

日本語入力用ローマ字キー配列の最適化

白鳥嘉勇 小橋 史彦 木村久正

(日本電信電話公社 横須賀電気通信研究所)

1. まえがき

近年、各種の日本語入力装置が広く用いられており、その入力方法には、かな漢字変換が主にとりいれられている。これらの装置を使用する場合、その漢字かな混じり文の入力速度は、操作者のかな入力速度に大きく依存しており、かなを高速にタイピング出来る場合は、その入力速度も速くなる。しかしながら、現用JISキーボードでかなのタッチタイピング技術をマスターするには、多くの熟練期間を必要としている。この理由として、かなが4段に配列され、ブラインドタッチし難い事があげられる。

このような状況から、キーボードの操作性を改善することを目的として、各種のキー配列が提案されている。その狙いは、キー列を4段から英文タイプと同様の3段に減らして、ブラインドタッチし易くすることになり、次の2つの方向がある。1つは、かな文字を使う場合であり、この例として、富士通の親指シフト方式⁽¹⁾⁽²⁾がある。JIS配列改正のための実験もシフト方式について検討を進めている⁽³⁾。他の1つは、ローマ字入力による場合である。この方式の利点はキー数が少なくシフト操作をしなくてかなを入力できる点にある⁽⁴⁾⁻⁽¹¹⁾。

一方、これらタイピング技術に関して、入力速度の向上、疲労の軽減等の面から見たキー配列の最適設計法については、まだ明らかにされていない。しかし、タイピング特性や英文タイプライター開発の歴史的考察等から、操作性を向上するための要因として (1) 交互打けん率が高いこと (2) ホーム段のキー使用率が高いこと (3) 各手指の負担がバランスしていること 等が上げられている⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

本検討では、これらの点を考慮して、かな文字およびかな2文字接続の出現ひん度データ⁽¹⁴⁾をもとに、各種キー配列の操作特性値を求めるとともに、日本語入力用の新たなローマ字キー配列を提案する⁽¹⁵⁾。

2. 各種キー配列とその入力操作例

図1は、本検討で用いた各種キー配列を示す。かな文字配列として2種、ローマ字配列として既存の5種および本検討に際して新たに考えた7種の計14種を用いる。表1は、これらキー配列を用いた入力操作例を示す。

表1 入力操作例

| NO | 配列 | 学 校 (がっこう) | 少 年 (しょうねん) |
|----|--------|--|--|
| 1 | JIS | か+ [Ⓢ] + [Ⓣ] +こ+う (6) | し+ [Ⓢ] + [Ⓣ] +う+ね+ん (6) |
| 2 | 富士通 | [左 [Ⓢ] +か]+[右 [Ⓢ] + [Ⓣ]]+こ+う (6) | し+[右 [Ⓢ] + [Ⓣ]]+ね+ん (6) |
| 3 | QWERTY | G+A+K+K+O+U (6) | S+Y+O+U+N+E+N (7) |
| 4 | DSK | (同上) | (同上) |
| 5 | 電総研 * | G+A ₃ +y+VSP+K+O ₃ +CSP+U (8) | S+I ₃ +y+O ₃ +CSP+U+N+E+VSP+N (10) |
| 6 | 豊橋技大 | K+▽+A+T+▽+U+K+O+ Ⓢ +U (8) | S+I+Y+▽+O+ Ⓢ +U+N+E+N+▽ (11) |
| 7 | 日本電気 * | G+[右 [Ⓢ] +A ₃]+K+OU (5) | [左 [Ⓢ] +S ₃]+OU+N+EN (5) |
| 8 | ECL0 | (QWERTYと同じ) | (QWERTYと同じ) |
| 9 | ECL1 | (QWERTYと同じ) | S+ [Ⓣ] +U+N+E+N (6) |
| 10 | ECL2 | G+A+K+K+ [Ⓣ] (5) | S+Y+ [Ⓣ] +N+E+N (6) |
| 11 | ECL3 | G+A+ [Ⓣ] +K+ [Ⓣ] (5) | S+ [Ⓣ] +N+E+N (5) |
| 12 | ECL4 | G+A+ [Ⓣ] +K+OU (5) | S+Y+OU+N+EN (5) |
| 13 | ECL5 | G+A+ [Ⓣ] +K+ [Ⓣ] (5) | S+Y+ [Ⓣ] +N+EN (5) |
| 14 | ECL6 | G+A+K+K+OU (5) | S+Y+OU+N+EN (5) |

*は漢字指定機能付, [Ⓢ]はシフトキー, []は同時打けん操作, ○は小文字, ()内は打けん数を表す。

(1) J I S

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | あ | う | え | お | や | ゆ | よ | わ | ほ | へ |
| ぬ | ふ | あ | う | え | お | や | ゆ | よ | わ | ほ | へ |
| た | て | い | す | か | ん | な | に | ら | せ | ゝ | 。 |
| ち | と | し | は | き | く | ま | の | り | れ | け | む |
| シフト | つ | さ | そ | ひ | こ | み | も | ぬ | め | ろ | シフト |

(2) 富士通 (OASYS)

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| あ | え | り | れ | よ | に | る | ま | え |
| か | た | こ | さ | ら | ち | く | つ | ゝ |
| さ | あ | な | も | み | お | の | い | ん |
| う | し | て | せ | は | と | き | い | ん |
| ひ | す | ふ | へ | め | そ | ぬ | ほ | 半濁音 |

親指 シフト 親指 シフト

上: シフト有
下: シフト無

(3) QWERTY

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W | E | R | T | Y | U | I | O | P |
| A | S | D | | G | H | | K | | |
| Z | | | | B | N | M | , | . | |

(4) DSK

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | , | . | P | Y | | G | | R | |
| A | O | E | U | I | D | H | T | N | S |
| | | | K | | B | | M | W | Z |

