

Average Feedback Length が タイミング動作の習得と保持におよぼす影響

石 倉 忠 夫

《ABSTRACT》

The Effects of Average Feedback Length on Acquisition and Retention of Timing Movement

This experiment investigated the effects of average feedback length on acquisition and retention of timing movement patterns. The desired task was to press a goal button in 1200 msec. after knocking down three barriers. After a pre-test without KR, participants (N=30) practiced 60 trials of timing movement patterns with one of the three following conditions as a practice phase: KR after every trial (100% KR); average KR after every 3rd trial (Average 3); average KR after every 5th trial (Average 5). Participants then performed a post-test with no-KR and two retention tests without KR. The 1st retention test was taken 10 minutes after the post-test. The 2nd retention test was taken 24 hours after the post-test. Results indicated that each condition enhanced acquisition of timing movement patterns. Nevertheless, the variable error of 100% KR and Average 3 was less than Average 5 in the retention tests. These results suggest that the average of three trials and KR after every trial tended to be an

appropriate length for the acquisition of timing movement patterns. However, it is possible the plan of this experiment needs more consideration due to the task being complex.

Keywords: Average feedback length, Timing movement pattern, Acquisition, Retention, Learning

I. 目 的

II. 方 法

III. 結 果 と 考 察

IV. 引用参考文献

I. 目 的

運動を遂行した結果を遂行者が確認するいわゆる外在的フィードバックは、その後の運動技能を向上させ習得していくための遂行動作の誤差検出や誤差修正に重要な情報源となる。そのうち結果の知識 (knowledge of result: KR) は特に重要な外的情報であり、通常は環境目標に対する行為の成功についての言語あるいは言語化された情報である (調枝, 1994)。例えばゴルフで30ヤードをねらったアプローチショットを練習する際、ショットの結果が25ヤードであったとする。その結果、5ヤード短かったという情報がKRとして得られ、次のアプローチショットは5ヤード遠くへボールを飛ばすようスイングの大きさの誤差が検出されて修正される。このように行為の結果情報 (KR) が行為者に得られ、誤差が検出され修正されていくことを繰り返し行っていく中で30ヤードをねらったアプローチショットは習得されていくのである。

運動技能学習の研究領域において、KRの提示は学習者の技能習得に影響を及ぼす重要な一因として検討されてきた (Magill, 1989, 2001; Schmidt, 1999; Schmidt & Wrisberg, 2000; 調枝, 1994)。外在的フィードバックの情報特性についての見解は、①フィードバックの主要な構成要素は、エラーについての情報である。②この情報は、エラーを修正させ、そしてパフォーマンスを改善

する。③フィードバックの継続は、パフォーマンスのエラーを最小に保持する傾向がある。④頻度の高すぎるフィードバックは、学習者に依存性を生み出すことがあるということである（調枝，1994）。ここで問題になるのが外在的フィードバックにはフィードバックの依存性産出特性があるという点である。つまり、コーチやインストラクターが頻繁にフィードバックを与えると学習者はその情報に依存しエラーは減少するが、コーチやインストラクターがいなくなるとパフォーマンスは著しく低下する危険性があるということである。Annett (1959) は、操作レバーを使い一定の圧力をかける課題を用いて、目標圧に対してディスプレイ上に被験者の操作状況を提示する条件（同時的フィードバック情報の提示）と、提示しない条件（フィードバック情報なし）のパフォーマンスを比較した。その結果、練習中に操作状況を提示する条件ではパフォーマンスを促進したが、学習効果を検討するためにその操作状況の提示を取りやめて実施された保持テストでは非常に低いパフォーマンスを示したことを報告している。

要約フィードバック（summary feedback）はフィードバックの依存性産出特性を避ける一つの方法である。この方法はフィードバックが試行の直後には与えられず、その後様々な方法で学習者に対して要約されてフィードバックされるというものである（調枝，1994）。これまでにフィードバックの依存性産出特性を避けるためのフィードバック提示方法が数多く検討されてきた（Schmidt, Young, Swinnen & Shapiro, 1989; Schmidt, Lange, Young, 1990; Wulf & Schmidt, 1996; Winstein & Schmidt, 1990; Young & Schmidt, 1992; Guay, Salmini, Lajoie, 1999; Weeks & Sherwood, 1994; Yao, Fischman, Wang, 1994; Wulf, Shea, Matschiner, 1998）。Schmidt ら（1989）によると、レバーを素早い動作で目標ゾーンへ移動させる課題（550msec で左へ30cm移動させた後、右へ15cm移動させる）において、習得期では要約する試行数（summary length）が長くなるほどパフォーマンスは悪くなり、保持テストでは要約する試行数が短くなるほど良い成績であったことを報告している。また、要約する試行数の長さや課題の複雑性との関係については、課題が複雑に

