

## 子どもの理論構成とその変換過程について

小 林 好 和

---

### 要約

認知発達研究のなかでも特に子どもの理論構成に焦点を当て、Karmiloff-Smith (1992) らごく最近の研究を踏まえながら、子どもが構成する理論の長期的な変化、さらにその変換の過程について検討した。本来相容れない Forder によるモジュール性の考え方と Piaget の構成説の両者を結びつけながら発達のモデル化を試みた Karmiloff-Smith は、長期的観点からみるなら Carey の示した理論変換に先立つものとして表象書き換え (PR モデル) のプロセスを位置づけている。それらの流れを外観しながら新たな問題、すなわち理論とデータの関連について考察し、さらに Carey が示した下位概念としての「動物」と「植物」を上位概念である「生物」へ統合することにより素朴生物学が成立するという見方に対し批判的検討を加えた。その上で素朴生物学から科学的生物学へと概念的に変換する過程において誤概念と科学的概念が併存する局面をより積極的に位置づけ、教育の視点から原子論、化学的視点が導入されるべきことを提案した。

キーワード：子どもの理論構成、表象書き換え (PR) モデル、概念変換、生物学理論、概念的併存、原子論と化学的視点

### I. 認知発達の基本的課題

近年の認知発達研究では、子どもの有する知識構造がこれまで仮定されてきたように領域普遍的な思考様式ではなく、各々独自の知識を含むいくつかの領域から成り立っており、同時にそれらが関連づけられるといった領域固有な性質を仮定するに至っている (Carey, 1985; Karmiloff-Smith, 1992; Hirschfeld & Gelman, 1994)。ウェルマン (Wellman, 1990) は知識の首尾一貫性、存在論的区別、因果的説明の枠組みなどを内包するひとまとまりの知識を「枠組み理論」として位置づけ、これらの性質はいわゆる科学理論とも共通すると指摘する。

一方、クーン (Kuhn, 1992) も指摘するように、ピアジェこそ子どもを「科学者」のメタファーで捉えようとしたその人だといってよい。すなわち、科学史における理論の進歩と子どもの認識の発達の变化的間に類似性を仮定し、「アリストテレスからニュートンの時代にかけてあいつぐ、前科学的性質をもつ概念形成は、まさにその前科学的性質のゆえに、精神発生に固有の認知の構成と比較することが有意義である」 (Piaget & Garcia, 1989) と指摘する。その上で「子どもから成人をへて科学者にいたる認知システムの発達に連続性がある」という前提

を置く。ただし、ピアジェによれば理論家は問題を解くための「観念や推論や、いずれにしる明白に主題化された—すなわち思考の対象となった—操作と、明らかに反省にもとづく思考」を適用できるものの、子どもはといえば同様の疑問をもつことも、反省的な思考を適用することもできず、したがって「理論は青年期からはじまるにすぎない」のである。

子どもを理論構成者とみなす研究の背景には、人間の認知発達をいかに考えるかという原理的問題が横たわっている。すなわち発達初期の段階では外界の混沌とした情報を目の当たりにするにもかかわらず、彼らは理解不能や無秩序に陥ることなく、特定情報の特定次元に注意を向け、しかも適切に処理することにより、極めて「出足のよいスタートを切ること」ができるというのは何故かという問題である。この問いは、人間の認知がほとんど白紙に近い状態から経験を通じて帰納的に形成されていくのか、あるいは生得的な制約、ないしモジュールがあらかじめ埋め込まれた状態としてスタートするのかという発達にかかわる基本的問題を問い直すことでもある。後者の視点で考えるなら、他のさまざまな動物がそうであるように、生得的な傾向(predisposition)があらかじめ付与されており、生まれた直後からすでに備わったプログラムに沿い、彼らにとって都合のよい一定の認知的行動を生起させることになる。同時にこの場合、すでに備わった枠に収まりきることのない人間がもつ創造的な認識の営みはいかに説明されるのかという問題がそのまま残され、そこでこの一見矛盾した側面を統一的に解決するような理論化が要請されるのである。

このような問題を含め、認知発達の理論レベルでの書き直しを試みたのがピアジェの門下生でもあったカミロフスミス (Karmiloff-Smith, 1992) である。カミロフスミスによれば、ピアジェの発達理論においては「空白」とならざるをえない時期、すなわち上述したような発達の初期を考えるにあたってある種の生得説を擁護しなければならないという。彼女は、ここでフォーダー (Fodor, 1976) の考え方を取り入れている。フォーダーによれば、発達のごく初期においてさえ、個体が実行できる活動が高度に抽象的であり、しかも適切であるということから、彼らが初期状態において備えている認知的な装置がかなりの程度特定化されたものであり、それは同時に特定の経験を期待するような、すなわち制約するようなシステムを保持しているという。こうした見方に立ちながら、彼は発生的に特定化され、しかも各々独立して機能するような特殊目的用のモジュール、ないし入力系によって認知システムが構成されていると仮定するのである。モジュールとは、情報とその計算がカプセル化されているような情報処理の単位であり、情報遮蔽性と固定回路を有しており、これらのプロセスは強制的な性質をもつ。しかも音声言語や視覚的認知のモジュールは生得的に特定化されていると仮定するのである。

カミロフスミスの発達を考える基本的な態度は、本来相容れないはずのフォーダーの生得説、一方で反生得主義、反モジュール性の立場をとるピアジェの構成説とを結びつけながら新たな理論化を目論むという大胆な試みにあるといつてよい。エルマンら (Elman et al., 1996) は、今後の認知発達研究において生得的な制約として実際にいかなるものを仮定するかが問わ

れるという。同様の視点からカミロフスミスはフォーダー流の厳密なモジュールの特定化というアイデアに修正を求め、生得的な傾向が一定のバイアス、あるいは「よりおおまかな骨格」として特定化されているという状態を発達のスタート時点に据えようとする。つまり生得的で領域固有な傾向が付与されているが、その後もモジュール化が漸進的に進行するという余地を与えるという、いわゆる「弱い制約」説に立つのである。そのことによって生得性を超え、環境との相互作用による後成的な表象発達の可能性をも想定しようとするのである。

一方、新生児はなんらの領域固有な知識をもたないという点では行動主義者の子どもと同様、「白紙の状態」からスタートするというピアジェ理論に対しても修正を求める。すなわち、ピアジェの構成説を生かすためにも、その初期において、特定の領域ごとに生得的な傾向が付与されていなければならず、それによりまず発達の良好なスタートを切ることのできるような構造が仮定されるべきだという。生得的な傾向が付与されることにより、認知システムは確かに効率よく、しかも自動的に働くということになろう。一方で、このようなシステムは融通がきかないという裏腹な性質を避けることができない。彼女は人間の発達過程で豊かな認知的柔軟性、創造性を開花させるには、やはりピアジェのような構成主義的視点が求められるのだという。

