

資料

遺伝要因が教授・学習過程に及ぼす諸効果²

——双生児統制法による英語教授法比較研究——

安 藤 寿 康¹

GENETIC EFFECTS UPON INSTRUCTION/LEARNING PROCESSES

——A comparative study of instructional methods of English by the cotwin control method——

Juko ANDO

The purpose of this study is to show two types of genetic effects-genetic main effects and genotype-environment (GE) interaction-upon several aspects of motivation as learning outcomes through instruction, using the cotwin control method. These genetic effects can emerge both indirectly, upon the basis of some preexisting aptitudes having been genetically influenced (indirect effects), and directly as some novel genetic architecture never been activated before (direct effects). Nineteen pairs of identical twins and 15 pairs of fraternal twins in the sixth grade received two different English teaching methods: the Grammatical and the Communicative Approach. Indirect genetic main effects were shown in most of the motivational aspects through some genetically influenced aptitudes such as general activity. The direct genetic main effects, most of which were nonadditive, were indicated, too. Marginally significant indirect GE interactions were found upon social extraversion, when the motivation toward a communicative activity was entered as a dependent variable. Finally, direct interaction was also found for general motivation towards English by means of intrapair difference-sum correlation.

Key words: behavioral genetics, cotwin control method, motivation, English instruction, genotype-environment interaction.

遺伝要因がさまざまな心理・行動的形質の個人差に対して、発達過程全般を通じて無視できないほど影響を及ぼしていることが、近年の人間行動遺伝学で明らかになってきている (Plomin, 1990; Plomin & Rende, 1991; Plomin & McClearn, 1993; Rose, 1995)。このことは教育

を考える上でも、遺伝要因を積極的に研究の対象とする可能性と必要性を示唆しているといえよう。「遺伝か環境(教育)か」という問いはもとより、今や「遺伝も環境も」(相互作用説)だけの認識でも不十分であり、遺伝と教育が「いかに」相互作用しているかを問題としなければならない。

遺伝要因は通常考えられているように、教育のプロセスや成果に対して制約や限界を与えるものではなく、その個性や個人差を特徴づけるものと考えられる(安藤, 1992)。遺伝的影響はその常識的含意である「決定性」「伝達性」「不変性」をもつとは限らない。それどころか1つの遺伝子型から多様な表現型が生まれる可能性

¹ 慶應義塾大学文学部 (Faculty of Letters, Keio University)

² 本研究は、平成5年度文部省科学研究費補助金 [奨励研究(A)] (課題番号05710090)、第10回(平成4年度)カシオ科学振興財団研究助成(Na41)、ならびに慶應義塾学事振興資金の補助を受けた。また本研究は日本教育心理学会第35回総会、日本双生児研究学会第8回学術講演会、ならびに Behavior Genetics Association 24th Annual Meeting の各学会にて、それぞれその一部を発表した。

や、表現型のレベルでは親から伝達されない個性性、さらに発達過程の中での遺伝的影響の可変性をも含んでおり、筆者は遺伝のこうした特質を環境に対する個性的な「自律性」と考えている（安藤, 1994）。そしてこの自律性は教育のプロセスや成果、すなわち教授・学習過程における心理的「変化」の中にも様々な形で浸入してくることが予想される。

遺伝要因の影響が教育のプロセスや成果に浸入してくる様式には、以下の3つが考えられる。すなわち、主効果的、交互作用的、ならびに相関的の3つである。遺伝要因の主効果的影響とは、環境の影響とは独立に、遺伝的個人差が教育のプロセスや成果の個人差に及ぼす影響のことである。一方、遺伝要因の交互作用的影響とは、異なる遺伝的性向をもった学習者が同じ教育環境のもとで異なった結果を示し、しかも環境が異なればその表われ方も異なることである。別の言い方をすれば、素質が異なればそれに合った環境も異なるという、いわゆるATI（適性処遇交互作用）的な効果のことである。そして相関的影響とは、学習者が遺伝的性向と相関する教育・学習環境を誘発（誘導）的あるいは能動的に作り上げる傾向のことをいう。以上の3つの様式のうち、相関的影響は主効果からの操作的な分離が難しい。従って本研究で検討するのは、このうち主効果的影響と交互作用的影響である。

教育のプロセスや効果に及ぼす遺伝要因の主効果的影響と交互作用的影響には、さらに間接的なものと直接的なものが考えられる。間接的影響とは、学習に先立って学習者が既に獲得したり発現させた諸適性のうち、遺伝規定性の高い適性（たとえばIQなど）によって受ける影響であり、学習のプロセスや学習成果そのものに対して、別個に仮定された「遺伝的適性」に依存して表われるがゆえに間接的である。直接的影響とは、学習プロセスや学習成果そのものに対して直接的に関わる遺伝要因を仮定するものである。新しい学習がなされるとき、既に獲得された適性を用いて学習することはもちろんだが、これまで全く用いられなかった新しい遺伝的影響が開花され、関わってくる可能性もある。これを直接的効果と呼ぶ。そして間接的影響、直接的影響のいずれにおいても、主効果的と交互作用的の両方の様式を仮定することができるのである。

以上述べたような遺伝要因の間接的あるいは直接的な主効果的影響と交互作用的影響を、操作的に検出するにはどうすればよいだろうか。間接的な影響は、測定可能な何らかの適性変数を用いて推定することができる。例えば、英語の学力の個人差に対して、遺伝規

定性の高いIQという適性変数が高い相関を示せば、それは英語の学力がIQを媒介として間接的に主効果的遺伝の影響を受けている可能性を示す。またIQと英語の教授法の違い（例えば文法訳読式の教授法とコミュニケーション中心の教授法など）の間にATIが見出されれば、それは遺伝と教授法の間接的な交互作用的影響の可能性を示す証拠と考えられる。

