

心理学における現代的課題

Dynamical Systems Theory in Psychology

岡林 春雄

Haruo OKABAYASHI

科学の各分野は近接領域間で相互作用をもちながら新しい理論が見出されたり、新しい考え方が導入されたりして発展していく。新しく開発された技術によって方法論が進歩し、新しい事実が発見されることも珍しくない。

さて、科学的心理学は、1879年 Wundt がドイツのライプチヒに心理学実験室をつくり、内省報告からデータを収集、分析したところから始まるとされる (Tichner, 1921)。Wundt は心を意識だととらえたことにより、彼の心理学は意識心理学と呼ばれるが、彼のそのような考え方、手法に対して、19世紀末から20世紀初頭にかけて批判が出現する。精神分析学は、心の中心を無意識だととらえ、心を意識だととらえる Wundt の心理学を批判したし、科学的方法論の観点から行動主義心理学は目で見えないもの(例. 意識)を否定し、目で見えるもの(例. 行動)を研究対象にすべきだと主張した。ここでは、精神物理学の視点が重視されている。さらに、ゲシュタルト心理学は、Wundt の分析的-一要素主義的な視点を批判し、全体主義的な視点(全体論)から考える必要があることを主張した。このゲシュタルト心理学の主張した全体論は、今一つ心理学者が理解できないうちに、世界での心理学の流れは、Watson の行動主義心理学を発展させた Skinner 等の S-R 心理学が主流になっていった。S-R 心理学の単純で明快な切り口は、学習理論で大きな成果を得た。時代の流れとともに隆盛を誇っていた S-R 心理学も、言語学者 Vygotsky からの批判やコンピュータの登場によって、認知心理学にその位置を譲った。認知心理学では、心を認知システム-情報処理システム-としてとらえた。この心をシステムだととらえる考え方は、現在の心理学において、多くの研究者の共通理解であろう。

ただ、ここまできて心理学の理論は行き詰まりを見せている。人間の心理を研究する際、感情を無視できないことをあらためて突きつけられた認知心理学は、認知-感情論争 (Zajong, 1984; Lazarus, 1984) に巻き込まれ、結果依存感情や帰属依存感情 (Weiner, 1986)、さらには、気分状態依存効果 (Bower, Monteiro, & Gilligan, 1978)、気分一致効果 (Forgas, Bower, & Krantz, 1984; Clark & Isen, 1982)、PNA 現象 (Singer & Salovey, 1988) まで追究したのだが、結局、認知と感情の相互作用をそれ以上、深められなかった。また、今、エンボディド・マインド (Embodied Mind: Varela, Thompson, & Rosch, 1991) などという概念が提案されており、動きが心を作る、といった身体性と心理性の相互作用の問題を取り扱おうとしている。近年、話題になっている事象、用語はほとんど相互作用・協働 (コラボレーション) といったシステムの関わり合った話題を問題にしている。にもかかわらず、心理学ではシステムの意味をきちんととらえてこなかった。さらに、対象を静的にとらえ、対象が“生きている”ということから目を背けてきたのである。それ故に、いろいろな事象、用語をテーマにしても、表面的にしかととらえられずに、流行が過ぎれば忘れられていくといった横滑り現象が出てきているのではなからうか。そこで、本稿では、システム論-それも動的な-を検討しながら、人間の心理を追究するにあたって必要な近接科学の気づきに言及したい。

システムとは

システムとは、相互作用する要素の集まりである (Bertalanffy, 1968)。例えば、要素Aと要素Bが相互作用しているとする。ここでは、Aの状態はBの状態変化に影響を及ぼし、逆に、BはAの状態変化

に影響を及ぼす。このような相互作用下において、ある時点のAの状態の原因は何であろうか。時間的に前のBの状態が、このAの状態に影響したのだが、そのBの状態自体が時間的に前のAの状態に影響を受けている。この意味で、問題とするBの状態は、「相互作用するAとBをあわせた全体」だと考えざるをえない。

