

拇指の連続なぞり動作を用いた 目立たない走査式かな文字入力デバイスの開発

佐藤 知充^{*1} 藤田 欣也^{*1}

Inconspicuous Kana Text Input Interface by Square-shaped Thumb Sliding Gesture

Tomomitsu Sato^{*1}, Kinya Fujita^{*1}

Abstract – We propose a novel Japanese Kana input device based on thumb sliding gesture for use without visual feedback, for inconspicuous information access under socially restricted situations. The device has five touch sensors at the corners and the center of a square indentation to allow intuitive Kana input and to provide haptic feedback. The input device combined with a voice-feedback function demonstrated a potential for rapid text input of 60 characters per minute without visual feedback in twenty users.

Keywords : Text Input Device, Kana Input, Inconspicuous, Touch Interface

1. はじめに

時間や場所の制約を受けずに様々な情報サービスに享受できるユビキタス情報社会に向けて、無線 LAN のホットスポットのエリア拡大、ネットワークの高速化などが進められている。ネットワークと小型情報端末の普及は、職場や自宅以外の様々な場所での情報アクセスを可能とし、電車運行状況通知や経路探索のような移動中の利用者に向けた情報サービスや、常時接続型コミュニケーションシステムなどが普及しつつある。

他方、例えば講演聴講中に意味のわからない単語を情報端末を用いて調べる場合のように、本来は正当な利用目的と言えるような状況であっても、情報アクセスが周辺他者に不快感を与える可能性が懸念されるため、実際には利用を躊躇する場合も少なくない。他者に不快感を与えることなく、必要な時に必要な情報へのアクセスが可能になれば、ユビキタス情報環境の利用価値はさらに高まるものと期待される。これらの情報端末やネットワークの利用が社会的に制限される状況は、利用者が情報端末を使用していることを他者が認知することによって発生することから、目立たない情報端末の操作が可能になれば、不快感を与えずに必要な情報へのアクセスが実現されと考えられる。

そこで、筆者らは図 1 のように目立たずに外部知にアクセスし音声で情報提示する Inconspicuous Knowledge Access System (I-KAS) を提案するとともに、I-KAS のためのかな文字入力デバイスを試作した^[1]。ジョイスティックを用いた 50 音表走査方式は、スイッ

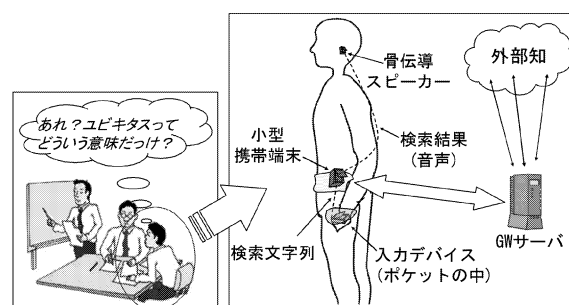


図 1 目立たない外部知アクセス (I-KAS) の概要

Fig.1 Concept of Inconspicuous Knowledge Access System(I-KAS).

チ数が少数であるため、デバイスの小型化や指のスイッチ間移動の低減には有効であったが、入力速度の改善が必要であった。そこで本研究では、画面表示やデバイス操作状況の視認などの視覚情報に依存しない、聴覚フィードバックのみでの目立たないかな文字入力を目指し、拇指の連続なぞり動作による入力方式を考案し、試作デバイスを用いて提案方式の有効性と問題点を検討したので報告する。

2. 従来の携帯型情報端末の文字入力方式

携帯型小型情報端末の文字入力手法は、これまでに様々な方式が提案されており、表 1 のように、手書き文字認識などの直接入力と、キー入力などの間接入力に分類することが可能である。ポケット内での操作を前提とすると、手書き文字認識は正確な入力や誤認識時の修正が困難と予想され、専用のペンデバイスが必要であるなど、他人に気付かれずに使用する事も困難と考えられる。

Graffiti^[2] のような単純化した手書きジェスチャ入力は、ブラインド環境下においても比較的正確な操

^{*1}: 東京農工大学大学院

^{*1}: Graduate School, Tokyo University of Agriculture and Technology

作が可能と予想され、かな入力への適用可能性もあると考えられるが、ジェスチャを覚えることが必須であり、ユーザにとっての導入障壁となる。しかし、単純化ジェスチャ方式の中でも、EdgeWrite^[3]のように検出点を離散化したジェスチャを用いる方式は移動経路を検出する必要がなく、点から点への通過順序がわかればよい。このため複雑な判定アルゴリズムや動作の検出装置が必要ないことに加えて、動作のあいまい性が排除されるため、ユーザ動作のばらつきに起因する誤入力の可能性が低減される。そのため、ジェスチャ学習の負荷が軽減されれば、離散化ジェスチャ方式は視覚フィードバックがない環境での文字入力に適するものと期待される。

