

創造性の遺伝的基盤に関する研究動向

Genetic bases of creativity: A brief review

石黒 千晶¹⁾

Ishiguro Chiaki

要 旨

現代社会において、新しい価値や技術を生み出す創造性は重要な能力の一つである。心理学領域でも創造性は100年近く研究されつづけてきたが、近年の遺伝子解析や脳イメージング技術の進歩により、創造性の生物学的基盤についても研究が始まっている。本稿では、特に最近増加している創造性の遺伝的基盤に関する研究動向を紹介する。その際に、創造性のタイプとして芸術家や科学者などの創造領域の専門家だけでなく、創造領域の初心者も含む全ての人の創造性に着目した。そのような人を対象にした場合の創造性の定義や測定方法について概観し、それらを利用した創造性の遺伝的基盤に関する研究を紹介した。最後に、遺伝と環境がどのように創造性に影響するのか、それらの知見がどのように教育に応用できるかについて議論した。

Keywords: 創造性、遺伝子、拡散的思考、創造的達成、プロダクト生成能力

創造性研究の新たな動向

現在はテクノロジーの進歩により、多くの仕事や作業がコンピュータやロボットにとってかわられようとしている。このような社会の中で私たちは学校や職場で学んだ知識を再現するだけでなく、新しい知識や技術を積極的に取り入れ、それらを統合して新しい価値や物事を生み出すことが求められている。このような社会は知識創造社会と言われる(Scardamalia & Bereiter, 2006)、企業や学校などの人材育成・教育現場では創造性の高い人材の育成が喫緊の課題である。

心理学領域でも創造性研究は100年以上行われてきた。創造性研究は、芸術家などの創造領域の専門家の事例研究から、創造活動の専門家ではない人を対象にした研究まで多岐にわたる。これらは、創造性教育のための根拠となる知見だと言える(Plucker et al., 2004)。さらに、近年の遺伝子解析技術や脳イメージング技術の発展から、創造性の心的機能だけでなく、それらを支える遺伝や脳などの生物学的基盤の研究も始まろうとしている。このような動きは創造性研究を教育分野に応用でき

るかどうかを、生物学的基盤から理解していく上で重要な試みと言える。特に、創造性の遺伝的基盤に関する研究はここ10年で新しいアプローチによる研究が増加しているトピックであり、日本国内でのレビューも少ない。そのため、本稿は創造性の遺伝的基盤に関する研究動向を概観し、今後の展望を述べる。

創造性のタイプ

創造性の遺伝的基盤に関する研究を紹介する前に、創造性とはどのような能力なのかを確認する必要がある。一口に創造性と言っても、世の中には様々なタイプの創造性がある。芸術と科学は創造の代表領域として挙げられることが多い。例えば、芸術家は作品を通して社会に新しい価値を提案し、文化を発展させる。また、科学者は新しい知識や理論を広めたり、技術を開発したりして、社会的価値観の発展や経済の活性化に貢献している。もちろん、上述した専門家に限らず、私たちは日常生活で困ったことがあったときや生活を豊かにしようとするときに、斬新なアイデアで問題を解決することがある。あるいは、学習場面で児童、生徒や学生が、教師が想定していないような新しい解答を見つける

1) 脳科学研究所

ことがある。Boden (2004) は前者のように歴史に残るような社会にとって新しい創造を「historical な創造性 (H-Creativity)」、後者のように歴史的には新しくなくても個人の中で新しい発想のことを「psychological な創造性 (P-Creativity)」と呼び、区別している。これらの創造性は、それぞれの特徴に応じて様々なアプローチで研究が進められてきた (Plucker & Renzulli, 1999)。例えば、H-Creativity については創造領域で著名な専門家に関する事例研究が伝統的に行われてきた。また、歴史上の人物のデータを収集して様々な変数と創造活動の成果の関係を理解する計量歴史学的方法というアプローチもある。一方、P-Creativity は創造領域の専門家に限らず、全ての人を研究対象とする。そのため、創造性テストなどを利用したり、実験室で実際に創造活動に取り組み、創造性に影響する要因を明らかにしたりする。さらに、それらの手法を組み合わせる脳や遺伝などの関連を調べる認知神経科学的方法がある。本稿で焦点を当てる創造性の遺伝的基盤の研究は認知神経科学的方法で行われる。そのため、創造性の遺伝的基盤についてレビューする前に、創造性がこれまでどのように定義され、測定されてきたかを概観する。