しかしながら、IQテストで測定されたIQのような適性変数の観測値は、それ自体はいわゆる表現型（phenotype）の値（表現型値）であり、遺伝と環境の両方の影響を含んだ結果である。従って、ある教授・学習のプロセスや成果について、その適性変数との相関や交互作用が見出されただけでは、それが本当に遺伝の影響と結びついているといえるかどうか分からない。この問題点を克服するのに、双生児法（Twin Method）が有効である。一卵性双生児（Monozygotic Twins: MZ）は、1つの受精卵が2つに分割されてそれぞれ別個の個体として成長したものであるから、遺伝的素質は同一と考えられる。従って同じ環境で育った一卵性双生児の表現型の類似性は、その遺伝的影響と共有環境（shared environment）の影響からくるものと考えられる。一方、その一卵性双生児の差異は同じ環境で育っても異なる環境（非共有環境：nonshared environment）の影響による。ここで一卵性双生児ペアの2人の観測値の平均値をとれば、それはその一卵性双生児の遺伝子型（genotype）の効果と共有環境の効果を合わせた値の推定値と考えることができる。しかも最近の人間行動遺伝学では、パーソナリティや後期児童期以降のIQなどで共有環境の影響がとても小さいことが指摘されているので（Plomin & Daniels, 1987; Dunn & Plomin, 1990）、一卵性双生児ペアの平均値は、遺伝子型値をかなりよく推定しているといえる³。以上のことから、ある適性変数について一卵性双生児ペアの平均値との間に、先に述べた主効果や交互作用的影響が見出されれば、それは遺伝要因の間接的な影響を示したものと解釈することが可能であると考えられる。

遺伝要因の直接的な主効果は、特定の教育の成果の変数（例えば英語の学力）の背後に、その個人差に直接関

³ いま表現型値を p 、遺伝子型値を g 、共有環境の影響を c 、非共有環境の影響を e とすると、一卵性双生児の表現型値 p_1 , p_2 はそれぞれ、 $p_1 = g + c + e_1$, $p_2 = g + c + e_2$ と表わせる。ここで g と e , c と e , e_1 と e_2 はたがいに独立である。従って p_1 と p_2 の平均値は $g + c$ の推定値となる。さらにここで扱うような形質のように、 c が無視できることが示されている場合、 p_1 と p_2 の平均値は g の推定値と見なしうる。

わるポリジーンなどの遺伝要因を仮定するものである。そしてその効果の有無は、通常の双生児法による遺伝規定性推定の方法、つまり対象となる形質について、一卵性双生児の級内相関が二卵性双生児 (Dizygotic Twins: DZ) の級内相関よりも大きいことを示すことによって確かめられる。また特に、既存の適性やその学習領域に固有の知識・技能の影響を取り除いた、新しく学習されたことへの独自の直接的な遺伝の主効果を検出したい場合には、それら既存の心理的形質を表わす変数の影響を除去した偏相関係数を算出すればよい。さらに遺伝子型と教授法との直接的な交互作用を検出するには、Jinks と Fulker (1970) のやり方に従って、別々の環境 (教授法) を受けた一卵性双生児ペア内の差異得点 (教授法の効果の差) とペアどうしの合計 (あるいは前述のように平均値、これらはいずれも遺伝子型値の個人差を推定している) との相関をとるという方法を利用することができる。ここでも既存の適性や知識・技能の影響を制御した偏相関係数を算出することによって、より直接的な効果を検出することができる。

教育場面における ATI は一般に不安定なものとされている (Snow, 1991; 並木, 1993)。従って遺伝子型と教授方法との交互作用もまた、見つけにくくまた再現性に乏しいことが危惧される。しかしながら筆者らは、文法的アプローチ (GA) とコミュニケーション・アプローチ (CA) という2つの英語教授法の比較研究において、繰り返し安定した ATI を確認している (福永ら, 1991; 安藤ら, 1991; 安藤ら, 1992)。これは知能に対して、GA は特惠的な、また CA は補償的な効果を示すというものである。この安定した ATI を利用し、Ando (1992) は被験者の中に特に組み入れた7組の一卵性双生児においても、知能の表現型のレベルでこの ATI が再現されることを示した。さらに安藤 (1993)、Ando (1994) では、19組の一卵性双生児 (ならびに15組の二卵性双生児) を被験者として、いわゆる双生児統制法 (Cotwin Control Method) によって、英語学力の一部に関して、いくつかの適性次元で先に述べた間接的な遺伝子型×教授法の交互作用、ならびに直接的な交互作用が存在する可能性を示唆することができた。

この双生児統制法による実験については、行動遺伝学的見地からではなく、一卵性双生児と二卵性双生児を区別しないで通常の ATI 研究として、倉八 (1995) が分析を行っている。その中では、前述の英語学力的な面以外に学習意欲の検討もなされ、いくつかの興味深い教授法の主効果や ATI が見出されている。そこで本研究では、同じ双生児統制法による英語教授法の比較

研究のデータを用いて、学習成果としての学習意欲について、これまで述べてきたような遺伝要因の諸効果を検討する。

方 法

被験者 主に東京都と川崎市に在住の小学6年生の一卵性双生児19組 (うち男児12組、女児7組)、および二卵性双生児15組 (うち男児5組、女児5組、異性5組)。これらは住民台帳ならびにツインマザースクラブ名簿より抽出した該当学年の双生児約200組に送付したダイレクトメールに対し自発的に応募してきた自己選抜された集団である。卵性は、主として外見的類似性に基づく卵性診断用の質問紙 (大木ら, 1991) によって決定した。また研究の趣旨についてあらかじめ保護者に説明し、同意を得た。説明に際しては、以下に述べる2通りの教授法を、双生児きょうだいにそれぞれ別々に施行すること、そしていずれの教授法も実験者の考える限り良い方法で行うよう努めること、さらに学習結果の群間の優劣は、あらかじめ実験者には予測不能であることを強調した。

教授条件 主としてコミュニケーション活動を通じて英語技能の習得を促すコミュニケーション・アプローチ (CA) 群と、文法規則の明示的説明によって英語技能の習得を促すグラマティカル・アプローチ (GA) 群を、各1クラスずつ設けた。いずれも1日75分授業を8日間行い、小学校で7年間の CA 教授経験を持つ日本人女性教師が、イギリス人男性アシスタント (AET) と共に、両群を教授した。毎日の授業の基本的な流れは、CA 群「復習→新出語彙の紹介→グループ単位のゲーム→新出文型の筆記→個人単位のコミュニケーション活動 (各15分ずつ)」, GA 群「復習→新出語彙の紹介→語順と規則の確認→新出規則・文型の筆記→グループ単位のゲーム (各15分ずつ)」である。特筆すべき点は、CA 群で個人単位の自由度の高いコミュニケーション活動 (教室内にいる教師、AET、そして複数の大学生観察者に、What is your name? / Do you like soccer? など、既習の文型で自由に問い、聞き出せた情報数を競うゲーム) を毎時間15分程度行ったこと、一方 GA 群では、文法に関するクイズ形式のゲーム (例えば、He / She の時の be 動詞は? など) を取り入れたことである。なお教授項目は初学者を対象としたもので、be 動詞の肯定・否定・疑問文、一般動詞 have, like の肯定・否定・疑問文、そして what, when, where を用いた疑問文であり、語彙も含めて両群共通とした。なお教授手続の詳細は倉八 (1995) を参照されたい。