キーやスイッチを用いた間接入力手法では、現在、12 キーを用いた方式が携帯電話で広く用いられている。中でも、一つのキーを複数回押すことで異なる文字を入力する MultiTap 方式は言語にかかわらず広く普及しており、日本語かな入力では12 キーに子音を割り当て、打鍵するキーと打鍵回数でかな文字を指定する方法が一般的である（以降、この方式を MultiTap 方式と呼ぶ）。日本語かな入力に関しては、50 音表の段と行を指定することで1文字を入力する2タッチ入力もあり、1文字あたりの打鍵数の点では MultiTap 方式より有利であるが、現在は MultiTap 方式の普及率が高いと見られる。また、Multitap 方式を基礎に、一つのキーの打鍵位置の違いによって対応文字を変化させることで総打鍵回数を減らす方式も提案されている^[4]。しかし、視覚フィードバックがない状況下での利用は、指のキー間の移動や打鍵位置の把握などの点から困難と予想される。

単純な12キー以外のキー入力デバイスとしては、傾ける動作を併用する TiltType^[5] や、多数のキーの同時押しによって文字を入力する Twiddler^[6]、点字タイプライタ方式を利用した OBOE^[7]、小型情報端末の裏に複数の凸型タッチセンサを取り付けた Behind-Touch^[8] など、多様なデバイスが提案されている。あるいは、指輪型デバイス^[9] やグローブ型デバイス^[10] を用いて、指動作で仮想 QWERTY キーボードを操作する方法などもある。しかし、いずれの方式も12キーの携帯電話型に比較して普及率は低く、また、デバイスの大きさや操作体系のために、他人に気付かれずに使用することには困難が予想される。

入力デバイスに関する研究以外にも、予測機能を付加することで総打鍵数や操作数を減少させる方式が、T9やPOBox^[11] など、多数提案されて普及している。これらの予測と選択に基づく方法は、情報一覧性の高い視覚フィードバック環境においては高効率化をもたらすが、シーケンシャルな情報アクセスを強いられる

表1 聴覚フィードバックを用いた時の各文字入力方式における問題点

Table 1 Classification of the character input methods and their problems in auditory feedback condition.

	入力方式	システム例	特徴
直接入力	文字認識		ペンデバイス要
	音声認識		マイク装着・音声
間接入力	ジェスチャ (ペン)	Graffiti ^[2] EdgeWrite ^[3]	コマンド多数 ペンデバイス要
	キーボード	TiltType ^[5] Twiddler ^[6]	ボタン多数
	走査式 (スイッチ)	I-KAS ^[1]	操作数増
	走査式 (なぞり)	FileWalker ^[12] MultiWidget ^[13]	操作数増

聴覚フィードバック環境では、予測による高効率化は期待困難である。

また、視覚フィードバックがないブラインド条件下では、誤入力文字列の修正に際して、修正箇所や修正内容、入力中文字列の状態など、短期記憶に大きな負荷がかかる。走査式の文字入力方式には、4つの方向キーを用いる方法やジョイスティックを用いる方法^[1]、さらに、ダイヤル式^[12]や周回なぞり動作を用いた方法^[13]も提案されているが、打鍵数や操作数が多くなる点が課題となる。しかし、指の大きなキー間移動が不要になることから、視覚フィードバックが無い状況で誤操作を低減し、使用を容易にすることが期待される。そこで、本研究では50音表を走査して入力文字を決定する走査式文字入力方式を採用し、次章において具体的な操作方式を検討する。

3. 文字入力方式の設計

3.1 目立たない走査式文字入力方式の設計方針

1文字あたりの操作数が多くなる走査式文字入力方式の入力速度向上のためには、一回の走査時間の短縮が重要であり、50音表走査のための動作の適切な選択が望まれる。図2のようなジョイスティックを用いた方式は、1回の移動ごとにスイッチのホームポジション復帰を待つ必要があり、さらに指の往復運動は伸筋と屈筋の交互収縮を必要とするため、操作速度の点で不利と考えられる。そこで本研究では、スイッチ復帰待ち時間が不必要、かつ、誤入力の原因となる可能性が高い指の跳躍動作がない、周回なぞり動作を基本とする拇指の連続した動作によって50音表を走査する方式を基本設計方針とした。

なぞり動作で移動量を制御する方式は、円形の周回動作を用いたメニュー選択方式が音楽プレイヤに実装され、既に広く普及している。しかし、単純な円形周回動作を用いて移動量を制御した場合、ブラインド条

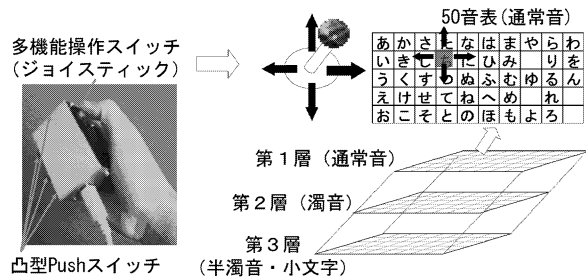


図2 ジョイスティック式文字入力デバイス^[1]
Fig. 2 Kana Input device using a joystick^[1]

