

本書は、一つの方向に示ぼって調査をすすめることをとした。焦点をあてるのは、1990年代の運動発達研究である。なぜ運動か？ といふことが本書の所がすくに関心してゐるが、それは「運動」の概念の狭さからいふべきであらう。

第1章 発達研究の現在

——運動研究1990年代——

佐々木 正人

- I 学習のパラドクス..... 2
- II 協調：発達の単位..... 3
- III 自己組織化と反復..... 7
- IV 相近と知覚制御.....11
- V 入れ子とタスク.....14
- VI 一回の発達.....17

I 学習のパラドクス

本書の1990年版の「概観」（現在の「発達研究の現在」）で、筆者は1980年代のわが国の発達研究を「時間」、「状況」、「関係」という3つのキーワードのもとに展望した（佐々木，1990）。1970年代から1980年代へ移行する発達研究にもっとも影響したのは、おそらく旧稿でもふれた Fodor（1980）の「学習のパラドクス」の指摘であったろう。

発達段階論は、発達の後に成立する系（段階）は、それに先立つ系よりも質的に高次であること、前者は後者から生ずることを仮定していた。しかし、高次の系のふるまいを想定できないことが、それに先立つ系が質的に低次である所以であれば、どのようにして低次の系は高次の系を生み出せるのだろうか。Fodor は「発達とは低次の段階から高次の段階への質的な変化である」というような、広く流布した言い回しに、すでに学習論としては解けないパラドクスが含まれていることを正確に指摘したわけである。

この指摘は、知識獲得を仮説検証過程とみなすピアジェ（Piaget, J.）の構成主義に対する批判であったわけだが、Piaget-Fodor の論争が、より広く発達研究全体にかかわっていたことはいうまでもない。それはまさに「発達とは何か？」というこの領域の根幹にかかわる問いであった。旧稿であげた「時間」、「状況」、「関係」というキーワードはいずれもこの問いに答えようとする模索のベクトルをあらわしていた。

本稿が展望しようとしている1990年代とは、何よりもこの1980年代の問いが研究として具体化した10年である。具体化は、各ベクトルごとに起こった。発達研究の流れは分化し、簡単に横断することを許さない内容をもつ、いくつかの領域がすでに成立したように筆者には思われる。おそらく世紀の移行期の「発達研究の現在」を特徴づけているのが1980年代の問題提起に由来する「多様化」だとして、それらを一括してその到達点をうんぬんすることは筆者の力を越えている。読者にはたとえば1998年に刊行された“*Handbook of child psychology*”の第5版、全4巻の各章に広くあたることを薦めたい。

本稿は、一つの動向にしぼって議論をすすめることにした。焦点をあてるのは、1990年代の運動発達研究である。なぜ運動か？ といぶかる読者の声がすぐに聞こえてくるが、この間、運動研究は、発達を内在させている動物の動きに固有な単位とは何かについて議論を続け、発達を記述する理論的枠組みをめぐって、物理学や生物学など「発達研究」の他の領域との交流を深めてきた。また発達を考えるうえで避けられない「制御と創造」あるいは「持続（反復）と変化」の同時性をどのように記述するのかという問題についても少なからぬ展望を見せはじめている。1990年代運動研究のこのような展開は、おそらく心理学における発達研究の他の諸領域と水脈を通じているはずである。

動き、それも「自ら動くもの」にみいられた一群の人々はどの時代の心理学にもいて、彼らは生物学や物理学と重なる運動研究という領域をつくろうとしてきたわけだが、彼らは同時にいつも「発達」という領域を先端で切り開く役割もになってきた。その意味で発達理論は運動の理論を土台としてきたともいえる。ここで運動研究の1990年代を展望するのは、発達研究に連続しているここでの地殻変動を探ってみたいからである。

長く、動物の運動だけがもつ本性をそのまま研究の俎上にあげることには困難があると考えられてきたが、今世紀の後半に大きな変化があった。この動向は未完ではあるが、すでに多くのことを準備している。

II 協調：発達の単位

動物は運動するために身体間で、あるいは周囲の環境との間で協調 (coordination) している。リズムカルな四肢、鰭、翼の動きも、芸術家やアスリートの高度な技術も、すべては協調である。人間の関節の機械的自由度は100あり、位置と速度状態からなる状態空間は少なく見積もっても200次元になる。およそ800近い筋がこの多次元の協調を達成している。

1990年に書かれた論文で Turvey (1990) は、このように、現在の運動研究に課せられた問題である「協調」についての議論をはじめ。Turvey によれば協調という問題、すなわち複雑な系に特殊な問題が何かを列挙することと、

その解決の一般則を定めることは1960年代から1970年代にかけて、まずロシアとアメリカの複数の研究者によってアプローチされた。彼らが基礎を置いていたのは、動物運動における多自由度制御の問題（Bernstein問題）をすでに1940年代には指摘していた、ロシアの運動生理学者 Bernstein の仕事（1967）である。

Bernstein は運動協調を「運動がもたなければならない同次性（homogeneity）、統合、構造的統一を保証する活動」（1967, p.30）、「運動器官の冗長な自由度をマスターし、それを制御可能な系にする過程」、あるいは「運動装置の制御の組織化」（1967, p.127）と定義した。それは「単一のインパルスの働きではなく、インパルス全体の系の協働の同時性の結果」（1967, p.36）である。したがって協調の問題は固定している運動要素（筋や骨や運動ニューロンなど）を一つずつ繋げて配置する方法では解決できない。

従来、運動の最も基礎的な単位とされてきた反射も Bernstein にとっては「協調行為の要素ではなく、（すでに）基本的な協調」なのだとされた。動物の運動を記述できる一次的単位は協調であり、これまで協調に先立つ運動の要素とされてきたことは、おそらく協調の研究結果から導かれた「抽象的な単位」なのである。運動研究は運動の単位である協調を観測するところからはじめるべきなのだが、Bernstein 以前の運動研究では、（たとえば解剖学や神経生理学的な）分析の結果である「抽象的な単位（運動要素）」がどのように繋がり、系をなすのか、というふうの問題設定の順序が逆転していた。

1970年代までの研究が問題にした協調系の原理を広く展望して、Turvey は以下の10の論点をあげた。①協調は多数の下位系からなる。②協調の「プラン」は機能的であり（機械的ではない）、運動器官が異なっても同一の機能を果たす協調は成立する。③系全体のふるまいは、自律して相互作用する下位系の協同に依存する。④系にはまず標準的なふるまいがあり、そこから現在の環境に同調する系の活性化が起こる。⑤下位系は系全体のふるまいを知らない。⑥複数の関節に分散する筋群が一つのタスク特定の単位をつくり、それは独立して制御される運動アクチュエーターである。⑦それは初期値が異なってもある値に収まるスプリングのようなものである。⑧それは一般的ではなく特殊

