

社会・文化環境と遺伝子の共進化と相互作用： これまでの成果と今後の課題

石井敬子

名古屋大学

Gene and culture coevolution and interaction:
A review of empirical findings and future directions

Keiko ISHII

Nagoya University

A fundamental question is how cultural phenomena are created (i.e., how cultures are formed and maintained, and why different cultures have emerged). One approach to this question is to focus on the possibility that genes and sociocultural environments have coevolved and interacted. This review highlights empirical findings on the coevolution of genes and culture and the genetic basis of sociocultural differences including Western and Eastern cultural differences. Moreover, this review refers to the problem of false-positive associations between gene polymorphism and behavioral traits in the studies on gene and culture coevolution and interaction. Future directions and research strategies in studies on gene and culture coevolution and interaction are discussed.

Key words: Culture, gene-culture coevolution, gene-culture interaction, candidate gene approach, genome-wide association study

キーワード：文化、文化と遺伝子の共進化、文化と遺伝子の相互作用、候補遺伝子アプローチ、ゲノムワイド関連解析

1. はじめに

過去30年近くにおける文化心理学の研究は、人の心の性質が社会・文化環境に大きく依存している可能性を示している。その社会・文化環境はそこに人々が生きることによって成り立つことから、社会・文化環境と人の心の働きは相互に構成し合っている。しかも、人（ヒト）の生体としてのさまざまな生理的な反応、さらには遺伝子に代表されるその生体を作り上げている要素を踏まえると、社会・文化環境と人の心の働きとの間の相互構成過程は、社会科学にとどまらず、領域を超えた関心を集める問題である。そしてその過程を理解する上で1つの手がかりとなるのは、社会・文化環境と遺伝子が共進化してきたという可能性である。これは、人（ヒト）が作り出したある社会・文化環境の特徴が人（ヒト）のある遺伝子の頻度に影響を与える、つまり世代から世代への遺

伝子の継承に社会・文化環境が選択圧となり、さらにその遺伝子の頻度が高まることによってその社会・文化環境の特徴が進化していくといった、進化のプロセスを通じた遺伝子と社会・文化との相互の影響に着目するものである。このような環境と遺伝子の共進化についての研究は、社会レベルによる分析を通じ、ある社会・文化集団におけるある遺伝子型の保有の程度とその社会・文化集団の特徴（例えば優勢な価値観）との関連に着目してきた。本論文では、まず、この環境と遺伝子の共進化に焦点を当て、代表的な研究をレビューする。次に、これまでの知見は、心の働きや行動様式の個人差は、社会・文化環境と遺伝子の相互作用の結果生じ、同じ社会・文化環境のもとにおいても遺伝子の差異によって異なる心の働きや行動様式が生じうる、また同じある遺伝子型を持っていてもその人々を取り巻く社会・文化環境が異なることによってその人々の心の働きや行動様式

が異なってくることも示唆している。そのような社会・文化環境と遺伝子の相互作用に関する研究は、社会・文化環境の特徴と遺伝子の頻度（つまり世代から世代への遺伝子の継承における選択圧としての社会・文化環境や、その遺伝子の頻度の高まりよっての文化進化）に焦点を当てるよりもむしろ、遺伝子と心の働きや行動様式との関連がその人々を取り巻く社会・文化環境によって調整される可能性や、ある特定の遺伝子多型が社会・文化環境による影響を受けやすい結果、その遺伝子多型をもつ個人ほどその環境において促される心の働きや行動様式を獲得しやすい可能性について検討してきた。そこで本論文では、社会・文化環境と遺伝子の相互作用に関する知見についても、代表的なものを紹介する。なおこのような社会・文化環境と遺伝子との共進化や相互作用については、本論よりも系統的で明らかに優れたレビューがすでにあり（Chen & Moyzis, 2018；Kim & Sasaki, 2014；Sasaki & Kim, 2017）、本論に新奇性はない。しかし近年、これらの共進化や相互作用についての研究は、さまざまな問題に直面している。本論が貢献できる点があるとすれば、現状の問題点にも言及した上で、文化心理学の立場から今後の研究の方向性を不完全ながらも示すところにある。

2. 社会・文化環境と遺伝子の共進化

700～600万年前に、ヒト族はチンパンジーの系統から分かれた。その後の更新世を特徴づけるのは地球の温度の低下である。特に過去8万年の気候は周期的にかつ激しく変動した。このことによりヒト族が生きる環境は大きく変わり、例えばどのように食料を確保するか、どのように捕食者に立ち向かうか等、生存のための手段にも変化が生じた。さらにこのような環境の変化は、集団の規模や他集団との接触や相互作用といった社会的な側面の変化ももたらした。そしてそれらの変化の結果、個々の生存を可能にする認知能力、具体的には他者のふるまいの模倣に代表される社会的学習、採食に必要な道具使用や作成、他者との情報の共有や情報の蓄積などを可能にする能力が進化した。特にこの認知能力によって他者との協力的行動や世代間の累積的な情報の伝達が可能となり、

それが効率的な採食をもたらすことで個々の生存の確率が高くなると、結果的にこのことが認知能力そのものの進化を加速させた。しかもそのような認知能力をもったヒトは例えば火や住まいといった発明によって環境をこれまでにない形で変えていった。そして新たに獲得した知識や技術の情報を改良を加えながらもそれを蓄積していくことによって生じた「文化」は、適応度にも影響を与えた。これは、ニッチ構築（Odling-Smee, 1988）と呼ばれる。二重継承理論（Boyd & Richerson, 1985；Cavalli-Sforza & Feldman, 1981）によれば、自然選択の結果、遺伝情報が次世代へと伝達されるのに加え、文化進化によっても適応的な形質は伝達されていく。その結果、文化的に適応した形質をもつヒトの遺伝子はその文化において選択されやすくなる。また更新世の終わりごろにヒト集団が定住し、農業を始め、動物や植物を家畜化するようになると、人口密度の増大、病原体の感染やその蔓延等のさまざまな変化が生じた。ここで挙げた例はヒトの生存にとって脅威となるものであるが、後述するように、歴史上、そのような生態学的な脅威に強くさらされた環境下では、その脅威に対処するための協調的な行動を促す規範や慣習が形成されやすく、しかもそのような規範や慣習に関連した遺伝子型をもつ個人の適応度が高くなったと考えられる。まとめると、社会・文化環境と遺伝子の共進化とは、二重継承理論が示すように、遺伝子による生物学的な進化と社会・文化の進化とが相互に影響し合うことで生じる（e.g., Boyd & Richerson, 1985；Richerson & Boyd, 2005）。

大人のラクトース耐性レベルの地域差は、この共進化に関する好例である。例えば、当該の環境に適応した結果として、ある地域では家畜を飼ってそれを生存のすべにするような文化が進化したとする。そのように進化した文化環境においては、大人でもミルクを摂取することが可能な遺伝子（つまりラクトース耐性遺伝子）を持つ人たちの適応度は相対的に高いため、その遺伝子は次世代へ受け継がれやすい。さらに、その遺伝子を持つ人の割合が増えると、その地域におけるミルクの消費そのものも増え、それに沿うように文化も進化する。

この共進化を検討する1つの研究手法は、ある遺伝子多型における遺伝子型の割合が地域（例え

ば国)によって異なる点に着目し、その地域において優勢とされる価値観や行動様式との関連を調べるものである。以下ではその研究方法に基づく代表的な知見を紹介する。

2.1 DRD4 と移住

ヒトは、後期更新世の気候変動を背景に進化し、アフリカ大陸外への大移動を開始した。そして約45,000～60,000年前には世界中に拡散したと考えられている。この出アフリカの過程は、大規模な人口の増加や複雑な技術の発明をもたらすとともに、不慣れた環境への進出による新たな挑戦を伴うものであった。このような不慣れた環境のもとでは、新奇性追求や広範な情報探索行動が有効であったため、結果的にそのような行動の表現型と関連した遺伝子多型が選択されていった可能性がある。その1つとして考えられているのがドーパミンD4受容体(DRD4)遺伝子多型である。ドーパミンは、認知、情動、動機づけ等のさまざまな機能を制御する重要な神経伝達物質である。DRD4は、これまでに同定されている5種類のドーパミン受容体の1つであり、前述のように新奇性追求や衝動性と関連している(Benjamin et al., 1996; Ebstein et al., 1996)。DRD4をコードする遺伝子に関する多型の代表的なものは、DRD4遺伝子のエクソン3領域における多型であり、2～11の繰り返し単位からなる(Ding et al., 2002)。一般的に最も頻度が高いのは、繰り返し単位が4である4R対立遺伝子であるが、これまでの研究は、これを持つ人々と比較し、繰り返し単位が7や2である7Rおよび2R対立遺伝子を持つ人々のほうが報酬に対する感受性(Nikolova et al., 2011)、新奇性追求(Ebstein et al., 1996)、リスクテイキング傾向(Kuhnen & Chiao, 2009)のいずれもが高いことを示している。そして重要なことに、この対立遺伝子の頻度には地域差がある。例えば、アメリカでは4Rについて多いのは7Rであるのに対し、アジアでは稀である。一方、アジアでは4Rについて多いのは2Rである(Chang et al., 1996)。しかもこれらの対立遺伝子の割合と移住の歴史が関連していることも示唆されている。Chen et al. (1999)は、過去1,000～30,000年の移住に着目し、その移住に関してよく知られた6つのルート(例えば北アジアから北米、さらには中

南米へといったルート)を踏まえて、主に社会集団の移動距離を算出した。そしてその移動距離が長い集団ほど、7Rをもつ個人の割合が高いことを明らかにした。彼らの主張によれば、新奇性追求、探索行動、リスクテイキング傾向と関連する7R対立遺伝子は、そのような行動傾向が不慣れた環境への適応に有効であったため、人々の移動とともに結果的に選択されていったと考えられる。またこれに関連し、彼らは、遊牧を生業としている集団と農耕を主とする定住集団とでは、7R対立遺伝子をもつ人々の割合は前者において高いことも示している。同様の知見は、Eisenberg et al. (2008)でも報告されている。よって、新規性追求、探索行動、リスクテイキング傾向と関連する行動は、困難な環境に直面することの多い遊牧集団においてより適応的であり、結果的に選択されたと考えられる。

