

ハングル (韓国語) 入力用キーボード「正音」

鄭 喜盛

東京大学理学部 情報科学科

ハングル文字の定性、定量的分析に基づき、ハングル・ワードプロセッサ用の新しい鍵盤入力方式「正音」を設計した。「正音」は字素配列と人間工学との整合を通じて、ハングル鍵盤入力における生産性の向上を図るものである。本稿は、「正音」の設計思想と経緯について述べ、次に、交互打鍵、鍵盤使用率、指の負担率、打鍵リズムからなる評価モデルを用いて、「正音」字素配列と現行字素配列の打鍵作業時の生産性を比較し、前者が高速入力と疲労度において後者より優れていることを示す。

한글문자의 정성, 정양적분석에 따라 한글 워드 프로세서용의 새로운 건반입력방식 「정음」을 설계했다. 「정음」은 자소배열과 인간공학과와의 조정을 통해서, 한글건반입력이 있어서의 생산성의 향상을 꾀한 것이다. 이 논문은 「정음」의 설계사상과 경위를 술하고 다음에, 교대타, 건반사용률, 손가락의 부담률, 라건리듬으로되는 평가모델을 사용하여, 「정음」, 자소배열과 현행자소배열의 라건작업시의 생산성을 비교하고, 「정음」이 고속입력과 피로도에서 있어 현행모델보다 뛰어나 있음을 가르킨다.

JUNG-UM : A New Keyboard Arrangement for Korean Alphabet

Hee Sung Chung

Department of Information Science
Faculty of Science, University of Tokyo

A new keyboard arrangement for Korean word processors based on qualitative and quantitative analyses of HAN-GEUL (Korean alphabet) is designed and proposed. The new arrangement aspires to improve efficiency of HAN-GEUL input through a keyboard by adjusting the letter arrangement according to the dictates of human factors. This paper first describes the underlying concept and the design details of JUNG-UM, and then shows the result of comparison with conventional arrangements. An evaluation model used in the comparison is tuned to show the productivity of input tasks which involves the typing speed and fatigue imposed on the typist. The evaluation is in terms of hand loading, finger loading, raw loading, and the average run length of hand and finger transitions for rhythmic typing. It is shown that JUNG-UM is superior to the conventional arrangement in input speed, and yet causes less fatigue.

1. はじめに

激しく展開している国際競争の勝敗は、国の労働生産の質、生産環境の能力に大きく左右されている。また現在のような情報化社会への急進展は、情報の知的生産の増加を促し、知的情報処理の道具に用いる文字の形態とその機械処理系の形態に対する最適化が重大な関心事になっている。すなわち、情報の知的処理に伴う文書処理過程の入力系、編集系、出力系の最適化は、事務能率を向上させ、高品質の労働生産の保証を意味する。その意味で現在高まりつつあるハングル文字（韓国語表記文字）の機械化への要求に沿って、文字体系の構造的な特性の考慮から、ハングル文字の理想は、コンピュータ化にあることを前提し、ハングル・ワードプロセッサ用の鍵盤入力方式「正音」を開発した。「正音」は、1. ハングル文字の定性的、定量的分析に基づき、2. ハングル文字の鍵盤入力方式における生産性の向上を鍵盤上の字素配列と人間工学の知見で整合したモデルである。本稿では、ハングル文字の構造分析から、「正音」の設計方針とモデルの評価について述べ、1985年確定案として発表されている現行ハングル鍵盤との比較結果を報告する。

2. ハングル文字の構造と特性

2-1 定性的分析

(1) 字素と文字

ハングル字素（音素）は、子音14を基本に、2つの子音よりなる双子音5、複子音11、および母音10と複母音11からなる。字素は、音素と1対1で対応しており、音素のかたまりで音節をなし、その1音節が1文字に対応する。すなわち、しかるべき音はしかるべき文字で表わすという一貫した正書法を用いる。さらに、文節間にはスペースを用いて分かち書きをする。表1はハングル字素の種類を分類して表わしたものである。