な目的をはたす。⑨系のふるまいの原理は、系だけではなく環境との関係も含む。⑩系には求心と遠心性の入出力、いかえれば知覚と行為の両方が含まれる。

現在の運動研究はこれらの観点を共有していることになる。Turveyによればこのような論点があがったことが協調研究の第一ラウンドの成果である。第一ラウンドは協調を観測することの困難さ、動物の運動を扱う領域には、協調現象を扱う十分な理論や方法がないことを明らかにした。新しい理論枠への切望が Bernstein の問題提起から1970年代後半に至る第一ラウンドのなによりの成果であった。

したがって1980年代以降現在まで運動研究は第二ラウンドの最中である。Turvey 自身はこのラウンドを闘う理論的道具立てを、物理生物学 (physical biology) と生態心理学 (ecological psychology) の協力に置く。方法として、動物の運動のすべての局面に偏在し、おそらくは一回しか実行されないような (リーチングのような) 運動の基礎でもあると考えてもよい (だろう) リズミックな運動に焦点をあてる。はじめから協調であるリズミックな運動は、反応時間やエラー (パフォーマンス) など、これまでの心理学が扱った変数とは異なるふるまいの次元である。それは Bernstein が反射を「基本的な協調」と述べたと同じ意味で、要素が関係した「協調する単位」ではなく、関係をそのまま関係として扱いうる「協調の単位」であるとされる。この論文で Turvey は、リズミックな協調を基礎とする運動研究の可能性を論じている。ここではその内容は紹介しないが、議論の一部は本稿の以下の各節で展望される研究に引き継がれている。

Turvey はこの論文の最後で述べる。辞書で協調は「部分を適切な関係に持ち込むこと」と定義されている。これは物質が自らは動かないもので、動かすための機構はそれとは別に用意されなければならないとする、古典的物理学の世界観の下での協調の定義である。その後物理学での物質観は拡大され、物質は生命のように自己組織化し、自律的にふるまい、その形態は進化することが明らかにされてきた。そこには系が複雑であることが、むしろ自由度を制約する法則を導くというパラドクスを解く鍵がある。わかりやすく言えば、新し

く、物質から生命までを貫く科学の単位として登場した複雑な系である協調は、不可避に変化する単位であり、「発達」が内在する単位である、というわけである¹⁾。Bernstein も動物の運動が同一性を保持するものではなく、本質的に時間座標を取り込んだ存在であると考えていたが、協調は動物の運動を説明しようとする彼の要求が構想させた単位だった。運動とははじめから協調であり、それが協調である限り変化は必然である。運動研究は協調を単位とすることで発達的な領域に転換した。運動研究の現在はこの「発達の単位」を土台にしている。

第二ラウンドの成果の一つは Kelso (1995) にみられる。動物の運動系が時間に従属して、いくつかの特徴あるふるまいの相を推移することは昔から知られていた。たとえば馬をトレッドミルに乗せてベルトの速度を上げると、四肢はウォーク (歩く)、トロット (速足)、ギャロップ (疾走) とよばれる3つの協調を転移する (Hoyt & Taylor, 1981)。このような現象は身体のふるまいに多数発見できる。その中でも観察が容易ないくつかを Kelso は協調の実験のために選んだ。

本書の三嶋博之と高瀬弘樹の特別論文 (三嶋・高瀬, 2000) にも詳しく紹介されているように、Kelso は両手の人指し指を左右 (前後でも同じこと) へ同じ周期で動かし、メトロノームの各ビートごとに一周期の運動をすること、パターンが変わってもかまわずに最もやりやすい動きを続けるように教示する場面からデータを得ている。Kelso は、二指にあらわれる協調は同位相 (相同する筋群が同時に収縮する) と逆位相 (同じく交替で収縮) というわずか二種の基本パターンに限定できること、パターンの切り替えは同位相から開始した時には起こらない、速い周期数の時には逆位相のパターンは現れない、周期が増大するとパターンが急に転移する、などの事実を確認した。

Kelso が基礎とするのは、熱力学的系が平衡状態から追いやられ不安定になり新しい構造にいたる過程についてのプリゴジン (Prigogine, I.) の散逸構造論であり、系の微視的なゆらぎからのパターン形成の理論を作り、Kelso の共同研究者でもある Haken のシナジェティックス (Haken, 1983; Haken ほ

か、1985)であり、振動運動の安定性と散逸構造の関係を解こうとした Kugler & Turvey (1987) のリズム運動の理論である。一括りと言えば自己組織化の理論である。

Kelso は自己組織化理論の基本概念を整理して、①膨大な数の構成要素の相互作用の結果としてパターンが自発的に生ずること、②相互作用の結果生ずることが要素の加算とは異質であること、つまり非線形であること、③系の非線形相互作用によりエネルギーは一様に散逸せず、散逸を効果的に進める構造に収束すること、つまり散逸する系のふるまいの自由度は抑制されていること、④(とくにシナジェティックスでは) こうしてあらわれた自由度を集合変数 (collective variables) あるいは秩序パラメータ (order parameter) とよび、系が変動を通して新しいパターンを見いだすことを誘導し、パターンそのものには依存せず、パターンのコードや前提として働くことのない変数を制御パラメータ (control parameter) とよぶこと、⑤秩序パラメータのダイナミクスがカオス力学で述べられるようないくつかの解をもちうること、などをあげている。

上記の両指の協調では、両指の相対位相差が秩序パラメータの候補であり、メトロノームで与えられた時間当たりの周期が制御パラメータである。Kelso は両指の協調に観察されたことが、物理学における非平衡系の相転移の現象と(アナロジーを越えて)一致しているとする。両者には同一の法則や原理が働いており、運動協調の自己組織化の研究こそが科学的心理学の基礎を提供している。

III 自己組織化と反復

Thelen は自己組織化のモデルをいち早く発達研究に取り入れ、ダイナミックスシステム理論に基づく発達研究を展開している。1994年に公刊された“*A dynamic systems approach to the development of cognition and action*” (Thelen & Smith, 1994) では1980年代に少数の乳児を対象に行われた縦断的な運動研究の成果が紹介され、理論が模索された。