2.2 5-HTTLPR と集団主義

セロトニントランスポーター(5-HTT-linked polymorphic region, 以下では5-HTTLPRと表記)遺伝子の発現をコントロールするプロモーター領域には、短い(s)と長い(l)の2つのタイプがあり、前者は後者よりも5-HTTの発現量が少ない。つまり一旦放出されたセロトニンを神経細胞内に取り込む量は、sアレルをもつ個人のほうが少ない。これまでの研究によると、l/lの人と比べ、s/sやs/lの人は不安傾向が強く(Lesch et al., 1996)、怒りや恐怖表情に対してその扁桃体が強く活動しやすい(Hariri et al., 2002)。また、後述のように、鬱病のかかりやすさと環境要因(例えば、ストレスフルな家庭環境)との関係がこの遺伝子多型によって調整されていることも知られている(Caspi et al., 2003; Taylor et al., 2006)。Taylor et al. (2006)によれば、s/lやl/lの人では、環境要因による影響がほぼ見られないのに対し、s/sの人は、環境要因が厳しいほど鬱病にかかりやすい一方、それがストレスの低いものであれば、s/lおよびl/lの人と比べても、鬱病にはなりにくい。

加えて、DRD4と同様に、5-HTTLPRのsアレルをもつ個人の割合に関しても大きな地域差が存在する。例えば東アジアにおいてsアレルをもつ個人は70～80%を占めるのに対し、ヨーロッパではその割合は40～45%である(Gelernter, Kranzler,

& Cubells, 1997)。興味深いことに、Chiao and Blizinsky (2010) は、各国における s アレルをもつ個人の割合と Hofstede による国ごとの個人主義—集団主義のスコア (Hofstede, 2001) との間に強い関係が見られ、s アレルをもつ個人の割合が高い国ほど集団主義傾向が強い (個人主義傾向が弱い) ことを示した。さらに彼らは、s アレルをもつ個人の割合が高い国ほど WHO における調査に基づく鬱傾向や気分障害の割合が小さくなっていること、しかもこの s アレルをもつ個人と鬱傾向や気分障害の割合との関係を国ごとの個人主義—集団主義のスコアが媒介しており、s アレルをもつ個人の割合が高い国ほど集団主義傾向が強 (個人主義傾向が弱く)、そして集団主義傾向が強い (個人主義傾向が弱い) 国ほど鬱傾向や気分障害を報告する人々の割合が小さくなっているといった関係になっていることも示した。また Fincher et al. (2008) は、過去に病原体がどの程度蔓延したかを示すスコアが高い国ほど Hofstede による国ごとの集団主義のスコアが高い (個人主義のスコアは低い) ことを示した上で、歴史上、人々にとって病原体の存在は自然環境における脅威であり、特に病原体が発生しやすく感染に晒されやすい地域ほど人々の生存のためにはその防御が必要であったが、集団主義によって特徴づけられる行動特性、例えば自民族主義や同調がその防御のための有効な手段として機能した可能性を論じた。Chiao and Blizinsky (2010) は、この Fincher et al. (2008) をもとに、国ごとの s アレルをもつ個人の割合、過去の病原体の蔓延の程度、個人主義—集団主義との関連も検討した。そして彼らは、過去の病原体の蔓延の程度と集団主義との関係を s アレルをもつ個人の割合が媒介しており、過去に病原体が蔓延した国ほど s アレルをもつ個人の割合が高く、s アレルをもつ個人の割合が高い国ほど集団主義のスコアが高い (個人主義のスコアが低い) といった関係になっていることを示した。

さらに、Fincher et al. (2008) を拡張することによって、Gelfand et al. (2011) は、病原体を含めたさまざまな生態学的な脅威 (例えば、高い人口密度、資源の不足、領土を巡る集団間の衝突) にさらされた地域ほど人々の行動は統制されやすいといった可能性を論じた。そして彼らは 33 か国に

よる調査を行い、特にこの行動の統制に関する規範の厳しさ—緩さの地域差に着目し、脅威にさらされた地域ほど規範が厳しいことを示した。では、このような国を単位とした脅威と規範の厳しさとの関係も s アレルをもつ個人の割合によって説明されるだろうか。Mrazek et al. (2013) は、この点について検討し、Gelfand et al. (2011) によって定義された生態学的な脅威にさらされた国ほど s アレルをもつ個人の割合が高く、s アレルをもつ個人の割合が高い国ほど Gelfand et al. (2011) によって定義された規範の厳しさが顕著であることを示した。

以下は、この節において紹介した知見に関する著者のまとめである。5-HTTLPR の s アレルをもつ個人の割合に着目し、国ごとの生態学的な脅威、集団主義や規範の厳しさ、さらには鬱や気分障害等の精神疾患の割合との関連を検討した Chiao and Blizinsky (2010) と Mrazek et al. (2013) が明らかにしたのは、まず、5-HTTLPR の s アレルをもつ個人は不安や神経症傾向を示しやすいと考えられていたにもかかわらず、国を単位とした分析では s アレルをもつ個人の割合が高い国ほど鬱や不安障害の割合は低く、この関係は国ごとの集団主義の程度によって説明されるという点であった (つまり、s アレルをもつ個人の割合→集団主義の程度→鬱や不安障害の割合という関係になっていた)。これは、集団主義が特に s アレルをもつ個人にとって有利な環境として働き、それが鬱や不安障害の割合の低さに反映されたことを示唆する。次に、歴史上および生態学上のさまざまな脅威は、人々の生存にとって深刻であり、特にその脅威が顕著であった地域ほどそれに対する人々の防御や防衛を強制する社会制度が促されたが、そのような脅威と社会制度 (厳しい規範や集団主義) との関係は、各国の s アレルをもつ個人の割合によって説明された (つまり、歴史上および生態学上のさまざまな脅威→s アレルをもつ個人の割合→厳しい規範や集団主義の程度という関係になっていた)。このことは、集団主義が特に s アレルをもつ個人にとって有利な環境として働いたのみならず、そのような脅威下で生存に必要とされる人々の間での協力行動こそ s アレルをもつ個人の間で生じやすく、また s アレルをもつ個人が人々の間での協力や逸脱者への厳罰といった

集団主義的な規範を積極的に作り上げたことを示唆する。

2.3 μ -オピオイド受容体と集団主義

5-HTTLPR同様、 μ -オピオイド受容体のA118G遺伝子多型にも地域差があり、集団主義傾向との関連があることが指摘されている(Way & Lieberman, 2010)。オピオイドには鎮痛作用がある。一方、社会的排斥による研究から、社会的な痛みを感じる場合にも物理的な痛みを感じる時と同様、前帯状皮質や前部島皮質が賦活することが知られており(Eisenberger, Lieberman, & Williams, 2003)、物理的であろうと社会的であろうと痛みは同一の基盤から生じる。そのためオピオイドの鎮痛作用は、社会的な痛みにも作用する。実際に、サルやイヌ等の動物で子供を母親から分離させると、その子供はその分離に痛みを感じて鳴き声を上げるが、オピオイドの代表例であるモルヒネを少し投与された子供はそのような鳴き声を余り出さなくなる(e.g., Panksepp et al., 1978)。またヒトの場合でも、親しい人の死や恋愛関係の破綻等の社会的な損失に関連する出来事を想起するよう求められた女性では、内因性の μ -オピオイドの発現量が減少する(Zubieta et al., 2003)。また μ -オピオイドの発現量の個人差に注目した場合でも、社会的痛みに対する敏感さはその個人差に対応することが明らかになっている。 μ -オピオイド受容体のA118G遺伝子多型に関して、Aアレルをもつ個人と比較して、Gアレルをもつ個人における内因性の μ -オピオイドの発現量は少ない。そのため、物理的な痛みに対してGアレルをもつ人は敏感である。しかも社会的な痛みに対しても同様の傾向が報告されている。Way, Taylor, and Eisenberger (2009)は、社会的な痛みに関する敏感さを測定する尺度への回答と μ -オピオイド受容体のA118G遺伝子多型との関連性を調べた後、その一部の参加者に対してサイバーボールゲーム(Williams, Cheung, & Choi, 2000)を実施し、社会的排斥を経験する際の脳活動を計測した。まず、物理的な痛みに対する反応と同様に、社会的な痛みに対する主観的な敏感さはGGの人が最も高く、AG, AAの順であった。また、Eisenberger et al. (2003)を追試し、サイバーボールゲームによる社会的排斥の経験によって前帯状皮質や前部島皮質が賦活し

たが、その程度はAAの人と比較し、GGやAGの人において顕著であった。しかも社会的な痛みに対する主観的な敏感さに関する遺伝子多型間の差異は、前帯状皮質の賦活の程度によって媒介された。つまり、社会的排斥の経験をするGアレルをもつ人より前帯状皮質が賦活し、そしてその賦活の程度が強い人ほど、社会的な痛みに対して敏感だと言える。そしてWay and Lieberman (2010)は、社会・文化に占めるGアレルをもつ人の割合と個人主義—集団主義的傾向(Suh et al., 1998)が有意に相関し、Gアレルをもつ人の割合が高い社会・文化ほど集団主義的傾向が強いことを示した。社会的な痛みを敏感に知覚することが関係性への欲求を促すのであれば、5-HTTLPR同様、集団内の関係や結びつきに高い価値を置き、それに基づく規範の維持が必要な社会環境において、そのようなGアレルをもつ人の傾向は結果的に適応であり、そしてそうした人々の傾向がさらにその社会環境の特性を強めたのかもしれない。

3. 社会・文化環境と遺伝子の相互作用

社会・文化環境と遺伝子の共進化に加え、それらの相互作用についてもこれまで検討されてきている。これまでの社会・文化心理学の研究が明らかにしているように、ある心理・行動傾向はその個人が置かれた環境や状況の性質に依存し、人は日常生活を通じてその環境や状況における適切なふるまいや反応を学ぶ。しかしその環境や状況に適合した心理・行動傾向を個人がどの程度効率的に学びまた獲得するかは、各人がもつ遺伝子が関与している可能性がある。もしそうであるなら、ある遺伝子型をもつ個人は、そうでない個人と比べて、環境や状況に適合した心理・行動傾向を示しやすいだろう。

3.1 環境要因による影響とその敏感さ

環境と遺伝子の相互作用に関し、従来から考えられていたのは、diathesis-stress model(ストレス脆弱性モデル, Monroe & Simons, 1991)である。Caspi et al. (2003)はこれに該当する。Caspi et al. (2003)は、ダニーデン(ニュージーランド)における1000人以上を対象とした縦断研究のデータに関し、参加者が26歳だったときのうつ症状と

