

運動学習時において動作が生成する感覚に 意識を向けることの効果

鈴木 国威*

The effects of focus on sensations of movement in motor learning situations.

Kunitake SUZUKI

序論

私たちは、日常の動作一つ一つを意識して動作を行っているわけではない。むしろ自動化された動作自体は意識下のもとで制御される場合には、動作の協応が崩壊しパフォーマンスが損なわれること等が知られている¹⁾。例えば、スポーツ選手が練習では成績が良いにも関わらず、大会には良い成績を残せないことがしばしばあるが、これは過度の緊張下にある競技中のスポーツ選手等は動作を構成する1つ1つの運動に意識を向けてしまうことが原因の一つとして挙げられる。私たちが日常的に動作を行なう際には、1つ1つの間接運動に対して意識してはおらず、むしろ意識そのものは動作の目的やその動作の主体が関わっている環境の状況に向けられている場合が多い。

他方、新規な動作を学習する初期の段階においては、手順を意識的に確認すること等が必要であることが知られている^{2) 3)}。また、運動学習時において、意識を課題に関連する対象に向けさせる様な指示は莫大な情報から少数の適切な情報だけに意識を向けさせる効果が存在するため、学習者の情報処理の負荷が軽減され、その結果学習にも有効であると考えられている^{2) 3)}。さらに、動作法の理論をスポーツに応用している星野⁴⁾によると、学習の進行は内的モデルと実際の行動との差異を身体の動きに伴う感覚情報から検出し、その差をなくしてゆくという一連のステップから成立している。すなわち、動作自身からのフィードバック情報に意識を向けさせることで学習者の効率的な成績上昇を予測することは可能であると思われる。したがって、学習時に動作自身や動作から由来する情報に意識を向けることは重要であると考えられる。

以上のことから学習時に意識を動作に向けることはパフォーマンスの上昇を期待することが予

* すずき くはたけ 東京都立大学理学研究科/文教大学生生活科学研究所客員研究員

測される。しかしながら、多くの先行研究ではその予測とは逆に学習時に意識を動作に向けることで、学習の成績が損なわれ、また動作遂行の過程及び獲得される知識の特性も変容することが知られている⁹⁾。例えば、スキーのスラロームを模倣した装置を用いて左右の振り子動作を学習させる課題においては、足の動作に意識を向けさせる条件とスキー板の動きに意識を向ける条件を比較すると、スキー板に意識を向ける条件がより成績が高いことが報告されている⁵⁾。また、ゴルフパッティングにおいては、意識を動作に向けさせない教示による効果が示されている⁶⁾⁷⁾⁸⁾。Master⁶⁾は、ゴルフパッティングを学習させる際に、学習前にゴルフパッティングの手順を示した条件と練習中に数唱を求める条件を設定した。数唱は学習時に獲得される宣言的知識（ゴルフに関する明示的な手順などの知識）を抑制する効果が期待され、この状況下では意識は決して動作自身や課題には向けられないと考えられた。結果は、学習前に手順を示した群では練習中のパフォーマンスが上昇したのに対し、数唱を求めた条件ではパフォーマンスの上昇が相対的に少なかったことが報告されている。他方、練習後に専門家が動作を評価することを協力者に伝え、軽度のストレス下でゴルフパッティングをさせた場合には、数唱を求められた条件では練習中よりもパフォーマンスが上昇したのに対し、手順を示された条件ではパフォーマンスがのびなかったことが報告されている。すなわち、数唱を求められた条件下での練習によって獲得された動作は、ストレスに耐性を持つことが推察される。したがって、この結果は、数唱中には意識を動作に向けることが困難であるため、学習時に動作に意識を向けないことで、ストレスに頑強な知識を獲得することが可能であることを示している。また、意識の向ける対象が動作自体に向けられた場合、自動化された動作に意識を向けることによって生じるパフォーマンスの損失が同様の損失が観察されうると考えられる。

