

原 著

---

# 帯域幅法による結果の知識提示がタイミング習得に及ぼす効果： パフォーマンス結果の安定度に基づく帯域幅設定方法の有効性

石倉 忠夫<sup>1</sup>

## The Effects of Presentation of the Knowledge of Results by Bandwidth Method on Acquisition of Timing Skill: The Validity of the Bandwidth Method Based on the Stability of the Results of Performance

Tadao Ishikura<sup>1</sup>

The purpose of this study was aimed to examine the validity of the bandwidth method that based on the stability of the results of performance during the acquisition of timing skill. Subjects were required to move the position of pointer on the monitor using a computer mouse and click the right button of a mouse on the area of start, three areas and goal. The goal movement time for the subjects to complete the movements was 1200 ms. Fifty-two university students, who do not have any experience of this task, were provided one of four conditions; 1) the 100%KR condition, whose subjects were provided with error information after every trials during practice phase. 2) the fluctuating range condition (FL), whose bandwidth was set up by the standard deviation for five trials as results of subject's own execution. 3) the yoked fixed range condition (YFI), for which the bandwidth was used by the standard deviation of all practice trials of each subject of FL. 4) the yoked fluctuating range condition (YFL), for which the bandwidth was used by the fluctuating range of each subject of FL during practice phase. After five pre-test, the subjects were practiced forty trials. The subjects of FL, YFI and YFL were provided the error information when a performance result deviates from bandwidth. Three tests were conducted immediately after a practice phase and 10 min. and 24 hr. afterward. The results showed that the total variability of FL was lower than that of YFI and YFL, and that the number of error information that subjects were provided during practice phase between FL, YFI and YFL was not significantly. It was considered from these results that the FL is a method more effective for timing skill acquisition than the fixed bandwidth and the bandwidth method without being connected with a subject's performance result. However, since some problems of an experimental condition setup were considered, the necessity of furthermore continuing and examining the validity of FL was pointed out.

**[Keywords]** timing skill, knowledge of results, bandwidth method

**[キーワード]** タイミング, 結果の知識, 帯域幅法

### I. 緒 言

Thorndike (1927) の先駆的研究により, 目標距離や目標時間に対するパフォーマンス結果の誤差情報, すなわち結果の知識 (Knowledge of Results: KR) の役割は運動学習の理論において主なトピックスであ

り続けてきた。学習者は KR に基づく誤差修正とパフォーマンス産出を繰り返し行うことによって運動を学習していくため, KR は運動学習において重要な情報であるといえる。

Salomoni et al. (1984) は, 運動スキルのパフォーマンスにおける KR の役割を明確に説明するガイドン

---

1 同志社大学スポーツ健康科学部 (Faculty of Health and Sports Science, Doshisha University)

ス仮説を提唱し、KRには運動習得や学習に対する肯定的な効果と否定的な効果があることを示している。肯定的な効果として、KRは目標に向かって学習を導くことをあげている。一方、否定的な効果として、頻繁にKRを提示すると依存性が高まり、学習の障害になる(the dependency-producing effects of feedback)。また、詳しいKRを与えすぎると、神経筋システムにおける自己受容的ノイズ処理のため Maladaptive short-term correction が生じ、かえって学習の障害になることをあげている。