ところで、この心をシステムだととらえる考え方は、認知心理学から新たに始まったものではない。ゲシュタルト心理学では、全体論を展開するにあたって、システムを前提としているし、精神分析学でもホメオスタシスといったシステムをイメージしている。相互作用をもつ諸要素の集合、あるいは諸部分が連結することによって構成される全体——というシステム概念は、昨今登場してきたものではなく、すでに古代ギリシャにおいて、「全体は部分より成る。全体は部分に依存し、また、部分は全体を前提に存在する」という認識があった(稲葉, 2001, p.137)。しかし、この認識は、対象はそれを構成している要素への分解によって理解できる、という要素還元主義思考に隠れて、今にいたるまで科学的方法論の1つとして確立されることはなかった。ここでいう要素還元主義思考は、これまで、諸科学の分野で当たり前にとらえてきた考え方であるが、生きているシステムをとらえるにあたり、新しい考え方が必要になってきたのである。

人間の心理という、生きているシステムは非常に複雑な振舞いをすることは知られているが、このような、生きているシステムをどのようにとらえるのか、そして、そのシステムはどのような特徴をもっているのかということは、心理学のみならず、現代科学の大きな疑問である。本稿では、新しいシステム概念を中心としながら、心理学と周辺科学の発展を考察し、心理学における現代的課題を検討してみたい。

生きているシステムを研究するのに必要な理論 —ダイナミカルシステム理論—

生きているシステム・生命現象についての心理学と周辺科学の動向

ニュートン派の熱力学においては、すべてのシステムは無秩序に動いていると考えられている。全体のエネルギーは、時間が経つにつれて消費される。熱平衡にあるシステムで、準静的に加えられた熱量をそのシステムの絶対温度で割った値をエントロピーの増加分と定義すると、可逆変化ならエントロピーは一定、不可逆変化では必ず増大する(エントロピー増大の法則、熱力学第2法則につながる)。エントロピー増大の法則だけにしがえば、世界は停止しつつある。ところが、この世界(生き物や社会といった生きている系)には秩序や構造があり、組織化されるという側面もある。つまり、生きているシステムは変化の流動性と構造の安定性をあわせ持つ、ということに科学者は気づいていた。問題は、構造という秩序と変化という無秩序の共存のパズルをどのように解くかである。

Bertalanffy から Prigogine へのバトン

システム概念を科学的にとらえようとするきっかけは Bertalanffy(1968) によるが、彼は、単一の部分または過程を研究する生物学(現在の心理学も同様)のこれまでの方法では、生命現象は結局とらえられない、という認識から「一般システム理論(general systems theory)」を提唱した。彼は、エネルギーとリソースの連続した流れの依存性を強調するため、生きとし生けるもののシステムを開放系と呼び、Fließgleichgewicht(flowing balance) という用語を使い、バランスと流れ、構造と変化が共存していることを表現した。開放系であるということは、生きているすべての組織体は何らかの消費をしており、ある種のための消費は別の種にとっては食べ物にあたり、消費は連続して循環し、全体としてのシステムは消費ではないのである。これは、生態学の食物連鎖(Odum, 1953)の考え方に通じる。この Bertalanffy の発想は、重要な新しい視点を提出したのだが、構造と変化の共存というパズルを解くこと

にはならなかった。この問題は、言いかえれば、自己組織化現象が自然界の普遍的な性質であるエントロピー増大の傾向に反して起きているようにみえるのに、それが法則によってどのように説明されるか、である。

そのパズルを解いたのが Prigogine である。Prigogine は「散逸構造論」で 1977 年にノーベル化学賞を受賞した。相対性理論、量子論以来の最重要科学的発見とされている。

散逸構造論

Prigogine (1957, 1961, 1980 他) は、すべての生きているシステムに同時に存在する一見矛盾する 2 つの傾向を表現するために「散逸」という用語と「構造」という用語を結び付けた。散逸構造という新しい概念は、新しい構造と秩序ある形態が創発することができる不安定性というアイデアを含んでいたのである。

ベロウソフ・ジャボチンスキー反応：化学の分野にベロウソフ・ジャボチンスキー反応（略して BZ 反応）と呼ばれるものがある。反応の進行にともなって、同心円状またはスパイラル状をした物質の濃淡パターンが自己組織化され、次第に広がっていく。化学反応系の状態によって定常的な散逸構造ができる場合と空間を一定の方向に進む化学反応の進行波ができ、化学物質の濃度が全体的にリズムに変化する、いわゆる化学振動と呼ばれる現象が起きる場合などがある。この反応からわかるように、散逸構造として自己組織化される秩序には、空間的な秩序パターンばかりではなく、リズムのような時間的な秩序パターンもあり、また、両者が同時に起こることから様々な進行波が出現する。

