

速記型ペン入力方式の検討

堀井真吾[†] 菊池 猛[†] 千葉玉三[†] 赤池英夫^{††} 角田博保[†]

[†] 電気通信大学 情報工学科

^{††} 電気通信大学 大学院情報システム学研究科

速記型ペン入力方式である Unistroke と T-Cube について、入力システムを実装した。被験者による使用実験を行なったところ、学習特性および各文字ごとの入力特性が明らかになり、入力的高速性を確認することができた。実験結果をみると双方ともほぼ同じ学習特性を示した。得られた結果に基づき、まず、かな文字入力用の T-Cube を設計し、入力システムを実装した。使用実験を行なったところ、3 時間程度の練習で約 2 かな文字/秒の速度が得られた。また、かな入力用の Unistroke も設計し、システムを実装した。

On Shorthand Input Method with a Stylus

Shingo Horii[†] Takeshi Kikuchi[†] Tamami Chiba[†] Hideo Akaike^{††} Hiroyasu Kakuda[†]

[†] *Department of Computer Science, The University of Electro-Communications*

^{††} *Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications*

We studied Unistroke and T-Cube, which are two famous shorthand-like input methods with a stylus, and found their effectiveness and deficiencies. According to the experience, we designed two new methods called Kana-Unistroke and Kana-T-Cube, respectively. In this paper, some results of experiments are reported.

1 はじめに

現在、業務用にコンピュータが使われる状況では、入力装置としてキーボードおよびマウスが圧倒的に使われている。その一方で、ワープロでは主に絵を書く目的としてペン入力装置が導入されだしている。また、絵以外に字も入力できるように工夫して、すべての入力をペンだけで行えるようにした携帯型ペン入力装置も開発されている。将来のユビキタス (ubiquitous - 遍在する) コンピューティングの時代ではポケットサイズや壁掛けサイズのコンピュータが普通になる。そのとき、キーボードは今のワークステーションに適しているほどには適合しないであろう。小型サイズのキーボードは操作がしにくいし、高速に打鍵することもできない。同様に大きな壁掛けディスプレイにもキーボードは適さない。そこで電子ペンが計算機への入力手段として注目を集めているのである。

ペンは携帯型にも壁掛けディスプレイにもうまく働く。位置指定や描画装置としては抜群である。手書き文字入力、キーボードの配列を覚えるといった必要もなく、文字の書ける人はそのまま利用できる、人間にやさしい入力手段だといえることができる。ペン入力には、(1) 従来の紙に書くような感覚で入力ができる、(2) 携帯しやすい、といった利点が挙げられ、今後、その需要は増加すると思われる。しかし、テキスト入力手段としての性能はあまりよいものではない。手書き文字によるテキスト入力の最大の欠点はその入力速度である。実際にペンで文字を書く速度には手指の運動能力による限界があるからである。もう少し高速にテキストを入力する方法が必要である。

それには、手書き文字そのものを使うのではなく、より高速に書ける手段が必要となる。英文に対しては既に速記型入力の研究がおこなわれている。アルファベットを簡略化して一筆書きのジュースチャにした「Unistroke [2]」、および、開始位置と向きの異なる直線によって文字を指定する「T-Cube [1]」である。

筆者らは日本語についても同様のことが可能かと考えた。日本語を高速に入力できるペン入力方式を考案することを目標とし、まず、Unistroke と T-Cube の特性について調査することにし、文献で述べられている実験を追実験した。

つづいて、得られた知見をもとに、かな入力用の速記入力法を検討した。まずは、実現容易性が

ら T-Cube 型のかな入力法を考案し、実験を行った。また、Unistroke 型についてもかな入力法を考案し、実験を行っている。

以下、2 節では Unistroke について仕様を述べ、実験の結果を示す。3 節では T-Cube について述べ、4 節で双方を比較する。5 節ではペンによるかな入力法を提案し、実験結果を示す。

2 Unistroke

Unistroke とは一筆書きとなるようにデザインされた Unistroke アルファベットを用いたペン入力方式である。Unistroke は、(1) アルファベット文字を書くより速い点、(2) 文字認識の誤りが少ない点、(3) わずかな入力場所 (画面) しか必要とせず、画面を見ずに入力できる点で従来の手書き文字入力法よりも勝っているといえる。

