

情報機器利用のための足ステップ文字入力方式

山本哲也[†] 塚本昌彦^{††} 義久智樹^{†††}

様々な場所や機会でもメモや検索など情報機器に対して文字を入力するためには、両手が塞がっている場合など従来の手を使った入力が困難な場合がある。そこで本研究では、足の動きを使った足ステップ文字入力方式を提案する。靴に加速度センサを取り付け足のジェスチャ等によりメニュー画面を操作して文字を入力できるため、機器を取り出したりすることなくいつでも気軽に文字入力ができる。なるべく大きな動きを必要としないような足の動かし方について、今回実装したものを紹介する。実験により、いくつかのメニュー形態について検証し、足ステップによる入力が有効な状況について考察を行った。

Foot Step Character Input Methods for Information Devices

TETSUYA YAMAMOTO,[†] MASAHIKO TSUKAMOTO^{††}
and TOMOKI YOSHIHISA^{†††}

In order to input character to information appliance for memo or retrieval anytime anywhere, we find it difficult to input by hand when both hands are not available. In this paper, we propose an input system using feet. The system enable us to input character simply without taking a appliance from our pocket, since we can operate character input menu by shoes which equips 3-axis acceleration is embedded. We show the gestures of feet that contain less movement to input the system that we implemented, and evaluated the structure of menu.

1. はじめに

情報機器に対して文字を入力することで、メモを残し情報を保存したり、友人にメールを送る、ブログに書き込むなどのコミュニケーション手段、googleなどの検索システムへの入力として情報を引き出しすことが可能となる。現在、高機能な携帯電話の出現によりどこでも文字入力ができ、家の中だけでなく街や公園でこれらの機能を使うことができる。

しかし、PCや携帯電話などでの文字入力のためのインタフェースはキーボードや数字ダイヤルキーのボタン入力であり、ハンズフリーではないため、両手が塞がっているときなど、どんな状況でも入力できるわけではない。また、メモをする場合は思いついたときにさっと入力することが重要なポイントの一つであり、

携帯電話などの機器を取り出さずに入力できた方がよい。

そこで、本稿では足の動きにより情報機器に対して文字入力をハンズフリーでおこなうことを提案する。本研究グループでは足の動きである足ステップによる入力方法について研究をおこなっており、足の動きを用いることでハンズフリーに対応し、靴にセンサを埋め込むことで新たなデバイスを身につける必要がなく、気軽にいつでも文字を入力することができる¹⁾。

文字を入力すると想定する状況としては、街中でカバン等の荷物を両手でもっている場合、両手で本を持っている場合、工作機などを動かしている場合、座って知人と会話しているときなどのあからさまにメモをとったり情報検索したりする行為が適当ではないとき、楽器を練習しているときなど挙げられる。これらの状況にあるときに足による入力という手段があれば文字入力することが容易となる。

将来、HMDなどの視覚的に情報を常に表示できる装置を身につけている場合に、常に文字が入力できる状態にあることで、メモを残したり、情報を検索したりすることを気軽にできることがさらに重要となる。

以降、2章ではセンサを用いた入力インタフェース

[†] 神戸大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kobe University
^{††} 神戸大学工学部
Faculty of Engineering, Kobe University
^{†††} 京都大学/学術情報メディアセンター
Academic Center for Computing and Media Studies,
Kyoto University

についての関連研究について記す。3章では足による入力の特徴について述べ、いくつかのジェスチャについて説明する。4章では足による文字入力システムを提案し、その設計と実装について記す。5章では提案するインタフェースについての評価実験を示し、結果について考察する。6章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

靴にセンサを取り付けるものとして Nike+iPod²⁾ や Paradiso らによる Dancing Shoes³⁾ がある。Nike+iPod では靴にセンサである振動板を取り付けジョギングデータを iPod へ送ることで、距離や時間、ペース、消費カロリーなどを確認できるサービスである。ジョギングのデータを簡単に管理することが可能であるが、入力インタフェースとしては利用できない。

