

〈原 著〉

心理的活動がスキルの学習に及ぼす影響について¹

—運動制御の視点から—

澁谷 智久*・星野 公夫*・飯嶋 正博**

The effect of mental activity in learning skill

—aspects of motor control—

Tomohisa SHIBUYA*, Kimio HOSHINO* and Masahiro IJIMA**

Abstract

The aim of the present study was the examination of a factor in striving process of subjective activity to motor action. The factor was shifting subjective activity as awareness to imaging a sense of distance and/or focusing kinetics sense for improvement of performance.

The task of experiment were attempted to recall position of 18 cm distance and maintain it. Subjects were thirty university students with their eyes closed. They were assigned to each 2 groups, condition 1 group (15 subjects) were imaging a sense of focusing kinetics sense and imaging bodily movement to memory, condition 2 group (15 subjects) were imaging a sense of distance and position to it.

The results of this experiment were as follows;

- (1) Condition 1 and 2 group in training period significantly memorized recalling position.
- (2) Condition 1 group only in retention period significantly retained recalling position.

Based on the results, it was concluded that awareness of focusing kinetics sense was an effective factor in motor leaning. It was suggested that its factor play an important role in collating cues of being brought about bodily movement with result of knowledge in motor action.

I 緒 言

スキルとは、通常、技能と訳される。その技能を持っている人の行動の遂行結果は、明らかにもっていない人のそれとは異なり、上手であったり、優れていたりする。スキルには、日常生活における挨拶の仕方や仕事といった熟達した社会的行動や運動場面における優れたスポーツパフォーマンス

マンスにまでわたる。これらのようにスキルは、経験や練習を積んだ結果、獲得されたもの、つまり学習された行動なのである²⁾。

運動学習と制御について Winner⁹⁾のサイバネティクスに端を発し、その後、発展した Adams の閉回路理論¹⁾、Schmidt のスキーマ理論⁷⁾とは別に、成瀬⁵⁾⁶⁾は、脳性まひ者の動作不自由や幼児の動作の検討を通して、運動を制御し遂行する本人を行動の主体者と設定し、運動を遂行する際の主体者の体験という認知的側面から運動制御を検討した。

運動遂行の基本構造として随意的に行なわれる運動を動作と定義し、意図→努力という心理的活動を経て、生理的現象の身体運動が生起するとい

* スポーツ心理学研究室
Seminar of Sports Psychology

** 心身障害心理学研究室
Seminar of Psychology for handicapped

¹ この論文の一部は、平成12年度順天堂大学スポーツ健康科学研究科修士論文と平成13年9月の第52回日本体育学会にて発表したものである。

う一連の過程を設定した。そして、運動制御における心理的活動として、動作感覚による制御過程と運動感覚による制御過程を示した。

成瀬³⁾によれば、動作感覚による制御過程とは、まず、主体者が環境といった外的刺激に対し、それに対応した運動をしようと意図する。そして身体運動を生起させる具体的な動きのパターンのイメージを予期的に計画する一連の過程をいう。運動感覚による制御過程とは、身体運動の生起およびその遂行に伴い、その状況が内外諸感覚器官からフィードバックされ、生起した身体運動に関し主体者に認知される。特に筋・骨格系感覚器官からの情報による運動パターンの認知を手掛りとして、予期された運動のパターンと照合される。そして一致ならば強化、不一致の場合には既存のプランに必要な修正を加えた上で、新しいプランを構築するという一連の過程をいう。

Adams¹⁾や Schmidt⁷⁾は、人の運動学習と制御における構造までは明らかにした。しかし、成瀬⁵⁾は、この構造を心理的活動として活性化させ、機能させる努力によって運動制御がなされるとし、心理的活動の重要性を主張した。

そこで Koga⁴⁾は、新奇の骨格筋活動における運動制御のスキル（以下、便宜上、制御スキルとする）の獲得を課題として、訓練中の被験者の認知的活動に着目し、彼らの内省報告を検討した。その際、運動制御における心理的活動について、運動の主体者を中心とし、身体運動に対する認知的制御過程の意識の方向性から、彼は、動作感覚による制御を遠心的制御過程、運動感覚による制御を求心的制御過程とした。その結果、主体者の意識性は、制御スキルの獲得が初期段階にあるときは遠心的制御過程に意識が向き、制御スキルの獲得が進むにつれ、意識性が求心的制御過程に移行すると報告された。

