

Title	遺伝にとって環境とは何か：人間行動遺伝学の展望(2)
Sub Title	What is environment for heredity? : perspectives of human behavioral genetics (2)
Author	安藤, 寿康(Ando, Juko)
Publisher	三田哲學會
Publication year	1994
Jtitle	哲學 No.96 (1994. 1) ,p.155- 183
Abstract	Human behavioral geneticists recently emphasize the importance of environment. After discussing how to deal with the nature/nurture problem in current perspective, the author introduced Plomin Daniels' (1987) article on "non-shared environment", which has attracted considerable attention lately. The author also discussed Scarr's criticism on Plomin Daniels' theory, the concept of genotype-environment correlation. The hypothesis that individual differences are considerably affected by genotype under "average expectable environment" was compared with Jensen's threshold theory. Genotype x environment interaction should also be studied 'especially from the educational point of view. The author's "psychological flexible structure model" was introduced as a new perspective on the interface between heredity and environment.
Notes	
Genre	Journal Article
URL	http://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000096-0155

遺伝にとって環境とは何か

—人間行動遺伝学の展望 (2)—

—安 藤 寿 康*

**What is Environment for Heredity?: Perspectives
of Human Behavioral Genetics (2)***Juko Ando*

Human behavioral geneticists recently emphasize the importance of environment. After discussing how to deal with the nature/nurture problem in current perspective, the author introduced Plomin & Daniels' (1987) article on "non-shared environment", which has attracted considerable attention lately. The author also discussed Scarr's criticism on Plomin & Daniels' theory, the concept of genotype-environment correlation. The hypothesis that individual differences are considerably affected by genotype under "average expectable environment" was compared with Jensen's threshold theory. Genotype \times environment interaction should also be studied especially from the educational point of view. The author's "psychological flexible structure model" was introduced as a new perspective on the interface between heredity and environment.

* 慶應義塾大学文学部助教授 (教育学)

遺伝にとって環境とは何か

人間行動遺伝学は行動に及ぼす遺伝的影響を明らかにするのみならず、環境の影響も同時に明らかにする、と行動遺伝学者は主張する (Plomin & Daniels, 1987)。それでは行動遺伝学からみた環境とはどのようなものか。社会学者や教育学者が思い描く「環境」と、どのように異なった新しい展望が開けるのか、また開く可能性があるのか。そしてそれが逆に社会学や教育学にどのようなインパクトをもたらし得るのか。

はじめにおさえておきたいいくつかの点

遺伝という概念は、分子生物学によって遺伝子のダイナミックで巧妙な調節機能が次々と解明されてゆく中で、従来われわれが常識的に抱いてきた意味—決定性・伝達性・不変性 (安藤, 印刷中)—ではとらえきれなくなっている。たとえばガンの発生にガン遺伝子の機能が決定的に関与するという意味で、ガンは「遺伝的」である。しかしながら、ガンの多くは家系に伝わらない。遺伝 (heredity) を語義通り「相続」や「伝達」の意味でとらえるならガンは遺伝しない。遺伝子が関与するからといって常識的な意味で「遺伝する」わけでないことは、人間行動遺伝学の最近の発見でも指摘されている。パーソナリティや脳波、興味や才能に見られると考えられる非加算的遺伝効果あるいはエマージェニックな遺伝 (Lykken, 1982; Lykken, *et al.*, 1992) は、遺伝の「伝達性」概念に対する反例であるし、IQ や情緒の発達曲線に見られる一卵性双生児の同調性 (Wilson, 1983; Wilson & Matheny, 1986) や、発達過程で環境の変化に応じて新たに表れる遺伝分散の証拠 (Fulker & Cherny, 1992; Goldsmith & McArdle, 1982) は、遺伝の「不変性」概念への反例である。また遺伝子型が表現型を決定しないことは、行動遺伝学の議論でははじめから前提となっているといつてよい (だから遺伝率の推定を行なうのである)。こうした知見は逆に、決定も伝達も不変性もないところに遺伝子による規定があることも示唆している。もっと乱暴な言い方をすれば、生命に関わるものは「何でも

遺伝的」といえるかもしれない。

こうした知見をふまえて、筆者は「遺伝」という概念の本質を「環境に対する（個性的）自律性」と規定した（安藤，1992；印刷中）。以上の認識はまだわが国において一般的になっているとはいえ、とくに古典的な意味に縛られて、遺伝概念を危険視あるいはタブー視しがちな教育学や社会学に関わる一部の人々には、簡単には受け入れられないことが予想される。筆者としては遺伝概念に対してこうした忌避反応をとって理論に組み入れるのを拒もうとするよりも、むしろ生命の本質に関わるこんなに重要な概念なのだから、積極的に組み入れた理論を創出する方が、結果的に学問的生産性が高くしかも健全であると考え。そもそも自然を敵にまわすのは賢明なことではない。しかし自然を忘れ、社会や文化や歴史や状況にのみ目が行きがちなのは人間の常である。それに理論にはそれぞれ「お家の事情」があるから、そのような認識を変えるのは容易なことではないだろう。だがここでそのような異なるパラダイムの人に対して、これ以上説得のための紙面を割くことは避けたい。問題はその先である。遺伝とは環境に対する自律性だとして、その遺伝の自律性が生きているシステムをどのように拘束しているのか。また生きているシステムは逆に遺伝の自律性に対してどのような形で不確定性を示せるのか。さらにその不確定性に対して、人間が介入しコントロール可能と考えている下位システムが、特に環境を通じてその上位システムを「コントロール」できるのはどこまでか、またそれはどのようにしてか。

この問い方は、ある意味で従来の「遺伝か環境か—どこまで遺伝によって規定され、環境によって変えられるのはどこまでか」の問い方と変わらないように見えるかも知れない。この問いの不毛性はさんざん指摘されてきた。だがいくつかのきわめて重要な点で、従来の問いとは違う前提に立っていると筆者は考えている。基本的に、これまでの遺伝・環境論争の本質は「決定論論争」であった。そしてあらゆる決定論論争と同様、この問

遺伝にとって環境とは何か

題は還元論，要素主義，線形性，可逆性，数値信仰といった古典的科学主義への批判という形式をとっている。批判の武器となるのは特に遺伝・環境論争の場合，計測不能性，非線形性，ゆらぎ，そして相互作用（あるいは連関性または状況性といってもよい）であろう。たしかに一見するところ行動遺伝学のとるパラダイムは，数値への依存と線形性という古典的性格を免れていない。ところが皮肉なことに，遺伝・環境問題を構成するこれら個々の要素を批判しえても，問題の全体としての本質は根本的に変わらないのである。なぜなら，そもそも遺伝・環境問題は決定論問題ではなく，拘束の相対性の問題だからである。

最も頻繁に批判されてきたのは，IQ 論争にみられる知能の計測可能性についてである（たとえば波多野，1981；グールド，1989）。ここで計測不能性の根拠は，プロセスの複雑性と文化依存性の2つに集約できる。繰り返し指摘されているように，知能がIQのように一次元の量的記述法で表現されうるような単純なものではなく，しかもテストが作られた文化背景に依存するという主張には何の異論もない。しかしここで重要なのはIQの遺伝規定性の問題は，今日的には「知能とは何か」という本質論とは無関係だということである。問題は測られた数値が，遺伝的なモデルで説明できる数値かどうかということなのである。極論すれば，何を測っているのかさっぱりわからない（文化的に無意味な）テストであっても，それがある程度高い信頼性をもち（妥当性などどうでもよい），そしてたとえばポリジーンモデルのなかで比較的高い遺伝規定性が見いだされるのであれば，その測定値は「遺伝的」なものとして行動遺伝学上の関心事となるのである（おそらく行動上の癖などはその範疇にはいると思う）。たまたまIQがその一つだったということだ。だからIQ 遺伝説から差別思想を回避したいのなら，IQ 遺伝論への批判に用いるこの論法をそのまま使って，「IQ はいわゆる知能とは限りませんからご心配なく」といえばすむ話である。また形質の複雑性ということもあまり問題ではない。たしかにIQテ