Dancing Shoes では、靴に圧力センサなど様々なセンサを取り付け、足の動きを解析することで動きに合わせインタラクティブに音楽を自動生成することを目的としている。このシステムではステージ上を自由に踊ることでシステムに対して入力をおこなうが、我々の研究ではある決まったジェスチャを提案し文字入力を目的としている。

センサを用いたジェスチャによる入力としては、Ubi-Finger⁴⁾ や FreeDiger⁵⁾ がある。これらはどちらも手の指を用いたもので、新たなデバイスを身につける必要があり、靴に取り付けたセンサとは違い気軽につ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、本研究ではハンズフリーによる入力方式を提案している。

3. 足による入力の特徴

足による文字入力の方法として、各文字に対して足のジェスチャを割り当てる方法と、メニュー画面から足の動きで選ぶ方法がある。各文字にジェスチャを割り当てる方が入力は速いと考えられるが、それぞれの文字のジェスチャを記憶する必要がある、覚えやすく他の文字に誤認識させないようなジェスチャの割当が難しい。そこで、本研究ではメニュー画面から文字を選択する方法を提案する。アルファベットを想定しているが、メニュー画面の採用により日本語や記号も選択できるようにできる。

そこでメニュー画面を操作するためのいくつかの

ジェスチャ入力が必要であり、足のどのような動きがよいかを検討する。ただし、立って静止している状態か座っている状態を想定している。

ジェスチャとしてはなるべく小さな動きで入力できる方が望ましい。以下に例を挙げる。

- (1) つま先を上げる
- (2) かかとを上げる
- (3) 右に振る
- (4) 左に振る
- (5) 前に振る
- (6) 後ろに振る

(1)(2) は足の一部を地面につけることができるが、(3) - (6) は足を浮かさなくてはならない。立っているときには片足を浮かしている、もう一方の足を浮かすことはできない。そこで、なるべく(1)(2)のような足の一部が地面についている方を使うことにする。また(1)(2)は通常状態からの状態の遷移だけでなく状態そのものをも表している。よって、状態としての(1)(2)では動かなくても時間軸で連続して検知することができる。

4. 提案システム

文字入力のメニュー選択のために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。靴底には厚みがあり、取り付けるのも比較的容易である。また、外出する際には必ず靴を履くので、自然と入力デバイスを身に付けることとなる。提案システムでは、その2つ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。

4.1 システム構成

提案するシステム構成を図1に示す。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、そこから有線でマイコンに繋げ、A/D変換をおこない、2つの3軸加速度センサのデータをRS232Cシリアル通信でPCに送る。PC側では、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C#で作成したアプリケーションを実行する。加速度センサには Freescale 社の MMA7260Q、マイコンには Atmel 社の AT-MEGA88、シリアル通信には FT232、PCには sony の vaio type-U を用いた。100Hz でサンプリングを行ない、マイコン及び加速度センサへの電源は USB 電源を用いた。メニュー表示には HMD を用いた。

4.2 データの解析

両足の3軸の加速度センサは図4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

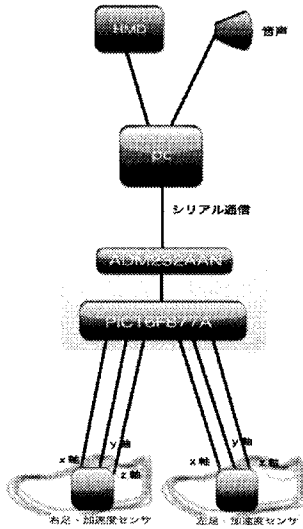


図 1 システム構成図
Fig.1 system

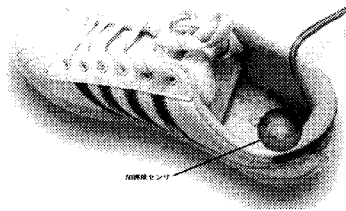


図 2 靴と加速度センサ
Fig.2 shoe and acceleration sensor

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 マッチングによる解析の 2 つの方法を用いた。しきい値は、計算時間が短く簡単に状態を判別できる。DP マッチングは、あらかじめテンプレートを用意することで複雑な複数の動きに対応できる。前節で述べた 4 つの入力パターンは以下の 2 つ方法から選択することができる。