このことから古賀³⁾や遠矢⁸⁾は、新奇な骨格筋活動の制御スキルの獲得という課題において、遠心性制御過程と求心性制御過程への意識の方向性という条件を設定し、制御過程における意識性の違いが、制御スキルの獲得に及ぼす影響を調べた。その結果、遠心性制御過程に意識を向けてト

レーニングを行なった方が、制御スキルの獲得がより促進されたことが示めされたと報告された。

一連の古賀³⁾⁴⁾および遠矢⁸⁾の実験では、制御スキルの獲得と運動制御における心理的活動の意識性との関連について、過去に動かし経験がない、全く新奇な骨格筋活動を課題に用いて検討された。しかし、通常、日常生活や運動場面において獲得あるいは発揮されるスキルは、上肢や下肢といった動かし経験がある身体部位を用いていると考えると、このような身体部位を用いて、運動制御における心理的活動の意識性が制御スキルの獲得に及ぼす影響を検証することは意義があると考えられる。

さらに、成瀬の理論において、制御スキルの獲得に焦点を当てた実験は行われているものの、その保持についてはほとんど行われていない。そこで本研究では保持についても検討することとした。

II 目 的

本研究の目的は、運動の主体者の認知的側面からアプローチし、過去に動かし経験がある上肢の運動を用い、運動制御における心理的活動の遠心性制御過程と求心性制御過程という意識性の要因が、より高い精度の制御スキルの獲得とその保持にもたらす影響について検討した。

III 方 法

i. 被験者

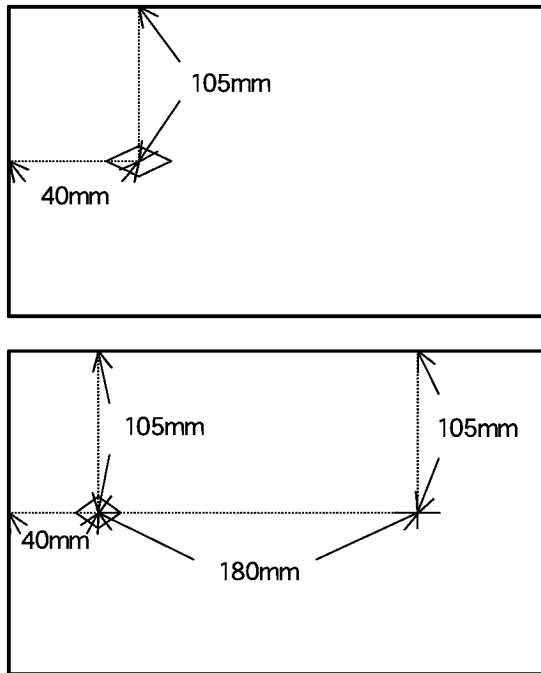
上肢を常用する運動クラブに所属する、右利きの大学生30名（平均年齢 20 ± 2 歳）とした。

ii. 課題

Positioning Task（一定の位置から右直線方向へ180 mm（基準距離18 cm）離れた目標位置への再生を行なうこと）を用いた。

iii. 用具

図1にテストおよび保持試行用紙、標準およびトレーニング試行用紙を示した。それぞれのテストおよび試行用紙は、A4サイズとし、左端から40 mm、縦105 mmのところスタート位置を（四角の中に+印）示し、さらに、標準およびトレーニング試行用紙については、スタート位置か



テストおよび保持試行用紙

標準およびトレーニング試行用紙

図1 用具

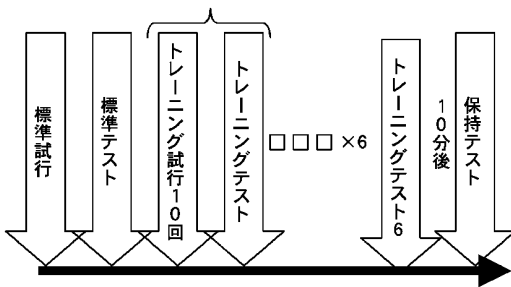


図2 実験経過

ら右直線方向へ180 mm 離れたところに目標位置 +印を示してある。

iv. 手続き

標準試行期, トレーニング期, 保持期からなる実験経過を図2に示した。標準試行期では, 標準試行を1試行, 引き続きテスト試行を1試行行い, このテスト試行を標準テストとした。その

