

一次元トラッキング動作における 先見と短期記憶

調 枝 孝 治

Preview and Short-Term Memory in One-Dimensional Tracking Performance

Kôji CHÔSHI*

SUMMARY

The purpose of this study is investigate (1) the effect of changes in performance and (2) the effective length of the span that occurs when systematic variations are made in the level of preview and masking in one-dimensional tracking task.

The apparatus used is similar to that used by Poulton.

Two course speeds (1 and 4 cm/sec.) are tried in this study.

Experimental design: By using the same Latin square the same experiment is repeated 4 times with 5 subjects assigned at random to each row of the square. In the experiment, tracking is performed for 2 min. under each condition.

Subjects: The Ss are 40 students of Yokohama National University. They consist of 20 men and 20 women, all of the age of 19-21. None of them have so far had much tracking.

The results get in this study are as follows:

- 1) In the conditions of both slow and fast inputs errors seem to increase according to the extent of masking increases. The trend is more marked with the slow input than with the fast input.
- 2) The errors of the preview of the slow input is not significant, while the errors of the preview with the fast input decrease as the extent of preview increases.
- 3) The condition in which there is no-masking and the size of the preview is 1~3 cm can be found the most effective span with the slow input.

Either no-masking and 3 cm preview or no-masking and 5 cm preview is the most effective condition with the fast input.

I はじめに

現在の段階で人間のスキルの構造や機能を明確化することは、その対象の複雑性により困難なことである。そこで、人間のスキルの全体的な構造について云々することもそれ自体としては大切なことであるが、具体的に研究を行なってゆく過程からみた場合には、これまで見出されたいくつかのスキルの特徴を吟味することのほうが問題の核心にせまると考えられる。スキルの定義を含めてそれらの特徴については、多くの人が言及しているが

* 保健体育学教室 (Dept. of Physical Education and Health)

(Bartlett, F. C. (1947), (1950), (1958), Welford, A. T. (1958), Bilodeau, E. A. & Bilodeau, I. McD (1961), Adams, J. A. (1964), Fitts, P. M. (1964), Seymour, W. D. (1966).), ここではスキルの層位的な構造を認める Whitfield, D. (1967) の考え方を紹介するにとどめる。彼はいわゆる人間—機械系における人間のスキルの特徴を考察しているのであるが、複雑なシステムにおける人間オペレーターにとって重要なスキルの形を次の三つに分けている。

(1) **知覚的スキル (perceptual skill)**。このスキルはオペレーターが時間・空間的な系列で刺激のパターンに敏感になって、それらの刺激を識別 (identification) することがシステムにたいして重要なはたらきをするというものである。更にこの知覚的なスキルが発展すると、いくつかの要素が見落されたり、刺激が雑音によってゆがめられた時でも意味のあるパターンを見つけることが可能になる。

(2) **見越しあるいは予測的スキル (anticipatory and predictive skill)**。この段階でのスキルはオペレーターが、システムの連続的な状況に準備するために現在の刺激パターンから時間的に補外 (extrapolate) を行なうものである。

(3) **制御スキル (control skill)**。このスキルは、人間のスキルの中で最も重要な型のスキルであって、具体的には、オペレーターがコントロールしようとしているシステムについての概念的なモデルを形成することにより、より適切な行為や予測を行ないうるところのものである。以上が Whitfield のあげた三つのスキルであるが、構造や機能的には (1)→(2)→(3) へと複雑になり (2) は (1) を含み (3) は (1) と (2) を統合した層位的構造を有したものと考えられる。知覚的スキルのような段階での研究は、多くの基礎的な知見が得られるが、もっと複雑な人間行動を理解するには、どうしても見越し反応やコントロールスキルの段階を研究する必要がある。最近、特にタイミングや見越し反応 (anticipatory motor response) ならびに徐々に変化する反応 (graded response) 等の特性が研究されるようになったが、これらの特性がすべてスキルの重要な性質と思われる点で詳細な考察を必要とする。Bartlett, F. C. (1950) は、精神—運動技能の性格を考えた際、スキルの性格として非常にユニークな点を示した。それらはタイミングと“範囲” (range) という二つのことがらである。スキルの重要な側面は、系列を構成している要素のタイミング関係の中に存在すると考えられる。このことは、系列における動きのどれもが、系列の前のものと、後のものとの関係を通して、その機能を遂行し、その性格を獲得することを意味している。このタイミングの良し悪しがスキルの優劣を決める主要な要因となる。さらに、範囲については、注意深く区別される二つの意味を与えている。それは系列における前後の段階や動きに影響を及ぼす限界を測るものとして、近い過去を再生する直接再生 (immediate recall) と近い将来を見越し直接見越し (immediate anticipation) の範囲を問題にすることを示唆している。この考えに基づいて、Poulton, E. C. (1954) が簡単な系列作業の“eye-hand span”を問題にとりあげた。その中で、特にこの報告と関連のあるトラッキング作業において先見 (preview) の範囲について分析が行なわれているが、それによると、反応にたいする先見が反応以前に与えられると、前もって反応を組織化する