4.2.1 しきい値による解析

3 章で述べたつまさきやかかとを上げた状態を判別するため、しきい値による解析を試みた。つまさきやかかとを上げることにより、y 軸と z 軸の重力加速度のかかり方が変化するのに着目して、これらの軸の値の差があらかじめ適切に設定したしきい値を超えるとき状態が変化したとし入力とする。また、状態の変化の他に同じ姿勢を続けることで、時間軸を考慮して連

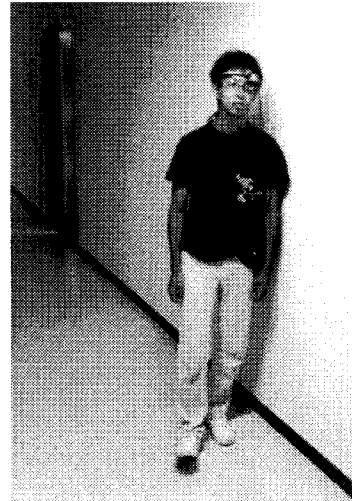


図 3 使用時の様子
Fig.3 usage

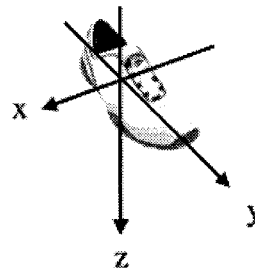


図 4 加速度センサの軸
Fig.4 axis of acceleration sensor

続入力にするこもできる。

4.2.2 DP マッチング

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ある。

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との最小累積距離を α とするとき、テンプレートと現在の値との最小累積距離 β が $\beta < \alpha$ が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。

これにより 3 章で述べた (3) - (6) の動作のセンサの

値をあらかじめテンプレートとして保存しておくことで入力することができる。今回は両足同時に動かすことはないで、それぞれ片足ずつのテンプレートを取得しておき、片足ずつ別に DP マッチングをおこなう。

4.3 メニュー画面

情報を選択するためのメニューの例を図5に示す。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し、一番下までいくと上に戻る、また逆も同様である。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”する入力すると、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”に動かす、“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。階層の最後にあるアルファベット文字を選択し決定すると、右側の画面に文字が入力される。

ここで、補助的な役割として、メニューの最初の文字を読み上げ、次のメニューに遷移もしくは戻るときにも効果音にて知らせる。

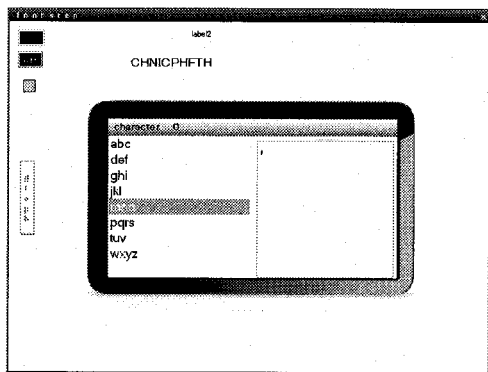


図 5 メニュー画面
Fig. 5 menu

4.4 足による入力のデザイン

前節のメニュー画面を操作しアルファベットを入力し英文を作る。足による入力の種類としては4パターンの他に、使用頻度が高いであろうスペースと一文字削除の2パターンを入力として追加し計6つの入力パターンを提案する。このように使用頻度の高いものはメニュー操作から入力するのではなく、一つのジェスチャとして登録する。今回は機能としては実装して