以上のような見方をより具体的に検討する道具立てとしてカミロフスミスはコネクショニスト・モデルにもとづく学習のシュミレーション研究を取り込もうとする。ここでは選択するネットワークの性質、中間層、ユニット数やその結合の重みづけなどをいかに設定するかが問題となり、それらが認知のアーキテクチャなどにかかわる生得的制約とみなされることになる。その上で彼女は「入力処理するに先だって特定化されたいくつかのバイアスをもつようなコネクショニストの子ども」、すなわちアーキテクチャ、計算、時間的タイミングといった制約が前もって付与されており、しかし表象内容までは与えられていないような初期状態を想定するのである。カミロフスミスは、総体としてみればこのような見方はむしろピアジェの発達理論に近いものであるという。波多野(1997)が指摘するように、カミロフスミスのような現代的コネクショニストと呼ばれる陣営の人々は「チョムスキーに対するほどにはピアジェに反発していない」のであり、「比較的少ない制約の下で外界と相互交渉しつつ次第に表象内容を構成していく」とするピアジェの発達観はここでも脈々と生き続けているといっている。

## Ⅱ. 理論とデータをめぐる問題

発達の初期状態において「概略的なアウトライン」として付与された生得的な原理や表象—これ自体は理論ではない—は、その後いかに変化し、また理論として扱うにふさわしい性質を獲得するのだろうか。カミロフスミスは、その筋道をあらかじめ付与された表象がしだいに操作可能となり、しかも柔軟な性質を獲得する、さらに知識への意識的接近が可能となる過程、

すなわち心の内部の暗黙的情報がやがて「心に向けられた知識」となる、一方それらは最初は特定領域内で、やがて領域を超えて利用可能となるプロセスを想定する。この見方から示唆されるように、カミロフスミスが仮定する「理論づくり」の基本は認知発達の過程において自己の内部表象を再帰的に表象し直す、すなわちメタ表象を構築する能力を獲得するということにある。こうした考え方にもとづく彼女の発達理論の核心が表象書き換えモデル(Representational Redescription: R R モデル)である。その中で彼女は認知的発達を 3 段階の再帰的な相(phase)の変化としてモデル化した。第 1 の相で子どもはある小領域において、主に外的データに対して優先的に焦点を当てる、いわばデータ駆動型の処理をおこなう段階である。ここでは最終的には特定の行為のレベルで安定的に遂行できるまでになる。これを「行為の完全習得」とよぶ。次の第 2 の相では外的データよりも内的表象が優位となり、第 3 の相において内的表象と外的データがうまく結びつき、内的表象の検索と外的手段の間に均衡が保たれるようになるのである。このような相モデルでは、発達の過程でまずは手続き的な知識を獲得し、いわば「できる」ようになる段階に到達することを想定するが、その後この「できる」というレベルに留まるのではなく、やがて自己の行為についての理論づくりを試み、それにもとづいて次第に仮説構成さえ可能となるという筋道を仮定するのである。

では以上のように相において、内的な表象のフォーマットはいかに変化するのだろうか。カミロフスミスは表象書き換えのプロセスとして 4 つの水準を仮定する。第 I 水準は基本的に外部の刺激に反応するための手続き的な形態をとり、潜在的な表象がひとまとまりの形でその中に埋め込まれている段階である。この水準自身まだ理論といえるものではないが、それにより、特定の入力を優先的に計算し、迅速に、しかも効果的に対応することが可能となるのである。手続きが自動化(完全習得)した後、それまで手続きのなかに埋め込まれていた知識が書き換えられ、次第に明示化(Explication)されていく、その最初が E 1 水準である。表象がこの E I のフォーマットに書き換えられることにより、子どもの理論づくりに向けた柔軟な認知システムが起動したとみるのである。とはいえ、この水準では依然、意識的に接近したり、言語的な操作を加えることはできず、それが可能となるにはさらに E 2, E 3 水準へと書き換えられねばならないのである。

カミロフスミスとインヘルダー(Karmiloff-Smith & Inhelder, 1974) による「進歩を望むなら理論家であれ」と題する論文がある。カミロフスミスがまだジュネーブ大学にいた当時のものであるが、この中にすでに子どもを単なる帰納主義者ではなく、自ら理論づくりを遂行していく存在として描くという意図が含まれていたという。この論文はすでによく知られる「積み木の釣り合い」に関する実験がおこなわれている。彼女はいくつかの異なる積み木を用い、平均台上でバランスをとる「バランス課題」を 4 歳から 9 歳の子どもに与えた。このような課題に対し、4 歳児は試行錯誤を繰り返しながら、やがて平均台の上でバランスをとることができるようになったが、6, 7 歳児ではどの積み木についても幾何学的な中心で支えようと

するために、重さが均等でないタイプの課題において失敗する。やがて8, 9歳児では4, 5歳児同様、すべての積み木を釣り合わせることに成功するようになる。ところでこのような一見矛盾した発達過程はいかに説明されるか、ということがここで問題とされる。

カミロフスミスによると次のように解釈される。4歳児はもっぱら観察可能なデータから得られる情報にもとづいてバランスをとることを試み、自己受容的感覚のフィードバックを用いながら釣り合う点を探そうとする。しかもこの場合には、各試行間の情報は関連づけられることはなく独立しており、こうしたデータ駆動型の課題解決は先の第Ⅰ水準の表象に支えられていると考えられるのである。これとは対照的に、6歳児の行動は「中心で支えればバランスがとれる」というEⅠ水準で生じる理論づくりの萌芽（「行為のなかの理論(theory-in-action)」）がみられるが、この場合にはもっぱら「長さ」を基準とする幾何学的中心の理論に支えられている。次いで彼らは「おもりの付加が見える積み木」に対しては「重さ」に基づく新たな理論を作り出しそれを適用するが、「おもりの隠されている積み木」に対してはいずれの理論も適用できない変則例とみなしてしまう。ここでは当該の小領域の全体を説明する統一的な理論を生成するというのではなく、より小さな領域ごとの理論の生成と適用という傾向が現れるのである。こうした過程を経て、やがて8歳児で表象はE2/3のフォーマットに書き換えられることにより、それまで別のものとして扱われ、ケースごとに適用された小理論がひとつの重心理論へと統合されていくのである。