その過去5年におけるストレスフルな出来事の数との関連を調べた。その結果、ストレスフルな出来事の数が多かった個人ほどうつ症状が見られたが、その関連性は特に5-HTTLPR 遺伝子多型の s/s の人において顕著であった。s/s による影響は、3歳から11歳までの幼少期に不適切な養育をされた経験と青年期（18歳から26歳）におけるうつ症状との関連を見た場合にも同様であった。つまりこのモデルによれば、遺伝子に代表される個人の素因とその望ましくない環境要因の両方が相まってより深刻な精神疾患をもたらされる。一方、diathesis-stress model は望ましい環境の場合を想定していないものの、過去の知見は、5-HTTLPR の s/s の人の環境要因への敏感さはその環境が望ましい場合にも生じ、そのため s/s の人は1アレルをもつ人よりもむしろその環境からの恩恵を受けやすく、うつ症状や攻撃行動を示しにくいことを示している (Taylor et al., 2006; van IJzendoorn, Belsky, & Bakermans-Kranenburg, 2012)。またこのような環境要因に敏感な遺伝子多型として、5-HTTLPR のほかにも、ドーパミン受容体 (DRD2 や DRD4) やドーパミントランスポーター (DAT) に関連した遺伝子多型が知られている (Bakermans-Kranenburg & van IJzendoorn, 2011)。このような証拠に基づき、J. Belsky ら (Belsky, 2005; Belsky, Bakermans-Kranenburg, & van IJzendoorn, 2007) は、進化的な視点に基づくモデルを提唱している。環境と遺伝子の相互作用が示すのは、発達の段階でどの程度環境要因の影響を受けるかについて遺伝子に基づく個人差があるという点である。このモデルは、いかに後世に自身の遺伝子を残すかという視点に立ったものであり、特に将来の不確実性が高いため何かが自身の遺伝子の拡散に効果的なのか全くわからないような状況において、まさに環境からの影響の受けやすさの個人差（とそれを司る遺伝子）こそがいわば「保険をかける」戦略として結果的に選択されてきたという可能性に依拠する。

3.2 文化と遺伝子の相互作用

このような環境と遺伝子の相互作用の知見を踏まえ、文化心理学者たちは、養育環境に留まらない文化環境に対する敏感さにも遺伝子多型を背景とした個人差があり、いわゆる環境に敏感な遺伝

子多型をもつ個人ほど、その文化環境に対応した心の性質や行動様式を身につけやすい可能性を検討してきた。ここでは代表的な知見について紹介する。

1) DRD4 と自己観：Kitayama et al. (2014) は、DRD4 の 7R や 2R の対立遺伝子をもつ個人は、4R に代表されるそれらの対立遺伝子をもたない個人と比較し、当該の文化において優勢な自己観に応じた志向性（北米における相互独立、東アジアにおける相互協調、Markus & Kitayama, 1991）が顕著であることを示した。同様に、感情経験に着目した場合でもその自己観に応じた文化特有の志向性は、DRD4 の 7R や 2R の対立遺伝子をもつ個人に顕著に見られやすい。具体的には、ヨーロッパ系アメリカ人は全般的に否定的な感情よりも肯定的な感情の経験を報告しやすく、特にその傾向は DRD4 の 7R や 2R の対立遺伝子をもつ場合に顕著だった。一方、同様の傾向は、アジア人の中でも特に DRD4 の 7R や 2R の対立遺伝子をもつ人々において弱くなった (Tompson et al., 2018)。Kitayama らによる後続の研究は、このような DRD4 の遺伝子多型による影響が脳部位の体積にも関連していることを明らかにしている。例えば、相互協調性が高い（日本人）ほど眼窩前頭皮質や内側前頭前野皮質の灰白質の体積は小さいが (Kitayama et al., 2017)、これらの皮質を含む前頭前野領域の灰白質の体積の文化差は DRD4 によって調整され、DRD4 の 7R や 2R の対立遺伝子をもつ個人ほどその文化差は顕著であった (Yu et al., 2019)。また Kitayama et al. (2020) は、他者の視点取得に関連しているとされる右側の側頭頭頂接合部の灰白質の体積がヨーロッパ系アメリカ人と比較しアジア人のほうが大きく、しかも DRD4 の 7R や 2R の対立遺伝子をもつ個人ほどその文化差が顕著であることを示した。Kitayama らの仮説 (Kitayama et al., 2016) によれば、人はある社会・文化環境における適切なふるまいや反応を学ぶが、正の報酬を得るようなふるまいや反応は強化されていき、しかもそのような報酬に敏感な個人ほどその学習は動機づけられる。そしてこのような報酬に基づく学習にはドーパミン神経系やそれ

- に関連する遺伝子が関与しており、DRD4に関する一連の知見はその傍証と言える。
- 2) 5-HTTLPRと表情認識：他者の表情を正しく認識することは、良好な対人関係を維持していくうえで重要である。特に自身のふるまいの不適切さを示すような表情のシグナル、例えば他者の笑顔の消失に対しては敏感に反応する必要がある。Ishii et al. (2011) は、そのような他者の笑顔の消失に対する敏感さは、相互独立性が優勢なアメリカ人よりも相互協調性が優勢な日本人において顕著であると予測し、それに一致した結果を見出した。Ishii et al. (2014) は、そのような日本人における笑顔の消失に対する敏感さは、いわば文化的な慣習に対応した心の性質をもちやすいs/sを有する個人において顕著であると予測し、日米で実験を行った。その結果、他者の笑顔の消失に対する敏感さに関する文化差は特にs/sをもつ個人において顕著であり、さらに日本人のパターンのみに注目した場合、1アレルをもつ個人と比較しs/sをもつ個人はより笑顔の消失に対して敏感であった。
 - 3) 5-HTTLPRと権威や階層主義的な価値観への支持：先に言及したMrazek et al. (2013) は、生態学的な脅威にさらされた国ほどsアレルをもつ個人の割合が高く、sアレルをもつ個人の割合が高い国ほど規範の厳しさが顕著であることを示した。これに関連してFischer (2013) は、規範の厳しさではなく、脅威と権威や階層主義的な価値観への支持、そしてsアレルをもつ個人の割合との関連を調べた。Fischer (2013) の結果は、sアレルをもつ個人の割合による媒介効果ではなく、むしろその調整効果を示すものであった。具体的には、病原体を始めとする脅威が高い環境下に置かれている場合ほど権威や階層主義的な価値観への支持が高いという傾向は、sアレルをもつ個人の割合が多い国においてのみ見られた。
 - 4) OXTRと社会的サポートや感情抑制の文化的規範：相互協調性の1つの側面として、それが社会的サポートの要請を抑制する可能性が知られている。例えば、Taylor et al. (2004) は、ストレスの対処法として、アメリカ人は他者にサポートを求めやすいのに対し、韓国人は「和を乱す」「他者に話すことで事態が悪化する」「他者から批判される」などを高く懸念し、他者にサポートを求めにくいこと、そして他者にサポートを求める程度のこの文化差は、そうすることの懸念を見積もる程度の強さによって媒介されることを示した。そしてKim et al. (2010) は、この他者へのサポートの求めやすさの文化差をオキシトシン受容体 (OXTR) 遺伝子の一塩基多型のひとつ (rs53576) が調整することを明らかにした。OXTR rs53576のAAの人と比較し、Gアレルをもつ人は共感能力に優れ、ストレスへの対処能力が高いこと (Rodrigues et al., 2009)、また、AAの人と比べ、Gアレルをもつ人は自尊感情やコントロール感が高く、楽観的であり、しかもそれらの傾向が強い個人ほど抑うつ兆候は見られにくいこと (Saphire-Bernstein et al., 2011) が知られている。Kim et al. (2010) は、特に、現在ストレスを強く感じていると報告した群に注目した場合、アメリカ人においてもとりわけGアレルをもつ人ほど、他者にサポートを求めやすいことを示した。さらに後続のKim et al. (2011) では、アメリカよりも東アジアにおいて顕著な感情抑制の程度に着目し、OXTR rs53576がその文化差を調整する可能性をアメリカと韓国において検討した。そして、GGの個人においてその文化差は顕著であり、特に韓国ではGGの人のほうがAAの人よりも感情抑制の程度は高かった。
 - 5) COMTと実行機能：幼少期における実行機能の発達に文化差が知られている。例えば、抑制や認知的なシフトに関する指標の一部において、西洋よりも東アジアの子どもたちのほうが優れている (Schirmbeck, Rao, & Maehler, 2020)。COMT (Catechol-O-methyltransferase) は、前頭前野内のドーパミンを分解する酵素であり、その遺伝子多型はValとMetからなる。アメリカ人を対象とした先行研究 (Bowers et al., 2020) では、Metをもつ個人ほど実行機能が優れているのに対し、日本人を対象とした先行研究 (Moriguchi & Shinohara, 2018) ではむしろValをもつ個人ほど実行機能が優れており、文化間で一定していない。そこで

Senzaki et al. (2020) は、日米の5～6歳児を対象に、認知的シフトにかかわる課題を実施し、NIRS（近赤外分光法）によって課題時の脳活動を測定することで、直接的な比較を試みた。その結果、行動レベルでは文化差がなかったものの、両側の前頭前野における活性化は日本人よりもアメリカ人の子どもたちで強く生じた。またCOMT 遺伝子多型と文化の交互作用が行動レベルにおいては確認され、日本人のパターンは先行研究と同様であったものの、アメリカ人においては遺伝子多型間で成績に差は見られなかった。

4. 既存の知見の問題点

近年、これまで紹介した環境と遺伝子の相互作用および共進化に関する研究はさまざまな批判を受けている。特に、多くの知見の再現性は疑わしいことが指摘されている (Dick et al., 2015; Jern et al., 2017)。例えば、Caspi et al. (2003) は、環境と遺伝子の相互作用に関する知見として後続の研究に多大な影響を与えてきたが (Google Scholarでの被引用回数は10,000以上)、その後のいくつかのメタ分析はその相互作用を支持する結果を見出していない (e.g., Munafò et al., 2009; Risch et al., 2009)。特にCulverhouse et al. (2018) のメタ分析では、31の研究、38,000人もの参加者を対象とした場合でも、5-HTTLPRの主効果およびそれと環境との相互作用は有意にはならず、環境要因の主効果のみが頑健に見られた。この領域における研究が批判される大きな原因は、検定力不足でありながらその点を考慮せずに研究が実践されてきた点にある。以下、その具体的な点について論じる。

4.1 サンプルサイズの小ささ

心理学分野における知見の再現可能性でも問題になっているように、検定に必要とされるサンプルサイズを実際のところ満たしていないにもかかわらず、その知見の新奇性ゆえにいわば偽陽性の知見 (効果が本来ないにもかかわらず、誤って「ある」と判断されたもの) が学術雑誌に公表されている可能性がある。Duncan and Keller (2011) は、2000～2009年に公刊され、精神疾患に関連