ストを解くのに用いられる情報処理プロセスはきわめて複雑である。それを同じ数値だからといって身長や体重と同じように扱うのはあまりに無謀だというわけである。しかしそれは身長や体重に対して失礼というものである。身長や体重にしても、それを構成する要素はきわめて複雑で、単一の要素から成り立っているわけではない。にもかかわらず「IQ 得点と同様に」比較的きれいにポリゾンモデルにしたがう。依然として精神機能は生物学的モデルで簡単に扱えないほど複雑だという信仰が、特に人文系・社会系には根強いが、両者が異なるとする根拠は希薄である。これは精神機能が生物学に還元できるほど単純だといっているのではなく、逆に生物学的現象も本来、精神機能と同様に複雑なのだといえ、少しは納得してもらえるだろうか。

もちろん知能の本質論あるいはその記述法の問題が、別個に改めて導入すべき問題であることは事実である。行動遺伝学はその方法論上、数値化された形質をほとんどもっぱら扱ってきた。そこに遺伝的証拠が見いだされるということは、それをつかさどるプロセスのどこかのパラメータに遺伝的拘束が働いていることを示唆するわけである。従ってプロセスを記述するのに長けた認知心理学や神経生理学の方法論を行動遺伝学に取り入れる試みがなされるべきである。そしてその知見を知能の本質を考える場へと返す必要がある。

遺伝・環境論争の本質を従来のものと変える最も大きな契機となるのは、これまで扱ってきた「計測可能性」への批判ではなく、むしろ生きたシステムにおける非線形性・ゆらぎ、そして相互作用性への認識であると筆者は考える。量子力学における不確定性原理や熱力学における散逸構造理論は、科学的認識における機械論的な予測可能性への確信をうち崩した。この認識は複雑なシステムの中であらかじめプログラムされていない秩序が自己組織化されるという認識につながり、比喩的な形ではあるが形態発生や認識の発達、さらに社会の組織化や歴史の変化を考える上での大きなヒ

遺伝にとって環境とは何か

ントとなっている。心理学の中でこの自己組織化の視点を最も明確に主張したのがピアジェである。

一般に、認知行動を説明するためには、(その上、生物体のあらゆる変化を説明するばあいも同様だが)、経験説が無視している内部からの因子に訴えることが必要だとしても、内生的なものがすべて遺伝的プログラムから派生するという結論をここから引き出すわけにはいかない。したがって自己調整の因子を考慮しなければならない。この因子も同様に、内生的なのだが、この効果は生得的ではないのである。

(ピアジェ「発生的認識論」(白水社・滝沢武久訳 p. 81))

だがピアジェはこの魅力的な考えをあまりに乱用しすぎた観がある。すなわちセントラル・ドグマを無視し、個体の持つ DNA 情報そのものまで自己調節機能によって変化するというところまで、この自己調節の概念を絶対視してしまったのである。だが、生命を構成する要素にはそれぞれ自律的な拘束があって、要素間の自己組織化が一定以上その拘束のもとでの「あるべき姿」を逸脱すると、もはやそのシステム全体を維持できず、死にいたるのである。形態発生がそのよい例である。発生の過程でわずかな偶然のゆらぎが混入すると、大きな形態の変化、即ち奇形を生ずることがある。だが多くの奇形は生存し得ないのである。そもそも自己調節という「因子」は、相対的自律性をもつさまざまな要素の「関係性」を指すのであって、個々の要素と同列の概念ではないにもかかわらず、あたかも(遺伝と環境の議論の中では)第3の要素のように扱っているところに、ピアジェのレトリックの落とし穴があるのである。

バイオ・ホロニズムを提唱する清水は、生命における要素と全体との関係を「関係子(ホロン)」の概念を用いて次のように述べる。

関係子は、生命システムの自励的な機能要素であり、システム内部のさまざまな関係子と自律的に種々の関係をつくる能力をもっている。関係子には多くの内部状態が存在し、ときには創出され、どの内部状

態が選択的に励起されたり創出されたりするかによってその機能が変わる。一般に、関係子は多様な相互関係の中におかれている。そして、関係子間の関係のあり方によって、それらの関係子は内部状態のうち特定のものがとくに創出されやすくなり、ほかのものの創出は抑制される。創出される内部状態が変われば、関係子の関係性も、それに応じて変わる。これらによって関係子は相互作用的な関係におかれる。このことは、情報の全体的な機能のなかで、それとコンシステントに個別的な機能が決定されるための必要条件ともなっている。

関係子の個性は、各内部状態がもつ機能とその選択のあり方、とくに特定の内部状態をとりやすく、また別の特定のものをとりがたい傾向などによって表現される。……

(清水博「生命と場所」NTT出版 p.90)

問題は、システムを変化させようと意図的に介入したとき、遺伝情報という関係子の個性からくる拘束がシステム全体の変化をそのときの条件下でどこまで許すのかということである。平たく言い換えれば、ある教育的介入は遺伝的制約に対して、どこまで人間を変化させられるのかということだ。これはイデオロギー問題として扱うべき類の問題ではなく、実証的に検討すべき問題であり、またある程度それができる問題でもある。

教育の問題の一つの大きな争点（本質とまではいわないが）は、われわれが「教育」と認知する社会的行為が、個体と社会を相互にとってよい形にどこまで変化させられるかという問題に帰着する。とくに教育に関わる者のコントロール可能な部分が、どこまで個人や社会を規定しているかという問題となる。ここでわれわれは個人や社会の特徴を構成してしている各関係子とその自己組織化のプロセスの多くが、コントロール不能な部分によっているという事実を忘れてはならない。コントロール不能な部分は大きく分けると次の2つである。一つは遺伝子情報が規定する部分。もう一つは個体がそれ自体コントロール不能な膨大な社会情報との相互作用の

遺伝にとって環境とは何か

中で自己組織化する部分である。だから教育とは、これらコントロール不能部分（教育的行為に依存しない自律的な関係子によって規定される部分）との接点の中で、そのシステム全体を「よりよく」変化させるためコントロール可能な部分で意図的に介入する行為のことである。そして当然のことながら、その働きについて知るためには、コントロール不能部分の働きについての知識が必要となる。教育における「遺伝・環境問題」とはこの知識を得るための問いだ。

最後に付言して、遺伝ということを考慮した場合、教育を見る眼差しはどのような性格を帯びることになるか、若干考察しておきたい。とくに昨今着目されている「臨床の知」（中村，1992；河合，1992）と比較すると、これは一見「科学的な知」ということになりそうである。しかし上記の議論から導き出されることだが、遺伝子の調節機構はきわめてダイナミックなものであり、しかもその未曾有の個性ゆえ、環境との相互作用のあり方にかなり多くの予測不能部分があるはずである。したがって私見では、遺伝が仮に「完全に」(?) わかったとしても、多くの人々が心配するような宿命論や決定論とはけっしてなり得ないと思われる。おそらく遺伝的規定を強く示す現象は、ある限られた場面の中で、局所的ではあるがある程度一貫した特異的な心理・行動的パターンとして現れると予想される。そこからそれをいわゆる「遺伝的素質」として同定し、その素質に合うようにコントロール可能な可変部分を意図的に変化させ、行動パターンの全体のコンステレーションをより望ましい形に変化させる試みが可能になるかも知れない。これはすでに優れた教師や師匠が直感的に行なっていることであろう。しかし依然として教える側の創造性にともなう試行錯誤部分と、学ぶものの意図性の変化・成長、そしてなによりも遺伝と環境の高次相互作用のため、つねに失敗と見直しがつきまとうであろう。だから、遺伝を明らかにすることは、決してラプラスの悪魔に加担することではない。むしろ少なくとも現時点においては、個性性に依拠する教育の必要性がより

