

先行情報が肩関節挙上運動の正確さに及ぼす影響

川 間 健之介*・高 橋 ゆう子**

本研究は、従来運動記憶研究で行われている身体から離れた空間内での運動の再生を課題とするのではなく、身体から離れていない単関節運動の再生を行なう課題を設定し、その際にどのような先行情報が最も有効であるかを検討したものである。そして、絶対誤差、恒常誤差の分析及び内省報告から、視覚情報、言語情報、筋運動感覚情報のいずれも運動再生に用いられるが、特に本実験で用いたような課題の場合は、筋運動感覚情報が最も再生が正確であることが分かった。そして、これについて課題の差異、モダリティーとの関連、再生に用いた手がかり等から考察し、さらに視覚情報はメタセティック連続体に属し、筋運動感覚情報はプロセティック連続体に属し、言語情報は内的表象依存的であると考察した。

キー・ワード：再生 筋運動感覚 先行情報 メタセティック連続体 プロセティック連続体

I. はじめに

運動の再生において、Posner (1967¹⁰⁾ が、位置手がかりの方が距離手がかりよりも正確であることを報告して以来、同様の結果が数多く得られている (Keel and Ells, 1972⁴⁾; Kerr, 1978⁵⁾; Laabs, 1973⁷⁾; Marteniuk and Roy, 1972⁹⁾; Stelmach and Kelso, 1973¹⁴⁾)。しかし、この理由は、位置・距離手がかりが被験者にどのようなタイプの情報を与えているかが明確でないため、諸説ある状況にある。Diewert (1975¹¹⁾) は位置手がかりは筋運動感覚と視覚の両要素から構成されるとしているが、Laabs (1973⁷⁾) によれば、位置手がかりでは情報を空間的・言語的情報に変換して貯蔵する方略が用いられ、距離手がかりでは筋運動感覚的情報を貯蔵する方略が用いられ、さらに前者の方が後者よりも高次のレベルで符号化される。また、Wallace (1977¹⁵⁾) はいったん位置コードが記憶される

と筋運動感覚情報は必要なくなるとしている。さらに、これに関して、運動再生における視覚イメージの重要性を主張する研究も少なくない (Jones, 1974³⁾; Posner, 1973¹¹⁾; Roy, 1978¹²⁾)。これらの研究をまとめると詳細については相違もあるものの、位置手がかりは視覚情報と関連し、距離手がかりは筋運動感覚情報と関連していることがわかり、さらに運動再生の正確さに果たす役割は視覚情報の方が大きいことが推察できる。一方、運動感覚の精神物理学的研究の中では、位置手がかりによる情報の知覚がメタセティック連続体 (what, where という性質の知覚) に属し、距離手がかりによる情報の知覚がプロセティック連続体 (how much という性質の知覚) に属すると報告されている (工藤, 1987⁶⁾; Magill and Parks, 1983⁸⁾)。

これらの先行研究に対して、動作空間の視点からの批判がある。柴山 (1983¹³⁾) は、従来の運動再生の議論では運動を遂行する空間と身体との相互関係の認知の仕方が考察されていない点を問題とした。すなわち、運動はそれが身体に

*心身障害学系

**東京都社会福祉協議会

対してどこで行なわれているかによってその知覚が変わりうるものである、いいかえるなら動作空間の認知により運動の再生の正確さは変わることになる。したがって、位置・距離手がかりの実験操作に関してもそのスタート地点とストップ地点を身体と対応させて設定する必要があるとした。これを受けて、藤岡・成瀬(1986²⁾)は、動作空間における視覚情報と筋運動感覚情報では運動再生の正確さがどの様に異なるかをポインティング動作による位置再生課題を用いて検討した。その結果、視覚的に認知された位置の方が、内的表象が形成され易く、正確に再生できることが分かった。

