

解説

2 ストローク入力法 (2 打入力法)[†]村 山 登^{††}

1. 概 要

日本語の特質上、代表的なものだけでも次の3種の入力法があり、各方式ともそれぞれ特長がある。

- (1) タブレット入力
- (2) カナ漢字変換
- (3) 2ストローク入力 (2打入力法)

入力速度には文字の出現頻度、指や手の使用率、段使用率、交互打率、初期能力、練習効果指数などが関係する。練習回数 N が小さい時の入力速度 (初期速度) V_0 は、(1) > (2) > (3) の順であるが、 N が大きい時の限界速度 V_∞ は、(1) は 60 字/分、(2) は 120 字/分、(3) は 240 字/分と、ほぼ 1:2:4 となり、逆転する。

V_0 も V_∞ も、ともに大きい入力方式はないので各方式を使い分けるとよいが、ここでは2ストローク入力法を中心に入力効率について考察する。

2. 日本語と2ストローク入力

6世紀頃漢字が輸入され、日本語は話し言葉から表記言語への第一変革期となる。この時に漢字の中国語読み(音)、漢字の日本語読み(訓)、50音図の発明¹⁾、発音符の考案²⁾などの多くの創造性が発揮された。

しかし、その後1000年の間に話し言葉と表記言語は遊離し、発音符は退化し、漢音、呉音、宋音等の中国の発音はなまってしまい、今日のように漢字と発音は対応するが、発音と漢字は対応しなくなった。

また発音記号であった仮名も、当時の50音図、濁点、半濁点、音便などをほぼそのまま利用している状態で、論理的には退化している。漢字の読みが中国語読み(音)と日本語読み(訓)の2通り以上あり、しかも、中国語読みの方は異音を同音にした結果、同音異字が最大50字にもなった。

この中国語読み(音)は、現在の中国で通じない発音であり、ジャパニーズ・チャイニーズである。日本語の最大問題は、このジャパニーズ・チャイニーズ(和製中国語)の扱い方である。しかも、漢字の日本語読み(訓)も並存しているので、単語を常に2カ国語の発音で並用する、世界でもめずらしい複雑言語である。

そのうえ、35年前から義務教育に英語が入り、カタカナのジャパニーズ・イングリッシュの比率が上昇中である。すなわち日本語は、和語と和製中国語と和製英語の混合物なのである。2ストローク入力法は、欧文やカナタイプと同じキーボードを使用して全部の文字に2打のコードを与え、読み(または連指)と文字は常に1:1対応するようにした入力法である。タイプライターのキーの数は約50なので、2打で約2,500字種の入力が可能である。すなわち、英文やカナのタイプライターのキーを2度打ちして和文の1文字を入れるようにしたのが2ストローク入力法である。文字とコードは1:1対応するので、 V_∞ が大きいのは当然だし、この対応を学校で教えていないので V_0 が小さいのも当然である。日本語処理機(文成機)の出現が日本語表記法に第2の変革期をもたらした100年後には、義務教育で外国に通じない外国語を2カ国語も教えるような愚はなくしたいものである。

3. 和文と欧文の効率

和文の文字の種類は、欧文よりも10倍以上も多いので欧文よりも入力効率が悪いと思うのが普通である。しかし、手書き効率は欧文の方がよいがタイピング効率は意外にも和文の方がよいのである。

1) 手書き効率

漢字の画数を荷重平均すると平均8.5画であり、手書きすると約3秒かかる。仮名は手書き約1秒である。一方、英語1文字は平均0.5秒で書けるといふ³⁾。

したがって、漢字と仮名で荷重平均すると日本語1文字約1.8秒かかり英語1文字の3.6倍かかることに

[†] 2-Stroke Method for Japanese Text Input by Noboru MURAYAMA (Technical Division, Ricoh Co., Ltd.).

