

論文標題：

複合文字を含む日本語入力用ローマ字片手3段5列  
キーボードの操作性に関する検討

An estimation of operational characteristics for a three-row, five-column  
Japanese single-handed keyboard that uses a combination of Roman characters

平成22年10月

白鳥嘉勇

\*無断転載を禁止します

## 概 要

キーボードを用いた日本語入力において、予測入力方式が用いられ、操作性が大幅に軽減されつつある。本報告では、3段5列の15キーを打けん領域とする日本語入力用ローマ字形片手キーボードについて、シフト操作がソフトウェアで代用された場合の操作性を検討した。キー配列は、9個の複合文字の有無、母音を打けんする指数を変えた計8種を作成した。かな文字データを収集し、各キー配列の操作特性を算出した。この結果、①複合文字を用いることにより、所要打けん数を約1割削減できる、②子音を人差指に、母音を中指、薬指、小指に配置したキー配列の場合、各指および各キー段の使用率をバランスよく設定できる。また、同指打けん率が4%と低くなる、ことを明らかにした。次に、被験者11名についてホーム段キーの打けん操作実験を行った。因子分析の結果、平均打けん速度の速い被験者は、交互打けんが同指打けんより速く、交互打けんが速度向上に寄与している。また、良好な特性が得られたキー配列を用い、短文を繰返し入力する習熟実験(被験者1名)を行った。入力速度は、実験累積時間が約7時間後(実験100回後)に、200タッチ/分(エラー率：約2%)の高い打けん速度に達した。これより、シフト操作がソフトウェアで代用できれば、キーボードを見ないで高速に入力できる片手3段5列キーボードが実現できる見通しが得られた。

## Abstract

An effective single-handed Japanese input keyboard is needed for portable information devices. This paper evaluates a theoretical device with software that automatically selects characters and has the operational characteristics of the key layout of a single-handed keyboard with 15 keys, arranged in 3 rows and 5 columns, using 30 characters comprised of 5 vowels, 14 consonants, 9 mixed vowels, 1 comma, and 1 period.

Our evaluation determined that such a 30-character key layout could reduce the number of key strokes by approximately 10 percent as compared with standard character keys. The usage ratio for each finger and the key rows for inputting Japanese data are balanced, and the same finger typing sequence ratio is lowered by 4 percent. A typing experiment, which situated each hand on home row keys and measured fingers on 11 subjects, has demonstrated that mutual key input time is faster than that of same key typing. Additionally, in an experiment where a skilled subject was trained to input using the above-described 30-characters keyboard, their key input speed reached 200 strokes per minute with an error ratio of only 2 percent after 7 hours and 100 repetitions. Therefore, it has been confirmed that a 15-key keyboard using 30 characters reveals user-friendly characteristics, assuming that the software can automatically select characters.

## 1. まえがき

携帯形情報端末や携帯形電話機等の小形情報端末から日本語を入力する利用が増えている。これら機器の日本語入力方法として、音声認識等の新しい入力方法が検討される中、片手で簡易に操作できるキーボードを目指して種々のキーボードが開発<sup>1)-6)</sup>されている。

キーボードの操作性は、キー数、キー寸法等のハードウェア面と、文字入力方法のソフトウェア面の両面に依存している。

ハードウェア面から片手操作の主なキーボードをみると、携帯電話機の数字キーボードを用いる4段3列のタイプと、両手操作形情報処理用キーボード(通称：フルキーボード)の打けん領域を半分にした3段5列のタイプがある。両タイプにおけるキー数の差は3キーであるが、その打けん方法には大きな差がある。前者の場合、縦形のキーボードを片手で保持しつつ、キーを見ながら親指1本で操作することが多い。後者の場合、横形のキーボードを机の上に置くか、他方の手で保持し、人差指、中指、薬指、および小指の4指を用い、キーを見ないで操作することを想定している。

次に、ソフトウェア面から主な日本語入力法をみると、ローマ字入力、かな文字入力、或は数字入力があり、かな文字を介して漢字に変換し日本文を作成する。従来の片手キーボードは、キー数が少ないために1つのキーに複数の文字を配置しており、操作者が意図する文字を選択するためのシフト操作が必要であった。シフト操作としては、たとえば、シフトキーを同時打けんする、同一キーを複数回打けんして文字を繰り返す等の方法が用いられていた。このため、打けん操作が複雑になり、打けん回数も多く、操作者にとって操作し易いものではなかった。しかし、近年、日本語処理技術の進歩から、操作者が打けんしたキー列の履歴情報や、操作者が入力文字を確定した初めの数文字から、ソフトウェアにより、操作者が入力しようとした文字や単語を予測し、候補文字や単語候補を画面に表示し、操作者に選択させる予測(曖昧)入力方式が開発され<sup>7)-11)</sup>、操作性が大幅に向上している。

今後、ソフトウェア面からの操作支援により、操作者の文字選択作業の負担がより軽減されてくると推測される。操作者にとって、操作し易い配列で、かつ片手4指の打けん能力を十分に発揮できるキーボードの設計がより重要になろう。そこで、本報告は日本語入力用ローマ字形片手3段5列キーボードについて、文字選択のためのシフト操作がソフトウェアで代用された場合の操作性を推察することを目的とする。第2章でキーボードの設計方針と作成したキー配列案を、第3章で収集した日本語評価データをもとに算出したキー配列案の操作特性を、第4章で各指についてホーム段キーの打けん操作実験結果、およびキー配列案を用いた習熟実験結果を述べる。

## 2. キーボードの設計

### (1) 設計方針

片手3段5列キーボードの設計は、両手打けんキーボードの検討結果<sup>12)</sup>を参考として、次の通りとする。

- ①キーボード形状は3段5列とし、この15キーを文字領域とする。
- ②入力方式は、ローマ字入力を用いる。
- ③使用文字は、両手操作形ローマ字キーボードと同様の30文字(子音14個、母音5個、句点、読点、複合文字9個(ai, ei, ou, uu, an, in, un, en, on))を用いる。また、複合文字を使用しない22文字の場合(子音14個、母音5個、句点、読点、撥音(ん))の操作性についても検討する。なお、英字、数字、記号のキー配列はここでは考慮しない。
- ③各キーの打けん方法は、人差指が3段2列の6キーを、中指、薬指、小指が各々3段1列の3キーを打けんする。なお、親指は、文字キーの打けんには用いない。
- ④キー打けん時の文字選択は、ソフトウェアで自動選択できるものとし、ソフトキー操作は行わない。

