

運動学習における自発的練習方略の持つ意味
－練習スケジュールの観点からの分析－

課題番号：09680079

平成9年度～平成10年度科学研究費補助金（基盤研究C-2）
研究成果報告書



199000037

福島大学
附属図書館

平成10年3月

研究代表者 工藤孝幾

(福島大学教育学部教授)

目次	
第1章 研究目的	2
I. 研究の背景	2
II. 研究の目的	4
III. 研究の全体計画	5
IV. 引用文献	6
第2章 KR利用方略に関する実験的検討	8
I. 目的と仮説	8
II. 方法	10
1. 被験者	11
2. 学習課題	11
3. 手続きと実験条件	11
(1) 全体の手続き	11
(2) 実験条件	12
(3) 1 試行の手続き	12
4. 依存変数	13
III. 結果	13
1. RMSEの分析結果	13
(1) 練習期	13
(2) テスト期	13
2. “select” 条件におけるKR利用パターン	14
3. 内省報告	14
4. 練習期におけるPRTの分析結果	15
5. 練習期におけるKRTの分析結果	15
IV. 考察	16
1. パフォーマンスの分析結果について	16
2. KR利用方略について	17
3. 時間的な側面について	18
V. まとめ	18
VI. 引用文献	19
第3章 練習スケジュール方略に関する実験的検討	22
I. 目的と仮説	22
II. 方法	24
1. 被験者	24
2. 学習課題	25

3. 手続きと実験条件	25
4. 依存変数	26
III. 結果と考察	27
1. 「セレクト条件」の練習スケジュール方略	27
2. 練習方略に関する質問への回答結果	28
3. RMSEの結果	28
(1)練習期	28
(2)テスト期	29
IV. 全体的考察	30
VI 引用文献	31
第4章 練習スケジュールの違いと協応方略の関係に関する検討	33
I. 目的と仮説	33
II. 方法	34
1. 被験者	34
2. 学習課題	34
3. 実験手続き	35
4. 依存変数	35
III. 結果と考察	36
1. 運動パフォーマンスの分析結果	36
2. 動作分析結果	37
IV. まとめ	38
V. 引用文献	39
第5章 全体的な考察	41

科学研究費補助金実績報告書

基盤研究C(2) 課題番号: 09680079

研究科題名

「運動学習における自発的練習方略の持つ意味－練習スケジュールの観点からの分析－

研究代表者

工藤孝幾 (福島大学教育学部)

研究者番号

(30113997)

研究経費

平成9年度 1,800,000円

平成10年度 100,000円

計 1,900,000円

研究発表

(1)学会誌等 福島大学教育学部論集教育・心理部門、1998年12月
「結果の知識の利用方略が運動学習に及ぼす効果」

(2)口頭発表 日本スポーツ心理学会第25会大会口頭発表
「運動学習におけるKR利用方略に関する研究」

第1章 研究目的

I. 研究の背景

本研究では、運動学習に関する認知心理学的研究によって得られた知見に対して、新たな視点から実験的検討を試みるものである。その際、従来の研究によって得られた知見と今回の結果とを比較する目的のために、実験課題として設定したのは、利き手の前後動による運動パターン再生課題である。ところで、このような運動制御に対する認知心理学的な理論、あるいはそれらの研究で用いられてきた少数のパラメータに限定した運動課題（たとえば今回の実験課題）の設定については、近年生態学的心理学の観点から批判的見解が示されている。そこでここでは、認知心理学的研究の今日的意義、あるいは少数のパラメータに限定した実験課題の設定の妥当性について述べることにする。

人間の運動学習に関する研究は、Henry & Rogers(1960)やKeele(1968)の「運動プログラム」に関する理論やAdams(1971)の「閉回路理論」やSchmidt(1975)の「スキーマ理論」など、情報処理論や認知心理学の概念を運動の制御や学習に適用することによって急速な発展を遂げた。これらの理論では、人間の脳をコンピュータになぞらえ、脳内の情報処理の結果として運動が制御・学習されると考える。すなわち、脳を運動の制御・学習の中核とする考え方である。ここでは、情報の「入力」－「中枢処理」－「出力」－「フィードバック」といった運動制御・学習にかかわる一連の情報処理の流れが問題にされ、特に運動学習に関しては、中枢における運動の記憶に関して様々な仮説構成体が設定され、その理論の妥当性を巡って検証実験が行われてきている。先に示した「運動プログラム」の概念や、閉回路理論における「記憶痕跡」あるいはスキーマ理論における「運動反応スキーマ」などがその代表的な例である。これらの運動の記憶がどのような練習条件のもとで最も効率的に形成されるのかということがこれらの研究の主たる研究テーマであり、特に練習スケジュールや各種フィードバック情報の影響について、様々な仮説が構築されその検証実験が行われてきている。

ところで今述べたような仮説検証型の実験では、仮説を検証するために実験者が意図的に実験操作を施し、その結果が仮説から予想された結果と一致するかを調べるというスタイルを採る。このような仮説検証実験には、その性質上一つの大きな制約条件が存在する。それは、実験操作による効果を明らかにするために、意図した実験操作以外の要因の影響を極力排除しなければならないということである。この観点からすると、実際の日常生活やスポーツ場面で用いられる運動スキルは、実験者が意図したこと以外の要因の影響が混交する可能性が高く、実験課題としては都合が悪い。そのためこれらの研究では、日常生活やスポーツ場面で用いられる運動スキルをそのまま実験課題として用いることを避け、「位置決め課題」、「力量調節課題」あるいは「速度調整課題」など、限られた動作パラメータの学習を実験課題として利用してきた。

1960年代後半から1970前半にかけてKeeleやAdams、あるいはSchmidtの理論があいついで提出されたことによって、1970年代以降これら認知心理学の視点に立った運動学習研

究的は急速な発展を遂げるが、実はこれらの代表的な運動学習理論が出された同時期に、Bernstein(1967)は今述べたような認知心理学的研究がたどっている研究の流れとは対立する重要な指摘を行っている。彼は、運動制御の研究が解決しなければならない最も重要な問題の一つとして、「自由度問題」を挙げている。仮に関節の動きを全て脳が制御していると考えた場合、全身の協応動作では全ての関節を同時に制御しなくてはならないことになる。一つの関節の動きには複数の随意筋が関与しているので、筋肉のレベルではさらに制御すべき部位の数、すなわち自由度は飛躍的に増大する。このような効率の悪い制御の仕方は理にかなっていないというのが「自由度問題」である。これに対して彼はシナジー "synergy"あるいは協応構造という概念で説明している。これは、システムの複数の部位の動きが連結されることによって、自由度を少なくする機構のことで、これによって全身の協応は制御可能なレベルにまで自由度を減少させることができるというものである。

この考えは、今日ではダイナミカルシステムズの観点から盛んに研究されるようになってきている。このことに関する説明は他書に譲るが（たとえばKugler & Turvey, 1987など）簡単に言えば、身体を多数の振り子の集合とみなし、振り子相互の自己組織的な共振現象が複雑な全身協応動作のベースになっているという考え方である。

日常の全身運動そのものを研究の対象とし、そこから生じる自由度問題を研究対象とした点、そしてその解決を脳に求めるのではなく身体の機能に求めた点で、Bernsteinの運動制御に関する考え方やダイナミカルシステムズアプローチの考え方は、先の認知心理学的研究の流れとは真っ向から対立している。

同様に、運動の制御を脳における情報処理に求めないという点で共通するもう一つの重要な研究の流れがある。Lee et al.(1982)は、走り幅跳びの一流選手の助走の足跡の分析から、踏み切り直前の数歩のステップで踏み切り板に合わせた歩幅の調整が行われていることを明らかにし、それを外界からの視覚情報に基づいた動作の制御ではなく、Gibson(1970)の生態学的視覚論に基づいて解釈している。

Gibsonは、外界からの視覚的感覚入力に脳に投射され処理されて初めて情報としての意味を持つという従来の考え方を否定し、外界そのものがすでにある意味を持っていると考える。このような外界が提供する意味を、Gibsonは"affordance"と呼んでいるが、Lee(1980)は外界のある地点に到達するまでの時間に関する意味のことを特に「タウ」と名付け、それによって踏みきり直前のステップの調整を説明している。

外界の視覚的な感覚入力に脳で処理されて初めて情報としての意味を持ち、それによって動作の制御が可能となるという認知心理学的な視覚的運動制御の考え方の一つの弱点は、全力疾走中の踏み切り直前のステップの調整といった高速運動の視覚情報による制御を説明できないという点にある。Boostma & Van Wieringen(1990)は、卓球選手のラケットの動きを分析することによって、視覚の情報処理時間よりも高速に運動が制御されていることを示しているが、Leeの研究報告以後、このような"tau"の存在を伺わせるいくつかの研究が報告されている。

さて、以上に示した研究の流れは、身体にあらかじめ備わった機能や構造、あるいは環境と身体の直接的な相互作用というものによって運動の制御を説明しようとしており、脳の関与を想定していないという点で共通しており、脳を運動制御の中核と考える認知心理学的理論と真っ向から対立している。このことは、1988年に出版された"Complex movement behavior- 'The' motor-action controversy"という本のタイトルに象徴的に表現されている。

しかし、運動制御・学習への脳の関与に関する以上の論争を二律背反的にとらえることは誤りであり、むしろそれぞれが運動制御の異なる側面を説明していると考えられるべきであろう。すなわち実際の運動は、身体の機能や構造に多くを依存し、脳の関与の少ない無意識の運動遂行モードと、様々な感覚情報やフィードバック情報に基づいた意識的な運動制御モードとが、その時々状況に応じて柔軟に切り替わりながら、脳への負担を最小にするようなハイブリッドシステムとして遂行されていると考えられる。運動の学習について言えば、学習の初期は大まかな運動の仕方を獲得するときであり、この時期に個々の部位の動かし方を意識することは「自由度問題」に直面することを意味する。しかし学習が進み、獲得した全身の協応性をより洗練したものにするためには、特定の部位についてパラメータの学習をする必要が生じてくる。このような意味で、運動制御・学習に対する認知心理学的な解釈やそれらの研究が主として扱ってきたパラメータの学習の研究の意義は、生態学敵視点からの批判にもかかわらず、今日なお研究対象として重要な意味を持っていると考えられる。

II. 研究の目的

本研究では、認知心理学的研究が明らかにしてきた運動学習に関する最近の重要な知見について、新たな観点から検討を試みる。冒頭にも述べたように、これらの認知心理学的研究では、ある現象に対して脳内の情報処理過程を想定し、そこから導き出される仮説について検討するという仮説検証型の実験が中心になっている。

たとえば、認知心理学的研究が主として扱ってきた研究テーマに、KRの提供の仕方に関する研究がある。KRは試行直後にできるだけ多くしかもより詳しく与えるべきであるという伝統的な考え方に対して、最近の研究は、むしろKR提供の頻度の少ない条件の方が、練習終了後の忘却が少ないという結果を報告している。

この現象に対して、これまでにガイダンス仮説(Salmoni et al., 1984)を中心としていくつかの解釈が試みられ、そこから導かれる様々なKR提供のスケジュールについて実験的検討が試みられてきた。例えばWinstein & Schmidt(1990)は、ガイダンス仮説に基づけば練習が進むにつれてKR提供の頻度が減少するスケジュールが有効であると考え、そのような実験条件を設定して仮説検証を試みている。またKohl & Guagagnoli(1996)は、KR提示の有無があらかじめわかっている場合に比べて、ランダムに提示することでKRの利用を予期できなくした場合の方が注意が喚起され覚醒水準が高く保たれるために、保持が促

進されることを実験的に明らかにしている。

ただこれらの研究では、その理論的背景がどうであれ、それに基づいて実験者があらかじめ設定した頻度やスケジュールでKRを提供しているだけで、練習者側の都合というものをまったく考慮していない。つまりこれらの研究では、練習者がKRを必要としているか否かに関わらず、KR提供のスケジュールがあらかじめ決められている。したがって、練習者がKRを必要としているときに提供されず、逆に不必要と思っているとき冗長な情報が与えられるといったすれちがいが生じている可能性がある。

認知心理学的研究が扱ってきたもう一つの主要な研究テーマとして、複数の運動課題を練習するときの練習スケジュールに関する研究がある。後述するように、その背後には、「スキーマ理論」や「文脈干渉」といった認知心理学的な運動学習理論の発展が関与しており、それらから導かれる「多様性練習仮説」(Moxley,1979)や「文脈干渉効果」(Shea & Morgan, 1979)という観点から、近年多くの研究が行われ、伝統的な運動の練習法に対する考え方を覆すような興味深い結果が報告されてきた。

ところでこれらの研究では、例えばスキーマ理論の場合は「コンスタント練習」条件と「多様性練習」条件の比較、「文脈干渉効果」の検証においては、「ブロック練習」条件と「ランダム練習」条件の比較というように、理論から導き出される典型的な練習スケジュールをあらかじめ実験者が設定し、その下で練習させた場合の学習効果を比較している。しかしここでも、学習者側の要因が全く考慮されていない。つまりこれらの研究では、練習者が自分の特性に応じてスケジュールを選択するといったメタ認知的側面や、練習状況に応じて臨機にスケジュールを調整するという柔軟さがまったく許されていない。

以上のように、最近の認知心理学的研究によって明らかにされてきた練習の仕方に関する興味ある発見が、学習者側の都合と乖離しているのか、それとも何らかの共通性が見られるのか、あるいは両者を調和させることによってより効率的な学習が成立するのか等、理論的にも実際的にもきわめて重要な問題であるにも関わらず、これまでの研究はこのことに対して何の答えも提供していない。

III. 研究の全体計画

本研究は、次の三つの実験的検討によって構成される。最初の二つは、今述べた二つの認知心理学的研究の主要な研究テーマにそれぞれ対応している。一つは、運動学習においてKRを利用するとき学習者が採用する利用方略に関する実験、二つ目は、複数の運動課題を練習するときの練習順序に対する方略に関する実験である。これらの問題に関して、従来の研究が明らかにしてきた知見と、学習者が自発的に採用する学習方略との関係を明らかにしようとするものである。具体的には、学習者の採用する方略が伝統的な練習に対する考え方の方に一致するのか、それとも認知心理学的研究で明らかにされてきた知見と一致するのか、またそれらの知見に学習者の方略を加味することによって、よりすぐれた学習効果が期待されるのかを明らかにすることである。

このほかに本研究では、練習順序に関して新たな視点から練習者の方略についての分析を試みる。上記の二つ目の実験の分析対象である練習スケジュールの問題では、特に「文脈干渉効果」に関して様々な解釈が試みられてきたが、それらは全て運動遂行時の情報処理の観点からの解釈であった。本実験では、協応練習方略の違いという観点からの解釈の可能性について検討する。「ブロック練習」では、1つの課題に対する練習を繰り返すため、それぞれの課題を遂行するのに最もやりやすい全身協応の仕方が学習されると考えられる。それに対して「ランダム練習」では、複数の課題を同時並行的に練習するので、複数の課題遂行に適した身体の使い方（全身協応）が学習されると考えられる。このような練習における課題遂行のための全身協応の方略の違いが、保持と転移においてランダム練習条件の方が優れている1つの理由であると考えられる。ここではこのことを「協応方略」と呼ぶことにする。三つ目の実験として、この協応方略に関する仮説の検証を試みる。

以上のように、第1実験ではKR情報の利用の仕方、第2実験では練習の順序、そして第3実験では全身協応のフォームというように、それぞれ分析の対象は異なるものの、いずれも実験操作を加えない状況下における練習者の行動観察記録をもとに、練習者が自発的に採用する学習方略を抽出しようとする点で共通している。このような方法によって、運動学習における学習方略の意味について検討を加えようとするのがこの研究の主なねらいである。

IV. 引用文献

- Adams, J.A. (1971) A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-149.
- Bernstein, N (1967) *The Coordination and Regulation of Movement*. New York: Pergamon Press.
- Bootsma, R.J., & Van Wieringen, P.C.W. (1990) Timing an attacking forehand drive in table tennis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 16, 21-29.
- Gibson, J.J. (1979) *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Henry, F.M., & Rogers, D.E. (1960) Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.
- Keele, S.W. (1968) Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70, 387-403.
- Kohl R.M. and Guadagnoli, M.A. (1996) The scheduling of knowledge of results. *Journal of Motor Behavior*, 28, 233-240.
- Kugler, P.N. & Turvey, M.T. (1987) *Information, Natural Law, and Self-assembly of*

- Rhythmic Movement: Theoretical and Experimental Investigation. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Meijer, O.G. & Roth, K. eds.(1988) Complex movement behavior -'The' motor-action controversy. Amsterdam: Elsevier Science.
- Moxley, S.E. (1979) Schema: The variability of practice hypothesis *Journal of Motor Behavior*, 11, 65-70.
- Lee, D.N. (1980) Visuo-motor coordination in space-time. In *Tutorials in Motor Behavior* (G.E. Stelmach, and J. Requin, Eds.), pp.281-295. Amsterdam: Elsevier Science.
- Lee, D.N.; Lishman, J.R., and Thompson, J.A. (1982) Visual regulation of gait in long jumping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 8, 448-459.
- Salmoni,A.W., Schmidt,R.A. and Walter,C.B. (1984) Knowledge of results and motor learning : A review and critical appraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355-386.
- Schmidt, R.A. (1975) A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-245.
- Shea, J.B. & Morgan, R.L. (1979) Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 179-187.
- Winstein,C.J., and Schmidt,R.A. (1990)Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 677-691.

第2章 KR利用方略に関する実験的検討

I. 目的と仮説

運動学習においては、練習試行遂行に伴うフィードバック情報が重要な役割を果たしている。通常の練習場面では、試行後に指導者からスキル遂行に関して様々な指摘がなされるが、動作遂行後に付加的に与えられるこのような情報のことを「結果の知識」(Knowledge of Result; KR)といい(工藤,1989)、フィードバック情報の中でも特に重要な役割を担っている。したがって、KRをどのように利用するかということは、効果的な練習法を考えていく上できわめて重要な問題であり、これまでにこのことに関しては多くの研究がなされてきた。これらの研究に対しては、例えばSalmoni et al.(1984)やMagill(1993)が、まとまったレビューを行っている。

KRに関する研究の中で注目されてきた問題の一つに、KRの頻度と学習効果との関係に関する問題がある。KRは試行直後にできるだけ多くしかもより詳しく与えるべきであるという伝統的な考え方(Adams,1971; Bilodeau et al.,1959; Schmidt,1975; Thorndike,1927)に対して、むしろKRを与える頻度を減少させた方が学習が促進されるという興味ある結果が近年報告されるようになってきた(Baird and Hughes,1972; Sparrow & Summers,1992; Winstein & Schmidt,1990; Wulf,1992; Wulf et al., 1994; Wulf & Schmidt,1989; Wulf et al., 1993; Wulf et al.,1995)。すなわち、KR提供の頻度の少ない条件の方が、毎回KRが提供される条件よりも練習終了後の忘却が少ないという結果が得られているのである。

この現象に対して、これまでにいくつかの解釈が試みられてきた。Salmoni et al.(1984)は、毎回KRが提供されることによって、練習者はそれを遂行手がかりとして利用するようになるので、本来その課題を学習する上で重要な内的基準が形成されにくくなるのが原因であると考えている(ガイダンス仮説; Guidance Hypothesis)。Lee(1988)は「転移適合情報処理」(Transfer Appropriate Processing)という観点からこの現象を説明している。つまり、テスト試行においてKRを利用することができないことを考えれば、練習においてKR提供の機会を少なくした方が、練習時とテスト時で同様の情報処理がなされる可能性が高くなり、テスト試行への転移が促進されるという解釈である。

これら練習時とテスト時の条件の違いに原因を求める解釈に対して、KR提供に伴う頻繁な修正を原因とする解釈もある。Wulf & Schmidt(1994)は、毎回KRが与えられることによって修正が頻繁に行われるようになり、安定した記憶表象の形成ができなくなるという不適応(maladaptive)が生じることが原因であると解釈している。またMagill(1993)は、頻繁な情報提供や修正は、注意あるいはワーキングメモリの容量に対してオーバーロードになってしまうことが原因であると考えている。

以上のようなKRの頻度に関する発見は、KR提供のスケジュールに関するいくつかの仮説を導き出している。例えばWinstein & Schmidt(1990)は、練習段階の違いによってKRの

頻度の影響が異なるので、それに応じたスケジュールを考える必要があると考えている。練習初期にはエラーに関する情報の利用価値が高いため、KR提供の頻度は高い方がよいが、練習後半では熟達によってKRの必要度が減少するので、KRの提供の機会を少なくしても支障はなく、むしろKRへの依存を防ぐことができるという点でKRの頻度を下げることが有効であると考えられる。このことから彼らは、練習が進むにつれてKR提供の頻度が減少するスケジュールが有効であると考えている。

またKohl & Guagnoli(1996)は、KR提示の有無があらかじめわかっている場合に比べて、ランダムに提示することでKRの利用を予期できなくした場合の方が保持が促進されることを実験的に明らかにしている。この現象に対して彼らは、予期できないことにより注意が喚起され、覚醒水準が高く保たれるために保持が促進されると解釈している。

このように、運動学習におけるKRの効果については、その頻度やスケジュールの影響に関して重要な発見が報告されるようになってきているが、これらの要因以外にKRの有効性を左右すると考えられるもう一つの重要な問題がある。頻度の影響に関するこれらの研究では、単にKRを提供する割合のみを問題にしているだけで、練習者側の要因を考慮していない。つまり、練習者がKRを必要としているか否かに関わらず、KR提供のスケジュールが実験者によって決められているので、練習者がKRを必要としているときに提供されず、逆に不必要とされているとき冗長な情報が与えられるといったすれちがいが生じている可能性がある。

その点で、KRのバンド幅(bandwidth)に関する最近の研究はきわめて示唆的である。Sherwood(1988)は、200msecで腕を伸展するという課題の学習において、毎回KRを与える条件、200msecの5%の逸脱幅を越した時のみKRを与える条件、10%の逸脱幅を越した時のみKRを与える条件の学習効果を比較し、保持テストにおいて10%条件が最も優れており、0%すなわちすべてにおいてKRが提供された条件が最も悪いという結果を報告している。その後、いくつかの研究において、より広いバンド幅が学習を促進するという結果が報告されている(Bulter et al.,1996, Cauraugh et al.,1993; Graydon,J et al.,1997; Lee et al., 1990; Lee & Maraj,1994, Reeve et al., 1990; Smith et al.,1997)。

Schmidt(1991)は、練習が進むにつれてパフォーマンスが向上するので、バンド幅を設定することにより、結果的にKRが次第に減少するスケジュールと同じになることが保持を促進する原因であると考えている。これに対してGraydon(1997)は、頻度やスケジュールといった二次的な要因ではなく、バンド幅の設定がもたらす「ノーエラーKR」(no-error KR)という新たな情報が重要であると考えている。すなわちバンド幅を設定した場合には、KRを与えないということは「エラーではなかった」というKRを暗に与えていることになる。この情報が学習を促進したと彼は考えている。

以上のどの説明も、それぞれ可能性として成立し得るが、これら以外にもう一つの重要な要因が関与している可能性がある。それは、練習者側の要因がKR提供の仕方に反映さ

れているか否かという点である。前述したKR頻度やスケジュールに関する研究では、練習者の反応の出来・不出来とKR提供とは無関係であるのに対し、バンド幅の研究では、エラーが設定された基準より逸脱した時のみKRが提供される、表現を変えれば練習者の反応の出来・不出来とKR提供とが密接に結びついているのである。Lee and Carnahan (1990)は、「くびき」(YOKED)条件を設定することによって、頻度あるいはスケジュールが重要なのか、あるいはパフォーマンスに基づいてKRを提供することが重要なのかについて検討した。「くびき」条件とは、バンド幅を設定することによって提供されたKRと同じスケジュールで情報を提供する条件のことである。したがって、バンド幅が設定された条件とくびき条件とで、頻度は同じであるがKRが被験者のパフォーマンスに基づいて提供されているか否かという点で異なっている。その結果、バンド幅条件の方が「くびき」条件より優れていることを報告している。このことは、単なる頻度やスケジュールが本質的なのではなく、パフォーマンスに基づいていることが重要であることを示唆している。

但し、果たして設定されたバンド幅が練習者のKRに対する要求度とどのように対応しているのかについては不明である。最近、この点に関わって次のような研究が報告されている。Janelle et al.(1995)はボールの的当て課題の学習において、あらかじめパフォーマンスに関するフィードバック情報の提供のスケジュールが決められている条件の他に、被験者の判断でフィードバック情報を利用するという条件、およびその「くびき」条件を加えて比較を行っている。その結果、被験者の判断でフィードバック情報を利用する条件の学習効果が最も優れているということを報告している。ただこの研究では、被験者は練習試行全体の7%でしか情報を利用しておらず、「くびき」条件と比較するにはあまりにも頻度が少なすぎる。したがって、フィードバック情報の頻度そのものが重要なのか、被験者の必要度に応じてフィードバック情報を提供することが重要なのかについて考察することはできない。

本研究の目的は二つある。一つは、学習者が採用するKR利用方略と、KR頻度に関する従来の研究で明らかにされてきた内容との間に共通性が見られるかを確かめることである。ガイダンス仮説に従えば、悉皆方略よりも間欠方略の方が優れており、スケジュールとしては次第に頻度を減少させる方略が望ましいと考えられるが、練習者にKR利用の判断をゆだねた場合、果たして上記のような方略を採用するのだろうか。

もう一つの目的は、このような学習者の判断によるKR利用による学習効果を、あらかじめ決められたスケジュールでKRが提供される従来型の練習による効果と比較することである。本研究では、練習期間を通じて一定比率で提供される条件、徐々に減少していく条件、逆に徐々に増加していく条件の三つを設定し、これらと練習者が採用する方略の運動学習に及ぼす効果の比較を試みる。

II. 方法

1. 被験者

18才から21才までの大学生男女50名を被験者とした。全員が右利き（ペンを持つ方の手）である。

2. 学習課題

利き手の直線的前後動によって、ディスプレイに表示されたターゲットパターンを再現することが課題である。ターゲットパターンは、縦軸を移動距離、横軸を所要時間とするグラフによって表示した（図1）。スタート位置から折り返し地点までの移動距離は19cmであり、所要時間は片道500msec、往復で1秒である。

