

Title	教育を生物学的に考える
Sub Title	Education from a biological perspective
Author	安藤, 寿康(Ando, Juko)
Publisher	三田哲學會
Publication year	2023
Jtitle	哲學 (Philosophy). No.150 (2023. 3) ,p.187- 217
JaLC DOI	
Abstract	This monograph examines education from the biological perspective of genetics, brain science, and evolutionary theory, as opposed to pedagogy and education science as the traditional humanities. The fact that there are genetic differences in all abilities tends to be viewed as pessimistic, but the fact that there are people who are genetically superior in any area of performance creates a desire to learn from them. Genetic individual differences are the source of education. The similarities in life histories of identical twins show the totality of the influence of genes on life, and criticize the conventional wisdom that it is the interaction between heredity and the environment. Significance of the fact that gene transfer is random is suggested. By analyzing a huge amount of DNA data, it has become possible to calculate a polygenic score that can explain an individual's educational year as an index of intelligence. This suggests that we have entered a new era where genes can predict life. Together with the recent theory that the brain is a predictive device, a new vision of evolutionary science of education is presented.
Notes	特集：教育学特集号 寄稿論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000150-0187

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

教育を生物学的に考える

安 藤 寿 康*

Education from a Biological Perspective

Juko Ando

This monograph examines education from the biological perspective of genetics, brain science, and evolutionary theory, as opposed to pedagogy and education science as the traditional humanities. The fact that there are genetic differences in all abilities tends to be viewed as pessimistic, but the fact that there are people who are genetically superior in any area of performance creates a desire to learn from them. Genetic individual differences are the source of education. The similarities in life histories of identical twins show the totality of the influence of genes on life, and criticize the conventional wisdom that it is the interaction between heredity and the environment. Significance of the fact that gene transfer is random is suggested. By analyzing a huge amount of DNA data, it has become possible to calculate a polygenic score that can explain an individual's educational year as an index of intelligence. This suggests that we have entered a new era where genes can predict life. Together with the recent theory that the brain is a predictive device, a new vision of evolutionary science of education is presented.

自分はいま、対外的には行動遺伝学者、学内では教育心理学者として振舞いながら、研究者個人のアイデンティティとしては進化教育学者を任じている。アカデミック・キャリアのほぼすべてを双生児法に依拠して行動遺伝学の世界的潮流に追いつこうとしながら、学部時代以来の「教育とは何か」を問う姿勢をもちつづけて、心理学という方法を通じてこの問いに

* 慶應義塾大学

向かう中で、ヒトにおける教育という営みを解明する基盤に、やはり進化理論を抜きにすることはできないことに気づいた。それが個人差におよぼす遺伝の影響を解明する行動遺伝学や行動神経ゲノミクスの成果によって、脳科学や分子生物学と行動の整合性も頑健に示せるようになった今日、生物学的な視点から教育を統一的に考える学問としての「進化教育学」の構想がより明確になりつつある。モノグラフ調の本論文では、そうした視点から、教育学が生物学を通してどのように見えるかを語ってみたい。

1. 表現型への遺伝規定性

あらゆる生命活動の出発点は DNA（デオキシリボ核酸）であることは、こんにち言うを俟たない。教育学の出発点もそこにあるといっても、もはや荒唐無稽ではない。

DNA の機能で教育を考える際に着目すべき論点は、表現型への遺伝規定性、ゲノムとしての全体性、そして遺伝子伝達におけるランダムネスであると考えている。このうち表現型への遺伝規定性の重要性については、行動遺伝学の膨大にして頑健な研究の蓄積が、行動遺伝学の第一原則「あらゆる行動の個人差に遺伝の影響がある」(Turkheimer, 2000) を謳うように、これもまた言うを俟たない。特に知能や学力への遺伝の影響は、数多くの心理的形質のなかでももっとも大きく 50% から 60% に及ぶ (Plomin & Stumm, 2018; Haworth et al., 2010; Tucker-Drob & Briley, 2013; 安藤, 2014)。教育学を含む人文社会科学を講じる少なからぬ人が、そもそもこの第一原則すら容認せず、あるいはしぶしぶ容認しても軽視無視忌避する傾向を依然として残していることは承知しているが、ここでそれを改めて批判し論証し説得することに紙面は割かない。本論考は、表現型への遺伝規定性が教育的にも社会的にも無視できないほど大きいという事実を自明としたうえで、その機能と意味を読み解き、その先に進むことを目的としているからである。

行動遺伝学が示してきた行動に及ぼす遺伝規定性に関する議論の多くは知能 (IQ) に片寄っている (たとえば Jensen (1969), Herrnstein & Murray (1994), 橋玲 (2019) など)。知能は学業成績 (Deary, Strand, Smith, & Fernandes, 2007) はもとより, 収入や社会的地位 (Schmidt & Hunter, 2004; Strenze, 2007), 幸福感, 健康や寿命など (Gottfredson, 1997; Calvin, et al., 2017), われわれにとって気になる心理社会的形質と少なからぬ相関関係を示すオールマイティな指標であるから, それに関心が向かうのは当然だろう。しかしそもそも「あらゆる行動に遺伝の影響がある」のだから, 知能以外のあらゆる能力にも遺伝的個人差がある, たとえばさまざまな種目の運動能力, 音楽や絵画などさまざまな領域の芸術的能力, 社会的コミュニケーションやリーダーシップ, 販売, 経営などさまざまな分野や側面で発揮される職能や社会的能力などはいかに及ばず, 各種技能コンテストで測られる能力や自動車運転技能, いまやゴマンとある検定の数々, はたまた台所を片づける能力, 電車の中で居眠りしない能力, 女子力, 老人力, 断る力, 慶應力, そして旧石器時代の石器製作技術から未だ発揮されていない未来の未知の能力に至るまで, 「能力」概念そのものが社会的構築物であるから, いかようにも「なんチャラ力」とその測定法をでっち上げることができ, そのすべてにおいて遺伝的個人差は存在すると考えてよい。

能力に遺伝の影響があると聞くと, 「それでは努力や訓練や教育は意味がなくなる」と受け止め, 教育における考察を放棄しがちになる。ところが能力に対する遺伝的個人差が存在することこそ, 教育が発生する源泉であることが見過ごされている。あらゆる能力に遺伝的ばらつきがあるということは, 共同体の成員の中に, どの能力を取ってみても自分より優れた人, あるいは劣った人が存在することを意味する。自分より石器作りのうまい名人がいると, その名人の域までには至らないがその能力を高めたと思う人が, 石器作りの名人の隣に陣取って, その技をまずは盗み取ろうとしただろう。しかしヒトはもともと教育的動物 (*Homo educans*) なので

(Ando, 2011), 近くにあこがれの目を向けて自分の技を盗み取ろうとチラチラ手元を覗き込もうとするその若者に、ほら、こうすればもっと上手に石刃を割り出せるんだぞと、手元を見せたり、説明したり、手ほどきをしてあげようとするマイスターが現れただろう。また未熟者もマイスターに教えやフィードバックを請うていただろう。かくして、旧石器時代の石器工場の遺跡には、石器製作能力の順に人々が並んで作業をしていたことを示す痕跡が残っており、「教育」が存在していたことを物語っている（高橋, 2003）。このように、いかなる能力においても、優劣の遺伝的勾配が共同体の中に自然に存在するからこそ、人々はもっと「よくなるう」として教育が発生する。

