

平成 12 年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科修士論文

運動の随意制御の獲得およびその保持に対する
心理的活動としての遠心性過程と求心性過程との影響

コーチング科学領域：澁谷 智久

論文指導教官：星野 公夫教授

合格年月日 平成 13 年 3 月 1 日

論文審査委員会：主査 星野公夫

副査 武井法子

副査 中島寛昭

目次

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第一章 序論 | 1 |
| 第一節 運動学習における運動の随意制御 | 1 |
| 第二節 閉回路による運動の随意制御に関する閉回路理論とスキーマ理論 | 1 |
| 第三節 開回路による運動の随意制御に関するスキーマ理論 | 5 |
| 第四節 臨床動作学における運動の随意制御 | 8 |
| 第五節 心理的活動における遠心性過程と求心性過程 | 10 |
| 第六節 運動の記憶の保持 | 17 |
| 第七節 実験の方法 | 18 |
| 第一項 被験者の選定 | 19 |
| 第二項 腕の動かし方の実施方法 | 20 |
| 第三項 実験の条件設定 | 21 |
| 第四項 保持期間の時間 | 23 |
| 第五項 測定値の統計処理 | 23 |
| 第八節 本研究の目的 | 24 |
| 第二章 方法 | 25 |
| 第一節 被験者 | 25 |
| 第二節 実験課題 | 25 |
| 第三節 実験用具 | 25 |
| 第四節 実験手続き | 26 |
| 第一項 実験計画 | 26 |
| 第二項 実施方法 | 26 |
| 第三項 条件設定 | 27 |
| 第四項 条件設定における教示内容 | 28 |
| 第五項 測定および分析方法 | 29 |
| 第三章 結果および考察 | 30 |
| 第一節 絶対エラーの分析 | 30 |
| 第二節 考察 | 31 |
| 第一項 より精度の高い随意制御の獲得について | 31 |
| 第二項 獲得された精度の高い随意制御の保持について | 34 |
| 第三節 全体的考察 | 37 |
| 第四章 結論 | 38 |

謝辞

引用文献

Summary

図表

第一章 序論

第一節 運動学習における運動の随意制御

運動学習とは、パフォーマンス能力に比較的永続的な変化を導く練習や経験に関連した一連の過程である³⁰⁾。この一連の過程において、パフォーマンス能力の獲得には自らの身体を制御 (control) できるか否かが重大な問題となってくる。本研究では、特定の運動が生起するように自らが身体を意識して制御することを運動の随意制御とする。

第二節 閉回路による運動の随意制御に関する閉回路理論、スキーマ理論

運動の随意制御の理論として、Adams¹⁾の閉回路理論 (closed loop theory) とこの閉回路理論を発展させた Schmidt³⁰⁾のスキーマ理論 (schema theory) が主たるものである。これらの理論は人を一つの情報処理システムとみなすサイバネティクス (cybernetics) の概念に基づき、主に直線的位相決め課題を用いた研究による知見が基礎となっており、運動が中枢神経-末梢神経系においてどのように制御され、中枢神経系で記憶されているのか言及している。

サイバネティクスは Winner⁴²⁾がギリシャ語の「操舵手」を語源として命名され確立されたものであり、情報に重点をおく科学的思考への転換期における中心的な思想である。Winnerは第二次世界大戦を背景に高

射砲の研究において標的など不確定な環境に対し、その変化に応じて機械を制御(control)するという閉回路によるフィードバック(feedback)の問題をあげ、高橋⁴⁰⁾はこのフィードバックが、システムをある目的を達成させるのに行われる閉回路の制御において、重要な役割を担っているとしている。Adamsはこの概念は人間の生理学上、とりわけ運動の随意制御の説明に応用できるとし、理論化を進めた。

Adams¹⁾の閉回路理論では、まず人が環境から情報を取り入れる。その環境に対して目標とする運動を生起させる運動プログラムを使って運動を生起させる。この運動プログラムを記憶痕跡(memory trace)といい、運動の過去経験により形成される。そして生起した運動の結果と目標とした運動との間を比較して差異を検出する。

差異が検出された場合、生起した運動の経過及び結果の中に生ずる視覚、聴覚、皮膚感覚、筋・骨格系からの運動感覚などのフィードバックの情報と目標とした運動における予期的体験的なイメージである内的基準(internal reference)との間で照合される。この内的基準を知覚痕跡(perceptual trace)といい、これらを手がかりに、目標とする運動が生起されるように運動プログラムが修正される。熟練のためにはこの一連のサイクルが練習によって繰り返される。

したがって、新たな運動を学習する際、内的基準は初期段階では漠然としているものの、目標に近い運動が繰り返される過程で明瞭なものにな

っていくとしている。

Schmidt³⁰⁾のスキーマ理論は、閉回路理論と基本的に共通性を持っているが、彼によって次のような問題が指摘されている。

まず、閉回路理論では、知覚痕跡と記憶痕跡とは一対一の対応を成すとしている。しかし、人の運動において全く同じ運動が二度行われるとは考えられない。また、無限に広がる運動パターンの1つ1つを記憶していくのでは、記憶の貯蔵の問題上、不合理である。さらに新奇な運動を求められた場合、記憶痕跡や知覚痕跡の関係が一対一で形成しているとするために、新奇な運動についての記憶痕跡はないわけであるから、新奇な運動は遂行できないことになる。

Schmidt はこれらの問題を解決するために、認知心理学におけるスキーマ (schema) の概念を取り入れた。彼は運動プログラムにあたるものに再生スキーマ (recall schema)、内的基準にあたるものを再認スキーマ (recognition schema) と想定した。つまり、両者が1対1の関係で成立しているのではなく、抽象化された一種の枠を持ったルールとして形成されるとした。そして運動を行なう場合には、スキーマである一般運動プログラム (generalized motor program) の実行の仕方を決める過程があるとした。

この過程は環境という外的な刺激を認知する刺激同定段階、環境に対してどのような運動をするべきか決定する反応選択段階、さらに反応

選択段階をより具体化した反応プログラム段階という段階を踏む。この一連の過程を経て、一般運動プログラムに対し、現在の環境をも考慮に入れた運動プログラム、つまり、再生スキーマ通りに運動が遂行されたら生じるであろうという予期的な運動感覚に基づくイメージである再認スキーマと、その運動が生起した場合に生じる感覚の情報・フィードバック間において照合が行なわれる。両者が不一致であれば運動プログラムに修正が加えられ、新しい再生スキーマが形成される。

この一連のサイクルが一般運動プログラムという一種の枠の中で運動を繰り返されるうちに、意図した目標と遂行の結果とで関数関係が成立し、目標とした運動ができるようになるというものである。これが、閉回路によるフィードバックを手がかりとした過程による運動の随意制御である。

閉回路における運動の随意制御について Schmidt の理論の妥当性を検証する実験は数多く報告されている。その中の一つとして工藤¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²¹⁾による一連の研究があげられる。

工藤はフィードバックを Holding にならい、受容する感覚様式に基づいて分類し²²⁾、フィードバックの種類と制御に関する実験、およびフィードバックの受容される時間と制御との関係を求める実験を行なった。

閉回路における運動の随意制御において、フィードバックを受容する感覚様式に基づいて分類すると、外受容器に入る外的フィードバック

(external feedback)としての視覚、聴覚と内受容器に入る内的フィードバック(internal feedback)としての運動感覚や平衡感覚がある。

工藤²²⁾は、比較安定した変化の少ない環境で行なわれるクローズドスキル(closed skill)では、運動の随意制御において、身体の位置の感覚や抵抗の感覚、運動の方向やスピードの感覚など内的フィードバックを手がかりに調整が図れると考えた。そこでクローズドスキルであり、運動学習の実験で多用されている線運動再生課題や閉眼状態での図形描写を実験課題とし、実験課題のトレーニング中に被験者の受容するフィードバックの環境を操作することで、外的フィードバックである視覚と内的フィードバックである運動感覚とについて運動の随意制御にもたらす影響を比較した。その結果、視覚が他の感覚に対し、運動の随意制御の手がかりとして優位性を持つという視覚優位性を認めている。

第三節 開回路による運動の随意制御に関するスキーマ理論

ここまでは閉回路による運動の随意制御について述べてきたが、そればかりではなく、フィードバックを必要としない開回路による運動の随意制御がある³⁰⁾。

開回路による運動の随意制御においては、運動遂行後の結果の知識によって目標とした運動の結果と再生スキーマとの間で照合され、不一致であれば反応明細に修正が加えられ新しい再生スキーマが形成される。

この一連のサイクルが練習によって繰り返される事によって目標とする運動を生起させるということを Schmidt²⁹⁾ や Schmidtら²⁸⁾ は報告している。

そのなかでも開回路による運動の随意制御の確証に至った実験として Slater と Hammel³⁵⁾ の実験がある。

1秒間に1回転する特殊な時計を用いて目標とした位置に針が到達した時にボタンから指を離すという課題を設定した。被験者は目標位置で指を離す課題のトレーニングを行い、予測及び目標を達成するための方略を学んだ。そこで実験者は、テスト時に実験条件として故意に目標位置の手前、さまざまな距離で針を止めた。もちろん、目標位置以外で針の止まった場合に指を離してはならないのであった。

その結果、視覚のフィードバックの認知と運動遂行との間に相関関係を見出した。そこでは針を止めた距離を時間に換算し、200ミリ秒以上においては、すべての被験者は指を動かすことはなかった。視覚のフィードバックを認知し、それを手がかりに運動プログラムに修正を行ったのである。しかし、150から170ミリ秒では半数の被験者が指を動かし、100ミリ秒以下ではすべての被験者が指を動かしてしまった。被験者の多くは視覚的に認知ができていたものの、それに気づいたときにはすでに身体が勝手に動いてしまったことを内省報告しており、このことから遂行時間の早い運動では、開回路のみで運動を制御していることがわかる。

