

## ペン入力のための楕円形仮想キーボードとベクトル入力法

橋本 美奈子      富樫 雅文

お茶の水女子大学 理学部 情報科学科

{hasimoto , togasi}@is.ocha.ac.jp

本稿では、楕円形仮想キーボード (VOKB) 及びストロークの始点と終点の位置情報を入力情報の決定に利用するベクトル入力法の 2 つを提案する。従来の矩形仮想キーボード (VKB) の形状は手首の回転に合わないため、入力時の負担となっていた。我々は VOKB を実験から得たペンの動かしやすい領域に基づいて設計した。入力速度の点から矩形 VKB と比較し、VOKB による入力のほうが高速であることを確認した。ベクトル入力法は *space* 等を入力する際に手首を大きく動かす必要があった問題と同時ポイントが不可能であった問題を解決する。本手法を *space*, *carriage return*, *back space*, *shift* に適用した結果、ポイント入力法より高速な入力が可能であった。

## A virtual oval keyboard and a vector input method for pen-based character input

Minako Hashimoto      Masatomo Togasi

Department of Information Sciences , Faculty of Science , Ochanomizu University  
2-1-1 Otsuka Bunkyo-ku, Tokyo 112, JAPAN.

This paper proposes a virtual oval keyboard (VOKB) whose shape is designed on the basis of an easily pointed area with a pen, and a vector input method where users can input both a vector and its origin with one vector stroke. In our experiment, it was possible to input faster with VOKB than with a conventional rectangular virtual keyboard that is not suitable for a rotational movement of a wrist. In the vector input method, three kinds of vectors enable users to input *space*, *carriage return* and *back space* at any position. Another kind of a vector corresponding to *shift* capitalizes a letter at the origin of the vector with just one vector stroke. In our experiment, it was possible to input faster with the vector input method than with a conventional point input method.

## 1 はじめに

計算機の小型化とともに携帯機としてのペンコンピュータの需要が高まり [1]、文字入力手段としてペンによる手書き入力が多くの研究対象とされ注目を浴びている [2]。手書きは人間が慣れ親しんだ動作なので誰にでも容易に操作できるという利点があるが、誤認識の問題などから必ずしもユーザに好まれていない [3]。そこで手書き以外の手段として、仮想キーボード (VKB: Virtual Keyboard) を用いた文字入力が必要となる。VKB とは画面に表示されたソフトウェアキーボードで、指やポインティングデバイスで画面上のキーをポイントし、対応する文字を入力する。

現在までにタッチスクリーンを用いた両手打鍵 VKB については文献 [4] の報告があるが、ペン入力 VKB に関する研究報告はほとんどなく、現在のペン入力 VKB は両手打鍵キーボードの形状と方式をほぼそのまま受け継いでいる。そのため、両手打鍵との動作特性の違いがひきおこす次の 3 つの問題が生じる。

### 1. 形状が横長矩形である (形状に関する問題)

ペン入力では手首の回転方向にポイントしやすい [5] と考えられているが、従来の矩形 VKB はこの方向に沿ってキーが配置されていないため、入力の際に手首に負担がかかる。

### 2. スペースなどのアルファベット以外のキーがキーボードの端にある (キーの配置に関する問題)

アルファベットキーの領域とそれ以外のキーの領域が分離しているため、*space (SP)*, *carriage return (C/R)*, *back space (BS)*, *shift (SHIFT)* (以下、これらを特殊文字と呼ぶ) を入力する際に手首を大きく動かす必要がある。

### 3. ペンで 2 つのキーを同時にポイントできない (ポイント入力法に関する問題)

ペン入力では 2 つのキーを同時にポイントできないため、同時打鍵を利用する両手打鍵キーボードと同様には *SHIFT* 操作ができない。そのため現在のポイント入力法では、1 つの *SHIFT* 側の文字入力に 2 ストローク必要となる。

本研究では、形状に関する問題を解決するために楕円形仮想キーボード (VOKB: Virtual Oval KeyBoard) を、キーの配置とポイント入力法に関する問題を解決するためにベクトル入力法を提案する。

VOKB は、斜めに傾いた楕円形の QWERTY 配列仮想キーボードである。斜めに傾いた楕円形は、ポイントしやすいように、実験から得たペンの動かしやすい領域に基づいて設計した。また、QWERTY 配列の各行が手首の回転方向に広がるようにキーを配置した。設計した VOKB を入力速度の点から矩形 VKB と比較した結果、危険率 0.5 % で VOKB による入力のほうが高