2. ゲノムの全体性

教育における遺伝の意味を考えるうえで次に着目すべきなのは、一個人の能力の遺伝的総体である。「あらゆる能力は遺伝的である」とすれば、そのあらゆる能力の総体として一個人をどう考えるかが問題となる。そのときその基盤に一個体を成り立たせる全遺伝情報、すなわちゲノムの全体性（「ゲノム genome」という概念が、一個体を作り出す遺伝情報の全体の意味をもつ）に関心が向けられることになる。

行動とか能力とか名づけられるものは、ある環境や状況のもと、その人のゲノム全体から創発される現象であり、本来ははっきりとした輪郭や境界をもって存在するものではないことは、相互作用主義的方法論をとる立場（たとえば木村・中村・高梨, 2010；高田, 2019）の指摘するとおりであるが、それでもそこには明確に遺伝の影響があぶりだされる。それを明確に示すのが、同一のゲノムを共有する一卵性双生児のきょうだいにみられる行動の類似性である。

筆者は現在、成人一卵性双生児のきょうだい数組から、それぞれ独立にライフヒストリーの聞き取りを行っている。それらはまだ精緻な分析を施

していないが、ここである一組の一卵性双生児きょうだい（Y と K）の語りを抜粋して紹介し、ゲノムの全体性を描写してみたい。ここで特にきょうだい間におけるライフイベントの同一性に焦点を当てる。

ここで紹介する双生児きょうだいは、いずれも子ども期から青年期までの間、他者からのネガティブな評価に過剰に反応して自尊心をもてないまま不器用にすごしてした。その様子は、ふたりからそれぞれに、中学校のサッカー部の萎縮した経験を通して表現される。

Y（二人の所属するサッカーチームで）体小さくてガリガリで、なぜかわからないんですけど、僕と K だけ異常に監督の顔色とかにめっちゃくちや敏感に反応してて、何て言ったらいいんですかね、そのときの記憶が、そんな上手く体が思うように動かないっていうか、萎縮して、体が思いこいなくなくなって、だんだん自分の意見とかも言わなくなった。試合も出たくなかったし、でもやめたらみんなにこう白い目で見られるんで、真面目というか、自分は別に真面目と思ってんですけど、練習とか一生懸命やってたけど、周りの子、ばーって見渡したら、A チームのレギュラーの人とかは上手いこと手抜いてたりしてて、でも僕は手抜くことができなくて、そんな奴がなんでレギュラーなんやとか思いつつ、でも監督に怒られるのもいややしなって、まあなんかそういう思いで、すごいめっちゃくちな嫌な経験をして、それがずっと高、中高大って続くんですよ。

K 中学生の頃、サッカー部から、何か自分が出せなくなったというか、何で出せなくなったかっていうと、そのさっき言った目と聴覚っていう部分（後述）もありますし、厳しかったんですよ、普通に。監督がすげえ怒る人で、仲間もあったんですけど、やっぱり上下関係とかもあって、すげえ嫌なことめっちゃ言われてた。とりあえず僕

と Y は一緒に入ったんですけど、僕が見てる Y は別に下手ではない。けれどお互い試合には出たくなかったんすよ。なんでかっていうと、まず怒られるのが嫌やっていうのがあった。試合に出れば、先輩だったり、A チームっていうレギュラーの人たちがミスをすれば、ばあっと罵声を浴びさせられるというか、お前のせいで負けたとかいうことがあって、練習中とかでも、何でお前試合出てるのとか、試合でんなよとか、そういうことを言われ始めて、けどなぜか知らんけど監督は俺らを試合に出してくる。で試合に出たら、仲間たちからは、こいつらが試合出たら負けるやんとか、そういうことを言われ始めて、なんか出たくないな、どうせ出ても怒られるしっていうので、すげえ逃げてたんですね。ただ俺らもそんな下手やと思わん。ただ何か自分がこうしたいっていうのがあるけど、できない。すげえ気遣ってしまうっていうのがあって、. (中略)., どんどん自分を出さなくなった。

この萎縮した生き方は、二人が共にもつ感覚刺激に敏感に反応する傾向と無関係ではないように思われる。

Y 物音とかに敏感に反応してしまって、反応したくないのに反応してしまって、人にばかり目がいて、どんどん萎縮して、そういう感覚にめっちゃずっと悩まされた。で、だんだん喋れなくなって (中略) なんか周りのがすごい眩しかったです。もう刺激強すぎて、物音とかも、包丁の音とかドア閉める音だったり、視覚で言うと怒 (おこ) ってる人が、すごいあからさまというか、鬼みたいな感じに見えて

K 最近になって気づいたんすけど、これは僕も Y にも多分共通する

ことで、すげえ繊細な人種というか、特に目と聴覚がすげえ敏感ということに気づいてしまって、ずっとそう自覚はあったんですけど、目と聴覚に優れてるとは思ってなかった。なんか当たり前だと思ってたんで、別にこれが原因やとは思わなかった。目とか聴覚とかで、相手の感情がわかる。怒ってる、嬉しい、悲しいとかいうのは、例えばですけど、包丁の物音で、今怒ってんだとか、ドアの閉め方で今怒ってんのかっていうのが聴覚の部分で、この人嘘ついてんなとか、この人信頼できるなって感じ取ることができて、それが確かかどうかわかんないですけど、大体合ってる。あとはあからさまなものに目がいってしまう。例えばコンビニ、マクドナルドみたいな蛍光灯がすごくて、そういうのに刺激強すぎて、めっちゃ疲れやすいんですよ。見たくないけど見てしまう。けど、なんで疲れてるかわからなくて、そういうものに滅入ってて疲れてる自分がおるんですけど、それに気付かなくて、ずっと疲れやすい、人一倍疲れやすいというか。

ここで包丁やドアの音に反応する逸話や「あからさま」といういい回しを用いるのは、二人がこの話を共有する経験があったからかもしれない。しかしそれが二人が共同で作りに出した創作とは考えにくく、やはりそれぞれが遺伝的に共通した感性と認識をもって生きてきたことをうかがわせるものである。

ところがふたごの一方である Y が、自分を変えるために環境を変えようと、イギリスに短期留学に行き、そこで気に入った雰囲気のアнтиークショップで見つけたカメラと、不思議ともいべき衝撃的な出会いを経験する。

Y アンティークショップは何か蛍光灯があるわけでもなく自然光が

入ってて、綺麗に陳列されてるわけじゃなく、バーって適当に置かれてて、値札もなんかあからさまにバーンってでっかく書いてるわけでもなく、シールが小さく書いてあって、なんかすごいなと思って。なんか店員さんが好きなものが置いてあるんやろなっていうのは何か感じて、そこに何か壊れた物とかも置いたって、それも面白かったし、それでたまたまゼニットっていうソ連の昔のカメラが置いてあって、それを手に取って、ファンダーを覗いて、パシャって空のシャッターを切ったときに、なんかもうすごかったんです。衝撃か何かわからないけど、今まで悩んだことが一瞬でパターンってなったような気がして。何、何て言ったらいいんですかね、なんかすごかったですよ。何か自分の中の思いとか、何か握り起こされてもう溢れ出て、何かわからないですけど、もううわーってなって、で速攻これをくださいって言ったんです。でも、これは壊れてるから、直せるんやったら売るけど、直されへんのやったら違うとこで買った方がいいって言われて、買いに行って、ちゃんとしたカメラを買って、でそれから、なんか自分のことは自分で決めてもいいんだって思うようになって、なんか自分を確かめるために、ずっと歩き回ってずっと写真撮って。(中略)それから今まで起こり得なかったことが起こってきたというか、素敵な偶然の出会いとかも写真を撮ってたら増えてきたり、何かどんどん自分の何かフォーカスされてってるような、それこそ何か今まで刺激が強くて、眩しかったものが、サングラスかけたみたいな感じで抑えられて、今まで見えてなかったものが見えてきた。