^{††} (株)リコー技術本部

なる。日本語と英語の同一内容文章の文字数を100文例について調査したら、英語の方が2.2~3.1倍であり、荷重平均すると2.7倍であった⁴⁾。

したがって、日本語は英語の1.3倍も時間がかかる。すなわち、英語の方が日本語よりも1.3倍手書き効率がよい。

2) タイピング効率

49キー(48キーとスペースキー)を2度打ちすると、2,401字種の入力が可能であり、日本語の99%以上をカバーできる。打ち方を工夫しないと1文字当り日本語は2倍かかることになる。しかし、英語の文字数は2.7倍なので、日本語の方が1.4倍効率がよい。しかも英語標準キーボードのレイアウトは、不合理なので、実際は日本語のタイピング効率は1.5倍以上になる。すなわち、タイピング効率は日本語の方が良く、手書きとは逆になる。特に工夫した2ストローク入力では、240字/分も可能と思われる⁵⁾。

英語では優良タイピストで50ワード/分(スペース込み300打/分)なので、日本語の方が2倍以上も効率がよい(240×2.7/300=2.16)。工場のみならず、オフィスも日本の方が効率をよくできるのである。

4. 文字の出現頻度

2ストローク入力の文字配列をきめるためには、文字出現頻度をしらべる必要がある。

図-1は、日本語事務文書200件(延76,000字)における文字頻度分布を示したものである(スペースは分布から除いた)。表-1は、図-1の分析表である。

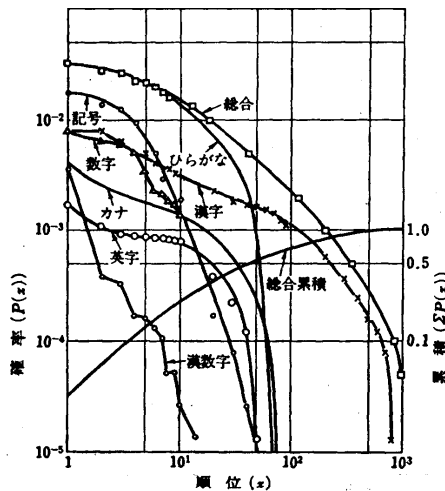


図-1 頻度順文字出現確率

表-1 文字区別頻度

区分	字種	頻度(千)	比率(%)	H	MAX(H)	H/MAX(H)
記号 数字 英字	51	6.3	8.3	3.5	5.7	0.61
	10	3.0	3.9	3.1	3.3	0.94
	50	1.5	2.0	5.2	5.7	0.91
小計	111	10.8	14.2			
ひらがな カタカナ	69	30.6	40.2	5.1	6.1	0.84
	75	3.7	4.9	5.6	6.3	0.89
小計	144	34.3	45.2			
漢字 (漢数字)	1,307	31.0	40.7	8.8	10.4	0.85
	(0.14)	(0.3)	(0.39)	(1.8)	(3.8)	(0.47)
計	1,562	76.1	100.0	7.9	10.6	0.75

1,562字種が使用され、区別別では記号、数字、英字で14%、ひらがな40%、カタカナ5%、漢字41%の出現率である¹¹⁾。Hは各区分内の文字当り情報量、MAX(H)は最大情報量、H/MAX(H)は分布の均一さ、または効率を示すものである。ひらがなは文字の種類が少ないのに出現率が高いので、一番重要なことがわかる。

また、字種の使われ方によって入力方法も工夫する必要がある。図-1の分布はワイブル分布(次式)で近似できるが、文字の種類ごとに分布パラメータαとmを表-2に示した。記号と数字、英字とカタカナは、よく似たパラメータとなっている。

$$P_x = \alpha x^{\alpha-1} \cdot \exp(-\alpha x^m)$$

$$\sum_{x=1}^{\infty} P_x = 1 - \exp(-\alpha x^m)$$

漢字は全体としては出現率が高いが、文字の種類も多いので入力対象文字の扱いかたが重要である。入力に必要な漢字種については、文章中の延字数と漢字の種類の間には図-2のような関係があるので、文書発行の量によって用意する文字数がきめられる。また、図-1から、たった500字種で95%以上の文章をカバーすることがわかる。事務用であれば500~1,000文字を用意して、その他は必要な時に呼び出すように

表-2 ワイブル分布パラメータ

区分	α	m
記号	0.20	1.1
数字	0.19	1.1
英字	0.10	0.84
ひらがな	0.09	0.97
カタカナ	0.10	0.83
漢字	0.03	0.70
総合	0.05	0.70

