

ウェアラブルコンピューティングのための 手足を使った状況依存コマンド入力手法

山本 哲也^{†1} 庄 司 武^{†2}
寺 田 努^{†3,†4} 塚 本 昌 彦^{†3}

ウェアラブルコンピューティング環境では従来のコンピューティング環境とは異なり、ユーザは場所や時間に縛られることなくコンピュータと接することになる、そのため、街で鞆を持っているときに不意に inputs を求められるなど従来の方法では入力することが難しい状況が起こりうる。本研究では、両手両足のジェスチャ入力でメニュー選択等に入力を行う環境を想定し日常生活の様々な状況においても自然で効率的な入力手法を状況に応じて選択するインタフェースを提案する。本研究ではまず予備実験により、両手両足の加速度センサによる入力が状況に応じてどのような特性をもつのかを明らかにし、次の状況の変化を考慮したコマンド入力方法を実現する。評価実験により、コマンド入力方のジェスチャを決定し、歩く、座る、立つの状況で両手が使えないときなどの変化に対応できるようにした。

A Context Aware Gesture Input Method using Hands and Feet for Wearable Computing

TETSUYA YAMAMOTO,^{†1} TAKESHI SHOJI,^{†2} TSUTOMU TERADA^{†3,†4}
and MASAHIKO TSUKAMOTO^{†3}

In the wearable computing environment, people handles various information any time and anywhere. This means that conventional input method cannot be used in several situations such as the situation that the user cannot hold any input device in walking. In order to adapt to such situations, we propose a method that changes gesture commands according to user contexts. We employ bracelet-like devices and shoe-like device, which embed accelerometers to extract the user's gestures. In this paper, we clarify the characteristics of gestures from the viewpoints of physical and social restrictions, then propose a method for changing gestures for input considering the characteristics.

1. はじめに

ユーザが常にコンピュータを装着することで日常生活がサポートされるウェアラブルコンピューティング環境に注目が集まっている。ウェアラブルコンピューティング環境では従来のコンピューティング環境とは異なり、ユーザは場所や時間に縛られることなくコンピュータと接することになり、様々な状況下でのコン

ピュータとのインタラクションが求められる。しかし、従来の入力方法では入力装置を持ち歩く必要があり、入力を行うためには入力装置をポケットから出す必要があるといった問題があった。したがって、ウェアラブルコンピューティング向けの入力方法としては、入力装置を必要としない、ジェスチャによる入力が有力である。一方、ジェスチャを用いる場合でも、鞆で手がふさがっていたり、電車内でつり革を持っている場合など、ジェスチャに必要な体の部位が利用できない場合がある。そこで、本研究では日常生活の様々な状況を考慮しユーザの状況の変化に応じて入力方法を変えることのできる状況依存コマンド入力手法を提案する。提案手法により、その時々に入力に使うことのできる手足を選ぶことができる。

以降、2章ではセンサを用いた入力インタフェースについての関連研究について述べる。3章では想定す

†1 神戸大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kobe University
†2 オムロン株式会社
OMRON Corporation
†3 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University
†4 科学技術振興機構さきがけ
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

る環境と動作の制約について述べ、4章ではシステムの設計と実装について記す。5章で状況の変化を考慮したコマンド入力手法について検討する。6章で有効性について評価実験を行い、7章でまとめと今後の課題をについて述べる。

