

平成 22 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

イメージトレーニングが運動学習及び
両側性転移に及ぼす影響

スポーツ健康科学領域
コーチング科学分野
加藤 恭章

論文指導教員 中島 宣行 教授

合格年月日 平成 23 年 2 月 28 日

論文審査員 主査 菅 政 啓 雄

副査 青 木 和 浩

副査 中 島 宣 行

目次

第1章	序論	1
第2章	文献考証	3
第1節	イメージトレーニング	3
(1)	イメージ	3
(2)	運動イメージの研究	3
(3)	イメージの定量化	4
(4)	メンタルローテーション	5
(5)	イメージトレーニング	7
第2節	運動学習	8
(1)	運動学習	8
(2)	学習の転移	9
第3節	イメージトレーニングが転移に及ぼす影響	11
(1)	イメージトレーニングが両側性転移に及ぼす影響	11
第3章	目的	14
第1節	目的	14
第2節	仮説	14
第4章	方法	15
第1節	被験者	15
第2節	実験期間及び実験場所	15
(1)	実験期間	15
(2)	実験場所	15
第3節	実験デザイン	15
(1)	学習方法（独立変数 被験者間要因）	15
(2)	学習試行（独立変数 被験者内要因）	16
(3)	転移試行（独立変数 被験者内要因）	16
(4)	イメージ想起能力	16
第4節	実験課題	16
(1)	運動学習ならびに両側性転移課題	16
(2)	イメージ能力測定課題	16
第5節	実験器具	17
(1)	実験器具	17

(2)	実験器具の設置および写真の撮影方法	18
第 6 節	実験手続き	18
(1)	実験被験者の集め方	18
(2)	実験同意書ならびに質問紙の取り方	19
(3)	ラテラルリティテストの実施	19
(4)	メンタルローテーションテストの実施	19
(5)	実験装置の設置	19
(6)	Set 間の流れ (図 4 参照)	19
第 7 節	実験条件	21
(1)	PT 群	21
(2)	IT 群	21
(3)	統制群	21
第 8 節	測定値算出方法	21
(1)	課題の達成度	22
(2)	課題の効率度	22
(3)	MRo 反応時間	23
第 5 章	結果	24
第 1 節	統計処理	24
(1)	統計ソフト	24
(2)	実験対象データ	24
第 2 節	トレーニングが運動技能に及ぼす影響	24
(1)	平均移動距離 (cm)	24
(2)	回転数 (r.p.m)	26
(3)	効率得点	27
第 3 節	トレーニングが両側性転移に及ぼす影響	29
(1)	平均移動距離 (cm)	29
(2)	回転数 (r.p.m)	30
(3)	効率得点	31
第 4 節	MRo 能力の変容	33
(1)	MRo 右手 (mm/sec)	33
(2)	MRo 左手 (mm/sec)	34
(3)	MRo 合計 (mm/sec)	36
第 6 章	考察	38
第 1 節	トレーニングが運動技能に及ぼす影響	38

(1) 課題の達成度	38
(2) 課題の効率度	39
(3) 運動技能の変化	39
第2節 トレーニングが両側性転移に及ぼす影響	40
(1) 課題の達成度	40
(2) 課題の効率度	40
(3) 両側性転移の効果	40
第3節 MRo 能力の変容	41
(1) 利き手への効果	41
(2) 非利き手への効果	41
(3) 総合能力	42
(4) 運動技能が MRo に与える影響	42
第4節 全体考察	43
第5節 今後の課題	43
第7章 結論	45
第8章 要約	46
参考・引用文献	47

Summary

謝辞

第1章 序論

近年、科学の発展とともに様々なトレーニング方法やトレーニング器具が考案されている。これらは科学的知見の基、運動技能や、技能を発揮するための筋発揮の向上の効果を実証している。そんな中、特殊なトレーニング器具や場所を選ばないで行うことの出来るトレーニングとして、イメージトレーニング (Image Training: 以後 IT) が注目されつつあり、様々な効果が確認されている。この背景には、従来、イメージとは目に見えないものであり効果の解釈が難しいものであったが、科学の発展により医療器具が発達した現在では、fMRI・PET・MEG・NIRSなどの機器を用いて脳を覗くことが出来るようになったことがあげられる。これらの機器を用いて、IT中には、運動のプランニングや、運動の実行に関わる脳領域において、実際の運動を行っている時と同じ活動が見られるという報告が数多くある。これら神経科学的な知見の基、ITを行うことは運動学習の効果があると述べる事が出来、原理的にはITは身体練習 (Physical Training: 以下 PT) で言われている運動学習の効果と同様の効果を及ぼすことが考えられる。

ITを行う際にはITを行う対象者のイメージ能力によりトレーニング効果が異なるとされており、イメージ能力を測定する多くの研究がされている。しかし、これらの研究は質問紙を用いたものがほとんどであり、被験者の主観的データであるということは拭いきれない。近年では、これらの研究とは別に認知心理学の分野で発展してきたShepardら⁵⁷⁾のメンタルローテーション (Mental Rotation 以下 MRo) 課題をイメージ能力の指標として用いた研究がある。Fiorioら⁷⁾の研究では、MRoの刺激画像に人の身体の一部の画像を用いることで対象者の身体の状態・状態に応じた反応時間の変化を、さらに山田ら⁶⁸⁾は同様の刺激画像を用いることで年齢だけでなく運動能力によっても反応時間が変化する事を報告している。一見、イメージの指標としての、大きな可能性を秘めたMRo課題であるが、イメージを測定する課題として有効的なデータを示すものは少ない。

ところで、前述したITは心理学の分野では広義の意味で捉えると、運動学習という分野で捉えることが出来る。運動学習とは、言葉の通り運動を学習する、言い換えれば運動の技能を獲得するための研究である。そのような運動学習の研究において、ある学習により獲得した運動技能が他の身体部位を用いた同課題、または他の運動課題にも影響を及ぼすといった「学習の転移」と呼ばれる概念がある。特に他の身体部位

を用いた同課題の学習の転移としては、運動スキルを学習した側とは反対の上肢あるいは下肢にも影響を及ぼす現象、「両側性転移」と呼ばれるものがあり、その効果が多くの研究から実証されている。その一例として、自分のサインは普段利き手で行うものであるが、非利き手で書くことを考えた場合。字の雑さはあるものも利き手で書いた場合と同じように文字が書けるといったことが報告されている。このように一方の手で獲得された運動技能をもう一方の手で行うことが出来るならば、一般の生活のみならず、スポーツ現場・臨床現場など多くの分野において活用する出来る可能性がある。

ここまで述べてきたように、PTと同様な運動学習の効果が、ITを行うことでも得られるとするならば、ITが両側性転移に影響を及ぼすことは十分に考えられる。しかし、ITと両側性転移についての研究は一致した結果が得られていない。

ITは場所を選ばず、一定年齢以上であれば比較的誰でも行えるトレーニングである。従来言われているITの効果に、さらに両側性転移という運動学習の効果が確認されれば、前述した様々な分野においての貴重な一資料となり、貢献の度合いも大きいものであると考える。

さらに、近年では人の脳内を覗くことでイメージについての客観的データを表すことが出来るようになった。しかし、それには莫大な予算を必要とする機器は必要不可欠である。そこで簡易的にイメージを測定する方法としては質問紙を用いた方法があげられるが、質問紙法は被質問者の主観的な回答であり科学的根拠としては問題があげられる。そこで簡易的、かつ客観的データを表せるイメージの指標を表せる可能性を持った測定法として、MRo課題があげられる。もし、MRo課題がイメージの指標として用いることが可能であれば、ITの研究において重要なデータとして表せる可能性となるであろう。

第2章 文献考証

第1節 イメージトレーニング

(1) イメージ

イメージを定義づけることは難しい。何故なら、様々な分野においてイメージという言葉が用いられ、用いられる意味も多くのことを指すためである。そのため、単に「イメージ」と言っても数多くの意味がある。例えば、人がなにかを思い浮かべる時にも「イメージ」という言葉は使われ、思い浮かべる対象にしても人や物に限らない。イメージの定義を初めて本格的に行った Richardson⁵¹⁾は「イメージとは、準感覚的経験であり、われわれはそれを自己意識的に気づいており、それにあたかも存在しているもののように経験し、ただし、その刺激条件に対応した感覚ないし知覚の場合とは違った結果をもたらす」と定義している。

これ以来、「イメージ」については様々な論争が起きており²⁹⁾議論が分かれている。西田ら⁴⁵⁾⁴⁶⁾は「日常的な動作イメージ」と、自分が運動を行っている動作である「運動イメージ」とは異なることを述べている。本論文では自分が運動を行っている動作を脳内で表象することを「運動イメージ」と定義づけ扱っていく。

(2) 運動イメージの研究

運動イメージ研究を概観すると、ITの有効性に介在する要因として運動イメージの個人差や、想起された運動イメージの種類があげられその検討がされている。

運動イメージを作り出す能力には個人差があり、その能力は2つに分類することが出来る。1つは「明瞭性¹²⁾」や「鮮明性¹³⁾¹⁹⁾³⁸⁾⁴⁵⁾」と呼ばれるものであり、運動のイメージを鮮やかにはっきりと鮮明に描き出す能力である（便宜上本論文ではこれらをまとめて「鮮明性」とする）。もう一方は「操作性¹²⁾」「統御可能性⁹⁾⁴⁵⁾⁶⁴⁾」と呼ばれるものであり、描き出したイメージを対象者本人が意図した方向に操作・変換できるかといった能力である（便宜上本論文ではこれらをまとめて「統御可能性」とする）。

西田ら⁴⁵⁾⁴⁶⁾はイメージを想起する際、この2つの能力の両方が高いと運動イメージの効果が最も高くなると述べている。同様の考えの基、運動イメージの能力を定量化している研究は多く、開発されたテストの信頼性・妥当性の検討が行われている。運動イメージの定量化についての詳細な研究内容は「(3)運動イメージの定量

化」にて述べる。

想起される運動イメージの種類自体、主に2種類のイメージにわたる試みが多くなされている。用いる名称は研究者によって異なるが内容はほぼ同じである。

1つは「行うイメージ¹⁸⁾」「一人称的イメージ³⁷⁾」「筋感覚的イメージ⁽³⁰⁾³⁷⁾」「実行イメージ⁶⁵⁾」「体験イメージ¹²⁾」「内的イメージ⁶⁾³⁴⁾」と呼ばれるものであり、描き出すイメージの内容としては「自分の視点にたち、自分が行っているように」や「自分の身体に意識を向けて」などといった、主にイメージを想起する対象者を中心とする、自己が遂行しているイメージである（便宜上本論文ではこれらをまとめて内的イメージとする）。もう一方は、「見ているイメージ¹⁸⁾」「三人称的イメージ³⁷⁾」「視覚的イメージ³⁰⁾³⁷⁾」「観察イメージ¹²⁾⁶⁵⁾」「外的イメージ⁷⁾³⁴⁾」などと呼ばれ、描き出すイメージの内容としては「自分が行っている様子をビデオで見るように」などといった、主にイメージを想起する対象者を第三者的に、傍観者の立場から描き出したイメージである（便宜上本稿ではこれらをまとめて外的イメージとする）。

想起する運動イメージは「内的イメージ」を描き出す方が運動技能の向上が見られるとされている¹⁰⁾³⁴⁾³⁷⁾。例えば、Mahoneyら³⁴⁾は体操のオリンピック選手（運動技能が高いもの）と体操をやっているがオリンピックに出場をしていないもの（運動技能が低いもの）に、イメージテストを行った。結果、オリンピック選手は「内的イメージ」を想起しやすく、オリンピックに出場をしていないものは「外的イメージ」を想起すると報告している。他にも、西田ら⁵⁷⁾はゴルフ経験がないものを、「内的イメージ」を想起させるイメージ群と手本となるビデオを見せるだけの統制群に分け3週間12回のトレーニングを行った。結果、イメージ群では「内的イメージ」の強化とともに運動技能の向上が見られたが、統制群は「外的イメージ」が強化され運動技能の向上は見られなかったとしている。いずれの研究にしろITの効果はどの研究でもあるとされている。

(3) イメージの定量化

前述したように運動イメージの想起には個人差が生じる、その運動イメージを客観的に指標として測定するために様々な分野からの研究が行われている。

個人差の一つとしてあげられる「鮮明性」では、西田ら⁴⁵⁾のVMIテスト(Vividness of Motor Imagery test)、Issacら¹⁹⁾のVMIQ(Vividness of Movement Imagery test)、

Hall ら¹³⁾の MIQ-R(Movement Imagery Questionnaire-Revision)、Melanie ら³⁸⁾の MIQ-RS(Movement Imagery Questionnaire-Revised Second version)などがある。もう一方の個人差としてあげられる「統御可能性」では、Gordon⁹⁾の TVIC (Test of Visual Imagery Control) や西田ら⁴⁶⁾の CMI テスト (Control of Motor Imagery test)、鶴原ら⁶⁴⁾の CMI-CG 版 (Control of Motor Imagery test Computer Graphic 版) などがある。これら「鮮明性」や「統御可能性」のテストはまず、質問者が回答者のイメージを想起させるような教示、または文章を与える。そして、回答者にイメージを想起、または回答者のイメージを変容させる。最終的にあらかじめ用意してあるいずれかの回答に答えてもらうことで、イメージを量的に測ろうと試みているものである。信頼性・妥当性については各研究において異なるが、統計学に基づき高い信頼性と妥当性を満たしている。

これら質問紙を用いる研究は一度に大量のデータを獲得することが出来ること、比較的誰でも質問紙を用いての調査を行えること、比較的成本がかからないなどの利点が挙げられる。しかし、質問紙法によつてのデータは加藤²³⁾によると以下の問題があげられる。

1 つ目に「質問紙調査は回答者の主観的な言語報告である」、回答者が虚偽の反応ではない、ということを実証することは困難である。

2 つ目に「すべての人間に対して実施することはできない」、質問紙調査では言語を理解することができる者だけがその対象となり得る。

といったことがあげられ、質問紙法によるイメージの定量化には限界が生じる。

(4) メンタルローテーション

前述した質問紙研究とは別の領域でイメージの定量化を行っている研究もある。その中でも Kosslyn ら²⁷⁾の「イメージ走査」研究や Shepard ら⁵⁷⁾が考案した「メンタルローテーション (Mental Rotation : 以後 MRo)」研究といったものが代表的なものである。特に「MRo」課題は課題が非常に簡単であり、近年では Shepard の課題の再試や応用した様々な研究がされている⁶⁾⁷⁾²⁶⁾³¹⁾³²⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁵⁶⁾⁵⁸⁾⁶³⁾。

Shepard ら⁵⁷⁾は、紙に描かれた平面図形画像を、人は立体像として知覚出来ることを利用し、平面に描かれた 2 つの異なる傾きをもつ立体像が同一のものであるかどうかを判断させた。結果は 2 つの図形の傾きが大きいほど、つまり 2 つの図形の

傾きが増加するにつれ判断に要する時間が増加していた。これは人が2つの図形が同一であると判断するのに、一方の画像を回転させもう一方の画像と照らし合わせるためであると考えられた。

近年では、この Shepard ら⁵⁷⁾の「MRo」課題の画像を応用し人の身体画像を用いることで、対象者の手の状態や障害、運動能力や機能といった、対象者が身体について持つ情報によって判断時間が異なるという知見が得られている²⁾⁶⁾⁷⁾⁵⁰⁾⁶³⁾。身体画像を用いた MRo 課題は、身体の一部の画像を回転させ、回転画像が右か左かを回答させるといったものである。この課題を行うことで、例えば Fiorio ら⁶⁾は手にジストニアという障害をもつ患者に「手の MRo」課題と「足の MRo」課題を行った。結果は「手の MRo」課題の反応時間のみ健康者よりも遅くなり、さらに左右の手の反応時間も比較したところ、病巣がある側の手の反応時間が遅くなったことを報告している。山田ら⁶⁸⁾は20代から80代の対象者に「手の MRo」課題を行わせた結果、年代ごとに「手の MRo」課題の反応時間が異なることを報告し、同じ20代でも「スポーツを定期的に行っているもの」と「行っていないもの」、80代では「頻繁に転倒をするもの」と「頻繁に転倒はしないもの」では運動能力に優れているとされているものが速い反応時間を示したと報告している。さらに山田ら⁶⁹⁾では、肩関節周囲炎患者に対して、リハビリの前と後に MRo 課題を行わせると、患部の改善とともに MRo の反応時間が短縮されたことを報告している。

