

タブレット用文字盤の構成法に関する検討

斎藤 珠喜

(日本電信電話公社 横須賀電気通信研究所)

1. まえがき

情報処理技術の発達に伴い、漢字かな混じりの日本語の入出力、さらには、日本語による情報処理に対する関心が高まっている。ことに最近では“オフィスオートメーション”技術の一つとして、日本語ワードプロセッサの開発が活発である⁽¹⁾。

漢字入力装置としては種々の方式のものが開発され、使用されているが、各種の装置の操作性を統一して評価することは難しく、また、操作性評価の観点も様々である。

本報告では、手操作形漢字入力装置の操作性評価に基づき、初心者を使い易い入力装置としてタブレット形漢字入力装置を位置付け、誰もが手軽に（特別の訓練なしに）使えることを重視した場合の文字盤の構成に関する考え方を述べる。

2. 漢字入力装置の操作性の考え方

漢字入力装置の操作性に関する観点としては、一般に次の3点が挙げられる。

- (1) 未習熟時の入力速度の大きさ
(初心者にとっての使い易さ)
- (2) 習熟の早さ
- (3) 習熟時の入力速度の大きさ

習熟時の入力速度の大きい方式としては、いわゆるタッチ式が挙げられるが、使いこなすようになるまでには長

期間の訓練が必要であって、その場合の訓練方法も正しい方法によらないと早い上達が望めないと言われている⁽²⁾。

一方、未習熟時に使い易いものとしてタブレットが挙げられるが、この場合には入力動作が当該文字位置にペンをタッチさせる、1タッチの動作で良いこと、また、文字の配列方法を工夫することにより索字を容易にすれば特別の訓練をしなくてもある程度の入力速度（10～30字/分）での入力が可能であること、等の特長がある。しかし、タブレットの場合は数mm角の小さい面積内に入力ペンをタッチさせる必要があるため、文字（タッチ位置）の確認のための目視が不可欠で、装置に習熟しても大きな入力速度を期待することはできない。

このようにタブレットはその構造上、操作上の特性から、専門オペレータによる高速入力に向いているとは言い難いが、特別の訓練なしに使えるという特長をより強く活かす構成を追求する方向が考えられる。

3. タブレット形漢字入力装置の操作性に関する考察⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

3.1 盤面収容字数、熟練度の関数としての入力速度

タブレット形漢字入力装置のように、盤面に収容文字を並べた装置では、あるまとまりでのグループ分けを行うなど、文字配列に使い易くするための工

夫がとり入れられている。50音配列の場合の初心者を入力動作は以下のように考えることができる。

- (1) 原稿を読み，入力すべき文字の「読み」を判断する。
- (2) 盤面上の位置（読みの第1音による大ブロックの位置）を判断する。
- (3) 大ブロック内で，求める読みの小ブロック（読みの第2音以下，又は濁音などによる小ブロック）を探索する。
- (4) 小ブロック内で求める文字を探索する。
- (5) 入力する文字の位置を指定する。（入力ペンを当該文字の上まで運ぶ）
- (6) 入力動作を行う。（入力ペンを盤面にタッチさせる）

ここで，上記の各動作に関して以下のようなモデル化を行い，時間について近似を行う。

- (a) 動作(2)…大ブロックの数に比例する。
大ブロックの数を G ，比例係数を α として $t_2 = \alpha G$ とおく。
- (b) 動作(3)…大ブロック内の小ブロック数に比例する。小ブロックの数を g ，比例係数を β として $t_3 = \beta g$ とおく。
- (c) 動作(4)…小ブロック内の文字数に比例する。小ブロック内の文字数を n ，比例係数を γ として $t_4 = \gamma n$ とおく。
- (d) その他の動作…原稿を読む動作，及び位置指定・入力動作に要する時間はまとめて一定時間 t_1 とする。

以上をまとめて，1文字当りの入力時間 T は次のようになる。

$$\begin{aligned} T &= t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \\ &= t_1 + \alpha G + \beta g + \gamma n \end{aligned}$$