運動の随意制御に対し、閉回路の過程あるいは開回路の過程を用いるかは目標とする運動の遂行時間に対し、フィードバックを処理し認知する時間的余裕があるか否かであるといわれている^{4) 30)}。

実際にスポーツ場面で用いられる運動の多くは、かなり速い速度で遂行される。そこで開回路における運動の随意制御に対し Adams や Schmidt の理論の妥当性を検証するために、工藤²⁰⁾はフィードバックでは制御できないような速い速度（運動の遂行時間が 200 ミリ秒以下）の運動であるバリスティック運動を用いて、基準課題の制御を獲得させた後に基準課題とは違った運動に対しどのような調整のミスが生じるのかを検討した。

この実験では異なる課題に適応を図る際、比較的にかさい反応を要求している場合は過大評価の反応をし、大きい反応を要求している場合には過小評価の反応をするような運動プログラムの調整ミスが生じることを示した。その他には Klapp ら¹²⁾の目標とする運動の内容とプログラムの所要時間の関係を検討した実験や Glencross ら⁶⁾や Wrisberg ら⁴⁴⁾の運動プログラムによって運動が制御されていることを示す指標の開発に関するものがある。

このように運動の随意制御について、Adams の閉回路理論、Schmidt のスキーマ理論において目標とする運動の遂行時間という要因に基づき、閉回路によるフィードバックと内的基準の手掛りを重視したものと、開

回路による運動プログラム作成の手掛りを重視した運動の随意制御における 2 方向の心理的活動の構造が明らかにされた。(図 1 開回路を重視した随意制御を実線、閉回路を重視した随意制御を点線で表してある。)

第四節 臨床動作学における運動の随意制御

Adams の閉回路理論、Schmidt のスキーマ理論とは別に、成瀬²³⁾²⁴⁾²⁵⁾ 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の随意制御を検討し、臨床動作学を確立した。

臨床動作学における運動遂行の基本構造として随意運動を動作と定義し、意図→努力→身体運動という一連の過程を設定した。そして、運動の随意制御の心理的活動として動作感覚による制御と運動感覚による制御を示した。

動作感覚による制御は、まず、主体者が外的環境に対し、対応が必要な際には目標が達成できる何らかの運動をしようと意図する。そして身体運動を生起するために、動作を実現するための具体的な動きのパターンのイメージを予期的に計画をする。これをプラン(plan)と呼ぶ。動きのパターンのイメージとしてのプランは後に記する動作感覚に基づき、過

去の経験によるプランを参考に、現在の状況を勘案しながら構成されることになる。しかし、全く過去に経験のないような新奇な運動を生起させる場合には過去の経験を参照しながら、身体細部までの動きをいちいち計画立てなくてはならない。プランが作られると実行に移され運動となる。この心理的活動の過程を動作感覚という。

運動感覚による制御は、身体運動の生起およびその遂行に伴い、筋・骨格系の感覚器官からその状況がフィードバックされ、生起した身体運動が主体者に認知される。このフィードバック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、一致していれば強化され、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、新しいプランを作らなければならない。そして再び実行に移され、運動が生起させるという過程をいう。成瀬は、この動作感覚と運動感覚の心理的活動の過程を努力と定義した。

彼は、従来の運動学習の研究に対し、運動の生起は神経系の運動中枢の活動のみで生起されるかのように説明されていることを批判し、運動中枢は、運動の生起およびその遂行に際して身体の持ち主である主体者の自発的、能動的な努力によって活動させられるとしている。(図2 動作感覚の過程を実線、運動感覚の過程を点線で表している。)

AdamsやSchmidtは心理的活動の構造までは明らかにした。しかし、成瀬は心理的活動を活性化させ、機能させる努力によって運動の随意

制御がなされるとし、心理的活動の重要性を主張した。

第五節 心理的活動における遠心性過程と求心性過程

Schmidtのスキーマ理論、成瀬の臨床動作学においてそれぞれの立場は違うものの、運動の随意制御に対する心理的活動において2つの過程があるという見解で同一であると考えられる。

運動の主体者を中心として、一つは遠心性過程であり、もう一つは求心性過程である。

遠心性過程とは、主体者から運動の生起にいたる心理的活動の過程をいう。スキーマ理論では開回路による随意制御における刺激同定から運動プログラムを作る反応プログラムまでの過程であり、臨床動作学では意図→プラン→努力→身体運動という一連の過程における意図からプランにおける遂行する運動パターンのイメージを作る過程である。

求心性過程とは、生起した運動から主体者にいたる心理的活動の過程をいう。スキーマ理論では閉回路による随意制御における運動遂行によって生じたフィードバックと再認スキーマとを照合し、強化もしくは修正する過程であり、臨床動作学では運動の遂行によって生じたフィードバックとプランで作られた運動パターンの予期的イメージと照合し、強化もしくは修正していく過程である。

従来 of 運動学習においては、研究が行動的立場が強かったために運動

の随意制御における、主体者の心理的活動についてはあまり重要視されてこなかった。数少ないこのような研究としては、目標筋の制御の際、運動の主体者の用いた方略を調べた実験があげられる。

Quallsら²⁷⁾やDunnら⁵⁾は、筋電図バイオフィードバックトレーニング中に被験者が目標筋の制御の獲得を目指す際の方略と捉えた事柄について検討した。そこではインタビューの内容の言語プロトコールを分析し、遠心性過程と求心性過程との優位性について検討したところ、遠心性過程と求心性過程の双方が、筋電図バイオフィードバック中に生じているものの、遠心性過程がより優位であったことを示している。

しかし、彼らの研究は、運動の主体者である被験者の心理的活動についての意識性を内省報告から分析し、結果として検討したものに過ぎなかった。

そこでKoga¹⁶⁾と古賀¹⁵⁾(1988)は運動の主体者の心理的活動における意識性を高めることが、目標筋の制御の獲得に有効であるか確かめようとした。

新奇の骨格筋活動における随意制御の獲得を課題として、運動の主体者である被験者に訓練中、目標筋の筋電図バイオフィードバックと目標筋が動く様子を視覚的にフィードバックする条件を設定し、実際に被験者が用いるか否かについて自己選択させること、つまり、より能動的、探索的に吟味する事によって自己の心理的活動が活性化し、新奇な筋

骨格活動の随意制御がより獲得されるのではないかと仮定した。実験の結果は、被験者は筋電図バイオフィードバックと動きの映像という同じ種の外的フィードバックのうち、より運動感覚に近い筋電図バイオフィードバックを用いることが分かった。

この結果は、意識に上りにくいとされている運動感覚を筋電図バイオフィードバックを用いて視覚、聴覚的にフィードバックしたほうが、運動そのものを映像として視覚的にフィードバックするよりも学習が促進させた荒木と佐久間³⁾の実験と同じ結果であり、また杉原³⁷⁾³⁸⁾がフィードバックの情報の詳しさ、正確さによって学習が促進されるという実験とAdams¹⁾のいう運動が最終的に運動感覚によって記憶、再生されるという見解と一致している。

しかし、この実験は事例研究であったため、運動の随意制御において心理的活動に能動的、探索的に吟味する事の有効性を検討するまでには実験の条件が統制されていなかった。

再度、この問題について検討するため、古賀¹³⁾(1989)は筋電図バイオフィードバックの与え方について、課題のトレーニング中に自己選択をさせる条件、意識に関係なく毎回与える条件、全くフィードバックを与えない条件を設定し、実際の骨格筋活動における随意制御の獲得の程度と自己の心理的活動の活性化とを比較検討した。しかし、より能動的、探索的に吟味することによって、自己の心理的活動が活性化するこ

とが新奇な筋骨格活動の随意制御の獲得において有効であるか否かは明確にならなかった。

そこで Koga や古賀（1988）は、トレーニング中に被験者の用いた随意制御の仕方について内省報告をとり、運動の随意制御の獲得のプロセスにおける遠心性過程と求心性過程について言語プロトコールを分析し検討した。その結果に基づき、新奇の骨格筋活動の随意制御の獲得過程について、運動の主体者の心理的活動において意識の方向性があることを示唆した。第一段階として遠心性過程にしか意識が向かない段階、第二段階として運動の結果の知識と遠心性過程の適切な制御の方略に気がつく段階、第三段階として求心性過程に意識が向き始め、適切な遠心性過程との関係に気がついていく段階、第四段階として運動の遂行に生じた求心性過程におけるフィードバックに意識が向く段階が推察され、これに基づき古賀は随意制御の獲得過程における意識の方向性のモデルを構成した。

次いで、古賀¹⁴⁾（1991）は Koga と古賀（1988）の実験において得られた新奇の骨格筋活動の随意制御の獲得過程における主体者の心理的活動の意識の方向性に関するモデルの妥当性の検証を試みた。

まず、目標筋の随意制御の獲得が進むに伴い、求心性過程に意識が向くとする仮説について、すでに随意制御の獲得されている者とされていない者を被験者として、随意制御の獲得段階と運動の主体者の求心性

過程のフィードバックについての意識性との関連性を検討した結果、随意制御の獲得されている者は、されていない者に比べ、フィードバックを正確に認知することができたと報告している。

しかしながら、フィードバックは遂行された運動の適否の判断基準としてのみ用いられ、実際の随意制御は遠心性過程によって行われているということが被験者の内省報告から分析された。