Yのそうした経験を知らずにイギリスにいるYをたずねたKは、Yの撮った写真を見た瞬間に、同じような衝撃的転換を経験する。

K その大量のプリントされた 2L サイズぐらいの写真をブァーッと見せられたんです。イギリスでこういうことやってるっていつて見してもらって、それを僕が見て、で、すげえ、やばってなった。なんかこう、なんていうんですか、衝撃発したというか、全然それまでカメラってというのは、写真っていうのに興味なかったというか、そういうことがあること自体もそんなに知らないというか、カメラもぜんぜん一台も持ってなかった。そんな中で会いに行ったときに、それをやって、しかもフィルムカメラで撮って、そのフィルムカメラっていうのも知らなくて。(中略)一枚一枚に対して、説明じゃないですけど、経験を話してくれて、イギリスでなにがあったかとか、トラブルとかもいっぱいあったみたいで、そういう話を聞いて写真を見て、なんか、なんかオレがやりたいのはこれじゃないかって、なんかそっから...

ここで例示したような一卵性双生児のきょうだい似たような姿で見せるライフヒストリーの諸相は、それらを知能、学力、パーソナリティ特性、心や態度などと分解して名づけることがあとづけの解釈に過ぎないことを実感させられるゲノムそのものの全体性の表現をあらわしていると思なせるのではないだろうか。

しかし全体性を全体性といっただけでは理解が進まないのも、やはりそれを知能、パーソナリティ特性、その他なんらかの構成概念を有限個—それも少数—に落とし込んで理解せざるを得ない。元が遺伝的なものだから、それをどんな構成概念で切り取っても、その断片には遺伝の働きが読み取れてしまうのである。だから注意しなければならないのは、例え特定の心理的形質だけに焦点を当てた議論を展開しても、その周辺にそれ以外に概念化される形質も遺伝の影響が関わっていること、また時間的にみた時も、それがライフコース全体におよぶ全体性ととも、非常に微細

な時間単位にも遺伝の影響が入り込んでいることを認識しなければならない。

3. 「相互作用説」の欺瞞

そのゲノム総体が、教育の対象となる一人ひとりの心理的・行動的・能力的特性の成長や形成に及ぼす様相をどのように、概念化、モデル化すればよいのか、一般に心理学や教育学のテキストで、遺伝と環境は「相互作用」すると記述されている。ここには時間的経緯と共にダイナミックに推移し変化する遺伝と環境両要因の間のやり取りがイメージされ、そしてその姿は遺伝だけでも環境だけでも還元することはできないというメッセージを伝える。前節で紹介した一卵性双生児の語りは、まさに素質と環境の相互作用の様相を捕らえたものと見えるだろう。しかしこれを「相互作用」とみなして本当によいのだろうか。

相互作用説も一つの遺伝・環境観であり、特に教育過程のミクロな側面（e.g. 教室場面で教師と生徒の間で何が生じているか）を理解しようとするときに重要な視点であることは否定しない。しかし教育のマクロな側面、あるいは成果的側面（e.g. 数年から十数年の教育を経て達成される能力の高さはどこまでか）を理解し説明しようとするときは、必ずしも有効ではない。マクロな成果的現象については、遺伝と環境の関係は相互作用よりも、より単純な相加的な関係を想定するだけで十分である。要するに遺伝的素質の高低と教育環境やその元で誘発される学習行動の質のよさや量の多さの加算であらかた説明がつく。教育で重要なのは結果ではなく過程だという、よくある心地よいイデオロギーに立てば、相加モデルは非教育的であり、味気ないものと考えられるだろうが、そもそも反対のイデオロギー、つまり教育で最も大事なものは過程ではなく結果であり、一定の学習成果を達成するための過程として教育があるという立場に立てば、相互作用説は必ずしも有効ではない。現代の教育言説にはこの「結果の重視」

の視点が圧倒的に欠けている。

「相互作用」と認識したとたん、教育現象の分析単位は分単位や秒単位での学習者と教師のやり取り、あるいは文化的環境刺激とそのもとで活動する人間の一挙手一投足の時間的推移のような非常にミクロなものなり、そのやり取りや時間的推移の末に何が達成されるかの問題に対して思考停止に陥りがちである。だがそもそも万物すべからく要因間の相互作用からなりたち、いかなる要素もそれだけで存在していないのはいうまでもないのだから、「相互作用」などというお題目を唱えても何も言っていないに等しい。

心理学や社会科学における相互作用主義は、概して「遺伝決定論」「遺伝還元論」というありもしない亡霊を排除する方便にすぎなかった。確かに優生思想と優生政策は、差別を正当化させる偽科学的根拠としての遺伝決定論に基づいて、ユダヤ人の大虐殺や大量の去勢手術を導いた。これを反省し、このような悲劇を回避するために、環境の影響もまた無視できないこと、社会制度や教育によって能力や性格は変わりうることを「相互作用説」の名の下に論じなければならなかった。

心理学のテキストでは相互作用説の紹介の前に「輻輳説」が登場する。そこではシュテルンを起源とされる輻輳説は、俗に遺伝と環境を静的に加算するだけだからまずいとされる。遺伝と環境という全く異なる属性を足しあわすのは、みかん2個と犬3匹を足すと全部でいくつになるかを問うようなもので無意味だと。あるいは遺伝も環境も100%重要なものだから、遺伝何%環境何%などと理解するのは無意味だという。こうした考えから、量的遺伝学の基本モデルである相加モデル「 $P=G+E$ （表現型=遺伝効果+環境効果）」をいとも簡単に破棄してしまった。

量的遺伝学のモデルを破棄するのならば、心理学者が日常的に用いている分散分析や因子分析、重回帰分析などの統計モデルも相加モデルに立っている以上、同じロジックで同時に破棄しなければならないはずだが、そ

こは都合よく疑いもせず今日に至るまで用いている。重回帰分析に投入される独立変数間に実際どれほど複雑な相互作用があろうとも、その相互作用過程を捨象してわれわれは独立変数をそのまま重回帰方程式に投入する。その際、独立変数間おしの相関や交互作用も別途、相加的に投入するのである。すなわち行動遺伝学モデルならば $P=G+E+G\times E$ ($G\times E$ が交互作用項)、分散 V (variance) を考えれば $V_P=V_G+V_E+COV_{GE}+V_{G\times E}$ (G と E の共分散項 COV_{GE} が遺伝と環境の相関) となる。

遺伝と環境を足しあわせるのは、それぞれの表現型の差に対する効果量を足しあわせているのであって、みかんと犬を足しあわせるのとはわけが違ふ。もし環境要因が同じならば、遺伝的素質の高い人ほど有能であり、もし遺伝的素質が同じならば環境要因が恵まれているほど有能であるという常識的なことを表現しているにすぎない。そして実際はそのどちらも変動するから足しあわせる。遺伝的素質の違いに応じて経験する環境も異なるという現象は遺伝子・環境間相関として、また遺伝的素質と環境の特別な組合せが独特の効果をもたらすとしたら、これは交互作用として、上述のモデルの中に組み込まれる。

