

子どものがまんを科学する

実行機能の発達

森口 佑介

2016年5月25日発行 (Ver. 1.0) ●発行元: ちとせプレス

がまんができる子どもとできない子どもとでは何が違うのでしょうか? 近年, 子どものセルフコントロール (自己制御) 能力が注目されています。京都大学の森口佑介准教授が, 子どものがまんについて, 実行機能の発達の観点から解説します。

Section 1

実行機能とは?

自己制御と実行機能

目の前においしそうなクッキーが置いてあります。あなたの子どもは昼食の量が少なかったので, お腹はもうペコペコ。そんなときに, あなたは非情にもこう言い放ちました。

「いますぐ食べるなら, クッキーは1枚あげる。でも, もう10分待ったら, クッキーは4枚あげるよ」

子どもにとっては究極の選択です。いますぐ食べた! でも, 少し待ったらもっとクッキーをもらえて, お腹が満たされるかもしれない。食べるべきか, がまんするべきか……。

これは, 心理学において最も有名な実験の1つである, マシュマロ・テストを模したものです。最も有名なものはマシュマロを用いた実験ですが, 当人にとって価値があるのであれば, クッキーでも, シールでもかまいません。大人であれば, ビールやお金の方がよりしっくりくるかもしれません。このテストは, 半世紀ほど前にウォルター・ミッシェル博士によって開発されました⁽¹⁾。

一般的な言葉でいえば, このテストは子どものがまんする能力を調べています。目の前の報酬への衝動を

がまんして, 長期的に利益になる行動を選択できるか否かを調べています。心理学の言葉では, セルフコントロール (自己制御) 能力といいます。近年, このセルフコントロールが心理学や教育学, 経済学などのさまざまな領域において注目されています。後の回で紹介しますが, 子どものときのセルフコントロール能力が, 青年期や成人期のさまざまな指標を予測することが明らかになっているためです。

このセルフコントロールの基盤となっている能力が実行機能です。今回は実行機能がどのようなものであるかについて見ていきましょう。

実行機能とは

実行機能は, 英語で *executive function* といいます。*executive* には執行取締役という意味がありますが, 会社などのような階層的な構造の中で, 低次の社員に対して指令を出す, 高次に位置する取締役というのが基本的なイメージです。学術的には, 実行機能は, 行動, 思考, 感情を制御する能力で, 脳の前方に位置する前頭前野を含む神経機構と関係している認知プロセスのことを指します。

神経機構について言及したことからもわかる通り, この概念はもともと神経心理学に由来しています。19世紀末から20世紀にかけて, 前頭葉を損傷した患者におけるさまざまな行動の変化が観察され, 前頭葉が担う役割についてさまざまな理論的試みがなされました。例えば, ある研究者は, ヒトの心理的態度を, 目の前の刺激に影響を受ける具体的な態度と, 状況をさまざまな視点から解釈する抽象的な態度に分け, 後者が前頭葉と関わるという主張をしました。別の研究者は, 階層的な心理構造を仮定し, その中でも, 前頭前野は, 行動のプログラムおよびその制御などの, 高次の役割を果たすと述べています⁽²⁾。

現代においては、この実行機能という言葉が指すものが研究者によって異なるという難しさがあります。行動を系列化してプランを立てる能力や意思決定などのように複雑な能力を含める研究者もいれば、行動を抑制する能力（抑制機能）や行動を切り替える能力（切り替え）などのように比較的シンプルなものを含める研究者もいます。議論は続いているところですが、ここでは比較的単純な、抑制、切り替え、更新（作業記憶）の3因子のモデルを軸に見ていきます⁽³⁾。このモデルは、近年さらに修正されていますが、発達研究では抑制が特に重視されていることや、このモデルに基づいた研究が多いことから、3因子のモデルをもとに考えていきましょう。