創造性の定義と測定

そもそも創造性は様々な知的能力を統合した複雑な概念であるため、明確な定義自体が困難であることが長年課題として指摘されてきた (Sternberg & Lubart, 1996)。心理学研究の中で比較的合意が得られているのは、新奇で有用なものを生み出す能力 (Sternberg & Lubart, 1999; Runco & Jaeger, 2012) という定義である。この能力はより多くの優れたアイデアを生成する拡散的思考として研究されてきた。Guilford (1967) は知能の要素として創造性の重要性を指摘し、拡散的思考を測定する方法を開発した。この方法では、回答者に身近なオブジェクトについて通常とは異なる使用方法を考えるよう求める。例えば、レンガの場合には「家を作る」という使用方法はありふれていて創造的ではないが、「ペーパーウェイトにする」といった方法は新しく、かつ、有用性が高いため創造的であるとみなされる。これらアイデアは、評定者によって新奇性、流暢性などの観点で評価され、創造性スコアが算出される。この方法は Alternative Uses Task (AUT: Guilford, 1967) と呼ばれる。類似する Torrance test of creative thinking (TTCT: Torrance, 1974) は、AUT と似た課題を含む

言語版テストと、与えられた図形に新しいイメージを書き込む絵画版テストに分かれている。そのため、言語能力が十分に発達していない児童から成人までを対象とする創造性の検査方法として最も普及している。しかし、これらの創造性検査は IQ スコアと正の相関があることが報告されており、創造性指標としての適切性が今なお議論されている。具体的には、IQ と創造性の関係として、(1) 創造的な人は IQ スコアが平均値以上であること、(2) IQ が 120 以下の場合には創造性と相関が比較的高いが、それ以上の場合には IQ と創造性の相関がなくなり、むしろ動機づけや認知スタイルが創造性に影響すること、(3) 創造性の発揮される領域や測定方法によって IQ と創造性の関連は変わることが指摘されている (Sternberg & O'Hara, 1999)。そのため、拡散的思考を創造性として扱う際には、あくまで創造的思考・行動のポテンシャルとして扱い、その他の行動指標や具体的な創造領域での成果とは別に扱う必要があると言える。

実際、創造性には拡散的思考のようなアイデア生成能力だけでなく、アイデアをプロダクトなどに実現するプロダクト生成能力も含まれる。そのため、より幅広い意味での創造性を調べるためには、拡散的思考などのアイデア生成能力だけでなく、プロダクト生成能力も併せて測定することが求められる。プロダクト生成能力を測定する上では、個人にデザインや描画などの課題を与え、実際にプロダクトを生成させる。そして、その作品を複数の評定者に評価させる。このときの評価は、創造領域のトレーニングを積んでいない人よりも、各領域の専門家にさせることが望ましいと言われている。Amabile (1982) は専門家による評価に基づくプロダクト生成能力の測定法である Consensual Assessment Technique (CAT) を開発している。この方法では、美術や文筆などのプロダクトを、各領域の複数の専門家に評価させる。そうすることで、その領域の初心者ではわからない観点や価値観をプロダクト評価に反映させることができる。さらに、評定者間信頼性を算出することで、評定者間でどの程度評価に違いがあるのかも判断することができる。

以上のアイデアやプロダクト生成能力は個人の創造的思考や行動のポテンシャルを理解する上で役立つが、創造性を理解する上でいくつかの問題も残る。最も大きな問題は、これらの指標では個人が日常生活で実際にどの程度創造的な活動にコミットし、その領域や社会に貢献したかどうかはわからないということである。冒

頭で述べたように、創造性は経済や文化など社会へ貢献する能力の一つである。このことを踏まえると、実験的に測定した創造性のポテンシャルのみでなく、現実社会で生み出されている個人の創造活動の実績も検討すべきであろう。個人の創造活動の実績についての研究は、著名なクリエイターの創造活動に関する事例研究や歴史上の人物に関するデータベースから計量的分析を行う歴史計量的研究 (e.g., Simonton, 1999) などに代表される。これらの研究では研究対象を創造領域の熟達者に絞ることが多い。一方、創造活動の初心者から熟達者まで全てを対象にして個人の創造活動の成果を測る方法もある。Carson et al. (2005) は創造的達成質問紙 (Creative Achievement Questionnaire) を開発している。この質問紙では、美術・音楽・ダンス、建築、文筆、ユーモア、発明、科学、演劇、料理などの多様な創造領域に関する成果を一貫した基準で回答させる。そして、各領域のスコアと創造活動の総合的なスコアを算出することができる。そのため、創造的達成質問紙を使用すると実際に個人が行ってきた創造活動やその成果を定量的に測定することができる。もちろん、創造的達成スコアは自己報告のため、アイデア・プロダクト生成課題と比べると信頼性は低くなる。しかも、創造領域の熟達者に調査することが困難であるため、冒頭で述べたような H-Creativity を測定することは現実的には難しい。しかし、突出したクリエイターであるかを問わずに、各創造領域や社会との関わりも含めた多くの人の創造性を測る指標としては現時点で最もリーズナブルであると言えよ