Thelen & Smith (1998) では、ダイナミックシステム理論に基づく発達観が二点に集約されている。一つは細胞から文化まで、系の発達は、系を構成するすべてのレベルの多重、相互、連続的な関係として生ずること。第二は、発達がミリ秒から年まで多数の時間スケールの「入れ子」過程の結果であるという点である。彼女はこの発達観を端的に「生物の発達にとっては一個の細胞ではなく細胞の集団が、そしてその歴史の次元（つまり進化と個体発生だろう）がクリティカルである。たとえば哺乳類の身体表面のパターンを考える時には、それが（発生過程で）およそ5万回もスケールアップすることではじめて出現した規則性であることを忘れてはならない」と述べる。彼女が好んで使用する「山を流れ下る川」の比喻で述べれば、川の流れの現在のふるまいは、現在の落水の流動率、水底の地質構成に加えて、地質の歴史や長・短期の気候などにより決定されているということになる。

Thelen は系の自由度を圧縮しあらわれる秩序を描くための巨視的 (macroscopic) な変数としての集合変数 (秩序パラメータ) を発見すること、系が実際に取る少数のふるまいのモード (ポイント・アトラクター、カオス・アトラクターなど種々のアトラクター・ステート) を同定すること、系の安定性を、外部からの擾乱 (perturbation) への反応や、系に内在するゆらぎ (fluctuation) への反応などによって観察することなどを発達研究の課題としてあげる。少数事例のリーチングや歩行などを、自然場面に近い状態で、縦断的に観察するという方法を採用する彼女の運動発達研究では、まずは第一の課題、集合変数の同定に力点が置かれている。

Thelen が一貫して強調することは、発達する系が「やわらかく結合されている (softly assemble)」ことである。あらゆる系は、たとえそれが非常に安定したアトラクターにある時でも、「大きな力」がかかると偏好している位置から動く。系のこの本性は、系の挙動が生得的にハードワイヤーされていたり、事前にプログラムされた固定状態ではなく、やわらかく結合したものであることを示している。彼女によれば「ものの永続性」の概念や「歩行」は安定したアトラクターの、「推移的推論」や「視覚的錯覚」などは不安定なアトラクターの例である。どのような状態もかつて「発達段階」と名づけられていた

ように、他に選択肢をもたない不可避な解ではなく、変動する系の通過状態の一つにすぎない。系の「やわらかな結合」に生ずる変化、非線形な相転換 (nonlinear phase shift) あるいは相転移 (phase transition) の観察から、制御パラメータを同定できる可能性が導かれるのである²⁾。

Thelen によれば系の発達は多くの時間スケールで起こる変化を入れ子化している。時間 t での系の安定性を決定している条件は、系のつぎの瞬間 $t+1$ の初期条件になる。この性質は系が反復的 (reiterative) であるとよばれる。反復はすべての時間スケールで起こり、すべての観察レベルで系には自己相似性があることになる。

これらの観点は運動発達研究としてはどのように具体化されたのか、Thelen らによって行われた乳児のリーチングの縦断的観察研究が示している (Thelen ほか, 1993, 1996)。乳児は物への最初のリーチングを3.5~4カ月齢頃に行う。初発のリーチングは不器用 (目標を外す, 非直接的軌道) であるが、数カ月で改善される。問題はそれを導く集合変数と制御パラメータの同定である。

Thelen は4名の乳児の運動を、誕生後3週から、運動軌道のキネマテックス、両腕の協調、関節のトルクと力、力の素である筋の活性化、姿勢と運動全体の活性化のレベルなど多次元で毎週記録した。乳児にはおもちゃが提示され、各月のリーチングとそれらの経時変化が分析された。まず、さきの諸変数が複合した結果であり、種々のリーチング研究がこれまで問題としてきた「直線性」と「滑らかさ」を集合変数の候補とした。「直線性」とはリーチング開始時の手の位置と目標 (おもちゃ) を結ぶ線と、実際の軌道との差を比で示したもので、「滑らかさ」は手の速度の減速、停止、加速の頻度から算定した。

52週までにはどの乳児も2つの集合変数でより良い値を示すようになった。4名での観察結果は、初発のリーチングが12から20週の間広く分布すること、発達のプロフィールが急速な変化、その状態の維持、不器用なリーチングへの退行など多様な変動を内包していること (たとえば3名の乳児では2つの集合変数で一端改善した後に、リーチングは再び不器用になった)、4名の相転換の現れには異なりがあることを示した。これらの結果が対象児のリーチン

グの発達が非線形であることを示す証拠とされた。

初発のリーチングの分析の詳細な報告 (Thelen ほか, 1993) では、リーチングが、リーチングには至らない運動から「発見」されるものであること、つまり個々の乳児が好む運動系の状態 (これは個々の系に固有な力学 individual intrinsic dynamics と表現されるが、当然、多様性をもつ) がリーチングが探索される土壌となることを示した。たとえば両手を急速に動かすことを好んだ乳児も、片手でゆっくりと動作することを好んだ乳児も、そのままの動きを維持し利用し、それにわずかな変更を加えることで最初のリーチングを行った。両者ではリーチングをしたという点では同じであったが、そこに至るために解くべき運動の問題はまったく異なっていたわけである。急速に動く身体は、リーチングするために、筋は急速な腕の運動による受動的な慣性力に拮抗するために働いたはずであり、遅く動く身体がリーチングするためには、筋は重力に拮抗するために使用される必要があっただろう。Thelen らは筋の電気活動の検討から、乳児がそれぞれに固有な速度制御の問題に対処するために、特殊な筋活動のパターンをリーチングを開始する数週間前から試みていることを明らかにしている。これらの分析は初めてのリーチングでは運動速度が制御パラメータであることを示した。

速度という変数は、より長い一年間のリーチングの発達でも意味をもっていたらどうか。52週間の速度変化の縦断的データは、4名の乳児が運動速度とおもちゃとの接触速度を類似した速度に「相近 (収斂)」させること、しかし一見して共通した速度の解決が、個々の乳児の運動系に固有な力学の「個性」を残存していること、個々の乳児で、リーチングに至った動きの速度と、その他の非リーチング運動の速度には連関があり、リーチングが広くリーチングに至らないたくさん運動を背景として形作られたこと、観察したなかで速度が早い時期には「直線性」と「滑らかさ」の2つの集合変数が不安定性になっていること、つまり速度と集合変数には強い連関があること、などを示した。これらの事実は速度が一年という時間スケールにおいても、初発時と同様に制御パラメータであることを示唆した。リーチングは観察した二種の時間スケール (初発の一回と一年間) のどちらでも、運動系の速度に対処する問題として解

