

人間行動遺伝学と教育

安 藤 寿 康*

HUMAN BEHAVIORAL GENETICS AND EDUCATION

Juko ANDO

The present paper reviews the methodology and findings of recent human behavioral genetics in relation to education. Under "interactionism", genetic factors in human development and education have been minimized or treated as taboo. Genetic effect is, however, mainly additive and, heritabilities of IQ and various personality traits are considered to be about 50% in adulthood. Further more, concerning IQ, genetic effects tend to increase from infancy to childhood because of genotype-environment correlation. Recent behavioral genetics are also focusing on environmental effects and the concepts of shared / nonshared environment have been introduced. These findings suggest that genetic factors, are not only related to learning and development but also play an important role in the making of one's individuality. Finally, the educational implications of human behavioral genetics are making the topic for a discussion.

Key words : human behavioral genetics, heredity and environment, genotype-environment correlation, shared / nonshared environment, development.

序

経験論と合理論の対立のような認識論の古典的問題をはじめ、近年のローレンツらによる比較行動学(Ethology)やチョムスキーによる変形生成文法、そしてスキナーの徹底的行動主義など、有機体の形成過程に関する諸理論の成立をながめたときに気づくのは、新しい強力なパラダイムの出現にあたってしばしば「生得的機能」の見直しがなされ、その機能のモデルがひとつの作業仮説として明確かつ積極的に提起されているということである。たとえば古くはカントにおける「先験的図式」や、比較行動学における「生得的解発機構」あるいは変形生成文法における「普遍文法」などがそれにあたり、いずれもその理論のなかで中心的な位置を占めている。このように有機体の形成過程とくに人間の知識や能力の獲得に関する諸理論において、「遺伝

的」あるいは「生得的」なものをどのようにとらえるかは、理論構成の根本的特徴を左右する最も重要な問題のひとつであり、生得的機能の有効なモデルを明示することはその理論の豊かな発展に大きく寄与するものであるといえよう。

ところが教育心理学においては、「遺伝」概念は必ずしも上にあげたような強力で生産的なパラダイムを作り上げることに寄与してはこなかったように思われる。それどころか「遺伝」という言葉が、形質の親からの単純な「継承性」や一生涯変わらない「不変性」を連想させるため、遺伝要因の探求が教育的関心とは相容れないものとして回避されタブー視される傾向すらある。すなわち「教育の問題は環境によって個体をどう変えていくかということにあるのだから、何が遺伝かという問いはあまり重要ではない。遺伝を強調すれば必然的に悲観的宿命論に結びつく」というような言明がしばしば耳にされ(たとえば波多野・稲垣, 1977)、一見きわめて妥当な見解のように受け止められている。極端

* 慶応義塾大学 (Keio University)

な言い方をすれば「遺伝では不都合だから遺伝ではない（あるいは、遺伝にはふれない）」式の奇妙な論理が、「教育」の名のもとに正当化されているのである。しかしながらこのような見方は、遺伝的機能の評価としてはきわめて一面的であるといわざるをえない。たとえば一人一人異なった遺伝的性向があることは、人間の成長過程の中で、雑多な環境刺激の中からその個体独自の取舍選択をしてその個体の個性的な有能さを高めるのに大きく寄与しているはずであり、このような視点から遺伝的影響の性質を探索し教育的知見を得ることは、教育学的にもきわめて大きな意義があろう。にもかかわらず、教育心理学のなかでこのような見地から遺伝の研究がなされたことは全くなかった。その結果われわれは、「もし遺伝でないものを遺伝だと判断した場合の誤り（第1種のエラー）」を恐れるあまり、第2種のエラーすなわち「もし遺伝だったとき遺伝でないと判断した場合の誤り」を犯している可能性があるのである（Crawford, 1979）。

このような遺伝要因の探索回避の傾向は、現在広く受け入れられているいわゆる「相互作用説」に支えられている。相互作用説は遺伝・環境のどちらか一方を強調する「孤立要因説」、両者の相合わさった輻輳ととらえる「輻輳説」に替わるより妥当な立場として多くの教科書や概論書で取り上げられている見解であり、ピアジェ、ヴィゴツキー、J.McV. ハントなどの諸説や母子相互作用研究など、人間と環境との動的な関わり合いのプロセスを通して能力や性格が漸成的に構成されるとする考え方の総称である。そしてこの立場は、遺伝要因と環境要因を分離不能なアマルガムであるととらえ、問題意識を「相互作用する過程のなかで遺伝要因がどのような働きをするのか」という方向ではなく、「相互作用なのだから遺伝要因だけを取り出しては何もいえない」という方向へもっていつてしまう傾向を生んでいるのである。

もちろん「相互作用説」は、とくに今世紀前半において根強かった「成熟優位説」（ゲゼルなど）や「知能生得説」（ターマンなど）、あるいはワトソンの「行動主義」のように、複雑な人間の形成過程を何か1つの要因に還元させて説明しようとする考え方の限界を乗り越え、広い意味での人間と環境との動的な関わり合いを強調して、人間の発達をとらえるうえで孤立要因説や輻輳説にはない豊かな視点を与えてくれた。その意味でその歴史的意義はきわめて大きいといわざるをえない。

しかしながら現在の相互作用説においては、「相互作用」というある意味で便利な概念の蓑に隠されて、遺

伝と環境のかかわり方に関わる多様な問題構造が不明瞭なままに放置されている。例えば血液の生成に遺伝要因と環境要因がどのように関わっているかという問題を考えてみたとき、血液量や成分比に関しては生化学的環境条件と遺伝子の調節機構とのなんらかの相互作用的な関数関係の問題であるが、血液型に関しては完全に遺伝子型によって決められている。また個人の中での血液の汚染度などはほとんど環境要因だけで決められているであろう。このように血液のどの側面に着目するかによって遺伝と環境の関わり方は異なってくる。それを十把一絡げに「血液の生成は遺伝と環境の相互作用である」という認識にとどまっていたのではいたずらに問題を混迷化させるだけであろう。しかし心理学における問題意識はこのような認識とたいして異なるところがないのではないか。「遺伝・環境問題」は決して一枚岩的な問題ではないのである（安藤, 1984）。知能研究を例にとれば、人間（ヒト）という種の知的機能のもつ特質は何かという問いに関しては、人間の文化生成能力とその文化からの影響も含めて、種レベルで比較行動学的な視点から生得的機能に焦点を当てていくやり方が生産的であろう。また知能の文化差や個人内における知的能力の進歩という関心から見たときには、教育環境や社会環境に最も大きな比重が当てられることになる。しかし知能の個人差に着目する場合には、遺伝要因の個人差と環境要因の個人差をともに考慮に入れる必要があると思われる。ここで遺伝要因と環境要因を分離不能なアマルガムであるととらえる「相互作用主義（interactionism）」（Plomin et al. 1977, 1980）は、このような問題設定の区別・整理の可能性を覆い隠しているのではないだろうか。

この「相互作用主義」に支えられて、とくにわが国においては、心理学的形質の遺伝研究が全く等閑視されている。昭和29年から昭和37年にかけて「双生児の研究」全3冊（内田, 1954, 1956；藤田；1962）が刊行されて以降、系統的な心理遺伝の研究はほとんどなく、また双生児を選択的に入学させるという世界に類を見ない試みを続けている東大付属中・高等学校においても、近年では心理遺伝に関する研究活動はあまり活発になされていないのである。反面わが国の顕著な特徴は、双生児状況（三木ら, 1963, 1964, 1969）や双生児間の差異（三木・木村, 1954；三木・天羽, 1954, 天羽, 1988；古畑, 1954）に着目する研究が目立つという点であろう。これは欧米には見られない研究傾向として高く評価すべきである。しかし教育的可塑性を強調しようとする傾向の強いわが国では、相変わらず「遺伝＝固定的＝宿命論的