これらのことから、新奇な骨格筋の活動の随意制御の獲得における初期段階では、フィードバックが与えられ、かつ、運動の主体者が遠心性過程に意識を向けてトレーニングをする方がより随意制御の獲得に効果的であろうとの仮説が立てられ、古賀（1991）や遠矢⁴¹⁾は、新奇な骨格筋の活動の随意制御の獲得を課題とし、遠心性過程と求心性過程への意識の方向性という条件を設定し、実験を行った。

その結果、遠心性過程に意識を向けてトレーニングを行った方がより随意制御の獲得が促進されたことが示めされた。おそらく求心性過程に意識を向けたとしても、まったく新奇な随意運動であるが故に運動プログラムは成立していない。そのために骨格筋運動を生起することができず、フィードバックを認知することができなかつたこと、さらに、過去経験がなく、照合のための手掛りとする予期的な運動パターンのイメージも存在しなかつたこともあり、求心性過程に意識を向けたとしても、遂行された運動の吟味という照合の機能が働らなかつたためであろう。

ここでは、目標とする運動を生起するためのプランである、運動パターンのイメージが作成されるに至らず、結果的に随意制御の獲得はできなかったと述べている。したがって、遠心性過程に意識を向け、プランに対し能動的に働きかけたことが、適切な運動制御の方略を見出すことができ、結果的に随意制御の獲得をもたらしたといえる。

一連の古賀の実験および遠矢の実験では、全く新奇な骨格筋活動の制御の獲得と運動の主体者の心理的活動としての遠心性過程と求心性過程の意識の方向性との関連について、運動制御の初期段階を焦点に検討されてきた。

それらの実験課題として、古賀の一連の実験では後耳介筋の随意制御、遠矢の実験では、拇指外転筋の随意制御の獲得が課題として設定された。

これらの骨格筋は人では退化して、普通過去にほとんど動かした経験がなく不随意状態にある骨格筋であり、本当の意味での運動の随意制御の獲得について初期段階から包括的に検討するためには必要不可欠であったと考えられる。

しかし通常、日常生活や運動場面において遂行される運動のほとんどは日常的に随意状態にある骨格筋及び身体部位を用いて遂行されていると考え、初めからある程度随意制御が可能な状態にある身体部位を用いて、心理的活動における意識の方向性の随意制御の獲得におよぼ

す影響を検証することは意義があると思われる。

心理的活動の遠心性過程と求心性過程との視点から、過去にほとんど動かした経験がなく、不随意状態にある身体部位と日常的に動かしており、随意状態にある身体部位とについてみると決定的に異なる要因として次のことがあげられる。まず、遠心性過程において運動を生起するためのプランとしての運動パターンのイメージが存在するか否か、さらに、求心性過程における遂行された運動によって生じるフィードバックと照合する運動パターンのイメージがあるか否かがあげられる。またフィードバックを直ちに認知できる状態にあるかないかということもあげられる。

運動の随意制御の獲得段階に関して随意下にある身体部位は、古賀や遠矢の実験で用いられた骨格筋活動の随意制御レベルよりもはるかに進んだ段階にあると思われる。これを意識の方向性に関する古賀のモデルに当てはめると第三段階から第四段階であることが推測される。したがって、意識を遠心性過程ばかりでなく求心性過程にも向けたとしても十分、随意制御は獲得されると仮説が立てられる。

これに加えて、成瀬の臨床動作学における運動の随意制御の理論では、運動の随意制御の獲得に関する実験は行われているものの、保持の実験についてはほとんど行われていない。古賀や遠矢の研究においても随意制御の獲得に関しては述べられてはいるが、保持については検討されていない。

しかし、運動学習において、運動の随意制御の獲得と共にその保持も重要な事象となることから、古賀の実験では述べられていない獲得された運動の随意制御の保持についても検証の範疇に入れることにし、本研究では保持についても検討することとする。

第六節 運動の記憶の保持

人の記憶に関する研究は、非常に古くから行われているものであり、文献の枚挙にいとまがない。記憶において総覧すると、保持とは記憶の過程である記銘、保持、想起の中の一つであり、経験されたことがある期間の後に再現されるという記憶の事実の概念である。感覚として取り込まれた情報が記憶の 3 つのシステムの段階に応じて、記憶が保持される時間が変化する。

外的な刺激が感覚の情報として取り込まれると、その情報は外的な刺激がなくなった後もごく短期間、記憶は感覚受容系に保持される。この記憶のシステムを感覚記憶とか短期感覚貯蔵と呼ばれている。保持される時間は、25 ミリ秒間から長くとも 1 秒間未満とされており、視覚による記憶の保持でも 1 秒間未満であるとされている。感覚記憶が消失するまでの間に意識された情報だけが、パターンとして認識され、短期記憶になる。短期記憶のシステムにおける記憶の保持される時間は 30 秒間あまりとされており、この間に何らかの処理がされて長期記憶となる。長期記

憶のシステムにおける記憶の保持される時間は制限がないとされている³⁴⁾。

この記憶のシステムと記憶の保持という視点から、研究の目的がどの記憶の段階に焦点を当てるかで、実験の保持期間の時間は変わってくる。運動の随意制御における記憶の保持の研究では、運動記憶からの立場による Keel ら⁹⁾、Kerr¹⁰⁾、Stelmach ら³⁶⁾の実験では、研究目的が主に運動の短期記憶に主眼を置いているために、30 秒間から最長 2 分間となっている。

Schmidt のスキーマ理論では運動の随意制御ばかりでなく、運動の学習として長期記憶も重要視しているために、スキーマ理論における学習効果の検証実験における Shea ら³¹⁾、Swinnen ら³⁹⁾、Winstein ら⁴³⁾の実験では、主に保持期間の時間として 10 分間を用いている。

本研究では目的の一つとして、運動の長期記憶も古賀の意識の方向性モデルの検証の範疇に入れることにしているため、Shea ら、Swinnen ら、Winstein らの実験に倣い、保持期間の時間を 10 分間とすることが妥当であるといえる。

第七節 実験の方法

動かした経験があり、ある程度の随意制御の進んだ身体部位として上肢を用いた運動が適切であると考えたため、実験の課題を線運動再生課

題とした。線運動再生課題の実験は数多いが、岡村²⁶⁾の用いた方法が簡便で最もポピュラーであると考えられるために、本実験においては基本的に岡村の方法に倣った。

しかしながら、本実験においては被験者の選定、腕の動かし方における実施方法と保持期間の時間、実験条件の設定、測定値の統計処理法において、本実験の意図と相違するために変更した。

第一項 被験者の選定

岡村の筋感覚的 Image の形成における Feedback の効果を検証した実験では、被験者として中学 2 年生を使っている。もともと線運動再生課題は、課題が簡単で内的基準の形成が容易であるという利点があり、運動の随意制御の獲得とその保持に至る一連の過程を探るに実験として多くの様々な被験者に用いられてきた。

本実験では、特に上肢を使って運動を遂行する機会の多い、野球選手と陸上の投擲選手を被験者として用いた。その理由として、次の 2 つのことがあげられる。

1 つは、後記する実験の実施方法が岡村のそれと異なり、課題が複雑なものとなった。さらに 1 つは、運動の随意制御の手掛りとなる内的基準は、制御の進んだ段階にあると非常に明確かつ強力なものになっているということから¹⁾、内的基準は認知しやすいものとなっていると推測される。

以上のことから、実験期間の問題上、特に上肢を使って運動を遂行する機会の多いと思われる野球選手と陸上の投擲選手を被験者として用いた方が、内的基準の形成に有益であると考えた。さらに実験方法上、被験者として右利きの人間のみを選定した。

第二項 腕の動かし方の実施方法

腕の動かし方であるが線運動再生課題についてスタート位置と運動距離が運動の再生にもたらす影響について検討した安好²⁾、柴山ら³²⁾、柴山³³⁾、山中ら⁴⁵⁾の実験によれば、空間位置の違いによってパフォーマンスが異なることが見い出されている。そこでは、身体内側で記憶された場合と外側での場合では、認知、記憶、再生が異なっており、特に正中線延長上にスタート位置があり、運動の移動距離が身体内側で収まっている時にもっとも正確に再生できるとされている。

本実験はスタート位置を正中線延長上とし、目標位置の右直線方向に180mmの運動距離は十分に身体内側にあることから、運動学習と運動の随意制御の獲得程度を測定するにあたり妥当であると考えられる。

また、運動遂行時間と求心性過程による制御について、遠心性過程は、遂行時間が300ミリ秒以下のような早い運動ではじめて有効に用いられるというSchmidt³⁰⁾がいており、実験における遂行時間は、約2秒かかることから、十分に求心性過程において運動感覚を吟味できる状態にあると考えられる。

さらに、岡村の実験では、定木に沿って運動を再生されたが、本実験では腕を浮かせた状態で運動が再生された。その理由は、求心性過程におけるフィードバック、つまり、本実験で強調した運動感覚は北城¹¹⁾によれば、固有感覚とも呼ばれ、その感覚受容器として関節にルフィニ型終末、ゴルジ型終末などがあり、筋には筋紡錘という感覚受容器がある。これらの受容器によって位置の感覚 (sense of position)、運動の感覚 (sense of movement)、力の感覚 (sense of force) が中枢神経系にフィードバックされ、運動感覚として認知される。ところが、運動時の皮膚の変形に応じ、皮膚受容器からの圧覚や触覚が生起され、その感覚も中枢神経系において運動感覚に影響をおよぼすとしている。これらのことから、定木に沿ってペンを動かす際、摩擦によって生じる皮膚受容器からの応答が本実験における求心性過程の対象である運動感覚とは別の手掛りを方略として用いることを避けるために本実験においては、動かす際浮かした状態にした。