### (2) キー配列案の作成

15キーに30文字をキー配列する方法は、種々考えられる。そこで、母音を打けんする指数により4種のキー配列(配列A：人差指、中指、薬指、小指の4指、配列B：中指、薬指、小指の3指、配列C：中指、薬指の2指、配列D：人差指の1指)を、複合文字有りと複合文字無しの場合について計8種作成する。

図1は、作成した8種のキー配列を示す。キー配列案の作成において、操作性を向上するとみられる次の項目を指標とする。

- ①指の使用率は、人差指>中指>薬指>小指の順になるようにする。
- ②キー段の使用率は、ホーム段>上段>下段の順になるようにする。
- ③同じ指を連続して用いる同指打けん率をできるだけ低くする。

## 3 キー配列の操作性

### 3. 1 評価データの収集

キー配列の操作性を評価するためには、日本語文の評価データが必要となる。日本語文は多種多様であることから、新聞社説(読売新聞および日経産業新聞の計51編)、随筆(読売新聞の読売寸評、および日経産業新聞の日経春秋の計41編)、コラム(読売新聞の人生案内、および日経産業新聞の健康相談の計85編)、童話(グリム童話5編)の各分野から日本語文を収集した。これら各種の漢字かな混じり文を読みがな文字列に変換し、約20万字のかな文字列(英数記号等を含む)を収集した。9個の複合文字は、漢語の入力に有利であり、操作性に影響を及ぼすとみられる。そこで、新聞社説と随筆の集合を漢字比

率が比較的高い評価データ A(かな文字合計10.4万字)とし、コラムと童話の集合を漢字比率が比較的低い評価データ B(かな文字合計9.6万字)として操作性を比較する。

表1は、評価データ AおよびBにおける漢字比率、かな文字比率、記号比率等を示す。漢字比率は、評価データ Aが43%であり、評価データ Bの28%に比べ、15%高い。

### 3. 2 キー配列の操作性

表2は、評価データ AおよびBを用い、図1に示す8種キー配列の操作性を求めた結果を示す。同表中に示す所要キータッチ数比率は、複合文字を含むキー配列を用いて評価データ Aを入力した場合を100とした時の他キー配列との割合を示す。人差指と他指との交互打けん率は、人差指と中指、薬指、および小指との交互打けんが出現する割合の合計を示す。また、同指打けん率は、同じ指を連続して打けんする割合の4指合計を示す。

評価データ AおよびB入力時の各キー配列におけるキ一段、指使用率、同指打けん率、および交互打けん率の差は、いずれも4%以下であり比較的小さい。

評価データ AおよびBにおける、かな1文字あたりの所要入力キータッチ数を表1の右端に示す。漢字比率の高い評価データ Aの場合1.49、漢字比率の低い評価データ Bの場合1.57であり、漢字比率の高い評価データ Aの場合が評価データ Bに比べ約5%効率よく入力できることが分かる。また、複合文字を使用した4種の配列〔A1～D1〕の所要キータッチ数は、複合文字を使用しない4種の配列〔A0～D0〕よりも約10%少なく、操作性を向上する効果がある。

次に、各キー配列の主な打けん操作特徴を述べる。

①配列〔A1,A0〕は、母音をホーム段の5列に配置したものであり、各指のキー列内に母音と子音が混在するため、同指打けん率は、25～27%と高い。また、母音を各指に配置したことにより、人差指の交互打けん率は44～54%と低いが、ホーム段の使用率は66～70%と高い。

②配列〔B1,B0〕は、母音を中指、薬指、小指の3指に配置したことにより、同指打けん率は、4～10%と比較的小さい。また、配列〔B1〕の交互打けん率は、人差指側に子音を集めたこと、複合キーを用いたこと等により、82%と高い(配列〔B0〕の場合57%)。キ一段および指の使用率は、バランスしている。

③配列〔C1,C0〕は、母音を中指、薬指の2指に配置したものであり、同指打けん率は14～17%であり、配列〔B1〕の場合に比べ高い。また、人差指の交互打けん率は約57～62%である。キ一段および指の使用率は、バランスしている。

④配列〔D1,D0〕は、母音5個を人差指に配置したものであるため、人差指の交互打けん率は80～87%と高い。同指打けん率は7～14%とやや高い。

また、キ一段使用率のバランスはよいが、人差指の使用率は50～53%と突出し、指負担のバランスが悪い。

なお、付表1は、公知の片手3段5列キーボード2種、および数字キーボード4種について、評価データAおよびBにおける操作特性を示す。

## 4. 打けん操作実験および考察

### 4. 1 ホーム段キーにおける片手各指の打けん操作実験

両手操作形キーボードでは、左手と右手の交互打けん動作が高速打けんに寄与している。片手の場合においても、各指の交互打けん動作が、打けん特性を向上することが期待される。そこで、片手各指の打けん特性をホーム段キーを打けんする場合について調べる。

#### (1)実験方法

①被験者は11名(女性：35～42歳，O A実務経験5年以上，利手は全員右手)である。

②パソコンとそのフルキーボードを用いて、両手人差指，中指，薬指，小指をキーボードのホーム段キー(右手の場合：J,K,L,;(セミコロン)の4個，左手の場合：F,D,S,Aの4個)においた状態で，各指の打けん操作を行う。

③図2は，各指打けん特性実験時に被験者に示すパソコン画面を示す。パソコン画面にホーム段キー配列を表示し，被験者がキーを打けんすると画面内の対応するキーの輝度を変え，確認できるようにする。また，打けん回数，打けん速度等の操作状況を表示する。

④片手各指の同指打けん(4種パターン:各20回以上)および2指間の交互打けん(6種パターン:各50回以上)を左右の手について実験する。

#### (2)実験結果および考察

表3は，被験者11名の片手各指の平均打けん時間を示す。被験者名は，全平均打けん時間の合計をもとに，速く打けんできる順にP1～P11とした。片手各指の平均打けん時間は約0.2秒(300タッチ/分)であり，高速に打けんしている。