件下では、ユーザが移動量を認知することは困難である。そこで本研究では、Blasko ら^[13]と同様に、なぞり動作をおこなう領域を四角形にして周辺部との段差を設けることで、触覚による移動量の認知を支援する設計とした。即時に操作の触覚フィードバック情報が提供されることで、音声フィードバックを待たずに文字入力が可能になるものと期待される。また、離散的な位置検出になるため、動作のあいまい性が排除され、ユーザ動作のばらつきに起因する誤認識や誤操作の低減も期待される。しかし、動作が四角形になることで指先位置の認知は容易になるが、周回なぞり動作のみでは1次元の移動しか制御できないため、かな文字入力に応用した場合、多大な操作数を必要とする。そこで、外周部の4つのセンサに加えて中心部にもタッチセンサを設置し、外周部と中心部を利用した連続的ななぞり動作によって、2次元の50音表移動を実現するかな文字入力方式を提案する。

50音表の水平走査と垂直走査の切替は、外周部のなぞりによって水平走査をおこない、四角形の中心部を通過することで垂直動作に切り替わり、そのまま連続的ななぞり動作をつづけることで垂直走査をおこなう方式を採用した。この方式では、一連の動作に対して文字が一意に決定されるため、走査式入力方式でありながら、同時にジェスチャ入力方式にも相当する。このため、長期間の利用による習熟効果が期待可能である。具体的な操作方法を次節で述べる。

3.2 拇指連続なぞり動作による文字入力方式

本研究で提案するテキスト入力方式は、片手でデバイスを把持し、拇指のなぞり動作によって50音表上の2次元走査を行う。ユーザは、図3のように、外周正方形の頂点を拇指でなぞることで、50音表のア段を水平移動し、そのまま連続して中心部分を経由して再び頂点間を移動することで、50音表上を下方に垂直移動する。時計回り回転は50音表上のア段の右方向移動に、半時計回転はア段の左方向移動に割り当てた。

例えば、「て」を入力する場合には、まず時計回りに

正方形の外周を左端の頂点までなぞって「た」の位置に移動する(図3(a))。さらに、続けて中心部に触れる事で垂直移動に切り替え、「て」はエ段の音なので右下の頂点まで移動し(図3(b))、文字確定キーを押して「て」を入力する。

図4にア段の子音とタッチセンサの位置関係を示す。それぞれの文字に対する最短経路は一意であるが、走査式入力であるため、逆方向の回転によっても目的文字に到達可能である。同様に、図5に母音とタッチセンサの位置関係を示す。タッチセンサの4頂点すべてから50音表上の水平移動から垂直移動への切り替えが可能であるため、母音の配置は図5の4パターンになる。

入力文字修正機能には、未確定文字に対するものと確定文字に対するものがある。50音表を遷移している(未確定文字がある)時には、1) 逆操作によって50音表を反対方向に遷移する方法と、2) 現在位置を見失った場合のための、環指のスイッチによって50音表の遷移を中断し、起点移動からやり直す方法、の2つを実装した。確定した文字に対しては、環指のスイッチの打鍵が、確定文字列に対する1文字消去(バックスペース)として機能する。

文字の確定や消去といった50音表上の遷移以外の機能は、それぞれ一指一機能を原則に拇指以外の指のスイッチに割り当てた。これは、一指に多数のスイッチを割り当てると、指のスイッチ間移動が発生し、誤入力を招く可能性があるためである。以上の設計により、提案方式は以下の利点を有すると期待される。

1) 離散的な位置検出なので、動作のあいまい性が排除され、システムの誤認識や誤操作の可能性が低減される。同時に、ユーザには触覚を介した位置フィードバックが与えられる。

2) スwitchの復帰を待つ必要がなく、連続した動作であるため、ジョイスティック型よりも高速な操作が期待できる。

3) ジェスチャに対して文字が一意に決定されるので、長期間の利用による習熟が期待可能である。

4. 試作デバイス

4.1 デバイス構成

今回試作したデバイスの概観を図6(a)に示す。デバイスは片手で把持し、拇指のなぞり動作をタッチセンサによって検出する。拇指に割り当てる機能は50音表の遷移のみとし、表2のように、拇指以外の指に文字入力補助のための押しボタン式スイッチを割り当てた。スイッチ入力、USBパラレルインタフェースボード(IPI, FT245BP)を用いて検出した。タッチセンサは、図6(b)のように配置し、なぞり領域外周に

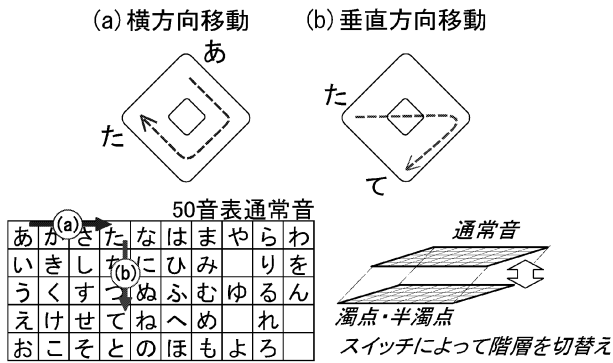


図3 なぞり動作による「て」の入力例
Fig. 3 Example of character input procedure using the prototyped device.

