

## かなキーボードにおけるかな配列方式

亀山正俊，渡辺 治，大川清人  
(三菱電機株式会社情報電子研究所)

### 1. まえがき

近年，オフィス・オートメーションの中核機器と考えられる日本語ワード・プロセッサの発達はめざましいものがあるが，依然として日本語の入力方式が最も困難な問題として残っている。

以前からさまざまな日本語入力方式が提案されているが，かなキーボードからかな文字列を入力し，そのかな文字列をソフトウェアによって漢字かな混じり文に変換するかな漢字変換方式は，初心者でも容易に入力することができ，かつ，かなキーの数が少ないので，熟練すれば高速で入力することができるという入力方式における2つの重要な点にすぐれており，文書作成などにかな漢字変換による日本語入力が広く使われ始めている。

一方，かな入力用キーボードのかな配列についてはJISによる規定があるが，人間工学的な見地から見た有効性の問題が指摘されている。

本稿では文書作成を念頭において，各かな文字の打鍵確率，各かな文字間の遷移確率を用いて，操作性にすぐれたかな文字配列を決定する方式について論じる。

### 2. かな配列と操作性

操作性のすぐれたかな配列のキーボードとはどのようなものかを論じるのは非常に難しいが，結果的には人が使用してみて，下記の点にすぐれたかな配列のキーボードが人間工学的な操作性にすぐれていると言える。

- (1) 習得速度が速い。
- (2) 熟練した後の入力速度が速い。
- (3) 間違い率が低い。
- (4) 疲労度が低い。

上記の条件は全て結果として得られるものであり，これらの条件にすぐれたかな配列のキーボードを見い出すにはあらゆる場合のかな配列のキーボードを試作し，各キーボードについて試験しなければならないが，これはあまりにも非現実的である。

ここでは日本語をタイプインするとき，手及び指がどのように動けば操作性が良いと言えるのかを論じ，その手及び指の動きに合ったかな配列を求めるというアプローチを取ってみた。以下，キーボードの操作性についての仮定を述べる。この仮定はタイピストの方々の意見を参考にした。

- (1) 日本語入力方式は文節単位のかな漢字変換による。したがって，入力かな文字列は文節間にスペースが挿入される。スペースは従来の英文タイプライタと同様に左右の手の親指で入力される。
- (2) めくら打ちできるキーの数は最大40(縦4×横10)個であり，その場合の指の割り当ては英文タイプライタと同じで，人差し指だけが2列で中指，薬指，小指は各1列である。
- (3) 1文節を入力するとき，左手から打ち始めた方が打ち易い。

- (4) 左右の手で交互に打鍵した方が、一方の手で連続して打鍵するより打ち易い。
- (5) 一方の手で連続して打鍵するとき、同じ指で連続して打鍵するより異なった指で交互に打鍵した方が打ち易い。
- (6) 一方の手の異なった指で交互に打鍵するときの打ち易さは下記のとおりである。(不等号の大的方が打ち易い。)
- 人差し指 ↔ 中指 > 人差し指 ↔ 薬指  
> 中指 ↔ 薬指 > 小指 ↔ 人差し指, 中指, 薬指
- (7) 一方の手の各指の打ち易さは人差し指が最も強く、小指に向かって弱くなる。
- (8) 1本の指で打鍵するときのキーの打ち易さは次のとおりである。
- 第2段目 > 第3段目 > 第1段目 > 第4段目
- (9) 日本文のかな文字列は一重マルコフ過程とする。

### 3. 処理

文節単位に区切られたかな文字列を漢字かな混じり文に変換するかな漢字変換の変換アルゴリズムを検証するために作成したかな文字データから、各かな文字間の遷移確率、各かな文字の打鍵確率、スペースに続くかな文字の打鍵確率などのデータを求め、これらのデータを基に左右の手の交互打鍵率及び一方の手の指と指との交互打鍵率が高ければ高いほど人間工学的にすぐれたかな配列であるということを基本的な仮定とし、各指の負荷率を考慮に入れながらかな文字の配列を決定する。

なお、ここで言うかな文字とは以下に示すもので、濁点、半濁点、その他の記号を含む63文字である。

アイウエオカキクケコサシスセソタチツテトナニヌネノ  
ハヒフヘホマミムメモヤユヨラリルレロワラン"。ーァ  
ィゥェォッャュョ、。・「」

#### 3.1. 前処理

かな文字データから各かな文字間の遷移確率表、各かな文字の打鍵確率表、スペースに続く各かな文字の打鍵確率表の3種類の確率表を作成する。図3-1は各確率表の内容の一部を示す。