帯域幅法(Bandwidth KR)は the dependency-producing effects of feedback や Maladaptive short-term correction の発生を防ぐために考案されたKR提示法の一つである(例えば Lee & Carnahan, 1990)。この方法は、パフォーマンス目標に対して一定の幅を設け、パフォーマンス結果がその幅から外れたときに目標からの誤差を学習者に伝えるというものである。例えば、パフォーマンス目標が1000msecのタイミンゲの習得において、パフォーマンス目標の10%である100msecを帯域幅として設け、パフォーマンス結果が900msec以下または1100msec以上の場合に誤差を学習者に提示することになる。帯域幅法は、パフォーマンス試行終了毎にKRを与える条件(100% KR)に比べて学習効果が認められたとの報告が多く得られているが、それらの帯域幅はパフォーマンス目標値に対する割合(5~20%)で設定されている。Goodwin & Meeuwsen (1995)は練習中の帯域幅の変更が学習へ及ぼす効果について検討し、48時間後のテストでは帯域幅10%の条件(BW10%条件)と帯域幅が0%-5%-10%-15%-20%と広がっていく条件(Expanding-BW条件)は100%KRや帯域幅が20%-15%-10%-5%-0%と狭くなっていく条件に比べてパフォーマンスが良かったという結果が得られた。Goodwin & Meeuwsen (1995)はExpanding-BW条件やBW10%KR条件下はKRの受け取り回数が他の条件に比べて少ないので、筋感覚など内的情報に注意を向けることができたためであると考察している。しかしながら、Expanding-BW条件やBW10%KR条件を含む従来の帯域幅の設定法では、学習者のパフォーマンス習得状況との関連性が考慮されていない点が指摘される。

本実験は、学習者のパフォーマンス習得状況の指標として5試行分のパフォーマンス結果の標準偏差値を取り上げ、これを帯域幅として設定する方法(Fluctuating range: 以下FL)の有効性についてタイミンゲ習得を課題として検討することを目的とした。帯域幅はパフォーマンス結果の安定度に依存して変化するため、学習者は従来の固定された帯域幅条件下に

比べて自己のパフォーマンス産出に注意を向ける必要がある。よって、FLはタイミンゲ習得を促進すると予想される。そこでFLの有効性を検討するために、FL条件下の練習期間の帯域幅の変化と練習期間全体の標準偏差を取り上げた2つの‘くびき(Yoked)’条件、これに加えて100%KR条件の3つの条件を設定し、FL条件の比較の対照条件とした。

## II. 方法

### 1. 被験者

課題に対して未経験な右手利きの大学生52名(男性13名、女性39名、 $20.7 \pm 2.5$ 歳)が実験者からの説明を受けた後、承諾書に署名して実験に参加した。なお、各被験者には謝礼としてCAS10が実験終了後に支払われた。実験は個別に実施された。

### 2. 課題

被験者にはコンピュータ・マウスを右手で操作し、画面上に映し出されたスタート位置から3×3の格子状の中下→真ん中→右中→右上の領域の順でマウス・ポインタを重ね、マウス左ボタンを右人差し指でクリックしていく。そしてこの操作でスタート位置をクリックしたあと1200msec後に右上領域をクリックするように求められた(図1)。

### 3. 実験条件

被験者は男女比がほぼ同じになるように4つの条件のうちの一つに分けられた。①100%KR条件(100%KRとする):目標時間に対する誤差が被験者に提示される。②目標±SD条件(Fluctuating range condition: FLとする):試行前5試行分の標準偏差が算出され、目標時間を中心に帯域幅が設定された。帯域幅を目標±SDとしたのは、3段階評価を算出する式を参考にしたためである。つまり、帯域幅内の結果は3段階評価のうちの“中”(正規分布における平均のまわりの得点の68.26%が含まれる)の評価になる。この条件ではパフォーマンスが安定するほど帯域幅が狭くなるということになる。③目標±Yoked SD固定(Yoked Fixed range condition: YFIとする):帯域幅はパートナー(FL)の練習試行全体の標準偏差が帯域幅として設定される。よって、帯域幅は固定されることになる。④目標±Yoked SD条件(Yoked Fluctuating range condition: YFLとする):パートナー(FL)の練習試行における各試行で取り上げられた標準偏差が帯域幅として設定される。よって、自己のパフォーマンスとは無関係に帯域幅が変動することになる。なお、各条件下の被験者に対して「目標時間に対する誤差が生じた場合には“+”または“-”表示にて画面上にmsec単位で表示される。正しく再生でき