これは，三つの変数 G ， g ， n の関数である。ここで，盤面に収容されて

いる全文字数を N とすると，一般には， N は G ， g ， n と次の関係にある。

$$N = \sum_i \sum_j \sum_k n_{ijk}$$

ここで， n_{ijk} は大ブロック i の中の小ブロック j 中の各文字を毎に値1をとる関数である。簡単のために， G ， g ， n を平均的な値で代表させ， $N = G \cdot g \cdot n$ とおくことにすると， N がある値の時に T を最小にする条件が求められる。ここで，50音配列では， α は文字の「読み」によってその第1音の大ブロックの位置を判断する時間に関係するもので，文字を読むこととはほぼ同時に行われると考えられ，他の β ， γ に比べて非常に小さいと推定できる。また，50音配列では G はほぼ50の固定した値と考えることができる。そこで，この動作(2)に要する時間がある微小な一定時間として t_1 に含めることにすれば， T は

$$g = \sqrt{N\gamma/G\beta}, \quad n = \sqrt{N\beta/G\gamma}$$

のとき，最小値

$$T_0 = t_1 + 2\sqrt{\beta\gamma N/G}$$

をとることが判る。

ここでさらに，小ブロックを単位に各小ブロックを目で追っていく速度 β が，文字を一つずつ追っていく速度 γ に等しいとすると， T は，

$$g = n = \sqrt{N/G} \quad \text{のとき最小値}$$

$$T_0 = t_1 + 2\beta\sqrt{N/G}$$

をとることになる。

以上のことから50音配列のタブレットでの初心者を入力時間は， $n = g = \sqrt{N/G}$ となるようにブロック分けした時に最小となり，その最小入力時間は，盤面収容字数 N に対して $1/2$ 乗で依存すると推定される。

3.2 熟練の効果についての考察

一般に、ある装置に熟練（習熟）するということは、その装置を使いこなすための訓練（学習）によって盤面上の各文字の位置を記憶することと考えることができる。ある文字についての訓練効果（熟練度）は、入力動作を多数回経験することにより、その動作過程についての記憶が蓄積されていくことであると考えられる。そこで、ある一つの文字 m についての訓練（学習）効果は、近似的に次式で表わされると考える。

$$S_m = 1 - \exp(-k_m/l)$$

ここで、 k_m は文字 m の入力回数、 l は基準入力回数（訓練効果に関しての入力回数の目安を示すもので、飽和曲線の時定数に相当する）である。

盤面上の各文字についての熟練度が S_m であるから、その装置についての熟練度はこの S_m を全文字について平均すればよい。この、 S_m の平均としての、装置に対する熟練度を S とし、十分に熟練した ($S_m=1$) 文字についての索字時間（文字確認時間）を ε とすれば、1文字当りの平均入力時間は次のように表わされる。

$$T = \varepsilon S + 2(1-S)\beta\sqrt{N/G} + t_1$$

（但し、 $0 \leq S \leq 1$ ）

実験によって β を求め（0.14 秒/字程度）、 $t_1=0.5$ 秒/字、 $\varepsilon=0.2$ 秒/字、 $G=50$ とした時の、 T の N, S に対する依存性を図 1. に示す。

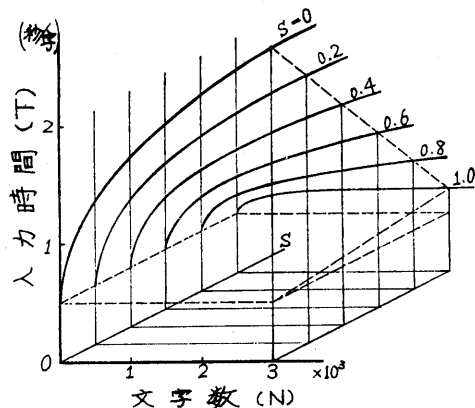


図 1. 盤面収容字数に対する入力時間の依存性

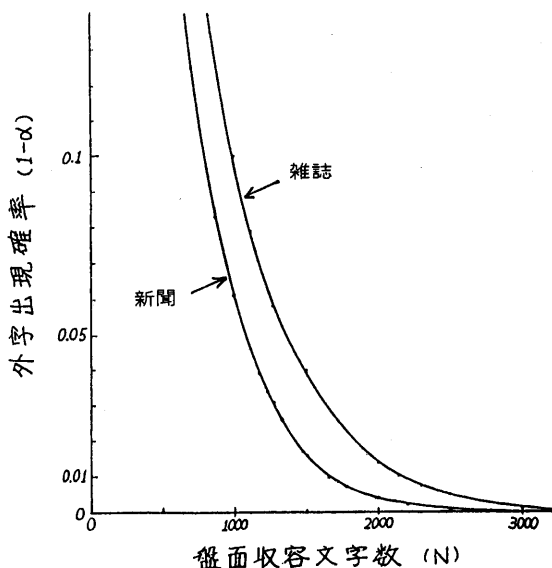


図 2. 盤面収容字数に対する外字出現確率の依存性

3.3 外字処理時間に関する考察

一般文章における漢字の使用頻度については、国立国語研究所の新聞・雑誌での調査結果がある⁽⁶⁾⁽⁷⁾。使用頻度上

位からの累積使用率は漢字の出現頻度を考慮したカバー率 (α) と考えることができる。また、外字の出現確率は、 $1-\alpha$ と見なすことができ、これは図 2. の通りである。装置の盤面に収容する