EⅠ水準でみられたように、子どもは理論をもつがために反例となるような情報を変則例として扱ったり、場合によってはそれを無視したりすることがある。上記の過程で4, 5歳児では容易に釣り合いをとるにもかかわらず、6, 7歳児において失敗することに注目してみよう。このような変化をカミロフスミスは「行動レベルの変化」と「表象レベルでの変化」とに分けて分析を試みている。この場合、行動レベルからみると一時的に成績の低下を招くが、一方の表象レベルからみれば外的データとは独立した内的表象が構成される途上にあると仮定することができる。発達を再帰的な相モデルとしてみるなら、子どもと大人、あるいは初心者と熟達者において、彼らの行為が表層レベルで同一の行為として現れることがあっても、理論レベルにおいて構造的な差異のあることが想定されるのである。

「積み木の釣り合い課題」の分析から明らかなことは子どもは課題を達成するだけに満足せず、自らの行為を説明する理論づくりを試み、それを適用しようとする、にもかかわらず行為の習得の途上での理論づくりとその適用は課題解決に対してむしろ妨害的に働くことがあるということである。それはまだ現象を部分的に説明する小理論に止まっていて、しかもそれが全体としてカプセル化しており、条件が異なる外的データのフィードバックを受け付けないという性質をもつからである。しかし、現段階では子どもの有する理論とは合致しない現象に含まれる外的データを彼らがいかに扱うかは、十分明らかにされているわけではない。両者の間に不一致が存在し、したがって子どもの概念的葛藤を想定するのが従来の一般的な見方であ

ったのに対し、カミロフスミスは表象変化は認知システムの「安定性」に導かれて生じることを強調している。こうした見方はわれわれにとって必ずしも自明のことではない。彼女に独自であるこの捉え方には、その背景として先に述べた方法論としてのコネクショニスト・モデルの考え方が横たわっている。このモデルでは入力ネットワークの安定した状態へ定着する方向へ向かうことが目標となり、そのことにより、表象書き換えモデルの第Ⅰ水準への書き換えが始まる準備が整ったことになるのである。

カミロフスミスのこうした基本仮説を踏襲するなら、新たな外的データが示された場合、既有の理論を保持したまま、そのデータを一応受け取るようななんらかのフォーマットが別に用意される必要があるだろう。この場合、新たな小領域を構成し、そこで「どうしてもこうなってしまう」というデータを受け取ることになる。最初、それは「その場しのぎのフォーマット」であるが、次第に既有理論に対し「潜在的な競争者」として安定的な地位を確保するようになると考えられる。しかもこの中間段階では異なる表象が各々の条件に応じてのみ利用が可能であるが、やがて受け取ったデータについての操作可能性、意識化を伴いながら理論としての性格をもつようになり、それらが包括的な理論として統合されと考えられるのである。とはいえ、このような想定は一見わかりいいが、外的データが理論構成といかに関わるのかという問題からみると十分ではない。クーン(Kuhn, 1989) は、子どもと科学者の科学的思考における特質の差異を考えることが発達的な枠組みを捉えようとする際にも有効であるとした上で、彼らは共にメンタル・モデルの構成とその改定を通して世界を理解するものの、そのメンタル・モデル、あるいは理論を新たな証拠に基づいて調整しうるかどうかがという点で決定的に異なると指摘する。クーンによると科学者の場合、自己の理論を意識的に対象化し、その理論と証拠を付き合わせながら、理論を修正したり、棄却することができ、しかもその過程について明示的に説明することが可能であるのに対し、子どもは理論と矛盾するような事例が現れた場合、「そうなったこと自体」を認めることができず、無視したり、ゆがめたりする方法で理論を「調整する」という。「その場しのぎ」の方略といってもよいのであるが、クーンは、こうした傾向は基本的に彼らの理論と証拠の問題空間が未分化であることによると指摘する。

中垣(1988) は、水中に物体を入れたとき、水位の上昇はなにによってもたらされるかを問ういわゆる水位課題を与えると、「水位重量説」をとる子どもは反証例に直面しながら、「どうしてかしらないが、こうなっちゃった」として戸惑う子どもの事例を報告している。このような場合、板倉(1997) は認識論的な観点から、性急に「実体論、さらには本質論」に接近させるのではなく、「なぜかわからないが、このようなことがおこっている」とするような「現象論的」レベルの認識を重視すべき段階だとする。しばしば個別の事実よりもさまざまな現象の説明を与えてしまうことが生産的であるかのようにとらえられがちであるが、それは既成の理論を扱う場合に限ってのことであり、まったく新たな理論を構成していくような過程においては一般的な説明理論はむしろ妨害的に働くことさえあるのだという。そのような場合、性急に

「なぜか」を問うよりも現象をそれとして認めるほかないのだという。ここから想定されることは、理論の生成過程で反例となるデータに出会った場合、とりあえず手持ちの理論とは切り離す形態でそれらを集積し、「新たな小理論」を生成した後、手持ちの理論との間の調整がおこなわれると考えることができるかもしれない。

以上のことを踏まえるなら、子どもの場合、ただちに骨格となる理論と現象を整合的に関連づけるというより、反例に対してはその都度新たな説明をつけ、しかもそれらをカプセル化した形式で表象するという方略を用いるような段階として想定できるのである。いわゆる認識の経済性という視点も然ることながら、理論が世界の極めて多様な現象を取り込むことを考慮に入れるなら、認知発達におけるこうした方略も「表象の豊かさ」という観点からみてあながち排除されるべきではないと思われる。仮にそうした見方が許されるなら、後に述べるような素朴理論と科学的理論、たとえば「重さ（「軽さ」などの概念を含む）」と「質量」のように、同一領域についての概念でありながら、各々関連づけられることなく併存する段階を経るということも同様に解釈できるのである。子どもの理論づくりはクーンのいうように、科学者のそれと質的に異なるであろう。後述するが、やがて彼らの有する理論システムの安定性に加えて、意識化、さらには理論や証拠についての評価機能が関与する柔軟性が与えられることにより、新たな段階を迎えるところまで理論づくりの射程に含めて検討されるべきなのである。

さて、先に述べた表象書き換えモデルについては、ゲラトリイ (Gellatly, 1997) はかつてピアジェに向けられたと同様、子どもは共同体のメンバーとしてではなく、社会的に孤立した立場に追い込まれているのではないかと、その意味でも現実の科学者とはおよそ縁遠いところにいるのがカミロフスミスの仮定する子どもではないかと指摘する。「行動の習得」についても、いわゆる文化的活動へ参加するのではなく、自生的な発生というプロセスを経て果たして遂げられるのかと問う。それに対し、カミロフスミス (1997) は社会・文化的な役割を一般的には承認した上で、表象書き換えのプロセス、また一方の表象の内容、その社会的な性質を混同せずに扱うべきだということを強調する。すなわち表象書き換えのプロセスはあくまでも普遍的なレベルで仮定されているのであり、一方表象を構成するさまざまな内容は社会的な性質をおのずともつのだという（この見方自体は先に述べた「コネクショニストの子ども」観そのものである）。