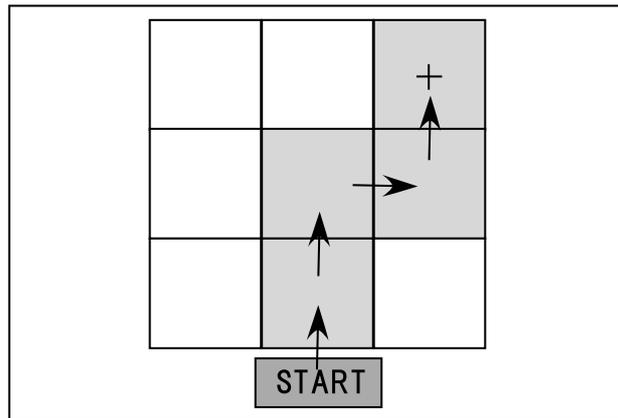


図1 コンピュータ・マウスを用いたタイミング課題

被験者はコンピュータ・マウスを右手で操作して画面上のカーソルを移動させる。スタート位置→まん中下→まん中→まん中右→右上の順で左クリックする。スタート位置をクリックしてから1200msec.後に右上の領域をクリックするよう求められた。

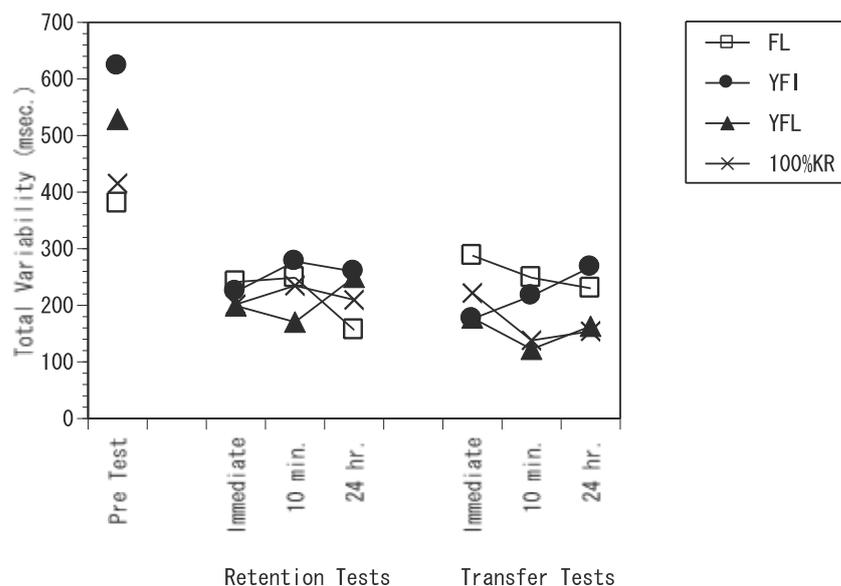


図2 各条件下における Total variability

れば“Your response was correct!”というメッセージが表示される。」との教示が与えられた。

#### 4. 手順

実験方法について被験者に説明された後、課題を3試行の練習が行われた。次に5試行のプレテストが実施された後、40試行の練習が行われた。この時、各条件に準じてフィードバック情報が被験者に与えられた。100% KRは目標時間に対する誤差時間が各試行後に msec 単位でモニタ画面上に提示された（例えば、+○○ msec Delay）。その他の条件では、帯域幅内であれば“Your response was correct!”と表示され、帯域幅外であれば誤差時間が提示された。練習試行後、直ちに直後再生テストが5試行、そして転移テストと

して1000msecを目標時間とした5試行実施された。また、直後再生テストの10分後と24時間後に直後再生テストと同じスケジュールの保持テストが実施された。

#### 5. 依存変数

各テストにおける E (Total variability), CE (Constant Error), VE (Variable Error), 練習試行における誤差情報提示回数が依存変数として取り上げられた。