適性変数 遺伝要因の間接的影響を検討するため、以下の4領域27適性変数を測定した。①認知的変数(8変数)：(1)知能：田中AB式知能検査によって測定された言語性、非言語性の各知能偏差値、ならびに総知能偏差値、(2)流動性知能：Raven Progressive Matrices (Standard版)による、(3)作動記憶容量：Danemanら(1980)のreading spanテストの日本語翻案(安藤ら、1992)による視覚作動記憶と聴覚作動記憶、(4)認知スタイル：杉原(1981)のCSTによる場依存・場独立性ならびに熟慮性衝動性。②学力変数(4変数)：国語、算数、理科、社会について、各30分で施行された学力検査の得点。③パーソナリティ変数(12変数)：矢田部ギルフォード性格検査の12尺度(抑鬱性、回帰性傾向、劣等感、神経質、客観性のなさ、協調性のなさ、愛想の悪さ、一般的活動性、のんきさ、思考的外向、支配性、社会的外向)。④情意・動機づけ変数(3変数)：(1)コミュニケーション指向、(2)英語クラス不安(以上2変数は初学者の英語学習に対する態度を把握するため本実験に際して実験者らが特別に作ったもので、それぞれ10項目、6項目からなる)、(3)内発的動機づけ：桜井・高野(1985)による内発的・外発的動機づけ尺度の総計。これら適性変数のうち、①認知的変数と②学力変数のための検査は実験に先立って一斉に、また③パーソナリティ変数と④情意・動機づけ変数は配布した質問紙に自宅で回答してもらった。なお一斉検査にあたっては双生児きょうだいが隣接した位置に着席しないように、また質問紙の自宅での回答にあたっては、きょうだい同士が互いに見合ったり相談したりしないよう指示した。

学習の結果としての学習意欲 以下の12側面とその総計からなる([]内は項目例)。(1)英語授業全体に対する意欲(2項目)[英語教室は楽しかったです]、(2)英語技能に対する有能感(6項目)[先生の英語を聞けるようになったと思います]、(3)英語技能に対する情緒的意欲(5項目)[英語を書くのはおもしろいと思います]、(4)英語技能に対する知的好奇心(5項目)[英語の vocabulary をもっと知りたいと思います]、(5)プリント筆記活動への意欲(2項目)[英語のプリントをやるのは大切だと思います]、(6)規則への関心(2項目)[英語のきまりがわかると英語の文が作れると思います]、(7)AETへの関心(2項目)[ポールさん(AETの名)との勉強は楽しいです]、(8)発音への関心(2項目)[きれいな発音で英語が話せるになりたいです]、(9)ゲームへの関心(3項目)[英語のゲームは楽しいです]、(10)コミュニケーション活動への意欲(3項目)[皆と一緒に話す活動は楽しいです]、(11)自己関与(2項目)[英語教室では身近なことが勉強できて楽しかったです]、(12)将来の英語授業に対する意欲(3項目)[中学の

英語が楽しみになりました]。なおこれら各側面についての α 係数は.53～.91であり内部一貫性が認められるので、それぞれの平均値を各学習意欲面の得点とした。

結 果

一般に文法教示を主体とした教授法はつまらなく、コミュニケーション指向の教授法はおもしろいと思われるがちである。しかしTABLE 1に示す一卵性双生児における学習意欲の群間比較からわかるように、本研究に関する限り、学習の結果としての学習意欲の大部分でCA、GA両群間に差はみられなかった。ただし、コミュニケーション活動への意欲に関しては、CA群の方が有意に高く、CAの教授法の特色を表わした妥当な結果といえる。ちなみに、英語学力面ではCA群が話す能力において、GA群が文法の転移能力において、それぞれ他の群よりも有意に優れており、やはりそれ

TABLE 1 学習意欲の各側面の群間比較(一卵性双生児の場合)

		CA	GA	t (18)
英語全体への意欲	Mean	5.63	5.68	-.25
	S.D.	1.18	1.50	
わかる	Mean	5.50	5.44	.22
	S.D.	1.04	1.12	
楽しい	Mean	5.34	5.12	.91
	S.D.	1.24	1.35	
知的好奇心	Mean	6.00	5.86	.50
	S.D.	0.88	1.23	
プリント活動	Mean	5.47	5.34	.37
	S.D.	1.53	1.03	
規則への関心	Mean	5.53	5.38	.50
	S.D.	1.02	1.23	
AETへの関心	Mean	5.82	5.38	-.66
	S.D.	1.08	1.01	
発音への関心	Mean	6.26	6.11	.53
	S.D.	0.86	1.20	
ゲームへの意欲	Mean	6.09	5.63	1.00
	S.D.	1.15	1.71	
コミュニケーション活動への意欲	Mean	6.06	5.63	1.83*
	S.D.	0.88	0.91	
身近・自己関与	Mean	5.63	5.47	.68
	S.D.	1.23	1.12	
将来への意欲	Mean	5.76	5.50	.74
	S.D.	1.22	1.47	
意欲合計	Mean	69.08	67.11	.86
	S.D.	10.67	11.00	

* $p < .05$

ぞれの教授法の妥当性を示している (Ando, 1994)。

次に、各適性変数の卵性別の級内相関を TABLE 2 に掲げる。この表が示すのは、二卵性双生児が通常予想されるよりも、互いにより類似しているということである。例えば知能の場合、欧米の研究では一卵性双生児の相関が.80～.90であるのに対して、二卵性双生児のそれは.60程度である (例えば Bouchard & McGue, 1981)。ところが本サンプルでは二卵性双生児が一卵性双生児と同程度に高い類似性を見せている。さらに流動性知能やパーソナリティの多くの次元で、二卵性双生児の方が一卵性双生児よりも類似するという奇妙な結果が表われている。このことは、おそらく本サンプルが、二卵性双生児に関して知的に類似するケースが多く、また一卵性双生児に関してパーソナリティで類似しないケースが多く集まった偏ったサンプルである可能性を示唆する。ここで二卵性双生児が知的に類似している理由として考えられるのは、知的に差の大きな二卵性双生児の場合、このような実験に参加することによってきょうだい間の成績の差があからさまになることを避けようとして、親や本人が参加を敬遠する傾向があるということである (一卵性双生児のパーソナリティが類似しない傾向にあった理由は不明)。このようなサンプルの場合、通常の方法では遺伝規定性が低く見積られやすいことに注意しなければならない。また逆に、このサンプルでも遺伝規定性を示す証拠が見つければ、それはかなり強い証拠であるといえる。