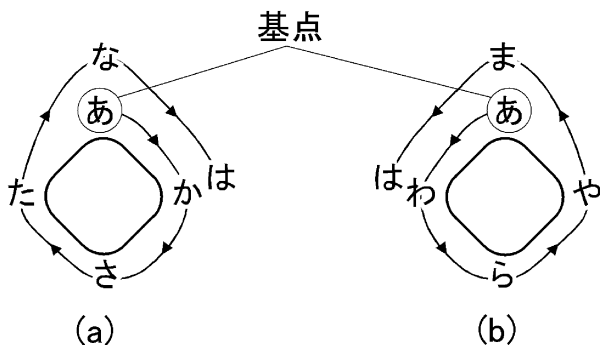


図4 子音割り当て図:(a) 時計回りが最短の文字と配置 (b) 反時計回りが最短となる文字と配置

Fig. 4 Assignment of gestures for consonants:
(a) Characters controlled by clockwise rotation, (b) Character controlled by counterclockwise rotation.

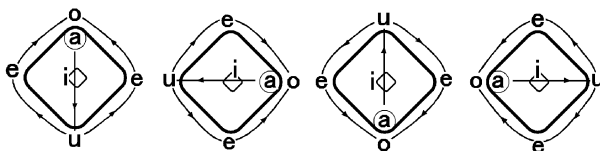


図5 母音の相対割り当て図
Fig. 5 Assignment of gestures for vowel sounds.

角形の段差を設置することで、触覚によるタッチセンサ検出領域の認知を支援した。さらに、ユーザが外周のタッチセンサと中央のタッチセンサを同時に触れないように、外周と中央のタッチセンサ間に厚さ 0.7mm の突起を設置した。外周と内周の境界を明確にすることで、触覚によるユーザの指先位置認知の支援効果も期待される。

タッチセンサは、静電容量式により実装を試みたところ、使用したモジュールではサンプリング周波数が 8Hz と低く、高速のなぞり動作では検出もれが生じることがあった^[14]。そこで本研究では、掌部分

にグラウンド電極を持つ抵抗方式によってタッチセンサを実装した。システムを図 6(c) に示す。抵抗式タッチセンサは指先やタッチセンサ表面の状態の影響を受けやすく実用性は低い、高サンプルレートでの計測が容易である。今回は文字入力方式の検討が目的のため、抵抗式を用いてサンプル周波数 200Hz で実験を行った。

4.2 音声フィードバック

視覚に依存しない状況下では、ユーザに、視覚以外の何らかの入力文字確認手段を提供する必要がある、I-KAS システム^[1]では、音声合成ソフトウェアと骨伝導スピーカあるいは小型イヤホン等の目立たない音響装置による音声フィードバックの使用を想定している。ここで、入力候補となっている文字 (50 音表上でカーソル位置にある文字) が変化した時の音声フィードバックの遅延は、音声により文字確認をおこなっている状況では、入力速度に大きく影響する。そこで本研究では、操作時に音声合成するのではなく、あらかじめ音声ファイルとして用意したかな単音を再生することで、音声読み上げの遅延を軽減した。

5. 評価実験

5.1 実験条件

試作したデバイスの、聴覚フィードバックのみの条件下での入力速度を評価するために、後述の要領でかな課題文の入力時間を計測した。実験中は、指先と電極の接触抵抗などシステムの状態を 10ms ごとに記録した。また、試作したデバイスとの比較を目的に、Multitap 方式デバイス (Keyboard, Mevale) を用いて、同様の実験を実施した。被験者は 20~40 代の成人男性 20 名で、デバイスや計算機画面を見ながらの操作を禁止した。また、目立たずに利用することが本研究の目的であるため、日常的に両手を用いて Multitap 方式を利用するユーザにも片手で入力するように指示し、予測入力機能も利用不可の条件で実験を実施した。

課題文は、濁点・小文字がなく、50 音表の同一行の文字が続けて発生せず、1 文字あたりの 50 音表における文字位置が中央付近となる「よいときもわるいときもあるさ」の課題文 1 と、小文字・濁点が含まれ、50 音表の同一行の文字が続く部分があり、1 文字あたりの 50 音表における文字位置が「あ」から比較的近い「きょうあいたいのですがいかがですか」の課題文 2 の 2 文とした。また、入力方式に十分に習熟した条件での入力速度を予測評価するために、被験者には図 4, 5 に示すタッチセンサの位置と文字の位置関係をあらかじめ学習させ、さらに課題文の練習を 30 分から 1 時間程度おこなわせた後に、できるだけ早く入力するように教示して実験を行った。実験は 5 回の課題