時間的な秩序が出現するのは、システムの中のあちこちの変化が互いにペースを揃える性質があるからである (清水, 1994)。変化のペースを互いに合わせて時間的な秩序をつくる現象は「引き込み現象」(同期現象) と呼ばれる。例えば、近い周期で振動している 2 つの反応系の一部を接触させると引き込み現象が起きて両方の振動が互いに周期を合わせて同調する。また、振動している反応系のエネルギー散逸速度 (過剰エネルギーの流入測定) を高めていくと、カオスと呼ばれる不規則な振動現象が見られるようになる。カオスは、軌道が不安定な周期運動である。対流系でも反応系でもカオスは観測される。カオスの間にも複雑な引き込み現象が見られる (清水, 1994)。

非平衡にあることが本質的な非平衡

ヤリイカの神経の研究をしている松本 (1984) は、「生きる」とは生体の機能の状態に関連して使われる言葉であり、「神経が生きている」というのは、神経の本来もつ生体情報伝達・処理機能が正常に働くことだとしている。そこから、ヒトについて考えてみると、ヒトが生きているということは、ヒトのもつ機能が正常で、それぞれの生体機能の間により調和が保たれている状態を指し、言い換えると、生体機能を正常に働かせていくために基本的に必要なことは、ヒトという個体システムに絶えず物質やエネルギーが一方から流入し、他方へ流出しているということである。そうでないとヒトは生きられないのである。これを物理化学的に表現すると、「熱平衡から遠く離れていること」(p. 91) が基本的な要請であることを示唆している。すなわち、システムがある 1 つの熱浴 (エネルギーなどの熱力学的容量が無限に大きいシステムであり、外界との相互作用によっても、このシステムの力学的な性質が決して変わることのないもの) と接しているとき、そのシステムと熱浴との間にどんなにエネルギーの違いがあっても、いつかはシステムと熱浴は同じエネルギー (熱浴のもつエネルギー) の状態に到達してしまう。このような状態を「熱平衡状態」と呼び、熱平衡状態に達する前の状態を「非平衡状態」と呼ぶ。このような非平衡状態は、つねに平衡状態に近づこうとする性質をもっているため、「平衡に近い非平衡 (あるいは線形非平衡)」と呼ばれる。従来の物理・化学が主として扱ってきた非平衡現象は、この「平衡に近い非平衡」現象である (松本, 1984, p. 91)。ところが生物の場合、平衡状態とは熱浴との間の、出たり入ったりの関係が釣り合った状態、すなわち「死」を意味するので、非平衡といっても、つねに平衡に戻る (死ぬ) 方向に近づく非平衡ではなく (安定点が平衡であるような非平衡ではなく)、「非

平衡にあることが本質的な」(p. 91) 非平衡なのである。

発達段階理論

人間の発達には、複雑性と組織化が進行する主要な例である。上記、Prigogine らの研究が発達研究に少なからず影響を与えたのは当然のことであろう。Brent (1978) は、Prigogine の自己組織化の議論の中に、複雑性から発達段階の移行のメカニズムが読み取れるのではないかと考えた。さらに、Brent は、非線形の考え方から、発達には「自動触媒作用的 (autocatalytic)」、すなわち、小さな変化が後の変化の触媒として働き、大きな変化につながる、といった視点が必要だと考えた。Brent や Sameroff & Chandler (1975) の論考は、発達の線形モデルから非線形モデルへの移行の必要性を示唆したし、Ford & Lerner (1992) の発達システム理論 (Developmental Systems Theory) に影響を与えた。

システム理論が数式 (時間の経過とともに起こるある特徴をもった複雑で非線形の振る舞いについて数式で表現) を使用していることもあって、心理学者の中にも数式で現象を表現しようという動きが本格化してくる。Molenaar (1986) は、Piaget 派の発達段階理論派であり、段階移行にカタストロフィ理論を導入した。すなわち、Piaget 理論での非保存から保存への段階移行は、その2つの方略が活性化し、競合しあいながら、非保存から保存へジャンプするととらえるのである。van der Maas & Molenaar (1992) らの研究によって Piaget 理論再考が起こった。