上記で述べた通り、学習段階の知見に基づくくと、意識を動作に向けることは効率的な学習に有効であり、またスポーツや臨床場面などの応用場面で多く用いられている教示も同様の理由で有効であるが、他方学習時に意識を動作に向けることによる悪影響が報告されている。意識を動作に向けることの影響は理論的には良いにもかかわらず、実験室場面において再現されないのは、学習時に求められる動作の特性を先行研究では考慮に入れていない可能性が挙げられる。動作は多くの自由度から構成され且つ様々なレベルの階層から成立しており⁹⁾、運動学習においては階層間の協応と階層内における要素の効率の良い情報処理が必要となる¹⁰⁾。特に学習初期には、多要素を少数の要素にまとめることが必要である¹¹⁾。運動学習が効率の良い動作を獲得するためには、意識を向ける対象は多要素を少数要素に導く様なもの、もしくは少数要素自体にむけることで学習の効率化がみられるのではないかと考えられる。すくなくとも、先行研究で観察されたように、動作に意識を向けることが学習の効率の低下につながることは少ないと考えられる。したがって、先行研究で意識を動作に向けることで生じた低パフォーマンスは、動作を構成する要素且つ学習時に再編成される少数の要素に対して意識を向けなかったためと考えられる。仮にこの考えが妥当であるならば、意識を動作に向けたとしても、学習に悪影響を及ぼすことは無く、高パフォーマンスが期待できる。本研究では運動学習時における動作の特性を考慮し、その特性に応じた手順を考慮に入れたうえで、意識が動作自身に向けられる際の学習のパフォーマンスや力学的な特性への影響を検討する。

本研究では動作を構成するどの要素に意識を向けさせるべきかをまずは推定する。具体的には、ゴルフパッティングの初心者と経験者を対象に、初心者と経験者との意識の向け方の相違を明らかにすることによって、その動作を獲得するために必要な意識の向ける対象を検討する（研究1）。

さらに、その対象に意識を向けさせることで実際に学習の効率が上昇したかを検討する（研究2）。

研究1

目的

ゴルフの経験者と初心者が実際のゴルフパッティングにおいて、どのように意識を向けているかを明らかにし、ゴルフパッティングの学習時にゴルフパッティングを構成する要素のうち意識を向ける対象が何かを検討する。

方法

協力者

日本人の大学生で、ゴルフ部に参加している男子学生7人が実験に協力した。ハンディキャップは平均値が23.85で、範囲が15～30であった。ハンディキャップやゴルフの経験の長さなどを考慮して、協力者を以下の2群に分類した：経験が12ヵ月以内、ハンディキャップが30の3人を初心者群、経験が30ヶ月以上、ハンディキャップが30未満の4人を経験者群に分類しておこなった。全ての協力者が実験の主旨やデータの取り扱いなどのインフォームド・コンセントを受けた後、実験に参加した。

実験装置

ゴルフパッティングを行なうために市販されている練習用のマットとパターを使用した。インパクトからボールを入れるためのホールまでの間は全てマット上が敷き詰めていた。ボールを置く場所からホールまでの距離は4 m、ホールの大きさは7 cmであった。パターの大きさはシャフトの全長が88 cm、グリップが26 cmであった。

手続き

協力者は、あらかじめ指定した場所におかれたボールを、パターを用いてボールを転がすことで、ボールがホールに入るようにボールをクラブで適切に打つように求められた。協力者はパッティングを5回連続行ない、また各試行の開始時点を自由に決定することが可能であった。5回のパッティング終了後、協力者が直前に行なったパッティングに関してどのように行っていたかを記述するように求められた。具体的には、「先ほどのパッティングをどのように行ったか?」「ふだんはどのように行っているか?」「初心者の頃はそれをどのようにおこなったか?」「他人にそれを教えるとしたら、どのような点を教えるか?」などの質問項目が用意され、上記の順番に呈示した。協力者はそれらの項目に口頭で答えを求められた。パッティング及びインタビューの様子はすべてビデオカメラで記録された。