前述した「手の MRo」課題の先行研究をまとめると、「手の MRo」課題の反応時間の速さ及び速さの短縮などといったことは、自己の持つ身体についてのイメージが反映していると考えることが出来る。回答に先立ち、被験者は手を脳内でイメージし、そのイメージを操作することで左右判断をしているのであれば、「手の MRo」課題は「運動イメージ」を想起していることになる。このことを裏付けることとして、「手の MRo」課題は指を上にした写真を0°とし360°一回転すると、左右の写真ともに180°まで内側に回転させた写真の反応時間が、外側に180°回転させたときより遅くなる⁶⁾⁷⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁶³⁾。このことは、物理的に動かすことが困難な手の写真が最も反応時間が遅くなることを意味しており、自分の手をイメージ化し行うとされる MRo 課題においても、物理的に動かすことが困難な手はイメージをするにあたっては困難であることが考えられる。さらにこれら心理学的な研究とは別に、神経科学的知見から「手の MRo」課題について研究を行っているものもあり、後

頭頂葉・視覚野・運動前野・補足運動野・一次運動野などといった、運動機能を担う脳部位が MRo 課題中に賦活することも知られている⁵⁾²⁴⁾²⁸⁾³¹⁾³²⁾。

このように MRo 課題は運動イメージの測定をする手段として用いることが十分に可能であることが考えられる。しかし、IT を行うことでの MRo 能力が向上したなどの報告は散見される程度である²⁶⁾⁶⁹⁾。MRo 課題が運動イメージの測定をすることが可能かを調べるためには、ある身体部位に注目、特に手に焦点を当てた IT を行うことで手の MRo 能力に影響を及ぼすかの検討が必要であると思われる。

(5) イメージトレーニング

イメージを用いて行うトレーニングを、「メンタルプラクティス」「メンタルリハーサル」や単に「IT」と呼ぶ。それぞれ想起するイメージや目的により呼び方が異なってくる。しかし、これらの違いは研究者により定義が異なる。そこで本研究ではイメージを用いて行うトレーニングを全て「IT」として進める。

ITによる練習の効果を実証している研究は数多くある³⁾¹¹⁾¹⁴⁾⁴¹⁾⁴⁸⁾⁶⁶⁾⁷⁰⁾。例えば Yue ら⁷⁰⁾は、指を実際に動かす群 (PT 群)、指を動かすイメージをする群 (IT 群)、何もしない群 (コントロール群) に被験者を振り分け 4 週間、週に 5 回のトレーニングとその効果を実験した。結果は PT 群・IT 群・コントロール群の順番で筋放電量の向上が見られたと報告している。Guillot ら¹¹⁾は 5 週間の IT により、IT 群では何もしないコントロール群と比較し伸縮性や柔軟性が向上したと報告している。このように IT は、様々な効果が期待されるトレーニングである。しかし、実際に身体を用いるトレーニング (Physical Training: 以後 PT) と比較し IT の効果がどの程度有効なのかは議論の分かれるところである。

例えば、Hird ら¹⁴⁾は、ペグボード課題と回転盤追跡課題を用いて、PT と IT の行わせる比率を変化させたところ PT の割合が増加するほど運動技能の向上が見られたと報告している。しかし、Wohldman ら⁶⁶⁾は、テンキーを用いたタッピング課題を、PT 群、視覚的に体験する群、テンキーを用いないで指を動かすイメージする群、マウスを握り指を動かさないでイメージする群の 4 つに分け実験を行ったところ、4 つの群には練習の効果、保持テストに同等の運動技能の向上が見られたと報告している。さらに Mulder ら⁴¹⁾は、足の親指の外転運動が「全くできない群」、「多少動かせる群」を分け、それぞれ PT 群・IT 群・コントロール群に振り分け実

験を行ったところ、「全くできない群」では PT 群にのみ運動技能の向上が見られた。さらに、「多少動かせる群」では PT 群と IT 群では同様の効果が見られたと報告している。

これらの研究のように IT による運動技能向上の効果は研究により一致していない。運動技能向上の差異の原因としては様々な要因が考えられる。これらの原因は後述する「第 3 節イメージトレーニングが転移に及ぼす影響」で詳しく述べる

第2節 運動学習

(1) 運動学習

運動学習とは、パフォーマンス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⁵⁴⁾。この過程は認知段階（初期相）、連合段階（中間相）、自動化段階（最終相）の 3 段階に分けて考えることが出来る。認知段階は何を行うかを理解し言語的に考えることが出来る段階、連合段階ではどのように行うか様々な戦略が試され試行錯誤する段階、自動化段階では手続きは自動化され注意は減少し言語は不要になる段階である。ただし、この段階は連続的に向上するため明確な境界はないとしている²⁵⁾。

運動学習研究に大きな影響を与えた研究として、Adams¹⁾の閉回路理論と閉回路理論をさらに発展させた Schmidt⁵³⁾のスキーマ理論がある。これらの理論は、コンピュータの発展と相まって、機械（コンピュータ）の制御理論から人間制御理論を考えている。そして、人を 1 つの情報処理システムとみなし、運動が脳という中枢神経系から、手や目などの器官に備わっている末梢神経系においてどのようにおいて制御され、中枢神経系で記憶されるのかを言及している⁵⁹⁾。

Adams¹⁾は、追跡課題の動作の分析から、運動遂行後のフィードバック（Knowledge of Result: 以後 KR）が単に運動能力の向上のためにだけ用いられるのではなく、前の動作の誤差修正にも用いられると考えている。そして、筋感覚情報や身体的位置情報などといった KR が「知覚痕跡」と呼ばれる記憶状態に取り込まれ、運動の基準値と比較されることにより誤差の検出と修正を行うと考えた。さらに、どの運動を選択し実行するかを決めるために、もう一つの記憶状態である「記憶痕跡」を仮定した。「記憶痕跡」は人が運動を実行する際の情報の集まりである「運動プログラム」に相当する。反応の生成と評価は同一メカニズムではできないこと、最初の反応は KR が利用できな

いため開回路である「運動プログラム」の利用が必要であること、反応の再生と刺激あるいは反応の認知は独立した過程であること。これらの説明を2つの記憶状態から仮定したのが Adams¹⁾の閉回路理論である。

Adams¹⁾の閉回路理論は、その後の運動学習の研究を大きく発展させたが、いくつかの問題も指摘されている⁶⁷⁾。閉回路理論では、ゆっくりとした動作には動作終了後に誤差検出が働かず、動作終了後の誤差検出が有効なのは速い動きの場合である。練習が一定の場合よりも、練習に変動がある場合の方が記憶痕跡が強化され、学習が促進される。こうした問題に加え、新しい状況に対して新しい運動プログラムを生成していくという新奇性の問題、刺激と反応が1対1では記憶する量が膨大になってしまう記憶容量の問題があげられるといった閉回路理論に対して、Schmidt はスキーマ理論を提唱している。

Schmidt⁵³⁾のスキーマ理論は開回路制御を強調した運動記憶のモデルとして捉えることができ、「般化運動プログラム」を仮定し、この「般化運動プログラム」のパラメータを変更することで様々な出力が可能になると考えた。さらに、閉回路理論同様に機能の違いによる2つの表象を仮定している。1つは「再生スキーマ」と呼ばれ、動作を開始、制御する運動プログラムの知識データベースである。もう一方は、「再認スキーマ」と呼ばれ、動作出力を評価し、目標に対して誤差が生じたら「再生スキーマ」を修正する知識データベースである。Schmidtによれば、同じ運動類型(般化運動プログラム)に属する運動であれば、運動指令は出力先と強さ、時間幅を変更するだけで良いとしている⁶⁷⁾。

前述した IT もこれら運動学習の流れを組み、スポーツ現場のみならず臨床の現場でも非常に多く取り入れられている。IT が運動学習の効果があるとされる根拠として、自分があたかも運動をしているようにイメージしたとき、脳波の検出³⁰⁾³⁵⁾³⁶⁾⁶²⁾、脳部位の賦活²¹⁾³⁶⁾⁴²⁾⁴³⁾⁶¹⁾から、PT と IT では同様の運動技能の向上が起これらと考えられている。

(2) 学習の転移

学習された運動スキルなどが、他の動作や、運動器官に影響を及ぼすことを「学習の転移」と呼ぶ。転移についての研究は運動学習同様に数多く行われている。「学習の転移」には、ある課題の運動学習の効果が、他の身体部位で行う同じ課題に影

響を与える「課題内転移」と、ある課題の運動学習の効果が、別の課題に影響を与える「課題間転移」の2つがあげられる³⁹⁾。例をあげると前者の「課題内転移」は、利き手で自分のサインの練習をすると、非利き手、さらには口や足でも同様な書き方ができるといったものがあげられる。後者の「課題間転移」とは、テニスのスマッシュの練習を行ったものが、練習を行っていないはずのバドミントンのスマッシュが上達したなどといったことがあげられる。さらにこれら転移された効果は、促進的に作用することを「正の転移」、反対に抑制的に作用することを「負の転移」と呼ぶ⁶⁰⁾。

Schmidtら⁵⁴⁾は学習の「転移」が生じることを、前述したスキーマ理論の「般化運動プログラム」を用いて説明している。それによれば、運動は同じ「般化運動プログラム」に属していれば、出力先と強さ・時間幅を変更すれば行われる。つまり同じ「般化運動プログラム」を用いる運動であれば学習の「転移」は生じることを述べている。

Schmidtら⁵⁴⁾の「転移」の説明を基に考えると、同じ課題での転移がみられる「課題内転移」は比較的起こりやすいことになる。「課題内転移」の中でも、一側の上肢あるいは下肢で学習されたことが非学習側にも影響を及ぼすことは「両側性転移」と呼ばれ、前述した例を参考にすると、利き手で練習したサインが非利き手のみに効果が表れたことを指す。両側性転移については様々な転移効果が生じることが数多くの研究からわかっている⁴⁸⁾¹⁶⁾¹⁷⁾²²⁾⁵⁵⁾。中でもKawashimaら²²⁾は、2つの鉄球を手の平で回すという、見聞きしたことはもちろん運動の様子が想起できないような新奇の課題を用いて、片側の手で学習した運動スキルがもう一方の非学習側の手にどのような影響を及ぼすのかを、運動スキルと脳の賦活部位の観点から検討している。結果は、学習されたスキルが全く動かしていない非学習側の手にも「正の転移」の影響を及ぼし、運動中の脳の賦活部位も、学習側の手と同じ脳領域が賦活したといった結果が示された。従来、脳は学習側とは反対側の領域が賦活することが一般的である。そこで学習側の手と同じ脳領域も同時に賦活するということは、手の課題に関して左右の手で、Schmidtら⁵³⁾(1975)の言うところの「般化運動プログラム」が作成され使用されているということが示唆される。

しかし、同じ両側性転移の効果でも、運動学習の獲得段階が、外部座標の段階か身体座標の段階で両側性転移の効果が異なるという報告もある。Imamizuら¹⁶⁾は

出発点から、目標となる地点まで手を動かすというリーチング課題を、視覚からの外部情報を利用し目標地点まで動かす（外部座標の段階）か、自分の筋の長さや関節角度を利用し目標地点まで動かす（身体座標の段階）かの段階にわけて実験を行ったところ、右手と左手の獲得された運動技能が異なることを述べている。

先に挙げた先行研究のような実験課題の評価方法では、運動学習の獲得段階による両側性転移の効果は検討することが出来ない。しかし、Imamizuら¹⁶⁾のようなリーチング課題では行える実験も限られてしまうという問題も生じてしまう。そのため、これらの問題を解決する新たな実験課題、または課題の評価方法が求められる。

第3節 イメージトレーニングが転移に及ぼす影響

(1) イメージトレーニングが両側性転移に及ぼす影響

ここまで述べてきたように、ITがPTと同様の効果を発揮すると仮定すれば、ITが運動学習及び両側性転移に影響を及ぼすことは十分に考えられる。しかし、ITと両側性転移についての研究は散見される程度⁴⁾²⁰³³⁾であり、それらの研究でも一致した結果は得られていない。

栗木ら³³⁾は鏡映描写課題を行ったことのないものを対象に、実験参加者をPT群・IT群・コントロール群に振り分け、ITで獲得された運動技能が両側性転移でどのような影響を及ぼすのかを検討した。鏡映描写課題とは、鏡に映った図形を見ながらその図形をなぞるという課題である。鏡を見て図形をなぞるため、動かした方向とは反対側に動くという課題の特性がある。栗木ら³³⁾は視覚情報を基に行われるPTでは外部情報の段階で学習され、ITでは視覚情報と身体座標を対応させ学習されると仮定し、PT群では両側性転移の「正の転移」の効果はなく、IT群でのみ「正の転移」の効果が見られるという仮説をたて実験を行った。結果は、IT群に「正の転移」の効果が見られたと報告している。しかし、統制群でも「正の転移」効果が見られ、考察にはテスト試行（Preテスト2回、Postテスト2回）の4回の試行によって学習が促進されたと述べている。

Amemiyaら⁴⁾はPT群・IT群 No-Training群（以後NT群）に実験参加者を振り分け、学習の効果ではITよりもPTが高いが、両側性転移の効果ではITの方が高いと仮説をたて実験を行っている。課題はテンキーのタッピング課題を用いて30

秒間に、指定した動き通りにどれだけ多く打てたかを評価し、非利き手である左手を学習側の手として、両側性転移の効果を利き手である右手により測定している。結果、PT 群・IT 群で運動学習の効果が見られ、IT 群でのみ「正の転移」が見られた。

これら研究のように、IT と両側性転移についての結果は、IT による「正の転移」の影響はあるとしているものの一致していない。

前述した IT・運動学習・両側性転移の研究をまとめ、考察すると以下の 4 つの不一致の原因と解決方法が考えられる。

1 つ目に「実験デザインの問題」があげられる、今まで上げてきた先行研究では、「運動学習」および「転移」の効果測定が、課題の特性上何度も繰り返す事や課題遂行時間が長くなってしまうため、測定課題そのものが練習となってしまった可能性があげられる。よって、測定は運動学習が生じないように短時間で行う必要性があげられる。

2 つ目に「課題の問題」があげられる。先行研究では、鏡映描写課題や的当て課題・タッピング課題など被験者が日常生活において経験・方法を知っている。または、見聞きをしたことがあるなど、実験の前に課題に対しての知識をもっていた可能性があげられる。実験前からイメージを出来てしまう課題では、被験者の知識量によって、条件が異なってしまう。そこで実験参加者にとって新奇である課題を用いる必要性がある。

3 つ目に「評価方法」があげられる。先行研究では、2 つ目に記載した課題に対する評価方法として、課題終了時の評価でのみ「運動学習」および「両側性転移」の評価を行っている。さらに、1 項目のみの評価であり、課題のもつ特性を十分に評価しきれていない問題もあげられる。よって縦断的な課題の評価、課題の特性を評価出来る評価項目を扱う必要性がある。

4 つ目に「個人のイメージ能力の個人差及びイメージの種類」があげられる。先行研究では IT による両側性転移の効果は測定しているが、被験者のイメージ能力の個人差やイメージの種類にまでは言及していない。イメージトレーニングを有効に行うためにはこれら 2 つの要因は非常に重要であり¹²⁾⁴³⁾、検討をする必要性がある。

これら 4 つの必要性から、IT が運動学習及び両側性転移に及ぼす影響について検討することは、IT の新たな知見を提供すると同時に IT の学習効果・両側性転移の効果について検証することが可能となることが考えられる。そこで本研究では 4 つの必要性について、以下の 4 つのことに留意し実験を行うこととする。

1 つ目の「実験デザイン」の解決策として、課題遂行時間の短縮化を試みることにした。そこで本研究ではハイスピードカメラを用いることにより、測定時間の短縮を試みた。

2 つ目の「課題の問題」の解決策として、日常生活ではあまり経験をしない課題を取り上げることとした。そこで、本研究では新奇である課題として Kawashima ら²²⁾の鉄球回し（コンタクトジャグリング・パームロール）課題を採用した。

3 つ目の「評価方法」を改善するために、断続的な評価と評価項目をあげた。本研究では運動学習の断続的な評価と、鉄球回しという課題を「課題の達成度」「課題の効率度」の 2 つの視点から評価を行った。

4 つ目の「個人のイメージ能力の個人差及びイメージの種類」の問題として、本研究では MRo をイメージ能力の指標として用いた。

第3章 目的

第1節 目的

本研究の目的は、以下の通りである。

- 1、イメージを用いたトレーニングは実際に、運動学習に影響を及ぼすかを明らかにする。
 - 2、イメージトレーニングで習得した運動技能に、両側性転移が見られることを明らかにする。
 - 3、メンタルローテーション課題は運動イメージの指標として用いることが出来るのかを検討する。
- である。

第2節 仮説

本研究では以下の3つの仮説を立てた。

- 1、イメージトレーニング及び身体練習ともに運動学習に促進効果が見られるが、その効果は身体練習においてより大きいであろう。
- 2、両側性転移は身体練習よりもイメージトレーニングにおいてより顕著に表れるであろう。
- 3、メンタルローテーション反応時間については、身体練習、イメージトレーニングともに減少するが、イメージトレーニングの方がより大きく減少するであろう。