した特性における環境と遺伝子の相互作用を示した103研究を調査した。特に環境と遺伝子の相互作用を新たに検討した47研究のうち有意な結果を報告していたのは96% (=45/47) であったが、そのうち、追認できたのは27% (=10/37) に過ぎなかった。この結果は、偽陽性の新奇な知見が一定数公刊されていることに加え、差を示す新奇な知見こそが公刊されるといった出版バイアスの存在も示唆している。

文化心理学者が行ってきた文化と遺伝子の共進化や相互作用に限定した場合でも、過去の知見の再現性は疑わしい。例えば、Chiao and Blizinsky (2010) の知見は、公刊されてすぐにそのサンプルの偏りに関する批判を受けた。具体的には、ヨーロッパ内およびアジア内に注目し、その文化内でのsアレルの人の割合と個人主義—集団主義を調べた場合には追認できないというものである (Eisenberg & Hayes, 2011)。このEisenberg and Hayes (2011) による批判はゴルトン問題に基づくものであり、同様の問題ゆえに、Chiao and Blizinsky (2010) でも言及された病原体と集団主義との相関 (Fincher et al., 2008) も空間的自己相関を統制すると消失する (Horita & Takezawa, 2018)。しかもChiaoとBlizinskyが用いたデータベースにはアフリカや南米に関するものがほとんど含まれていなかった。Minkov et al. (2015) は、先行研究に基づきアフリカや南米におけるsアレルの人の割合に関して入手できるものを追加した上で、Hofstedeの個人主義—集団主義との相関を調べた。しかしその相関は有意ではなかった。Chiao and Blizinsky (2010) に関する問題点は、サンプルサイズの小ささに直接関連したものではない。しかし文化と遺伝子の共進化を検討する場合、ある遺伝子型を保有している人の割合に着目するため、国を含む地域が単位となる。ここにデータベースの制約が加わったり、さらには歴史や地理的に関連している地域をまとめて1つの単位としたりすると、サンプルサイズはかなり限定される。そしてこのような少ないサンプルサイズを用いると、偽陽性の知見を生み出しやすい。なお文化比較研究におけるゴルトン問題への対応として、Mace and Pagel (1994) が用いた系統学的なアプローチ (語族や空間的な近接性等によって文化の系統樹を作成し、それによって文化間で歴史的

にまた空間的に共有されている部分を統制するもの)や Horita and Takezawa (2018) のように地域を変量効果として扱った分析が挙げられる。

また, Culverhouse et al. (2018) のメタ分析では, 統計的な安定性を保つための基準として 300 名未満の研究を対象外としたが, 例えば Kim et al. (2010, 2011) は, これを満たさない。このようなサンプルサイズの問題を受け, 我々の日本とカナダにおける研究プロジェクトでは複数の比較文化実験を行い, 計 1,000 名程度からさまざまな心理・行動指標を用いたデータを得た。そして分析では, 反復測定による問題を是正するために, 仮説の数に基づき有意水準を調整した。このように Kitayama らや Kim らの研究と比較してより問題の少ない方法を用いたが, 文化×遺伝子の相互作用は概ね支持されなかった。例えば, 相互独立と相互協調の自己観の文化差は追認されたものの, DRD4 による影響は全く見られなかった (Ishii et al., 2021a)。さらに, 感情抑制とは反義のものとして感情表出のしやすさがあり, これに関して特にポジティブ感情の表出は日本よりもカナダにおいて顕著であったが, OXTR rs53576 の影響やまた別の OXTR 遺伝子の多型 (rs2254298) による影響はいずれも生じなかった (Ishii et al., 2021b)。

なお, これらの研究で測定された自己観, 感情抑制, 感情表出は, すべて尺度を用いた内省報告に基づくものである。尺度を用いた質問紙調査は簡便であるため, 数多くの参加者からデータを集めるためには有効な手段である。しかし, 特に文化比較の文脈においては, いくつかの問題がある (Heine et al., 2002; Lalwani, Shavitt, & Johnson, 2006; Peng, Nisbett, & Wong, 1997)。まず, バックトランスレーションを含む適切な方法で言語間の翻訳がなされていても, 用語 (例えば, 「私の意見では」や「直接的に」) の概念に言語・文化間での絶対的な基準がない。そのため, 参加者は日常の経験に基づきそれらの用語を解釈するが, 参加者が参照する日常経験そのものが文化によって異なっているとしたり回答を文化比較するのは不可能である。また, 尺度項目を通じて自身の考えや態度を問われた際, 参加者は, 意識, 無意識を問わずに, 自分の周囲の他者一般と比較しながら回答しやすい。この場合も, 他者一般の基準が文化によって異なっているとしたり文化比較は困

難である。さらに, 他者に対して自身を望ましく見せようとするといった社会的望ましさによる影響も考えられる。よって本来文化比較研究は, これらの問題を極力排した行動指標や脳内指標に基づくものが望ましい。しかし行動指標や脳内指標を用いた研究の場合, 質問紙調査と比較し, データ収集にかかる時間や労力のコストは大きい。しかも大量のデータを異なる文化間で収集しなければならず, 特に脳内指標の測定となると, 測定環境を文化間で揃えることも困難である。我々の日本とカナダにおける研究プロジェクトが用いた方法は, 大量のデータ収集を優先させた結果の 1 つの妥協解に過ぎない。

ちなみに我々の研究は, 既存の文化と遺伝子の相互作用の知見に関連した内容を追認しなかったものの, 新たな遺伝子多型による効果を見出した。人生に対する前向きな態度は日本人学生よりもカナダ人学生の方が全体的に高かったが, カナナビノイド受容体遺伝子多型 (CNR1: rs806377) による影響が見られ, 日本では比較的稀な遺伝子多型である CC 遺伝子型を持つ個人は人生に対して特に前向きであることが分かり, カナダ人学生とほぼ同等であった。カナダにおいては, 逆に TT 遺伝子型の方が前向きな態度得点が高いことも示された (Matsunaga et al., 2018)。ただし以下で言及するように, 遺伝子の効果量が極めて小さいことを踏まえると, 既存の公開されている文化と遺伝子の相互作用の知見に基づく効果量から算出されるサンプルサイズを我々のプロジェクトが満たしていたとしても, それでもなお本来必要とされるサンプルサイズには不十分である。

4.2 効果量の小ささ

心理学者が関心をもってきたのは, ラクトースの分解酵素に関連する LCT 遺伝子の多型, また皮膚の色に関連する SLC24A5 や SLC45A2 遺伝子の多型といったような遺伝子型と表現型との間に明確な関連がある (しかもそれらは自然選択のもとで進化してきたことが示唆されている) ものではない。これらと比較すれば一目瞭然であるが, さまざまな心理過程を経て生じる行動様式を表現型とした場合には, その複雑な過程ゆえに遺伝子による影響があったとしても効果が極めて小さいと考えられる。よって遺伝子多型による有意な効

果を見出すためには、本来、大きなサンプルサイズが必要である。

ただしたとえ効果量が小さくても、遺伝子型と表現型との間にどのような機序を想定できるのか、その点を明確にしたうえでターゲットとする遺伝子多型を選択することにより、偽陽性の知見を減らすことは可能であると言えよう。文化と遺伝子の共進化に関連したものとして、Lee et al. (2021) は、OXTR 遺伝子の多型がどの程度脳の特定領域で発現しているかをもとにいわば脳内での表現型を推測し、それが国レベルの社会生態学的な脅威と規範の厳しさとどのように関連するかを検討した。具体的には、70 の OXTR 遺伝子多型と 10 の脳領域（例えば、前部帯状回、前頭前野 [BA9]、尾状核など）をターゲットとした。そして各脳領域における OXTR の発現レベルについて地域差（アフリカ、東アジア、南アジア、ヨーロッパ、アメリカ）を分析したところ、前部帯状回を対象とした際に最も明確な差異が見出された。しかも社会生態学的な脅威が大きいと前部帯状回における OXTR の発現レベルは高く、さらにこの関係は規範の厳しさによっても部分的に媒介されていた。また東アジア（中国、日本、ベトナム）において、OXTR 遺伝子の多型の中でも特に rs 9840864 という遺伝子多型が選択されてきた可能性が示唆された。前部帯状回が共感や向社会性に関連していることを踏まえると、社会生態学的な脅威が高い環境のもとでは、共感や向社会性を促す機能ゆえに、前部帯状回における OXTR の発現レベルが選択されてきたのかもしれない。この Lee et al. (2021) が示唆したプロセスは、先に紹介した Chiao and Blizinsky (2010) や Mrazek et al. (2013) による 5-HTTLPR と生態学的な脅威・規範の厳しさとも関連する。脳内におけるオキシトシンの発現にはセロトニンやドーパミンによる影響が見られることから (Bethlehem et al., 2013)、今後文化と遺伝子の共進化のモデルについてさらに理論および実証の両方で精緻化していく必要がある。

また、ある社会・文化環境の特徴は、例えば幼少期におけるストレスフルな経験としてまとめられるものであっても、それが子に対する親の虐待やネグレクトであるのか、それとも家族の経済的困難によるものなのか等、複数の要因があり、そ

の要因が多いほどストレス経験は深刻なものになると考えられる。過去の研究には、このような環境に対する加算的な見方を踏まえ、環境に対して敏感とされるさまざまな遺伝子多型の効果も加算的なものとみなして算出された多遺伝子スコア (polygenic scores) を用いたものもある (e.g., Belsky & Beaver, 2011)。文化と遺伝子の相互作用に関しても、DRD4, 5-HTTLPR, OXTR, そしてセロトニン 1A 受容体遺伝子多型についての多遺伝子スコアに着目した場合、それらの各遺伝子多型を用いた場合よりも、感情の表出や抑制にかかわるさまざまな行動の文化差との関連が広範に確認されることが報告されている (LeClair, Janusonis, & Kim, 2014)。このことは、多遺伝子スコアの有用性を示唆する。しかし、文化と遺伝子の相互作用の研究の文脈において、このような多遺伝子スコアがもとにしている遺伝子多型のユニットは、過去の知見で環境に敏感であることが示唆されているからという以上の根拠はなく、その遺伝子多型の生体内での機能や機序に基づいた分類ではない。多遺伝子スコアとそれに基づくモデルの使用は、後に触れるように注目を集めている。ただし文化と遺伝子の相互作用の研究の文脈における単一遺伝子多型に関する知見に基づいていくつかの遺伝子多型を選択し、そのようなスコアを求めて利用するのは、問題である。代わりに、後述するゲノムワイド関連解析 (GWAS) によって候補となる複数の遺伝子多型を見出した上で、多遺伝子スコアを用いてそれらの遺伝子多型の効果を組み合わせ、例えば文化特有の心理・行動傾向を示しやすい人を特定するといった手続きが必要となるだろう。

