

Ⅲ スポーツの認識と習熟(1) 生理学的アプローチ 山崎健

スポーツ活動における運動技術の学習の問題は、従来は身体的諸能力の形成過程としての「体力トレーニング」とは一応別個の問題として考えられてきた。しかし、人間の個体発生過程における全面発達を考えた場合、L・S・ヴィゴツキーの指摘するように「人類史的所産としての文化(財)」の獲得により「人間に独自の精神的発達」が実現されるという点は明白である。そして、A・N・レオンチェフの「サジ学習モデル(1)」に示されるように「操作を媒介とした文化(材)」に入り込むことにより「人間的能力の発達・開花(系統発生の個体発生での実現)」がなされるという指摘は「身体活動の技術を媒介とした文化(材)」の獲得過程における人間的に独自の能力の発達の可能性を示すものである。ここでは、スポーツ活動の習熟という概念が、単に「運動技術の学習」の過程にのみとどまらず「そのスポーツ活動に固有の」身体的能力の発達をも前提として成立する点を、生理学のおよび神経生理学的知見との対応から検討しようとするものである。

1 身体的能力とスポーツ能力 — 運動能力の具体性と抽象性 —

現在の身体的能力としての「体力」の定義は、一定の成果を「身体資源(physical resource)」としての「出力系」と「それらをコントロールする制御系」とに構造化してとらえる考えかたが一般的である。そして、この「出力系」において、従来の運動(労作)生理学や体力科学の定義で

は、例えば「持久力」は有酸素的作業能力として「最大酸素摂取量」といういわば「抽象的」パラメータを用いて評価されてきた。しかし、この最大酸素摂取量の値には自転車エルゴメータやトレッドミル走での定格的負荷によって得られる、いわば「標準的」なものと、測定・実験条件の特殊性に鋭定される(例えば水泳とノルデックスキーとの負荷変動のデータの比較の困難さなど)いわば「個別的」なものが混在すると考えられる。そして、同一の「標準的」最大酸素摂取量を持つ被験者が「個別的」にはパフォーマンスとの関係で異なった測定値を示した場合には「運動遂行の経済的効率のちがい」とみなされており、筆者もこの定義は妥当なものと考えている。しかし、このことをもって $P = S \times f(R)$ (S はスキルの係数、 R)は出力関数) という単回帰式的モデル(2)にあてはめ、そのデータの差を「技術の完成度のちがい」とみなし、技術の完成(スキルの係数のみの向上)に伴い「現在充分には利用されない身体資源」を動員できるようにする、と考える(技術の完成と身体資源の発達とを別過程と考える)ことは妥当な見解とは思われない。

これは人間の出力特性が「機械論的」エネルギー供給系として作働していない可能性を意味し、I・オストランドが間欠的作業時に単位時間内の総酸素摂取量がさほど低下しないにもかかわらず主観的運動強度の低下と酸素摂取量、心拍数および血中乳酸濃度の最高値は低下し、この傾向は作業継続時間が短いほど顕著であるというデータ(3)とも一致するものである。この間欠的作業と持続的作業との生体反応の差異に類似した現象は、陸上競技の長距離ランナー

との比較における距離スキー走者に時に顕著に観察される。それは、スキーにおいては登りの間に上昇した心拍数が降りの際に急速に低下するという負荷変動特性(登り、降り、平地がそれぞれ三分の一という点)に対応した生体応答が「特殊的」な間欠的作業能力して形成されていると考えられるからである。

猪飼の指摘するように、人間の出力特性が「空間 (spacing)」「時間 (timing)」「強さ (grading)」という三次元的構造を持つと規定(4)した場合、有酸素的持久力と無酸素的瞬発力の配列の決定は運動遂行の「具体的条件(テンポ変動、継続時間、動作選択、変容、疲労発現等)」に依存して形成され、それらの能力が「標準的」測定方法により「抽象的」概念を持つものとして評価されるのであって、決してその逆ではあり得ない。ゆえに、「個別的・特殊的」に形成された出力系はその作動範囲の条件内において「転移性」としての「普遍性・一般性」を持つものであり、出力系の作働条件が厳格であればあるほどその「一般性」を消失してゆくものと思われる。これらは「具体性」と「抽象性」という概念よりも「分化」と「未分化」という把握がより正確なものと思われ、「専門的段階」と「導人的段階」とも規定できるものである。V・ジャチコフは、走高跳選手のジャンプカのトレーニンングについて「全面的身体づくりの手段が持っている独自の特徴に流されないように、これらを専門的ねらいに基づいて選択することが大切である」と述べ、さらに「実際の経験からわかったことであるが、走高跳をも含めて、ある特定のジャンプ種目のジャンプカを養成するには、取り入れる運動が専門種