### Ⅲ. 結果

各条件下における E, CE, VE をテスト毎に求めた（図2, 3, 4）。そしてプレテストにおける各条件の分

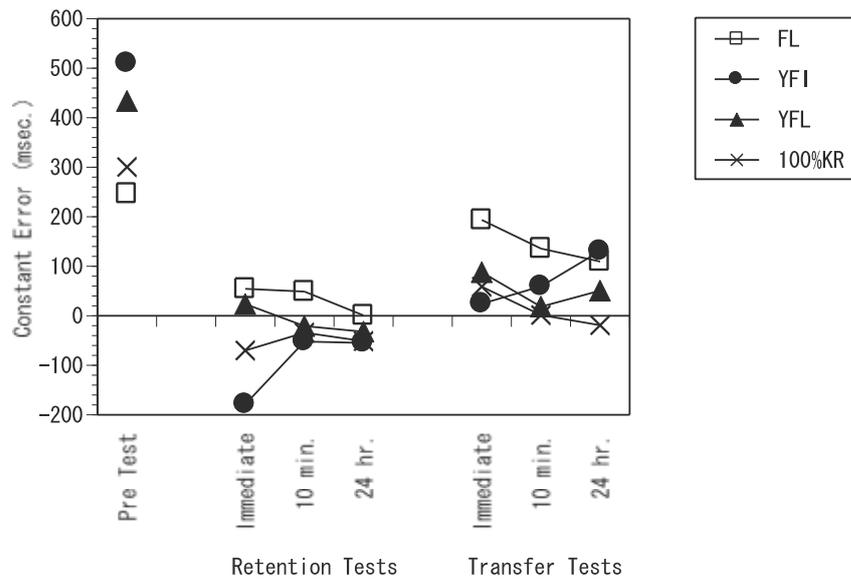


図3 各条件下における恒常誤差 (Constant error)

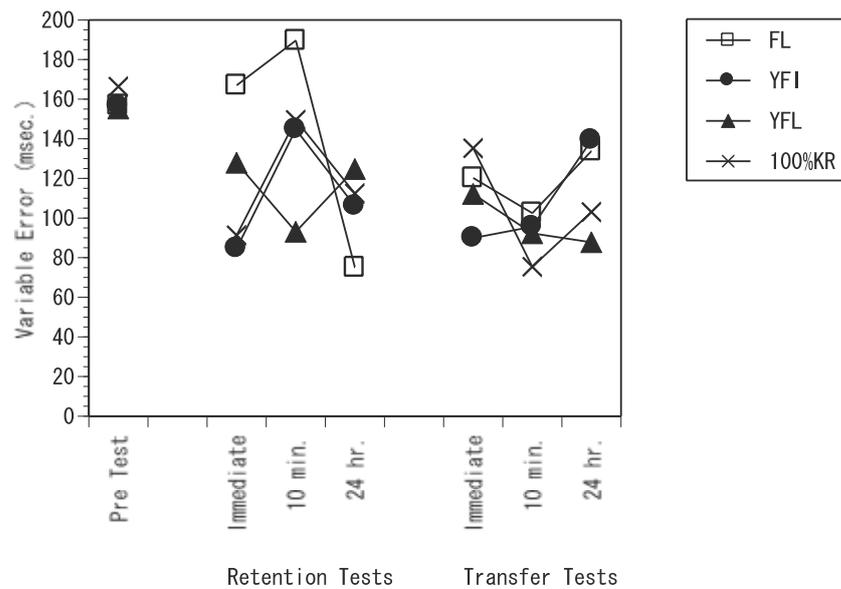


図4 各条件下における変動誤差 (Variable error)