表4は，表3をもとに片手各指の打けん時間を因子分析し，第5因子までの結果を示す。

図3(a1)は，左手各指(各キー:A,S,D,F)の打けん時間について，表4(a)の第1因子と第2因子の関係を示す。第1因子は，人差指(F)と薬指(S)，人差指(F)と小指(A)，薬指(S)と小指(A)，中指(D)と小指(A)，および中指(D)と薬指(S)間の交互打けんのし易さを含むパラメータであり，第2因子は，人差指および薬指の同指打けんのし易さを含むパラメータである。同図3(a2)は，左手について各被験者別に第1因子と第2因子の関係を示したものである。左手の全平均打けん時間が大きく比較的打けん速度が遅い被験者(例:P9,P10,P11等)は，第1因子の寄与，すなわち，前述した各指の交互打けん要因により，

打けん操作に時間を多く要している。一方、全平均打けん時間が小さく比較的速く打けんできる被験者(例:P1,P2,P3等)は第1因子の寄与が小さく、各指の交互打けん操作がスムーズに行われている。また、図3(b1)および(b2)は、右手各指の打けん時間を、図3(a1)および(a2)と同様に、表3(b)および表4(b)を用いて因子分析した結果を示したものである。右手の場合も、左手の場合と同様に、全平均打けん時間が小さく打けん速度の速い被験者(例:P1,P2,P3等)は、全平均打けん時間が大きく比較的打けん速度の遅い被験者(例:P9,P10,P11等)に比べ、第1因子の寄与、すなわち、各指の交互打けんに要する時間が少ない。これより、各指間の交互打けん操作をスムーズに行うことによって、打けん速度が向上することが明らかであり、キー配列設計において、各指間の交互打けん率を高くするとともに、同指打けん率を低下することは、有効な指針であるといえる。

#### 4. 2 片手キーボードの習熟特性実験

操作者が文字選択のためのシフト操作をしない場合、片手キーボードにおける打けん速度がどの程度まで向上するかを実験により明らかにする。

##### (1) 実験方法

- ①被験者は女性1名(33歳)であり、タイピングの経験は約10年である。なお、被験者数が少ない点は、実験による実務への影響があり止むを得ない。
- ②実験装置は、パソコン(日本電気(株)製)を用いる。キーボードは、フルキーボードの右手側の3段5列の打けん領域(上段: Y,U,I,O,P, ホーム段: H,J,K,L,;(セミコロン), 下段: N,M,,(コマ),.(ピリオド))の15キー)を使用する。キー配列変更ソフトを用い、キーボード領域内のキーを打けんした時、各キーに対応する文字を画面に表示する。実験中は誤入力した場合でも、文字の修正は行わないこととする。各回の実験終了時に、平均打けん時間をパソコン画面に表示し、被験者が確認できるようにする。
- ③キー配列は、比較的良好な打けん特性を有すキー配列〔B1〕を用いる。なお、キー配列はキートップに表示しない。表5は、評価データAを用いた場合のキー配列〔B1〕における各キーの使用率を示す。また、表6は、評価データAを入力する場合のキー配列〔B1〕における各指間の動的な打けん率を示す。人差指と他の指との交互打けん率は82.5%、同指打けん率は4.2%である。
- ④図4は、実験時の入力文とそのキー操作を示す。入力文は、新聞社説から得た短文(かな文字数:110字)である。実験1回当たりの打けん総数を500打とし、同一の入力文を繰り返し入力する。実験中に入力した文字および所要打けん時間を測定しデータを記録する。打けん数が500打に達すると打けんデータ収集プログラムを終了する。実験回数は、100回行う(約2週間内)。

##### (2) 実験結果および考察

被験者の習熟特性を表わす式として、従来、式(1)が用いられている。ここに、Tはキー入力時間、Nは実験回数、T0は実験第1回目のキー入力時間、

$\alpha$  は習熟係数である。

$$T = T_0 N^\alpha \quad (1)$$

しかし、式(1)は、実験回数が無限大の場合 ( $N \rightarrow \infty$ )，キー入力時間(T)が0になること、実験第1回目の値( $T_0$ )が習熟係数( $\alpha$ )を決定付ける、等の必ずしも事実と一致しない点を有している。これらのことから、A.Newell等は、実験の全データを考慮した一般的な習熟式として次式(2)を提案した<sup>13)</sup>。

$$T = T_1 + K (N + N_1)^\beta \quad (2)$$

ここで、T；キー入力時間、K；比例係数、 $\beta$ ；習熟係数、N；実験回数であり、 $T_1$ および $N_1$ は被験者のキー入力時間および実験回数の補正項である。この式(2)は、X軸をN、Y軸をTとして図示した場合、式(1)に比較し、実験回数Nが小さいときは下方に、また実験回数Nが大きいたときは上方に反れ、中央部分が直線となる傾向を有している。しかし、式(2)で用いるパラメータ $T_1$ および $N_1$ は未知であるため、実験結果を直ちに図示することはできない。これらパラメータを求めるため、パラメータ $T_1$ 、および $N_1$ の値を一定量ずつ変動 ( $T_1$ : 0~500 msecの範囲で10 msec毎、 $N_1$ : 0~100回の範囲で10回毎) した回帰式に実験値を当てはめて相関係数(r)を求め、これが最大となる時の $T_1$ 、および $N_1$ を用いて近似した。

図5は、被験者のキー配列〔B1〕における習熟特性を示す。入力時間は、実験回数の増加とともに低下し、実験終期には、200タッチ/分(エラー率：約2%)に達した。

今回の習熟特性実験は、同一文の繰り返し入力であり、実務作業等における文章入力と操作性を単純に比較はできないが、高い打けん速度が得られたことにより、シフト操作がなければ片手キーボード(キー配列〔B1〕)が良好な操作性を有することが認められた。高速に打けんできる要因として、人差指の交互打けん率が約82%と高いこと、同指打けん率が4%と低いこと等が、打けんし易いリズムを形成したためとみられる。また、エラー率が約2%と低いことは、キー配列が被験者にとって覚え易いものと推測された。

## 5. まとめ

日本語入力用ローマ字片手3段5列キーボードについて、文字選択のためのシフト操作がソフトウェアで代用された場合の操作性を検討した。

複合文字を含むキー配列と、複合文字を含まないキー配列について、母音の配置を変えたキー配列を作成し、漢字含有率の異なる評価データAおよびB(かな文字数:各約10万字)を収集して操作性を比較した。この結果、以下の点を明らかにした。