ターゲットとする遺伝子多型を選択する他の方法として、後述の GWAS の知見に基づくもの、および動物モデルに基づくものがあるだろう。例えば動物モデルを援用し、出アフリカに関連した遺伝子多型を見出した研究として、Royo et al. (2018) がある。この研究が着目しているのは、衝動性との関連が示されているシグナル制御タンパク質 $\beta 1$ (SIRPB1) 遺伝子のコピー数多型である。変異によってこの対立遺伝子に重複した領域をもつ個人は、そうでない個人よりも衝動性をコントロールするのに優れている (Laplana et al., 2014)。そして 42 の民族に注目してこの遺伝子多

型の特徴を調べたところ、出アフリカを踏まえたときの移動距離が長いほど、その重複した領域をもつ個人の割合が高いことを明らかにした。またゼブラフィッシュを用いた実験により、重複した領域を持つ対立遺伝子があることによって中枢神経における *SIRPB1* の発現が促されることも示唆された。動物モデルは、脳における遺伝子の発現といったいわゆる中間的な表現型を実証するうえで、有効な方法である。

4.3 ターゲットの問題

サンプルサイズと効果量に注目して単一の候補遺伝子に基づく研究の問題点について述べてきたが、他の重要な点として、そもそもその遺伝子に着目するのはどの程度妥当なのかというのも挙げられる。研究者たちがヒューリスティックを用いた結果、よく公刊されている遺伝子多型に注目が集まり、闇雲にその遺伝子多型とさまざまな社会行動との関連が研究されてきた可能性は否めない。一方で、社会・文化環境と遺伝子の共進化は、人（ヒト）と文化の起源を問うものであり、その1つの大きなテーマは出アフリカ以降の人類の移動・移住である。そのようなテーマ設定はどの遺伝子多型に注目すべきかの方向性を決めうる。具体的には、移動や移住にかかわる心の性質として新奇性追求があり、関連するものとして *DRD4* についての知見が蓄積されてきている。また、*Royo et al. (2018)* が示した *SIRPB1* もそれに関連すると考えられる。さらに、Y染色体ハプログループの変異をたどることによって、歴史上の人類の移動・移住の経緯を推測することも可能である。ハプログループD系統の中でもD1のみが出アフリカを果たし、その下位系統であるハプログループD1a2a (D-M55) 系統は日本のみで見られていない。興味深いことに、D-M55 遺伝子多型を持つ男性は、それを持たない男性や女性よりも、BMIが高く、友人の数も多く、*DRD2* のGG型の頻度が低い（ドーパミンの放出抑制機能が弱いことが推察される）ことがわかっている（*Matsunaga et al., 2021*）。ただしテーマ設定によってどの遺伝子多型に注目すべきかの方向性は決まるものの、その先は、移動や移住にかかわる心の性質との関連が推測される遺伝子多型、または遺伝子多型の保有に関する地域の特異性を考慮した

うえで、いわば候補となる遺伝子多型の決め打ちにならざるをえない。そのため莫大な数の遺伝子が存在していることを踏まえると、このようなやり方を用いる限り、大多数の遺伝子による影響の有無は未知のままである。

こうした問題に対して有効なのが、ゲノムワイド関連解析（GWAS）を用いた研究である。これは、網羅的に数十万から数百万の一塩基多型を解析し、どの遺伝子型と形質（例えば疾患や心理的な特性）が関連しているのかを調べるものである。その利点は、何らかの仮説を必要とせずに、網羅的な解析によってある一塩基多型と形質の関連を見出すことにあり、その結果これまで関連が知られていなかった新しい遺伝子に着目することが可能になる。特に心理的な特性に着目した場合、例えば、*Okbay, Baselmans et al. (2016)* は、3つの心理変数（主観的幸福感、うつ傾向、神経症的傾向）に着目し、それぞれにつき最低でも16万人以上のデータを参照することで、主観的幸福感には3個、うつ傾向には2個、そして神経症的傾向には11個のそれぞれ独立した一塩基多型が関与していることを明らかにした。*Okbay, Baselmans et al. (2016)* を含め近年のこの分野の知見の多くは、英国のUK Biobankや米国のAdd Health等のビッグデータの解析に基づくものである。この手法では検定を繰り返して行うことによって生じる多重比較の問題が深刻であるため、有意水準を極めて低い値に設定し、多大なサンプルサイズを確保することによって検定力を得ることが必須である。よって研究を実施するには莫大なリソースを必要とする。また、たとえ未知の遺伝子多型が見い出されたとしても、それが生体内でどのような機能を持ち、その機能に関連する他の遺伝子多型とどのような機序のもとで成り立っているのかといった先程挙げた点を含む、さまざまな形の検証が必要である。実際、*Okbay, Baselmans et al. (2016)* が主観的幸福感について見いだした3つの遺伝子多型を候補遺伝子として用い、1,000人以上のドイツ人からデータを収集して人生満足度との関連を調べた*Lachmann et al. (2021)* では、そのうちの1つの遺伝子多型においてのみ、しかも限られた領域における人生満足度への影響が得られただけであった。何らかの仮説を必要としない網羅的な解析であるGWASの特性を踏まえれば、

そしてとりわけ幸福感といった主観的でいわば複雑な心理特性に注目するのであれば、Lachmann et al. (2021) が行ったように、GWAS 研究によって候補とされた遺伝子多型の効果を異なったサンプル（特に元となっている GWAS 研究がターゲットとした集団とは異なった民族的背景や文化的背景をもったサンプル）を使って検討し、その効果の妥当性を調べていく作業は極めて重要である。

加えて、GWAS の進展とともに、GWAS によって得られた複数の候補遺伝子の効果を評価するための多遺伝子スコアも用いられている。このスコアは、各遺伝子多型の影響をアレルの数 (0, 1, 2) にその遺伝子多型の効果量で重みづけして求め、加算したものである。社会科学分野における GWAS 研究のうち、信頼性の高い結果を見出している指標として教育年数が挙げられる。近年、教育年数を対象とした大規模な GWAS 研究が行われ、多遺伝子スコアが用いられている。幸福感のような主観的な評価とは異なり、教育年数は客観的な指標であり、しかも社会経済的地位を示唆する。そのため、教育年数を対象とした GWAS 研究を行うことで、社会階層に関連したさまざまな社会行動や健康への遺伝子の効果といった極めて影響力のある議論が可能である。一連の研究のうち、10 万程度のデータを用いた Rietveld et al. (2013) は、3 つの独立した一塩基多型を同定した。また、有意水準の閾値をいくつか設定してその基準を満たす複数の遺伝子多型を使って多遺伝子スコアを求め、それがどの程度教育年数の分散を説明するかを調べた。その結果、すべての遺伝子多型を含めた場合の数値が最も高く、その値は約 3% であった。以降のより大きいサンプルサイズを用いた研究の場合、例えば、約 30 万のデータを用いた Okbay, Beauchamp et al. (2016) は、74 の独立した一塩基多型を同定し、すべての遺伝子多型を含めた場合の多遺伝子スコアは、3.2% の教育年数の分散を説明した。後続の Lee et al. (2018) では、110 万程度のサンプルサイズを用いて 1,271 の独立した一塩基多型を同定し、多遺伝子スコアは 11~13% の教育年数の分散を説明した。さらに Okbay et al. (2022) は、300 万程度のサンプルサイズを用いて 3,952 の独立した一塩基多型を同定し、多遺伝子スコアは 12~16% の教育年数の分散を説明した。加えて D. Belsky らの

研究は、教育年数にかかわる多遺伝子スコアがどの程度関連する変数を予測するのかについても検討した。彼らは、まず、ダニーデン（ニュージーランド）における縦断研究のデータセットを用い、教育年数にかかわる多遺伝子スコアは、社会経済的地位の高い家庭環境であるほど高くなったものの、そのような家庭環境の差異にかかわらず、そのスコアが高いほど大人になってから社会的に成功しやすいこと（下から上への社会移動が生じやすいこと）を示した (Belsky et al., 2016)。ダニーデンに加えて他のいくつかの縦断研究のデータベースを加えて検討した Belsky et al. (2018) は、この 2016 年の知見を追認するとともに、母親の教育年数にかかわる多遺伝子スコアが子どもの教育年数の長さを予測することを示した。しかし、これまで紹介した研究は、ヨーロッパを出自とする人々を対象にモデルを作成し、同じ出自の人々の教育年数を予測したものである。実際、Lee et al. (2018) によると、アメリカの Health and Retirement Study のデータベースにおけるアフリカ系アメリカ人を対象とした場合、彼らが依拠した多遺伝子スコアによって説明された教育年数の分散は 1.6% であった。Martin et al. (2017) も、欧米のビックデータを対象とした GWAS から得られた候補遺伝子や多遺伝子スコアによるモデルを他の民族背景の人々に適用するのが困難であることを述べている。また、広範な研究のレビューを行った Duncan et al. (2019) も同様の結論を示した。2008 年から 2017 年に行われた多遺伝子スコアを含む研究の 67% がヨーロッパ系の人々のみを対象としており、またヨーロッパ系の人々をもとにしたモデルの当てはまりは非ヨーロッパ系において低く、特にアフリカ系の場合にその傾向は顕著であった。これらの結果は、もし日本人における何らかの心理特性、例えば主観的幸福感を検討するのであれば、日本人を対象としたビックデータに基づき候補遺伝子を探索して多遺伝子スコアによるモデルを作成する必要があることを示唆する。

5. まとめと今後の可能性

本論では、社会・文化環境と遺伝子の共進化や相互作用についての知見を選択的にレビューし

た。文化心理学によれば、人々がある社会・文化環境で生きるということは、すでにその環境で作られてきた価値や意味を含む慣習に参加し、考え、感じることを通じて、その価値や意味を自らのふるまいとして体現することであり、そのふるまいとしての体現こそが文化的な価値や意味を再生産する。そして重要なことに、そのプロセスにおいて、人々が意識的にその文化に対して賛同しているかどうかは決して必要不可欠ではない。文化とはある意味、空気のようなものであり、日々の生活において空気を吸っていることをあえて意識することもないのと同様、当該の文化に対する是非を意識することなく日々を生活し、そのことが結果的に文化的な価値や意味の再生産となる。過去30年近くに及ぶ研究は、主観的な態度や感情の報告のみならず、むしろ行動そのものを記録することを通じて、この文化による非意識的な、非明示的な心への影響を明らかにしてきた (Cohen & Kitayama, 2019)。そして現在では、脳や遺伝子へと研究が進むことで、その知見は、ヒトとしての生物学的基盤を前提としながらも、社会・文化環境がどう人を作り上げ、さらにその人たちが寄り集まってどう社会・文化環境を作り上げたかという根本的な問いの解明に貢献するだろう。