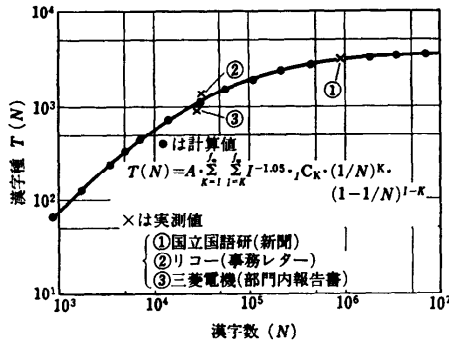


図-2 標本の大きさと漢字種

すると、高速でかつ経済的にできることがわかる。

5. 入力速度の評価

入力速度は、目視打ちとブラインド・タッチの相違、キーボードのレイアウト、タイピストの練習回数などでかわる。

1) 目視打ち (Hunt & Peck)

Fitts 他によると、目と指を連動させる系では、所要時間は

$$T = T_0 + K \log_2 (D/S + C) \text{ (mS)}$$

(ただし T_0, K, C は定数, D は移動距離, S は目標面積)^{7)~9)}である。

特に K は人間の動作時間係数であり、ほぼ 0.1 SEC/bit である。タブレット入力は、目視打ちなので、この式が適用できる。いま仮に $50 \times 50 = 2,500$ 項目をタブレット入力する場合を考えると、キーの平均情報量は 11.3 ビットであり、同一延面積にすると、キー面積は 50 キーの 1/50 なので、この分の情報量の増加は 5.7 ビット、合計 17 ビットとなる (D は同じ)。

したがって、1 文字の入りに $T_0 = C = 0$ としても 1.7 秒かかり、手書き速度とほぼ同じになる。すなわち、タブレット入力では 35 字/分の入力速度が計算値なので、60 字/分が限度と思われる。しかし、タブレット入力の良さは、練習しなくても使えるということにある。

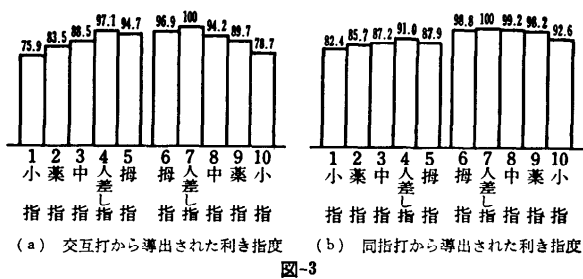
2) ブラインド・タッチ (Blind)

目標を見ないでタッチする時の速度は Fitts の式の K が異なる。英文約 50 キーの平均速度は 300 打/分、1 打の情報量は 5.7 ビットなので、 K は 0.035 SEC/bit となり目視打ちの時の約 1/3 の時間係数である。換言すれば、同じ数のキーを見ないで打つと 3 倍速くなる。すなわち 2 打の時の情報量は、11.3 ビットであり、タブレット 1 打と同等であるがキー面積が大きい分と、ブラインド・タッチの分ではブラインド入力の方が有利であり、計算上は 4 倍もの速度になる。

表-3 各指の 15 秒間のストローク数

手名	指名	指 No.	左手					右手				
			小指	薬指	中指	人差し指	拇指	拇指	人差し指	中指	薬指	小指
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
左手	小指	1	83.6	66.1	71.0	82.4	89.6	112.3	106.0	104.9	108.5	101.9
	薬指	2	66.1	86.9	81.2	92.2	93.9	107.4	109.4	116.7	107.5	104.8
	中指	3	71.0	81.2	88.4	102.5	95.2	110.1	107.8	119.6	114.2	103.4
	人差し指	4	82.4	92.2	102.5	92.3	90.9	118.4	130.2	111.5	111.5	106.5
	拇指	5	89.6	93.9	95.2	90.9	89.1	111.1	119.2	109.8	111.7	114.0
右手	拇指	6	112.3	107.4	110.1	118.4	111.1	100.2	95.9	93.8	95.8	92.1
	人差し指	7	106.0	109.4	107.8	130.2	119.2	95.9	101.4	103.2	95.1	85.2
	中指	8	104.9	116.7	119.6	111.5	109.8	93.8	103.2	100.6	88.9	73.6
	薬指	9	108.5	107.5	114.2	111.5	111.7	95.8	95.1	88.9	99.8	65.6
	小指	10	101.9	104.8	103.4	106.5	114.0	92.1	85.2	73.6	65.6	93.9
$\sum x \cdot j$			926.3	966.1	993.4	1,038.4	1,024.5	1,037.1	1,053.4	1,022.6	998.6	941.0
$\frac{19 \sum x \cdot j - \sum \sum x_{ij}}{90}$			84.4	92.8	98.5	108.0	105.3	107.8	111.2	104.8	99.8	87.5
指数			75.9	83.5	88.5	97.1	94.7	96.9	(100)	94.2	89.7	78.7