区 分		字 素	数	合 計
子 音	単子音	ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅇ, ㅈ, ㅊ, ㅋ, ㆁ, ㆁ	14	30
	双子音	ㅅㅅ*, ㅆㅆ*, ㅈㅈ*, ㅊㅊ*	5	
	複子音	ㅅㅈ, ㅅㅊ, ㅅㅋ, ㅅㆁ, ㅆㅈ, ㅆㅊ, ㅆㅋ, ㅆㆁ, ㅈㅅ, ㅊㅅ, ㅋㅅ, ㆁㅅ	11	
母 音	単母音	ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ, ㅡ, ㅣ	10	15
	複母音	ㅘ, ㅙ, ㅚ, ㅜ, ㅝ, ㅞ, ㅟ, ㅠ, ㅡ, ㅢ, ㅣ	11	

*複子音は終声のみに、双子音 * は初声のみに用いられるが * ' のみは両方に用いられる。

表1 ハングル文字

(2) 文素から文字の生成

字素の組み合わせが文字になる。入力字素から正書表記時の文字を生成するためには、次のような構造構

成に従う。

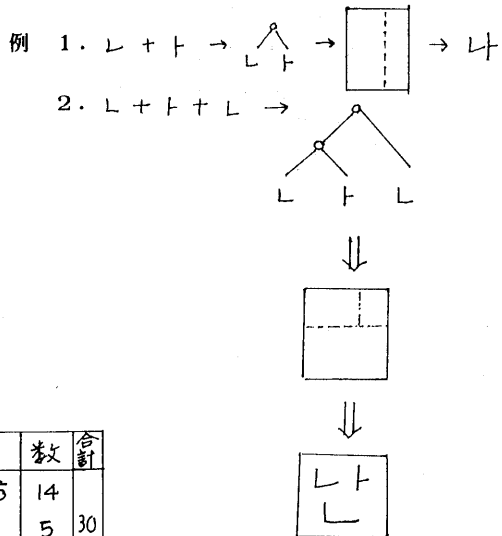
1. 順序構造

1文字は、1. 子音+母音、2. 子音+母音+子音の2種類の組み合わせのみの構成からなる。必ず文字の初声として子音が、続いて母音がくるという順序に従う型式である。子音と子音間には母音が周期的に現われる。

- 例 1. ㄴ (子音) + ㅏ (母音) / ㄷ (子音) + ㅓ (母音) → ㄴㅏ / ㄷㅓ
 2. ㅇ (子音) + ㅣ (母音) + ㄷ (子音) / ㅏ (母音) + ㄴ (母音) + ㄴ (母音) → ㅇㅣㄷ / ㅏㄴㄴ

2. 位相構造

文字表記を2次元空間上での音素の具現化であるとするならば、たとえ同じ音素であっても2音素からなる場合と3音素からなる場合、および母音の種類により字素の位相と形態が異なる。すなわち文字の構成形式中、各字素間の位置関係を位相構造として形式化すると、全文字構成形式につき、6つの位相構造形式に一般化できる。



3. 関数構造

字素の線形入力から表記型式の文字へ変換するための機械的変換機構が必要である。すなわち字素の集合が文字として表現できるためには、入力字素を位相構造の文字パターンに参照させ、幾何構造に適合した文字への変換過程が必要である。この変換過程は、有限オートマトン変換機の作成が可能な関数で表現できる。

2-2 定量的分析

ハングル字素別の生起確率、2文字間の推移確率統計が必要である。図1は、字素別の生起確率を分布曲線で表わしている。資料は、[4][5][7][8]のものを相加平均で求めたものである。また2字素組の推移確率は[5]に基づいている。

