

ワープロ利用者の思考時間に関する 統計的模型

木村 泉・粕川正充・谷越浩一郎
(東京工業大学理学部)

梗概

日本語ワープロソフト「松」(旧版)のある利用者が、かな漢字変換の結果を受け入れるか否かを判断するために費やした時間の統計的分布(既報)を分析する。その結果三つの成分が見出される。すなわち、(1)種々の時定数をもつ指数分布の重ね合わせに、ある正規分布が(標本同志を足し合わせるという意味で)組み合わされたもの(ピーク位置0.83秒)、(2)ピーク位置0.48秒の正規分布、(3)ピーク位置0.67秒の、ずっと背の低い正規分布。本文ではこれらの成分について解釈を述べ、また以上の結果に照らして、打鍵レベル模型についてCardらが考えている「熟練者が誤りを犯すことなしにした作業」の概念に、一つの意味づけを与える。

A Statistical Model of the User Think Time on a Japanese Word Processor

Izumi KIMURA, Masaatsu KASUKAWA and Koichiro TANIKOSHI

Department of Information Science, Tokyo Institute of Technology
2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152 Japan

Abstract

A statistical distribution, presented previously, of the time a user of the Japanese word-processing software Matsu (old version) spent in deciding whether to accept or reject the result of phonetic-to-ideographic conversion is analyzed. Three components are identified: (1) a superposition of exponential distributions with various time constants, to the samples of which those from a normal distribution are added, peaking at 0.83 seconds; (2) a normal distribution peaking at 0.48 seconds; and (3) another normal distribution with a much smaller population, peaking at 0.67 seconds. Interpretations are given to these components. The nature of "expert errorless behavior", considered by Card, Moran, and Newell in their Keystroke-Level Model, is discussed in the light of the above results.

0. これまでのあらすじと本文の狙い

先に[1]では、ワープロソフトを使って実作業をしているある利用者(1名)が、かな漢字変換の結果を受け入れるか否かを決断するために費やした時間の統計的分布を解析し、その解析結果をもとに利用者の思考過程について一つの解釈を述べた。その解釈は分布の形状をある程度よく説明していたが、若干のすっきりしない点も残っていた。本文では[1]で考えた同じ分布をいっそうくわしく見なおし、よりもっともらしい解釈を与える。その分布を図1に示す。

この分布は、元来[2]でおこなわれた研究の一環として得られたものであって、くわしくはNEC PC-9800シリーズ上で動作するワープロソフト「松」(旧版、現在は新版「松86」が売り出されている)において、下記の状況下で収集された。

1. 利用者が文節をローマ字打ちで打鍵すると、対応するかな表記が画面にあらわれる。
2. 利用者は文節の切れ目で変換キー(XFERキーと呼ばれる)を叩く。するとかな漢字変換操作が開始される。一般にはその際、フロッピーディスクのアクセスが何回か起こる。
3. やがて変換結果が計算機のスクリーン上に提示される。利用者はそれを見て変換結果を受け入れるべきか否かを判断する。
4. 利用者はその判断を、文章の先を打ちはじめること(結果を受け入れる場合)またはもう一度変換キーを叩くこと(別の変換候補を要求する場合)によって計算機に伝える。ただしここで先を打ちはじめるといふ中には、確定キーを叩いて一応変換結果を確定させ、次にワープロソフトの編集機能を使って文章の別の場所の修正に掛かる、というようなケースも含まれる。

測定したのは第3項で変換結果が提示されてから第4項で

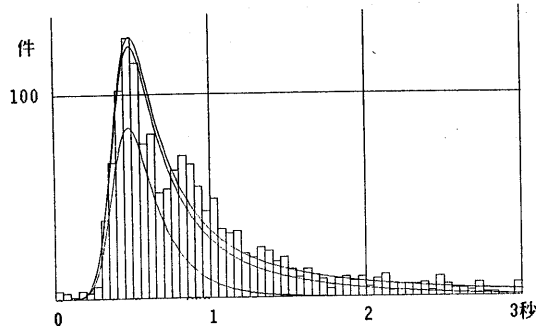


図1 変換候補の提示から次の打鍵までの経過時間、「松」、英文和訳。[1]の当てはめ結果をあわせて示す。

どれかのキーがはじめて打たれるまでの時間である。第4項にしたがって変換キーが再度打鍵された場合、そのあとに起こった事象は解析に含めなかった。測定は[3]の方法により、またビデオ記録を併用した。作業は英文和訳であり、翻訳結果は実際に出版された。くわしいことについては[2]参照。