被験者に対し、右手でペンを保持し、ディジタイザー上に作成された直線の溝に沿ってペンを移動するように教示した。被験者の右手の動きは、ペン位置のX,Y座標値をRS-232Cを介して（サンプリングレート60Hz）コンピュータに入力することによって測定した。

KRは、このようにして計測した右手の移動パターンをグラフ化したものを、前述のターゲットパターンにスーパーインポーズすることによって提示した。

3. 手続きと実験条件

(1) 全体の手続き

200回の練習を50回ずつ4ブロックに分けて実施した。ブロック間インターバルだけは1分間と一律に設定したが、ターゲット提示から動作開始までの時間(PRT)及びKR観察時間(KRT)の長さは被験者自身が決定した。練習終了後（直後テスト）と24時間後（保持テスト）にテストを行い、引き続き転移テストを行った。テスト試行はそれぞれ10試行であり、KRは与えなかった。なお練習に先だって、テスト試行においてKRが入手できない点をあらかじめ伝えておいた。

最後に、以下の内容について被験者に内省報告を求めた。全員に共通に聞いた内容は、1)すべての試行でKRを利用した方がいいと思うか否か、2)もし全試行の半分しかKRを利用することができなければ“constant”条件、“decreased”条件、“increased”条件（後に説明する）のいずれを選択するかとの2点である。また、後述する“select”条件の被験者には、KRを利用する・しないの判断基準について質問した。

保持テスト、転移テストのいずれもKRの伴わない10試行によって構成した。転移テストにおいては、練習で用いたパターンとは異なるターゲットパターンを用いた。

当初は、課題の教示と練習回数のみを指定し、KRを見るか見ないかの判断を全て被験者に任せるという条件を設定し、そこで観察されたKR利用方略をいくつかに分類することによって、他の実験条件の結果と比較する予定であった。しかし、予想に反しほとんどの被験者がすべての試行にわたってKRを利用する傾向が見られた。そこで方針を変え、すべての試行でKRを利用した被験者が10人に達するまでデータを採り、それを後述する“control”条件の被験者とすることにした。すべての試行でKRを利用した人が10人に達した時点で、KRを利用しない試行が含まれていた被験者の人数は4人であった。この4

人の被験者のデータについては、人数が少ないこと、人によってKR利用頻度に大きな開きがあることなどの理由により、今回は分析の対象とはしなかった。

以上のような結果そのものが、本研究の第1の目的に対する一つの結果である。ただ、このままでは、学習者の判断によるKR利用による学習効果を、あらかじめ決められたKRスケジュールの練習による学習効果と比較するというもう一つの研究目的につて調べることができない。そこで本実験では、練習回数の半分でしかKRを利用することができないという制約を設けた上で被験者に判断させる条件を設定し、他の条件と比較することにした。

(2)実験条件

被験者50人を、以下の五つの練習条件にランダムに割り当て、合計5群を編成した。

① “control” 条件：

練習試行のすべてにわたってKRを提示した。

② “select” 条件：

全体の半分の試行においてしかKRが得られないことを知らせた上で、その利用の仕方は被験者の選択にまかせた。

③ “constant” 条件：

練習試行全体の半分においてKRを提示した。その際、最初から最後まで2試行に1回の割合で提示した。

④ “decreased” 条件：

練習試行全体の半分においてKRを提示した。その際、徐々にKR提示試行の割合が減少するように、第1ブロックで5回に1回、第2ブロックで3回に1回、第3ブロックで3回に2回、第4ブロックで5回に4回の割合でKRを提示した。

⑤ “increased” 条件：

スケジュールが逆である点を除き、“decreased”条件と同じである。

(3) 1試行の手続き

“select”群における1試行の手順は次の通りである。ターゲットパターンは、被験者が保持したペンがデジタルタイザ上スタートエリア内に入った時点でディスプレイに現れ、ペンがスタートエリアから出た時点で消えるようにした。再びペンがスタートエリアに戻った時点で、ディスプレイには「結果を見る」と「次へ進む」の二つの選択肢が表示されるようにし、被験者にいずれかを選択させた（選択肢の文章の上をマウスでクリック）。

「結果を見る」の方を選択した場合は直ぐにKRを提示し、「次へ進む」の方を選択した場合はKRを表示せずにそのまま次の試行へ移行するようにした。手の移動の開始のタイミング、KR利用の判断、KRを見ている時間、試行間インターバルは全て被験者自身に判断させた。

その他の条件も基本的には同様の手順であるが、移動終了時における選択肢は条件によつ

て異なり、“control”条件の場合は「結果を見る」だけであるのに対し、“constant”条件と“increased”条件及び“decreased”条件では、決められたスケジュールに従って「結果を見る」あるいは「次へ進む」の何れかを表示した。

4. 依存変数

練習及びテストパフォーマンスの指標としてはRMSE(root mean square error)を用いた。ディスプレイ上におけるターゲットパターンと再生パターンのずれを面積で表したものであり(Shea et al.1993)、ディスプレイのドット数で表した。また、練習中の被験者の時間の使い方を示す指標として、ターゲットパターンがディスプレイに表示されてから、動作が開始されるまでの時間(PRT)と、KRを観察した時間(KRT)とをmsec単位で測定した。

III. 結果

1. RMSEの分析結果

(1)練習期

練習10試行を1ブロックとし、その平均値をブロックの練習パフォーマンスとした。図2は5群の20ブロックの練習パフォーマンスを示したものである。これらに対して練習条件(5条件)×練習ブロック(20ブロック)の2要因分散分析(第2要因が対応あり)を行った。その結果、二つの主効果(条件: $F=3.093$, $df=4/45$, $p=.024$; ブロック: $F=49.307$, $df=19/855$, $p=.000$)と交互作用($F=2.667$, $df=76/855$, $p=.000$)が有意であった。

交互作用が有意であったので、以下のような下位検定を行った。まず、ブロックごとに条件の効果を調べたところ、第1から第3ブロックにかけて条件の効果が有意であり、それ以降のブロックにおいては有意ではなかった。単純主効果の見られたブロックについて多重比較(TUKEY法を使用)を行ったところ、3ブロックに共通して“increased”条件と他の4条件間に差が見られた。また第1ブロックにおいては“control”条件と“select”条件、“decreased”条件との間、また“constant”条件と“select”条件との間に差が見られた。

次に、条件ごとにブロックの効果を分析したところ、すべての条件において単純主効果が有意であった。それぞれについて多重比較を行った内容を要約すると、いずれの条件でも最初の数ブロックにかけてパフォーマンスの向上が見られ、それ以降はパフォーマンスの向上が見られなくなるという結果であった。

(2)テスト期

直後テスト、保持テスト、転移テストそれぞれにおける10試行の平均値をテストパフォーマンスとした。図3は直後テストと保持テストにおける5条件のパフォーマンスを示したものである。これらに対して練習条件(5条件)×テスト時期(2期)の2要因分散分析(第2要因が対応あり)を行った。その結果、テスト時期の主効果($F=32.635$, $df=1/45$, p

=.000) と交互作用 ($F=4.501$, $df=1/45$, $p=.004$) が有意であった。

交互作用が有意であったので、以下のような下位検定を行った。まず、直後テストと保持テストそれぞれにおいて条件の効果を調べたところ、保持テストにおいてのみ条件の主効果が有意であった ($F=4.575$, $df=4/90$, $p=.002$)。そこで5条件間の多重比較を行ったところ、“control”条件と“select”条件、“constant”条件との間に有意差が見られた。

次に、各条件ごとにテスト時期の主効果を調べたところ、“control”条件と“increased”条件でテスト時期による効果が見られ、それ以外の3条件では有意な差は見られなかった。

図4は転移テストにおける5条件のパフォーマンスを示したものである。これらに対して1要因分散分析(5条件)を行った結果、傾向は見られたが ($F=2.393$, $df=4/45$, $p=.0637$)、5%レベルの有意水準には達しなかった。

2. “select”条件におけるKR利用パターン

“select”条件の被験者がどのようなKR利用方略を採用したかを調べるために、200試行を50試行ずつにまとめその中のKR利用回数を10人の被験者それぞれについて算出した。図5は、各50試行ごとのKR利用回数の10人の被験者の平均を示したものである。これらに対して対応のある1要因分散分析(4水準)を行ったところ、有意ではなかった ($F=2.156$, $df=3/27$, $p=.1154$)。このことは、“select”群の被験者は、“constant”条件のスケジュールに近い利用方略を採用する傾向があることを意味している。

3. 内省報告

すべての試行でKRを利用した方がいいと思うか否かという質問に対する答えを、「全部必要」と「全部見る必要はない」とに2分類し、その集計結果を条件ごとにまとめたのが表1である。なお、この集計においては、“control”群の被験者として前述した14人すべての結果として示した。被験者数が少ないので、これらの結果に対する度数の検定は行わなかったが、この表からは、条件にかかわらず多くの被験者ができれば全試行においてKRを利用したかったと思っていることがわかる。

もし全体の半分でしかKRを利用することができないとしたら、“constant”条件、“decreased”条件、“increased”条件のいずれを選択するかという質問に対する答えを、条件ごとに集計した結果が表2である。被験者数が少なく、統計的検定は行わなかったが、全体として“constant”条件のスケジュールを選択する傾向が見られた。ただ、“decreased”群や“increased”群では、自分が経験したスケジュールを選択する傾向があった。

“select”条件の被験者には、KRを利用する時としない時の判断基準について質問した。10人という小人数にもかかわらず、この質問に対する答えは多様でありであり、判断基準に共通性は見られなかった。以下すべての被験者の回答を要約する。

1) 適当にやった(1人)。2) 定期的に見た(2人)。3) 結果が分からないとき見た(7人)。この7人の中には、)明らかにだめとわかったときは見ないが、自信があるときは確認の意味で見たという人(2人)と、逆に自信がある時は見ないで、だめだと分かっ

たときは見たという人（3人）とが含まれていた。

4. 練習期におけるPRTの分析結果

図6は5群の20ブロックのPRTを示したものである。これらに対して練習条件（5条件）×練習ブロック（20ブロック）の2要因分散分析（第2要因が対応あり）を行った。その結果、ブロックの主効果と（ $F=62.948$, $df=19/855$, $p=.000$ ）と交互作用（ $F=1.785$, $df=76/855$, $p=.000$ ）が有意であった。

交互作用が有意であったので、以下のような下位検定を行った。まず、ブロックごとに条件の効果を調べたところ、第1ブロックにおいて条件の効果が有意であり、それ以降のブロックにおいては有意ではなかった。第1ブロックについて多重比較を行ったところ、“increased”条件が“select”条件と“constant”条件より有意に短いという結果であり、それ以外の条件間に差は見られなかった。

次に、条件ごとにブロックの効果を分析したところ、すべての条件において単純主効果が有意であった。それぞれについて多重比較を行ったところ、いずれの条件でも最初の数ブロックにかけてPRTの短縮が見られ、それ以降は変化が見られなくなるという結果であった。特に“control”条件では、最初のブロックで短縮が見られるだけで、それ以降はPRTはほぼ一定であった。

5. 練習期におけるKRTの分析結果

図7は、5群の20ブロックのKRTの変化を示したものである。これらに対して練習条件（5条件）×練習ブロック（20ブロック）の2要因分散分析（第2要因が対応あり）を行った。その結果、二つの主効果（条件: $F=5.423$, $df=4/45$, $p=.0015$; ブロック: $F=169.557$, $df=19/855$, $p=.000$ ）と交互作用（ $F=4.044$, $df=76/855$, $p=.000$ ）が有意であった。

交互作用が有意であったので、以下のような下位検定を行った。まず、ブロックごとに条件の効果を調べたところ、第1から第10ブロックにかけて条件の効果が有意であり、それ以降のブロックにおいては有意ではなかった。単純主効果の見られたブロックについて多重比較を行ったところ、最初の5ブロックにかけては“control”条件が最も長く“increased”条件が最も短く、それ以外の3条件がこの中間に位置するという結果であった。それ以降第10ブロックにかけては“increased”条件のみが他の4条件よりもKRTが長いという結果であった。

次に、条件ごとにブロックの効果を分析したところ、すべての条件において単純主効果が有意であった。それぞれについて多重比較を行った結果、“select”条件、“constant”条件、“decreased”条件の3条件では最初の5から7ブロックにかけて短縮が見られ、それ以降ほぼ一定になるという共通の傾向が見られた。一方、“control”条件の場合は最初の2ブロックで短縮が止まるのに対し、“increased”条件では第10ブロックまで短縮が続くという、上記の3条件とは異なる傾向が見られた。

IV. 考察

1. パフォーマンスの分析結果について

練習によって有意な学習が生じていたことが明らかになった。したがって、以後の分析をする意味が保証されたと言える。ただし最初の数ブロックでパフォーマンスの向上は見られるものの、それ以降はほとんど変化が見られないので、課題の難易度という点で若干の問題があったかもしれない。

保持テストの結果、“control”条件と“increased”条件で保持インターバルに伴うパフォーマンスの低下が見られたのに対し、他の3条件ではパフォーマンスが維持されることがわかった。これらのうち、“decreased”条件や“constant”条件については従来のKRの頻度に関する研究結果を支持するものである。“select”条件についても、利用頻度を50%と指定した点、また実際の利用パターンが“constant”条件ときわめて共通していた点を考えると当然の結果とも言える。ただ注目しなければならないのは、“constant”条件ではKR提供のスケジュールが練習パフォーマンスとは無関係にあらかじめ決まっているのに対して、“select”条件ではKRを利用するかしないかを被験者自身が決めているという点である。この違いにも関わらず、両者の間に学習効果の大きな違いは見られなかった。このことは、KRの効果左右する要因として、KRの頻度やスケジュールそのものが重要なのであって、スケジュールを練習者自身が決定するか否かということは本質的な問題ではないということを示している。

以上の結果は、Janelle et al.の研究結果とまったく異なるものである。このような結果の違いの原因は、二つの実験間で遂行後のフィードバック情報に対する必要度が違っていたという点にあると考えられる。Janelle et al.の研究では、被験者の判断でフィードバック情報を利用する条件を、その「くびき」条件と比較し、前者が保持において優れていると報告している。この結果に対しJanelle et al.は、被験者自身の判断が介入することによってより深い水準での情報処理がなされるために保持において優れていたと解釈している。しかし少なくともこの実験に関しては、この解釈は妥当ではないように思われる。なぜなら彼らの実験では、実際に被験者がフィードバック情報を利用した頻度は練習試行全体の7%でしかなく、これでは「くびき」条件と比較するにはあまりにも少なすぎるからである。つまりわずか7%では、フィードバック情報に対する被験者の必要度と実際のフィードバック提供とのすれちがいが大きすぎると考えられるのである。「くびき」条件の保持テストパフォーマンスが低かった原因はむしろこの点にあるのではないかと考えられる。

“constant”条件と“decreased”条件の保持パフォーマンスが“control”条件と“increased”条件より優れ、“control”条件と“increased”条件間に保持パフォーマンスの差が見られないという結果は、ガイダンス仮説に基づいたWinstein & Schmidt(1990)の考えを支持する結果である。このように、テストパフォーマンスの分析ではガイダンス仮説の妥当性を示しているが、練習パフォーマンスでは、次のような不適応説(Wulf & Schmidt,1994)に沿った現象も見られている。

基本的には条件による練習パフォーマンスの大きな違いは見られなかったが、第1ブロックにおいては“increased”条件と共に“control”条件のパフォーマンスも他の条件より有意に劣っているという結果であった。このことは、学習初期において、少なすぎるKRも問題であるが、逆に毎回KRが提供されることにも問題があることを示唆している。すなわち、不適応説が想定しているように頻繁にKRが提供されることにより過剰に制御しようとして混乱していることが考えられるのである。ただ、第1ブロックのこのような混乱が保持テストパフォーマンスに影響したかについては、今回の実験からはこれ以上考察することはできない。

2. KR利用方略について

以上のように、少なくとも今回用いた運動課題の場合は、毎回KRを利用するより頻度を半分に減らすほうが、あるいは“increased”条件より“constant”条件や“decreased”条件の方が保持を促進することが証明された。では、被験者自身が選択したKR利用方略はこれらの事実に対応していたのだろうか。

今回の実験では、すべての試行について選択が許された14人の被験者のうちの10人までが、すべての試行においてKRを利用していた。また、実験に参加したすべての被験者の内省報告によってもこのことが確かめられた。この結果は、Janelle et al.(1995)が報告している内容とは異なる結果である。彼らの実験では、フィードバック情報の利用を被験者に判断させた場合は、全試行の7%しか利用しないと報告している。

この差をもたらした原因の一つとして、練習課題の性質の違いを挙げることができる。Janelle et al.の研究で用いた課題は、アンダーハンドによるボールの正確投げという離散的(discrete)弾み動作(ballistic)課題であるのに対し、本実験での課題は連続的パターン再生課題である。Janelle et al.の研究では、フィードバック情報として投球動作に関する運動学的なアドバイスを与えている。しかし、ボールの正確投げという課題では、投げ方そのものが問題なのではなく、その投げ方によってもたらされたボールの落下位置の正確性を向上させることが習得目標なのである。この場合は、投げ方に関する運動学的情報は、間接的には意味があるかも知れないが、ほとんどの試行で被験者にとって冗長な情報でしかなかった可能性が高い。それに対してパターン再生課題では、動かし方そのものが習得目標になっており、このような課題においては、今回の実験でKRとして提供した情報は、被験者にとって必要度の高い情報である。この違いが遂行結果に関するフィードバック情報の利用方略に影響したと考えられる。

いずれにせよ、本実験に関する限り、被験者が選択したKR利用方略は保持を促進する「間欠方略」ではなく「悉皆方略」であった。全員から得られた内省報告結果でも、できれば全試行でKRを利用したいと考えている人の方が多く、これは被験者が実際に採用した方略と共通している。また、“select”条件におけるKR利用の仕方は、保持において優れていた“constant”条件と共通していたが、被験者に対する質問の結果では、自分が体験した条件に沿った回答をしている傾向が見られた。このことは、被験者が必ずしも意識

的に“constant”スケジュールを採用したのではないことを意味している。また、KRを利用する時の判断基準は人によってまちまちであることもわかった。

これらのことは、KR利用に関する限り、学習者が自発的に採用する方略は曖昧でしかも妥当を欠いていることを示していると言えよう。したがって、実際のな面について言えば、運動スキルの練習においては、KRの利用に関する限り指導者側からの適切な配慮がなされなければならないことを示しているといえる。

3. 時間的な側面について

第1ブロックの“increased”条件が他の4条件に比べてPRTが短いという結果は見られたものの、それ以外では練習条件の違いは見られなかった。これに対してKRTでは、練習の前半において条件間の差が見られた。工藤(1997)は、運動学習に及ぼす「文脈干渉効果」と認知スタイルの個人差の相互作用に関する研究で、今回の実験のPRTとKRTに相当する時間を測定している。その中で工藤は、一つの課題のみを練習する条件においては、認知スタイルの個人差から予想される結果は、PRTよりもKRTの方に反映されることを報告しているが、この点は今回の結果と共通している。

これらの結果については、次のように考えることができる。同一課題を連続して練習する場合は、課題で要求されている内容はあらかじめわかっているため、事前に動作のプランニングをすることができる。したがって、認知スタイルや今回のような練習条件の違いはPRTには反映されにくいと考えられる。しかし、たとえ同一課題であったとしても、実際の遂行は試行ごとに変動するので、遂行結果についての情報には冗長性が低いと考えられる。したがって情報処理時間の指標としてのKRTの方には、認知スタイルや練習条件の違いが反映されたのではないだろうか。

ただ、このような時間的な側面に関する結果と保持に対する促進的効果との関連性をうかがわせようような結果は、今回の実験からは得られなかった。

V. まとめ

本研究では、KR提供のスケジュールに関して、単に頻度やスケジュールだけでなく、その時のパフォーマンスの状況や練習者の必要度に基づいて利用することの意味について実験的に検討を試みた。しかし、従来の研究から予想されたことに反し、頻度やスケジュールによる保持の促進効果に対して、練習者の判断を可能としたことによる付加的促進効果を明らかにすることはできなかった。このことは、運動学習に及ぼすKRの効果を左右する要因として、練習者の判断はさほど重要な意味を持たないことを示している。

この実験で最も注目すべきは、KRの利用頻度を減少させた方が学習が促進されるという事実があるにも関わらず、練習者はそのようなKR利用方略は採用せず、むしろ悉皆利用方略を望んだことである。このことは、運動学習におけるフィードバック情報利用に関しては、指導者側のある程度の管理が必要であることを示している。

ただし本文でも触れたように、運動課題の性質が異なれば、KRに対する必要度が変化する。すべてのケースに対して今回の結果を適用するわけには行かない。KR利用に対する練習者自身の判断の意味について結論を出すには、他のいくつかのケースについての検討をまつ必要がある。

VI 引用文献

- Adams, J.A. (1971) A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.
- Baird, I.S. and Hughes, G.H. (1972) Effects of frequency and specificity of information feedback on acquisition and extinction of a positioning task. *Perceptual and Motor Skills*, 34, 567-572.
- Bilodeau, E.A., Bilodeau, I.M., and Schumsky, D.A. (1959) Some effects of introducing and withdrawing knowledge of results early and late in practice. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 142-144.
- Bulter, M.S., Reeve, T.G. and Fischman, M.G. (1996) Effects of the instructional set in the bandwidth feedback paradigm on motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 355-359.
- Cauraugh, J.H., Chen, D. and Radlo, S.J. (1993) Effects of traditional and reversed bandwidth knowledge of results of motor learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64, 413-417.
- Grayton, J., Pain, L., Ellis, C. and Threadgold R. (1997) Comparison of bandwidth knowledge of results and the relative frequency effect in learning a discrete motor skill. *Journal of Human Movement Studies*, 32, 15-28.
- Janelle, C.H., Kim, J., & Singer, R.N. (1955) Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. *Perceptual and Motor Skill*, 81, 629-634.
- Kohl R.M. and Guadagnoli, M.A. (1996) The scheduling of knowledge of results. *Journal of Motor Behavior*, 28, 233-240.
- 工藤孝幾 (1997) 練習スケジュールと認知スタイルが運動学習に及ぼす影響 日本体育学会第48回大会号, p.198.
- 工藤孝幾, (1989) フィードバックの分類 「運動行動の心理学」 麓、工藤、伊藤著、高文堂出版、54ページより
- Lee, T.D. (1988) Transfer-appropriate processing: a framework for conceptualizing practice effects in motor learning. In O.G. Meijer, and K. Roth (Eds.) *Complex Movement Behaviour: The motor-action controversy* Elsevier Science Publishers B.V. North-Holland,

- pp.201-215.
- Lee,T.D., and Carnahan,H. (1990) Bandwidth knowledge of results and motor learning:More than just a relative frequency effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 777-789.
- Lee,T.D. and Maraj,B.K.V. (1994) Effects of bandwidth goals and bandwidth knowledge of results on motor learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 244-249.
- Lee,T.D., White,M.A. and Carnahan,H. (1990) On the role of knowledge of results in motor learning: Exploring the guidance hypothesis. *Journal of Motor Behavior*, 22,191-208.
- Magill,R.A. (1993) *Motor Learning: Concepts and Applications*. Wm. C. Brown & Benchmark Communications, Inc. pp.305-349.
- Reeve,T.G., Dornier, L.A. and Weeks,D.J.(1990) Precision of knowledge of results: Consideration of the accuracy requirements imposed by the task. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 61, 284-290.
- Salmoni,A.W., Schmidt,R.A. and Walter,C.B. (1984) Knowledge of results and motor learning : A review and critical appraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355-386.
- Schmidt,R.A. (1975) A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt,R.A. (1991) *Motor Learning & Performance: From Principles to Practice*. Human Kinetics, Champaign,IL.
- Sherwood,D.E. (1988) Effect of bandwidth knowledge of results on movement consistency. *Perceptual and Motor Skills*, 66, 535-542.
- Shea,C.H., Shebilske,W.L., and WorcheI,S.(1991) *Motor learning and control*. Prentice-Hall, Inc. pp.301-302.
- Smith,P.J.K., Taylor,S.J. and Withers,K.(1997) Applying bandwidth feedback scheduling to a golf shot. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 215-221.
- Sparrow,W.A. and Summers,J.J. (1992)Performance on trials without knowledge of results (KR) in reduced relative frequency presentations of KR. *Journal of MotorBehavior*, 24, 197-209.
- Thorndike,E.L. (1927) The law of effect.*American Journal of Psychology*, 39, 212-222.
- Winstein,C.J., and Schmidt,R.A. (1990)Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 677-691.
- Wulf,G. (1992) The learning of generalized motor program and motor schemata: Effects of KR relative frequency and contextual interference. *Journal of Human Movement Studies*, 23, 53-76.

- Wulf,G., Lee,T.D., and Schmidt,R.A. (1994) Reducing knowledge of results about relative versus absolute timing:differential effects on learning. *Journal of Motor Behavior*, 24, 362-369.
- Wulf,G., and Schmidt,R.A. (1989) The learning of motor generalized motor programs: Reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 748-757.
- Wulf,G. and Schmidt,R.A. (1994) Feedback-induced variability and the learning of generalized motor programs. *Journal of Motor Behavior*, 26, 348-361.
- Wulf,G., Schmidt,R.A., and Deubel,H. (1993) Reduced feedback frequency enhances generalized motor program learning but not parameterization learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 1134-1150.
- Wulf,G., Shea,J.B. and Rice,M. (1995) Type of KR and KR frequency effects on motor learning. *Journal of Human Movement Studies*, 30, 1-18.