社会・文化環境と遺伝子の共進化や相互作用についての知見については、検定力不足に関連したさまざまな問題が指摘されている。その問題を背景として、近年GWASによるアプローチが主流になりつつある。Montag et al. (2020) は“genome wide scans”という言葉を用いたが、GWASによって見出された「候補」遺伝子についてその影響を行動や脳レベルで詳細に検討していくことは不可欠である。さらに、文化心理学者としての懸念でもあり、またそれゆえにまだこの領域に対する貢献が可能と思わせるのは、従来の単一の遺伝子多型に着目した研究、ビッグデータによるGWAS解析、そしてCaspi et al. (2003) に代表されるような養育環境と遺伝子多型との相互作用に関する研究の（つまり文化心理学者による文化と遺伝子の共進化や相互作用に関する研究を除いた）ほぼすべては、単一文化のサンプルに基づいているという現状である。なお、GWASでは、民族の差異などが理由で遺伝的に異なったサンプルが含まれる

場合に population stratification (集団構造) のバイアスが生じ、偽陽性の知見の確率が上昇することが知られている (Marchini et al., 2004)。一般的には、主成分分析を用いてその集団構造を取り出し、遺伝子の効果を調べるための線形回帰モデルにその集団構造に関する項を含めることで統制する。そしてその集団構造を取り出す際、同じ先祖の背景をもつ集団ごとにクラスター化していく方法も提唱されている (Solovieff et al., 2010)。ヒトという生物の普遍的な特性を前提とした場合、民族の差異は基本的にエラー扱いになる。この前提は、心理学、神経科学においても広く信じられている。

その一方で、Henrichは、心理学の知見がWEIRD (Western, Educated, Industrialized, Rich, Democraticの略) である人々を対象としたものに極めて偏っていることの問題点を指摘し、非WEIRDの文化的背景をもった人々を対象とした研究の必要性を提唱している (e.g., Henrich, 2020; Henrich, Heine, & Norenzayan, 2010)。同様のことは、この研究領域にも当てはまる。実際、GWAS解析に基づく知見は、世界人口の約24%の情報に基づくもので、そのサンプルの代表性には問題がある (Mills & Rahal, 2020)。そして文化と遺伝子の共進化の研究が示しているように、文化環境に応じて結果的にある特定の遺伝子多型が選択され、その分布に大きな地域差が生じている可能性がある。よって、養育環境と遺伝子多型との相互作用に関する研究や英国や米国のビッグデータに基づくGWAS解析から見出された知見は、どの程度通文化的に妥当であるか、この点は極めて重要な問いである。このうち、養育環境と遺伝子多型との相互作用に関しては、我々の研究プロジェクトにおいても、日本とカナダにおいて一般的信頼の醸成における養育環境とOXTR rs53576との相互作用の可能性を検討し、望ましくない養育環境が一般的信頼の醸成の妨げになるが、この効果はOXTRのAAをもつ個人に特化していることを通文化的に示した (Zheng et al., 2020)。一方で、多遺伝子スコアでの民族的背景を超えたモデルの当てはまりの悪さは、現状のヨーロッパ系の人々を対象とした結論を通文化的に扱うことの妥当性に疑問を投げかけるものであり、非ヨーロッパ系のサンプルを対象としたGWAS研究が急務であることを示

峻する。今後、幅広いサンプルをターゲットとしたGWASの知見によって見出される候補遺伝子や多遺伝子スコア、さらにはそれらの遺伝子と行動指標との関連、および脳内発現の機序といった面まで検討していくことは、ヒト(人)とは何か、社会・文化とは何か、そしてそれらはどのように相互構成し合っているのかという根幹の問題に、社会科学、自然科学の両面から光を当てることには他ならない。

最後に、本論では双子を対象とした行動遺伝学の知見、特に文化比較の視点を含んだ知見を紹介することができなかったが、心理・行動形質への遺伝子の効果を考える上で本来極めて重要である。近年、Uchiyama, Spicer, & Muthukrishna (2022)が行ったシミュレーションの結果は、さまざまな形質の遺伝率が文化環境に応じて異なってくることを示している。また双子を対象とした実証研究では、Shikishima et al. (2013)が日本とスウェーデンの養育の仕方に着目し、日本では子どもを中心とし親はそれに合わせるという価値を反映して養育の仕方に対する子どもの遺伝要因への影響が相対的に大きく、一方スウェーデンでは親を中心とした価値を反映しむしろ共有環境の影響が相対的に大きいことを示した。ただしShikishima et al. (2013)が述べるには、日本とスウェーデンの対比に限っても、これまでの性格や一般的知能への遺伝要因や環境要因の影響には文化差がない。養育には、社会・文化環境で共有されている信念や価値が反映されやすいが、その結果、環境の自由度(例えば、子ども中心に考えるような場合は、親が自身を中心に考えてその考え方を押し付ける場合と比較し、子どもを取り巻く環境の自由度はおそらく高いだろう)によって遺伝の影響の表れ方が変わってくる可能性はある。そして環境の自由度を拡張させるならば、本論でも取り上げた過去の病原体の蔓延を反映した規範の厳しさに代表される集団主義的なシステムの程度によって遺伝率は変わってくるだろう。双子を対象とした行動遺伝学の主眼は個人差の起源にあるため、文化心理学におけるそれとは異なる。しかし、ある心理・行動形質における遺伝の影響がどの程度社会・文化環境における規範や慣習を反映して異なってくるのか、しかもどのような心理・行動形質の場合に社会・文化環境によるそのような影響

が生じやすいのかといった問いは、遺伝子と文化の共進化や相互作用における(文化心理学者の)見方を補完するものとして位置づけられ、今後の研究の交流が必要であると考えられる。

謝 辞

本稿の草稿段階で大坪庸介先生(東京大学)から有益なコメントをいただきました。記して謝意を表します。

文 献

- Bakermans-Kranenburg, M. J., & van IJzendoorn, M. H. (2011). Differential susceptibility to rearing environment depending on dopamine-related genes: New evidence and a meta-analysis. *Development and Psychopathology*, 23, 39–52. <https://doi.org/10.1017/S0954579410000635>
- Belsky, D. W., Domingue, B. W., Wedow, R., Arseneault, L., Boardman, J. D., Caspi, A., ... Harris, K. M. (2018). Genetic analysis of social-class mobility in five longitudinal studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115, E7275–E7284. <https://doi.org/10.1073/pnas.1801238115>
- Belsky, D. W., Moffitt, T. E., Corcoran, D. L., Domingue, B., Harrington, H., Hogan, S., ... Caspi, A. (2016). The genetics of success: How single-nucleotide polymorphisms associated with educational attainment relate to life-course development. *Psychological Science*, 27, 957–972. <https://doi.org/10.1177%2F0956797616643070>
- Belsky, J. (2005). Differential susceptibility to rearing influences: An evolutionary hypothesis and some evidence. In B. Ellis & D. Bjorklund (Eds.), *Origins of the social mind: Evolutionary psychology and child development* (pp. 139–163). Guildford.
- Belsky, J., Bakermans-Kranenburg, M. J., & van IJzendoorn, M. H. (2007). For better and for worse: Differential susceptibility to environmental influences. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 300–304. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1467-8721.2007.00525.x>
- Belsky, J., & Beaver, K. M. (2011). Cumulative-genetic plasticity, parenting and adolescent self-regulation. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52, 619–626. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02327.x>
- Benjamin, J., Li, L., Patterson, C., Greenberg, B. D., Murphy, D. L., & Hamer, D. H. (1996). Population and familial association between the D4 dopamine receptor gene and measures of novelty seeking. *Nature Genetics*, 12, 81–84. <https://doi.org/10.1038/ng0196-81>
- Bethlehem, R. A., Van Honk, J., Auyeung, B., & Baron-Cohen, S. (2013). Oxytocin, brain physiology, and functional connectivity: a review of intranasal oxytocin fMRI studies. *Psychoneuroendocrinology*, 38, 962–974.