図1からわかるようにこの分布は、時間軸の比較的左の方(0.5秒あたり)にピークをもち、右に向かって長い尾を引く。[1]における統計的解析によれば、この尾はさまざまな時定数をもつ指数分布が重なり合っていると見られる。[2]ではこれらの指数分布を、種々の深さのレベルをもった思考に対応するものと考えた。また図1の分布が0.5秒前後をピークとして、その左側では落ち込んでいることを考慮して、それらの指数分布にはある正規分布が(標本同志が足し合わされて実際の経過時間を形作っているという意味)組み合わせられている、と考えた。図1には分布のそのような解釈のものでの当てはめ結果があわせて示してある($\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4$ と付記した曲線がそれである)。指数分布の時定数 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の値は[1]に記したが、これはあとで本文の表1において示すものとほとんど同じである。また図では正規分布の平均 μ を0.387、標準偏差 σ を0.0819に取った。

なお図には、各成分 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の効き具合があわせて示してある。図1の範囲にはもっとも長い時定数 λ_1 の影響はほとんどあらわれていない(それはグラフのずっと右の方で効いてくる)。

以上の当てはめ結果をもとに[1]では、次のような統計的モデルを考えた。

- a. 利用者は画面に表示された変換結果を見て、その当否を判断し、判断の結果いかに応じて適当なキーを打鍵する。以上に要する時間はばらつきの小さい、ある正規分布にしたがう。ただし
- b. その途上ある確率で、より深い思考過程が「発火」する。一旦発火すると、それはある時定数をもつ指数分布にしたがって推移する。その時定数は、発火した思考過程の深さ(用語用字に関するものか、文章全体の構想に關係する戦略的なものか、など)いかにによって異なる。

以上の説明を図式化して図2(次ページ)に示す。bの記述では、深い試行過程が発火しない可能性もあることになっているが、[1]の解析では発火はつねに起こり、思考なしという成分は見出されなかった。図2は、その解析結果に合わせて描いてある。

さて図1の当てはめは、ますますよく合っているとよいが、どうももとの分布の0.65~0.70秒あたりにあるくぼみがじゃまである。それがあつたために、気持ちよく合ったとまではいいきれない恨みがある。また一方では模型

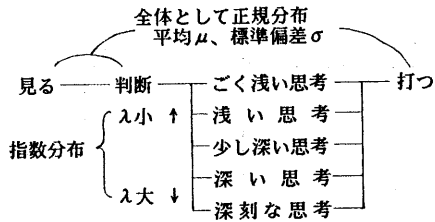


図2 [1]における思考時間模型

そのものの方も、思考過程はつねに発火し、そのところで少なくともλに当たる時間だけ掛かる、というのはどうも直感に合にくい感じである。利用者として反省してみると、場合の少なくとも何十パーセントかは、物理的ないし生理的に見て削減しようのないむだのなきて、とんとんと進行しているような気がする。[1]の模型にはもう少し改善の余地があるのではないだろうか？

そこで本文では、まず第2節で[1]の当てはめ方式より自然と思われるものを提案し、その当てはめ結果に基づいて第3節では図2の統計的模型を改訂する。第4節では討論をおこなう。特に4.2節では、第3節の模型をもとに、Cardらの打鍵レベル模型の一つの解釈を提案する。

2. 当てはめ方式の再検討

上では図1の分布について、「0.65~0.70秒あたりのくぼみ」ということをいった。本文の解析はこれをくぼみと見ず、むしろその前後(0.5秒付近、および0.8秒付近)に二つのピークがある、という風に見なおすところから出発する。ただしその前に念のため、記号および公式類について一通りの説明をしておく。数学的事項に興味のない読者は、ただちに2.2節に進んでよい。

2.1 記号および公式の説明

時定数λをもつ指数分布(dt時間中にものごとが終わる確率がλ・dtであるような事象の持続時間がしたがう確率分布)と、平均μ、標準偏差σの正規分布を考える。両者から一つずつ標本を取ってきて和を作ったとすると、その和が値x~x+dxを取る確率をΨ・dxとすると、Ψは畳み込み変換によって次のようにして算出される。

$$\begin{aligned} \Psi &= \int_{-\infty}^x \left[\frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x-y}{\lambda}} \right. \\ &\quad \cdot \left. \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}} \right] dy \\ &= \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\sigma}{\lambda} \right)^2} \cdot e^{-\frac{x-(\mu+\sigma^2/\lambda)}{\lambda}} \\ &\quad \cdot \Phi \left[\frac{x-(\mu+\sigma^2/\lambda)}{\sigma} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、

$$\Phi [x] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-y^2/2} dy \quad (2)$$

関数Ψの形状は図3(a)に示すとおりであって、一つのピークをもち、長い尾を引く。ΨのピークはdΨ/dx = 0より、

$$\begin{aligned} \Phi \left[\frac{x-(\mu+\sigma^2/\lambda)}{\sigma} \right] \\ = \frac{\lambda}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-(\mu+\sigma^2/\lambda))^2}{2\sigma^2}} \end{aligned}$$