ことにより、時間おくれを減少することが可能であることが見出されている。これと同じ結果は多く見られる (Welford, A. T. (1956). Griew, S. (1958), Mackworth, N. H. and Mackworth, J. F. (1959), Crossman, E. R. F. W. (1960).)。また、見越し反応を調べる場合に欠くことのできない変数としては先行情報 (advance information) の効果も検討する必要があるが、(Leonard, J. A. (1953), (1958), Jeeves, M. A. (1961).) この際立入らない。先見と関係しているものに見越し (Anticipation) があるが、これについての研究は Poulton, E. C. が一連の実験結果を報告している (1952 a, 1952 b, 1950, 1957.)。彼の知見で興味のあるものは、見越しを 1) 効果器の見越し (effector anticipation), 2) 受容器の見越し (receptor anticipation), 3) 知覚的な見越し (perceptual anticipation) の三つに分けていることである。この中で特に 2 と 3 の見越しが人間行動においてみられるものである。熟練行動が普通には観察が動作に先行することを特徴としているので、この二つの見越し反応を研究する必要がある。簡単にこの二つの見越し反応を説明すると、Receptor anticipation は、被験者が刺激にたいして反応をする前に将来の刺激が示されるもので、彼は表示によって先見がゆるされる。Perceptual anticipation は、見越しというよりも予測行動 (predictive behaviour) に近いものであって、先行情報は与えられない。しかし被験者は彼の過去経験から将来の刺激の過程を予測するというものである。次にやってくるものを見越したり予測できることは、とりもなおさず、スキルの高度な質を保証する動作のスムーズさを生じる。

他方、近い過去の再生に関して、運動領域における短期記憶の研究はまだ十分な成果がみられず (Adams, J. A. (1964)), 保持時間が秒で測定される短期記憶の研究は、そのほとんどが言語行動に力点を置いて行なわれている。Bilodeau *et. al.* (1962) は、簡単なレバー位置ぎめ作業の運動を行なわせて保持の研究をし、Adams, J. A. and Dijkstra, S. (1966) も同様に、めかくしをして位置ぎめ動作を行なわせた結果、言語の短期記憶で見出された知見、つまり、再生記憶の正確さは、時間の関数として早急に減少する。さらに、再生の正確さは、練習のくりかえし、および強化数と正の関係があるといったものと非常によく一致した結果を得ている。多くのスキルが系列的な短期記憶を含んでいることを考えれば、より組織的に分析が行なわれねばならない。ここで、以上の考え方や知見を基礎に、先見と短期記憶の問題を追求したものに Poulton E. C. (1963), Griew, S. (1958) のものがあり、先見と後見 (Postview) の効果を研究した Poulton, E. C. (1964) があるが、先見と短期記憶の条件を (Preview の幅と Masking の幅) 組織的に変化させて動作の様相を研究したものはまだみられない。彼ら、特に Poulton の問題意識が、“receptor-effector span” を規定する要因として、直接記憶と直接見越しの時間構造を分析することにより、動作時の有効な長さのスパンを求めることにあることから、当然 Preview と Masking の幅を組織的に組合わせて実験が行なわれてもよいのであるが、現在のところ、そういう試みはみられない。われわれは、この報告で、一次元のトラッキング動作における Preview と Masking の幅をもう少し小さな間隔に区切って、それらを組合せて作業を行なった場合にパフォーマンスがどのように変化するかを検討すると同時に、両者の組

