「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，まとまったレヴューを行っている。

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こと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 Appropiate 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ので，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

頻度を下げることは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 & 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。

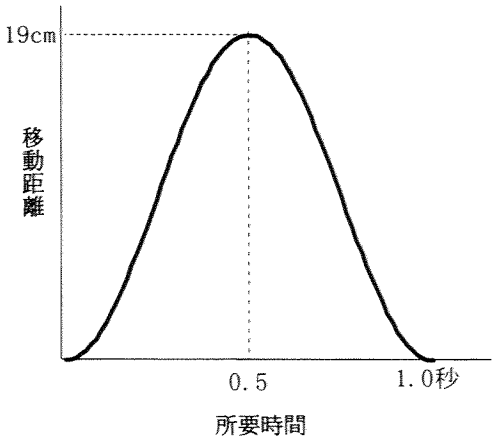

図1　ターゲットパターン

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かった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ィジタイザー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

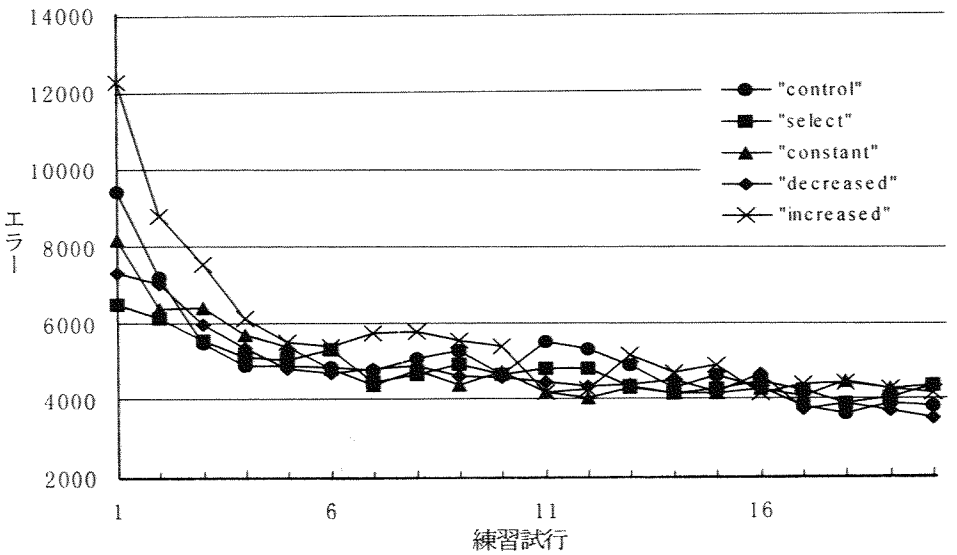

図2　練習期におけるパフォーマンスの変化

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。

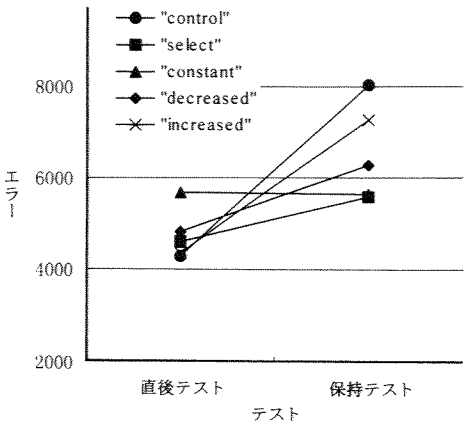

図3　保持インターバルに伴うパフォーマンスの変化

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。

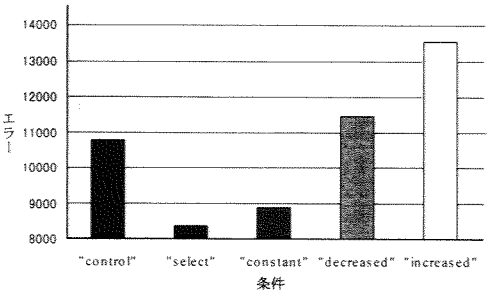

図4　転移テストにおける5条件のパフォーマンスの比較

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での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