悲観論」という「固定的」図式に縛られ、豊かな心理遺伝の研究を発達させようという動きが生まれてこない。

一方欧米とくにアメリカにおいて、心理遺伝の問題は現在に至るまで引き続いて盛んな研究がなされてきている。近年の流れでとくに顕著な点は、この問題が「行動遺伝学 (Behavioral Genetics)」の枠組みのなかで統一的に扱われるようになったということである。とくに人間を対象とした「人間行動遺伝学 (Human Behavioral Genetics)」では、みずから「個人差の原因探求学 (etiology)」と位置付け (Plomin, 1983, 1986), とくに発達の視点に重点をおいて、より洗練された分析手法といくつかの新しい概念的な枠組みを開発している。ここで重要なことは、近年の人間行動遺伝学においては、「遺伝・環境問題」を比較行動学やピアジェの発生的認識論などのような「種普遍」の問題とは別の、「個人差」の問題として扱っているということである。ここには教育心理学における「遺伝」という概念を、従来のような形質の単純な「継承性」や「不変性」といった消極的なものとしてではなく、個性の源泉としての環境に対する「自律性」という積極的なものとして扱う可能性があるように思われる。本論文では、行動遺伝学の枠組みとそのなかで体系化されてきた心理遺伝の研究の最近の成果を、とくに R.Plomin らの研究を中心に概観し、「遺伝」概念の教育的意味について考察したい。

人間行動遺伝学の関心

現在、人間行動遺伝学の指導的立場に立つ研究者は R.Plomin であろう。彼を中心に行われたコロラド養子研究 (Colorado Adoption Project : CAP) は発達行動遺伝学の大きな情報源のひとつであり、またこの数年間に彼が執筆または編集した文献の量には目を見張るものがある。本論文でも Plomin の視点が色濃く出ることは否めない。

人間行動遺伝学の関心として何よりも特筆すべき点は次の3つである。

- (1) 個人差への関心
- (2) 遺伝と環境の両方への関心
- (3) 発達への関心

以下具体的な発見について触れるに先立って、これら3点について説明してゆきたい。

(1) 個人差への関心

今日の人間行動遺伝学の扱う問題は、もっぱら「ある集団中の個人差 (individual differences in a population)」

であり、主として「分散 (variance)」という記述統計量をもとに論ぜられる。ヒトとしての平均的 (normative) 特徴を扱うのでもなければ、一個体の中で生ずる何らかのプロセスについて扱うのでもない。また集団差 (group differences) についてもあまり問題にはしない (Plomin, et al., 1988)。

行動遺伝学のこのような特徴は十分に理解されないことが多く、そのためにこれまで不適切な批判を受ける原因となってきた。遺伝率 (h^2 : heritability) は行動遺伝学があつかうもっとも代表的な統計量であるが、これについての誤解と批判はその典型的なものである。たとえば知能の遺伝率が70%であるといったばあい、これを誤って知能の発達プロセス全体の70%が遺伝によって決まっていると解釈されることがしばしばある。そしてそのような解釈に対して、「遺伝と環境は相互作用するのだからどちらも100%重要だ」といった批判がなされ、さらに遺伝率を推定するときに用いられる加法モデル (P [表現型] = G [遺伝子型] + E [環境]) が無意味なものとみなされることすらある。これらはいずれも遺伝率の解釈を誤っている。

遺伝率とは集団の表現型分散 (V_p) のうち遺伝子型の差異で説明される分散 (V_g) の割合 ($h^2 = V_g/V_p$) と定義され、ある特定の集団のもつ記述統計量である。従って、一個体における何らかのプロセスに対応するものとして、あるいは不変の定数のようなものとして解することはできない。それぞれの集団の遺伝的多様性や (社会的) 環境の多様性の相対的大きさによって変わってくる数値である。また遺伝分散や環境分散を推定するときにもちいられる加法モデルを批判するならば、われわれが常日頃もちいている多くの統計学的手法 (分散分析, 重回帰分析, 因子分析など) のモデル (周知のようにこれらはすべて加法モデルである) そのものを批判することに等しい。また遺伝率は一般的な意味での「遺伝規定性」あるいは「生得性」の程度を表わす数値であるとは限らない。そもそも遺伝率はある形質の「個体差」に関しての概念であるから、たとえば生まれついてもつ様々な反射や本能行動などの発現はまさしく生得的なものだが、発現に関してはその種に属しているかぎりどの個体にも必ず現われる個体差のない形質であるから、いかに遺伝規定性が強くとも「遺伝率100%」といういい方はできないのである。それどころか、発現した本能行動にみられる個体差については、遺伝率0%となる場合 (かりに吸啜反射における吸啜の強さの個人差が母親の情緒や空腹状態など非遺伝的要因で全て説明がつかような場合) すら考えられる。同様に発現自体は環境に

よるが、いったん発現した形質の個人差については遺伝率100%となる場合も理論的には考えられるのである。このように比較行動学で扱う「種としての遺伝」と行動遺伝学で扱う「個人差の遺伝」を混同すること（安藤・渡辺, 1984 ; 安藤, 1986）が、「遺伝」概念へ教育心理学的に積極的な意味付けをおこなうことを阻んできた大きな原因の1つであると思われる。すなわちある形質の遺伝率が高いということは、それは本能のように絶対的な意味で「固定的」に機能することを意味するのではなく、社会集団の中の個人間の差異に遺伝的差異が相対的に反映されていることを意味するにすぎない。そしてこのことは教育的可塑性を否定するものではなく、教育の結果の個体差あるいは個性に遺伝的影響が関与することを示唆するのである。

また Plomin (1988)によれば、集団差は必ずしも主要な関心事ではない。集団差のひとつである性差について考えてみよう。しばしば言語能力や空間能力の性差が指摘され、その生物学的原因が仮定されることがある。伴性遺伝も行動遺伝学の研究対象ではあるが (Bock & Kolakowski, 1973 ; Bouchard & McGee, 1977), 例えば言語能力の分散のうち性差で説明されるのはわずか1%たらずであり (Plomin & Foch, 1981), 集団内の個人差の方がはるかに大きい。行動遺伝学が関心をもつのはむしろこの集団内の散らばりの方なのである。したがってジェンセンのIQの人種差論争に見られるようなイデオロギー的問題も、今日の人間行動遺伝学のなかでは必ずしも中心的問題とはなり得ないと思われる。

(2) 遺伝と環境の両方への関心—とくに環境要因研究の新しい方法論としての行動遺伝学の強調

有機体の行動が遺伝要因と環境要因の両方の相互作用の結果であるという考えは、行動遺伝学でも議論の余地のない当然の前提である。行動遺伝学は何らかのイデオロギー的偏りから遺伝だけを強調しようとしているわけでもなければ、行動の個人差をすべて遺伝に還元しようというモデルを持っているのでもない。個人差の原因を環境要因と遺伝要因の両方に焦点を当てて探求することを目指している。ただし両者をアマルガムとして分離しない相互作用主義と異なり、双生児や養子や家族などを用いて遺伝変数を操作することにより、遺伝の影響、遺伝とは独立の環境の影響、あるいは遺伝に媒介された環境の影響（遺伝と環境の相関）や遺伝と環境の交互作用をとらえようとしている。