第三項 実験の条件設定

実験の条件設定では、古賀 (1991) や遠矢の実験では、心理的活動における遠心性過程に意識させる群に対し、随意制御のために力の入れ方、動かし方に関する方略の内容が教示されたが、本実験では遠心性過程を意識させる距離イメージ意識群に教示する内容については、距離イメージや目標位置に強く意識させた。その理由は、被験者は運動部に所

属する健常な大学生であり、腕を右直線方向に動かすためのプランはすでに運動パターンとして成熟していると考えられる。

プランの詳細な内容について、Schmidt のスキーマ理論にあわせると、刺激同定段階から反応プログラム段階とほぼ同一のものと考えられる。線運動再生課題においては、反応プログラム段階の反応明細の中の運動の大きさの決定が重要な要因になる。運動の大きさを決定付ける要因として、刺激同定段階における目標位置という外的な刺激への意識づけが認知を促進し、結果的に遠心性過程を意識すると考えられたためである。このことは、柴山の線運動再生課題における手掛りという要因について運動の記憶・再生への影響を見た実験において、目標位置を身体部位と関連付けてそれを手掛りに記憶・再生させる条件と、運動感覚を手掛りに記憶・再生させる条件を設定し、運動感覚を手掛りとした方がより正確に再生・記憶することを見出している。運動の随意制御の心理的活動の過程は遠心性過程か求心性過程の2つであることから、目標位置と身体部位を関連づけた条件とは遠心性過程であると想定できる。しかし、通常、身体部位と関連付けて、刺激を同定しているとは考えづらいことから、180mm（実際の教示では18cm）という距離イメージや目標位置に強く意識を向けさせたものと同様の条件設定と考えられ、距離イメージ意識群は遠心性過程に意識を向けたといえる。

第四項 保持期間の時間

保持期間の時間については、本実験の方法について参考にした岡村の実験では、保持期についてトレーニング試行後 3 分間後、5 分間後、10 分間後、15 分間後となっていた。しかしながら、通常、運動制御・学習の実験において保持テストはトレーニング後どこか 1 試行で行われており、1 試行以上行われる場合、1 日あけるなど保持期間中における学習効果を避ける方式をとる。岡村の実験では保持期間中において、前の保持テストによる結果の知識が学習効果をもたらすと考えられるために、本研究の目的の一つである獲得された運動の随意制御の記憶の保持も勘案し、トレーニング試行後 10 分間後を採択することとする。

第五項 測定値の統計処理

岩原⁸⁾によれば、測定された値において、対数変換を施すのに適切なものは成長度や学習度、走行時などの時間値といった漸次、収束していく値であり、対数変換値が心理学的により意義があるならば粗点による分析よりも、変換値による分析を求むべきであるといっている。

予備実験の測定値において、そのような傾向が見られたため本実験の測定値である絶対エラーは対数変換され、その値を用いて統計処理を行った。

第八節 本研究の目的

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、過去に動かした経験があり、ある程度随意制御の進んだ身体部位をより高い精度で随意制御を行なう際、心理的活動における遠心性過程と求心性過程という意識の方向性の要因が随意制御の獲得とその保持に影響をもたらすか否かを検討するものとする。

第二章 方法

第一節 被験者

被験者は、上肢を使用する運動クラブに所属する右利きの大学生 45 名（平均年齢 20 ± 2 歳）であった。

第二節 実験課題

Positioning Task を行った。右手にペンを持ち、腕を右外転方向に動かすことで、右直線方向に 180mm（基準距離 18cm）離れた目標位置への再生を行う。

第三節 実験用具

実験用具は、テスト及び保持試行用紙、トレーニング試行用紙である。テスト及び保持試行用紙は左端から 40mm、縦 105mm のところにスタート位置が四角と+印で書かれている。これを用具 1 とする。（図 3）

標準、トレーニング試行用紙の左端は上記と同様である。ただし、右端に関しては、スタート位置から右直線方向へ 180mm 離れたところに目標位置が+印で書かれてある。これを用具 2 とする。（図 4）

第四節 実験手続き

第一項 実験計画

実験は標準試行期、トレーニング期、保持期から成っている。

標準試行期では、標準試行を1試行、ひきつづきテスト試行を1試行行う。このテスト試行を標準テストとする。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試行を行う。1ブロック終了ごとにテスト試行を1試行ずつ行う。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とする。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試行行う。この保持期に行うテスト試行を保持テストとする。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。この間、視覚が運動開始前において、行うべき運動プログラム作成に大きな影響をもたらすという、麓⁷⁾の視覚による「見た」効果を被験者に与えないために、目標位置に関する情報は提示していない。

第二項 実施方法

まず、被験者はスタート位置が身体の真中に来るように着席し、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

方及び腕を動かす速さ（約 30cm 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る。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。実験者の合図で図 5 のように、ペン先を紙面から浮かし、浮かせたままの状態で見えなくなる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。

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、実験者がペンの上方を持って動かす、目標位置でペンを下ろしてポインティングし、閉眼の状態で見えなくなる正確な 180mm 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ご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。

第三項 条件設定

トレーニング試行に入る前、実験者が教示を与え、被験者のトレーニングにおける意識の方向性が操作された。

実験条件は教示によるトレーニングにおける意識の方向性によ

って3群に条件設定され、45名が各群に15名ずつ配列された。第1群は、求心性過程の運動感覚に意識を向ける群であり、運動を遂行することによって生じる運動感覚を手掛りに腕を動かすように教示を加えた運動感覚意識群である。第2群は、遠心性過程における運動プログラムの作成であるプランに意識を向ける群であり、視覚によって得られる目標位置のイメージや既存の距離感を手掛りに腕を動かすように教示を加えた距離イメージ意識群である。第3群は、手掛りを自由に発想するように教示を加えた自由意識群である。

第四項 条件設定における教示内容

トレーニング試行前、各群に与えられた教示内容は次の通りである。

運動感覚意識群では「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。」。

距離イメージ意識群では「頭の中で18cm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。」。

自由意識教示群では「どのようにしたら目標位置に近づけられるか自分でその方法を見つけ出して、正確にポインティングできるよ

うに頑張ってください。」というものであった。

第五項 測定および分析方法

測定値は、絶対エラー (absolute error) を用いた。絶対エラーは、目標位置からの逸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。絶対エラーの値に対して対数変換を施し、それによる値に基づき統計処理を行う。

群間 (意識の方向性) と群内 (標準テスト、トレーニングテスト 6 および保持テスト) との 2 要因に対し分散分析を行い、主効果が認められた場合、Scheffe 法を用い、下位検定を行う。

第三章 結果および考察

第一節 絶対エラーの分析

標準テスト、トレーニングテスト 6、保持テストにおける絶対エラーの平均値と標準偏差を算出した（表 1）。

さらに、標準テスト、トレーニングテスト 6、保持テストにおける対数変換を施した絶対エラーの平均値と標準偏差を算出した（表 2）。

また、運動感覚意識群、距離イメージ意識群、自由意識群に生じた絶対エラーに対数変換を施したデータをグラフ化したものが図 6 である。

このデータに基づいて群間と群内との 2 要因で分散分析を行なった（表 3）。

その結果、群間条件においては、有意な主効果は認められなかった。しかし、群内条件において有意な主効果が認められた（ $F(2, 2) = 12.76, p < .001$ ）。つまり、標準テスト、トレーニングテスト 6、保持テスト間において有意な差が認められた。

Scheffe 法を用いた下位検定の結果は次の通りである。

運動感覚意識群では標準テストとトレーニングテスト 6 間、標準テストと保持テスト間において有意な差が認められた（ $p < .01$ ）。

距離イメージ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 ($p < .05$)
において有意な差が認められた。これを示したグラフが図 7 である。

自由意識群ではいずれにおいても有意な差は認められなかった。

また、分散分析の結果、交互作用が認められたが本研究においては意味のないものと判断したため考慮に入れなかった。

第二節 考察

第一項 より精度の高い随意制御の獲得について

対数変換された絶対エラーの分析より、トレーニング期において
距離イメージ意識群と運動感覚意識群との双方に、課題再生はより
正確なものへと近づくことが示された。

これは、本実験で用いられた身体部位である上肢の随意性は、古
賀や遠矢の実験で用いられた骨格筋活動の随意制御レベルよりも
はるかに進んだ段階にあるためと思われる。

本実験の結果を、随意制御の獲得過程における意識の方向性に関
する古賀のモデルに当てはめると、第三段階から第四段階にあるこ
とが推測される。そこで、本実験では遠心性過程ばかりでなく求心
性過程に意識を向けたとしても随意制御は獲得されるとの仮説を
立てたが、結果はこの仮説を支持するものであった。

遠心性過程に意識を向けた距離イメージ意識群と求心性過程に

意識を向けた運動感覚意識群の両群において有意に正確性の向上が認められた。

同様の条件を設定した Keel ら、Kerr、Stelmach ら、柴山の実験は、線運動再生課題における条件として、目標位置を自己の正中線の身体像（例えば、身体を中心や中心よりやや右など）と結びつけて目標位置を覚え、再生する位置イメージ手掛り条件と腕全体の動きのイメージやスピード感など運動感覚を手掛りに基準運動の距離を覚え、再生する距離イメージ条件とを設定し、手掛りの違いが再生にどのような影響をもたらすのかをみたものである。