文字セットとして、使用頻度上位からある数までをとった時、外字1字当りの入力時間を一定とすれば、入力漢字全体で平均した1字当りの外字処理時間は、外字出現確率に比例する。

したがって、内字の入力時間(図1.)に外字処理時間を加えると、外字処理も含めた平均入力時間となる(図2.)。(ここで、外字1字当りの処理時間は、 $S=0, 0.4, 0.8$ でそれぞれ 20, 10, 5 (秒)とした。)

図3.から、外字処理を含めた、入力漢字1字当りの平均入力時間は、盤面收容字数約2000付近で最小となることが判る。したがって、タブレットの盤面に收容する文字セットとしては、使用頻度上位約2000とするのが操作性の点から最適であると結論できる。

4. 盤面收容文字種について

盤面に收容する文字の種類に関しては、各文字の使用頻度を考慮することは重要であるが、従来の当用漢字に代わって常用漢字が実施され、今後使用される文字種に変化が表われることが予想される。また、人名、地名表記用の漢字も考慮する必要がある。

文字種の選択に当たって考慮すべき文字セットとしては、常用漢字、人名用漢字などのいわゆる政令文字のセット、JIS C 6226の文字符号表の文字セットがあり、また、地名表記用としてはJIS C 6260, C 6261 都道府県、市町村コードで地名表記用に使われている漢字のセット、などがある。

また、漢字入力装置の盤面に收容すべき文字セットの試案としては、日本電子工業振興協会の調査研究により作成されたものがあり⁽⁸⁾、これは従来の新聞・雑誌における漢字の使用頻度調査結果⁽⁶⁾⁽⁷⁾を基に、地・人名表記用の漢字を追加するなどの補足をしたもので

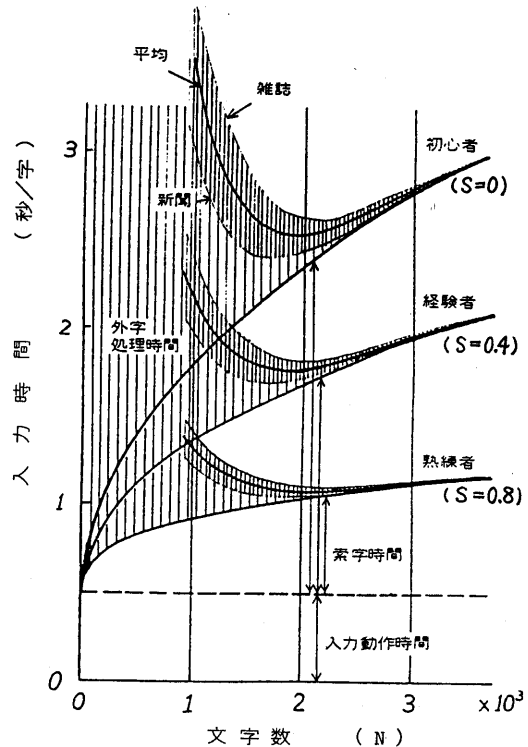


図3. 盤面收容字数と操作性の関係

ある。この試案の内の最大セット: 2.0K (漢字: 1872, 非漢字: 336) は一般文書及び姓名、住所に対して高いカバー率が期待できる⁽⁹⁾。

これらの文字セットに関する比較の結果、2.0Kセットに不足している常用漢字、人名用漢字はそれぞれ 222字、及び 50 字であり、これらの合計 2144 漢字、或いはさらに JIS C 6261 市町村コード表の漢字の不足分 188 字(その内 21 字は常用漢字)を加えた 2332 漢字は、前述の操作性の点からも望ましい範囲と考えられ、盤面に收容すべき文字セットとして適当なものとなることができよう。