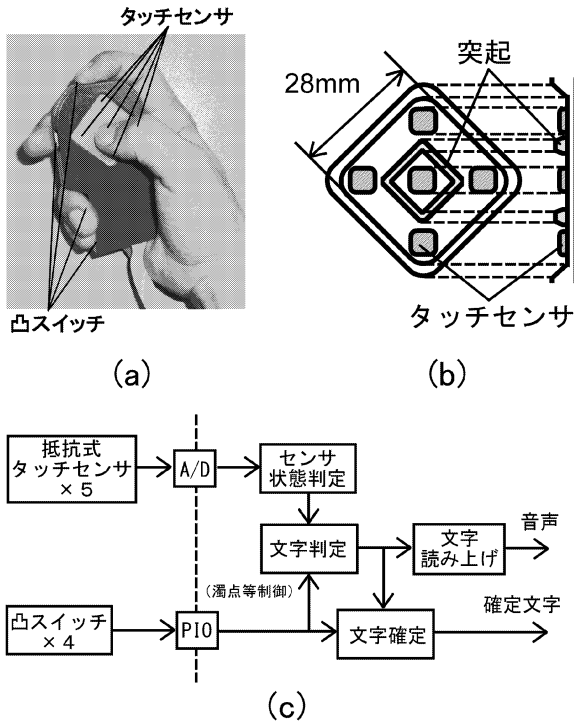


図6 (a) 試作デバイス概観, (b) タッチセンサと突起の配置, (c) システムのブロック図

Fig. 6 (a) Prototyped Kana input device. (b) Position of touch sensors and guides. (c) Block diagram of resistance type systems.

表2 かな入力時の各指スイッチの機能
Table 2 Functions of finger switches during kana-input.

対応指	スイッチ数	機能
拇指	5	50 音表の段・行移動
示指	1	文字の確定
中指	1	階層の変更
薬指	1	バックスペース 50 音表の遷移中断
小指	1	予備

文の入力を1試行とし, 3試行行った. また, 入力ミスに気付かず被験者が入力を続けた場合は文字の修正を行わず, ミスを指摘し, 課題文を最初から入力させた. さらに, データの分析に15回のうち上位5回のデータを用いることで, 十分に習熟した後の入力速度とみなした. 各デバイスは片手で操作するように指示したが, 把持ができない場合に限り, 入力に用いず, デバイスを安定させるための支えとして使用することは許可した.

5.2 実験結果

各条件での, 平均入力速度を図7に示す. 図中のエラーバーは標準偏差を表す. 清音, 濁音, 拗音にかかわらず, かな表記での1文字を1と計数して入力速度を算出したところ, 提案方式は課題文の違いに関わらず, 聴覚フィードバックのみでデバイスを見ずに

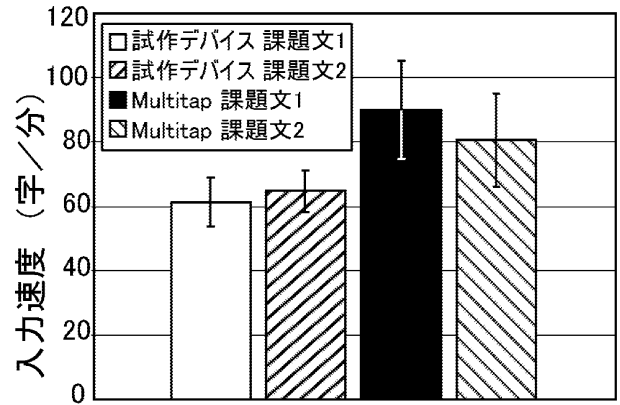


図7 課題文入力速度 (各最短5回平均)
Fig. 7 Shortest input times of task sentences.

60字/分程度の入力速度が得られた. 誤入力のために中断した試行を含む, 平均誤入力率は9.8%であった. また, Multitapでは80~90字/分程度で入力可能であった.

提案デバイス間の結果からは, 課題文2の方が課題文1よりも若干入力速度が速く, F検定で等分散性を確認した後に対応のあるt検定を行ったところ, 有意差が認められた ($p < 0.05$). これは, 課題文1の1文字あたりのなぞりストローク数が約3.6であるのに対し, 課題文2は2.6だったことが影響したと考えられる.

6. 準 Keystroke Level モデルによる分析

6.1 小型携帯端末での文字入力のモデル化

実際に文字入力をおこなったときの操作時間は, 操作体系への慣れが大きく影響する. そこで, Keystroke Level モデル^[15] (以下 KLM と表記) に準じる方法で, 前述の単文入力時間の予測と実験結果の分析をおこなった.

拇指1本で Multitap デバイスを用いて文章入力を行う場合, 1文字につき複数回の打鍵が必要であり, 最初の打鍵前には, 打鍵位置の判断が必要になる. そこで, 本研究では, 打鍵位置判断時, すなわち1文字入力ごとに心理的準備時間が必要になると仮定し, モデル化と評価実験結果の分析をおこなった.

提案方式で文字走査を行う場合には, 1文字につき, 1から9ストロークのなぞり動作のための時間が必要である. また, 1文字入力毎に, 拇指を基点位置である「あ」に戻す必要がある. さらに基点移動後には, 移動方向や文字のジェスチャを考えるための心理的準備時間が必要と考えられる. 他にも, 文字確定のキー押下や濁点や小文字を入力するための打鍵が必要であり, それらの前にも心理的準備時間が必要と考えられる.

以下, K は打鍵時間, M は心理的準備時間, S, F

表3 準 KL モデルを用いた課題文入力時間の予測結果

Table 3 Predicted text input time using quasi-Keystroke Level Model.