2. 関連研究

これまで、装着型デバイスを利用したジェスチャ入力インタフェースについて、様々な研究が行われている。uWave¹⁾では、1つの3軸加速度センサを用いて、携帯デバイスなどでの使用を想定した8つのジェスチャを少ない学習で高精度に認識する手法を提案している。しかし、センサの傾きが容易に変わるなど動きに自由度の高い3次元ジェスチャの認識は難しく、筆者らのシステムではウェアラブルシステムであるため身体的な制約などを考慮したシンプルなジェスチャを提案している。Junkerらの研究²⁾では、ウェアラブルな加速度センサを用いて日常生活の人の行動を検出しモニタリングするための認識手法を提案している。実験から腕につけた加速度センサの情報からいくつかの行動を精度よく検出できている。筆者らのシステムでは、日常生活の行動を使うのではなく、日常生活にはないシンプルなジェスチャを見つけて機器に入力する方法を提案している。Prekopcsakらの研究³⁾では日常生活で手のジェスチャをどのようなポリシーでデザインするかについて議論しており、邪魔にならないような装置で簡単に使えるものが必要であるとしている。しかし、具体的にどのようなジェスチャがよいかについて言及しておらず、筆者らのシステムでは自然さを含めた具体的なジェスチャについて提案している。Ubi finger⁴⁾では、手や指にセンサをつけることで、制御する家電を指でさすことで、感覚的な制御を目指している。筆者らのシステムと同じく自然な入力を求めているが、家電への入力では誰でも変化が確認できるのに対して、HMD内での情報操作では他人には変化が見ることができないため、より自然な入力が求められる。筆者らのシステムでは家電を指差すことはないため装置も簡単にし、より小さな動きで入力できるようにした。FootStep⁵⁾では、ジョギング中に足のジェスチャを用いて音楽プレイヤーを操作する。ジョギング中のみ操作について検討しているため、他の日常的な状況は考慮されていない。

これまでの研究ではユーザがジェスチャの入力を行う際の状況の変化を考慮しているものは少ない。一方、日常生活で常時入力インタフェースを利用するにあたっては、状況によって腕や手の動作が制限されて

しまい、ユーザが望む操作を行えなくなる状況は頻繁に生じると考えられる。本研究では、デバイスの装着性だけでなくユーザの状況変化も考慮に入れ、動作の制限に応じたジェスチャと操作の割り当てを行う点で関連研究とは異なる。

3. 想定環境

ウェアラブルコンピューティング環境では場所や時間に関わらず常に情報と接することができる。そのため、位置情報や時間に関連したサービスを受けることが多くなると考えられ、様々なタイミングで情報が自動的に提示されると共に簡単な選択肢を求められることが想定される(図1)。このように、メールを書いたりするような従来通り積極的に情報操作をする場合の他に、不意に入力をしなければならない場合が存在する。積極的に情報操作をする場合は従来からよく使われるボタン等の物理的な操作系が正確に速く入力できるため向いているが、不意に入力を求められる場合は物理的な操作デバイスを取り出す手間などの問題から即座に入力することができるジェスチャ入力の方が適していると考えられる。また、歩いているときや鞆を持っていて片手が使えないときのような体の一部分が利用できない様々な状況においても素早く入力できる必要があり、ジェスチャではそのような物理的制約を考慮する必要がある。ジェスチャ入力では加速度センサなどのジェスチャ認識デバイスを装着する必要があるが、ウェアラブルコンピューティング環境ではライフログや健康管理のために体のあちこちにセンサを着けており、それをジェスチャ入力にも活用できる。情報提示デバイスとしては装着型ディスプレイ(HMD: Head Mounted Display)を想定しており、画面を他人と共有することはない。大画面や物理的なモノなど環境を操作するためのジェスチャ入力では、ジェスチャにより操作を人に見せることにも意味があり、大きく解りやすいジェスチャが求められるが、HMDに提供された質問に答えるようなユーザ1人だけにしか結果が伝わらない操作では、ジェスチャはなるべく目立たない操作が望ましい。屋外では他人がいることも多く、大きく目立つジェスチャを日常的に使うことは心理的にも困難であるため、そのような社会的制約も考慮する必要がある。

4. ジェスチャの制約

前章で述べたように、ユーザの状況によって身体は物理的な制約を受けるため、ジェスチャに使うことができる部位が異なる。また、人目のあるところでジェス

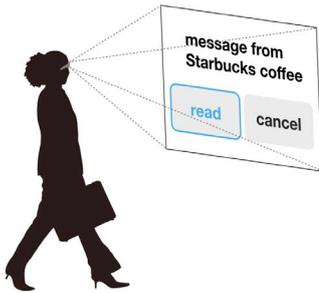


図 1 表示画面のイメージ

チャをすることになるので、派手なジェスチャは使いにくくジェスチャの見た目による社会的制約が存在する。装着する場所も日常生活に支障のないようにすべきであり、デバイス装着の制約がある。それら日常生活でのジェスチャ入力における制約について述べる。