その結果、Keel ら、Kerr、Stelmach らの実験では位置イメージ条件の方がより正確に再生反応したことを報告した一方、柴山の実験では、距離イメージ群の方がより正確に再生反応したことを報告しており、統一した見解は得られていない。柴山は練習課題の 20cm、テスト課題の 10cm という移動距離の短さという要因が手掛りの違いによる影響をもたらしたのだと述べている。しかし、両者ともにその結果に対する明確な理由を述べていない。

彼らの実験の条件である、位置イメージ条件は目標位置の手掛りに意識が向けられ、距離イメージ条件は運動感覚の手掛りに意識が向けられたことから、前者は本実験における遠心性過程意識条件つまり距離イメージ意識群と同じであり、後者は求心性過程意識条件

つまり運動感覚意識群と同じであると捉えることができる。

本実験では、図 6 に示されているように距離イメージ意識群と運動感覚意識群の反応再生における正確性は同じように向上したといえる。

この理由として、Keel ら、Kerr、Stelmach ら、柴山の研究は運動記憶、特に、運動の短期記憶 (short-term motor memory) の立場にあり、随意制御の獲得を目指してトレーニングを重ねる実験とは内容が違うものであることが伺える。

したがって、トレーニングを重ねることによる正確性の随意制御の獲得に関しては遠心性過程または求心性過程に関わらず、両過程における随意制御の手掛りと運動遂行の結果との関係を吟味することで同じような傾向において効果的に随意制御が獲得されると考えられる。

ところが、自由意識群においては正確性の随意制御の獲得には至らなかった。このことを支持する報告として古賀の研究がある。

古賀 (1989) は筋電図バイオフィードバックトレーニング中に自己選択をさせる条件、意識に関係なく毎回与える条件、全くフィードバックを与えない条件を設定し、実際の骨格筋活動の随意制御の獲得具合と自己の心理的活動の活性化とを比較検討した。

その結果、より能動的、探索的に吟味することによって自己の心

理的活動が活性化することが新奇な筋骨格活動の随意制御の獲得において有効であることは認められなかった。

そこで古賀（1991）はただ曖昧に心理的活動を活性化させるのではなく、心理的活動を意識の方向性から遠心性過程と求心性過程の2つを設定した。そして新奇な骨格筋活動の随意制御の獲得においてどちらが有効であるかを随意制御の初期段階において検討したところ、遠心性過程に意識を向けることが随意制御の獲得に効果的であることが示された。

以上の報告と本実験から、過去に動かした経験がなく、新奇な骨格筋の随意制御の獲得においては、心理的活動の活性化において、遠心性過程に意識を向けること、また、過去に動かした経験があり、ある程度随意制御の進んだ段階にある身体部位のより高い精度の随意制御の獲得について、心理的活動の遠心性過程あるいは求心性過程のいずれに意識を向けても、随意制御の手掛りと運動の遂行結果との関連性を吟味することに集中することで、結果的により精度の高い随意制御が獲得されることが考えられる。

第二項 獲得された精度の高い随意制御の保持について

運動感覚意識群において標準テストと保持テスト間に有意な差が認められた（ $p < .01$ ）こと、およびトレーニングテスト6と保持テスト間に有意な差が認められなかった（n.s.）こと、さらには距

離イメージ意識群において標準テストと保持テスト間に有意な差が認められなかった (n.s.) こと、およびトレーニングテスト 6 と保持テスト間に有意な差が認められた ($p < .05$) ことから、運動感覚意識群は距離イメージ意識群に比べ、獲得された随意制御はより強固に保持されたといえる。この理由として、次のようなことがあげられる。

本実験では、運動記憶の実験からすれば 10 分間という非常に長い保持期間がとられた。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。

距離イメージ意識群は、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ため、保持テストまでの 10 分間、目標位置を確認したり、そのイメージを強化することができなかった。その結果、目標位置のイメージは消却され、手掛りを失ってしまったために正確性を失ったものと考えられる。

その点、運動感覚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、その間に運動感覚についても強化されるようなことはしていない。しかし、トレーニング試行において運動感

覚に意識を向け、随意制御の手掛りとしたことが内的基準を形成させ、保持テストにおいても運動感覚を手掛りに正確性を保ったまま再生することができた。

これは、Adams や Schmidt が運動制御における諸理論のなかで、随意制御、とりわけ閉回路に依存した制御においては遂行された運動に対するフィードバックの認知と、さらにそれを手掛りに築かれる内的基準（Adams の知覚痕跡、Schmidt の再認スキーマ）の形成が、随意性制御にとって決定的な要因となるという見解を支持しているものと考えられる。

Adams と Schmidt は運動の随意制御の心理的活動の構造については明らかにした。さらに、成瀬は臨床動作学において運動の随意制御の構造を心理的活動とし、運動を生起遂行させる主体者が心理的活動に能動的に働きかけること、つまり、努力が運動の随意制御の獲得に決定的な要因であるとした。

本実験において、心理的活動において意識の方向性から遠心性過程と求心性過程という2つの側面に、運動を生起遂行させる主体者が能動的に働きかけることで効果的に随意運動の獲得がなされることが証明され、成瀬の臨床動作学における運動の随意制御理論の確証が得られた。

しかし、成瀬の臨床動作学における運動の随意制御理論では、獲

得された随意制御の長期記憶、つまり、保持についてはこれまで述べられてこなかった。この点について本実験では、心理的活動の遠心性過程に意識を向けるよりも求心性過程に意識を向けることで、運動感覚に基づく予期的な運動のイメージの強化を促進し、その結果、効果的に保持されることが示めされた。

第三節 全体的考察

以上のことより、心理的活動の求心性過程に意識を向けることで、より効果的な運動の随意制御の獲得、およびその保持がなされることがわかった。

今後、さらに心理的活動の意識の方向性が運動の随意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。

第四章 結論

本研究の目的は、過去に動かした経験があり、ある程度随意制御の進んだ身体部位をより高い精度で随意制御を行なう際に、心理的活動における遠心性過程と求心性過程という意識の方向性の要因が随意制御の獲得とその保持に影響をもたらすか否かを検討するものとする。

それに対し、以下の知見が得られた。

(1) より精度の高い随意制御の再生について

過去に動かした経験があり、ある程度随意制御の進んだ段階にある身体部位のより精度の高い随意制御の獲得について、心理的活動の遠心性過程あるいは求心性過程のいずれに意識を向けても、随意制御の手掛りと運動の遂行結果との関連性を吟味することに集中することで、結果的により精度の高い随意制御が獲得されることが示された。

(2) 獲得された精度の高い随意制御の保持について

心理的活動の求心性過程に意識を向けることで、運動感覚に基づく予期的な運動のイメージの強化を促進し、その結果、より効果的に保持されることが示めされた。

以上のことから、心理的活動の求心性過程に意識を向けることで、より効果的に運動の随意制御が獲得、保持されることがわかった。

第五章 要約

本研究の目的は、過去に動かした経験があり、ある程度随意制御の進んだ身体部位をより高い精度で随意制御を行う際に、心理的活動における遠心性過程と求心性過程という意識の方向性の要因が再生と保持に影響をもたらすか否かを検討するものとする。

45名の閉眼した被験者に Positioning Task として、基準距離 18cm が設定された。

被験者に心理的活動における意識の方向性についての教示がトレーニング期に入る前に与えられ、遠心性過程と求心性過程との方向に意識を向ける 2 群を設定した。前者を距離イメージ意識群、後者を運動感覚意識群とした。さらに心理的活動における意識の方向性の教示が与えられない群を自由意識群とし、各群に 15 名ずつ配列された。

得られたデータから、基準距離による目標位置からの逸脱値である絶対エラーが測定され、さらにその数値を対数変換した数値を算出し、2 要因の分散分析が行なわれた。

その結果、群間条件の主効果は、いずれにおいても認められなかった。ところが群内条件の主効果において有意な差が認められたため、さらに Scheffe 法を用い、下位検定を行なった。

その結果、トレーニング期において距離イメージ意識群と運動感

覚意識群において危険率 1%水準で有意な差が認められた。

このことから、過去に動かした経験があり、ある程度随意制御の進んだ段階にある身体部位のより精度の高い随意制御の獲得について、心理的活動の遠心性過程あるいは求心性過程のいずれに意識を向けても、随意制御の手掛りと運動の遂行結果との関連性を吟味することに集中することで、結果的により精度の高い随意制御が獲得されることが示された。

保持については、距離イメージ意識群においてのみ危険率 1%水準で有意な差が認められた。

このことから、心理的活動の求心性過程に意識を向けることが、運動感覚に基づく予期的な運動パターンのイメージの強化を促進し、その結果、効果的に保持されることが示めされた。