現段階ではヴィゴツキーのように認識の発生そのものが社会的だとする立場と、カミロフスミスのアプローチの直接的なつけ合わせから新たなパースペクティブを見込める可能性は少ないであろう。しかし、カミロフスミスが認知発達研究に正面から位置づけている「モジュール性を超える」という眼目は、ヴィゴツキーが子どもの発達が社会的関係に埋め込まれているという状態から、やがてそれを超え、記号を媒介として自分で操作可能な道を切り開いていくというプロセス、そのことを通じて彼らの随意的な高次心理機能の発達が可能であるとした見方と大いに接近できる可能性はあると考えられるのである。

### Ⅲ. 理論ベースのアプローチ

カミロフスミスの1992年の著書についての公開討論形式の論文のなかでブルームら (Bloom & Whnn, 1994) は、理論ベースの知識アプローチをとるケアリ (Carey, 1985, 1988,) を引き合いに出し、彼女の理論変換のプロセスが明示的であるのに対し、表象書き換えモデルが理論変換を十分説明するものになっていないのではないかと指摘した。それに対しカミロフスミス (Karmiloff-Smith, 1994) は、ケアリのいう理論変換に先だって、知識が意識的で、しかも操作可能なものになっていなければならない、すなわち表象書き換えのプロセスこそ、その後の理論変換にとっての前提となるものだとする。

そうだとすれば、カミロフスミスはケアリに引き継がれるべき理論領域とはいかなるものになると想定したのであろうか。もちろん発達初期の理論は多様な領域についての知識的萌芽を宿すものとみなし、必要に応じてある領域を強調することもできるし、一方では認識の発生的な視点を据えて特定の基本領域から出発し、次第に分化したり新たな領域が発生していくプロセスとみなすことも可能である。しかし認知発達研究における理論ベースの知識アプローチという視点を据えらばこの問題は重要である。ウェルマン (Wellman, 1990) が個別理論を生じさせたり、存在論的な区別や因果的説明からみた知識のまとまりとしての「枠組み理論」という視点を提供したのも同様の視点からである。

特定の理論領域の発生とその分化の過程を領域固有な知識の変化により詳細に検討したケアリ (Carey, 1985, 1987) は、一方で領域普遍的なピアジェの発達理論を断念することは、子どもの何百もの個別の小さな領域における知識をうまく処理しうる程度に整理することをも断念することに等しいとそのあり方に重い課題を突きつけている。彼女によればなお領域に固有な発達的变化を仮定すべきであるが、一方では個体の認知発達を見通しのきくような全体的変化としてみることでできる方法を据えるべきだということを研究の基本態度として課す。その上で、彼女は「子どもの初期状態は二つの理論システム、すなわち素朴心理学と素朴物理学が生得的に与えられている」というスタート地点を設定したのである。さらにケアリの重要な貢献は、先の理論の初期状態は理論間の関係からみて、さらには理論内においていかに変化するか、そのメカニズムを豊富化を含む再構造化のプロセスとして仮説的に提示したことである。認知発達の記述は行動主義の学習理論がそうであったように、漸進的に加算し増加していくとみる立場と概念的変化や理論変換を含む知識の再構造化の過程としてみる立場が考えられる。ケアリ (Carey, 1985, 1991) は認知発達研究の現段階では後者の変化を含め、まずは詳細にその様相を記述すべきという立場に立つ。彼女はそのうちの「弱い意味の再構造化」として、チィら (Chi, Glaser and Rees, 1982) が初心者—熟達者の理解構造の差異の分析で明らかにしたように、熟達化の過程で基本的な概念が再編成される、そこで概念間の関係も表象し直され、したがって新たな課題解決が可能となったり、同時にこれまでの解法を変えるようなプロセスを想

定する。一方の「強い意味での再構造化」はクーン(Kuhn, 1971)らが示した科学史における理論変換(Theory chang)の視点を導入したものである。すなわち力学理論のアリストテレスからガリレオ流への移行にみられるように、新旧理論のそれぞれに含まれる中核的概念が根本的に変換し、理論の構造としても両者は異質のものとなり、したがって共約不可能(incommensurate)な関係として位置づけられることになる。

ケアリの基本的な仮定は4歳から10歳の間に理論領域としての生物学が先行する心理学から分化(differentiation)する形で独立して出現するということにある。その間には生き物についての知識の豊富化がおこる、と同時に10歳児では4歳児では不可能であった身体作用間の関係をも表象するようになり、明らかに「弱い意味での再構造化」とみなすことができるような変化が生ずるという。この場合の表象(新理論)は旧理論とも重なるような知識の再構成であり、さらにそのことが「動物」、さらに「生き物」のような上位概念を誘導する要因となる。最終的に新たな理論領域としての「生物学」が出現し、それは説明されるべき現象の変化、説明メカニズムの変化、新理論がもつ概念自体の変化を含んでおり、おそらく「強い意味での再構造化」でもあるというのが彼女の結論である。

#### Ⅳ. 「生物学」をめぐる論争

ケアリの研究(1985)は、認知発達を一般的な思考のメカニズムの発達とみなしてきた考え方から領域固有な知識の発生とその変化により説明するという見方への原理的・方法論的な転換を促したという意義をもつものである。その後、こうした理論ベースにもとづく発達観を基本的に共有した上で、子どものもつ素朴理論、とりわけ自律的領域としての生物学の発生が10歳頃だとしたケアリの主張をめぐる興味深い論争が展開されてきた。

ウェルマンとゲルマン(Wellman & Gelman, 1992)も指摘するように、人間が本来社会的存在であり、自然環境のなかでさまざまな物を道具として用い、狩猟をおこなってきたことからみるなら、少なくとも人間や植物、動物に関する知識と物理的な対象についての知識を早くから発達させるとみなすのは妥当なことかもしれない。その意味で心理学および物理学については発達初期から各々まとまりのある理論領域として仮定することは大方の一致するところであるが、問題は生物学についてどう考えるかということである。ウェルマンとゲルマンはそれほどしっかりとしたものではないにしろ、早い時期から素朴生物学をもつのではないかという。波多野と稲垣による一連の研究(Hatano & Inagaki, 1987; Inagaki & Hatano, 1987, 1988, 1993, 稲垣, 1995)は、この素朴生物学の獲得の問題を先のケアリの研究と関連づけ、実証的な検討を通じて論争を展開してきた。