のとき、すなわち

$$x = x_0 = \mu + \sigma \cdot (z_0(r) + 1/r) \quad (3)$$

のときに達成される。ただしr = λ/σ、z_0(r)はzに関する方程式

$$\Phi [z] = \frac{r}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2}$$

の根である。ピークの高さは、関数Ψにxの上記の値を代入

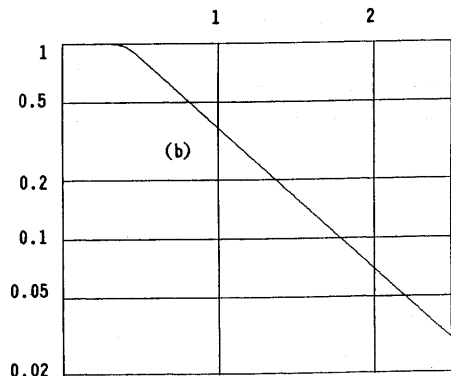
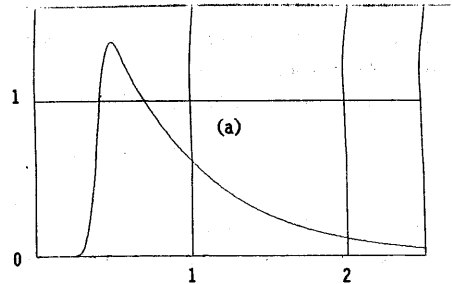


図3 (a)関数Ψ(通常方眼)と(b)その積分形(半対数方眼)。μ = 0.4、σ = 0.05、λ = 0.6

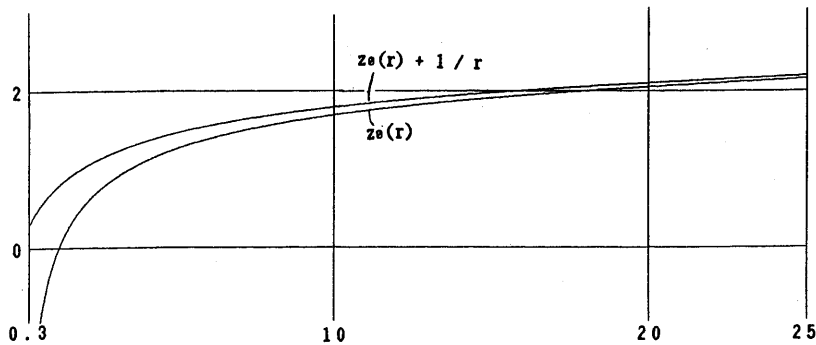


図4 関数 $z_0(r)$ および $z_0(r) + 1/r$

し、 $z_0(r)$ の定義式を使って Φ を消去し、整理すれば得られる。すなわち、

$$\begin{aligned} \Psi_0 &= -\frac{1}{\lambda} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\sigma}{\lambda}\right)^2} \cdot e^{-\frac{\sigma}{\lambda} \cdot z_0(r)} \cdot \Phi [z_0(r)] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(z_0(r)+1/r)^2}{2}} \end{aligned} \quad (4)$$

図4に関数 $z_0(r) + 1/r$ のグラフと示す。その値がゆつくりした変化を示すことに注意。

一方、密度関数 Ψ に対応する累積分布は、

$$\int_x^\infty \Psi dx = 1 - \Phi \left[\frac{x-\mu}{\sigma} \right] + \lambda \Psi \quad (5)$$

実際、 $x \rightarrow \infty$ のとき [右辺] $\rightarrow 0$ であり、また $\frac{d[\text{右辺}]}{dx} = -\Psi$ であることも、(1)式を使って計算すれば容易に確かめられる。したがって

$$\ln \int_x^\infty \Psi dx \sim \alpha \cdot x + \beta \quad (6)$$

となるように α 、 β を定めると、 $1 - \Phi \left[\frac{x-\mu}{\sigma} \right]$ は $x \gg \mu$ では十分小さく、また Ψ の定義式の中の $\Phi [\dots]$ は1に近づくので、

$$\alpha = -\frac{1}{\lambda}, \quad \beta = \frac{\mu}{\lambda} + \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma}{\lambda} \right)^2 \quad (7)$$

となる。 Ψ の積分形(5式)を両対数目盛で示せば、図3(b)に示すとおりであって、右の方ではたしかに直線的になる。

Ψ は指数分布と正規分布の組み合わせによって作られるものである。指数分布の時定数 λ と正規分布の平均 μ および標準偏差 σ が問題になる。本文の解析では μ と σ は共通であるが、 λ は何種かあらわれる。それらを([1])におけると同様) λ_n と書き、その λ_n に対応する Ψ を Ψ_n と書く。

