

多様性練習が動作の保持に及ぼす効果

—スキーマの形成か文脈干渉効果か—

工藤 孝 幾

1. 目 的

Schmidt¹⁰⁾のスキーマ理論の妥当性は、多様性に富んだ練習の方が、決りきった動きの練習(コンスタント練習)よりもスキーマ形成にとっては都合がよく、そのため転移課題のパフォーマンスにおいて優れているという、多様性練習仮説⁹⁾の検証実験を中心にして検討が進められてきた。これまで、多くの研究者が多様性練習仮説の検証実験を行ってきているが、それらについては、最近、工藤⁵⁾やVan Rossum¹⁴⁾が概観を行っている。ところで、もし単一的な動作の長期記憶が、全てスキーマ理論で想定されているような形態で保持されているとしたら、転移課題のパフォーマンスばかりでなく、練習期間中に経験した動作の保持においても、多様性練習の方がコンスタント練習よりも優れた成績を発揮するはずであるが、この点については、これまでほとんど検討されていない。

ところが、Shea & Kohl¹¹⁾は、次のような実験によってこの点を直接検討している。彼らは被験者に対し、一定の力を発揮すること(基準課題)を85回練習させた。その時の試行間インターバルは16秒であり、このインターバルの過ごし方として、以下の3つの条件を設定した。1つは、何もしないで休息する条件である。2つめは、このインターバルで、基準課題とは異なる3種類の力発揮の練習を行う条件である。基準課題の練習85試行を含め、この条件の練習回数は全部で289試行である。最後は、このインターバルで、基準課題の練習を更に3回繰り返すという条件である。したがってこの条件は、基準課題のみを289回練習したことになる。これらの3条件下で練習を行った被験者に対して、24時間後に基準課題の再生を求めたところ、異なる力発揮の練習が挿入された条件の被験者の成績が最も良く、289回を全て基準課題で練習した条件の被験者の成績が最も悪いという結果であった。

この結果に対しては、KRを伴った多様な動作を練習したことにより、強固なスキーマが形成されたためであるという説明の他に、文脈干渉(Contextual Interference¹¹⁾)による効果によっても説明することができる。これは、練習期に複数の課題の練習をすることによる課題間の干渉は、練習パフォーマンスを抑制するが、保持に対しては促進的に作用するというものである。言語の学習で発見されたこの現象は、最初にShea & Morgan¹²⁾によって運動学習において確認され、その後もいくつかの研究で確認されている。運動学習における文脈干渉効果に対しては、現在2通りの解釈の仕方がある。Shea & Zimmy¹³⁾は、複数の課題を練習することにより、ワーキングメモリーに複数の項目が維持されるため、より精緻な情報処理がなされることによると考えている。一方、Lee & Magill⁷⁾は、練習の反復におけるspacing効果に対するJacoby⁸⁾の考え方をもとに、練習期の課題間の干渉によって、毎回動作プログラムを再構成する必要がある、このように試行ごとに全ての情報処理プロセスを踏むことが学習を促進する原因であると考えている。

工藤⁵⁾は、多様性練習による保持と転移に対する促進効果の原因を探るために、文脈干渉の程度異なる3つの多様性練習条件を設定し、コンスタント練習条件との比較を行っている。その結果、単に練習に多様性を持たせるだけでは保持や転移に対する促進効果は見られず、効果が発揮されるには文脈干渉が生じている必要があることを示唆する結果を得ている。そこで本研究では、Shea & Kohlの実験結果を再確認することと、多様な練習が挿入されることによる保持テストにおける好成績が、スキーマの形成あるいは文脈干渉のいずれによるものかを明らかにすることを目的とした。スキーマ理論では、多様性練習でKRを伴っていることが、スキーマ形成にとっての必須条件であるとされているのに対し、文脈干渉効果が生

じるためには、Shea & Zimmy の解釈であれ、Lee & Magill の解釈であれ、必ずしもKRを伴っている必要はない。そこで本研究では、Shea & Kohlが設定した条件の他に、KRなしで多様な挿入課題の練習を行う2つの条件を新たに設定し、先に述べた3つの条件との比較を試みる。新たな条件とは、通常的身體練習を行うが、KRは提示されないという条件と、挿入課題に対する動作の準備は行うが、以後の一切の動作を行わないという条件の2つである。