分析法

実験終了後、ビデオカメラに記録されたデータから、ボールがホールに入った回数及びインタビューでのやり取りをコーディングした。ボールがホールに入った回数はゴルフパッティングの成績とみなした。また、インタビューでのやり取りは、実験者と実験の目的を知らない第三者の2名によって協議され、分類された。

結果

ゴルフパッティングの成績は、初心者の成績の平均値が0.3であり、経験者の成績の平均値が

2.75であった。確率化テストの結果、経験者群は初心者よりもゴルフパッティングの成績が良いことが明らかとなった ($p = .028$)。

インタビューの内容を分類した結果は表1に示している。「先ほどのパッティングはどのように行ったか?」と「普段はどのようにパッティングを行っていますか?」の問いにおいて、初心者は第3者の視点からみた動きに関する表現 (例えば、頭や手首の動き、基本的な動作の規則) が多くみられた。経験者はそれに加えて自分の動きからくる感覚について (力の加減、手の感覚) や心構え (集中して行う、強気) に関する記述が見られた。また、「他人の指導方法や覚えたての頃はどのように行っていましたか?」という質問から、両群とも課題の取り組みに関する報告が主にみられた。

考察

経験者のゴルフパッティングの成績は初心者よりも高いことから、本研究での協力者は明らかに経験者がゴルフの能力が高いことが推察される。したがって、本研究での初心者と経験者の区分は妥当な物と考えられる。

初心者及び経験者ともに自己の動作に関する記述が多くみられた。さらに検討すると、自己の動作に対する報告の中で、経験者がゴルフパッティングの際により感覚的な情報に意識を向けている表現が多いのに対し、初心者はゴルフパッティング時の動作を視覚的に述べている表現が多かった。したがって、初心者および経験者ともに動作に注目しているが、経験者はより感覚的な側面に注目していると思われる。経験者によるゴルフパッティング遂行時の意識の向け方は、フィードバック情報のうち感覚的な側面により注目しているという点で、動作法の理論をスポーツに応用している星野⁹⁾の方法に近いものと考えられる。星野⁹⁾は、自己の状態を規定する内的モデルと実際の行動のズレを身体の動きに伴う感覚情報を活用し、その差をなくすことが学習の過程であることを示唆している。この知見によると、経験者の意識の向け方は普段意識の向けにくい身体へ接近するための方略と考えることができる。

また、動作の記憶を扱った Engelkamp¹²⁾によれば、自分自身の動作を自分自身の視点でイメージすることと実際に動くことは、他者の視点で自分が動いている様子をイメージすることよりも、

表1 ゴルフパッティングに関する初心者と経験者のインタビューの内容

	先ほどのパッティング	覚えたての頃	他人への指導	普段のパッティング
初心者 (n=3)	頭の動き 手首の動き テンポリズム	まっすぐボールを打ち出すパットの回数 手の形が5角形 テークバック	手首の動き 体の軸 足と打つ方向	基本的な動作の規則 手首の動き ボールとホールとの距離 リズム
経験者 (n=4)	力の加減 集中して 寒さに関して パットの方向 バターの性質 道具について 手の感覚	5角形 (2) 手首の動き (2) ヘッドの動き スイングの幅 先輩のまね 右手の感覚	力の使い方 (2) 5角形 スイングの幅 (2) 手首とパットの面 手首の動き	力の使い方 (2) ゆったりとした感覚 強気 全部入れるつもり 体が固くならないように パットの回数 スイングの幅 基本的な動作の規則

動作の情報が文脈から独立して符号化される。ゴルフパッティングは環境から由来する変動が少ないクローズ・スキルであるため、状況に応じた運動プログラムを形成する必要性が低く、動作を構成する各々の要素が独立して符号化することが相対的に効率の良いゴルフパッティングの学習と考えられる。したがって、自己の動作に意識を向けることはゴルフパッティングにおいても有効な手続きである可能性があると考えられる。