目の踏切り動作の構造および神経・筋の緊張の性質にどの程度合致しているかということが問題となってくる。このためジャンプ力は、各ジャンプ種目における動作の構造および神経・筋肉作業の特徴に応じて(いろいろな距離の競走に要求される持久力の場合と同じように)、専門化された方向に発達させる必要がある」と指摘している(V・ジャチコフ・金原・川西訳、走高跳のトレーニンング、ベースボール・マガジン社、1966年、22〜23ページ)。また、筆者の研究室では、志田が、その場跳躍と助走付き跳躍との筋電図、膝関節角度およびパフォームマンスとの比較をおこない、跳躍のパフォームマンスを決定する要因が主として「エネルギー発揮の側面」に依存しているのかによって運動構造と出力特性とにちがいが生ずることを指摘している。これらの点からスポーツの習熟としての高いパフォーマンスの発揮は、有酸素的過程と無酸素的過程とが三次元的配列を持って運動課題に適応して形成されたことを意味し、その経過において運動技術の獲得と対応した「制御系」での配列の符号化(en-coding)と再帰的発現(de-coding)の過程が完成されるものと考えられる。ゆえに、スポーツトレーニンングの過程においては「一般的能力」は「専門的能力の形成」を前提として成立する概念であり、現実のスポーツ場面での運動構造と出力特性のシミュレーション・トレーニンングを経過して「専門的能力」へと発展する系統性をもったものである。

2 運動習熟の形成と転移 ― 形成過程の三段階とその矛盾 ―

スポーツ活動の中核としての「運動技術」の規定については本書の別章に詳細に述べられているが、ここでは「獲得の対象となる動作(系)」を「時間的」「空間的」および「強さ」の三次元的配列を持つ運動経過での主要な「単位(unit)」―「要素(factor)」ではなく「一定の性格(5)」を持ち、その概念において伝達可能なものと規定する。ここで「単位」という表現を用いたのは、動作の横断的系列での無価値論性にたいする縦断的系統性(階層性)の存在を考慮しての意味をも含むものである。一般的に、動作の獲得過程はオペラント条件付けのカテゴリーに分類されているが、筆者は人間の行動における運動習熟の形成は、単なる「操作の無価値論的な定着」にとどまらず「文化・歴史性」を内在させた「認識過程」としての性格を持つものと考ええる。

芝田は、認識過程(第一信号系による感性的認識)を高次神経活動としての条件反射の汎化と分化の段階から次の三段階に分類している(6)。

- ① 混沌性の段階現象あるいは状況の全体について混沌たる表象をもつ段階。
- ② 分析の段階現象あるいは状況を個々の部分にわけ、そのエレメントの性質を反映する段階。
- ③ 総合の段階個々の部分の相互連関を反映し、そこから全体をつくりあげる段階。

また、K・マイネルは「運動系における学習の位相」という観点から三つの特徴的な位相、あるいは発展段階を経過するとして次の三段階を区分する(7)。

位相A・粗形態における基礎経過の獲得、運動の粗協調。

位相B・修正、洗練、分化(運動の精協調)。

位相C・定着と変化条件への適応(運動の安定化)。

A・ツェ・プー二(8)は、A・N・クレストフニコフ(9)の定義に基づき、またN・G・オゾーリン(10)は「全習分習・全習」という過程からそれぞれ三段階に分類している。