2. 方 法

1) 被験者

年齢19才から21才の大学生男子50名を被験者とした。

2) 実験課題および装置

本研究で用いられた動作課題は、工藤の一連の研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾で用いられたものと基本的に同じである。図1は、実験課題を構成する装置を示したものである。ディスプレイ(21インチ)は、被験者の正面前方80cmの位置に配置された。コントロール棒のスタート台は、被験者の正面左寄りの30cm前方の位置に配置され、被験者が椅子に腰掛けた姿勢で無理なく腕を動かせるよう高さが調整された。動作終了地点は、被験者から向かってスタート台の右側50cmの地点に、スタート台と同じ高さで設置された。ディスプレイ中央の水平線上に、ターゲットと追跡マークが表示された。追跡マークの初期位置は、常に線上の左端であり、ターゲットは線上の様々な位置に提示された。コントロール棒は、支点を無理なく動くよう設計され、また

支点自体が水平面、垂直面のいづれにも抵抗なく回転するよう設計された。コントロール棒先端の動きの範囲、および水平面と垂直面の回転角度は、可変抵抗によって電気変換され、AD変換ボードを介してパソコンに入力された。

追跡マークの水平線上における移動距離は、コントロール棒先端の移動速度によって決定されるように工夫された。被験者に要求された課題は、右手でコントロール棒の先端を握り、棒をスタート台から動作終了位置までの50cmの区間を適切な速度で直線的に移動させることにより、ターゲットの中に追跡マークを正確に入れることであった。右手の平均移動速度(X mm/sec)と追跡マークの移動距離(Y mm)との関係は、 $Y = 0.336 X$ という比例関係に設定された。

また、タイマーに対し、ディスプレイにターゲットが提示された瞬間にスタート信号を入力し、コントロール棒がスタート台を離れる瞬間にストップ信号を入力することにより、ターゲットが提示されてから動作が開始するまでの反応時間を計測した。

3) 手続き

「用意」の合図によって被験者が棒の先端を握り、身体の正面にあるスタート台を軽く押すと、ディスプレイ上に追跡マークとターゲットが提示される。被験者はターゲットを見て、その距離に応じて棒を動かす速さを決定し、すぐに動作を開始した。反応終了直後に、追跡マークの停止位置が3秒間表示された(KR)。被験者は棒の先端を休息位置に戻し次の合図を待った。以上がこの課題の1試行の基本的な手順である。

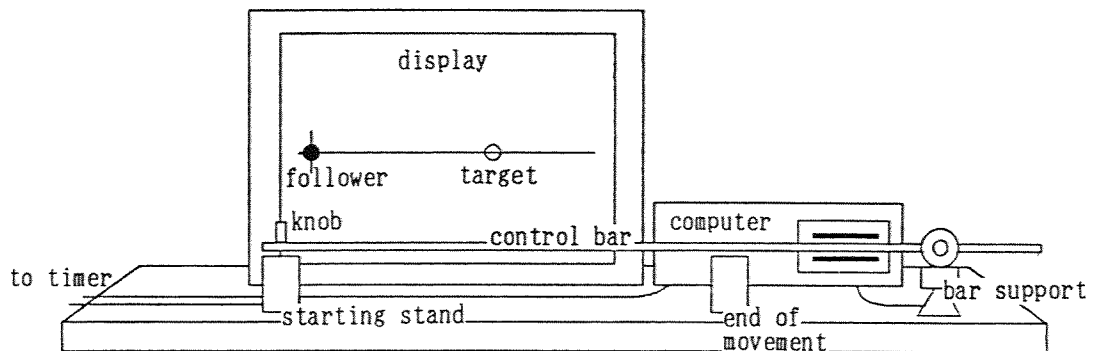


Fig. 1 Equipment of the movement task used in this experiment.