以上の結果と考察を全体的に考察すると、心理的活動の求心性過程に意識を向けることで、運動の随意制御の獲得、さらにその保持がされることがわかった。

謝 辞

本論文の作成にあたり多大なご指導、ご支援をいただいた指導教官の星野公夫教授に心より御礼申し上げます。

論文審査においては、暖かく見守り、激励・ご助言いただきました武井正子教授、中島宣行助教授に厚く感謝いたします。

また、本研究に貴重なご助言などを頂きました、本学の飯嶋正博助教授、小坏昭仁講師、長谷川望助手、長瀬匡彦助手、大学院生一同に深く感謝申し上げます。

最後に、実験にご協力いただいた順天堂大学野球部員、陸上部員の皆様方に心から感謝いたします。

引用文献

- 1) Adams, J. A. : A closed-loop theory of motor learning, Journal of Motor Behavior, 3, 111-149, (1979)
- 2) 安好博光, 成瀬悟策: 線運動再生における基準距離とスタート位置の効果, 九州大学教育学部紀要(教育心理学部門), 23 卷, 第 1 号, 1-5, (1978)
- 3) 荒木雅信, 佐久間春夫: 運動学習における EMG バイオフィードバック技法の適用に関する実験的研究, 体育学研究, 27 卷, 第 3 号, 207-215, (1982)
- 4) Chernikoff, R. , Taylor, F. V. : Reaction time to kinesthetic stimulation resulting from sudden arm displacement, Journal of Experimental Psychology, 43, 1-8, (1958)
- 5) Dunn, T. G. , Gilling, S. E. , Posnor, S. E. , Weil, N. , Utz, S. W. : The learning process in biofeedback ; Is it feed-forward or feedback , Biofeedback and Self-Regulation, 11, 143-156, (1986)
- 6) Glencross, D. J. , Gould, J. H. : The planning of precision movements, Journal of Motor Behavior, 11, 1-9, (1979)
- 7) 麓信義, 佐藤光毅: 運動学習における「見た」効果, 体育の科学, 38 卷, 第 10 号, 750-756, (1988)
- 8) 岩原信九郎: 教育と心理のための推計学, 第 29 刷, 195-196, 日本文化科学社, 東京, (1995)
- 9) Keel, S. W. , Ells, J. G. : Memory characteristics of kinesthetic information, Journal of Motor Behavior, 4, 127-134, (1972)
- 10) Kerr, B. : The effect of invalid task parameters on short-term motor memory, Journal of Motor Behavior, 10, 261-273, (1978)
- 11) 北城圭一: 運動感覚のメカニズム(特集-運動感覚), 体育の科学, 47 卷, 758-763, (1997)
- 12) Klapp, S. T. , Grein, D. M. : Programmed control of aimed movement revisited—the role of target visibility and symmetry, Journal of Experimental Psychology, Human Perception
- 13) 古賀精治, 大神英裕: 新奇な動作の獲得におけるフィードバック情報の自己選択の効果, 九州大学教育学部紀要(教育心理学部門), 34 卷, 第 2 号, 175-179, (1989)
- 14) 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 卷, 第 5 号, 308-315, (1991)
- 15) 古賀精治: 筋電図バイオフィードバックによる新奇な筋運動の制御の獲得, 心理学研究, 59 卷, 第 3 号, 172-175, (1988)
- 16) Koga, S. : ACQUISITION OF SELF-CONTROL OF A NOVEL MUSCULAR ACTIVITY WITH EMG AND VIDEO FEEDBACK, Perceptual and Motor Skills, 69, 19-26, (1989)

引用文献

- 17)工藤孝幾, 遠藤辰雄, 鈴木久美子:運動学習における視覚フィードバックの効果-同時フィードバックと最終フィードバックによるトレーニング効果の比較-, 体育の科学, 27 巻, 第 8 号, 592-597, (1977)
- 18)工藤孝幾:運動学習における視覚フィードバックの評価-2-同時フィードバックと最終フィードバックの有効性の相違の原因について, 体育の科学, 29 巻, 第 4 号, 296-300, (1979)
- 19)工藤孝幾:運動感覚に対する視覚の優位性とその定量化, 体育学研究, 25 巻, 第 1 号, 13-20, (1980)
- 20)工藤孝幾:動作プログラムの調整ミス-過大反応と過小反応, 体育の科学, 32 巻, 第 8 号, 600-604, (1982)
- 21)工藤孝幾:運動学習における視覚フィードバックの評価-3-同時フィードバックと視覚優位性との関連について, 体育の科学, 34 巻, 第 7 号, 559-566, (1984)
- 22)松田岩男, 杉原隆:運動心理学入門, 第 12 版, 167, 大修館書店, 東京, (1998)
- 23)成瀬悟策:運動イメージ・運動シエマ. 新体育, 47 巻, 805-809, (1977)
- 24)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)
- 25)成瀬悟策:臨床動作学基礎 第 1 版, 25-42, 学苑社:東京(1995)
- 26)岡村豊太郎, 峯重新二郎, 山本勝昭:筋感覚的 image の形成に及ぼす Feedback の効果, スポーツ心理学研究, 6 巻, 第 1 号, 32-39, (1979)
- 27)Qualls, P. J. , Sheehan, P. W. :Capacity for absorption and relaxation during electromyography biofeedback and no-feedback conditions, Journal of Abnormal Psychology, 88, 652-662, (1979)
- 28)Schmidt, R. A. , McCabe, J. F. :Motor program utilization over extended practice, Journal of Human Movement Studies, 2, 239-247, (1976)
- 29)Schmidt, R. A. :Past and future issues in motor programming, Research Quarterly for Exercise and sport, 51, 122-140, (1980)
- 30)Schmidt, R. A. :MOTOR LEARNING AND PERFORMANCE:from principles to practice, 1st ed. Human Kinetics Books:America(1991)
- 31)Shea , J. B. , Morgan , R. L. : Contextual interference effects on the acquisition ,retention ,and transfer of a motor skill. Journal of Experimental Psychology:Human Learning and Memory, 5 ,179-187.(1979)
- 32)柴山謙二, 成瀬悟策:位置再生における動作空間の検討-動作距離の影響について-, 九州大学教育学部紀要(教育心理学部門), 26 巻, 第 2 号, 67-74, (1981)
- 33)柴山謙二:運動再生における動作空間要因の検討-位置手掛りと距離手掛りについて-, 心理学研究, 54 巻, 第 5 号, 321-324, (1983)

引用文献

- 34)心理学事典, 第13版, 760-761, 平凡社, 東京, (1999)
- 35)Slater-Hammel, A. T. :Reliability, accuracy, and refractoriness of a transit reaction. Research Quarterly, 31, 217-228. (1960)
- 36)Stelmach, G. E. , Kelso, J. A. S. :Distance location cues in short-term motor memory, Perception and Motor Skill, 37, 403-406, (1973)
- 37)杉原隆, 工藤孝幾, 松田岩男:運動学習における運動感覚的指導の効果に関する分析的研究, 体育学研究, 22 卷, 第 3 号, 127-136, (1977)
- 38)杉原隆:実験 松田岩男(編), 運動心理学入門, 247-269, 大修館書店, 東京, (1976)
- 39)Swinnen, S. , Schmidt, R. A. , Nicholson, D. E. , Shapiro, D. C. :Information feedback for skill acquisition:instantaneous knowledge of results degrades learning. Journal of Experimental Psychology:Learning, Memory, and Cognition,16, 706-716.(1990)
- 40)高橋安人:システムと制御, 第 2 版, 上, 岩波書店, 東京, (1978)
- 41)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 卷, 第 5 号, 328-332, (1991)
- 42)Winner, N. :CYBERNETICS, 2nd ed, 池原他訳, 岩波書店, 東京, (1962)
- 43)Winstein, C. J. , Schmidt, R. A. :Reduced frequency of knowledge of results enhance motor skill leaning, Journal of Experimental Psychology:Leaning, Memory, and Cognition, 16, 677-691, (1990)
- 44)Wrisberg, C. A. , Shea, C. H. :Measuring shifts in motor program utilization over extended practice—some considerations, Journal of Human Movement Studies, 4, 44-52, (1978)
- 45)山中寛, 成瀬悟策:長さを異にする 2 つの線運動の同時記憶に関する研究, 九州大学教育学部紀要(教育心理学部門), 24 卷, 第 1 号, 25-32, (1979)

**The effect of mental activities for efferent process and afferent process
in acquisition and retention of motor voluntary control**

**SHIBUYA, tomohisa
(Juntendo University)**

Summary

The aim of the present study was examined factor in mental activities that subjective activities 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 18cm distance and maintain it. Subjects were forty-five university students with their eyes closed. They were assigned to each 3 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, and condition 3 group (15 subjects) were memorized by selfish 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 its factor play an important role in collating cues of being brought about bodily movement with result of knowledge in motor action.