また各 Ψ_n に掛かる重み(その分布にしたがう標本の総数)を N_n であらわす。

(6)式で α 、 β と書いたのは、 Ψ の積分形の右の方を直線と見なしたときの勾配、およびy軸切片に当たる。これも当然 Ψ_n ごとに異なる。ここでは Ψ_n に掛かる重み N_n を合わせて考え、 α_n 、 β_n を、

$$\ln \int_x^\infty N_n \Psi_n dx \sim \alpha_n \cdot x + \beta_n \quad (8)$$

となるように取る。すなわち、

$$\begin{aligned} \alpha_n &= -\frac{1}{\lambda_n} \\ \beta_n &= \frac{\mu}{\lambda_n} + \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma}{\lambda_n} \right)^2 + \ln N_n \end{aligned} \quad (9)$$

である。

2.2 当てはめ手順

さて以上の準備をもとに、当てはめ手順を説明しよう。なお2.1節を飛ばした読者のために、その要約と、以下の記述の第1段階までについてのプレビューを記しておく。

- (i) この当てはめでは、図1の分布の右の方から図3(a)に示すような関数の何倍かずつを、はぎ取れる間繰り返してはぎ取ってゆく。ただし Ψ はパラメータ λ の選びかたいかんによって尾の引き具合が違ふ。 λ はもとの分布の右の端の尾の引き具合に合うように決める。以下では、そういういろいろな λ を λ_n 、 λ_n に対応する Ψ を Ψ_n であらわす。またその Ψ の何倍をはぎ取ったかを N_n であらわす。
- (ii) λ の値を決めるには(実際には計算機での計算によるが、イメージ的にいえば)もとの分布で、利用者の思考時間が与えられた時間 t より長く掛かった事象の数(累積度数)を数え、前者をふつうの目盛り、後者を対数目盛りでグラフに描いてみればよい。そうやるとうまくゆくのは、 Ψ についてそれに相当することをすると、グラフ