後, トレーニング期において, トレーニング試行として10試行を1ブロックとし, 計6ブロック全60試行を行った。1ブロック終了ごとにテスト試行を1試行ずつ行った。このテスト試行をトレーニングテストとし, 特に, データの分析に用いられる第6ブロックトレーニング試行後のテスト試行をトレーニングテスト6とした。トレーニングテスト6が終了してから10分後に保持試行を1試行行った。この保持期に行うテスト試行を保持テストとした。保持テストまでの待ち時間には本を読んでもらうか実験者と雑談をしてもらった。

実験手順は次の通りであった。まず, 被験者は, スタート位置が身体の正中線延長上にくるように着席し, 腕を動かしても無理にならないように椅子の前後位置を調節する。そして, 実験者が被験者と対面するように座り, 実験者が腕の動かし方および動かす速さ(約30 cmを3秒)について説明するとともに示範した。

腕の動かし方は次の通りであった。まず, 被験

者が右手にペンを持ち、左手は用具の左端を押さえる。目を開けて被験者自らスタート位置にペンの先を置き、腕を机から浮かし、閉眼する。そこまで構えることができたなら実験者の合図を待つ。実験者の合図でペン先を紙面から浮かし、浮かせたままの状態線で線を引くように右方向に動かす。そして、目標位置と思われるところでペンを下ろし、ポインティングするというものであった。

標準試行では、被験者がペン先をスタート位置に置き、腕を机から浮かして閉眼し、構えたところで実験者がペンの上端を持って動かし、目標位置でペンを下ろしてポインティングし、閉眼の状態では正確な180 mmを受動的に体験してもらった。トレーニング試行では、ポインティングすることに目標位置との逸脱の程度を視覚的に確認した。テスト試行、保持試行では目標位置との逸脱の程度について結果の知識 (knowledge of result) は与えなかった。

トレーニング試行に入る前、実験者が教示を与え、被験者の運動制御における心理的活動の意識性が操作された。実験条件は、教示による意識性の操作によって2群 (遠心性意識・求心性意識) に条件設定した。被験者は、各15名ずつ配列した。

第1条件は、遠心性制御過程に意識を向けるように教示する遠心性意識群である。

第2条件は、求心性制御過程に意識を向けるように教示する求心性意識群である。

各群に与えられた教示内容は以下の通りである。

遠心性意識群…「頭の中で18 cm はこんなものだとイメージしたり、目標位置のイメージを手がかりに正確にポインティングができるように頑張ってください。」

求心性意識群…「腕を動かしたときの動く感じや肩や肘の感じなど運動感覚を手がかりとして、正確にポインティングができるように頑張ってください。」

IV 結 果

i. 絶対エラーの分析

結果は、絶対エラー (absolute error) の値を用いて分析した。絶対エラーは、目標位置からの逸

表1 各群別の絶対エラーの平均、標準偏差表 (mm)

	標準テスト		トレーニングテスト6		保持テスト	
	M	SD	M	SD	M	SD
遠心性	28.37	15.81	8.03	5.00	11.90	8.16
求心性	23.33	16.57	7.77	4.14	14.60	7.69

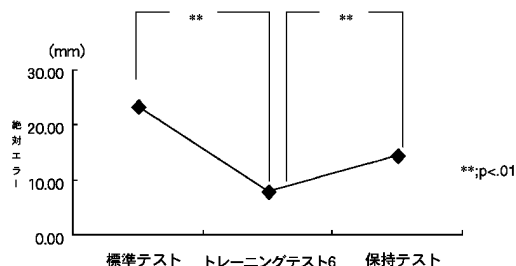


図3 遠心性意識群における絶対エラーの推移

脱の程度を示す絶対値であり、線運動再生課題や位置決め課題において主要な指標である。この値で、標準テスト、トレーニングテスト、保持テストの平均と標準偏差を算出した。(表1)

さらに、意識性 (遠心性制御過程、求心性制御過程) と測定時点 (標準テスト、トレーニングテスト6、保持テスト) の2要因に対し、分散分析を行なった。交互作用および意識性の要因における主効果は認められなかったものの、測定時点の要因において有意な主効果が認められたため、下位検定を行なった。その結果、図3に示した遠心性意識群では、標準テストとトレーニングテスト6間 ($p < .01$)、およびトレーニングテスト6と保持テスト間 ($p < .01$) において有意な差が認められた。また、図4の求心性意識群では標準テストとトレーニングテスト6間 ($p < .01$)、標準テストと保持テスト間 ($p < .01$) において有意な差が認められた。