TABLE 2 適性変数の卵性別級内相関係数

	MZ	DZ		MZ	DZ
総知能偏差値	.80	.80	抑鬱性	.02	.66
言語性	.72	.77	回帰性傾向	.17	.02
非言語性	.75	.73	劣等感	-.15	.54
流動性知能	-.07	.99	神経質	.04	.37
			客観性のなさ	-.13	-.08
視覚作動記憶	.25	.26	協調性のなさ	.03	-.21
聴覚作動記憶	.24	.34	愛想の悪さ	.42	.24
			一般的活動性	.36	-.08
場依存-独立	.39	.25	のんきさ	-.08	.48
熟慮-衝動	.31	.38	思考的外向	-.04	.54
			支配性	-.17	-.03
国語	.86	.61	社会的外向	.00	.05
算数	.56	.85			
理科	.88	.25	コミュニケーション指向	.14	.97
社会	.99	.98	英語クラス不安	.06	.97
			内発的動機づけ	.26	.48

MZ：一卵性双生児 DZ：二卵性双生児

以下の分析にあたり、特に遺伝規定性の高い適性変数と考えられるものをあらかじめ設定しておく。遺伝規定性の有無は、一卵性の級内相関係数が二卵性のそれを上回ることによって確認できる。TABLE 2 から見出される遺伝規定性の高い適性次元は、学力変数における国語と理科、ならびにパーソナリティ変数における一般的活動性である⁴。しかしながら上述のサンプリングバイアスの可能性も考慮して、YG 性格検査の中の「社会的外向」についても参考として分析の対象とした。「あなたは誰とでもよく話しますか」「あなたはいろいろな人と友だちになるのが楽しみですか」などの項目から構成される社会的外向は、TABLE 2 に掲げた本サンプルの統計量からは遺伝規定性が全く示されていないが、先行研究で51%の遺伝率が報告されている (Ando, 1993b; 双生児研究委員会, 1993)。またこの次元は遺伝規定性の高い心理変数としてこれまでも繰り返し報告されている社交性 (Buss & Plomin, 1984) あるいは外向性 (Loehlin, 1992) に対応する性格次元と考えられ、覚醒水準の生理学的メカニズムとの関連において活動性とも密接な関係性が指摘されているので (Eysenck, 1967)、ここでも参考として検討に値すると判断した⁵。

遺伝の主効果

まず遺伝の間接的主効果が見出されるか否かを検討する。一卵性双生児について、上述の遺伝的適性次元 (遺伝子型値による) と各学習意欲変数との間の相関係数を、表現型値 (観測値) との相関と併記して (括弧内) TABLE 3 に掲げる。遺伝的適性である一般的活動性とは、わかる、ゲームへの意欲、コミュニケーション活動への意欲の3変数と有意な相関があった。また参考として掲げた社会的外向とは、全12の学習変数のうち6変数との間に有意な相関が認められる。そして両者をあわせると遺伝的適性と有意な相関を示すものは9変数にもものぼる。これらはすべて大きくはないが正の相関である。さらに興味深いのは、遺伝子型値による相関係数の値の方が、観測値をそのまま用いた表現型値との相関係数の値よりも、すべてにおいて大きいと

⁴ 李・渡部 (1993) の方法によって算出した一卵性双生児の級内相関の値が二卵性双生児の値を上回る確率は、国語が.90、理科が.97、一般的活動性が.89であった。

⁵ YG 性格検査の各次元については、續ら (1970) などによりその因子の妥当性に疑問を投げかけられている。しかしここに取り上げた一般的活動性と社会的外向の各次元については、これらの批判論文の中の分析でも、ある程度の一次元性、内的整合性が認められる尺度であり、本サンプルにおいて算出された信頼性 (α 係数) はそれぞれ.65、.67と、十分高くはないもののやはりある程度の内的整合性を示していると考えうる。

TABLE 3 遺伝的適性と学習意欲との相関係数

	一般的 活動性	社会的外向 (参考)
英語全体への意欲		.48** (.39*)
わかる	.33* (.10)	
楽しい		
知的好奇心		.40* (.26)
プリント活動		.45** (.22)
規則への関心		.33* (.25)
AET への関心		
発音への関心		
ゲームへの意欲	.41* (.34*)	
コミュニケーション活動への意欲	.35* (.26)	.44** (.28)
身近・自己関与		
将来への意欲		.42** (.29)
意欲合計		.43** (.29)

括弧内は表現型値との相関係数

* $p < .05$ ** $p < .01$

いうことである。このことから、英語学習の直後に抱いたさまざまな学習意欲の個人差には、既存の遺伝的適性に、ある程度依存しているといえる。

次に遺伝要因の直接的主効果について、2種類の双生児の級内相関を示した TABLE 4 ならびに FIGURE 1 に示すモデルのもとで推定される最適相加的遺伝(a), 非相加的遺伝(d), 共有環境(c), 非共有環境(e)の各要因の寄与率を示した TABLE 5 によって検討しよう⁶。なお二卵性双生児の中にポストテストである学習意欲の検査を受けなかったものが3組(男児2組, 異性1組)あったため、この変数に対する二卵性の被験組数は12組になる。この表が示すように、「プリント活動」および「ゲーム活動」に対する意欲以外のすべての変数で、一卵性双生児の値が二卵性双生児のそれを上回り、遺伝的影響を示唆している。しかもその中で「わかる」「意欲合計」を除くすべてで、de モデルが最適であり非相加的遺伝効果の存在を示している。これは一卵性の級内相関の値がポリジーン(相加的遺伝要因)で予測される「二卵性の値の2倍」より大きく、遺伝子間の交互作用あるいは emergence (Lykken ら, 1992) の影響を示

