

## 認知技能のタイミング過程\*

### ——手書き文字の分析——

神宮英夫\*\*

認知技能 (Cognitive Skill) は、従来の学習心理学で扱われてきた単なる技能学習よりも、より広い範囲の技能のことである。これらの技能は、通常の日常生活の中で発揮されるものである。この認知技能の研究では、「運動の速さと正確さ」、「運動結果のフィードバック情報」「一連の動作のタイミング」等の問題が議論されている (Keele, 1968)。

このフィードバック情報は、通常、視覚的フィードバックと筋肉運動感覚的フィードバックとに分離される。このようなフィードバック情報が、主に技能を規定している場合は、鏡映描写やトラッキング動作に代表される「知覚—運動学習」である。つまり、知覚による運動の制御であり、運動系への入力はその出力に大きく依存している場合である。さらに、この場合、入力としての刺激と出力としての運動は、1対1に対応した「継時的処理」によって制御されている。

一方、タイミングの問題は、単なる継時的処理による制御から予測される動作のタイミングよりも、日常の技能では、より速いタイミングの下で、動作が遂行されている。もちろん、ここには、運動の速さと正確さの問題が、大きく関与している。このようなより速いタイミングの下での流暢で柔軟でリズムカルな動作は、「motor programming」による運動の制御結果であるといわれている。これによって、一連の動作は、「motor-program buffer」(Sternberg, Monsell, Knoll, & Wright, 1978) に一時的に貯えられ、そして反応コードに変換され、リズムカルな運動が遂行される。このようなバッファの考え方は、Shaffer (1975) では「motor image」であり、Rumelhart and Norman (1982) のシミュレーション・モデルでは、「parser」や「key press shemata」である。このような各動作の時間的協応 (temporal coordination) としてのタイミングをモデル化したものに、「タイムキーパー仮説」(time-keeper hypothesis) (Wing, 1977; Wing & Kristofferson, 1973a, b) がある。この考えをさらに進めて、Vorberg and Hambuch (1978) は、4つのタイムキーパーが系列的に構造化されたモデルを提出している。

「motor programming」によって、一連の動作は、リズムカルでスムーズに遂行されて行くのであるが、この結果として、ほとんど注意を要さず自動的 (automatic) になって行く。しかし、認知技能の中で、完全に自動化された技能はあまり多くない。このような数少ない技能はたとえば、歩くことや読みの中の語の認知などである。このような自動化の仮定は、「motor-program buffer」による「同時的処理」の結果である (Shiffrin & Dumais, 1981)。さらにこの自動化とタイミングの獲得によって、次ぎに起こすべき動作に対して、予測可能性が増大して行く (Keele, 1978)。神宮 (1983) は、この予測的行動に対して、バイオリン演奏を画像

\*1983年11月9日受理

\*\*教育心理学

本研究は、昭和58年度文部省科学研究費 (奨励研究A 58710039) によるもの一部である。

解析することによって明らかにしている。つまり、練習による motor program の形成に応じた予測性の増大が、バイオリン演奏時の指の動きに認められたのである。

本研究では、すでに motor program が形成されている手書き文字について、そのタイミング過程を分析する。認知技能としての手書き文字の研究は、従来あまり多くなされてこなかった。英文字の走書きの分析では、一つの文字の大きさとこれを書いている時間、また、文字と文字との間の時間間隔というようなタイミングの問題が研究されている (Wing, 1978; 1980)。しかし、本研究では、文字を書いている時の時間毎に変化する動作 (手の動き) に注目して、このタイミング過程を分析して行く。これによって、手で文字を書く時の motor program の特徴を明らかにすることができる。

## 方 法

**被験者** 被験者は東京学芸大学の学生4名で、男子2名、女子2名である。

**実験装置** 実験は、マイクロコンピュータシステム (NEC 製 PC-8000 シリーズ) にグラフィックデジタイザー (オスコン電子製グラデイト A 4-10) を、RS-232C で接続して行った (Fig. 1)。RS-232C の転送レートは 1200bps で読取りエリアは、310mm×310mm である。なお、分解能力は 0.1mm であり、1秒間 25ポイントの動作速度に設定されている。

**手続** 4人の被験者は、カーソルを使って、デジタイザー上に、「い」・「こ」・「し」・「つ」の4文字を順次書くように教示された。なお、各被験者は、「な」・「に」・「ぬ」・「の」を2回練習して、このカーソルに慣れた後、実験を行った。この「い」・「こ」・「し」・「つ」の被験者毎での順番は、ランダムになっている。

各被験者での試行数は、各文字について2回であり、各回で、文字の順番はランダムになっている。なお、各文字の間には3分間の休憩があり、1回目と2回目とに、5分間の休憩を入れた。

なお、デジタイザーによるサンプリング時間は、カーソルで文字を書いている時は 40ms である。また、文字を書いている時のサンプリング時間は約 8ms であった。

4つの各文字は、一筆書きのもの (「し」・「つ」と、一筆書きではなく間に空白時間のあるもの (「い」・「こ」と) を選択した。後の分析では、「い」は、Fig. 2 のように、4つの部分に分割されており、「こ」は3つの部分に分割されている。