心理学のテキストでは、このうち相関と交互作用こそがまさに相互作用だと解釈する記述が多くみられる。つまり読書が好きな遺伝的素質がある人はそうでない人よりも、まず親が読書好きな傾向があるからもともと家に本がたくさんあり、本人も本をたくさん買い、図書館に通い、ますます大量の本を読むだろう。ここで遺伝と環境は区別がつかない、だから遺伝還元論はまちがっている、と。この現象も行動遺伝学のモデルでは遺伝と環境の相関に組み込まれ、環境要因をきちんと変数化していればその効果量を遺伝の効果とは独立に検出できる。そして一般にその効果量は遺伝の独立効果よりも小さい¹。

これらのモデルの発想は、動的な相互作用現象の「結果」としての「表現型」に焦点を当て、それを遺伝と環境の要因に「還元」して、その効果

量を問題にすることである。砂糖で甘い汁粉に若干の塩をまざればさらに甘さが増す。そこではその分子レベルの化学的変性と味覚受容体との間の複雑な相互作用過程が時間的推移の中で生じているが、その結果として「より甘い」という感覚の変化が生ずる。ここで砂糖と塩の分量比や塩の成分の構成比を変えた「結果」として、その甘さや風味に変化が生まれる。この差分が効果量である。

われわれが教育に関心を持つのは、つまるところ期待される知識や能力が獲得されるかどうか（英語が話せるようになる、微分方程式が理解できる、困っている人の気持ちと状況を察して手助けできるようになる、, etc）という成果であり、その過程はあくまでも成果を得るための手段に過ぎないという考えが、非教育的であるという信仰が、教育を歯止めのない営みへと導いている。自動車教習場の目的はひとつとおり自動車を安全に運転できる能力と知識を学習者に修得させることが目的であり、それが試験で確認できれば、結果を満たしたとして教育課程を終えることができる。よりよいドライバーになるための普段の自己形成の過程こそ、自動車道（剣道、柔道と同じ「道」としての「自動車道」である）としての教育のあるべき姿であると考えてもよさそうなものだが、ふつうそうは考えない。自動車学校は結果がすべてであり、プロセスで生ずる教官・生徒間の相互作用（e.g. 生徒の自信なげな運転をみて、教官が与える適切なアドバイスが、その不安を払拭させるなどのやりとりの連鎖など）はあくまでも安全な運転能力を習得してもらうための付随的現象にすぎない。それと同じことを学校教育に求めるのがなぜ非教育的なのだろう。

確かに教えるのが下手で生徒のやる気を抹殺する教師と、教えるのがうまく生徒にアクティヴな学習を自ずと起させてしまう教師とでは、同じ教科内容を教えても、そのときの学習成果は天と地ほど異なる。この差に着目することは教育学的にも重要だ。しかし、そのようなミクロな過程が異なれば得られる成果も異なるに決まっているから、マクロレベルの成果を

問題にするためにもマイクロレベルのプロセスを重視せねばならないという「神話」が信じられているが、それ自体、検証すべき命題である。

結論を先取りすると、能力の成果の個人差の半分は、プロセスに依存しない遺伝要因で説明されることが行動遺伝学では頑健に示されている。なぜプロセスに依存しないかといえば、遺伝情報の発現プロセスがセントラルドグマ、すなわち DNA が mRNA に転写されアミノ酸の配列となってタンパク質に合成される過程が一方的であり、逆行することはないという遺伝学の基本原理に従っているからである。エピジェネティックな DNA の後成的変化が遺伝子発現の調節に関わっていることが、相互作用を強調する人たちによく取り上げられるが、それ自体も個人個人のゲノムそのものが一定である限り、そのゲノムの範囲内での発現の変化であって、ゲノムの構成が異なればその発現の結果も異なる。一卵性双生児の顔が形成される過程には複雑なエピジェネティックな調整過程があり、その結果、二人の間にも若干の差異が生ずるが、結果として生み出されたふたりの顔立ちは、もともと異なるゲノム情報をもつ二卵性双生児よりも（そして当然のことながら遺伝子が全く異なる赤の他人どうしよりも）よく似ている。能力の形成過程にもそのメカニズムが存在している。

だからプロセスが介入する教育環境の効果も、複雑な相互作用過程を考慮しなくとも、環境それ自体のあり方に還元して、遺伝の効果に対して相加的な関係を想定するだけであらかた説明がつく。教え方のうまい先生が教えれば、下手な先生が教えるより、押しなべてどの学習者の成績も上がる。教師の個性にも遺伝的な多様性があるからいま下手な教師も、それ教師なりに時間かをかけて自分なりによい教え方を追求し続ければよい。教育現場に生ずる文化的行為そのものは相互作用の連続であり、そこに関係するエージェントは、教師も学習者も、時々刻々意識を向けかえて、意思決定し相互作用しながら行動をコントロールしているから、相互作用説にたてば、その意思決定の如何によって成果もいかようにもコントロールで

きると信じたくなるのは無理もないが、現実はそうなっていない、それを明らかにするのが行動遺伝学であり、そこに登場する「遺伝」というファクターである。

下手のどん底な教師に教わったクラスの生徒も、生徒からも親からも尊敬のまなざしで愛される優秀な先生に教わる隣のクラスの生徒と同じ期末テストを受けねばならなくなったら、各自は自分の力で勉強をせざるを得ない。そのときその生徒自身の遺伝的素質が、その教科内容自体に誘発される興味関心や、自分らしい学習スタイルや、学習時間を生活の中から捻出するさまざまな心身の条件や、そして一般知能、パーソナリティなどに与える影響がにじみ出てくる。その結果、成績の差には教師の力量だけに還元されない遺伝的な差が反映されてくる。

もちろん学習者と教師の相性（いわゆる ATI 効果）は無視できないが、残念ながら不安定で再現性に乏しく、科学的な法則として定立させることは困難である。それは個人的、局所的な現象として尊重すべきことである。一人ひとりの教師は、いま教えているそのクラスにいるそれぞれ個性的な生徒の中に、自分の教え方にあう生徒とあわない生徒がいることを認識し、それに一喜一憂しないで、教師としてそのときできるよりよい教え方を演じることに努め、その教師なりに自分の力量をあげればよいのではないかと思う。それは生徒の遺伝的素質とは独立に相加的に生徒の学習結果に影響し、また一部の生徒には交互作用的な効果（この先生に出会ったおかげで人生が変わったというビリギヤル現象のような）も起させるかもしれない。

4. 個性にはパターンがない

遺伝子について、もうひとつ重要な事実を指摘したい。それは遺伝子伝達のランダムネスである。

メンデルの法則の「分離の法則」で誰もが知るように、親世代から子世

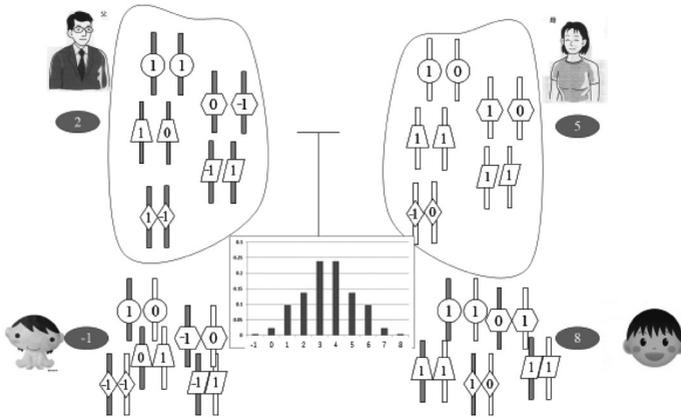


図1 ポリジーンモデルにおける遺伝子伝達の可能性

代に遺伝子が伝達されるとき、父（雄）、母（雌）いずれからも、対となる二つ一組のアレル（対立遺伝子）のどちらか一方がランダムに子どもに伝わり、新たな組合せをもった子どもが誕生する。身長・体重はじめ疾患へのかかりやすさ、そして知能、学力、パーソナリティなどの心理形質をつかさどる遺伝子の遺伝様式はポリジーン、すなわち多遺伝子的であるが、それでも個々の遺伝子は分離の法則に従う。その様子を例示したのが図1である。