Plomin は最近の行動遺伝学の大きな成果として、個人差に及ぼす環境の影響、とくに家庭内での環境差の影響が大きいことを示しえたことを強調している

(Rowe & Plomin, 1981 ; Plomin & Daniels, 1987 ; Plomin, et al., 1985)。行動遺伝学ではとくに家庭環境に着目して、環境要因の影響を大きく2つに分けて考えている。すなわち、家族の構成員に共有されるが家族間では異なる環境（共有環境: shared environment）の影響と、同じ家族の中の構成員であっても異なる環境（非共有環境: non-shared environment）の影響である**。前者は家庭間（between families）分散、後者は家庭内（within family）分散にあたる。そしてとくに児童期までの知能やパーソナリティにおいては、非共有環境すなわち家庭内環境の影響が大きいことがみだされている。このことは行動の個人差に影響を与える環境要因を探しだすときの視点をわれわれに与える。たとえば知能を高める環境要因を同定しようとする場合、ある家庭や親のもつ一般的特徴よりも、子ども一人一人に異なった形で与えられている家庭内の特徴、あるいは家庭外で受ける個性的な環境刺激の方に注目するほうがより生産的であることを示唆する。

行動遺伝学の環境への関心としてもうひとつ着目すべき点は、遺伝の行動への影響を、遺伝子が神経学的構造を決定することによるだけでなく、ある遺伝的傾向が環境からもたらされる経験の質や量にも影響を与えるという見方からとらえているという点である。遺伝と環境を対立的に見ると、心理学的形質への遺伝の影響を前者だけに限って考えがちである。しかし遺伝と環境の相互作用を前提としたとき、後者すなわち遺伝が環境の相互作用の在り方に影響を与え、その結果としてその個体独自の能力やパーソナリティが育っていく側面を無視するわけにはいかない。McGue ら (1989) は前者の考えを INS (innate neurological structure) 理論、後者を EPD (experience-producing drive) 理

** たとえば同じ家庭に住む血縁関係のない養子どうしの相関（級内相関）係数は共有環境による分散の比率の推定値である。また同じ家庭に住む一卵性双生児間の級内相関 (r_{MZ} : これは遺伝差と共有環境差とによる) を1から引いた値 [$1 - r_{MZ}$] は、非共有環境による分散（および誤差分散）の比率の推定値となる。一卵性双生児間の級内相関と二卵性双生児間のそれ (r_{DZ}) の差の2倍が遺伝率の推定値 [$h^2 = 2(r_{MZ} - r_{DZ})$] であるから、 $1 - h^2$ は環境分散（および誤差分散）の比率の推定値となるが、これから前述の非共有環境による分散率を引けば [$(1 - h^2) - (1 - r_{MZ}) = r_{MZ} - h^2$] やはり共有環境による分散率の推定値となる (Plomin, 1986)。このように同じ分散もさまざまな方法から推定することができる。通常たったひとつの研究から推定された値だけをもとに議論が展開されることはなく、複数の推定値間で一致が見られるかどうかの問題となる。こうして得られた推定値から、形質によってまた発達段階によって環境のどの要因が重要かが示される。

論と呼んでいるが、とくに後者は行動遺伝学の文脈では「遺伝子型—環境間相関 (genotype-environment correlation)」の概念であつかわれている (Plomin, et al. 1977; Scarr & McCartney, 1983)。

遺伝子型—環境間相関には受動的 (passive)・誘発的 (reactive)・能動的 (active) の3種類の相関がある。受動的相関とは遺伝的に関係のあるもの(主として親)が子どもの遺伝子型と相関のある環境を与える傾向を示すもので、例えば知能の高い親をもつ子どもは遺伝的資質と共により知的刺激に富んだ環境を与えられやすいことなどがそれである。誘発的相関は、子どもの遺伝子型が表現型を通じて他者から特別な反応を誘発する傾向にあることから生ずる相関で、知能の高い子がまわりのおとなからより多くの期待をかけられより多くの知的刺激を引き起こしやすいことなどが例としてあげられる。そして能動的相関は、自分の遺伝子型に合わせて環境に働きかけ経験を構成しようとする傾向により現れる相関であり、例としては知能の高い子ほど自ら進んで本を読んだり大人にたずねたりしてより豊かな知的経験をしやすいことなどが考えられる。これらはいずれも「環境の影響」であるが、その個人差が遺伝的変数と相関している点で行動遺伝学の関心事となる。そしてとくに誘発的・能動的相関は教育的視点から見て重要な概念であると思われる。なぜなら教育が個性化されるということは、取りも直さずこの2種類の相関が社会的にも個人的にも有効に機能するような環境が与えられることを意味するからである。

(3) 発達への関心

われわれはともすれば「遺伝的=固定的」という図式を抱きがちであるが、分子遺伝学の発展により遺伝子のダイナミックなメカニズムが明らかになるにつれ、こうした固定観念に反省が促されることになった。表現型の個人差に遺伝要因の及ぼす影響が、発達過程のなかでどのように変化してゆくのかという時系列的な視点が、行動遺伝学のなかでも主要な関心事となってきた。1983年のChild Development 誌は人間行動遺伝学の特集号となっているが、そこでは「発達行動遺伝学 (Developmental Behaviour Genetics)」という名が導入されている。

Wilson (Wilson, 1972, 1975, 1977, 1978, 1983; Wilson & Harpring, 1972) は一卵性双生児のIQの発達の変化が同調する事例から、遺伝が心理学的形質の連続性のみならず変化をも規定している可能性を示唆した。これは遺伝が単純な「不変性」を意味するものではないことを示した研究として注目すべきである。最近アメリカ

を中心に行われたいくつかの大規模な双生児研究 (Wilson, 上掲; Hay & O'Brien; 1983) や養子の縦断的研究 (Scarr & Weinberg, 1977, 1978, 1983; Horn, 1983; Horn, et al., 1979; Plomin, et al., 1983, 1985, 1988) の主要なテーマも、発達の変化である。ここでの発達の変化とは、発達心理学で主として問題にされるような一般的・平均的な変化ではなく、個人差に関しての変化、言い換えれば分散や共分散(因子構造)の変化である。

行動に及ぼす時系列的な遺伝要因と環境要因のさまざまな関わり合い方は、基本的にFIG. 1のようなパス・ダイアグラムで表わすことができる。現代の人間行動遺伝学では、このようなモデル(実際にはもっと複雑である)をもとに、データに合う最適なモデルを推定すること(model fitting)が主要な作業となってきた(たとえば Baker, et al., 1983; Fulker & DeFries, 1983; DeFries, et al., 1987; Loehlin, et al., 1989)。

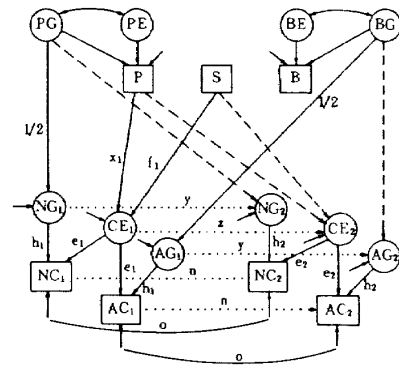


FIG. 1 遺伝要因と環境要因の時系列的な関わりを示すパス・モデル(養子研究の場合)(Loehlin, et al., 1989)