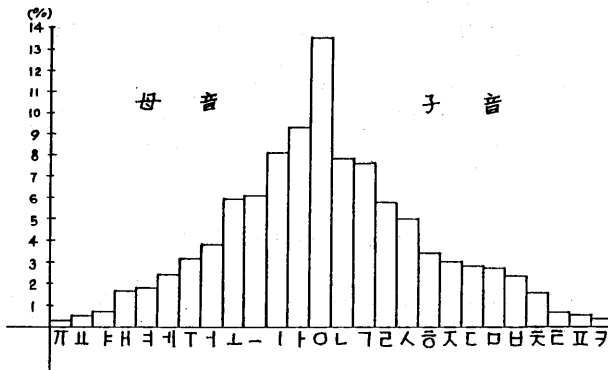


図1 ハングル字素頻度表

3. 文字配列の最適化と打鍵能率

鍵盤上の打鍵とは、鍵盤上の鍵を手と指が文字間の移動確率に従って動いているランダム・ウォークとみなすことができる。したがって最適化文字配列の設計とは、通報としての入力文字系列を運動制約をもつ人間の手と指の媒体を通して、通報の長さや確率の制限と鍵盤の空間的制約とで整合をとりながら、単位時間当りの情報伝送率をいかに最大化するかという規格設計にはかならない。

われわれは、Dvorak[2]、Bryan[1]、Yamada[13]などの先駆的研究の成果より、文字配列の最適化と打鍵作業過程、人間の手と指の動作と速度、入力方式の差による大脳生理状態に関する実験データからハングル字素の最適化配列設計に有用な知見を得ることができる。その中で文字配列とかわる打鍵の優位性に関する項目をあげると、

1. ブラインド・タッチ方式による交互打ち
2. 指と手の運動能力に相応した文字配列
3. 指同志の相性度による内向打ち（弱い指から強い指向きの打鍵）と異指打ち
4. ハードル、リーチ打ちを最小化した文字配列

などがある。特に、文字の確率的予測とその現象に従う手と指の運動能力は、手と指の前後の動きの力の差によって大きな影響を受ける。この力の差が打鍵運動に対する抵抗として働き、打鍵速度に比例して大きくなる。したがって同一空間上に、静的な文字配列と動的な手と指の運動性に対する、合理的でかつ協同的な相互作用の働きをもたらすために、取り扱う対象の計

量的類似点、すなわち量で表現可能な性質に着目する。したがって手と指の打鍵動作における Tapping能力実験のデータ[1][2]からそれらの相加平均値を求め、手と指の運動能力を測る基準に用いる。図2はその結果を分布曲線で描いたものである。次節では字素の頻度と運動能力係数の2項関係の対応性について検討する。

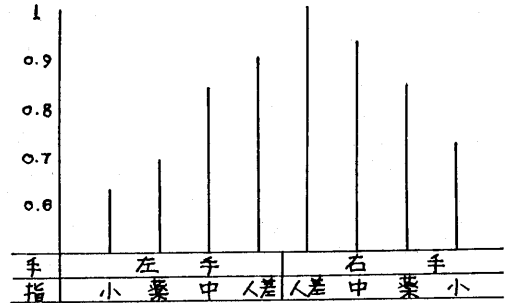


図2 手と指の運動能力係数分布

4. 「正音」の設計における考察

鍵盤入力方式における生産性を測る特性として、入力速度、誤打率、訓練時間、オペレータの疲労度などを取りあげて評価すべきであるが、人間の打鍵過程においてそれらの総合関係を定量的に測れるモデルの作成が困難なので、高速入力と低疲労を測る特性として鍵盤使用率、指の負担率、打鍵リズムの3項目を考慮し、設計指針とする。まずハングルの定量的分析データから、その具体的設計方針について検討する。

4-1 字素分割と交互打ちの分担

ここではハングル字素に対する鍵数と交互打ちの分担について考察する。他の文字との並用性から欧文用の鍵盤形態のものを用いて、ハングル字素の割当て用に、3段(Upper, Home, Bottom)、30鍵のみを考える。すなわち子音用に15鍵、母音用に15鍵（複母音中、高頻度の字素は単母音扱いをする）を割当てるとする。ハングル文字の構造的な特性から、子音と母音の交互打ちは必然的であるので、子音と母音をどちらの手で制御されるべきかの検討が重要である。まずハングルの定量的分析から図3のような結果をえる。