なるほど適切な要約する試行数は短い方が学習に有利であり、課題が単純になるほど要約する試行数は長い方が学習に有利であるという関係が仮定されている（調枝，1994）。これは練習初期にキネマティック自由度がよりコントロールされなければならない課題の複雑さに関連する。つまり、課題が複雑な場合にはよりキネマティックな動作遂行のためのガイダンスが学習者に必要になるため、フィードバック情報は単純な課題に比べて頻繁に与えられねばならず、その結果として技能習得に適切な要約する試行数は短くなると説明されている（Schmidt. et.al, 1989）。

平均フィードバック（average feedback）は要約フィードバックを変形した方法であり、いくつかの試行分の平均値をまとめて学習者にフィードバック情報として与えるものである。Yao ら（1994）は40cm離れた目標地点に500msecでスタイラスを移動させる課題を用いて要約フィードバックと平均フィードバックの両スケジュールの有効性について検討した。また、同時にどれくらいの試行数で要約（summary length）または平均値の算出（average length）を行うのが有効であるのかについても検討した。その結果、両スケジュールとも5つの試行数が保持に有効であった。この結果は内的-外的フィードバック情報と関連し、試行ごとに KR が与えられる条件はパフォーマンスの正確性に關する情報を外的フィードバック情報として与えられこれに依存し、主観的に一般化するための情報を必要とし、自己誤差修正プロセスの含蓄を減少させるために保持に不利になる。一方、要約あるいは平均フィードバックスケジュールでは試行ごとに KR が与えられる条件に比べて外的フィードバック情報が得られないため、筋感覚やタイミングなどの内的フィードバック情報に注目し、自分自身の反応-再生フィードバックに敏感になるために保持に有利になるとしている。一方、Wulf ら（1996）は左右にレバーを移動させる課題を用いて平均フィードバックの効果について検討しているが、先行研究通りに平均フィードバック条件が学習を有利に進めることができなかったことを報告している。この結果について、取り上げた依存変数（RMSE）が KR としての価値が有用であったのか、そして取り上げた課題の特性として平均フィードバック方略

がっているのかどうか疑問点としてあげている。これらの報告のように平均フィードバック方略が技能習得と保持に有効な方略であるのかについて一致した見解が得られていない点が指摘される。

そこで本研究では、動作を構成する要素の一つであるタイミングに着目し、Average Feedback Length がタイミング動作の学習に及ぼす影響について検討することを目的とした。また、技能習得時に学習者自身の反応－修正フィードバックプロセスが活性化されるならば、最もパフォーマンスが高くなった条件の時間の見積もり（パフォーマンスの自己評価）とそのときの実際のパフォーマンスタイムとの時間差は最も少なく安定することが予想される。

Ⅱ. 方 法

被験者：本課題に対して経験のない右手利きの大学生30名（男子15名，女子15名）。平均年齢は 19.6 ± 1.4 歳であった。

課 題：スタートボタンを押した後，3つの板を倒し，ゴールボタンを押すバリア・ノッキング課題（図1）を用いた。被験者には，右手を使い，この課

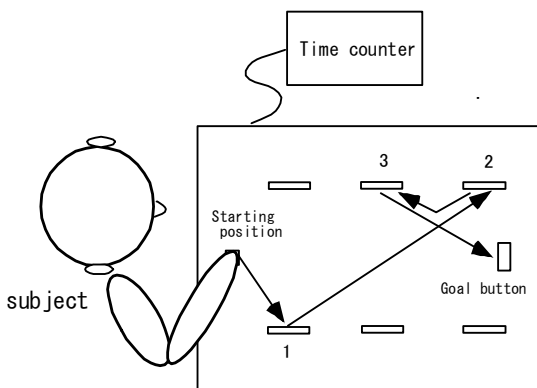


図1 バリア・ノックダウン課題

Starting position から3つの壁を倒してゆき，
Goal button を押して終了する。

題を1200msec で完了することが求められた。スタートボタンからゴールボタンまでの距離は46cmであり、この線を中心に左右各 3 枚ずつ木製の板を配置した。板の大きさは10× 8 cmであった。