①9個の複合文字を用いた場合、複合文字を用いないキー配列に比べ、かな1文字当たりの所要打けん数は約10%低下し、操作性を向上する効果がある。

②母音を中指，薬指，小指の3指に，子音を人差指に配置したキー配列の場合，同指打けん率は約4%と低く，キ一段，および指の使用率がバランスする．

次に，被験者11名について，片手各指の打けん操作実験を行い，ホーム段キーの打けん時間を因子分析した．この結果，打けん速度の速い被験者は，交互打けん速度が同指打けんより速く，キー配列の同指打けん率を低くすることは，操作性の向上に有効であることが確かめられた．

続いて，比較的良好な操作性が得られた3段5列の複合文字キー配列〔B1〕を用い，被験者1名によるキーボード習熟実験を行い，同一文の繰り返し入力による習熟特性を調べた．この結果，キー入力速度は，約7時間後(実験回数100回)に200タッチ／分(エラー率：約2%)に達した．被験者は1名と少ないが短期間で高速に操作できることが確かめられた．

これより，文字選択のためのシフト操作がソフトウェアで代用できれば，キーボードを見ないで高速に入力できる片手3段5列キーボードが実現できる見通しが得られた．今後，携帯情報端末をより使い易いものとするために，文字選択のためのシフト操作をなくすソフトウェアの開発が望まれる．

#### 参 考 文 献

- 1)入鹿山剛堂：ケータイ文字入力の現状と将来,電子情報通信学会誌Vol.84,No.11,pp.819-827(2001).
- 2)加藤善也,北上義一：複合入力によるパーム型キーボードの実験,情報処理学会研究報告,ヒューマンインタフェース60-3,pp.17-24(1995).
- 3)特開平8-179865「キー入力装置」
- 4)加藤善也,北上義一,酒井靖夫,小野充一：テンキー型片手打鍵文字入力方式の実験と評価,情報処理学会研究報告,ヒューマンインタフェース82-1,pp.1-6(1999).
- 5)井ノロ美子,赤池英夫,角田博保：片手打鍵かな入力法の設計と評価,情報処理学会研究報告ヒューマンインタフェース58-7,pp.45-52(1995).
- 6)北村拓郎,森清人：少数キーによる文字入力方式,情報処理学会研究報告ヒューマンインタフェース83-7,pp.37-42(1999).
- 7)杉本正勝：片手操作キーカード(SHK)による日本語入力,情報処理学会研究報告,Vol.97,No.54(MBL-1),pp.1-6(1997).
- 8)特許第3322782号「曖昧さの解決論理を備えたキーボード」
- 9)田中久美子,犬塚祐介,武市正人：携帯電話における日本語入力ー子音だけで日本語が入力できるか,情報処理,Vol.43 ,No.10,pp.3087-3096(2002).
- 10)田中久美子,犬塚祐介,武市正人：少数キーを用いた日本語入力,情報処理,Vol.44 ,No.2,pp.433-442(2003).
- 11)小松弘幸,高林哲,増井俊之：動的略語展開を利用した文脈を捉えた予測入力,情報処理,Vol.44,No.11,pp.2538-2546(2003).

12)白鳥嘉勇,小橋史彦:日本語入力用新キー配列とその操作性評価,情報処理, Vol.28,No.6,pp.658-667(1987).

13)A.Newell and P.S.Rosenbloom :Mechanisms of Skill Acquisition and the Law of Practice, In J.R.Anderdon(ed.), Cognitive Skills and Their Acquisition, Lawrence Erlbaum Associates, Pub.,Hillsdale,NJ,pp.1-55,(1981).

14)数字キーボード入力関連の文献

①<http://cutkey.jp/PAGES/inp.html>

②DoCoMo取扱説明書ムーバ505i,pp.638-690(2003.6).

③[http://www.tegic.com/T9\\_enabled\\_devices.html](http://www.tegic.com/T9_enabled_devices.html)

④<http://www.n-keitai.com/demo/t9/t9.html>

## 付 録

評価データ A および B における公知の片手 3 段 5 列キーボードおよび数字キーボード配列の操作性

付表 1 は、公知の片手 3 段 5 列キーボード 2 種、および数字キーボード 4 種について、評価データ A および B を各入力方法にできるだけ近い形の文字列に変換し、打けん特性を算出した結果を示す。なお、数字キーボードは、人差指、中指、および薬指の 3 指で操作するものとした。

### (1) 3 段 5 列キーボード

①配列〔CUT方式〕<sup>2)3)</sup>は、複数文字の同時打けんによる和音(コード)式入力であり、複合文字、濁音、半濁音、句読点を複数指の同時打けんにより入力する。親指キーとの同時押下により文字選択をする場合もあるが、親指のキー操作はないものとした。他の指の同時打けんは、個別の打けんとした。

②配列〔SHK方式〕<sup>7)8)</sup>は予測(曖昧)入力機能を有する。候補単語が完全に同定されるものとし、曖昧さ解消キーの代わりに、文字キー“ん”を設けた。また、親指キーとの同時押下により文字選択をするが、親指のキー操作はないものとした。

### (2) 数字キーボード

①配列〔CUT方式〕<sup>4)14)①</sup>は、母音を上 2 段 3 列に、子音を下 2 段 3 列に設定したローマ字入力である。同じキー列に母音と子音がある。

②配列〔2タッチ方式〕<sup>14)②</sup>は、かな文字を 50 音表を用い、数字 2 桁の 2 タッチで入力する。

③配列〔かな方式〕<sup>14)②</sup>は、かな文字を 50 音表の「あ～わ」行を数字キーで指定し、同一キーを打けんして文字を繰り出して入力する。濁音、半濁音、句読点は # キーを使用する。

④配列〔T9方式〕<sup>14)③④</sup>は、予測(曖昧)入力である。50 音表の「あ～わ」行を数字キーで指定する。候補単語が表示されるが、完全に同定されるものとする。濁音、半濁音、句読点は # キーを使用する。

以 上。

← 人差指		←中指→	←薬指→	←小指→
H/uu	M/ai	R/ou	W/。	、 / ei
Y/u	K/a	S/o	T/i	N/e
B/un	G/an	Z/on	D/in	P/en