第4章 方法

第1節 被験者

被験者は、学部と大学院に所属する、本実験の課題を経験もしくは過去に観察等がない学生の男女 60 名（男子 30 名、女子 30 名、年齢 18 歳～24 歳）を対象とした。

被験者は全員、本研究課題を経験をしたこともなければ、見たこともなかった。

第2節 実験期間及び実験場所

(1) 実験期間

実験期間は 9 月から 11 月までの 2 か月間であった。

(2) 実験場所

実験場所は、人通りが少ない、まわりからの音が入ってこない、机と実験器具以外のものが無い等の条件を整え、J 大学の教室にて実施した。

第3節 実験デザイン

本実験は、独立変数を被験者間要因として学習方法（PT 群、IT 群、統制群）、被験者内要因として学習試行（学習 1 試行、2 試行、3 試行、4 試行、5 試行）、転移試行（転移 pre、post）、イメージ試行（メンタルローテーション能力 pre、post）とした。従属変数は「指標（平均移動距離・回転数・効率得点）」とし、第 7 節測定値算出方法にて詳しく述べる。

独立変数の被験者間要因である学習方法の各群、被験者内要因である「学習試行」、「転移試行」、「イメージ試行」については下記に述べる。

(1) 学習方法（独立変数 被験者間要因）

- a) 身体練習群：練習試行において、実際に自身の手を用いて、映像（第 5 節、e）映像で述べる）と同じように練習する群であった。
- b) イメージトレーニング群：練習試行において、実際に自身の手は用いず、映像と同じように、自分自身が行っている（内的イメージ）よう運動イメージを想起する群であった。
- c) 統制群：練習試行において、コントロール課題としてのパズルのみを行う群であった。

(2) 学習試行 (独立変数 被験者内要因)

学習効果は「利き手」での練習試行において行われる、1set・2set・3set・4set・5set をそれぞれ学習試行とした。

(3) 転移試行 (独立変数 被験者内要因)

転移効果: 転移効果は「非利き手」で行った練習試行において得られたデータを、1set 目で得られたデータを「転移 pre」、7set 目で得られたデータを「転移 post」とした。

(4) イメージ想起能力

実験の最初と終わりに行うメンタルローテーションテストで得られたデータを、最初のデータを「MRo 能力 pre」終わりのデータを「MRo 能力 post」とした。

第4節 実験課題

(1) 運動学習ならびに両側性転移課題

ジャグリングの一種であるコンタクトジャグリングの、パームロール (以下パームロール課題) と呼ばれる技を本研究の実験課題とした。具体的な内容としては片手に2つの球を持ち、手の平で2つの球を入れ替える様に回転させる課題である (図1参照)。

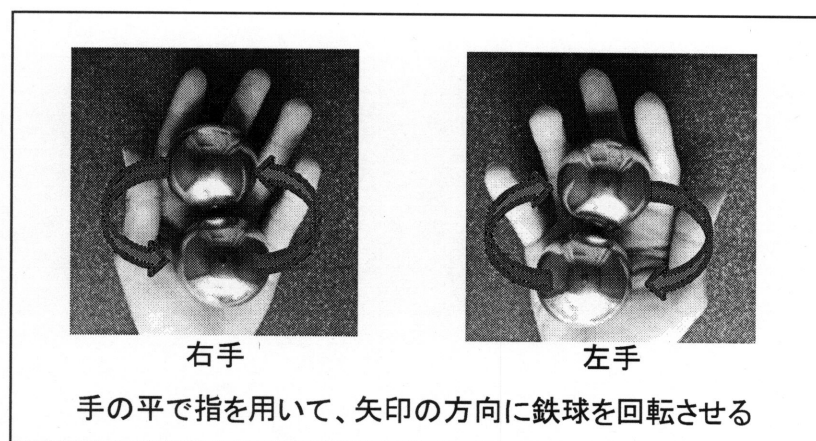


図1 コンタクトジャグリング・パームロール課題

(2) イメージ能力測定課題

イメージ能力テストとして、手の画像を用いたメンタルローテーションテストを行った。実験参加者は、左右どちらかの手が PC のモニター上に呈示されたら、

直ちに右手もしくは左手に相当するキーを押した（図 2 参照）。

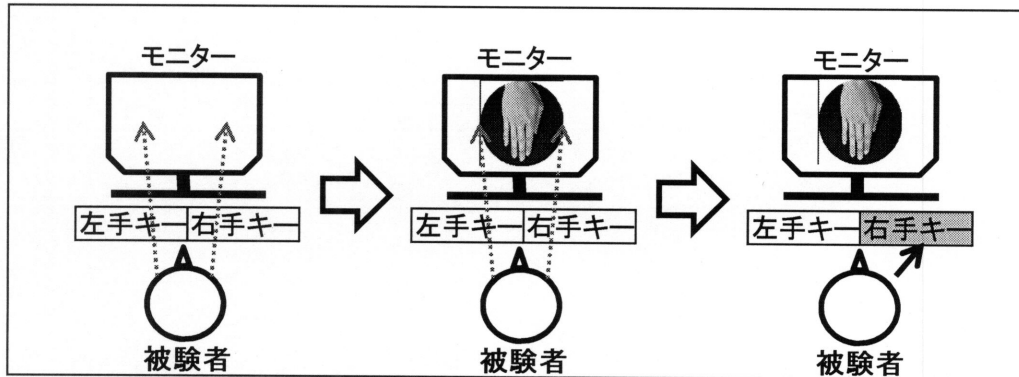


図2 メンタルローテーション課題

第5節 実験器具

(1) 実験器具

本研究で使用した実験器具は以下の通りである

- a) 鉄球：実験課題として行わせたパームロール課題のため、男性用に重さ 500g、直径 500mm の鉄球を、女性用に重さ 420g、直径 420mm の鉄球を用意した。
- b) カメラ：本研究で使用したカメラは CASIO 製カメラ EXLIM PRO EX-F1 を使用した。
- c) PC：本研究で使用した PC はカメラ制御のための PC として東芝製 dynabook SS RX1 を使用し、模範映像の視聴及び MRT を行うための PC として ASUS 製 U30JC-QX075 を使用した。
- d) コントロール課題：統制群の課題、全ての群の休憩中の課題として、パズル 12 種類（資料 1・2 参照）を用意し使用した。
- e) 映像：本研究の実験課題は、一度も見聞した事がない、動作方法が思いつかない課題を用いたため、練習する際の手助けとして模範映像を用意した。映像は 30 秒間に鉄球が 15 回転する映像 (0.5r.p.s)、30 秒間に鉄球が 22.5 回転する映像 (0.75r.p.s)、30 秒間に 30 回転する映像 (1r.p.s) を右手用・左手用各 1 つずつ、計 6 つ用意した。
- f) MRo 課題：MRo 課題の反応時間を測定するソフトとして、兵藤ら¹⁵⁾の実験呈示ソフト EXPLAB を使用した。MRo 課題に使用した写真は、手の甲が上、手の平が上の写真を左右、計 4 枚撮影した。そして、撮影された写真を 45 度ずつ回転

させ合計 32 枚の写真を用意した。用意した写真は EXPLAB 用に実験ファイル(資料 4・5 参照)を作成した。

g) 利き手検査：利き手検査として、岡村らのスポーツラテラルリティテストを基に MRo 同様に EXPLAB 用にファイル(資料 3 参照)を作成し使用した。

h) 質問紙：実験前に使用したフェイスシート(資料 6・7・8 参照)ならびに、参加同意書(資料 9 参照)を作成した。

i) その他の備品：実際に課題を行わせる場所および試技の測定場所として縦横高さ 30cm の立方体の箱、課題中に視覚を隠すものとしてアイマスクを使用した。

(2) 実験器具の設置および写真の撮影方法

本研究で用いた実験器具は図 1 のように設置した。

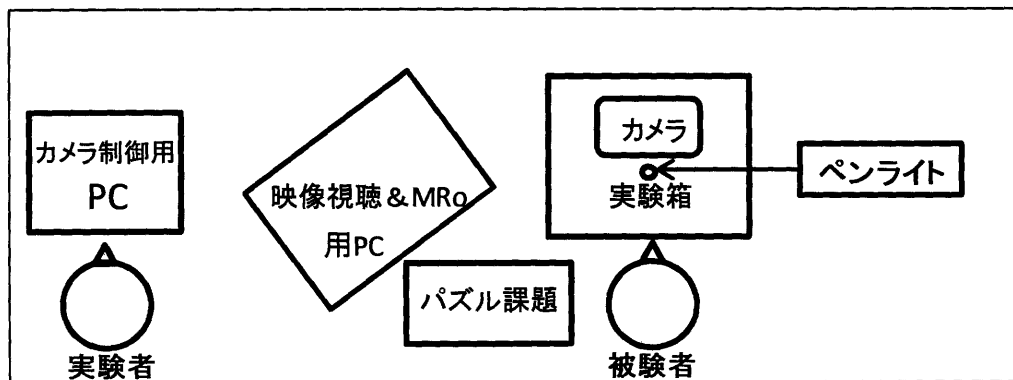


図3 実験装置配置図ならびに実験状況

カメラはカメラ制御用 PC にて、動作モード「動画 Hight-Speed」、撮影モード「S」、フォーカスモード「マクロ」。撮影設定は、シャッタースピード「1/800」、HS スピードは「300fps」、ISO 感度は「ISO100」に設定した。カメラは鉄球から 30cm の高さに直交になるよう設置した。尚、鉄球の中心の動きを捉えるため、鉄球に直交するようにペンライトの光をあて、鉄球からの光の反射を写真に収めた。

第6節 実験手続き

実験手順

(1) 実験被験者の集め方

対象者に直接実験の簡単な説明を行い、本実験と同様の体験がないことを確認の後、実験参加者のスケジュールに合わせ、後日実験室に呼んだ。

(2) 実験同意書ならびに質問紙の取り方

実験の目的を含まない実験の概要を、口頭と紙面にて説明を行い、紙面にて同意書への記述をお願いし（資料 9 参照）、その後、生年月日等のフェイスシートへの記述をお願いした。（資料 6・7・8 参照）

(3) ラテラルリティテストの実施

同意書、フェイスシートの記入後、岡村らのスポーツラテラルリティテストの（Sport Latlalty Test:以後 SLT）を基に実験者が作成した実験ファイル（資料 3 参照）を、実験提示ソフト EXPLAB を用いて、PC にて SLT を行った。

(4) メンタルローテーションテストの実施

SLT の終了後、メンタルローテーションテスト（Mental Rotation Test:以後 MRT）を行うため、MRT の説明と教示「出来るだけ速く正確に回答して下さい」を与え、SLT と同様に MRT のために作成した実験ファイル（資料 4 参照）を EXPLAB にて行った。尚、MRT は被験者員が行った事がなかったため、練習のため作成した 1 問だけの MRT を練習のために行い、実験の手続きを理解させた後 32 問からなる MRT を行った。

(5) 実験装置の設置

ラテラルリティテストの結果を基に、実験参加者の利き手の判別を行った。その後、非利き手を実験装置に挿入、腕の固定を行い 2 つの鉄球を持たせた（鉄球は実験終了まで持ち続けた）。被験者には、指示があるまで鉄球を動かさないように指示し、実験の手順を再確認させた。

(6) Set 間の流れ（図 4 参照）

a) 教示：実験参加者に 1set 目には、後述する練習試行での各群の教示（第 6 節実験群参照）と、映像の教示「説明が終わった後に映像を見てもらいます、あなたの初めに見てもらう映像は鉄球が反時計回り（時計回り）に回転するので注意して見て下さい」を与えた。2set 目には練習試行での各群の教示（第 6 節実験群参照）と、映像の教示「次の映像は、1set 目と違い時計周り（反時計回り）に回転するので練習でも同様に行って下さい」を与えた。4set 目には練習試行の教示は与えず映像の教示「4set 目の映像は先ほどより鉄球の回転が少し速くなるので注意して見て下さい」を与えた。6set 目でも映像のみの教示

「6set 目の映像は先ほどよりさらに鉄球の回転が速くなるので注意して見て下さい」を与えた。尚、3set、5set、7set 目では教示は与えなかった。

- b) 映像視聴：被験者は教示を与えられた後、30 秒間、課題の模範映像を視聴してもらった。映像は 1set 目では非利き手の映像で 30 秒間に鉄球が 15 回転する映像、2・3set 目では利き手での 30 秒間に鉄球が 15 回転する映像、4・5 set 目では利き手での 30 秒間に鉄球が 22.5 回転する映像、6set 目には利き手での 30 秒間に 30 回転する映像を各群同様に視聴させた。(図 5 参照)
- c) 練習試行：練習試行では被験者は目隠しをしてもらっていたため、各群に与えられた課題を 30 秒間、「準備して下さい、行きます、用意初め」の合図とともに行わせた。
- d) 測定：測定試行は練習試行終了後、実験者がカメラの撮影スイッチを押しカメラの準備が出来次第、「準備して下さい、行きます、用意初め」の合図とともに被験者に 2 秒間全力で鉄球を回させた。
- e) 休憩：測定試行終了後、実験参加者がパームロール課題を頭で想起しないよう、鉄球を持っていない側で 60 秒間のパズル課題を行わせた。
- f) a)b)c)d)を順番に行うことで 1つの流れとして 1set 目は非利き手、2set 目から 5set 目までは利き手の計 6 試行行った。7set 目は 6set 目終了後、非利き手にて d)の測定のみを行った。(図 5 参照)

身体練習群(PT群)	a)教示 (第6節参照)	→	b)映像視聴 (30秒)	→	c)身体トレーニング (30秒)	→	d)測定 (2秒)	→	e)休憩(パズル課題) (60秒)
イメージ練習群(IT群)	a)教示 (第6節参照)	→	b)映像視聴 (30秒)	→	c)イメージトレーニング (30秒)	→	d)測定 (2秒)	→	e)休憩(パズル課題) (60秒)
統制群	a)教示 (第6節参照)	→	b)映像視聴 (30秒)	→	c)コントロール課題 (30秒)	→	d)測定 (2秒)	→	e)休憩(パズル課題) (60秒)

図4 実験手順(set内図)

- g) 全ての試行終了後、イメージ能力 post 測定として pre とは写真の提示順序を変えた MRT (資料 5 参照) を行った。
- h) MRT 終了後、利き手の、最も横・縦に開く距離を計測した。
- i) 全ての実験が終了した後、実験参加者に今回の実験の目的を説明し実験を終了した。

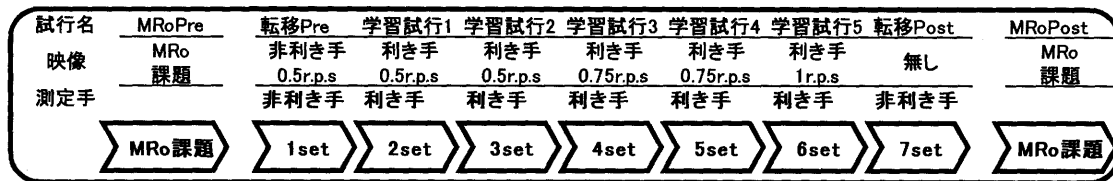


図5 全体の流れ

第7節 実験条件

各実験群の課題ならびに教示は以下の通りである。

(1) PT 群

練習試行において、閉眼状態で、練習試行の前に見せた映像通りに鉄球を回してもらった群であった。

練習試行の教示としては「30秒の練習試行では、その前に視聴してもらった映像を、自分の手で、球の重さや、指の感覚に意識を向けて再現して下さい」を与えた。

(2) IT 群

練習試行において、閉眼状態で、練習試行の前に見せた映像を基に、「内的イメージ」を想起するようにイメージしてもらった群であった。

練習試行の教示としては「30秒の練習試行では、その前に視聴してもらった映像を、実際に手を動かさず、自分がやっているように頭の中で、球の重さや、指の感覚に意識を向けてイメージで再現して下さい」を与えた。

(3) 統制群

練習試行において、非学習側の手でパズルを解いてもらった群であった。

練習試行の教示としては、「30秒の練習試行では、パズルを行ってもらいます」を与えた。

尚、IT 群において IT をするに当たり、運動イメージの想起をさせ易くするために、実験の終了まで常に鉄球を手を持つように指示した。PT 群・統制群でも IT 群との統制をとるため、IT 群同様に実験の終了まで鉄球を持つように指示した。

第8節 測定値算出方法

学習及び両側性転移の測定値は、測定開始 1 秒後から 1 秒間の写真 300 枚を対象とし、DKH 社の FramDias II を用いて 1 枚毎の鉄球の中心をプロットした。そして、プロットした画像の座標値を用いて「課題の達成度」・「課題の効率度」の観点から、「平