2.1 設計、仕様

Unistroke アルファベットは、(1) 覚えるのが楽であること、(2) 文字と文字の形の区別がはっきりしていること、(3) 文章が速く書けること、を基準にデザインされ、5 つの基本的な図形 (直線、2 辺からなる折れ線 2 種、3 辺からなる Z 形、曲線)、その書きだし始点 (4 通り) および回転方向 (2 通り) の組合せ (計 40 通り) の中から選択された。26 文字の英字に 空白 を加えた 27 種類の Unistroke アルファベットを図 1 に示す。これらは英小文字を表し、ペンの側面のボタンを押しながら入力すれば大文字になる。

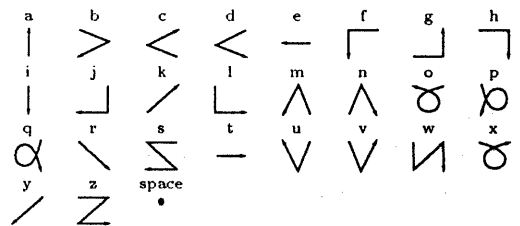


図 1: Unistroke アルファベットの対応

2.2 実験1

2.2.1 被験者

被験者は筆者らの研究室の教官および学生合わせて11名をボランティアとして募った。被験者は実験1に先だつ誤入力を調べる実験(120英単語を5回入力する実験—ほぼ100分ほどかかる)を経験した熟練者組5名(被験者番号1,2,3,4,6)と、今回初めてUnistrokeの実験に参加する初心者組6名(被験者番号7,8,9,a,b,c)とに分かれる。なお、熟練者組の被験者番号2,3,4と初心者組の被験者番号7,8,9は後述のT-Cubeの実験の経験者である。

初心者組は学習状況を調べるために、Unistrokeアルファベットのデザインを知らない状態で実験を開始した。

2.2.2 実験装置

実験には、日本電気製パーソナルコンピュータPC-9801DA、入力デバイスとして表示部一体型液晶デジタイザのワコム社製液晶ペンタブレットHD-640Aを用いた。これによりユーザは表示画面の上に直接描く感じで入力を行なうことができる。入力にはワコム社製電子ペンSP-200A(コードレス)を使った。

2.2.3 データ採取とプログラム

実験用のプログラムはC言語で記述され(6500行程度)、MS-DOS環境で動作する。図2は実験1のシステム作動時の液晶ペンタブレット上に表示される画面を図示したものである。

2.2.4 実験設計および手順

被験者は以下のような手順で、実験を行なった。(1)システムを起動すると、図2のような画面が表示され、セッションが開始される。(2)システム画面上の入力すべき文字列(30文字程度の英文)をUnistrokeを用いて入力する。入力を間違えた場合は後退ボタン[BS]をペンで押して修正する。(3)提示文字列の入力が済むと、[Done]をペンで押す。つぎに、[Start]を押すと、新たな文が提示される。英文を35文入力すると、セッションが終了する。

各セッションの間は少なくとも2時間以上の休憩を取り、被験者は計9セッション行なう。被験

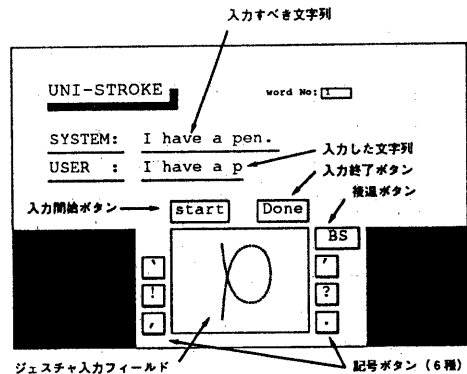


図2: 実験1のシステム画面の概観

者にはできるだけ速く正確に入力を行なうように指示した。

被験者が入力する英文は、「Ali Baba and the Forty Thieves」と「Aladdin, or the Wonderful Lamp」¹から無作為に35文を選択して使用した。35個の英文のうち、先頭の5文は前テストデータとし、時間に関する解析には、前テスト分を除いた残り30文をデータとして使用する。また、エラーの解析には入力された全35文をデータとして使用する。被験者の入力したデータは5ミリ秒の精度の時刻情報とともにすべてファイルに記録された。