なお、ここで使用したかな文字データは以下のとおりである。

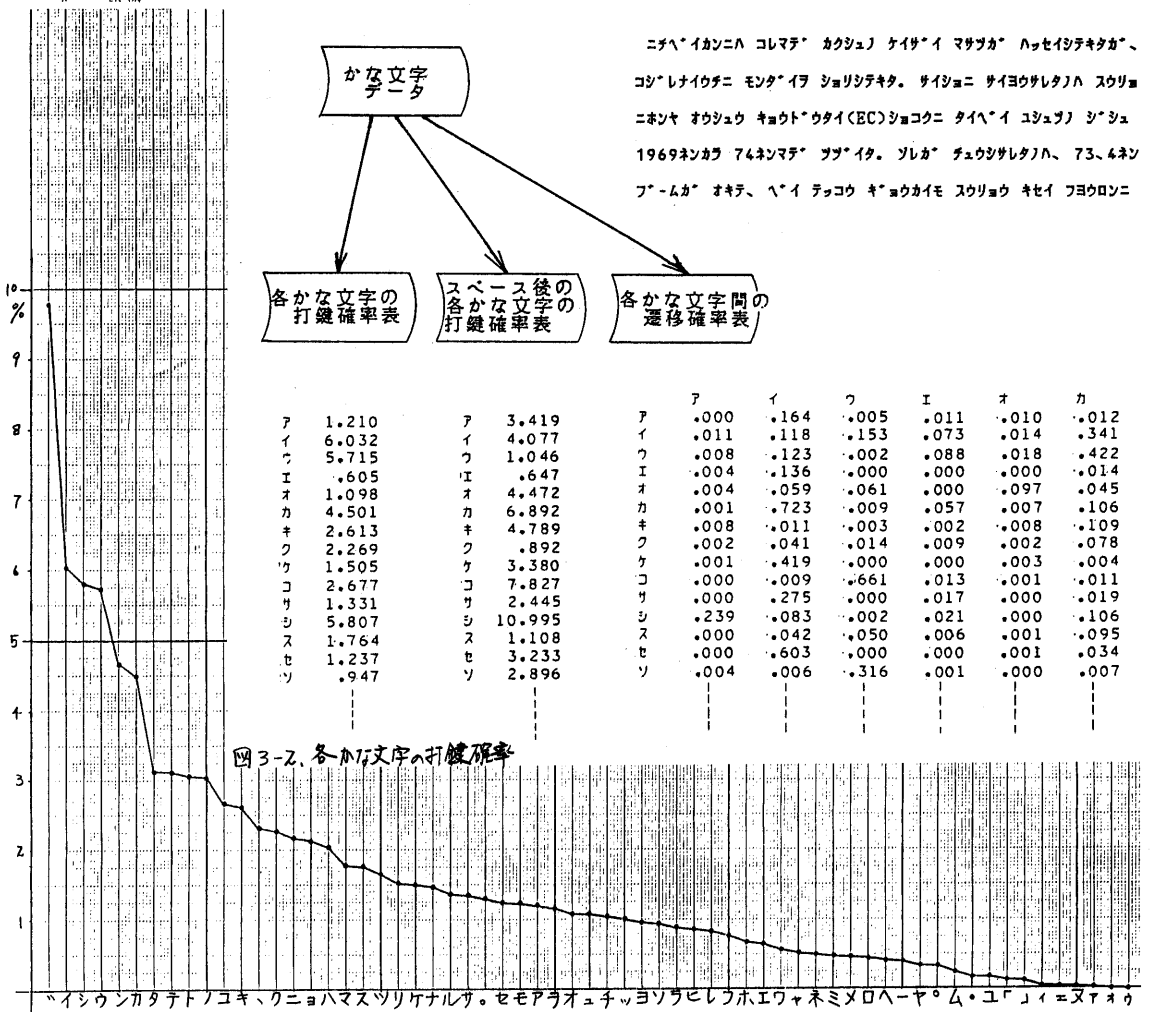
朝日新聞社説 14編	約 5.7万文字
朝日新聞天声人語 20編	約 2.3万文字
情報処理学会誌抜粋	約 2.5万文字
電子通信学会誌抜粋	約 3.0万文字
事務文書用例集	約 9.8万文字
合 計	約 23.3万文字