実験スケジュール：実験は被験者一人ずつ実施された。始めにプレテストを10試行行い、各条件に従った練習を60試行行った。練習試行終了直後に10試行のポストテストを行い、ポストテストが終了してから10分後と24時間後に保持テストを実施した。なお、被験者にはプレテスト、ポストテスト、2つの保持テストにおける動作時間の結果情報は与えられなかったが、動作時間の結果を自己評価することが求められた。

実験条件：①練習試行で試行毎に動作時間の結果を与える条件（以下1KR）、②練習試行で3試行分の平均値をKRとして与える条件（以下 avg3）、③練習試行で5試行分の平均値をKRとして与える条件（以下 avg5）の3条件であった。被験者は各条件10名であり、男女比が同じになるようランダムに振り分けられた。

依存変数：プレテスト及びポストテスト、練習試行、そして保持テストの絶対恒常誤差（以下 ICEI）と変動誤差（以下 VE）を算出し、これを依存変数とした。ICEI はパフォーマンスの正確性を、VE はパフォーマンスの変動性を示す。なお、練習試行は10試行を1ブロックとした。

Ⅲ．結果および考察

① パフォーマンスの習得効果について

各条件下における練習試行の学習効果について2要因1繰り返し（3条件×6ブロック）による分散分析を用いて検討した。

ICEI において条件間要因による主効果（ $df = 2/27$, $f = 9.44$, $p < .01$ ）、繰り返し要因による主効果（ $df = 5/135$, $f = 22.94$, $p < .0001$ ）、そして交互作用（ $df = 10/135$, $f = 3.00$, $p < .01$ ）でそれぞれ有意であった。Fisher の PLSD 法による多重比較の結果、練習試行全体で avg5は他の2条件に比べ平均値が高かった。そして全体的に第1ブロックは他ブロックよりも平均値が高

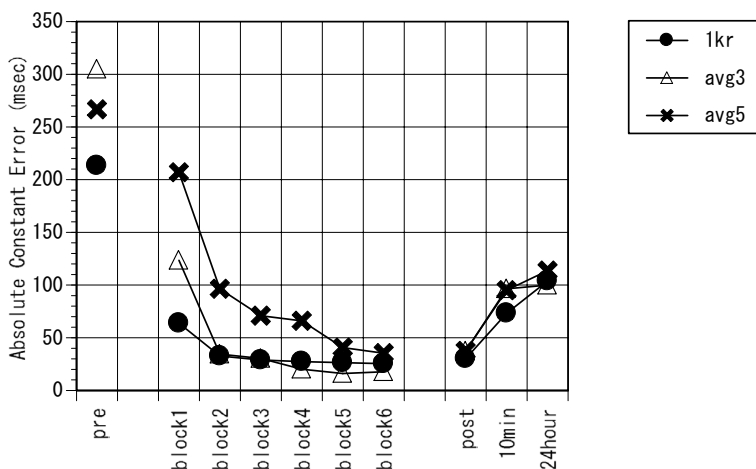


図2 各条件下における ICEI の平均値

く、そして第2ブロックは第5、6ブロックよりも平均値が高かった。また、第2、3ブロックでは avg5 の平均値は他条件よりも高く、第4ブロック以降は avg5 の平均値は avg3 よりも高かった (図2)。

VE では、条件間要因による主効果 ($df = 2/27$, $f = 5.41$, $p < .05$), 繰り返し要因による主効果 ($df = 5/135$, $f = 15.83$, $p < .0001$) でそれぞれ有意であった。Fisher の PLSD 法による多重比較の結果、練習試行全体で avg5 は他の条件よりも平均値が高かった。そして第1ブロックは他ブロックよりも平均値が高かった (図3)。

これらの結果から、avg5 は他の条件よりも目標タイム (1200msec) に対する差が大きく、その変動も大きいといえる。また、第4ブロック以降の avg3 において avg5 よりも目標タイムに近いパフォーマンスが見られたことから、avg3 は avg5 よりもパフォーマンスの習得が促進されたといえる。1KR と avg3 は同程度の習得水準にあったといえよう。

② パフォーマンスの学習効果について

ポストテスト、そしてポストテスト終了10分後と24時間後の保持テストの結果について、2 要因1 繰り返し（3 条件×ポストテスト・10分後・24時間後）による分散分析を用いて検討した。

ICEI について検討した結果、繰り返し要因による主効果（ $df = 2/54$, $f = 19.04$, $p < .0001$ ）が有意であり、ポストテストの平均値が他の保持テストよりも低いという結果が得られた（図2）。