2.3 結果と考察

入力速度(分速の入力文字数)をセッションの進行に合わせて描いた学習曲線を図3に示す。数字は被験者番号である。最初は熟練者組と初心者組に綺麗に分かれているが、9セッション終了時点ではかなり近付いている。9セッション終了時点での熟練者組平均は144文字/分、初心者組は平均105文字/分であった。キーボードと比べかなり上達が速いと言える。

1文字の入力時間は、ペンで字を書いている時間とその間の時間の和である。これを描画時間とストローク間時間と呼ぶことにする。

描画時間は手指の運動特性を表すのに対し、ストローク間時間はそのアルファベットを思いつく時間に当たっている。

¹受験研究社 世界名作対訳シリーズ No.2 "Stories from the Arabian Nights"

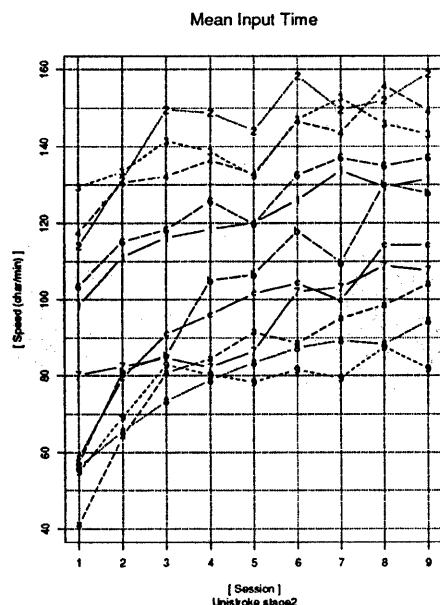


図 3: 学習曲線 (Unistroke)

Unistroke の平均描画時間をアルファベットごとに、速度の速い順に示したのが図 4 である。各アルファベットごとにセッション 1, 5, 9 の平均描画時間を上から順に示す。被験者 11 人の平均値を使った。

全体的に入力が高速になっていく傾向があり、被験者の学習のようすが伺える。出現頻度が少ない図形 (たとえば q) はあまり高速化しない。

アルファベットの描画時間は、ほぼ 3 つのグループに分かれる。直線、折れ線、Z 形と曲線型のものである。数値的に見ると、第 1 グループに比べて第 2 グループは約 2 倍、第 3 グループは約 3 倍の時間がかかる。全体に筆の動きが上から下、左から右の動きの方がその逆よりも速いことが分かる。すべての文字の平均をとってみると、熟練者組は 144ms (標準偏差 108ms)、初心者組は 207ms (標準偏差 125ms)、両方あわせて 175ms (標準偏差 118ms) であった。

ストローク間時間はより大幅な学習傾向が見られた。これはストロークを段々覚えていくことに対応している。9 セッション終わった段階での平均値は、熟練者組が 231ms (標準偏差 29ms)、初心者組は 300ms (標準偏差 39ms)、両方あわせて 263ms (標準偏差 34ms) であった。標準偏差が小さいことか

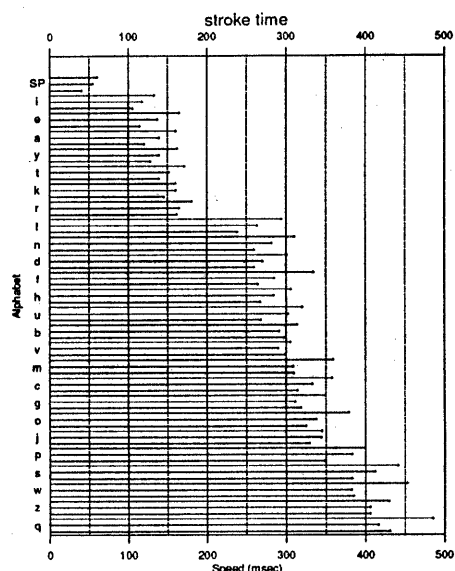


図 4: 平均描画時間 (Unistroke)