最も基本的な争点は素朴生物学がどのようにして成立するかであるが、ケアリ(1985)はたとえば「食べること」ひとつとっても、子どもは「おなかがすいたから」、あるいは「食べる時間だから」と述べ、それは依然個体の動機づけや社会的慣習のレベルに止まっていて、その

説明構造は社会・心理的であり、生物学としての独立した領域があるわけではないと断言した。したがってこの段階の子どもは、生物学的メカニズムに関する知識を欠いているために意図的因果に頼ることになり、機械的因果にもとづく説明ができないとみなされる。たとえば「心臓は人を好きになるためにある」(Carey, 1985) といった説明はその例である。一方稲垣・波多野(Inagaki & Hatano, 1993), 稲垣(1995)は、意図的因果と機械的因果のいずれにも含まれない、すなわち機械的因果ではないが、しかし本人の意図や願望によるものでもないような中間段階の因果を仮定し、それを「生氣論的因果」として位置づけている。たとえば「からだの中のいろいろなところに血がながれるのはどうしてか」という場合、「心臓が、血といっしょに命やちからを送り出そうとがんばるから」とするような説明である。そこで意図的因果、機械的因果、生氣論的因果の3種の説明の呈示(選択法)に対し、6歳児では生氣論的因果を最も多く選択し、8歳児になると機械的因果による説明を選択するようになったという。さらに稲垣の研究では、幼児でもたとえば「かわいい女の子が部屋にはいつてきたとき太郎がその方へ近寄っていったのはなぜか」という問いに対しては、「女の子と友達になりたかったから」という説明を選択し、さまざまな身体器官の活動による説明(「太郎の心臓がその女の子の方へ行くことを進めたから」)を用いることはないということを明らかにしている。このような結果から、幼児でも生物学的現象に対する説明と、心理的現象に対する説明を区別していること、さらにここで仮定された生氣論的因果による説明は生物学的現象に対してのみ適用しようとすることを示唆した。これらの研究を通して彼らは少なくとも6歳の幼児では、すでに枠組み理論としての特徴を備えた自律的な領域としての素朴生物学が成立していると結論した。その上で「4歳から10歳の間に心理学から分化する形で生物学が生ずる」としたケアリに対し、稲垣(1995)は「6歳頃までに成立した素朴生物学が、同じ生物学の中でより科学的な生物学へと概念的变化をする」と修正すべきだと主張するのである。

それに対しケアリは、ケアリとスペルキー(Carey & Spelke, 1994), および論争の契機となった1985年の著書の日本語版序文(Carey, 1994)において、それまでの自らの見解を修正することを表明している。その中で波多野、稲垣、カイルの3名の名を揚げながら、彼らの研究が「自己の主張が曖昧、あるいは誤りであることを気づかせてくれた」と述べている。その上でケアリ自身、これまで「4歳児が動物の行動をその欲求や信念という視点で理解し、それとは独立した生物学的説明はできない」としてきたのに対し、稲垣と波多野による「子どもはまさに信念や欲求によっては変化することのない身体過程の存在を理解している」という主張を受け入れている。同様に、就学前児でも心—身体の区別をつけることができることからみて、ケアリ自身が幼児の動物の身体に関する知識を過小評価していたことを認めている。ここでは、カイル(Keil, 1989)が年少児が自律した生物学をもつとしたこと、波多野・稲垣(Hatano & Inagaki, 1987)がその自律した生物学が生氣論的生物学という特質をもつとしたことに一定の評価を与えたのである。

ところで、ここでは生物学は素朴心理学から分化するとしたケアリ自身の見方そのものについては修正しているわけではない。そこで子どものもつ生物学が彼女のいうように心理学から分化するという形式で発生するのか、あるいは素朴物理学、心理学と同様、発達の初期から自律した理論領域として存在するかについては依然として解決していない問題なのである。

## V. 理論の変換について

ここでは自律的な理論としての素朴生物学の特質を探りながら、それがいかなるプロセスを経て科学理論といえる性格を獲得するようになるのかについて考えてみたい。ところでケアリ（1985）は子どもにおける素朴生物学の成立について、意図的因果から機械的因果へという枠組みの変化に加え、下位概念としての「動物」と「植物」を上位概念である「生物」に統合することをその基本的な要件として仮定している。ケアリがこのようなフレームにある程度厳格に依拠する理由として、概念的変換に焦点を当てながら認知発達、さらに知識改定の過程を捉えようとしていることがあげられる。実際ここでは、子どものおこなうさまざまな推論が、動物、植物、生物という中核的概念によって制約されると仮定する。

ところで、子どもがもつ生物学の素朴理論は上記のようなフレームにもとづいて構成されるという前提のみで十分なのだろうか。事実、このフレームにもとづくなればケアリ自身が示したように、6歳児あたりだとどうしても動物と植物を単一の生物というクラスに統合することにおいて不十分だということが強調される（Carey, 1985, 1988）。しかも彼女の分析では動物概念に比べ、子どものもつ植物に関する知識の扱いが手薄になっていることは否めず、したがって動物と植物の各理論の発生論的な連関についての検討も十分でないまま、いく分性急にこのような結論へと向かわざるを得ない。

動物についての認識はその「自ら動く」という性質に基本的に依存して形成される、しかもゲルマン（Gelmann, 1990）が示唆するように、対象を「（自力で）動くもの」と「動かないもの」とに区別する傾向はヒトの心にあらかじめ備わっていてそれが生得的制約として強く機能するため、生物概念の原型としての「動物」のまとまりは発達の早い時期に構成されると考えられる。同時にこの過程では植物はさし当たって「動かない」無生物を含む対象群に押しやられることになるかもしれない。もっとも、ここで彼らが植物を無生物と文字通り同一視しているかどうかについては検討の余地があると思われる。年少児でさえ「花」と「スプーン」を同じクラスに含めるとは考えにくく、あるいは存在論的に「花のようなもの」といった独自の小領域を構成するものの、それらを生物へ統合することができないということも想定されるであろう。ともかく明示的なレベルにおいては、植物が有する特定の側面に注意を向けながら、それらと無生物との間に新たな仕切りを設けていくことになり、一方でそれらを生物へカテゴリ化するような変換が生じると考えられる。ところで「自ら動く」という次元にもとづき、まず動物としてのまとまりを形成するというプロセスは古代ギリシャのアリストテレスがとった見