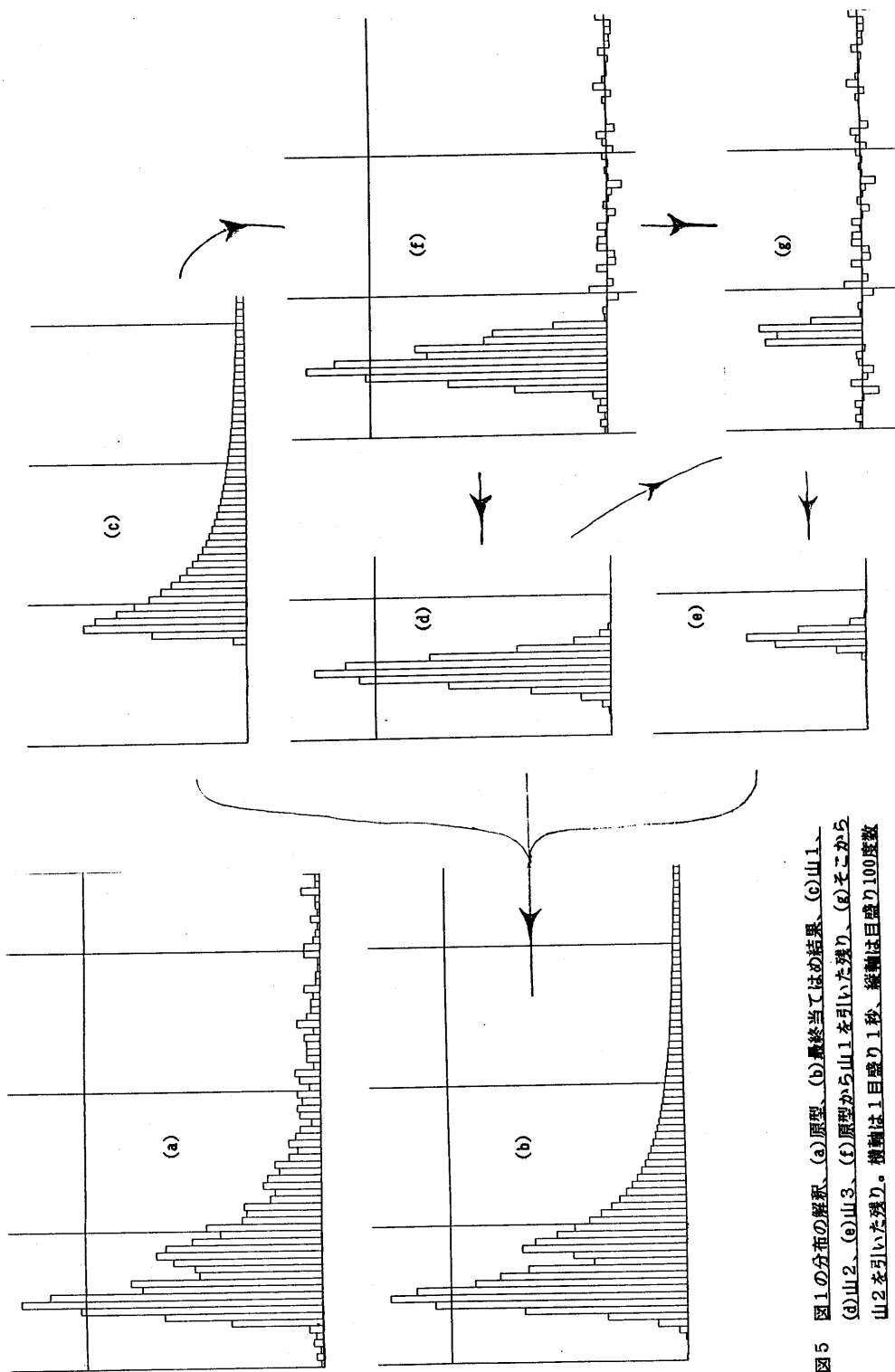


図5 図1の分布の解釈、(a)原型、(b)最終当てはめ結果、(c)山1、
 (d)山2、(e)山3、(f)原型から山1を引いた残り、(g)そこから
 山2を引いた残り。横軸は1目盛り1秒、縦軸は目盛り100度数

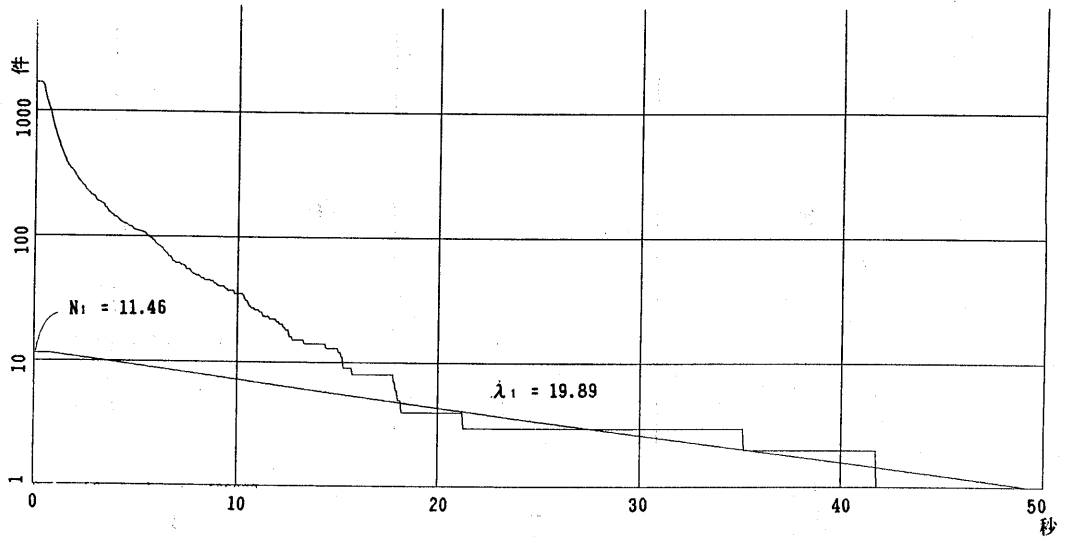


図6 図1の分布の累積度数表示とその最小自乗法による当てはめ。[2]の図2とほぼ同様。

の右の方が図3(b)に示すように直線的になるからである。以下に登場する α_n 、 β_n はその直線の勾配、y軸切片であるが、実際に自分で同様の計算をやってみるつもりがなければ、その話は気にしないでよい。

(iii) 図3(b)のグラフの左端は平になっている。その平になり具合はパラメータ μ および σ によって決まる。それは(i)、(ii)のようにして Ψ をはぎ取れるだけはぎ取ったあと、はぎ取ったもののピークの位置、高さがもとの分布の右側のピークの位置、高さとも合うように調節して決める。最初は適当な値から出発し、繰り返し演算をおこなう。

当てはめ手順は具体的には次のとおりである。図5に当てはめようすを示す。図5(a)は図1の再掲であるが、ミスタッチであることが明らかな打鍵3件が除いてある。それらはいずれも0.00~0.05秒の枠の中にあり、図1ではそこに4件の標本が計上されていたものが図5(a)では1件だけとなり、総件数は1709から1706に減少している。図5(b)は以下で説明する当てはめの最終結果である。

第1段階

まず、0.8秒前後のところのピークは種々の λ_n をもつ Ψ_n の重ね合わせの結果生じたもので、その左側にあるものは一応 Ψ_n と無関係であると考え。すなわち Ψ_n の重ね合わせによってできたピークを、[1]でやったように左側(0.5秒付近)のピークに合わせようとする代わりに、右側のピーク(0.8秒付近)に合わせるのである。分布のこの部分を山1と呼ぶことにする。この段階でのやりかたは[1]に示