全ての被験者は、追跡マークの初期位置（左端）から右側225mmの位置にあるターゲット（基準課題）に追跡マークを入れる練習を、5試行を1セットとして12セット、計60試行を行った。練習終了30秒後（直後テスト）と、ほぼ24時間後（保持テスト）に、基準課題をそれぞれ5回ずつ再生することが要求された。基準課題の練習では、反応終了直後に追跡マークの停止位置がディスプレイ上に3秒間表示（KR）されたが、テスト試行においてはKRは表示されなかった。基準課題の練習試行間のインターバルを20秒、セット間インターバルを30秒とし、このうち練習試行間インターバルの過ごし方として5条件を設定し、それらに被験者を同数ずつ割り当て、次の5群を編成した。

R群は、基本姿勢を保ったままで休息した。S-KR群はKRを伴った基準課題の練習を2回行った。したがってこの群は、先の60試行の練習と合わせ、基準課題のみを合計156回行ったことになる。V-KR群は、KRを伴った挿入課題の練習を2回行った。挿入課題とは、165mm、195mm、255mm、285mmのいずれかの位置のターゲットに対する練習のことであり、練習順序を決めるに際し、同一ターゲットに対する練習が連続しないように配慮された。この群の挿入課題に対する練習回数は、4つのターゲットそれぞれに対して24試行、合計96試行であり、先の基準課題60試行を合わせ、全部で156試行の練習を行ったことになる。V-NKR群は、KRが表示されないという点を除き、V-KR群と同じ内容であった。V-PR群も挿入課題のターゲットに対しては練習を行ったが、実際に手を動かすことは禁止され、ターゲットを見て動かし方を決定することだけが要求された。V-NKR群とV-PR群との違いは、実際の動作が伴うか否かという点のみであり、動作前の準備の過程と、試行後のKRがないという点では共通し

ている。なおこの点については、工藤⁹⁾の論文に詳しく述べられている。

以上の全ての実験手続きは、全てコンピュータによって管理された。また、実験課題の説明および実験手続きに関する教示は、あらかじめVTRに収録したものを被験者に見せることによって行った。

4) 測度

試行ごとに、ディスプレイ上における追跡マーク停止位置とターゲット間の直線距離を求め、逸脱距離とした。基準課題の練習試行については、1セット5試行の逸脱距離からAEとVEを算出した。またそれらの試行の反応時間の平均値を算出し、プログラミング時間（PT）とした。これらに対し、群（5）×セット（12）の2要因分散分析（repeated measure on the second factor）を行った。

3. 結果

1) 基準課題の練習試行に関して

表1は、練習試行の測度に対する分散分析の結果をまとめたものである。図2は、練習に伴う各群のAEの変化を示したものである。AEでは、群要因とセット要因の2つの主効果が有意であった。それぞれに対して多重比較を行ったところ、群要因ではS-KR群が他の4群より正確であり、4つの群間に差は見られないという結果であった。セット要因では、5セットまで向上が見られ、それ以降は向上が見られないという結果であった。

VEに対する分散分析の結果でも同様に、群要因とセット要因の2つの主効果が有意であった。それぞれに対して多重比較を行ったところ、群要因ではS-KR群がV-KR群を除く3群より優れており、S-KR群以外の4つの群間に差は見られないという結果であった。またセット要因で

Table 1 Summary table of two-way ANOVA for AE, VE, and PT in the practice session.

Source of Variance	AE			VE			PT		
	F	df	P	F	df	P	F	df	P
Between Subject Group	5.454	4/45	.001**	5.147	4/45	.002**	4.768	4/45	.003**
Within Subject Set	31.073	11/495	.000**	31.334	11/495	.000**	37.112	11/495	.000**
Group × Set	1.000	44/495	.524	1.084	44/495	.334	2.846	44/495	.000**

** : P < .01 * : P < .05

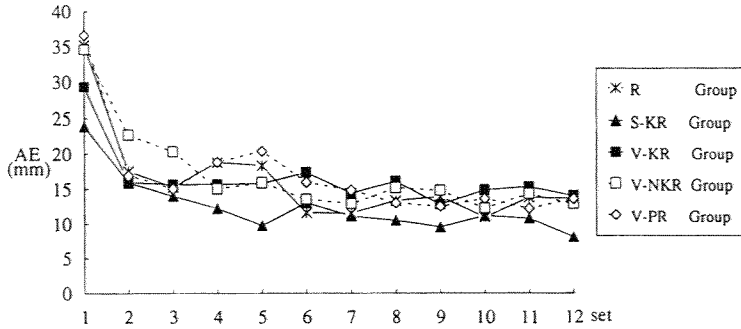


Fig. 2 Absolute error of the criterion task for each of the practice condition groups in the practice session.