⁶ FIGURE 2 に示したものは a, d, c, e のすべてのパラメータを含んだ full モデルである。分析にあたっては LISREL8 を使い、可能な下位モデルである ace モデル, ade モデル, ae モデル, ce モデル, de モデルの 5 モデルで、各パラメータの推定値と各モデルの適合度 (χ^2) を求め、モデル間の適合度を比較した (Neale & Cardon, 1992)。TABLE 5 に示すのは 5 モデルのうちの最適モデルにおける各パラメータの推定値、ならびに適合度に関する情報である。

TABLE 4 学習意欲の各側面の卵性別級内相関係数

	MZ ^{a)} (n=19)	DZ ^{b)} (n=12)	P(MZ>DZ) ^{c)}
英語全体への意欲	.77[.76] (.70)	.01	.99
わかる	.39[.31] (.34)	.36	.54
楽しい	.67[.70] (.66)	-.02	.98
知的好奇心	.67[.38] (.37)	.09	.96
プリント活動	.29[.25] (.13)	-.11	.86
規則への関心	.43[.37] (.34)	-.07	.92
AET への関心	.66[.63] (.62)	-.15	.99
発音への関心	.22[.17] (.16)	-.23	.89
ゲームへの意欲	.07[-.11] (.05)	.56	.06
コミュニケーション活動への意欲	.37[.29] (.18)	-.13	.92
身近・自己関与	.63[.60] (.59)	-.00	.97
将来への意欲	.34[.30] (.19)	.09	.76
意欲合計	.58[.55] (.48)	-.14	.98

a) [] 内は遺伝子型値による一般的活動性の影響を除いた場合

() 内は参考のため遺伝子型値による社会的外向の影響を除いた場合

b) MZ: 一卵性双生児 DZ: 二卵性双生児

c) 李・渡部 (1993) の方法によって算出した一卵性双生児の級内相関の値が二卵性双生児の値を上回る確率

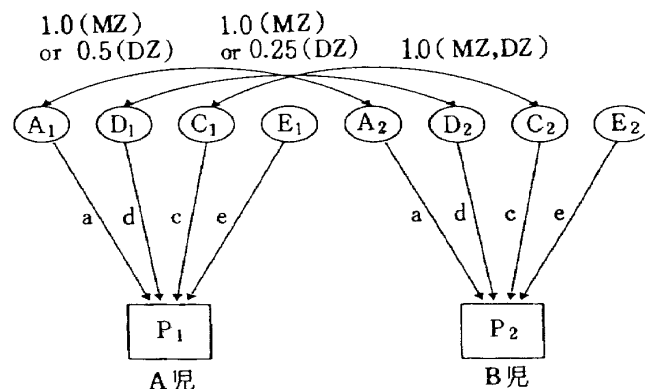


FIGURE 1 双生児の表現型(P)の類似性を相加的遺伝(A), 非相加的遺伝(D), 共有環境(C), 非共有環境(E)の各潜在変数から説明するモデル

MZ: 一卵性双生児 DZ: 二卵性双生児

唆するものである。また「意欲合計」についても、級内相関係数のパターンを見ると、同じく非相加的遺伝の影響の可能性が示唆されている。この「意欲合計」について両卵性の類似性を示した散布図を FIGURE 2 (a, b) に示す。一卵性双生児の示す高い一致率は、遺伝的適性変数である一般的活動性や社会的外向(参考)の影響を partial out してもほとんど変わらず(括弧内), これらの学習意欲が、既存の遺伝的適性に依存し

TABLE 5 学習意欲の各側面における最適モデルでの各要因の寄与率と要約

	最適 モデル	a ²	d ²	c ²	e ²	χ^2	df	p
英語全体への意欲	de	—	.79	—	.21	7.16	4	.13
わかる	ae	.64	—	—	.36	2.60	4	.63
楽しい	de	—	.67	—	.34	5.92	4	.21
知的好奇心	de	—	.42	—	.58	6.55	4	.16
プリント活動	ce	—	—	.35	.66	11.02	4	.03
規則への関心	de	—	.38	—	.61	7.58	4	.11
AET への関心	de	—	.66	—	.34	1.82	4	.77
発音への関心	de	—	.30	—	.71	4.14	4	.39
ゲームへの意欲	de	—	.04	—	.96	12.60	4	.01
コミュニケーション活動への意欲	de	—	.46	—	.55	4.25	4	.37
身近・自己関与	de	—	.67	—	.34	6.99	4	.14
将来への意欲	de	—	.46	—	.53	5.99	4	.20
意欲合計	ae	.61	—	—	.40	7.22	4	.12

a² 相加的遺伝 d² 非相加的遺伝 c² 共有環境 e² 非共有環境

ない新たな遺伝的影響をも受けている可能性を示すものと考えられる。このことは先述した本サンプルの偏りの可能性を考えると特筆に値する。

なお二卵性双生児では発音への関心や AET への関心など、わずかながら負の級内相関がみられるものがある。例えば意欲合計では、特に他から隔たったデータを除くと比較的大きな負相関 (-.34) となる。これは二卵性双生児きょうだい間で、相手と異なろうとする傾向がある可能性を示唆している。

遺伝の交互作用

間接的な遺伝要因の交互作用を検出するため、一卵性双生児について、まず遺伝的適性である一般的活動性と社会的外向 (参考) の各変数について、すべての学習意欲変数を従属変数とし、教授法、各々の遺伝的適性の表現型値、教授法と遺伝的適性の表現型値との交

互作用を独立変数として、あらゆる組合せについてステップワイズによる重回帰分析を行った。ここで 5%水準で有意な交互作用は見出されなかった。しかし交互作用的な傾向を示すパターンが、特にコミュニケーション活動への意欲を従属変数としたときに、社会的外向 ($F(1,31)=2.59, p=.12$) について見出された。そこで参考として社会的外向の遺伝子型値を用いて、同様に重回帰分析によって交互作用の検定を行ったところ、交互作用項を強制的に最初に重回帰方程式に投入したとき、社会的外向の高い学習者には CA が、また低い学習者には GA がそれぞれこの意欲を高めるような交互作用的傾向が 10%水準で見出された ($F(1,36)=3.00, p=.09$)。ここでも遺伝子型値によって表現したときの方が、表現型値の場合よりも、交互作用の傾向がよりはっきりと表われている点は注目に値する。