決されていたわけである。

ダイナミックシステム理論は運動系の全体を構成する各層と、それが変化する各時間スケールに連続性を想定し、不連続性（相の変化）はこの「連続性の力学」から生ずるとしている。4名の乳児はリーチングという運動タスクを「反復」して速度の問題として解いていたが、この事実を Thelen はリーチングの発達は、個々の運動系に固有な「速度問題の解決の入れ子」であった、と表現している。

発達の時間スケールにおいて異種の時間スケールが「反復」することの重要性を説く Thelen の主張は、よく知られている個体発生が系統発生の短縮した、急速な反復であるとするヘッケル (Haeckel, E. H.) の反復説（正確にはヘッケル反復説のこの部分とはくに「反復発生」という）とは異なる。Thelen の反復は個体がどの時間レベルでも類似のダイナミカルな問題に直面する、一回の行為を行う時間スケールでも、より長い時間スケールでも、発達は類似の制御パラメータをもつ自己組織化であり、この多重化が個体発達という複雑な変化を作り上げているという主張である。「入れ子」についてはV節でさらに議論する。

IV 相近と知覚制御

Thelen が観察した乳児はそれぞれの運動系に固有のダイナミクスを利用して、リーチングした。個性をもつ運動系のふるまいは、一年後には類似する速度条件を利用する系になった。くりかえすが Thelen はこの事実を4名のリーチングが「相近した (converge on)」と書いている。

よく知られているが形態学には類似を表現する用語に「相同 (homology)」と「相似 (analogy)」がある。相同性とは器官の由来に基づく同一性を指す。たとえば魚類の胸鰭と哺乳類の腕は際立って異なる形態と機能を備えながらも、同一の構成要素（3個の骨）でできており、両者は発生学的に由来が共通する器官であり、進化的に連続している。他方、相同ではないのに似ている器官同士には相似性があるとされる。相似は異種の個体間で進化の由来が異

なる器官（つまり相同ではない）が、同じ機能を担うために類似の形態をもつことである。たとえば鳥類の翼と昆虫の羽は相似である。「相近（convergence）」とはこの由来の異なる器官に類似をもたらす過程を指す用語である。Thelen が相近と表現した乳児らのリーチングは、固有のダイナミクスを偏好する点では異なる運動に由来しながら、発達の結果、そのふるまいが似ることになった「行動の相近」の例である。

Reed (1996) は、哺乳類、魚類、両生類、爬虫類の多種で、独自に進化させた滑空と飛翔の行動パターンが著しく類似しているという事実や、ジェット推進機構を利用する頭足綱のイカやタコと、鰭と体幹を動かす脊椎動物の魚の移動を、移動する全身の時系列パターンを解析すると、ほぼ完全に一致するという動物学の研究 (Packard, 1972) を紹介して、これら移動系の相近が、どこにでもある環境の性質（大気や水にある移動のアフォーダンス）に由来するとしている。また系統や視覚系の構造がまったく異なるクモとネコの捕食（獲物狩り）行動の相近（どちらも獲物に眼を定位する、身体方向を定位する、タイミングよく襲撃する）の研究 (Forster, 1982) も紹介して、これらは利用されるローカルな環境の性質（獲物の視覚情報）の類似に導かれたのだとしている。このように多くの行動に発見できる相近の事実は、運動系の協調が知覚情報と切り離せないことを示している。

これらの事例は、系の自由度が制約され一つの機能的単位になる過程で、協調がよりマクロな単位に埋め込まれることを示唆している。制御を、運動系の協調を機能的単位に変換する過程と定義し、運動系とそれに機能を与える知覚情報との協調を1960年代から一貫して問題にしてきたのは Gibson, J. J. 派の生態心理学である。

Gibson, J. J. (1966, 1979) は、動物を包囲する環境のエネルギー場のコントラストにある時間・空間の配列に、環境には行為を制御するリソース（アフォーダンス）を特定するリソース（生態学的情報）があるとし、それを直接ピックアップすることを知覚と定義した。直接知覚論は運動協調と情報、Gibson 派の用語では知覚・行為循環の研究に道を開いた。

Gibson, J. J. は情報をピックアップする器官の組織化を知覚系とよんだ。知

覚系は動物が生存するために周囲に向けている注意のモードである。大規模な組織化である知覚系が情報を得るためには探索運動が不可避であり、この系は環境の変化である情報と同時に成立していることになる。

知覚系は、環境の相対的に永続的な性質、周囲の光、振動、重力、化学的、機械的などのエネルギー流動中の持続（流動場の刺激にある同時的かつ継時パターン）に同調する。たとえば Gibson, J. J. が主として研究した知覚系の一つ「視る（visual）系」では、放射光の散乱による照明を基礎とし、それが媒質（たとえば大気）中のあらゆる所につくる「包囲光」に投射された環境表面のレイアウトの構造（包囲光配列）を情報とする。Gibson, J. J. は他に、振動場の構造を情報とする「聴く系」、前庭系と他の情報との連関を情報とする「基礎定位系」、「関節角度集合の枝分かれしたベクトル空間（骨空間）」とそれを覆う皮膚によって、環境の力学的変化に直接接触している「触る系」、さらに「味わい・嗅ぐ系」を加えた5つの知覚系の存在を指摘した（佐々木、印刷中）。動物における器官の形態や運動のマクロな組織化が、包囲場のエネルギーパターンの選択圧の下で進化したと考え、系の協調を制約する普遍的な情報の記述を目指した Gibson, J. J. の理論は「相近の知覚論」とでも言えるのかもしれない。

Gibson 派の知覚研究はこの方向を踏襲している。1970～1980年代には「行為のタイミングを制御する光学的情報」の研究（たとえば Lee & Young, 1985）が盛んになされたが、1990年代の成果には「触る系」の一つダイナミック・タッチの研究がある。対象の一部をつかんで振る「接触」（たとえば種々の形状の道具の一端をつかみ使用するとき、体幹や四肢を定位する時に利用される接触）の情報になるのが、回転力や運動の性質によっては変化しない、固定点まわりの回転のダイナミクス（慣性モーメントあるいはテンソル）であることを明らかにした。回転に対する抵抗感として感じられる慣性情報は、対象が変形しない限り変化しない性質であり、回転運動と協調して対象の性質を特定する情報の候補である（Turvey, 1996）。

