

リーチ&ストロークモデルによる 入力方式別スピード比較

大島章嘉*¹ 富樫聖代子*²

*¹株式会社日本能率協会総合研究所

*²株式会社ワード研究所

1. はじめに

入力時間の速さを推定することを目的としたリーチ&ストロークモデル（以下ではR&Sモデルと略す）を1987年に開発し、これにより入力方式別の良否の判定を試みた。対象は、JIS、新JIS、ローマ字、親指シフトの4方式であった。今回調査はこのモデルを前提に、次の課題に答えようとするものである。

- ①親指シフトの改良型としてニコラ方式では、半濁音キーを別途与えている。この効果はどの位期待できるか？
- ②変換時間、無変換時間もR&Sモデル内に取り込んで推定すると、全体としての入力時間の良否はどうか？

対象とする入力方式は、i JIS、ii ローマ字、iii 親指シフト、iv ニコラ、である。

変換方式は、機種ノ普及状況を勘案して、

i ローマ字入力に対応するものとして、NEC98 キーボード

ii JIS 入力に対応するものとして、シャープの書院
を前提とした。

THE ASSESSMENT OF KEYBOARD-TYPE METHOD BY MEANS OF REACH AND STROKE MODEL

Akiyoshi Ohshima

Research Institute, Japan Management Association

3-1-22 Shiba Park, Minatoku, Tokyo 105, Japan

In 1987, the method of reach and stroke model (R&S Model) had been developed for the assumption of data entry speed. By this model, an assessment was made for keyboard-type methods of data entry which are JIS, New JIS, Roman letters, and thumb shift. This project is to respond the subjects below under the condition of R&S Model.

- ① As a reformed method of thumb shift, Nicola method provides separate Handakuon Key. How effective is it expected?
- ② In case of considering Kanji exchange time within R&S Model, how does it effect to the time of data entry?

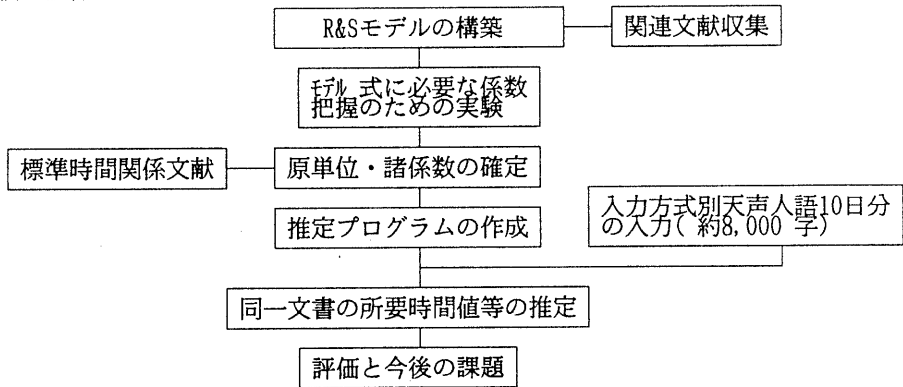
The keyboard-type methods here are JIS, Roman letters, thumb shift, and Nicola.

By giving concern to diffusion of machine type, Kanji exchange are;