初心者と経験者のインタビュー内容の違いとして、経験者はよりゴルフパッティングの道具（パター、ボール）や道具の動きなどにも意識を向けていたが、初心者にはそれが無かった点が挙げられる。先行研究で報告されているように、学習時に意識を動作ではなく動作に付随するものに向ける場合には、学習の成績が上昇していることが報告されている⁹⁾。したがって、道具に関する言及は動作に付随するものへの意識の現れと考えられるので、経験者が意識を外部に向けることは、意識を動作の感覚に向けることと同様に学習の成績が上昇する可能性が考えられる。

研究2

目的

研究1によって得られた経験者のインタビューの内容から、意識を向ける対象は動作の感覚と動作に付随する道具や外部の変化の2つが挙げられる。本研究では、序文にも述べた通り、動作に関連する要素に注目させることによる学習への影響を検討することが目的であるので、意識を動作の感覚に向けた場合の学習への影響に焦点をあてる。

また、本研究では学習の進展度を検討するために、ゴルフパッティングを行なわせながら別の課題を同時に行なわせること（2重課題）とその課題終了後におけるゴルフパッティングのパフォーマンスを比較検討した。もし、2重課題の有無によって、パフォーマンスが学習時に意識の向ける対象によって異なるのであれば、学習によって獲得された知識は意識の向け方によって外乱への耐性が異なると考えられる。

方法

協力者

右利きでゴルフ初心者の大学生22人（男性5名、女性15名、年齢は18歳から25歳までで中央値は20歳）が実験に参加した。全員がゴルフパッティングの未経験者であった。報酬は実験が終了後、協力者にクリアファイルケースを与えた。

実験装置

研究1と同一のボール、パターを用いた。研究1とは異なるものを用意した。ボールを置く場所からホールまでの距離は170 cm、ホールの大きさは7 cmであるゴルフマットを使用した。

手続き

本実験は、4つのセッションから構成されており、始めのセッションは事前セッション、2番目のセッションは練習セッション、3番目のセッションは2重課題セッション、4番目のセッションは事後セッションであった。事前セッションと練習セッション、事後セッションにおいてはゴルフパッティングの課題、2重課題セッションにおいては2重課題を行なわせた。

協力者のゴルフの知識を測定するために、23の設問を用意した。1問につき1点とした。主に、用語とルールの問題であった。協力者が全問題に解答をした後に、協力者はゴルフパッティング

を20回行なった。この20回の成績に基づいて、協力者に教示を与えた。この手続きは、教示の違いによるグループ間の差が学習前からあるかないかを確認するために行なわれた。意識の向け方を操作するために、ゴルフパッティング遂行時に生じる動作の感覚に注目するように教示された条件（感覚教示群）と特に教示を与えない条件（教示無し群）の2種存在した。両条件群とも40試行からなるブロックを5回行った（練習セッション）。その後、2重課題を20試行おこなった（2重課題セッション）後、さらに20試行おこなった（事後セッション）。休憩は各セッションの間と練習セッション内のブロック間で行われた。休憩は5分から6分であったが、協力者の要望により1分ほど延長した場合もあった。休憩中にどのように行ったかに関するプロトコルを採集した。

2重課題は、先ほどのゴルフパッティングを行っている最中に音を提示し、数字をランダムに素早い発声を求める課題であった。音の提示間隔は約1秒から4秒の範囲であった。

すべてのゴルフパッティングが終了した後、協力者にパッティングを行う際に生じる感覚を意識していたかどうかを質問した。

データの収集と解析

パフォーマンスはボールがホールに入った回数とした。家庭用8ミリビデオカメラ2台はゴルフクラブのヘッドの動きが撮影可能な位置にそれぞれ設置された。キャリブレーションは実験開始前に協力者ごとに行なった。撮影されたデータはカノーブス社のVideo Commander 32を用いて、サンプリングレート30 Hzでコンピュータに取り込まれた。ニューロサイエンス社の簡易3次元動作分析システムを用いて、DLT法（Direct Liner Transformation）により、ゴルフクラブのヘッドの位置情報は3次元データに変換された。その変換された位置情報からノイズを除去するために、3次の移動平均が適用された。インパクト（動画からボールが接触した時点）を視認し、その時点のヘッドの移動速度を位置情報から算出した。分析対象試行は、事前セッションの最初と最後試行、各練習セッション内の最後の試行、2重課題セッションの最初と最後の試行、事後セッションの最初と最後の試行であった。

