸の加速度センサの値を示していて、1度右足を後ろに振ったときのものである。このとき、テンプレートの加速度センサの値に近く、静止状態の DP マッチングより類似度が高いと判断され、メニューに入力がおこなわれた。この図10のテンプレートはジョギングの通常動作とも波形が近くないので認識率がよく、また足を後ろに振るだけなので動作も簡単である。

この図10のような DP マッチングのテンプレートの作成方法は、あらかじめ何人かの加速度を計測して取る方法や、個人用にカスタマイズしてテンプレートを作成する方法が考えられる。また、片足だけではなく両足同時に対応したテンプレートも考えられる。テンプレートを幾つか作成することで、様々な入力が可能となる。



図 10: DP マッチングテンプレート

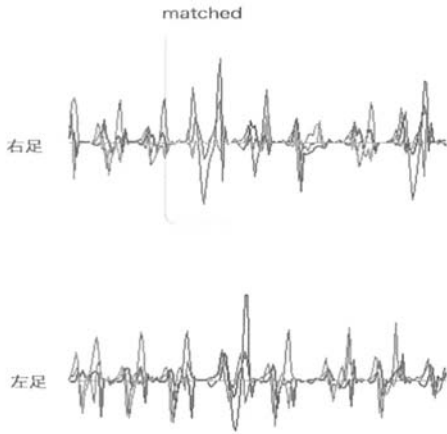


図 11: DP マッチング

#### 5.4 システムの使用感

しきい値による通常ジョギングの足ステップをメニューの”下”, 5.3章で示した DP マッチングのテンプレートの足ステップを”決定”としてメニュー画面を操作してみた。1 歩踏み出すごとにメニュー項目が下がっていくのは直感的にわかりやすいと考えられる。DP マッチングによる後ろに足をあげる”決定”は、足を上げてから、ほんの少し遅れて決定されるので、少々使いにくい面があった。DP マッチングの応答速度を早める必要がある。また、ほかの使いやすいテンプレートを探す必要もある。

### 6 まとめ

本研究では、歩行時及びジョギング時における入力インタフェースとして、足ステップによる入力の設計と実装を行った。このインタフェースにより、歩行時やジョギング時などの移動中のメニュー選択等の入力に対して、足ステップによって入力させることができた。今後の課題として、さらにさまざまな足ステップの発見、DP マッチングの認識率の評価、応答速度の改善や、適切なメニュー構造の模索、音声によるメニューのナビゲーション方法を考えることなどが挙げられる。

#### 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金特定領域研究「情報爆発のための装着型入出力デバイス用いた情報操作方式」(18049058) によるものである。ここに記して、謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] <http://www.apple.com/jp/ipod/nike/>
- [2] 相澤 清晴 ; ライフログの取得と処理 -ウェアラブル、ユビキタス、車-, 人工知能学会全国大会, 2005. 池井 寧, 山崎 仁志, 広田 光一: ウェアラブルセンサを用いた健康情報システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 4, pp. 571-581, 2005.
- [3] 倉沢 央, 川原 圭博, 森川 博之, 青山 友紀; センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法, 情報処学会研究報告, ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (UBI-11-3), 2006.
- [4] 塚田 浩二, 安村 通晃; Ubi-Finger: モバイル指向ジェスチャ入力デバイスの研究; 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, 2002.