$\sum \sum x_{ij} = 10,001.4$



ので、使用してもよい。各指の疲れ具合は、速度的には検出できなかったが、問診によると、薬指と小指は疲れる。図-4 に2ストローク法による和文入力、JIS キーボードによるカナ入力、英文標準キーボードによる英文入力の各指、手使用率を示す。2ストローク法以外は合理的でなく、特に英文はひどいことがわかる。

3) 指, 手使用率

指の中で、人差し指と中指は速く、薬指、小指はおそい。18人の女性(左きき3人、右きき15人)について、各指、手の組み合わせごとに速度を調べたのが表-3である。これをもとにして結論をまとめたのが、図-3、表-4、表-5である。表-3を見ると、人差し指を1とすると小指は0.75以上であり、1930年代の測定(表-6)よりもキーボードが軽くなったので差が小さくなっている。また左ききの人は左右とも差がなかったが、右ききの人は左手がおそかった。したがって、表-5のように全体としては右手の方が1割ぐらい速いので、キーボードは左右の手が同等かまたは右手が多く使用されるようにした方がよい。

指は、人差し指を多く使用するようにし、薬指と小指の使用頻度を小さくするのがよい。親指も割合速い

表-6 それぞれの指が15秒間にタイプできる回数の比較

項目	左手				右手			
	1	2	3	4	7	8	9	10
ストローク/15秒	48	57	63	66	70	69	62	56
$x_i/x_j \times 100$	68.5	81.4	90	94	100	98.6	88.6	80

—Riemer の実験による—

4) 段使用率

キーボードの各段は、なるべくホーム・ポジションの段を使用して手の移動距離を最小にする必要がある。図-4の各キーボードの段使用率から2ストローク入力(リコー方式)、JIS、英文の平均移動距離 d_2 , d_J , d_E はそれぞれ(ホームポジションはC段)、

$$d_2 = 0.19 \times 1 + 0.49 \times 0 + 0.23 \times 1 + 0.09 \times 2 = 0.6$$

$$d_J = 0.91$$

$$d_E = 0.66 \text{ (ただし3段のみ使用)}$$

段使用率によって平均移動距離がきまり、 $\log d$ に比

例して時間がかかる。 d_2 と d_J を比較すると $\log_2 \frac{d_J}{d_2} = 0.6$ なので、0.6ビット分 d_J がおそくなる。50キーのエントロピ(1キー当りの平均情報量)は5.7ビットなので、11%おそくなる。

$$\left(\frac{5.7 + 0.6}{5.7} = 1.11 \right)$$

表-4 同指打と交互打の速度

	小指	薬指	中指	人差し指	拇指	$\frac{1}{5} \Sigma$
左手同指打 x_{ij}	83.6	86.7	88.4	92.3	89.1	88.1
左右手交互打 $x_{i,11-i}$	101.9	107.5	119.6	130.2	111.1	114.1
向上比 $x_{i,11-i}/x_{ij}$	1.22	1.24	1.35	1.41	1.25	1.30

(i=1,2,...,5)

表-5 指の速度順位

項目	手名 F No.	左手					右手				
		小指	薬指	中指	人差し指	拇指	拇指	人差し指	中指	薬指	小指
利き指数 (利き指数) ²	利き指数	75.9	83.5	88.5	97.1	94.7	96.9	100	94.2	89.7	78.7
	(利き指数) ²	57.6	69.7	78.3	94.3	89.7	93.9	100	88.7	80.5	61.9
目標指使用率	目標指使用率	55	60	80	95	90	93	100	90	75	60
		?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
指使用率順位		8	7	4	2			1	3	5	6