Gibson 派の知覚研究はこのように、これまでは運動系が協調する、比較的安定した情報の記述を目指してきた。この方法の最大の利点は、身体に具現す

る運動系を（知覚探索に限れば）、包囲場に優勢なくつかのエネルギーの性質から限定して記述することを可能にする点であろう。

下位のレベルに注目すれば、いくらでも枚挙できるだろう運動系を、ふるまいの特徴から大きく括る点で、Gibson, J. J. の知覚系論と並ぶのが、発掘された Bernstein (1996) の運動レベルの分類についての議論である。1950年代に、Bernstein が準備して、結局は上梓できなかった、彼の運動の発達理論を平易に述べた書物の草稿がモスクワの娘宅から1990年に発見された。『巧みさとその発達について』というタイトルをもつこの書物で、Bernstein は進化にその由来をたどれる運動協調の4つのモードについて書いていた。それらがどのような系であるか、三嶋・高瀬 (2000) による本書の特別論文のII節と本稿のVI節を参照されたい。

V 入れ子とタスク

1990年代に協調の研究は、系の自己組織化の研究として展開した。Thelen のリーチングの研究にみられるように、運動系は知覚情報とマクロな協調をつくることで、そのふるまいを制約される。つぎの問題は、このように環境にランディングしたふるまいの系が相互にどのような関係をもつのかという点である。

Bernstein とともに協調としての運動研究に先鞭をつけた von Holst (1939/1973; これも三嶋・高瀬論文を参照) は、異なった周期性をもつ振動子がそれを維持しようとする傾向（維持傾向）と、相互に引き込み合う傾向（磁石効果）があること、さらに重なり合いによって別の周期性があらわれる傾向も存在することを指摘していた。たとえば授乳中の乳児は呼吸と、吸いと、飲み込みをそれぞれ異なる運動協調として維持しつつも、それらは相互に引き込み合い、関係は変化し、新しいリズムがあらわれることもある。三種の協調相互性は一挙に探られているだろう。身体における下位系の連関はおそらくあらゆる場面に発見できる。たとえば Bingham ほか (1991) は関節結合系、筋—腱系、循環器系、神経系などがそれぞれ異なる非線形性をもつ系でありながら、

それらの間には、たとえば足首での筋活動が血圧の変化を媒介にして手首の慣性負荷を増大させるというように、無視できない相互性が存在することを示して、それをリソースダイナミクスとよんで運動研究の主題の一つとすることを提案している。その意味で協調する単位の発見、協調の知覚制御についての議論は、動物の運動を本格的に記述するための長い準備であったともいえる。私たちが行為とよぶようなふるまいのレベルを扱うときには、運動研究は新しい問題に直面するのである。

Gibson, E. J. (1997) は、行動が機能的に組織化した単位を「タスク」とよぶことを提案している。あらゆる運動場面に発見できるのは、身体という力学系が徐々にタスクとしての要求に適応する過程である。例として彼女は、バネに吊るされ、ちょうど足が床につくように設定された「揺れ跳ねるイス」に座らされた6カ月の乳児に起こったことの分析例をあげている (Goldfield ほか, 1993)。教示なしで乳児は自発的に足を床に接触し押す。ほとんど数回で乳児はイスにあるバネの働きを発見して跳ねる。まもなく脚の伸展とバネの力学を最適化するパターンが発見され、乳児の身体はより特定のタスク、つまり伸展の力を最小にして、運動の安定した周期を最大にすることを選択する。乳児は柔軟であり、たとえばバネの硬さを変えたり、重い靴を履かせるなどして条件を変えると、探索活動が再び開始されてパターンは変わる。この例では条件は与えられたものであるが、通常、乳児はみずから育つ場で自発的にタスクを生み出している。

Gibson, E. J. は心理学ではあまりに広く使用されることで、意味を失ってきたタスクという用語にこのような意味を与え、タスクが多くの行動を埋め込んで、ゴールとよばれていることの下に成立する過程を運動研究は扱うべきであるという。その際の一つの焦点が柔軟性である。彼女は柔軟性を、タスクを構成するために埋め込まれる運動単位に潜在する置き換え可能性のことだと定義する。いくつもの運動系を用意した後に、身体に課せられていることは、同一のことを他の経路で進めるために、あるいは異なる機能のためにどのように備わった運動リソースを用いるかということである。限定された運動リソースから多様なタスクを生み出すという問題である。タスクが柔軟性をもつという主

張は、なぜ一つの身体がいくつものことができるのか、という古くからの疑問への一つの解答である。

Reed (1988) は、運動のタスク化を記述するために、「姿勢先行性」の現象、すなわち随意的運動に、その運動を支持する機能特定の全身の姿勢筋の調節が、非常に短い潜時で先行するという事実に注目した。この現象は、運動に文脈としての姿勢に抱摂されていることを意味している。動物はつねに周囲への定位を維持している。定位とは四肢、胴体、頭部などが関係づけられていることと、それらと環境との関係づけが同時に行われていることを意味している。この多重の関係づけはいうまでもなく必ず変化する。Reedはこの変化が運動の本性である、つまり運動は、一つの姿勢が他の姿勢へと変わる持続にほかならないという。彼は運動は姿勢が「入れ子化 (nesting)」したものである、という言い方でこのような運動の本性を表現した。姿勢が入れ子化した運動は、運動としての機能を果たしながらも、周囲に定位し続ける姿勢の機能もまったく失わない組織化である。たとえば移動にともない身体上部にある頭部は揺れるが、その揺れ幅は腰部よりも少なく、そこにある視覚系の定位は保持されている。立位の移動は視覚系による周囲への定位姿勢を入れ子化した連続なのである。

タスクの成立は、姿勢が新しい入れ子を組織する過程として記述することができる。Goldfield (1995) は Reed の理論に従い、発達の種類々の局面で入れ子化としてタスクが発見される過程を跡付けている。

たとえばはじめての「はいはい」の観察 (Goldfield, 1989) では、はいはいの開始する数週間前に、乳児 (15名、約200日齢) が Gesell & Ames (1940) によって「ロッキング」(両手を対称的に伸ばし、両脚を対称的に屈曲させ、両膝を胴体の下で内転させ、腹部と胸部を持ち上げ、頭を持ち上げ前を見るという「高這い」の状態、全身を前後に揺する) と名づけられた運動をしていることをまず確認した。はいはいの開始直前の1週では、この姿勢のまま、頭(視線)の向いた側の腕が伸展し、反対側の脚が活発にキックしはじめる。さらに頭の向かっている側の腕が物に向かって差し出される、という変化が起こった。はいはいは、ロッキングという「高這い」の安定性を能動的に