4.1 状況の変化による物理的動作の制約

ウェアラブルコンピューティングでは日常生活の中でコンピュータを利用することから、ユーザの利用状況が様々に変化する。その変化により、ユーザの手や足の可動に関する制約も変化するため、センサーをつける部位がどのように制約を受けるか考える必要がある。例として、一般的によくある状態の、座っている状態、立っている状態、歩いている状態についての手、足、頭、腰の動作の制約に関して下記に示す。

椅子に座っている状態： 座っている場合は、両手両足ともに自由に動かすことができ、細かな動作の認識が可能である。しかし、座っている状態でも、

煙草を吸っていたり筆記具を持っているときや、本を読んでいるときなど、比較的長い間、片手もしくは両手が使えない状況がある。状況によっては、ものを持っていてもジェスチャができる場合とできない場合があり、ものを持っているからといって必ずしもその手をジェスチャに使えないというわけではない。頭部は自由に動かすことができる。腰は座っているため動かすことはできない。

立っている状態： 立っている場合も、座っている時と同様に両手両足を自由に動かすことができる。ただし、足のジェスチャの場合、どちらかの足に体重を残す必要があるため、片足ずつしか用いることができない。また、つり革や鞆や荷物をもっている場合は、片手もしくは両手が使えない状況になる。頭部と腰は自由に動かすことができる。

歩行中： 何も持っていないときには、両手は自由に動かすことができるが、歩いているときに生じる振動がジェスチャによっては認識に影響を与えると予想される。足は常に動いているために細かい

ジェスチャ入力はできないが、通常の歩いている動きとは異なる動きをすることでジェスチャ入力が可能である。頭部は自由に動かすことができるが、振動が認識に影響を与える可能性があり、正面以外を向くと歩行に対して危険である可能性がある。歩きながらでは腰でのジェスチャは難しい。

このように、状況によりジェスチャ入力に制約が発生する。立っているときから歩き出すような状況の変化だけではなく、ものを持ったり離したりすることで、入力できるジェスチャが変化する。腰に関しては制約が多いことが多く、ジェスチャも大きくなると思われるので日常生活でのジェスチャ入力には向いていないと考えられる。また、ほとんどの場合において、手に制約ができることが多く、歩いているとき以外には足と頭の制約は少ない。

4.2 動作の社会的制約

日常生活でのジェスチャ入力では、周囲に影響与えないよう小さな動きであることが望ましく、また目立たずに自然に入力できる方が社会的に受け入れられやすい。そこで、ジェスチャの自然さについて予備実験を行った。頭、手、足の動きの中で比較的目立たない小さなジェスチャに対して、座っているとき、立っているとき、歩いているときについて動作の自然さをアンケート評価した。室内にて本論文の筆頭著者がジェスチャを一定間隔で繰り返し、それを被験者が評価した。動きとして気にならない場合は5、自然ではない場合は1をつけてもらった。表1の結果は20人による平均値である。被験者は20代前半の男性が19人、女性が1人であった。結果から、頭による動きは手足に比べて動作が目立つためか自然さの評価は低い。頭は高い位置にあるため周囲の人の視界に入りやすく、普段頻繁に動かす部位ではないため、繰り返し動かし続けていると違和感を感じる。手では、動作の軌跡が最小である手をひねる動作の評価が高い。ひねる動作ではほとんど動かないため、目立つことがない。それに対して、左右に振る動作や上下に動かす動作は評価が低い。これらの動作は、普段頻繁に動かす動作ではないため、繰り返し動かし続けていると違和感を感じる。足では、いずれも足元であるため目立ちにくく評価が高い。座っているときと立っているときはつま先、かかとを上げる動作とつま先を左右に振る動作の評価が高い。これらは蹴る動作が膝下が動くの比べて、これらの動作は足先だけが動くので目立たないと思われる。歩いている場合はこれらの動作を行うのが難しいが、足を後ろに上げる動作に比べて足を前を蹴る動作の評価が高い。足を前に蹴る動作は大きめに前に踏

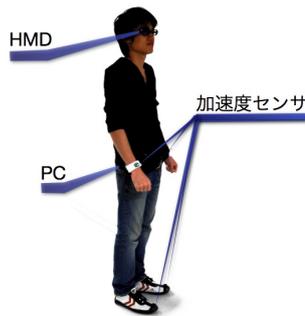


図 2 装着図

み出しているだけで通常の歩行の動作に近いので、あまり目立っていないと考えられる。以上より、頭部のジェスチャーは採用せず、手足の評価の高かったジェスチャーを採用する。