方とも極めて類似しているといえる。アリストテレスも彼の博物学において動物を生き物に分類したものの、動かない木や草は生き物なのかどうかについては最後まで保留している。子どもの場合においても、意図的な教育の機能が及ばない条件のもとでは、動物概念の獲得に比べ、植物概念のそれについてはかなり遅れるのではないかと考えることができるのである。ケアリの分析フレームではこうした過程が十分には考慮されておらず、認識の史的発達を経て生成された知識のうち、その成果である知識の静的構造のストレートな「当てはめ」になっているという点は否めないであろう。

では「動かないもの」のいかなる次元に注意が向けられ、「生き物としての植物」という認知的なかたまりを生成していくのであろうか。このプロセスは動物概念の獲得過程とは質的に異なると思われるが、Inagaki & Hatano (1996) が示唆するように「自然に大きくなる」という属性に注目することはそのひとつであるに違いない。ただしこうして「花や木」といった独自のクラス化が進行するにしても、やはり外観からすると動物とは画然と区別するような位置づけがなされ、そのような構造は引き続き保持されと考えられる。「生きている」ということを考える上での「動く—動かない」という認識上の枠組みが依然として有効性を保つからであるが、そこで「花や木」に対しても生き物としての機能を付与するには、この枠組み自体の変更が必要となるはずである。そこで考えられることは対象の動きと同様、可視性をベースとして認識可能な「木や花は成長する」こと、「それらは土中から生えてくる」ことなどに注意を向ける、さらには「それらを育てるためには欠かさず水を与える」といった経験的事実が結びつけられることであろう。その上で「花や木は土のなかから水や栄養をとって大きくなるはずだ」という類推も可能となる。そのことによって、これまでは各々独立して表象されてきた「イヌやネコ」のクラスと「花や木」のクラスは、いずれもが生き物としての基本条件である「栄養を摂取する」という弱いノードで統合される可能性が出てくると考えられる。このプロセスは波多野・稲垣 (1996) の示唆する領域固有な先行知識の内的な認知的制約として解釈される。こうしてみると生物学の知識領域における認知的制約とは、まず「生き物としての動物」の構成を促し、それにかなり遅れて「植物」のクラスが構成される、さらにその後「生き物としての動物と植物」を統合するという、いわば認識の順序性を制約するような機能を基本的にもつと考えてよいであろう。こうした経過を経て子どもが構成する素朴生物学とは、その構造からみると「動物を中心とし、存在形態の異なる植物とは弱いノードで結ばれた生物学」であると考えられる。

上記のようなプロセスを経て獲得した生き物、ないし生物概念はやがて新たな認知的制約として機能し、それまでとは質的にも異なるような知識の生成を可能にするであろう。たとえば「生物はすべて外界から体を構成している栄養そのものを摂取する」、さらに「生物はすべて呼吸する」といった抽象度の高い知識である。まず、前者について考えてみよう。ここでは生物概念が新たな知識を導く媒介子としての機能を果たすものの、さらに下位の理解レベルにお

いては植物に対しても「栄養のあるものを取り入れる」といった動物の栄養摂取の形態を直接的に適用するという特徴を示すと思われる。すなわち「植物を構成する成分そのものを土のなかから取り入れている」とするような見方をとり、さらに「植物にとって、口のようなものはその根にあるはずだ」といった推論も同時におこりうるであろう。このような見方は科学史上でも「肥えた土壌で植物はよく育つ」こと自体は古くから知られながら、そのメカニズムが解明されないまま「植物はなにを取り入れているのか」という論争として長く続き、「植物は水のみで育つ」という主張を経て、19世紀に至りやっと「植物の無機栄養説」が証明されたことを踏まえるなら、子どもにおいても一時的には「植物の有機栄養説」が普遍的に構成されることが考えられるであろう。

以上のように、素朴生物学は形式的には上位概念としての「生物」を利用しうるものの、植物の有する生物学的機能については基本的に動物をベースとした類推に依らざるをえない。ここに、この領域の素朴理論が誤概念を内包する必然的ともいえる要因があるとみることができるのである。もっともこの過程は生物というカテゴリ化にもとづく機械的な演繹的推論によっても補強されており、それ故に強い信頼性が与えられていると考えられなくもない。こうした傾向は基本的に既有知識にもとづく認知的制約の限界、あるいは波多野・稲垣(1997)が指摘するような概念的変化に妨害的に働くケースといえるであろう。かつて生得的制約が「動く」という属性に注目させ、そのことにより素朴動物学の構成を促すという積極的機能を果たしたのに対し、この場合には改めて「動かない」という属性の背景にある必然的な意味、すなわち植物は光合成により、自ら有機物を作り出すために移動する必要があるという知識を獲得しながら、文字通り説明の構造的な組み換えが必要となるのである。ではこうした素朴生物学はいかなるプロセスを経て科学的理論へと再構造化されていくのであろうか。

ところで光合成については、「植物の無機栄養説」の発見に先立つ17世紀に「緑色の植物は酸素を出す」という知識(これ自体は少し前に発見されていた)を拠り所に、植物による空気の浄化作用のメカニズムを探るというコンテクストのなかで発見されたものである。条件を全く異にしながらも、「森林破壊」や「酸性雨」といったことがらを含む自然破壊や環境の問題が俎上に上がっている今日の社会・文化的状況は、植物、さらに生物に関する理解活動を刺激する一般的な要因として作用しうるかもしれない。社会が公共的に保持するような知識といっても、実はその社会のさまざまな条件を反映し、一定の価値というフィルターを通され、さらにはなんらかの社会的意図を背景として有しているのが通例である。しかもその共有過程においては効率性が優先されるため、知識体系のうちの断片が確定済みのものとして、したがって宣言的な形式で呈示され、流布するという特色をもつ。たとえば「自然が破壊され、今以上に森林が減ると、地球の空気がますますよごれ、地球全体がしだいに熱くなってしまう」といった知識である。こうした言説も今日の経済活動優先の危機的な社会的状況を反映し、成員に対しある種の規範形成を意図していることもあって、自然言語で語られ、共有可能で理解しやす

い形式をとっていると考えられる。一方、成員の側からするなら、彼らはいわゆる一定の解釈共同体に属しているものであり、したがって共通した解釈のコードといってよいものを有しているのである。もちろん、子どもの場合、家族や子ども社会、学校といった共同体に属しており各々の共同体における解釈コードの影響を重層的に受けているといえよう。したがって、通常の社会生活においてはしばしば「自然を大切に」といった規範レベルでの解釈が暗黙のうちに成り立つこともあるし、一方学校では改めてそのしくみなどを含めて理解すべきだということになる可能性がある。こうした言説は場合によって繰り返されることが多く、彼らの後の理解活動における一定の準拠枠として受け入れられることは十分にありうるのである。すなわち、極めて大まかではあるがそれによって、なにを考えるべきかの方向性がある程度限定されるのである。