ら、早く覚えられ、想起時間が安定することがわかる。

エラーについても解析を行ったが紙面の都合上省略する。文献 [4] を参照されたい。

文献 [2] では、描画時間は平均で 200ms ほど、ストローク間時間は平均で 158ms ほど、合計で 2.8 文字/秒と述べられている。本実験と比べてみると熟練者組はほぼ文献のデータと同じ結果が得られている。手書きアルファベットよりはずっと速く、キーボード入力の半分位である。

3 T-Cube

T-Cube とはペン入力において動作の素早い“フリック ジェスチャ”を採用し、入力速度の向上をはかった新しいペン入力方式である。フリック ジェスチャとは (1) 始点を入力し、(2) 方向を入力する、という一連の動作である。

3.1 仕様

T-Cube の特徴は、(1) 視覚的に入力文字を捉えられる、(2) 画面の占有率が小さい、(3) Unistroke のように単純な動作で入力ができる、(4) ペン入力

法のうちで特に速い“フリック ジェスチャ”での入力である、(5) システムの設計が容易、といったことがあげられる。

実際のシステムでは図5のTargetで示される9つのセルに分割された円がまず表示される。ユーザがいずれかのセルにペンを置くと図5のバイメニューと呼ばれる円の対応する位置のもの1つが画面に表示される。これは8方向に分割され、それぞれのセルに文字が登録されている。入力したい文字の方向へペンを動かし、ペンを離すことで目的の文字が入力される。このようにして $9 \times 8 = 72$ 通りの入力が可能になっている。

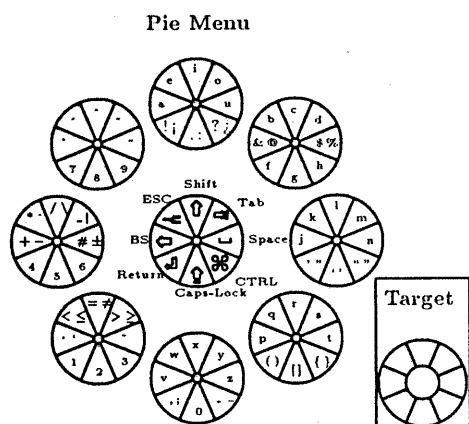


図5: ターゲットの各セル毎のバイメニュー(マッキントッシュ版)

トレーニングモードの場合、ターゲットのセルをポイントすればバイメニューが現れ、文字を確認しながら入力できる。エキスパートモードの場合、バイメニューは現れない。

3.2 操作角度についての実験

まず、文献[1]に従って、フリックジェスチャのしやすい角度について実験によって観察した。被験者11名で、実験1と同様の装置を使い各方向へのフリックジェスチャにかかった時間を測定してみると、北が最小で0.558秒、南0.563秒、北東0.564秒と続き、最大は南東の0.585秒であったが、差はごく小さかった。あまり、方向による動作の劣化は観測されなかった。

文献[1]では放射状のジェスチャ、たとえば北

東のターゲットを指して、北東の方角にペンを動かす等の動作が速くなる傾向にあるとされていたが、本実験では、ターゲット南西とターゲット南東だけが当てはまるだけで、そのような傾向はほとんどみられなかった。詳細は文献[5]を参照されたい。

3.3 実験2

T-Cube が実際に英文テキストを入力するのにどれほど有効であるかを調べるために、Unistrokeを用いた実験1と同様の実験をおこなった。

被験者は筆者らの研究室の教官および学生合わせて10名をボランティアとして募った。すべて、ペン操作に関しては初心者である。実験装置、実験設計、実験手順とも実験1と同じである。

実験システムはC言語で記述され(約5500行)、MS-DOS環境で動作する。実験システムには、ターゲットサイズ、サウンド、そしてモードを変更できるようなスイッチが設けられた。