いないが、大文字小文字の変換や、日本語入力であれば漢字変換なども直接足による入力が望ましい。以下のような理由により、実装した入力方法は表4.4のようにした。

これら6つの入力のうち、上下にカーソルを動かす動作がもっとも頻繁に使われる。3章の(1)つまさきを上げる(2)かかとを上げるがその状態を続けることで時間軸により連続的に入力することが可能となるため、上下にカーソルを動かすための入力に割り当てる。さらに、長い間入力を続けれることはカーソルの移動しなければならぬ量が多いと考えられるので、入力時間に応じてカーソルの移動速度を速くする。上下に動かす方向については、下方向へは(1)つまさきを上げる、上方向は(2)かかとを上げるに対応させた。これは、足の甲でボールを転がすようなイメージで操作ができ、より直観的であると考えたからである。そして、足を地面と水平に戻したときにカーソルは止まる。また、これらの動作は左足の動きに対応させた。

“決定”は重要な入力であるため、カーソル移動と全く誤入力されずに入力できるようにしたい。そこで、カーソル移動とは逆の足である右足での入力とする。また、項目の“決定”、“戻る”はカーソル移動の次に多く入力されるものであるため、カーソル移動と同じく一番簡単な動作である(1)つまさきを上げる(2)かかとを上げるを採用する。“決定”を(1)つまさきを上げる、“戻る”を(2)かかとをあげるとする。

また、メニューの最下層にきた場合は“決定”は文字の入力となり、画面のテキストフィールドに選ばれた1文字を追加する。さらに、同時に階層を自動的に戻す。これはほとんどの場合違う文字を入力するために階層を戻るためで、文字入力を高速にするためには足による入力を極力少なくすることが重要である。

スペースと一文字削除については、この入力動作によりカーソルは上下に動いてもよいが、“決定”と誤って入力されることは避けたい。そこで、スペースと一文字削除の動きは左足による入力とする。スペースは(3)右に振る、一文字削除は(4)左に振るに対応させた。

5. 評価・考察

4章で示した提案システムにおいて、どのようなメニュー構造が足で操作するのに適しているかを検証するため実験をおこなった。

5.1 メニュー構造の評価

以下の5つのメニュー構造について実験をおこなった。いずれも1階層か2階層のメニュー構造となつて

表 1 入力デザイン
Table 1 design of input

入力の種類	足	動き
カーソル下	左	つま先を上げる
カーソル上	左	かかとを上げる
決定	右	つま先を上げる
戻る	右	かかとを上げる
スペース	左	右へ振る
一文字削除	左	左へ振る

いる。これはアルファベットにはそれ程文字数が多い
ないため、それ以上の階層を重ねると階層を行き来す
るのに時間がかかるためである。

- (1) 全部法
- (2) 2分割法
- (3) 3分割法
- (4) 5分割法
- (5) 携帯型法

(1) 全部法はアルファベットを順に並べた1階層のメ
ニューである。メニューの遷移はなく、決定したもの
がそのまま文字入力となる。

(2) 2分割法はアルファベットを abcdefghijklm,
nopqrstuvwxyz の2分割した2階層のメニューであ
る。2分割にすることで、スクロールでは遠い文字に
飛ぶことができる。

(3) 3分割法はアルファベットを abcdefghi, jklmnop
qr, stuvwxyz の3分割した2階層のメニューである。
2分割に比べて細かく飛ぶことができる。

(4) 5分割法はアルファベットを abcde, fghij, klmno, p
qrst, uvwxyz の5分割した2階層のメニューである。
2階層とも要素が約5つであり、最長スクロール数が
小さい。

(5) 携帯型法はアルファベットを abc, def, ghi, jkl,
mno, pqrs, tuv, wxyz に分割した2階層のメニューで
ある。これは携帯電話の文字入力方式と同じ分割方法
である。携帯電話での入力の慣れが期待できると、
細かく分割することで2階層目のスクロール数が少
ない。