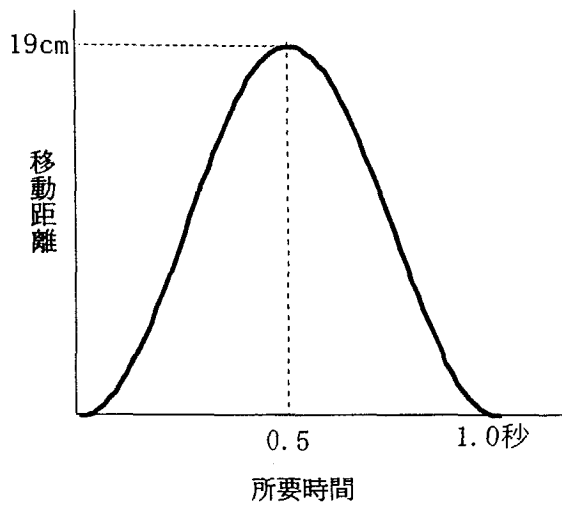


図1 ターゲットパターン

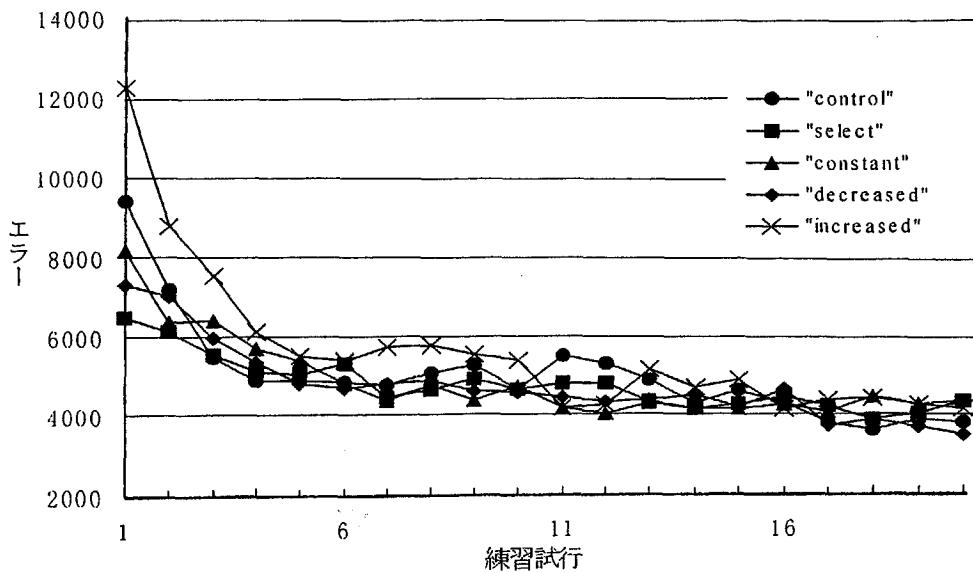


図2 練習期におけるパフォーマンスの変化

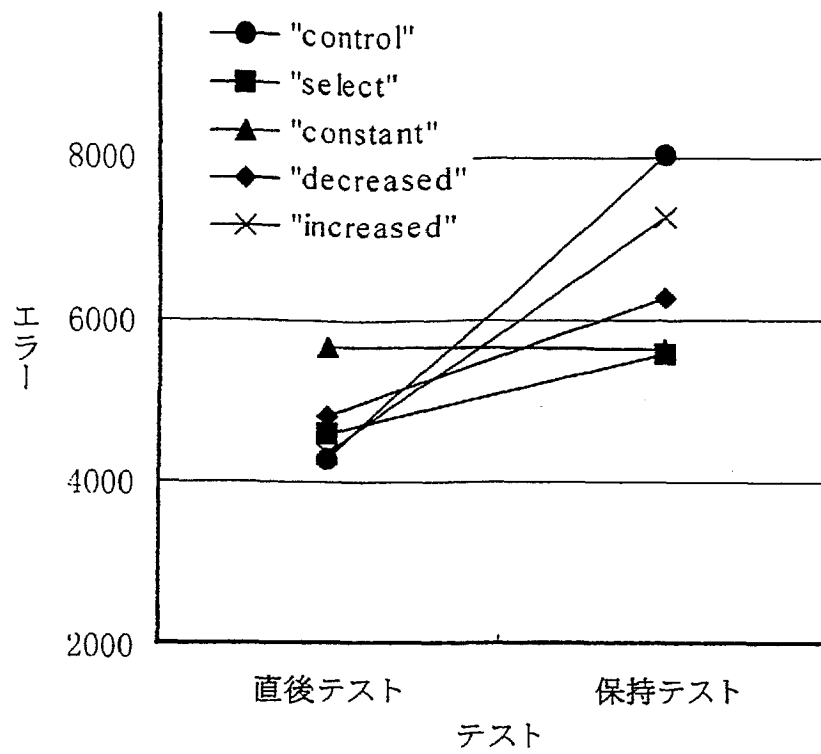


図3 保持インターバルに伴うパフォーマンスの変化

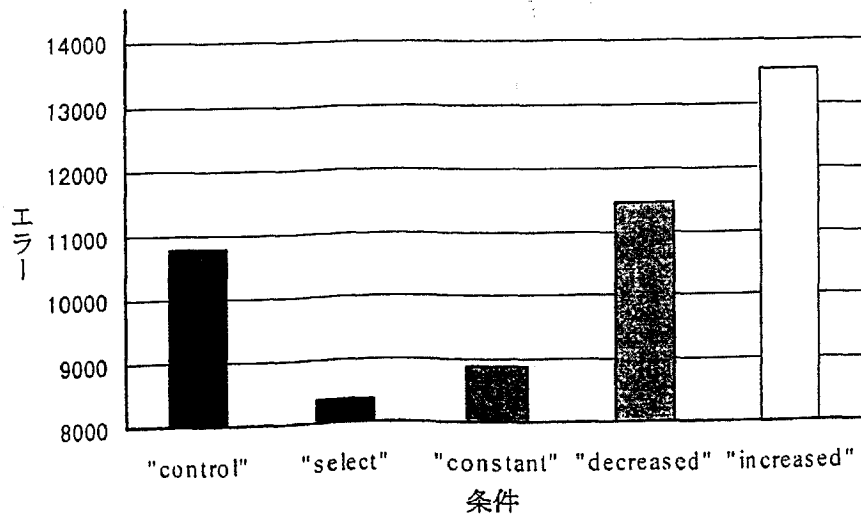


図4 転移テストにおける5条件のパフォーマンスの比較

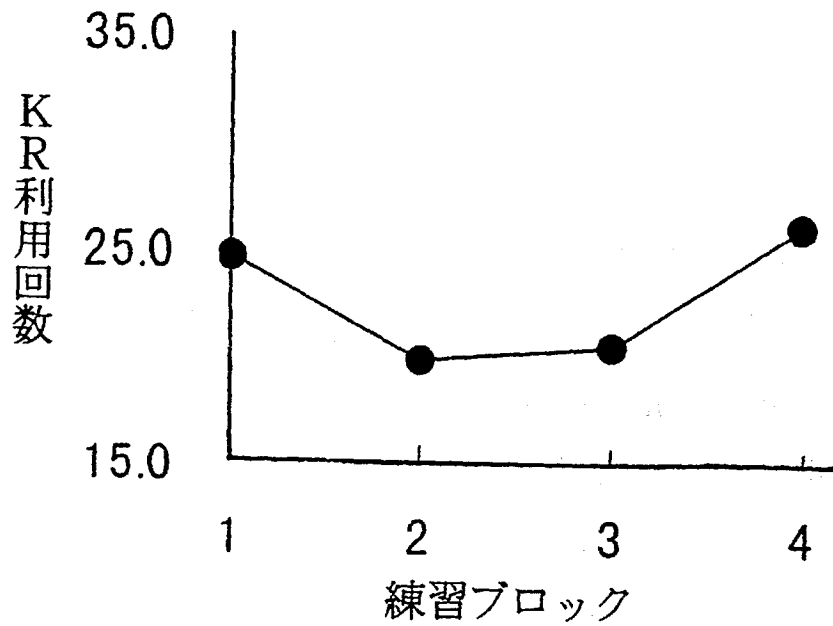


図5 練習期における“select”群のKR利用回数の推移

表1 全試行でのKR利用に関する回答の集計結果

条 件	全 部	不必要	%
“control”	10	4	71.43
“select”	7	3	70.00
“constant”	7	3	70.00
“decreased”	8	2	80.00
“increased”	9	1	90.00
全 体	41	13	75.93

表2 3つのKR利用方略のどれを選択するかという問いに対する回答

(恒常=“constant” 減少=“decreased”
増加=“increased”)

条 件	恒常方略	減少方略	増加方略
“control”	5	3	2
“select”	6	4	0
“constant”	7	3	0
“decreased”	2	7	1
“increased”	3	2	5
全 体	23	19	8

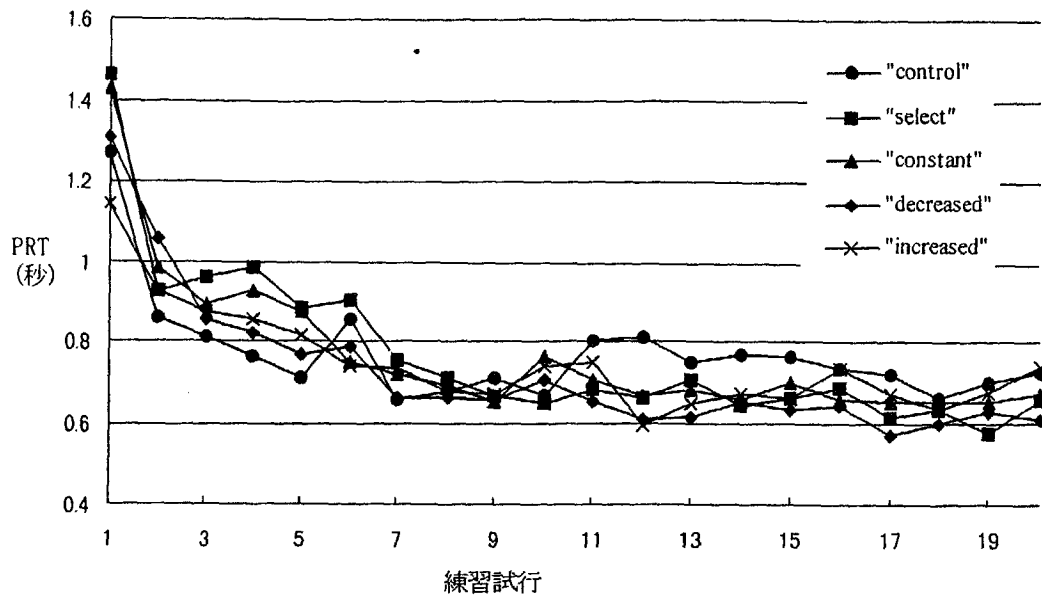


図6 練習に伴うPRTの変化

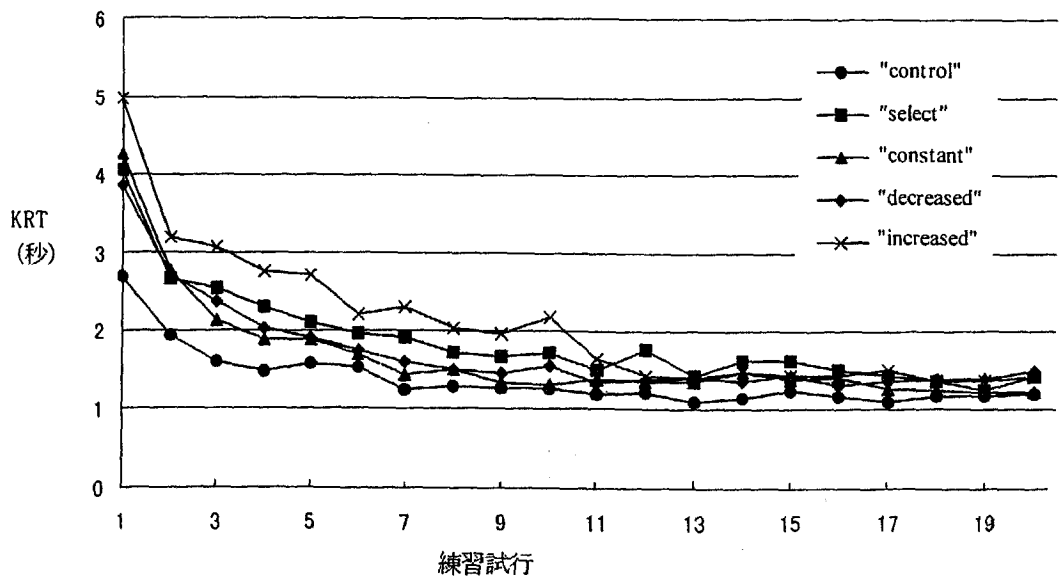


図7 練習に伴うKRTの変化

第3章 練習スケジュール方略に関する実験的検討

I. 目的と仮説

運動学習の効果を左右する重要な要因の一つとして、ある一定期間内に複数の動作を練習するとき、どのような練習のスケジュールを組んだ場合に最も学習効果が上がるかという問題が注目されてきた。その背後には、「スキーマ理論」や「文脈干渉」といった認知心理学的な運動学習理論の発展が関与しており、それらから導かれる「多様性練習仮説」や「文脈干渉効果」という観点から、近年多くの研究が行われてきた。

以前は、学習とは動作の反復経験によって得られるフィードバック情報を基にその動作に対応する「知覚痕跡」を形成することであると考えられていた（「閉回路理論」Adams, 1971）。これに対してSchmidt(1975)は、練習者が覚えるのは毎回の動きに伴う感覚ではなく、動作を遂行するときに特定された動かし方に関する決定内容と、その時の動作結果の関係であると考えている（「スキーマ理論」、Schmidt,1975）。「閉回路理論」に基づけば、できるだけ正しい動きを多く反復することが動作の修得にとって重要であることになるのに対して、「スキーマ理論」では逆に多様性に富んだ動きの経験こそが学習成立にとって不可欠の要因であるということになる（「多様性練習仮説」、Moxley,1979）。このことに関しては、1970年代の後半から1980年代にかけて多くの仮説検証実験が行われてきた。これらについては、工藤(1993)やVan Rossum(1990)がその研究成果のまとめを行っている。

それらのまとめによれば、スキーマ理論に基づく多様性練習仮説は、必ずしも明確に検証されているとは言い難い。その理由の一つとして注目されるのが、多様な動作経験の練習スケジュールである。複数の動作を練習する場合には、個々の動作をまとめて練習するやり方と（「ブロック練習」）、1回ごとに動作を替えるやり方（「ランダム練習」）とが考えられる。Shea & Morgan(1979)は、練習の時に毎回動作を替えることによって生じる干渉（「文脈干渉」、Battig,1979）は練習パフォーマンスを抑制するが、保持と転移を促進するという現象を報告している（「文脈干渉効果」）。それ以降、この文脈干渉効果は多くの研究によって確認されてきており、また、文脈干渉効果が見られる原因についていくつかの仮説が提唱され、それらの妥当性を巡って検証実験が行われてきている。これらの研究についてはMagill & Hall(1990)が詳細な概観を行っている。

このように、運動学習における練習スケジュールの影響については、近年の認知心理学的な運動学習理論の発展と共に、重要な発見が報告されるようになってきている。ただ、練習スケジュールに関するこれらの研究では、練習スケジュールに関する仮説について検証を試みるというスタイルを採っており、例えば「多様性練習仮説」の検証においては、一つの動作だけを集中して練習する「コンスタント練習」条件と動作に変動を持たせた「多様性練習」条件の比較、また「文脈干渉効果」の検証においては、先に述べた「ブロック練習」条件と「ランダム練習」条件の比較というように、実験者があらかじめ設定した

典型的なスケジュールを被験者に強制してその学習効果を比較している。これらの研究には、運動学習における練習スケジュールの影響を考える上で見逃してはならない、もう一つの重要な問題がまったく考慮されていない。それは練習スケジュールに関わる練習者側の要因である。つまりこれらの研究では、練習者が自分の特性に応じてスケジュールを選択するといったメタ認知的側面や、練習状況に応じて臨機にスケジュールを調整するという柔軟さがまったく許されていない。例えば、練習者が確認の意味でもう一回反復してみようと思っても許されなかったり、逆にもう反復は不必要と思っているにも拘わらず反復が強制されるといった、練習者の要求とスケジュールとの乖離が十分に考えられるのである。

文脈干渉効果に関する研究で、練習者側の要因を考慮した研究が最近報告されている。Jelsma & Van Merriënboer(1989)は、文脈干渉効果と衝動型-熟慮型という認知スタイルの個人差との交互作用について調べた。課題はコンピュータディスプレイ上のトラックをカーソルでトラッキングする課題で、衝動型と熟慮型のそれぞれの被験者において文脈干渉効果を調べた。その結果、文脈干渉による学習の促進効果は熟慮型の被験者において減少するという結果であった。また、衝動型の被験者にランダム練習条件を課すことによって、熟慮型の学習スタイルに近づき、それが保持を促進することが示された。

このように、効果的な練習スケジュールを考える上で衝動型-熟慮型という認知スタイルの個人差が重要な要因になっていることが示されている。ただ、この研究で用いた課題は、追跡する経路の記憶課題ともいえるべき課題であり、純粹の運動課題とはいえない面がある。そこで工藤は(1997)は、利き手の往復運動のパターン再生課題を用いて「文脈干渉効果」と「衝動型・熟慮型」という認知スタイルの個人差との交互作用について調べた。その結果、Jelsma & Van Merriënboer(1989)の報告同様、「衝動群」では顕著な文脈干渉効果が見られるが、「熟慮群」では文脈干渉効果は見られないという結果を得ている。

またSmith & Rudisill(1993)は、タイミング課題の学習に及ぼす文脈干渉効果を調べた研究の中で、習熟度のちがいや性差の効果についても検討している。その結果、女性においてのみ、転移課題において文脈干渉効果が見られるという性差と文脈干渉効果との交互作用の存在を明らかにしているが、習熟度との交互作用は見られなかったと報告している。

これらの研究は、「文脈干渉効果」には適性処遇交互作用(ATI: Cronbach & Snow, 1977)が関与していることを示している。すなわち、練習スケジュールの効果を考える際には、学習理論から導き出される練習スケジュールだけではなく、学習者側の個人差を考慮しなければならないということである。

練習スケジュールの問題とは異なるが、運動学習における付加的情報の提供の仕方と学習効果に関する研究において、最近次のような研究が報告されている。Janelle et al.(1995)はボールの的当て課題の学習において、あらかじめパフォーマンスに関するフィードバック情報の提供のスケジュールが決められている条件の他に、被験者の判断でフィードバック情報を利用するという条件、およびその「くびき」条件を加えて比較を行っている。その結果、被験者の判断でフィードバック情報を利用する条件の学習効果が最も優れている

ということを報告している。この結果に対して彼らは、自分で付加情報の利用を制御することがより深いレベルの情報処理をもたらし、そことが保持を促進したと解釈している。

ただこの研究では、被験者は練習試行全体の7%でしか情報を利用しておらず、「くびき」条件と比較するにはあまりにも頻度が少なすぎる。したがって、フィードバック情報の頻度そのものが重要なのか、被験者の要求に応じてフィードバック情報を提供することが重要なのかについて結論を導くことはできない。

Janelle et al.の研究で付加的情報の自発的利用頻度が少なかった理由は、その研究で提供している付加的情報が、学習者には冗長性の高いものであったからであると考えられる。そこで工藤は(1998)、運動再生課題を用い冗長性の低い付加情報を提供することによって学習者の付加情報利用方略（この研究における付加的情報とは「結果の知識：KR」のことである）の意味について再検討を行った。その結果、100%KRより、50%KRの方が保持が優れているという、従来のKR利用頻度に関する研究と同様の結果が得られる一方で、内省報告では、ほとんどの被験者が悉皆利用方略を志向し、実際の練習においても、ほとんどの被験者が悉皆利用方略を採用するということを報告している。また、50%のKR利用頻度に統一した場合、利用スケジュールを強制された場合と自分で決めることが許された場合とで学習効果に差が無いという、Janelle et al.とは異なる結果を得ている。これらの結果は、付加情報の利用に関する限り、学習者が自発的に採用するKR利用方略は、運動学習に及ぼすKR利用頻度の影響に関して実験的に明らかにされてきた事実とは必ずしも一致しないことを示している。

本研究の目的は、複数の運動課題を練習するとき、学習者自身が選択する練習スケジュール方略が、文脈干渉効果に関してこれまで明らかにされてきた実験的事実と共通するのかを明らかにすることである。また、その練習スケジュール方略がどのようなものであれ、従来の実験で用いられてきた典型的な「ブロック練習」条件や「ランダム練習」条件に比べて練習パフォーマンスやテストパフォーマンスと比べてどのような関係にあるのかを明らかにすることである。

また今回は、転移適応処理(transfer appropriate processing: Morris, et al., 1977)についても検討する。これは、練習時の情報処理方式とテスト時の情報処理方式の共通性がテストパフォーマンスを決定する一つの重要な要因であるとする考え方である。このことが正しければ、練習時のスケジュールとテスト時のスケジュールとが同一か否かでテストパフォーマンスが左右されると考えられる。本研究では、被験者にあらかじめテストスケジュールを通知しておいた場合に、それに対応した練習スケジュールを採用するのかについてもあわせて検討する。

II. 方法

1. 被験者

18才から21才までの大学生男女72名を被験者とした。全員が右利き（ペンを持つ方の手）

である。

2. 学習課題

利き手の直線的前後動によって、ディスプレイに表示されたターゲットパターンを再現することが課題である。ターゲットパターンは、縦軸を移動距離、横軸を所要時間とするグラフによって表示した(図1)。3つの異なるターゲットパターンの学習を要求したが、図からわかるようにいずれの動作も1往復運動である点で共通しており、折り返し地点までの距離と所要時間がそれぞれ異なっていた。以下に、それぞれの課題における折り返し地点までの移動距離と所要時間、及び引き返すときの所要時間を示しておく。

課題A：折り返しまでの距離=110mm、折り返しまでの所要時間=78msec

引き返すときの所要時間=78msec、所要時間全体=156msec

課題B：折り返しまでの距離=76mm、折り返しまでの所要時間=77msec

引き返すときの所要時間=39msec、所要時間全体=116msec

課題C：折り返しまでの距離=134mm、折り返しまでの所要時間=46msec

引き返すときの所要時間=77msec、所要時間全体=123msec

被験者に対し、右手でペンを保持し、ディジタイザー上に作成された直線の溝に沿ってペンを移動するように教示した。被験者の右手の動きは、ペン位置のX,Y座標値をRS-232Cを介して(サンプリングレート60Hz)コンピュータに入力することによって測定した。

KRは、このようにして計測した右手の移動パターンをグラフ化したものを、前述のターゲットパターンにスーパーインポーズすることによって提示した。

3. 手続きと実験条件

1つの課題につき練習を50回ずつ、3課題合計で150回の練習を行わせた。50試行を1ブロックとし、3ブロックに分けて実施した。すべての試行でKRを提供した。ブロック間インターバルだけは1分間と一律に設定したが、ターゲット提示から動作開始までの時間(PRT)及びKR観察時間(KRT)の長さは被験者自身が決定した。練習終了後(直後テスト)と24時間後(保持テスト)にテストを行い、保持テストに引き続き転移テストを行った。転移テストにおいては、練習で経験していない3つのターゲットパターンを用意した。テスト試行は1つの動作につき5試行、合計15試行であり、KRは与えなかった。

実験条件として、練習スケジュール要因3水準、テストスケジュール要因2水準の2要因を設定した。

練習スケジュール要因の3水準は以下のとおりである。

「セレクト練習」条件：被験者自身に練習スケジュールを決定させた。1試行の手順は次の通りである。ディスプレイの初期画面には、3つの課題を表すアルファベット(第1課題をA、第2課題をB、第3課題をCとした)が表示され、被験者は毎回次の練習課題をどれにするか選択した。次に、被験者がペンをディジタイザー上のスタートエリアに入ると、選択した課題のターゲットパターンがディスプレイに現れ、ペスがスタートエリアから出た時点で消えるようにした。再びペスがスタートエリアに戻った時点で、ディ

ディスプレイには「結果を見る」と「次へ進む」の二つの選択肢が表示されるようにし、被験者にいずれかを選択させた（選択肢の文章の上をマウスでクリック）。「結果を見る」の方を選択した場合は直ぐにKRを提示し、「次へ進む」の方を選択した場合はKRを表示せずにそのまま次の試行へ移行するようにした。手の移動の開始のタイミング、KR利用の判断、KRを見ている時間、試行間インターバルは全て被験者自身に判断させた。

「ランダム練習」条件： 3つの動作パターンをランダムな順序で練習した。ただし、同一の課題が2度連続しないように配慮した。

「ブロック練習」条件： 各動作パターンに対する50試行の練習を、それぞれ一つのブロックの中で連続して行った。ブロック練習の順序効果を相殺するために、A-B-C、B-C-A、C-A-Bの三つのブロック練習条件を設け、それぞれに被験者を同数ずつ割り当てた。

保持テストと転移テストのスケジュールに関する要因の二水準は、以下のとおりである。

「ランダムテスト」条件： 3つの動作パターンをランダムな順序でそれぞれ5回、計15回テストした。

「ブロックテスト」条件： 各動作パターンに対する5回のテストを、それぞれ連続して行った。ブロックテストの順序効果を相殺するために、A-B-C、B-C-A、C-A-Bの三つのブロックテスト条件を設け、それぞれに被験者を同数ずつ割り当てた。ブロック練習条件の場合は、三つのブロック練習条件ごとに三つのブロックテスト条件ができるだけ偏りなく対応するように配慮した。

以上の2要因の組み合わせによって構成される六つの条件に、被験者を12人ずつ割り当て、「セレクト練習-ランダムテスト (SEL-R) 群」、「セレクト練習-ブロックテスト (SEL-B) 群」、「ランダム練習-ランダムテスト (RDM-R) 群」、「ランダム練習-ブロックテスト (RDM-B) 群」、「ブロック練習-ランダムテスト (BLK-R) 群」、「ブロック練習-ブロックテスト (BLK-B) 群」の6群を編成した。なお練習に先だって、テスト試行においてKRが入手できないこと、またその被験者が割り当てられたのテストスケジュール条件の内容についてあらかじめ伝えておいた。

最後に、練習スケジュールについてインタビューを行った。インタビューの内容は、練習スケジュール要因の条件によって異なっている。「セレクト練習」条件の被験者には、その被験者が採用した練習スケジュール方式の理由、「ランダム練習条件」と「ブロック練習条件」の被験者には、その被験者が割り当てられた練習スケジュール条件に対する感想と、もし自分で練習スケジュールを決めることができるとしたら、「ランダム」と「ブロック」のいずれのスケジュールを選んだか、またその理由について質問した。