結果

練習セッションにおけるブロック5において、パフォーマンスが40%以下であった協力者1名とデータ収集の際、機械の不調により撮影が不可能であった協力者1名を分析から削除した。

ゴルフの知識

最初に行なわれたゴルフの知識の結果は、教示無し群が3.5点（SDは2.67）感覚教示群が3.7点（SDは2.5）であった。両群の間には統計的な差がみられなかった（ $t(18) = 0.171, n.s.$ ）。したがって、両群には知識における差が無いと考えられる。

インタビュー

教示通りに協力者が意識を動作が生じる感覚に向けていたかどうかを検討するために、実験終了後に行なわれたインタビューの結果において、感覚教示群で感覚に注目していたと答えた人数は8名、教示無し群は2名であった。Fisherの直接確率検定おこなった結果、感覚教示群は「はい」と答える被験者が多く、教示無し群は「いいえ」と答える被験者は少ないと示された（ $p = .023$ ）。したがって、感覚教示群はおおよそ実験者の指示どおりに行っていたと考えられる。

パフォーマンスの分析

協力者がボールをホールに入れることができたパフォーマンスの平均値を図1に示す。事前

セッションの成績は感覚教示群が24、教示無し群が18.5であり、差が見られなかった ($t(18) = 0.09, n.s.$)。したがって、学習前のゴルフパッティングの能力には両群に差が無いと考えられる。練習セッションが進むにつれ、感覚教示群の平均値は36から61.25まで上昇し、教示無し群は34から59まで上昇した。2重課題セッションにおいては、感覚教示群、教示無し群ともにゴルフパフォーマンスが減少した (感覚教示群が43.5、教示無し群が42.5)。事後セッションにおいて、感覚教示群は65、教示無し群は63.5まで回復した。ゴルフパフォーマンスを 2×8 の分散分析 (グループ \times セッション) を行った結果、セッションに主効果が有意であった ($F(7,126) = 36.68, p < .001$) が、グループの主効果 ($F(1,18) = 0.14, n.s.$) と交互作用 ($F(7,126) = 0.22, n.s.$) は有意ではなかった。

動作の分析

被験者ごとに算出されたインパクト時の速度の平均値を図2に示す。インパクト時の速度は、両群とも事前セッションでは大きかったのが、練習セッションで大きく減少した (教示無し群は1.65 m/sから1.17 m/s、感覚教示群は1.31 m/sから1.11 m/s)。その後、事後セッションにいたるまで相対的に大きな変化はなかった。2 \times 4の分散分析 (グループ \times セッション) をおこなった結果、グループの主効果 ($F(1,18) = 6.78, p < .05$)、セッションの主効果 ($F(3,54) = 24.53, p <$

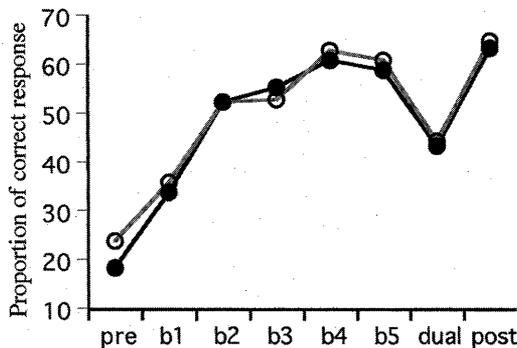


図1 ゴルフパッティングの成績 (preは事前セッション、b1~b5は練習セッション、dualは2重課題セッション、postは事後セッションを示す。白丸は感覚教示群、黒丸は教示無し群を示す。)