速であると確認した。

ベクトル入力法とは、ある長さをもつペンの軌跡 (ストローク) の始点と終点の位置情報を利用し、その相対的な位置関係 (ベクトル) や始点の絶対位置によって入力情報を決定する方法である。本稿では、4 種類のベクトルを *SP*, *C/R*, *BS*, *SHIFT* に割り当てた。その結果、任意の位置からの *SP*, *C/R*, *BS* の入力が可能となった。また、1 ストロークでの *SHIFT* 操作が可能となった。ベクトル入力法を入力速度の点から従来のポイント入力法と比較した結果、危険率 2.5 % でベクトル入力法を適用したときのほうが高速であると確認した。

## 2 楕円形仮想キーボード (VOKB)

ペンを動かしやすい領域を利用した VKB を設計するために、以下の実験をおこなった。

### 2.1 実験

本実験ではペンによる連続ポイント操作により、ポイントしやすい領域を確認する。

#### 2.1.1 実験方法

##### ● 被験者

20 代の右きき女性 13 名。

##### ● 機材

パーソナルコンピュータ P5-60 (Gateway2000) と入出力一体型透明タブレット PL-100VA (WACOM) を利用した。ポインティングデバイスには、タブレット付属のスタイラスペンを用いた。

##### ● 手順

タブレットを水平方向から 30° 傾けて固定し、その中央に縦 9.5 cm、横 9.5 cm の実験ウィンドウを表示する (図 1)。被験者はタブレットの正面に座り、次の操作を休憩をはさんで 2 回おこなう。

##### ● 操作

ペンを握った右手の小指を実験ウィンドウの右下に固定し、ペンの届く範囲内をまんべんなく動きながら 4 分間すばやく自由にポイントする。

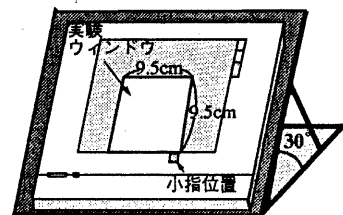


図 1: 実験環境

### 2.1.2 結果

被験者による総ポイント数の違いを均すため、それぞれの被験者について総ポイント数に占める各領域のポイント回数の割合を求めた。図 2 にこの割合を全被験者について合計した結果を示す。外枠の正方形は実験ウィンドウを表し、正方形内の黒の濃度は割合の高さを表す。

図 2 より、斜めに傾いた楕円形状にポイントが集中していることが分かる。これは、無理なくポイントできる領域が矩形形状ではなく、楕円形状に広がることを示すものと考えられる。

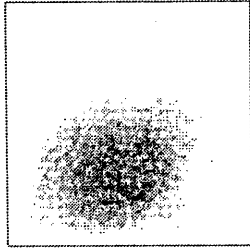


図 2: 全被験者にポイントされた領域

## 2.2 VOKB の設計

2.1.2 の結果に基づいて、VKB を設計する。

### ● 形状

図 2 に基づき、以下のような楕円形を VKB の形状とした。図 3 に楕円のパラメータを示す。

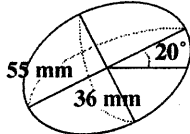


図 3: 楕円形のパラメータ

### ● キーの配置

ポイントしやすい方向がキーボードの段方向と合うように、手首の回転方向に近い楕円形の長軸方向にキーボードの段方向を合わせてキーを配置する。図 3 の楕円形を QWERTY 配列キーボードにならって分割した結果を図 4 に示す。最上部の未使用領域は、ファンクションキーなど今後の拡張のために今回は使用しなかった。