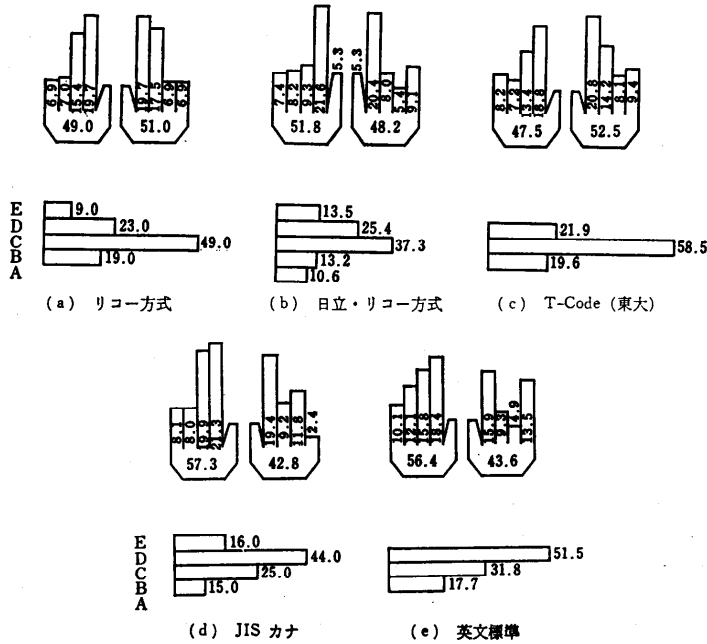


図-4 指の使用率と段使用頻度

5) 交互打率

異なる指、または異なる手を交互に使用すると、ア

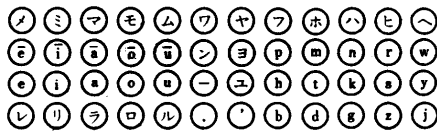


図-5 ラインプリントキーボード



図-6 キーボード配置図 (リコー方式)

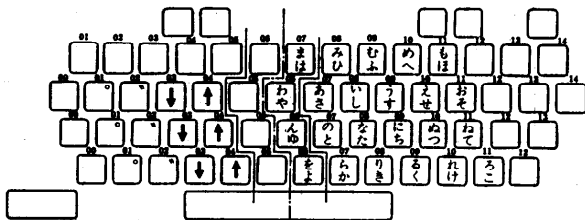


図-7 100% 交互打キーボード

クセス・タイムが省略できるので速い。表-3 から作った表-4 と図-3 によると交互打の方が同指打に比較して速いことがわかる。2ストローク入力の時も、頻度の高い文字は交互打にする。従来の2ストローク法では、交互打率は仮名でも 0.7~0.9 であるが、図-7 に仮名 100% 交互打キーボードを示す。

6) 習熟曲線

練習するとだれでも上手になり、動作時間が短くなる。動作時間 T は練習回数を N とすると

$$T = T_0 N^{-\alpha} + T_0 \text{ となる。}^{6)}$$

(ただし T_0, T_0, α は定数)

へたなうちは $T_0 \gg T \gg T_0$ なので、

$$T = T_0 N^{-\alpha} \text{ または } \log T = \log T_0 - \alpha \log N$$

逆に動作速度 V は、

$$V = V_0 N^{\alpha}$$

(または $V = V_0 (1 - e^{-\alpha N})$)

$$\log V = \log V_0 + \alpha \log N$$

$$\alpha = \log \frac{V}{V_0} \cdot \frac{1}{\log N}$$

(ただし V_0, V_0, α は定数)

ここに、 T_0 は初期時間、 V_0 は初期速度、 T_0 は限界時間、 V_0 は限界速度であ

る。α は練習効果指数であり、大きい方が急速に上達する。一定時間に一定の練習をするのであれば、N のかわりに練習時間 t を用いてもよい。

図-8 a に、2 ストローク入力の習熟曲線の例(リコー方式)を示す¹²⁾。2 ストローク入力は V₀ が 5 と小さく、そのかわり 200 時間の練習で 100 字/分となる。和文タイプは V₀ が 10 と大きいのが 200 時間たっても

40 字/分である。2 ストローク入力と和文タイプの α(α₂, α_w) は、毎分入力速度と練習時間とを単位とすれば次のようになる。

$$\alpha_2 = \log \frac{V}{V_0} \cdot \left(\frac{1}{\log t} \right) = 0.43$$

$$\alpha_w = \log \frac{V}{V_0} \cdot \left(\frac{1}{\log t} \right) = \frac{\log 4}{\log 200} = 0.26$$