リアリティーをもって認識されるようになるという意味の貢献が最も大きいのではないかと筆者は考えている。いずれにしても、遺伝の解明が宿命論や差別思想につながるという懸念は、古典的機械論に基づく貧しい想像としか言い様がない。ちなみにさらにつけ加えれば、「臨床の知」と「科学的な知」との差は、生命現象を探求する場合、決して予想されるほど大きくないのではないか。初めから差がありすぎると決めてかかるべきではないように思う。

非共有環境をめぐって

以上をふまえた上で、現在の人間行動遺伝学が環境をどうとらえているかについて検討してみよう。まず特徴的なことは、行動遺伝学における環境の影響とは「遺伝によって説明できない部分」として扱われるということである。これは操作的には、表現型の全分散から遺伝分散を差し引いた残差として表現される。行動遺伝学では環境は「残り滓」なのである。ということは行動遺伝学によって環境や社会、教育について語るということは、いわばネガからポジを構成することなのである。このことは行動の「遺伝学」という学問の性質上当然なのだが、環境を直接にそしてほとんどそれのみを扱う教育学や社会学あるいは発達心理学などにとってみると、このギャップはかなり大きなものであるといえる。教育学や社会学などでは、環境はあるレベルでその性質を記述可能であり、場合によっては操作可能である。そしてそれらの記述または操作された環境が人間におよぼす影響を推定するというアプローチをとる。いいかえれば、人間の精神や行動に影響を及ぼすものとしてある程度明確に同定あるいは仮定できる組織的特徴をもった環境（文化でも歴史でも社会でもよい）の側面が関心の対象となる。ところが行動遺伝学では、環境とは遺伝で説明できない部分の総称であるから、そこには必ずしも教育学や社会学で意味する環境の影響以外の影響も含まれることになる。つまり偶然によるもの、ゆらぎによる

遺伝にとって環境とは何か

もの、遺伝子型と環境との高次交互作用によるもの、あるいは測定誤差によるものも、すべて行動遺伝学でいうところの「環境」のカテゴリーに入れられるのである。

この環境の効果は、まず基本的に遺伝の効果に対して独立かつ加算的に効くという仮定のもとでモデルが立てられる。

$$P = G + E \quad (P: \text{表現型}, G: \text{遺伝子型の効果}, E: \text{環境の効果})$$

のちにこの拡張として、遺伝子型と環境との相関ならびに交互作用が考察の対象となってくるが、ここではまずこの独立の環境について論ずる。

さて人間行動遺伝学の最近のホットな話題に、非共有環境 (non-shared environment) の重要性をめぐる議論がある。とくに *Behavioral and Brain Sciences* 誌 (1987) において、Plomin と Daniels の「同じ家庭の子どもが互いになぜこんなに異なるのか? (Why are children in the same family so different from one another?)」と題する主論文と、それに対するさまざまな研究者からの批判やコメント、さらにそれへの著者たちからの応答が掲載されているので、この論文に依拠してしばらくこの問題について考察したい。

彼らによれば、人間行動遺伝学者は 10 数年前までは、強い勢力をもっていた環境論者に対してその論調の不均衡さを正すために、行動の個人差に及ぼす遺伝的影響を強調してきたが、行動遺伝学の主張が徐々に市民権を得るようになって、改めて環境要因の意義を強調する必要性が生じてきたという。実際、パーソナリティや精神病理、認知能力といった複雑な行動的特性の分散の半分ないしそれ以上は、さきに述べた意味での「環境」の影響による (つまり遺伝分散は大きくても 50% 程度である)。ただしそこで彼らが強調しているのは、心理的発達に影響を及ぼすと考えられる環境の影響は、大部分の心理学者が考えている環境とはおそらく異なり、同じ家庭に育った子どもたちを異ならせるような環境、すなわち非共有環境なのである。

この非共有環境は簡便な方法によれば、同環境で育った一卵性双生児の相関係数の値 (=類似性、これは 100% の遺伝的類似性と共有環境からくる) を 1 から引いた残りによって推定される。一方共有環境の影響はつぎの 3 つの方法で推定できる。(1) 同じ家庭で育った遺伝的に関係のない人 (養子) どちらの相関 (2) いっしょに育った血縁者と別々に育った血縁者の相関の差 (3) 双生児研究により、遺伝分散、非共有環境による分散ならびに誤差分散を表現型分散から引いた残り。この両者を比較すると非共有環境の占める割合が共有環境のそれを上回る場合が、心理的形質の多くの重要な側面で見いだされる。

もっともはっきりこの傾向が表われるのがパーソナリティ領域である。質問紙法による自己報告型のパーソナリティ・インベントリーで得られたパーソナリティ特性の多くで、一卵性双生児の相関が 0.50~0.60、二卵性双生児のそれが 0.20~0.30 というパターンが見られる。これは遺伝率が約 50%、非共有環境の分散が 40% から 50% (ということは、環境分散のほとんどが非共有分散ということになる) であることを示している。共有環境が大きく効いているのは男性性-女性性の次元ぐらいである。また精神分裂病の第 1 親等の血縁者や二卵性双生児の一致率は約 10% であるのに対し、一卵性双生児の一致率は 45% であることから、加算的遺伝ではない遺伝様式が関与していると共に、やはり非共有環境が重要な役割を演じていることが示唆される。さらには IQ や特殊認知能力児童期までは共有環境の影響が大きい、それ以降特に養子間の相関は無相関となり、共有環境の影響がみられなくなることが示されている。

このことはこれまでの伝統的な発達研究、特に家庭環境の影響に関する研究に対し、大きなインパクトを与える。通常家庭環境の子どもに及ぼす影響を調べるとき、一家庭について一人の子どもしか測定しない場合が多い。しかしこの方法ではなかなか大きな影響因を見いだすことができなかつた。また仮に大きかったとしても、そこに遺伝的な効果のあることは仮

遺伝にとって環境とは何か

定されないことが多かった。人間行動遺伝学の環境に対するこの知見が示唆するのは、家庭間の環境的差異と家庭内の環境的差異とは独立に機能する可能性があるということである。たとえば親の愛情の子どもに及ぼす影響といったとき、ある家庭の親がその子どもに示す愛情の程度と他の家庭の親がその親の子に示す愛情の程度の差がもつ影響よりも、同じ家庭の中で親がある子どもに示す愛情とその子のきょうだいに示す愛情の程度の差の方が大きい影響力をもつということ、そしてそうした家庭間と家庭内の環境の差は独立であるということである。子どもは他の家庭の親が子どもにどう接するかなどたいてい知る由もないからである。したがって家庭環境の影響を調べる時、一つの家庭から一人の子どもを調査するのではなく、きょうだいもいっしょに調査し、きょうだい間の差異も同時に考察できる研究計画を立てることが望ましいことになる。さらに家庭外で子ども一人一人が独自に受ける環境にも着目する必要性が示唆される。なお一人っ子的場合こうした問題設定は形式上成り立たないが、きょうだいを含めた研究から特に重要な非共有環境因を特定できれば、それは一人っ子にも適用可能であると考えられている。