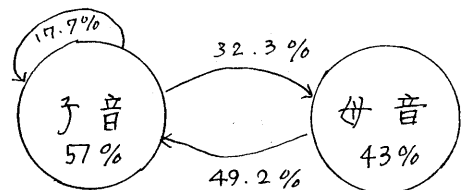


図3 ハングル字素間の推移関係

図での各数字は、それぞれの状態から次の状態へ推移する確率である。また状態、子音中の数字57%と

母音の43%はハングル全文字構成での子音と母音が占める割合を示すものである。以上の文字情報と図1での手の運動能力に関するデータから右手による子音の制御が合理的であることは自明である。また右手が子音を制御すべきであるという根拠として子音から子音への推移確率17.7%の内容の検討がある。すなわち“…母+子+子+母…”のような入力字素系列で母音と母音の間で2つ以上の子音が生起する確率が17.7%であることであるので、このような系列には片手による連打が伴う。片手による連打は、誤打率とかかわりやすく、打鍵リズムをみだすので、このような連打系列をどのように字素配列に反映させるかがハングル字素配列の最適化と直結する。「正音」字素配列での母音入力の連打は1.3%なのでここでは議論しないことにする。検討の結果、「正音」では右手に子音を割当てた。

4-2 字素配列の最適化

子音、母音の各字素をそれぞれの3×5の2次元空間上の各鍵盤に割り当てるための手続を検討する。まず図4の字素分布と図2の指の運動能力分布から、相対制御分布範囲が抽出可能な2つの指標—高さと面積—が得られる。この指標にしたがい、最適相対近似分布を求める。すなわち、字素分布を運動分布と対応が取れるように、横軸を縮小し、縦軸の寸法を拡大することになれば、両分布の対応は、“より近似された”分布になる。すなわち全字素分布を8グループに分け、字素を配分する。図4はその配分結果の分布を、図5はその字素分布と運動能力分布との相関関係を示すものである。

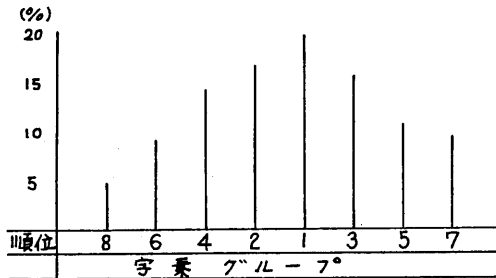


図4 字素のグループ化

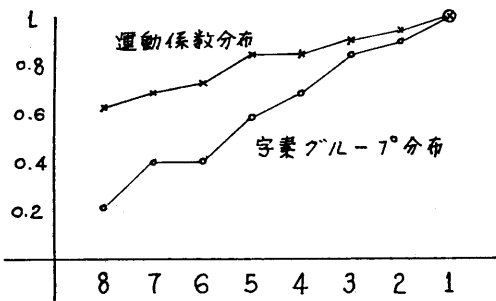


図5 字素分布と運動能力分布

右手の人差し指を基準にして相応する字素グループを割当てたもので、ほとんどのグループには指の運動能力以下になっている。その理由は、薬指と小指の制御分を小さく抑えることによって、打鍵時の運指能力を高めさせたためである。

このように字素の生起分布と運動能力分布の対応を整合することにより、鍵盤上の横軸の字素配列に対する第一指針をえることができる。次は、鍵盤の縦軸に対する字素配列の検討になるが、ハングル字素間の影響は、有限の数1-3を越えないエルゴディク系をなすという現象から、高生起群の字素をホーム段に、中生起群を上段に、低生起群を下段に配置した。その上、高生起群の2文字組を分析し、2つの指の連打に働く抵抗力を考慮し、その力がひろがらないような工夫もした。