- <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.10.011>
- Bowers, M. E., Buzzell, G. A., Salo, V., Troller-Renfree, S. V., Hodgkinson, C. A., Goldman, D., ... Fox, N. A. (2020). Relations between catechol-O-methyltransferase Val158Met genotype and inhibitory control development in childhood. *Developmental Psychobiology*, *62*, 181–190. <https://doi.org/10.1002/dev.21901>
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1985). *Culture and the evolutionary process*. The University of Chicago Press.
- Caspi, A., Sugden, K., Moffitt, T. E., Taylor, A., Craig, I. W., Harrington, H., ... Poulton, R. (2003). Influence of life stress on depression: Moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene. *Science*, *301*, 386–389. <https://doi.org/10.1126/science.1083968>
- Cavalli-Sforza, L. L., & Feldman, M. W. (1981). *Cultural transmission and evolution: A quantitative approach*. Princeton University Press.
- Chang, F. M., Kidd, J. R., Livak, K. J., Pakstis, A. J., & Kidd, K. K. (1996). The world-wide distribution of allele frequencies at the human dopamine D4 receptor locus. *Human Genetics*, *98*, 91–101. <https://doi.org/10.1007/s004390050166>
- Chen, C., Burton, M., Greenberger, F., & Dmitrieva, J. (1999). Population migration and the variation of dopamine D4 receptor (DRD4) allele frequencies around the globe. *Evolution and Human Behavior*, *20*, 309–324. [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(99\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(99)00015-X)
- Chen, C., & Moyzis, R. K. (2018). Cultural genomics: Promises and challenges. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *49*, 764–788. <https://doi.org/10.1177/0022022117736526>
- Chiao, J. Y., & Blizinsky, K. D. (2010). Culture-gene coevolution of individualism-collectivism and the serotonin transporter gene. *Proceedings of the Royal Society B*, *277*, 529–537. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1650>
- Cohen, D., & Kitayama, S. (2019). *Handbook of cultural psychology* (2nd ed.). Guilford.
- Culverhouse, R. C., Saccone, N. L., Horton, A. C., Ma, Y., Anstey, K. J., Banaschewski, T., ... Bierut, L. J. (2018). Collaborative meta-analysis finds no evidence of a strong interaction between stress and 5-HTTLPR genotype contributing to the development of depression. *Molecular Psychiatry*, *23*, 133–142. <https://doi.org/10.1038/mp.2017.44>
- Dick, D. M., Agrawal, A., Keller, M. C., Adkins, A., Aliev, F., Monroe, S., ... Sher, K. J. (2015). Candidate gene-environment interaction research: Reflections and recommendations. *Perspectives on Psychological Science*, *10*, 37–59. <https://doi.org/10.1177/1745691614556682>
- Ding, Y. C., Chi, H. C., Grady, D. L., Morishima, A., Kidd, J. R., Kidd, K. K., ... Moyzis, R. K. (2002). Evidence of positive selection acting at the human dopamine receptor D4 gene locus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *99*, 309–314. <https://doi.org/10.1073/pnas.012464099>
- Duncan, L. E., & Keller, M. C. (2011). A critical review of the first 10 years of candidate gene-by-environment interaction research in psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, *168*, 1041–1049. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2011.11020191>
- Duncan, L., Shen, H., Gelaye, B., Meijssen, J., Ressler, K., Feldman, M., ... Domingue, B. (2019). Analysis of polygenic risk score usage and performance in diverse human populations. *Nature Communications*, *10*, 3328. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11112-0>
- Ebstein, R. P., Novick, O., Umansky, R., Priel, B., Osher, Y., Blaine, D., ... Belmaker, R. H. (1996). Dopamine D4 receptor (D4DR) exon III polymorphism associated with the human personality trait of novelty seeking. *Nature Genetics*, *12*, 78–80. <https://doi.org/10.1038/ng0196-78>
- Eisenberg, D. T. A., Campbell, B., Gray, P. B., & Sorenson, M. D. (2008). Dopamine receptor genetic polymorphisms and body composition in undernourished pastoralists: An exploration of nutrition indices among nomadic and recently settled Ariaal men of northern Kenya. *BMC Evolutionary Biology*, *8*, 173. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-8-173>
- Eisenberg, D. T. A., & Hayes, M. G. (2011). Testing the null hypothesis: Comments on ‘Culture-gene coevolution of individualism-collectivism and the serotonin transporter gene’. *Proceedings of the Royal Society B*, *278*, 329–332. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0714>
- Eisenberger, N. I., Lieberman, M. D., & Williams, K. D. (2003). Does rejection hurt? An fMRI study of social exclusion. *Science*, *302*, 290–292. <https://doi.org/10.1126/science.1089134>
- Fincher, C. L., Thornhill, R., Murray, D. R., & Schaller, M. (2008). Pathogen prevalence predicts human cross-cultural variability in individualism/collectivism. *Proceedings of the Royal Society B*, *275*, 1279–1285. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0094>
- Fischer, R. (2013). Gene-environment interactions are associated with endorsement of social hierarchy values and beliefs across cultures. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *44*, 1107–1121. <https://doi.org/10.1177/0022022112471896>
- Gelernter, J., Kranzler, H., & Cubells, J. F. (1997). Serotonin transporter protein (SLC6A4) allele and haplotype frequencies and linkage disequilibria in African- and European-American and Japanese populations and in alcohol-dependent subjects. *Human Genetics*, *101*, 243–246. <https://doi.org/10.1007/s004390050624>
- Gelfand, M. J., Raver, J. L., Nishii, L., Leslie, L. M., Lun, J., Lim, B. C., ... Yamaguchi, S. (2011). Differences

- between tight and loose cultures: A 33-nation study. *Science*, 332, 1100–1104. <https://doi.org/10.1126/science.1197754>
- Henrich, J. (2020). *The WEIRDest people in the world: How the West became psychologically peculiar and particularly prosperous*. Farrar, Straus & Giroux.
- Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 61–135. <https://doi.org/10.1038/466029a>
- Hariri, A. R., Mattay, V. S., Tessitore, A., Kolachana, B., Fera, F., Goldman, D., ... & Weinberger, D. R. (2002). Serotonin transporter genetic variation and the response of the human amygdala. *Science*, 297, 400–403. <https://doi.org/10.1126/science.1071829>
- Heine, S. J., Lehman, D. R., Peng, K., & Greenholtz, J. (2002). What's wrong with cross-cultural comparisons of subjective Likert scales?: The reference-group effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 82, 903–918. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.82.6.903>
- Hofstede, G. (2001). *Culture's consequences: comparing values, behaviors, institutions and organizations across nations*. Sage Publications.
- Horita, Y., & Takezawa, M. (2018). Cultural differences in strength of conformity explained through pathogen stress: a statistical test using hierarchical Bayesian estimation. *Frontiers in Psychology*, 9, 1921. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01921>
- Ishii, K., Kim, H. S., Sasaki, J. Y., Shinada, M., & Kusumi, I. (2014). Culture modulates sensitivity to the disappearance of facial expressions associated with serotonin transporter polymorphism (5-HTTLPR). *Culture and Brain*, 2, 72–88. <https://doi.org/10.1007/s40167-014-0014-8>
- Ishii, K., Masuda, T., Matsunaga, M., Noguchi, Y., Yamasue, H., & Ohtsubo, Y. (2021a). A reexamination of the effects of culture and dopamine D4 receptor gene interaction on social orientation. *Psychologia*, 63, 137–150. <https://doi.org/10.2117/psysoc.2021-B014>
- Ishii, K., Masuda, T., Matsunaga, M., Noguchi, Y., Yamasue, H., & Ohtsubo, Y. (2021b). Do culture and oxytocin receptor polymorphisms interact to influence emotional expressivity? *Culture and Brain*, 9, 20–34. <https://doi.org/10.1007/s40167-020-00091-5>
- Ishii, K., Miyamoto, Y., Mayama, K., & Niedenthal, P. M. (2011). When your smile fades away: Cultural differences in sensitivity to the disappearance of smiles. *Social Psychological and Personality Science*, 2, 516–522. <https://doi.org/10.1177%2F1948550611399153>
- Jern, P., Verweij, K. J., Barlow, F. K., & Zietsch, B. P. (2017). Reported associations between receptor genes and human sociality are explained by methodological errors and do not replicate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, E9185–E9186.
- Kim, H. S., & Sasaki, J. Y. (2014). Cultural neuroscience: Biology of the mind in cultural contexts. *Annual Review of Psychology*, 65, 487–514. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115040>
- Kim, H. S., Sherman, D. K., Mojaverian, T., Sasaki, J. Y., Park, J., Suh, E. M., & Taylor, S. E. (2011). Gene-culture interaction: Oxytocin receptor polymorphism (OXTR) and emotion regulation. *Social Psychological and Personality Science*, 2, 665–672. <https://doi.org/10.1177/1948550611405854>
- Kim, H. S., Sherman, D. K., Sasaki, J. Y., Xu, J., Chu, T. Q., Ryu, C., ... Taylor, S. E. (2010). Culture, distress, and oxytocin receptor polymorphism (OXTR) interact to influence emotional support seeking. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 15717–15721. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010830107>
- Kitayama, S., King, A., Hsu, M., Liberzon, I., & Yoon, C. (2016). Dopamine-system genes and cultural acquisition: The norm sensitivity hypothesis. *Current Opinion in Psychology*, 8, 167–174. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.11.006>
- Kitayama, S., King, A., Yoon, C., Tompson, S., Huff, S., & Liberzon, I. (2014). The dopamine D4 receptor gene (DRD4) moderates cultural difference in independent versus interdependent social orientation. *Psychological Science*, 25, 1169–1177. <https://doi.org/10.1177%2F0956797614528338>
- Kitayama, S., Yanagisawa, K., Ito, A., Ueda, R., Uchida, Y., & Abe, N. (2017). Reduced orbitofrontal cortical volume is associated with interdependent self-construal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 7969–7974. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704831114>
- Kitayama, S., Yu, Q., King, A. P., Yoon, C., & Liberzon, I. (2020). The gray matter volume of the temporoparietal junction varies across cultures: A moderating role of the dopamine D4 receptor gene (DRD4). *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 15, 193–202. <https://doi.org/10.1093/scan/nsaa032>
- Kuhnen, C. M., & Chiao, J. Y. (2009). Genetic determinants of financial risk taking. *PLoS ONE*, 4, e4362. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004362>
- Lachmann, B., Doebler, A., Sindermann, C., Sariyska, R., Cooper, A., Haas, H., & Montag, C. (2021). The molecular genetics of life satisfaction: Extending findings from a recent genome-wide association study and examining the role of the serotonin transporter. *Journal of Happiness Studies*, 22, 305–322. <https://doi.org/10.1007/s10902-020-00231-x>
- Lalwani, A. K., Shavitt, S., & Johnson, T. (2006). What is the relation between cultural orientation and socially desirable responding? *Journal of Personality and Social Psychology*, 91, 100–110. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.91.1.100>