4. 依存変数

練習及びテストパフォーマンスの指標としてはRMSE(root mean square error)を用いた。ディスプレイ上におけるターゲットパターンと再生パターンのずれを面積で表したものであり(Shea et al.1993)、ディスプレイのドット数で表した。また、練習中の被験者の時間

の使い方を示す指標として、ターゲットパターンがディスプレイに表示されてから、動作が開始されるまでの時間（PRT）と、KRを観察した時間（KRT）とをmsec単位で測定した。

III. 結果と考察

1. 「セレクト条件」の練習スケジュール方略

最初に、「セレクト条件」の被験者が実際に採用した練習スケジュールについて示す。どのような練習スケジュール方略を採用したかを表すため、150試行を25試行ずつ六つのサブブロックに分け、そのサブブロック内での課題変更回数の25試行に対する割合を被験者ごとに算出した。この指数は1から100の範囲の値をとり、値が大きくなるほど課題を頻繁に変えたことを意味し、値が小さくなるほど課題を変更せずに連続して練習していたことを意味するものである。以後、これを「ランダム指数」と呼ぶことにする。

表1は、「セレクト条件」の2群のランダム指数を被験者ごとに示したものである。この表を見ると、本実験のブロック条件に相当する「ブロック方略」、少ない試行数の単位でブロック化をしている「小ブロック方略」、本実験のランダム条件に相当する「ランダム方略」、小ブロックから徐々にランダム化していく「漸進ランダム方略」、小ブロックで行い、テスト直前のみランダムに切りかえる「最終ランダム方略」など、いくつかのパターンが見られる。ただし、この内ランダム指数で100と表示されてはいるが、そのほとんどは実際には規則的な順序で課題を変えているものであり、ランダムというよりシリアルと表現すべきものである。

これらの結果から、典型的なブロック練習やランダム練習を採用する人は、ほとんどいないこと、漸進ランダム方略はSEL-R群に多く、小ブロック方略はSEL-B群に多く、また最終ランダム方略は、いずれの群にもわずかに含まれていることなどがわかる。このように、同じセレクト条件であっても、テスト試行のスケジュールの違いによって採用された方略が異なっていることがわかる。

そこでこのことをさらに確かめるために、最終15試行に限ってランダム指数を算出してみた（表1）。その結果、いずれの群の指数も高くなる傾向が見られ、特にSEL-R群では、テスト直前にほぼ全員がシリアル方略に切りかえている。このことは、テストスケジュールに関する事前情報に応じて、それに対応するような練習スケジュールを採用していたことが伺える。ただし、テストがブロックスケジュールで行われるSEL-B群においても、ランダム化する傾向が見られる。これは、次に示す方略選択の理由に関する回答内容と関連していると考えられる。

上記の方略選択の理由について質問したところ、以下のような回答が得られた。

- 1) 「小ブロック方略」がいいと思う理由は、一様に「感じをつかむにはある程度連続した方がいい」というものであった。
- 2) 「ランダム方略」をだめとする理由は、「1回ごとでは感じがつかめない」「混乱す

る」「前の練習の結果を次に利用できない」「結果に基づいて修正してそれを確かめたいのにできない」というものであった。

3)「ブロック方略」をだめとする理由は、一様に「最初に練習したことを忘れてしまうから」というものであった。

4)「漸進ランダム方略」と「小ブロック方略」を選んだ理由は、「ブロック方略」の欠点を補うための方法という内容に関連するものである。

5)「漸進ランダム方略」で後半に毎回課題を替えるようにした理由は、「テストスケジュールの予行」「前に練習した課題を思いだすため」「本当に覚えたか確認するため」「変化に耐えられるようにするため」「3課題を比較するため」「よく考えてやるようになるのでいい」というものが含まれていた。

2. 練習方略に関する質問への回答結果

ランダム練習条件の2群とブロック練習条件の2群に対して「ランダムとブロックではどちらを選ぶか?」という質問をしたことに対する回答を集計したのが表2である。全体にブロックスケジュールが選択される傾向にあるが、自分が体験したスケジュールに明らかに影響されることがわかる。次に、「小ブロックや漸進ランダムと比べてどうか?」という追加の質問をしたところ、表3のような結果であった。このことに関する回答は、自分が体験したスケジュールに強く影響されており、ランダム練習条件の被験者は漸進的ランダム方略を選択するのに対し、ブロック練習条件の被験者は典型的なブロック方略か小ブロック方略を選択するという結果であった。

また、上記の方略選択の理由について質問したところ、以下に示すとおりセレクト条件で得られた回答と同様の内容であった。

1)「ブロック」か「小ブロック」かに関わらず、連続して練習した方がいいと思う理由は、一様に「感じをつかむには集中した方がいい」というものであった。

2)「ランダム」をだめとする理由は、「1回ごとでは感じがつかめない」「混乱する」というものであった。

3)「ブロック」をだめとする理由は、一様に「最初に練習したことを忘れてしまうから」というものであった。

4)「漸進ランダム」と「小ブロック」を選んだ理由は、「ブロック」の欠点を補うための方法という内容に関連するものであった。

3. RMSEの結果

次に、先に述べた依存変数に関する結果を示す。従来の文脈干渉に関する研究に習い、次のような処理を行った。各課題における50試行の練習、及び直後、保持、転移テストにおける5試行を1セットとしてまとめ（練習10セット、直後、保持、転移テスト各1セット）、各セットごとの代表値として5試行の平均値を用いた。このセットごとの代表値を3課題間で平均化したものをセットパフォーマンスとして表した。

(1)練習期

図2は6群の10セットの練習パフォーマンスを示したものである。これらに対して練習スケジュール要因（3水準）×テストスケジュール要因（2水準）×セット（10水準）の3要因分散分析（第3要因が対応あり）を行った。その結果、練習スケジュール要因($F=15.810$, $df=2/66$, $p=.000$)とセット要因($F=115.820$, $df=9/594$, $p=.000$)の主効果が有意であった。それぞれに対して多重比較(Tukey法)を行ったところ、練習スケジュール要因では3条件間すべてで有意差が見られ、ブロック練習のパフォーマンスが最も優れており、ランダム練習のパフォーマンスが最も悪く、セレクト条件がこの中間に位置するという結果であった。セレクト条件が中間に位置したのは、前述したように完全なランダム練習方略を採用した人がほとんどおらず、多くの被験者が小ブロックあるいは漸進ランダム方略を採用したことによるものであると考えられる。

またセット要因では、前半の4セットまでは、すべてのセット間との有意差が見られたが、それ以降は隣接セット間での差は見られず、最後の3セットではセット間の差は見られなかった。このように、練習による有意のパフォーマンスの向上が見られたが、その伸びは前半で著しく、後半は定常状態に入る傾向が見られた。

(2)テスト期

図3は、直後テストと保持テストにおける6群のセットパフォーマンスを示したものである。これらに対して、練習スケジュール要因（3水準）×テストスケジュール要因（2水準）×テスト期（2水準）の3要因分散分析（第3要因が対応あり）を行った。その結果、練習スケジュール要因の主効果($F=10.482$, $DF=2/66$, $P=.000$)とテスト時期要因の主効果($F=38.813$, $df=2/66$, $p=.000$)、及び練習スケジュール要因とテストスケジュール要因の交互作用が有意であった。このうち、テスト時期の主効果は、図から明らかなように、保持インターバルによって全体としてパフォーマンスが低下するということである。次に、交互作用が有意であったので、下位の検定を行ったところ、練習スケジュール要因の効果はランダムテストスケジュールの時にのみ有意であり、ブロックテストスケジュールの場合は有意でないという結果であった。ランダムテストスケジュール条件に関して、練習スケジュール要因の3条件の多重比較を行ったところ、ブロック練習条件のみが他の2条件より有意にパフォーマンスが劣り、他の2条件間には差が見られないという結果であった。すなわち、ブロック練習条件のテストパフォーマンスが劣るのは、テストスケジュールがランダムの時であり、テストスケジュールがブロックの場合はこのようないわゆる文脈干渉効果は見られないということである。

図4は転移テストにおける6条件のセットパフォーマンスを示したものである。これらに対して練習スケジュール要因（3水準）×テストスケジュール要因（2水準）を行った結果、すべてにおいて有意の傾向が見られた（練習スケジュール要因： $F=2.764$, $df=2/66$, $p=.092$; テストスケジュール要因： $F=3.247$, $df=1/66$, $p=.073$; 交互作用： $F=2.456$, $df=2/66$, $p=.092$ ）。交互作用に有意の傾向が見られたので、下位の検定を行ったところ、練習スケジュール要因の効果はランダムテストスケジュールの時にのみ有意であり、ブロック

テストスケジュールの場合は有意でないという結果であった。ランダムテストスケジュール条件に関して、練習スケジュール要因の3条件の多重比較を行ったところ、ブロック練習条件とセレクト練習条件間のみ有意な差が見られた。すなわち、ブロック練習条件の転移パフォーマンスがセレクト練習条件より劣るのは、テストスケジュールがランダムの時であり、テストスケジュールがブロックの場合はこのような文脈干渉効果は見られないということである。

IV. 全体的考察

パフォーマンスの結果と、被験者が採用した方略に関する結果とを個別に示し、それぞれについて考察を行ってきたが、最後に両者を関連させて全体的な考察を行う。

本研究で設定した学習課題は、パフォーマンスの分析の結果から、テストスケジュールがランダムの時にのみ文脈干渉効果が見られることが明らかである。本研究で問題にするのは、被験者に練習スケジュールを決定させた場合、テストスケジュールの違いに応じてテストパフォーマンスを高く保つような最も適切な練習スケジュール方略を採用するか、あるいは不適切な練習スケジュール方略を回避するかという点である。

最も注目すべき点は、これまで文脈干渉実験で用いられてきた典型的なブロック練習に相当する方略を採用する被験者は、セレクト条件の被験者が実際に採用した方略で見ると、ほとんど見られないということである。ただし、インタビューに対する回答では、典型的なブロック練習方略を選択する被験者がブロック練習条件の被験者に存在している。このことは、一つは、質問に対する回答が、自分が体験した練習条件に大きく影響されており、練習順序についての考え方がそれほどしっかりしたものではないことを伺わせる。また同時に、認知的な判断のレベルでは、一つの課題を連続した方が覚えられるのではないかと考える人がいるものの、実際に練習するなかでは、そのような方略をそのまま用いることはほとんどないということである。いずれにしてもセレクト条件の被験者が実際に採用した方略は、ブロック練習の欠点に関する限り被験者は正しい選択を行ったことを示している。

更に注目すべきは、典型的なランダム練習方略を採用した被験者もほとんど見られなかったということであり、被験者が積極的に採用したのは、漸進ランダム方略か小ブロック方略である。では、この方略選択は正しかったのであろうか。今回の結果からは、テストがランダムスケジュール条件である場合に関しては、この選択は正しかったといえる。なぜなら、テストパフォーマンスではランダム練習条件と同等のパフォーマンスであり、転移テストにおいては、セレクト条件のみがブロック条件よりも優れているという結果であったからである。

また、テストスケジュールの違いに応じて被験者が選択した方略が異なっていたが、これは実際のパフォーマンスで練習スケジュールとテストスケジュールとの間に交互作用が見られたということと対応しており、「転移適応処理」という観点からは興味深い結果である。ただし、テストスケジュールがブロックである場合は文脈干渉効果が見られていない

のであるから、その場合はいずれかの方略に選択が偏る必然性がないにもかかわらず、実際には小ブロック方略に傾斜していた。このことは、今回の被験者は、テストスケジュールによって文脈干渉効果の出方が異なるということに関して、必ずしも認識はしていなかったように思われる。

このように、今回の結果は、従来の文脈干渉実験で用いられてきた典型的なブロック練習やランダム練習というものが、練習者の立場からは実際にはほとんど用いられない方略であるということを示している。練習者が用いる練習方略は、この中間型の小ブロック方略か、漸進ランダム方略であった。では、この方略選択が妥当なものであったのかという点については、2点指摘することができよう。

一つは、セレクト練習条件のテストパフォーマンスがランダム練習に匹敵するものであったこと、さらには転移テストではブロック練習に比べセレクト条件のみが有意に勝っていたという点を考慮すれば、被験者の選択した方略は妥当なものであったということである。もう一つは、練習スケジュールの効果がテストスケジュールによって異なるという点についても、一定の認識があったように思われる点である。最終15試行のランダム指数は、SEL-R群とSEL-B群で明らかに異なっている。このことは、テストスケジュールに関する事前情報に応じて、それに対応するような練習スケジュールを採用していたことを伺わせる。ただし、後者については、ブロックテストスケジュールのときにランダム練習とブロック練習との関係が逆転するというのではなく、単に差がなくなるということであるので、断言は避けるべきであろう。

最後に、方略選択理由に関する質問に対するいくつかの回答について述べておきたい。前述したように、テストスケジュールがブロックスケジュールであるSEL-B群においても、ランダム化する傾向が見られた。これは、ランダム化した理由に関する質問にたして、「テストスケジュールの予行」「前に練習した課題を思いだすため」「本当に覚えたか確認するため」「変化に耐えられるようにするため」「3課題を比較するため」「よく考えてやるようになるのでいい」というものが含まれていたことと符合する。これらの回答内容は、これまでに認知心理学で考えられてきた記憶に関する理論とそれぞれ共通しており、「メタ記憶」という観点から、極めて興味深いものである。

この点も含めて、今後検討しなければならないことは、今回のセレクト条件の学習効果の原因が、ブロック練習を小さい単位にすること、あるいは漸進的にランダム練習にすることによってえられたものなのか、それとも被験者が練習の状況に応じてスケジュールを自分で決定したことによるものなのかを明らかにすることである。この点に関し、先のKR実験では、学習効果が得られた本質は被験者自身の判断よりも、KRスケジュールそのものにあるということをおぼろげにうかがわせるものであった。このことと同様の結果が得られるのか、あるいは学習現象によって異なるのか、極めて重要な問題である。

VI 引用文献

- Adams, J.A. (1971) A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-149.
- Battig, w.f. (1979) The flexibility of human memory. In L.S. Cermak & F.I.M. Craik (Eds.), *Levels of processing and human memory*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.23-44.
- Cronbach, L.J., & Snow, R.E. (1977) *Aptitudes and instructional methods: a handbook for research on interactions*. Irvington: New York, pp.375-391.
- Janelle, C.H., Kim, J., & Singer, R.N. (1995) Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 81, 627-634.
- Jelsma, O., and Van Merriënboer, J.J.G. (1989) Contextual interference: interactions with reflection-impulsivity. *Perceptual and Motor Skills*, 68, 1055-1064.
- 工藤孝幾 (1993) 多様性練習が運動技術の記憶を促進するための条件—練習量の影響— *スポーツ心理学研究*, 20, 13-20.
- 工藤孝幾 (1997) 練習スケジュールと認知スタイルが運動学習に及ぼす影響 *日本体育学会第48回大会号*, p.198.
- 工藤孝幾 (1998) 運動学習におけるKR利用方略に関する研究 *日本スポーツ心理学会第25回大会口頭発表*
- Magill R.A., & Hall, K.G. (1990) A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 9, 241-289.
- Morris, C.D., Bransford, J.D. & Franks, J.J. (1977) Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 519-533.
- Moxley, S.E. (1979) Schema: The variability of practice hypothesis *Journal of Motor Behavior*, 11, 65-70.
- Van Rossum, J.H.A (1990) Schmidt's schema theory: the empirical base of the variability of practice hypothesis. *Human Movement Science*, 9, 387-435.
- Schmidt, R.A. (1975) A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-245.
- Shea, J.B. & Morgan, R.L. (1979) Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 179-187.
- Smith, P.J.K. and Rudisill, M.E. (1993) The influence of proficiency level, transfer distance, and gender on the contextual interference effect. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 64, 151-157.

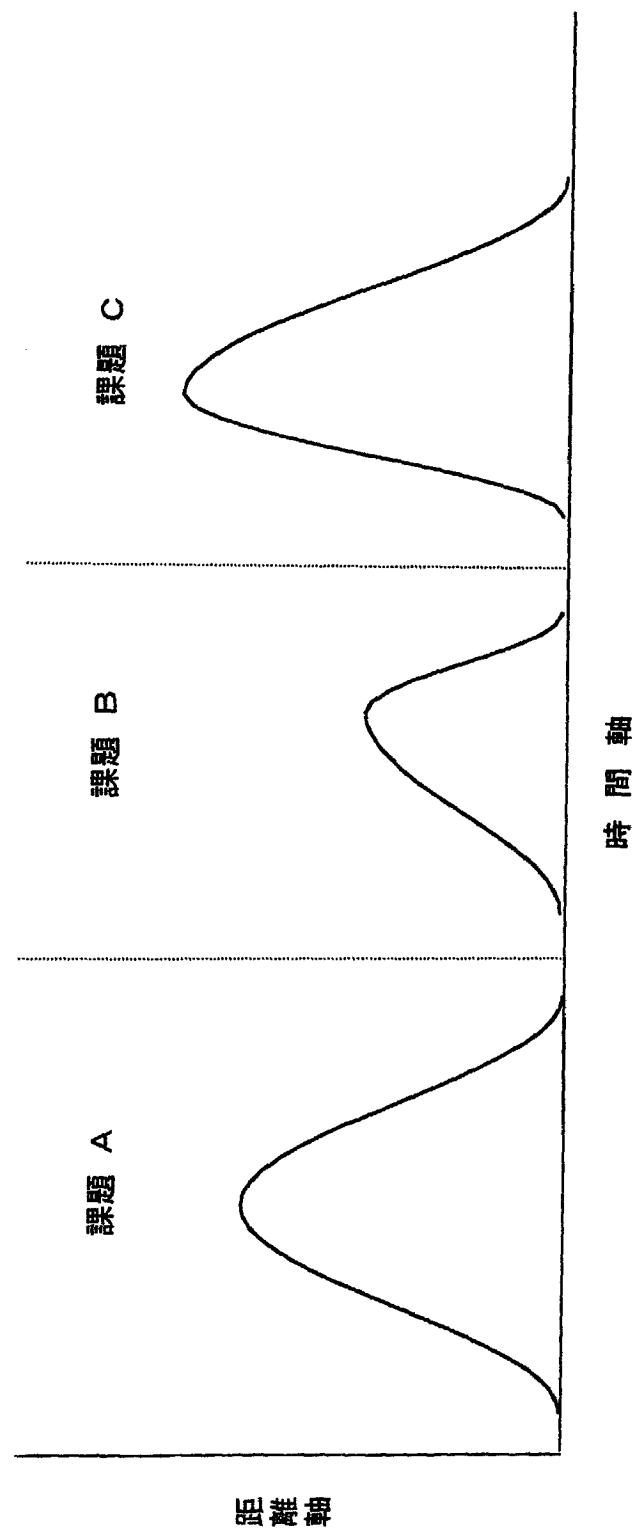


図1 三つの課題のターゲットパターン

表1 セレクト条件の2群の被験者ごとのランダム指数

練習ブロック	SEL-R												M	SD
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12		
1-1ブロック	12.0	16.0	12.0	52.0	12.0	8.0	4.0	12.0	100.0	12.0	100.0	16.0	29.7	35.0
1-2ブロック	12.0	12.0	44.0	48.0	8.0	8.0	4.0	16.0	100.0	12.0	100.0	12.0	31.3	34.9
2-1ブロック	12.0	20.0	76.0	44.0	8.0	8.0	4.0	44.0	100.0	8.0	100.0	20.0	37.0	36.1
2-2ブロック	40.0	40.0	76.0	44.0	24.0	48.0	16.0	24.0	100.0	4.0	100.0	40.0	46.3	30.9
3-1ブロック	8.0	72.0	88.0	52.0	96.0	60.0	40.0	20.0	100.0	24.0	100.0	72.0	61.0	32.5
3-2ブロック	8.0	64.0	88.0	52.0	100.0	48.0	64.0	88.0	100.0	76.0	100.0	64.0	71.0	27.2
M	15.3	37.3	64.0	48.7	41.3	30.0	22.0	34.0	100.0	22.7	100.0	37.3	46.1	28.3
SD	12.2	25.8	30.1	3.9	44.3	24.5	24.9	28.7	0.0	27.0	0.0	25.8		
最終15回	6.7	66.7	93.3	53.3	100.0	60.0	80.0	100.0	100.0	80.0	100.0	86.7	77.2	27.6
	SEL-B												M	SD
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12		
1-1ブロック	32.0	8.0	36.0	32.0	8.0	28.0	24.0	12.0	12.0	24.0	28.0	20.0	22.0	9.9
1-2ブロック	28.0	8.0	20.0	12.0	8.0	12.0	24.0	8.0	12.0	8.0	4.0	12.0	13.0	7.3
2-1ブロック	36.0	12.0	20.0	12.0	12.0	36.0	24.0	12.0	12.0	8.0	8.0	16.0	17.3	9.8
2-2ブロック	40.0	8.0	28.0	32.0	16.0	20.0	64.0	12.0	24.0	12.0	4.0	20.0	23.3	16.4
3-1ブロック	24.0	36.0	28.0	20.0	12.0	20.0	88.0	16.0	32.0	24.0	8.0	28.0	28.0	20.5
3-2ブロック	84.0	36.0	44.0	32.0	32.0	32.0	100.0	24.0	60.0	36.0	4.0	40.0	43.7	26.2
M	40.7	18.0	29.3	23.3	14.7	24.7	54.0	14.0	25.3	18.7	9.3	22.7	24.6	12.3
SD	22.0	14.0	9.4	9.9	9.0	8.9	34.8	5.5	18.9	11.2	9.4	10.0		
最終15回	100.0	33.3	53.3	40.0	53.3	40.0	100.0	33.3	46.7	46.7	6.7	53.3	50.6	26.4

表2. ランダム練習条件の2群とブロック練習条件の2群に対する質問への回答
「ランダム練習とブロック練習ではどちらを選ぶか？」

	ランダム	ブロック
RDM-R群	5	7
RDM-B群	3	9
BLK-R群	2	10
BLK-R群	1	11
合計	11	37

表3. ランダム練習条件の2群とブロック練習条件の2群に対する質問への回答
「小ブロック練習や漸進ランダム練習と比べてどうか？」

	ランダム	ブロック	漸進ランダム	小ブロック
RDM-R群	0	0	12	0
RDM-B群	0	0	12	0
BLK-R群	0	5	2	5
BLK-R群	0	5	0	7
合計	0	10	24	12

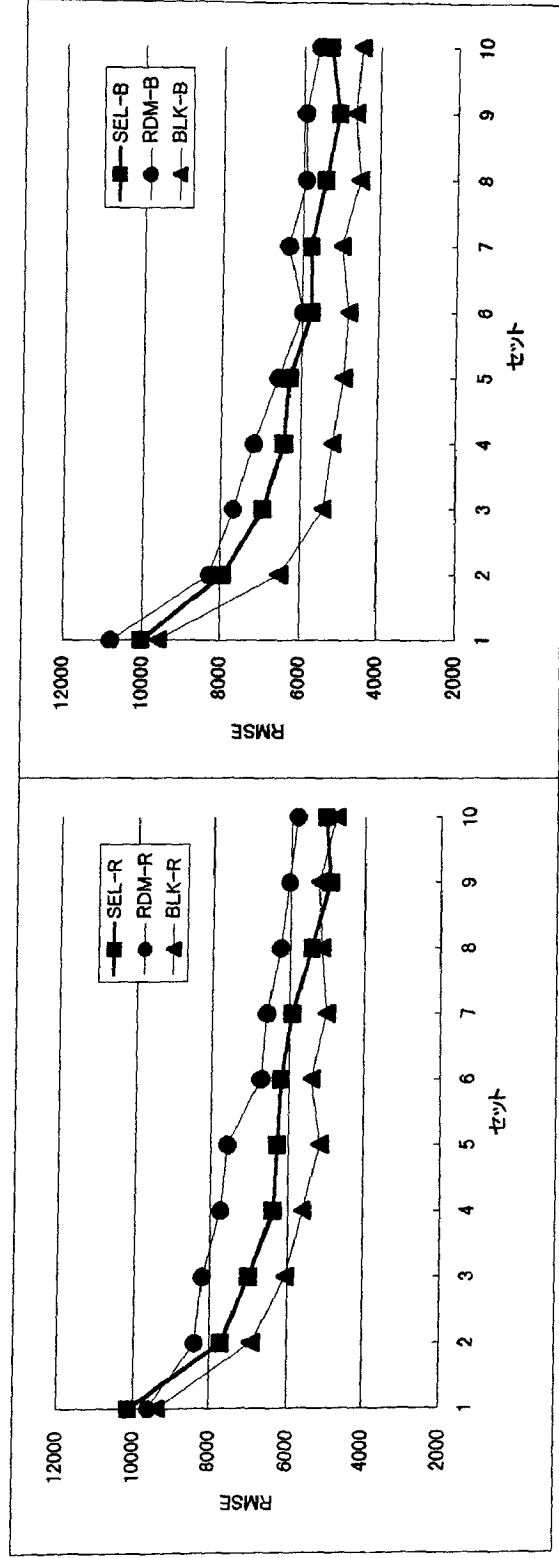


図2 6群の練習パフォーマンス

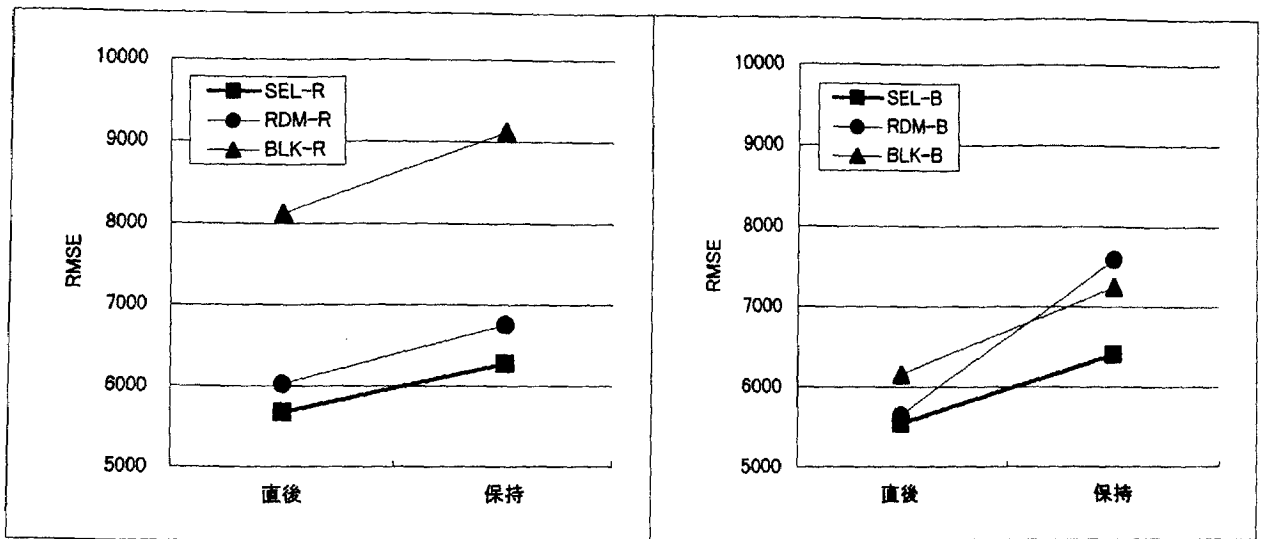


図3 6群の直後テストと保持テストのパフォーマンス

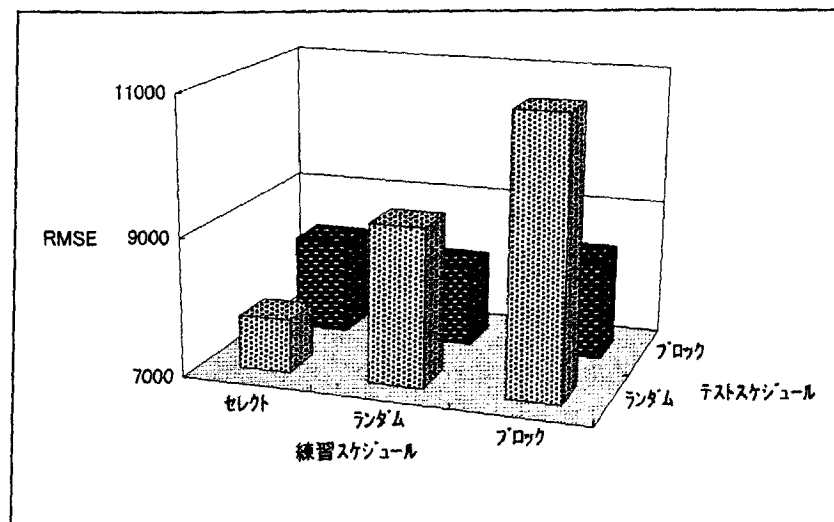


図4 6群の転移テストパフォーマンス

第4章 練習スケジュールの違いと協応方略の関係に関する検討

I. 目的と仮説

運動学習における「文脈干渉効果」に関しては、これまでに様々な解釈が試みられてきたが、それらは前節で示したように全て運動遂行時の情報処理の観点からの解釈であった。本実験では、協応方略の違いという観点から、文脈干渉効果の原因について検討する。なおここでは、練習スケジュールの違いに応じて練習者が採用した全身の協応のさせ方のことを「協応方略」と呼ぶことにする。