VE では条件間による主効果（ $df = 2/27$, $f = 5.30$, $p < .05$ ）と繰り返し要因による主効果（ $df = 2/54$, $f = 4.29$, $p < .05$ ）が有意であり、全体的に avg5 は他の条件よりも平均値が高かった。そしてポストテストは10分後の保持テストよりも平均値が低かった（図3）。

これらの結果から、avg5 は他の条件よりも保持パフォーマンスが不安定であること、そしてポストテストのパフォーマンスは10分後に行われた保持テストのパフォーマンスに比べて目標タイムに近くて安定していることが示された。よって、3 条件間にパフォーマンスの正確性に差は認められなかったが、

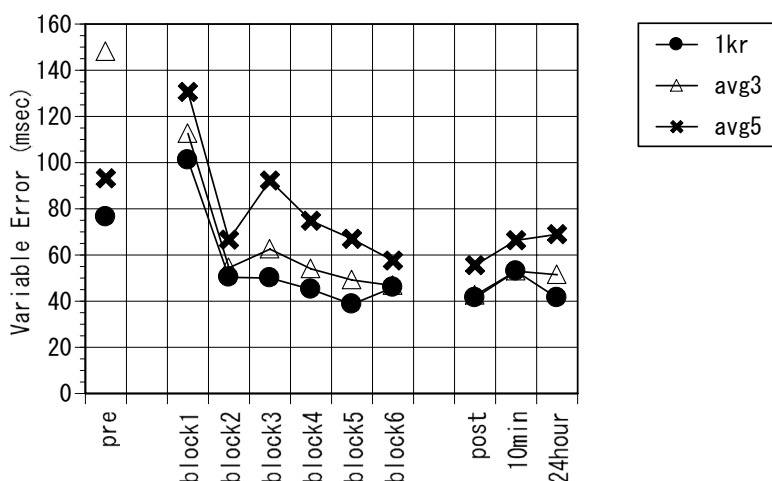


図3 各条件下における VE の平均値

1KR と avg3は avg5に比べてパフォーマンスの安定性の面で学習効果が認められたといえる。

③ パフォーマンスに対する時間的見積もりについて

プレテスト、ポストテスト、そして10分後と24時間後の保持テストにおけるパフォーマンスと自己評価によるパフォーマンスに対する時間的見積もりとの差を求めた。

練習試行の効果について 2 要因 1 繰り返し (3 条件×プレ・ポストテスト) による分散分析を用いて検討した。|CE| において繰り返し要因による主効果が有意であり ($df = 1/27$, $f = 60.00$, $p < .0001$), プレテストからポストテストにかけて平均値が有意に減少していた。また, VE においても繰り返し要因による主効果が有意であり ($df = 1/27$, $f = 30.03$, $p < .0001$), プレテストからポストテストにかけて平均値が有意に減少していた。これらの結果から, 練習試行によってパフォーマンスに対する時間的見積もりは正確に安定して自己評価できるようになったが, 条件間による差は認められなかったといえる。

次に学習効果について 2 要因 1 繰り返し (3 条件×ポストテスト・10分後・24時間後) による分散分析を用いて検討した。|CE| の繰り返し要因による主効果が有意であり ($df = 2/54$, $f = 19.46$, $p < .0001$), ポストテストの平均値が最も低かった。一方, VE では有意な差は認められなかった。時間の経過とともに時間的見積もりの評価の正確性は低くなったといえる。

これらの結果から, 練習試行による自己のパフォーマンスに対する時間的見積もりは正確かつ安定して評価できるようになったが, その習得効果が学習効果としては認められなかったといえる。また, 練習条件による差異がパフォーマンスの時間的見積もりの側面には作用しなかったといえる。

本研究では, Average Feedback Length がタイミング動作の学習に及ぼす影響を検討するために, 練習試行でパフォーマンス時間を KR として試行直後に与える条件 (1KR), 3 試行または 5 試行毎にパフォーマンスの平均時間

を KR として与える条件 (avg3/avg5) を設定して検討した。練習試行では各条件において動作時間は正確に安定して習得されたが、avg5は他の条件に比べて劣っていた。特に avg3は avg5に比べて動作時間が正確であった。また、学習の効果を意味する保持パフォーマンスでは、練習直後のポストテストが10分後と24時間後の保持テストよりも正確で、10分後の保持テストよりも安定していた。そして avg5は他の条件よりもポストテストから保持テストにかけてパフォーマンスが不安定であった。つまり、本研究の課題である1200msecで3つの板を倒してゴールボタンを押す課題条件では、3試行の平均フィードバックスケジュールと試行直後のフィードバックスケジュールは5試行の平均フィードバックスケジュールよりも正確で安定な習得を導き、そしてタイミングパフォーマンスに安定した学習効果があるといえる。