筆者は、実践の主体の意識の側面では、第一段階における特徴として「単位のキャラクター」の「前言語的」な特徴があると思われるが、この段階では感覚的記憶と対応した運動遂行が主要なものであり「個々の概念的説明」は困難である。しかし、既に第二段階以上の水準で獲得された類似した動作であれば「主観的(個人内)」にあるいは「客観的(他人に対して)」に説明することが可能となる。しかし、この「新たな獲得対象」の問題は、「運動の基本的形態」が存在する以上はそれらの組み合わせかたとしての「単位としての配列」が主要獲得対象として存在する面も考えられる。また、このことと同様の論理で「既得の類似した配列」が存在する場合には「若干の配列の変更」で処理できる可能性も考えられる(たとえば軟式テニスと硬式テニス、バドミントンなどの幾つかの部分)。第二段階においては、認識の分化と意識化の進行に対応して「個々の修正」が可能となる。この「初期的融合による配列の結合」を保証してきたキャラクターユニットの崩壊は、一方ではマイネルの指摘するように該当する部分の「言語語的」意識化と伝達が可能となり運動系の学習が進展したことを意味するが、他方では獲得されるべき対象の「主要な単位」からの「個々の要素の遊離」による運動遂行の障害の発現を

意味するものである。この「矛盾した性格」の存在は、一種の「主観的困惑(今迄できていたものができなくなる)」をたらすものであるが、その発現の程度は各個人の「運動経験の財産(マイネル)」、単位としての配列の豊富な蓄積／要素の結合による処理経験の有無、によって異なってくるものと思われる。この個人差を形成する「幾つかの個別的な経験の蓄積」は、「要素の構造的把握」あるいは「運動系における質(マイネル)」の発生という概念に属するものと思われ、ゆえに「普遍的」に第三段階への移行可能性のモデルを示すものと思われる。この三次元的配列の分離に伴う「主要キャラクターと個々の要素のズレ」の解決と第三段階への移行のモデルを考えた場合、配列のもつ「一連の流れを持つ完結した運動経過」に規定されている「単位の一側面(現象)」をどう把握するのか、いかえれば獲得対象の配列の性格を内在させた「シミュレーションモデル」をいかに設定するのかという問題に帰着するものと思われる。例えば「インパクト」という「主要局面」の修正を考えた場合、空間的構造化の尺度からは、それ以前の「準備局面」に何らかの問題点があり、さらに前動作の「終末局面」にも何らかの問題点が存在する可能性がある(「準備局面の不足か過大」や「終末局面からの復帰状態(特にラケットスポーツで次の動作へ円滑に移行できるか否か)」など)。また時間的構造化の尺度からは、修正すべき局面をエフォート(実施の努力)を軽減した時間的な流れのなかに位置づける(ある動作を「いつやるべきかを考える」)モデルが課題となる(例えばハードルのインターバルを短縮し好ましい三歩のリズムで「楽に」できる条件

を設定し「抜き脚操作」のタイミング(ためておいて一気に胸にひきつける)を習得することなど)。強さの構造化では、運動の経過での筋活動の発現の水準を「内言的(ルリア(5)、ソコロフ(11))」に処理するモデル(うなり声やハミングの強弱を手掛りとしての出力調節など)や「行動密着型内言(“グリーンツといってトン・トン・バツ!”など)」によるタイミングと出力の同時調節モデルなどが考えられる。マイネルは「運動系における質」というカテゴリーを次の三群に分けている。

① 図彩的諸徴表・直接視覚的に把握できる運動の外的な経過(空間・時間的構造や運動調和

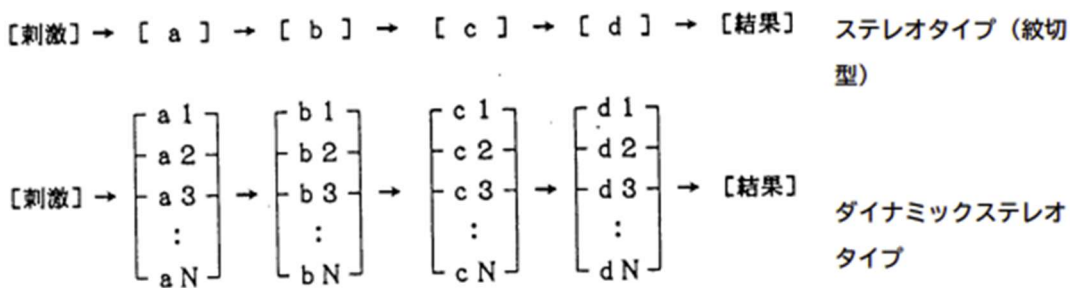
② 力動的諸徴表・運動リズム、運動の流動、運動の弾性、運動の伝導。

③ 心理的諸徴表・意識的な制御、特に目的適合性の度合(運動の正確さと運動の先取り)。

そして、これらが「運動全体のある本質的側面を表わす」ものであり、「すべての諸徴表がいっしょになって初めて運動協調の達成度を浮き彫りに示す(12)」ものと規定している。筆者は、これら八つのカテゴリーはいずれも運動の安定化の示標であるとともに運動の精協調の完成過程での「構造的把握の尺度」として最も重要な点であると考ええる。筆者の研究室では、渡辺、上野、船山、岩本、波多らがこの「先取り(anticipation)」と「正確性(accuracy)」の問題をスポーツ場面のシミュレーションを用いて対人的状況下での選択反応時間から検討し、上級者においては相手方ディスプレイからの情報検索が速くかつ現実的情報(フェイントやパスなどでのボールの動