合せによる動作時の最適時間条件の範囲を求めることを研究の目的とする。

II 研究方法

〔実験装置〕

実験装置は、Poulton (1963) が用いたものと大体同じであり、Fig. 1 に示してある。簡単に説明すると、装置の長さは 1 m で幅は 12 cm で送られてくる紙の幅は 9 cm ある。紙はみぞの中を通過して運ばれるので上下には移動しないように配慮された。装置の高さは机から 10 cm の高さである。送られてくる紙は 1 秒間に 1 cm の速さと、1 秒間に 4 cm の速さの二つの条件が定められた。送られる方向は、被験者の左から右へ運ばれる。被験者はマジックボールペンをもって 2.5 mm 幅の slit の中を上下に動かして追従動作を行なうのである。slit は幅 1 cm の二つの bars で作られた幅 2.5 mm のものであるが、この bars は透明なセルロイドである。入力刺激を遮蔽するために Masking の各条件によってそれぞれの幅の白い厚紙を刺激ペーパーの上のせてある。特にマジックペンを挿入した厚紙は幅 6 cm 長さ 20 cm のもので中央にペン先が入るくらいの穴があけてあり、その穴の間隔が、0.5 cm, 1cm, 3 cm, 5 cm, となって、だんだん Masking の幅が広くなるようにしてある。この厚紙を被験者は左手で持って、右手にペンを垂直に持って同時に上下に動かして追従するのである。入力刺激として用いたのは、Vince, M. A. (1953) のものである。それが Fig. 2 に示してある。Poulton や Griew 達の入力は連続波形で不規則な振動数やランダムな位相のものであるが、ここでは、直径 2.5 mm の小さな円のくりかえしパターン（ひとつのパターンは円が 24 個から成り立っている）が白い紙テ

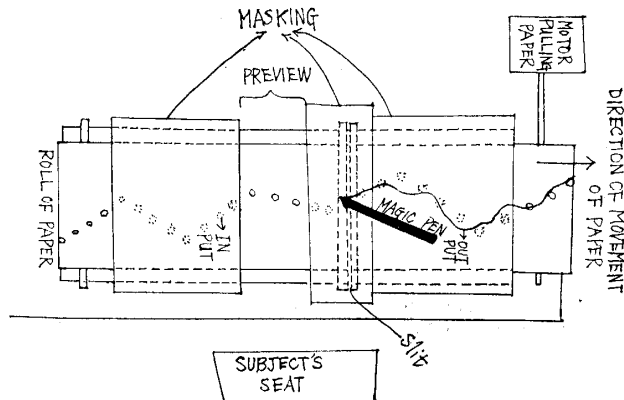


Fig. 1. Experimental apparatus

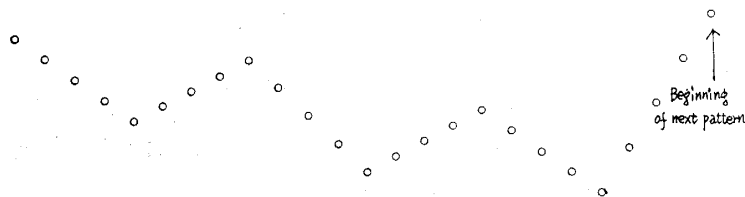


Fig. 2. Pattern of circles

ープ (9 cm×30 m) に印刷してある。被験者は先にも述べた通り、マジックボールペンを持って次々に現われる円を hit しながらかんでいくのである。

〔実験条件と手続〕

刺激呈示速度が 4 cm/sec と 1 cm/sec の二つの条件で、Preview の幅が 5 種類 (0.5 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm, 5 cm) と 5 種類の Masking Levels (0 cm, 0.5 cm, 1 cm, 3 cm, 5 cm) が各実験条件である。この場合コースの速度が 1 cm/sec の条件では Preview 時間はそれぞれ 0.5 sec, 1 sec, 2 sec 等と続き、幅と対応しているが、4 cm/sec の条件では Preview: (0.125 sec, 0.25 sec, 0.5 sec, 0.75 sec, 1.25 sec) となり、Masking: (0 sec, 0.125 sec, 0.25 sec, 0.75 sec, 1.25 sec) と表わされる。まず、1 cm/sec の速度条件で、これらの各条件について 5×5 のラテン方格を用いて、同じ方格を 4 回くりかえした。ひとつの方格に 5 人の被験者をランダムに割り当て合計 20 人の被験者を用いた。次に 4 cm/sec の速度条件に対して同じ計画法を用いて、別の 20 人 (これは女性) をランダムに割り当てた。各条件における試行は 2 分間継続して円を結ぶ。つまりパターンを 5 回くりかえした。そして次の条件に移行するのであるが、移行前に 30 秒間の休みがもうけられた。得点化は、各被験者の記録から正しく円が hit された数を合計して得点化したのであるが、分析のためのデータは、1 と 2 のパターンは除き、3, 4, 5 の三つのパターンについて分析考察を加えた。