## 2.3 入力速度の比較

設計した VOKB(図 4) と従来型の矩形 VKB(図 5) を入力速度の点から比較するため、以下の実験をおこなった。

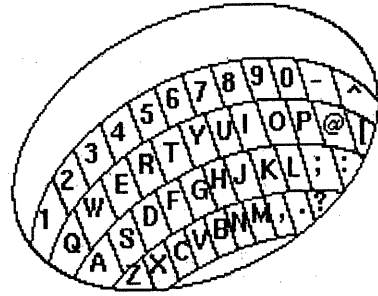


図 4: VOKB

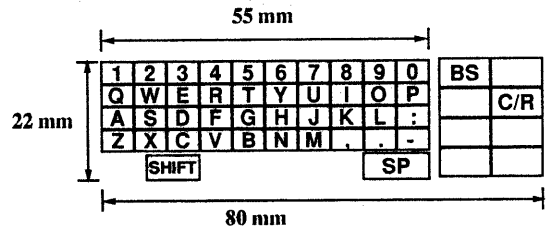


図 5: 矩形 VKB

### 2.3.1 実験方法

#### ● 被験者

20代の右きき女性 13名。全員正常視力で QWERTY 配列両手打鍵キーボードの使用経験を 3年以上持つが、ペン入力 VKB の使用は初めてである。

#### ● 機材

2.1 における実験と同じ機材。

#### ● 手順

タブレットを水平方向から 30° 傾けて固定し、その中央に VKB を表示する。被験者はタブレットの正面に座り、次の操作を VOKB と矩形 VKB のそれぞれにおいておこなう。

#### ● 操作

英文テキストの alphabet digraph[6] にしたがって、キーが点灯する。被験者は点灯したキーをすばやく正確にポイントする。次のキーはポイント終了と同時に点灯し、被験者はこのポイントを 1000 回おこなう。

#### ● 計測項目

キーが点灯してから正確にポイントするまでの時間を計測する。計測にはシステム内蔵のタイマを使用する。

### 2.3.2 結果

1 文字を入力するのにかかった平均時間とその標準偏差を表 1 に示す。被験者 13 人のうち 11 人が VOKB のほうが高速に入力をおこない、その平均も VOKB のほうが矩形 VKB よりも短かった。また、t-検定をおこなったところ、危険率 0.5 % で VOKB による入力のほうが高速であると認められた。

	矩形 VKB	VOKB
平均	569.5	513.6
標準偏差	86.0	79.6

表 1: 1 文字入力にかかる平均時間 [msec] と標準偏差

### 3 ベクトル入力法

ベクトル入力法とは、ある長さをもつペン先の軌跡(ストローク)の始点と終点の位置情報を利用し、両者の相対的な位置関係(ベクトル)や始点の絶対位置によって入力情報を決定する方法である。

従来のポイント入力法では、ポイントした位置情報によって入力情報を決定していたため、入力できる位置に限られていた。そのため、キーボードの端にある特殊文字を入力するために手首を大きく動かす必要があった。また 1 回のポイントで 1 つの情報しか入力できないため、両手打鍵キーボードのような同時打鍵を必要とする SHIFT 操作が不可能となり、1 つの SHIFT 側の文字入力に 2 回のポイントが必要となっていた。

ベクトル入力法では、ストロークの始点と終点の位置情報を利用して入力情報を決定する。本手法では、入力情報の決定を次の 2 通りの方法でおこなうことにより、先に述べた 2 つの問題を解決する。

#### 1. 1 つの情報をベクトルにより任意の位置から入力

始点と終点の相対的な位置関係(ベクトル)によって 1 つの入力情報を決定する。ここでは入力(始点)の位置は入力情報の決定に影響せず、任意の位置からの入力が可能となる。よって 3 種類のベクトルを SP, C/R, BS に割り当てることにより、手首をキーボードの端まで動かすことなくこれらの特殊文字の入力が可能になる。

#### 2. 2 つの情報をベクトルと始点の絶対位置により 1 ストロークで入力

ベクトルが 1 つの入力情報を決定するのに加えて、入力(始点)の位置情報によってもう 1 つの情報を決定する。つまり、ここでは入力位置に制限を加えることにより、1 ストロークで同時に 2 つの情報の入力を可能とする。よって SHIFT 操作を SHIFT したいキーからのベクトルで入力することにより、ポイント入力では不可能だった 1 ストロークでの SHIFT 操作が可能になる。

本手法では、ストロークの始点と終点の位置情報によって入力情報を決定するので、従来の手書き文字入力やジェスチャー入力などで用いられている認識アルゴリズムを必要とせず、単純な処理によって実現可能となる。また、このような情報の取り出し方によって、入力情報の決定に始点情報のみを利用してポイント入力法と、始点から終点までのすべての軌跡情報を利用して手書き文字入力・ジェスチャー入力の間に位置するものとする(図 6)。

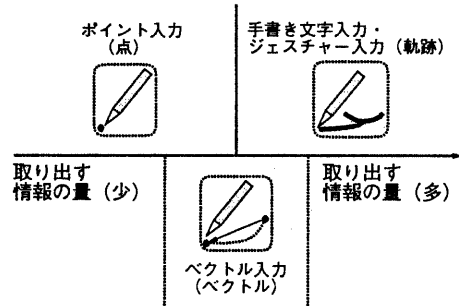


図 6: ベクトル入力法の位置付け

### 3.1 英文入力への適用

本稿では 4 種類のベクトルを SP, C/R, BS, SHIFT に割り当てることにより、ベクトル入力法を英文入力に適用した。まずは以下のアンケート調査をおこない、それぞれの特殊文字に対して期待されるベクトルの方向と長さを調べた。