(5) 電総研

| | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | G | Z | D | B | A ₃ | E ₃ | I ₃ | O ₃ | U ₃ | |
| 可能適用 | H | N | T | S | K | A ₂ | E ₂ | I ₂ | O ₂ | U ₂ |
| | P | M | W | R | Y | A ₁ | E ₁ | I ₁ | O ₁ | U ₁ |

CSP VSP

(6) 豊橋技大

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Y | M | K | * | H | | U | I | |
| W | S | T | N | R | E | O | A | ▽ |
| | | | | | | | | . |

図1. キー配列

(7) 日本電機 (M式)

| | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|
| E _k | U _k | I _k | A _k | O _k | M _y | R _y | Y | W | R _y | . |
| E _n | U _n | I _n | A _n | O _n | K _y | S _y | T _y | N _y | H _y | , |
| E _t | U _t | I _t | A _t | O _t | G _y | Z _y | — | — | B _y | |
| E _l | U _l | I _l | A _l | O _l | G | Z | — | — | B | |

子音 シフト 母音 シフト

(8) ECL0

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W | R | Y | M | . | . | | | |
| H | N | T | S | K | A | I | U | E | O |
| P | B | D | Z | G | | | | | |

(9) ECL1

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W | R | Y | M | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | |
| H | N | T | S | K | A | I | U | E | O |
| P | B | D | Z | G | ん | . | . | | |

(10) ECL2

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W | R | Y | M | ん | ā | ī | ū | ē | ō |
| H | N | T | S | K | A | I | U | E | O |
| P | B | D | Z | G | . | . | | | |

(11) ECL3

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W | R | ⊙ | Y | M | ⊙ | ⊙ | A | I | E | O | U |
| H | N | T | S | K | A | I | U | E | O | | |
| P | B | D | Z | G | ⊙ | ⊙ | ⊙ | . | . | | |

(12) ECL4

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W | R | ⊙ | Y | M | . | A | I | E | O | U | | | | |
| H | N | T | S | K | A | I | U | E | O | | | | | |
| P | B | D | Z | G | A | N | I | N | U | N | E | N | O | N |

(13) ECL5

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W | R | ⊙ | Y | M | ā | ī | ū | ē | ō | . | | | | |
| H | N | T | S | K | A | I | U | E | O | . | | | | |
| P | B | D | Z | G | A | N | I | N | U | N | E | N | O | N |

(14) ECL6

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| . | W | R | M | H | U | A | I | O | U | . | E | I |
| N | T | S | K | Y | U | A | O | I | E | | | |
| P | D | Z | G | B | U | A | N | O | N | I | N | E |

3. 操作性の比較

キー配列の操作特性を評価するための要因として、(1)文字キー数が少ないこと、(2)かな1文字あたりの所要キータッチ数が少ないこと、(3)交互打けん率が高いこと、(4)ホーム段キーの使用率が高いこと、(5)手指の使用率がバランスしていること、等を取上げた。

(1)のキー数についてはキースイッチの数ではなく使用する文字とする。なお、シフトキー操作については、入力上必要とするものであるから、1タッチとしてカウントした。

3.1 かな文字データ

かな文字データは、「日本語情報処理の標準化に関する調査研究報告書」から引用した。キー配列の特性が、入力データの種類によって、どのように異なるかを明らかにするために、同報告書のうち、性格の異なる以下の2種のデータを対象とした。

- (1) 高校教科書全体(9教科)・・・かな表記文の合計文字数：1281012字
特徴：漢字かな混じり文章が主体であり、日本語の特質が表われている。
- (2) JICSTの科学技術文献のタイトル・・・かな表記文の合計文字数：990788字
特徴：表題であるから漢字の使用率が高く、名詞句が多く使用される。

3.2 操作特性値の算出

3.2.1 交互打けん率の計算方法

かなキー配列とローマ字キー配列では、計算方法が異なるので別々に述べる。

(1) かなキー配列

かなキー配列の交互打けん率(K)は、 $K = 1 - \text{連続打けん数} / \text{総入力打けん数}$ から求める。

JIS配列の場合の計算方法は、以下の通りである。

- ① シフトキーは、両側にあるものとする(JISC6233:図2の場合)。
- ② シフト側の文字を入力する際は、文字キーと反対側のシフトキーを用いる。
- ③ シフト側の文字(句点、読点、小文字の「あ、い、う、え、お、や、ゆ、よ、つ」および「を」)の使用頻度を濁点付かなデータを用いて累積する。この値は、11.73%となる。すなわち、所要キータッチ数はシフト側の文字を入力するために11.73%タッチ数が増大する。
- ④ 2文字接続の頻度表とキー配列を照合し、連続打けんとなる出現頻度の合計を求める。
例：こう、たい、かい 等の合計は、38.84%となる。
- ⑤ この2文字接続頻度データのカバー率は、87.395%であるから、100%に換算する。
 $38.84 \times 100 / 87.395 = 44.44\%$
- ⑥ 従って、交互打けん率(K)は、 $K = 1 - 44.44 / (100 + 11.73) = 60.23\%$

となる。

- ⑦ また、所要キータッチ数(S)は
 $S = (100 + 11.73) / 100$
 $= 1.117$ タッチ/字

となる。

(2) ローマ字キー配列

各種ローマ字キー配列の交互打けん率(K)は、E.C.L.O(母音と子音が左右に分離されている配列：図1参照)を基本として以下のよう求める。

表2 母音連続出現率(高校教科書データの場合)(%)

| 後前 | A | I | U | E | O | 計 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| A | 0.180 | 2.443 | 0.041 | 0.166 | 0.115 | 2.945 |
| I | 0.307 | 0.289 | 0.188 | 0.043 | 0.182 | 1.009 |
| U | 0.022 | 0.436 | 1.020 | 0.115 | 0.035 | 1.628 |
| E | 0.382 | 2.169 | — | — | 0.035 | 2.586 |
| O | 0.173 | 0.473 | 4.602 | 0.091 | 0.325 | 5.664 |
| 計 | 1.064 | 5.810 | 5.851 | 0.415 | 0.692 | 13.832 |

$$K = 1 - \frac{[\text{もとからある連続打けん数} - \text{配列の改善によって交互打けんとなった打けん数}]}{[\text{もとの配列の総入力打けん数} - \text{配列の改善によって減少する打けん数}]}$$