均移動距離」・「回転数」・「効率得点」の3つの指標を算出した。

MRO課題の測定値はEXPLABにて得られたlogファイルを基にMROの反応時間を算出した。

(1) 課題の達成度

a) 平均移動距離：各鉄球で、0.003 毎に移動した鉄球の移動距離を合計し、2つの鉄球の平均移動距離を算出した。

$$\text{式) 平均移動距離 (cm)} = \text{鉄球 1 の移動距離} + \text{鉄球 2 の移動距離} \div 2$$

b) 回転数：写真1枚毎に鉄球の中心座標値を算出し、0.003 毎に移動した角度の合計を1回転(360度)で除法させ、1秒あたりに鉄球を回転させた回転数(rotation per second 以後：r.p.m)を算出した

$$\text{式) 回転数 (r.p.m)} = \frac{\text{0秒から1秒まで回転した角度}}{360 \text{ (角度)}}$$

(2) 課題の効率度

a) 効率得点：本研究で用いる課題は、2つの鉄球を2秒という短時間に出来るだけ速く回す課題である。機械的な動きであれば、最少の平均移動距離で最大の回転数を回すことが最も早く回す方法である。また、Imamizuら¹⁶⁾のように、運動学習が、鉄球の位置を動かすという外部座標系で起きるのか、指の筋肉・長さを調節し鉄球を動かすという身体座標系で起きるのかで、平均移動距離と回転数の割合も変わるはずである。それにより以下の2つのことが考えられる

- 1、鉄球の位置を動かすことに着目した学習が生じると、平均移動距離と回転数ともに増加する(外部座標系の学習)。
- 2、指の筋肉や長さを調節し、鉄球の動きを制御する学習が生じると、平均移動距離は大きく変化せず回転数が増加する(身体座標系の学習)。

本研究の課題を達成するためには、最少の距離で最大の回転数を向上させることが最も望ましい。そこでどれだけ効率的に鉄球を回せたのかを、回転数を平均移動距離で除法することで回転数から平均移動距離の値を除いた値を算出し、値が微小であったため100を乗法することで効率得点とした。

$$\text{式) 効率得点} = \frac{\text{回転数 (r. p. s)}}{\text{平均移動距離 (cm)}} \times 100$$

(3) MRo 反応時間

Firorio ら⁶⁾は同じジストニア患者でも、健康側の手と病巣の側の手に差が見られたと述べている。本研究では利き手ででのみの運動課題の練習となり、右手と左手で反応時間が異なることが考えられる、そこで MRo 課題合計の反応時間とは別に、右手の課題のみ抽出した反応時間、左手の課題のみ抽出した反応時間の平均を算出した。

$$\begin{aligned} \text{式) MRo 合計} &= \frac{(\text{MRo右手反応時間} + \text{MRo左手反応時間})}{32(\text{刺激数})} \\ \text{式) MRo 右手} &= \frac{\text{MRo右手反応時間の合計}}{16(\text{刺激数})} \\ \text{式) MRo 左手} &= \frac{\text{MRo左手反応時間の合計}}{16(\text{刺激数})} \end{aligned}$$

第5章 結果

第1節 統計処理

(1) 統計ソフト

統計処理には IBM 社の PASW Advanced Statistics バージョン 18 を用いた。

(2) 実験対象データ

写真をプロットする際に十分な光量を得られず、1 試行でも鉄球の軌跡を追えなかった被験者のデータを除き、PT 群 17 名（男 8 名、女 9 名）、IT 群 17 名（男 9 名、女 8 名）、統制群 17 名（男 7 名、女 10 名）、の計 51 名（男 24 名、女 27 名）を本研究の対象データとした。尚対象データの中で、利き手検査によって得られた値は全て右利きであり、さらに被験者の手の大きさに極端な違いが見られなかったため、全ての被験者のデータを同様に扱った。

第2節 トレーニングが運動技能に及ぼす影響

運動学習の効果を検討するため、独立変数を「練習群 (PT 群、IT 群、統制群)」・「試行 (1 試行・2 試行・3 試行・4 試行・5 試行)」とし、従属変数を「指標 (平均移動距離、速度、効率得点)」とし 2 要因反復測定分散分析を行った。各「指標」を、(1) 平均移動距離(cm)、(2) 回転数 (3) 効率得点の項に分け、結果を各項に記載する。

(1) 平均移動距離 (cm)

表 1 は「平均移動距離」の 2 要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表 2 に、視覚化したものとしてグラフを図 6 に記載する。

表1 平均移動距離 分散分析表

		平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間	練習群	314.43	2	157.22	3.60	.035*
	誤差	2094.09	48	43.63		
被験者内	試行	265.95	4	66.49	23.18	.001***
	練習群 × 試行	45.49	8	5.69	1.98	.051
	誤差	550.69	192	2.87		

* $p < 5\%$ *** $p < 0.1\%$

「練習群」の主効果が 5%水準で認められた ($F(2,48)=3.60, p<0.05$)。

「試行」の主効果が 0.1%水準で認められた ($F(4,192)=23.18, p<0.001$)。

「練習群」と「試行」の交互作用は認められなかった ($F(8,192)=1.98, n.s.$)。

「練習群」の主効果が認められたため、Bonferroni 法にて「試行」ごとの「練習群」間の単純主効果検定を行った。(表 2、試行の「練習群間の単純主効果」参照)

表2 グループ・試行ごとの平均移動距離(cm)

		試行					試行間の単純主効果
		1	2	3	4	5	
PT	M	12.62	13.44	13.93	15.48	16.44	1<4***,5***
	SD	3.13	3.39	2.42	2.86	3.07	2<4**,5*** 3<5**
練習群 IT	M	11.31	12.36	13.63	13.88	14.58	1<3***,4***,5***
	SD	4.08	4.31	3.90	3.89	3.75	2<4*,5*
統制群	M	11.00	10.89	11.89	12.40	12.15	n.s
	SD	2.18	2.69	2.46	2.83	3.86	
練習群間の単純主効果		n.s	n.s	n.s	PT>統制群* PT>統制群**		

* $p<5%$ ** $p<1%$ *** $p<0.1%$

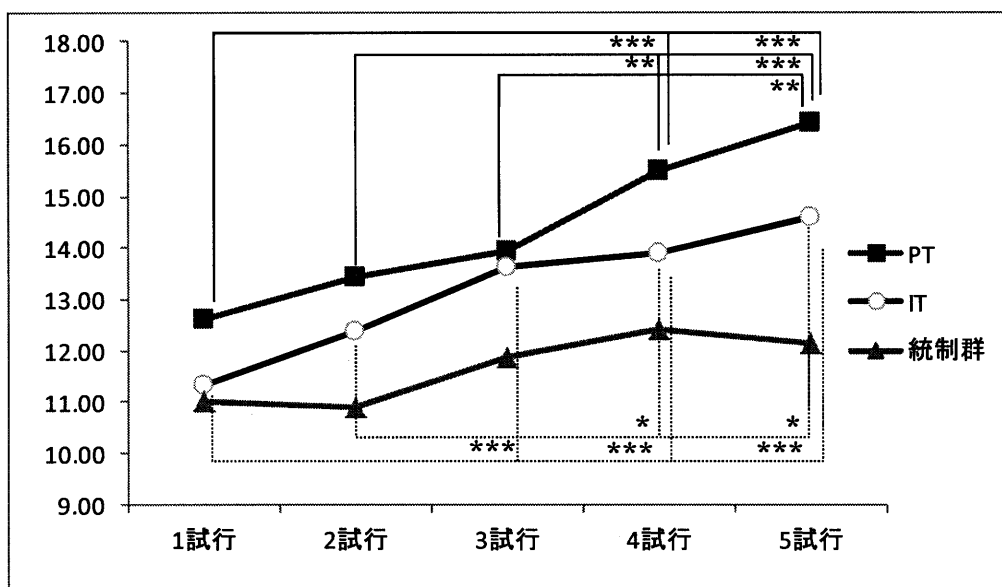


図6 グループ・試行ごとの平均移動距離(cm)

結果、4 試行目の PT 群が統制群より 5%水準で高い有意な差が認められた。5 試行目の PT 群が統制群より 1%水準で高い有意な差が認められた。

本研究は「練習群」の違いによる「試行」の効果を測定する研究であり、PT 群 IT 群ともに試行を追うごとに平均移動距離が長くなったため、「練習群」ごとの単純主効果検定を Bonferroni 法により行った。(表 2、試行の「試行間の単純主効果」参照)

結果 PT 群では 1 試行より 4・5 試行が 0.1%水準で、2 試行より 4 試行が 1%水

準、5 試行が 0.1%水準で、3 試行より 5 試行が 1%水準でそれぞれ有意に長い移動距離を示した。IT 群では 1 試行より 3・4・5 試行がそれぞれ 0.1%水準で、2 試行より 4・5 試行が 5%水準で有意に長い移動距離を示した。統制群ではどの試行にも有意差は認められなかった。

(2) 回転数 (r.p.m)

表 3 は「回転数」の 2 要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表 4 に、視覚化したものとしてグラフを図 7 に記載する。

表3 回転数 分散分析表

		平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間	練習群	.97	2	.49	5.36	.008**
	誤差	4.35	48	.09		
被験者内	試行	.60	3.22	.19	20.12	.001***
	練習群×試行	.09	6.44	.01	1.49	.181
	誤差	1.44	154.6	.01		

** $p < 1\%$ *** $p < 0.1\%$

「練習群」の主効果が 1%水準で認められた ($F(2,48)=5.36, p < .01$)。

「試行」の主効果が 0.1%水準で認められた ($F(3.22,154.60)=20.12, p < .000$)。

「練習群」と「試行」との交互作用は認められなかった。($F(6.44,154.60)=1.49, n.s.$)。

「練習群」の主効果が認められたため、Bonferroni法にて「試行」ごとの「練習群」間の単純主効果検定を行った。(表4、試行の「練習群間の単純主効果」参照)

表4 グループ・試行ごとの回転数(r.p.s)

		試行					試行間の単純主効果
		1	2	3	4	5	
PT	M	.53	.57	.58	.66	.70	1<4***,5*** 2<4* 5**
	SD	.15	.16	.09	.12	.15	3<4*,5*
練習群 IT	M	.45	.50	.54	.59	.61	1<3*,4***,5*** 2<4*,5*
	SD	.17	.18	.18	.20	.17	
統制群	M	.43	.41	.47	.49	.49	n.s
	SD	.11	.13	.14	.16	.20	
練習群間の単純主効果		n.s	PT>統制群*	n.s	PT>統制群**PT>統制群**		

* $p < 5\%$ ** $p < 1\%$ *** $p < 0.1\%$

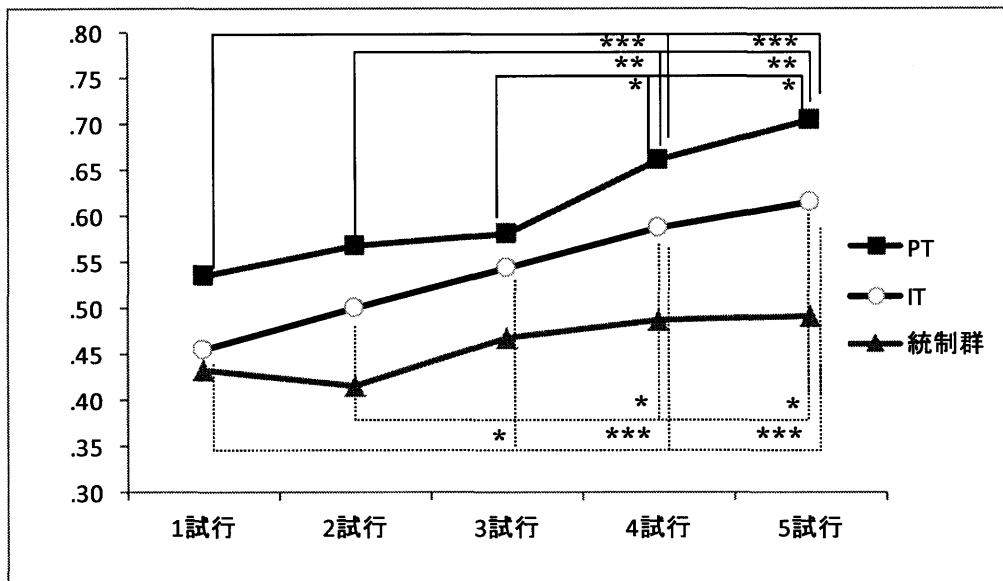


図7 グループ・試行ごとの回転数(r.p.s)

結果、2試行目のPT群が統制群より5%水準で高い有意な差が認められた。4試行目のPT群が統制群より1%水準で高い有意な差が認められた。5試行目のPT群が統制群より1%水準で高い有意な差が認められた。

平均移動距離と同様に試行を追うごとに回転数の向上が見られたため、「練習群」ごとの「試行」間の単純主効果検定を Bonferroni 法により行った。(表 4、練習群の「試行間の単純主効果」参照)

結果、PT 群では 1 試行より 4・5 試行がそれぞれ 0.1%水準で、2 試行より 4・5 試行がそれぞれ 1%水準で、3 試行より 4・5 試行がそれぞれ 5%水準で有意に多い回転数を示した。IT 群では 1 試行より 3 試行が 5%水準、4・5 試行がそれぞれ 0.1%水準で、2 試行より 4・5 試行ではそれぞれ 5%水準で有意に多い回転数を示した。統制群ではどの試行にも有意差は認められなかった。

(3) 効率得点

表 5 は「効率得点」の 2 要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表 6 に、視覚化したものとしてグラフを図 8 に記載する。

表5 効率得点 分散分析表

		平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間	練習群	6.27	2	3.14	2.91	.064
	誤差	51.82	48	1.08		
被験者内	試行	.71	4	.18	1.59	.178
	練習群×試行	.41	8	.05	.46	.886
	誤差	21.37	192	.11		

「練習群」の主効果は認められなかった ($F(2,48)=2.91, n.s$)。

「試行」の主効果は認められなかった ($F(4,192)=1.59, n.s$)。

「練習群」と「試行」の交互作用は認められなかった ($F(8,192)=.46, n.s$)。

表6 グループ・試行ごとの効率得点

		試行					試行間の単純主効果	
		1	2	3	4	5		
練習群	PT	M	4.21	4.22	4.20	4.29	4.29	n.s
		SD	.45	.49	.49	.51	.57	
	IT	M	4.03	4.03	3.99	4.17	4.22	n.s
		SD	.62	.41	.57	.52	.55	
	統制群	M	3.91	3.77	3.86	3.84	3.93	n.s
		SD	.56	.61	.63	.61	.64	
練習群間の単純主効果		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s		

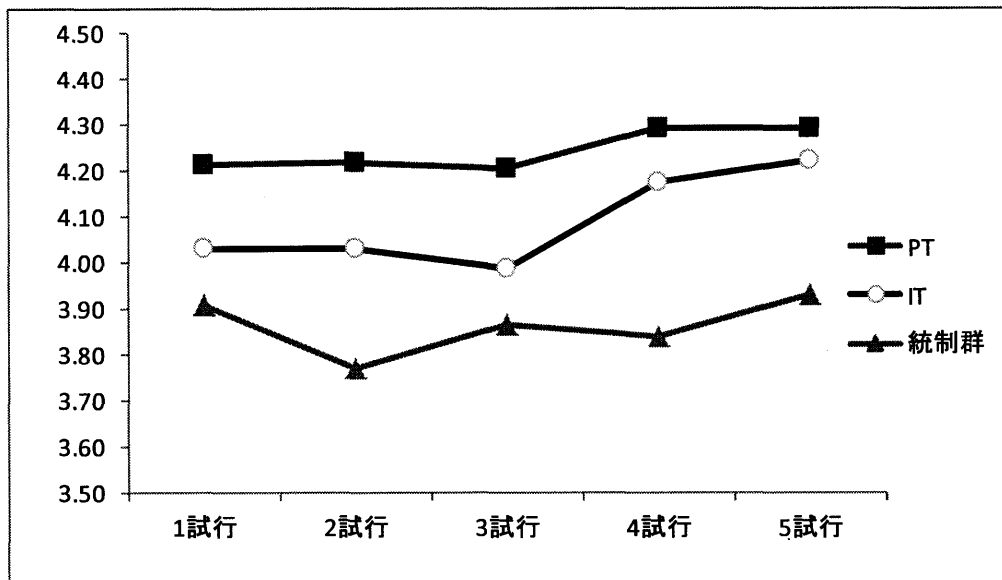


図8 グループ・試行ごとの効率得点

第3節 トレーニングが両側性転移に及ぼす影響

両側性転移の効果を検証するため、独立変数を練習群（PT 群、IT 群、統制群）・試行（pre 試行・post 試行）、従属変数を各指標（平均移動距離、速度、効率得点、総合得点）とし反復測定分散分析を行った。各「指標」を（1）平均距離(cm)、（2）回転数（3）効率得点の項に分け、結果の詳細を各項に記載する。