従来文脈干渉効果に関する研究では、身体の一つの部位の動きの学習を研究の対象にしたものが多く、身体の数多くの部位あるいは全身が関与する運動課題を対象にしたものは少ない。またそれらの研究でも、運動パフォーマンスは分析しているが、それを生み出した身体の動きの協応性そのものは分析していない。しかし、課題遂行のために身体の数多くの部位の動きが関与している運動課題では、「ブロック練習」と「ランダム練習」という文脈干渉効果に関する研究で用いられてきた典型的な二つの練習スケジュールの間で、次に述べるような協応方略の違いがでてくると予想される。

「ブロック練習」とは、1つの課題を集中的に練習して一定のパフォーマンスの向上が得られてから別の課題の練習に移るといった練習スケジュールである。この練習のやり方だと、それぞれの課題を遂行するのに最もやりやすいフォームを課題ごとに身に付けていくと考えられる。したがって、複数の課題のそれぞれに対応したフォームは互いに独立したものである可能性が高い。これに対して「ランダム練習」では、複数の課題を並行して練習するので、それぞれの課題遂行のためのフォームが互いに影響を及ぼし合い、結果的に「ブロック練習」とは異なるフォームが形成されると考えられる。

このように、練習スケジュールの違いは課題遂行のための情報処理だけではなく、全身協応方略にも影響を及ぼしていると考えられ、このことが文脈干渉効果を引き起こす一つの原因である可能性がある。Goode & Magill(1986)のバドミントンの3種類のサーブの学習を実験課題とした研究は、全身協応課題を使った数少ない研究の一つであるが、そこでは明確な文脈干渉効果が見られている。その結果の背後には、以上のような協応方略の違いというものが関与していることが考えられるが、残念ながらその研究では、サーブ動作そのものの分析を行っていないので、この点について考察することができない。

ところで、第1章でも触れたように、少数のパラメータの記憶を中心としたこれまでの運動学習研究に対する反省から、最近では全身の協応を必要とする運動課題の学習を分析することによって、Bernstein(1967)が提起する「自由度問題」の解明に迫ろうとする研究が行われるようになってきている。

Vereijken et al.(1992)は、スキースラロームのスキルをシミュレーションする機械を使って、Bernsteinの指摘する全身協応課題の学習プロセスにおける自由度の変化について検討した。すなわち、全身協応課題の学習において直面する自由度問題を、練習者はどのように解決しているのかを明らかにすることである。その結果、練習初期には関節間の動き

を固定したり相互の「連結」を強めることによって自由度を少なくしていること、しかしそれ以降の練習によって、より多くの関節が利用され、連結も開放され、自由度が増大するという、Bernsteinが想定していたことを裏づける結果を報告している。

本研究では、動作フォームの形態学的な分析の他に、こうした自由度の問題が練習スケジュールによってどのような影響を受けるのかについても検討を試みる。ところで、以上に紹介したスラロームタイプの全身協応課題を使った研究の結果を運動学習全体に一般化するには、もう少し慎重な検討が必要である。スラロームタイプの運動課題は、はずみの運動によって全身の左右往復運動のバランスをとるというものであり、しかも動きが機械の構造によって制約されているので、課題達成のための全身協応の取り方は何種類もあるわけではない。しかし、実際の日常スキルやスポーツスキルは、同じ課題を達成するのに、何通りものやり方があって、それはその課題を遂行する人の判断にゆだねられている。

このような理由から、本研究では、バランスの保持や機械の構造といったものからの制約を受けないダーツによる的当て課題の学習を実験課題として設定することによって、練習スケジュールと協応方略の関係について検討することにした。

ダーツの練習に伴う協応性の変化に関しては、すでにMacDonald et al.(1989)が検討を行っている。彼らは、ダーツの練習を1250試行行ったときの手首、肩、肘の三つの関節間の協応性の変化について分析した。その結果、肩と肘の連結はもともと高く、練習に伴う変化が見られないのに対して、手首と肩、手首と肘の関節間の動きは練習によって低くなることを報告している。練習が進んだ段階では自由度の増大傾向が見られるという点でこの結果は、先のVereijken et al.(1992)の結果と一致している。

本研究では、このような協応方略が「ブロック練習」と「ランダム練習」という練習スケジュールによってどのような影響を受けるかを調べることを目的としている。

II. 方法

1. 被験者

18才から21才までの大学生男女24名を被験者とした。全員が右利き（ペンを持つ方の手）である。

2. 学習課題

ダーツによる的当てを学習課題とした。的と投擲ラインとの距離は3.5メートルであり、的は床に対して30度の角度に傾いたボード上に取りつけた（図1）。的には、中心部から4cm間隔で同心円がかかれてあり、中心部を10点として最も外側を1点とし、それ以上逸脱した場合はすべて0点とした（図2）。

3つの課題を設定した。いずれも的の中心部をできるだけ正確にねらうという点は共通であるが、投げ方は以下の点で異なっている。

「課題A」： ダーツを的の中心部に正確に当てること以外、なんの指示も与えなかった。

「課題B」： 投擲ラインとターゲットの間の投擲ラインから3.5m離れた地点に、高さ2.

14mのバーを設け、ダーツがそのバーの上を通過するように投げなければならないという条件を加えた。

「課題C」： アンダーハンドで投げなければならないという条件を加えた。なお、アンダーハンドで投げた場合にダーツの軌道が安定しボードに突き刺さるには、針先を先にしてダーツを手のひらに乗せ、それを親指で押さえるように保持する必要があるため、課題Cだけはそのようなダーツの保持のしかたについて指示をした。

三つの課題を設定するため、以上のような条件を設定したが、それ以外はいっさい実験者の方から指示を与えなかった。つまり、投擲ラインを踏む出さない限り、どの位置からどのような構えでどの程度の強さで投げるかは、すべて被験者の判断にまかせた。

3. 実験手続き

全員に対して、「課題B」での15試行のプレテストを実施した。引き続き、後述する三つの練習条件のいずれかで、二日間にわたり450試行の練習を行った。練習終了の1週間後に、再び全員に対して「課題B」での15試行のポストテストを実施した。更に、「課題A」と「課題C」でのそれぞれ15試行の転移テストを実施した。

450試行よりなる練習期には、次の三つの練習スケジュール条件を設定した。

「コンスタント練習条件」： 「課題B」のみを、450回練習した。

「ランダム練習条件」： 三つの課題をそれぞれ150回ずつ、合計450回の練習を行った。三つの課題の練習順序は、同一課題が2度連続しないように配慮しつつ、ランダムな順序とした。

「ブロック条件」： 同様に、三つの課題をそれぞれ150回ずつ、合計450回の練習を行ったが、一つの課題を150回連続して行った後に次の課題の練習に移るというように、練習順序をブロック化した。

なお、ブロックの順序については、必ず最後の練習ブロックが「課題B」になるようにし、また最初の2ブロックの順序については、「課題A」－「課題C」の順序で行う条件と、「課題C」－「課題A」の順序で行う条件とを設け、それぞれに同数ずつ被験者を割り当てることによって順序を相殺した。最後のブロックを「課題B」にしたのは、ポストテストが「課題B」で行われるので、それ以外の課題のブロック練習がポストテスト直前に行われることによる逆行抑制による不利益(Magill & Hall, 1990)を避けるためである。

被験者を以上の3条件にランダムに割り当て、3群を編成し、「コンスタント練習群」「ランダム練習群」「ブロック練習群」と命名した。

練習は、15試行を1セットとし、30セットを行った。1セット内はダーツが的に突き刺さったままの状態を連続して行った。セット間に、実験者がダーツを的にから抜き投擲位置に戻した。この作業に要した時間がセット間インターバルであり、この間被験者は立ったまま休息した。

4. 依存変数

運動パフォーマンスの指標としては、ダーツが当たった場所の点数を用いた。的の最も

外側の同心円の外に外れた場合は、逸脱の程度にかかわらず全て0点とした。プレテスト15試行、「課題B」の練習の最終セットの15試行、及びポストテスト15試行の平均と標準偏差をそれぞれその被験者のパフォーマンスの指標の代表値とし、それらに対して、練習群（3水準）×テスト期（3水準）の2要因分散分析(第二要因が被験者内要因)を行った。

また、投擲フォームを2方向から2台のビデオカメラで撮影し、その画像に基づいて3次元の動作分析を行った。分析の対象としたのは、プレテスト、「課題B」の練習最終セット、ポストテストの各15試行のうち、6試行目から10試行目までの中間の5試行についてである。またブロック練習群とランダム練習群については、他の二つの課題の練習最終セット15試行の中間5試行についても分析した。

2台のビデオカメラの設置高さを1.1mとし、90度に交わる2方向から、投擲の動きの全体を撮影した。カメラから投擲ラインの中心までの距離は4.7mで、左右の足首（外果）、膝、大転子、肩、及び右手の肘、手首、指先の11ポイントに取りつけたマーカーがすべて画面に収まるように調整した。ビデオ画像に基づき11ポイントの座標値をマウスで読み取り、DLT法（池上,1983）により3次元動作分析を行った。

1秒間30フレームで撮影し、各試行のテイクバック動作の動きが止まった後の、フォワードスイングが開始される最初のフレーム（テイクバック時）から、ダーツが手から離れたフレームの1フレーム前（リリース時）までの動作を分析した。これらから得られた3次元の座標値をもとに、テイクバック時、リリース時のスティックピクチャーによるフォームの分析、座標値による動きのばらつきの分析（5試行の各ポイントの座標値の標準偏差）、テイクバックからリリースまでの角度変化、及び角度の動きの関連性に関するCross Coorelation(McDonald et al.,1989)とそのばらつき(5試行のCross Coorelationの標準偏差)について分析した。

III. 結果と考察

1. 運動パフォーマンスの分析結果

図3は、コンスタント練習群の練習パフォーマンスを示したものである。各セット15試行の平均値をそのセットの代表値として用いた。また、図4から図6はブロック練習群の3課題それぞれ150試行の練習に伴うパフォーマンスの変化を示したものである。図7から図9はランダム練習群の3課題それぞれ150試行の練習に伴うパフォーマンスの変化を示したものである。ランダム練習群の場合は、全体に分散している練習を、課題ごとにまとめて15試行を1セットと見なして表示したものである。いずれも練習によってパフォーマンスが向上する傾向が見られる。

図10は、「課題B」に対するプレテスト、練習最終セット、ポストテストの3群のパフォーマンスを図示したものである。これらの結果に対して、練習条件（3水準）×テスト期（3水準）の2要因分散分析（第2要因が被験者内要因）を行ったところ、期待したよう

な2要因間の有意な交互作用は見られず、テスト期の主効果のみが有意であった($F=28.625$, $df=2/42$, $p=.000$)。多重比較を行ったところ、3条件間すべてにおいて有意な差が見られた。すなわち、練習による明らかなパフォーマンスの向上と1週間の保持インターバルに伴う忘却が生じたということである。

図11は、「課題A」と「課題C」の転移テスト結果を示したものである。これらの結果に対して、練習条件(3水準)×テスト課題(2水準)の2要因分散分析(第2要因が被験者内要因)を行ったところ、期待したような練習条件の主効果は見られず、課題要因の主効果のみが有意であった($F=11.610$, $df=1/21$, $p=.003$)。

工藤(1994)やShea & Kohl(1990)は、コンスタント練習がランダム練習に比べて保持パフォーマンスが劣ることを示しているが、今回はその傾向は見られるものの統計的に有意ではなかった。また、ランダム練習とブロック練習間に保持パフォーマンスの差は見られず、文脈干渉効果を確認することはできなかった。今回は、保持テストをブロックスケジュールのみで行ったが、Shea & Morgan(1979)の実験では、文脈干渉効果は、テストがランダムスケジュールの時に顕著に見られ、ブロックスケジュールでは効果が小さくなることを示している。このことが今回の結果の原因の一つとして考えられる。

また、Hall & Magill(1990)は文脈干渉効果の原因として逆行抑制を挙げており、この点に配慮して今回は、ブロック練習群は必ず最終ブロックが保持テストと同じ「課題B」の練習になるように配慮した。このことにより、ブロック練習での逆行抑制が生じなかったことも両群の保持テストパフォーマンスに差が見られなかった原因とも考えられる。

2. 動作分析結果

以上のように、パフォーマンスにおいて文脈干渉効果を確認することができなかったため、以下の動作分析では、分析対象となった試行すべてを記録できたコンスタント練習群の6人の被験者の分析結果に基づいて、練習がフォームや協応性にどのような影響を及ぼしたかについてのみ検討することにする。

まず、分析した三つの時期のそれぞれの5試行について、テイクバック時とリリース時のスティックピクチャーの重ね書きを行った。図12はそれらのうちの平均的なケースについて例示したものであるが、これらのスティックピクチャーの重ね書きからわかることは、6人すべてにおいて450試行の練習によって明らかに一貫性が高まり、1週間の保持インターバルで若干低下する傾向が見られるということである。このことを客観的にとらえるため、これらのスティックピクチャーを描くもととなっている3次元の座標値の5試行の標準偏差を比較した。表1は、測定した11ポイントのテイクバック時とリリース時の5試行の座標値の標準偏差を、プレテスト、練習最終セット、ポストテストで比較したものである。このように、座標値のばらつきが練習によって減少することが明らかである。

次に、分析対象となった試行について各被験者ごとにテイクバック時からリリース時までの全てのフレームのスティックピクチャーを重ね描きした。これらからは、6人すべてが体幹部分を固定し、腕だけでコントロールしている様子がわかる。このことを示す平均

的なケースを図13に示した。このことは、体幹部の動きを固定することによって自由度を少なくし、腕のコントロールの制御に集中する方略を採用していることを示しているといえよう。しかも、練習によってこの方略が大きく変更されることはないことがわかる。なお、この点については後に再度触れる。

次に、左右の膝関節、左右の腰関節（膝と腸骨稜と肩峰点よりなる角度）、及び右肩関節（腸骨稜と肩峰点と肘よりなる角度）と肘関節、それに手首の7関節の角度変化について分析した。分析した内容の一つは、スティックピクチャーの重ね書きに対する所見で、体幹部の動きを固定することによって自由度を少なくし、腕のコントロールの制御に集中する方略を採用していること、練習によってこの方略が大きく変更されることはない述べたが、このことを角度変化の側面から捉えようとするものである。

そのために、7つの関節について、テイクバック時からリリース時までの各フレームの角度の最大値と最小値を求め、その差を算出することにより、各関節の使用角度を求めた。練習によってコントロール部位を減らすような方略（集中方略）が採られるとすると、7関節の使用角度の値に集中化が見られるはずであるし、コントロール部位を増やすような方略（分散方略）が採られたとすると、逆に使用角度の値に分散化が見られるはずである。表2は、6人の被験者全員のプレテスト、練習最終試行、ポストテストの7関節の使用角度の5試行の平均と標準偏差を示したものである。この表から、450回の練習の中でより集中方略の方に变化した人と、集中方略からやや分散方略のほうに変化した人、および集中方略のまま不変であった人の三つのケースが含まれていたことがわかる。

つぎに、7つの関節間のCross-Correlation（以下C-Corr.）を求め、三つの時期の5試行の平均と標準偏差を算出した。表3は6人の被験者全員の平均値を個人ごとに示したものである。この表から、手首と肘、手首と肩のC-Corr.の値が高くなる（連結が進む）ことがわかる。これは、MacDonald,et al.(1989)とは逆の結果である。この違いは練習試行数の違いを反映したものと解釈することができる。Vereijken et al.(1992)は、練習によっていったんは連結が進むが、それ以上の練習によって再び連結を解放する傾向があることを報告している。今回ののは彼らの実験の途中結果を示したものと言える。

それ以外の体幹部分の相関（連結）は元々高く、練習による変化が見られないという結果は、MacDonald,et al.(1989)の結果と一致している。

次に、関節間の協応方式の変動性の指標であるC-Corr.の5試行の標準偏差を見ると、手首と肘、手首と肩の連結のばらつきは練習によって減少し、それ以外の体幹部分の連結のばらつきの変化は見られないことがわかる。この結果も、MacDonald,et al.(1989)とほぼ同様である。

IV. まとめ

今回の実験では、残念ながらパフォーマンスにおいて文脈干渉効果を確認することができなかった。したがって、仮に動作分析によって何らかの傾向が見られたとしても、それ

に基づいて文脈干渉効果を考察することはできない。三次元動作分析に要する労力を考慮し、今回は練習スケジュールの違いによる協応方略についての分析は割愛し、コンスタント練習群の6人の被験者に関してのみ動作分析を行った。しかしその中で、次のような興味ある結果を得ることができた。

第一に、分析した被験者6人すべてが、練習によって動作の一貫性が高まる一方で、手首の動きと肘や肩の動きとの間に連結が生じていたことを挙げるができる。このことは、連結によってコントロールすべき自由度を少なくし、そのことが動作の一貫性を高める一つの要因になっていたことをうかがわせている。先行研究結果をも加味して考えれば、更に練習を継続することによって動作の一貫性は維持しながらも関節間の連結は逆に解除され、より柔軟な動きに変化していくと考えられる。

協応方略という点で注目すべきは、被験者の全員が体幹部を固定し腕のコントロールだけで課題を達成しようとしていた点である。この方略は、ダーツの教本（社団法人日本ダーツ協会「DARTS-RULE BOOK-」pp.23-24）に記されている内容と一致している。教本の内容が正しいことを前提として言うならば、今回の被験者は課題を達成するためにもっとも合理的な解法を採用していたといえることができる。

ただし、次の点も見逃してはならない。今回の被験者が基本的に採用した協応方略は以上のようなものであったが、450回の練習を通じてよりコントロールする部位が限定する方向に変化した人と、逆にややコントロール部位が分散する方向に変化した人とが含まれていたという点である。このうちの後者のケースをどのように評価すべきなのであろうか。

教本に基づけば、この選択は誤りということになる。しかし理論的にはこれら二つの協応方式には次のような長所と短所が含まれているように思われる。より集中させるやり方は、確かにコントロール部位が限定されるので自由度問題への解法としては合理的であるが、ただしその部分のわずかなコントロールミスがパフォーマンスを決定づけてしまうという危険性を含んでいる。これに対してコントロール部位を分散させる方式は、一部のコントロールミスは他の部位の動きによって補償することが可能であり、より柔軟な制御が可能となる。しかしこの方式は先の自由度問題に直面することになる。

これらの問題は、理論的にも指導という実践的な意味においても極めて重要な問題であり、今後実験的に検討してみる必要があると思われる。

V. 引用文献

Goode, S.L. & Magill, R.A. (1986) Contextual interference effects in learning three badminton serves. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 308-314.

池上康男、桜井伸二、矢部京之助 (1991) D L T 法 *Lapanese Journal of Sports Science*, 10,191-195.

社団法人日本ダーツ協会 (1996) DARTS-RULE BOOK-

- 工藤孝幾 (1993) 多様性練習が運動技術の記憶を促進するための条件—練習量の影響—
スポーツ心理学研究, 20, 13-20.
- Bernstein, N (1967) *The Coordination and Regulation of Movement*. New York: Pergamon Press.
- Magill R.A., & Hall, K.G. (1990) A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 9, 241-289.
- McDonald, P.V., Van Emmerik, R.E.A. and Newell, K.M. (1989) The effects of practice on limb kinematics in a throwing task. *Journal of Motor Behavior*, 21, 245-264.
- Shea, C.H., & Kohl, R.M. (1990) Specificity and variability of practice. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61, 169-177.
- Shea, J.B. & Morgan, R.L. (1979) Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 179-187.
- Vereijken, B., Whiting, T.H.A., Newell, K.M. and van Emmerik, R.E.A. (1992) Free(z)ing degree of freedom in skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 24, 133-142.