E C L O 配列において連続打けんが生ずる場合として、次のものがある。

- ① 母音が連続する場合 (例: E I G O, K A I G I)
- ② はつ音が次のかなを表す子音と連続する場合 (例: K A N R I, G I N Z A)
- ③ よう音があるために連続する場合 (例: S Y U G I, K I S Y A)
- ④ そく音は子音を2度連記して表現する場合 (例: I T T A, G A K K I)
- ⑤ 母音と句読点が連続する場合 (例: S U R U, S I K A S I、)

このため、各配列の交互打けん率を算出するに先立って、かな2文字連節表(濁点付のデータ)の各組合

表3 交互打けん率および所専キ-タッチ数の算出根拠(高校教科書データの場合)

| | (1) J I S | | | | (2) 富士通 | | | | (3) QWERTY | | | | (4) D S K | | | |
|-----|------------|-------|------|------|------------|-------|------|------|---------------|--------|------|----|------------|--------|------|----|
| | 文字 | 使用率 | 交互打 | 割合 | 文字 | 使用率 | 交互打 | 割合 | 文字 | 使用率 | 交互打 | 割合 | 文字 | 使用率 | 交互打 | 割合 |
| 母音 | - | - | - | - | - | - | - | - | AE, IU, IO, 他 | 3.64 | X | - | AA, OO, 他 | 13.83 | X | - |
| はつ音 | - | - | - | - | - | - | - | - | N | 3.77 | X | - | N | 4.02 | X | - |
| よう音 | ㊶-㊷ | 3.61* | - | +1 | ㊶-㊷ | 3.61* | - | +1 | ㊶-㊷ | 3.30* | X | - | ㊶-㊷ | 3.61* | X | - |
| そく音 | ㊸ | 1.62* | - | +1 | ㊸ | 1.62* | - | +1 | ㊸ | 1.62* | X | - | ㊸ | 1.62* | X | - |
| その他 | 句読点 | 4.87* | - | +1 | 句読点 | 4.87* | - | - | 句読点 | 3.74 | X | - | 句読点 | 4.87* | X | - |
| | ㊹-㊺ | 0.05* | - | +1 | ㊹-㊺ | 0.05* | - | +1 | | | | | | | | |
| | を | 1.58* | - | +1 | ㊻, ㊼, ㊽, 他 | 23.58 | - | +1 | | | | | | | | |
| | ㊾, ㊿, ㊽, 他 | 38.84 | X | - | ㊾, ㊿, ㊽, 他 | 47.75 | X | - | ㊾, ㊿, ㊽, 他 | 35.25* | X | - | ㊾, ㊿, ㊽, 他 | 17.15* | X | - |
| | 計 | | 44.4 | 11.7 | 計 | | 54.6 | 28.8 | 計 | | 52.9 | - | 計 | | 47.7 | - |

| | (5) 電総研 | | | | (6) 豊橋技大 | | | | (7) 日本電気 | | | | (8) E C L O | | | |
|-----|---------|--------|-----|------|----------|--------|------|------|-----------|-------|------|-------|-------------|-------|------|----|
| | 文字 | 使用率 | 交互打 | 割合 | 文字 | 使用率 | 交互打 | 割合 | 文字 | 使用率 | 交互打 | 割合 | 文字 | 使用率 | 交互打 | 割合 |
| 母音 | あ-お | 15.92* | ○ | +1 | あ-お | 15.92* | ○ | +1 | AA, 他 | 13.83 | X | - | AA, 他 | 13.83 | X | - |
| はつ音 | N | 5.74* | ○ | +1 | N | 5.74* | ○ | +1 | N | 5.17 | X | - | N | 4.82 | X | - |
| よう音 | ㊶-㊷ | 3.61* | ○ | +1 | ㊶-㊷ | 3.61* | X | +2 | Ry, Sy, 他 | 3.26 | X | - | ㊶-㊷ | 1.17 | X | - |
| そく音 | ㊸ | 1.62* | ○ | +1 | ㊸ | 1.62* | X | +2 | At, Oo | 1.46 | X | - | ㊸ | 1.46 | X | - |
| その他 | 句読点 | 4.87* | ○ | +1 | 句読点 | 4.87* | X | - | 句読点 | 4.87* | ○ | - | 句読点 | 4.87* | X | - |
| | | | | | 濁音 | 10.50* | X | +1 | Ak-Oo | 3.26 | X | - | | | | |
| | | | | | 半濁音 | 0.44* | ○ | +2 | | | | | | | | |
| | 計 | | | 31.7 | 計 | | 20.6 | 43.5 | 計 | | 18.8 | -12.0 | 計 | | 29.2 | - |

* 100% ㊶-㊿

(単位: %)

せをローマ字列に分解し、母音連続率 はつ音、よう音、そく音の出現率の頻度を算出する。

この一例として表2に、高校教科書データにおける母音連続の各出現率を示す。

ECL0配列以外の新しい配列では、新たに特殊な文字キー（例：AN, IN, EI, OU, や、ゆ、よ、つ、よ、ゆ、A t, I k, 等）を設けているので、その所要入力キータッチ数および交互打けん数は異なる。さらに、電総研や日本電気の配列では漢字とかなを区別して入力する等の特徴を有している。このため、交互打けん率は、漢字部分のかな表記文字頻度を別に求めて算出する。