したのとほとんど同じである。すなわち、

- a. Ψ_n の形を最終的に定めるには μ と σ を知る必要がある。ただし出発点では概略値がわかれば十分である。(右側の)ピークの位置と形から(たとえば(3)式および(4)式を使って)大体的見当をつけ、それを使用する。
- b. まず図1の分布の累積度数分布を作り、その右端の尾の形から α_1 と β_1 を決める(8)式。具体的には累積度数の対数を、最小自乗法によって時間の1次関数に当てはめる)。そうやって決まった α_1 、 β_1 と、aで選んだ μ 、 σ の仮の値をもとに、 $N_1\Psi_1$ の仮の形を定める(9)式)。そのようすを図6に示す(ただし μ 、 σ は最終的な値が使って示してある)。
- c. 次に前項の当てはめによって定められた $N_1\Psi_1$ を度数から引き去り、残りについて上と同じように、右端の尾の形から α_2 と β_2 を決める。そうやって決めた α_2 、 β_2 とaで選んだ μ 、 σ の仮の値から、 $N_2\Psi_2$ の仮の形を定める。
- d. 以下これを繰り返し、 $N_3\Psi_3$ 、 $N_4\Psi_4$ 、... の仮の形を順に決めてゆく。これを(右側の)ピークが尾を引かなくなるまで続ける(図7の(a)~(c)、ただし μ 、 σ は最終値)。
- e. そうなったとき、 $N_1\Psi_1 + N_2\Psi_2 + \dots$ のピークは、図1の分布の(右側の)ピークとぴったりとは合わないかも知れない。その場合は、 λ_n および N_n はすでに知れているので、 σ および μ を調整してピークがもっとよく合うようにする。ごく大ざっぱにはピークの高さは σ に反比例し、その位置は μ に σ の1~3倍を加えた程度

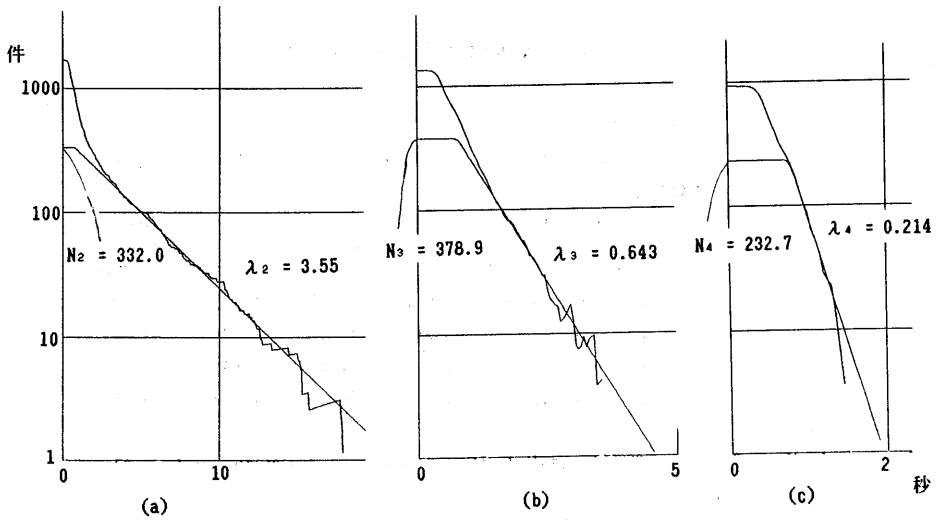


図7 最小自乗法による当てはめ、続き。(a)~(c)の順に時定数が短くなる。[2]の図3とほぼ同様。

(3)、(4)式。なお図4参照)であるので、そのことを考えて調整をする。その上でb~dを繰り返す。 α_n (したがって λ_n) および β_n は、はじめの当てはめ範囲が適正なら再計算の必要はないが、 N_n は変わるかも知れない。これをピークが満足な一致を示すまで続ける。

図1の分布に以上の操作を施した結果得られた、山1に対する当てはめ結果を図5(c)に示す。また諸元を表1の第1段階の部に示す。

第2段階

次に第1段階で得られた山1への当てはめ結果をもとの分布から引き去る。すると0.5秒あたりにピークをもつ幅の狭い分布(図5(f))が得られる。山1のあったあとにも統計変動に基づく雑音成分が残るがそれは無視する(後述)。残ったものを二つの正規分布の重ね合わせと見て、左側の立ち上がりの形からその左側の一つ(山2と呼ぶ)の形状を決める。当てはめには若干の曖昧さが残るかも知れない。差し当たっては山2のピークが残存成分のピーク(くわしくは0.48秒)と一致するように取ることにしておく。

図5(d)は、図1の分布からこのようにして定められた山2を示す。表1の第2段階の部に C_2 とあるのは、山2の総度数である。

第3段階

分布の残存成分(図5(f))からさらに山2を引き去った残り(図5(g))を正規分布と仮定し、標本平均および標本分散から分布の形を決める。分布のこの部分を山3と呼ぶ。