う。以上のアイデア・プロダクト生成能力、創造的達成は以下に述べる遺伝と創造性の関係に関する研究で創造性の指標として利用されている。

創造性の生物学的基盤

創造性についてパーソナリティの観点から研究してきた Gregory J. Feist は、創造的思考や行動に影響を与える仕組みを遺伝や脳機能、パーソナリティなどの観点から説明するモデルを提案している (Feist, 2010)。彼は、遺伝的・エピジェネティック的な影響が脳機能に影響し、それが認知・社会・動機づけ - 感情・臨床的な特性に影響して創造的思考・行動に結びつくと説明している (Figure 1)。

遺伝は創造的思考・行動にどの程度関与するのだろうか。この問いは数十年前から双生児法によって研究されてきた。双生児法を利用した研究では、遺伝子を100%共有する一卵性双生児 (monozygotic twin: MZ) と50%共有する二卵性双生児 (Dizygotic twin: DZ) の拡散的思考テスト得点の相関を比較することで遺伝と創造性の関係を検討する。初期の研究から、創造性テスト得点の相関は MZの方が DZより高いことが報告され、遺伝とアイデア生成能力の関係が指摘されてきた (Nichols, 1978)。しかし、遺伝がアイデア生成能力へ及ぼす影響は知能や認知的スキルによってほとんど説明できるという批判もあった (Canter, 1973)。そのため、その後の研究では、知能がある程度発達した成人を対象にして、知能の影響を統制することで遺伝とアイ

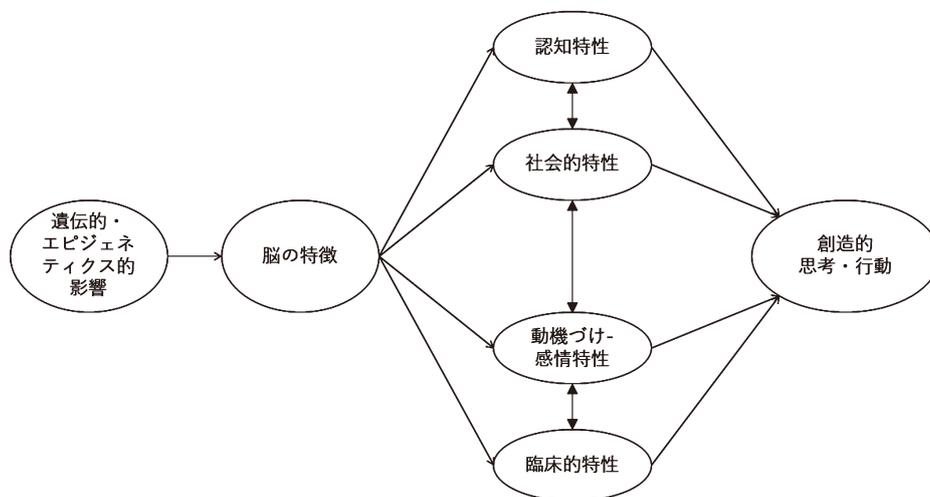


Figure 1 遺伝や脳、パーソナリティが創造性に与える影響 (Feist (2010) から改変)

ディア生成能力の関係が検討されるようになった。例えば、Grigorenko et al. (1992) は TTCT を利用して、TTCT 得点に .13 から .44 と中程度の遺伝率が見られることを報告している。創造的思考だけでなく、創造的パーソナリティや創造的達成と遺伝との関係も検討されている。Waller et al. (1993) は創造的パーソナリティ尺度 (Creative Personality Scale) を使って成人を対象とした双生児研究を行い、遺伝による創造的パーソナリティへの影響は環境による影響よりもかなり大きいことを示した (MZ と DZ の相関はそれぞれ .54, -.06)。また、Vinkhuyzen et al. (2009) は音楽、芸術、論述、言語、チェス、数学、スポーツ、記憶や知識における才能についての自己評価尺度 (Talent Inventory; McGue et al., 1993) のスコアと遺伝が相関することを示した (MZ と DZ の相関はそれぞれ .61, .05)。さらに、最新の研究として、Piffer & Hur (2014) は、成人の双生児を対象に創造的達成質問紙を利用して遺伝と環境が創造的達成にどの程度関与するかを検討した。その結果、創造的達成の環境の影響を取り除いた創造的達成の遺伝率 (additive genetic influence) は 61% であった。これらの研究は、遺伝が単に拡散的思考やパーソナリティだけでなく、創造活動やその実績とも関係することを実証する知見として興味深い。