V 考 察

i. より精度の高い制御スキルの獲得について
トレーニング期において、遠心性制御過程に意

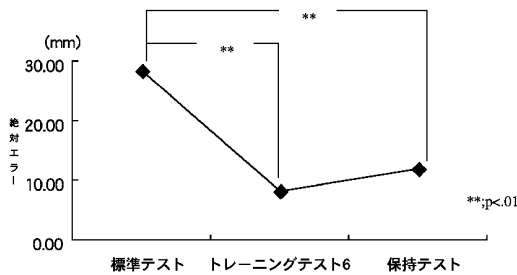


図4 求心性意識群における絶対エラーの推移

識を向けた遠心性意識群と求心性制御過程に意識を向けた求心性意識群の両群に、有意に正確性の向上がみられたことから、より精度の高い制御スキルが獲得されたことが認められた。

古賀³⁾や遠矢⁸⁾の実験では、遠心性制御過程に意識を向けた群にのみ見られた効果が、本実験においては遠心性制御過程と求心性制御過程の両群にみられた。これは、本実験で用いられた身体部位である上肢の制御スキルは、古賀³⁾や遠矢⁸⁾の実験で用いられた新奇な骨格筋活動よりもはるかに高い。これを運動制御の獲得過程における主体者の意識性に関する古賀の見解と照合すると、被験者は、十分に求心性制御過程に意識を向けることのできる状態にあった。このために、トレーニングを重ねることによる制御スキルの獲得に関して、遠心性制御過程または求心性制御過程に関わらず、両制御過程における手掛りと運動遂行の結果との関係に注意集中し、吟味することで、同じような傾向をもって効果的に制御スキルの獲得が成されるものと考えられる。このことは、古賀³⁾の運動制御の獲得過程における主体者の意識性に関する見解を支持するものと推察される。

以上のことから、より精度の高い制御スキルの獲得については、心理的活動の遠心性制御過程あるいは求心性制御過程のいずれに意識を向けても、運動制御の手掛りと運動の遂行結果との関連性に注意集中し、吟味することで成されることが示された。

ii. 獲得された精度の高い制御スキルの保持について

図3, 4より、トレーニングにおいて獲得された制御スキルは、求心性意識群では保持期間を経過しても忘却せず、保持されたものの、遠心性意識群では、保持期間を経過して、忘却してしまったことが示された。このことから、求心性意識群では獲得された制御スキルが強固に保持されたといえる。

以上のことから、次のようなことが考えられた。本実験における保持期間は、運動記憶の実験からすれば10分間という長い期間がとられた。保持における10分間という時間は、記憶の概念からいえば、長期記憶に相当する。遠心性意識群は、目標位置について意識を向け、このイメージを手掛りに再生を行なったが、最終トレーニング試行である第6ブロック試行後は一切、目標位置を示したものは被験者に提示されていなかった。したがって保持テストまでの10分間、目標位置の確認と、その位置感覚といったイメージを強化することはできなかった。その結果、目標位置のイメージは消却され、運動制御における手掛りを失ってしまったために、一度は獲得した高い精度の制御スキルを発揮することができなかつたとみられる。

その点、求心性意識群でも最終トレーニング試行である第6ブロック試行後は一切、目標位置を示したものは被験者に提示されていなかった。もちろん、その間に腕を動かして練習するといった運動感覚についても強化されるようなことはしてはいない。しかし、トレーニング試行において運動感覚という運動に関する自己受容感覚(proprioception)に意識を向け、これを運動制御の手掛りとしたことが保持テストまでの10分間という時間が経過しても、手掛りを失うことがなかったために高い精度を保ったままスキルを発揮することができたと考えられる。

このことについて運動制御における手掛りと運動記憶について、AdamsやSchmidtは、内的基準(internal reference)という観点から、次のようなことを挙げている。内的基準には、遂行された運動に対するフィードバックの認知を手掛りに