図5(e)に山3の当てはめ結果を示す。表1の第3段階の部の C_3 は山3の総度数である。

上でいったように、もとの分布から山1を取り去ったあと、およびそこからさらに山2を取り去ったあとには若干の雑音成分が残るかも知れない。表1には C_1 として第1段階の総度数が示してあるが、これに C_2 、 C_3 を加えても総標本件数1706に達しない(1701.4にしかならない)のはこのためである。その差4.4件は、それらの雑音成分を無視したことに起因するものである。しかしそれは十分小さいので図では特に補正を加えず、はじめに得られたままの結果を示しておくことにした。これが小さいことは、一面当てはめがよく合っていることの証拠とも見られる。

なおこれに関連して、当てはめはさらに精密化する余地がある。実際、山3の当てはめ結果は、裾がわずかながら山1に食い込んでいる。このこと、および上のことを加味して繰り返し操作を続行すればさらにいいのである。しかしここでは、一致は現状でも十分満足できるものであると考え、あえてそこまではしなかった。

当てはめの合いかたという点で心配な点があるとすれば、むしろ(1)0秒から0.25秒の範囲にもとの分布にはある程度の度数があるのに、当てはめ結果の方にはそれがほとんどないこと、および(2)もとの分布では0.60~0.65秒のあたりにピークがあるのに、当てはめ結果の方には単なるふくらみ程度のものしかないことであろう。これは互いに関連した問題ではないかと思われる。先にいったように図6(a)の分布は[1]で使ったものから3件だけを省いてある。これはいずれも(1)の範囲に属する標本である。そしてさらにくわ

表1 思考時間分布の当てはめ結果

山1

正規分布成分

$\mu = 0.775 \quad \sigma = 0.0305 \quad C_1 = \sum N_n = 955.1$

指数分布成分

n	当てはめ範囲	α_n	β_n	λ_n	N_n
		秒		秒	(度数)
1	20~49.25	-0.0503	2.478	19.89	11.46
2	4~15	-0.282	6.023	3.55	332.0
3	1.5~2.5	-1.556	7.145	0.643	378.9
4	0.8~1.3	-4.666	9.077	0.214	232.7

山2

$\mu = 0.480 \quad \sigma = 0.0949 \quad C_2 = 604.4$

山3

$\mu = 0.666 \quad \sigma = 0.0525 \quad C_3 = 141.9$

しく検討すれば、問題の区間からはもっと多くの標本が省ける可能性がある。そうとすれば山2はいくぶんやせ、山3は少し太り、ひいては(2)のピークのすぐ左がもう少しだけ落ち込み、両方の問題が解決することになるかも知れない。

3. 思考時間模型の改訂

以上の考えにもとづいて図2の模型を次のように改訂する。

- a. 利用者は画面に表示された変換結果を見てその当否を判断し、判断の結果いかに応じて適当なキーを打鍵する。以上に要する時間は、基本的にはあるばらつきの小さい正規分布にしたがう。
- b. ただし(a)のプロセスの途中の、当否の判断の段階まで来たところで、ある確率で確認等のための「間」が生

じる。そうなった場合の所要時間は、(a)とは別の、あるばらつきの小さい正規分布にしたがう。

- c. また(b)に代わって、(上記の、当否の判断の段階まで進んだところで)より深い思考過程が「発火」することがある。発火する思考過程には種々の深さのもの(用語用字に関するものか、文章全体の構想に係る戦略的なものか、など)があり、それぞれある確率をもって発火する。
- d. 一旦発火すると思考過程は、思考の深さに応じたある時定数をもつ指数分布にしたがって継続する。その時定数は、深い思考に関わるものほど長い。
- e. 思考が終了すれば何らかの打鍵操作がおこなわれ、プロセスが終了するが、そのとき打鍵されるものは一般に変換開始以前に打鍵しようと思っていたものとは違うので、さらにそこで体勢を立てなおすためのある時間が掛

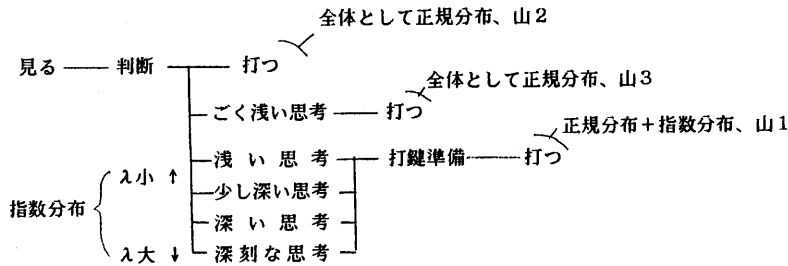


図8 統計的模型(改訂版)