（1）平均移動距離（cm）

表7は「平均移動距離」の2要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表8に、視覚化したものとしてグラフを図9に記載する。

表7 平均移動距離 分散分析表

		平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間	練習群	37.78	2	18.89	1.07	.351
	誤差	846.13	48	17.63		
被験者内	試行	49.73	1	49.73	11.30	.002**
	練習群×試行	28.25	2	14.13	3.21	.049*
	誤差	211.21	48	4.40		

* $p < 5\%$ ** $p < 1\%$

「練習群」の主効果は認められなかった ($F(2,48)=1.07, n.s.$)。

「試行」の主効果が1%水準で認められた ($F(1,48)=11.3, p < .01$)。

「練習群」と「試行」との交互作用が5%水準で認められた ($F(2,48)=3.20, p < .05$)。

「試行」の主効果と交互作用が認められたため、「練習群」ごとの「試行」の単純主効果検定を Bonferroni 法により行った。(表8、練習群の「試行間の単純主効果」参照)

表8 グループ・試行ごとの平均移動距離(cm)

		試行		試行間の単純主効果
		Pre	Post	
練習群	PT	M	11.07	Pre<Post*
		SD	3.95	
	IT	M	9.98	Pre<Post**
		SD	2.85	
統制群	M	10.43	n.s	
	SD	3.24		

* $p < 5\%$ ** $p < 1\%$

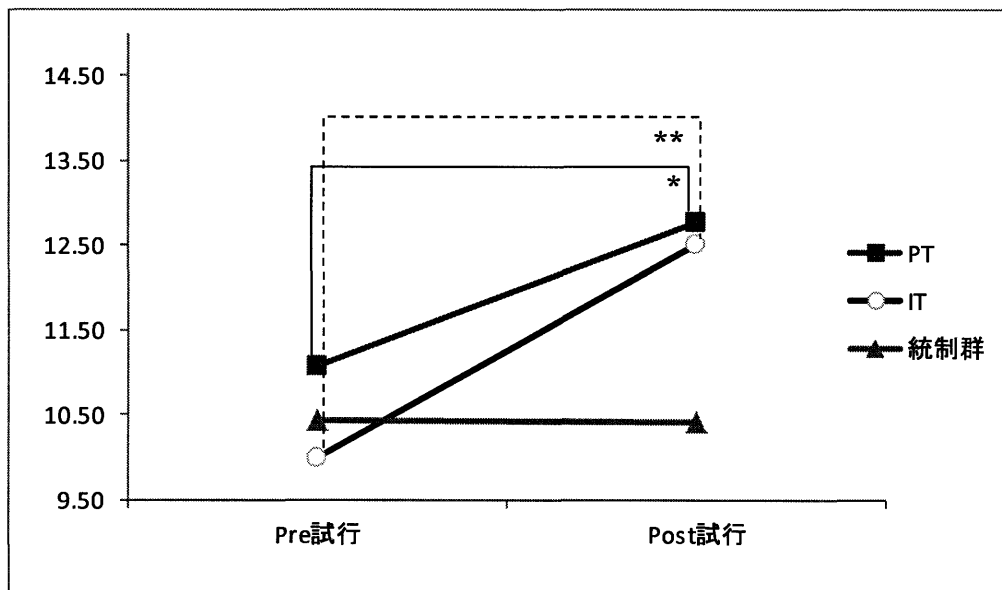


図9 転移試行でのグループ・試行ごとの平均移動距離 (cm)

結果、PT 群では 5%水準で、IT 群では 1%水準で pre 試行より post 試行が長い「平均移動距離」を示した。統制群では有意差はみられなかった。

(2) 回転数 (r.p.m)

表 9 は「回転数」の 2 要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表 10 に、視覚化したものとしてグラフを図 10 に記載する。

表9 回転数 分散分析表

	平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間					
練習群	.11	2	.06	1.59	.215
誤差	1.72	48	.04		
試行	.14	1	.14	17.51	.001***
被験者内					
練習群 × 試行	.07	2	.04	4.40	.018*
誤差	.38	48	.01		

* $p < 5\%$ *** $p < 0.1\%$

「練習群」の主効果は認められなかった ($F(2,48)=1.59, n.s.$)。

「試行」の主効果が 0.1%水準で認められた ($F(1,48)=17.51, p < .001$)。

「練習群」と「試行」との交互作用が 5%水準で認められた ($F(2,48)=4.40, p < .05$)。

「試行」の主効果と交互作用が認められたため、「練習群」ごとの「試行」の単純

主効果検定を Bonferroni 法により行った（表 10、練習群の「試行間の単純主効果」参照）。

表10 グループ・試行ごとの回転数(r.p.s)

		試行		試行間の単純主効果
		Pre	Post	
練習群	PT	M	.42	Pre<Post**
		SD	.18	
	IT	M	.38	Pre<Post***
		SD	.13	
	統制群	M	.38	n.s
		SD	.14	

** $p < 1\%$ *** $p < 0.1\%$

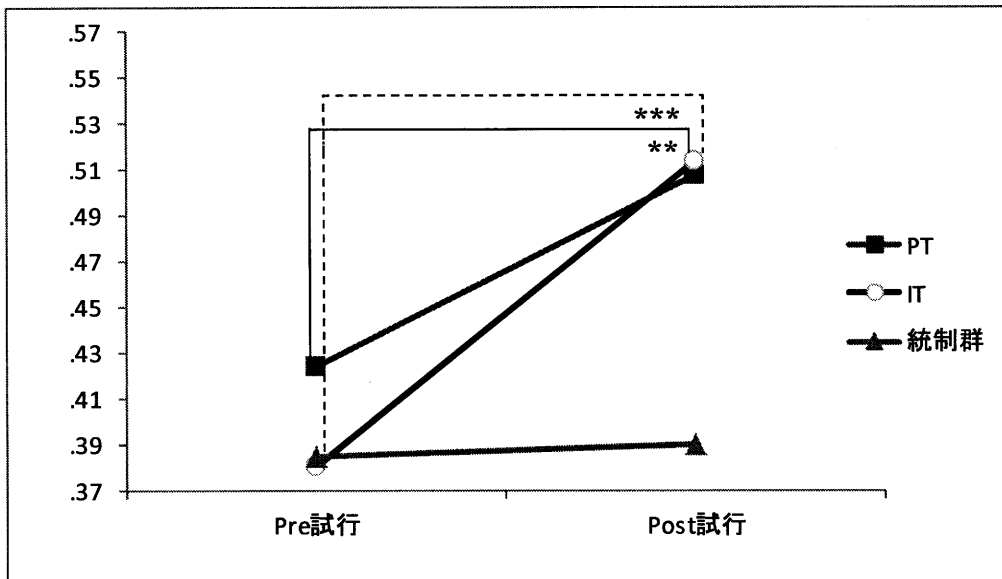


図10 転移試行でのグループ・試行ごとの回転数(r.p.m)

結果、PT 群では 1%水準で、IT 群では 0.1%水準で pre 試行より post 試行が多い「回転数」を示した。統制群では有意差は認められなかった。

(3) 効率得点

表 11 は「回転数」の 2 要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表 12 に、視覚化したものとしてグラフを図 11 に記載する。

表11 効率得点 分散分析表

		平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間	練習群	1.33	2	.66	1.51	.231
	誤差	21.13	48	.44		
被験者内	試行	.94	1	.94	7.42	.009**
	練習群×試行	.37	2	.18	1.44	.246
	誤差	6.10	48	.13		

** $p < 1\%$

「練習群」の主効果は認められなかった ($F(2,48)=1.51, n.s.$)。

「試行」の主効果が1%水準で認められた ($F(1,48)=7.24, p < .01$)。

「練習群」と「試行」の交互作用は認められなかった ($F(2,48)=1.44, n.s.$)。

「試行」の主効果が認められたため、「練習群」ごとの「試行」の単純主効果検定を Bonferroni 法により行った。(表 12、練習群の「試行間の単純主効果」参照)

表12 グループ・試行ごとの効率得点

		試行		試行間の単純主効果	
		Pre	Post		
練習群	PT	M	3.76	3.95	n.s
		SD	.54	.47	
	IT	M	3.78	4.11	Pre<Post**
		SD	.41	.44	
	統制群	M	3.65	3.69	n.s
		SD	.58	.70	

** $p < 1\%$

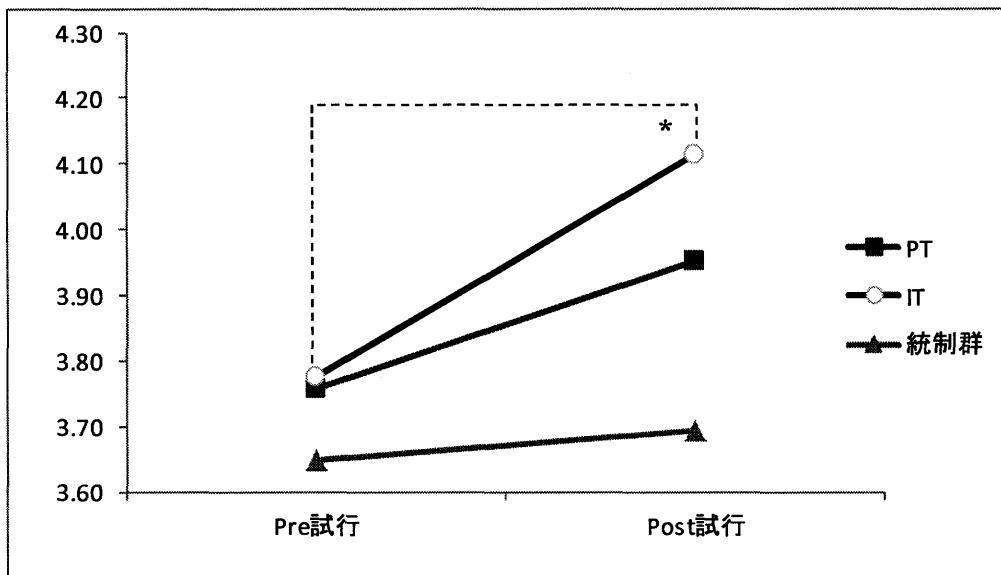


図11 転移試行でのグループ・試行ごとの効率得点

結果、IT 群にのみ 1%水準で pre 試行より post 試行が高い「効率得点」を示した。PT 群、統制群では有意差は認められなかった。

第4節 MRo 能力の変容

MRo の効果を検証するため、独立変数を練習群 (PT 群、IT 群、統制群)・試行 (pre・post)、従属変数を反応時間 (MRo 右手、MRo 左手、MRo 合計) とし反復測定分散分析を行った。各「反応時間」を (1) MRo 右手 (2) MRo 左手、(3) MRo 合計の項に分け、結果の詳細を各項に記載する。

(1) MRo 右手 (mm/sec)

表 13 は「回転数」の 2 要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表 14 に、視覚化したものとしてグラフを図 12 に記載する。

表13 MRo右手 分散分析表

		平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間	練習群	279776.61	2	139888.31	.444	.644
	誤差	1.511E+07	48	314848.80		
被験者内	試行	333859.54	1	333859.54	15.75	.001***
	練習群 × 試行	49388.19	2	24694.09	1.16	.321
	誤差	1017703.96	48	21202.17		

*** $p < 0.1\%$

「練習群」の主効果は認められなかった ($F(2,48)=.44, n.s.$)。

「試行」の主効果が 0.1%水準で認められた ($F(1,48)=15.74, p < .001$)。

「練習群」と「試行」の交互作用は認められなかった ($F(2,48)=1.16, n.s.$)。

「試行」の主効果が認められたため、「練習群」ごとの「試行」の単純主効果検定を Bonferroni 法により行った (表 14、練習群の「試行間の単純主効果」参照)。

表14 グループ・試行ごとのMRo右手 (mm/sec)

		試行		試行間の単純主効果
		Pre	Post	
練習群	PT	M	1558.13	Pre<Post*
		SD	325.02	
	IT	M	1542.48	Pre<Post**
		SD	320.12	
統制群	M	1614.62	n.s	
	SD	499.62		

* $p < 5\%$ ** $p < 1\%$

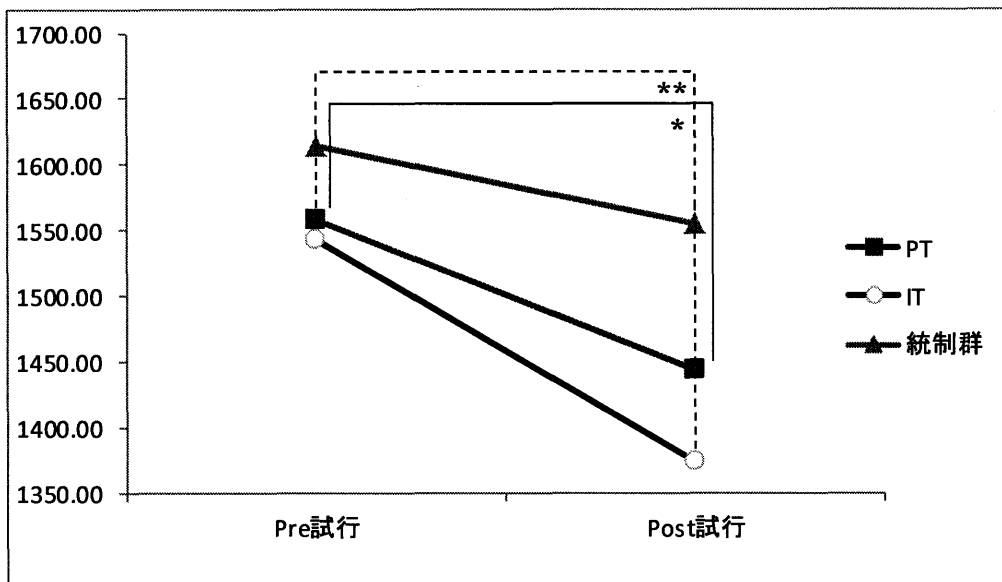


図12 MRo右手 (mm/sec)

結果、PT 群では 5%水準で、IT 群では 1%水準で pre 試行より post 試行において高い値となった。統制群では有意差は認められなかった。

(2) MRo 左手 (mm/sec)

表 15 は「回転数」の 2 要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表 16 に、視覚化したものとしてグラフを図 13 に記載する。

表15 MRo左手 分散分析表

		平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間	練習群	94068.45	2	47034.23	.094	.910
	誤差	2.395E+07	48	499028.58		
被験者内	試行	195637.30	1	195637.30	5.53	.023*
	練習群 × 試行	167294.44	2	83647.22	2.36	.105
	誤差	1698032.07	48	35375.67		

* $p < 5\%$

「練習群」の主効果は認められなかった ($F(2,48)=.09, n.s.$)。

「試行」の主効果が5%水準で認められた ($F(1,48)=5.53, p < .05$)。

「練習群」と「試行」の交互作用は認められなかった ($F(2,48)=2.36, n.s.$)。

「試行」の主効果が認められたため、「練習群」ごとの「試行」の単純主効果検定を Bonferroni 法により行った (表 16、練習群の「試行間の単純主効果」参照)。

表16 グループ・試行ごとのMRo左手 (mm/sec)

		試行		試行間の単純主効果
		Pre	Post	
練習群	PT	M 1601.12	1448.01	Pre<Post*
		SD 380.83	442.18	
練習群	IT	M 1542.24	1406.03	Pre<Post*
		SD 346.09	355.24	
統制群	M	1533.44	1559.98	n.s
	SD	662.77	759.89	

* $p < 5\%$

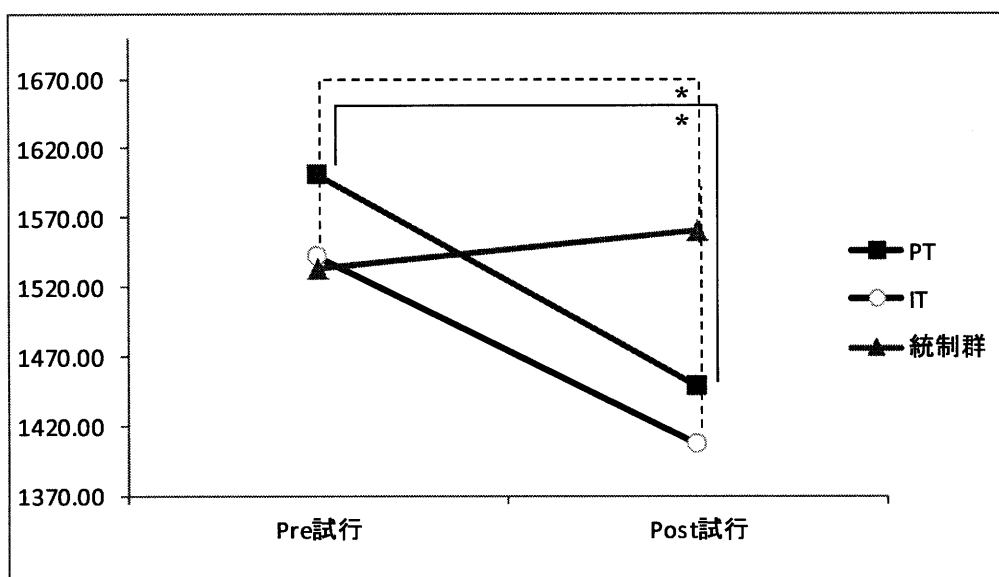


図13 MRo左手 (mm/sec)