ところで、視覚情報を用いた方が運動再生が正確であるという結果を得ている多くの研究で用いられている課題は、位置手がかりにせよ距離手がかりにせよ、また動作空間を考慮するしなにかかわらず、身体から離れた空間に位置する一定の目標点に身体の一部を定位させるものであった。例えば、ポインティング動作による再生の場合、指の位置の再生もしくは指の動いた距離を再生することが要求される。しかし、このような動きには肩関節、肘関節、手関節等の動きが含まれるが、被験者はこれらの各関節の動きに注意することはなく、指の動き(軌跡)のみに注意を払うことになる。このような状況下では、必然的に視覚情報もしくは視覚イメージに基づいて運動を制御することになる。もし、単関節運動を用い、その関節の動きのみの再生の正確さが求められる課題が与えられた場合、人はどのような情報を用いるのであろうか。このとき視覚情報はそれほど決定的な情報とならないかもしれない。むしろ、筋運動感覚情報が運動再生にとってより重要なものとなろう。本研究ではこのことを検討するために、従来から離れた目標点に対する再生の正確さを求める課題でなく、肩関節挙上運動の再生の正確さを求める課題を設定した。そして、先行情報として、視覚情報と筋運動感覚情報が被験者に与えられる。さらに、先行情報に言語情報も用意した。この情報では、なんらかの内的表象もし

くは内的な手がかりに基づかなければ運動を再生することが困難であると思われる。

II. 方法

1. 被験者：右利きの大学院生 30 名。

2. 実験計画：本実験は $3 \times 2 \times 3$ の 3 要因混合配置である。個体間要因は先行情報の種類であり、視覚情報、言語情報、筋運動感覚情報の 3 群に被験者を 10 名ずつ配置した。個体内要因は、運動方向(前方挙上、側方挙上)と提示角度(45° , 90° , 135°)である。

3. 手続き：いずれの群においても、被験者は目隠しをして、仰臥位で基本肢位をとり、情報を与えられる。その後 5 秒の間に肩関節挙上運動を行なう。運動方向については、半数の被験者は前方挙上から、残り半数は側方挙上から行なった。試行回数は、3 群とも 3 つの運動角度を 3 回ずつ、予想や構えを取り除くために dummy として 3 つの角度を加え、1 方向につき 12 回、計 24 回行なった。被験者が行なった運動と提示角度との間に誤差が生じるが、これを正確さの指標とした。誤差は肩関節を軸として、分度器によって測定した。提示角度は、上肢を体側につけた状態(基本肢位)を 0° として設定する。先行情報の提示方法は、視覚情報群では肩の脇にある棒を 2~3 秒見て、目隠しをし、提示された角度まで基本肢位から肩関節挙上運動を行なう。言語情報群では、基本肢位を 0° として、口頭で角度を指示される。筋運動感覚情報群では実験者が被験者の腕を他動的に誘導し、一定のところで 3 秒とめ、基本肢位に戻す。被験者が挙上運動を行なう際には、逆の動きや修正を行わず、常に肘関節は伸展させ、身体他の部分は動かさないように指示した。実験終了後、どの角度が運動を行いやすかったか、正確にできたと思われるか、また、運動を行なう際にどのような手がかりを用いたかについて質問した。

III. 結果

結果は、正確に再生されるべき提示角度を基

準として正負に分かれた誤差値（恒常誤差：constant error, CE と略す）とその絶対値（絶対誤差：absolute error, AE と略す）の2つを測度として整理した。

1. AE の分析

AE について、先行情報×運動方向×提示角度の分散分析を行なったところ、有意であったのは先行情報の主効果 ($F(2,27)=5.40, p<.05$)のみであった。これについて下位検定を行なうと、言語情報群が視覚情報群や筋運動感覚情報群よりも誤差が大きいことが分かった（それぞれ、 $t=2.38, df=27, p<.05$ ； $t=3.15, df=27, p<.01$ ）。運動方向の主効果はまったく認められなかったため、Fig. 1 には先行情報と提示角度についての平均値を示してある。Fig. 1 を見てみると、有意ではなかったが、言語情報群と視覚情報群では90°で誤差が減少している。そこで、角度についてのみ調べてみると、90°と135°の誤差に有意差があった ($t=2.31, df=58, p<.05$)。一方、筋運動感覚情報群についてみると角度の増加に伴って誤差が大きくなっていく傾向がある。