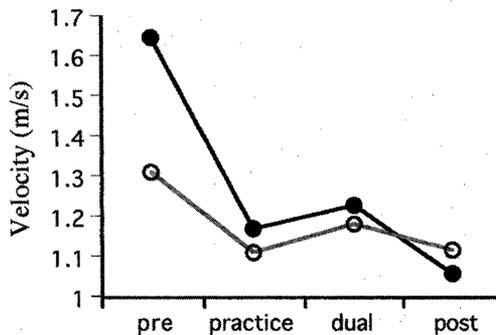


図2 インパクト時のパターの速度 (preは事前セッション、b1~b5は練習セッション、dualは2重課題セッション、postは事後セッションを示す。白丸は感覚教示群、黒丸は教示無し群を示す。)

.01)、交互作用 ($F(3,54) = 5.58, p < .01$) が算出された。交互作用が有意であったため、セッション毎に単純主効果を算出した結果、事前セッションと練習セッションにおいて、教示無し群は感覚教示群よりも大きかった (事前セッションは $F(1,18) = 8.64, p < .01$ 、練習セッションは $F(1,18) = 5.77, p < .05$)。また群ごとに単純主効果を算出した結果、セッション間が有意差であった (教示無し群は $F(3,54) = 26.57, p < .01$ 、感覚教示群は $F(3,54) = 3.55, p < .05$)。多重比較の結果、教示無し群は事前セッションが他のセッションよりも大きく、事後セッションは2重課題セッションよりも大きかった。感覚教示群は、事前セッションよりも練習セッション、事後セッションの速度が遅延した。

考察

練習開始前に行なわれた協力者の課題に関する知識 (ゴルフの知識) 及びゴルフパッティングのパフォーマンスの結果から、教示無し群と感覚教示群は同程度のゴルフパッティングの能力を有していたと考えられる。また、練習遂行中に向けられた意識の対象は、感覚教示群では明確に自己の動作の感覚であり、他方教示無し群では動作の感覚に向けられてはいなかったと考えられる。さらに、学習中のゴルフパッティングの成績や2重課題セッション及び事後セッションにおける成績は、教示無し群と感覚教示群との間に差が観察されなかった。したがって、本研究で用いられた教示は確かに協力者の意識を動作の感覚に向けさせたが、ゴルフパッティングのより効率的な学習につながらなかったと考えられる。

教示無し群と感覚教示群との間にゴルフパッティングの成績に差が生じなかったのは、方法論的問題が挙げられる。感覚教示群においては自己の動作が生じる感覚に意識を向けさせていたのに対し、教示無し群では意識に関しては実験者側から操作が加えられていないので、学習者が自由に対象をきめることが可能であった。先行研究によれば、学習者が面している状況が複雑である場合、技能や運動学習を行なわせる際に明示的に刺激の出現ルールや課題を遂行するための方略などを学習者に呈示するとかえってそのルールに縛られて、効率の良い学習が行なえなくなることが知られている¹³⁾。本研究においても、感覚教示群には明確な教示を与えたので、協力者はそれにとらわれた結果、学習効率の改善がなかった可能性が考えられる。

しかしながら、感覚教示群と教示無し群に差が生じなかったのは、むしろ感覚教示群が先行研究と比較してより効率的な学習を行なえたとも考えられる。感覚教示群は自己の動作が生じる感覚に意識を向けさせているのに対し、先行研究では単に動作に意識を向けさせる操作が多かった⁹⁾。すなわち、本研究の意識の向ける対象は、先行研究と同様に動作であったが、動作の感覚であったため、より対象が限定されたものと考えられる。したがって、本研究では他の条件と同等の成績が観察されたのは、先行研究と比較してより限定された対象である動作の感覚に意識を向けた結果であると考えられる。