矩形=顕在変数(観測値) 円=潜在変数 1, 2=時点1, 時点2 P=養家の親(parent) NC=実子(natural child of P) AC=養子(adopted child of P) B=養子の実親(birth parent of AC) G, E=遺伝子型, 環境(genotype and environment) CE=共有環境(common family environment) S=社会経済的地位(socio-economic status) h, e=遺伝の影響, 環境の影響 x=親の表現型が共有環境に直接およぼす影響 y=2時点間の遺伝の影響の持続性 z=2時点間の共有環境の影響の持続性 f=社会経済的地位が共有環境におよぼす影響 n=2時点間の表現型の直接的持続性 o=2時点間の測定誤差の直接的持続性

認知能力

以上をふまえて、まず認知能力の遺伝と環境の影響についてこれまで見いだされてきた発見について概観してみたい。

IQ

IQ (あるいは一般知能 g) の遺伝率については、これまで双生児・養子・家族を用いたデザインで非常にたくさん研究がなされ、それらをまとめる作業もしばしばなされてきている (たとえば Erlenmeyer-Kimling, et al, 1963; Jensen, 1969; Verson, 1979, Plomin & DeFries, 1980; Scarr & Carter-Saltzman, 1982; Loehlin, et al. 1988) がこれらはほぼ一貫してかなり高い遺伝率を報告している。Kamin (Kamin, 1974; Eysenck & Kamin, 1978) による批判は名高いが、彼が批判したデータを削除し (Rimland & Munsinger, 1977), assortative mating (同類交配, または似たものどうしの結婚。ある形質について配偶者間の相関が高い場合をいう) や selective placement (養子幹旋機関が養家として実親と社会的背景等の点で類似した家庭を選ぶこと) などによる欠点を修正してみても (Horn et al, 1979; Horn, 1983; Plomin & DeFries, 1983; Scarr & Carter-Saltzman, 1979), IQ の個人差に遺伝の影響は無視できないことが示されている。かつて Jensen (1969) は遺伝率80%を報告したが, Plomin ら (1980) によるレビューでは約50%であり, Plomin (1988) のレビューでも50%程度であるとして, Erlenmeyer-Kimling ら (1963) に引用されたような旧データよりは低い値であることを指摘している。しかし Loehlin ら (1988) は, ミネソタ大学で行われた分離双生児の研究 (Lykken, 1982) をはじめとするいくつかの双生児研究 (Tambs et al, 1984; Wilson, 1983, 1986; Fischbein, 1981; Segal, 1985) から, 近年再び高い値 (約70%) を示す研究が多くなっていると報告している。このように報告される遺伝率が異なる原因として, サンプルの変動 (Caruso, 1983) や assortative mating の減少など (Johnson & Nagoshi, 1987) が指摘されているが, いずれにせよ全分散の半分ないしそれ以上が遺伝分散であると推定される。

さまざまな血縁相関の発達の推移を示した FIG. 2 (Wilson, 1983) を見ると, 両双生児間の差が発達と共に徐々に開き, r_{DZ} (二卵性双生児間の級内相関) が児童期の終わりにはふつうのきょうだいや親子間相関と同じ約.50 となって, 遺伝分散が増加してゆく傾向が示されている。また養子研究では, 児童期における血縁のない養子間にはある程度の相関が認められるが, 児童期を過ぎると無相関になる傾向があることがわかる (Skodak & Skeels, 1949; Honzik, 1957; Scarr & Weinberg, 1977, 1978, 1983; Teasdale & Owen, 1984)。これは共有環境の影響 (すなわち家庭間差異による分散) が発達と共に減少することを示すものである。このように個人差に及ぼす遺伝の影響が発達と共に大きくなる傾向は, これま

でにしばしば報告されており (Fischbein, 1981), 発達の change の記述として興味深いばかりでなく, 個性の確立されてゆくプロセスを考える上で示唆に富むものであるといえる。

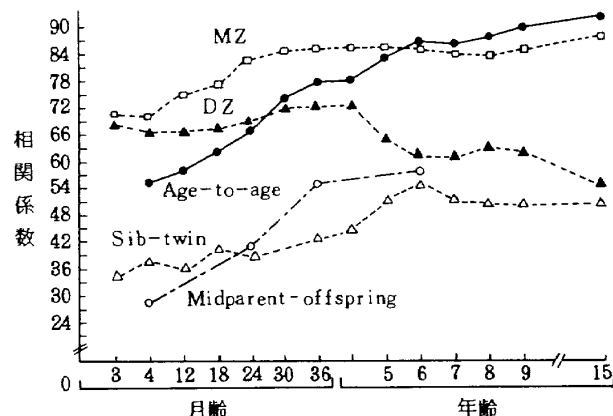


FIG. 2 知能のさまざまな血縁相関の発達の推移 (Wilson, 1983)

Age-to-age=同一人物の次の年の値との相関 Sib-twin=双生児とそのきょうだいとの相関 Midparent-offspring=両親の平均値と子どもとの相関 MZ=一卵性双生児間の級内相関 DZ=二卵性双生児間の級内相関

Scarr ら (1983) はこれを, 幼児期から児童期は親から与えられる受動的相関が大きな影響を持つが, 発達するにつれて自分で自分の環境を構成する機会が多くなり, 誘発的・能動的相関が優位になることで説明している。つまり自分自身で環境を作り上げてゆけるようになるにつれて, 遺伝的な性向が影響力をもってくると考えられるのである。ただし, 分散をもとにした分析では受動的相関が減少する証拠は得られているが, 誘発的・能動的相関が増大する証拠はなく, パス解析では受動的相関の有意性は支持されているがその減少傾向は見いだされていない (Plomin, 1986; Plomin, et al., 1988)。

Plomin らが行った CAP で見いだされた発達の変化に関するその他の興味深い発見をあげると, まず乳児期から初期児童期にかけて年齢間の遺伝相関が安定度を増し, 4 才時と成人との遺伝相関は.75, すなわち 4 才時における個人差の遺伝要因の大部分が成人時の個人差の遺伝要因と重なっていることが示されている。また知能と伝達能力との関係を見てみると 2 才から 3 才にかけて, 両者間に安定した遺伝的媒介 (genetic mediation) のあることも示唆された。さらに幼児期における環境の測度と児童期初期の発達との間の縦断的關係はしばしば遺伝的に媒介されている。たとえば 1 才時の

HOME で測られた環境要因は、同じ1才時の Bayley のテストスコアと表現型的にも遺伝的にも相関がないが、4才時のIQとは.24の相関がある。このように知能の遺伝的变化は特に児童期以降は比較的安定的であり、あまり劇的な変化はないようである (Plomin, et al., 1988)。

遺伝と環境の相互作用を考えると、両者の統計的交互作用が見いだせるかどうかは重要な問題であろう。しかしこれまでのところ知能に関するかぎり交互作用を示す積極的な証拠はなく、大部分、遺伝と環境の加算的 (additive) 効果で説明がつくことが示されている (Jensen, 1973)***。ただしここで注意すべきなのは、環境の変数が HOME で測られるような静的な (static) 変数 (蔵書数、部屋数など) であるということである。しかしとくに人間形成にとって重要な相互作用は、主体の特定の働きかけに対する他者の特定の関わり方に現れるものであり、しばしばきわめて個人に特殊なものである。たとえば安藤による教授学習場面での双生児の観察研究 (その一部は安藤, 1991) において体が小さく弱々しそうで口数も非常に少なく、表情も硬くて内向的なのだが、授業中はくらくらするような姿勢で教師を注視し、きわめて真面目で知能も高いという点で類似しているある一卵性双生児の女児のペアがいた。このような子の場合、集団のなかでこの子らが目立たない場合でも、なんとかその子の能力を引き出す機会を作ってやろうとする教師の試みが、他の子より多くなる可能性があるだろう。ここで見られるような相互作用 (この場合は誘発的相関) の効果を把握するためには、一人一人に個別的な動的な相互作用の指標 (この場合はたとえば集団活動のなかで教師が働きかける回数や働きかけの仕方など) を導入する必要がある。このような記述的研究を積み重ねることによって、遺伝・環境間の相関や交互作用の機能と効果が明らかにされるであろう。