ところで、ではこの家庭内でも異なる環境とは具体的にどのようなものかという問題となると、必ずしも歯切れのよい答えは得られない。Table 1に Plomin らのまとめた非共有環境の分類を掲げる。このうち研究を進めていく上で当然重要となるのは系統的な要因である。ここで Plomin らの唱える研究のステップは次の3段階である。①きょうだい間で異なった環境が実際に存在するか、②その環境差が行動上の差と関連しているか、③因果関係の方向性は妥当か。系統的要因として挙げられたもののうち、親の影響については比較的充実した実証的データがある。質問紙によるか観察によるか、またきょうだい間の相対性を比較するか一人一人の絶対尺度で比較するかで結果は異なるが、基本的にこれら3ステップの諸問題は実証的に確認できる。しかしきょうだい間の影響、仲間の影響になると、

Table 1 同じ家庭の子どもを異ならせる環境の影響のカテゴリー

カテゴリー	例
測定誤差	再テストの非信頼性
非共有環境	偶然の出来事, 病気, けが 出生順, 性差 異なった対応の仕方 異なった対応の仕方 仲間, 教師, テレビ
非系統的	
系統的	
家庭の構成	
きょうだい間の相互作用	
親の扱い	
家庭外のつながり	

Rowe & Plomin (1981) より

まだ研究が十分に蓄積されていない。

このような見解に対してさまざまなコメントや批判が寄せられたが、中でも筆者の興味を引いたのは、きょうだい間の環境の違いは結局のところ遺伝子型の環境の相関ではないかとする Scarr の見解、ならびに遺伝子型と環境の交互作用を重視する Kovach, Nyborg, Zuckerman らの見解である。そこで、続いて相関と交互作用について論じたい。

遺伝子型・環境間相関

遺伝子型と環境の相関ならびに交互作用は、遺伝と環境の行動遺伝学的分析を複雑化させる問題であり、またこれまで多くの研究者がその重要性を指摘してきた。したがって、行動遺伝学者も関心を払わざるを得なかった。相関と交互作用はいずれも遺伝的要因と環境要因の両者の関係によるものであり、遺伝によるとも環境によるとも決めつけられない。よって遺伝と環境の独立の影響力とは別の項によって表現される。

$$P = G + E + (G \times E)$$

$$V_P = V_G + V_E + 2 \text{Cov}(GE) + V_{G \times E}$$

Scarr (Scarr, 1987; Scarr & McCartney, 1983) は、ひとが環境を受け

遺伝にとって環境とは何か

止め、探し求め、そして働きかける場合には、常にその人の遺伝子型の影響を受けているのであり、したがって遺伝子型と環境の相関の重要性を指摘する。Scarr (1992) ではその見解を「遺伝子型→環境効果理論」として次の3つの命題に整理している。

1. 遺伝子型→環境の効果には「受動的」「誘発的」「能動的」の3種類がある。
2. 遺伝子型→環境の効果のバランスは、発達にともなって子どもが自らの興味の選択や活動を求めて家庭から外に出るようになるにつれ受動的から能動的へと変化する。
3. 遺伝の影響は、ひとが能動的に自らの環境を作るようになるにつれ、発達を通じてますます重要になる。

この考え方はもともと Hayes (1962) の“gene drive experiences”という考え方に依拠するものである。

さらに Scarr はひとの一般的な発達と個人差の発達を統合すべく、「平均的に期待される環境 (average expectable environment)」という概念 (Hartmann, 1958; LeVine, 1987) を導入している。これはつぎの3つの特徴に要約される。

1. 前適応…乳児や児童は刺激や知識獲得に対して、特定の範囲の環境による機会に反応するような、ひととして遺伝的に受け継がれたものによって前適応させられている。
2. 変動…遺伝的に特殊の正常な環境の範囲内で、環境からのさまざまな刺激パターンは、正常なひとの発達パターンを促すように働きうる。この正常範囲内の環境がもつ幅広い変動は、ひとが自らの経験を構成する上で「機能的に等しい (functionally equivalent)」機会を提供する。
3. 限界…種にとっての正常な範囲から逸脱した環境は正常な発達パターンを促進させない。今の時代でこれに当たる例は、暴

力的な家庭, 児童虐待の (abusive) 家庭, そして子どもを顧みない (neglectful) 家庭である。

この「平均的に期待される環境」とは筆者が前論文において「自然な(文化的)環境」と呼んだものに等しい(安藤, 1993a)。

この考え方と上記の遺伝子型→環境効果理論をあわせると, こうした種としての正常な環境下で育った場合の個人差は, 基本的に遺伝的な個人差をなんらかの形で反映したものであるという見方につながる。これは結局かつて Jensen (1969) が提唱した「環境閾値説」に等しいと思われる。Jensen にしても Scarr にしても, 知能やパーソナリティの発達を促す環境の閾値は低い(つまりたいていの人はその人にとっての正常な発達を遂げるのに十分な豊かさの環境にさらされている)と考えているわけである。この主張に対しては意見の分かれるところである。たとえば井上 (1979) は次のように述べている。

環境と発達が必ずしも直線的な関係にはない, という考え方はまちがっていないかもしれない。しかし, もし彼がいうように, よほどひどい環境でない限り知能なその潜在力(素質)どおりの発達をとげるとするならば, われわれやわれわれの周囲の人びとはほとんど例外なく, その能力を十分に発達させていることになる。しかしわれわれが, 各人の可能性のすべてを生かしきっていないことは, 大脳生理学者の説明を待つ必要もないであろう。環境閾値というものが知能にもあるとしても, その閾値はジェンセンのいうよりずっと高いところにあると考えるべきではあるまいか。ジェンセンは彼の計算した h^2 の高さから, 逆に環境閾値が低いことを導いたと思われるフシがある。しかし, 前にも書いたように, h^2 がたとえ 1.00 であってもよい環境は知能の発達の必要条件でありつづけるだろう。(井上健治「子どもの発達と環境」東京大学出版会 p. 43)

両者の論点はどうかい違っているのか。

遺伝にとって環境とは何か

この問題を考える上で、次の3つのポイントをおさえる必要がある。①環境の差を測る尺度の単位の問題、②表現型を測る尺度の単位の問題、③「よい」という価値判断の根拠の問題。例えば「地表は平らか、でこぼこか」という問いを考えてみよう。宇宙船から地表を見れば8000メートルの山脈も平らに見える。しかし日本地図を見れば3000メートルの山は、平野部と比べ圧倒的に高い。さらに平野部に位置する町を足で歩けば、自動車では気付かなかったなだらかな坂もしばしば体に堪えるほどの傾斜だ。これは測定単位の精度の相対性の問題である。この相対性を無視して、絶対的な意味で「地表は平か、でこぼこか」の答えは得られないのは当然のことである。そしてどの精度の単位で見ているかは、そのときの状況や直面する問題に依存する。程度の問題について議論するときは、どの精度で問題にしているか、すべきかについて、よくよく注意しなければならない。とくに心理学や教育学や社会学における議論の場合は、そもそもどの精度で問題を取り扱うかそのものを問わねばならないのである。このような単位の精度は、理論上は連続したものである(1メートル=100センチ、1キロメートル=1000メートルなど)が、それぞれの精度のレベルの問題を解くための実際上の方法は連続的ではない。町の坂を楽々登りきるために必要な体力は、せいぜい1週間程度の通勤の合間で獲得できようが、それを10年続けたとしても、3000メートルの山に楽に登れる体力は身につかない。そのためには専門の訓練が必要である。まして8000メートルの山を平らとみなす高さまで到達するには、宇宙船という非日常的な道具を使わなければならない。