探索する（つまり不安定にすることでその姿勢の安定の限界を探る）動きを維持したまま、物にリーチングしようとして開始される。それは安定の限界を探った後に開始される「制御された落下」に、物へのリーチングが入れ子化した姿勢として開始する。Goldfield ははじめてのはいはいでは、多くの場合「着地」の手が非利き手であることを明らかにし、それは利き手が着地後のリーチングを準備しているからだとしている。

歩行も安定の限界が十分に探索された後に「制御された落下」として開始されるタスクである。立位ができるようになる10カ月頃には、まず足首、膝から臀部への連結が固くなり、全身の揺れが制約される。ついで歩きはじめの13カ月頃には、関節の連結が再び緩められ、15～18カ月には立位姿勢は、転倒可能な不安定な姿勢に変化する。あらゆる移動において、新しいタスクは先行する姿勢の安定の限界が十分に吟味され、転倒できるほど不安定になったときに、安定性の破れとして開始する。

Reed (1982, 1996) は進化の過程で多種の動物に成立した、独特な姿勢の入れ子を、基礎定位、探索、移動、食、物の操作、表現、意味、遊びという8つに分類し、それらを「アクション・システム（行為系）」とよぶが、それは一つのパターンがしばしば他のパターンに流用される過程（さきに柔軟性といわれていたことで、進化論の Darwin [1872] が強く示唆していたことでもある）についての分析である。Goldfield (1995) では Reed の5つの行為系（基礎定位、食、移動、操作、表現）についてその個体発達を扱った研究が展望されている。

VI 一回の発達

これまで展望してきた最近の運動研究には一つの特徴がある。それは「はじめて」の出来事が観測されているということである。Thelen は一回目のリーチングとその後の一年の変化を追った。Goldfield ははじめてのはいはいや歩行を観測するために、そこに至る変化を数週間前から追った。どちらも「一回目」のタスクを記述している。もちろん「一回目」の行為を扱う観点がまった

く同じというわけではない。Thelen は 4 名の乳児の「運動の個性」をそれぞれ記述するために一回目のリーチングを選んだ。Goldfield は「制御された落下」という、新しい移動の発見に普遍的ダイナミクスの事例としてはいいを記述した。このように「はじめて」の行為を問題にする背景は多様であるが、「はじめて」の運動がこのように発達研究の俎上に上がる背景には、共通してこれまで展望してきた発達研究の流れが関連しているだろう。

従来の発達研究では、持続（反復）する構造への関心（たとえば発達段階論）と、変化の契機を提供することへの関心（たとえば 20 世紀前半の行動理論の発達モデル）が分離する傾向があった。これにたいして本稿で展望した協調を単位とする運動発達の理論では、持続と変化、均衡と不均衡は同時に関心の対象となっている。運動の持続する性質は、複数の協調の関係が反復して探られている系として記述されることで、そのまま、変化を準備する系としても記述されていることになる。したがって、そこで起こるどの一回の変化も、まったく突然に起こる出来事ではなく、系の持続する性質と制約条件を共有した変化として、系がする選択の一つとして意義づけられることになる。一回起こる変化がそれだけでも十分に発達の的であるといえる根拠を、持続と変化の同時性を視野に収める最近の発達研究の枠組みは提供している。

一回の行為でも発達が記述できる、どの運動する系も、多層な協調の組織化であり、選択によって一つの新しいタスクを実現している、たった一回の行為でも「選ばれた一回」であり、そこには発達過程がある、とする観点はいくつかの研究が明瞭に主張していることでもある。

たとえば、協調の単位を運動研究に登場させた Bernstein (1967) は「活動の生理学 (physiology of activity)」という用語で、つねに不均衡状態にある動物身体が、絶え間ない周囲への働きかけの結果、環境内で一つの目的を達成してしまう過程に注目すべきだと主張していた。能動性と環境の制約とタスクの実現が、古典的な生理学の反射・反応モデルを批判した彼の「活動の生理学」の目標であったが、彼はさきにも述べたように運動協調系の多層性についても言及していた。彼が指摘したのは、主として体幹・首系による定位の姿勢でありすべての協調の背景となる「レベル A」、大きな筋の「合唱」でありよ

り高次の運動に手を貸すシナジーの「レベルB」、狙いを定め物移す、一点に正確に収束する、運動を切り替えるなどを特徴とする「レベルC」、そしてタスクを一体に解決する運動連鎖の全体、「物をより意味のある物へと変える」(タバコに火をつける、卵を調理する、粘土を彫刻に変える)「レベルD」の4つの協調の存在である。レベルDは「巧みさ (dexterity)」の協調であり、巧みさの意味はレベルAからCまでのいくつもの協調を繋げて (Bernstein はそれを $D/(C)(B)$ のように式で表現している)、それらのどれとも異なる運動協調を発見することであり、それは「未熟な絵の全体の印象を劇的に変えてしまう熟練した芸術家の筆遣いのように、運動のつながりの全体の流れに変更を加える」選ばれた一回の行為である。

Gibson 派の知覚研究にも同種の議論がある。さきに述べたように Gibson, J. J. は5つの知覚系の存在を提案した。系が利用する情報の研究は、視る系と光学情報、接触の系と力学的な慣性情報というように、各包囲エネルギーと一つの知覚系とを対にする方法で探られ成果をあげてきた。扱っている変数は伝統的な感覚研究とはまったく異なるものの、ある知覚系はある種の情報と排他的に結合しているとの誤解を与えかねない (もちろん知覚系の研究者はそのように考えてはいないのだが) 傾向もあった。系と情報が一対一で対応していることは直接知覚説の前提ではあるが、系と情報の関係は、実現するタスクに制約されているはずであり、事前に「視る系/光」のように決められているわけではないのではないのか、日常的な知覚においては、対象を視ながら振ってその性質を知るといふようなことはふつうであり、こういう事態で利用される情報についての記述を開始すべきだという議論である。

Gibson, J. J. は、知覚情報はアモーダルであるとして、アフォーダンスを特定する情報が多数の系で共通してピックアップされるとした (たとえば光でも熱伝導でも炎を特定できる)。複数の系が冗長に同質の情報をピックアップできるか、という問題については、たとえば「衝突までの残り時間」を特定する光学情報と音響情報との類似性を吟味するというような形ですでにいくつかの研究が進められている。