5. 文字の配列方法について

5.1 初期の段階での入力動作に適した配列方法

入力盤面上で使用頻度によって文字を収容する領域を区分けする階層型の配列方法がある。この配列は、使用者がその装置に十分に習熟した状態（Sが1に近い、即ち、目視動作については文字の確認のみで、文字を採る動作が不要となった状態）では、使用頻度の大きな文字を小さな面積領域に集めてあることが有効と考えられる。

しかし、入力するほとんどすべての文字について索字動作を必要とする初期の段階では、求める文字が盤面上のどの位置にあるのか、或いは盤面上にあるのか無いのか、等の確認動作にかなりの時間を要するものと考えられる。即ち、高頻度文字領域を採って、求める文字が見付からなかった場合、使用者は見落しかどうかの確認（同じ読みの領域の索字動作をくり返す）、読み違いかどうかの確認（別の読みを思い浮かべ、夫々の読みの領域で索字を行う）、などを行うこと、さらに低頻度文字領域でも見付からなかった場合には盤面に無いことを納得するまでに低頻度領域で上記と同様の確認動作を要すること、などのためである。

したがって、特別の訓練なしに使えるというタブレットの特長を活かす配列としては、使用頻度によって文字を収容する領域を区分けしないことが望ましいと考えられる。

5.2 索字を容易にする文字配列の要因

索字に関する人間の動作（求める文字を盤面上から採り出すための動作）、及び文字位置の記憶に関連する人間の特性から、配列方法に関して以下のように考えることができる。

(1) 盤面上の視覚走査

求める文字を採り出すための視覚走査には人間の視野（文字の認識、判別

を行う時の視野）が関係している。このような視野の大きさがどのようなものかは不明であるが、視野の形は2次元的であり、視覚走査の対象領域の形状は正方形が望ましいと考えられる。

(2) 盤面上の文字の認識、判別

求める文字を採る動作の中には、視覚内の文字を認識し、求める文字かどうかを判別する過程が含まれている。

漢字などの文字を対象にした場合の人間の認識過程の研究⁽¹⁰⁾によれば、形状による視覚的な認識よりも、「読み」に変換する過程を要する言語的な認識の方が、長い時間を必要とするため、「形状」↔「読み」の変換は少ないことが望ましいと考えられる。

(3) 文字位置の記憶

習熟を早めるためには、盤面上の各文字の位置を記憶し易くすることが重要である。文字盤上の文字の記憶に関しては、文字をグループ毎に分割している境界（ブロックの角、或いは境界線など）の図形的特徴が有効な手掛りになる⁽¹¹⁾ので、これらの記憶の手掛りを配列に有効に取り入れることが望ましいと考えられる。

具体的な配列との関係でまとめると以下のようなになる。

まず、個々の漢字の索字の前に、盤面上の全体的な配置の解り易さが大切であり、さらに、当該文字が収容されているブロックの見付け易さ、当該ブロックの中での視覚走査の容易さ、等が重要である。また、索字を容易にするためには、漢字の特徴とされている“音・形・義”をいかに有効に利用するかが重要となる。これらの特徴を配列の要因として整理すると、表1.のようになる。

表1. 配列の要因とその根拠

項番	配列の要因	要因としての根拠
1	「読み」を手掛りとする 50音順の配列	教育・生活を通して蓄積された知識(「読み」)を有効に利用。 漢和辞典の音訓索引の方法。
2	扁・旁等の部分パターンを 手掛りとする配列	漢和辞典の部首索引の方法。 (但し、部首、画数を判断することが高速索字に不利。)
3	複雑さ(画数)を 手掛りとする配列	漢和辞典の総画索引の方法。 (但し、総画数を数えることが高速索字に不利。)
4	出現頻度を手掛りとする 配列	ブロック境界の文字は記憶され易く、高頻度文字をその位置に 配置することにより、経験による入力速度の向上に有効。
5	意味上の関連を 手掛りとする配列	知識による連想的な記憶の効果があり、 経験による入力速度の向上に有効。

以上の各要因を考慮して、配列方法として整理すると次のようになる。

- (1) 非漢字部分(使用頻度の高い「かな」を含む)を中央手前に配置し、漢字部分はア～カ行、サ行、タ～ワ行それぞれを矩形化することにより、盤面上の配置の把握を容易にする。

- (2) カナ見出しを付与することによりブロック位置の判断を容易にする。
(第2音も含めて同じ読みの文字が多いブロックには第2音を含むカナ見出し(「コウ」、「ショウ」など)を付与し、盤面上の漢字を“読む”煩わしさを軽減する。)