4.3 デバイス装着の制約

ジェスチャーを認識するためのセンサデバイスを身につける必要があるが、日常的に使う場合にはデバイスを装着する位置にも気をつける必要がある。動きを正確に取得するために固定することになるので、圧迫感を持たせる場所や動くのに邪魔になるような位置につけない方がよい。頭部では、HMDの使用を前提としているために、HMDに付けるのが自然である。また、帽子や眼鏡、ピアスといった普段から身につけているものを利用することも考えられる。手では、腕時計や腕輪といった手首に身につけるものは日常的に着けていても問題ないため都合がよい。手袋のように手を覆うものは常時身につけるには望ましくない。上腕を覆うものは、筋肉の隆起の邪魔になることがある。足では、屋外では靴を日常的に身につけており、屋内でもスリッパを履くことがあるため、靴にデバイスをつけることが考えられる。足首や脛は靴下のようなデバイスとして装着することができる。膝は外部との接触があるため好ましくない。腿は座ったときに邪魔になることがある。

5. 入力方式の設計

前章を踏まえて、手足を使ったジェスチャーによる入力方法を提案する。手足をつかったジェスチャーを認識するために装着するデバイスとして、3軸の加速度センサを靴とリストバンドに取り付けたものを使用する。入力には両手両足の4つの部位を使う。図2にシステムを装着した様子を示す。

5.1 想定するタスク

HMDを使って常に画面が目の前に表示されている場合を想定しており、従来のデスクトップアプリケーションを操作するというよりは環境からの情報閲覧や

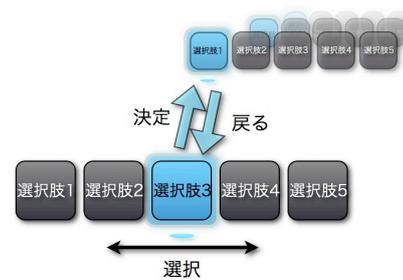


図 3 メニューのイメージ

メール閲覧などの受動的なアプリケーションを想定している。そのため、複雑なポインティング等を行うのではなく、二択もしくは複数の選択肢の中から選ぶような入力か、複雑な操作は階層的に並べたメニューで行えるようなものを想定する。一般的な携帯電話のように十時キーがあれば操作できるシステムである。そこで、入力するコマンドは、選択肢を選ぶ「選択」コマンドと「決定」「戻る」コマンドがあれば十分となる(図3)。

5.2 各部位でのジェスチャー

加速度センサによる入力には、ある短い動きによるジェスチャーと重力加速度を利用した姿勢による入力の2通りが可能である。姿勢による入力では、センサの角度によって入力をいくつか割り当てられるので、前節の「選択」コマンドに利用する。4.2節で評価がよい手足の動かし方を用いて以下のような方法での入力を実装した。「選択」では5つ以下の選択肢の場合は、あるジェスチャーにおける重力加速度の最大値と最小値の間を選択肢の数だけ分割して直接割り当てる。選択肢が5つより多い場合は、傾きが大きい程カーソル移動が速くなるカーソルを移動させる方式をとる。ここで、両方式の切り替えの閾値が5であるのは、ある程度の環境でも正確に指定できる経験上の数値である。「決定」や「戻る」では、短い動きによるジェスチャーを割り当てた。

5.2.1 手の入力

図4のような腕をひねるジェスチャーは、見た目の動きが小さく加速度の変化が大きい。また、腕のひねりは手首をやや水平に近づけることで、重力加速度を利用した状態による入力が可能である。また、素早くひねることで、時計回りと反時計回りの2種類のジェスチャー入力が可能である。よって、手による入力は下記のとおりとした。

「選択」： 手首を水平近くにしてひねる。

「決定」「戻る」： 手首を素早くひねる。

「選択」では、手首を水平近くにしてひねることで重力加速度を利用したセンサの角度による入力を行う。

表 1 自然さのアンケート結果

	座		立		歩	
	平均	偏差	平均	偏差	平均	偏差
頭を横に振る	2.0	1.076	2.0	0.795	2.5	0.998
頭を前後に振る	2.8	1.118	1.8	1.105	1.9	0.718
手首をひねる	4.2	0.875	3.9	1.021	3.9	0.968
手を左右に振る	3.0	0.795	2.6	0.759	2.8	0.786
手を上下に振る	2.6	0.883	2.4	0.754	2.3	0.786
足のつま先、かかとを上げる	4.5	0.826	4.3	1.02	-	-
足のつま先を左右に振る	3.9	0.852	3.6	0.883	-	-
足を前へ蹴る	3.1	0.999	3.1	0.887	3.6	1.273
足を後ろに上げる	-	-	3.0	0.816	3.0	1.257