表3は、交互打けん率および所要キータッチ数を求めるために、検討の対象とした各配列について母音連続率、はつ音、よう音、そく音およびその他の特殊キーについてその使用率と交互打けんとなるか否か、および所要キータッチ数の増減を示したものである。

同表の各値から、交互打けん率および所要キータッチ数の算出方法を、以下の配列例について述べる。

(1) ECL0配列の場合

- ① 母音はすべて同じ側にあるから、母音連続率は、表2から13.832%となる。
- ② はつ音は、これを表すNが、次のかな文字を表す子音と同じ側にあるから連続打けんとなる。その出現率は、かな2文字連節表のうちNと子音が連続する場合の率を累積して、4.820%を得る。
- ③ よう音は、これを表すYの文字が子音側にあるため、子音連続となる。その出現率は、1.17%となる。
- ④ そく音の出現率は、1.459%となる。
- ⑤ また、句読点は、必ず母音の次に使用されるから連続打けんとなる。その出現率は、全かな文字の出現ひん度表（濁点付データによる）から、4.870%を得る。

表3 (続き)

| | (9) ECL1 | | | | (10) ECL2 | | | |
|-----|----------|-------|------|------|-------------------------|-------|------|------|
| | 文字 | 使用率 | 交互打 | ％増 | 文字 | 使用率 | 交互打 | ％増 |
| 母音 | AA, AI他 | 13.83 | X | - | AA他, AA, II, UU, EI, OU | 13.83 | X | - |
| はつ音 | ん | 5.74* | X | - | ん | 4.82 | X | - |
| よう音 | ㊦㊧ | 3.61* | ○ | -1 | ㊦㊧ | 3.61* | X | - |
| そく音 | ㊨ | 1.62* | X | - | ㊨ | 1.62* | X | - |
| その他 | 句読点 | 4.87* | X | - | 句読点 | 4.87* | X | - |
| | 計 | | 28.1 | -3.6 | 計 | | 22.0 | -9.5 |

| | (11) ECL3 | | | | (12) ECL4 | | | | (13) ECL5 | | | | (14) ECL6 | | | |
|-----|-----------------|-------------------|---------|-----------|-----------------|-------------|------|-------|-------------------------|-------------|------|-------|---------------------|--------------|------|-------|
| | 文字 | 使用率 | 交互打 | ％増 | 文字 | 使用率 | 交互打 | ％増 | 文字 | 使用率 | 交互打 | ％増 | 文字 | 使用率 | 交互打 | ％増 |
| 母音 | AA他, AI, EI, OU | 13.83, 7.84 | X, ○ | -, -1 | AA他, AI, EI, OU | 13.83, 9.21 | X, ○ | -, -1 | AA他, AA, II, UU, EI, OU | 13.83, 8.26 | X, ○ | -, -1 | AA他, AI, UU, EI, OU | 13.83, 10.23 | X, ○ | -, -1 |
| はつ音 | N | 4.82 | X | - | N | 5.17 | ○ | -1 | N | 5.74* | ○ | -1 | N | 5.74* | ○ | -1 |
| よう音 | ㊦㊧ | 1.17 | ○ | -1 | ㊦㊧ | 3.61* | X | - | ㊦㊧ | 3.61* | X | - | ㊦㊧ | 3.61* | X | - |
| そく音 | ㊨ | 1.62* | X | - | ㊨ | 1.62* | X | - | ㊨ | 1.62* | X | - | ㊨ | 1.62* | X | - |
| その他 | 句読点, ㊩, ㊪ | 4.87*, 1.37, 0.72 | X, ○, ○ | -, -2, -2 | 句読点 | 4.87* | X | - | 句読点 | 4.87* | X | - | 句点 | 1.40* | X | - |
| | 計 | | 18.9 | -15.1 | 計 | | 15.4 | -16.5 | 計 | | 16.5 | -15.2 | 計 | | 10.8 | -17.5 |

* 100%を9

(単位%)

ここで、かな2文字の連節表のカバー率は、87.395%であるから、①～④の値を100%に換算する。

$$(13.832 + 4.820 + 1.17 + 1.459) \times 100 / 87.395 = 24.35\%$$

また、かな文字をローマ字で入力することによって、所要キータッチ数は次のように増加する。

句読点：4.87%、あいいうえお：15.92%、小文字「や、ゆ、よ、つ」：5.22%、およびん：5.74%の各文字は1タッチで、その他の文字(68.25%)は2タッチで入力できるから、100文字を入力するのに168.3タッチを必要とする。

⑥ 従って、交互打けん率は、 $K = 1 - (24.35 + 4.87) / 168.3 = 82.6\%$ となる。

⑦ また、所要キータッチ数(S)は、 $S = 168.3 / 100 = 1.683$ タッチ/字となる。

(2) ECL6配列の場合

① 母音連続：母音連続率は、表2に示す計13.832%である。このうち、AI、UU、EI、OUの4個の特殊キーを設けることによって、母音連続を避けることができる割合は、同表から10.234%となる。また、これらキーはシフトなしで操作できるため、所要キータッチ数が各1タッチ分省略出来る。すなわち、所要キータッチ数は、10.234%減少する。

② はつ音は、5.74%ある。本キー配列では、はつ音用の特殊キー[AN、IN、UN、EN、ON]を右手側に設けている。これら文字はシフトキー押下を必要としないため、片手の連続打けんが防げる上、所要キータッチ数が各1タッチ分減少する効果がある。すなわち、所要キータッチ数は5.74%減少する。

③ よう音は、子音側にあるYキーを用いるから連続打けんとなる。この出現率は3.61%である。

④ そく音は子音キーを連続して入力する。従って、連続打けんとなり、その出現率は1.62%となる。

⑤ 句読点：読点は母音と反対側に配列されているので、連続打けんとならない。しかし、句点は、母音側にあるから連続打けんとなる。この出現率は1.40%ある。

⑥ 交互打けん率(K)は、①の値が2文字接続のひん度表によるから、これを100%に換算して以下のように求める。

$$K = 1 - \{ (13.832 - 10.234) \times 100 / 87.395 + 3.61 + 1.62 + 1.4 \} / (168.3 - 10.234 \times 100 / 87.395 - 5.74) = 92.9\%$$