築かれる, 運動に関する2つの記憶の形 (Adamsの記憶痕跡 (memory trace), 知覚痕跡 (perceptual trace), Schmidtの再生スキーマ (recall schema), 再認スキーマ (recognition schema)) からなる. この内的基準の形成が, 運動学習と制御における, その記憶にとって決定的な要因となる. さらに, 内的基準の中でも特に, 知覚痕跡や再認スキーマといった運動が遂行された際の全体的な知覚の記憶は, 課題に対し, その行動がどのように遂行されるべきかの目標や運動制御における誤りの検出の基準を果たしているという点で最も重要である. そして, 運動スキルの忘却について Adams は, 内的基準の2つあるいはいずれかの記憶が弱められた結果であると述べている¹⁷⁾. 本実験における求心性意識群では, 課題遂行における制御スキルの獲得にあって, その際の全体的な知覚の記憶, とりわけ運動に関する自己受容感覚に意識が向けられ, 内的基準における知覚痕跡, 再認スキーマの記憶を強く形成しつつ, これを運動制御の手掛りとしていた. 知覚痕跡や再認スキーマは, 運動制御における目標や誤りの検出のための基準の役割を果たしており, 被験者は, 目標位置とは別に, 自己内に“目標”を持っていたため, 目標位置が示されなくとも, それを手掛りに獲得された制御スキルを保持しつつ, 再生ができたと推察される.

しかしながら, 遠心性意識群においても, 目標位置に意識を強く向けることで, 閉眼しても知覚イメージを利用して, それを手掛りに対応する適切な運動をすることによって, 内的基準における記憶痕跡や再生スキーマを形成していたと考えられる. だが, なぜ獲得された制御スキルが保持期間を経て, 忘却されたという問題に, 本実験課題における制御スキルの獲得具合に由来すると思われる. 運動制御における記憶痕跡や再生スキーマの利用は, 充分に獲得されたスキルを, 様々な状況下において発揮する際に用いられるとされている. 確かに, 遠心性意識群においても, 図3のように運動制御の手掛りと遂行結果との吟味において, 制御スキルの獲得はなされた. しかしながら, そのスキルは, いまだ獲得段階にあり, 強固

な記憶痕跡や再生スキーマの記憶の形成にまでには至らなかったのではないかと考えられる.

以上のことから, より精度の高い制御スキルの獲得及びその保持については, 運動制御における心理的活動の求心性制御過程に意識を向けることにより, 効果的に成されることが示された.

VI ま と め

(1) より精度の高い制御スキルの獲得は, 遠心性制御過程または求心性制御過程に関わらず, 両制御過程における手掛りと運動遂行の結果との関係に注意集中し, 吟味することで効果的に成されることが示された.

(2) 獲得された精度の高い制御スキルの保持は, 求心性制御過程に意識を向け, 内的基準を強く形成することで効果的に成されることが示された.

今後, さらに心理的活動の意識性が運動制御に及ぼす影響について検討を重ねることで, 新たな運動学習における発見が得られると期待される.

引用文献

- 1) Adams, J. A.: A closed-loop theory of motor learning, *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-149, (1979)
- 2) 神宮英夫: スキルの認知心理学—行動のプログラムを考える—, 第4刷, 9-10, 川島書店, 東京, (1998)
- 3) 古賀精治: 新奇な筋活動の制御の獲得における気づきと筋電図バイオフィードバック, *心理学研究*, 62巻, 第5号, 308-315, (1991)
- 4) Koga, S.: ACQUISITION OF SELF-CONTROL OF A NOVEL MUSCULAR ACTIVITY WITH EMG AND VIDEO FEEDBACK, *Perceptual and Motor Skills*, 69, 19-26, (1989)
- 5) 成瀬悟策: 動作訓練の理論—脳性マヒ児のために—, 第2版, 55-69, 誠信書房, 東京, (1985)
- 6) 成瀬悟策: 臨床動作学基礎 第1版, 25-42, 学苑社, 東京, (1995)
- 7) Schmidt, R. A.: *MOTOR LEARNING AND PERFORMANCE: from principles to practice*, 1st ed. Human Kinetics Books: America (1991)

- 8) 遠矢浩一：筋運動学習に影響を及ぼす心的制御方略，心理学研究，62巻，第5号，328-332，(1991)
- 9) Winner, N.: *CYBERNETICS*, 2nd ed, 池原他訳，岩波書店，東京，(1962)

(平成13年12月10日 受付)
(平成14年3月13日 受理)