教育学の教科書には、環境の重要性を印象づけるために、しばしば狼に育てられた子の例があげられる。環境が変わればこれだけ人間の能力は変化するのだから、高い能力を身につけるためにはそれだけよい教育を与えなければ駄目だという具合である。Jensen や Scarr が指摘する問題はまずこの点である。野生児のおかれた環境は「平均的に期待される環境」

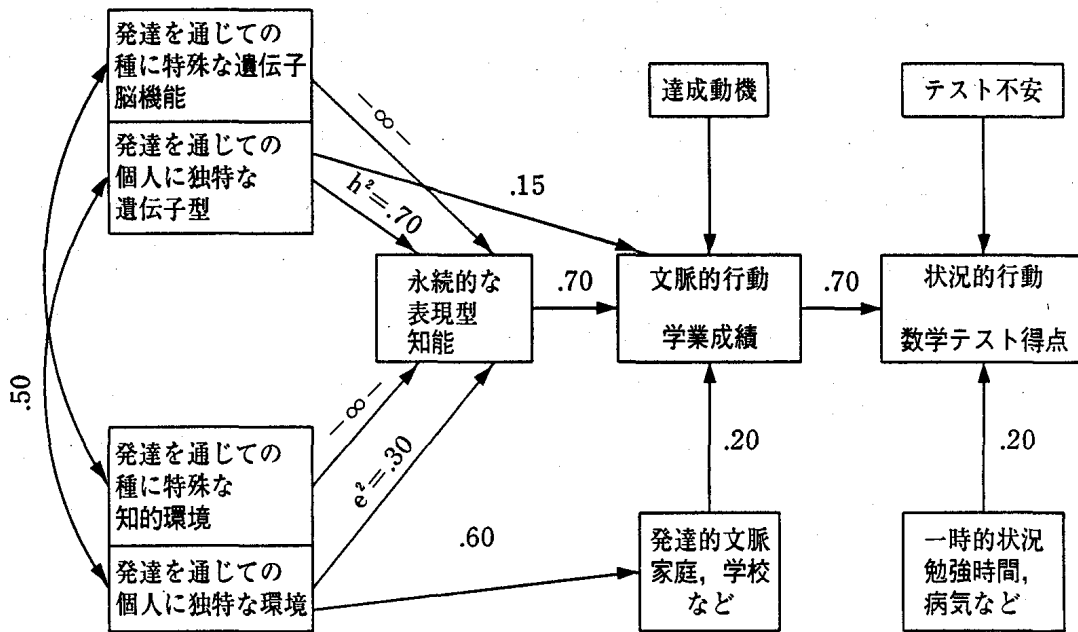


Fig. 1 知能と学業成績のモデル (Scarr (1992) より)

からは大きく逸脱しており、この差の程度と正常な環境の範囲内での差を同じ尺度では測れないということである。野生児とふつうの子の能力差がもっぱら環境によるものだからといって、ふつうの子の間の能力差も環境によるとは限らないのである。むしろ遺伝的な差が大きいというのが Scarr らの主張だ。しかも Scarr はふつうの子の能力に対しても 3 つのレベルを考えている。まず基本的な能力の個人差のレベル、それから学校のような特定の文化的文脈で獲得される能力の個人差のレベル、そして局所的な状況で表われる能力の個人差のレベルである。これらの関係を相互の相関の程度まで仮説的な形で示したのが Fig. 1 である。

このようなレベルの区別は示唆的である。たとえば英語のテストの成績などは、たまたま前の晩に家庭教師から特訓を受けたとか、ヤマをかけて勉強したということで、場合によっては劇的に点が変わる。しかし基本的な英語の力というものが、そのような局所的な経験の積み重ねによってすべて説明がつくかという、そうではない。長い間地道ではあるがよい教師のもとで教育を受けていたことや、もともとの語学という領域固有の素

遺伝にとって環境とは何か

質が効いてくる。これは環境の精度の問題である。また表現型の精度も異なる。テストで発揮される能力というような表現型の場合は、一つの単語を知っているかいないかという局所的な違いが大きく作用するかも知れないが、実際に生活の中で使う英語力となると、その人の全体的な語学力や知恵、さらにパーソナリティなども関わってくる。さらにより基本的な頭の回転の速さ、思索の深さ、発想の柔軟性といったレベルになると、局所的な経験の積み重ねでどうこうなるものではなさそうである。またこのレベルになると他者からの働きかけや制度からの介入といった文化的な関わりによる影響も、全くないとはいえないが、そもそもそのような働きかけに対して既にもっている基本的な性向で対処してしまうという具合に、環境からのコントロールはますます届きにくくなる。Jensen や Scarr が問題にしているのは、こうした基本的レベルである。それに対し井上の問題にしているのは第 2 の文化的文脈における「能力」のレベルなのである。これらは連続的ではない。

最近、認知の状況理論（たとえば上野，1991）やパーソナリティの状況主義（たとえばミッシェル，1992）が「はやって」いる。これはまかりまちがえばこのような 3 つの尺度の異なるレベルを連続して扱い、「1 ミリも 1 メートルも 1 キロも程度問題であり同質」とでも言いかねない無謀な主張に墮す恐れがあるので注意が必要である。北村（1993）はパーソナリティにおける状況主義の行き過ぎに対し、「二段階の接近法」を唱えている。つまり、その人の状況を明らかにする段階と、その状況における行動の中に本人独自の行動パターンあるいは一貫的な特性を見いだす段階との二つの段階を通じて、その人のパーソナリティや特性を知るべきだという主張である。筆者も基本的にこの考えに同感である。しかし Scarr のモデルに準じて、さらにこの二つの間にもう一つ、文化的な差異からくる環境の影響のレベルを加えることを提案したい。

さらに注意しなければならないのは、「よい」と判断する基準がどこか

らきたのかという点での問題意識だ。これも環境や表現型の測定の単位の問題と関連する。人間は歴史を通じて「よりよい」環境を求めてきた。狩猟生活を農耕生活に変化させたのも、産業革命によってより効率的で高い生産性を実現させたのも、奴隷制度を廃止し民主主義を築き上げてきたのも、またすべての人に教育を普及させたのも、いずれも「よりよい」環境を求めたからであった。しかしこうした歴史を通じて獲得してきた文化や制度レベルでの長期にわたる、しかし大きな価値の変化と、一つの制度あるいは文化の範囲内で求められる価値の変化とを、同じレベルの「よりよい」環境としてあつかってよいか。教育の中でしばしば問題となるのは、その文化内で既に実現されている価値の差によって測られる尺度の上での変化である。たとえば、よい大学にはいる（よい大学とはよい教育を施している大学のことか??）、よい先生につく、より早い段階から専門的訓練を受ける、よい親をもつ(!?)など。それによって、社会的評価や収入などの面で、他者と比べて相対的に「よりよい」状態になることができる。両者の違いは、平たく言えば、人間としてよりよい環境あるいはよりよい価値は何かというレベルで考えるか、私の今の状態と比べてよりよい環境や価値をもっている人はどういう条件の人かというレベルで考えるかの違いである。これらは独立とは言えないが、連続しているとはいえないのではないか。井上が引用文中で述べている「よい」環境とは前者の意味であり、Jensen や Scarr の扱う環境の価値を測る基準はむしろ後者の方である。そして後者は遺伝的な個人差と深く関係している、というのである。