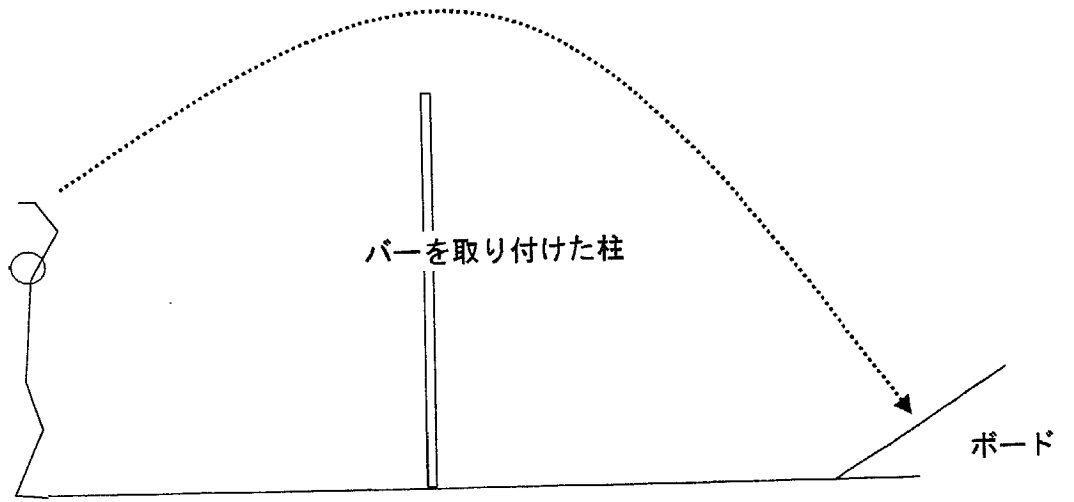


図1 学習課題（ダーツ）の全体図
表示したのは課題Bの投げ方。三つの課題で全体の配置は共通である。

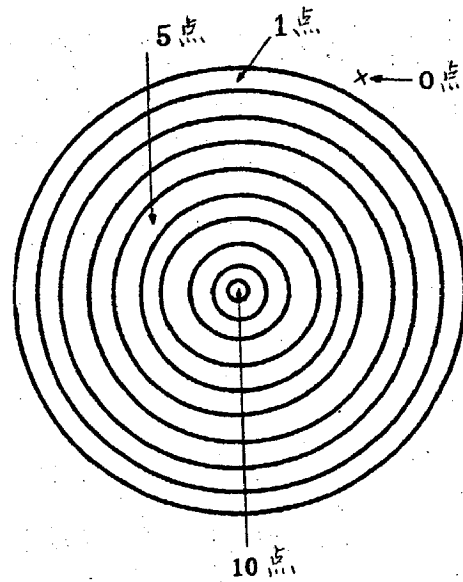


図2 的と点数の割り当て

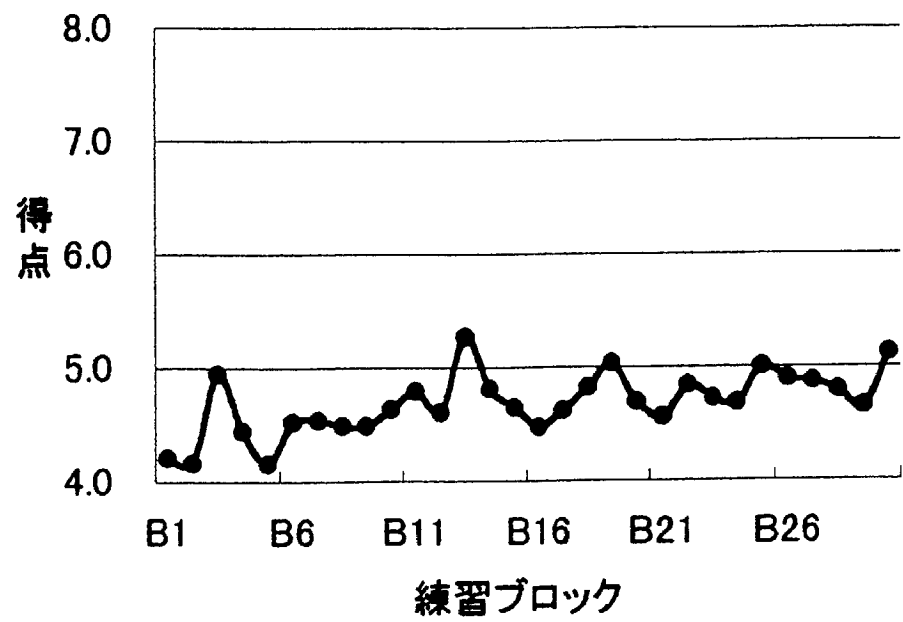


図3 コンスタント練習群の練習パフォーマンス

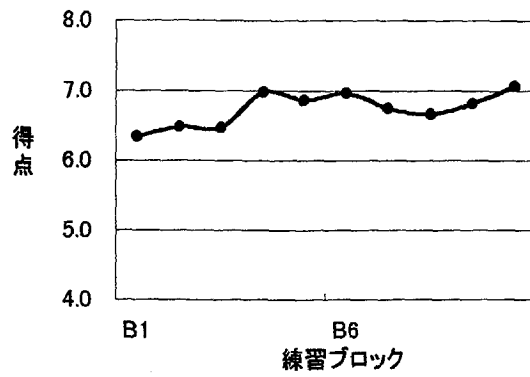


図4 ブロック練習群の課題Aの練習パフォーマンス

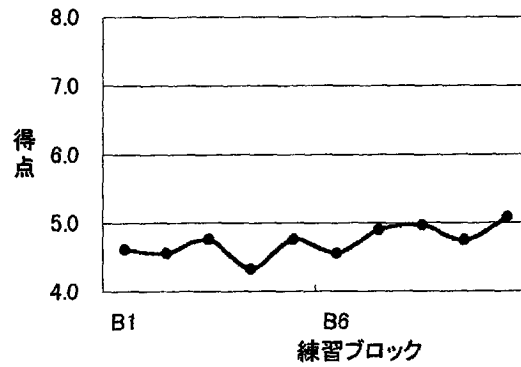


図5 ブロック練習群の課題Bの練習パフォーマンス

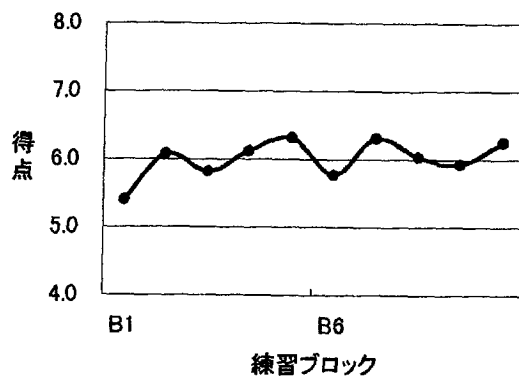


図6 ブロック練習群の課題Cの練習パフォーマンス

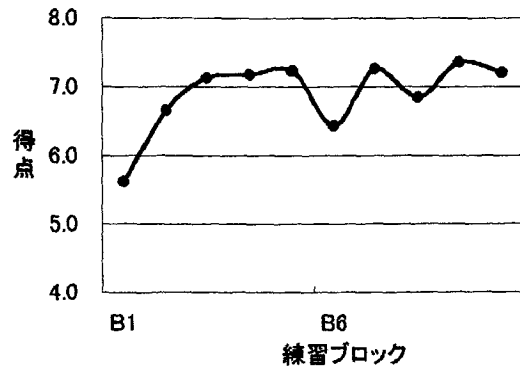


図7 ランダム練習群の課題Aの練習パフォーマンス

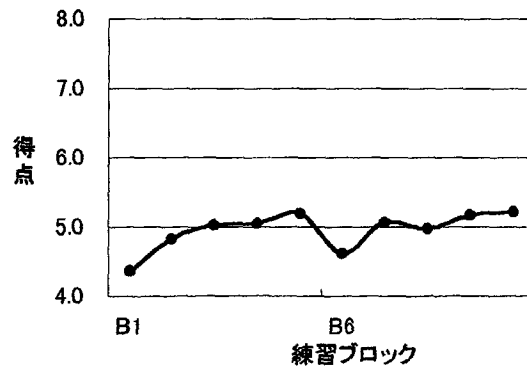


図8 ランダム練習群の課題Bの練習パフォーマンス

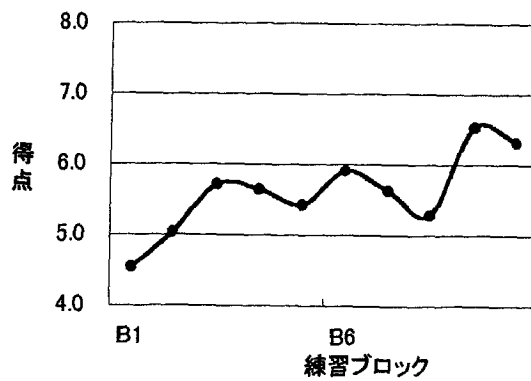


図9 ランダム練習群の課題Cの練習パフォーマンス

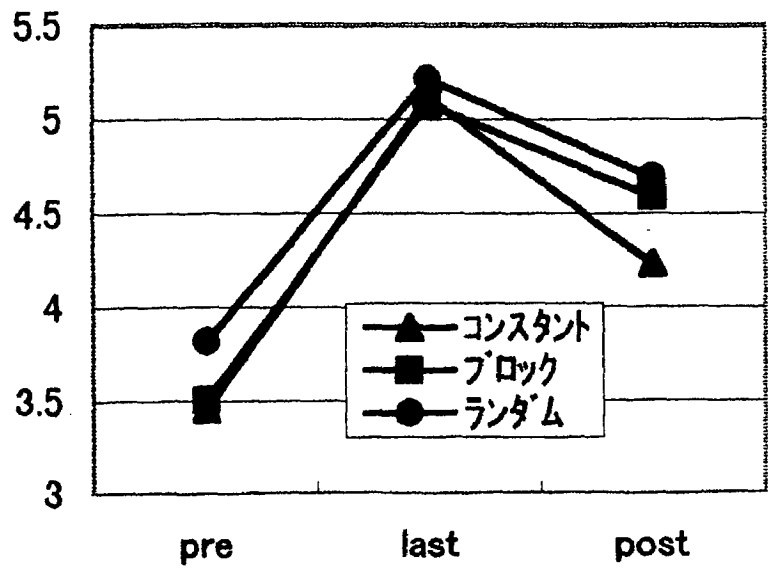


図10 3群の課題Bのプレテスト、練習最終セット、ポストテストのパフォーマンス

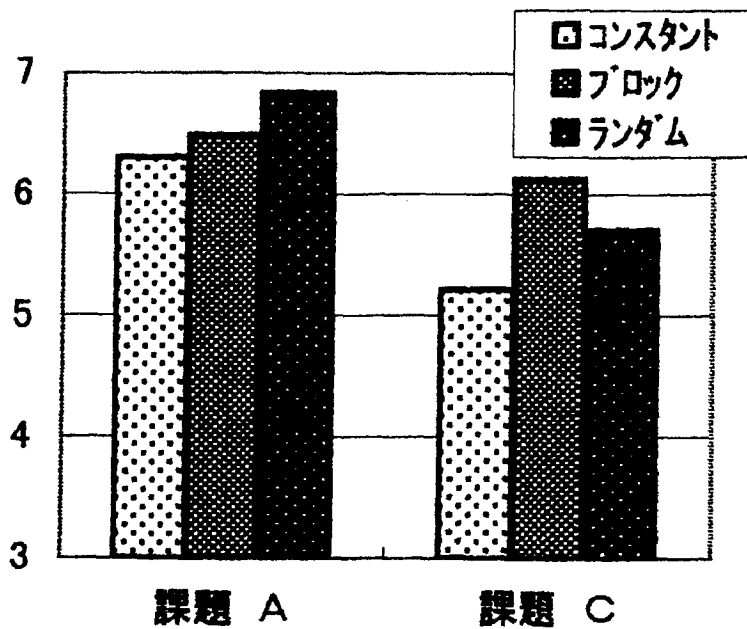


図11 3群の課題A課題Cによる転移テストパフォーマンス

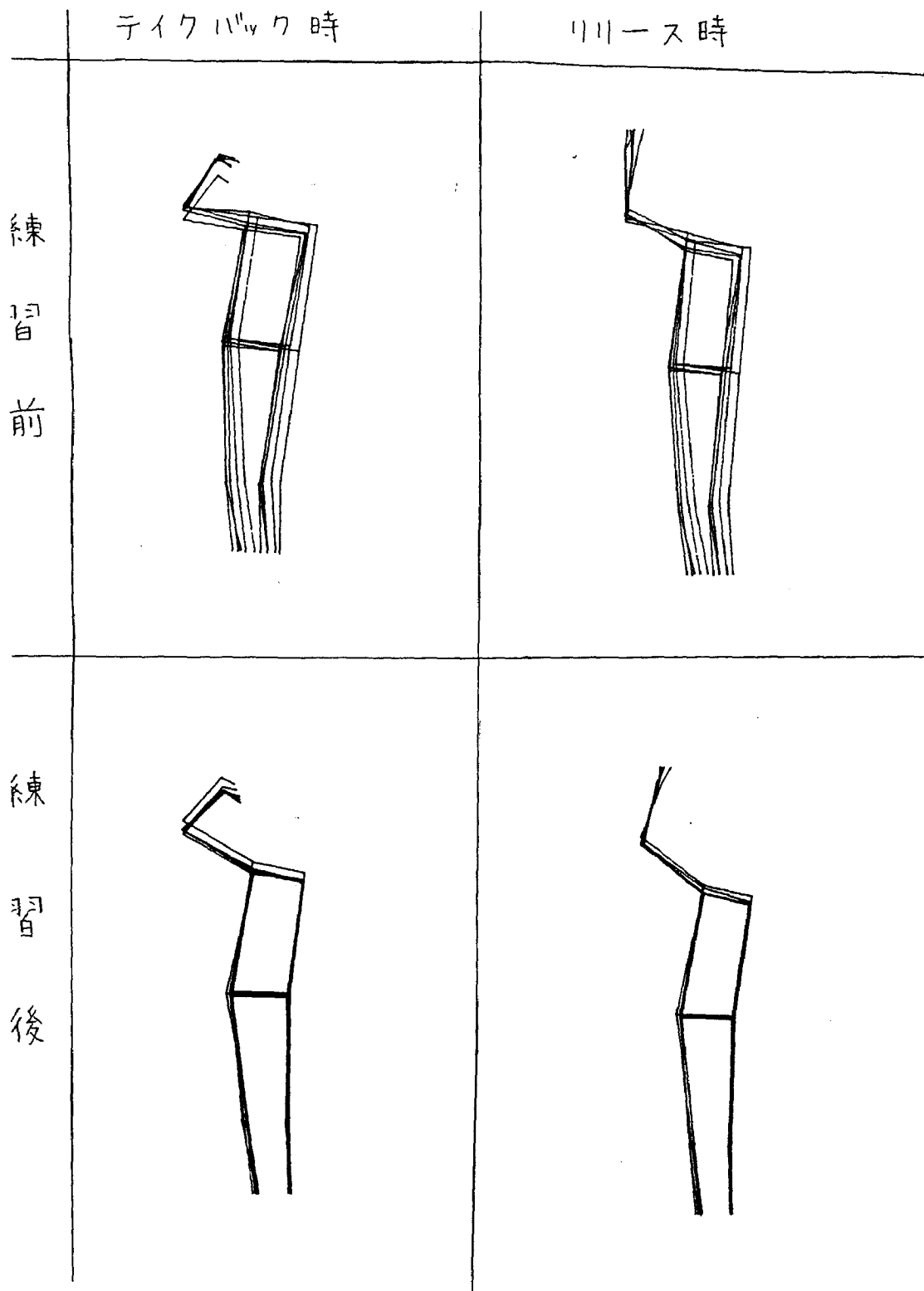


図12 テイクバック時とリリース時のプレテストの中間5試行及び練習最終セット
 中間5試行のスティックピクチャーの重ね描き

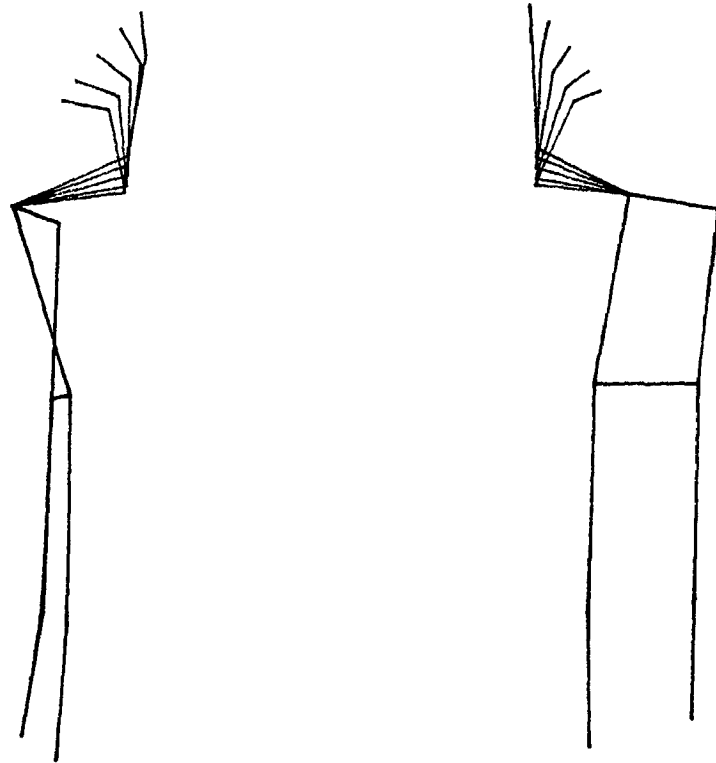


図13 テイクバックからリリースまでの全てのフレームのスティックピクチャーの重ね描き

表2 プレテスト、練習最終セット、ポストテストにおける関節の使用角度の
5試行の平均と標準偏差

		角度差							SD						
		関節1	関節2	関節3	関節4	関節5	関節6	関節7	関節1	関節2	関節3	関節4	関節5	関節6	関節7
□ S1	pre	1.60	1.60	1.80	1.20	13.20	47.60	25.20	1.34	1.34	1.30	0.84	1.10	2.19	8.78
	last	0.80	0.60	0.40	0.60	13.60	41.00	54.60	0.84	0.55	0.55	0.55	0.89	3.08	5.50
	post	0.80	0.80	0.40	0.20	11.80	45.60	35.20	0.84	0.45	0.55	0.45	0.84	2.41	6.24
△ S2	pre	3.40	5.60	3.20	4.60	14.60	48.40	26.40	4.39	9.29	6.10	7.09	7.80	8.65	6.27
	last	1.80	1.20	0.60	0.40	4.00	36.40	6.80	1.10	0.84	0.89	0.55	0.71	7.23	0.84
	post	0.80	0.60	1.00	0.00	3.20	33.60	2.80	0.45	0.60	0.71	1.00	0.84	2.70	1.48
□ S3	pre	0.80	1.00	0.20	0.60	5.00	48.00	7.40	0.45	0.71	0.45	0.55	1.58	2.83	3.05
	last	1.00	0.60	0.80	0.80	9.00	44.00	8.20	0.71	0.55	0.84	0.84	1.58	5.24	4.09
	post	0.80	0.40	1.00	0.40	4.40	48.00	9.80	0.45	0.55	0.71	0.55	0.55	3.27	5.07
□ S4	pre	14.80	15.60	4.40	2.80	19.00	85.00	16.20	4.76	7.30	1.82	1.64	2.35	10.60	3.49
	last	21.20	17.40	3.80	3.00	9.00	76.60	22.80	2.95	2.70	1.30	1.73	1.87	7.80	3.35
	post	0.80	1.40	0.80	0.60	1.20	54.20	10.20	0.45	0.89	0.45	0.89	1.10	3.03	6.38
○ S5	pre	0.80	1.20	1.80	1.20	6.80	50.60	7.60	0.84	1.30	0.84	0.84	2.28	5.59	5.50
	last	0.20	0.60	0.20	0.80	8.80	41.40	16.40	0.45	0.89	0.45	0.84	1.48	6.11	7.16
	post	0.80	0.60	0.60	0.40	9.20	49.00	7.00	0.45	0.55	0.55	0.89	1.92	2.65	5.79
○ S6	pre	14.60	18.80	3.60	5.40	46.00	77.40	23.40	6.43	1.10	2.88	2.61	1.58	11.30	10.80
	last	30.20	22.60	16.20	4.40	59.80	84.40	34.80	2.77	0.55	3.27	1.52	3.83	3.58	11.50
	post														

△ 集中型

□ 不変

○ 分散型

表3 プレテスト、練習最終セット、ポストテストにおける関節間のCross Coorelationの平均と標準偏差

	関節間のCross Coorelation												関節間のCross Coorelationのばらつき(SD)											
	7-1	7-3	7-5	7-6	6-1	6-3	6-5	5-1	5-3	3-1	7-1	7-3	7-5	7-6	6-1	6-3	6-5	5-1	5-3	3-1				
pre																								
s1	826	865	865	848	784	996	999	941	995	936	188	36	68	60	395	3	1	80	2	84				
s2	692	688	682	752	977	956	978	974	969	962	341	392	353	214	28	29	48	38	19	38				
s3	529	535	537	518	930	950	995	932	951	907	292	277	203	196	78	52	5	79	41	65				
s4	300	255	339	438	936	956	975	977	953	981	335	362	316	287	18	62	33	17	59	15				
s5	900	812	808	808	908	993	996	926	988	911	152	260	305	282	82	6	2	66	17	70				
s6	491	520	507	606	905	599	970	977	661	689	272	344	278	226	47	162	5	18	270	406				
M	622.9	612.6	623.1	661.7	910.1	908.3	985.4	954.3	919.5	897.6	263.5	278.5	253.9	210.9	107.9	52.4	15.6	49.6	67.8	113.2				
SD	225.2	224.6	198.9	166.2	67.9	153.0	12.6	24.1	127.9	106.4	77.8	129.2	104.0	82.6	142.9	58.7	19.8	29.2	100.8	145.6				
post1																								
s1	948	919	977	963	984	859	998	982	874	842	43	151	9	14	15	241	1	14	233	311				
s2	856	636	784	751	972	808	997	981	807	788	163	397	186	233	27	379	5	20	381	436				
s3	528	578	584	611	964	947	997	956	951	911	331	164	189	205	52	80	5	52	82	86				
s4	345	332	700	520	971	945	949	868	827	976	282	235	238	251	13	51	54	54	133	27				
s5	836	813	894	880	955	855	998	970	882	929	155	691	153	181	51	110	3	34	93	90				
s6	768	719	874	911	935	892	993	967	932	988	135	132	112	89	25	49	5	14	41	11				
M	713.5	666.1	802.1	772.8	1963.4	884.2	988.6	954.1	878.7	905.8	184.8	191.4	147.9	162.4	30.6	151.7	12.2	31.4	160.5	160.1				
SD	229.8	204.3	143.2	177.3	16.9	54.9	19.6	43.3	56.2	77.7	104.7	114.0	80.0	92.3	17.1	132.1	20.4	18.4	126.1	172.9				
post2																								
s1	790	767	928	909	847	880	998	838	874	698	209	365	41	38	202	139	2	207	156	294				
s2	651	725	703	743	952	803	994	963	810	834	265	205	290	276	66	326	10	55	366	250				
s3	642	524	463	460	856	916	998	845	919	883	325	400	231	263	164	50	3	175	61	101				
s4	476	563	845	604	894	775	804	645	729	671	437	374	278	354	91	303	242	437	354	396				
s5	733	799	701	722	955	899	995	945	915	785	255	231	359	353	80	199	5	113	157	423				
s6																								
M	658.6	675.7	728.1	687.5	901.0	854.8	957.9	847.2	849.4	774.4	298.0	315.1	239.5	256.9	120.4	203.2	52.4	197.4	218.9	293.0				
SD	118.6	124.2	177.0	167.4	51.1	62.1	85.8	126.2	80.2	89.4	87.8	89.8	120.2	129.2	59.3	114.7	106.1	146.0	134.8	128.5				

第5章 全体的な考察

今回の一連の実験では、運動学習における学習方略について、それぞれ異なる観点から検討した。実験1では学習過程におけるKR利用方略、実験2では練習スケジュール方略、実験3では協応方略である。このうち、協応方略に関しては、時間の関係から、計画の一部分しか検討できなかった。

特に最初の二つの実験結果からは、学習者が採用する方略が、これまでに認知心理学的研究によって明らかにされてきた学習に関する知見と一致しているかについては、共通の結果を得ることができなかった。KR実験では、実際のパフォーマンスの分析では悉皆方略が間欠方略に比べて保持において劣っているにもかかわらず、ほとんどの被験者は悉皆方略を採用した。これに対して、練習スケジュールの実験では、実際のパフォーマンス分析で保持と転移パフォーマンスが劣っているブロック練習スケジュールを、被験者は練習方略として採用することはなかった。このように、見ようとした学習現象によって得られた結果が異なっていた。ただ、このことに関して、今回の限られた実験から一般的な結論を導き出すわけにはいかない。

この点も含めて、もう一つ今後検討しなければならないことは、仮に練習者が採用する学習方略によって練習の成果が上がったとして、その原因が学習の仕方に対する被験者の自己決定にあるのか、それともその結果として行った学習方法の内容そのものにあるのかを明らかにすることである。今回のセレクト条件の学習効果の原因が、ブロック練習を小さい単位にすること、あるいは漸進的にランダム練習にすることによってえられたものなのか、それとも被験者が練習の状況に応じてスケジュールを自分で決定したことによるものなのかは不明である。この点に関してKRの実験では、学習効果が得られた本質は被験者自身の判断よりも、KRスケジュールそのものにあるということをおぼろげにうかがわせるものであった。

最近の認知心理学的研究によって明らかにされてきた練習の仕方に関する興味ある発見が、学習者側の都合と乖離しているのか、それとも何らかの共通性が見られるのか、もし乖離しているとして、両者を調和させることによってより効率的な学習が成立するのか、あるいは何らかの共通性が見られるとして、その原因はどこになるのか等、理論的にも実際的にもきわめて重要な問題であるにも関わらず、これまでこのような学習方略に関する研究は、運動学習領域ではほとんどなされてこなかった。したがって、今回検討の対象とした学習現象に対する事例を積み重ねることはもとより、それ以外の学習現象に対しても広く検討を広げていく必要がある。

「結果の知識」の利用方略が運動学習に及ぼす効果

工藤孝幾

福島大学教育学部論集第65号（教育・心理部門）抜刷

1998年12月

「結果の知識」の利用方略が運動学習に及ぼす効果

工藤 孝 幾

I. 目的と仮説

運動学習においては、練習試行遂行に伴うフィードバック情報が重要な役割を果たしている。通常の練習場面では、試行後に指導者からスキル遂行に関して様々な指摘がなされるが、動作遂行後に付加的に与えられるこのような情報のことを「結果の知識」(Knowledge of Result; KR)といい(工藤, 1989)、フィードバック情報の中でも特に重要な役割を担っている。したがって、KRをどのように利用するかということは、効果的な練習法を考えていく上できわめて重要な問題であり、これまでにこのことに関しては多くの研究が行われてきた。これらの研究に対しては、例えば Salmoni et al. (1984) や Magill (1993) が、まとまったレビューを行っている。

KRに関する研究の中で注目されてきた問題の一つに、KRの頻度と学習効果との関係に関する問題がある。KRは試行直後にできるだけ多くしかもより詳しく与えるべきであるという伝統的な考え方(Adams, 1971; Bilodeau et al., 1959; Schmidt, 1975; Thorndike, 1927)に対して、むしろKRを与える頻度を減少させた方が学習が促進されるという興味ある結果が近年報告されるようになってきた(Baird and Hughes, 1972; Sparrow & Summers, 1992; Winstein & Schmidt, 1990; Wulf, 1992; Wulf et al., 1994; Wulf & Schmidt, 1989; Wulf et al., 1993; Wulf et al., 1995)。すなわち、KR提供の頻度の少ない条件の方が、毎回KRが提供される条件よりも練習終了後の忘却が少ないという結果が得られているのである。

この現象に対して、これまでにいくつかの解釈が試みられてきた。Salmoni et al. (1984) は、毎回KRが提供されることによって、練習者は

それを遂行手がかりとして利用するようになるので、本来その課題を学習する上で重要な内的基準が形成されにくくなるのが原因であると考えている(ガイダンス仮説; Guidance Hypothesis)。Lee (1988) は「転移適合情報処理」(Transfer Appropriate Processing) という観点からこの現象を説明している。つまり、テスト試行においてKRを利用することができないことを考えれば、練習においてもKR提供の機会を少なくしておいた方が、練習時とテスト時で同様の情報処理がなされる可能性が高くなり、テスト試行への転移が促進されるという解釈である。

これら練習時とテスト時の条件の違いに原因を求める解釈に対して、KR提供に伴う頻繁な修正を原因とする解釈もある。Wulf & Schmidt (1994) は、毎回KRが与えられることによって修正が頻繁に行われるようになり、安定した記憶表象の形成ができなくなるという不適応(maladaptive)が生じることが原因であると解釈している。またMagill (1993) は、頻繁な情報提供や修正は、注意あるいはワーキングメモリの容量に対してオーバーロードになってしまうことが原因であると考えている。