2. CE の分析

分析ではCEを-5°より小さい（過小評価）、-5°以上5°以下（正確）、5°より大きい（過大評価）の3種に分けた。その結果をFig. 2 に示

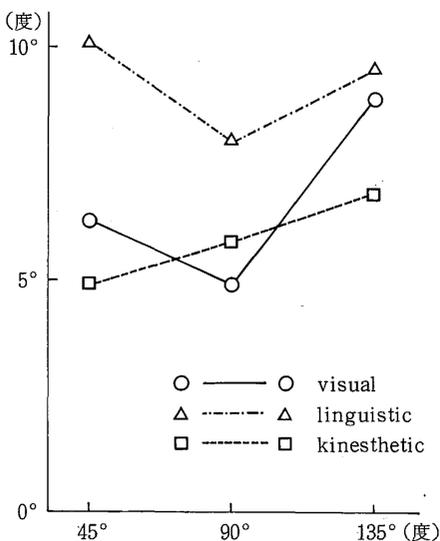


Fig. 1 Mean absolute error

す。これを見てみると、どの先行情報でも135°に過小評価が多いことが分かる。また、視覚情報群では90°が最も正確であり、筋運動感覚群では45°が最も正確である。これは、AEの分析結果と同じである。言語情報群を見ると、正確さは3角度とも同じであるが、45°と90°では他の先行情報より過大評価が多く、135°のとき逆に過小評価が多い。参考までに、先行情報の種類によって正確さが異なるか否かについて、 χ^2 検定を行なうと、有意であった ($\chi^2=18.34, df=4, p<.01$)。すなわち、言語情報群では過小評価も過大評価も有り得るが、筋運動感覚情報では運動の正確さが増すことを意味している。

3. 内省報告について

実験終了後、やりやすい角度を尋ねたところ、19/30名が90°と答えた。また、正確にできたと思われる角度についても90°が多く、22/30名であった。特に言語情報群では、いずれも90°が9/10名を占めた。さらに、やりにくい角度は20/30名が135°と答え、言語情報群では9/10名を占めた。不正確と思われた角度も135°が多く、22/30名であったが、筋運動感覚情報群に関しては、4/10名が45°と答えた。これらの内省報告は、AEの結果ともCEの結果と対応するものである。

また、どのような手がかりを用いて運動を行なったかを位置のイメージ、身体の緊張感、距離の感じ、90°基準の中から答えさせたところ、

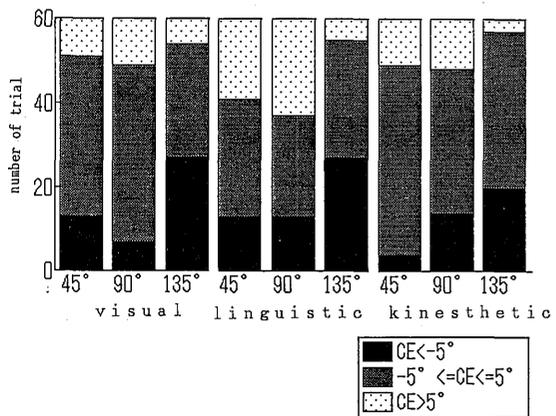


Fig. 2 Constant error

視覚情報群では位置のイメージ(8/10名)、言語情報群では90°基準(9/10名)、筋運動感覚情報群では身体の緊張感(9/10名)が多かった。

IV. 考 察

本研究は、従来の身体から離れた目標点に対する運動再生の正確さを求める課題でなく、肩関節挙上運動の再生の正確さを求める課題を設定し、どの様な情報が運動再生にとって有効であるか検討するものである。AE及びCEの結果から、筋運動感覚情報が先行情報として与えられた場合、最も再生は正確であり、ついで視覚情報、言語情報の順で不正確になることが分かった。多くの運動記憶研究では、視覚情報の方が正確であることが指摘されている(Jones, 1974⁹⁾; 藤岡・成瀬, 1986²⁾; Laabs, 1973⁷⁾; Posner, 1973¹¹⁾; Roy, 1978¹²⁾; Wallace, 1977¹⁵⁾)。本研究ではこれらの先行研究と逆の結果が得られたわけであるが、それは用いた課題の違いによるものと考えられる。本研究の課題では肩関節挙上運動という単関節の運動の再生の正確さが求められ、身体から離れた空間内の一定の目標点に対する運動の再生ではない。したがって、空間内の目標点に対するような視覚イメージが持ちにくく、また、視覚提示条件においてもどの方向まで肩を動かせばよいか被験者に知らされるだけで、手をどこの位置に動かせばよいかは指示されなかった。このことから運動再生には視覚情報が重要であると言われているが、本研究で用いたような課題の場合、必ずしも視覚情報が優位に用いられるのではなく筋運動感覚情報が優位に用いられる場合もあると言えよう。