Stoffregen & Bardy (in press) はこの種の議論をさらに飛躍させている。

彼らは、呼吸や姿勢の制御のような最も基礎的行動においても、複数の知覚系が同時に関与しており、知覚系はあらゆる事態で独立して機能していない。それらを別個に理解しようとする試みは誤解を招くとし、知覚系がピックアップする情報は、異なる形式のエネルギーを横断する、それ自体一つの還元不可能なパターンであり、そのユニークなパターンは複数の知覚系の連関（あるいはタスクと同義の情報）としてだけ記述できるという。Gibson, J. J. はたとえば定位においては、前庭や接触や視覚など多種の情報の「共変 (covariation)」が還元不可能な一つの情報になると述べて、情報と知覚系の対応に境界を置かない分析の重要性を指摘していた。Stoffregen らの主張は Gibson, J. J. のこの主張を継承しようという。「共変」する情報が知覚系研究の主題の一つとなりうるのなら、情報は系の入れ子として記述される可能性がある。このように記述された情報はタスクとして記述された行為とほぼ対応するだろう。というか、たとえば接触と光学を一挙に記述する変数がまだどの学問領域にもない以上、当面、情報は行為としてしか記述できないことになるだろう。

筆者が参加しているわが国での行為研究のいくつかは、「一回の発達」に焦点をあてている。

身体が多層な行為系は、その入れ子関係を柔軟に探索することでなんども一つのタスクを成立させているが、宮本ほか (1999) は、事故で頸椎 5 番を脱臼・骨折し「損傷部位以下の知覚と運動が完全に麻痺している」と診断された頸髄損傷患者が「靴下履き」をほぼ半年かけて学習する過程を分析している。そこでは靴下履きという一連の行為が、「体幹を支持する姿勢をつくり保持する」、「両脚を体幹に近づけ保持する姿勢をつくる」、「靴下に足先を入れる」、「靴下に足を押し込む」という 4 つの下位行為によって成立していること、一回の行為はこれらの下位行為の入れ子化として記述でき、数カ月に及ぶ発達は下位行為の入れ子化の推移として記述できることを示している (図 1)。当初、4 つの下位行為は分離されず (図の薄い部分はいくつかの下位行為が同時に進行している相を黒い部分は一つの下位行為が進行していることを示している)、それらを同時に行っていた患者 (図の 9 月) は、しだいに下位行為を時間的にずらして実行するようになり (12 月)、そして再び、新たなレベルの同時性・

入れ子化を達成していた（3月30日）。このようにどの月でも、靴下履きのタスクは、いくつもの下位行為を関係づけることで探られたが、宮本らはこのように入れ子化した行為を「同時的姿勢」とよんでいる。まるで四重奏曲の「楽譜」のような図は反復して一回の行為の発達を記述している。

Reed は行為の入れ子が成立する過程で運動が行う微小な選択の動きをマイクロスリップと名づけた。「躊躇」、「軌道の変化」、「接触」、「手のかたちの変化」の四種のマイクロスリップが観察されることが確認されているが（佐々木・鈴木，1995），鈴木・佐々木（投稿中）は，行為の系列においてマイクロスリップやわずかなポーズがあらわれる部分に，偏りがあることを示した。たとえば「コーヒー粉をカップに入れる」というタスクは，「スプーンを持つ」，「粉をすくう」，「粉をカップに入れる」，「スプーンを戻す」という一連のサブタスクによって成立しているが，マイクロスリップはこのサブタスクの間よりも，「コーヒー粉をカップに入れる」と「湯をカップに注ぐ」との間のようところで数倍頻繁に起こった。この事実は行為の入れ子化がいくつかのレベルを交差する選択として進行していることを示唆しているとされている。一回の行為もマイクロスリップのような選択を介しての進行を観察すると，十分に発達的なのである。

さて，下位システムの入れ子としてタスクを記述することを主張した Goldfield (1995) は，Darwin の「適応」を何かに「うまく合っている」というような意味でとらえる広く流布した解釈を批判している。彼は，Darwin が「適応」という概念にこめた意義は，神のような有能なデザイナーの手から進化の結果を切り離そうということであったのだという。発達心理学の創始者の一人とも称される Darwin が主張したかったのは，生物世界が日々，不完全な物を生みだし続けているという事実に眼を向けようということだった³⁾。自然がランの受精器官にじつに珍妙な多様な形態をつくりあげたように（Darwin, 1904），進化は美しい物だけを制作する「巧みな職人（engineer）」の技ではなく，ときにははがらくたもつくる「下手な職人（tinkerer：まにあわせよろず修繕屋）」の仕事なのだというわけである。

だとすれば、進化論が書かれた動機の一つは、そのまま1990年代の運動発達研究の結論とも一致する。一つの行為には、反復による時間と、多数の運動協調とが入り子化している。複数の時間、多数の姿勢が一つの行為で同時にされることで、行為はまったく新しい環境との結合を達成する可能性をもつ。運動の果てにある行為とは、そのようにして発見されつづけている。それが自ら動き、周囲と出会い続けている動物の動きに固有の本性の一つである、という結論である。

注

- 1) この点で協調は生物学的個以上のレベルの系で種の進化を考えることを主張した Darwin の「集団対象思考 (populational thinking)」の伝統に繋がるだろう (Mayer, 1991)。
- 2) Thelen は制御パラメータが伝統的な意味では系を「制御」していないこと、系の集合変数は制御パラメータに「感受的」なだけであることも強調する。彼女は 0 歳児初期の原始 (反射) 歩行では体重 (とくに下脚の) がその消失を制御するパラメータであることを示した (Thelen & Smith, 1994 の本の第 1 章) が、体重増加は脚の運動に秩序を外部から与える「設計図」なのではない。
- 3) Darwin の「適応」の真意は、よく知られているランの受精器官の研究 (Darwin, 1904) によくあらわれている。そこには、自然が作り上げたじつに珍妙な受精器官の形態の変異 (多様性) が執拗に記録されている。

文 献

- Bernstein, N. A. 1967 *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford, London: Pergamon Press.
- Bernstein, N. A. 1996 On dexterity and its development. In M. Latash & M. T. Turvey (Eds.) *Dexterity and its development*. Hillsdale, NJ: LEA. 9-244.
- Bingham, G. P., Schmidt, R. C., Turvey, M. T. & Rosenblum, L. D. 1991 Task dynamics and resource dynamics in the assembly of a coordinated rhythmic activity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(2), 359-381.
- Darwin, C. 1872 *The expressions of the emotions in man and animals*. John Murray.