散の程度を検討したところ有意な差は認められなかった。

### 1. 練習の効果について

プレテストと直後再生テストにおける各条件間の差異を2要因1繰り返しの分散分析を用いて検討した。E, CE, VEの各変数において繰り返し要因の主効果が有意であり、練習の効果が示された (E:  $df = 1/48$ ,  $F = 12.35$ ,  $p = .001$ ,  $ES = .931$ ; CE:  $df = 1/48$ ,  $F = 34.52$ ,  $p = .000$ ,  $ES = 1.000$ ; VE:  $df = 1/48$ ,  $F = 4.96$ ,  $p = .031$ ,  $ES = .588$ )。

### 2. 学習効果について

直後再生テスト, 10分後そして24時間後の保持テストにおける条件間の差異について2要因1繰り返しの分散分析を用いて検討した。E (図2)において交互作用が有意であり ( $df = 6/96$ ,  $F = 2.28$ ,  $p = .043$ ,  $ES = .770$ ), 10分後の保持テストにおいてYFL ( $\bar{X} = 170.29$ )はYFI ( $\bar{X} = 277.48$ )に比べて有意に高かった。また, 24時間後の保持テストでは, FL ( $\bar{X} = 156.45$ )はYFL ( $\bar{X} = 249.53$ )とYFI ( $\bar{X} = 259.71$ )に比べて有意に低かった。VE (図4)では繰り返し要因の主効果が有意で ( $df = 2/96$ ,  $F = 3.61$ ,  $p = .031$ ,

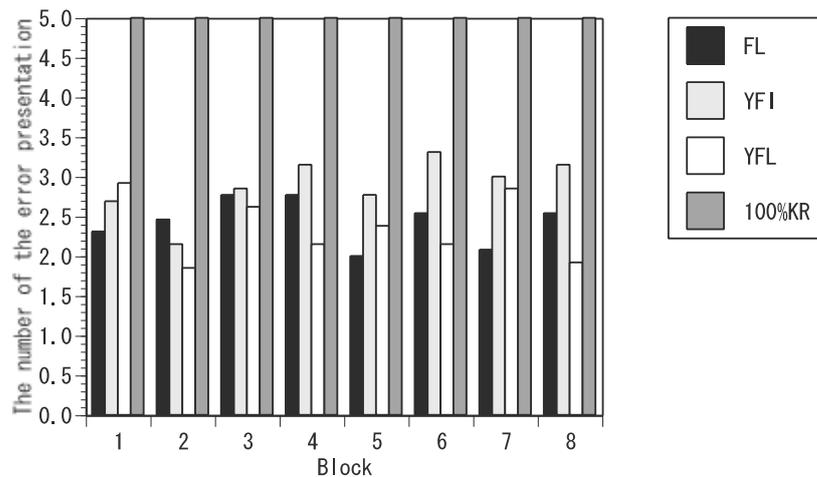


図5 各条件下における誤差提示回数

ES = .655), 24 時間後の保持テスト ( $\bar{X} = 104.55$ ) は 10 分後の保持テスト ( $\bar{X} = 144.24$ ) に比べて低かった。また、交互作用も有意であり ( $df = 6/96, F = 3.10, p = .008, ES = .900$ ), 直後再生テストにおいて FL ( $\bar{X} = 167.03$ ) は 100% KR ( $\bar{X} = 91.32$ ) と YFI ( $\bar{X} = 84.65$ ) に比べて有意に高かったが、10 分後の保持テストにおいて FL ( $\bar{X} = 189.61$ ) は YFL ( $\bar{X} = 93.06$ ) よりも高かった。FL における 24 時間後の保持テスト ( $\bar{X} = 75.07$ ) は直後テスト ( $\bar{X} = 167.03$ ) および 10 分後の保持テスト ( $\bar{X} = 189.61$ ) に比べて低かった。CE (図3) では各主効果と交互作用に有意な差は認められなかった。