図 4 手のジェスチャ入力



図 5 最大と最小の重力加速度



図 6 足のジェスチャ入力



図 7 センサと PC

手の甲と鉛直方向の加速度を使い、図 5 の左と右の状態が重力加速度が最大のときと最小のときであるので、これら値の間を任意の数で区切ることで離散的な値の入力を行い、手の甲が横を向いているときに標準の形となり「選択」カーソルは止まっている。「決定」「戻る」では腕を素早くひねり、手の回転させる方向に重力が発生し動き始めと終わりの加速度の差がある閾値以上になったかどうかで判断する。また、そのときのピークの出方で時計回りか半時計回りを判断する。

5.2.2 足の入力

つま先を横に振るジェスチャが動作が小さく入力できる。また、つま先を上げたり、かかとを上げたりすることにより重力加速度を利用したセンサの角度による入力が可能である (図 6)。しかし、歩いているときにはセンサの傾きを利用することは困難であるため、自動で選択肢が一定のテンポで動くなどの工夫が必要である。歩いているときは「決定」「戻る」に前に蹴る動作を使うことができる。よって、足による入力は下記のとおりとした。

「選択」(静止時): つま先を上げる、かかとを上げる。

「決定」「戻る」(静止時): つま先を横に振る。

「決定」「戻る」(歩行時): 軽く前に蹴る。

「選択」をつま先の方向で重力加速度を利用したセンサの角度による入力をおこなう。足の前後方向の加速度をつかひ、足を地面に置いているときに標準の値となり、つま先を上げたとき、かかとを上げたときに重力加速度が最大と最小となる。手の場合と同様にこ

の値を任意の数で区切ることで離散的な値の入力を行う。静止時の「決定」「戻る」はつま先を素早く横に振ることで、つま先を動かす方向の加速度が動き始めと終わりの加速度の差がある閾値以上になったときになったかどうかで判断する。また、そのときのピークの出方で右向きか左向きかを判断する。右に振ったときを「決定」、左に振ったときを「戻る」とした。歩行中の軽く前へ蹴る動作はテンプレートマッチングを用いた。あらかじめ用意した前へ蹴るデータとリアルタイムの加速度のデータ、静止時のデータとの類似度を比較し、リアルタイムの加速度データの方が近ければジェスチャとして認識する。右足を前へ蹴る動作を「決定」、左足の前へ蹴る動作を「戻る」とした。

5.3 各状況でのジェスチャ入力の認識精度と時間

前節で述べたように手足を用いて入力を行えるが、状況に応じて入力に適した部位が異なると考えられるため、認識精度と入力にかかる時間に基づいて、各状況に置ける操作部位の有効性を調べた。

5.3.1 システムの実装

腕輪型デバイスと靴型デバイスの両方に筆者らの研究グループで開発した無線加速度線センサデバイスの MoCoMi-Chip⁶⁾ を使用した。MoCoMi-Chip の大きさは $20 \times 20 \times 3.9\text{mm}$ で通信規格は Nordic Shock-Burst である。腕輪型デバイスでは、手の甲の側に MoCoMi-Chip を取り付け、靴型デバイスでは靴のつま先の上に取り付けた。両手両足の 4 つの加速度セン

表 2 座っている時の結果

選択・決定	正解率 (%)	平均時間 (s)
右手・右手	91.6	1.4
右手・左手	94	1.18
右手・右足	94.7	1.25
右手・左足	93.7	1.32
左手・右手	95.7	1.13
左手・左手	92	1.36
左手・右足	97	1.25
左手・左足	94	1.21
右足・右手	96	1.74
左足・右手	96	1.71

サのデータを 50Hz でサンプリングし、PC で受信し認識を行う。HMD には scalar の Teleglass T3 および島津製作所の DATA GLASS 3/A を用いた。PC には SONY 社の vaio type-U を用いて腰に装着している。システムのハードウェア外観を図 7 に示す。