入力条件	予測入力時間 ^{*1}
提案方式 課題文 1(14 文字)	51S+14F+28M+14K
提案方式 課題文 2(17 文字)	45S+17F+39M+22K
Multitap 課題文 1(14 文字)	40K +14M
Multitap 課題文 2(17 文字)	47K +25M

^{*1} S: なぞり動作時間, F: 基点への指移動時間, M: 心理的準備時間, K: 打鍵時間

は試作デバイスにおける, なぞり動作におけるセンサ間指移動時間と基点への指移動時間を意味する.

6.2 予測結果

上記の仮定に基づいて予測した課題文入力時間を表3に示す. 提案方式と Multitap 方式では操作体系が異なるため, 操作を考える心理的準備時間と, 身体運動を伴う操作時間にわけて比較する.

心理的準備時間は, 提案方式ではなぞり動作の方向や打鍵位置を考える時, Multitap では打鍵位置を考える時に発生すると考えられ, これらの発生回数の単純和を比較すると, 提案方式は Multitap の約 1.5 倍から 2 倍となった. 提案方式では, 1 文字につきジェスチャを考える時と打鍵位置を考える時の 2 回, 心理的準備期間が必要になるためである.

提案方式の操作時間は, なぞり動作 S と基点移動 F および打鍵 K の時間の総和であり, それぞれの操作数の単純和は, いずれの課題文においても Multitap の打鍵数 K の約 2 倍となった. 走査式の文字入力方式は, 単純操作数の点では不利であると言える.

しかし, 提案方式のなぞり動作は連続的な動作であり, 往復運動である Multitap の打鍵動作に比べて, 高速動作が可能と期待される. 心理的準備時間に関しても, 提案方式では 3 つの動作方向からの選択であるのに対し, Multitap では 12 の打鍵位置からの選択であるため, 提案方式の方が短くなる可能性がある. すなわち, 提案方式の単純操作数は Multitap の約 2 倍であるが, 実際の入力時間はそれよりも短くなるものと期待される.

6.3 評価実験における各動作時間の算出

文字入力実験中に記録したシステムの状態遷移時刻から, それぞれの動作時間の平均値を算出したものが図8から11である. エラーバーは標準偏差を表す. さらに, これらをまとめたものを表4に示す. 提案方式において, 心理的準備時間を含むと考えられる基点移動後のなぞり動作時間は, 他のなぞり動作と区別して集計した. 同様に, 示指の打鍵と中指の打鍵も区別した. また, Multitap 方式では, 打鍵キーが変化した時の K は心理的準備時間と指移動時間を含むため, 同一

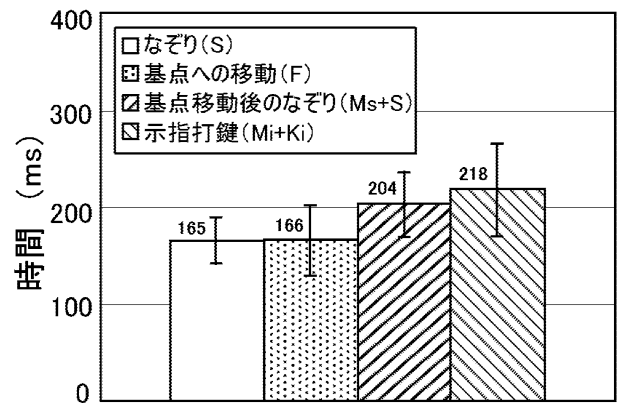


図8 課題文1における提案方式の各動作時間

Fig. 8 Observed time for each motion in task 1 using the proposed input method.

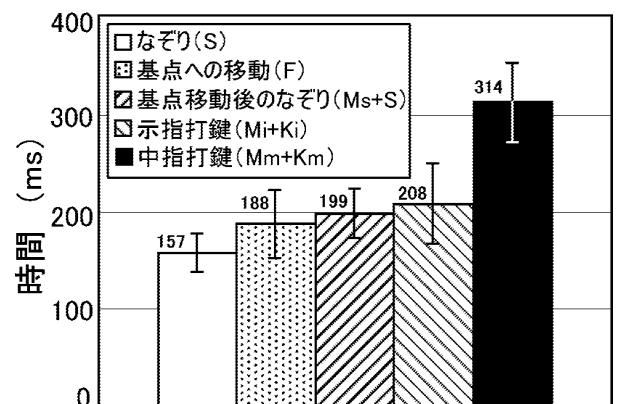


図9 課題文2における提案方式の各動作時間

Fig. 9 Observed time for each motion in task 2 using the proposed input method.

キー打鍵時の K と区別した.

集計の結果, なぞり時間 S は約 160ms で, Multitap 方式の打鍵時間 K の約 180ms より短く, 等分散性の確認後に対応のある t 検定を行ったところ, 有意差が認められた ($p < 0.05$). また, 提案方式の拇指基点復帰時間 F は約 180ms でなぞり時間 S との差は小さく, 他方, 基点移動後の S は平均で約 210ms を要していた. このことから, 6.1 で予想したように, 大半の被験者が, 拇指を基点に移動する前ではなく, 基点に移動した後で入力文字の動作パターンを考えていたと推察される.