ベルンシュタイン問題を超えて：運動発達研究

人間の関節の機械的自由度は 100 あるといわれており、位置と速度状態からなる状態空間は少なく見積もって 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 (佐々木, 2000)。運動生理学者 Bernstein (1996) 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」、「運動器官の冗長な自由度をマスターし、それを制御可能なシステムにする過程」、そして、「運動装置の制御の組織化」と定義した。それは、「単一のインパルスの働きではなく、インパルス全体のシステムの協働の同次性の結果」である。これは、多自由度制御の問題 (ベルンシュタイン問題) として提起された。ベルンシュタイン問題とは、トップダウン型モデルを身体運動の制御モデルとして採用すると、単純な動作についても身体を動かす前に、中枢は膨大な量の変数を決定しなくてはならないため現実的とは言えない (児玉・園田, 2013) というものである。この問題は、制御工学の観点からすると、制御すべき変数の方が、状態を記述するために必要な変数より多く、解が一意に決定できないという冗長性に起因する不良設定問題だと言える (川人, 1996)。ベルンシュタイン問題を解決する軸となる協調は固定している運動要素 (筋や骨や運動ニューロンなど) をひとつずつ、つなげて配置する方法では解決できない。つまり、単なる要素の集まりではなく、全体の統合の視点が必要なのである。

すでに見てきたように、生きているシステムは自己組織化し、自律的に振る舞い、その形態は進化する。そこには、システム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、一見矛盾するように思われるベルンシュタイン問題のパラドックスを解く鍵があるのではなかろうか。言い換えれば、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システムである協調は不可避に変化する単位であり、「発達」が内在する単位なのである。運動とは協調である。運動研究は協調を単位とすることで発達領域に進出した。運動研究は、この「発達の単位」を土台とすることによって運動発達研究に「進化」したと言えよう。

Kelso (1995) は、両手の人差し指を左右へ同じ周期で動かし、メトロノームのビートにあわせて 1 周期の運動をしながら、パターンが変わっても、もっともやりやすい動きを続けるように教示した。二つの指に現れる協調は、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) というわずかに 2 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ときには起こらない、速い周期数のとき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、などの事実を見出した。この実験では、両指の相対位置差が秩序パラメータであり、メトロノームで与えられた時間あたりの周期が制御パラメータである。この実験での観察結果は、物理学における非平衡の相転移の現象と一致する。つまり、運動発達研究と物理事象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するというのが Kelso の主張である。Kelso が基にしているのは、熱力学系が平衡状態から不安定になり新しい構造に至るという Prigogine の散逸構造論であり、Haken (1977) のシナジェティックスであり、振動運動の安定性と散逸構造の関係に言及しようとした Kugler & Turvey (1987) や Turvey (1990) のリズム運動理論であった。

上記のような運動発達研究を受けて、Thelen, Corbetta, & Spencer (1996) は、乳児が対象物に手を伸ばし、つかむ(リーチングという)という人間にとって重要で基本的な知覚-運動スキルに注目した。初発リーチングについての報告(Thelen, Corbetta, Kamm, Spencer, Schneider, & Zernicke, 1993)では、リーチングが、リーチングに至らない運動から「発見」されることがわかった。つまり、各乳児が好む運動系の状態が、リーチングが探索される土壌となっていることを示した。そして、4人の乳児の52週間の速度変化の縦断的データ分析から、運動速度が制御パラメータであることが明らかとなった。そこで、Thelen らは、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」としてしている。ここで、Thelen らの主張は、発達の時間スケールにおいて異なるレベルの時間スケールが反復し影響することの重要性を指摘しており、個体発生が系統発生に短縮した急速な反復であるという反復発生説とは違っている。Thelen らの述べる反復は、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し、1回の行為(初発リーチング)を行う時間でも、より長い時間スケール(年単位)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、この多重化した入れ子構造が個体発達という複雑な変化を作り上げている、というものである。