i NEC 98 keyboard-applicable to Roman letters

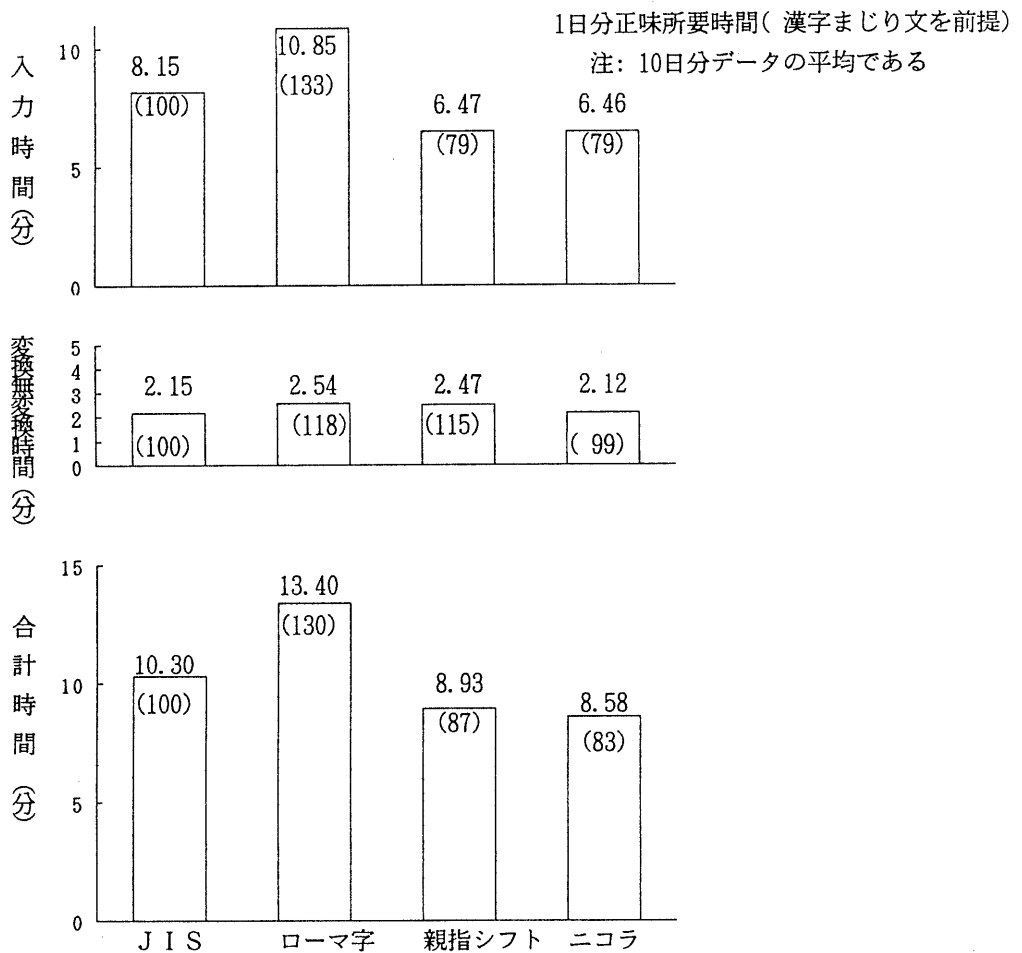
ii Shoin by Sharp-applicable to JIS.

2. 実験の全体フロー



3. 結論

日本語の一つの典型とされる天声人語 1日分約 771字を手書きより速い速度で(右手人差し指で一打鍵する場合を基準値として320ms とした) 打つものとして、各入力方式の所要時間を推定した。その結果をグラフに示す。



3.1 入力時間

- ・入力時間の速さでみると ①ニコラ、②親指シフト ③JIS ④ローマ字 の順となっている。ニコラ、親指が JIS に比べ速いのは総打鍵数が少なくすむことと、1 打鍵当たり所要時間が少なくすむからである。ローマ字が JIS より遅いのは、1 打鍵当たり所要時間が10%程度早いにも関わらず、総打鍵数が JIS よりも1.47倍も多くなるからである。
- ・ニコラは親指シフトを改良し、半濁音キーを別途設け、半濁音を出すためのシフトキーを打鍵しなくてもよいようにしている。論理的には打鍵数が少なくなった分だけ入力時間は短縮するはずである。今回 R&Sモデルによる推計では、0.01分/1日分の差に過ぎなかった。これは半濁音の発生頻度が1日平均5文字と極めて少ないことと、改善された半濁音キーの前後の文字位置が関係し、1打鍵の平均時間があまり改善されないためである。
- ・なおJIS 入力で「、」「。」のかわりに横書きで「,」「.」を表現しようとする、打鍵の前後で機能キー各一回を打鍵する必要がある。このための所要時間は1日当たり平均0.53分(=平均打鍵時間405ms×39.4回/日×2回)である。
この値は前ページのグラフには含まれていない。