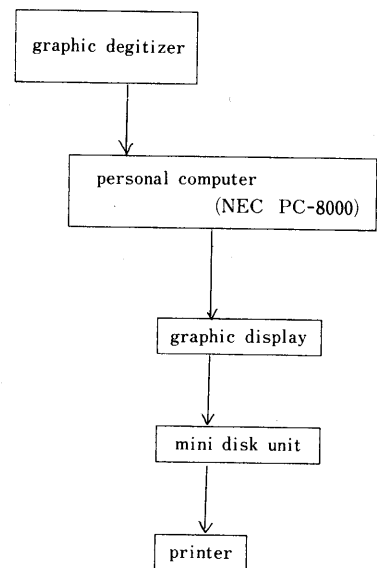


Fig. 1 A block diagram of apparatus in this experiment.

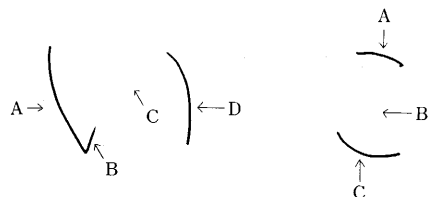


Fig. 2 The segments of two letters of Hiragana (い and こ).

### 結果と考察

Fig. 1 の装置を使って、カーソルによって書かれた文字は、graphic display 上で 320×200 ドットに表現された。この平面上で、単位時間当たり (40ms のサンプリング時間) の移動距離が、ドット数で表現された。なお、手書き文字の大きさを、ある程度に決めておくために、200mm×200mm の範囲をデジタイザー上で設定した。

4 つの各文字で、4 人の被験者での 2 回の結果をあわせて、移動距離の度数分布を求めた。この結果は、Table 1 である。平均移動距離は、一筆書きの「し」・「つ」の方が、一筆書きではない「い」・「こ」よりも長かった。これは、「い」と「こ」では、書いている時に、手を止めている場合があるため、移動距離が 0 になった結果と考えられる。また、4 つの文字間には、標準偏差にあまり違いが見られない。このことは、単位時間当たりの最大移動距離に限界があるためである。さらに、歪度では、「つ」が他の 3 つの文字に比べて大きくなっており、尖度でも、他に比して急尖型になっている。つまり、「つ」での移動距離は、分布が左よりであり尖っていることを示している。このことは、ある一定の距離のものが多くあり、長い距離のもので分布の散らばりが決っていると考えられる。

各文字間での平均の差の検定結果は、Table 2 である。このように、一筆書きのものと同様の一筆書きではないものとの間で、有意な差が見られた。しかし、「し」と「つ」や「い」と「こ」では、有意な差は見られなかった。この結果は、一筆書きではない文字で、手を止めている時の移動距離が 0 になるためであろう。このことは、手の動きの方向が変化するためであり、「い」と「こ」には、手の動作上、不連続点が存在していることになる。一方、「し」と「つ」では、このようなことはなく、手の動作は連続している。したがって、「い」と「こ」については、Fig. 2 のように区分をしたほうが良いであろう。

4 つの文字と 4 人の被験者、そして 2 回の試行との計 32 個の手書き文字について、となりあう各サンプリング時間毎の移動距離の相互相関を求めた。この結果は、32 個の相関係数の中で、有意でないものは 3 個だけであり、その他はすべて有意であった。また、この相関係数は、すべてプラスの値であった。Wing (1978) は、手書きの英文字での同様な分析で、一筆がきの文字で方向の違いごとに文字を区分した時の、各区分を書いている時間の間での相互相関では、マイナスの値の相関を得ている。また、神宮 (1982) は、バイオリン演奏時の、となりあう 8 分音符の演奏時間の相互相関でも、Wing と同様のマイナスの相関を得ている。このようなマイナスの相互相関は、たとえば、バイオリンの演奏で一つ前の音符を長く演奏すれば、次の音符は短く演奏するという、行動の「補償作用」を意味している。つまり、一つ前の行動が、現在の行動を制御していることであり、このことは、運動の「継時的処理」による制御の結果と

Table.1 The distributions of all displacements for four Letters

	Letter			
	い	し	こ	つ
mean	7.61	10.88	6.99	11.17
SD	6.87	5.65	5.79	6.82
skewness	0.53	0.04	0.71	1.71
kurtosis	2.29	2.96	3.65	12.25
total number	186	159	222	137

Table.2 The results of *t*-test between four letters

	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
いーし	4.845	343	0.005
いーこ	0.975	363	<i>n. s.</i>
いーつ	4.601	321	0.005
しーこ	6.529	379	0.005
しーつ	0.382	265	<i>n. s.</i>
こーつ	5.952	253	0.005