〔被験者〕

遅い速度条件 (1 cm/sec) の被験者は、大学生男子 (19 才～21 才) 20 名。速い速度条件 (4 cm/sec) では、大学生女子 (19 才～21 才) 20 名で、彼等のすべてが、これまでにトラッキングの実験にはまったく経験のない者であった。

Ⅲ 結果と考察

円を正しく結んだ数を各被験者について得点化した結果は、Fig. 3 と Fig. 4 にそれぞれ示してある。Fig. 3 と Fig. 4 をもとに分散分析した結果が Table 1, Table 2 に示してある。この分散分析は、二つの異った速度について行なわれたものである。この結果

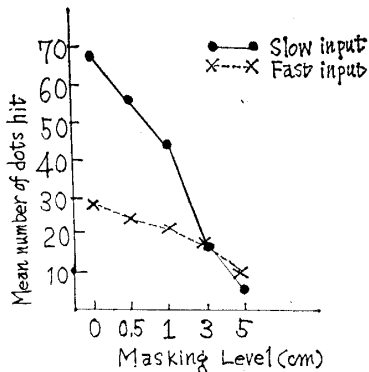


Fig. 3. Means for five making level

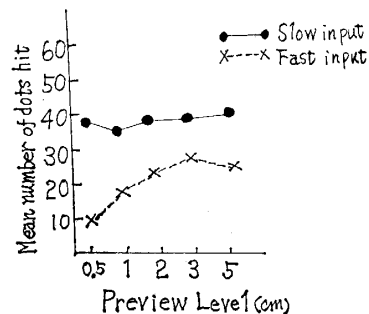


Fig. 4. Means for five preview level

Table 1. Analysis of variance of number of correct dots hit in slow input

SV	SS	df	MS	F
Orders	2120.44	4	530.11	3.35*
Error	2373.35	5	158.22	2.39*
B(S)	4493.79	19		
Preview	93.14	4	23.29	0.35
Masking	57418.54	4	14354.64	216.74**
Error	4768.32	72	66.23	
W(C)	62280.00	80		
Total	66773.79	99		

* $P < .05$ ** $P < .01$

Table 2. Analysis of variance of number of correct dots hit in fast input

SV	SS	df	MS	F
Orders	1048.06	4	262.02	1.64
Error	796.50	5	159.30	
B(S)	1844.56	19		
Preview	4263.01	4	1065.75	34.31**
Masking	3831.66	4	957.92	30.84**
Error(a)	2535.03	12	211.92	6.80**
Error(b)	1863.50	60	31.06	
W(C)	12493.20	80		
Total	14337.76	99		

** $P < .01$

をみると, Slow input では, 実験順序と個人差が有意であり, ($P < .05$), Masking 効果も有意差が認められる ($P < .01$)。しかし, Preview の効果は有意でなく, 著しい変化はみられなかった。Table 2 の Fast input の分析の結果は, Preview と Masking それに交互作用がともに有意であった ($P < .01$)。これまでのこの種の研究では, Preview と Masking の効果を別々に研究したものが多いためであるが, この報告ではこれらを組織的に組合わせてみる意図があるのでその結果を示すと Table 3 と Table 4 の通りである。遅い速度条件で Masking と Preview の最適範囲をみると Masking がなくて Preview が 1 cm の時が一番成績がよく, 次いで, Masking が 0 で Preview が 3 (以下 (M0:P3) と表示する), それから (M0:P2) となり, (M0.5:P2) も他の条件よりも優れている。この条件では (M0:P5) が一番得点が高く, (M5:P0.5) が一番得点が低くなることが予想されるのであるが, 得点が一番劣っているのは (M5:P5) の条件である。これまで

Table 3. Slow input

Masking Preview	0	0.5	1	3	(cm) 5	ΣX	\bar{X}	SD
0.5	64.0	57.8	51.8	14.0	4.5	192.1	38.4	24.35
1	70.5	47.0	39.0	22.0	4.3	182.8	36.6	22.38
2	69.8	68.5	33.0	14.5	8.0	193.8	38.8	26.08
3	70.3	52.0	57.0	9.3	6.3	194.9	39.0	26.14
5 (cm)	67.5	57.5	46.0	22.3	2.8	196.1	39.2	23.67
ΣX	342.1	282.8	226.8	82.1	25.9			
\bar{X}	68.4	56.6	45.4	16.4	5.2			
SD	2.96	6.85	8.40	5.08	1.73			