5. 「正音」鍵盤字素配列と現行字素配列

上で考察した観点の結果から新しいハングル入力用鍵盤字素配列「正音」を設計した。図6は正音、図7は現行のものである。

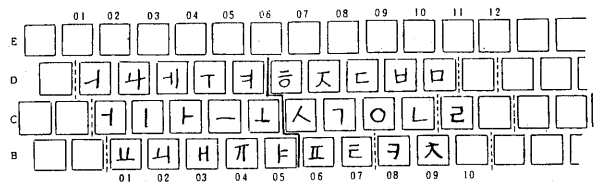


図6 正音の字素配列

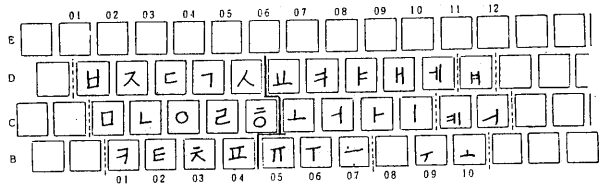


図7 現行の字素配列

現行のものは、1969年に初めて考案されたハングル字素配列で、英文のDSKを参考している。しかし、計算機端末としてのハングル鍵盤はまだ統一されず1985年確定案として発表されている文字配列は、手動式タイプライターを意識しているものである。それについて批判的検討を行うと打鍵の高い制御度が要求される子音を運動能力がおちる左手に配置しており、低頻度でありながらも母音「(4-05)」を左手の制御領域に置いたなど一貫性がなく、また高確率群と中確率群を各段ごとに混合させたためにリーチ打鍵が無駄にふえている。そのほかの評価については

次節で行う。

6. 評価

6-1 鍵盤使用率と指の負担率

図9では鍵盤使用率の評価を行っているが参考のために英文と日本語の入力において一番理想モデルとして知られているDSK[2]とTコード[13]とも合わせて比較した。図8は指の負担率を示す。

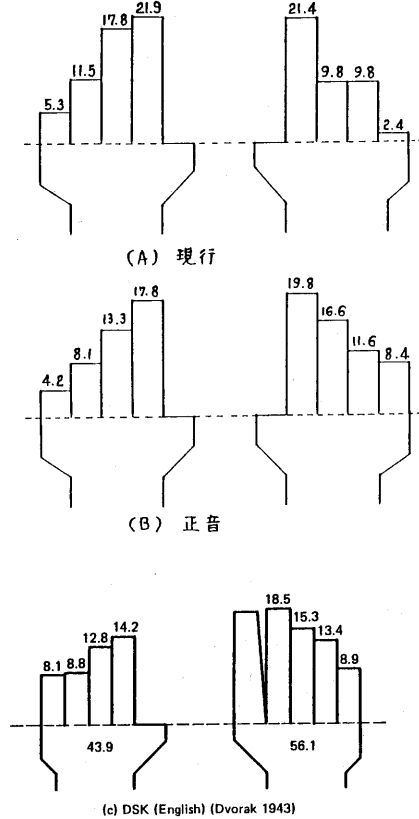


図8 指の負担率

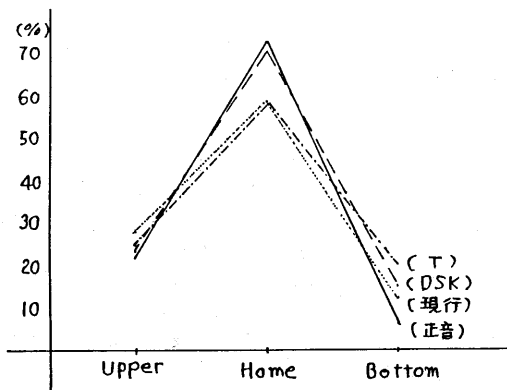
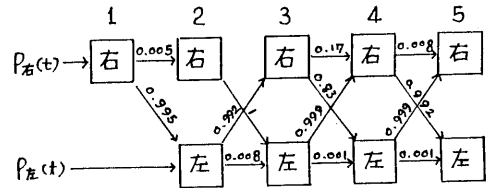