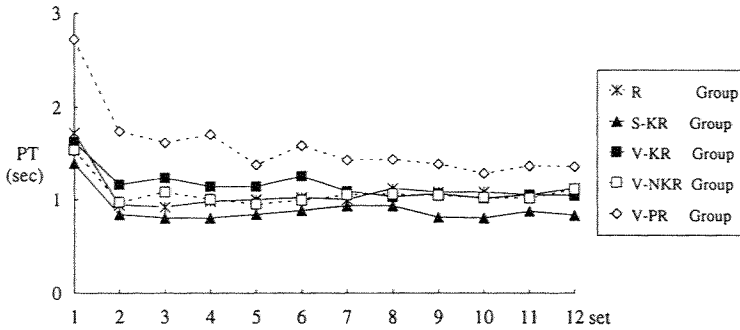


Fig. 3 Programming time of the criterion task for each of the practice condition groups in the practice session.

は、4セットまで向上が見られ、それ以降は向上が見られないという結果であった。

図3は、練習に伴う各群のPTの変化を示したものである。分散分析の結果、2つの主効果と交互作用が有意であった。交互作用が有意であったので、単純効果検定と多重比較を行ったところ、V-KR群では第5ブロックにかけて時間が短縮し、以後定常状態に達するのに対し、他の4群では第2ブロック以降時間の短縮が見られなくなるという結果であった。セットごとに群要因の検定を行ったところ、第5セットを除き、第6ブロックまではV-PR群が他の4つの群より時間が長く、3、4、6セットではV-KR群とS-KR群との間にも差が見られた。また9、12セットでは、S-KR群が最も短く、V-PR群が最も長く、他の3群がこれらの中に位置するという結果であった。

2) テスト試行に関して

表2は、テスト試行の測度に対する分散分析の結果をまとめたものである。図4は、テスト試行における各群のAEの平均を示したものである。AEでは、2つの主効果、及び交互作用が有意であった。交互作用が有意であったので、単純効果

検定と多重比較を行った。各テスト時期ごとに群要因の効果を調べたところ、直後テストでは群間差が見られず、保持テストではV-PR群と他の4つの群の間に差が見られ、またR群とV-KR群との間にも差が見られた。

VEに対する分散分析の結果、テスト時期要因の主効果が有意であり、直後テストよりも保持テストにおいてVEが大きいという結果であった。

図5は、テスト試行における各群のPTの平均を示したものである。PTに対する分散分析の結果、テスト時期要因の主効果が有意であり、直後テストよりも保持テストの方が時間が短いという結果であった。忘却の生じている保持テストの方がPTが短いという現象は、工藤⁵⁾の結果と一致している。

4. 考 察

基準課題の練習試行の結果は、次のようにまとめることができる。1つは、練習の初期に急速にパフォーマンスが向上し、以後定常状態になるというパターンが見られたが、いずれの群においても、練習による有意のパフォーマンスの向上が見られたということである。2つめは、S-KR群

Table 2 Summary table of two-way ANOVA for AE, VE, and PT in the test session.

Source of Variance	AE			VE			PT		
	F	df	P	F	df	P	F	df	P
Between Subject Group	7.733	4/45	.002**	0.606	4/45	.664	1.524	4/45	.210
Within Subject Test Interval	58.918	1/45	.000**	12.395	1/45	.001**	10.368	1/45	.003**
Group × T.I.	4.263	4/45	.006**	0.526	4/45	.720	0.167	4/45	.951