#### 3.1.1 アンケート調査

##### • 回答者

20 代の右きき女性 50 名。全員 QWERTY 配列両手打鍵キーボードの使用経験が 3 年以上ある。

##### • 調査方法

質問内容と回答欄を添付した図 7 の質問用紙を、各回答者に配布する。質問内容を以下に示す。

×の中心にペン先を合わせて下さい。  
 ここからペンがある方向にある長さだけ動かすと、  
 文字が入力されます。この方法で  
 "space(SP)", "carriage return(C/R)", "back space(BS)", "SHIFT"  
 を入力することを想像して下さい。  
 あなたならどのようにペンを動かしますか？  
 それぞれの文字について軌跡を矢印で図示し、  
 そのように考える理由を書いて下さい。

SP	C/R	BS	SHIFT
×	×	×	×
理由	理由	理由	理由
( )	( )	( )	( )

御協力ありがとうございました

図 7: 質問用紙

● 集計結果

すべての回答者が4種類の異なる方向をもつベクトルによって区別をおこなった。同じ方向で長さのみを変化させたベクトルで区別をおこなった回答は見られなかった。また、約90%の被験者が図8の1~8のいずれかの方向で区別をおこなった。表2に1~8がそれぞれの特文字に対して割り当てられた割合を示す。また、それぞれの特文字について、回答数の多かった上位2方向に示された主な理由を、表3に示す。

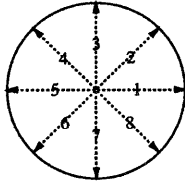


図8: 区別された方向の種類

方向	SP	C/R	BS	SHIFT
1	62.0%	8.0%	0.0%	2.0%
2	8.0%	2.0%	8.0%	20.0%
3	2.0%	0.0%	2.0%	54.0%
4	0.0%	2.0%	6.0%	0.0%
5	2.0%	2.0%	80.0%	4.0%
6	0.0%	36.0%	4.0%	6.0%
7	12.0%	48.0%	0.0%	4.0%
8	2.0%	2.0%	0.0%	10.0%
その他	12.0%	0.0%	0.0%	0.0%

表2: 各方向の回答数の割合

3.1.2 割り当ての決定

表2より、それぞれの特文字について最も回答数の多い方向が1, 3, 5, 7の90°おきに分かれた。よって円を2, 4, 6, 8を境界として90°ずつ分割し、4種類のベクトルを図9のように割り当てる。

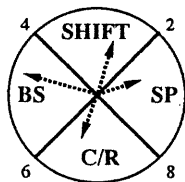


図9: ベクトル入力法の英文入力への適用

3.2 入力速度の比較

ベクトル入力法と従来のポイント入力法を、入力速度の点から比較するためにおこなった実験について述べる。

SP	①	→	スペースを入力する時にカーソルが進む方向だから
	(1)		
	②	↓	両手打鍵キーボードで真下に位置するから
	(7)		
C/R	①	↓	次(下)の行に進むから
	(7)		
	②	↘	次の行に進む時にカーソルが移動する方向だから
	(6)		
BS	①	←	カーソルが戻る方向だから
	(5)		
	②	↖	両手打鍵キーボードで右上に位置するから
	(2)		
SHIFT	①	↑	キーの上に表示されている文字を入力するから
	(3)		
	②	↖	キーの上に表示されている文字を入力するから
	(2)		

表3: 回答された主な理由

比較は、図5に示した矩形VKB上で、ポイント入力法のみ用いた場合とベクトル入力法を図9のように適用した場合とでおこなった。

3.2.1 実験方法

- 被験者
  - 2.3における実験と同じ被験者。
- 機材
  - 2.1における実験と同じ機材。
- 手順
  - タブレットを水平方向から30°傾けて固定し、その中央に図5の矩形VKBを表示する。被験者はタブレットの正面に座り、次の2通りの操作をおこなう。
- 操作(ポイント入力法)
  - 英文テキストのalphabet digraph[6]に特殊文字を混合させたものにしたがってキーが点灯する。被験者は点灯したキーをすばやく正確にポイントする。ポイント終了と同時に次のキーが点灯し、被験者はこのポイント操作を1000回おこなう。
- 操作(ベクトル入力法)
  - ポイント入力法と同様に、英文テキストのalphabet digraph[6]に特殊文字を混合させたものを使用する。アルファベットに関しては対応するキーが点灯し、特殊文字に関しては対応するベクトルを示す矢印が表示される。被験者は点灯したキーをすばやく正確にポイントする。また、矢印が表