上記の結果をモダリティーとの関連で考察することもできる。一般に運動記憶の研究では、入力情報と再生に関するモダリティーが同一の場合や異なる場合が条件として設定されることがある。Posner (1967¹⁰⁾) は、モダリティーによって短期記憶が異なる中枢処理容量を持つことを主張しており、このことはモダリティー間で情報の変換が行なわれていることを示してい

る。すなわち、入力情報と再生に関するモダリティーが同一の場合、情報の変換は必要なくなり、再生は正確となる。一方、モダリティーが異なる場合、必然的に情報の変換が行なわれ、そのため再生の正確さは低下する。この考えに従えば、本研究の結果は、先行情報が視覚情報の場合、情報の変換が行なわれたため再生の正確さは低下し、筋運動感覚情報の場合、情報の変換が必要ないので再生が正確であったと考えられる。しかし、藤岡・成瀬(1986²⁾)の研究では、内的表象の形成が容易であるという点で情報の変換が必要であるにもかかわらず、視覚情報が先行情報として用いられた場合再生が正確であったとしている。このことからすると、本研究の筋運動感覚情報の方が再生が正確であるという結果を単に情報の変換が必要ないためと考えるだけでは十分でなく、やはり課題設定との関係で考える必要がある。

ところで、本研究では視覚情報、筋運動感覚情報、言語情報といったモダリティーに対応した条件を設定したわけであるが、被験者が実際に運動再生に用いたストラテジーを内省報告から考えてみよう。内省報告によれば、視覚情報群では位置のイメージを手がかりとした被験者が多かった。課題自体が位置再生を行なうものでないため位置のイメージを用いてもそれほど再生が正確でなかったと思われる。Fig. 1を見ると肩関節90°挙上時のイメージが鮮明であったためか90°の誤差が減少している。言語情報群では、90°基準を手がかりにした被験者が多かった。90°基準では肩関節90°挙上の視覚イメージもしくはその際の筋運動感覚を手がかりに45°、135°の再生を行なったと思われる。言語情報では、情報をすぐ筋運動感覚へ変換することは困難で、90°基準という内的表象のようなものを操作して再生を行なったのであろう。筋運動感覚情報群では身体の緊張感を手がかりにしており、先行情報提示の際の緊張感にマッチングするように運動を再生したと思われる。

また、モダリティーに対応した手がかりという考えではなく、先行情報の知覚の仕方から考

察することもできる。本研究で用いた課題においては、再生時に被験者が知覚する情報は、位置情報 (where) ではなく、どの程度動かしたか (how much) という情報である。すなわち、被験者の再生時の知覚はプロセティック連続体に属するものである。一方、先行情報では、視覚情報ではメタセティック連続体的、筋運動感覚情報ではプロセティック連続体的、言語情報では内的表象依存的といえよう。そのため、メタセティック連続的な知覚情報をプロセティック連続的な知覚にマッチングすることは困難なため視覚情報群の再生は不正確である。これに比べ、筋運動感覚情報群では、先行情報も再生時ともにプロセティック連続的な知覚を用いるため再生が正確であったと言えよう。Magill and Parks (1983⁶⁾) や工藤 (1987⁶⁾) によれば、先行情報がメタセティック連続体である場合、刺激がどこに提示されようと再生の正確さに変化はないが、プロセティック連続体の場合、刺激が身体から遠くなる程正確さが減じていく。今回の AE の結果を見てみると、筋運動感覚群では提示角度の増加に伴って誤差も増大しており、筋運動感覚情報がプロセティック連続体的に知覚されていたと考えられる。視覚情報群では、おそらくメタセティック連続的な知覚がなされていたと思われるが、提示角度 90° の際、視覚イメージを特に鮮明に持ちやすかったのか、誤差が減少しており、今回の結果だけでは断言できない。