調整メカニズム

分子生物学者 Jacob & Monod (1961) は、ある遺伝子が他の遺伝子の読み取りを活性化したり抑制したりすることを発見した(オペロン説: 1965年度ノーベル生理学医学賞を受賞)。細胞分化で重要なのは、そのときにどの遺伝子が活性化し触媒としてはたらき、どの遺伝子が抑制されて活動しないかということを決める調整機構である。細胞分化においても、運動発達においても、つまり、生きているシステムにおいて、調整メカニズムは重要である。1991年にはじまったヒトゲノム計画は、2001年の概要版発表、2003年の解読完了宣言を経て完成版論文が発表された。しかし、ヒトゲノムの完全解読がすんでも、誰も「生命とは何か」がわかったとは思っていない(津田, 2013)。その研究に携わった服部(2005)も今後の課題を指摘している。ゲノムはあくまでも生物の設計図である。車の設計図が手に入っても車は動かないのと同様に、ヒトゲノムの解読によって人間(の心理)がわかったとは言えない。さらに、多細胞生物の機能は、ゲノムのほんの一部によって決定されており、ヒトゲノムの1%がタンパクを符号化するメッセンジャー RNA (mRNA) と非タンパクを符号化する RNA (ncRNA) へ転写され、遺伝子表現をコントロールする DNA 成分は 0.5% に過ぎず、残りは「暗黒ゲノム」と呼ばれている。要するに、ヒトを含む哺乳類の遺伝子の 90% 以上は、その機能が解明されておらず、その中に調整メカニズムをもつものが存在している可能性がある。

ハラボロバチやデバネズミの世界においては、働く個体とあまり働かない個体が存在していることが報告されているが、これは労働量の分散を担っているからこそその行為であり、労働量の差は将来の繁殖成功確率によって決定される(Field, Cronin, & Bridge, 2006)と報告されている。ここにも、社会を維持していくための調整メカニズムが働いている。

結語

Prigogine たちの散逸構造論は、物理・化学分野から出てきたものであるが、心理学にも通じるものがある。その発想は、従来の考え方を覆すものであった。そもそも Prigogine の視点を的確に示す用語

がこれまでの科学にはなく、非平衡 (nonequilibrium)、非線形 (nonlinearity)、不安定性 (instability)、非決定論 (indeterminacy) 等々は、すべて否定形の用語である。否定形表現は、これまでの科学の考え方に基づく上での否定形であり、生きているシステムの特徴を示す重要な用語だけに今後、用語を検討しなければならないであろう。さらに、科学の各分野が閉じこめるのではなく、情報交換するように、1947年ウィーン大学での講演で Bertalanffy が期待を込めて提案した「すべてのシステムにあてはまる一般原理を定式化し、導く」(『一般システム理論』付録「科学の意味と統一性」, 1968) ためには、各分野間でわからない用語、意味合いが異なる用語があることは科学の進歩を妨げることになる。なお、用語に関して Mitchel (2009) は、「心理学者は観念や概念という用語について正確な定義をもっておらず、また、それらが脳のどの機能に対応しているのかについてもわかっていない」(翻訳本 P. 163) と述べている。

すでにお分かりのように、本稿で話題にしている、生きているシステムの理論は、単なるシステム論ではなく、動的で非線形のシステム論なので、ダイナミカルシステム理論 (Dynamical Systems Theory) と呼びたい。ダイナミカルシステム理論は、前述した散逸構造論・非平衡熱力学系理論 (Nicolis & Prigogine, 1977)、そして、カタストロフィ理論 (Thom, 1975)、シナジェティックス (Haken, 1983)、神経ネットワーク (Grossberg, 1982)、カオス理論 (Ott, 1993) 等々を総称するものであり、単一のアプローチ方法論ではない (Newell & Molenaar, 1998)。

ダイナミカルシステム理論は、変化・変容に関心を寄せている (Fogel, 2008)。変化がどのようにして生じるかを観察し、理解することはきわめて難しい (Miller & Coyle, 1999; Siegler & Crowley, 1991)。変化は、事前-事後の行動パターンと異なり、それがまさに起きている間に観察しなければならない (Kuhn, 1995; Siegler, 1995)。そのような点で、ダイナミカルシステム理論は、心理学とくに、発達心理学、臨床心理学の分野にその特徴を発揮することが出来るのではなかろうか。今後、「システムは非還元的特性をもつ全体である」、「システムは入れ子構造になっている」、「システムは通時的な階層性をもつ」、さらに、「自己組織化」、「自由と制約」、「散逸構造とゆらぎ」などの論点を明確にしながら、人間心理という生きているシステム、すなわち、ダイナミカルシステムを研究していかなければならないであろう。