ここでは別々の染色体上にある5対10個の遺伝子の一つ一つが、ある量的形質に対して、集団の平均値を与えるなら0、平均値よりも大きい値を与えるなら1、平均より小さい値を与えるなら-1としている。父母それぞれの遺伝子型値（遺伝的素質）はそれらの合計となる。これが量的遺伝学におけるポリジーンモデルの考え方である。ここでは父の遺伝子型値は2、母は5となる。この両親からどのような遺伝子型値の子どもが生まれうるか。期待値は両親の平均3.5となるが、もしすべての対立遺伝子で数値の小さいほうだけを受け継げば-1、大きいほうだけを受け継げば8

となる。そのような極値を取る確率は小さいが、その家庭からは両親のいずれよりも高い素質の子も低い素質の子も生まれうることを意味する。

図 2 の上部は、身長の高低に関わる遺伝子型値の白人集団の分布である。ここでこの集団の平均値に位置する身長の両親から、上述のロジックでどのような遺伝子型値をもった子どもが理論的に生まれうるかを図示したのが図 2 の下部である。ご覧のとおり、ほぼその集団全体の遺伝子型値に分布に匹敵する（実際は 7 割程度）分散となる。家族は遺伝的に類似すると一般に思われがちだが、一つの家族から、その集団全体と同程度のばらつきが生まれうるのである。それはヴィトゲンシュタインが「家族的類似性」と描写したような様相を呈するが、それはとりもなおさず、その家庭で共通する何かが存在しないということである。どの遺伝子型値の子どもとなるのは運次第、ランダムに割り当てられた遺伝子の組み合わせが生み出す確率現象である。子どもの遺伝子型値の期待値は、両親の値を足して二で割ったあたり（それにさらに平均への回帰が加味され、両親とも平均より高ければ子は両親の平均より集団の平均よりに低く、両親とも平均より低ければ両親の平均よりは集団の平均よりに高くなる確率が高い）に由来する確率が高いとはいえ、そこからはずれる可能性も大いにある。その結果、どんなことが起こるかといえば、同じ親から生まれたきょうだいも顔かたち、能力性格とも、想像以上に似ておらず、またどんな凡人の男女の間からも、ごく稀にだが天才やギフティッドや発達障害や精神遅滞の子どもが生まれることがあるということになる。

このことがさらに重要なのは、この現象が遺伝子全体であるゲノムが生み出すあらゆる心的形質について、ある程度ランダムに起こると考えられることだ。人間一人の能力や性格のプロフィールは、社会構築的に捉え方次第で無限の切り口で評価することができるが、その切り口の組み合わせが原則としてランダムに遺伝的な高低をもつ。例えば東京オリンピックの女子ボクシングで金メダルをとった入江聖奈選手は、逆上がりもマット運動

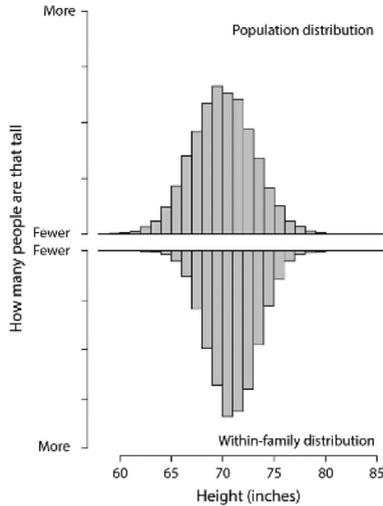


図2 一組の親から集団全体にほぼ匹敵する遺伝的バリエーションが生まれうる (Plomin, 2018)

もできない運動音痴だという。筆者が出会ったある一卵性のふたごの女の子きょうだいは、お化け屋敷や怪談のようなイマジネーションによる恐怖は大の苦手だが、ジェットコースターで味わう身体的な恐怖には大はしゃぎする。同じようにして友達との会話では雄弁だが人前であらたまった話ができない、ヴァイオリンを弾かせたらプロ級だが歌わせると音痴、将棋にかけてはアマチュアでトップクラスだが物語の記憶は苦手など、アンバランスな能力のプロフィールを描く人は少なくない。これはとくにギフティッド児にしばしば見られる能力の間の著しい発達差(ウェブら, 2019; 松村, 2021)や、学校の成績がよいからといって、そのまま社会で活躍できる能力が発揮されるわけではないという、巷でささやかれるありきたりな現象の説明ともなる。

もちろん言語能力が高ければ数学能力も概して高いといった相関はみとめられ、いわゆる知能やパーソナリティの因子研究が示してきたようなゆ

るいクラスター（因子）は存在する。しかしその因子で説明しきれないこまかなニュアンスの細部にも、それぞれ独自に遺伝要因が関与している (Möttus et al., 2018)。

心的形質の遺伝的プロフィール全体の形がランダムなもの寄せ集めであるという認識は、能力の発見や認識に関して想像以上に重要である。それはすなわち得意不得意にきまったパターンが見出しにくいことを意味する。われわれの脳は、出会った何人かの間にいくつか類似した人間行動のイベントを見出し、それに心の理論を使ってその背景となる認知プロセスを解釈して認識すると（独立したイベントの中に類似性や法則性を検出できると、といったほうがよいだろう）、そこから一つのパターンを創出して、こういうことをする人は一般的にこういう傾向をもったタイプがあり、そんな人は別のところではこのようなことをしそうであるという予測モデルをたて、その予測にあったイベントを選択して認知してその予測モデルに確証を与えるという認知バイアスをもつ。しかし遺伝伝達のランダムネスからくる心的形質の遺伝的プロフィール全体の形のランダムネスは、そのような人間タイプのモデルのパターン化に疑問を呈するのである。人は一人ひとりが心的形質の発現の細部にまで、それぞれ独自の形をしている。

またそれが遺伝的であるから、一人の人間はそのプロフィールを一生涯、体の内側に身につけて持ち歩いている。人間の教育において遺伝を重視しなければならないのは、教育環境がそのとき限りで、環境が変わってしまえばもはや失われてしまうのに対して、遺伝はその人自身を作り出す源なので、一生涯のどの瞬間でも、そのときその場の状況に適応させるべく、自分のランダムな資質を適宜組み合わせさせて使おうとしている点である。その結果、知識や技能として脳の構造を変化させられたものが、その個人の次の人生を作り出す土台となり、それを積み重ね続けていく。個人の内側の遺伝的形質のプロフィールの組合せがランダムであるからこそ、

同じ環境でもひとりひとりが千差万別の行動の形で対処し、次に異なる環境へと導かれ、人それぞれが独自の経験の来歴をつむいでいく。いかなる教育的な働きかけも、そのような遺伝的個性の中に溶け込まれ、あるいは剥がれ落ちていく。