- Darwin, C. 1877 *The various contrivances by which Orchids are fertilised by insects*. London: John Murray 正宗巖敬 (訳) 1939 蘭の受精. 白揚社.
- Fodor, J. 1980 On the impossibility of acquiring "More Powerful" structure. In M. Piatteli-Parmerrini (Ed.) *Language and learning: The debate between Jean Piaget and Norm Chomsky*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 257-316.
- Forster, L. 1982 Vision and prey-catching strategies in jumping spiders. *American Scientist*, **70**, 165-175.
- Gesell, A. & Ames, L. B. 1940 The ontogenetic organization of prone behavior in human infancy. *The Journal of Genetic Psychology*, **56**, 247-263.
- Gibson, E. J. 1997 An ecological psychologist's prolegomena for perceptual development: A functional approach. In C. Dent-Read & P. Zukow-Golding (Eds.) *Evolving explanations of development: Ecological approaches to organism-environment systems*. Washington: American Psychological Association. 23-54. 堀口裕美 (訳) 2000 知覚の発達のための生態心理学者のためのプロレゴメナ. 現代思想, 4月号, 128-141.
- Gibson, J. J. 1966 *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Gibson, J. J. 1979 *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin Company. 古崎 敬ほか (訳) 1985 生態学的視覚論. サイエンス社.
- Goldfield, E. C. 1989 Transition from rocking to crawling: Postural constraints on infant movement. *Development Psychology*, **25**(6), 913-919.
- Goldfield, E. C. 1995 *Emergent forms—origins and development of human action and perception*. New York: Oxford University Press.
- Goldfield, E. C., Kay, B. A. & Warren, W. H., Jr. 1993 Infant bouncing: The assembly and tuning of action systems. *Child Development*, **64**, 1128-1142.
- Haken, H. 1983 *Advanced synergetics: Instability hierarchies of self-organizing systems and devices*. Berlin: Springer-Verlag. 齊藤信彦・小森尚志・長島知正 (訳) 1986 シナジェティクスの基礎——不安定性の階層=システムとデバイスの自己組織化. 東海大学出版会.
- Haken, H., Kelso, J. A. S. & Bunz, H. 1985 A theoretical model of phase transitions in human hand movement. *Biological Cybernetics*, **51**, 347-356.
- Hoyt, D. F. & Taylor, C. R. 1981 Gait and energetics of locomotion in horses. *Nature*, **292**, 239-240.
- Kelso, J. A. S. 1995 *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kugler, P. N. & Turvey, M. T. 1987 *Information, natural law and the self-*

- assembly of rhythmic movement*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Lee, D. N. & Young, D. S. 1985 Visual timing of interceptive action. In D. Ingle, M. Jeannerod & D. N. Lee (Eds.) *Brain mechanisms and spatial vision*. Dordrecht : Martinus Nijhoff 1-30. 堀口裕美 (訳) 印刷中 視覚的情報による行為のタイミングの制御. 佐々木正人・三嶋博之 (編) アフォーダンスの構想. 東京大学出版会.
- Mayer, E. 1991 *One long argument : Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought*. Cambridge, MA : Harvard University Press. 養老孟司 (訳) 1994 ダーウィン進化論の現在. 岩波書店
- 三嶋博之・高瀬弘樹 2000 ダイナミカルシステムによる行為の発達モデル. 日本児童研究所 (編) 児童心理学の進歩 (2000年版), Vol.39. 金子書房. 225-248.
- 宮本英美・小池琢也・佐々木正人・富田昌男・玉垣 努・玉垣幹子・梅村文子・松本琢磨 1999 頸髄損傷者の日常動作の獲得における「同時的姿勢」の発達・靴下履きの縦断的観察. 東京大学大学院教育学研究科紀要, **39**, 365-381.
- Packard, A. 1972 Cephelopods and fish : The limits of convergence. *Physiological Review*, **47**, 241-307.
- Reed, E. S. 1982 An outline of a theory of action systems. *Journal of Motor Behaviour*, **14**, 98-134.
- Reed, E. S. 1988 Applying the theory of action systems to the study of motor skills. In O. G. Meijer & K. Roth (Eds.) *Complex movement behaviour : The motor-action controversy*. Amsterdam : Elsevier. 45-86.
- Reed, E. S. 1996 *Encountering the world : Toward an ecological psychology*. New York : Oxford University Press. 細田直哉 (訳) アフォーダンスの心理学 (仮題). 新曜社 (近刊).
- 佐々木正人 1990 概観. 日本児童研究所 (編) 児童心理学の進歩 (1990年版), Vol. 29. 金子書房. 2-23.
- 佐々木正人 印刷中 アフォーダンスの構想の源 : ギブソンの知覚論. 佐々木正人・三嶋博之 (編) アフォーダンスの構想. 東京大学出版会.
- 佐々木正人・鈴木健太郎 1995 行為の中心にあること. 心理学評論, **37**(4), 454-472.
- Stoffregen, T. A. & Bardy, B. G. (in press) On specification and senses. *Behavioral and Brain Sciences*.
- 鈴木健太郎・佐々木正人 投稿中 行為の組織化と事象の入れ子状構造 : 行為シフト時のマイクロスリップとポーズの記述的分析.
- Thelen, E., Corbetta, D., Kamm, K., Spencer, J. P., Schneider, K. & Zernicke, R. F. 1993 The transition of reaching : Matching intention to intrinsic dynamics. *Child Development*, **64**, 1058-1098.

- Thelen, E., Corbetta, D. & Spencer, J. P. 1996 Development of reaching during the first year: Role of movement speed. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **22**(5), 1059-1076.
- Thelen, E. & Smith, L. B. 1994 *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Massachusetts : MIT Press.
- Thelen, E. & Smith, L. B. 1998 Dynamic systems theories. In R. M. Lerner (Ed.) *Handbook of child psychology*, 5th ed. Vol. 1. New York : John Wiley & Sons, Inc. 563-634.
- Turvey, M. T. 1990 Coordination. *American Psychologist*, **45**(8), 938-953.
- Turvey, M. T. 1996 Dynamic touch. *American Psychologist*, **51**(11), 1134-1152. 三嶋博之 (訳) 印刷中 ダイナミック・タッチ. 佐々木正人・三嶋博之 (編) アフォーダンスの構想. 東京大学出版会.
- von Holst, E. 1973 Relative coordination as a phenomenon and as a method of analysis of central nervous system function. In R. Martin (Ed. & Trans.) *The collected papers of Erich von Holst : Vol. 1. The behavioral physiology of animal and man*. Coral Gables, FL : University of Miami Press. 33-135. (Original work published 1939)