*** 遺伝と環境が主として加算的に効くという主張は、多くの場合古い輻輳説の図式として批判され、相互作用説に置き換えられているが、これは「プロセス」と個人差に対する「効果」とを混同した議論であると思われる。遺伝と環境の関わり合いは、プロセスとしては相互作用であるが、プロセスの結果として表現型の個人差に表われた効果には、遺伝要因と環境要因の大部分が独立かつ加算的に効いていると考えられるのである。これは要するに通常の社会生活のなかで育つかぎり、素質のすぐれたものほど有能であり、またよりよい環境に育ったものほど有能であるという当然のことを述べている。と同時に、特定の遺伝的素質が特定の環境と出会うことによって、何か特別な能力が育つということが、なかなか生じにくいということも意味している。そしてこれは一般に ATI が不安定であるという報告とも関連する。

特殊認知能力 (specific cognitive abilities)

行動遺伝学の文脈での特殊認知能力とは知能の下位因子のことで、言語・空間・記憶・推論・知覚速度などをさし、主に psychometrical な手法で測定されたものである。ここで関心となるのは、因子ごとに遺伝率が異なるかどうかという問題である。これは知能の構造の問題とも関わってくるので興味深い。X染色体を1つしか持たないターナー症候群の女性が、言語性能力では正常であるにもかかわらず動作性や空間性の能力で劣ることや、X染色体を1つ余計にもつ (XXY) 男性が言語性能力で劣るが動作性では正常である (Netley, 1983) ことを考えると、能力によって遺伝的機構が異なることは十分に示唆される。

正常者を対象にした研究では必ずしも一貫した結果を得るにいたっていないが、示唆に富む結果として、知覚速度 (数や図形の知覚など) や記憶能力 (数唱など) は、言語性能力 (文章理解や語彙など) や空間能力 (ブロックデザインや図形の回転など) ほど遺伝規定性が高くないことが繰り返し見いだされている (Park, et al., 1978; DeFries et al, 1979; Segal, 1986; Tambs et al, 1984; Wilson, 1975; Foch & Plomin, 1980; Garfinkle & Vandenberg, 1981)。ここで知覚速度や記憶能力 (一次記憶) は、言語処理や図形処理の前段階のあまり高次の情報変換を伴わないより単純で基本的な能力であるから、より遺伝的規定を受けているような印象を受けるが、そうでない点が興味深く思われる。この結果は、知能はより高次で抽象的な能力が遺伝的な影響を受けており、知覚速度や記憶などはそうした高次の能力の制約のもとである程度変化しうることを示唆しているのではないだろうか。だが高次の問題解決能力である流動性知能 Gf の測定とされる Raven Progressive Matrices の遺伝率は必ずしも高くない。Garfinkle & Vandenberg (1981) ではわずか16%である。また Bouchard (1984) の分離双生児研究でも58%で、語彙の78%よりも低い値を示している。

同じく McGue と Bouchard らの分離双生児研究 (McGue et al, 1984; McGue & Bouchard, 1989) では、Posner の letter matching 課題 (Posner, et al., 1969) ・ Sternberg の系列記憶検索課題 (Sternberg, 1969) ・ Shepard らの mental rotation 課題 (Shepard & Metzler, 1971) という情報処理プロセスを測定する課題への遺伝の影響を調べている。これによると Sternberg 課題における切片変数や Posner 課題における NI+PI (Name-Identity 条件の反応時間と Physical-Identity 条件の反応時間の和) のような全体的反応時間の方が、Stern-

berg 課題における傾きの変数や Posner 課題における NI-PI (長期記憶からの検索時間) のような特定の情報処理過程の処理時間よりも遺伝規定性が高いことが見出されている。

学業成績は IQ より遺伝率が低く, Loehlin & Nichols (1976) の双生児研究によれば, およそ 40% と見積もられている。また Scarr & Yee (1980) の養子研究でも IQ よりも社会階層差の影響を受けることが示唆されている。

パーソナリティその他

認知能力以外の心理的形質の遺伝規定性に関して, 特筆すべき点だけを概観しておく。パーソナリティの多くの特性で 30~50% 程度の遺伝率があるが (Floderus-Myrhed, et al., 1980; Goldsmith, 1983; Martin & Jardine, 1986), とくに外向性 (Extraversion) と神経症的傾向 (Neuroticism) では多くの研究で高い値 (50% 程度) を示す傾向がある (Henderson, 1982)。Plomin らは外向性の中核的因子である社会性, 神経症傾向の中核の情緒性, および活動性の 3 特性を EAS (Emotionality, Activity, Sociability) 特性と呼び, 気質の主要次元とみなして, パーソナリティ特性の中でもとくに遺伝規定性の高いものと考えている (EAS 理論: Buss & Plomin, 1986; Plomin, 1990)。この EAS 特性は人生後半には遺伝率の減少を示す傾向が見出されている (Pedersen, et al., 1988)。そしてパーソナリティ特性では一般に非共有環境の分散が大きいのが特徴的である (Plomin, 1990)。また Wilson と Matheny (1986) による幼児双生児の気質研究では, 情緒的トーンの発達的变化が一卵性双生児でより同調する傾向が強いことが見出された。

さらに外向性をはじめとする性格特性の多くで非加算的遺伝分散が見られる (Plomin, et al., 1988)。すなわち r_{DZ} (二卵性双生児の級内相関) が r_{MZ} (一卵性双生児の級内相関) の半分以下の値を示すもので (加算的であれば $r_{DZ} = r_{MZ}/2$), dominance (優性: 同遺伝子座内の交互作用) や epistasis (遺伝子座間の交互作用) の効果の存在を意味する。またミネソタ大の分離双生児の研究では一卵性双生児間の好みや癖にさまざまな一致の例が見出された (指輪を 7 つしていた女性の双生児や, 雑誌を後から読む癖をもつ男性の双生児など (Holden, 1980))。これらは, 身長や知能などの量的形質にみられるようなポリジーン的な遺伝形式をもつものではなく, ゲノムの特定の組み合わせによる高次の遺伝的交互作用の効果である。たとえば 7 つの指輪をする女性の場合, たとえば光るものへの志向・自己顕示性の強い性格・指の美しさ・何らかの経

済的能力など多くの関連する形質に遺伝的規定があり, その独特の組み合わせが環境と相互作用した結果, このような形質として結晶化したものと考えられる。このようにある程度の遺伝的規定を受けた独立の心理的形質が, 織り合わさって 1 つのゲシュタルトを作り上げて, 環境との独特な相互作用を行い, そのプロセスを通じてある特定の形質を発現するような効果を, Lykken (1982) は emergenic な遺伝の効果と呼んでいる。こうした非加算的遺伝効果あるいは emergenic な遺伝の効果は, 親子やきょうだい間で必ずしも類似性を示すことがなく (遺伝概念のもつ「継承性」への反証), とくに emergenic な遺伝の場合, 厳密には一卵性双生児という特殊な遺伝的関係にあるものの比較を通してしか確認できないものであるため, 遺伝の効果として見過ごされがちである。しかしこのような遺伝の効果は, その人の個性を形づくる要因として少なからず意味を持っているものと考えられる。