それでも巨視的に見ると人々の間に大きな差がなさそうに見えるのは、その遺伝的差異というものが、DNAの塩基配列のわずかに0.1%の違いに過ぎないからだ。もちろん血液型や毛髪の色のような差や、鉄棒にぶら下がるのがやっとな運動能力の人とプレトシュナイダーという超ウルトラC技を生み出す内村航平選手の差があるという意味では大きいですが、誰にでもヒト特有の血液や毛髪があり、プレトシュナイダーのすごさやそれに失敗して選手が落下したときの悔しさは、鉄棒が苦手な人にも理解できる。それは遺伝的に圧倒的な個人間の共通性があるからであって、その差は程度問題である。

5. 遺伝子は人生を予測する

一人の人生は、個々人にランダムに割り振られた遺伝子の生み出した脳神経の配線によって、人生のかなり初期から、そしてその後のいつの時点でも、その先を予見して紡がれているという、やや大胆な仮説を立ててみよう。その予見、あるいは予測は、かなり明確に自覚される場合もあるし、おぼろげにしか感じ取れていない場合もあるし、さらに意識下でなされ自覚には至らない場合もあると考えられる。

個人のライフコースが人生のかなり初期から紡がれていることを示唆する格好の事例は天才、またはギフティッドとよばれる人たちの才能の発現とその人生経路である。天才やギフティッドの才能が遺伝的なのは、その能力を組織的に訓練し教育する機会がないときから、つまり環境側に明確な原因がないにもかかわらず、音楽や美術や運動、そして知性などにおいて、高い水準のパフォーマンスを示すことから明らかである。もちろん

モーツァルトの最初の作品も完全なオリジナルではなく、すでに存在した作曲家の模倣であることは知られているが（エリクソン・ブール、2016）、それを模倣するように促す教師もいなければ、模倣だけのため限界的学習（エリクソンの翻訳用語）を長時間積んだ形跡もない。作曲の才能が脳の中にあらかじめ組み込まれているから、その能力を発揮するためのモデルとして自発的に既存の作曲家のスタイルを利用したにすぎないはずである。その証拠にその後のモーツァルトは模倣にとどまらず、次々とオリジナリティのある魅力的な作品を生み出していった。

ショパンコンクールに日本人で史上最年少で三位（一位なし）に入賞し、いまま日本を代表するピアニストとして活躍する横山幸雄氏は、幼少時に初めてリヒテルとギレリスのベートーヴェンのレコードを聴いたときから、自分ならこう弾くというイメージが芽生えており、まだ自分では実際にできなかつたときからその指の動かし方まで想像できたという。

記憶にある限りだと、ギレリスが悲愴ソナタとかテンペストを弾いている、裏面がリヒテルのエロイカバリエーション、そういうのをたぶん幼稚園ぐらいのときに聴きながら、ここは僕だったらこう弾きたいっていうのがすごく強くあったのが記憶にありますね。で、これはどうやったらこの音が出るのかな、とか。当然その当時自分が持っていた楽器じゃその音は出るわけがないんだけど、スタインウェイみたいないい楽器じゃなきゃ出ないような響きの音なんですけど、そういうようなことをすごく考えてたりとか、このパッセージを弾くときには、どういうふうに指を使うか、指の関節のどこを使ってんのかなとか、ここはなんでこう弾くのかとか、僕だったらこういうふうに弾くのとかいうのは、明確に自分の頭の中にありましたね。それはもう最初っから。

もちろん幼少時からピアニストという職業を射程にいらしていたわけではない。

もしその内的一貫性を導く認知・行動的全体性の特徴が遺伝的なものの発現だと仮定して、それは必ずしも職業選択を規定するとは限らないことは認識しておく必要がある。職業とは経済的基盤として社会的に演ずる役割にすぎず、そこに遺伝的能力が直接に関わることはもちろんだが、両者の関連性は決して一対一ではない。それは一卵性双生児のライフヒストリーでも、同一の職業を選ばない場合もあるが、同じことへの関心を一貫して共有するケースがあることから示唆させる。

このような逸話の積み重ねをしても、遺伝子が人生を予測することは認められない、因果関係の逆転（実現された現在から過去にさかのぼって因果関係を構築する誤謬）、あるいは単なる遺伝子還元論と考える人も少なくないだろう。もちろんその恐れがあることには多分に配慮しつつも、次の図に示されたデータを見ると、あながちそうではないのではないかと考えてもらえるのではないかと。

最近になって、100万人を超すサンプルの学歴（就学年数）と500万箇所の一塩基多型 SNP との関連解析によって、学歴を有意に説明する1400から3900もの SNP が特定され、その総計から算出されるポリジェニックスコアが学歴の12から16%を説明できるまでになった (Okbay et al., 2022)。ポリジェニックスコアは、たとえば学年を追って変化してゆく数学の履修コースの難易度をかなりトレースすることができる (Harden et al., 2020) (図3)。

学歴のポリジェニックスコアのこの説明力は、必然的にこれを使って個人の将来の学歴を予測することが可能であること、そして技術的にそれを他の形質に当てはめることで、理論的にはあらゆる能力の達成可能性を生まれたときにえられる DNA 情報で予測できることが示されることになった。まさに GATTACA の描く世界が現実のものになりつつある。この

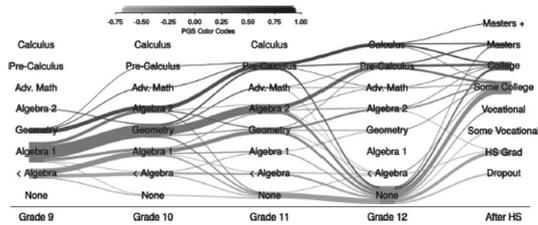


Fig. 3 Student DNA can be used to visualize the flow of students through the high school math curriculum. Columns represent year of secondary school; rows represent mathematics course sequence ranging from least to most advanced. Width of the rivers connecting columns proportional to number of students. Shading of rivers represents the average education polygenic score for students in a particular course in a particular year, ranging from low (orange) to high (blue).

図 3 ポリジェニックスコアがトレースする数学の能力のレベル
注 色の濃いほうが高いポリジェニックスコアを表す

流れを受けて、最近の若い行動遺伝学者は雄弁に遺伝子研究のもたらす人間観の変化を描くようになってきている（例えば Harden の “*The Genetic Lottery*” (Harden, 2021) や Kovas と Selita の “*Oedipus Rex in the Genomic Era*” (Kovas.& Selita, 2021)²）。遺伝情報が個人にもたらすものは、お前はやがて父親を殺すであろうというオイディプス王にかけられたのろいのような予言なのだろうか。

6. 世界を予測する脳

人生が遺伝子によってあらかじめ予測されているという考え方は、当然のことながら、多くの人の反発を買うことだろうが、反発を覚えるからこれを頭からありえないこととして否定するのは、価値命題から事実命題を作り出す「逆・自然主義的誤謬」である。

むしろ最近の脳科学はこの可能性を強く支持する。脳は環境刺激を受動的に処理し学習するのではなく、自ら内的に作り出した予測モデルを能動的に作り、環境刺激との誤差を最小化するように行動し学習するとする自由エネルギー原理が広く認められるようになってきた（ホーヴィ (2021), バレット (2019), 乾・阪口 (2020) など)。