3.2 変換・無変換時間

- ・変換・無変換時間の速さで見ると ①ニコラ ②JIS(シャープ製を前提) ③親指シフト ④ローマ字(NEC98を前提)の順となっている。ニコラがJISに比べて速いのは、打鍵数は同じであるから専ら1打鍵当たり所要時間が若干ではあるが少ないからである。
 - ・ローマ字(NEC98を前提)の変換・無変換時間が他の入力方式に比べ一番かかるのは、変換キーの役割を果たすリターンキーの位置が悪いからである。
 - ・親指シフトがニコラ、JISより変換・無変換時間が長いのは、親指シフトの下に変換キー無変換キーがあるためである。ニコラは親指シフトキーと変換・無変換キーを合体させたために変換・無変換時間が節約できている。JISはシフトキー位置に変換・無変換キーがあるからである。
 - ・ニコラがJISより変換時間が短いのは、ニコラの方が移動時間が少ないためである。
- 3.3 合計時間(=入力時間+変換・無変換時間)

- ・結論としての合計時間の速さでみると、①ニコラ 8.58分/日 ②親指シフト 8.93分/日 ③JIS 10.30分/日 ④ローマ字 13.40分/日 の順となった。
JISを100とするとニコラ83、親指シフト87、ローマ字130である。

4. 推定結果一覧表

	J I S	ローマ字	親指シフト	ニコラ	
・正味所要時間(1日分平均)(分) (変換、無変換時間を除く)	8.15 (100)	10.85 (133)	6.47 (79)	6.46 (79)	
・総所要時間(1日分平均)(分) (変換、無変換時間を含む)	10.30	13.40	8.93	8.58	
・1分当たりの総文字数(字/分) (変換、無変換時間を含む)	75.2	57.6	86.3	89.9	
・総打鍵数 (変換、無変換を除く)	1,208 (100)	1,778 (147)	1,001 (83)	996 (82)	
・総打鍵数 (変換、無変換を含む)	1,613 (100)	2,183 (135)	1,406 (88)	1,401 (87)	
・1打鍵当たり所要時間(1/1000秒) (変換、無変換時間を除く)	405 (100)	366 (90)	387 (96)	389 (96)	
・移動距離時間(1日分平均)(分) ：平均上下移動距離(キー数/字)	1.72	1.63	0.74	0.73	
・平均左右移動距離(キー数/字)	0.74	0.48	0.57	0.41	
	0.60	0.56	0.13	0.13	
・打鍵時間(1日分平均)(分) (変換、無変換時間を除く)	6.43	9.22	5.73	5.73	
・1打鍵当たりの打鍵時間(1/1000秒) (変換、無変換時間を除く)	320	311	343	345	
・交互打鍵率(変換を含む)	0.46	0.40	0.47	0.46	
・同指打鍵率(変換を含む)	0.26	0.26	0.24	0.24	
・シフト打鍵率	—	—	0.44	0.45	
・上下段別発生割合	上二段	0.11	0.01	0.01	0.01
	上二段	0.28	0.33	0.25	0.25
	上二段	0.17	0.37	0.38	0.38
	上二段	0.19	0.14	0.08	0.07
	上二段	0.25	0.15	—	0.29
・横位置発生割合	①親指	0.25	0.15	0.29	0.29
	②人中指	0.23	0.33	0.22	0.23
	③中環指	0.15	0.20	0.17	0.18
	④小指	0.13	0.14	0.19	0.19
	⑤小指	0.24	0.18	0.13	0.12

注) 天声人語10日分の総文字数(漢字まじり文)は7,714字である。

5. 1文字打鍵に要する所要時間推定式の構築

5.1. 推定式

1文字打鍵による所要時間は様々な変動要因によって構成される。ここでは参考文献および実験等による知見をもとに変動要因を定性的に整理した上で、次式のようなものと考えた。(Reach and Stroke Model)