図9 段使用率

6-2 打鍵能率

(1) 交互打鍵率

実際のハンゲル入力を想定し、「正音」の交互打鍵性について考察する。すでに述べたように、ハンゲルは、子音と母音の機械的分割により、右手、左手の交互打ち設計が可能である。しかし、交互打鍵率は、順序的の字素入力の内容、すなわち母音と母音間の子音の数によって交互打鍵率が変わる。たとえば、その子音の数が1の場合は、1:1の交互打鍵が保証されるが、2, 3の場合は、それぞれ1:2, 1:3の割合になる。ここで交互打鍵を有限確率過程とみなし、ハンゲル入力打鍵開始から5打鍵目までの有限の入力系列における交互打鍵の様子を調べることにする。ハンゲル字素の定量的分析から、子音と母音間には、次の推移関係が導ける。



ここで t は、打鍵順序を表し、矢印の上の数字は、1打鍵後、2打鍵後、...5打鍵後に右手と左手への推移確率である。各打鍵ごとの推移確率は、次のように推移確率ベクトルの要素で表わすことができる。すなわち、

$$\begin{aligned}
 t = 1; & \quad q(1) = (p_{右}(1), p_{左}(1)) \\
 t = 2; & \quad q(2) = (p_{右}(2), p_{左}(2)) \\
 & \quad \vdots
 \end{aligned}$$

また、ハンゲル入力の初期ベクトルは、

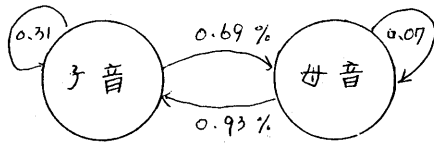
$$q(0) = (p_{右}(0), p_{左}(0)) = (1, 0)$$

であるので、各打鍵ごとの推移確率は、

$$\begin{aligned}
 q(1) &= q(0)p(1) = (0.005, 0.995) \\
 q(2) &= q(1)p(2) = (0.987, 0.013) \\
 q(3) &= q(2)p(3) = (0.168, 0.832) \\
 q(4) &= q(3)p(4) = (0.83, 0.17) \\
 q(5) &= q(4)p(5) = (0.117, 0.883)
 \end{aligned}$$

になる。図で実際各経路をたどってみると字素標本空間{子母, 子子母, 子母母, 子子母母, 子母子, 子母母子, 子母子母, 子母母子母, 子子母子母, 子子母母子母, 子母子子母, 子母子子母母, 子母子子母子母, 子母子子母子母母}があるが実際の十分長い入力字素系列には、このような字素

標本空間がランダムに混在されるわけで、各文字間の推移確率統計がない限り、統計的交互打鍵率の評価は無理である。しかし、ここで交互打鍵を2つの状態しかないマルコフ連鎖とみなすと、ハンゲル字素統計から次のような推移図式がえられる。



$$P = \begin{matrix} & R & L \\ \begin{matrix} R \\ L \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0.31 & 0.69 \\ 0.93 & 0.07 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

したがって上の推移確率から十分長い打鍵においての交互打鍵度数を求めるため、マルコフ連鎖の収束性定理[3]を用いると、次の公式がえられる。

すなわち、

$$P = \begin{pmatrix} s & p \\ q & r \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} 0 < s < 1, & 0 < p < 1 \\ 0 < q < 1, & 0 < r < 1 \end{matrix}$$

で両状態の平均到達時間は

$$C = \begin{pmatrix} (p+q)/q & 1/p \\ 1/q & (p+q)/p \end{pmatrix}$$

であるから、ハンゲル入力における交互打鍵時間は、

$$C = \begin{matrix} \text{右} & \begin{pmatrix} 1.7 & 1.45 \\ 1.1 & 2.35 \end{pmatrix} \\ \text{左} & \end{matrix}$$

がえられる。結果として、右手から左手への平均打鍵時間は、1.45で左手から右手への平均打鍵時間は1.1になる。

(2) 運指状況

すでに図でみるように「正音」のホーム段における字素の高い分布から、直感的でありながらも打鍵の効率が、現用モデルよりかなり向上されたことが分かる。ここで、さらに十分長い時間における打鍵作業時の段使用率、および段使用の様子が詳細に渡って分析、評価できるなら、打鍵時の運指状況と内容が分析でき、その分析結果は、最適化学素配列評価の尺度になりうる。そのために次のような定義を用いる。