では、どのような遺伝子が創造的思考・行動に影響を及ぼすのだろうか。近年、ゲノム解析の進歩により、遺伝子と創造性についても分子遺伝学的な研究が可能になっている。分子遺伝学的研究の手法として、ゲノム全体に存在する遺伝子を網羅的に調べて疾患と対比するような全ゲノム関連解析法と、性格特性に関連すると思われる遺伝子にある程度目標を定める候補遺伝子アプローチがあるが、最近、創造性については後者の候補遺伝子アプローチに関する複数の研究が発表されている。Reuter et al. (2006) は拡散的思考などの創造性の候補遺伝子を探る上で、神経伝達物質の一つであるドーパミンに着目した。ドーパミンは学習・記憶、注意、実行機能など、創造に必要な認知機能に密接にかかわっていることが知られている。さらに、彼らはドーパミンの働きを不活性化する酵素であるカテコール-O-メチルトランスフェラーゼや、ドーパミン放出を抑制する神経伝達物質であるセロトニンにも着目した。そして、これらに関連する遺伝子と認知機能についての先行研究を基に、創造性に関わる遺伝子の候補を導いた。具体的には、ドーパミントランスporter 遺伝子 (*DAT*)、カテコー

ル-O-メチルトランスフェラーゼ遺伝子 (*COMT*)、ドーパミンレセプター遺伝子 *D4* (*DRD4*)、*D2* ドーパミンレセプター遺伝子 (*DRD2*)、トリプトファンヒドロキシラーゼ遺伝子 (*TPHI*) である。この研究の発表直後は、サンプルサイズの小ささ ($n=92$) や創造性に関わる要因として知能を統制していないことなどが批判されていたが (Kaufman et al., 2010)、その後 Runco らのグループがより多くのサンプル ($n=147$) を収集して知能を統制した場合にも *DAT*, *COMT*, *DRD4*, *TPHI* 遺伝子がアイデア生成の流暢性と関係することを示した (Runco et al., 2011)。また、その他のいくつかの研究で、ドーパミンレセプター遺伝子やドーパミントランスporter 遺伝子、カテコール-O-メチルトランスフェラーゼ遺伝子と創造性の関係が再現されている (e.g., Maysless et al., 2013; De Manzano et al., 2010; Zhang et al., 2014)。しかし、これらの創造性に影響する遺伝子の研究は始まったばかりで、サンプルサイズや使用する創造性テストも研究によって異なり、結果も一貫していない。何よりも注意しなければならないのは、これらの研究ではアイデア生成能力などの創造性のポテンシャルと遺伝子との相関を示したものであり、創造的達成など現実のパフォーマンスを保証するわけではないことである。したがって、現時点で創造性に寄与する可能性があると言われる候補遺伝子は、直接的に個人の創造的達成などの実績に寄与するというよりは、アイデア生成能力などのポテンシャルに寄与するものとして解釈するのが妥当であろう。

遺伝と環境が創造性に及ぼす影響を理解するために

本稿では、創造性に関する認知心理学的方法を大まかに説明した上で、双生児法や分子遺伝学的手法によって遺伝と創造性の関係を示す実証研究を紹介した。しかし、多くの能力は遺伝だけでなく環境との関わりによって発達する。むしろ、遺伝と環境が関わり合って個人のアイデア・プロダクト生成能力、さらには創造的達成に寄与すると考えられる。この考えを踏まえると、遺伝だけでなく環境との相互作用も含めた研究が今後必要になる。遺伝と環境との相互作用が明らかになることで、どのような環境的要因を整えることが創造性の高い人材の育成のために重要なかを理解することが可能になると考える。その他にも、現時点でも創造性に関与する候補遺伝子は複数挙げられているが、先行研究ではアイディ