参考文献

- Bernstein, N.A. (1996). On dexterity and its development. In M.L.Latash & M.T.Turvey (Eds.), *Dexterity and its development* (pp.3-244). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 佐々木正人 (監訳), 工藤和俊 (訳) (2003) デクスターティ 巧さとその発達, 金子書房.
- Bertalanffy, L. von. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. New York: George Braziller. 長野 敬・太田邦昌 (共訳) (1973) 一般システム理論: その基礎・発展・応用 みすず書房.
- Bower, G.H., Monteiro, K.P., & Gilligan, S.G. (1978). Emotion mood as a context for learning and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17,573-585.
- Brent, S.B. (1978). Prigogine's model for self-organization in nonequilibrium systems: Its relevance for developmental psychology. *Human Development*, 21,374-387.
- Clark, M.S., & Isen, A.M. (1982). Toward understanding the relationship between feeling states and social behavior. In A.H. Hastorf & A.M. Isen (Eds.), *Cognitive social psychology*. New York: Elsevier/North-Holland. 73-108.
- Elman, J.L., Bates, E.A., Johnson, M.H., Karmiloff-Smith, A., Parisi, D., & Plunkett, K. (1998). *Rethinking innateness: A connectionist perspective on development*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Field, J., Cronin, A., & Bridge, C. (2006, May). Future fitness and helping in social queues. *Nature*, 441,214-217.
- Fogel, A. (2008). Dynamical systems research in developmental psychology. 岡林春雄 (編) 心理学におけるダイナミカル