その教育的意味

人間行動遺伝学の諸研究は, 必ずしも教育的関心をもってなされているわけではないため, そこから直接教育的示唆を読み取るのが困難あるいは危険であることが少なくない。たとえば知能の遺伝規定性が比較的高いという主張だけからは, やはり教育者は積極的な意味を汲み取りにくいであろう。これは人間行動遺伝学が計量遺伝学 (Quantitative Genetics) の方法論に基本的に依拠しており, 心理的形質といっても一次元的で数量的に表わされた大掴みな形質しか扱い得ず, 認知心理学などでなされているような教育活動で必要とされる領域固有な情報を提供しきれないことが大きな理由の 1 つである。したがって研究の現状で, 性急に過度な教育的示唆を求めることは差し控えなければならない。

とはいえ, 現代の人間行動遺伝学の諸成果から, 次のような積極的な意味を読み取ることができる。すなわち「遺伝」は, 必ずしも普通考えられるように親のもつ形質の表現型レベルでの「継承性」や, 生涯変化することのないという「不変性」を意味するものではなく, むしろより積極的に「個性の源泉」あるいは環境に対する「自律性」として解釈できるということである。なぜなら行動遺伝学的にある形質が遺伝的であるということは, 発達のある時点において獲得された形質の個人差という相対的側面に, 遺伝的個体差が反映しているということの意味するからであり, 教育的可塑性の否定を意味するものではないから

である(ここで「遺伝的」であるというのは、遺伝学的に近い関係にあるものが、共変する環境を統制してもなおかつその近さの程度に応じて表現型でも類似するという現象によって操作的に把握される)。

これまでの研究で遺伝規定性の高い形質としては知能やEAS特性が見いだされている。これらは人間の心理学的機能としてかなり基本的なコンポーネントであり、教育心理学的に言えば「学習適性」であると考えられる。つまり遺伝するのは学習者のもつ適性(の一部)の個人差であり、適性の個人差が間接的に教育的成果の個人差に影響を与えるのである。すなわち特定の教育環境のもと、特定の時間のなかで与えられた知識や技能の習得の仕方の相対的「個人差」に、遺伝的な差が反映される。だが教育的成果の有無、いいかえれば特定の知識や技能を絶対的な意味で獲得できるか否かについては何もいえないのである。むしろ最近の認知心理学や生涯発達心理学が明らかにしているように、人間の知識や技能は一生涯をかけて経験とともに熟達化してゆくものである。しかしその熟達化の過程はその人独自の個性差を持っているのであり、その個性性に対する一要因として個人に特有な遺伝的メカニズムが関与しているのではないだろうか。

この個性の源泉としての遺伝的メカニズムは、前述の発達の研究からも明らかなように、環境刺激を自らの遺伝的素質にあわせて積極的に構成しようとする自律的機能をもつものと考えられる。教育的活動はこの自律的機能を認め尊重してゆかなければならないであろう。ここで興味深いのは、これら遺伝規定性の高い学習適性がいずれも遺伝率が中程度(50%前後)であるということである。したがってこのように遺伝率の高い形質であっても、環境によってその方向性がある程度変化することはいうまでもない。しかし重要なことは、このような中程度の遺伝的規定を受けた心理的形質が織り合わさったゲシュタルトは、建築学でいう「柔構造」のように、環境の変化に柔軟に適応しつつ全体として1つの構造を保ちつづけてゆくということである。個性の源泉となる自律的遺伝メカニズムは、このような心理学的柔構造によるものではないだろうか。

以上の認識はさらに次のような教育的意味をもつと考えられる。

まず第1に教育評価の問題として、個人内の変化は成熟要因を除けばほとんどもっぱら教育や広い意味での環境要因の差異から説明できるが、個人間の差異には遺伝差も関わっているとすれば、両者を同じ尺度で測ることの妥当性ならびに個人差に基づいた教育評価

の意義を改めて問い直す必要があると思われる。少なくとも両者を区別し、評価の目的に応じて使い分けをすべきであろう。個人差の尺度は主として特定の社会的価値や意味体系の反映であり、ある社会集団の特定の基準に照らして個人を位置付ける必要のあるとき(選抜試験や資格試験などの場合)に使用されるべきものである。一方個人内変化の尺度は、各個人の遺伝的個性に依拠して多様であるべきであり、また各個人にとって特有のものであってよいとすら思われる。そしてとくに日常的な教育活動のなかで、学習のための情報を学習者に与えることを目的とするべきであろう。

第2に少なくとも研究の現状では、遺伝の効果は環境の効果に対して加算的に効くとされることから、まずどのような素質の子でもそれなりにのばしてあげられる、主効果の高い教授法を開発する必要がある。この場合もちろんプロセスとしての相互作用の重要性は考慮されるべきであり、たとえば自己関与性が高く応答的な環境などを教育者は設定する必要がある。しかし依然として結果の個人差は大きいのであり、この個人差はあまり問題にすべきではない。つまりどの子も自分なりに伸びたという点を評価し、有能感をもたせてやるのが重要なのである。一方どうしても結果の個人差が問題になる場合は、積極的に交互作用(ATI)を生むような教授法を開発する必要がある。おそらく自然場面ではなかなか長期的に安定した交互作用は生じにくい。それを意図的・計画的に起こさなければならないのが教育の場であろう(安藤, 1991)。

ここで注意すべきことは、遺伝の効果と環境の効果は大部分加算的に効くからといって、遺伝と環境の間の非加算的效果、すなわち相関や交互作用の効果を過小評価してよいということにはならないということである。これまでの研究で相関や交互作用の効果が顕著でなかったのは、1つは前述のような研究方法に原因があると考えられるが、またもうひとつの原因は文化・社会的要因によるものである。遺伝的素質に応じた環境の切り替えが円滑に機能していない社会では、当然相関や交互作用の効果は小さくなるであろう。このように遺伝と環境の関わり合い方はそれ自体がきわめて文化・社会に依存する。遺伝率についてみても、日本のように社会全体に教育的関心が高く、マスコミの影響などで環境がかなり均質化した社会では、欧米と比較して遺伝率は高い可能性がある。現在のところ実際にそれを確認できるようなデータはほとんど得られていないが、今後わが国でも人間行動遺伝学的研究を促進し、この問題についての日本の現状を把握

してゆく必要があるのではないだろうか。

さらに教育の問題として求められる今後の研究課題は、双生児統制法を用いた教授・学習実験を通して、学習場面における遺伝的適性の構造と機能のモデルを作り上げることであろう。教授法との関わりにおける適性の構造と機能の研究は aptitude process の研究として近年盛んになされているが (Snow, 1980, 1989; Snow & Lohman, 1984), とくに遺伝規定性の高い適性次元を同定し、それが適性の構造のなかでどのような機能をはたしているか、またその適性構造がある教授法とどのように相互作用しているかを明らかにすることにより、長期的に見たときにより効果的な教授法を探ることができるようになるだろう。

教育心理学においても、遺伝的メカニズムのモデルを積極的に打ち出すことによって生産的で新しいパラダイムが生み出されるかどうかは定かではない。しかし少なくとも、遺伝的個人差が人間の能力やパーソナリティの多様性と個性の源泉として、社会的に重要な意味を持つという認識をもつことは大切である。人間は一人一人遺伝的に異なる適性をもつが故に、一見画一的な環境のなかに育っているかのように見えながら、生活全般を通じて知らず知らずのうちにその人独自の知識体系や能力を獲得でき、个性的に社会に寄与できる可能性を持っているのである。こうしたメカニズムの存在を認めつつ、子供が自らの能力をのばすことのできる場面をふだんに提供してゆくことが教育者に課せられた使命であろう。