以上述べてきたようなレベルの違いを考慮し、行動遺伝学が扱っているのはその基本的なレベルであって、そこでは Scarr のいうように遺伝子型と環境のさまざまな相関があるとしよう。Scarr (1982) は、知能やパーソナリティなどの特性に関わるさまざまな要因は互いに相関しあっていることから、そのうちの一つを意図的にコントロールしたとしても、期待したほどの成果は上がらない可能性があることを指摘している。たとえば母

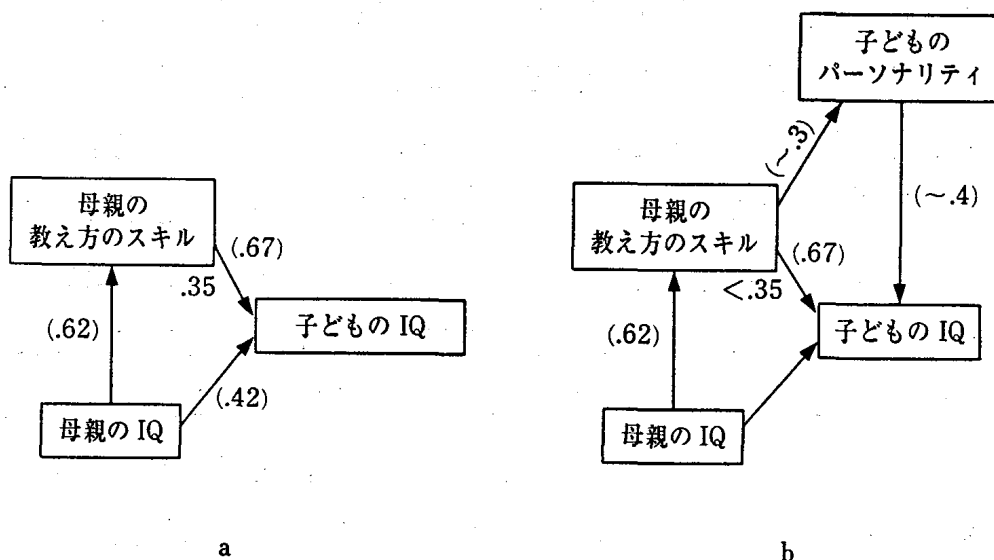


Fig. 2 母子の相互作用と子どものIQ, ならびに子どもの性格との関係 (Scarr (1982) より, ()=zero order correlation coefficients)

親の教え方のスキルと子どものIQとの間に、.67の相関があったとしよう。それがもっぱら環境によるものであるなら、母親の教え方の技能が1標準偏差分向上すれば、子どものIQは0.67標準偏差分(約10点)向上することになる。しかし両者には母親のIQがそれぞれ遺伝的にも環境的にも関わっているから、その分をさっ引いて偏相関をとると0.35となる(Fig. 2a)。さらに母親の教え方のスキルは、子どものパーソナリティも媒介としているので、母親の教え方そのものを変化させても、子どものIQの変化は0.35標準偏差をかなり下回るものとなるだろう(Fig. 2b)。おそらくこうした媒介となる変数は子どもの行動の中にも、社会的・環境的変数の中にも数多くあって、相互に相関しているだろう。そしてそれらが基本的に子どもの遺伝子型と関係があるとすれば、社会的変数を一つ変化させても、子どもの実質的変化は大きくあるまい。

遺伝子型・環境間相互作用

遺伝子型・環境間相関の議論が、それでも上述のように比較的展開されてきているのに対し、遺伝子型・環境間相互作用の問題は必ずしも発展し

てきているとは言えない。遺伝子型・環境間相互作用とは、異なる遺伝子型が異なる環境に対して（同じ環境に対してではない）異なった表現型を示すことである。ラットの研究 (Cooper & Zubek, 1958) やフェニールケトン尿症の事例はこの好例として、多くの文献に引用されている。しかし、これらのような近交系を使った動物研究や遺伝病の場合は、遺伝子型をはっきりと特定できるので、比較的容易に相互作用の存在を実証することができるのであって、ひとの普通の心理的形質については、それに関与する遺伝子が特定されているわけではないのでこれを示すことは容易ではない。遺伝子型・環境間相互作用を示す方法としては、次の4つがこれまでになされている。

- ① 別々に育てられた一卵性双生児対の表現型どうしの和と差の相関をとる……Jinks と Fulker (1970) が試みたが、相互作用は見つからなかった。
- ② 養子の実現の表現型を子どもの遺伝子型の推定値とみなし、養家の環境との相互作用の検定を分散分析によって行なう……Plomin ら (1977) が Skodak & Skeels (1949) の養子の IQ のデータで行なっているが、遺伝子型の主効果のみが有意であり、相互作用は見つからなかった。
- ③ 異なる環境下で、遺伝率が異なることを示す……Heath らは (1989) 独身の女性と既婚の女性とでアルコール消費量の遺伝率が異なることを示している。
- ④ 遺伝規定性の高いことが示されている表現型と環境との相互作用を示す……これはあくまでも間接的な方法であるが、筆者はコミュニカティヴ・アプローチと文法的アプローチという2つの異なる英語教授法と言語性知能との間の ATI を双生児統制法によって示した (Ando, 1992; Ando, 1993; 安藤, 1993b)。

これらのうち、③の方法が最も理論的に妥当な方法であるといえる。し

遺伝にとって環境とは何か

かしこれを検出するためには大規模な双生児サンプルが必要であり、たとえば遺伝率 40% と 60% の間に有意な差のあることを検定するには、一卵性双生児、二卵性双生児ともそれぞれ 500 組を越えるサンプルが必要である (Plomin & Hershberger, 1991). また特に教育応用性ということを考えて、たとえ間接的で示唆的であるにとどまるとはいえ、④による方法も見逃せないものであると筆者は考えている。

ちなみに、あまり知られていない研究だが、上武 (1971) によるまばたきの遺伝的研究は、③の意味での遺伝子型・環境間相互作用を示した研究である。この研究では次の 3 つの条件下における 1 分間のまばたき回数について、双生児間の級内相関を求めた。

- I. 被験者の前方約 1 m にある玉を、「この玉をじっと見えて下さい」という教示を与えて見つめさせる。
- II. 同じ玉を「今度はまばたきをしないでじっと見えて下さい」といって見つめさせる。
- III. 知能検査やクレペリン検査の実施中に、無意識的に表われるまばたきの回数を、被験者に気付かれないように数える。

結果を Table 2 に示す。上武はこのような一連の双生児研究から、精神機能では、意識的な知的機能よりも意識しない精神身体機能の方が遺伝規定性が高いという説を唱えた。また Matheny と Dolan (1975) も、「適応

Table 2 まばたきにおける双生児対の級内相関

実験条件	一卵性	二卵性
I	0.101	-0.041
II	0.328	0.269
III	0.935	-0.043

上武 (1971) より

- 註 I. 前方注視条件
II. まばたき禁止条件
III. 無意識条件

性」について自由遊び場面と環境からの統制の強いテスト場面とでは、前者の場面の方が遺伝規定性の高いことを見いだしている。Bergman と Plomin (1989) は一つの仮説として、環境の統制力が低いほど遺伝率は高いとしている。これらのことから、「自由—統制」「意識的—無意識的」といった環境からの介入の次元で、遺伝子型と環境との交互作用が表れる可能性が示唆される。

先に触れた Plomin と Daniels (1987) へのコメントにもあるように、非共有環境の中には遺伝子型・環境間交互作用が含まれている可能性は否定できない。そして教育という視点からみれば、この交互作用は ATI の一種として重要な問題である。ATI の不安定性 (並木, 1993) はおそらく遺伝子・環境間交互作用にも当てはまるであろう。しかし遺伝の場合は、いわば適性次元がふつうの適性以上に安定したものであるから、交互作用も比較的安定して表れる可能性があるのではないかと筆者は考えている。