#### 3.2. かな配列方式

前に記した操作性に関する仮定を基に、かな文字のキー配列を決定する方式を述べる。

あらゆる配列の場合について各指の打鍵率、交互打鍵率を求め、最適な配列を見出すことは場合の数が天文学的数字となるために不可能である。ちなみに40

図3-1 前処理



個のキーに40個のかな文字を割り当てる場合の数は  $40! \approx 8.2 \times 10^{48}$  通りある。

ここでは Heuristic な手法として、各確率表を用い、段階的にかな文字を振り分けることによって配列を求めてみた。以下、配列決定の順序を記す。

- (1) 打鍵確率の高いかな文字40文字を取り出し、2つのかな文字群間の遷移確率の総和ができるだけ高くなるように、20文字ずつ、2つのかな文字群に分ける。各群のうちスペースに続くかな文字の打鍵確率の総和が高い方をL群、低い方をR群とする。L群は左手に、R群は右手に割り当てられる。

40文字を20文字ずつに振り分ける場合の数は約  $1.7 \times 10^{10}$  通りあり、全ての場合について検定することは計算機の実行時間がかかり過ぎ、不可能である。

ここでは、打鍵確率の高いかな文字から順次10文字ずつを単位として処理した。つまり、最初に打鍵確率の高い10文字を取り出し、この10文字を2つのかな文字群に振り分ける場合のうち、2群間の遷移確率の最も高い場合を求め、そのときの打鍵確率の高い上位6文字だけを有効とし、残りの

4文字を無効とする。次に第7番目の文字から10文字を取り出し、2つのかな文字群に振り分け、先に振り分けられた6文字と併合して、各群間の遷移確率が最も高い場合を求め、上位6文字だけを有効とする。このようにして、順次段階的に処理することにより、40文字を20文字ずつに振り分けることができる。

この手法は一般的に打鍵確率の高いかな文字は互いの遷移確率も高いという事実に基づいている。10文字中4文字を捨てたのはこの例外に対処するためであり、たとえば、打鍵確率10番目のかな文字と11番目のかな文字の遷移確率が高いとき、11番目のかな文字を無視して10番目のかな文字の振り分けを決定してはまずいわけである。

- (2) L群のかな文字の中から16文字を取り出し、(1)と同様の手法により2群間の遷移確率が最も高くなるように8文字ずつ2つのかな文字群に振り分ける。2つのかな文字群のうち、打鍵確率の総和の高い方をLh群、低い方をLl群とし、残りの4文字をL5群とする。

同様に、R群からRh, Rl, R5群を求める。

Lh, Rh群を中指と薬指に、Ll群とRl群を人差し指に割り当てる。

- (3) Lh群の8文字を同様の手法により2つのかな文字群に振り分ける。2群のうち打鍵確率の総和の高い方をL1群、低い方をL2群とする。同様にLl群からL3, L4群を求める。Rh, Rl群についても同様にして、R1, R2, R3, R4群を求める。

各指とかな文字群の割り当てを下記に示すとおりとする。

手	左手				右手			
	小指	薬指	中指	人差し指	人差し指	中指	薬指	小指
かな文字群	L5	L2	L1	LL34	RR43	R1	R2	R5

図3-3. 各指とかな文字群への対応

- (4) R1~R5, L1~L5の各群の4文字をそれぞれ打鍵確率の高い順に第2段目, 第3段目, 第1段目, 第4段目に割り当て、シフトしない側のキーに対するかな配列を終了する。

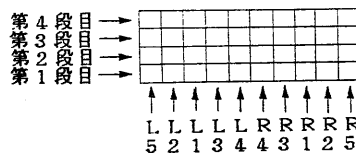


図3-4. キーボードの段とかな文字群のキーへの対応

- (5) かな文字63文字のうち打鍵確率の低い23文字を取り出し、シフトしない側の左右のかな文字群との遷移確率を求め、遷移確率の高い側のキーに振り分ける。たとえば、シフトしない側の右側のかな文字との遷移確率が高ければ、シフト側の右側に振り分ける。
- (6) シフト側のかな文字を打鍵確率の高いものから順に打鍵し易いキーに割り当てる。打鍵のし易い順序は次頁に示すとおりとする。