3.4 結果と考察

図3と同様にT-Cubeの学習曲線を示す(図6)。1分間に入力できる文字数は、9セッション目で被験者5を除いて100文字以上となり、被験者5を含んだ平均で115文字/分であった。なお、この値は全ての文字を含み、エラーは除いてある。文献[1]よりも習得が早いようである。また、図をみて明らかなように、各被験者とも学習曲線がまだ増加傾向を示している。英小文字と空白について、全被験者での描画時間とストローク間時間の平均を求めると、平均描画時間が145ms(標準偏差7.9ms)、ストローク間時間が325ms(標準偏差80ms)となった。これを合わせて1文字当たりかかる時間は470msとなる。

T-Cubeの最大の弱点は“ターゲットを見る”必要のあることである。テキストとターゲットの間を視点が往復するのは、かなり心身に負担がかかるようである。加えて、“視差”というハードウェア上の問題もある。ターゲットを確認しているにもかかわらず、視差によってエラーが起こる場合も多かった。この2つの問題による負担が被験者にはあったようだ。

アンケートによると、実験をしばらくしていると、被験者が自分なりの手の位置を決めることに

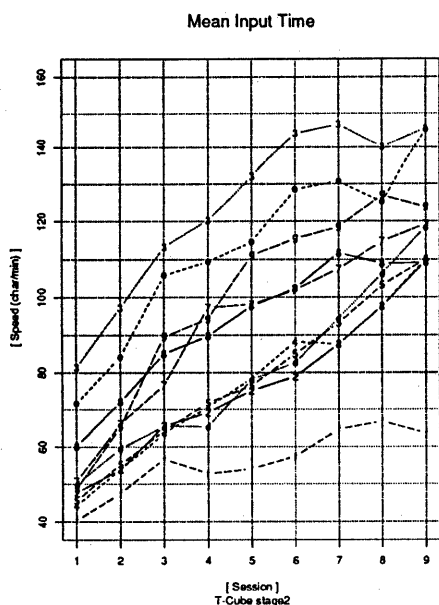


図 6: 学習曲線 (T-Cube)

よって、あまりターゲットを見ずに入力できるようになるとのことである。また、音による誘導によってある程度は克服できそうである。

4 Unistroke と T-Cube の比較

Unistroke と T-Cube のどちらが優れているか考えてみよう。T-Cube ではすべて直線なので、描画時間は T-Cube の方が必然的に速い。実測データを比べると、Unistroke の初心者組が 207ms に対し T-Cube は 145ms となっている。しかし、ストローク間時間を見ると、Unistroke では最初は覚える必要があるのが相当に遅いが、すぐに速くなり、初心者組でも 9 セッション目で 300ms になった。T-Cube は 325ms である。また標準偏差も T-Cube では 80ms であるところ、Unistroke 初心者組では 39ms と比較的安定している。T-Cube は馴れてしまえばパイメニューを目で探す時間がなくなってくるが、結局はターゲットを見ない訳にはいけないのでこれ以上速くならない下限が存在するのである。

熟練者のデータを T-Cube と比べると、描画時間がほぼ同じ、ストローク時間が 7 割位になって

いる。熟練者は練習時間がほぼ倍になっているので、T-Cube のデータと直接比べることはできない。いまのところ、どちらが速いかは優劣がつけがたい。

しかし、Unistroke の方がストローク間時間が短いということは、時間のかからないストロークを選んで速記文字を設計することによって、T-Cube より高速化する余地が残っているといえる。T-Cube はターゲットを選ぶ時間をいかに短くするかであるが、現状では向上は難しい。

5 ペンによる速記型かな入力

以上得られた知見に基づいて、日本文用の速記型ペン入力法について考えてみる。

日本文の基本は漢字かな混じり文である。したがって、テキスト入力手段としてのペン入力のためには漢字が入力できなければしかたない。しかし、手書き漢字入力には、(1) 認識精度が低い、(2) 精度を向上するためには決められた箱の中に書くなどの制約が必要になり入力が遅くなる、(3) 実際に手書きに時間がかかる、といった欠点がある。英字に対しては手書きよりも Unistroke や T-Cube の方が圧倒的に速いように、かな文字に限れば手書き入力より速いペン入力法を考案する見込みはある。漢字用の速記入力文字を設計するのも一つの案ではあるが、ここではかなのアプローチをとる。ふっと湧いた発想を急いで書き綴るには、欠損なく書き綴れることが大切であるので、「かな」でも構わない。別途かな漢字変換をすることで、仕上げ作業はあとでやればよい。