遺伝にとっての環境

こうして非共有環境、遺伝子環境間相関と交互作用について考察してきた。いわゆる「相互作用主義者」は、「遺伝と環境はつねに相互作用しあっているのだから、遺伝だけを取り出しては何もいえない」という。ところがこれと同じ論法で、おそらく環境だけを取り出しても何もいえないのである。状況を重視する人は、環境の中にある情報の豊かさとその規定力を強調するだろう。しかし状況によって局所的に変化する、その変化の仕方にも遺伝的影響が表れる可能性がある。

これは現時点ではあくまでも試論であり、作業仮説にすぎないが、「局所的な状況に対して表れる特異的な遺伝的行動 (局所的遺伝行動)」があるのではないかと筆者は考えている。これはたとえば、一卵性双生児によくみられると逸話的に報告される「行動上の癖」などがそれにあたる。テレビを見ているときの姿勢がそっくりだとか、お箸を握ってご飯を食べる

遺伝にとって環境とは何か

ときの癖がそっくりとかいうときの「癖」である。このような類似性は身体の構造的な類似性から説明が可能であろうが、同様にして心理的な機能にも同じような「心の癖」のようなものがあるのではないかと思う。

筆者は、小学6年生の女儿の一卵性双生児1組が、同じ年齢の3組の異性双生児とともにグループ形式で家庭教師的に勉強している様子を週1回の割合で約1年間観察し、その特異的類似行動を記録した(安藤, 1993c)。双生児対はペアごとに別々の2つのグループに分かれ、国語と算数の学習を大学生アシスタントとともに行う。その様子はビデオカメラを通じて、隣接する観察室から観察される。観察は2人以上の複数によってなされ、これら複数の観察者が独立して「類似している」と認知した行動(間主観性の基準)であり、しかもその双生児に特有に表れる類似行動(希少性の基準)を特異的類似行動(idiosyncratic similar behavior: ISB)とした。こうして集められたISBのリストの中には、「消しゴムの消し方」のような行動上の癖から、「本を表情豊かに読む」「言語表現が得意」といったかなり高次の精神活動までがあるが、なかでも興味深いのは「周りが騒いでいても自分の活動に取り組み続けられる」という行動であった。この行動は、教科が異なってもある程度の頻度で安定して表れたものである。もちろんこのような類似性は親のしつけや二人がいっしょに生活する中から「学習された」可能性も十分にあるから、断定的なことはいえない(ちなみに親に尋ねたところこのような行動をしつけた事はないとのことだったが)。しかし、一卵性双生児の類似性は遺伝の影響の「最大推定」であるから、「仮にこのような行動が遺伝的だったとして」考察してみたい。このような行動はつぎの3つの特色を持つ。

- ① 状況に特殊だが、ある程度場面を越えた安定性がある。
- ② 経験を構成する上で、主体と環境との間のインターフェイス性がある。
- ③ 自発的な意図性がある(明確に意識しているかどうかは不明)。

このような局所的遺伝行動（の候補）は、この命名通り、状況特殊な局所性をもつものではある。その意味で Scarr による Fig. 1 の状況的な行動の中でも、最も「状況的」であろう。しかし、そこにもこのような遺伝性が侵入してくるメカニズムとして、次のような比喩的なモデルを考えたい。人間行動遺伝学が示してきたように、人間の多くの心理的形質は多かれ少なかれ遺伝的規定を受けている。しかしその規定性は高くとも 50% 程度である。これはちょうど高層ビルのような柔構造が、結節点を完全に

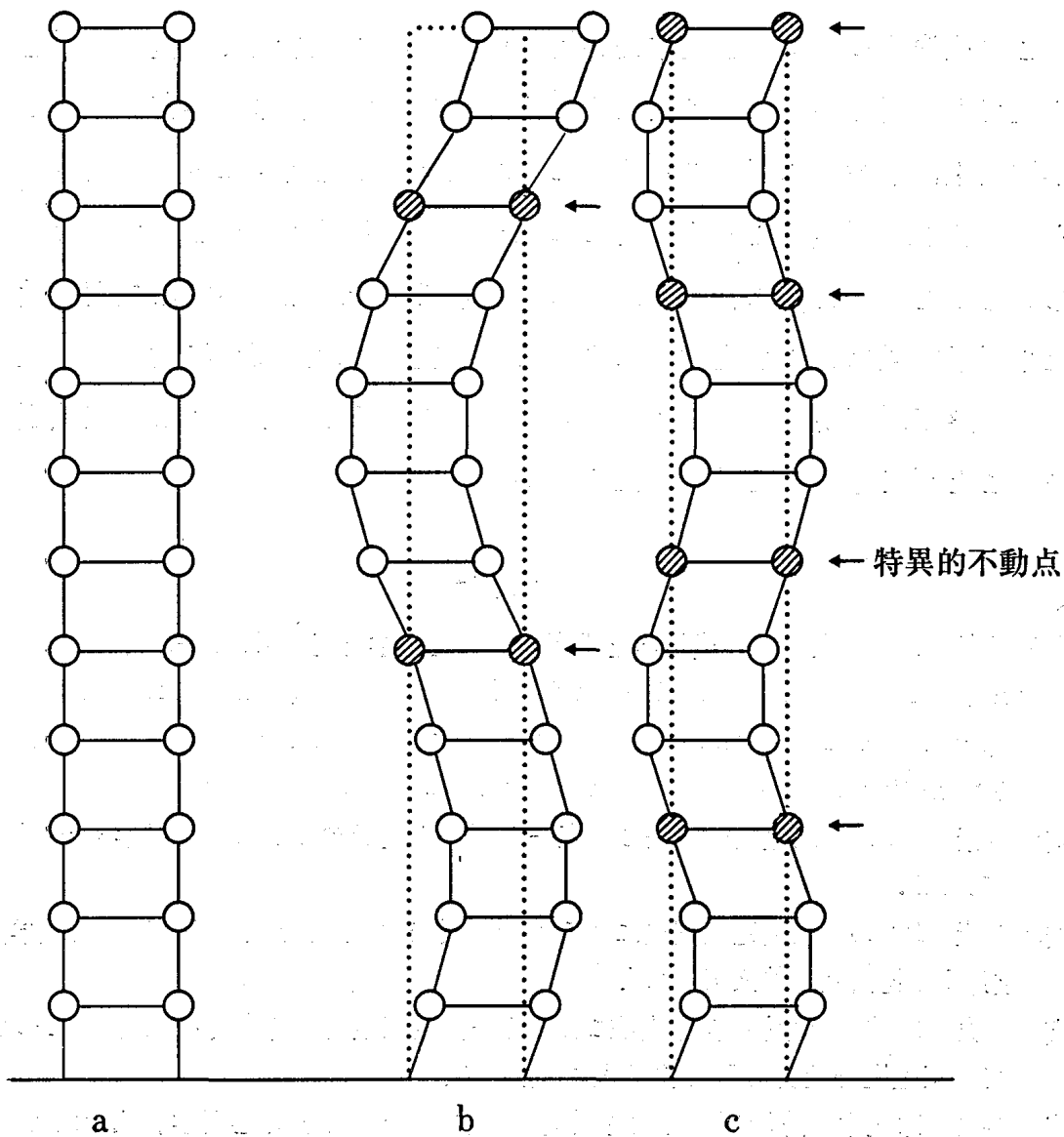


Fig. 3 心理学的柔構造モデル

遺伝にとって環境とは何か

固定しないでおくことによって、地震のような環境からの変動に柔軟に適応しつつ自らの基本的構造を維持できる仕組み (Fig. 3a, b) と同じなのではないか。しかもこのような柔構造には、変化しない特異的な不動点があり、それらは環境からの振動の程度によって変化する。これが特定の状況下に局所的に表れる特異的な遺伝行動である (Fig. 3c) (安藤, 1992; Ando, 1993)。こうして自然は、環境に対して適応的に変化しつつひとりひとりの遺伝的な個性を集団中で維持させ、社会全体の適応力を高められるようにしているのだろう。