き)よりも早期に反応動作の遂行が始まっている(相手方の準備動作の段階で反応方向を判断し対応している)点が特徴的であった。筆者はまた八方向での選択反応時間の実験において事前に反応方向を「予測」させることによる影響を検討し、「予測」の導入が「判断に要する時間」だけでなく「動作方向の準備の時間」をも短縮させている点(primary - setting)による脊髄レベルをも含む影響を報告し、同時に「予測の外れ」による primary - setting の解除に伴う遅延現象(H・T・A・ホワイティングによる「心理的不応期」(13))／筆者の「フェイント効果のシミュレーションモデル」を報告した。この「予測—正確性系(anticipation - accuracy - loop)」による運動反応の円滑な遂行をめざすことは対人的段階以上のスポーツトレーニングの「構造的把握」のモデルとして重要な点と思われる。第三段階における運動習熟の特徴については、クレストフニコフ、プーニ、マイネルらにより詳細に述べられているので本稿では省略するが、東欧圏の心理学的ターミノロジーとしての「ダイナミックステレオタイプ」について、筆者の考えるマトリクスモデル(第1図)を提示し、その問題点を考えてみたい。

ステレオタイプの場合は線型モデル(対応の幅がない)に近いが、ダイナミックステレオタイプの場合はマトリクスモデルとしての構造を持ち、外的環境の変動に対処する「サーボ制御の幅(意識の水準にまで達しない)」があり条件変動に対する易動性・適応性が高い。ここで、各「マトリクス間」の移行は運動習熟の形成に伴い円滑化するとともに遂行の障害の発生により「意識的な確認・検索・修正」が可能である。これに対



第1図 ダイナミックステレオタイプとステレオタイプの比較

※ a1~aN は、a というプロトタイプの外的環境の変動に対応するサーボ制御の幅を示す。

して各「マトリクス内」での選択・発現の過程は「意識の水準」にまでのぼらないものと思われる。これは、マトリクス内での応答が主として環境条件の細部変動(トラックの材質、器具の規格、バートナーや相手の対応の変化など)に対応するものであり、それらを生体内信号としての「運動感覚(筋感覚)」による応答時間が圧倒的に速く、また選択内容が「近似的な動作要素」であるなどいわず「高速サブルーチン処理過程」となっており「意識的・言語的」応答のオーダーでは追従することが困難なためと思われる。そし

て「運動の自動化」ないしは「運動の習熟」の段階では、「マトリクス間」の連続的移行はコード化されて制御系に格納され「マトリクス内」のヴァリエイションは「プロトタイプ」としてサブコード化されて「下位制御系（おそらくは大腦・小脳関連ループなどを含む）」に格納されるものと思われる。そして、これらのコードやサブコードの再帰的呼び出しは「個人内でのそれらの運動系に固有の引き金（トリガー）」や「サブルーチン引数」の存在によってなされるものと考えられる。このことは「運動の転移」の問題についてのモデルとも考えられ「マトリクス内」のプロトタイプヴァリエイションの豊富なものあるいはプロトタイプの変容の容易なものは「マトリクス間」の「意識的な、あるいは前意識的な変更」により新たな動作遂行条件に対応できるものと思われる。

3 人間の随意運動の特殊性 — 「意図的運動」と「随意的違動」の存在 —

前段で「意識的なもの」と「前意識的なもの」という区分を用いたが、これは I・P・P・バヴロフのいう二つの信号系との対応を意味するものである。柘植は系統発生と個体発生との「反復説」の観点から行動の発達過程を次の三段階に区分している(14)。

- ① 神経系に支配されない行動、すなわち神経系を欠く動物。
- ② 第一信号系によって支配される行動、すなわち腔腸動物から類人猿。
- ③ 第一と第二信号系によって支配される行動、すなわち人間。