さらに、比較のため実際の携帯電話のダイヤルキー
で手で入力する実験をおこなった。

これらについて、ランダムに10文字並べたアルファ
ベットを入力するのに何秒かかったかを評価する。い
ずれも2人がおこなったものの10回平均の値であり、
座った状態でおこなった。

5.2 結果・考察

結果を図6に示す。すべてスクロールのみで選択
おこなう(1)全部法が最も入力に時間がかかっており、
その次にスクロールが多い(2)2分割法がその次に時

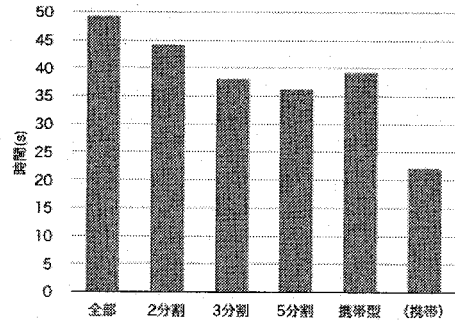


図 6 結果
Fig. 6 result

間がかかっている。これにより上下のスクロール移動
が選択に時間を要することがわかる。長いスクロール
のために、カーソル速度が徐々に上がるようにしたが、
ある程度のメニュー分割が必要であることがわかる。

(3) 3分割法、(4) 5分割法、(6) 携帯型法はいずれ
も上記の手法より入力は速い。特に(4)5分割法が他よ
りも入力は速くなっている。これは最長スクロール数
が最も小さいためであると考えられる。また(6)携帯
型法は携帯電話での慣れが活かされると考えたが、実
際はあまり効果はなかった。普段アルファベットを打
たないというのもあるが、携帯電話のダイヤルキーの
配置による手の記憶が大きいためと考えられ、分割数は
あまり入力速度には関係ないものであったと考えられ
る。

また、このようにどのメニュー画面でも足を使った
ものは30-50秒近くかかっており、実際に携帯電話の
ダイヤルキーを用いたときの速度である20秒には届
かなかった。その理由として以下のことが挙げられる。

- (1) ボタンが2次元に配置されているので、簡単に
移動できる
- (2) 別のボタンに移動するのに手の触覚が利用で
きる
- (3) ボタンを押したときに物理的なフィードバック
がある
- (4) 別のボタンを押すことによっても文字が決定さ
れるため、手による入力回数を減らすことがで
きる

このように携帯電話の入力には物理的に存在するもの
による入力であるメリットが活かされている。これら
をふまえ、携帯電話のダイヤルキーでの入力と比較す
ると2倍ほど時間がかかっている現状を改善する必要
がある。

今後、アルファベット以外の文字も対応させていく

ときには、さらにメニューの構造について考慮する必要があると考える。本提案ではボタンではなくスクリーン上のメニューなので、対応する文字が増えても柔軟に対応できる。今後は入力速度と共に汎用性も考慮にいれたい。また、手でのボタンによる入力か足による入力かは、状況に応じて使い分けるのがよい。

6. ま と め

本研究では、足を用いた文字入力インタフェースの設計と実装を行い、文字入力のためのメニュー画面を操作するための足の動きを提案した。このインタフェースにより、両手が塞がっている場合でも機器を取り出す必要がなく気軽に文字を入力させることができる。今後の課題として、適切なメニュー構造の模索、入力速度の向上などが挙げられる。

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) 山本哲也, 塚本昌彦, 義久智樹; 日常生活における情報機器利用のための足ステップ入力方式”, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO 2007) 論文集, Vol.2007, No. 1, pp. 561 - 568, 2007.
- 2) NIKE+iPod:<http://www.apple.com/jp/ipod/nike/>
- 3) Paradiso J, Hsiao K and Hu E : Interactive music for Instrumented Dancing Shoes, Proc. of the 1999 International Computer Music Conference, pp. 453-456, 1999.
- 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.
- 5) Metzger C and Anderson M and Starner T; FreeDigiter:a Contact-free Device for Gesture Control, Eighth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2004) , pp. 18-21, 2004.