最後に、直接的な遺伝子型と教授法の交互作用について検討する。これは一卵性双生児の各学習意欲の尺度について、ペアごとの得点の差異 (GA 群児の得点 - CA 群児の得点) とペアごとの平均との相関から推定する (TABLE 6)。この分析では、直接の相関係数では有意なものなかったが、遺伝的適性である一般的活動性の遺伝子型値を partial out したとき「全体」について、また社会的外向の遺伝子型値を partial out したとき、「全体」と「ゲーム」への意欲の各変数でそれぞれ有意な相関が見出された。このうちゲームへの意欲については、前の分析から遺伝規定性が見出されなかったもので、ここでは英語全体への意欲にのみ直接的な遺伝子型と教授法の交互作用が示されたことになる。この相関は正の値であるから、遺伝的にその傾向が高い人ほど、GA の方でより強くその傾向を示しやすいことを意味する。

考 察

まず、本研究であつかったような任意の教授条件下

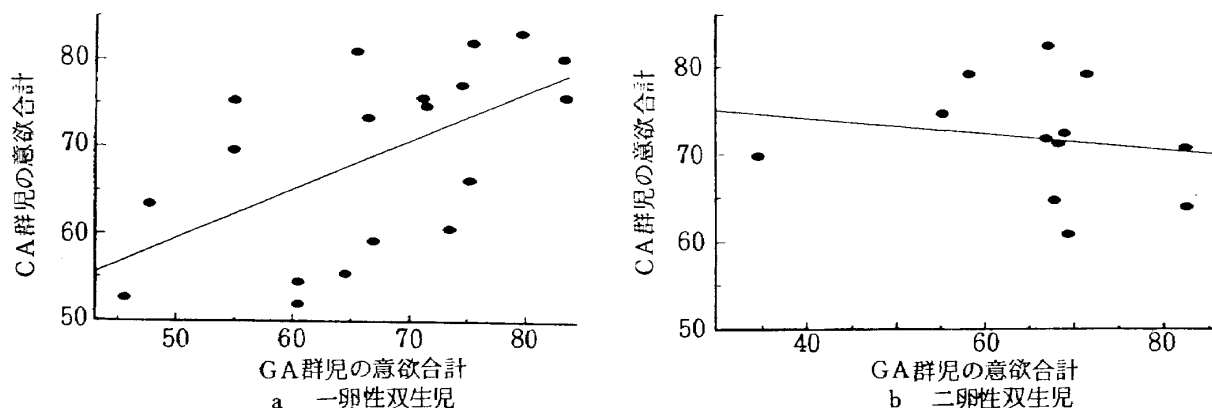
**FIGURE 2** 意欲合計についての両卵性の類似性 (相関)

TABLE 6 一卵性双生児ペアの学習意欲の各側面における平均値と差異得点^{a)}との相関係数

		一般的活動性を統制	社会的外向性を統制 (参考)
英語全体への意欲	.36	.46 *	.46 *
わかる	.08	-.06	.04
楽しい	.11	.05	.09
知的好奇心	.35	.30	.32
プリント活動	-.40	-.39	-.23
規則への関心	.20	.25	.22
AET への関心	-.09	-.08	-.08
発音への関心	.33	.26	.39
ゲームへの意欲	.38	.35	.40 *
コミュニケーション活動への意欲	.04	-.24	.28
身近・自己関与	-.12	-.15	-.08
将来への意欲	.20	.33	.28
意欲合計	.04	.03	.10

* $p < .05$

a) 差異得点 = GA 群児の得点 - CA 群児の得点

での英語学習における学習意欲の下位の諸側面という、きわめて文化的に任意な固有領域における高次精神活動について遺伝要因の影響を検討するという、この問題設定の仕方の妥当性と意義に関して、初めに言及したい。一般に遺伝的規定を問題にする場合、単一遺伝子に規定されるようなより生物学的に単純な形質、あるいは物理的に明確な形質を扱う方が妥当であり、IQ やパーソナリティのように定義そのものも困難である複雑な心理・行動的形質については、必ずしも適切でないと考えられている。人間行動遺伝学はこうした心理・行動的形質も、ポリジーンなどを仮定して遺伝的形質として扱うことが可能であることを示してきているが、分子生物学者をはじめとする現代の多くの「正統的」な遺伝学者には、このような人間行動遺伝学的考え方も、まだ容易には容認しにくいと思われる。ましてや、本研究で取り上げたような「形質」について遺伝要因を問題とすることは、全くのナンセンスとすら受け取られかねないであろう。

こうした発想の根底にある 1 つの先入観は、特定の DNA との関連がより直接的であるほど遺伝的であるという、還元論的生物主義の考え方だと思われる。この考え方のもとでは、社会・文化的な要因は生物学的要因と対立あるいは無関係であり、遺伝研究にとっては不純だと見なされる。だが人間行動遺伝学が明らかにしつつあるのは、IQ やパーソナリティのみならず、社会的信念や犯罪といった、きわめて文化的な

側面にも、遺伝要因が無視できないほど関わっているということである。ここで「遺伝要因が無視できない」と主張するときの操作的な根拠は、血縁関係に近いものが、共変する環境の影響を統制してもなおかつ、その文化的な形質において類似するということ—具体的には別々に育てられた一卵性双生児が類似したり、一卵性双生児が二卵性双生児より類似する現象、あるいは実の親子やきょうだいが養子関係の親子やきょうだいよりも類似するという現象—である。ここで特定の DNA への還元可能性や生物学的関連性の見通しは、必ずしも必要ではない。むしろこうした形質は、特定の DNA から直接規定を受ける形質というよりも、数多くの DNA、あるいはさらに DNA の総体(ゲノム)と社会システムとのインターフェイスで創出される「遺伝的現象」であると考えられる。

この考え方をさらに進めると、こうした遺伝的現象は IQ やパーソナリティのように比較的安定した一般的形質のみならず、きわめて状況的・局所的な行動にも見出すことが可能であることがわかる。逸話的な事例であるが、別々に育てられた一卵性双生児が、無意識的に行う癖で一致していたり、一回的なライフイベントで一致しているケース (Lykken, et al., 1992) は、そうした遺伝的現象が個体レベルで表現された最も極端な事例と考えられる。従って、本研究で取り上げたような、任意な領域固有の学習における局所的な心的変化に対しても、上述の操作的定義が適応される限りにおいて、行動遺伝学的に「遺伝的」とする妥当性が正当化されると言えるのである。