- システム理論 (pp. 202-213) 金子書房 .
- Fogel, A., Lyra, M.C.D.P., & Valsiner, J. (1997). Introduction: Perspectives on indeterminism and development. In A.Fogel, M.C.D.P. Lyra, & J. Valsiner (Eds.), *Dynamics and indeterminism in developmental and social processes* (pp.1-10). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ford, D.H., & Lerner, R.M. (1992). *Developmental systems theory: An integrative approach*. Newbury Park, CA: Sage.
- Forgas, J.P., Bower, G.H., & Krantz, S.E. (1984). The influence of mood on perceptions of social interactions. *Journal of Experimental Social Psychology*, 20, 497-513.
- Grossberg, S. (1982). *Studies of mind and brain: Neural principles of learning, perception, development, cognition and motor control*. Dordrecht: Reidel.
- Haken, H. (1977). *Synergetics: An introduction: nonequilibrium phase transitions and self-organization in physics, chemistry and biology*. Berlin & Heidelberg: Springer-Verlag.
- Haken, H. (1983). *Advanced synergetics*. Berlin: Springer-Verlag.
- 服部正平 (2005) ヒトゲノム完全解読から「ヒト」理解へ：アダムとイヴを科学する 東洋書店.
- 稲葉元吉 (2001) 自然システム 複雑系の事典編集委員会 (編) 複雑系の事典 適応複雑系のキーワード 150 (137-139) 朝倉書店.
- Jacob, F., & Monod, J. (1961). Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. *Journal of Molecular Biology*, 3, 318-356.
- 川人光男 (1996) 脳の計算理論 産業図書.
- Kelso, J.A.S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 児玉謙太郎・園田耕平 (2013) 身体運動研究における“Synergy”概念とその射程 The 27th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, (1L5-OS-24e-1)1-4.
- Kugler, P.N., & Turvey, M.T. (1987). *Information, natural law, and the self-assembly of rhythmic movement*. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- Kuhn, D. (1995). Microgenetic study of change: What has it told us? *Psychological Science*, 6, 133-139.
- Lazarus, R.S. (1984). On the primacy of cognition. *American Psychologist*, 39, 124-129.
- 松本 元 (1984) 生体とゆらぎ 石井威望・小林登・清水博・村上陽一郎 (編) 生命現象のダイナミズム ヒューマンサイエンス 3 (pp. 87-113) 中山書店.
- Miller, P. & Coyle, T. (1999). Developmental change: Lessons from microgenesis. In E.K. Scholnick, K. Nelson, S. Gelman, & P.H. Miller (Eds.), *Conceptual development: Piaget's legacy* (pp.209-239). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A guided tour*. New York: Oxford University Press. 高橋洋 (訳) (2011) ガイドツアー 複雑系の世界：サンタフェ研究所講義ノートから 紀伊国屋書店 .
- Molenaar, P.C.M. (1986). On the impossibility of acquiring more powerful structures: A neglected alternative. *Human Development*, 29, 245-251.
- Newell, K.M., & Molenaar, P.C.M. (1998). Introduction: Modeling development as dynamical systems. In K.M. Newell & P.C.M. Molenaar (Eds.) *Applications of nonlinear dynamics to developmental process modeling* (pp. 1-11). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nicolis, G., & Prigogine, I. (1977). *Self-organization in nonequilibrium systems: From dissipative structures to order through fluctuations*. New York: John Wiley & Sons.
- Nicolis, G., & Prigogine, I. (1989). *Exploring complexity*. München: R.Riper GmbH & Co..
- 小島陽之助・相沢洋二 (訳) (1980) 散逸構造：自己秩序形成の物理学的基礎 岩波書店.
- Odum, E. (1953). *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: Saunders.
- Ott, E. (1993). *Chaos in dynamical systems*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Prigogine, I. (1957). *The molecular theory of solutions*. Amsterdam: North Holland Publishing Company.
- Prigogine, I. (1961). *Introduction to thermodynamics of irreversible processes* (Second ed.). New York: Interscience.
- Prigogine, I. (1980). *From being to becoming*. Freeman.
- Sameroff, A.J., & Chandler, M.J. (1975). Reproductive risk and the continuum of caretaking casualty. In F.D. Horowitz, M. Hetherington, S. Scarr-Salapatek, & G. Siegel (Eds.), *Review of child development research* (Vol.4, pp.187-244). Chicago: University of Chicago Press.
- 佐々木正人 (2000) 発達研究の現在 : 運動研究 1990 年代. 児童心理学の進歩 2000 年版. Vol.39, 2-26. 金子書房.
- 清水 博 (1994) 自己組織現象と生命 新田義弘・丸山圭三郎・子安宣邦・三島憲一・丸山高司・佐々木力・村田純一・野家啓一(編) 岩波講座 現代思想 12 生命とシステムの思想 (pp. 71-120) 岩波書店.
- Siegler, R. (1995). Children's thinking: How does change occur? In F.E. Weinert & W. Scheneider (Eds.). *Memory performance and competencies: Issues in growth and development* (pp. 405-430). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Siegler, R.S. & Crowley, K. (1991). The microgenetic method: A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, **46**, 606-620.
- Singer, J.A. & Salovey, P. (1988). Mood and memory: Evaluating the network theory of affect. *Clinical Psychology Review*, **8**, 211-251.
- Thelen, E., Corbetta, D., & Spencer, J. (1996). The development of reaching during the first year: The role of movement speed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **22**, 1059-1076.
- Thelen, E., Corbetta, D., Kamm, K., Spencer, J.P., Scheider, K., & Zernicke, R.F. (1993). The transition to reaching: Mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Development*, **64**, 1058-1098.
- Thom, R. (1975). *Structural stability and morphogenesis*. Reading: Benjamin.
- Titchner, E.B. (1921). Wilhelm Wundt. *The American Journal of Psychology*, **32**, 108-120.
- 津田基之 (2013) 生命科学 : 生命の星と人類の将来のために 共立出版.
- Turvey, M.T. (1990). Coordination. *American Psychologist*, **45**, 938-953.
- van der Maas, H.L.J., & Molenaar, P.C.M. (1992). Stagemwise cognitive development: An application of catastrophe theory. *Psychological Review*, **99**, 395-417.
- Valera, F.J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weiner, B. (1986). *An attributional theory of motivation and emotion*. New York: Springer-Verlag.
- Zajong, R.B. (1984). On the primacy of affect. *American Psychologist*, **39**, 117-123.