以上のようなKRの頻度に関する発見は、KR提供のスケジュールに関するいくつかの仮説を導き出している。例えばWinstein & Schmidt (1990) は、練習段階の違いによってKRの頻度の影響が異なるので、それに応じたスケジュールを考える必要があると考えている。練習初期にはエラーに関する情報の利用価値が高いため、KR提供の頻度は高い方がよいが、練習後半では熟達によってKRの必要度が減少するので、KR提供の機会を少なくしても支障はなく、むしろKRへの依存を防ぐことができるという点でKRの

頻度を下げることが有効であると考えられる。このことから彼らは、練習が進むにつれてKR提供の頻度が減少するスケジュールが有効であると考えている。

また Kohl & Guagnoli (1996) は、KR 提示の有無があらかじめわかっている場合に比べて、ランダムに提示することでKRの利用を予期できなくした場合の方が保持が促進されることを実験的に明らかにしている。この現象に対して彼らは、予期できないことによって注意が喚起され、覚醒水準が高く保たれるために保持が促進されると解釈している。

このように、運動学習におけるKRの効果については、その頻度やスケジュールの影響に関して重要な発見が報告されるようになってきているが、これらの要因以外にKRの有効性を左右すると考えられるもう一つの重要な要因がある。頻度の影響に関するこれらの研究では、単にKRを提供する割合のみを問題にしているだけで、練習者側の要因を考慮していない。つまり、練習者がKRを必要としているか否かに関わらず、KR提供のスケジュールが実験者によって決められているので、練習者がKRを必要としているときに提供されず、逆に不必要と思っているとき冗長な情報が与えられるといったすれちがいが生じている可能性がある。

その点で、KRのバンド幅 (bandwidth) に関する最近の研究はきわめて示唆的である。Sherwood (1988) は、200 msec で腕を伸展するという課題の学習において、毎回KRを与える条件、200 msec の5%の逸脱幅を越した時のみKRを与える条件、10%の逸脱幅を越した時のみKRを与える条件の学習効果を比較し、保持テストにおいて10%条件が最も優れており、0%すなわちすべてにおいてKRが提供された条件が最も悪いという結果を報告している。その後、いくつかの研究において、より広いバンド幅が学習を促進するという結果が報告されている (Bulter et al., 1996, Cauraugh et al., 1993; Graydon, et al., 1997; Lee et al., 1990; Lee & Maraj, 1994,

Reeve et al., 1990; Smith et al., 1997)。

Schmidt (1991) は、練習が進むにつれてパフォーマンスが向上するので、バンド幅を設定することにより、結果的にKRが次第に減少するスケジュールと同じになることが保持を促進する原因であると考えている。これに対して Graydon et al. (1997) は、頻度やスケジュールといった二次的な要因ではなく、バンド幅の設定がもたらす「ノーエラーKR」(no-error KR) という新たな情報が重要であると考えている。すなわちバンド幅を設定した場合には、KRを与えないということは「エラーではなかった」というKRを暗に与えていることになる。この情報が学習を促進したと彼は考えている。

以上のどの説明も、それぞれ可能性として成立し得るが、これら以外にもう一つの重要な要因が関与している可能性がある。それは、練習者側の要因がKR提供の仕方に反映されているか否かという点である。前述したKR頻度やスケジュールに関する研究では、練習者の反応の出来・不出来とKR提供とは無関係であるのに対し、バンド幅の研究では、エラーが設定された基準より逸脱した時のみKRが提供される、表現を変えれば練習者の反応の出来・不出来とKR提供とが密接に結びついているのである。Lee and Carnahan (1990) は、「くびき」(YOKED) 条件を設定することによって、頻度あるいはスケジュールが重要なのか、あるいはパフォーマンスに基づいてKRを提供することが重要なのかについて検討した。「くびき」条件とは、バンド幅を設定することによって提供されたKRと同じスケジュールで情報を提供する条件のことである。したがって、バンド幅が設定された条件と「くびき」条件とで、スケジュールは同じであるがKRが被験者のパフォーマンスに基づいて提供されているか否かという点で異なっている。その結果、バンド幅条件の方が「くびき」条件より優れていることを報告している。このことは、単なる頻度やスケジュールが本質的なのではなく、パフォーマンスに基づいていることが重要であることを示

唆している。

但し、果たして設定されたバンド幅が練習者のKRに対する必要度とどのように対応しているのかについては不明である。最近、この点に関わって次のような研究が報告されている。Janelle et al. (1995) はボールの的当て課題の学習において、あらかじめパフォーマンスに関するフィードバック情報の提供のスケジュールが決められている条件の他に、被験者の判断でフィードバック情報を利用するという条件、およびその「くびき」条件を加えて比較を行った。その結果、被験者の判断でフィードバック情報を利用する条件の学習効果が最も優れているということを報告している。ただこの研究では、被験者は練習試行全体の7%でしか情報を利用しておらず、「くびき」条件と比較するにはあまりにも頻度が少なすぎる。したがって、フィードバック情報の頻度そのものが重要なのか、被験者の必要度に応じてフィードバック情報を提供することが重要なのかについて考察することはできない。

本研究の目的は二つある。一つは、学習者が採用するKR利用方略と、KR頻度に関する従来の研究で明らかにされてきた内容との間に共通性が見られるかを確かめることである。ガイダンス仮説に従えば、「悉皆方略」よりも「間欠方略」の方が優れており、スケジュールとしては次第に頻度を減少させる方略が望ましいと考えられるが、練習者にKR利用の判断をゆだねた場合、果たしてそのような方略を採用するのだろうか。

もう一つの目的は、このような学習者の判断によるKR利用による学習効果を、あらかじめ決められたスケジュールでKRが提供される従来の練習による効果と比較することである。本研究では、練習期間を通じて一定比率で提供される条件、徐々に減少していく条件、逆に徐々に増加していく条件の三つを設定し、これらと練習者が採用する方略の運動学習に及ぼす効果の比較を試みる。

II. 方 法

1. 被 験 者

18才から21才までの大学生男女50名を被験者とした。全員が右利き（ペンを持つ方の手）である。

2. 学 習 課 題

利き手の直線的前後動によって、ディスプレイに表示されたターゲットパターンを再現することが課題である。ターゲットパターンは、縦軸を移動距離、横軸を所要時間とするグラフによって表示した（図1）。スタート位置から折り返し地点までの実際の移動距離は19cmであり、所要時間は片道500 msec、往復で1秒である。

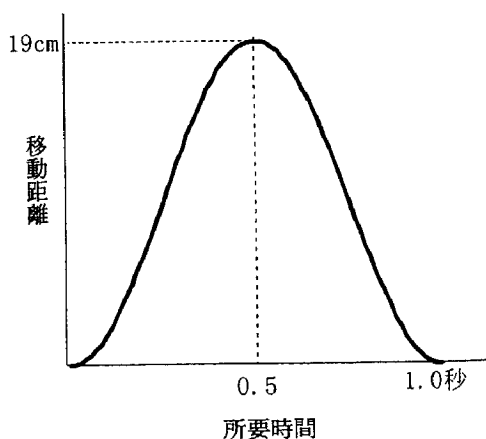


図1 ターゲットパターン

被験者に対し、右手でペンを保持し、デジタルイザー上に作成された直線の溝に沿ってペンを移動するように教示した。被験者の右手の動きは、ペン位置のX、Y座標値をRS-232Cを介して（サンプリングレート60 Hz）コンピュータに入力することによって測定した。

KRは、このようにして計測した右手の移動パターンをグラフ化したものを、前述のターゲットパターンにスーパーインポーズすることによって提示した。

3. 手続きと実験条件

① 全体の手続き

200回の練習を50回ずつ4ブロックに分けて実施した。ブロック間インターバルだけは1分間と一律に設定したが、ターゲット提示から動作開始

までの時間 (PRT) 及び KR 観察時間 (KRT) の長さは被験者自身が決定した。練習終了後 (直後テスト) と24時間後 (保持テスト) にテストを行い、引き続き転移テストを行った。テスト試行はそれぞれ10試行であり、KR は与えなかった。なお練習に先だて、テスト試行において KR が入手できない点をあらかじめ伝えておいた。

最後に、以下の内容について被験者に内省報告を求めた。全員に共通に聞いた内容は、1) すべての試行で KR を利用した方がいいと思うか否か、2) もし全試行の半分しか KR を利用することができないとしたら “constant” 条件, “decreased” 条件, “increased” 条件 (後に説明する) のいずれを選択するか の2点である。また、後述する “select” 条件の被験者には、KR を利用した場合としない場合の判断基準について質問した。

保持テスト、転移テストのいずれも KR の伴わない10試行によって構成した。転移テストにおいては、練習で用いたパターンとは異なるターゲットパターンを用いた。

当初は、課題の教示と練習回数のみを指定し、KR を見るか見ないかの判断を全て被験者に任せるといった条件を設定し、そこで観察された KR 利用方略をいくつかに分類することによって、他の実験条件の結果と比較する予定であった。しかし、予想に反しほとんどの被験者がすべての試行にわたって KR を利用する傾向が見られた。そこで方針を変え、すべての試行で KR を利用した被験者が10人に達するまでデータを採り、それを後述する “control” 条件の被験者とすることにした。すべての試行で KR を利用した人が10人に達した時点で、KR を利用しない試行が含まれていた被験者の人数は4人であった。この4人の被験者のデータについては、人数が少ないこと、人によって KR 利用頻度に大きな開きがあることなどの理由により、今回は分析の対象とはしなかった。

以上のような結果そのものが、本研究の第1の目的に対する一つの結果である。ただ、このまま

では、学習者の判断による KR 利用による学習効果を、あらかじめ決められた KR スケジュールの練習による学習効果と比較するというもう一つの研究目的につて調べることができない。そこで本実験では、練習回数の半分以下でしか KR を利用することができないという制約を設けた上で被験者に判断させる条件を設定し、他の条件と比較することにした。

②実験条件

被験者50人を、以下の五つの練習条件にランダムに割り当て、合計5群を編成した。

(1) “control” 条件:

練習試行のすべてにわたって KR を提示した。

(2) “select” 条件:

全体の半分以下の試行においてしか KR が得られないことを知らせた上で、その利用の仕方は被験者の選択にまかせた。

(3) “constant” 条件:

練習試行全体の半分において KR を提示した。その際、最初から最後まで2回に1回の割合で提示した。

(4) “decreased” 条件:

練習試行全体の半分において KR を提示した。その際、徐々に KR 提示試行の割合が減少するように、第1ブロックで5回に1回、第2ブロックで3回に1回、第3ブロックで3回に2回、第4ブロックで5回に4回の割合で KR を提示した。

(5) “increased” 条件:

スケジュールが逆である点を除き、“decreased” 条件と同じである。

③1試行の手続き

“select” 群における1試行の手順は次の通りである。ターゲットパターンは、被験者が保持したペンがデジタルタイザ上のスタートエリア内に入った時点でディスプレイに現れ、ペンがスタートエリアから出た時点で消えるようにした。再びペンがスタートエリアに戻った時点で、ディスプレイには「結果を見る」と「次へ進む」の二つの

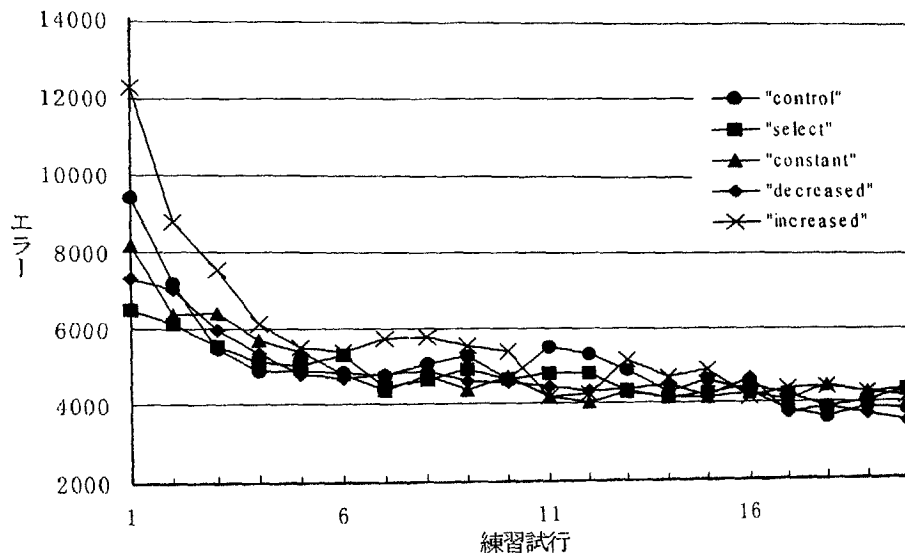


図2 練習期におけるパフォーマンスの変化

選択肢が表示されるようにし、被験者にいずれかを選択させた（選択肢の文章の上をマウスでクリック）。「結果を見る」の方を選択した場合は直ぐに KR を提示し、「次へ進む」の方を選択した場合は KR を表示せずにそのまま次の試行へ移行するようにした。手の移動の開始のタイミング、KR 利用の判断、KR を見ている時間、試行間インターバルは全て被験者自身に判断させた。

その他の条件も基本的には同様の手順であるが、移動終了時における選択肢は条件によって異なり、「control」条件の場合は「結果を見る」だけであるのに対し、「constant」条件と「increased」条件及び「decreased」条件では、決められたスケジュールに従って「結果を見る」あるいは「次へ進む」の何れかを表示した。

4. 依存変数

練習及びテストパフォーマンスの指標としては RMSE (root mean square error) を用いた。ディスプレイ上におけるターゲットパターンと再生パターンのずれを面積で表したものであり (Shea et al. 1993)、ディスプレイのドット数で表した。また、練習中の被験者の時間の使い方を示す指標として、ターゲットパターンがディスプレイに表示されてから、動作が開始されるまでの

時間 (PRT) と、KR を観察した時間 (KRT) とを msec 単位で測定した。

III. 結果

1. RMSE の分析結果

(1) 練習期

練習10試行を1ブロックとし、その平均値をブロックごとの練習パフォーマンスとした。図2は5群の20ブロックの練習パフォーマンスを示したものである。これらに対して練習条件 (5条件) × 練習ブロック (20ブロック) の2要因分散分析 (第2要因が対応あり) を行った。その結果、二つの主効果 (条件 : $F=3.093$, $df=4/45$, $p=.024$; ブロック : $F=49.307$, $df=19/855$, $p=.000$) と交互作用 ($F=2.667$, $df=76/855$, $p=.000$) が有意であった。

交互作用が有意であったので、以下のような下位検定を行った。まず、ブロックごとに条件の効果を調べたところ、第1から第3ブロックにかけて条件の効果が有意であり、それ以降のブロックにおいては有意ではなかった。単純主効果の見られたブロックについて多重比較 (TUKEY法を使用) を行ったところ、3ブロックに共通して「increased」条件と他の4条件間に差が見られた。

また第1ブロックにおいては“control”条件と“select”条件，“decreased”条件との間，また“constant”条件と“select”条件との間に差が見られた。

次に，条件ごとにブロックの効果を分析したところ，すべての条件において単純主効果が有意であった。それぞれについて多重比較を行った内容を要約すると，いずれの条件でも最初の数ブロックにかけてパフォーマンスの向上が見られ，それ以降はパフォーマンスの向上が見られなくなるという結果であった。

(2) テスト期

直後テスト，保持テスト，転移テストそれぞれにおける10試行の平均値をテストパフォーマンスとした。図3は直後テストと保持テストにおける5条件のパフォーマンスを示したものである。これらに対して練習条件(5条件)×テスト時期(2期)の2要因分散分析(第2要因が対応あり)を行った。その結果，テスト時期の主効果($F = 32.635$, $df = 1/45$, $p = .000$)と交互作用($F = 4.501$, $df = 1/45$, $p = .004$)が有意であった。

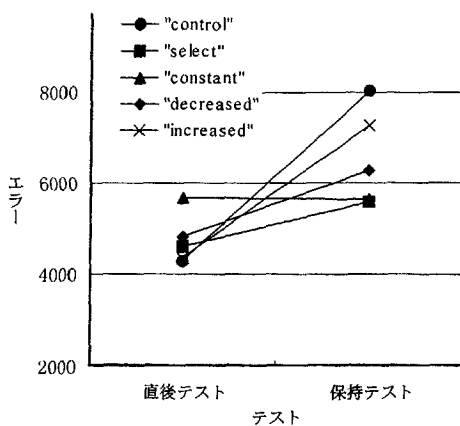


図3 保持インターバルに伴うパフォーマンスの変化

交互作用が有意であったので，以下のような下位検定を行った。まず，直後テストと保持テストそれぞれにおいて条件の効果を調べたところ，保持テストにおいてのみ条件の主効果が有意であった($F = 4.575$, $df = 4/90$, $p = .002$)。そこで5条件間の多重比較を行ったところ，“control”

条件と“select”条件，“constant”条件との間に有意差が見られた。

次に，各条件ごとにテスト時期の主効果を調べたところ，“control”条件と“increased”条件でテスト時期による効果が見られ，それ以外の3条件では有意な差は見られなかった。

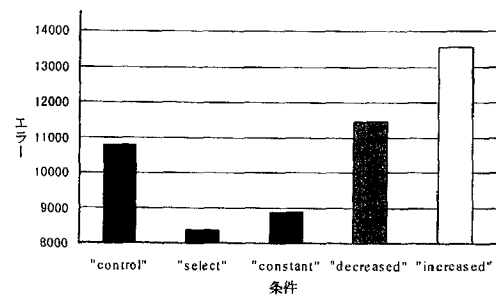


図4 転移テストにおける5条件のパフォーマンスの比較

図4は転移テストにおける5条件のパフォーマンスを示したものである。これらに対して1要因分散分析(5水準)を行った結果，傾向は見られたが($F = 2.393$, $df = 4/45$, $p = .064$)，5%レベルの有意水準には達しなかった。

2. “select”条件におけるKR利用パターン

“select”条件の被験者がどのようなKR利用方略を採用したかを調べるために，200試行を50試行ずつにまとめその中のKR利用回数を10人の被験者それぞれについて算出した。図5は，各50試行ごとのKR利用回数の10人の被験者の

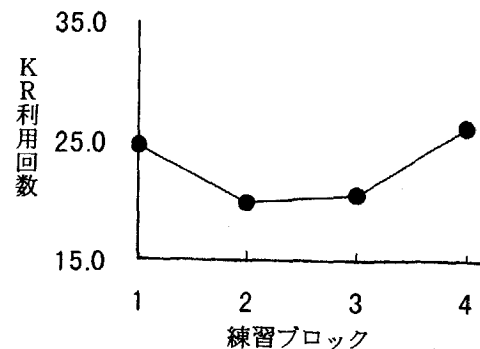


図5 練習期における“select”群のKR利用回数の推移

(50試行を1ブロックとし，各ブロックにおけるKR利用回数の平均値をプロットしたもの)

平均を示したものである。これらに対して対応のある1要因分散分析(4水準)を行ったところ、有意ではなかった($F=2.156$, $df=3/27$, $p=.115$)。このことは、“select”群の被験者は、“constant”条件のスケジュールに近い利用方略を採用する傾向があることを意味している。

3. 内省報告

「すべての試行でKRを利用した方がいいと思うか否か」という質問に対する答えを、「全部必要」と「全部見る必要はない」とに2分類し、その集計結果を条件ごとにまとめたのが表1である。なお、この集計においては、“control”群の被験者として前述した14人すべての結果を示した。被験者数が少ないので、これらの結果に対する度数の検定は行わなかったが、この表からは、条件にかかわらず多くの被験者ができれば全試行においてKRを利用したかったと思っていることがわかる。

「もし全体の半分でしかKRを利用することができないとしたら、“constant”条件、“decreased”

表1 全試行でのKR利用に関する回答の集計結果

条 件	全 部	不必要	%
“control”	10	4	71.43
“select”	7	3	70.00
“constant”	7	3	70.00
“decreased”	8	2	80.00
“increased”	9	1	90.00
全 体	41	13	75.93

表2 3つのKR利用方略のどれを選択するかという問いに対する回答
(恒常=“constant” 減少=“decreased”
増加=“increased”)

条 件	恒常方略	減少方略	増加方略
“control”	5	3	2
“select”	6	4	0
“constant”	7	3	0
“decreased”	2	7	1
“increased”	3	2	5
全 体	23	19	8

条件、“increased”条件のいずれを選択するか」という質問に対する答えを、条件ごとに集計した結果が表2である。被験者数が少なく、統計的検定は行わなかったが、全体として“constant”条件のスケジュールを選択する傾向が見られた。ただ、“decreased”群や“increased”群では、自分が経験したスケジュールを選択する傾向があった。

“select”条件の被験者には、KRを利用する時としない時の判断基準について質問した。10人という少数人数にもかかわらず、この質問に対する答えは多様でありであり、判断基準に共通性は見られなかった。以下すべての被験者の回答を要約する。

1) 適当にやった(1人)。2) 定期的に見た(2人)。3) 結果が分からないとき見た(7人)。この7人の中には、明らかにだめとわかったときは見ないが、自信があるときは確認の意味で見たという人(2人)と、逆に自信がある時は見ないで、だめだと分かったときは見たという人(3人)とが含まれていた。

4. 練習期におけるPRTの分析結果

図6は5群の20ブロックのPRTを示したものである。これらに対して練習条件(5条件)×練習ブロック(20ブロック)の2要因分散分析(第2要因が対応あり)を行った。その結果、ブロックの主効果と($F=62.948$, $df=19/855$, $p=.000$)と交互作用($F=1.785$, $df=76/855$, $p=.000$)が有意であった。

交互作用が有意であったので、以下のような下位検定を行った。まず、ブロックごとに条件の効果を調べたところ、第1ブロックにおいて条件の効果が有意であり、それ以降のブロックにおいては有意ではなかった。第1ブロックについて多重比較を行ったところ、“increased”条件が“select”条件と“constant”条件より有意に短いという結果であり、それ以外の条件間に差は見られなかった。

次に、条件ごとにブロックの効果を分析したところ、すべての条件において単純主効果が有意であった。それぞれについて多重比較を行ったとこ

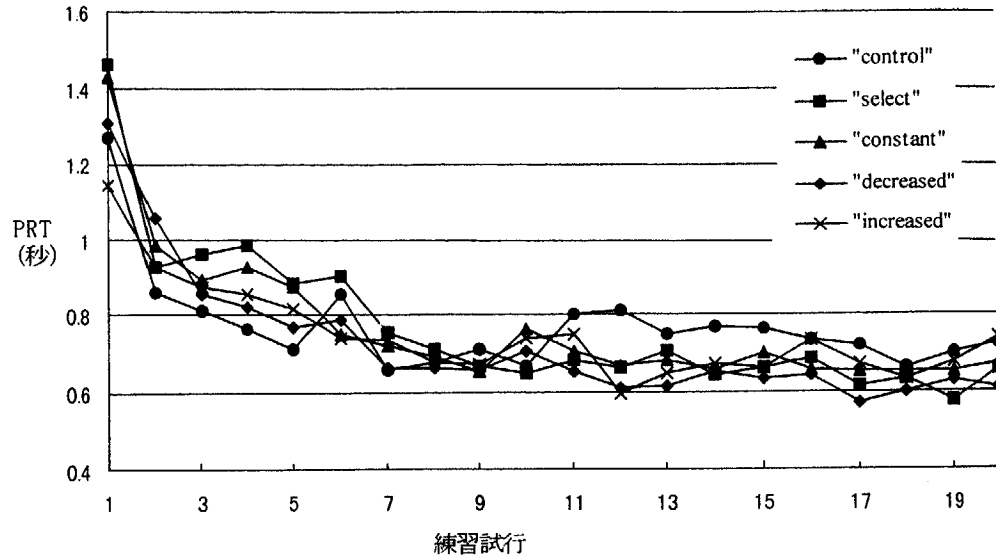


図6 練習に伴うPRTの変化

ろ、いずれの条件でも最初の数ブロックにかけてPRTの短縮が見られ、それ以降は変化が見られなくなるという結果であった。特に“control”条件では、最初のブロックで短縮が見られるだけで、それ以降はPRTはほぼ一定であった。

5. 練習期におけるKRTの分析結果

図7は、5群の20ブロックのKRTの変化を示したものである。これらに対して練習条件（5条

件）×練習ブロック（20ブロック）の2要因分散分析（第2要因が対応あり）を行った。その結果、二つの主効果（条件： $F=5.423$, $df=4/45$, $p=.001$ ；ブロック： $F=169.557$, $df=19/855$, $p=.000$ ）と交互作用（ $F=4.044$, $df=76/855$, $p=.000$ ）が有意であった。

交互作用が有意であったので、以下のような下位検定を行った。まず、ブロックごとに条件の効

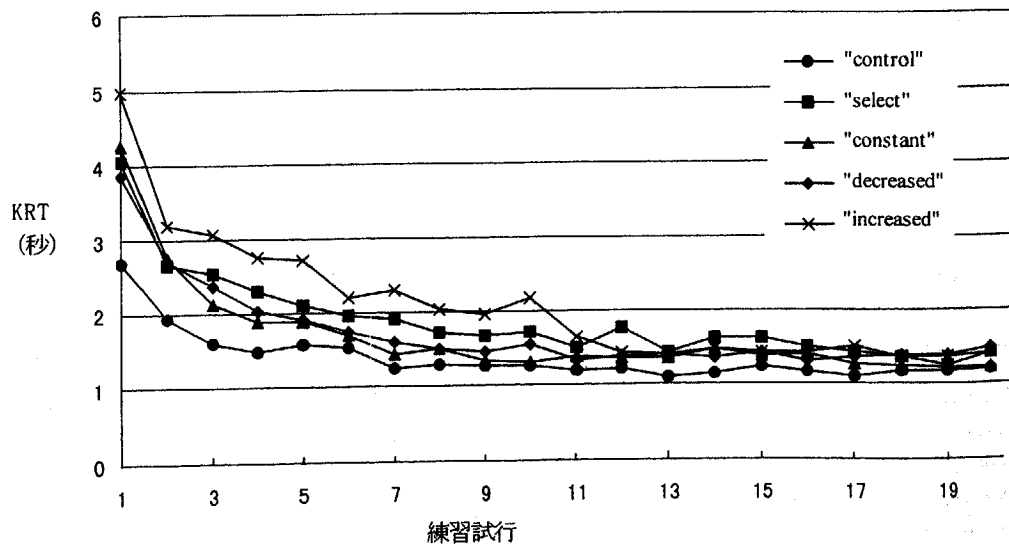


図7 練習に伴うKRTの変化

果を調べたところ、第1から第10ブロックにかけて条件の効果が有意であり、それ以降のブロックにおいては有意ではなかった。単純主効果の見られたブロックについて多重比較を行ったところ、最初の5ブロックにかけては“control”条件が最も長く“increased”条件が最も短く、それ以外の3条件がこの中間に位置するという結果であった。それ以降第10ブロックにかけては“increased”条件のみが他の4条件よりもKRTが長いという結果であった。