左手

右手

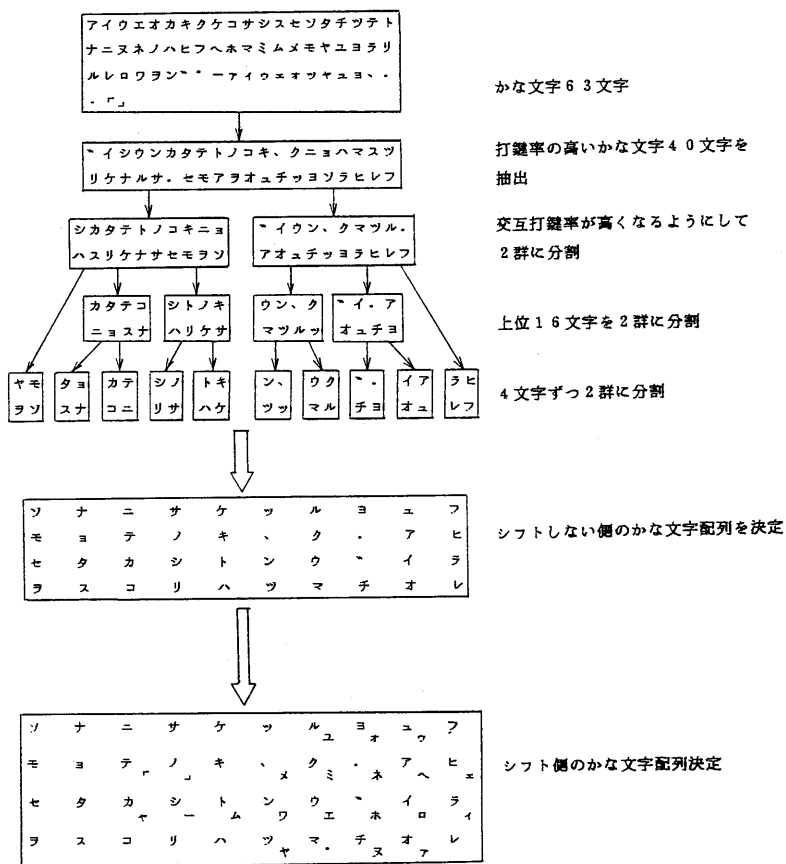
20	18	17	14	13	13	14	17	18	20
10	8	4	5	6	6	5	4	8	10
9	7	1	2	3	3	2	1	7	9
19	16	15	12	11	11	12	15	16	19

図3-5. 打鍵1層の順位

#### 4. 結果

図4-1は前記のかな配列方式に従って処理したときの過程と結果を示す図である。

図4-1 かな文字配列を決定する過程と結果



## 5. J I S 配列との比較と考察

本方式で得られたかな配列と J I S 規格のかな配列について、その性能を比較してみた。図 5-1, 5-2, 5-3 はおのおのの性能を示したもので、各指の打鍵率、各段の打鍵率、左右の手の交互打鍵率、各指の交互打鍵率などを示している。これらの図から本方式によるかな配列について次のことが言える。

- (1) かな文字を振り分ける際には遷移確率しか使わなかったが、各指の打鍵率は左右ほぼ対称になり、特定の指に偏ることはない。
- (2) 指のホーム・ポジションだけで 50% 近くの打鍵率を得ることができる。
- (3) 手の交互打鍵率は連続打鍵率の 2 倍程度となる。
- (4) 同じ指による連続打鍵率は 4.62% となる。

また、本研究では得られた結果の信頼性を検証するために次の実験も行なった。

- (1) 母集団を小さくしてみた。

最初のかな文字母集団から事務文書用例集のかな文字データを取り除いて同様の処理を行なってみた。結果は打鍵確率の高いかな文字の変動は小さいが、低いかな文字は大きく変動した。これは比較的打鍵確率の高いかな文字が少しでも変動すると打鍵確率の低いかな文字がその影響を大きく受けるためである。

- (2) 振り分け時の単位を変えてみた。

2 つのかな文字群に振り分ける際、10 文字を単位としたが、これを 8 文字、12 文字、14 文字の場合について試験してみたが、いずれの場合も同じ結果が得られた。したがって、ここで用いた段階的に振り分ける手法はかなり信頼性の高いものと考えられる。