考えられる。しかし、本研究での結果のように、プラスの相互相関は、このような「継時的処理」ではなく、「motor-program buffer」による「同時的処理」の制御結果と考えられる。つまり、動作の一連の流れが、バッファに貯えられているため、「補償作用」が必要ではなく、ほとんど注意を要さずに自動的に、文字を書いている時に手が動いていると考えられる。そして、Table 1 の尖度での結果のように、4つの文字ですべて中尖度以上の値を示している。このことは、単位時間あたり、同じような移動距離が存在していることを示している。つまり、ある一定のタイミングと速さでの動作が、遂行されている結果である。このことから、有意なプラスの相関係数が、得られたと考えられる。

Fig. 2 に「い」と「こ」に関しての区分を示してある。この区分は、これらの文字を書いている時の、方向の違いについて示したものである。各区分での書いている時間を計算して、Wing (1978) と同様な相関係数を求めた。この計算では、文字を書いている時の単位時間は 40ms であり、書いていない時の単位時間は 8ms であり、これらの時間を秒に変換した。そして、逆数変換をした結果について、各区分での相関係数を求めた。これが、Table 3 である。結果は、「い」でも「こ」でも、書いている時の方向が違っている区分間で、有意なプラスの相関係数を得た。つまり、上から下に書いた時に長い時間を要したときは、下から上を書く時にも長い時間を要することを表している。したがって、同じ方向性を持った動作の間に違った方向性を持った動作が入っている時には、この違った方向性を持った動作は、その前後の動作に対して、移行のタイミングを計る役割を持っていると考えられる。

本研究では、手書き文字の分析に際して、Wing (1978) のように、単に動作の方向性の違いでの区分を分析しただけではなく、単位時間あたりの変化に注目した。そして、文字を書く場合の動作の motor program に関するタイミングの働きを明らかにした。つまり、「い」や「こ」のような文字では、手を止める部分で動作の不連続点があり、この時点に、今までと同方向の動作へ移るまでのタイミングを計る役割があるということである。このようなかなり自動化された運動を分析する場合には、本研究のように、単位時間あたりの変化に注目することが必要であろう。

Table 3 Correlations between durations of segments defined on traverse displacement turning points in Fig. 2 (durations are the values of inverted-transformation.)

segments	い	p	segments こ	p
A-B	0.667	n. s.	A-B	0.976 0.005
A-C	0.840	0.01	A-C	0.357 n. s.
A-D	0.661	n. s.	B-C	0.396 n. s.
B-C	0.764	0.05		
B-D	0.714	0.05		
C-D	0.541	n. s.		
A-BC	0.749	0.05		
BC-D	0.723	0.05		

## 引用文献

- 神宮英夫 認知技能の習得過程——バイオリン演奏の画像処理——東京学芸大学紀要 第1部門 教育科学 第34集, 1983.
- Keele, S.W. Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 1968, 70, 387-403.
- Rumelhart, D.E., & Norman, D.A. Simulating a skilled typist: A study of skilled cognitive-motor performance. *Cognitive Science*, 1982, 6, 1-36.

- Shaffer, L.H. Control processing in typing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1975, 27, 419—432.
- Shiffrin, R.M., & Dumais, S.T. The development of automatism. In J.R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates, 1981.
- Sternberg, S., Monsell, S., Knoll, R.L., & Wright, C.E. The latency and duration of rapid movement sequences: Comparison of speech and typewriting. In G.E. Stelmach (Ed.), *Information processing in motor control and learning*. New York: Academic Press, 1978.
- Vorberg, D., & Hambuch, R. On the temporal control of rhythmic performance. In J. Requin (Ed.), *Attention and performance VII*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates, 1978.
- Wing, A.M. Effects of type of movement on the temporal precision of response sequences. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 1977, 30, 60—72.
- Wing, A.M. Response timing in handwriting. In G.E. Stelmach (Ed.), *Information processing in motor control and learning*. New York: Academic Press, 1978.
- Wing, A.M. The height of handwriting. *Acta Psychologica*, 1980, 40, 141—151.
- Wing, A.M., & Kristofferson, A.B. The timing of interresponse intervals. *Perception & Psychophysics*, 1973, 13, 455—460. (a)
- Wing, A.M., & Kristofferson, A.B. Response delays and the timing of discrete motor responses. *Perception & Psychophysics*, 1973, 14, 5—12. (b)

## The Timing Process of Cognitive Skill — An Analysis of Handwriting —

Hideo JINGU

Handwriting is a good example of a cognitive skill having a purely automatic process. When a skill becomes automatized in the sense that it requires little attention, it may be primarily under motor program control. We can suppose that the temporal rhythm and the anticipatory timing of a performance are the realization of a schedule in a motor program.

Data on handwriting of *Hiragana* were obtained by using a x-y digitizer. In this way this experiment was described that examined the basis of the automatic process of handwriting. The results were: (a) The positive correlations between the displacements of the two successive movements were obtained. This result suggested a process akin to loading a program into a motor buffer. (b) The positive correlations between the durations of the two successive movement segments were obtained. This result indicated that the change in movement course generated the timing of handwriting.

**Key words:** cognitive skill, motor programming, timing