もちろん、社会レベルにおける言説、ないし談話のもつ特質として、それらは必ずしもいわゆる日常言語のみで構成されるのではなく、部分的には科学言語をも含むということにも注目すべきであろう。たとえば最近では「作物の有機栽培」といった用語は日常的に用いられる。このような用語が組み込まれているようななんらかの活動に参加する場合、必然的に植物の無機栄養摂取のメカニズムを理解することが必要となろう。その上で「増産を目的とした化学肥料依存による作物栽培の転換」という意味を機軸としながら、無機物を栄養として摂取する植物がいかんして有機物によって生命を維持し、成長するかということが必然的な問いとして成立することにもつながることがある。このように考えるなら社会・文化的制約によって、既有知識にもとづく認知的制約の限界が補われたり、素朴生物学から科学理論への「橋渡し」、ないしは関連づけを可能とする要素が部分的ではあるが含まれていると考えられるのである。

とはいえ、このような「橋渡し」が必ずしもうまく機能するとは限らない。ここで先にあげた言説に立ち返ってみよう。この言説から「何故、森林が減ると地球の空気がよごれるのか」、「空気がよごれると、何故地球の温度が高くなるのか」という問いを生成すること自体はそう困難なことではない。ところが、子どもがこうした問いを生成した場合でも、「空気がよごれる」とは文字通り日常レベルでの「ごみ、ちり」を意味し、「二酸化炭素の増加」として理解することは少ないと考えられる。この場合の理解活動とは基本的に日常概念による意味的ネットワークをベースとしており、したがってそれに対する因果的説明も日常言語を駆使することに依らざるをえないという特質をもつのである。しかも、こうした傾向は学校で光合成について学習した後でさえ多くみられ、ここに日常概念と科学的概念のカプセル化とでもいってよい現象が端的に現れるのである。このように考えるなら、認知発達において素朴概念から科学的概念へと直線的に「移行」という構図ではなく、むしろ概念変換の過程で両者が併存するようなプロセスというものをより積極的に想定すべきだということもできるのではないだろうか。

以上の想定に立つなら、理解活動において素朴概念と科学的知識に含まれるような同一領域

の知識の「重ね合わせ」がいかに生じるかという問題として考えてみる事が可能となる。本稿の流れからいうと、社会・文化的なコンテキストにおいてある種の意味合いをもって呈示される先のような言説に刺激され、既に有しているいわゆる学校特種的な知識としての性格をもつような「光合成」についても捉え直しがおこるということである。その過程で「空気の浄化作用、光合成、有機物、酸素、二酸化炭素」などを中核的概念とする知識が構成される可能性がある。その際には、新たな外部情報を含め、自己の既有知識を対象化するような認知的活動が生じ、同時に小領域における認知的マップとってよいものの構成を促し、それが知識の意味的構成のベースとなると考えられるのである。認識活動の対象とすべき範囲、あるいは認識の視点はこのマップ、すなわち当該領域における全体的理解像の想定を通じて同定されるのであり、それによりかつての生得的制約が果たした機能を肩代わりするとみなすこともできるのである。

もう少し立ち入ってみよう。先にあげたように生物の素朴概念は「生物は呼吸する」という知識をも含むと考えられるが、では光合成を含め生命維持という観点からの全体的な理解構造として見た場合、それはいかに変化するのだろうか。ところで植物については「夜だけ呼吸する」、「植物の呼吸は二酸化炭素を吸って酸素を出すこと」とするような誤理解が授業を経た後にも維持されることが指摘されているが、栄養摂取と呼吸を関連づけながら理解するとなれば動物についてさえ十分ではないことが多い。たとえば、動物の栄養摂取を現象的に「食べたもののゆくえ」として問うてみることは自体は困難ではないものの、動物（人間）は「食べた後も、その分だけ重さが増えるわけではない」とみなすなど、生物体に対しては重さの加法性を適用しえないという傾向も強く現れる。ひるがえって、近代生物学とは基本的に生物体にも物理学的な法則が適用されるという前提の上に成り立つものだといえよう。板倉（1983）によれば、科学史的にもわれわれにとって非可視的な物質量が相互にどう関係しているかという問題—食べた物のゆくえはこうした問題であるが—が生じたとき、原子論を軸とした保存性の視点に立つことにより、その説明が可能となったのであり、同様のプロセスをたどることは個体の認知発達においても不可避的だと考えられる。原子論の視点に立つことにより、「食べた物のゆくえ」についての理解構造が変化するばかりでなく、植物の「有機物製造工場」としての機能をもつ光合成においても、そこで生じる物質の「出入りの量は等しい」という科学における根幹的な原理の獲得を促すことにも通じるであろう。

さらに、呼吸で取り入れた酸素による「有機物のゆるやかな燃焼」、あるいは「体内における酸化」という生命維持のメカニズムを理解するような過程では、それまで生物学とは異なる理論領域であった化学的知識を取り込むことが必要となる。それにより光合成、呼吸を物質交代やエネルギー交代という観点から物質の合成や変換の過程としてたどってみることが可能となるのである。これまでは呼吸という現象レベルの知識に止まってきた、しかもそれを動物特有の機能とみなす傾向の強かった認知構造から、栄養摂取や呼吸のメカニズムの理解を媒介と

して「生物としての植物」がまったく新たな概念枠にもとづいて再構成されることが想定されるのである。この過程を通じて動物、植物のいずれもが同一の物質によって構成されおり、無機物で構成される無生物とは全く異なる性質をもつというそれまでは不可能であった知識をも生み出すことになるであろう。

以上のように考えるなら、素朴生物学から科学的な生物学への概念的変換の過程では科学的知識構成の基底を成す原子論的視点に加え、理論領域としての科学との基本レベルでの重ね合わせが不可欠なのであり、それに基づいて構成される知識は説明のメカニズムの変化、それにより説明される領域の変化という点からみて、おそらく「強い意味での再構造化」とみてよいはずである。もっともこのあたりの認知過程についてはまだ十分に明らかにされたわけではない。たとえば、化学的領域が認知発達過程においていかにしてひとつの理論領域として構成されるのであろうか。あるいは「化学的萌芽」として発達初期の素朴物理学に含まれ、後にそこから派生して自律的領域を構成するのか、それとも全く新たな知識を含む領域として想定されるべきなのか。断片的ではあれ、社会・文化的な知識として獲得していることも考えられる。いずれにしろ化学が自律的な理論領域として構成されるのは、通常我々が構成する一ダースほどの理論領域(Carey, 1985)のうち最も遅いという可能性もある。素朴生物学と化学領域との「出会い」を上記のような問題との関連において考えてみることにより、生物学の概念的変換のパーспекティブがより明らかになると期待できるのである。