結果、PT 群・IT 群ともに 5%水準で pre 試行より post 試行において高い値となった。統制群では有意差は認められなかった。

(3) MRo 合計 (mm/sec)

表 17 は「回転数」の 2 要因反復測定分散分析の「練習群」・「試行」の主効果、および「練習群」と「試行」の交互作用の結果を記載した分散分析表である。

各群の各試行の平均値・標準偏差は表 18 に、視覚化したものとしてグラフを図 14 に記載する。

表17 MRo合計 分散分析表

		平方和	df	平均平方	F値	有意確率
被験者間	練習群	167884.69	2	83942.34	.217	.806
	誤差	1.856E+07	48	386717.68		
被験者内	試行	260160.09	1	260160.09	12.86	.001***
	練習群 × 試行	91618.64	2	45809.32	2.26	.115
	誤差	971040.11	48	20230.00		

*** $p < 0.1\%$

「練習群」の主効果は認められなかった ($F(2,48)=.21, n.s.$)。

「試行」の主効果が 0.1%水準で認められた ($F(1,48)=12.86, p < .001$)。

「練習群」と「試行」の交互作用は認められなかった ($F(2,48)=2.26, n.s.$)。

「試行」の主効果が認められたため、「練習群」ごとの「試行」の単純主効果検定を Bonferroni 法により行った (表 18、練習群の「試行間の単純主効果」参照)。

表18 グループ・試行ごとのMRo合計 (mm/sec)

		試行		試行間の単純主効果	
		Pre	Post		
練習群	PT	M	1579.62	1445.66	Pre<Post**
		SD	344.56	402.11	
	IT	M	1542.36	1390.20	Pre<Post**
		SD	305.33	337.07	
統制群	M	1574.03	1557.14	n.s	
	SD	570.88	638.50		

** $p < 1\%$

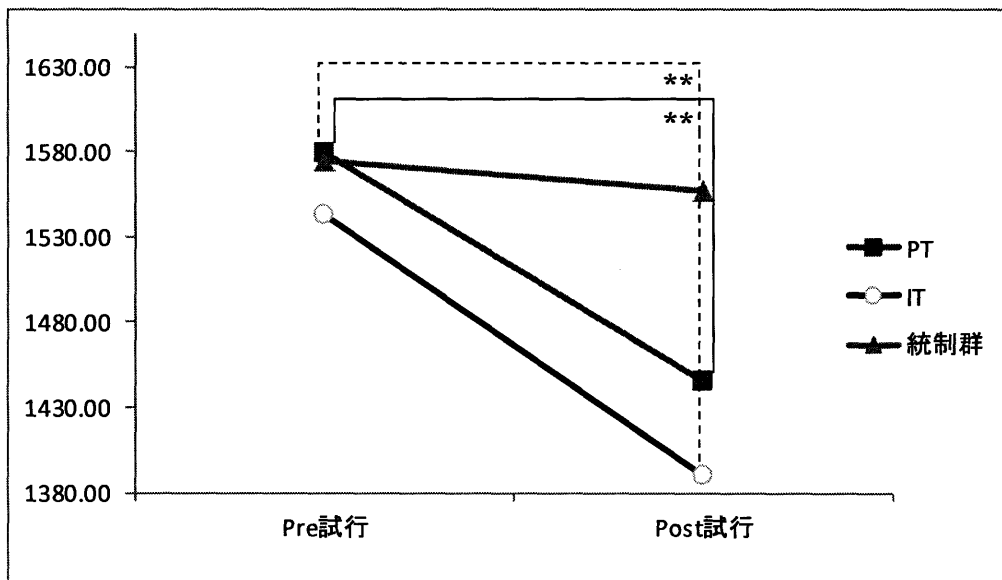


図14 MRo合計(mm/sec)

結果、PT 群・IT 群ともに 1%水準で pre 試行より post 試行において高い値となった。統制群では有意差は認められなかった。

第6章 考察

第1節 トレーニングが運動技能に及ぼす影響

(1) 課題の達成度

各「練習群」での「試行」の単純主効果の検定結果において、「平均移動距離」ではPT群が1試行より4・5試行、2試行より4・5試行、3試行より5試行が高かった。さらにIT群では1試行より3・4・5試行、2試行より4・5試行が高かった。統制群では「試行」間での有意差は認められなかった。「回転数」ではPT群では1試行より4・5試行、2試行より4・5試行3試行より4・5試行が高かった。IT群では1試行より3・4・5試行、2試行より4・5試行が高かった。統制群では「試行」間での有意差は認められなかった。

これらの結果が表すこととして、まずPT群・IT群ともに練習回数を重ねることで、運動学習が促進されたと考えられる。統制群においてはどの「試行」との有意差が認められなかったことから、PT群・IT群の運動学習の促進が行われたことが明らかにされた。

さらに「練習群 (PT群・IT群・統制群)」の運動学習の効果の差を検討するため、各「試行」での「実験群」の単純主効果の検定を行った。結果は「平均移動距離」では4試行・5試行のPT群と統制群に有意差が認められた。「速度」では2試行・4試行・5試行のPT群と統制群に有意差が認められた。いずれの「指標 (平均移動距離・速度)」でも1試行で有意差が認められず、4試行・5試行で有意差が認められたことは「実験群」の学習の特性の違いが表れた結果であると考えられる。

1試行で有意差が認められなかったことは、運動学習の初めの段階では各群ともに運動学習が生じなく、2試行3試行と回数を重ねるごとに、PT群がもっとも運動学習が促進されたため、統制群との差が生じたと考えられる。IT群と統制群では有意な差は認められなかったことは、IT群ではPT群ほど運動学習が促進しなかったことが示唆された。

本研究では、運動学習において「練習群」と「試行」での交互作用が認められなかった。理由として、本研究では練習試行、つまり学習をさせる試行を5試行と設定し実験を行った。この5試行とは、予備実験により最低この試行があれば上達が認められるであろうという数である。実験参加者の負担や、実験参加者のデータを多

く取るため試行は出来るだけ減らす必要性があった。そのため交互作用では有意差は認められなかったと考える。

(2) 課題の効率度

「効率得点」では主効果、交互作用ともに有意差は認められなかった。これらのことは、獲得した運動技能が最少の距離で最大の回転数を回していなかったとも言い換えることが出来る。つまり、指の動きの運動技能を習得し鉄球を速く回すような運動技能ではなく、鉄球を動かすことだけの運動技能が習得されたための運動学習の結果であったと考える。

(3) 運動技能の変化

本研究では、「課題の達成度」において PT 群と IT 群の運動学習の効果が認められた。さらに、PT 群と統制群では「試行」の効果の差がみとめられ、IT 群と統制群では効果の差は認められなかった。この結果は Hird ら¹⁴⁾や Yue ら⁷⁰⁾の研究のように PT 群 > IT 群 > 統制群の順に運動学習が促進された結果と整合する。しかし、課題の達成度では主効果、交互作用ともに認められなかった。これは、効率的な運動技能の獲得がされなかった、または初めから効率度が高いものであったことが考えられる。今回用いた効率得点は本研究の為に新たに作成された得点であり、得点の高さの比較対象がないため、前者の効率的な運動技能の獲得がなされたか、後者の初めから高い得点であったのかまでは明らかにすることが出来なかった。このことは、今後研究を進めていく上での課題となるであろう。

他の考えられる要因として、PT 群・IT 群ともに、Yue ら⁷⁰⁾の結果が示すように、鉄球を回すための指の筋力が向上したことも考えられる。本研究では、筋放電量の測定は行っていないため、検討することは出来なかった

よって本研究の仮説の 1 つである

1、イメージトレーニング及び身体練習ともに運動学習に促進効果が見られるが、その効果は身体練習においてより大きいであろう。

は一部検証されたといえる。仮説 1 の全てを検証するためには、筋放電量の測定、試行回数の増加など実験方法の新たな検討が必要であると考えられる。

第2節 トレーニングが両側性転移に及ぼす影響

(1) 課題の達成度

各「練習群」の「指標（平均移動距離・速度）」に関して有意差は認められず、「練習群」と「試行」の交互作用が各「指標（平均移動距離・速度）」で認められた。さらに、各「試行」の単純主効果検定において、「平均移動距離」ではPT群・IT群のPre試行よりもPost試行が高い値となった。「速度」においてもPT群・IT群のPre試行よりもPost試行が高い値となった。

これは、NT群では両側性転移の効果は認められず、PT群・IT群において両側性転移の効果が認められたと考えることが出来る。しかし、「課題の達成度」という視点で見ると、PT群とIT群では両側性転移の効果は同じであったとも捉えることが出来る。これは仮説とは異なるものであったが、本研究は2つの視点から結果を考察するため、結果の考察は保留し、(3)両側性転移まとめ、で詳しく述べる。

(2) 課題の効率度

「効率得点」において「試行」の主効果のみ認められ、単純主効果検定ではIT群がPre試行よりPost試行が高い得点となった。本研究ではこの「効率度得点」が高いことは、移動距離は短く回転数が多いという結果である。つまり「課題の効率度」という項目では、両側性転移による獲得された運動技能がIT群とPT群では異なる運動技能を獲得したためであると考えることが出来る。

(3) 両側性転移の効果

「課題の達成度」である「平均移動距離」と「回転数」において、PT群とIT群では両側性転移の効果が認められPT群・IT群ともに差は認められなかったということは、先行研究で述べられていた結果とは異なるものであった。しかし、「課題の効率度」である「効率得点」という項目において、PTとITの両側性転移の効果の違いが認められた。Amemiyaら⁴⁾は両側性転移の効果は、PTとITでは運動技能の変容、脳活動においても異なる事を述べている。さらに、Imamizuら¹⁶⁾は外部座標を身体座標に変換されて獲得された両側性転移の運動技能は左右でまったく異なるものであると述べている。そして栗木³³⁾は、ITという実際の身体活動を伴わない練習は、外部座標（鉄球を動かすための指の動きの情報）での運動技能が獲得され、

PT という実際に身体を動かす練習は、外部座標を身体座標（鉄球を動かすための指の動かし方の情報）に置き換え運動技能を獲得すると述べている。

これらのことを踏まえると、IT では、利き手で学習された運動技能（指の動きの見た目という外部座標）が、非利き手で運動技能を実行するときにも同様に用いられたのではないかと考える。さらに PT 群では、利き手で学習された運動技能（指の動かし方という身体座標）が、利き手にのみ対応した運動技能となってしまう、非利き手では用いることが出来なかったと考え、PT 群と IT 群では異なる運動技能が獲得されたと推測される。

本研究では PT 群・IT 群に両側性転移の効果が認められた。さらに、確認された両側性転移の効果運動技能は、Amemiya⁴⁾ らが述べているように PT と IT では異なることが示唆され、課題の効率得点において IT のみに有意差が認められた。よって仮説 2 である

2、両側性転移は身体練習よりもイメージトレーニングにおいてより顕著に表れるであろう。
が支持された。

第3節 MRo 能力の変容

(1) 利き手への効果

「練習群」の主効果と「練習群」・「試行」の交互作用は認められなかったが、「試行」の主効果が認められた。各「練習群」での「試行」の単純主効果の検定を行ったところ、PT 群と IT 群でのみ Pre 試行よりも Post 試行で反応時間の減少が見られた。統制群では差は認められなかった。

本研究の被験者の利き手は全て右利きのものであった。よって学習試行では全ての被験者が右手で練習をしており、「MRo 合計」と同様に身体能力の向上とともに MRo の反応時間が短縮されたと考える。これは実験課題としてパズルを行っていた統制群に差が生じなかったことから考えられる。

(2) 非利き手への効果

「練習群」の主効果と「練習群」・「試行」の交互作用は認められなかったが、「試行」の主効果が認められた。各「練習群」での「試行」の単純主効果の検定を行った

ところ、PT群とIT群でのみPre試行よりもPost試行で反応時間の減少が見られた。統制群では差は認められなかった。

「両側性転移」はPT群とIT群でのみ生じた、よって「MRo右手」の結果と同様に身体能力の向上とともに「MRo左手」の反応時間が短縮されたと考えられる。この結果は、対象となる手（今は左手）側の身体能力の変化を生じさせなくとも、両側性転移による身体能力の変化によりMRo能力が変化することが示唆される。

(3) 総合能力

「練習群」の主効果と「練習群」・「試行」の交互作用は認められなかったが、「試行」の主効果が認められた。そのため各「練習群」での「試行」の単純主効果の検定を行ったところ、PT群とIT群ではPre試行よりもPost試行で反応時間の減少が見られた。

前述した運動学習及び両側性転移の結果は、PT群・IT群において両側性転移の効果とMRoの反応時間の短縮が認められた。このことは、実験参加者の手の運動技能が向上し、手の情報が変化したとも捉えられる。

そのため、MRoの能力にも反映され、山田ら⁶⁹⁾の研究同様にMRo能力は、運動技能を反映していると考えられる。

(4) 運動技能がMRoに与える影響

「MRo右手」・「MRo左手」・「MRo合計」に「MRo右手」と「MRo合計」についてPT群・IT群の身体能力の向上によるMRo能力の向上が認められたことは、山田ら⁶⁹⁾の結果同様にMRo能力は身体能力と結びついていることが示唆された。しかし、PT群とIT群で異なる運動技能の獲得が見られたはずの左手において、「MRo左手」では、「MRo右手」・「MRo合計」と同様なMRo能力の向上がみられたこと、ことが結果として現れた、そのため手のイメージ能力が向上したためか、運動技能の向上のためなのかまでは検証されなかった、よって仮説である

3、メンタルローテーション反応時間については、身体練習、イメージトレーニングとともに減少するが、イメージトレーニングの方がより大きく減少するであろう。は一部支持された。

第4節 全体考察

IT についての研究は非常に多くの研究が行われているが、一致した結果は述べられていない。本研究ではそれらの問題点をあげ問題の改善を試みた。このような経緯から本研究で得られた運動学習の効果は一部、IT 群より PT 群の方が高いことが示唆された。一部に留めた理由として、本研究で新たに用いた「効率得点」において PT 群 IT 群ともに向上は認められず、両群の差も認められなかったためである。

練習後の両側性転移の効果は「課題の達成度」では PT 群・IT 群ともに生じ両群には差は認められなかったが、IT 群のみさらに「課題の効率度」に効果が認められた。Amemiya ら⁴⁾は両側性転移の効果は、PT と IT では運動技能の変容、脳活動においても異なる事を述べ、Imamizu ら¹⁶⁾は、利き手で身体座標により獲得された運動技能は、非利き手で行う際の運動技能が異なると述べている。これらの研究から PT 群と IT 群での両側性転移で獲得された運動技能は異なるものであったことが推測される。つまり、IT により両側性転移で獲得された運動技能は効率的な運動技能であり、IT により右手で獲得された運動技能は左手で運動を行う際に PT より有効であることが示唆された。

イメージの指標として質問紙が多く用いられてきたが、加藤²³⁾は質問紙での問題点をあげている。そこで本研究では従来使われてきた質問紙の変わりに MRo 課題を用いた。結果は運動技能の向上とともに MRo 能力の向上が認められ、MRo をイメージの指標として用いる有効性が示唆された。しかし、PT 群と IT 群での比較において差は認められず、運動技能の向上によるものなのか、手のイメージの変容によるものなのかを特定するまでには至らなかった。

第5節 今後の課題

本研究において 1・3 の仮説が一部の検証に留まった。これらを解決し今後実験を行うため以下のことがあげられる。

1、PT 群と統制群での差は認められたものの、PT と IT では差は認められなく、「効率得点」指標においても試行での差は認められなかった。本研究で運動学習のための練習回数は、被験者の負担を減らすため最少の練習回数を行わせた。これは最低限、

運動学習の効果が見られるはずの練習回数を、予備実験により決定したものである。今後検討すべきこととして、練習回数を増やすことがあげられる。さらに回数を重ねる事で学習の効果の増加、または獲得される運動技能も異なった結果となることが考えられる。