⑦ キータッチ数は特殊キーによって17.5タッチ減少する。従って、所要キータッチ数(S)は、 $S = 150.9 / 100 = 1.51$ タッチ/字となる。

3.3 ホーム段キーの使用率

図1に示した配列にもとずき、各キー配列のキー使用率を計算する。

(1) かな文字配列の場合

濁点付かな文字の50音別ひん度をもとに、各キーの使用率を累積する。例えば、JIS配列の「ふ」のキーでは「ふ、ぶ、ぶ」を入力する場合があるから、各々使用率を累積して1.20%を得る。これと同時に濁点および半濁点キーの使用率を累積する。また、シフト側の文字の入力に関してはシフトキーを使用するから、各文字の反対側のシフトキーの使用率を累積する。このようにして、各キー列およびキー段の使用率の合計を求める。

(2) ローマ字配列の場合

かな配列と同様に濁点付かな文字の50音ひん度をもとに、各キーの使用率を累積する。この場合、ローマ字入力であるから、各英文字別に使用率を累積する。例えば、Aは「あ、か、が、さ、ざ、・・・」を累積して18.87%を得る。また、ECL配列のように「AI、EI、UU、OU」等の特殊キーについては表2の母音連続出現率表をもとに、この値を100%に換算して各キーの使用率を求め、もとの各母音の使用率から重複している文字の使用率を引いて各キーの使用率を求める。すなわち、「O」の使用率はもともと19.42%あるが、「OU」「ON」キーを設けたことによって13.53%に減少する。

4. 各配列の特性比較

表4および5は、前節のごとくして各キー配列について、高校教科書およびJICST文献タイトルの調査データに対する(1)所要キータッチ数、(2)交互打けん率、(3)各キー段の使用率、(4)各指の使用率等の特性値を示す。なお、所要キータッチ数は、JISの場合を100として比較した。また、図2は、上記表4の高校教科書データにおける各配列の指の使用率を図示したものである。

(1) JIS配列(かな入力)

- ① 1文字当りの所要キータッチ数は、他のどの配列よりも少ない。ただし、キー数は61個と多い。
 ② 交互打けん率は60%とほぼランダムに近い。 ③ ホーム段の使用率は23.0%であるのに対し、その上段の使用率が35.8%とホーム段の値を大幅に超えている。 ④ 右手小指の使用率が18.8%と人差指の11.7%を超えている。左手の場合も小指が14.7%と高い値となっている。

(2) 富士通配列(かな入力)

- ① 配列を3段にしたことによって、シフト側のキー使用率はJISの約2倍の20.5%に増加した。このため所要キータッチ数は115となった。 ② 交互打けん率は約58%とJISの場合と変わらない。しかし、文献タイトルの場合は句読点の使用率が低いので、交互打けん率は69%に上昇する。 ③ 右手親指の使用率が17.9%と右手人差指の11.7%を超えている。

表4 キー配列の操作特性 (高校教科書データの場合)