5.3.2 座っている時

両手両足のどのジェスチャを使うか決定するために、「選択」と「決定」を両手両足のそれぞれに割り当てた組み合わせによるジェスチャの認識精度と入力時間を調べた。「選択」では加速度センサの値を 5 段階に分けており、腕の角度で 1~5 までの数字を選ぶことができ、それをランダムにでてくる数字と同じ数字に合わせて、「決定」のジェスチャで決定する。これを座っている時に 50 回連続で行ったときの正解率と時間を評価する。被験者は 20 代前半の男性 5 人で、全員利き手は右手であった。よく練習してもらった後に実験を行った。表 2 に結果を示す。時間は 1 回あたりの平均時間である。正解率は 9 割を超えており、どの組み合わせも入力が困難ではない。「選択」と「決定」が同じ手である場合は正解率、時間共にやや正解率が低く時間がかかっている。右手と右足を「決定」に使っているときには、左手や左足が決定のときに比べてやや正解率が高い。これは利き手が影響しているものと考えられる。時間は「決定」に足を使うときに比べて、右手・左手又は左手・右手の組み合わせが速く入力できている。選択に足を使うと手を使うときに比べて時間がかかっている。よって、以下のような特徴がある。

- 「選択」と「決定」は別のデバイスが良い。
- 「選択」と「決定」は手を使う方が良い。
- 「決定」は利き手の方が良い。

5.3.3 歩いている時

同様に、歩いているときのジェスチャ入力について、それぞれのジェスチャの認識精度と時間を調べた。足は常に動いているため、重力加速度の状態を利用した「選択」はできない。また、前節の結果の手の「選

表 3 歩いている時の結果

選択・決定	正解率 (%)	時間 (s)
右手・右手	87	83.3
右手・左手	87.6	64
右手・右足	85.6	84.8
右手・左足	86.6	84.5

表 4 座っているときの入力モード

	左足	右足	左手	右手
F モード	選択	決定・戻る	-	-
L モード	-	決定・戻る	選択	-
R モード	-	決定・戻る	-	選択
LR モード	-	-	選択	決定・戻る

択」では聞き手が良いという特徴から「決定」だけを変化させた組み合わせでの実験を行った。

「選択」でランダムにでてくる数字と同じ数字に合わせて、「決定」のジェスチャで決定する。これを 50 回連続で行ったときの正解率と時間を評価する。被験者は 20 代前半の男性 4 人で、全員利き手は右手であった。よく練習してもらった後に実験を行った。表 3 に結果を示す。正解率はどれもあまりかわらず、座っているときに比べてやや低い値となっている。時間も全体的に長くかかっており、足よりも左右の手を使うときに 1 番速く入力できる。

5.4 状況の変化を考慮したコマンド入力手法

足よりも手を使う方が良いことがわかったが、状況の変化によっては両手を使えるとはかぎらない。そこで、「選択」と「決定」「戻る」に使う部位について適宜切り替えて入力を行えるようにする。「決定」と「選択」に使う部位のセットをモードと呼び、座っているとき、立っているとき、歩いているときのモードを前節の結果を踏まえて以下のように決定し、状況に応じて変化させることのできる入力方法を提案する。

5.4.1 座っている時

座っている時に使う部位の変化を表 4 に示す。足だけを使う F モードでは、左足で選択を行い右足のつま先を右に振るジェスチャで決定、右足のつま先を左に振るジェスチャで戻るを入力する。右に振るのは、携帯電話や普段のファイル操作等の階層構造では決定は右側に進むイメージがあるためである。左手が使える L モードでは、選択は足よりも手の方が速いので、左手を選択とする。右手が使える R モードでは、右手を選択とする。両手が使える LR モードでは、決定が利き手の方がよいという結果から右手を決定とし、左手を選択にする。

5.4.2 立っている時

立っている時に使う部位の変化を表 5 に示す。立っ

表 5 立っているときの入力モード

	左足	右足	左手	右手
F モード	-	選択・決定	-	-
L モード	-	決定・戻る	選択	-
R モード	-	決定・戻る	-	選択
LR モード	-	-	選択	決定・戻る