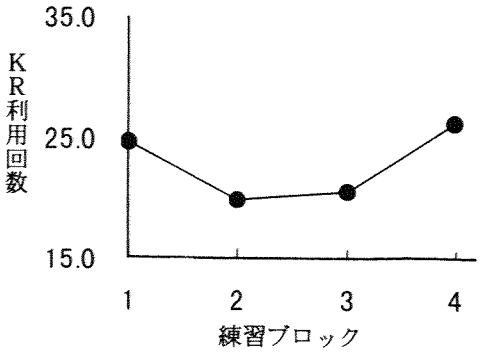

図5　練習期における“select”群のKR利用回数の推移

(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”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。

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

“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，明らかにだめとわっ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

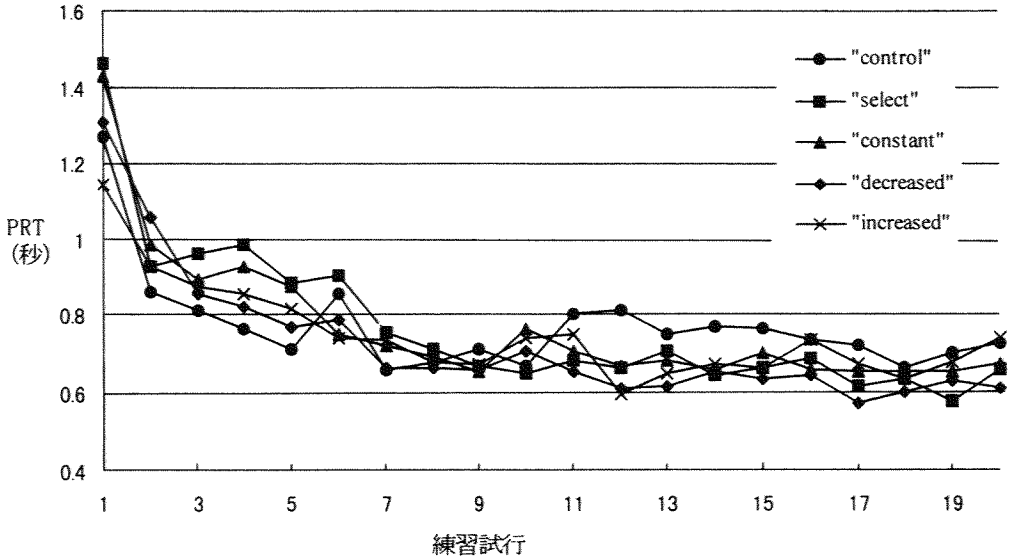

図6　練習に伴うPRTの変化

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

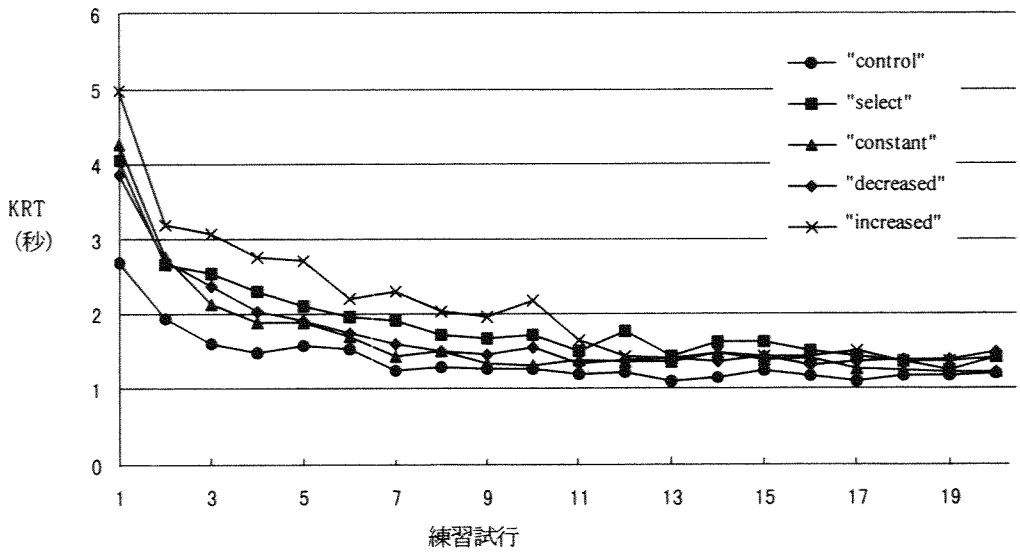

図7　練習に伴うKRTの変化

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，実際的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ので，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 aquisition. 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. and Singer, R.N. (1995) Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. Perceptual and Moter Skills, 81, 627－634.

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 lerning: 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 resuls 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 frequence 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