| 番号 | キー配列 | 所要 キー 数 | 交互 打けん 率 % | キー 種類 | キー段別使用率% (シフト側 / アンシフト側) | | | | | 指別使用率% (右手 / 左手) | | | | | | |
|----|--------|---------------|------------------|----------|--------------------------|----------|------|------|---------|------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | 1 最上段 | 2 木4段 | 3 | 4 | 5 親指 | 計 | 親指 | 人差指 | 中指 | 薬指 | 小指 | 計 |
| 1 | JIS | 100 | 60 | 61 | 43 | 0.02 | — | 53 | — | 96 | — | 11.7 | 9.6 | 7.9 | 17.8 | 46.9 |
| | | | | | 11.6 | 35.8 | 23.0 | 20.0 | — | 90.4 | — | 18.4 | 12.1 | 7.9 | 14.7 | 53.1 |
| 2 | 富士通 | 115 | 58 | 60 | — | 75 | 11.6 | 1.4 | — | 20.5 | 17.9 | 11.7 | 9.0 | 8.9 | 7.8 | 55.3 |
| | | | | | — | 17.4 | 28.8 | 5.0 | 28.3 | 79.5 | 10.4 | 9.4 | 8.6 | 9.7 | 6.6 | 44.7 |
| 3 | QWERTY | 151 | 69 | 21 | — | — | — | — | — | — | — | 25.8 | 21.6 | 12.0 | 0.4 | 59.8 |
| | | | | | — | 55.2 | 29.4 | 15.4 | — | 100 | — | 13.3 | 7.9 | 6.7 | 12.3 | 40.2 |
| 4 | DSK | 151 | 72 | 21 | — | — | — | — | — | — | — | 7.1 | 8.5 | 13.4 | 6.8 | 35.8 |
| | | | | | — | 12.2 | 75.5 | 12.3 | — | 100 | — | 33.2 | 6.7 | 13.3 | 11.0 | 64.2 |
| 5 | 電総研 | 179 | 100 | 35 | — | — | — | — | — | — | 3.7 | 14.5 | 10.9 | 9.7 | 11.2 | 50.0 |
| | | | | | — | 35.3 | 45.3 | 7.8 | 11.6 | 100 | 7.9 | 17.0 | 7.4 | 10.5 | 7.2 | 50.0 |
| 6 | 豊橋技大 | 190 | 90 | 18 | — | — | — | — | — | — | — | 23.7 | 20.8 | 10.9 | — | 55.4 |
| | | | | | — | 40.4 | 57.3 | 2.3 | — | 100 | — | 20.1 | 14.1 | 6.9 | 3.5 | 44.6 |
| 7 | 日本電気 | 140 | 88 | 61 | — | 2.6 | 5.2 | 7.5 | — | 9.3 | 6.9 | 20.5 | 9.0 | 6.7 | 6.8 | 49.9 |
| | | | | | — | 23.3 | 45.4 | 12.7 | 9.3 | 90.7 | 2.4 | 23.7 | 10.6 | 7.2 | 6.2 | 50.1 |
| 8 | ECL0 | 151 | 83 | 21 | — | — | — | — | — | — | — | 26.4 | 10.2 | 5.9 | 11.3 | 53.8 |
| | | | | | — | 13.0 | 80.5 | 6.5 | — | 100 | — | 20.9 | 12.3 | 10.4 | 2.6 | 46.2 |
| 9 | ECL1 | 147 | 83 | 26 | — | — | — | — | — | — | — | 30.0 | 12.2 | 6.8 | 11.3 | 60.3 |
| | | | | | — | 11.0 | 76.4 | 12.6 | — | 100 | — | 18.3 | 11.7 | 7.2 | 2.5 | 39.7 |
| 10 | ECL2 | 142 | 86 | 26 | — | — | — | — | — | — | — | 26.3 | 6.9 | 6.3 | 12.1 | 51.6 |
| | | | | | — | 20.2 | 69.8 | 10.0 | — | 100 | — | 22.1 | 11.7 | 10.5 | 4.1 | 48.4 |
| 11 | ECL3 | 137 | 86 | 30 | — | — | — | — | — | — | — | 23.0 | 7.5 | 8.7 | 12.0 | 51.2 |
| | | | | | — | 18.2 | 70.8 | 11.0 | — | 100 | — | 20.5 | 9.7 | 14.5 | 4.1 | 48.8 |
| 12 | ECL4 | 136 | 90 | 30 | — | — | — | — | — | — | — | 25.5 | 9.4 | 8.2 | 9.9 | 53.0 |
| | | | | | — | 21.9 | 67.3 | 10.9 | — | 100 | — | 22.5 | 9.6 | 10.7 | 4.2 | 47.0 |
| 13 | ECL5 | 137 | 89 | 32 | — | — | — | — | — | — | — | 24.0 | 7.0 | 6.3 | 15.5 | 52.8 |
| | | | | | — | 19.0 | 70.1 | 10.9 | — | 100 | — | 22.6 | 9.7 | 10.7 | 4.2 | 49.2 |
| 14 | ECL6 | 135 | 93 | 30 | — | — | — | — | — | — | — | 19.4 | 12.6 | 11.6 | 6.5 | 50.1 |
| | | | | | — | 21.0 | 67.9 | 11.1 | — | 100 | — | 19.0 | 11.9 | 10.7 | 8.3 | 49.9 |

(3) QWERTY配列

① 所要キータッチ数は151となる。ただし、所要キー数は21個と少ない。② 交互打けん率は約69%であり、かな配列に比べ10%程高い。③ ホーム段の使用率は29.4%に対して上段の使用率は55.3%と約2倍となっており、ホーム段が逆転している。④ 右手側の使用率は60%と高く、左手と5割も異なる。特に、右手の人差指は25.8%と極端に高い。

(4) DSK配列

① 所要キータッチ数、および交互打けん率はQWERTY配列の場合と同様である。② ホーム段の使用率は75.4%と非常に高い値を示している。③ 左手の使用率は64.2%とQWE配列よりも更に高くなっている。また、左手の人差指の使用率は33.2%であり、極端に高い。これは左手に「AIUEO」がきたこと、使用ひん度の高い「か行」およびよう音が人差指の負担となったこと等による。

(5) 電総研配列

① 所要キータッチ数は179と、文字ベースのローマ字入力であるためQWE、DSK配列等に比べて高くなっている。② 交互打けん率が100%となる。すなわち、左右手の使用率も各50%となる。③ 各段および各指の使用率等はバランスしている。

表5 キー配列の操作特性 (JICST文献外ハードウェアの場合)