- (3) ブロック形状を正方形化することにより、ブロック内の視覚走査を容易にする。

- (4) 部首、或いは部首以外の部分形状の同じ、又は類似した文字を近接して配置する。

- (5) 複雑さ(画数、縦・横線数)の類似した文字を近接して配置する。

- (6) 使用頻度の大きな文字をブロック

境界付近に配置する。

これらの考え方を文字配列として具体化する方法は以下の通りである。
(ここで、「読み」とは例えば JIS C 6226 における各文字の代表音訓とする。)

I. ブロック形状の決定

- (1) 盤面収容文字を「読み」の第1音により、行(ア行、カ行、…)毎に分類する。

- (2) 「読み」が第2音以下を含めて同じ文字が多い(例えば10文字以上の)グループには原則としてカナ見出しを付与する。

- (3) 行内文字数+カナ見出し数に基づき、盤面の4分割を行う。
(ア～カ行、サ行、タ～ワ行、非漢字に4分割し、夫々を矩形化する。)

- (4) 4分割内を「読み」により分類し、カナ見出しを含めて各グループを正方形化する。

- (5) 各行を大分割内でまとめてブロック化し、その形状及び配置を決定する。

II. ブロック内文字配列の決定

- (1) 文字を線密度（総画数、縦・横線密度）により分類する。
- (2) 線密度の小さい文字をブロックの先頭（左上）部分に配置する。
- (3) 扁、旁などの部分パターンの同一性、類似性によって分類し、配置する。
- (4) 使用頻度の大きい文字をブロック境界付近に配置する。

力	果	加	可	何	仮
火	菓	架	河	荷	価
華	課	嘉	歌	禍	佳
暇	稼	嫁	過	貨	化
下	家	科	夏	花	

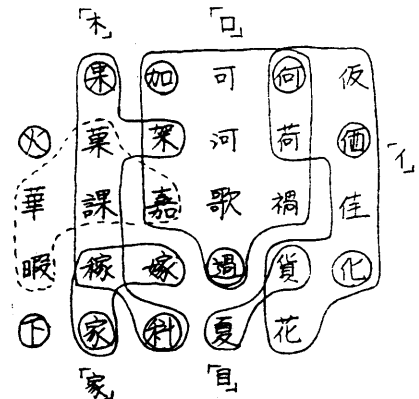


図4. ブロック内文字配列例]（「カ」の場合）
（○は 高使用頻度文字）

以上の手順によって決定した文字配列の例を、「カ」のブロックについて図4. に示す。以上の配列方法によって、初心者の入力速度の向上と早い習熟性が期待できる。⁽¹²⁾

視覚的な条件(目から盤面までの距離)も考慮すればさらに小さいことが望ましい。

6. 文字盤の寸法

文字盤の寸法を決定する要因としては、

- (1) 腕の動かし易さ、視覚動作の容易な範囲、などの人間要因
- (2) 盤面収容字数、文字ピッチ、文書編集用ファンクションキー数・種類、外字（又は熟語）登録領域など、装置構成上の物理的要因が考えられる。

6.1 人間要因について

人間工学の分野で報告されている情報を基に、座位作業における適正範囲は図5.のように整理できる⁽¹³⁾。斜線の領域は手作業についての最大領域であり、

6.2 物理的要因について

ワードプロセッサ機能を考えると、JIS C 6225 或いはさらに、挿入、枠空、罫線、改頁、頁読出し、などの文書編集用ファンクション、また、分野による使用文字の差を吸収し、さらに固有名詞などの特定の文字列を1タッチで入力可能として操作性を向上させるための、外字・熟語登録領域、及びこれらの登録・抹消などのキーも必要になる。入力盤面としてこれらのキーが付加されることを考慮しておく必要がある、また、ファンクションキー類はある程度まとまっていた方が操作性が良いと考えられることから、基本文字セットの配列領域は横幅300 mm程度が妥当と考えられる。