Table 4. Fast input

Masking Preview	0	0.5	1	3	(cm) 5	ΣX	\bar{X}	SD
0.5	11.3	10.8	8.3	11.8	8.0	50.2	10.0	1.81
1	13.3	19.8	24.5	22.5	10.0	90.1	18.0	5.58
2	36.3	23.5	24.5	23.3	14.0	121.6	24.3	7.17
3	45.0	40.3	27.8	22.5	13.0	148.6	29.7	11.72
5 (cm)	41.5	33.8	28.5	17.3	11.0	132.1	26.4	11.07
ΣX	147.4	128.2	113.6	97.4	56.0			
\bar{X}	29.5	25.6	22.7	19.5	11.2			
SD	14.27	10.49	7.46	4.30	2.85			

の知見では最適な Preview 時間は大体5秒くらいといわれているが、(Welford, A. T. (1956)), 入力刺激の速度や Masking の効果により、Preview の最適範囲も変化するものと思われる。Table 4 の Fast input における最適範囲は、(M0:P3), (M0:P5), (M0.5:P3), (M0:P2) の順序で得点が良い。Fast input では、Slow input 条件でのような変化は起らず、普通に考えた場合の (M0:P5~3) で高得点を生じ、(M5:P0.5) で最低得点を生じるといったケースになっている。ここで、Masking の効果について考察してみると、Slow input と Fast input の両方にたいしていえることであるが、特に Masking の範囲を広げると、誤りが著しく生じたということは、より長い storage time が悪い記憶を導き、その正確な再生をさまたげるといふこれまでの知見と一致している。この実験で興味のあるのは Masking の効果よりも Preview の効果を分析する時に現われるものである。それは Slow input 条件で Preview について、何ら顕著な効果が見出されなかったということである。このことは、一般に考えられているように、動作前のより長い Preview は動作の時間的遅れを減じ、スムーズさがみられ、誤り反応は少なくなるというものと相応しないことがらである。その点から Fast input における Preview の効果をみると Preview の範囲が広がるほど追従動作の成績は向上している。Slow

input では刺激入力が遅いため、被験者は Preview の広い範囲を必要とせず、反応すべき刺激が手もとに来るまで待っておればよい状況を作り出していると考えられる。つまり、被験者は、手もとに注意を集中し、まだやって来ぬ将来の刺激をチェックすることは、かえって手もとの反応パターンをくずす結果を導くと思うから Masking の幅の小さい範囲で、好結果を生んでいる。Poulton, E. C. (1963) が、普通のトラッキングでは、反応の indicator から、入力の indicator を分離することは、正確さを減じるといっているが、この実験で、Slow input の Preview の広い条件で案外誤りが多いことと関係があるように思われる。さらに1秒間に1cm という遅い速度では、記憶時間が長く、早い速度の条件と比較して著しく得点が少いが、Masking の3cm と5cm のところをみると、Slow input の方が確かに得点は少い。“receptor-effector span” のことを、この事実と照し合わせて考えた場合、シグナル反応間のギャップが、ある点を越えて増加すると誤りも、直接記憶の失敗から増加するということがいわれるが、Slow input における Masking の幅が3cm から5cm にかけて急に誤りが多くなったことは、span の有効な長さに限界があることから、Slow input では Masking の幅が3cm を越えるとその作業は有効でないと考えてもよいと思われる。この際 Masking 0cm という条件は、具体的な実験事態では、記憶よりもむしろ予測を要求される事態なので、他の Masking 条件と同じに取扱うことには問題が残る。最後に、Poulton が、span の有効な限界を時間かそれとも情報量や事象の数、時間と事象を一緒にしたある公式によって示すのがよいかどうかはまだ現在のところ不明確である(1963)といっているが、この実験では、誤りは主として、storage time と関係していることがわかり、特に遅い表示速度では Preview の効果が認められなかった。この span の限界を示す方法を研究することが次の問題かと思われる。