図 1 - 1 配列 A 1

← 人差指		←中指→	←薬指→	←小指→
N	S	M/ん	D	Z
T/e	K/u	Y/i	G/a	W/o
H	R	B	P	、 / 。

図 1 - 2 配列 A 0

R/P	N/M	u/un	e/en	ai/ei
T/D	K/G	i/in	a/an	o/on
H/B	S/Z	Y/W	ou/uu	、 / 。

図 1 - 3 配列 B 1

N	S	D/u	P/e	B/ん
T	K	Y/i	Z/a	G/o
H	R	M	W	、 / 。

図 1 - 4 配列 B 0

N/un	S/in	D/u	Z/a	W/ai
T/an	K/en	Y/o	G/i	M/ou
H/on	R/uu	B/e	P/ei	、 / 。

図 1 - 5 配列 C 1

N	S	D/u	Z/a	W/ん
T	K	Y/o	G/i	M
H	R	B/e	P	、 / 。

図 1 - 6 配列 C 0

e/ei/en	a/ai/an	T	N	H/M
i/in	o/ou/on	Y/R	K	S
、 / 。	u/uu/un	W/D	B/G	P/Z

図 1 - 7 配列 D 1

e	u	N/P	H/B	M
i	a	K/G	S/Z	T/D
ん	o	Y/W	R	、 / 。

図 1 - 8 配列 D 0

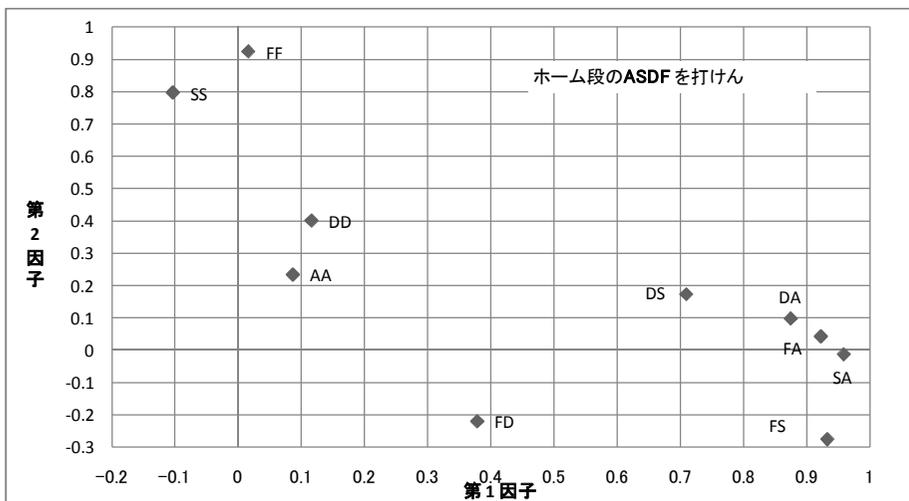
### 図 1 片手3段5列キーボードのキー配列案

Fig. 1 Examples of single-handed keyboard layouts formatted in 3 rows by 5 columns.

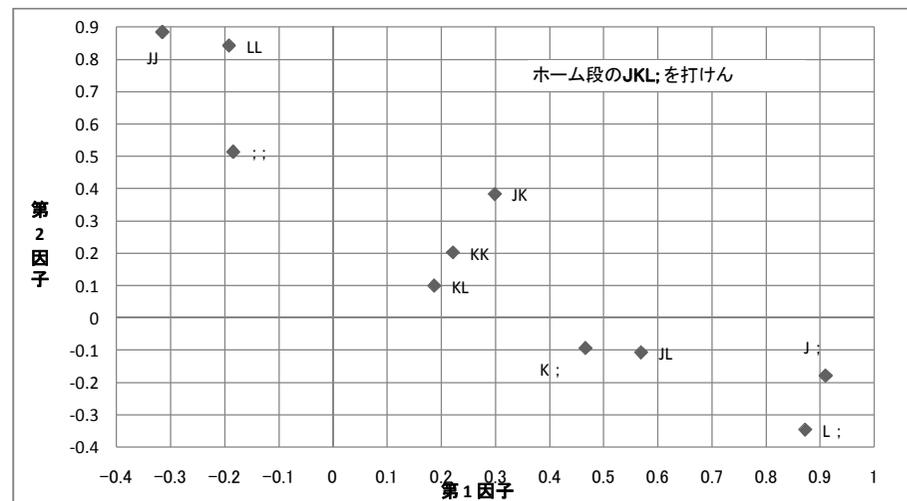


図2 片手各指のホーム段キー打けん操作実験時の提示画面

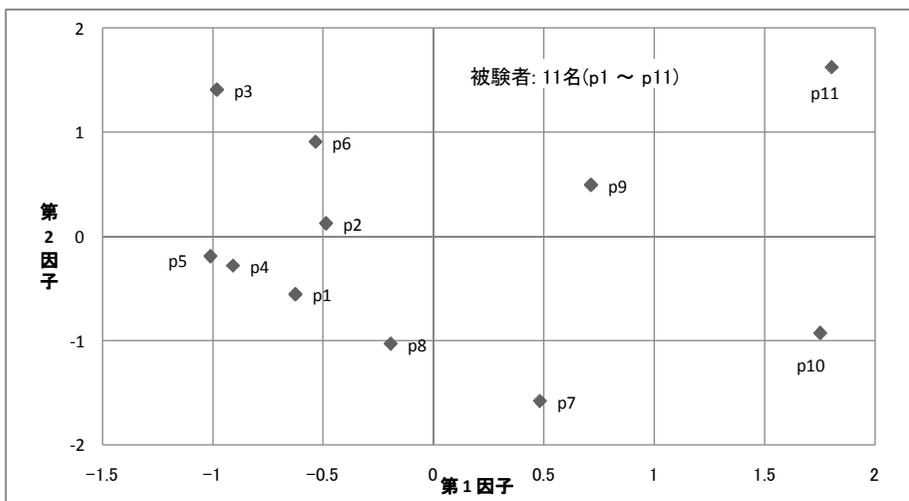
Fig. 2 Display image of finger positioning in the home row key input experiment.