抑制にもさまざまな種類があるのですが、概して、その状況で産出しやすい優位な行動を制御する能力のことを指します。ここでは特に子どもを対象にした課題に触れていきます（課題の詳細については、森口⁽⁴⁾などを参照）。代表的なものは、白・黒課題です。この課題では、白いカードと黒いカードを使用します。子どもはこれらのカードを提示され、白いカードを提示されたら「黒」、黒いカードを提示されたら「白」と答えるように教示されます。この場合、白いカードには「白」、黒いカードには「黒」と反応しやすいという点があるわけですが、このような優位な反応を抑制しなければなりません。

切り替えは、行動やルールを切り替える能力のことを指します。子ども向けの課題として有名なルール切り替え（Dimensional Change Card Sort: DCCS）課題があります。この課題では、色と形などの2つの次元を含むカードを用います。まず、「青い星」と「緑の車」のカードを用意し、これを標的として使います（図1）。子どもは、標的とは色と形の組み合わせが異なる「青い車」と「緑の星」の分類カードを提示され、標的に向けて特定の次元で分類カードを分けるように教示されます。例えば、第1段階では、2つの次元のうち1つ（例えば、色）でカードを分類するように教示されます。この第1段階に5~6回連続で成功すると第2段階に進むことになります。第2段階では、1つ目とは異なる次元（例えば、形）で分類するように教示されます。つまり、あるルールから、別のルールに行動を切り替える能力が検討されています。

最後に、作業記憶は、ある認知活動に必要な情報を一時的に保持しつつ、必要に応じて保持している情報を処理したり、他の認知活動に利用したりする過程のことを指します。子どもの作業記憶は、単純な逆唱スパン課題で検討されています。この課題では、子ども

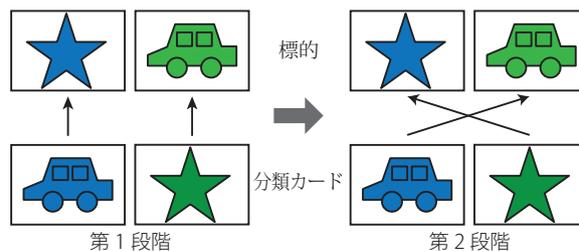


図1 ルール切り替え課題

にいくつかの系列の数字を聞かせます。例えば、2, 4, 9, 4, 1, 7, 3 などのような系列を提示します。この系列を記憶する場合は、短期記憶といわれます。作業記憶が短期記憶と違うのは、情報を単純に保持するだけではなく、処理する点です。逆唱スパン課題では、この系列を聞いた順序とは逆に再生しなければなりません。先ほどの系列の場合、3, 7, 1, 4, 9, 4, 2 と答えるのが正答です。ここでは、数字の系列を保持しつつ、順番を逆転させるという処理も行っています。

実行機能の発達

実行機能はこのような要素を含みますが、発達研究の1つの関心として、このような要素がどのように出現してくるのかというのがあります。議論はあるものの、成人における実行機能の要素が抑制、切り替え、作業記憶の3つだとしましょう。このような3つの要素は、子どもの頃から3つなののでしょうか。それとも、子どもの頃は1つだったものが、3つに分かれていくのでしょうか。もしくは、子どもの頃はもっと多かったものが3つに集約していくのでしょうか。

少しわかりにくいかもしれないので、たとえ話をしてみましょう。大人で、テニス、サッカー、野球が上手な人がいたとします。このような人は、子どもの頃からテニス、サッカー、野球が上手なののでしょうか。それとも、子どもの頃は全般的にスポーツが上手だったのが、特定のスポーツが上手になっていくのでしょうか。それとも、テニス、バドミントン、サッカー、ラグビー、野球、ソフトボールが上手で、それが3つに集約されていくのでしょうか。

この点を検討する研究が現在多数なされています。基本的な研究アプローチとしては、さまざまな年齢の子どもや大人に多数の課題を与えて、その課題の成績を統計的な手法を用いていくつかの要素に分類しようと試みます。そうすることで、各世代での実行機能の要素が推測できるのです。このような検討をするとどのような結果が得られたのでしょうか。