一方、実際のパフォーマンスとそれに対する時間評価の関係について、練習試行直後のポストテストではより正確に安定して評価できるようになったが、保持テスト時にはより不正確で不安定になった。つまり、各条件下において技能習得時に学習者自身の反応－修正フィードバックプロセス（自己誤差修正プロセス）は活性化されたが、保持効果としては現れなかったということになる。

Yao ら（1994）によると、平均フィードバックスケジュールは試行ごとに KR が与えられる条件に比べて外的フィードバック情報が得られないため、筋感覚やタイミングなどの内的フィードバック情報に注目し、自分自身の反応－再生フィードバックに敏感になるために保持に有利になるとしている。しかしながら本研究で得られた結果はこれを支持することができなかった。その理由の一つとして、本研究で取り上げたスタートボタンを押した後、3つの板を倒すという一連の課題を経て、1200msecでゴールボタンを押すという課題は比較的複雑な運動課題であったことが考えられる。つまり、Schmidt ら（1989）が課題の複雑さと適切な要約の長さとの関係について説明しているように、学習者には練習初期にキネマティック自由度がよりコントロールされなければならない課題の複雑さが要求され、よりキネマティックな動作遂行のためのガイダンスが必要になった結果として5試行の要約の長さよりも短い条件でパフォー

マンスの安定性が得られるという学習効果が得られたものと推察される。今後の研究課題の一つとして、本研究で用いた課題よりも比較的シンプルな課題を設定した条件で同様の実験を行い、再検討する必要がある。

IV. 引用参考文献

- Annett, J. (1959) "Feedback and Human Behavior", Middlesex, England: Penguin.
- Guay, M., Salmoni, A., Lajoie, Y. (1999) "The Effects of Different Knowledge of Results Spacing and Summarizing Techniques on the Acquisition of a Ballistic Movement", *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol. 70, No. 1, pp. 24-32.
- Knudson, D. V., & Morrison, C. S. (2002) "Qualitative Analysis of Human Movement", pp. 127-146, *Human Kinetics*.
- Magill, R. A. (1989) "Motor Learning Concepts and Applications", pp. 328-349, Wn. C. Brown Publishers.
- Magill, R. A. (2001) "Augmented Feedback in Motor Skill", in Singer, R. N., Hausenblas, H. A., & Janelle, C. M., "Handbook of Sport Psychology", pp. 86-114, John Wiley & Sons, Inc.
- Schmidt, L. (1999) "Motor Control and Learning", pp. 323-355, *Human Kinetics*.
- Schmidt, L., & Wrisberg, C. A. (2000) "Motor Learning and Performance", pp. 255-285, *Human Kinetics*.
- Schmidt, R. A., Lange, C., & Young, D. E. (1990) "Optimizing Summary Knowledge of Results for Skill Learning", *Human Movement Studies*, Vol. 9, pp. 325-348.
- 調枝 監訳, リチャード・A・シュミット著 (1994) "運動学習とパフォーマンス", pp. 231-265, 大修館書店。
- Weeks, D. L., Sherwood, D. E. (1994) "A Comparison of Knowledge or Results Scheduling Methods for Promoting Motor Skill Acquisition and Retention", *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol. 65, No. 2, pp. 136-142.
- Winstein, C. J., Schmidt R. A. (1990) "Reduced Frequency of Knowledge of Results Enhances Motor Skill Learning", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 16, No. 4, pp. 677-691.

- Wulf, G., & Schmidt, R. A. (1996) "Average KR Degrades Parameter Learning", *Journal of Motor Behavior*, Vol. 28, No. 4, pp. 371-381.
- Wulf, G., Shea, C. H., Matschiner, S. (1998) "Frequent Feedback Enhances Complex Motor Skill Learning", *Journal of Motor Behavior*, Vol. 30, No. 2, pp. 180-192.
- Yao, W., Fischman, M. G., & Wang, Y. T. (1994) "Motor Skill Acquisition and Retention as a Function of Average Feedback, Summary Feedback, and Performance Variability", *Journal of Motor Behavior*, Vol. 26, No. 3, pp. 273-282.
- Young, D. E., Schmidt, R. A. (1992) "Augmented Kinematic Feedback for Motor Learning", *Journal of Motor Behavior*, Vol. 24, No. 3, pp. 261-273.