盤面収容文字種として例えば前述の

2144 字 (漢字) を考えた場合の盤面構成例は, 図 6. のようになる。

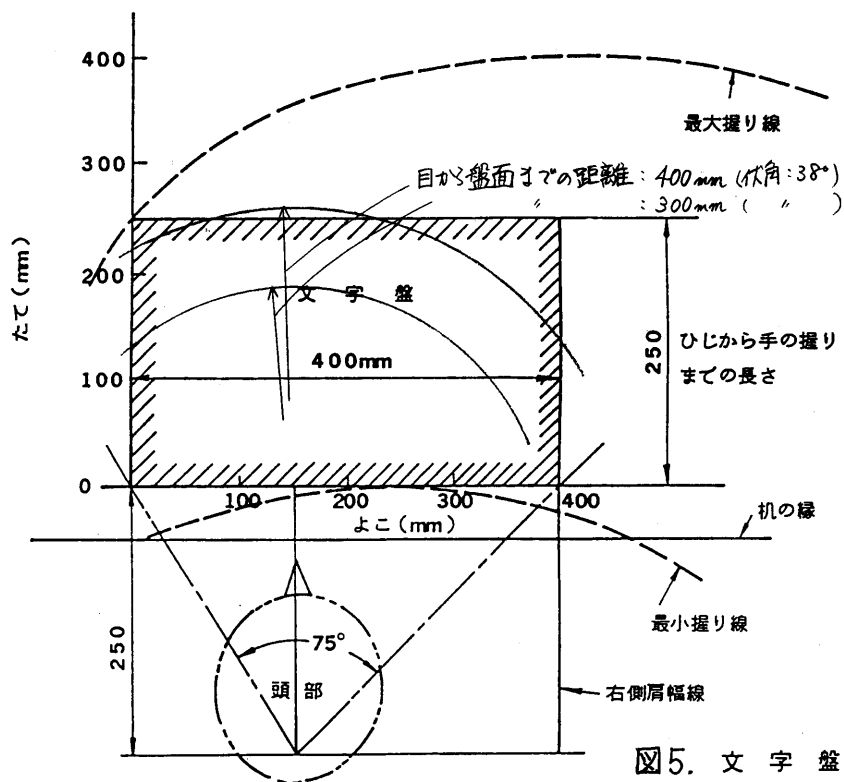


図 5. 文字盤の適正範囲

(最大最小握り線: F ケラーマン,
人間工学の指針⁽⁴⁾ 日本女性の場合)

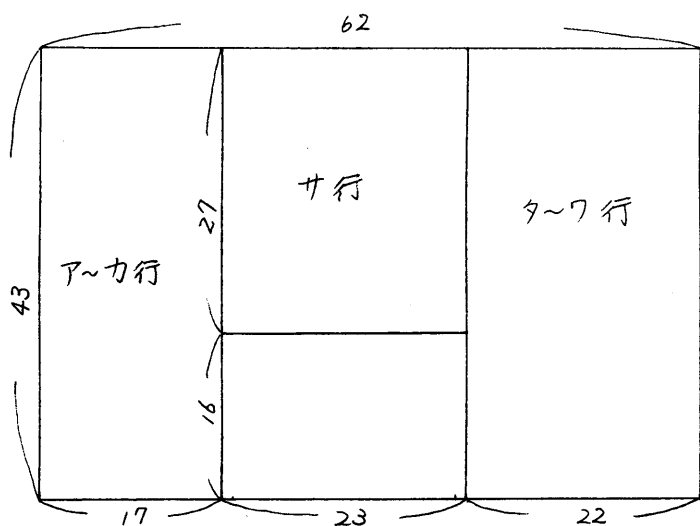


図 6. 盤面構成例

6.3 文字ピッチについて

文字ピッチは文字盤の寸法を決定する要因の一つであるが、以下に述べるように操作性との関係も重要であり、操作性に与える文字ピッチの影響について考察し、操作性の点からの最適領域を求める簡単な実験を行った。

(i) 文字ピッチが大きい場合

索字の際に目に入る文字数が少なくなり、目を動かして文字をたどっていくことになるので、目の疲労が大きくなる。また、文字盤全体の寸法が大きくなるため、入力操作における位置指定動作時間（入力すべき文字の位置へ入力ペンを運ぶ動作に要する時間）が大きくなり、同時に腕、肩、等の身体的疲労が大きくなる。などが予想される。

(ii) 文字ピッチが小さい場合

索字の際に目に入る文字数が多くなること、位置指定動作時間が小さくなること、等のために入力操作が容易になることが予想されるが、文字が小さくなるために一文字一文字を確認する際の目の疲労の増加、或いは入力すべき文字の位置に入力ペンをタッチさせる際の位置決めのための時間の増加、等が予想される。