** : P < .01 * : P < .05

の練習パフォーマンスが最も優れていたということである。このことは、R群では休息による忘却、V-KR、V-NKR、V-PR群では挿入活動による妨害が生じていたことを示している。3つめは、特に後半において、S-KR群のプログラミング時間が他の群に比べて短いという傾向が見られたことである。このことは、S-KR群では、毎回同じターゲットに対する練習を反復するために、1つのプログラムをワーキングメモリーに常駐させることができたのに対し、その他の群では、休息あるいは挿入活動によって、試行ごとに精緻なプログラミング、あるいはプログラムの再編成をする必要があり、このような動作直前のプログラミングのプロセスの相違を反映した結果であると考えられる。V-PR群のプログラミング時間が最も長いという結果が得られたが、これは挿入試行において、単にプログラミングだけを行い動作は行わないという、日常ではあまり経験しない動作の仕方が要求されたために、他の群よりもプログラミングの段階により時間をかけて行うような構えができたことが原因ではないかと思われる。以上のような練習試行における結果は、それぞれの群を設定した目的通りの練習を行っていたことを示唆しており、以後のテスト

結果の分析を行うための前提条件がほぼ満たされていたことを裏付けるものである。

そこで、本実験で得られたテスト試行における結果をShea & Kohl¹⁰⁾のものと比較してみる。今回の実験では、R群とS-KR群との間に統計的な有意差は見られなかったが、平均値の上ではR群の方が保持テストで優れており、Shea & Kohlの結果と一致する傾向であった。これはspacing効果によるものであると考えられる。これに対してR群の方が保持テストにおいてV-KR群よりも優れているという結果、また統計的に有意ではないが、平均値ではS-KR群もV-KR群を上回る成績であったということは、明らかにShea & Kohlのものとは異なっている。ほぼ同様の実験を行ったのに、なぜこのような逆の結果が生じたのであろうか。このことを考えるために、実験計画の主な3つの相違点を挙げてみる。

1つめは、Shea & Kohlの実験では力量調整課題だったのに対し、今回は速度調整課題であったという点である。2つめは、Shea & Kohlの実験では保持テストのみであったのに対し、今回の実験では同一被験者に対して直後テストと保持テストの両方を行った点である。3つめは、Shea & Kohlの実験では、基準課題の練習が85回、挿

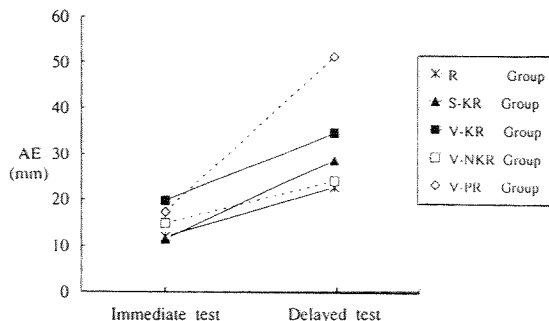


Fig. 4 Absolute error of criterion task for each of the practice condition groups in the test session.

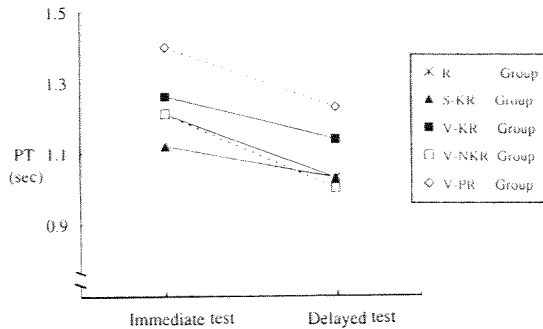


Fig. 5 Programming time of the criterion task for each of the practice condition groups in the test session.

入課題の練習が51回×4ターゲットで計204回であったのに対し、今回の実験では、基準課題が60回、挿入課題が24回×4ターゲットで計96回であり、基準課題、挿入課題のいずれにおいても Shea & Kohl の方が多く、また基準課題に対する挿入課題の練習に比率が高いという点である。

さてこれらのうち、直後テストの有無が結果の相違に影響した可能性は極めて低い。何故なら、直後テストの明確な群間差が見られていないのに、保持テストに対する直後テストの経験の影響が、群によって異なるとは考えにくいからである。課題の相違については、スキーマの形成にしろ文脈干渉にしろ、力量調整課題と速度調整課題とで逆の結果が生じると予想されるような根拠は、今のところ考えられない。ただ、覚え易さという点での課題間の相違があるとすれば、それは練習量の相違という3番目の相違点と深く関わっている。そこで、この練習量の相違がなぜ結果に大きく影響し得るのかを、スキーマの形成、及び文脈干渉の立場から考察してみる。