次に、条件ごとにブロックの効果を分析したところ、すべての条件において単純主効果が有意であった。それぞれについて多重比較を行った結果、“select”条件、“constant”条件、“decreased”条件の3条件では最初の5から7ブロックにかけて短縮が見られ、それ以降ほぼ一定になるという共通の傾向が見られた。一方、“control”条件の場合は最初の2ブロックで短縮が止まるのに対し、“increased”条件では第10ブロックまで短縮が続くという、上記の3条件とは異なる傾向が見られた。

IV. 考 察

1. パフォーマンスの分析結果について

練習によって有意な学習が生じていたことが明らかになった。したがって、以後の分析をする意味が保証されたと言える。ただし最初の数ブロックでパフォーマンスの向上は見られるものの、それ以降はほとんど変化が見られないので、課題の難易度という点で若干の問題があったかもしれない。

保持テストの結果、“control”条件と“increased”条件で保持インターバルに伴うパフォーマンスの低下が見られたのに対し、他の3条件ではパフォーマンスが維持されることがわかった。これらのうち、“decreased”条件や“constant”条件については従来のKRの頻度に関する研究結果を支持するものである。“select”条件についても、利用頻度を50%と指定した点、また実際の利用パターンが“constant”条件ときわ

めて共通していた点を考えると当然の結果とも言える。ただ注目しなければならないのは、“constant”条件ではKR提供のスケジュールが練習パフォーマンスとは無関係にあらかじめ決まっているのに対して、“select”条件ではKRを利用するかしないかを被験者自身が決めているという点である。この違いにも関わらず、両者の間に学習効果の大きな違いは見られなかった。このことは、KRの効果を左右する要因として、KRの頻度やスケジュールそのものが重要な点であって、スケジュールを練習者自身が決定するか否かということは本質的な問題ではないということを示している。

以上の結果は、Janelle et al.の研究結果とまったく異なるものである。このような結果の違いの原因は、二つの実験間で遂行後のフィードバック情報に対する必要度が違っていたという点にあると考えられる。Janelle et al.の研究では、被験者の判断でフィードバック情報を利用する条件をその「くびき」条件と比較し、前者が保持において優れていると報告している。この結果に対しJanelle et al.は、被験者自身の判断が介入することによってより深い水準での情報処理がなされるために保持において優れていたと解釈している。しかし少なくともこの実験に関しては、この解釈は妥当ではないように思われる。なぜなら彼らの実験では、実際に被験者がフィードバック情報を利用した頻度は練習試行全体の7%でしかなく、これでは「くびき」条件と比較するにはあまりにも少なすぎるからである。つまりわずか7%では、フィードバック情報に対する被験者の必要度と実際のフィードバック提供とのずれちがいが大きすぎると考えられるのである。「くびき」条件の保持テストパフォーマンスが低かった原因はむしろこの点にあるのではないかと考えられる。

“constant”条件と“decreased”条件の保持パフォーマンスが“control”条件と“increased”条件より優れ、“control”条件と“increased”条件間に保持パフォーマンスの差が見られないという結果は、ガイダンス仮説に基づいたWinstein

Smith (1990) の考えを支持する結果である。ように、テストパフォーマンスの分析ではガンス仮説の妥当性を示しているが、練習パフォーマンスでは、次のような不適応説 (Wulf & Smith, 1994) に沿った現象も見られている。本的には条件による練習パフォーマンスの大差は見られなかったが、第1ブロックにおいては“increased”条件と共に“control”条件パフォーマンスも他の条件より有意に劣っている結果であった。このことは、学習初期にて、少なすぎるKRも問題であるが、逆にKRが提供されることにも問題があること変している。すなわち、不適応説が想定するように頻りにKRが提供されることによりに制御しようとして混乱していることが考えるのである。ただ、第1ブロックのこのよう乱が保持テストパフォーマンスに影響したかについては、今回の実験からはこれ以上考察するまでできない。

KR 利用方略について

上のように、少なくとも今回用いた運動課題合は、毎回KRを利用するより頻度を半分らすほうが、あるいは“increased”条件よ“constant”条件や“decreased”条件の方がを促進することが証明された。では、被験者が選択したKR利用方略はこれらの事実に行っていたのだろうか。

今回の実験では、すべての試行について選択がれた14人の被験者のうちの10人までが、すべての試行においてKRを利用していた。また、この参加したすべての被験者の内省報告によつてこのことが確かめられた。この結果は、Janelle et al. (1995) が報告している内容とは異なっている。彼らの実験では、フィードバックの利用を被験者に判断させた場合は、全試行の7%しか利用しないと報告している。

この差をもたらした原因の一つとして、練習課題の質の違いを挙げることができる。Janelle et al. の研究で用いた課題は、アンダーハンドにボールの正確投げという離散的 (discrete)

弾み動作 (ballistic) 課題であるのに対し、本実験での課題は連続的パターン再生課題である。Janelle et al. の研究では、フィードバック情報として投げ動作に関する運動学的なアドバイスを与えている。しかし、ボールの正確投げという課題では、投げ方そのものが問題なのではなく、その投げ方によってもたらされたボールの落下位置の正確性を向上させることが習得目標なのである。この場合は、投げ方に関する運動学的情報は、間接的には意味があるかも知れないが、ほとんどの試行で被験者にとって冗長な情報でしかなかった可能性が高い。それに対してパターン再生課題では、動かし方そのものが習得目標になっており、このような課題においては、今回の実験でKRとして提供した情報は、被験者にとって必要度の高い情報である。この違いが遂行結果に関するフィードバック情報の利用方略に影響したと考えられる。

いずれにせよ、本実験に関する限り、被験者が選択したKR利用方略は保持を促進する「間欠方略」ではなく「悉皆方略」であった。全員から得られた内省報告結果でも、できれば全試行でKRを利用したいと考えている人の方が多く、これは被験者が実際に採用した方略と共通している。また、“select”条件におけるKR利用の仕方は、保持において優れていた“constant”条件と共通していたが、被験者に対する質問の結果では、自分が体験した条件に沿った回答をしている傾向が見られた。このことは、被験者が必ずしも意識的に“constant”スケジュールを採用したのではないことを意味している。また、KRを利用する時の判断基準は人によってまちまちであることもわかった。

これらのことは、KR利用に関する限り、学習者が自発的に採用する方略は曖昧でしかも妥当を欠いていることを示していると言えよう。したがって、実際の面について言えば、運動スキルの練習においては、KRの利用に関する限り指導者側からの適切な配慮がなされなければならないことを示しているといえる。

3. 時間的な側面について

第1ブロックの“increased”条件が他の4条件に比べてPRTが短いという結果は見られたものの、それ以外では練習条件の違いは見られなかった。これに対してKRTでは、練習の前半において条件間の差が見られた。工藤(1997)は、運動学習に及ぼす「文脈干渉効果」と認知スタイルの個人差の相互作用に関する研究で、今回の実験のPRTとKRTに相当する時間を測定している。その中で工藤は、一つの課題のみを練習する条件においては、認知スタイルの個人差から予想される結果は、PRTよりもKRTの方に反映されることを報告しているが、この点は今回の結果と共通している。

これらの結果については、次のように考えることができる。同一課題を連続して練習する場合は、課題で要求されている内容はあらかじめわかっているため、事前に動作のプランニングをすることができる。したがって、認知スタイルや今回のような練習条件の違いはPRTには反映されにくいと考えられる。しかし、たとえ同一課題であったとしても、実際の遂行は試行ごとに変動するので、遂行結果についての情報は冗長性が低いと考えられる。したがって情報処理時間の指標としてのKRTの方には、認知スタイルや練習条件の違いが反映されたのではないだろうか。

ただ、このような時間的な側面に関する結果と保持に対する促進的効果との関連性を伺わせるような結果は、今回の実験からは得られなかった。

V. ま と め

本研究では、KR提供のスケジュールに関して、単に頻度やスケジュールだけでなく、その時のパフォーマンスの状況や練習者の必要度に基づいて利用することの意味について実験的に検討を試みた。しかし、従来の研究から予想されたことに反し、頻度やスケジュールによる保持の促進効果に対して、練習者の判断を可能としたことによる付加的促進効果を明らかにすることはできなかった。このことは、運動学習に及ぼすKRの効果を左

右する要因として、練習者の判断はさほど重要な意味を持たないことを示している。

この実験で最も注目すべきは、KRの利用頻度を減少させた方が学習が促進されるという事実があるにも関わらず、練習者はそのようなKR利用方略は採用せず、むしろ悉皆利用方略を望んだことである。このことは、運動学習におけるフィードバック情報利用に関しては、指導者側のある程度の管理が必要であることを示している。

ただし本文でも触れたように、運動課題の性質が異なれば、KRに対する必要度が変化するので、すべてのケースに対して今回の結果を適用するわけには行かない。KR利用に対する練習者自身の判断の意味について結論を出すには、他のいくつかのケースについての検討をまつ必要がある。

(1998年10月7日受理)

引用文献

- Adams, J.A. (1971) A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.
- Baird, I.S. and Hughes, G.H. (1972) Effects of frequency and specificity of information feedback on acquisition and extinction of a positioning task. *Perceptual and Motor Skills*, 34, 567-572.
- Bilodeau, E.A., Bilodeau, I.M., and Schumsky, D.A. (1959) Some effects of introducing and withdrawing knowledge of results early and late in practice. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 142-144.
- Bulter, M.S., Reeve, T.G. and Fischman, M.G. (1996) Effects of the instructional set in the bandwidth feedback paradigm on motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 355-359.
- Cauraugh, J.H., Chen, D. and Radlo, S.J. (1993) Effects of traditional and reversed bandwidth knowledge of results of motor learning. *Research Quarterly for Exercise*

- and Sport, 64, 413-417.
- Lyton, J., Pain, L., Ellis, C. and Threadgold R. (1997) Comparison of bandwidth knowledge of results and the relative frequency effect in learning a discrete motor skill. *Journal of Human Movement Studies*, 32, 15-28.
- Welford, C.H., Kim, J. and Singer, R.N. (1995) Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 81, 627-634.
- Welford, R.M. and Guadagnoli, M.A. (1996) The scheduling of knowledge of results. *Journal of Motor Behavior*, 28, 233-240.
- 藤孝幾 (1997) 練習スケジュールと認知スタイルが運動学習に及ぼす影響 日本体育学会第48回大会号, p.198.
- 藤孝幾 (1989) フィードバックの分類 「運動行動の心理学」 麓, 工藤, 伊藤著, 高文堂出版, 54ページより
- Welford, T.D. (1988) Transfer-appropriate processing: a framework for conceptualizing practice effects in motor learning. In O.G. Meijer, and K.Roth(Eds.) *Complex Movement Behaviour: The motor-action controversy*. Elsevier Science Publishers B.V. North-Holland, pp. 201-215.
- Welford, T.D., and Carnahan, H. (1990) Bandwidth knowledge of results and motor learning: More than just a relative frequency effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 777-789.
- Welford, T.D. and Maraj, B.K.V. (1994) Effects of bandwidth goals and bandwidth knowledge of results on motor learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 244-249.
- Welford, T.D., White, M.A. and Carnahan, H. (1990) On the role of knowledge of results in motor learning: Exploring the guidance hypothesis. *Journal of Motor Behavior*, 22, 191-208.
- Magill, R.A. (1993) *Motor Learning: Concepts and Applications*. Wm. C. Brown & Benchmark Communications, Inc. pp. 305-349.
- Reeve, T.G., Dornier, L.A. and Weeks, D.J. (1990) Precision of knowledge of results: Consideration of the accuracy requirements imposed by the task. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 61, 284-290.
- Salmoni, A.W., Schmidt, R.A. and Walter, C.B. (1984) Knowledge of results and motor learning: A review and critical appraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355-386.
- Schmidt, R.A. (1975) A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt, R.A. (1991) *Motor Learning & Performance: From Principles to Practice*. Human Kinetics, Champaign, IL.
- Sherwood, D.E. (1988) Effect of bandwidth knowledge of results on movement consistency. *Perceptual and Motor Skills*, 66, 535-542.
- Shea, C.H., Shebilske, W.L., and Worchel, S. (1991) *Motor learning and control*. Prentice-Hall, Inc. pp. 301-302.
- Smith, P.J.K., Taylor, S.J. and Withers, K. (1997) Applying bandwidth feedback scheduling to a golf shot. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 215-221.
- Sparrow, W.A. and Summers, J.J. (1992) Performance on trials without knowledge of results (KR) in reduced relative frequency presentations of KR. *Journal of Motor Behavior*, 24, 197-209.
- Thorndike, E.L. (1927) The law of effect. *American Journal of Psychology*, 39, 212-222.

- Winstein, C.J., and Schmidt, R.A. (1990)
Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 677–691.
- Wulf, G. (1992) The learning of generalized motor program and motor schemata: Effects of KR relative frequency and contextual interference. *Journal of Human Movement Studies*, 23, 53–76.
- Wulf, G., Lee, T.D., and Schmidt, R.A. (1994)
Reducing knowledge of results about relative versus absolute timing: differential effects on learning. *Journal of Motor Behavior*, 24, 362–369.
- Wulf, G., and Schmidt, R.A. (1989) The learning of generalized motor programs: Reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 748–757.
- Wulf, G. and Schmidt, R.A. (1994) Feedback-induced variability and the learning of generalized motor programs. *Journal of Motor Behavior*, 26, 348–361.
- Wulf, G., Schmidt, R.A., and Deubel, H. (1993)
Reduced feedback frequency enhances generalized motor program learning but not parameterization learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 1134–1150.
- Wulf, G., Shea, J.B. and Rice, M. (1995) Type of KR and KR frequency effects on motor learning. *Journal of Human Movement Studies*, 30, 1–18.

注：本研究は、平成9年度科学研究費（基盤研究C；09680079）の一部を用いて行ったものである。

Effect of Knowledge-of-Results-Use Strategy upon Motor Learning

Koki KUDO

The purpose of this study was to compare the effectiveness of a knowledge-of-results (KR)-use schedule on motor learning, with the experimenter predetermining the KR presentation schedule. The movement task in this study required subjects to memorize the movement pattern of a right arm, one-time, back-and-forth, linear movement. Subjects completed 200 practice trials. The ten test trials without KR were administered both immediately and one day after the practice. The 50 male and female subjects were randomly assigned to a control group and four experimental groups. In the control group, KR was presented immediately after every practice trial. In the following four experimental groups, KR was available in half of the practice trials. In the "select" group, subjects themselves judged whether or not to use KR, based on their performances in former trials. In the "constant" group, KR was presented every two practice trials. In the "decreased" group, the frequency of KR presentation gradually decreased as practices proceeded. In the "increased" group, the schedule of KR presentation was the reverse of that in the "decreased" group. Results indicated that for the experimental groups (in which KR was available in half of the trials), all groups, except the "increased" group, outperformed the "control" group (in which KR was presented every practice trial). These results supported the "Guidance Hypothesis," which accounts for the effect of reduced KR frequency in motor learning. There was no difference in retention performance between the subject-controlled KR schedule conditions ("select" group) and the experimenter-controlled KR schedule conditions (the "constant" and "decreased" groups). This suggests that the essential factor in the effectiveness of KR is the reduction of KR frequency and not the learner's judgement of KR use.

Key Words: Knowledge of Results, Frequency, Bandwidth, KR Use Strategy

運動学習におけるKR利用方略に関する研究

工藤孝幾 (福島大学教育学部)

運動学習 KRの頻度 bandwidth 学習方略

I. 目的

KRを与える頻度や詳しさの程度、与えるタイミングなどに関する最近の研究は、KRは試行直後にできるだけ多く、より正確に与えるべきであるという伝統的考え方を覆すような結果を報告している。ところで、KRに関するこれらの研究では、実験者側がKRを提供する条件をあらかじめ設定することによって仮説の検証を試みるというスタイルを採っており、KRの効果を考える上で練習者側の都合というものはあまり考慮されていない。例えば、KRの頻度に関する研究では、練習者がKRを必要としているか否かに関わらず、KR提供のスケジュールがあらかじめ決まっている。

その点、KRのbandwidthの影響に関する研究は例外的である。これまでの研究によって、KRを提供する際の逸脱の基準がより広い方が学習を促進することが示されてきている (Cauraugh et al, 1993; Lee et al, 1990; Reeve et al, 1990; Sherwood, 1988)。これらの研究が前述したKR頻度に関する研究と根本的に異なるのは、練習者側の要因、すなわちパフォーマンスの良し悪しがKR提供の有無に反映されているという点である。但し、果たして設定されたbandwidthが練習者のKRに対する必要度と対応しているのかについては不明である。

最近、この点に関わって興味深い研究が報告されている。Janelle et al. (1995)はボールの的当て課題の学習において、あらかじめKR提供のスケジュールが決められている条件の他に、被験者の判断でKRを利用するという条件を加えて比較分析をしている。その結果、被験者の判断でKRを利用する条件の学習効果が最も優れているという結果を得ている。ただこの研究では、被験者は練習試行全体の7%でしかKRを利用しておらず、“YOKED”条件と比較するにはあまりにも頻度が少なすぎる。したがって、KRの頻度そのものが重要なのか、被験者の都合に応じてKRを提供することが重要なのかについて考察することはできない。

本研究の目的の1つは、学習者が採用するKRの利用の仕方が、KRのスケジュールに関してこれまでに明らかにされてきたことと共通しているかを確かめることである。

もう1つの目的は、学習者の判断でKRを利用した場合の学習効果を、あらかじめ決められたスケジュールでKRが提供される従来型の学習による効果と比較することである。従来型の学習として本研究では、練習期間を通じて一定比率で提供される条件、徐々に減少していく条件、逆に徐々に増加していく条件の3つを設定した。これらの3条件間で、KRの頻度は50%と共通に設定した。

II. 方法

1. 被験者

大学生男女50名。

2. 学習課題

右手を直線的に前後に動かす時の運動パターンを記憶し再生するという課題であった。被験者に要求する運動パターンは、縦軸を移動距離、横軸を所要時間とするグラフをディスプレイに表示することによって提示した(ターゲットパターン)。

被験者には、右手でペンを保持し、ディジタイザー上に作成された直線の溝に沿ってペンを前後に動かすことによってターゲットパターンを再現することを要求した。KRは、右手の移動パターン(再生パターン)をターゲットパターン上に重ね書きすることによって提示した。

3. 手続きと実験条件

練習試行を200試行とした。ターゲット提示から動作開始までの時間(PRT)、KR Interval、KR観察時間(KRT)、Post KR Intervalの時間の取り方は、すべて被験者自身に決定させた。練習終了後に「直後テスト」、24時間後に「保持テスト」と「転移テスト」(練習課題のパターンを反転したもの)をそれぞれ10試行ずつ実施した。これらのテスト試行において、KRは与えなかった。なお練習に先だて、テスト試行においてKRが入手できないことをあらかじめ伝えた。上記のすべての実験手続きが終了した時点で、KRの利用の仕方に関する質問を行った。

当初は、課題の教示と練習回数のみを指定し、KRを見るか見ないかの判断を全て被験者に任せ、そこで観察されたKR利用方略をいくつかに分類して他の実験条件の結果と比較する予定であった。しかし、予想に反しほとんどの被験者がほぼすべての試行にわたってKRを利用するという傾向が見られた。そこで、すべての試行でKRを利用した被験者が10人に達するまでデータを採り、それを以下に述べる「100%条件」の被験者とし、他の実験条件の対照条件とすることにした。なお、10人に達した時点で、200試行の中にKRを利用しない試行が含まれていた被験者は4人であった。

このこと自体が、この研究の第1の目的、すなわち学習者が採用するKRの利用の仕方がKRスケジュールに関してこれまで明らかにされてきた内容と共通しているかという問題への1つの答えである。ただ、このままでは、学習者の判断でKRを利用した場合の学習効果を、あらかじめ決められた3つのKRスケジュールによる学習効果と比較することができない。そこで本実験では、他の3つの条件と同様に練習回数の半分でしかKRを利用することができないという制約を付加した上で、KR利用のスケジュールを被験者自身に判断させる条件を設定することにした。

被験者50人を、以下の5つの練習条件にランダムに割り

当て、合計5群を編成した。

「100%条件」：全試行においてKRを提示した。

「選択条件」：全体の半分の試行においてしかKRが得られないことを知らせた上で、その利用スケジュールは被験者の判断にまかせた。

「恒常条件」：練習全体を通じて、2試行に1回の割合でコンスタントにKRを提示した。したがって、全試行の半分においてKRを提示したことになる。

「減少条件」：練習試行全体の半分においてKRを提示した点は「恒常条件」と同じである。ただし、200試行を4ブロックに分け、第1ブロックでは5試行に4回、第2ブロックでは3試行に2回、第3ブロックでは3試行に1回、第4ブロックでは5試行に1回の割りでKRを提示した。

「増加条件」：「減少条件」の逆のスケジュールであった。

4. 依存変数

パフォーマンスは、ディスプレイ上におけるターゲットパターンと再生パターンのずれの面積（単位はドット）で表した。また、ターゲットパターンがディスプレイに表示されてから、移動が開始されるまでの時間（PRT）と、KRを観察した時間（KRT）についても分析した。

III. 結果と考察

1. 練習パフォーマンス

練習10試行を1ブロックとし、その平均値をブロックの練習パフォーマンスとした。図1は5群の20ブロックの練習パフォーマンスを示したものである。最初の数ブロックで有意の向上が見られ、それ以降定常状態になっており、課題の難易度において若干問題が見られたが、すべての条件で有意の学習がなされたことが確認された。

2. テストパフォーマンス

図2は直後テストと保持テストにおける5条件のパフォーマンスを示したものである。「直後テスト」では条件間差は見られず、保持テストにおいて「対照条件」と「選択条件」「恒常条件」との間に差が見られた。また、「選択条件」と「恒常条件」で保持インターバルに伴うパフォーマンスの低下は見られず、それ以外の3条件では有意な低下が観察された。

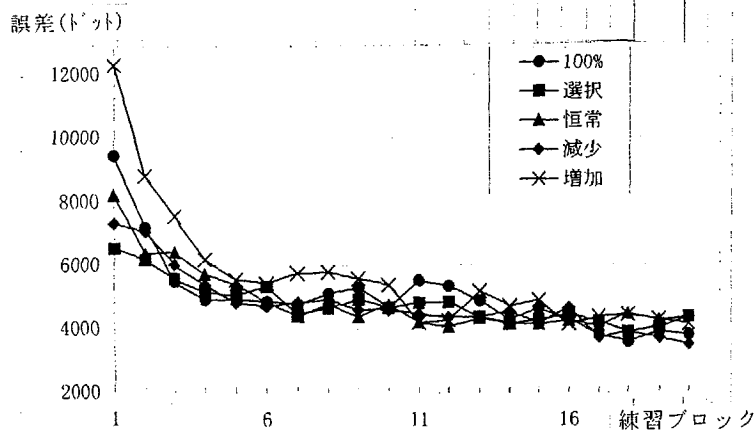


図1 練習パフォーマンス

転移テストにおいては、条件間差について傾向は見られなかったが、5%レベルの有意水準には達しなかった。

3. その他の結果

「選択条件」の被験者がどのようなKR利用方略を採用したかを調べたところ、恒常方略を採用する傾向が見られた。すべての試行でKRを利用した方がいいと思うか否かという質問に対しては、多数の被験者が「できれば全部見たかった」と答えた。

IV. まとめ

被験者の意思に任せられた場合に被験者が採用するKR利用方略については、Janelle et al. (1995)が報告している内容とは全く異なる結果であった。彼らは、全試行の7%しか利用しないと報告しているが、今回の実験では、すべての試行でKR利用の判断をすることができた14人の被験者のうち、10人までがほとんどの試行においてKRを利用していた。また、全被験者から得られた内省報告の結果によってもこの傾向が確かめられた。

テスト試行では、「100%条件」や「増加条件」が保持インターバルで大きな忘却が生じたのに比べて、「選択条件」や「減少条件」あるいは「恒常条件」では直後のパフォーマンスが保持されるという結果が得られた。「恒常条件」や「減少条件」については、KRに関する“Guidance”仮説を支持する結果であった。「選択条件」についても、利用頻度を半分に制約した点、また実際の利用パターンが「恒常条件」ときわめて共通していた点を考えると当然の結果とも言える。ただ注目しなければならないのは、「選択条件」と「恒常条件」とではKRの利用頻度及びそのスケジュールは共通しているが、KRの利用を被験者の判断で決めることができるか否かという点で異なっているにも関わらず、学習効果という点で両者の間に大きな違いは見られなかった点である。このことは、被験者自身の判断が介入することが重要 (Janelle et al) なのではなく、相対的頻度そのものが重要であることを示唆している。

(本研究は平成9年度科学研究費(基盤研究C:09680079)によってなされた)

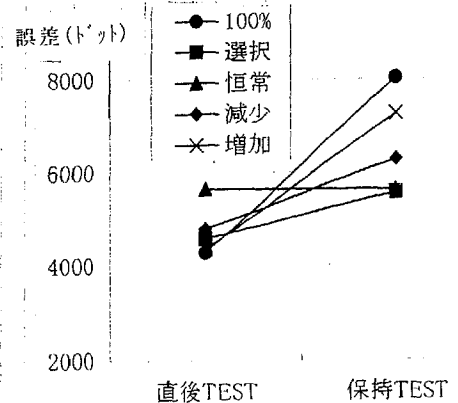


図2 テストパフォーマンス