むしろこうした現象が確認された場合、次のステップとして DNA に溯って、その発現プロセスに関するモデル作りを試みるという方向へ研究を発展させることも可能ではある。これは「いかに遺伝情報が発現するか」という点から「いかに」の問題に迫る方向である。だが少なくとも本研究で扱ったような事象についてこうした方向をとるのは、当然のことながらあまり現実的ではない。「英語という任意の教科の、任意の教授法のもとでの学習意欲という任意の心理的側面を規定する特定の DNA (群)」などというものを想定し、その発現過程を探索することに意味があるだろうか。本研究で見出された学習意欲への遺伝的主効果が、一卵性双生児で相関が高いのに対して二卵性双生児で無相関であるパターンが多く、非相加的遺伝の影響が強く示唆されたことから考えても、こうした遺伝的現象は基本的に、なんらかの単純な遺伝的・生理的・心理的機能に還元し得ない、多因子の複合的な交互作用によ

るものと考えられる。よって筆者は、この現象自体を生み出す遺伝・生理・心理的メカニズムの解明を行うことよりも、むしろこれと類似する現象を他の状況や他の心理的指標で数多く探り、それらを統合することで、「いかに遺伝情報が発現するか」ではなく、教育において「遺伝的であるとはいかなることか」という形で「いかに」の問題に切り込んでゆくことの方が、当面の間、生産的であると考ええる。

その意味で本研究は、サンプルの小ささや偏りの可能性、扱われた教授領域や心理的変数の特殊性、さらに統計的有意性の不十分さなどからみて、この問題に対する全くの第一歩であるに過ぎない。しかし本研究で示された結果のうち、特に重要な点をやや一般化して要約すると、以下の3つの興味深い問題を指摘できる。①任意の教授法のもとで学習した際の結果に、間接的にも直接的にも遺伝要因の主効果や交互作用が見出される可能性がある。②遺伝要因の間接的な主効果や交互作用は、観測値のままの表現型値を用いた場合よりも、遺伝子型の推定値を用いた場合の方が、より明確に表われる可能性がある。③遺伝要因の直接的な主効果や交互作用は、共変する既存の適性変数の影響を統制してもほとんど変わらないか、あるいはより明確に表われる可能性がある。

まず①の示唆する教育心理学的に重要な点は、教育場面における遺伝の影響とは、教育的介入を不可能にするという意味でなく、教育的介入による変化の仕方の個性を特色づける一要因であるということである。しかもその影響の表われ方は、教育的介入の仕方の違いに対して、一様に働く独立した主効果的働き方をする場合のみならず、教授方法の違いに対して異なる働き方をする交互作用的な場合もある。このことは遺伝的に異なった学習者には異なる教授法がそれぞれ有効である可能性を示唆し、教育の実践面に対しても有益な視点を与える。遺伝的であることが、単純に教育への悲観論とは結びつかないのである。次に②が示唆するのは、「遺伝的変数」が心理学的に概念的妥当性をもつということである。一般に日常的な心理体験に「これは遺伝的だ」という感覚を持ちにくいことから、行動遺伝学が示す遺伝の証拠には「もっともらしさ」を感じにくく、従って心理学的変数として必ずしもその有用性が認識されているとはいえない。しかし本研究が示したように、観測値そのものを用いる以上に遺伝子型値を用いた場合の方が、諸変数のネットワークの中で有意な働きをすれば、遺伝的変数の心理学的な概念的妥当性と有用性を無視するわけには行か

なくなるであろう。③は、学習のメカニズムそのものに関わる重要な問題を提起する。同様の現象は英語の能力面でも見出された(Ando, 1994)。もしもこれが、新しい学習を行った際、既存の適性に依存しない新しい遺伝的メカニズムが発動することだとすれば、新しい知識や技能、心的態度の由来は、少なくともその一部は、既存の知識や技能などの転移や外的情報の素朴な伝達によってではなく、新しい遺伝的メカニズムの発現によるということになる。

この見解を間接的に支持する証拠として挙げられるのは、縦断的な双生児研究や養子研究から見出された遺伝率の増加現象である。発達的行動遺伝学は、知能の遺伝率が変化するばあい、それは遺伝率の増加の方向に向かうことを示してきた。IQのような一般的な形質でも、2, 3才時、そして7才時には新しい遺伝分散が表われることが明らかになっている(Fulker, Cherny & Cardon, 1992)。これは、言語活動や運動能力が劇的に発達し生活環境が大きく変化する2, 3才時、ならびに学校という新しい社会的学習環境に組み込まれる7才時に、環境の劇的変化に対応して新しい遺伝的メカニズムを解発してゆくためと考えられる。これが小学6年生の英語学習のようなかなり新奇な学習の場合にも生ずることは可能であると考えられる。もちろん本研究の場合、学習の結果としての学習意欲に見られる直接的遺伝の主効果が、ここで測定されなかった別の遺伝的適性に依存している可能性も否定はできない。従って、ここではこれを作業仮説として提起し、今後の検討に委ねたい。

最後に、CAとGAという教授法間で、いくつかの間接的・直接的な遺伝子型と教授法の交互作用の傾向が見出された理由について考察したい。これまで遺伝子型×環境交互作用が見出された場合、環境は「統制性」または「自由度」の次元で変化する場合が多い。たとえば上武(1970)は単位時間におけるまばたきの数が、目やまばたきの数を意識した場合には遺伝規定性が見出せないが、他のことに注意が向けられ、まばたきへの統制がない場合に、顕著な遺伝的影響があることを示した。またMathenyとDolan(1975)は幼児の適応性を自由なプレイルーム場面と統制性の強い心理テスト場面で観察により測定し、前者の状況の方が遺伝率が高いことを示している。BergmanとPlomin(1989)は、環境の自由度が高い方が遺伝規定性が高く表われる可能性を指摘している。

ここでCAとGAという教授法の対比も、環境の自由度または統制性の次元での対比であるといえる。す

なわち GA は文法規則の理解と運用を意識的に行わせることを、授業活動全般を通じて強調する点で、学習者の知的活動への統制性は強く、また自由度が低い。一方 CA は、情報の授受や獲得のためのゲーム活動のような、比較的リラックスできる場面が多く、特に毎時間の最後に設けられた個人単位のコミュニケーションの時間では学習者が自由に英語の質問をすることができるという点で自由度の高い学習環境であるといえる。本研究の参考分析でも、GA より CA の方で、コミュニケーション活動への意欲が遺伝的適性と考えられる社会的外向との相関が高いという交互作用を示していることも、上述の Bergman らの仮説と一致するものと解釈できよう。もちろん教育環境の自由度や統制性の程度とは、あくまでも相対的なものであるが、この次元は教育の方法論をめぐってさまざまな形で対立する次元でもあり、興味深い。例えばオープンスクールの理念は、より自由度の高い学習環境をつくることにある。しかし一方で、統制度の高い教育環境の中で、あえて学習者の遺伝的資質には必ずしも合わないような経験をさせ、自分の適性の質を確認させることも、やはり成長にとって必要であろう。