そして、第三段階において随意的(voluntal)と意志的(volitional)な運動が混在してい

ることから、その両者の相違を説明していくことが精神病理学的にも重要であると指摘している。しかし、言語、思考、認知、意図的行為などの高次脳機能の研究は、言語的記録や内省的方法などの心理学的分析が主要であり、かつ「意図的」なものを「随意的」なものから「切り離して」検討している面もあり、人間に固有の「volitional・voluntal-loop」に関する検討は困難なものとなっている。A・N・ソコロフは聞き取りからの暗算の思考過程を検討し、言語運動筋群の筋電図に tonic と phasic の二つの成分があることを報告し、前者を比較的圧縮(減衰)された内的言語、後者を比較的展開された(語の顕在的あるいは潜在的発音過程自体)内的言語に対応するものと規定している。そして phasic な成分は「困難な課題解決時」に tonic な成分に重畳して発現し、簡単な計算時には tonic な背景水準を越えて顕在化することはないと報告している(11)。筆者は、末梢動作の中枢プログラムソグ過程における脳波の周波数成分の変化を検討し、感覚と運動に関与すると思われる頭頂部からの脳波の α -blocking の脱抑制(15)が動作の一次的完成と対応したパラメータとみなせるのではないかと報告した。そして一時的完成による動作の円滑な遂行が何らかの影響により障害を受けた際には、再び α -blocking の発現や発言(humming)が観察された。これらの現象は「安定した動作遂行状態(tonic factor)」に対する一過性の phasic factor の作用と考えられ、大島のいう「定位≡探究反射(おや一何だ)反射」の発現によるリセット機構の作働および「それに続く運動の再生過程」という経時的变化(16)を示すパラメ

ータと考えられる。この二つの成分の問題を、柘植のいう三段階と遂行時の意識との対応から検討すると、次のシエーマによって表わすことができる(17)。

1 unvoluntary movement - a 反射的・非意識的遂行過程。

2 voluntary movement - b 感覚的・前意識的遂行過程。

c volitional movement - c 意図的遂行過程。

このシエーマにおいて1とaとの対応は固定的なものと考えられるが、2とb、3とcとは相互関係(依存性・主働性・移行性)が経時的に変化するものと思われる。例えば、習慣化しない自動化された動作の遂行にあたっては、運動の方向と初期値が「意図的に」決定されれば、以後は動作遂行に伴う感覚性の voluntary feed - back あるいは姿勢反射などの脊髄レベルでの unvoluntary feed - back により動作の連続的遂行が保証されるものと考えられる。これに対して中枢プログラムミングの完成されていない段階では方向と初期値の決定とともに遂行する動作自体の検索、選択、確認が必要とされ、動作中も「voluntary - volitional - loop」での遂行状態の確認がおこなわれているものと思われる。この運動遂行の自動化は一見「開放系」として種々の feed - back を必要としないように思われるが、運動の遂行に何らかの障害が発生した場合には大島の指摘するリセット機構の作働を招き、新たなプログラムコードの検索が開始されるものと考えられる。例えば、アルペンスキーの中級者レベルでの回転を想定すれば、緩斜面では安定した動作遂行であるため「意図的」動作ではあるがbの意識水準であ

り、急斜面に移行すれば対応の未完成から「回転の原則の言語的確認」などをおこなうcの段階であり、さらにバランスを崩し転倒する直前の状態では「立ち直り反射」の発現を招き逆にaの意識水準に戻るものと考えられ、筆者のシミュレーション実験での脳波反応もこれと類似の結果が得られた。ゆえに、人間の運動の自動化の構造を考えれば、開始初期の「意図的成分」による始動の後には「随意的成分」のコードやサブコードによって動作の連続的遂行を保証しているものと考えられ、動作の円滑な遂行が障害を受けた際には定位⇨探究反射の発現によるリセット機構の作働を招き、一定の水準以上の障害の発現(円滑な動作遂行状態に復帰できない場合) 現行動作系の中止と新たな動作プログラム系の検索・確認という「意図的成分」の発現をみるものと考えることが出来る。この点で定位⇨探究反射の発現は、人間に固有の「意図的な運動の計画と制御」の形成を保証するものとして極めて重要であり、運動習熟の完成とその転移の過程において運動感覚器・分析器の一般的鋭敏化(ソコロフ(18))と注意水準の上昇による「要素の結合の促進」を保証するものである。