最後に、範囲効果 (range effect) について考察する。範囲効果とは、小さめの動きを再生するときはオーバーシュート、大きめの動きを再生するときはアンダーシュートするという現象である (Laabs, 1973⁷⁾)。Fig. 2 を見てみると、どの群でもアンダーシュートは 135° で最も多くなっている。特に筋運動感覚群では角度の増加に伴ってアンダーシュートが増えている。オーバーシュートについては、135° で最も少ないが、45° よりも 90° の方が多い。特に言語情報群においてオーバーシュートが多い。このように先行情報の種類によって、範囲効果の現れ方が

異なる可能性があるが、詳細な検討は今後の課題としたい。

文 献

- 1) Diewert, G. L. (1975): Retention and coding in motor short-term memory: A comparison of storage codes for distance and location information. *Journal of Motor Behavior*, 7, 183-190.
- 2) 藤岡孝志・成瀬悟策 (1986): 動作空間における位置認知と再生の関係. 九州大学教育学部紀要 (教育心理学部門), 31(1), 19-26.
- 3) Jones, B. (1974): Is proprioception important for skilled performance? *Journal of Motor Behavior*, 6(1), 33-45.
- 4) Keel, S. W. and Ells, J. G. (1972): Memory characteristics of kinesthetic information. *Journal of Motor Behavior*, 4, 127-134.
- 5) Keer, B. (1978): The effect of invalid task parameters on short-term motor memory. *Journal of Motor Behavior*, 10, 261-273.
- 6) 工藤孝幾 (1987): 視覚と運動感覚のクロスモダルマッチングにおけるアンダーシュートとオーバーシュート. *体育学研究*, 32(1), 67-76.
- 7) Laabs, G. J. (1973): Retention characteristics of different reproduction cues in motor short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, 100, 168-177.
- 8) Magill, R. A. and Parks, P. F. (1983): The psychophysics of kinesthesia for positioning responses: The physical stimulus-psychological response relationship. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54, 346-51.
- 9) Marteniuk, R. G. and Roy, E. A. (1972): The codability of kinesthetic location and distance information. *Acta Psychologica*, 39, 217-223.
- 10) Posner, M. I. (1967): Characteristics of visual and kinesthetic memory codes. *Journal of*

- Experimental Psychology, 75, 103-107.
- 11) Posner, M. I. (1973): Coordination of internal codes. In W. G. Chase (ed.), Visual Information Processing. New York: Academic Press, 35-73.
- 12) Roy, E. A. (1978): Role of preselection in memory for movement extent. Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 4, 397-495.
- 13) 柴山謙二(1983): 運動再生における動作空間要因の検討-位置手掛かりと距離手掛かり
- について-. 心理学研究, 54(5), 321-324.
- 14) Stelmach, G. E. and Kelso, J. A. S. (1973): Distance and location cues in short-term motor memory. Perceptual and Motor Skill, 37, 403-406.
- 15) Wallace, S. A. (1977): The coding of location: A test of the target hypothesis. Journal of Motor Behavior, 9(2), 157-169.
- 1990.9.10. 受稿, 1990.10.1. 受理 —

Bull. Spec. Educ. 15 (1), 1-6, 1990.

Influence of the Way of Input of Information on the Accuracy of Shoulder Movement

Kennosuke KAWAMA and Yuko TAKAHASHI

The most of the studies about motor-memory support the conclusion that visual information may be useful in the movement reproduction. These studies examined the reproduction of movement a part from the body. The purpose of Present study is to examine whether reproduction of monojoint movement (not a part from the body) might be influenced by the way of input of information. The subjects in three groups which differed with regard to preinformation (visual, linguistic, and kinesthetic) were asked to reproduce criterion movement that indicated by preinformation by shoulder movement. Analysis of absolute error indicated that reproduction of linguistic group was most inaccurate. Analysis of constant error indicated that kinesthetic group reproduced the criterion movement most accurately. Introspection of subjects suggested that visual group used the cue of image of arm location, linguistic groups used the 90° criterion, and kinesthetic group used the tension feeling of the body. These results suggested that in the reproduction of movement not a part from the body kinesthetic information was most useful. The way of perception of preinformation was discussed that visual information was metathetic continua, kinesthetic information was prothetic continua, and linguistic information was perceived by the inner representation.

Key Words: reproduction, kinesthetic, preinformation, metathetic continua, prothetic continua