2、ITにより筋力が増加することが先行研究により明らかにされており、ITにより鉄球を回すための筋放出量の向上要因が考えられる。そこで実験の方法に筋放電量の測定も行い検討することがあげられる。

3、でも述べたように先行研究がないため、評価方法も独自に考える必要があった。そこで詳細な運動技能を測定するためには、本研究で用いた評価方法以外にも評価基準を設ける必要性があげられる。

4、本研究ではPT群・IT群ともにMRo能力は向上が認められたが、PT群とIT群での差は認められなかった。MRo課題は身体の情報または、イメージを測定することが出来る課題である可能性が考えられ本研究で用いた。しかし、身体写真を使ったMRo研究はまだ発展途上であり、MRo課題自体に改善の余地があること、今回用いたMRoがイメージ測定用に作られたものではないことがあげられる。よって今後のMRo研究自体の発展、イメージ能力測定に特化したMRo課題を作ることが課題としてあげられる。

第7章 結論

本研究により以下のことがわかった。

- 1、短時間のトレーニングにおいては、身体練習とイメージトレーニングは同程度の運動技能の向上がみられた。
- 2、両側性転移の効果は、イメージトレーニングを行う方が有効であった。
- 3、メンタルローテーション課題はイメージの指標となる可能性が示唆された。

第8章 要約

【背景】イメージトレーニング(以後 IT)は広義の意味で運動学習の分野に属する。運動学習の分野では、片側の上肢あるいは下肢で学習されたことが反対側にも影響を及ぼす「両側性転移」と呼ばれる概念があり、効果が実証されている。ITによる両側性転移の効果も散見される程度であるが、研究が行われ効果が確認されている。しかし一致した結果が得られていない。さらに、IT研究ではイメージを測定する方法として、質問紙調査法や脳イメージング機器を用いる方法がある。しかし、前者は客観性にかける、後者は特別な機器を必要とするなど問題も多い。そこで本研究では以下3つの目的をたて研究を行った。

- 1、イメージを用いたトレーニングは実際に、運動学習に影響を及ぼすかを明らかにする。
- 2、イメージトレーニングで習得した運動技能に、両側性転移が見られることを明らかにする。
- 3、メンタルローテーション課題は運動イメージの指標として用いることが出来るのかを検討する。

【方法】 被験者を身体練習群(以後 PT)群・IT群・統制群に振り分け、実験課題としてコンタクトジャグリング・パームロール課題を用いる。そして、30秒5回のトレーニングによる運動学習の影響、両側性転移の効果を検討した。

イメージの指標としてメンタルローテーション(以下 MRo)課題を行い、その反応時間を測定した。

【結果および考察】 課題の達成度において、PT群 IT群ともに運動学習の効果が認められた。しかし、PT群は統制群よりも高い学習効果が認められたが、IT群では統制群との差は認められなかった。両側性転移の効果は、課題の達成度で PT群 IT群ともに効果が認められた。さらに IT群でのみ、課題の効率度で効果が認められた。MRo能力は PT群と IT群で能力の向上が認められ両群に差は認められなかった。

PT・ITは運動学習と両側性転移に影響を及ぼすことが明らかにされ、さらに PTと ITでは両側性転移の効果が異なることが明らかにされた。運動技能の獲得により MRo能力の時間の短縮が認められたが、それがイメージの変容によるものなのかは明らかにされなかった。

参考・引用文献

- 1) Adams, J. A. : A closed-loop theory of motor learning, *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-149, (1971)
- 2) Adduri A C, Marotta J J : Mental Rotation of Faces in Healthy Aging and Alzheimer's Disease. *PloS one*,4,(7),e6120,(2009)
- 3) Allami N, Paulignan Y, Brovelli A, Boussaoud D : Visuo-motor learning with combination of different rates of motor imagery and physical practice. *Experimetal Brain Research*, 184, (1), 105-113, (2008)
- 4) Amemiya K, Isizu T, Ayabe T, Kojima S : Effects of motor imagery on intermanual transfer : A near-infrared spectroscopy and behavioural study, *Brain Research*, 1343, 93-103, (2010)
- 5) Bode S, Koeneke S : Different strategies do not moderate primary motor cortex involvement in mental rotation ; a TSM study. *Behavioral and Brain Function*, 3, (1), 38-47, (2007)
- 6) Fiorio M, Michele T , Salvatore M. A : Selective impairment of hand mental rotation in patients with focal hand dystonia, *Brain*, 129, 47-54, (2006)
- 7) Fiorio, M, Tinazzi M, Ionta S, Fiaschi A, Moretto G, Edwards M J, Bhatia K P, Aglioti S M ; Mental rotation of body parts and non-corporeal objects in patients with idiopathic cervical dystonia, *Neuropsychologia*, 45, 2346-2354, (2007)
- 8) 二村 誠示, 橋本 直己, 長谷川 晶一, 佐藤 誠, 小池 康晴 : 力の制御における学習効果の両手間転移に関する研究 , 電子情報通信学会技術研究報告. NC, ニューロコンピューティング 102(730), 13-18, (2003)
- 9) Gordon R ; An investigation into some of the factors that favour the formation of stereotyped images, *British journal of Psychology*,39, (3), 156-167, (1949)
- 10) Guillot A, Collet C, Nguyen Vo An, Malouin F.R, Carol, D. J : Brain Activity During Visual Versus Kinesthetic Imagery : An fMRI Study. *Human Brain Mapping*,30,2157-2172,(2009)
- 11) Guillot A, Tolleran C, Collit C : Does motor imagery enhance stretching and flexibility?. *Journal of Sports Sciences*, 28, (3), 291-298, (2010)

- 12) 長谷川 望, 星野 公夫 : スポーツ選手のスキルと身体運動イメージの関係, 順天堂大学スポーツ健康科学研究, 6, 166-173, (2002)
- 13) Hall.C.R, Martin,K.A. : Measuring movement imagery abilities : A revision of the movement imagery questionnaire, Journal of Mental Imagery, 21, 143-154, (1997)
- 14) Hird J S, Landers D M, Thomas J R, Horan J J : Physical Practice Is Superior to Mental Practice in Enhancing Cognitive and Motor Task Performance, Journal of Sport & Exercise Psychology, 13(3), 281 - 293, (1991)
- 15) 兵藤 宗吉, 須藤 智 : 認知心理学基礎実験入門. 第 1 版, 163, 八千代台出版, 東京, (2008)
- 16) Imamizu H, Shimojo S : The Locus of Visual-Motor Learning at the Task or Manipulator Level: Implications From Intermanual Transfer. Journal of Experimental psychology : Human Perception and Performance, 21, (4), 719-733, (1995)
- 17) 今水 寛 , 宇野 洋二, 川人 光男 : 身体座標を含む座標変換の内部モデル : 到達運動学習中の内部モデルの適応的变化, 電子情報通信学会論文誌.D-II, 情報・システム, II-情報処理 J79-D-2(5), 932-941, (1996)
- 18) 猪俣 公宏 : イメージトレーニングの応用原理. 体育の科学, 41, 119-121, (1991)
- 19) Issac A , Maraks,D.F, Russel D.G. : The vividness of movement imagery questionnaire, Journal of Mental Imagery,10,(4),23-30, (1986)
- 20) 伊藤 友記, 猪俣 公宏 : 回転盤追跡技能の学習における両側性転移の方向について-その 2-, 日本体育学会第 34 回大会号,34, 208,(1988)
- 21) Jackson L P, Lafliur F M, Malouin F, Richards L C, Doyon J : Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. Neuroimage, 20, 1171-1180, (2003)
- 22) Kawashima R, Matumura M, Sadato N, Natio E, Waki A, Nakamura Satoshi, Matsunami Kenichi, Fukuda Hiroshi, Yonekura Yoshiharu : Regional cerebral blood flow changes in human brain related to ipsilateral and contralateral complex hand movements - a PET study, European Journal of Neuroscience, 10, 2254-2260, (1998)

- 23) 加藤 司 心理学の研究法—実験法・測定法・統計法—. 第1版, 52, 北樹出版, 東京, (2007)
- 24) 菊池 吉晃: 脳機能イメージングで高次脳機能を観る. 日本保健科学学会誌 10, (4), 205-214, (2008)
- 25) 嘉戸 直樹, 伊藤 正憲: 運動学習はここまでわかった, 関西理学, 8, 49-52, (2008)
- 26) 木下 玲子: スポーツ選手のメンタルローテーション能力と視覚イメージの見え方について. 修士論文(順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科), (2002)
- 27) Kosslyn M S, Ball T M : Visual images preserve metric spatial information : Evidence from studies of image scanning, Journal of Experimental Psychology, 4, 41-60, (1978)
- 28) Kosslyn M Stephen, Digirolamo, J. Gregory, Thompson. L, William, Alpert. M, Nathaniel : Mental rotation of objects versus hand ; Neural mechanisms revealed by positron emission tomography. Psychophysiology, 35, 151-161, (1998)
- 29) Kosslyn M Stephen, Thompson L William, Ganis Giorgio : The Case for Mental Imagery. Oxford University, England, (2006), 武田 克彦監訳: 心的イメージとは何か. 北大路書房, 京都, (2009)
- 30) 古藤 高良, 宮下 節, 武井 光彦, 畑 誠之介, 森沢 桂: Mental-training の開発に関する研究, 筑波大学体育学系紀要, 10, 125-135, (1987)
- 31) 熊谷 英夫, 門間 正彦, 塚本 信宏, 関根 紀夫, 鷺田 孝保: Mental rotation 時の functional MRI の試み, 茨城県立医療大学紀要, 6, 107-111, (2001)
- 32) 熊谷 英夫, 門間 正彦, 塚本 信宏, 鷺田 孝保: mental rotation 時の functional MRI : 右回りと左回りの違いの検討, 茨城県立医療大学紀要, 7, 105-109, (2002)
- 33) 栗木 一博: イメージトレーニングが両手間学習転移におよぼす影響, 仙台大学紀要, 29, (2), 94-99, (1998)
- 34) Mahoney, M. j., Avenier, M. ; Psychology of the elite athlete : An Exploratory, Cognitive Therapy and Research, 1, 2, 135-141, (1977)
- 35) 増井 香, 荒木 雅信: 各種イメージ想起時の脳波パターンの比較, 大阪体育大学紀要, 28, 67-75, (1997)

- 36) 松尾 愛, 荒木 雅信: 運動イメージ想起時における事象関連電位. 大阪体育大学紀要, 38, 124-130, (2007)
- 37) 松尾 篤, 冷水 誠, 庄本 康治, 佐々木 久登, 高取 克彦, 榑野 浩司, 徳久 謙太郎: 鏡治療を用いた運動イメージ介入の可能性, 理学療法科学, 20, (4), 300-302, (2005)
- 38) Melanie G, Craig H, Andrew B: The MIQ-RS: A Suitable Option for Examining Movement Imagery Ability, Evidence-based complementary and alternative medicine, 7, (2), 249-257, (2010)
- 39) 宮本 謙三, 竹林 秀晃, 宅間 豊, 井上 佳和, 宮本 祥子, 岡部 孝生, 坂上 昇, 森岡 周, 舟橋 明男: 運動の両側性転移に関する実験的研究-筋力トレーニングの対側転移-, 土佐リハビリテーションジャーナル, 1, (2002)
- 40) Moseley G L: Graded motor imagery for pathologic pain, Neurology, 67, 2129-2134, (2006)
- 41) Mulder T, Zijlstra S, Zijlstra W: The role of motor imagery in learning a totally novel movement, Experimental brain research, 154, (2), (2004)
- 42) Naito E, Matsumura M: Movement-related slow potentials during motor imagery and motor suppression in human. Cognitive Brain Research, 2, 2, 131-137, (1994)
- 43) 内藤 栄一, 運動習熟のメカニズム: 臨床スポーツ医学, 21, (9), (2004)
- 44) 中込 四朗, 土屋 裕睦, 高橋 幸治, 高野 聡: イメージがみえる-スポーツ選手のメンタルトレーニング-. 道和書院, 東京, (1996)
- 45) 西田 保, 勝部 篤美, 猪俣 公宏, 小山 哲, 岡沢 祥訓, 伊藤 政展: 運動イメージの明瞭性に関する因子分析的研究, 体育学研究, 26, 3, 189-205, (1981)
- 46) 西田 保, 勝部 篤美, 猪俣 公宏, 岡沢 祥訓, 伊藤 政展, 小山 哲, 鶴原清志, 吉沢 洋二: 運動イメージ統御可能性テスト作成の試み, 体育学研究, 31, (1), 13-22, (1986)
- 47) 西田 保: イメージとスキルの向上~ゴルフの指導~, 体育の科学, 41, (2), 122-127, (1991)

- 48) Olsson C.J, Jonsson B, Nyberg L : Learning by doing and learning by thinking: an fMRI study of combining motor and mental training. *Frontiers in human neuroscience*,2,(5),(2008)
- 49) Parsons L M : Visual discrimination of abstract mirror-reflected three-dimensional objects at many orientations. *Perception & Psychophysics*, 42, (1), 49-59, (1987)
- 50) Parsons L M : Temporal and Kinematic Properties of Motor Behavior Reflected in Mentally Simulated Action, *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 20, (4), 709-730, (1994)
- 51) Richardson A., 鬼沢 貞, 滝浦 静雄訳:「心像」. 紀伊国屋書店, 東京, (1973)
- 52) Richardson A : Verbalizer A cognitive style dimension : *Journal of Mental Imagery*, 1, (1), 109-126, (1977)
- 53) Schmidt,. R A, A Schema Theory of Discrete Motor Skill Learning, *Psychological Review*, 82, (4), 225-260, (1975)
- 54) Schmidt,. R A, and Lee,T.d : Motor control and Learning –A Behavioral Emphasis, 4th , *Human Kinetics Books* : America (2005)
- 55) Seidler R D, Noll D C : Neuroanatomical Correlates of Motor Acquisition and Motor Transfer, *Journal of Neurophysiol*, 99, 1836-1854, (2008)
- 56) Sekiyama K : Kinesthetic aspects of mental representations in the identification of left and right hands. *Perception & Psychophysics*, 32, (2), 89-95, (1982)
- 57) Shepard N R, Metzler J: Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science*, 171(3972), 701-703, (1971)
- 58) Shepard N R, Metzler J, Mental Rotation: Effects of Dimensionality of Objects, *Journal of Experimental Psychology*, 14, (1), 3-11, (1988)
- 59) 渋谷 智久 : 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. 修士論文(順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科), (2001)

- 60) Singer N R : Motor Learning and Human Performance Third Edition.
Macmillan Publishing Company ,New York,(1980), 松田 岩男監訳：スポーツ
トレーニングの心理学. 大修館書房, 東京, (1986)
- 61) Sirigu A, Duhamel J R, Pillon B C, Dubois B, Agid Y : The mental
representation of hand movements after parietal cortex
damage.SCIENCE,273,(5281),1564-1568,(1996)
- 62) 杉原 亮, 菊池 吉晃, 川道 拓東, 小早川 達, 遠藤 博史, 吉澤 修治 : Motor
Imagery における脳内処理の時空間構造, 電子情報通信学会技術研究報告. MBE,
ME とバイオサイバネティックス 97, (621), 21-28, (1998)
- 63) 鈴田 英彦, 大神 英裕 : 日常教示が身体表象におよぼす影響 : 九州大学心理学
研究, 2, 153-158, (2001)
- 64) 鶴原 清志, 山本 裕二, 岡本 敦, 今井 辰也, 水藤 弘吏, 池上 康男 : 運動
イメージの統御可能性(CMI)テスト・コンピュータグラフィック(CG)版の妥当性
と信頼性の検討, 総合保健体育科学, 30, (1), (2007)
- 65) 和田 尚 : 運動イメージの特性に関する研究, 京都教育大学紀要, 75, (1989)
- 66) Wohldmann E, Healy A F, Boume L : Pushing the Limits of Imagination ;
Mental Practice for Learning Sequences : Journal of Experimental Psychology :
Learning Memory and Cognition, 33, (1), (2007)
- 67) 山本 裕二 : 複雑系としての身体運動 巧みな動きを生み出す環境のデザイン.
第1版, 20, 東京大学出版会, 東京, (2005)
- 68) 山田 実, 上原 稔章 : 運動イメージ想起能力の年代別基準値の作成および高齢
者における転倒との関係, 理学療法, 23, (5), 579-584, (2008)
- 69) 山田 稔, 樋口 貴広, 森岡 周, 河内 崇 : 肩関節周囲炎患者における機能改
善とメンタルローテーション能力の関連性, 理学療法, 36, (5), 281-286, (2009)
- 70) Yue G, Cole J K, Strength Increases From the Motor Program ; Comparison
of Training With Maximal Voluntary and Imaged Muscle Contractions : Journal
of Neurophysiology, 67, (5), (1992)

Influence of Image Training on Motor Learning and Intermanual Transfer

Takanori Katoh
(Juntendo University)

Summary

[introduction] Image training (IT) belongs to the field of motor learning in the broad sense. In the field of motor learning, there is the ability known as intermanual transfer to the opposite side affect that it has been learned in the arm or leg on one side. This ability has been demonstrated by IT, but be less well understood, and no matching result. In addition, IT research as a method of measuring image "questionnaire" and "brain-imaging equipment" used. Though "questionnaire" want for objectivity, and "brain-imaging equipment" need to particular machine.