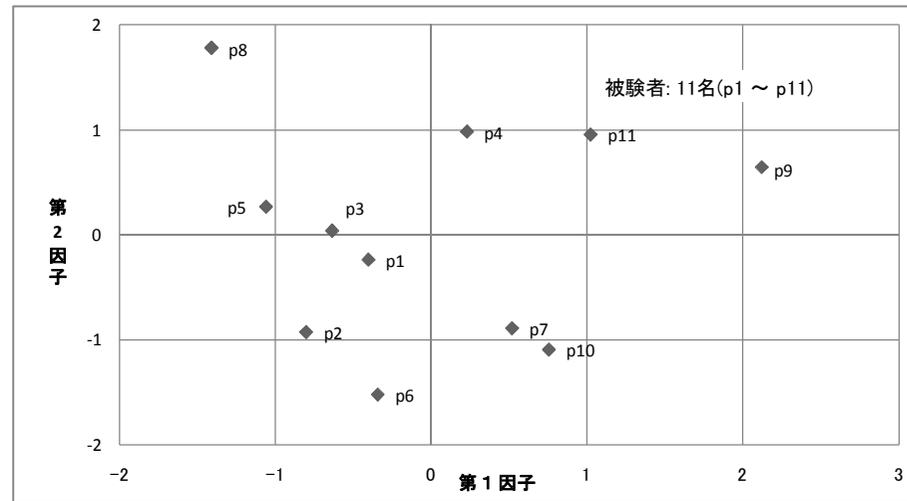
(a1) 左手指のキー別分析



(b1) 右手指のキー別分析



(a2) 左手指の被験者別分析



(b2) 右手指の被験者別分析

図3 片手各指のホーム段キー打けん時間の因子分析(表3, 表4より)

Fig. 3 Factor analysis of each single-handed home row key input time, using Tables 3 and 4.

(a) 入力文(110 字)

れきしにんしきのちがいがろんそうにつながるのは、ごくありふれたげんしょうである。だが、いけんのちがうあいてのげんろんかつどうをふうじょうとするようなこういにはってんしては、みんしゅしゅぎのきほんげんりにそむくことになる。

注:新聞社説の一節。

(b) キー操作(168 タッチ)

R/e/K/i/S/i/N/in/S/i/K/i/N/o/T/i/G/ai/G/a/R/on/S/ou/N/i/T/u/N/a/G/a/R/u/N/o/H/a/  
,/G/o/K/u/a/R/i/H/u/R/e/T/a/G/en/S/Y/ou/D/e/a/R/u/. /D/a/G/a/, /i/K/en/N/o/T/i/G/a  
/u/ai/T/e/N/o/G/en/R/on/K/a/T/u/D/ou/W/o/H/uu/z/i/Y/ou/T/o/S/u/R/u/Y/ou/N/a/K/ou  
/i/N/i/H/a/T/T/en/S/i/T/e/H/a/, /M/in/S/Y/u/S/Y/u/G/i/N/o/K/i/H/on/G/en/R/i/N/i/S  
/o/M/u/K/u/K/o/T/o/N/i/N/a/R/u/.

注:文字シフト操作なしで入力する。

図 4 習熟特性実験時の入力文とキー操作

Fig. 4 Input text and key operation as performed in training experiment.

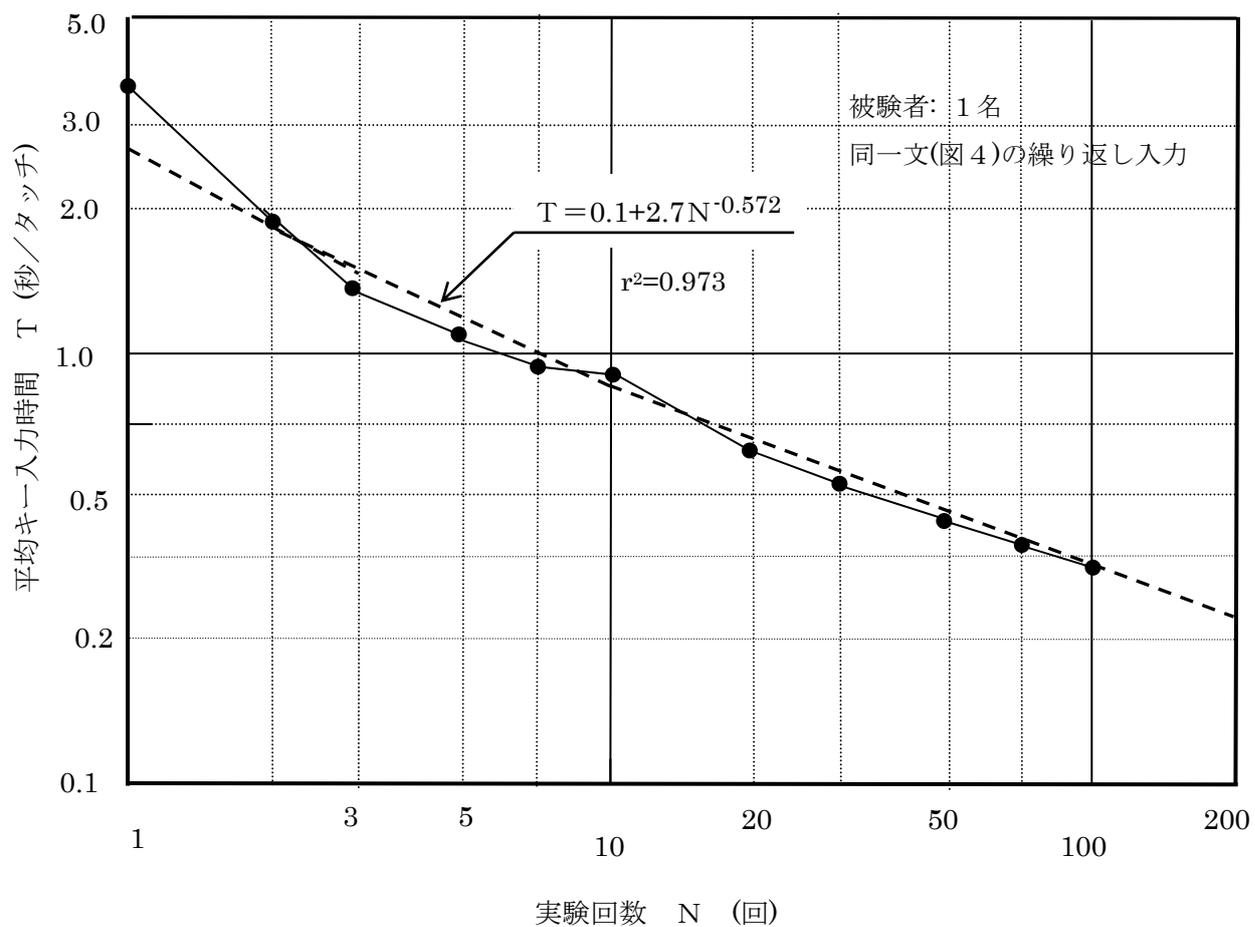


図 5 配列B1における習熟特性(被験者1名)  
Fig. 5 Training curve using key layout B1 in Fig. 1 on one subject.