「Shea & Kohl が行った実験に比べ、今回の実験の方が練習回数が少なく、スキーマの形成が十分でなかったために V-KR 群の保持テストが悪かった」、これがスキーマ理論に沿った解釈である。しかしこの解釈は成立しない。何故なら、スキーマ形成にとって不利なはずの S-KR 群の方が、保持テストの平均値では、むしろ V-KR 群より優れている傾向すら見られるからである。

スキーマ理論と矛盾する結果は他にもある。今回の実験では、V-KR 群と V-NKR 群との間にも有意差は見られず、平均値の上では逆に V-NKR 群の方が保持において優れているという傾向であった。これらの結果は、明らかにスキーマ理論から導き出される予想とは矛盾するものであ

る。このように、それぞれの動作に対応した記憶よりも、スキーマという抽象化された記憶というものを強調する考え方だけでは、今回の実験結果を説明することは困難であると思われる。そこで次に、文脈干渉の立場から結果を考察してみよう。

最初に触れたように、練習パフォーマンスの結果は、V-KR 群、V-NKR 群、R 群のいずれにおいても、文脈干渉、あるいは spacing による影響が生じていたことを示すものであった。ところが、今回の実験では練習回数が少なかったために、V-KR 群では各ターゲットに対応した動作の記憶が Shea & Kohl の実験に比べ十分に発達せず、未分化な状態であったと考えられる。このため、テストにおける再生の段階でこれらの記憶間に混同が生じ、パフォーマンスを低下させたのではないかと考えられる。保持テストにおいて V-KR 群よりも R 群の方が優れ、S-KR 群も平均値で上回っていたのは、これらの群では挿入課題を練習していなかったために、このような混同によるマイナスの影響が生じなかったことによると考えられる。

V-NKR 群が V-KR 群と統計的に差がなく、平均値ではむしろ V-KR 群を上回る成績を示したのは、V-NKR 群では挿入課題の練習で KR が提示されていないために、4つの挿入課題に対する学習が成立していなかったと考えられる。このことはかえって再生時の混同を少なくし、V-KR 群より優れたパフォーマンスを示したものと考えることができる。

Magill & Hall⁶⁾ は、運動技術の獲得における文脈干渉効果に関する研究を概観し、同一プログラム内での干渉の場合は、保持に対する促進効果が検証されにくいのに対し、異なるプログラム間の干渉では保持に対する促進効果が見られること

を報告している。これは、次のように考えることができる。おそらく、同一プログラム内であれ異プログラム間であれ、いずれの場合でも文脈干渉は生じているだろう。ただ同一のプログラムの場合は、類似の動作であるために、記憶を再生する段階で混同が生じ易いのに対し、異なるプログラムでは、このような混同によるマイナスの影響が少ない。このことがプログラム内とプログラム間で結果が異なってくる1つの要因ではないかと考えられる。したがって、同一プログラム内での文脈干渉効果が検証されるには、Shea & Kohlの実験のように、十分な練習量によってそれぞれの動作に対する記憶がある水準以上に発達している必要があると思われる。

さて、V-PR群の保持テストの結果は、今回の実験のもう1つの大きな特徴であった。Gabriele, et al.²⁾は、実際に動作はせず、イメージするだけの練習試行を挿入することによって、文脈干渉による保持に対する促進効果が生じることを報告している。そこでのイメージ練習群と今回のV-PR群とが、情報処理において同じ内容を経験したかについては、議論の分かれるところであるが、いずれにおいても実際の動作をしないで練習を試みたという点では共通している。しかし、結果は全く逆であった。