[定義1] 段*i*から打鍵を始めるとき、1打鍵目から*m*打鍵目までの間に何回*j*という段にあったかを $V_{ij}(m)$ で表わせ、 $\sum_{m=1}^{\infty} V_{ij}(m)$ を V_{ij} で表わして、段の平均訪問打鍵とする。式で表わせば、

$$V_{ij} = \sum_{m=1}^{\infty} 1/m (p_{ij}(1) + p_{ij}(2) + \dots + p_{ij}(m))$$

となる。ここで $p_{ij}(1)$ は1打鍵で*i*から*j*への推移確率である。正音の形態上、段の状態空間は、

$$S = \{ \text{Upper}(1), \text{Home}(2), \text{Bottom}(3) \}$$

であるので、子音、母音、それぞれを分けて評価すべきであるが、計算の簡略化のため、現在注視している右手(子音)のみの評価を行うことにする。定義により、2字素組の推移確率から求めた段間の推移確率行列は、

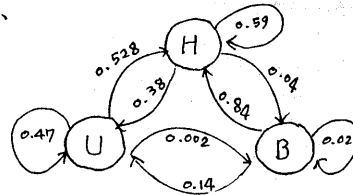


図10 段間の推移図式

$$P = \begin{matrix} & U & H & B \\ \begin{matrix} U \\ H \\ B \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0.47 & 0.528 & 0.002 \\ 0.38 & 0.59 & 0.04 \\ 0.14 & 0.84 & 0.02 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

がえられ、 P は正則な連鎖なので、正則マルコフ連鎖の定常分布の定理[3]、すなわち任意の状態の起こる確率は、唯一の固定した確率ベクトルの成分に近似的に等しいという性質に基づいて、その定確率を求めると、

$$V_{ij} = (0.40, 0.58, 0.023)$$

がえられる。この結果から、「正音」の字素配列であると十分長い入力打鍵で子音入力時間全体の40%をUpper段で、その57%をHome段でまかなえることが言える。すなわち、連打の可能性が高い右手の入力の97%をHome段とUpper段のみの運指打鍵で可能であるという運指状況における打鍵能率の評価がえられる。同じ方法で現行モデルの段間の推移確率行列を求めると

$$P = \begin{matrix} & U & H & B \\ \begin{matrix} U \\ H \\ B \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0.66 & 0.32 & 0.02 \\ 0.44 & 0.51 & 0.05 \\ 0.24 & 0.74 & 0.02 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

になる。したがって、その定確率としてと

$$V = (0.55, 0.42, 0.033)$$

が求められ、Upper段の打鍵の比率がHome段より高く、Home段にとどまる時間は、正音より16%も少ないことが分かる。その分Upper段とHome段間を往来する運指がふえることになる。いままでは、子音の入力時に、どこの段が打鍵中一番寄与しているかの評価を行ったが、今度は、各段ごとを平均何打鍵で運指が行っているかの具体的な運指内容について、評価を行う。

[定義2] $f_{ij}(m)$ を段*i*から出発して*m*打鍵目

で初めてj段になる確率とする。段iからjに到着するのに要する打鍵にはいろいろある。その平均値を h_{ij} で表わし、段iからj段への平均到達打鍵とする。特に $i=j$ のとき、すなわち h_{ii} を平均再帰打鍵とする。式で表わせば、

$$h_{ij} = \sum_{m=1}^{\infty} m f_{ij}(m)$$

で、 $f_{ij}(m)$ と $P_{ij}(m)$ と関係は、

$$\begin{aligned} f_{ij}(1) &= P_{ij} \\ f_{ij}(2) &= \sum_{k \neq j} P_{ik} f_{kj}(1) \\ &\vdots \end{aligned}$$

であり、以上をまとめると

$$\begin{aligned} f_{ij}(1) &= P_{ij} \\ f_{ij}(m) &= \sum_{k \neq j} P_{ik} f_{kj}(m-1) \end{aligned}$$