表 6 歩いているときの入力モード

	左足	右足	左手	右手
F モード	戻る	決定	-	-
L モード	戻る	決定	選択	-
R モード	戻る	決定	-	選択
LR モード	-	-	選択	決定・戻る

ているときは座っているときとは異なり、足によるジェスチャはどちらかの足に体重をかける必要があるために、左足と右足を同時にジェスチャ入力することが困難である。そこで、F モードでは右足だけを使って入力を行う。

5.4.3 歩いているとき

歩いている時に使う部位の変化を表 6 に示す。歩いているときには足だけでは選択にあたる動作ができないので、F モードでは時間により自動的に選択肢を動かすようにする。右足で前に蹴る動作を「決定」、左足で前に蹴る動作を「戻る」にする。左手が使える L モードでは左手を「選択」とし、右手が使える R モードでは右手を「選択」とする。両手が使える LR モードでは、左手を選択右手を決定とする。

5.4.4 モードの切り替えのコマンド

それぞれの状況の入力モードから別の入力モードへとコマンドにより使う部位を適宜切り替えて入力をおこなう。ただし、それぞれの状態で切り替え方法がばらばらであれば覚えることが難しいため、以下のように統一した。はじめは入力するデバイスが決まっておらず、使うことのできるデバイスを明示的に示しモードを切り替える。また、左足を使うことで入力終了へと遷移させる。普段は入力しない状態になっており、入力したいときに各モードへ切り替える。

左手が使える： 左手を時計回り、反時計回りに素早くひねる。

右手が使える： 右手を時計回り、反時計回りに素早くひねる。

足が使える： 右足のつま先を左右に振る（歩行時は右足を前にける）。

入力終了： 左足のつま先を左右に振る（歩行時は左足を前にけるを繰り返す）。

6. 評価実験

6.1 日常生活での誤検出

日常生活では様々な活動をしており、5.4.4 節でのコマンド入力が意図しないときに検出される可能性がある

る。通常は入力しない状態であるため、誤検出により入力可能な状態になることがある。筆者が所属する大学の研究室において通常の生活中に、どの程度の誤検出があるかを測定した。実験は 1 回 2 時間を 4 回、計 8 行った。ただし、座っているとき立っている時のコマンド同じであるが、歩いている時のコマンドが異なるため、4 歩の歩行で歩いている状態と認識し、歩いている時のコマンドが使えるようにした。また、2 秒の静止で立っている状態と認識する。

その結果、以下のような誤検出を確認した。

- 座っているときに、貧乏揺すりのように右足を数回足踏みする動作により、右足のつま先を左右に振るジェスチャが 3 回検出された。
- 団扇を扇ぐ動作により、右手を時計回り、反時計回りに素早くひねるジェスチャが 3 回検出された。
- ドアの鍵を開ける動作により、右手を時計回り、反時計回りに素早くひねるジェスチャが 2 回検出された。
- 走る動作により、右足を前にけるジェスチャが 5 回誤検出された。
- ボールを投げる動作により、右足を前にけるジェスチャが 2 回誤検出された。

座っている時の足踏みの衝撃は右か左に振った動作に近くなるため、繰り返すと誤検出する。これは、他の軸の動きから衝撃であるという認識をおこなうことで回避できると考えられる。団扇で扇ぐでは、定常的に左右にひねったジェスチャが確認できるので、ある時間以上繰り返す場合は検出をキャンセルすることにより回避できる。ドアの鍵を開けるでは、鍵をさしてひねり、それを戻して抜くタイプのものに誤検出される。これをシステムで回避することは難しいが、ひねって戻すときのタイミングを少し遅らせることで認識されなくなる。走る場合、前後の加速度が普段より大きくなり前に蹴ると誤検出される。これも、左右交互に定常的に走る加速度が確認できるため、右足、左足の順に前へ蹴るジェスチャが検出された場合は走っている状態として、コマンド認識を受け付けないようにする。野球のピッチャーのようボールを投げる場合は、右足を後ろに大きく振り上げる時の動きが足のコマンドに誤入力された。このときは遊びのキャッチボールであったが、このように、スポーツ中など絶対に入力を行なわないようなときが存在するため、HOLD ボタンのような物理的スイッチがあるとよいと考えられる。