ところで、V-PR群が練習した内容は、基準課題と挿入課題に対する5つのプログラムを作成することと、そのうちの1つ（基準課題）を実際に行うことによって生じた感覚経過（sensory consequence¹⁰⁾）を記憶することであったということもできる。このような場合、もし練習量が十分でなかったとすると、保持テストにおいてどのプログラムが記憶した感覚経過に対応しているのかに関し、いわば「ボタンの掛け違い」的な混同が生じたとしても不思議ではない。今回の結果はこのことを反映したものと考えられる。これに対してGabriele, et al.の実験では、異なる動作プログラム間の文脈干渉を問題としている。したがって、再生時における記憶の混同というマイナスの効果を受けにくい条件でイメージ練習による文脈干渉効果が発揮されたために、優れたパフォーマンスが得られたものと解釈することができる。

このように、今回の実験によって得られた結果は、運動学習にとってそれぞれの動作に対応した長期記憶というものが、スキーマ理論で考えられ

ている以上に重要な役割を果たしていることを示唆するものであった。ただこれは、今回の実験結果に対する1つの解釈の可能性を示したに過ぎない。運動学習における抽象化、あるいは一般化された運動の記憶と、個々の動作に対応した運動の記憶の相対的役割について詳細な分析をする必要があると思われる。

引用文献

- 1) Batting, W.F. "The flexibility of human memory." In L.S. Cermak & F.I.M. Craik (Eds.), *Levels of processing and human memory*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum. pp.23-44, 1979.
- 2) Gabriele, T.E., Hall, C.R., & Lee, T.D. "Cognition in motor learning: Imagery effects on contextual interference." *Human Movement Science*, 8, 227-245, 1989.
- 3) Jacoby, L.I. "On interpreting the effects of repetition: Solving a problem versus remembering a solution." *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17, 649-667, 1978.
- 4) 工藤孝幾 「運動反応スキーマの形成を調べるための新たな動作課題の開発」福島大学教育学部論集, 46, 1-16, 1989.
- 5) 工藤孝幾 「動作の記憶の再生と再認に及ぼす多様性練習の効果—遂行前と遂行後における情報処理活動に着目した検討—」体育学研究, 36, 15-26, 1991.
- 6) 工藤孝幾 「動作プログラミングの反復が運動反応スキーマの形成に及ぼす影響」福島大学教育学部論集, 48, 1991.
- 7) Lee, T.D., & Magill, R.A., "Can forgetting facilitate skill acquisition?" In D. Goodman, R.B. Wilberg, I.M. Franks (Eds.), *Differing perspectives in motor learning, memory, and control*. Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland) pp.3-22, 1985.
- 8) Magill, R.A. & Hall, K.G., "A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition." *Human Movement Science*, 9, 241-289, 1990.
- 9) Moxley, S.E. "Schema: The variability of practice hypothesis." *Journal of Motor Behavior*, 11, 65-70, 1979.
- 10) Schmidt, R.A. "A schema theory of discrete

- motor skill learning." *Psychological Review*, 82, 225-245, 1975.
- 11) Shea, C.H., & Kohl, R.M., "Specificity and variability of practice." *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61, 169-177, 1990.
- 12) Shea, J.B., & Morgan, R.L., "Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill." *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 5, 179-187, 1979.
- 13) Shea, J.B., Zimny, S.T., "Context effects in memory and learning movement information." In R.A. Magill (Ed.), *Memory and control of action*. North-Holland. pp.345-366, 1983.
- 14) Van Rossum, J.H.A. "Schmidt's schema theory : The empirical base of the variability of practice hypothesis." *Human Movement Science*, 9, 387-435, 1990.

The Effect of Variable Practice on the Retention of the Movement : Schema Formation Versus Contextual Interference Effect.

Koki Kudo

Shea and Kohl(1990)reported that variable practice facilitated the retention of the movement which was practiced in the acquisition phase. One of the purposes of this study was to reexamine the results of Shea and Kohl's experiment using a different movement task. Good retention derived from the variable practice can be explained by two viewpoints. One is the formation of motor response schema, and another is the effect of contextual interference. The second purpose of this study was to determine the locus of the good retention. The results obtained in this experiment were clearly different from those of Shea and Kohl's and conflict with the prediction derived from the schema theory. Present results suggest that variable practice develops a distinct memory for each movement practiced in the acquisition phase, and that the interaction between underdeveloped memories induced by lack of practice time and the effect of contextual interference affects performance on the retention test in this experiment.