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.
- 安藤寿康 1993 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 1994 遺伝要因と教育環境 並木 博(編著) 教育心理学へのいざない 八千代出版
- Ando, J. 1993a The effects of two EFL (English as a Foreign Language) teaching approaches studied by the cotwin control method: A comparative study of the Communicative and Grammatical approaches. *Acta Geneticae Medicae et Gemellologiae: Twin Research*, 41, 335—352.
- Ando, J. 1993b Twin study of intelligence and personality in Japanese high school students. *Abstracts of Behavior Genetics Association 23th annual meeting*, 12.
- Ando, J. 1994 Instruction learning process studied by the cotwin control method. *Abstracts of Behavior Genetics Association 24th annual meeting*, 23.
- 安藤寿康・福永信義・倉八順子・須藤 毅・鹿毛雅治・中野隆司 1991 コミュニカティブ・アプローチと文法中心的教授法に関する実験的比較研究 慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要, 32, 1—10.
- 安藤寿康・福永信義・倉八順子・須藤 毅・中野隆司・鹿毛雅治 1992 英語教授法の比較研究 コミュニカティブ・アプローチと文法的・アプローチ 教育心理学研究, 40, 247—256.
- Bergman, C.S., & Plomin, R. 1989 Genotype-environment interaction. In H.H. Bornstein & J.S. Bruner (Eds) *Interaction in human development*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Bouchard, T.J.Jr., & McGue, U. 1981 Familial studies of intelligence: A review. *Science*, 212, 1055—1059.
- Buss, A.H., & Plomin, R. 1984 *Temperament: Early developing personalisty traits*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Daneman, H., & Carpenter, P.A. 1980 Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450—466.
- Dunn, J., & Plomin, R. 1990 *Separate lives: Why siblings are so different*. Basic Books.
- アイゼンク, H.J. 梅津耕作・祐宗省三他訳 1973 人格の構造—その生物学的基礎 岩崎学術出版社 (Eysenck, H.J. 1967 *The biological basis of personality*. Springfield, Charles C. Thomas.)
- 福永信義・倉八順子・中野隆司・鹿毛雅治・須藤 毅・安藤寿康 1991 初等英語教育におけるコミュニケーション・アプローチの有効性 慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要, 31, 117—126.
- Fulker, D.W., & Cherny, S.S., & Cardon, L. 1993 Continuity and change in cognitive development. In R. Plomin & G.E. McClearn (Eds.) *Nature, nurture, and psychology*. Washington, D.C.: APA.
- 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, 1323—1349.
- 上武正二 1971 精神機能における遺伝と環境—双生児による実証的研究 誠文堂新光社
- 倉八順子 1995 グラマティカル・アプローチとコミュニケーション・アプローチが学習成果と学習意

- 欲に及ぼす質的差異 教育心理学研究, **43**, 92—99.
- 李 建華・渡部 洋 1993 双生児の知能偏差値間の相関係数のベイズ研究 東京大学教育学部紀要, **33**, 151—156.
- Loehlin, J.C. 1992 *Genes and environment in personality development*. Newbury Park, CA : Sage.
- 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.
- 並木 博 1993 教授・学習研究における ATI パラダイムと適性理論 教育心理学年報, **32**, 117—127.
- Neale, M.C., & Cardon, L.R. 1992 *Methodology for genetic studies on twins and families*. Boston : Kluwer Academic Publishing.
- 大木秀一・山田一朗・浅香昭雄 1991 双生児の母親用質問紙による卵性診断 小児保健研究, **50**, 71—76.
- プロミン, R. 安藤寿康・大木秀一(共訳) 1994 遺伝と環境—人間行動遺伝学入門 培風館 (Plomin, R. 1990 *Nature and nurture : An introduction to human behavioral genetics*. Brooks/Cole)
- Plomin, R., & Rende, R. 1991 Human behavioral genetics. *Annual Review of Psychology*, **42**, 161—190.
- Plomin, R., & McClearn, G.E. 1993 *Nature, nurture, and psychology*. Washington, D.C. : APA.
- Plomin, R., & Daniels, D. 1987 Why are children in the same family so different from one another? *Behavioral and Brain Sciences*, **10**, 1—60.
- Rose, R.J. 1995 Genes and human behavior. *Annual Review of Psychology*, **46**, 625—654.
- 桜井茂男・高野清純 1985 内発的—外発的動機づけ測定尺度の開発 筑波大学心理学研究, **7**, 43—54.
- Scarr, S. 1992 Developmental theories for the 1990s : Development and individual differences. *Child Development*, **63**, 1—19.
- Snow, R.E. 1991 The concept of aptitude. In R. E. Snow and D.E. Wiley (Eds.) *Improving inquiry in social science : A volume in honor of Lee J. Cronbach*. N.J. : LEA.
- 双生児研究委員会 1993 双生児研究委員会活動報告 東大附属論集, **35**, 199—214.
- 杉原一昭 1981 認知スタイルの発達と認知スタイルと学力との関係 鈴木 清(編) 児童・生徒の知的能力の構造とその発達の变化に関する分析的研究 (昭和 56 年文部省科学技術研究費補助金 [総合研究(A)] 研究成果報告書) 34—45.
- 續 有恒・織田輝準・鈴木真雄 1970 質問紙式による性格診断の方法論的吟味—YG 性格検査の場合 教育心理学研究, **18**, 33—47.

付 記

本研究を行うに際して、被験者の募集にあたってはツインマザーズクラブ会長の天羽幸子先生から、実験実施にあたっては山梨学院短期大学保育科の中野隆司専任講師と明治大学農学部倉八順子専任講師から、またデータ解析 (特に級内相関係数の算出とその卵性間差の検定) にあたっては放送教育開発センターの中村知靖助教授から貴重なご協力を頂いた。ここに記して感謝申し上げる次第である。

(1995.10.30 受稿, '96.2.27 受理)