動作の分析の結果、事後セッションにおいてインパクト時の速度は教示無し群の方が感覚教示群よりも速度が遅くなった。ボールの軌道や移動速度はインパクト時にバターからボールに伝えられる力によって決定されるが、本研究ではボールやボールからホールまでの距離等は一定であるので、よりインパクト時のバターの速度が緩やかである方が効率よく力をボールに伝えられたことになる。同様の知見は、ゴルフの初心者とトーナメントプロのパッティングを比較した研究¹⁴⁾においても、トーナメントプロの方がより緩やかなスピードでゴルフパッティングを行なっていることから伺い知ることが可能である。本研究では、事後セッションに教示無し群が感覚教示

群のインパクト時のパターンの速度よりも遅かったのは、教示無し群がより効率的にボールに力を与えられたためであり、また事後セッションが2重課題セッションよりも後で行なわれたので、教示無し群は2重課題の影響が残存しなかったため学習の進行が可能であったと考えられる。したがって、教示群と感覚教示群との間にパフォーマンスの差は観察されないが、動作そのものは教示無し群の方が効率的であった可能性が考えられる。

以上のことから、先行研究では単に動作に意識を向ける場合には動作が崩壊し、非効率的な学習が報告されていたが、本研究のように動作が生成する感覚にのみ意識を向けさせることによって、動作の崩壊は生じ難いことが明らかになった。しかし、意識を動作が生成する感覚に向けるという方法のみでは、顕著な学習の効率化や動作の質の改善には至らず、幾つか問題が存在することも明らかとなった。

引用文献

- 1) Higuchi, T., Imanaka, K., & Hatayama, T.: Freezing degrees of freedom under stress: Kinematic evidence of constrained movement strategies. *Human Movement Science*, 21, 831-846. 2002.
- 2) Magill, R. A.: *Motor Learning*. Fifth Ed. WCB McGraw-Hill: Boston. 1998
- 3) シュミット R. A.: 運動学習とパフォーマンス、調枝孝治 (監訳)、大修館書店 1994 (Schmidt, R. A.: *Motor learning and performance: From principles to practice*. Champaign: Human kinetics. 1991)
- 4) 星野公夫: スポーツ指導における動作法、成瀬悟策 (編)、教育臨床動作法別冊、現代のエスプリ、至文堂、70-79 1992
- 5) Wulf, B., & Shea, C. H.: Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9 (2), 185-211. 2002
- 6) Master, R. S. W.: Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, 83, 343-358. 1992
- 7) Hardy, L., Mullen, R., & Jones, G.: Knowledge and conscious control of motor action under stress. *British Journal of Psychology*, 87, 621-636. 1996
- 8) Bright, J. E. H., & Freedman, O.: Differences between implicit and explicit acquisition of a complex motor skill under pressure: An examination of some evidence. *British Journal of Psychology*, 89, 249-263. 1998
- 9) Newell, K. M., Liu, Y.-T., & Mayer-Kress, G.: A dynamical systems interpretation of epigenetic landscapes for infant motor development. *Infant Behavior & Development*, 26, 449-472. 2003
- 10) Hodges, N. J., Hayes, S., Horn, R. R., & Williams, A. M.: Changes in coordination, control and outcome as a result of extended practice on a novel motor skill. *Ergonomics*, 48, 1672-1685. 2005
- 11) Vereijken, B., Van Emmerik, R. E., Whiting, H. T., & Newell, K. M.: Free(z)ing degrees of freedom in skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 24 (1), 133-142. 1992
- 12) Engelkamp, J.: Imagery and enactment in paired-associate learning, Logie, R. H. & Denis, M. (eds.), *Mental Images in Human Cognition*, Amsterdam, North-Holland. pp119-128. 1991
- 13) Green, T. D., & Flowers, J. H.: Implicit versus explicit learning processes in a probabilistic, continuous fine-motor catching task. *Journal of Motor Behavior*, 23, 293-300. 1991
- 14) Delay, D., Nougier, V., Orliaguet, J.-P., & Coello, Y.: Movement control in golf putting, *Human Movement Science*, 16, 597-619. 1997