また、10 文字中下位 4 文字を無効としたが、結果的には有効としても同じ結果が得られた。

## 6. あとがき

J I S 配列に比較して操作性のすぐれたかな配列が得られたが、標準化を行なうための確固たる裏付けを作るために、下記のような研究が必要である。

- (1) 大量のかな文字データを作成し、統計的にすぐれた打鍵確率表、遷移確率表を得る。
- (2) 幅広い打鍵試験と医学的考察から、キーの打鍵のし易さ、最適な指の負荷率、指の動作などを求める。
- (3) 日本文かな文字列を 2 重マルコフ過程と仮定したときの配列アルゴリズムを検討する。
- (4) 手及び指の遷移確率、指の打鍵率、最適な指の負荷率などを要素とする文字配列の評価関数を設定する。

本研究では遷移確率を中心になかな文字配列を決定したが、試行錯誤的に安易に配列を変えることは遷移確率を低下させる危険があり、注意を要する。

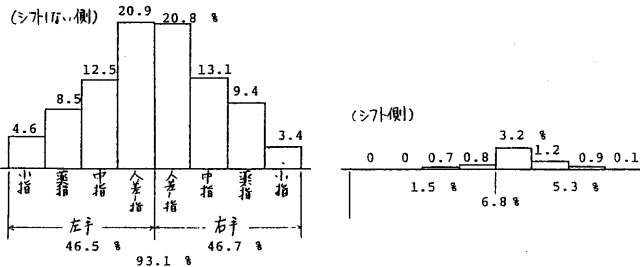
なお、(1)、(2)については電子協で実験中であり、その成果が期待される。

図 5-1 本方式によるかな文字配列とその性能

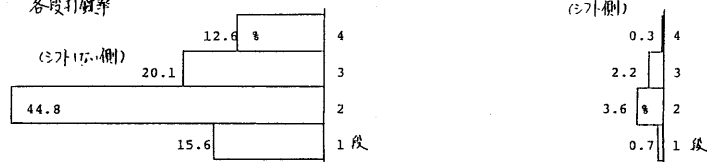
(a) 配列

ソ	ナ	ニ	サ	ケ	ツ	ル	ヨ	ユ	フ			
モ	ヨ	テ	ノ	キ	メ	ク	ミ	ネ	ア	ヒ	エ	
セ	タ	カ	シ	ト	ム	ン	ワ	ホ	イ	ロ	チ	ライ
ヲ	ス	コ	リ	ハ	ツ	マ	チ	ヌ	オ	ア	レ	

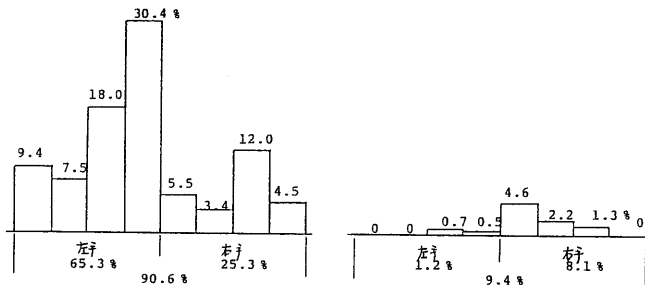
(b) 各指の打鍵率



(c) 各段打鍵率



(d) スペースに就(各指の)打鍵率



(e) 字の遷移確率

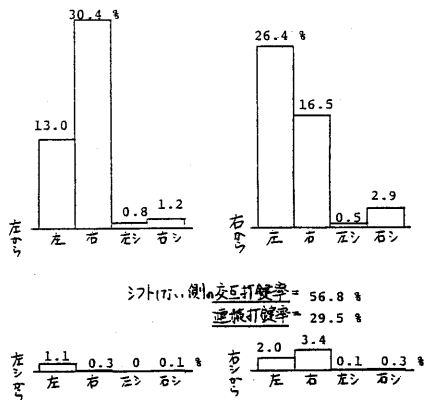
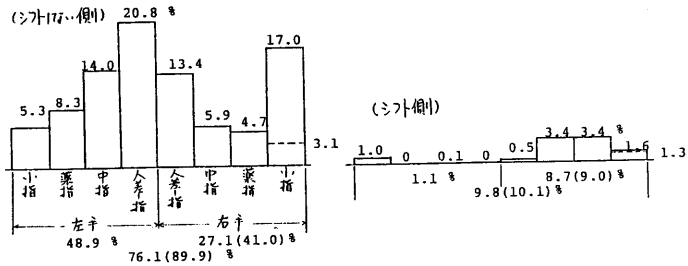