- ・1文字打鍵による所要時間(Y) = 指移動時間(A) + 打鍵時間(B)
- ・指移動時間(A) = 基準値(B') × [(縦移動時間係数)² + (横移動時間係数)²]^{1/2}
 - × a 左手係数………右手に対する左手の劣る程度
 - × b 指間の割増係数………各指の構造的な強弱の程度
- ・打鍵時間(B) = B' 基準値………右手中人差指のホームポジションにおけるスピード
 - × a 左手係数………前出
 - × c シフト係数………非シフトに対するシフト時の割増係数
 - × d 異手係数………左右交互打鍵による減少係数
 - × e 異指係数………同手内で異なる指で打鍵した場合の係数
 - × b 指間の割増係数………前出

5.2. モデルによる単純化の要点

- ・一定の打鍵時間標準値に対する割増係数を与えれば、時間測定は可能である。
- ・メンタル要因は簡単に測定出来ないので、モデルに組み込まない。ただし、メンタル時間が所要時間に占める割合はブランイドタッチのもとでは少ないものと考えられる。
- ・打鍵時間と指移動時間は異なる要因で決まるので、分けて考える。
- ・移動時間は基本的には移動距離に比例する。斜め移動はピタゴラスの定理を活用する。
- ・左右交互打鍵については、異手打鍵終了後当該手が移動し、打鍵するものとみなす。その際、当該手は既にホームポジションに戻っているものとみなす。
- ・同手打鍵の場合、今回使用指の前回位置から今回位置までの距離を移動距離とみなす。
- ・各種係数は原則として実験による。ただし基準値は一分当たり打鍵文字数を事前に決め、モデルにより逆算し求める。

6. 推定式に必要な諸係数

6.1. 諸係数の実験による把握方法

諸係数	実験による把握方法
・左手係数 (a)	・ホーム、上段、下段各 5つのキーの打鍵速度を右手、左手別に求め、右手の値 1に対する左手の値を求める。
・指間の割増係数 (b)	・ホーム、上段、下段各 1つのキーを連続打鍵した時の速度を人差指、中指、薬指、小指、親指別に求め、人差指を 1とした時の他の指の値を求める。
・シフト係数 (c)	・右手のホーム、上段、下段各 5つのキーの打鍵速度をシフト時と非シフト時に分けて求め、非シフト時を 1とした時のシフト時の値を求める。
・異手係数 (d)	・右手人差指ホームのみを打鍵した時の速度と左右人差指ホームを交互打鍵した時の速度を求め、前者を 1とした時の値を求める。同様に中指、薬指、小指についてもこの値を求め、4つの指の平均を個人別に求める。
・異指係数 (e)	・右手ホームポジションキー内で以下の指間の交互連続打鍵速度を求め、人差指のみの打鍵速度 1に対する値を求める。 ①人↔中、②人↔薬、③人↔小、④中↔薬 ⑤中↔小、⑥薬↔小 ⑦親↔人 ⑧親↔中 ⑨親↔薬 ⑩親↔小

・縦移動時間係数

・右手人差指ホームのみを打鍵した時の速度と、上一段、下一段、上二段、下二段、上三段、下三段を打鍵した時の速度を各々もとめ、ホームのみを1とした時の値を求める。小指についても同様に行う。

・横移動時間係数

・右手人差指ホームのみを打鍵した時の速度と、横のとなりのキーと交互に打鍵した時の速度を求め、ホームのみを1とした時の値を求める。横へ2つ移動した場合、3つ移動した場合についても同様に求める。また小指についても同様に求める。

6.2. 実験結果とその特記事項

ユーザーフレンドリーなキーボードが望ましいとの観点にたち、キーボード経験のない、ないしは3ヶ月以内の経験を持つ被検者18人を対象とした。男女別、年齢別に器用さはかなり異なると思われるので、10代から50代までの男女各2人を選定した。ただし50代は各1人となった。