- chology*, 90, 165–178. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.90.1.165>
- Laplana, M., Royo, J. L., García, L. F., Aluja, A., Gomez-Skarmeta, J. L., & Fibla, J. (2014). SIRPB1 copy-number polymorphism as candidate quantitative trait locus for impulsive-disinhibited personality. *Genes, Brain and Behavior*, 13, 653–662. <https://doi.org/10.1111/gbb.12154>
- LeClair, J., Janusonis, S., & Kim, H. S. (2014). Gene-culture interactions: A multi-gene approach. *Culture and Brain*, 2, 122–140. <https://doi.org/10.1007/s40167-014-0022-8>
- Lee, J. J., Wedow, R., Okbay, A., Kong, E., Maghziyan, O., Zacher, M., ... Cesarini, D. (2018). Gene discovery and polygenic prediction from a genome-wide association study of educational attainment in 1.1 million individuals. *Nature Genetics*, 50, 1112–1121. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0147-3>
- Lee, M., Lindo, J., & Rilling, J. K. (2021). Exploring gene-culture coevolution in humans by inferring neuro-endophenotypes: A case study of the oxytocin receptor gene and cultural tightness. *Genes, Brain and Behavior*, e12783. <https://doi.org/10.1111/gbb.12783>
- Lesch, K. P., Bengel, D., Heils, A., Sabol, S. Z., Greenberg, B. D., Petri, S., ... Murphy, D. L. (1996). Association of anxiety-related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region. *Science*, 274, 1527–1531. <https://doi.org/10.1126/science.274.5292.1527>
- Mace, R., & Pagel, M. (1994). The comparative method in anthropology. *Current Anthropology*, 35, 549–564. <https://doi.org/10.1086/204317>
- Marchini, J., Cardon, L. R., Phillips, M. S., & Donnelly, P. (2004). The effects of human population structure on large genetic association studies. *Nature Genetics*, 36, 512–517. <https://doi.org/10.1038/ng1337>
- Markus, H. R., & Kitayama, S. (1991). Culture and the self: Implications for cognition, emotion, and motivation. *Psychological Review*, 98, 224–253. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.98.2.224>
- Martin, A. R., Gignoux, C. R., Walters, R. K., Wojcik, G. L., Neale, B. M., Gravel, S., ... Kenny, E. E. (2017). Human demographic history impacts genetic risk prediction across diverse populations. *The American Journal of Human Genetics*, 100, 635–649. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2017.03.004>
- Matsunaga, M., Masuda, T., Ishii, K., Ohtsubo, Y., Noguchi, Y., Ochi, M., & Yamasue, H. (2018). Culture and cannabinoid receptor gene polymorphism interact to influence the perception of happiness. *PLoS ONE*, 13, e0209552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209552>
- Matsunaga, M., Ohtsubo, Y., Masuda, T., Noguchi, Y., Yamasue, H., & Ishii, K. (2021). A genetic variation in the Y chromosome among Japanese males is related to several physiological and psychological characteristics. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 15, 774879. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.774879>
- Mills, M. C., & Rahal, C. (2020). The GWAS Diversity Monitor tracks diversity by disease in real time. *Nature Genetics*, 52, 242–243. <https://doi.org/10.1038/s41588-020-0580-y>
- Minkov, M., Blagoev, V., & Bond, M. H. (2015). Improving research in the emerging field of cross-cultural sociogenetics: The case of serotonin. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 46, 336–354. <https://doi.org/10.1177%2F0022022114563612>
- Monroe, S. M., & Simons, A. D. (1991). Diathesis-stress theories in the context of life stress research: implications for the depressive disorders. *Psychological Bulletin*, 110, 406–425. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.110.3.406>
- Montag, C., Ebstein, R. P., Jawinski, P., & Markett, S. (2020). Molecular genetics in psychology and personality neuroscience: On candidate genes, genome wide scans, and new research strategies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 118, 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.06.020>
- Moriguchi, Y., & Shinohara, I. (2018). Effect of the COMT Val158Met genotype on lateral prefrontal activations in young children. *Developmental Science*, 21, e12649. <https://doi.org/10.1111/desc.12649>
- Mrazek, A. J., Chiao, J. Y., Blizinsky, K. D., Lun, J., & Gelfand, M. J. (2013). The role of culture–gene coevolution in morality judgment: Examining the interplay between tightness–looseness and allelic variation of the serotonin transporter gene. *Culture and Brain*, 1, 100–117. <https://doi.org/10.1007/s40167-013-0009-x>
- Munafò, M. R., Durrant, C., Lewis, G., & Flint, J. (2009). Gene × environment interactions at the serotonin transporter locus. *Biological Psychiatry*, 65, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.06.009>
- Nikolova, Y. S., Ferrell, R. E., Manuck, S. B., & Hariri, A. R. (2011). Multilocus genetic profile for dopamine signaling predicts ventral striatum reactivity. *Neuropsychopharmacology*, 36, 1940–1947. <https://doi.org/10.1038/npp.2011.82>
- Odling-Smee, F. J. (1988). Niche constructing phenotypes. In H. C. Plotkin (Ed.), *The Role of behaviour in evolution* (pp. 73–132). MIT Press.
- Okbay, A., Baselmans, B. M., De Neve, J. E., Turley, P., Nivard, M. G., Fontana, M. A., ... Rich, S. S. (2016). Genetic variants associated with subjective well-being, depressive symptoms, and neuroticism identified through genome-wide analyses. *Nature Genetics*, 48, 624–633. <https://doi.org/10.1038/ng.3552>

- Okbay, A., Beauchamp, J. P., Fontana, M. A., Lee, J. J., Pers, T. H., Rietveld, C. A., ... Rustichini, A. (2016). Genome-wide association study identifies 74 loci associated with educational attainment. *Nature*, *533*, 539–542. <https://doi.org/10.1038/nature17671>
- Okbay, A., Wu, Y., Wang, N., Jayashankar, H., Bennett, M., Nehzati, S. M., ... 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. <https://doi.org/10.1038/s41588-022-01016-z>
- Panksepp, J., Vilberg, T., Bean, N. J., Coy, D. H., & Kastin, A. J. (1978). Reduction of distress vocalization in chicks by opiate-like peptides. *Brain Research Bulletin*, *3*, 663–667. [https://doi.org/10.1016/0361-9230\(78\)90014-X](https://doi.org/10.1016/0361-9230(78)90014-X)
- Peng, K., Nisbett, R. E., & Wong, N. Y. (1997). Validity problems comparing values across cultures and possible solutions. *Psychological Methods*, *2*, 329–344. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.2.4.329>
- Richerson, P. J., & Boyd, R. (2005). *Not by genes alone: How culture transformed human evolution*. The University of Chicago Press.
- Rietveld, C. A., Medland, S. E., Derringer, J., Yang, J., Esko, T., Martin, N. W., ... Preisig, M. (2013). GWAS of 126,559 individuals identifies genetic variants associated with educational attainment. *Science*, *340*, 1467–1471. <https://doi.org/10.1126/science.1235488>
- Risch, N., Herrell, R., Lehner, T., Liang, K. Y., Eaves, L., Hoh, J., ... Merikangas, K. R. (2009). Interaction between the serotonin transporter gene (5-HTTLPR), stressful life events, and risk of depression: a meta-analysis. *JAMA*, *301*, 2462–2471. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.878>
- Rodrigues, S. M., Saslow, L. R., Garcia, N., John, O., & Keltner, D. (2009). Oxytocin receptor genetic variation relates to empathy and stress reactivity in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*, 21437–21441. <https://doi.org/10.1073/pnas.0909579106>
- Royo, J. L., Valls, J., Acemel, R. D., Gómez-Marin, C., Pascual-Pons, M., Lupiáñez, A., ... Fibla, J. (2018). A common copy-number variant within SIRPB1 correlates with human Out-of-Africa migration after genetic drift correction. *PLoS ONE*, *13*, e0193614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193614>
- Saphire-Bernstein, S., Way, B. M., Kim, H. S., Sherman, D. K., & Taylor, S. E. (2011). Oxytocin receptor gene (OXTR) is related to psychological resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*, 15118–15122. <https://doi.org/10.1073/pnas.1113137108>
- Sasaki, J. Y., & Kim, H. S. (2017). Nature, nurture, and their interplay: A review of cultural neuroscience. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *48*, 4–22. <https://doi.org/10.1177%2F0022022116680481>
- Schirmbeck, K., Rao, N., & Maehler, C. (2020). Similarities and differences across countries in the development of executive functions in children: A systematic review. *Infant and Child Development*, *29*, e2164. <https://doi.org/10.1002/icd.2164>
- Senzaki, S., Pott, U., Shinohara, I., & Moriguchi, Y. (2021). Roles of culture and COMT Val58Met gene on neural basis of executive function: A comparison between Japanese and American children. *Developmental Psychobiology*, *63*, 1053–1060. <https://doi.org/10.1002/dev.22087>
- Shikishima, C., Hiraishi, K., Yamagata, S., Neiderhiser, J. M., & Ando, J. (2013). Culture moderates the genetic and environmental etiologies of parenting: A cultural behavior genetic approach. *Social Psychological and Personality Science*, *4*, 434–444. <https://doi.org/10.1177%2F1948550612460058>
- Solovieff, N., Hartley, S. W., Baldwin, C. T., Perls, T. T., Steinberg, M. H., & Sebastiani, P. (2010). Clustering by genetic ancestry using genome-wide SNP data. *BMC Genetics*, *11*, 108. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-108>
- Suh, E., Diener, E., Oishi, S., & Triandis, H. C. (1998). The shifting basis of life satisfaction judgments across cultures: Emotions versus norms. *Journal of Personality and Social Psychology*, *74*, 482–493. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.2.482>
- Taylor, S. E., Sherman, D. K., Kim, H. S., Jarcho, J., Takagi, K., & Dunagan, M. S. (2004). Culture and social support: Who seeks it and why? *Journal of Personality and Social Psychology*, *87*, 354–362. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.3.354>
- Taylor, S. E., Way, B. M., Welch, W. T., Hilmert, C. J., Lehman, B. J., & Eisenberger, N. I. (2006). Early family environment, current adversity, the serotonin transporter promoter polymorphism, and depressive symptomatology. *Biological Psychiatry*, *60*, 671–676. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.04.019>
- Tompson, S. H., Huff, S. T., Yoon, C., King, A., Liberzon, I., & Kitayama, S. (2018). The dopamine D4 receptor gene (DRD4) modulates cultural variation in emotional experience. *Culture and Brain*, *6*, 118–129. <https://doi.org/10.1007/s40167-018-0063-5>
- Uchiyama, R., Spicer, R., & Muthukrishna, M. (2022). Cultural evolution of genetic heritability. *Behavioral and Brain Sciences*, *45*, e152. <https://doi.org/10.1017/S0140525X21000893>
- van IJzendoorn, M. H., Belsky, J., & Bakermans-Kranenburg, M. J. (2012). Serotonin transporter genotype 5HTTLPR as a marker of differential susceptibility? A meta-analysis

- of child and adolescent gene-by-environment studies. *Translational Psychiatry*, 2, e147. <https://doi.org/10.1038/tp.2012.73>
- Way, B. M., & Lieberman, M. D. (2010). Is there a genetic contribution to cultural differences? Collectivism, individualism, and genetic markers of social sensitivity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 5, 203–211. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq059>
- Way, B. M., Taylor, S. E., & Eisenberger, N. I. (2009). Variation in the-opioid receptor gene (OPRM1) is associated with dispositional and neural sensitivity to social rejection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 15079–15084. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812612106>
- Williams, K. D., Cheung, C. K., & Choi, W. (2000). Cyberostracism: Effects of being ignored over the Internet. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79, 748–762. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.5.748>
- Yu, Q., Abe, N., King, A., Yoon, C., Liberzon, I., & Kitayama, S. (2019). Cultural variation in the gray matter volume of the prefrontal cortex is moderated by the dopamine D4 receptor gene (DRD4). *Cerebral Cortex*, 29, 3922–3931. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy271>
- Zheng, S., Masuda, T., Matsunaga, M., Noguchi, Y., Ohtsubo, Y., Yamasue, H., & Ishii, K. (2020). Oxytocin Receptor Gene (OXTR) and Childhood Adversity Influence Trust. *Psychoneuroendocrinology*, 121, 104840. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.104840>
- Zubieta, J. K., Ketter, T. A., Bueller, J. A., Xu, Y., Kilbourn, M. R., Young, E. A., & Koeppe, R. A. (2003). Regulation of human affective responses by anterior cingulate and limbic muopioid neurotransmission. *Archives of General Psychiatry*, 60, 1145–1153. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.60.11.1145>

— 2022. 9. 7 受理 —