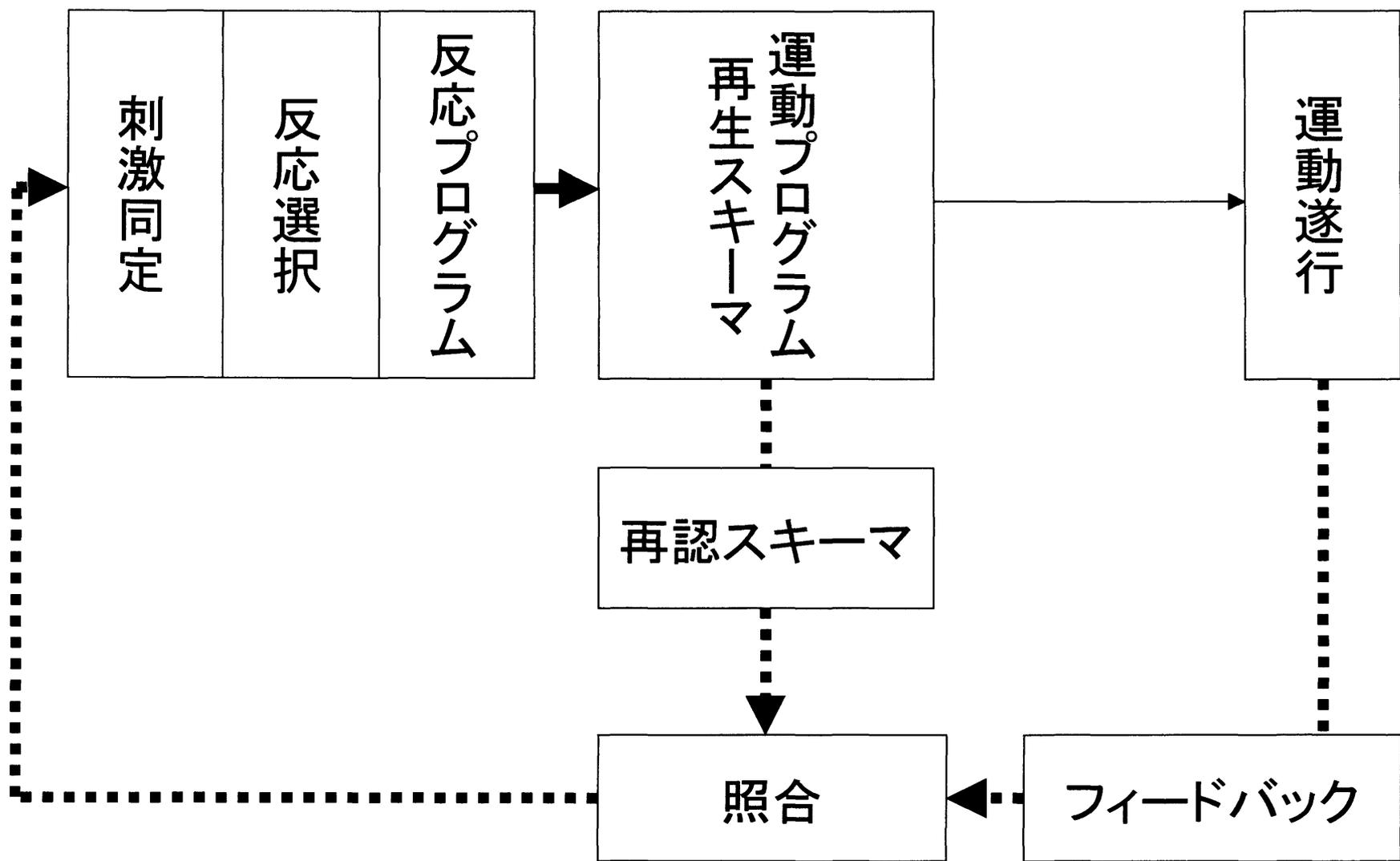


図1 スキーマ理論における心理的活動の構造モデル

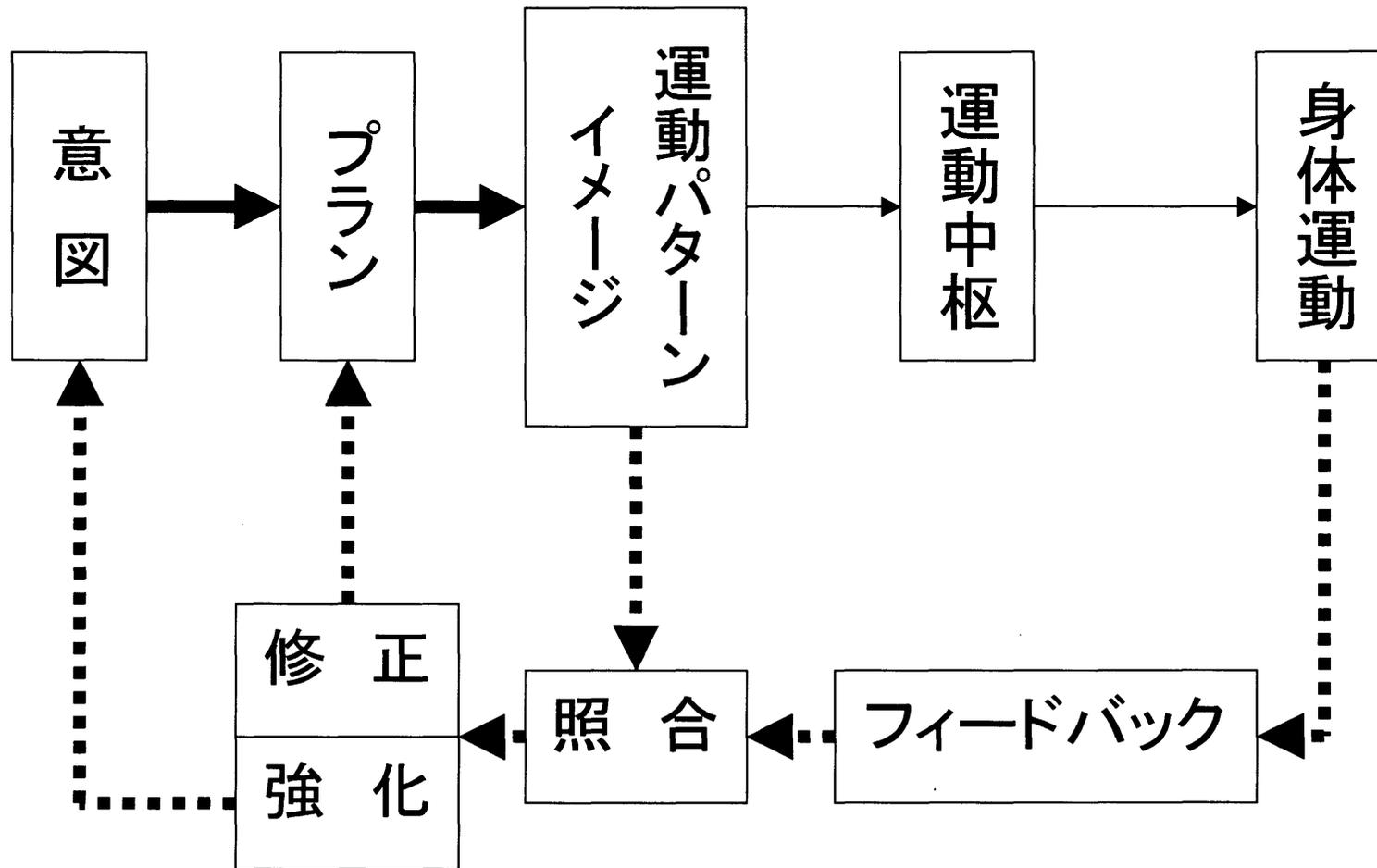


図 2 臨床動作学における心理的活動の構造モデル

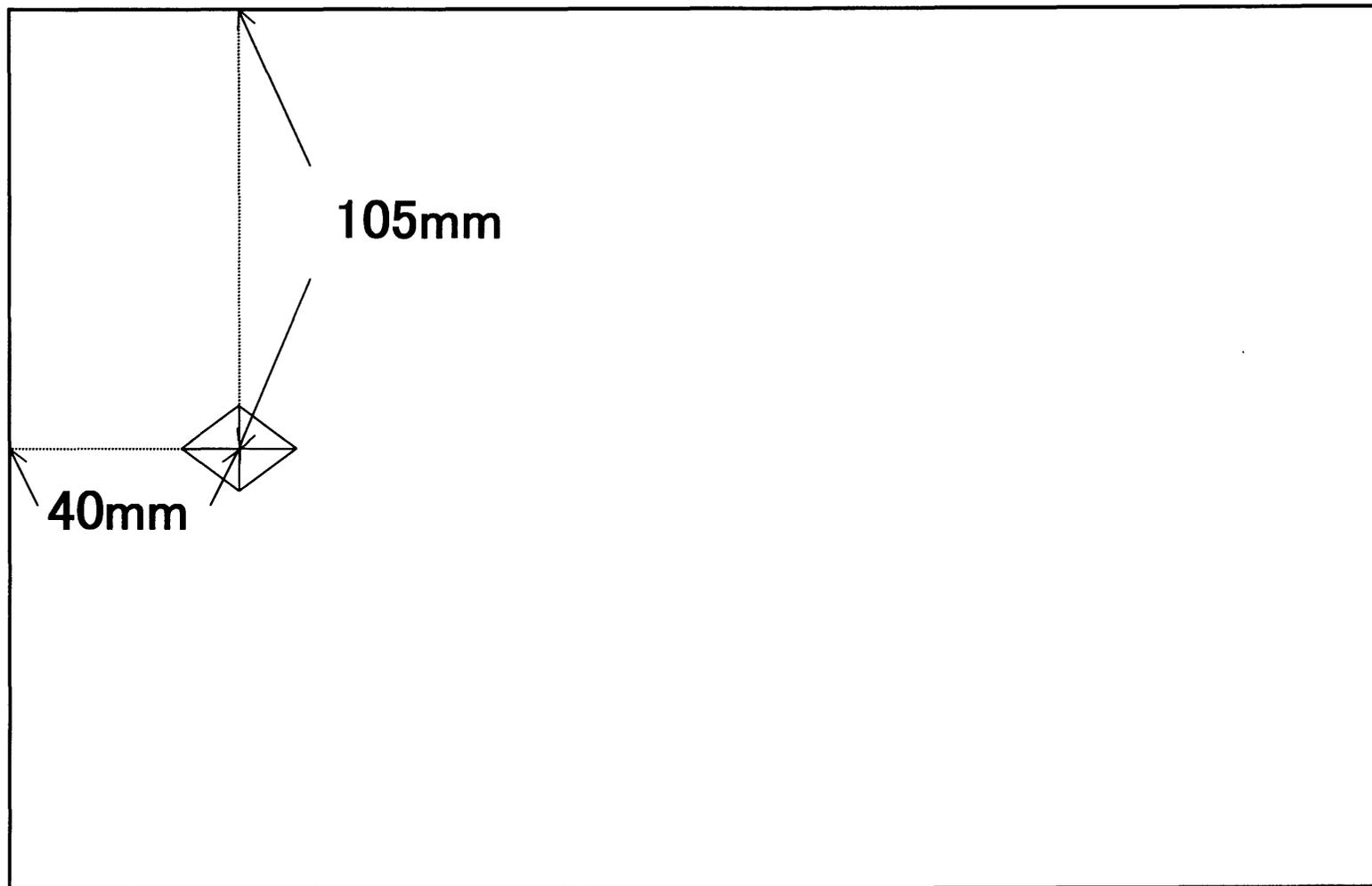


图3 用具1

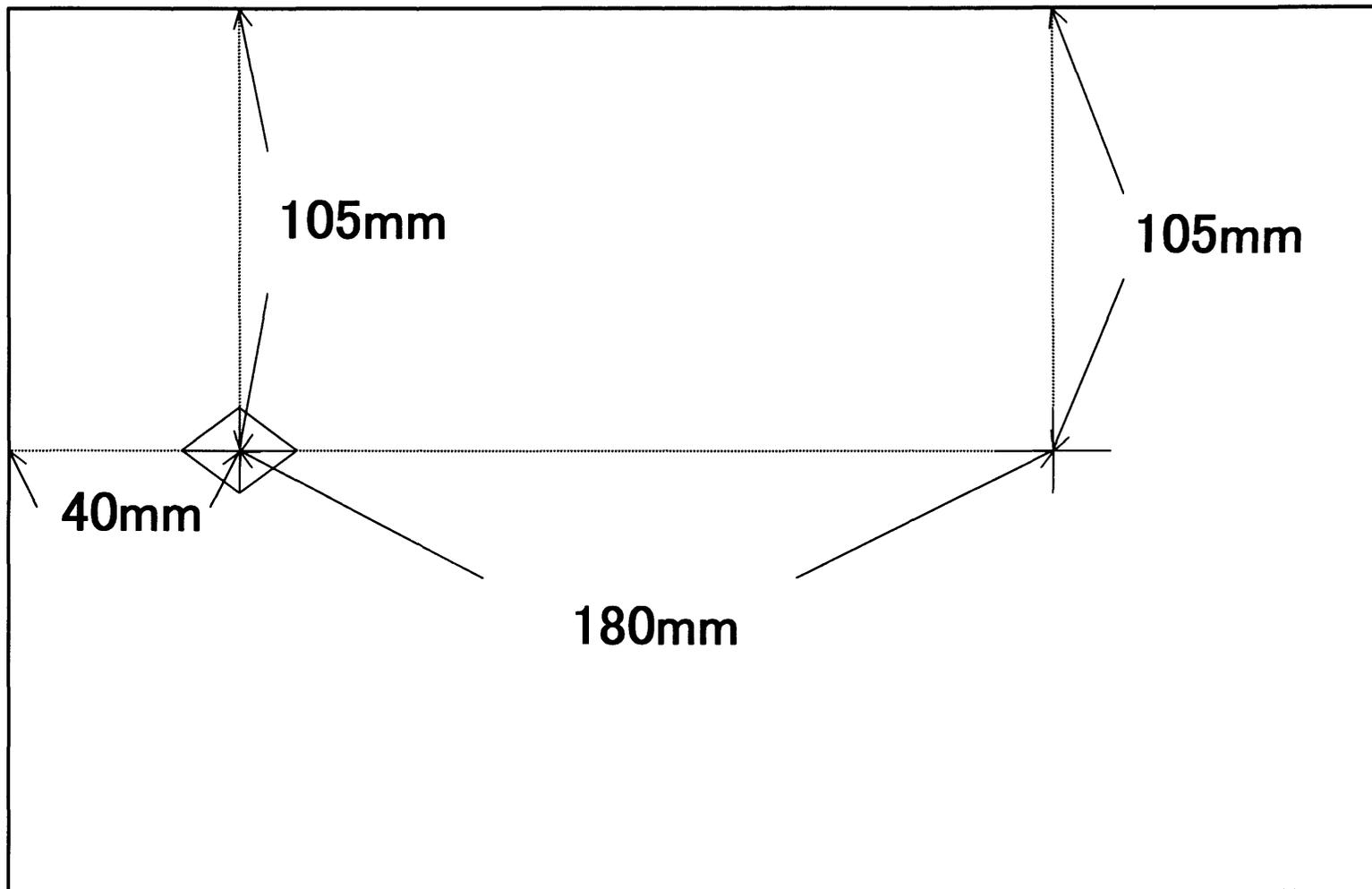


图4 用具2

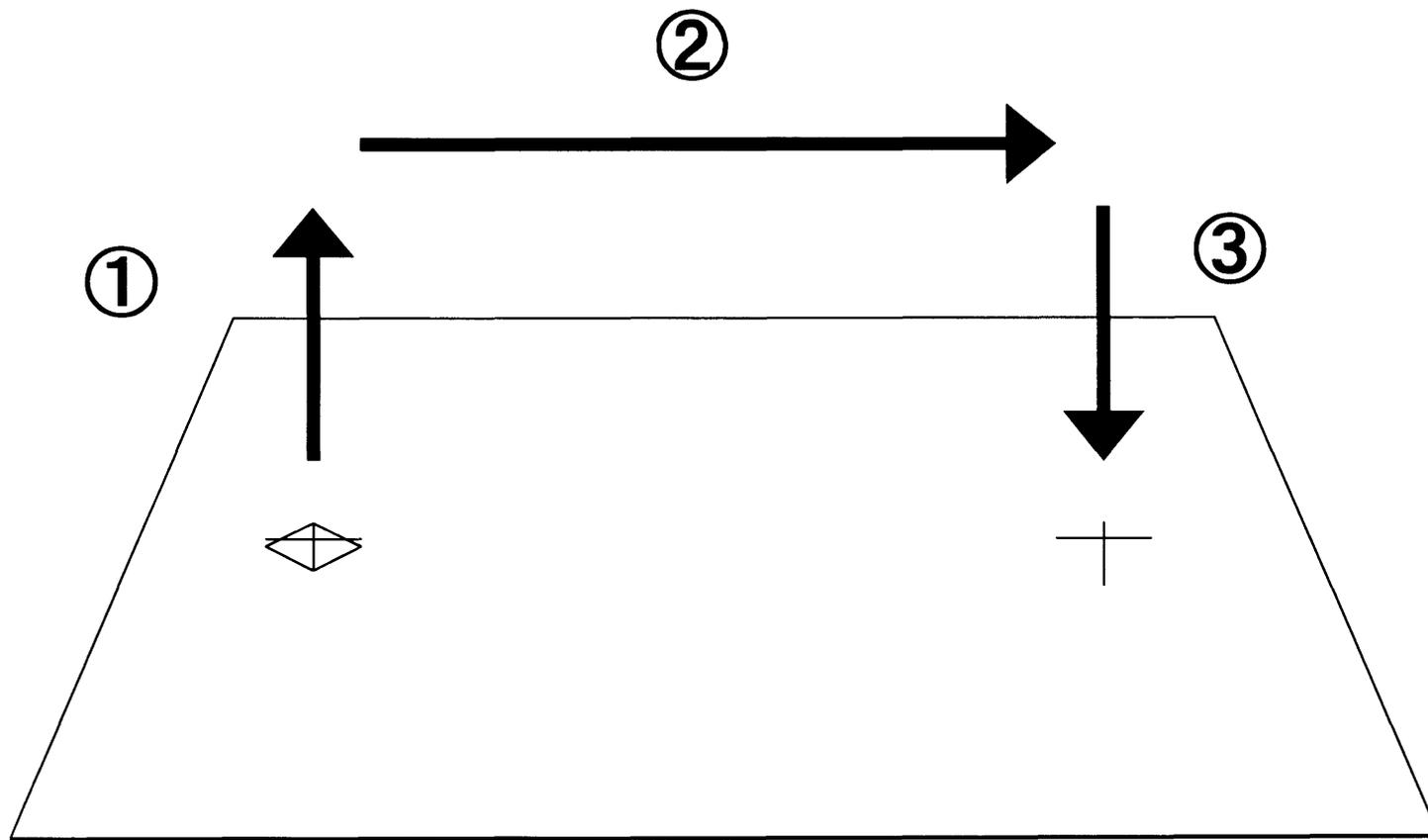


図5 実施方法(動かし方)

表1 絶対エラーのM. SD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 |
| 運動感覚意識群 | 28.37 | 15.81 | 8.03 | 5.00 | 11.90 | 8.16 |
| 距離イメージ意識群 | 23.33 | 16.57 | 7.77 | 4.14 | 14.60 | 7.69 |
| 自由意識群 | 15.93 | 11.25 | 12.33 | 7.68 | 12.77 | 8.67 |

表2 対数変換後の絶対エラーのM. SD表

| | 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 |
| 運動感覚意識群 | 1.37 | 0.31 | 0.81 | 0.33 | 0.89 | 0.50 |
| 距離イメージ意識群 | 1.25 | 0.36 | 0.81 | 0.30 | 1.09 | 0.29 |
| 自由意識群 | 1.08 | 0.36 | 1.03 | 0.23 | 1.03 | 0.25 |

表3 対数変換された絶対エラーの分散分析表

| 変動要因 | 自由度 | 観測された分散比 | P-値 | F境界値 |
|-------|-----|----------|----------|-------|
| 条件要因 | 2 | 0.09 | 0.91 | 3.068 |
| 意識性要因 | 2 | 12.76 | 0.000*** | 3.068 |

***; $p < .001$