#### 引用文献

- Bloom, P & Wynn, K. 1994 The real problem with constructivism : Précis of Beyond modularity (A. Karmiloff-Smith) *Behavioral and Brain Science* 17 693 - 745.
- Carey, S 1985 *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA : MIT Press. (小島康次・小林好和共訳 1994『子どもは小さな科学者か』ミネルヴァ書房)
- Carey, S 1987 Theory change in childhood. In B. Inhelder, D. de Caprona & A. Cornu-Wells (Eds.), *Piaget Today*. Erlbaum. 141 - 163.
- Carey, S 1988 Conceptual differences between children and adults. *Mind and Language*, 3, 167 - 181.
- Carey, S 1991 Knowledge acquisition : Enrichment or conceptual change ? In S. Carey & R. Gelman (Eds), *The epigenesis of mind : Essay on biology and cognition*. Lawrence Erlbaum Associate, 251 - 291.
- Carey, S. & Spelke, E. 1994 Domain - specific knowledge and conceptual change. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds), *Mapping the mind : Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge University Press. 169 - 200.
- Chi, M., Glaser, R., & Rees, E. 1982 Expertise in problem solving. In R. Sternberg (Ed), *Advances in the Psychology on Human Intelligence*. Vol.1. Hillsdale, HJ : Lawrence Erlbaum.
- Elman, J. L., Bates, E. A., Johnson, M. H., Karmiloff - Smith, A., Parisi, D., Plunkett, K. 1996 *Rethinking Innateness : A connectivist perspective on development*. MIT Press. (乾 敏郎・今井むつみ・山下博志 訳 1998『認知発達と生得性—心はどこから来るのか—』共立出版)
- Fodor, J. A 1976 *The Language of Thought*. Harvester.
- Fodor, J. A 1983 *The Modularity of Mind : An Essay on Faculty Psychology*. MIT Press. (伊藤笏康・篠原幸弘訳 1985「精神のモジュール形式 人工知能と心の哲学」産業図書)

- Gellatly, A 1997 Why the young child has neither a theory of mind nor a theory of anything else, *Human Development*, 40, 32-50.
- 波多野誼余夫 1997 「Connectionist infants は統語規則を獲得しうるのか」『心理学評論』 Vol. 40, No3. 319-327.
- Hatano, G. & Inagaki, K. 1987 Everyday biology and school biology: How do they interact? *The Quarterly Newsletter of the Laboratory of Comparative Human Cognition*, 9, 120-128.
- 波多野誼余夫・稲垣佳世子 1997 領域と制約 —発達認知科学からの示唆—『児童心理学の進歩』 36, 221-246.
- Inagaki, K & Hatano, G 1987 Young children's spontaneous personification as analogy. *Child Development*, 58, 1013-1020.
- Inagaki, K & Hatano, G 1988 *Young children's understanding of mind-body distinction*. Paper presented at American Educational Research Association Annual Meeting, New Orleans.
- Inagaki, K & Hatano, G 1993 Young children's understanding of the mind-body distinction. *Child Development*, 64, 1534-1539.
- Inagaki, K & Hatano, G 1996 Cognitive and Cultural Factors in the acquisition of intuitive biology. In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.) *Handbook of education and human development: New models of learning, teaching and schooling*. Cambridge, MA:Blackwell. 683-708.
- 稲垣佳世子 1995『生命概念の獲得と変化』風間書房
- 板倉聖宣 1997「現象論と実体論と本質論」『楽しい授業』 No183, 仮説社
- Karmiloff-Smith, A & Inhelder, B. 1974 If you want to get ahead, get a theory. *Cognition*, 3, 1-48.
- Karmiloff-Smith 1984 Children's problem solving. In M.E.Lamb, A. L. Brown, and B. Rogoff (Eds.) *Advances in Developmental Psychology*, Vol.3, Erlbaum.
- Karmiloff-Smith, A 1992 *Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science*. MIT Press.  
(小島康次・小林好和監訳 1996『人間発達の認知科学 —精神のモジュール性を超えて—』ミネルヴァ書房)
- Karmiloff-Smith 1994 Précis of Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science. *Behavioral and Brain Science*, 17, 693-745.
- Karmiloff-Smith 1997 Cognitive Processes and Theory Development. *Human Development*, 40, 55-58.
- Keil, F. C. 1989 *Concepts, Kinds and Cognitive Development*. MIT Press.
- Kuhn, D. 1989 Children and Adults as Intuitive Scientists. *Psychological Review*, 96, 4, 674-689.
- Kuhn, T. S. 中山 茂訳 1971『科学革命の構造』みすず書房
- 中垣 啓 1988 「事実の理論負荷性」は「理論の反証不可能性」を含意するか 国立教育研究所研究集録 第17号
- Piaget, J & Garcia, R 1983 *Psychogenese et Histoire des Sciences*, Flammarion. (藤野邦夫・松原 望訳 1996『精神発生と科学史 —知の形成と科学史の比較研究—』新評論)
- ロワイヨーマン人間科学研究センター 藤野邦夫訳 1986『ことばの理論 学習の理論』思索社
- Spelke, E. S. 1991 Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory. In S. Carey & R. Gelman (Eds) *The epigenesis of mind: Essays on biology and Cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 133-169.
- Wellman, H. M., 1990 *The child's theory of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wellman, H. M. & Gelman, S. A. 1992 Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, 43, 337-375.

(こばやし よしかず 本学人文学部教授 教育心理学専攻)

## Theory Construction and Change in Childhood

### Abstract

For a number of years, we have argued that the child is a spontaneous theoretician, that the way in which children go about discovering how the world functions is by building theories, not by simply observing facts. The present article begins with an examination of how knowledge construction is likely to occur. After a brief discussion of the conditions necessary for constructing knowledge (modularity, domain-specific theory, The RR model, a dispute over a point of “biology”, theory change ), an example of such construction and change is offered—the transition from “an organic nutritionism” to “an inorganic nutritionism” of plant. Our consideration are then presented on the direct influence of the knowledge of animals on children’s concept of biology. Finally, it is proposed that conceptual acquisition or change is induced through social interaction, such as a scientific activity (e.g. organic cultivation of plants). In scientific instruction, the role that introduction of concepts such as atomism and chemistry play in theory change in the biological domain is emphasized.

**key Words.** theory construction • RR model • conceptual change • biological theory • conceptual coexistence • introduction of atomism and chemistry