引用文献

- 天羽幸子 1988 ふたごの世界 プレーン出版
 安藤寿康 1984 「遺伝的」という概念に関する一考察 日本教育心理学会第26回総会発表論文集
 安藤寿康・渡辺恵子 1984 遺伝・環境問題再考—新しい遺伝観を求めて 哲学 (慶応義塾大学三田哲学会刊) 78, 171—198.
 安藤寿康 1986 個性発現のメカニズム 斉藤幸一郎・並木博 (編) 教育心理学 慶応通信
 安藤寿康 1991 教育の中の遺伝 哲学 (慶応義塾大学三田哲学会刊) 91, 547—566.
 Baker, L.A., DeFries, J.C., & Fulker, D.W. 1983 Longitudinal stability of cognitive ability in the Colorado Adoption Project. *Child Development*, 54, 290—297.
 Bock, R.D. & Kolakowski, D. 1973 Further evidence of sex-linked major-gene influence on human spatial abilities. *American Journal of Human Genetics*, 25, 1—14.
 Bouchard, T.J. Jr. 1984 Twins reared together and apart: what they tell us about human diversity. In S.W. Fox (Ed), *Individuality and Determinism*. New York: Plenum Press.
 Bouchard, T.J. Jr. & McGee, M.G. 1977 Sex differences in human spatial ability: Not an X-linked recessive gene effect. *Social Biology*, 24, 332—335.
 Buss, A.H. & Plomin, R. 1986 The EAS approach to temperament. In R. Plomin & J. Dunn (Eds) *The study of temperament: changes, continuities and challenges*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
 Caruso, D. 1983 Sample differences in genetics and intelligence data: Sibling and parent-offspring results. *Behavior Genetics*, 13, 453—458.
 Crawford, C. 1979 George Washington, Abraham Lincoln, and Arther Jensen: Are they compatible? *American Psychologist*, 38, 664—672.
 DeFries, J.D., Johnson, R.C., Kuse, A.R., McClearn, G.E., Polovina, J., Vandenberg, S.G. & Wilson, J. R. 1979 Familial resemblance for specific cognitive abilities. *Behavior Genetics*, 9, 23—43.
 DeFries, J.D., Plomin, R., & LaBuda, M.C. 1987 Genetic stability of cognitive development from childhood to adulthood. *Developmental Psychology*, 23, 4—12.
 Erlenmeyer-Kimling, L. & Jarvik, L.F. 1963 Genetics & intelligence: A review. *Science*, 142, 1477—1479.
 Eysenck, H.J. vs Kamin, L. 1981 *Intelligence: The battle for the mind*. London: The Macmillan Press (斉藤和明他訳 1985 知能は測れるのか 筑摩書房)
 Foch, T.T. & Plomin, R. 1980 Specific cognitive abilities in 5-to-12-year old twins. *Behavior Genetics*, 10, 507—520.
 Fischbein, S. 1981 Heredity-environment influences on growth and development during adolescence. In L. Gedda, P. Parisi, & W.E. Nance (Eds), *Twin research 3 part B: Intelligence, personality, and development*. New York: Alan R. Liss, Inc.
 Floderus-Myrhed, B., Pedersen, N.L. & Rasmuson, I. 1980 Assessment of heritability for personality based on short form of the Eysenck Personality Inventory: A study of 12, 898 twin pairs. *Behavior Genetics*, 10, 153—162.
 Fulker, D.W. & DeFries, J.C. 1983 Genetic and environmental transmission in the Colorado Adoption Project: Path analysis. *British Journal of mathematical and statistical psychology*, 36, 175—188.
 藤田恒太郎編 1962 双生児の研究III 日本学術振興会
 古畑和孝 1954 一卵性双生児における性格差異と相互依存関係について 教育心理学研究, 2, 79—90.
 Goldsmith, H.H. 1983 Genetic influences on personality from infancy to adulthood. *Child Development*, 54, 331—355.
 Garfinkle, A. & Vandenberg, S.G. 1981 Development of Piagetian logicomathematical concepts and other specific cognitive abilities. In L. Gedda, P. Parisi, & W.E. Nance (Eds), *Twin*

- reserach 3 part B : *Intelligence, personality, and development*. New York : Alan R. Liss, Inc.
- 波多野誼余夫・稲垣佳世子 1977 知力の発達—乳児期から老年まで 岩波書店
- Hay, D.A. & O'Brien, P.J. 1983 The La Trobe Twin Study : A genetic approach to the structure and development of cognition in twin children. *Child Development*, **54**, 317—330.
- Henderson, N.D. 1982 Human behavior genetics. *Annual Review of Psychology*, **33**, 403—440.
- Holden, C. 1980 Identical twins reared apart. *Science*, **207**, 1323—1328.
- Honzik, M.P. 1957 Developmental studies of parent-child resemblance in intelligence. *Child Development*, **54**, 331—355.
- Horn, J.M. 1983 The Texas Adoption Project : Adopted children and their intellectual resemblance to biological and adoptive parents. *Child Development*, **54**, 268—275.
- Horn, J.M., Loehlin, J.C., & Willerman, L. 1979 Intellectual resemblance among adoptive and biological relatives : The Texas Adoption Project. *Behavior Genetics*, **9**, 177—207.
- Jensen, A.R. 1973 *Educability and group differences*. London : Methuen & Co LTD
- 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 1978 「IQの遺伝と教育」所収 黎明書房)
- Johnson, R.C. & Nagoshi, C.T. 1987 Secular change in the relative influence of G, E1, E2 on the cognitive abilities. *Behavioral and Brain Sciences*, **10**, 27—28.
- Kamin, L.J. 1974 *The science and politics of IQ*. Hillside : Laurence Erlbaum Associates (岩井勇児訳 「IQの科学と政治」 1977 黎明書房)
- Loehlin, J.C. & Nichols, R.C. 1976 *Heredity, environment, and personality : A study of 850 sets of twins*. Austin : University of Texas Press.
- Loehlin, J.C., Horn, J.M., & Willerman, L. 1989 Modeling IQ change : Evidence from the Texas Adoption Project. *Child Development*, **60**, 993—1004.
- Loehlin, J.C., Willerman, L., & Horn, J.M. 1988 Human behavior genetics. *Annual Review of Psychology*, **39**, 101—133.
- Lykken, D.T. 1982 Research with twins : The concept of Emergenesis. *Psychophysiology*, **19**, 361—373.
- Martin, N.G. & Jardine, R. 1986 Eysenck's contribution to behavior genetics. In S. Modgil & C. Modgil (Eds), *Hans Eysenck : Consensus and controversy*. Philadelphia : Falmer.
- McGue, M. & Bouchard, J.T. Jr., Lykken, D.T., & Feuer, D. 1984 Information processing abilities in twin reared apart. *Intelligence*, **8**, 239—258.
- McGue, M. & Bouchard, J.T. Jr. 1989 Genetic and environmental determinants of information processing and special mental abilities : A twin analysis. In R.J. Sternberg (Ed), *Advances in the psychology of human intelligence* **5**, Hillside, N.J. : Erlbaum.
- N.J. : Erlbaum.
- 三木安正・木村幸子 1954 兄的性格と弟的性格—双生児研究その一 教育心理学研究, **2**, 69—78.
- 三木安正・天羽幸子 1954 双生児にみられる兄弟的性格差異と家庭での取扱い方 —双生児研究その二 教育心理学研究, **2**, 141—149.
- 三木安正・久原恵子・波多野誼余夫・高橋恵子 1969 双生児による人格形成の研究III —双生児の友人関係の発達 教育心理学研究, **17**, 1—10.
- 三木安正・波多野誼余夫・久原恵子・井上早苗 1963 双生児による人格形成の研究I 教育心理学研究, **11**, 142—151.
- 三木安正・波多野誼余夫・久原恵子・井上早苗・江口恵子 1964 双生児による人格形成の研究II —双生児の対人関係の発達 教育心理学研究, **12**, 1—11.
- Netley, C. 1983 Sex chromosome abnormalities and the development of verbal and nonverbal abilities. In C.L. Ludlow, & J.A. Cooper (Eds), *Genetic Aspects of Speech and language disorders*. New York : Academic.
- Park, J., Johnson, R.C., DeFries, J.C., McClearn, G.E., Mi, M.P., Rashad, M.N., Vandenberg, S.G., & Wilson, J.R. 1978 Parent-offspring resemblance for specific cognitive abilities in Korea. *Behavior Genetics*, **8**, 43—52.
- Pedersen, N.L., Plomin, R., McClearn, G.E., & Freiberg, L. 1988 Neuroticism, extraversion and related traits in adult twins reared apart and reared together. *Journal of Personality and Social Psychology*, **55**, 950—957.
- Plomin, R. 1983 Developmental behavior genetics. *Child Development*, **54**, 253—259.
- Plomin, R. 1988 The nature and nurture of cognitive abilities. In R.J. Sternberg (ed) *Advances in the psychology of human intelligence* **4**, Hillside, N.J. : Erlbaum.
- Plomin, R. 1986 *Development, genetics, and psychology*. Hillside, N.J. : Erlbaum.
- Plomin, R. 1990 *Nature and nurture : An introduction to human behavioral genetics*. California : Brooks / Cole.
- Plomin, R. & Daniels, D. 1987 Why are children in the same family so different from each other ? *Behavioral and Brain Sciences*, **10**, 1—16.
- Plomin, R. & DeFries, J.C. 1980 Genetics and intelligence : Recent data. *Intelligence*, **4**, 15—24.
- Plomin, R. & DeFries, J.C. 1983 The Colorado Adoption Project. *Child Development*, **54**, 276—289.
- Plomin, R., DeFries, J.C. 1985 *Origins of individual differences in infancy : The Colorado Adoption Project*. New York : Academic Press.
- Plomin, R., DeFries, J.C., & Fulker, D.W. 1988 *Nature and nurture during infancy and early childhood*. New York : Cambridge University Press.
- Plomin, R., DeFries, J.C., & Loehlin, J.C. 1977 Genotype-environment interaction and correlation in the analysis of human behavior genetics. *Psychological Bulletin*, **84**, 309—322.
- Plomin, R., DeFries, J.C., & McClearn, G.E. 1980