以上のような考察に基づき文字盤上の文字ピッチ、文字寸法には最適値（最適領域）が存在することが予想され、入力速度から文字ピッチの最適領域を求める予備的な実験を行った。

〔実験方法〕

文字盤として4種類（4.0～5.5 mm）の文字ピッチ（但し、文字配列は同一、

また、（文字寸法）／（文字ピッチ）は一定（2/3））のものを使用し、その文字配列に習熟した被験者（1名）の各文字盤における入力速度を測定する。（入力テキストは新聞の社説で、各文字盤毎に異なる。

〔実験結果〕

実験結果は表2、図7.の通りであり図7.は各入力テキストの漢字含有率（そのテキストの全文字数に対する漢字数の割合）によって正規化して示した。

表2. 文字ピッチ評価実験結果

ピッチ (mm)	1字当りの 入力時間 (秒/字)	入力文字数 (字)	漢字数 (字)	漢字含有率	1字当りの入力時間 漢字含有率
4.0	1.71	1089	441	0.41	4.23
4.5	1.67	1024	432	0.42	3.96
5.0	1.64	1017	428	0.42	3.91
5.5	1.69	1038	398	0.38	4.42

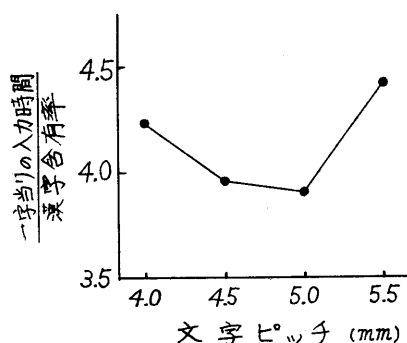


図7. 文字ピッチに対する入力時間の依存性

これだけの実験から文字ピッチの最適値に関する結論を導くことは難しいが、入力テキストの漢字含有率との関係も考えれば、最適文字ピッチは4.5～5.0 mm付近にあることが推測できる。また、入力速度に対する文字ピッチの影響は余り大きくないと考えられるが、操作性としては長時間使用した場合の疲労に与える影響も考えられ、さらに

多くのデータを収集していく必要がある。

6. むすび

漢字入力装置の操作性評価は、人間の入力動作の分析に基づいて行う必要があるが、現状では人間要因の分析・評価は余り進展していない。本報告では、タブレット形漢字入力装置の操作性に関する考察に基づき、タブレットの特長を活かす文字盤の構成法について、各要因を整理し、一つの考え方を示した。

今後は、操作性に関するデータをさらに細かく収集していくことにより、最適な文字盤の構成条件を明確にしていく予定である。

〔参考文献〕

- (1) 元岡 達：オフィスオートメーションの動向，情報処理，Vol.22，No.10，p.914，1981.10.
- (2) 山田尚勇：日本語テキスト入力法の人間工学的比較，プログラミングシンポジウム「日本語情報処理」報告集，1978.7.
- (3) 斎藤珠喜：タブレット形漢字入力装置の操作性に関する一考察，信学会，通信部門全大，602，1980.9.
- (4) 斎藤珠喜：タブレット形漢字入力装置の操作性に関する考察，信学技報，EC80-61，1981.1.22.
- (5) 斎藤珠喜：タブレット形漢字入力装置の操作性に関する検討，第23回情処全大，1M-8，1981.10.
- (6) 国立国語研究所報告56，現代新聞の漢字，1976，秀英出版.
- (7) 国立国語研究所報告22，現代雑誌九十種の用語用字，第二分冊，1970，秀英出版.
- (8) 電子協：日本語情報処理の研究調査，1979.3.
- (9) 斎藤珠喜：基本漢字セットの姓名・住所における使用頻度，信学会，情報・システム部門全大，656，1981.10.
- (10) 加藤寛治 他2名：漢字を用いた短期記憶モデルの検討，信学技報，PRL80-71，1981.1.23.
- (11) 原 辰次：漢字入力装置における入力動作の分析，信学技報，EMC79-1，1979.4.30.
- (12) 斎藤珠喜：タブレット用文字配列の検討，昭和56年度信学総全大，2308，1981.4.
- (13) 白鳥嘉勇 他2名：タブレット用文字盤面の文字ピッチに関する検討，信学会，情報・システム部門全大，561，1981.10.
- (14) F.Kellerman 他2名編 小木和孝訳：人間工学の指針，第1版，1967，人間工学協会.