かる（その時間もばらつき小さい正規分布にしたがう）。

図8は、これを図2と同じような形式でまとめたものである。

4 討論

4.1 標準偏差 σ の問題

本文の当てはめの結果の中でちょっと気持ちがわるいのは、山2における σ が山1、3（特に前者）におけるそれよりかなり大きいことである。山1、3は山2の動作を中断して発生した動作に関するものだ、というのが上の解釈であるから、中断された方のばらつきが中断した方のばらつきより大きいことになる。これはちょっと変である。筆者らは、これは山2において打鍵されるもののバラエティーの大きさ、というところに目をつければ説明できるのではないかと考えている。ただしそのことについての具体的な確認は、まだこれからである。

4.2 打鍵レベル模型との関係

ところで、Card、Moran、およびNewellは、打鍵レベル模型[4][5]（以下KL模型と略記する）において、「熟練者が誤りを犯すことなしにし遂げた作業」に着目している。彼らの模型はそのような作業の所要時間を予測する模型である。だがその「熟練者が誤りを」うぬぬんが具体的に何を意味するかについては[4][5]の論述はいま一つ明快でないきらいがある。

さて本文の模型を信ずれば、山2は円滑に実行されたインタラクションに対応し、山1および山3は大小の差はあるが、いずれも何らかの余分の思考が発火した場合に当たることになる。そのような、「余分の思考を発火させることなしに円滑に実行されたインタラクション」とは、KL模型にいう「熟練者が…」と、少なくとも名目上は同じものと考えられる。

われわれは[2]および[6]において、KL模型の日本語ワープロ向きの版（新KL模型と仮称）を開発するに当たって、思考時間のパラメータを決定するのに（あまりはつきりした根拠なく）山1に当たるピーク位置を利用した。たとえば図1の分布の山1の位置から、パラメータXの値を（被験者I.R.については、以下同様）0.48秒と定めた。上記の考えにしたがえば、その方針は正しかったということになる。

また[6]では、3回の試行の所要時間のインタラクションごとの最小値をとると新KL模型と非常によく合う結果が得られるということを指摘したが、これも本文の模型を信ずれば十分納得できる。というのは、[5]における実験では打つべき内容をすっかり頭に入れてから一気に作業をした

わけであるから、山1に当たる余分の思考は、ごく浅いものが偶発的に発生するにすぎず、その発生確率は比較的低いものと考えられる。したがって大部分のインタラクションは山2または山3に属する。ところが山3は低い山であるので、数回の試行についてインタラクションごとの最小値を取れば、ほとんどのインタラクションについて山2に相当する標本だけが残るはずだからである。

なお、KL模型に関するCardらのもとの実験は、多数回の実験の結果を平均しているのので、「熟練者が誤りを犯すことなしに…」の上の解釈のもとではやや過大な結果を与えている可能性もある。Cardらの実験を本文の解釈のもとで追試してみることは大いに興味がある。

4.3 結果の普遍性問題

[2]、[6]などでたびたび述べていることであるが、以上の結果の多くは特定の被験者I.R.を使って得られたものである。この研究の現在までの段階は、いわゆる探検的検討（exploratory study）であって、結果よりはむしろ問題を見つけることが主眼であるようなものであったから、被験者の数をかせぐよりは見通しをよくすることの方がはるかに大切であり、したがって被験者は一人でもまあ構わなかったといえる。しかし、見落としを防ぎ客観性を主張するために、今後はほかの被験者についても同じようなことをやってみる必要があろう。

ところで、[2]には他の被験者、他のワープロソフトについての、類似のヒストグラムが掲げてあり、それを見なおしてみると、そのほとんどについてここで考えた三つの山とおぼしいものが、位置にはずれもあるものの、はっきりとあらわれている。それらのヒストグラムを解析すれば本文の模型にいつそその裏づけを与えることができるかも知れない。

謝辞

統計学の利用に関し、貴重な助言を賜わった森村英典教授に深謝する。

なおこの研究に関して昭和61年度科学研究費補助金一般研究(C)第61580020号による補助を受けたので付記する。

参考文献

- [1] 木村、粕川：ワープロ利用者の思考時間分布、情報処理学会第32回全国大会、1K-4 (1986.3)、pp.1801-1802
- [2] 木村、粕川：変換型日本語ワープロ向き打鍵レベル模型、第27回プログラミングシンポジウム (1986.1)、pp.95-106
- [3] 粕川、木村：パーソナルコンピューター用打鍵データ収集プログラムとその応用、情報処理学会第30回全国大会、3G-8 (1985.4)、pp.1645-1646
- [4] S.K.Card, T.P.Moran & A.Newell: The Psychology of Human-Computer Interaction, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey(1983).
- [5] S.K.Card, T.P.Moran & A.Newell: The Keystroke-Level Model for User Performance Time with Interactive Systems, Comm. ACH, Vo.23, No.7 (July 1980), pp.396-410.
- [6] 木村、粕川：日本語ワープロ向け新打鍵レベル模型の検証と応用、情報処理学会日本語文書処理研究会6-4 (1986.5.)、pp.1-8