6.2 モード切り替えの有効性

前章で提案したモード切り替えの有効性について評価するために、ジェスチャを固定したときとの入力速度の比較を行った。座っているときに、以下の条件

表 7 入力の実時間

	両手で持つ (s)	片手で持つ (s)	無し (s)
両手で入力	4.3	4.5	2.4
片手片足で入力	2.8	2.2	-
足だけで入力	3.3	-	-

で、20秒に一度、ランダムに出現する1から5までの数字にあわせて数字を「選択」「決定」し、数字をえらぶまでの時間を計測した。

- 両手で本を読んでいるときに、本を置いて両手で入力する。
- 両手で本を読んでいるときに、本を置いて片手片足で入力する。
- 両手で本を読んでいるときに、本を持ちながら両足で入力する。
- 片手で本を読んでいるときに、本を置いて両手で入力する。
- 片手で本を読んでいるときに、本を持ちながら片手片足で入力する。
- 本を持たずに、両手で入力する。

被験者は20代前半の男性5人であり、それぞれの条件を5分間ずつ計30分間実験してもらい、その入力までの時間の平均値を表7に示す。モードを切り替えて入力する場合は、両手で本を持っているときは足だけで入力、片手のときは片手片足で入力、本を持っていないときは両手入力もしくは片手片足で入力を遷移することとなる。本を置かずにすむのでスムーズに入力でき、本を置く場合よりも素早く入力ができる。両手で入力に固定されている場合は、何も持っていない場合は入力は速いが、本を両手で持っていて片手でも持っていて置かなくては入力できず、足だけ入力する場合よりも時間がかかる。片手片足だけで入力の場合は、両手で読んでいる場合は本を置かなくてはいけないが入力速度は足だけの入力の時より速い。今回は軽い本であったが、しおりを挟んだり丁寧に置こうとすると足だけの入力の時より時間がかかることが起こりうる。足だけで入力の場合は、どの場合でも入力が可能であるが、明らかに手を使った方が速いので、やはり切り替えるメリットがあると考えられる。

6.3 議 論

モード切り替えのコマンドを使って実際に入力を切り替えてもらう実験を3人に試してもらった。いずれの被験者からもモード切り替えの機能は便利だと感じてもらえた。また、手を左右に振る動作や足を左右に振る動作には癖のようなものがあり、30分程度の練習でうまく認識できるようになったが、左右に振るタイミングに慣れが必要であった。また、歩行中の足を前に蹴る動作は、被験者それぞれの特徴があるため、それぞれの動きをあらかじめ登録して認識をおこなった。

7. まとめと今後の課題

本研究では、入力デバイスには加速度センサの組み込まれた腕輪型デバイスと靴型デバイスを用いて両手両足でのジェスチャ入力方法を提案した。提案手法は座っているとき、立っているとき、歩いているときなどユーザが状況の変化に応じて入力方法を変える機能を持つため、実世界においてユーザの状況が頻繁に変化するような場合でも効率よく入力が行える。評価実験の結果、ジェスチャの切り替えにより、切り替えのない場合に比べて素早く入力できることがわかった。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)および文部科学省科学研究費補助金基盤基盤(A)(20240007)、特定領域研究(21013034)の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) J. Liua, L. Zhonga, J. Wickramasuriyab and V. Vasudevanb :uWave: Accelerometer-based personalized gesture recognition and its applications, Pervasive and Mobile Computing, Volume 5, Issue 6, pp.657-675,2009.
- 2) H. Junkera, O. Amfta, P. Lukowiczb and G. Tr?stera : Gesture spotting with body-worn inertial sensors to detect user activities, Pattern Recognition, Volume 41, Issue 6, pp.2010-2024, 2008.
- 3) Z. Prekopcsak, P. Halacsy. and C. Gaspar-Papanek: Design and development of an everyday hand gesture interface, MobileHCI '08: Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, pp.479 (2008).
- 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, pp.3675-3684 (2002).
- 5) 山本哲也, 寺田 努, 塚本昌彦, 義久智樹 : ジョギング時における情報機器利用のための足ステップ入力方式, 情報処理学会論文誌 vol.50 No.12 1-8(2009).
- 6) K. Kodama , N. Fujita, Y. Yanagisawa, T. Terada, M. Tsukamoto:A rule-based acceleration data processing engine for small sensor node, Proc, of the 3rd international workshop on Middleware for sensor networks, pp. 1-6,2008.