示されたときは示された方向にすばやくベクトルを描く。次のキーの点灯や矢印の表示は、直前の操作終了と同時に起こる。被験者はこの操作を1000回おこなう。

#### ● 計測項目

2.3と同様にキーが点灯してから正確にポイントするまでの時間を計測する。また矢印が表示された場合には、矢印が表示されてから正確にベクトルを描き終わるまでの時間を計測する。計測にはシステム内蔵のタイマを使用する。

### 3.2.2 結果

1文字を入力するのにかかった平均時間とその標準偏差を表4に示す。被験者13人のうち10人がベクトル入力法を適用した場合に高速に入力をおこない、その平均もベクトル入力法を適用したときのほうが短かった。また、t検定をおこなったところ、危険率2.5%でベクトル入力法を取り入れたときのほうが高速であると認められた。

	ポイント入力法	ベクトル入力法
平均	582.7	545.4
標準偏差	75.9	65.7

表4: 1文字入力にかかる平均時間 [msec] と標準偏差

## 4 おわりに

本稿では、ペンの動かしやすい領域を利用した楕円形仮想キーボード(VOKB)と、ある長さを持つストロークの始点と終点の位置情報を入力情報の決定に利用するベクトル入力法について述べた。

ペンによる連続ポイント操作の実験により、ポイントされた領域が斜めに傾いた楕円形に広がることを確認し、VOKBを設計した。設計したVOKBを入力速度の点から矩形VKBと比較し、危険率0.5%でVOKBによる入力のほうが高速であると確認した。

またベクトル入力法を提案し、4種類のベクトルをSP, C/R, BS, SHIFTの入力に適用した。その結果SP, C/R, BSをキーボードの端まで手首を動かさずに入力することができるようになった。またポイント入力法では不可能だった1ストロークでのSHIFT操作が可能となった。入力速度の点から、ポイント入力法とベクトル入力法を適用したものを比較し、危険率2.5%でベクトル入力法を適用したときのほうが高速であると確認した。

今回はペンの動かしやすい領域を利用して、従来のVKBの形状と傾きを変化させたVOKBを設計した。しかし、形状は変化させずに傾きを変化させただけでも従来のVKBよりも高速な入力ができる可能性がある。今

後は、入力効率のよいペン入力VKBの持つ要素を細かく検証していく。

また、今回はアンケート調査から4つの特殊文字に4種類の異なる方向を持つベクトルを割り当てた。しかし、ベクトルとは方向だけでなく大きさも含む概念なので、区別にはベクトルの大きさも利用できる[7]。今後はこのようなことを考慮した上で、より入力効率のよいベクトルの割り当てについて検討する必要がある。

また、ベクトル入力法を日本語入力に応用することを考えており、その検討も進めていく。

## 謝辞

タブレットの使用に際して協力して頂いた株式会社WACOMに感謝致します。

## 参考文献

- [1] Charles C.Tappert and Jean R.Ward: *Pen computing: fad or revolution?*, Information Display, Vol.8, No.3, pp.14-19, (1992).
- [2] Charles C.Tappert, Ching Y.Suen and Toru Wakahara: *The State of the Art in On-Line Handwriting Recognition.*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.12, No.8, pp.787-808,(1990).
- [3] Robert O.Briggs et al.: *Whither the Pen-Based Interface?*, Journal of Management Information Systems, Vol.9, No.3, pp.71-90,(1992-93).
- [4] Andrew Sears et al.: *Investigating Touchscreen Typing: The effect of keyboard size on typing speed.*, Center for Automated Research,CAR-TR-553,CS-TR-2662, University of Maryland,(1991).
- [5] 小野 眞: ペンの操作性に関する実験的研究, 情処研報, 92-HI-41-13,(1992).
- [6] B.J.Underwood and R.W.Schulz: *Meaningfulness and Verbal Learning*, Philadelphia Lippincott,(1960).
- [7] Minako Hashimoto and Masatomo Togasi.: *A virtual oval keyboard and a vector input method for pen-based character input*, ACM CHI'95 Conference Companion,(1995)(in press).