7. 考察

図8, 9を比較すると, 基点移動後のなぞり時間は, 204ms および 199ms で, 課題文 1, 2 ともに同程度であった. 確定のための示指の打鍵時間 Ki が, 課題文 1 で課題文 2 より若干長いのは, ストロークが長いほど誤操作やシステムの誤検出の可能性が高くなるため, 音声フィードバックによって文字を確認してから確定する傾向が強くなるためと推察される. また, 示指の

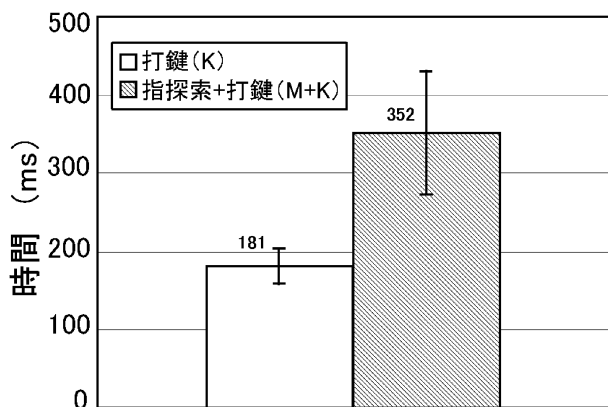


図 10 課題文 1 における Multitap 方式の各動作時間

Fig. 10 Observed time for each motion in task 1 using the multitap input method.

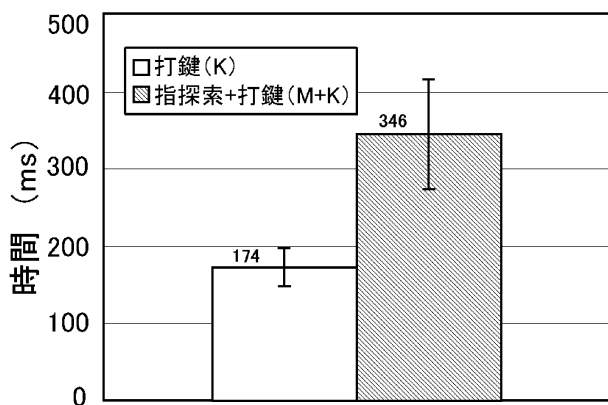


図 11 課題文 2 における Multitap 方式の各動作時間

Fig. 11 Observed time for each motion in task 2 using the multitap input method.

表 4 各動作ごとの入力時間
Table 4 Observed time for each operator.

	分類動作 *1	時間 (ms)
提案方式	なぞり S	162
	基点移動 F	178
	基点後のなぞり Ms+S	201
	示指打鍵 Mi+Ki	213
	中指打鍵 Mm+Km	314
Multitap	打鍵 K	181
	指移動後の打鍵 M+K	352

*1 S : なぞり動作時間, F : 基点への指移動時間,
M : 心理的準備時間, K : 打鍵時間

全平均打鍵時間 K_i が 213ms 程度であるのに対し、中指の平均打鍵時間 K_m は 314ms を要していた。示指より中指のスイッチが押し難かったことが被験者からも指摘されており、中指スイッチ形状の改善による速度向上が見込まれる。 K_i と K_m のいずれも Multitap 方式の移動後打鍵時間 352ms より短いことから、指の移動を回避する設計は入力時間の短縮に有効であることが確認される。

提案方式と Multitap の心理的準備時間を比較すると、提案方式の M_s は基点移動後のなぞり動作時間とその他のなぞり動作時間の差から、平均で 46ms 程度と推定される。同様に、Multitap 方式の心理的準備時間 M は、指移動時間を含め 170ms 程度と見られる。Multitap 方式の指移動時間を除外できないため単純比較は出来ないが、提案方式でのなぞり動作想起時間は、Multitap 方式でのキー位置想起時間よりも大幅に長時間を要することはないと予想される。したがって、心理的準備時間の長さよりも、6.2 で予測したように、なぞり動作想起と文字確定の 2 回の心理的準備時間の発生が速度向上のための課題と考えられる。例えば、拇指をタッチセンサから離して基点に移動させると文字を確定させるなどの操作体系の変更が考えられ、今後の検討課題である。

提案方式のなぞり時間 S と Multitap の打鍵時間 K を比較すると、 S は 162ms で K は 181ms なので、期待したように、 S の方が K より 10~20ms 程度高速であることが確認できる。また、提案方式は、ジョイスティック型を用いた走査方式の打鍵時間 270ms^[1] よりも高速であった。これらは、屈筋と伸筋の交互収縮を必要とする往復運動よりも、周回なぞり動作が操作の高速化に有効であることを示す結果と言える。走査式の 1 文字あたり操作数は、6.2 に示したように Multitap 式の約 2 倍と冗長性が高いため、さらなる高速化が望まれる。