タブレット入力の際の α は和文タイプライタと同等である。また、カナ漢字変換の際の α は時々、眼を使うので中間になる。図-8 b にもう一つの 2 ストローク法の習熟曲線の例(ラインプット方式)¹³⁾を示す。

6. 2 ストローク入力の各方式

1) ローマ字方式(ラインプット)

川上氏の発明によるもので 図-5 に示す¹³⁾。仮名は右手で子音、左手で母音を打つので、交互打率 100% である(漢字は 100% ではない)。また、仮名の時の使用キー数も 22 キー(カナ含み 27)なので速い。この方式で、入力データ作成用として実務に使用し、効果を上げている。習熟曲線を 図-8 b に示したが、習熟速度も英文タイプライタと同等以上であることがわかる。

2) 配列方式(谷村, 東大)

1 打目, 2 打目の組み合わせを左手と右手の組み合わせごとに表にしたものに従って入力する方式である。漢字テレタイプのわりつけをほぼそのまま 48 キーのキーボードにわりつけたものもある¹⁴⁾。文字の読みと無関係に配列するので、出現頻度分布に従って配列できる。可能性としては一番速くできる。

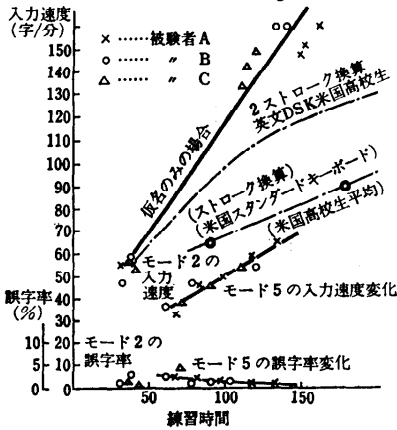
配列を表で示すだけでなく、図-9 に示すような運指符号によれば、練習しやすいと思われる。速度はローマ字方式と同等かあるいはもっと速くできる。T-Code⁵⁾も、この 1 例である(図-4 c)。

3) 区分方式(リコー, 日立, KIS 他)

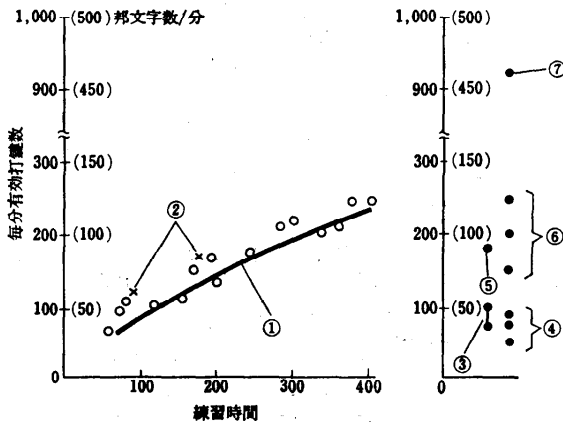
漢字以外の文字の第 1 打に文字区分, 第 2 打に文字種を打つ方式である。頻度の高い文字区分をホーム・ポジションで指定するので、指や段の使用率が合理的にできる(図-6)。

ただし、ローマ字方式や T-Code⁵⁾ に比較し、仮名の時の使用キー数が多く、交互打率も 図-6 では 75% 程度である。

また、第 1 打の区分指定をそのままにし



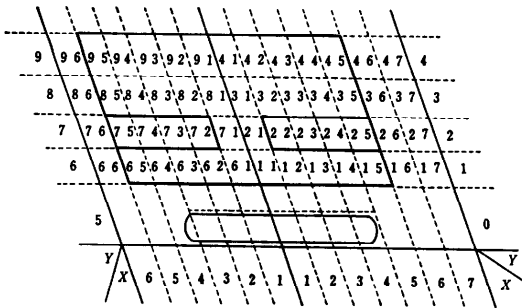
(a) 習熟速度 (Learning curve) (リコー方式)
(モード2=カナ、ひらがなのみ)
(モード5=漢字を含む)