一卵性双生児のきょうだいの脳画像は、その構造的な静止画像を見て

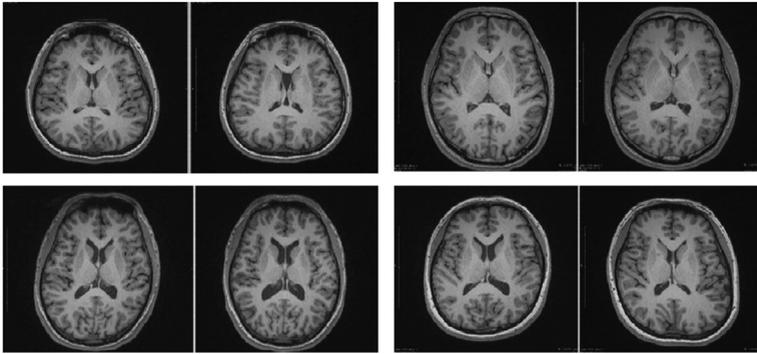


図4 4組の一卵性双生児の脳のMRIによる水平断画像

も（図4）、安静時脳活動が描くネットワークを見ても、非常によく似ており、ネットワーク内にもネットワーク間にも高い遺伝規定性があることが示されている (Teeuw, et al., 2019). それは脳神経の個人個人の配線が遺伝子に誘導されて構築されているからであり、それが自律的に生み出すネットワークの活動が、外界に関する予測モデルを作り出しているのだと考えるのが自然である。そのために行動の個人差には必ず遺伝規定性が見出されるのであり、一卵性双生児は類似した経験とそれに基づく強い動機づけや未来展望の感覚を抱くのであり、天才的なピアノのパフォーマンスを幼少時から導くのである。そしてこの学習様式は、天才やギフティッドに特有なものではなく、どんな人でも何らかの形でつ普遍的な学習様式であると考えられる。

7. 教育の進化的位置づけ

一人ひとりがこれほどまでに能動的に自身にランダムに与えられた遺伝情報が作り出す脳神経ネットワークが生み出した予測モデルに従って学習し行動するにもかかわらず、その脳自身は個体だけで独立にその予測モデルを構築することでは生きていけないというパラドクスがある。

ヒトの脳は独学脳ではなく社会脳、とりわけ教育脳として生まれついていると思われる。それが先にも述べた“Homo educans 仮説”である。ヒトは生きるための知識のすべてを独学で学ぶことはできないばかりか、他者のふるまいを観察し模倣するだけでも学ぶことはできない。なぜならヒトの文化的知識の大部分は眼では観察することのできない、脳のネットワーク内で生み出されるきわめて複雑な内的活動から生じるものであり、それを使える人が何らかのモダリティで他者に伝え、それを手がかりに学ばざるを得ない。それがまさに「教育」なのである。

個々人はヒトの遺伝的に多様な能力が作り出した膨大な文化的知識の世界に選択的に呼応し、それを他者から教育的に働きかけられるコミュニケーションを利用して、効率的に学ぶ。ここでいう「教育的」とは、必ずしも職業的教師の基で意図的・組織的・計画的に学習を組織化する「学校的」なものとは限らない。それはナチュラル・ペダゴジー (Csibra and Gergely, 2009) や、生活場面の中で生ずる独白、指示、説明、賞賛、活動への参加許可のような日常生活の自然な場面に埋め込まれている。学校が生まれる前の社会的学習をいまに残す狩猟採集の社会では、そもそも「教示の不在」と名づけるのがふさわしいほど、こうした日常場面で教え込みからも超越したかのような「教える」ことの前駆行動が観察される (園田, 2019) のである。

これらはヒトに遺伝的・進化的に最も近いチンパンジーのような霊長類にも見られないヒト特有の行動である。ヒト以外の動物もさまざまな情報発信を行い、それが他個体の学習を促して生存確率を高めている (Danchin, 2004) が、それ自体は利他行動の基準を満たさない利己の行動である。しかしヒトは知識を互いに共有しようとするコミュニケーション活動を自然に行う。それが組織化されたのが学校だが、学校の誕生はサピエンスの誕生と比較すればきわめて「最近」のできごとで、それ以前の、サピエンスが誕生した始まりから、教育行動は存在していたに違いない。

教育を生物学的に考える

これまでの教育理論は、教育現象の中に遺伝や進化を想定せず、もっぱら文化的、歴史的、社会的な現象として教育を考えるとところに立脚していた。教育とは人間の恣意や意図やそこに入り込む思想、そしてその思想を生み出す文化的・歴史的背景からもっぱら生み出され理解される現象であった。その最も顕著に現れているのが「学校」である。だから教育の議論の中心は学校の事象に置かれていた。

しかし教育がそのような文化的・社会的・歴史的現象であると同時に、進化や遺伝という生物学的基盤を持つことを前提に教育理論を構築することによって、教育の新たな見方が生まれる可能性があることを、このモノグラフは示唆しようとしている。

この対比は、「合理的経済人」を想定する主流派経済学に対する行動経済学になぞらえることができるかもしれない。主流派教育学は、教育は歴史的・文化的に構築された社会的営みであり、そこにおいて生徒は教師の教え方に素直に従って学習の努力を怠りさえしなければ、誰でも教師の教える知識を十全に習得できるという考え方に立っている。教育はもっぱら学校(的な状況)で行われる活動であり、もし学習者が知識を獲得できないとすれば、教師の教え方が悪いか学習者の学び方や努力の不十分さからだと考える。そして教師が伝える知識は、学習者が適切に学ぶことができれば、学習者個人によってそのすべてが学習可能であると考えている。

それに対して進化教育学では、教育は進化的に獲得された教育行動を基盤とした学習様式であり、学習者の学習能力にも教師の教育能力にも遺伝的な差異があるという考え方に立つ。ヒトは教育的動物であるから、いかなる人もその文化的行為の中で教育的な行動を共同体の他者に対して行っており、学校の中だけで生じるものではない。知識とは教師の教育行動が作り出す刺激パターン(教師の持つ知識表現)に対して、個々人の遺伝的条件がもたらす脳神経ネットワークが生み出したその時点での最小の誤差をもった内的予測モデルである。この考え方は、知識は外から与えられる

ものではなく、すでにもともと持っていたものを「想起」するものとする。プラトンの「メノン」や「国家」に描かれた知識観。教育観と美しく符合する。知識は学習者の遺伝的条件によってその学習者が環境に適応し生存できる範囲で創発されるものであり、教育が与える知識を個人によって十全に習得されることはありえない。しかし集団には多様な遺伝的バリエーションがあるから、共同体全体として確率的に誰かがなにかの文化的知識を習得し社会の中で活用する。そうして習得された知識その共同体の成員が互いに協力し合って利用できるようになるのである。

本稿では、教育を生物学的に理解しようという「進化教育学」の、現時点におけるラフスケッチを試みてみた。ご覧いただいたように、まだまだ荒削りの域をでないが、筆者の脳の予測モデルは、その完成形をおぼろげながら予感し始めているように感じられるのである。

註

¹ まれに遺伝と環境が逆パターンを示すこともある。安藤 (2021) では、遺伝的に成績のよい子ほど親から「勉強なさい」といわれない傾向があるが、同じ遺伝的資質であれば親が「勉強なさい」と言ったほうが成績がよい傾向があるので、親が勉強なさいという環境は、学業成績と遺伝的にはマイナスだが共有環境としてはプラスになるという結果を得た。ここでは学業成績に関する遺伝的資質が低い人ほど、それを補うために親から「勉強なさい」といわれるというマイナスの相関があることも描かれている。

² この本の帯に筆者は次のようなコメントを寄せたので紹介させていただく。“This book is the amazing trinity of science, literature, and philosophy. Here you can find the answers to Paul Gauguin’s famous questions “D’où venons-nous? Que sommes-nous? Où allons-nous? (Where do we come from? What are we? Where are we going?)” from the perspective of modern behavioral genetics. We come from the Big Bang and the following molecular and DNA evolution. We are the stochastic interplay between genes and environment. Today, genetic testing replaces the prophecies of the ancient oracles. How do we deal with these prophecies by our seemingly free will? You can find your own answers in this insightful book, which brings genetic literacy that is really necessary in the genomic era.”