ペン入力時にペン先（つまり画面）を見ることのできるかどうかによって、対象方式が変わる。ペン先を見ずに入れるのは Unistroke が有利である。T-Cube でも音による補助を使うことである程度は可能であろう。かな漢字変換を実行するには、変換候補（同音語）の確定のために、画面を見る必要がおこる。それならば、T-Cube の画面を見る特性が欠点にはならないことになる。

実現の容易性から T-Cube をまず取り上げることにした。

5.1 かな T-Cube

かな文字をフリックジェスチャで入力できるように Target メニューとパイメニューを設計した。

5.1.1 かな文字の配列

かな T-Cube の配列は図 7 の通りである。

(1) 9 つのターゲットのうち中央のものには英字版と同様に特殊記号を配置し、まわりの 8 つのターゲットにそれぞれかな文字を時計まわりに配置した。英字 T-Cube の a,i,u,e,o の方向に合わせて母音を配置した。‘や’、‘ゆ’、‘よ’、‘ん’、‘わ’、‘を’、‘一’ は余ったセルに配置した。

(2) 濁点、半濁点についてはそのものを入力することにした。つまり、濁点、半濁点のついていない平仮名を入力し、続いて濁点符、半濁点符を入力するようにした。

(3) 小文字は Shift を前置することで指定する。

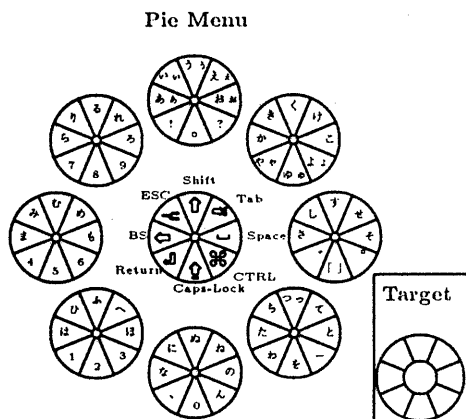


図 7: 仮名用 T-Cube の配置

5.1.2 実験 3

実験 2 と同様で、ただし、かなを入力するように設計した実験をおこなった。

被験者は 5 名 (全員先の実験の経験者)、入力テキストとしては「ももたろう」² から無作為に 30 文選択した。各セッションで被験者は一連の文章 (和文 40 文字以内) を与えられ、かな T-Cube で入力することになる。あとの条件は実験 2 と同じとし、9 セッション実験した。

5.1.3 結果と考察

図 8 に学習曲線を載せる。

² 松居直 (文), 赤羽末吉 (画) 福音館書店 (1988)。文章はすべてかなのわかち書き。

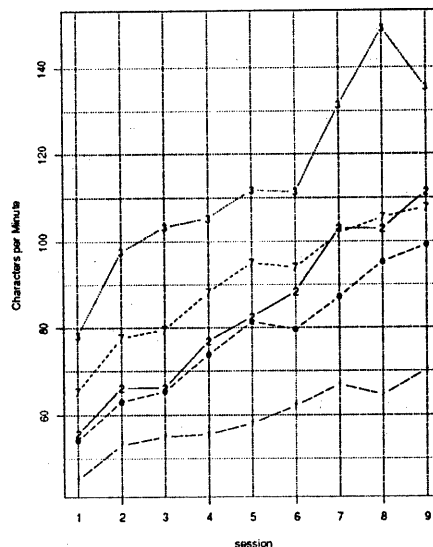


図 8: 学習曲線 (かな T-Cube)

9 セッション後、入力文字数は平均で 105 かな文字/分であった。描画時間は 151ms (標準偏差 11ms)、ストローク間時間は 388ms (標準偏差 96ms) であった。英字の T-Cube と比べてみると、より多くのパイメニューから選択しなければならないのでストローク間時間が長めにかかっていることがわかる。