- Behavioral genetics : A primer* San Francisco : W. H. Freeman & Company.
- Plomin, R., & Foch, T.T. 1981 Sex differences and individual differences. *Child Development*, **52**, 383—385.
- Plomin, R., Loehlin, J.C., & DeFries, J.C. 1985 Genetic and environmental components of "environmental" influences. *Developmental Psychology*, **21**, 391—402.
- Posner, M., Boies, S., Eichelman, W., & Taylor, R. 1969 Retention of visual and name codes of single letters. *Journal of Experimental Psychology*, **79**, 1—16.
- Rimland, B. & Munsinger, H. 1977 Burt's IQ data. *Science*, **195**, 246—248.
- Rowe, D. & Plomin, R. 1981 The importance of nonshared (E1) environmental influences in behavior development. *Developmental Psychology*, **17**, 517—531.
- Scarr, S. & Carter-Saltzman, L. 1979 Twin method : Defence of a critical assumption. *Behavior Genetics*, **9**, 527—542.
- Scarr, S. & Carter-Saltzman, L. 1982 Genetics and intelligence. In R.J. Sternberg (ed), *Handbook of human intelligence*. New York : Cambridge University Press.
- Scarr, S. & McCartney, K. 1983 How people make their own environments : A theory of genotype → environment effects. *Child Development*, **54**, 424—435.
- Scarr, S. & Weinberg, R.A. 1977 Intellectual similarities within families of both adopted and biological children. *Intelligence*, **1**, 179—191.
- Scarr, S. & Weinberg, R.A. 1978 The influence of "family background" on intellectual attainment. *American Sociological Review*, **43**, 647—692.
- Scarr, S. & Weinberg, R.A. 1983 The Minnesota Adoption Studies : Genetic differences and malleability. *Child Development*, **54**, 260—267.
- Scarr, S. & Yee, D. 1980 Heritability and educational policy : Genetic and environmental effects on IQ, aptitude, and achievement. *Educational Psychologist*, **15**, 1—22.
- Skodak, M. & Skeels, H.M. 1949 A final follow-up one hundred adopted children. *Journal of Genetic Psychology*, **75**, 85—125.
- Segal, N.L. 1986 Monozygotic and dizygotic twins : A comparative analysis of mental ability profiles. *Child Development*, **56**, 1051—1058.
- Shepard, R. & Metzler, J. 1971 Mental rotation of three dimensional objects. *Science*, **171**, 701—703.
- Snow, R.E. 1980 Aptitude process. In R.E. Snow (Ed), *Aptitude, learning, and instruction vol. 1* Hillsdale : Laurence Erlbaum Associates.
- Snow, R.E. & Lohman, D.F. 1984 Toward a theory of cognitive aptitude for learning from instruction. *Journal of Educational Psychology*, **56**, 315—326.
- Snow, R.E. 1989 Aptitude-Treatment Interaction as a framework for research on individual differences in learning. In P.L. Ackerman, R.J. Sternberg, & R. Glaser (Eds), *Learning and individual difference*. New York : W.H. Freeman & Company.
- Sternberg, S. 1969 The discovery of processing stages : Extension of Donders' method. *Acta Psychologica*, **30**, 276—315.
- Tambs, K., Sundet, J.M., & Magnus, P. 1984 Heredity analysis of mental ability profiles. *Intelligence*, **8**, 283—293.
- Teasdale, T.W. & Owen, D.R. 1984 Heredity and familial environment in intelligence and educational level—A sibling study. *Nature*, **309**, 620—622.
- 内田祐之 (編) 1954 双生児の研究 I 日本学術振興会
- 内田祐之 (編) 1956 双生児の研究 II 日本学術振興会
- Vernon, P.E. 1979 *Intelligence, Heredity, and Environment*. New York : W.H. Freeman & Company.
- Wilson, R.S. 1972 Twins : Early mental development. *Science*, **175**, 914—917.
- Wilson, R.S. 1975 Twins : Patterns of cognitive development as measured on the WPPSI. *Developmental Psychology*, **11**, 126—139.
- Wilson, R.S. 1977 Twins and siblings : Concordance for school-age mental development. *Child Development*, **48**, 211—216.
- Wilson, R.S. 1978 Synchronies in mental development : An epigenetic perspective. *Science*, **202**, 939—948.
- Wilson, R.S. 1983 The Louisville twin study : developmental synchronies in behavior. *Child Development*, **54**, 298—316.
- Wilson, R.S. & Harpring, E.B. 1972 Mental and motor development in infant twins. *Developmental Psychology*, **7**, 277—287.
- 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, continuities and challenges*. Hillsdale : Laurence Erlbaum Associates.

(1990年10月21日受稿)