結語

スポーツの認識と習熟の形成過程を考えるとき、それがたんなる動作の獲得や身体的能力の向上にのみとどまらず、「主体としての人格の形成」であることは自明の点である。しかし、その形成・獲得の過程を考えた場合、「外的対象のモデル化」が重要であるとともに、そのステージに対応した「内的な受容過程のモデル化」をも厳密に

規定しない限り、効果的かつ易動的な「スポーツ主体」の形成は困難である。この主体形成過程での「個体発生性」を考えたとき、その個人に固有の「人格的構え」が「厳然たる歴史」として存在する。ザポロジェツは、この点を次のように述べている。「人間が、一定の運動体系を獲得する程度に応じて、この運動体系は、一方ではステレオタイプ化され、その遂行に必要な展開された意識的統制はますます少なくなる。他方、以前は、ある外的なものであり、獲得の対象であったこの体系は、次第に個人の独自の器官、現実に対する人間の関係の表現と実現の手段に転化する」(A・V・ザポロジェツ、西牟田久雄訳『随意運動の発達』世界書院、1965年、379ページ)。以上の点から、スポーツの習熟に伴う「意図的」運動因子の存在は、知的側面としての役割をも含め獲得されたマトリクスモデルを「人格的構え」を通して新たな環境に適用し、「状況把握—判断—動作検索—変成—実行」という「感覚—認識—行動モデル」により自身の身体的能力の再構成とスポーツ主体を發展させてゆくものと考えることができる。

【引用文献】

(1) A・N・レオソチェフ、松野・西牟田訳『子供の精神発達』明治図書、1967年、101～121ページ。
(2) 多重回帰モデルであれば、 $P = s_1 \times t_1 + s_2 \times t_2 + s_3 \times t_3 + \dots + s_N \times t_N$ となり、スキルと身体資源との間の相互依存性と独立性(多重共線性の除去にともなう質的ユニット性の消失などを含む)がより明確となる。

(3) P・O・オストランド、ス・ラダール、浅野勝巳訳『運動生理学』大修館、1976年、209～210ページ。
(4) 猪飼道夫編「身体運動の生理学」杏林書院、1973年、329ページ。
(5) A・R・ルリア、松野・関口訳『言語と精神発達』明治図書、1969年、137～191ページ。
(6) 芝田進午『人間性と人格の理論』青木書店、1961年、42～43ページ。
(7) K・マイネル、金子明友訳『スポーツ運動学』大修館、1981年、375ページ。
(8) A・ツェ・ブーニ、藤田・山本訳『実践スポーツ心理』不味堂、1967年、81～91ページ。
(9) A・N・クレストフニコフ、ソビエトスポーツ科学研究会訳『スポーツの生理学』不味堂、1978年、225～228ページ。
(10) N・G・オゾーリン、岡本・酒井訳『ソ連のスポーツトレーニング』ベースボールマガジン社、1965年、43ページ。
(11) A・N・ソコロフ、松野豊訳『言語運動の求心的作用と思考の脳メカニズムの問題』ソビエト心理学研究、1970年、9・10号、36～54ページ。
(12) マイネル、前掲書、153～154ページ。
(13) H・T・A・ホワイティング、加藤・鷹野・石川訳『ボールスキル』ベースボールマガジン社、1978年、56～80ページ。
(14) 柘植秀臣編『進化と条件反射』恒星杜厚生閣版、1971年、139～150ページ。
(15) 人間の脳波には、安静時や意識の水

準の低い時に主要な 8 ～ 13 Hz の α 波と、思考や 注意の集中など意識の水準の高い時 α 波阻止 (アルファ blocking) により顕著になる 14 ～ 30 Hz の β 波がある。この点で α -blocking の発現と消失 (抑制と脱抑制) をパラメータとして動作自体にたいする意識水準とその獲得段階を検討することができる。詳細は、筆老の文献 (17) に他の神経生理学的データとともに示してある。

(16) 大島知一「随意運動の発現機構」、『科学』、1977年、41巻4号、237～243ページ。

(17) 山崎健「人間の随意運動における二つの成分について」、『新潟大学教育学部紀要』 1983年、24巻2号。

(18) E・N・ソコロフ、鈴木金子訳『知覚と条件反射』世界書院、1965年、258～279ページ。