### 3. 転移テストについて

転移テストの E, CE, VE においては、各主効果と交互作用に有意な差異は認められなかった。

### 4. 練習試行における誤差情報提示回数について

40 試行の練習試行を 5 試行 1 ブロックとしてまとめ (図5), 2 要因 1 繰り返しの分散分析を用いて検討した。条件間要因の主効果が有意であり ( $df = 3/48, F = 22.61, p = .000, ES = 1.000$ ), 100% KR ( $\bar{X} = 5.00$ ) は FL ( $\bar{X} = 2.43$ ), YFI ( $\bar{X} = 2.88$ ) そして YFL ( $\bar{X} = 2.36$ ) よりも多かった。

## IV. 考察

E において、FL は 2 つの Yoked 条件よりは学習効果は認められたが、100% KR と同じくらいの学習効果が示されたため、FL で最も学習効果が得られるという予想は支持されなかった。その理由として、①課題が簡単すぎたのかもしれない。②帯域幅が 5 試行のパフォーマンス結果の標準偏差値で設定されたため、帯域幅の変化が激しくなり、学習者の誤差抽出と修正

のプロセスに混乱を導いたかもしれない。③マウス左ボタンの押し損じなどマウス操作の誤操作が多かったのかもしれない。という実験条件設定上の問題点が考えられる。

一方、FL は 100% KR と同じくらいの学習効果であったものの、2 つの 'くびき (Yoked)' 条件よりは学習効果は認められたという結果が得られた。このため、本実験で取り上げた FL は、従来の固定された帯域幅の設定方法や自己のパフォーマンスの安定性に依存しないで帯域幅が変化する条件よりも学習効果が得られる可能性が示された。FL と 100% KR の間に明確な学習効果が認められなかったのは二つの理由が考えられる。一つは FL と 2 つの Yoked 条件の被験者に対して KR 情報が与えられる仕組みについて説明していなかったため、学習者が誤差検出と修正の過程において混乱を招いていた可能性が考えられる。例えば +100msec. の誤差が続いた場合、帯域幅が変動する FL においては最初の試行で "Your response was correct!" と提示された後、続く試行では "+100msec. Delay!" と表示されるケースが考えられる。ここで、学習者は最初の試行で正しく再生できたと判断したのに対して、続く試行では最初の試行と同じタイミングで再生できたと判断したにも関わらず、誤差情報が提示されると学習者自身の誤差検出機能に混乱を招くことが予想される。さらに二つめの理由として、学習者はかえって KR 情報に依存してしまい FL に明確な学習効果が現れなかったという可能性が考えられる。各条件の学習者に対して KR 情報が決定される仕組みを説明し、学習者の誤差検出と修正の過程における混乱を避ける必要があったことが上述の実験条件設定上の問題点に加えてあげられる。

## V. 結 論

本研究は、タイミング習得時の帯域幅法による結果の知識の与え方に着目し、学習者のパフォーマンスの安定度に応じて帯域幅が変化する方法の有効性を検討した。その結果、パフォーマンス結果の安定度に応じて帯域幅が変化する方法は、①毎試行後に誤差情報が与えられる条件と同程度の学習効果が認められた。そして②固定された帯域幅や学習者のパフォーマンス結果と関連しないで帯域幅が変化する方法に比べて学習効果が認められた。しかしながら、実験条件設定上の問題点がいくつか考えられたため、さらに学習者のパフォーマンスの安定度に応じて帯域幅が変化する方法の有効性を継続して検討する必要があると指摘された。

## 参考文献

Goodwin, J.E., & Meeuwsen, H.J. Using bandwidth knowledge

of results to alter relative frequencies during motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol.66, No.2, pp.99-104, 1995.

Lee, T.D., & Carnahan, H. Bandwidth knowledge of results and motor learning: more than just a relative frequency effect. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol.42A (4), pp.777-789, 1990.

Salomoni, A.W., Schmidt, R.A., & Walter, C.B. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, Vol.95, pp.355-386, 1984.

Thorndike, E.L. The law of effect. *American Journal of Psychology*. Vol.39, pp.212-222, 1927.

## 付 記

本研究はカナダ国マックマスター大学の倫理基準の承認を得て実施された。