表 1 評価データAおよびBの分析

Table 1 Analyses of Japanese character data A and B for key layout evaluation.

	収集資料名		評価データの分析					入力操作データ			
			漢字比率 (%)	かな比率 (%)	句読点比率 (%)	英数記号比率 (%)	漢字かな混じり文の総字数	入力かな文字数	総入力文字数	複合文字配列によるキータッチ数	所要キータッチ数/字
評価データA	① 読売新聞社説	26(編)	43.0	47.8	5.1	4.1	77222	97122	104225	155482	1.49
	② 読売寸評	18									
	③ 日経新聞社説	25									
	④ 日経春秋	23									
評価データB	① 人生案内欄(読売新聞)	61	28.0	63.0	6.6	2.4	78134	89284	96331	151720	1.57
	② 健康相談欄(日本経済新聞)	24									
	③ グリム童話より	5									

表2 図1に示すキー配列の操作特性

Table 2 Key layout characteristics of single-handed keyboard layouts in Fig. 1.

(%)

配列名	母音を打けんする指	複合文字の有無	評価データ	キ一段の使用率 *1			指の使用率 *1				所要キータッチ数比率 *2	人差指と他指との交互打けん率	同指打けん率	備考	
				上段	ホーム段	下段	人差指	中指	薬指	小指					
A1	人差指 中指 薬指 小指	有	A	20.6	66.2	11.2	41.1	23.7	19.6	13.5	100	44.6	26.8	図1-1	
			B	19.9	69.3	9.5	39.6	23.4	21.4	14.4	105	44.7	25.8		
A0		無	A	19.2	69.7	9.3	45.6	20.4	16.2	16.0	111	54.1	25.3	図1-2	
			B	20.2	68.5	10.1	44.3	19.7	18.0	16.9	113	54.0	25.2		
B1		中指 薬指 小指	有	A	27.5	47.9	22.6	43.0	20.1	19.6	15.3	100	82.5	4.0	図1-3
				B	27.7	50.4	20.7	42.9	18.9	21.0	16.0	105	82.3	4.5	
B0			無	A	32.4	54.1	11.6	29.7	28.3	20.7	19.4	111	57.0	9.1	図1-4
				B	31.1	54.0	13.8	30.0	27.0	22.2	19.7	113	57.3	10.2	
C1	中指 薬指		有	A	36.5	44.7	16.7	37.3	25.4	23.5	11.7	100	61.9	15.0	図1-5
				B	37.4	44.0	17.4	35.3	26.7	24.5	12.2	105	61.0	14.2	
C0			無	A	40.2	42.9	15.1	29.7	32.8	26.7	9.0	111	57.0	17.3	図1-6
				B	40.0	42.7	16.1	30.0	31.4	27.1	10.4	113	57.3	16.1	
D1		人差指	有	A	36.6	42.4	18.9	50.0	17.6	17.3	13.1	100	87.1	7.0	図1-7
				B	40.3	40.3	18.2	51.7	18.2	15.4	13.5	105	87.3	8.8	
D0			無	A	26.4	47.3	24.4	52.8	19.4	13.7	12.3	111	79.1	14.4	図1-8
				B	26.2	48.1	24.5	52.0	17.5	13.6	15.9	113	82.7	12.1	

\*1 英数記号の配置を考慮していないため、100%とならない。

\*2 図1の複合配列を用い、評価データA入力時を100とする。

表3 片手各指のホーム段キーの平均打けん時間(被験者:11名)

Table 3 Average home row key input times for individual fingers in single-handed keyboarding on 11 subjects.

(a) 左手指の平均キー打けん時間(秒)

被験者	FF	FD	FS	FA	DD	DS	DA	SS	SA	AA	平均時間合計
p1	0.191	0.121	0.133	0.130	0.170	0.145	0.159	0.186	0.166	0.212	1.612
p2	0.203	0.141	0.135	0.134	0.176	0.146	0.177	0.211	0.200	0.173	1.695
p3	0.219	0.207	0.111	0.119	0.163	0.215	0.208	0.207	0.131	0.169	1.747
p4	0.203	0.139	0.123	0.136	0.189	0.139	0.148	0.219	0.186	0.273	1.755
p5	0.188	0.237	0.130	0.126	0.177	0.199	0.213	0.180	0.165	0.186	1.800
p6	0.209	0.159	0.140	0.148	0.202	0.160	0.197	0.237	0.177	0.236	1.863
p7	0.173	0.242	0.233	0.156	0.165	0.241	0.248	0.167	0.251	0.189	2.064
p8	0.191	0.296	0.205	0.213	0.207	0.136	0.249	0.179	0.211	0.227	2.113
p9	0.212	0.190	0.206	0.232	0.211	0.223	0.250	0.220	0.264	0.211	2.217
p10	0.178	0.229	0.277	0.279	0.151	0.244	0.296	0.167	0.298	0.172	2.290
p11	0.230	0.232	0.246	0.280	0.213	0.254	0.327	0.227	0.344	0.267	2.619
平均値	0.200	0.199	0.176	0.177	0.184	0.191	0.224	0.200	0.217	0.210	-
標準偏差	0.017	0.052	0.056	0.059	0.021	0.044	0.053	0.024	0.062	0.035	-

(b) 右手指の平均キー打けん時間(秒)

被験者	JJ	JK	JL	J;	KK	KL	K;	LL	L;	;;	平均時間合計
p1	0.176	0.130	0.111	0.126	0.158	0.152	0.154	0.172	0.195	0.195	1.569
p2	0.174	0.192	0.105	0.162	0.151	0.187	0.218	0.164	0.181	0.156	1.690
p3	0.217	0.158	0.132	0.139	0.174	0.170	0.184	0.175	0.172	0.218	1.737
p4	0.209	0.133	0.125	0.152	0.191	0.136	0.155	0.225	0.175	0.238	1.738
p5	0.206	0.182	0.131	0.127	0.166	0.216	0.175	0.204	0.147	0.192	1.745
p6	0.158	0.148	0.173	0.156	0.167	0.211	0.187	0.162	0.219	0.184	1.764
p7	0.149	0.195	0.198	0.217	0.153	0.171	0.226	0.159	0.224	0.170	1.861
p8	0.241	0.225	0.191	0.105	0.155	0.220	0.211	0.231	0.135	0.194	1.907
p9	0.186	0.226	0.226	0.245	0.150	0.221	0.222	0.169	0.279	0.154	2.076
p10	0.154	0.181	0.332	0.221	0.183	0.219	0.249	0.170	0.292	0.165	2.164
p11	0.218	0.228	0.213	0.236	0.203	0.235	0.249	0.225	0.251	0.227	2.284
平均値	0.190	0.181	0.176	0.171	0.168	0.194	0.202	0.187	0.206	0.190	-
標準偏差	0.029	0.034	0.064	0.047	0.017	0.031	0.032	0.027	0.049	0.027	-

表 4 ホーム段キー打けん時間の因子分析(被験者:11名)

Table 4 Factor analyses of home row key input times for individual fingers in single-handed keyboarding on 11 subjects.