諸 係 数		男	女	10代	20代	30代	40代	50代	平均		
左手係数(右手=1.00)		1.06	1.03	1.02	1.04	1.05	1.05	1.00	1.04		
シフト係数(非シフト=1.00)		1.36	1.21	1.25	1.21	1.29	1.22	1.58	1.28		
異手係数(同手=1.00)		0.71	0.71	0.66	0.74	0.67	0.70	0.83	0.71		
異指係数 人差指=1.00	人差指↔中指	0.84	0.93	0.78	0.93	0.87	0.86	1.10	0.88		
	人差指↔薬指	1.02	1.03	0.97	1.00	1.00	1.01	1.23	1.02		
	人差指↔小指	1.39	1.08	1.09	1.17	1.31	1.15	1.64	1.23		
	中指↔薬指	1.10	1.05	1.02	1.03	1.09	1.05	1.32	1.08		
	中指↔小指	1.83	1.19	1.30	1.35	1.69	1.47	1.99	1.51		
	薬指↔小指	1.74	1.27	1.39	1.32	1.74	1.42	1.81	1.50		
指間割増係数 人差指=1.00	中 指	1.02	1.00	1.00	0.99	1.05	1.02	0.99	1.01		
	薬 指	1.06	1.03	1.09	1.05	1.02	1.03	1.02	1.04		
	小 指	1.12	1.10	1.15	1.11	1.09	1.10	1.15	1.11		
移動係数 ホーム=0.00 人差指=1.00	た て	人 差 指	上二段	0.32	0.17	0.30	0.24	0.13	0.15	0.12	0.20
			上三段	0.44	0.33	0.54	0.44	0.27	0.34	0.30	0.38
			下三段	0.64	0.47	0.76	0.64	0.40	0.50	0.41	0.56
	よ こ	人 差 指	横三打鍵移動	0.18	0.08	0.18	0.10	0.15	0.15	0.06	0.13
			横三打鍵移動	0.38	0.28	0.37	0.27	0.33	0.30	0.24	0.31
			横三打鍵移動	0.65	0.39	0.62	0.48	0.53	0.49	0.46	0.52
手の大きさ (cm)	たて*1		9.5	8.9	9.3	8.7	9.4	9.4	9.3	9.2	
	よこ*2		13.6	12.9	13.8	12.8	12.6	14.0	13.0	13.3	

*1 右手中指の第三関節から指先の爪の中央まで

*2 開いた右手の人差指の爪の中央から小指の爪の中央まで

・なお、前回調査では把握し得なかった諸係数については、次のように新たに計測した。(10サンプル)

1) 異指係数	2) 指間割増係数	①親指	0.97
①親指↔人差指	1.21	3) 移動係数	
②親指↔中指	1.22	①親指たて移動	1.29
③親指↔薬指	1.25		
④親指↔小指	1.32		

- ・男女別に見ると、左手係数、シフト係数、指間割増係数、異指係数、移動係数などいずれも女性の方が係数が小さく、器用であることが明らかである。
- ・年齢別に見ると、概して高年齢層ほど各係数値は高く、特に50代ではこの傾向が著しい。
- ・異指打鍵は同指打鍵より速いと言われているが、本実験ではその傾向が出たのは、人差指↔中指間だけで、その他は人差指連続打鍵より遅いとの結果を得た。特に中指↔小指、薬指↔小指では著しく遅いことが認められた。
- ・上下一段打鍵では上段の方が速いとの結果を得た。
- ・手の大きさは同手打鍵時、今回使用指の前回位置の決定に意味を持つ。このため標準的な手の大きさを測定する必要がある。測定結果は予想通り、女性の方がたて6mm、よこ7mm平均的に小さいことが判明した。