図5-2 JIS配列とその性能

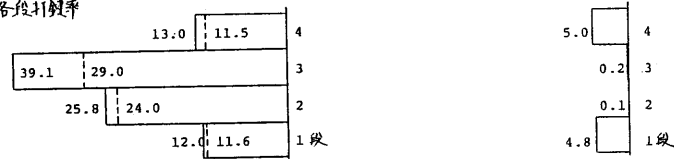
(a) 配列

ヌ	フ	ア	ウ	エ	オ	ヤ	ユ	ヨ	ワ	ホ	へ	ー
タ	チ	イ	ス	カ	ン	ナ	ニ	ラ	セ	、	、	、
チ	ト	シ	ハ	キ	ク	マ	ノ	リ	レ	ケ	ム	、
ツ	ッ	ソ	ヒ	コ	ミ	モ	ネ	ル	メ	ロ		

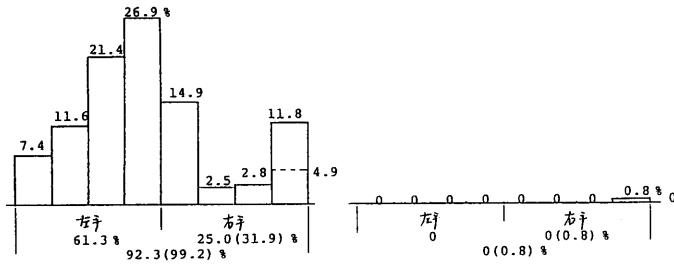
(b) 各指の打鍵率



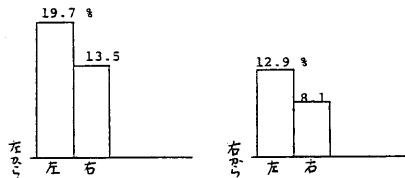
(c) 各段打鍵率



(d) スペースに続く各指の打鍵率



(e) 入力速度確率



シフトキー側の交互打鍵率 = 26.3%  
並振打鍵率 = 27.8%

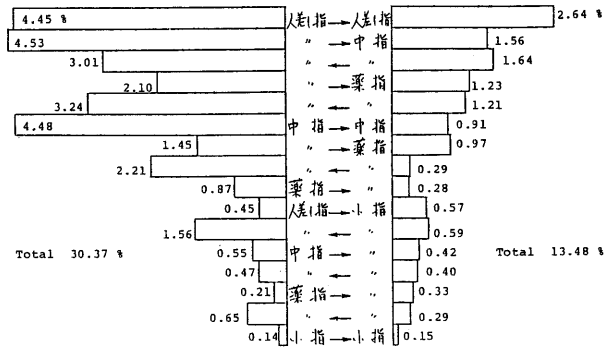


図5-3 各指の交互打鍵率

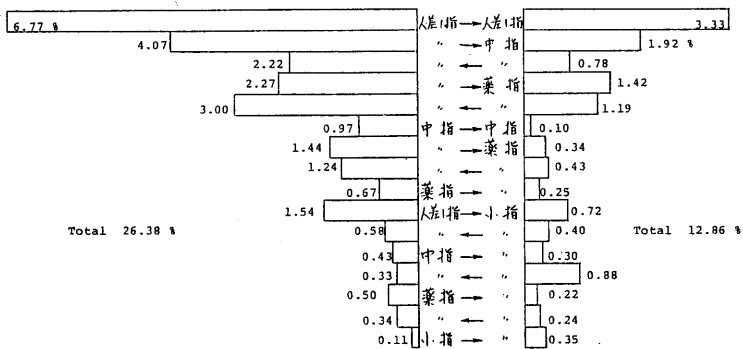
本方式によるかな文字配列

JIS配列

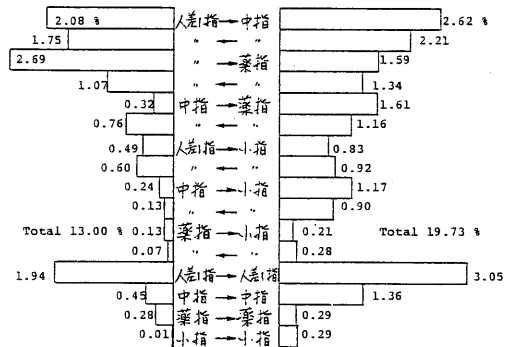
(a) 左→右



(b) 右→左



(c) 左→左



(d) 右→右