| 番号 | キー配列 | 所要 キー数 対比 | 交互 打けん 率% | 文字 種類 | キー段別使用率% (右側) | | | | | 指別使用率% (左手) | | | | | | | |
|----|--------|-----------------|-----------------|----------|---------------|------|-----------|------|----------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | 1 最上段 | 2 | 3 ホーム段 | 4 | 5 親指側 | 計 | 親指 | 人差指 | 中指 | 薬指 | 小指 | 計 | |
| 1 | JIS | 100 | 65 | 61 | 46 | 0.1 | — | 13 | — | 6 | — | 12.8 | 8.3 | 8.4 | 18.8 | 48.3 | |
| | | | | | 15.2 | 36.2 | 24.4 | 18.2 | — | 9.4 | — | 20.3 | 12.6 | 7.9 | 10.9 | 51.7 | |
| 2 | 富士通 | 119 | 69 | 60 | — | 7.8 | 10.5 | 1.5 | — | 19.8 | 9.0 | 11.0 | 7.4 | 8.9 | 6.5 | 42.8 | |
| | | | | | — | 13.5 | 32.1 | 7.0 | 27.6 | 80.2 | 18.6 | 10.9 | 11.1 | 9.7 | 6.9 | 57.2 | |
| 3 | QWERTY | 156 | 68 | 21 | — | — | — | — | — | — | — | 29.8 | 21.6 | 12.0 | 0.7 | 64.1 | |
| | | | | | — | 60.0 | 26.4 | 13.6 | — | 100 | — | 12.6 | 7.6 | 6.5 | 9.2 | 35.9 | |
| 4 | DSK | 156 | 70 | 21 | — | — | — | — | — | — | — | 6.0 | 7.1 | 13.6 | 7.8 | 34.5 | |
| | | | | | — | 10.5 | 77.1 | 12.4 | — | 100 | — | 39.5 | 6.2 | 12.2 | 7.6 | 65.5 | |
| 5 | 電総研 | 187 | 100 | 35 | — | — | — | — | — | — | — | 4.5 | 11.8 | 11.6 | 10.3 | 11.8 | 50.0 |
| | | | | | — | 37.2 | 42.4 | 6.5 | 13.9 | 100 | 9.4 | 18.7 | 6.3 | 10.2 | 5.4 | 50.0 | |
| 6 | 豊橋技大 | 203 | 93 | 18 | — | — | — | — | — | — | — | — | 26.9 | 16.5 | 11.4 | — | 54.8 |
| | | | | | — | 44.8 | 55.0 | 0.2 | — | 100 | — | 22.1 | 13.1 | 6.9 | 3.1 | 45.2 | |
| 7 | 日本電気 | 143 | 86 | 61 | — | 3.3 | 7.1 | 2.1 | — | 12.5 | 9.4 | 21.8 | 7.6 | 5.3 | 4.5 | 48.6 | |
| | | | | | — | 17.2 | 42.9 | 14.9 | 12.5 | 87.5 | 3.1 | 21.4 | 10.9 | 9.2 | 6.8 | 51.4 | |
| 8 | ECL0 | 156 | 84 | 21 | — | — | — | — | — | — | — | 21.3 | 13.5 | 6.2 | 12.0 | 53.0 | |
| | | | | | — | 10.1 | 83.5 | 6.4 | — | 100 | — | 22.5 | 11.3 | 10.7 | 2.5 | 47.0 | |
| 9 | ECL1 | 152 | 84 | 26 | — | — | — | — | — | — | — | 27.2 | 15.0 | 6.9 | 12.0 | 61.1 | |
| | | | | | — | 10.5 | 78.3 | 11.2 | — | 100 | — | 19.3 | 11.0 | 6.1 | 2.5 | 38.9 | |
| 10 | ECL2 | 146 | 89 | 26 | — | — | — | — | — | — | — | 20.8 | 9.1 | 6.7 | 12.9 | 49.5 | |
| | | | | | — | 22.9 | 70.0 | 7.1 | — | 100 | — | 24.8 | 11.9 | 10.8 | 3.0 | 50.5 | |
| 11 | ECL3 | 139 | 91 | 30 | — | — | — | — | — | — | — | 21.3 | 10.6 | 7.2 | 11.6 | 50.7 | |
| | | | | | — | 17.6 | 73.7 | 8.7 | — | 100 | — | 21.5 | 8.4 | 16.3 | 3.1 | 49.3 | |
| 12 | ECL4 | 139 | 92 | 30 | — | — | — | — | — | — | — | 20.4 | 12.8 | 9.6 | 9.0 | 51.8 | |
| | | | | | — | 20.6 | 66.8 | 12.6 | — | 100 | — | 25.1 | 8.5 | 11.4 | 3.2 | 48.2 | |
| 13 | ECL5 | 139 | 92 | 32 | — | — | — | — | — | — | — | 21.5 | 9.5 | 7.7 | 13.7 | 52.4 | |
| | | | | | — | 19.5 | 68.1 | 12.4 | — | 100 | — | 24.8 | 8.4 | 11.3 | 3.1 | 47.6 | |
| 14 | ECL6 | 137 | 94 | 30 | — | — | — | — | — | — | — | 18.4 | 13.8 | 11.6 | 7.2 | 51.0 | |
| | | | | | — | 18.5 | 68.6 | 12.9 | — | 100 | — | 20.4 | 13.8 | 8.5 | 6.3 | 49.0 | |

(6) 豊橋技大配列

① 所要キー数が18個ともっとも少ない。そのかわり、所要キータッチ数はずっとも高く190となる。
 ② 交互打けん率は90%と高い。 ③ 右手の人差指の使用率は23.7%であり、QWE配列の場合と同程度に高い。一方、右手の小指は0%である。これは本来、漢字2タッチ方式の際に用いられる。

(7) 日本電気配列

① 文字キーの種類が61個と、かな文字配列の場合と同様に多い。この分、所要キータッチ数は140と少なくなっている。 ② 交互打けん率は88%と比較的高い。 ③ 各段の使用率、左右手の使用率等に関しては特に偏っている点はない。 ④ 左右の人差指の使用率が20.5、23.5%と高い。

(8) ECL0配列

① 所要キータッチ数はQWERTY配列と同じである。 ② 交互打けん率は、QWERTY配列より14%も高い。 ③ ホーム段の使用率は80.7%と高い。 ④ 右手の使用率は53.9%と若干高い。また、右手人差指の使用率が26.5%と高い。

(9) ECL1配列

① 所要キータッチ数は、147とECL-0の配列に比べてあまり減少していない。 ② 下段の使用率が上段の使用率を上回ってくる。 ③ 右手人差指の使用率が30%と特に高い。 ④ 右手の使用率が60.3%と高くなる。