(b) 習熟曲線 (ラインプット方式) と各種の記録

- ①: 2 打 1 字式邦文入力速度 (2 打鍵で邦文 1 文字)
- ②: 米国高校生平均 (標準英文キーボードによる)
- ③: 漢字テレタイプ入力速度
- ④: 1 級, 2 級, 3 級邦文タイプコンテスト
- ⑤: 邦文タイプ最高記録 (21 回コンテスト-1971 年)
- ⑥: 1 級, 2 級, 3 級カナタイプコンテスト
- ⑦: 英文世界最高記録 (ドボラーク式キーボードによる) (182 ワード/分 = 910 ストローク/分)

図-8



運指コードの説明

- (1) X=1 は1つずらした人さし指
- (2) X=2 は人さし指
- (3) X=3 は中指
- (4) X=4 は薬指
- (5) X=5 は小指
- (6) X=6 は1つずらした小指
(X=n \geq 5 は(n-5)ずらした小指)
- (7) Y=0.5 はスペース段(下2段)
- (8) Y=1.6 は下1段
- (9) Y=2.7 は基準段
- (10) Y=3.8 は上1段
- (11) Y=4.9 は上2段
- (12) Y=0~4 は右手, Y=5~9 は左手

図-9 40~52 KEY キーボードの運指コード

て、第2打は JIS-キーボードを使用しても効率はあまり落ちないので、従来のキーボードと互換性を取るのが容易である。リコー、日立の統一方式はこの方式を JIS カナ・キーボードに適用したものである(図-4 b)。

速度は 1), 2) に比較し 10% 程度落ちる。図-7 に区分方式を改良して、仮名を 100% 交互打にした場合を示す。かな使用キー数は 27 (カナ含み 31) にできるので、速度も 1), 2) と同等である。

7. 2ストローク入力の改良

2ストローク入力法は全部の文字を2打にし、頻度の高い字を打ちやすくし、しかも交互打にしたものである。このようにすると単純化され、ミスも少なくなる。工夫すると前述の図-7 のように仮名交互打率 100% にもできる。また、T-Code⁹⁾のように最上段は使われないように改良した例もある。これに対し頻度の高い順に1打、2打、3打……、とし、しかも文字の0次、1次の出現分布を考慮し、かつ交互打率も75% 以上にするハフマン符号化をすれば、もっと速

くできるという説もあるが、人的作業がハフマンの理論通りになるかどうかは今後の研究課題である。

8. おわりに

2ストローク入力法は現在の所、最も速い入力法であるが、初期速度がおそいという反面もある。おぼえやすく、かつ高速、しかも疲れないという入力法にするため、今後も科学的研究が必要である。理想的入力法を目標に理論的、実験的研究を進めることが、日本のオフィスの効率を欧米なみにすることにつながることを確信する。

参考文献

- 1) 金光明最勝王経音義付載音図 (1079).
 - 2) 小松英雄: 日本語の音韻 (日本語の世界 7), pp. 65-70, 中央公論社 (1980).
 - 3) 日本能率協会編: Work-factor (1975).
 - 4) Student Times 対訳集 (1979).
 - 5) YAMADA: An assignment of key-code for a Japanese character keyboard, 東大理学部情報科学科 (Jul. 1980).
 - 6) De Jong, J. R.: The effects of increasing skill on cycle time and its consequence for time standards; Ergonomics, pp. 51-60 (1957, 1).
 - 7) Fitts, P. M. and Radford, Barabak: Information capacity of discrete motor response under different cognitive sets, Journal of Experimental Psychology, pp. 475-482 (1966, 71).
 - 8) Lazarus, I. P.: Predetermined Human performance Times, ph. D. thesis, Purdue Univ. (1952).
 - 9) Quick, Duncan, Malcolm: Work-Factor Time Standard, pp. 13, McGraw-Hill (1975).
 - 10) 八木, 山田: 和文ワードプロセッサ「リコー TX 620」, RICOH TECHNICAL REPORT, 2, (1979).
 - 11) 村山: 日本文書文書における字種の解析と応用, RICOH TECHNICAL REPORT, 6, (1981).
 - 12) 山内: 仮名けん盤を用いた日本語の直接入力方式 RICOH TECHNICAL REPORT, 6, (1981).
 - 13) 川上: Human factors in "RAINPUTTO" keyboard for KANJI input, 1st USA-Japan Computer Conference, pp. 292-295 (1972).
 - 14) 小川他: SC 4000 形漢字けん盤さん孔機の紹介, 新聞印刷, pp. 65-68 (Apr. 1972).
- (昭和57年1月28日受付)