ア生成能力に焦点が当てられているため、プロダクト生成能力や創造的達成などの要素に焦点を当てれば、他の候補遺伝子が浮かび上がる可能性もある。今後は複数の指標から創造性を測定し、それぞれに関与する遺伝子を明らかにする必要がある。このような研究が蓄積することによって、複雑だと言われてきた創造性という能力についてより深く理解することが可能になる。そうすれば、最終的には科学的根拠に基づいた創造性教育が実現するかもしれない。

引用文献

- Amabile, T. M. (1982). Social psychology of creativity: A consensual assessment technique. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43 (5), 997.
- Boden, M. A. (2004). *The creative mind: Myths and mechanisms*. London: Routledge.
- Canter, S. (1973). Some aspects of cognitive function in twins. In G. Claridge, S. Canter, & W. I. Hume (Eds.), *Personality differences and biological variations: A study of twins*. Oxford: Pergamon Press.
- Carson, S. H., Peterson, J. B., & Higgins, D. M. (2005). Reliability, validity, and factor structure of the creative achievement questionnaire. *Creativity Research Journal*, 17 (1), 37-50.
- De Manzano, Ö., Cervenka, S., Karabanov, A., Farde, L., & Ullen, F. (2010). Thinking outside a less intact box: thalamic dopamine D2 receptor densities are negatively related to psychometric creativity in healthy individuals. *PLoS One*, 5 (5), e10670
- Feist, G. J. (2010). The function of personality in creativity: The nature and nurture of the creative personality In J.C. Kaufman, R.J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 113-130), New York: Cambridge University Press.
- Grigorenko, E. L., LaBuda, M. C., & Carter, A. S. (1992). Similarity in general cognitive ability, creativity, and cognitive style in a sample of adolescent Russian twins. *Acta geneticae medicae et gemellologiae: Twin Research*, 41 (01), 65-72.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Kaufman, A. B., Kornilov, S. A., Bristol, A. S., Tan, M., & Grigorenko, E. L. (2010). The neurobiological foundation of creative cognition. In J.C. Kaufman, R.J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 216-232.), New York: Cambridge University Press.
- Maysel, N., Uzefovsky, F., Shalev, I., Ebstein, R. P., & Shamay-Tsoory, S. G. (2013). The association between creativity and 7R polymorphism in the dopamine receptor D4 gene (*DRD4*). *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 502
- McGue, M., Hirsch, B., & Lykken, D. T. (1993). Age and the self-perception of ability: A twin study analysis. *Psychology and Aging*, 8 (1), 72-80.
- Nichols, R. C. (1978). Twin studies of ability, personality, and interests. *Homo*, 29, 158-173.
- Piffer, D., & Hur, Y. M. (2014). Heritability of creative achievement. *Creativity Research Journal*, 26 (2), 151-157.
- Plucker, J. A., & Renzulli, J. S. (1999). Psychometric approaches to the study of human creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 35-61). New York: Cambridge University Press.
- Plucker, J. A., Beghetto, R. A., & Dow, G. T. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, 39 (2), 83-96.
- Reuter, M., Roth, S., Holve, K., & Hennig, J. (2006). Identification of first candidate genes for creativity: a pilot study. *Brain Research*, 1069 (1), 190-197
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 24 (1), 92-96.
- Runco, M. A., Noble, E. P., Reiter-Palmon, R., Acar, S., Ritchie, T., & Yurkovich, J. M. (2011). The genetic basis of creativity and ideational fluency. *Creativity Research Journal*, 23 (4), 376-380.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge Building Theory, Pedagogy, and Technology. In K. Sawyer (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 97-118). New York: Cambridge University Press.

- Simonton, D. K. (1999). *Origins of genius: Darwinian perspectives on creativity*. Oxford University Press.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist*, 51 (7), 677.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp.3-15). New York: Cambridge University Press.
- Sternberg R.J., O'Hara L.A. (1999). Creativity and intelligence. In: Sternberg R.J (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 251-272). New York: Cambridge University Press.
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance test of creative thinking*. Lexington, MA: Personnel Press.
- Vinkhuyzen, A. A., Van der Sluis, S., Posthuma, D., & Boomsma, D. I. (2009). The heritability of aptitude and exceptional talent across different domains in adolescents and young adults. *Behavior Genetics*, 39 (4), 380-392.
- Waller, N. G., Bouchard, T. J., Lykken, D. T., Tellegen, A., & Blacker, D. M. (1993). Creativity, Heritability, Familiarity: Which Word Does Not Belong?. *Psychological Inquiry*, 235-237.
- Zhang, S., Zhang, M., & Zhang, J. (2014). Association of *COMT* and *COMT-DRD2* interaction with creative potential. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 216.