参考文献

- Ando, J. (2011) On “Homo educans” hypothesis. *Logic and Sensibility*, 3, 147–156.
- 安藤寿康 (2014) 遺伝と環境の心理学—人間行動遺伝学入門 培風館
- 安藤寿康 (2021) 小学生の学業成績におよぼす家庭環境の影響—遺伝要因との関わり <https://www.blog.crn.or.jp/report/02/291.html>
- バレット, L.F. (高橋 洋訳) (2019) 情動はこうしてつくられる—脳の隠れた働きと構成主義的情動理論 勁草書房
- Briley, D. A., & Tucker-Drob, E. M. (2013) Explaining the increasing heritability of cognitive ability across development: A meta-analysis of longitudinal twin and adoption studies. *Psychological Science*, 24, 1704–1713. doi:10.1177/0956797613478618
- Calvin, C. M., et al. (2017) Childhood intelligence in relation to major causes of death in 68 year follow-up: prospective population study. *British Medical Journal*, 357, 2708.
- Csibra, G. & Gergely, G (2009). Natural pedagogy. *Trends in Cognitive Sciences*,13(4), 148–253.
- Danchin, E., Giraldeau, L-A., Valone, T. J., & Wagner, R. H. (2004) Public information: From nosy neighbors to cultural evolution. *Science*, 305 (23), 487–491.
- Gottfredson, L. S. (1997) Why g matters: The complexity of everyday life. *Intelligence*, 24, 79–132.
- Deary, I. J., et al. (2012) Genetic contributions to stability and change in intelligence from childhood to old age. *Nature*. 482, 212–214.
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007) Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, 35, 13–21.
- エリクソン, A.・プール, R. (2016) 超一流になるのは才能か努力か? 文

藝春秋

Harden, K. P. (2021) *The Genetic Lottery: Why DNA Matters for Social Equality*. Princeton University Press.

Harden, K. P., Benjamin W. Domingue, B. W., Belsky, D. W., Jason D. Boardman, J. D., Crosnoe, R., Malanchini, M. Michel Nivard, M., Tucker-Drob, E. M., & Harris, K. M. (2020) Genetic associations with mathematics tracking and persistence in secondary school. *NPJ Science of Learning*, 5, 1. doi.org/10.1038/s41539-020-0060-2

Haworth, C. M. A., Wright, M. J., Luciano, M., Martin, N. G., de Geus, E. J. C., van Beijsterveldt, C. E. M., Bartels, M., Posthuma, D., Boomsma, D. I., Davis, O. S. P., Kovas, Y., Corley, R. P., DeFries, J. C., Hewitt, J. K., Olson, R. K., Rhea, S-a., Wadsworth, S. J., Iacono, W. G., McGue, M., Thompson, L. A., Hart, S. A., Petrill, S. A., Lubinski, R. K., & Plomin, R. (2010). The heritability of general cognitive ability increases linearly from childhood to young adulthood. *Molecular Psychiatry*, 15, 1112–1120.

Herrnstein, R. J., & Murray, C. (1994) *The Bell Curve*. Free Press

ホーヴァイ, J. (佐藤亮司, 太田 陽, 次田 瞬, 林 禪之, 三品由紀子 訳) (2021) 予測する心 勁草書房

乾 敏郎・阪口 豊 (2020) 脳の大統一理論：自由エネルギー原理とはなにか 岩波書店

Jensen (1969) How can we boost IQ and scholastic achievement. *Harvard Educational Review*

木村大治・中村美知夫・高梨克也 (編) (2010) インタラクシヨンの境界と接続—サル・人・会話研究から 昭和堂

Kovas, Y., & Selita, F. (2021) *Oedipus Rex in the Genomic Era: Human Behaviour, Law and Society*. Palgrave Macmillan.

松村暢隆 (2021) 才能教育・2E 教育概論—ギフテッドの発達多様性を活か

す 東信堂

- Möttus, R., Sinick, J., Terracciano, A., Hřebíčková, M., Kandler, C., Ando, J., Mortensen, E. L., Colodro-Conde, L., & Jang, K. L. (2018). Personality Characteristics Below Facets: A Replication and Meta-Analysis of Cross-Rater Agreement, Rank-Order Stability, Heritability, and Utility of Personality Nuances. *Journal of Personality and Social Psychology*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1037/pspp0000202>
- Okbay, A., Wu, Y., Wang, N., Jayahankar, H...Young, A. I. (2022) Polygenic prediction of educational attainment within and between families from genome-wide association analyses in 3 million individuals. *Nature Genetics*, 54, 437–449. doi.org/10.1038/s41588-022-01016-z.
- Plomin., R. (2018) *Blueprint: How DNA Makes Us Who We Are*. The MIT Press.
- Plomin & Stumm (2018) The new genetics of intelligence. *Nat Rev Genet.*, 19(3), 148–159. doi:10.1038/nrg.2017.104.
- Schmidt, F. L., & Hunter, J. (2004) General mental ability in the world of work: occupational attainment and job performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 86, 162–173.
- 園田浩司 (2021) 教示の不在—カメルーン狩猟採集社会における「教えない教育」』 明石書店
- Strenze, T. (2007) Intelligence and socioeconomic success: A meta-analytic review of longitudinal research. *Intelligence*, 35, 401–426.
- 高田 明 (2019) 相互行為の人類学—「心」と「文化」が出会う場所 新曜社
- 高橋章司 (2003) 翠鳥園遺跡における遺跡構造研究 旧石器人たちの活動をさぐる：日本と韓国の旧石器研究から. 91–113, 大阪市学芸員等共同研究 朝鮮半島総合学術調査団
- 橘 玲 (2016) 言うてはいけない 新潮新書

- Teeuw, J., Brouwer, R. M., Guimarães, J. P. O. F. T., Brandner, P., Koenis, M. M. G., Swagerman, S. C., Verwoert, M., Boomsma, D. I., & Hulshoff Pol, H. E. (2019) Genetic and environmental influences on functional connectivity within and between canonical cortical resting-state networks throughout adolescent development in boys and girls. *NeuroImage*, 202, 116073.
- Turkheimer, E. (2000) Three laws of behavior genetics and what they mean. *Current Directions in Psychological Science*, 9(5), 160–164.
- Turkheimer, E. (2000) Three laws of behavior genetics and what they mean. *Current Directions in Psychological Science*, 9(5), 160–164.
- ウェブ, J. T., アmend, E. R., ベルジャン, P., ウェブ, N. E., クズジヤナキス, M., オレンチャック, F. R., ゴース, J. (著), 角谷詩織・榊原洋一・山本隆一郎・小保方晶子・井上久祥 (訳) (2019) ギフティッド その誤診と重複診断：心理・医療・教育の現場から 北大路書房