(a) 左手指打けん時間の分析

左手	因子負荷量				
	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
FF	0.014	0.932	0.264	-0.030	0.015
FD	0.369	-0.217	-0.005	0.884	0.033
FS	0.934	-0.271	0.032	0.202	0.030
FA	0.939	0.056	0.166	0.168	-0.181
DD	0.116	0.403	0.835	0.178	-0.073
DS	0.691	0.158	-0.376	0.235	0.444
DA	0.869	0.096	-0.039	0.470	0.104
SS	-0.101	0.816	0.434	-0.306	0.035
SA	0.962	-0.014	0.198	0.009	0.114
AA	0.089	0.230	0.787	-0.120	-0.015
寄与率(%)	43.4	20.3	19.0	13.5	2.8

(b) 右手指打けん時間の分析

右手	因子負荷量				
	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
JJ	-0.316	0.885	0.187	0.107	0.042
JK	0.291	0.380	-0.296	0.501	0.655
JL	0.561	-0.106	0.071	0.376	0.271
J;	0.908	-0.180	0.056	0.123	0.347
KK	0.220	0.202	0.949	0.031	-0.005
KL	0.182	0.099	-0.044	0.923	0.277
K;	0.453	-0.098	-0.010	0.392	0.758
LL	-0.192	0.848	0.392	0.091	0.041
L;	0.869	-0.345	0.066	0.180	0.095
::	-0.183	0.512	0.719	-0.252	-0.205
寄与率(%)	24.9	21.8	17.5	15.6	13.6

表5 キー配列[B1]における各キーの使用率(評価データAの場合)

Table 5 Usage ratio of keys on the B1 key layout in Fig. 1 using Japanese data A.

人差指		中指		薬指		小指		キ一段使用率
R / P	N / M	u / un	e / en	ai / ei	上段			
3.9 / 0.3	5.4 / 2.4	6.6 / 0.2	3.7 / 1.2	2.2 / 1.6	27.5			
T / D	K / G	i / in	a / an	o / on	ホーム段			
6.6 / 2.2	8.6 / 2.4	7.4 / 0.9	10 / 0.9	8.5 / 0.4	47.9			
H / B	S / Z	Y / W	ou / uu	、 / 。	下段			
2.6 / 0.9	5.9 / 1.8	3.6 / 1.4	3.2 / 0.6	1.4 / 1.2	22.6			
13.1 / 3.4	19.9 / 6.6	17.6 / 2.5	16.9 / 2.7	12.1 / 3.2	98.0 (英数記号: 2.0)			
43.0		20.1	19.6	15.3				

表6 キー配列[B1]における片手各指間の打けん率(評価データAの場合)

Table 6 Finger-to-finger sequence ratios on the key layout B1 in Fig. 1 using Japanese data A.

(%)

前 \ 後	人差指	中指	薬指	小指	英数記号	合計
人差指	1.1	16.1	15.5	10.4	0.1	43.2
中指	12.1	1.9	3.2	2.7	0.3	20.2
薬指	16.1	1.0	0.5	1.5	0.5	19.6
小指	12.3	1.1	0.3	0.7	0.5	14.9
英数記号	1.1	0.1	0.1	0.1	0.7	2.1
合計	42.7	20.2	19.6	15.4	2.1	100

付表1 評価データによる公知の片手3段5列および数字キーボードの操作特性

Annexed Table 1 Key layout characteristics for previously released single-handed keyboards using Japanese data A and B.

(%)

キーボード種別	(配列名)	評価データ	キー段の使用率 *1				指の使用率 *1				所要打鍵数比率 *2	人差指と他指との交互打鍵率	同指打鍵率	備考
			上段	ホーム段	下段	最下段	人差指	中指	薬指	小指				
3段5列キーボード	①CUT方式	A	26.8	46.4	25.1	—	48.1	17.6	18.6	14.0	121	72.9	12.5	文献2)3) ・隣接の文字キーをシフトキーとして使用
		B	27.3	46.0	25.7	—	47.3	16.3	19.2	16.1	124	75.7	10.6	
	②SHK方式	A	27.7	51.4	19.0	—	46.7	24.3	26.2	4.3	107	53.6	29.0	文献7)8) ・予測機能あり
		B	27.9	53.1	17.8	—	47.8	24.6	25.5	3.4	111	52.2	31.3	
数字キーボード	①CUT方式	A	28.9	21.3	26.1	20.1	34.6	31.8	30.1	—	126	38.0	36.3	文献4),14)① ・ローマ字入力
		B	27.9	21.4	24.7	22.3	34.0	30.9	31.4	—	131	38.1	35.1	
	②2タッチ方式	A	48.3	29.8	8.7	11.9	32.8	45.6	20.2	—	147	45.6	35.1	文献14)② ・50音表を用い、かな文字を数字2桁で入力
		B	45.6	32.7	9.1	11.8	36.6	43.7	18.8	—	149	49.1	34.5	
	③かな方式	A	40.8	31.4	19.3	7.4	36.5	40.6	30.8	—	181	17.3	80.7	文献14)② ・あ〜わ行を指定し同一キーで繰り出す
		B	37.7	35.9	19.5	6.1	42.4	35.3	32.6	—	178	18.3	82.4	
	④T9方式	A	39.1	24.7	13.2	20.2	30.0	33.2	34.0	—	75	42.0	31.0	文献14)②③④ ・かな文字の先頭を入力し、ソフトウェアで単語を予測
		B	35.3	27.7	14.9	20.4	33.0	29.9	35.3	—	74	43.6	31.7	

\*1 英数記号の配置を考慮していないため、100%とならない。

\*2 図1の複合配列を用い、評価データA入力時を100とする。