文字入力的高速化のためには、まず、打鍵やなぞりなどの各動作の高速化が挙げられる。特に、先に述べたように中指のスイッチは打鍵に長時間を要していたことから、スイッチ位置や形状、さらに指と機能との対応関係などの再検討が必要である。なぞり動作速度の向上のためには、なぞり部分を小型化し、なぞり動作距離を短くする方法が考えられる。しかし、なぞり部分を小型化すると電極間距離が短くなるため、特に抵抗式タッチセンサでは誤検出が増加するおそれがある。高サンプルレートでの指先位置の非接触検出や、なぞり動作の矯正のためのタッチセンサ間の突起の形状最適化など、なぞり動作検出デバイスの高信頼性も併せて検討する必要がある。

また、本研究では晴眼者が視覚情報を利用せずにかかな文字入力する状況を想定したが、提案方式は、デバイスの持ち替えや指の移動が必要ないため、これらの点は視覚障害者が利用する場合においても利点となると考えられる。かな文字以外への対応など文字入力方式としての汎用性の向上に加えて、視覚障害者への対応も今後の重要な検討課題である。

8. まとめ

本研究では、目立たずに使用が可能な拇指の連続なぞり動作を用いた走査式かな文字入力方式を提案した。試作デバイスを用いた課題文入力実験の結果、視覚フィードバックがない条件下であっても、片手で60字/分程度のかな文字入力ができる可能性が示された。デバイスの改善による入力速度の向上や、かな文字以外への対応などが今後の課題として挙げられる。

謝辞

本研究は文部科学省特別教育研究費共生情報工学研究推進経費によるものである。ここに記して感謝する。

参考文献

- [1] 加藤俊輔, 藤田欣也: inconspicuous 外部知アクセスシステムのためのインタフェースの提案; ヒューマンインタフェース学会ヒューマンインタフェースシンポジウム'06, No.2321 (2006).
- [2] MacKenzie, S. I., Zhang, X. S.: The Immediate Usability of Graffiti ; Proceedings of Graphis Interface '97, Canadian Information Processing Society, pp.129-137.(1997)
- [3] Wobbrock, O. J., Myers, A. B., Kembel, A. J.: EdgeWrite: a stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion ; Proc. ACM Symp. UIST, pp.61-70 (2003).
- [4] 杉村利明, 福本雅朗: 携帯電話向けシングルタップ新キーボードの提案と評価; ヒューマンインタフェース学会ヒューマンインタフェースシンポジウム'06, No.2520 (2006).
- [5] Partridge, K., Chatterjee, S., Sazawal, V., Borriello, G., Want, R.: TiltType: Accelerometer-Supported Text Entry for Very Small Devices ; Proc. ACM Symp. UIST, pp.201-204 (2002).
- [6] Lyons, K., Starner, T., Plaisted, D., Fusia, J., Lyons, A., Drew, A., Looney, W. E. : Twiddler typing: one-handed chording text entry for mobile phones ; Proc. ACM Symp. SIGCHI, pp.671-678 (2004).
- [7] 雨宮智浩, 広田幸一, 廣瀬通孝: 筒型点字入力インタフェースの開発と評価; 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1701-1710 (2005).
- [8] 平岡茂夫, 宮元一伸, 富松潔: Behind Touch : 携帯電話のための背面・触覚インタフェース; 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2520-2527 (2003).
- [9] 福本雅朗, 外村佳伸: Wireless FingeRing:人体を信号経路に用いた常装着型キーボード; 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.5, pp.1423-1430 (1998).
- [10] Goldstein, M., Book, R., Alsio, G., Tessa, S.: Non-keyboard QWERTY touch typing: a portable input interface for the mobile user ; Proc. ACM Symp. SIGCHI, pp.32-39 (1999).
- [11] Masui, T.: An Efficient Text Input Method for Pen-based Computers ; Proc. ACM SIGCHI, pp.328-335 (1998).
- [12] <http://www.invaire.de/>
- [13] Gabor, B., Steven, F.: Evaluation of an Eyes-Free Cursorless Numeric Entry System for Wearable Computers ; Proc. ISWC, pp.21-28 (2008).

- [14] 佐藤知充, 藤田欣也: 親指の連続なぞり動作を用いた目立たない走査式文字入力デバイスの開発; ヒューマンインタフェース学会ヒューマンインタフェースシンポジウム'08, No.1514 (2008).
- [15] Card, K. S., Moran, P. T.: The keystroke-level model for user performance time with interactive systems ; Communications of the ACM, Vol.23, No.7, pp.396-410 (1980).

(2009年2月9日受付, 6月5日再受付)

著者紹介

佐藤 知充



2008年東京農工大学情報コミュニケーション工学科卒。現在、東京農工大学大学院工学府情報工学専攻在籍中。

藤田 欣也 (正会員)



1988年慶應義塾大学大学院理工学研究科修了。相模工業大学、東北大学医学部、岩手大学を経て、現在東京農工大学大学院教授。共有仮想空間コミュニケーション、VRシステムや感覚の遠隔共有など、人と共生する情報システムのためのヒューマンインタフェースの研究に従事。工学博士。