比較対象として、同じ被験者が QWERTY キーボードでローマ字打ちでかなを打ち込んだ速度と比較してみると、キーボードの 70% ほどの速度となった。入力速度に関しては、この実験によって T-Cube のかなへの適応性の高さが十分示されたであろう。

かな文字の配置について、アンケートによると、(1) ‘ん’ の位置をなぜ ‘わ’、‘を’ の隣にできなかったのか、(2) アルファベットよりも文字数が多いため覚えるのが大変、との意見が出てきた。

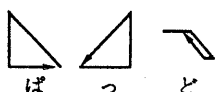
5.2 かな Unistroke

T-Cube と同様にローマ字のように、子音と母音の文字の組合せによるデザインを考えることにする。子音に 1 辺、母音に 1 辺の合計 2 辺からなる折線で表わす。

文献 [3] で示された「仮名・仮名記号の使用頻度表」によると、かなの段ごとの使用率が多い順に、「い」、「お」、「う」、「あ」、「え」となる。また、行ごとの使用率が多い順に、「あ」、「た」、「か」、「さ」、「な」、「ら」、「は」、「ん」、「や」、「ま」、「わ」となる。この頻度を参考にして、覚えやすさを考慮して割り当てた。また、英文用 Unistroke で覚えた図形と干渉しないような割当を工夫した。

かな Unistroke を図 9 に示す。50 音のみを載せた。か行以降は子音母音の組合せで表わせるので、対応する行のストロークに、対応する列のストロークを続けた折れ線で表現している。また、たとえば、「け」のように連続するストロークが同じ方向を向く場合は、後のストロークを右下へのストロークに置き換えている（図では網掛けしてある）。

半濁点、小文字、および、濁点については以下の例のように、半濁点は、最後のストロークの後に 2 辺が閉じて 3 角形になるようなストロークを加える、小文字は 2 辺に続いて、左下へのストロークを加える、濁点は、最後のストロークの後にその逆方向のストロークを加える、ように定めた。



実験 3 と同様な実験によると、2 回のセッションでどうにかストロークを覚えることができた。第 2 セッションでの入力文字数は 44 かな文字/分であった。ストローク間時間が 1006ms (標準偏差 588ms)、描画時間が 297ms (標準偏差 185ms) であった。Unistroke の覚えやすさ (立ち上がりのよさ) からみて、T-Cube と同等の性能は得られるのではないかと期待される。

6 まとめ

速記型ペン入力方式である Unistroke と T-Cube について、入力システムを実装し、心理実験を通して使いやすさを検討した。また、ペン入力アルファベットをもとに、速記型かな入力アルファベットを考案した。現在実験中であるが、かなりの高速入力が可能である。今後は被験者を増やし、期間を長くした実験をおこない、T-Cube 型か Unistroke 型のどちらが「かな」入力用として適しているか

を統計的に検証する予定である。また、そこで得られる知見をもとに、さらに改良を続けていくつもりである。

参考文献

- [1] Dan Venolia, and Forrest Neiberg : 「T-Cube: A Fast, Self-Disclosing Pen-Based Alphabet」, *Proc. CHI'94* (Boston, Massachusetts, April 24-28, 1994), ACM Press, pp.265-270.
- [2] Goldberg, D., and Richardson, C.: 「Touch-typing with a stylus」, *Proc. INTERCHI'93* (Amsterdam, April 24-29, 1993), ACM Press, pp.80-87.
- [3] 渡辺 久: 「仮名漢字変換形日本文入力装置用けん盤配列の標準化について」, 「日本語文書の入力と編集」シンポジウム論文集, pp. 9-16 (1985).
- [4] 堀井真吾、千葉玉三: 「Unistroke によるテキスト入力方法の設計と評価」, 1994 年度 電気通信大学情報工学科 卒業論文.
- [5] 菊池 猛: 「T-Cube におけるテキスト入力方式の設計と評価」, 1994 年度 電気通信大学情報工学科 卒業論文.

		あ段	い段	う段	え段	お段
あ行						
か行						
さ行						
た行						
な行						
は行						
ま行						
や行						
ら行						
わ行						
ん						

図 9: かな Unistroke