の公式がえられる。また正則な連鎖において h_{ij} は次の関係式を満足する。[3]

$$h_{ij} = 1 + \sum_{k \neq j} P_{ik} h_{kj}$$

したがって、上での各段ごとの推移確率行列を用いて解くと、その解として

$$h = \begin{matrix} & \begin{matrix} U & H & B \end{matrix} \\ \begin{matrix} U \\ H \\ B \end{matrix} & \begin{pmatrix} 2.47 & 1.89 & 59.1 \\ 2.77 & 1.77 & 57.2 \\ 3.35 & 1.29 & 57.3 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

となる。この結果から、たとえば、 h_{HH} の1.77の数字が示すのは、平均1.77打鍵ごとにHome段からHome段へ戻る運指の打鍵を意味する。したがってhの行列から「正音」の子音入力全体における運指様子が判別でき、運指による打鍵リズムの評価がえられる。同様に現行モデルのhを求めると

$$h = \begin{matrix} & \begin{matrix} U & H & B \end{matrix} \\ \begin{matrix} U \\ H \\ B \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1.71 & 3.15 & 31.13 \\ 2.07 & 2.43 & 29.24 \\ 2.58 & 1.76 & 30.64 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

の評価結果をえる。「正音」の評価と現行モデルを比較すれば、その差は一目瞭然である。

(3) 打鍵入力速度の比較評価

「正音」と「現行」モデルを用いる打鍵過程を想定し、打鍵速度評価モデルを作成する。中山ら[10]のモデルを参考にし、Tを字素キー1打の平均打鍵時間とすると、

$$T = \sum_i^n \sum_j^n P_{ij} t_{ij}$$

ここで

P : 2字素組i, jの出現頻度

t : 文字i, jを入力する場合の1打平均時間
n : 全文字数
である。P_{ij} は既定のものを用いる。また

$$t_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{S_i}{H_i} + \frac{c S_j}{H_j} \right)$$

ここで

H_i: 指の運動係数(図2)

S : ホームキーから打鍵キーの打鍵時間[12]

C : 打鍵履歴係数で

先行打鍵が同手、異指での内向打鍵の場合、

c = 0.9

先行打鍵が同手、異指での外向打鍵の場合、

c = 1.0

先行打鍵が同手、同指、異キーの場合、

c = 1.3

先行打鍵が同手、同指、同キーの場合、

c = 1.1

先行打鍵が反対側の手で打鍵された場合、

c = 0.8

とする。ハングル2字素組の推移確率に基づいた計算結果、「正音」におけるTは0.78で現行モデルのTは0.95であった。したがって「正音」が現用モデルより約18%の打鍵入力速度の向上が見込まれるという結果を得た。

ただし、この評価モデルは、1打鍵ごとに必ずホーム段へ戻るという仮定と2つの指の運指の性質などを考慮していないので、実際の打鍵作業における入力速度とはかなり隔たりがあると思われる。しかし比較評価において同じ条件でのモデルには変わりない。

7. おわりに

ハングル文字の鍵盤入力方式における最適化字素配列「正音」を提案した。「正音」モデルは、ハングル文字体系の構造的分析に基づき、ワードプロセッサ用としての工学的検討、人間工学知見での考慮から設計したものである。「正音」は、評価結果でみるように、ハングル入力の生産性、すなわち高速入力、使いやすさなどの評価から現行モデルより優れている。今後の課題としては、「正音」モデルを用いた実地での総合評価、モデルの練習プログラムの開発、「正音」鍵盤の物理的形状の改善、それにワードプロセッサのインタフェースとしての適合性、ハングルテキスト処理のためのハングル・コードの正規化などの検討が必要である。

한글은 우리의 위대한 유산입니다. 진실로 위대한 유산의 가치는 그 내용에 있으며 결치장에 있는 것이 아닙니다. 한글은 제5세대의 과학과 공학의 도구로서 새로히 꾸며져야 하고 현재의 기술혁신에 따라 철저한 활용이 뒤따라야 합니다. 하와이 대학 양거교수의 말을 그대로 인용