IV 要 約

人間のスキルの重要な特徴であるタイミングと範囲の問題を心において、一次元のトラッキング動作における短期記憶と先見の効果を検討すべく実験が計画された。大学生男女それぞれ20名ずつを被験者として、刺激表示速度の速い条件と遅い条件で、5つの Masking level と5つの Preview level をお互いに組合わせてトラッキング事態における有効適切な範囲を求めた。その結果、Slow input では、実験順序と個人差それに Masking が有意であり、特に Masking の幅が3cm 以上になると誤りが急に多くなることわかった。Preview が有意でなかったのは、表示速度が遅いため Preview のせまい幅でも大きい幅でも同一に受け取られ、まだ到達せぬシグナルを前もってチェックする必要を起さなかったと思われる。Fast input では、Masking と Preview、それに交互作用が有意であった。この速度は、Masking の幅をだんだんと広げると誤りが多くなり、Preview を順次に広げると誤りが減少するという結果を生じた。Preview と Masking の幅を組織的に組合した結果、Slow input では Masking なしで、Preview が1cm～3cm までの範囲が一番成績がよく、Masking 5cm と Preview 5cm が一番悪かった。

Fast input では Masking なしで, Preview が 3 cm と 5 cm で得点が高く, Masking 5 と Preview 0.5 で最小得点を示した。表示速度の早い条件では, 特に言語行動の短期記憶の知見, 運動系における Preview の知見と似ているが, 速度の遅い条件では, Preview に関して, これまでの知見と一致を示さなかった。

参 考 文 献

- Adams, J. A. and Dijkstra, S. (1966). Short-term memory for motor responses. *J. exp. Psychol.*, 71, 314~318.
- Adams, J. A. (1964). Motor skills. *Ann. Rev. Psychol.*, 15, 181~202.
- Bilodeau, E. A. & Bilodeau, I. McD (1961). Motor-skill learning. *Ann. Rev. Psychol.*, 12, 243~280.
- Bilodeau, E. A., Sulzer, J. L. & Levy, C. M. (1962). Theory and data on the interrelationships of three factors of memory. *Psychol. Monogr.*, 76, No. 20. (Whole No. 539)
- Bartlett, F. C. (1947). The measurement of human skill. *Brit. Med. J.* June, 835~838 and 877~880.
- Bartlett, F. C. (1950). Programme for experiments on thinking. *Quart. J. exp. Psychol.*, 2, 145~152.
- Bartlett, F. C. (1958). *Thinking*. London, Allen & Unwin.
- Crossman, E. R. E. W. (1960). The information capacity of the human motor system in pursuit tracking. *Quart. J. exp. Psychol.*, 12, 1~16.
- Fitts, P. M. (1964). Perceptual-Motor Skill Learnig. In Arthur W. Melton (ed.), *Categories of Human Learning*. Academic Press New York, London.
- Griew, S. (1958). Age changes and information loss in performance of a pursuit tracking task involving interrupted preview. *J. exp. Psychol.*, Vol. 55, No. 5. 486~489.
- Leonard, J. A. (1953). Advance information in sensori-motor skills. *Quart. J. exp. Psychol.*, 5, 141~149.
- Leonard, J. A. (1958). Partial advance information in a choice reaction task. *Brit. J. Psychol.*, 49, 89~96.
- Mackworth, N. H. and Mackworth, J. F. (1959). Remembering advance cues during searching. *Brit. J. Psychol.*, 50, 207~222.
- Poulton, E. C. (1952 a). The basis of perceptual anticipation in tracking. *Brit. J. Psychol.*, 43, 295~302.
- Poulton, E. C. (1952 b). Perceptual anticipation in tracking with two-pointer and one-pointer displays. *Brit. J. Psychol.*, 43, 222~229.
- Poulton, E. C. (1950). Perceptual anticipation and reaction time. *Quart. J. exp. Psychol.*, 2, 99~112.
- Poulton, E. C. (1957). On prediction in skilled movements. *Psychol Bull.*, 54, 467~478.
- Poulton, E. C. (1963). Sequential short-term memory: some tracking experiments. *Ergonomics*, 6, 117~132.
- Poulton, E. C. (1964). Postview and Preview in tracking with complex and simple inputs. *Ergonomics*, 7, 257~266.
- Seymour, W. D. (1966). *Industrial Skill*. London. Sir Isaac Pitman and Sons.
- Vince, M. A. (1953). The part played by intellectual processes in a sensori-motor performance. *Quart. J. exp. Psychol.*, 5, 75~86.
- Welford, A. T. (1956). Psychological aspects of aging. In W, Hobson (Ed.), *Modern trends in geriatrics*. London. Butterworth.
- Welford, A. T. (1958). *Ageing and Human skill*. Oxford University Press.
- Whitfield, D. (1967). Human Skill as a Determinate of Allocation of Function. *Ergonomics*, 2, 154~160.