(10) ECL2配列

① 所要キータッチ数は、142と減少する。 ② 交互打けん率はECL0、1よりも3%高い。
 ③ 右手小指の使用率が12.1%と中指、薬指を上回っている。

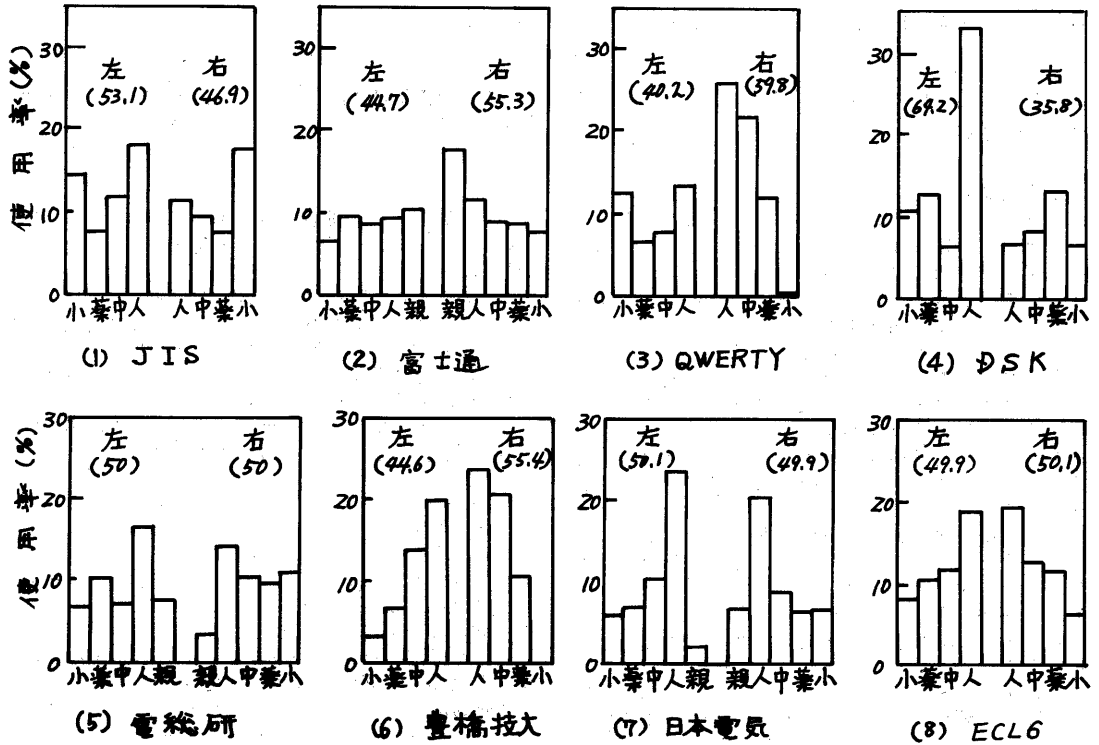


図2 指別使用率 (高校教科書データの場合) 単位 %

(11) ECL3配列

① 所要キータッチ数は137に減少する。 ② 交互打けん率は、86%でありECL2と変わらない。

(12) ECL4配列

① 所要キータッチ数は136に減少する。 ② 交互打けん率は90%に上昇する。

(13) ECL5配列

① 所要キータッチ数はECL0の場合の151より増加して153となる。

② 右手小指の使用率は15.5%と高い。

(14) ECL6配列

① 所要キータッチ数は135とローマ字入力の中でもっとも少ない。 ② 交互打けん率は93%と最も高い。92.9%に上昇する。 ③ ホーム段のキー使用率はキー数が増加したために68%に減少する。 ④ 各指の使用率はバランスしている。

5. まとめ

操作し易いキー配列の評価要因として(1)所要キータッチ数が少ないこと、(2)交互打けん率が高いこと、(3)ホーム段の使用率が高いこと、(4)各指の負担率が指の能力に応じてバランスしていること、等を取上げ、かな文字の使用ひん度データをもとに各種配列の操作特性値を求めた。

この結果、日本語入力用として、19個の基本ローマ字の他に、「句点、読点、AI、EI、OU、UUAN、IN、UN、EN、ON」の11個のキーを追加することによって、1文字当りの所要キータッチ数が135(JISかな配列の場合を100とした時)、交互打けん率が93%、ホーム段のキー使用率が68%のキー配列(ECL6配列)を得ることが出来た。

今後の課題としては、本検討で取上げた各操作要因がどのように関連し操作性に寄与するか、また、本配列によって実際に操作性が向上するのかどうか等の点を明らかにする必要がある。

終わりに、本研究に際し有益な御助言を頂いた当所 山崎宅内機器研究部長、ならびに小森入力装置研究室長に深く感謝致します。

6. 参考文献

(1) 神田 他：OASYS100 日本語電子タイプライタ，富士通，vol1131，no5，pp187~193(1980)

(2) 神田泰典：日本語情報処理のために—JEF，OASYSの開発過程から，bit，vol14，no14，pp1762~1767

(3) 渡辺：キーボードを用いた日本語入力のマンマシンインタフェース，電気四学会連合大会 pp5-57~5-60(昭和59年)

(4) 竹中 他：英文キーボードによる日本語入力について，日本語入力方式研究会1-1，1981，10，21

(5) 木越 他：英文キーボードによる日本語入力について—PART2，日本語入力方式研究会10-1，1983，5，11

(6) 高嶋 他：タッチタイプによる日本語入力の一方式とその練習法，日本語入力方式研究会4-3，1982，3，17

(7) 森田正典：マンマシンインタフェースを重視した新日本語入力システム，機構部品研究会EMC83-22，pp21~27(1983)

(8) 竜岡博：かな漢字変換方式のワードプロセッサのキー配列，日本語入力方式研究会10-3，1983，5，11

(9) 渡辺 他：漢字入力装置の操作性について—ローマ字表現による入力装置，信学会総合全国大会，6-148，昭和52年

(10) 渡辺 他：漢字入力装置の操作性について—ローマ字表現による入力装置，信学会総合全国大会，6-149，昭和52年

(11) 電総研ニュース，ローマ字表現を用いた和文タイプライタ，no329

(12) 村山登：2ストローク入力法，情報処理，vol23，no6，pp552~558

(13) Robin Kinkead: Typing speed, keying rate, and optimal keyboard layout, HUMAN FACTORS SOCIETY PROCEEDINGS 19TH ANNUAL MEETING, pp159~161

(14) 山田尚勇(小笹和彦訳)：タイプライタとその入力方法の歴史的考察—日本語タイプライタの開発動向への視点 ①~⑥，bit，vol13，no7，8，9，10，11，13

(15) 日本語情報処理の標準化に関する調査研究報告書，57-C-440，日本電子工業振興協会，昭和57年3月