この比喩的モデル (心理学的柔構造モデル) は、遺伝と環境の関係を見る上での、新しい視座を与えてくれる。環境からの影響は学習を生み出し、学習成果は蓄積的に記憶される。これが教育学や社会学に関わる立場からみた常識的な環境観である。そこには遺伝の影響が入り込む余地がない。しかしひとりひとりに特有の、遺伝によって緩やかな自律的な規定を受けた心理学的柔構造を仮定するによって、環境もまた間接的に遺伝の関数であり、遺伝が表現されるためのキャンバスであるという、新しい環境観を描くことができるのではないだろうか。

引用文献

- 安藤寿康 1992 人間行動遺伝学と教育 教育心理学研究, 40, 96-107.
- Ando, J. 1992 A comparative study of teaching English in two different approaches using the twin control method. *Abstracts of the seventh international congress on twin studies*, 92.
- 安藤寿康 1993a 双生児統制法の研究—人間行動遺伝学の展望 (1) 哲学・第95集 175-209.
- 安藤寿康 1993b 双生児統制法による英語教授法の比較研究 日本教育心理学会 第35回総会発表論文集, 357.
- 安藤寿康 1993c 教授・学習場面における一卵性双生児の特異的類似行動について 双生児研究会第7回学術講演会抄録集.
- 安藤寿康 印刷中 遺伝要因と教育環境 並木博 (編) 「教育心理学」八千代出版.
- Ando, J. 1993 The effects of two EFL teaching approaches studied by the

- cotwin control method: a comparative study of the communicative and the grammatical approaches. *Acta Geneticae Medicae et Gemellologiae: Twin study*, 41, 335-352.
- Bergman, C. S. & Plomin, R. 1989 Genotype-environment interaction. In M. H. Bornstein & J. S. Bruner (eds) *Interaction in human development*. Hillside, NJ: Erlbaum.
- Cooper, R. M. & Zubek, J. P. 1958 Effects of enriched and restricted early environments on the learning ability of bright and dull rats. *Canadian Journal of Psychology*, 12, 159-164.
- Fulker, D. W. & Cherny, S. S. 1992 Continuity and change in general cognitive ability from 1 to 9 years of age. *Abstracts of the seventh international congress on twin studies*, 89.
- グールド, S. J. 1989 人間の測りまちがい—差別の科学史 (鈴木善次・森脇靖子訳) 河井書房新社.
- Goldsmith, H. H. & McArdle, J. J. 1982 *A structural modeling approach to the analysis of the longitudinal stability of childhood temperament*. Unpublished manuscript.
- 波多野誼余夫 1981 現代児童心理学 3 子どもの知的発達・解説 金子書房.
- Hartmann, H. 1958 *Ego psychology and the problem of adaptation*. New York: International University Press.
- Hayes, K. J. 1962 Genes, drives, and intellect. *Psychological Reports*, 10, 299-342.
- Heath, A. C., Jardine, R., & Martin, N. G. 1989 Interactive effects of genotype and social environment on alcohol consumption in female twins. *Journal of Studies on Alcohol*, 50, 38-48.
- 井上健治 1979 子どもの発達と環境 東京大学出版会.
- Jensen, A. R. 1969 How much can we boost IQ and scholastic achievement? *Harvard Educational Review*, 39, 1-123. (岩井勇児監訳「IQの遺伝と教育」黎明書房):
- Jinks, J. L. & Fulker, D. W. 1970 Comparison of the biometrical, genetical, MAVA, and classical approaches to the analysis of human behavior. *Psychological Bulletin*, 73, 311-349.
- 上武正二 1971 精神機能における遺伝と環境—双生児法による実証的研究 誠文堂新光社.
- 河合隼雄 1992 心理療法序説 岩波書店.

遺伝にとって環境とは何か

- 北村晴朗 1993 パーソナリティを考える—二段階の接近法の試論 性格心理学研究, 1, 1-14.
- LeVine, R. A. 1987 *Beyond the "average expectable environment" of psychoanalysis: Cultural differences in mother-infant interaction*. Paper presented at American Anthropological Association Meeting, Chicago.
- Lykken, D. T. 1982 Research with twins: The concept of Emergenesis. *Psychophysiology*, 19, 361-373.
- Lykken, D. T., McGue, M., Tellegen, A. & Bouchard, T. J. Jr. 1992 Emergenesis: Genetic traits that may not run in families. *American Psychologist*, 47, 1565-1577.
- Matheny, A. P. & Dolan, A. B. 1975 Persons, situations and time: A genetic view of behavioral change in children. *Journal of Personality and Social Psychology*, 35, 1106-1110.
- ミッシェル, W. 1992 パーソナリティの理論—状況主義的アプローチ (詫摩武俊 監訳) 誠信書房.
- 中村雄二郎 1992 臨床の知とは何か 岩波書店.
- 並木 博 1993 教授・学習過程における ATI パラダイムと適性理論 教育心理学年報, 32, 117-127.
- ピアジェ, J. 1972 発生的認識論 (滝沢武久訳) 白水社.
- Plomin, R. & Daniels, D. 1987 Why are children in the same family so different from one another? *Behavioral and brain sciences*, 10, 1-60.
- Plomin, R., DeFries, J. C. & Loehlin, J. C. 1977 Genotype-environment interaction and correlation in the analysis of human behavior. *Psychological Bulletin*, 84, 309-322.
- Plomin, R. & Hershberger, S. 1991 Genotype-environment interaction. In T. D. Wachs & R. Plomin (eds) *Conceptualization and measurement of organism-environment interaction*. American Psychological Association, Washington, DC.
- Rowe, D. C. & Plomin, R. 1981 The importance of nonshared(E1) environmental influences in behavioral development. *Developmental Psychology*, 17, 517-531.
- Scarr, S. 1982 On quantifying the intended effects of interventions: A proposal theory of the environment. In L. A. Bond & J. M. Joffe (eds) *Facilitating infant and early childhood development*. University Press of New England: Hanover & London.

- Scarr, S. 1987 Distinctive environments depend on genotypes. *Behavioral and brain sciences*, 10, 38.
- Scarr, S. 1992 Developmental theories for the 1990s: Development and individual differences. *Child Development*, 63, 1-19.
- Scarr, S. & McCartney, K. 1983 How people make their own environments: A theory of genotype→environment effects. *Child Development*, 54, 424-435.
- 清水 博 1992 生命と場所—意味を創出する関係科学 NTT 出版.
- Skodak, M., & Skeels, H. M. 1949 A final follow-up of one hundred adopted children. *Journal of Genetic Psychology*, 75, 85-125.
- 上野直樹 1991 状況的認知 児童心理学の進歩, 30, 283-321.
- Wilson, R. S. 1983 The Louisville twin study: Developmental synchronies in behavior. *Child Development*, 54, 298-316.
- Wilson, R. S. & Matheny, A. P. Jr. 1986 Behavior-genetics research in infant temperament: the Louisville Twin Study. In R. Plomin & J. Dunn (eds) *The study of temperament: changes, contiunities and challenges*. Hillside: Laurence Erlbaum Associates.