The purpose of study is following 3.

1. Training for the actual image, to clarify the effects on motor learning.
2. The motor skills acquired in the image training, which clarify that intermanual transfer is seen.
3. Mental rotation task is to consider whether can be used as a measure of motor imagery.

[Method] Subjects split Physical Training (PT) group, IT group and control (CT) group, used experiment task as Contact Juggling palm-roll task. The effects of motor learning, and to examine the effects of intermanual transfer training by five sessions. Mental rotation (MRo) performed tasks that measure their reaction time as an indicator of mental images. [Result] The achievement of the task, PT IT group had a marked effect of motor learning in both groups. However, PT group were found higher than the CT group, IT group and the CT group showed no difference.

"Achievement of task" in, "PT" and "IT" was observed in the intermanual transfer effect. More IT group only showed a "Efficiency index" effect. [MRo] ability "PT" and "IT" group skills were improvement. However, there was no difference between the two groups. It was found that IT affects motor learning and intermanual transfer. IT and PT were more clearly have different effects in intermanual transfer. The groups on acquisition of motor skills were found to shorten the time MRo skill, or by the transformation of the image that it was not disclosed.

In this study, the following 3 conclusions were obtained

1. PT and IT in a short time was improved motor skill to comparable level.
2. Effect of intermanual transfer was effective than more IT than more.
- 3, MRo task was suggested that have possibilities of a measure of motor imagery.

謝辞

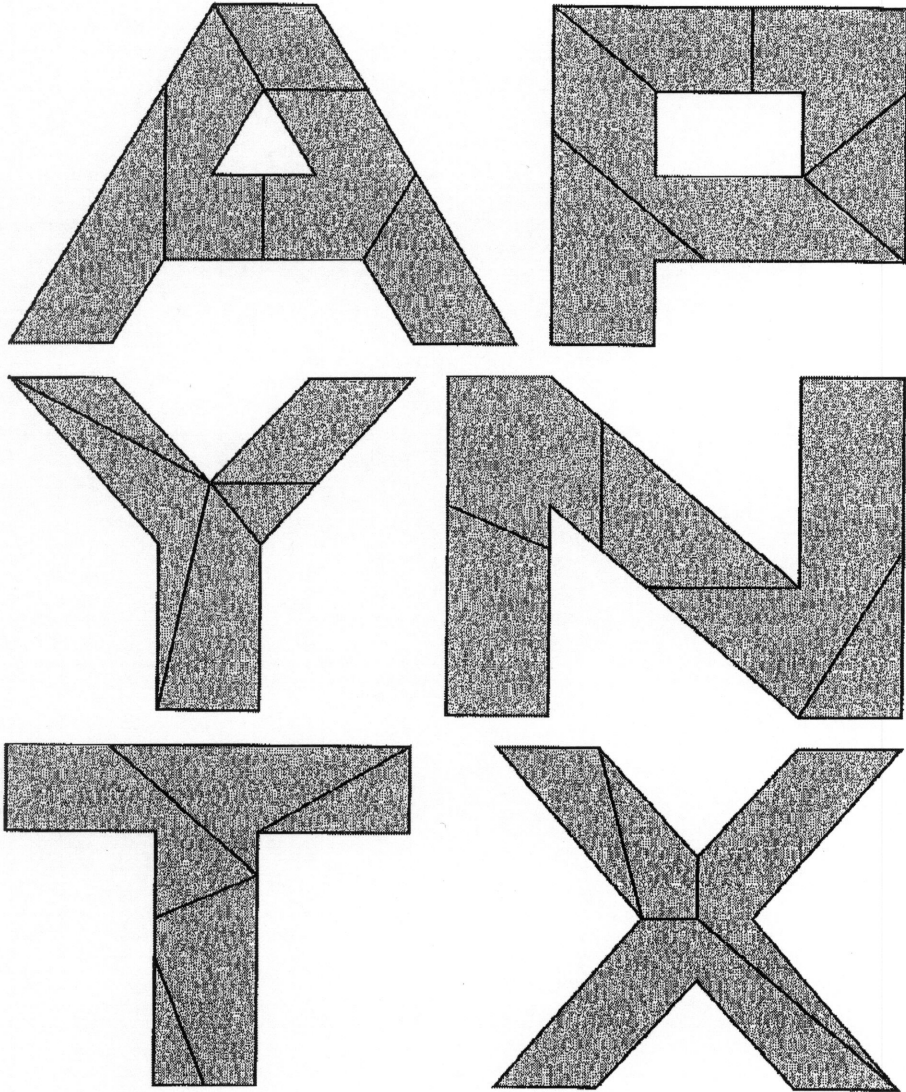
本論文の作成にあたり、論文指導教員である中島宣行教授には、多大なご支援、ご指導をいただいた、ここに深謝の意を表す。

主査である菅波盛雄先任准教授、並びに副査である青木和浩先任准教授には、論文審査のおり、本論文の細部にわたりご指導、ご指摘、激励をいただいた、ここに深謝の意を表す。

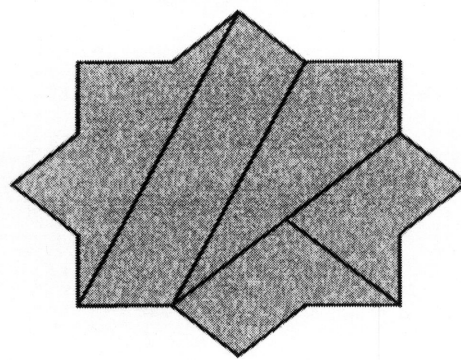
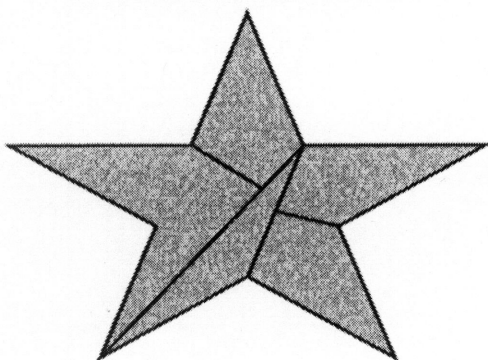
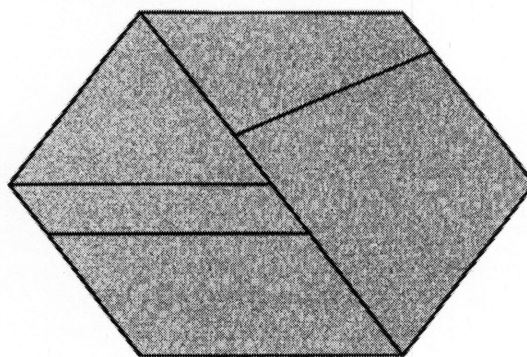
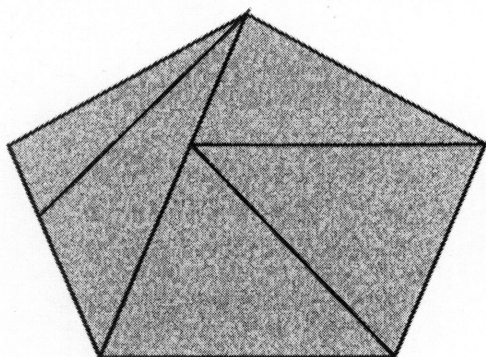
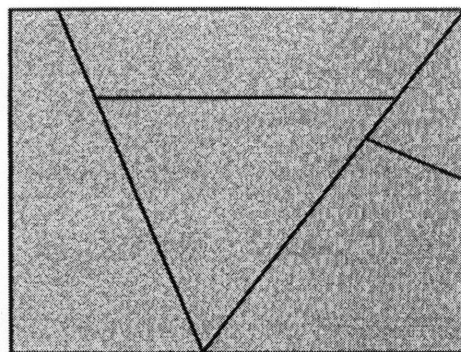
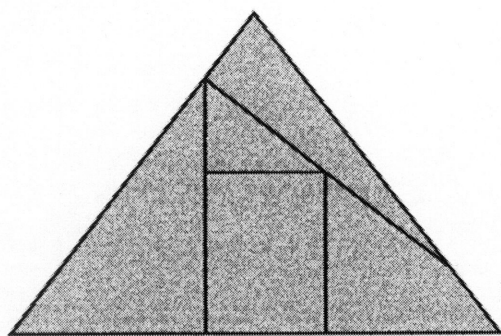
本研究の測定値評価の作成および統計手法にあたり、同専攻 OB である東洋学園大学、渋谷智久専任講師、同専攻である廣津信義先任准教授には、有益なご助言、ご指摘をいただいた、ここに感謝の意を表す。

最後に、実験にご協力いただいた順天堂大学体育心理学研究室、大学院生一同、学部生一同、そして本研究の実験を快く受けてくれた実験参加者一同に心から感謝の意を表す。

図形パズル①



図形パズル②



ラテラリティテスト実験用ファイル

初期設定	—	—	—	—	系列
刺激番号数=	11	—	—	—	—
ランダム化(0無し1有り)=	0	マウスカーソル	0	—	—
刺激番号	刺激(画像1文字2音声3)	刺激ファイルor文字	提示時間	キー入力	ランダム化
1	1	教示文.jpg	0	2	2
2	2	文字を書く	0	3	2
3	2	ハシをつかう	0	3	2
4	2	絵をかく	0	3	2
5	2	ボールを投げる	0	3	2
6	2	ハサミを使う	0	3	2
7	2	歯ブラシをつかう	0	3	2
8	2	スプーンを使う	0	3	2
9	2	短いホーキを持つ	0	3	2
10	2	マッチをする	0	3	2
11	2	ピンのフタをひねる	0	3	2

メンタルローテーション実験課題用ファイル (Pre)

初期設定	—	—	—	—	系列
刺激番号数=	33	—	—	—	—
ランダム化(0無し1有り)=	0	マウスカーソル	0	—	—
刺激番号	刺激(画像1文字2音声3)	刺激ファイルor文字	提示時間	キー入力	ランダム化
1		1 教示文.jpg	0	2	0
2		1 IMG_右裏 180.jpg	0	1	1
3		1 IMG_右 135.jpg	0	1	1
4		1 IMG_右裏 270.jpg	0	1	1
5		1 IMG_左 225.jpg	0	1	1
6		1 IMG_左裏 135.jpg	0	1	1
7		1 IMG_右 180.jpg	0	1	1
8		1 IMG_右 45.jpg	0	1	1
9		1 IMG_左 270.jpg	0	1	1
10		1 IMG_右 225.jpg	0	1	1
11		1 IMG_右裏 45.jpg	0	1	1
12		1 IMG_左 90.jpg	0	1	1
13		1 IMG_左裏 45.jpg	0	1	1
14		1 IMG_左裏 270.jpg	0	1	1
15		1 IMG_左裏 0.jpg	0	1	1
16		1 IMG_右裏 0.jpg	0	1	1
17		1 IMG_右 270.jpg	0	1	1
18		1 IMG_左 0.jpg	0	1	1
19		1 IMG_左 315.jpg	0	1	1
20		1 IMG_左裏 225.jpg	0	1	1
21		1 IMG_左裏 180.jpg	0	1	1
22		1 IMG_右裏 315.jpg	0	1	1
23		1 IMG_左 135.jpg	0	1	1
24		1 IMG_左 45.jpg	0	1	1
25		1 IMG_右裏 90.jpg	0	1	1
26		1 IMG_右 315.jpg	0	1	1
27		1 IMG_右裏 135.jpg	0	1	1
28		1 IMG_右 90.jpg	0	1	1
29		1 IMG_左 180.jpg	0	1	1
30		1 IMG_右裏 225.jpg	0	1	1
31		1 IMG_左裏 315.jpg	0	1	1
32		1 IMG_左裏 90.jpg	0	1	1
33		1 IMG_右 0.jpg	0	1	1

メンタルローテーション実験課題用ファイル (Post)

初期設定	—	—	—	—	系列
刺激番号数=	33	—	—	—	—
ランダム化(0無し1有り)=	0	マウスカーソル	0	—	—
刺激番号	刺激(画像1文字2音声3)	刺激ファイルor文字	提示時間	キー入力	ランダム化
1	1	教示文.jpg	0	2	0
2	1	IMG_右裏 45.jpg	0	1	1
3	1	IMG_右 135.jpg	0	1	1
4	1	IMG_左裏 0.jpg	0	1	1
5	1	IMG_右裏 0.jpg	0	1	1
6	1	IMG_左 135.jpg	0	1	1
7	1	IMG_右裏 270.jpg	0	1	1
8	1	IMG_左 270.jpg	0	1	1
9	1	IMG_右裏 180.jpg	0	1	1
10	1	IMG_左裏 180.jpg	0	1	1
11	1	IMG_右 270.jpg	0	1	1
12	1	IMG_左 0.jpg	0	1	1
13	1	IMG_右 180.jpg	0	1	1
14	1	IMG_右裏 90.jpg	0	1	1
15	1	IMG_左 45.jpg	0	1	1
16	1	IMG_左裏 270.jpg	0	1	1
17	1	IMG_右 225.jpg	0	1	1
18	1	IMG_左裏 315.jpg	0	1	1
19	1	IMG_右 315.jpg	0	1	1
20	1	IMG_右裏 135.jpg	0	1	1
21	1	IMG_左裏 45.jpg	0	1	1
22	1	IMG_左 315.jpg	0	1	1
23	1	IMG_左裏 135.jpg	0	1	1
24	1	IMG_右裏 315.jpg	0	1	1
25	1	IMG_右 45.jpg	0	1	1
26	1	IMG_左 90.jpg	0	1	1
27	1	IMG_左裏 225.jpg	0	1	1
28	1	IMG_右 90.jpg	0	1	1
29	1	IMG_左 180.jpg	0	1	1
30	1	IMG_右裏 225.jpg	0	1	1
31	1	IMG_左裏 90.jpg	0	1	1
32	1	IMG_右 0.jpg	0	1	1
33	1	IMG_左 225.jpg	0	1	1

身体練習用フェイスシート

① 以下の質問にお答えください。

i, 生年月日 西暦 19 年 月

ii, 性別 (男 ・ 女)

iii, 部活動名 _____

iv, 競技経験年数 _____ 年

② 実験概要

	1セット				
身体練習群	模範映像視聴 (30秒)	→	身体練習 (30秒)	→	測定 (3秒全力テスト)

×

7セット(1・7セット目は非利き手)

イメージトレーニング用フェイスシート

① 以下の質問にお答えください。

i, 生年月日 西暦 19 年 月

ii, 性別 (男 ・ 女)

iii, 部活動名 _____

iv, 競技経験年数 _____ 年

② 実験概要

	1セット		
イメージ練習群	模範映像視聴 (30秒)	→	イメージトレーニング (30秒) → 測定 (3秒全力テスト)

×

7セット(1・7セット目は非利き手)

統制群用フェイスシート

① 以下の質問にお答えください。

i, 生年月日 西暦 19 年 月

ii, 性別 (男 ・ 女)

iii, 部活動名 _____

iv, 競技経験年数 _____ 年

② 実験概要

	1セット		
練習なし群	模範映像視聴 (30秒)	→	パズル (30秒) → 測定 (3秒全カテスト)

×

7セット(1・7セット目は非利き手)

実験参加同意書

体育心理学研究室

修士課程 2 年 加藤 恭章

指導教員 中島 宣行

- 1、本実験ならびに質問紙は「イメージトレーニングが運動学習及び両側性転移に及ぼす影響」というテーマで修士論文の執筆のために行って頂くものです。
- 2、実験の概要として、質問紙の回答後、実験参加者の方には 2 つの鉄球を手のひらで回してもらい、練習を重ねていくにつれどれだけ上達したかを試行毎に測定させていただきます。各試行の測定には、ビデオカメラを用いて鉄球の軌跡のみを撮影させていただきます。
- 3、本研究にて得られたデータは第三者に貸し出し及び公開される事はなく、統計的に処理され個人の特長は出来ないように配慮いたします。
- 4、実験及び質問紙の回答の最中に、身体的・精神的に不具合等などが生じた場合、実験者に報告していただければ、直ちに中断・終了していただく事ができます。
- 5、以上の事に同意していただけるなら、下記の同意書に署名して頂くと同時に本実験の参加同意書とさせていただきます。

同意書署名

平成 22 年 月 日

名前