6.3. 基準値等の推定

- 1) 基準値はこれら諸係数を与え、JIS方式を前提に漢字まじり文 1分間75文字(右手人差し指で一打鍵刷る場合を基準値として320msとした)を打った時の値を逆算して求める。
- 2) 漢字を求めるための変換キーは2打鍵で必ず得られるものとした。
- 3) 親指シフト半濁音キーは、これを押しながら当該キーを打たなければ所要の文字は出ず、基準値より長い時間が必要であるが、モデル上は基準値と同じとみなす。
- 4) 以上の他は全て実験値の平均をそのまま用いる。

7. プログラムの手順概要

- 7.1. 入力データ(文字位置表*1、指位置表、天声人語10日分*1) *1 入力方式別
- 7.2. プログラム
 - i. 一つのキーの所要時間の推定(使用手、使用指、シフトの有無、一つ前の手、一つ前の指、使用指の位置、各指の位置、たてよこの移動距離、移動時間、打鍵時間、所要時間)
 - ii. 全所要時間等の推定(打鍵数、使用手、同手・異手数、同手内異指数、シフト非シフト数、上下左右使用指位置、上下左右移動距離、移動時間、打鍵時間、所要時間)

8. 本実験の限界と今後の課題

8.1. 本実験の限界

- 1) メンタル時間が制約にならないとして、考慮に入れていない。

- ・文字認識過程、確認過程、命令過程、等神経命令系統の所要時間を指動作の物理的時間に比べれば極くわずかであるとして、無視している。基準時間を1分間40字の速度から逆算して求めているので、実質的にはメンタル時間は所要時間に含まれることとなっている。したがってローマ字入力のように日本語からローマ字に頭の中で変換している時間、神経使用の程度については評価出来ない。

2) 習熟時間の長短の評価は出来ない。

- ・モデルの目的から当然ではあるが、キー配列を覚えるための時間には入力方式により当然差が発生するが、このモデルではブラインドタッチでどの方式も打てるものとしているので、この面の評価は出来ない。

8.2. 今後の課題

モデル構築、プログラム作成、実験観測とも限られた時間によるものであり、今後の課題は次の通りである。

- 1) 実験サンプル数の拡大によるパラメーター精度の向上
- 2) 指位置精度向上のための高速カメラによる指移動位置の確認
- 3) モデルとなる入力文章の違いによる結果の相違の確認
- 4) キーボード改善による効果の測定と改善提案

9. 参考文献

- 1) 大脇・丸山「電信オペレータの打けん行動に関する心理学的研究」 1961.
- 2) 黒須・中山「カナキーボードの文字配列の評価」 1982. 1. 27
- 3) 白鳥「初心者のカナ漢字変換入力操作特性と目視動作について」 1983. 3. 16
- 4) 竜岡「かな漢字変換方式のワード・プロセッサのキー配列」 1983. 5. 11
- 5) 木越・坂内「英文キーボードによる日本文入力について」 1983. 5. 11
- 6) 山内「文字種区分方式 2ストローク日本文入力法の打鍵特性」 1983. 7. 13
- 7) 渡辺「カナタイピストにおける指の運動特性について」 1983. 7. 13
- 8) 中山・黒須「日本語入力速度予測モデルの検討」 1984. 1. 20
- 9) 森田「新しい日本文入力方式」 1984. 1. 20
- 10) 木村・粕川「日本語ワープロ向け新打鍵レベルモデルの検証と応用」 1986. 5. 14
- 11) 森田・島田「完全ブラインド・タッチ型キーボードの一提案」 1986. 9. 17
- 12) 木村・粕川「ワープロ利用者の思考時間に関する統計的モデル」 1986. 9. 17
- 13) 粕川・木村「パソコン用鍵盤の打鍵所要時間と思考時間モデル」 1986. 9. 17
- 14) 渡辺「カナタイピストにおける指の運動特性について」(続報) 1986. 11. 12
- 15) 森田「各種の日本文入力方式の性能の定量的比較」 1987. 5. 14
- 16) 岡留「どの入力方法を選ぶべきか」 1989. 5. 15
- 17) 木村「日本文入力方式の習得に関する一実験」 1989. 5. 15