研究は概して、子どもにおいて要素数が少ないこと

を示しています。つまり、幼児期や児童期初期においては、要素は1つないしは2つであることがほとんどです。2つの要素の場合は、たいていの場合、抑制と作業記憶が報告されます。そのため、発達研究者の中には、この2つの要素が実行機能の基礎的なものだと考える者が少なくありません。ただ、2つ以上の要素が同定された場合も、説明はより単純である方がよいとする節約の原理から、多くの研究者が幼児期においては1つの要素が妥当であることを示唆しています⁽⁵⁾。児童期から青年期にかけては、ほとんどの研究において2つ以上の要素が同定されています⁽⁶⁾。

実行機能の発達は、どうやら1つないしは少数の因子が、複数の因子に分化していく過程だととらえることができそうです。このような過程はじつは認知発達では珍しくありません。知能の発達も同様のプロセスを経る可能性が示唆されています。

先に、実行機能のイメージは執行取締役だと述べました。執行取締役は通常の会社では複数います。大人における実行機能のイメージは執行取締役で問題ないでしょう。ですが、子どもの場合は、1つの因子、つまり、社長を仮定した方がいいかもしれません。実行機能が社長だという考えは成人においては現在否定されていますが⁽⁷⁾、子どもにおいては案外あてはまっているのかもしれません。

幼児期から児童期に実行機能は複数の要素に分化し始めるのですが、個々の課題の成績を見ても、やはり実行機能は幼児期に著しく発達します。先に挙げた白・黒課題、DCCS課題、逆唱スパン課題は、3歳から6歳頃にかけて、著しくその成績が変化します。3歳児はうまく優位な反応を抑制したり、ルールを切り替えたりすることができないのですが、6歳頃になると同じ課題においては容易に抑制や切り替えができるようになります。他の時期の発達と比べても、この幼児期における変化は著しいことが示されています⁽⁸⁾。幼児期は、行動を制御できるようになる時期なのです。

次回は、この重要な時期である幼児期における発達の变化を支える生物学的な基盤について見ていきましょう。

文献・注

- (1) ミシェル, W. (柴田裕之訳) (2015). 『マシュマロ・テスト——成功する子・しない子』早川書房
- (2) Luria, A. R. (1973). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. Basic Books.
- (3) Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howarter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A

latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, **41**, 49-100.

- (4) 森口佑介 (2012). 『わたしを律するわたし——子どもの抑制機能の発達』京都大学学術出版会
- (5) Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, **44**, 575-587.
- (6) Huizinga, M., Dolan, C. v., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, **44**, 2017-2036.
- (7) 坂井克之 (2007). 『前頭葉は脳の社長さん? ——意思決定とホムンクルス問題』講談社
- (8) Zelazo, P. D., Anderson, J. E., Richler, J., Wallner-Allen, K., Beaumont, J. L., & Weintraub, S. (2013). NIH Toolbox Cognition Battery (CB): Measuring executive function and attention. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, **78**(4), 16-33.

Section 2

自己制御の発達の生物学的基盤

子どもの脳の発達

前回、実行機能が自己制御の基盤になっていること、いくつかの要素から構成されていること、幼児期に著しく発達することを紹介しました。実行機能や自己制御は、幼児期に著しく発達しますが、その後も青年期や成人期まで長い時間をかけて発達します。最近特に注目を浴びているのが、幼児期と青年期です。そのため、これらの時期に焦点をあてて、この時期に、子どもの中でどのような変化が起こっているかを見ていきましょう。特に、生物学的基盤である脳の発達に着目しましょう。

脳について、ごく簡単に触れておきます。脳は大脳、小脳、脳幹から構成されています。大脳の表層である大脳皮質には前頭葉、頭頂葉、側頭葉、後頭葉の大きく4つの部位があります。実行機能には、前頭葉や頭頂葉などから構成される神経回路が関わっていることが知られています。その中でも、前回紹介したように、実行機能はもともと前頭葉を損傷した患者の研究に基づいているため、前頭葉を中心に見ていきましょう(図1の斜線部分)。

近年、MRIという脳の構造を画像化できる装置を用いて、子どもの脳の発達プロセスが検討されています。この装置は、脳を構成する細胞(ニューロン)の細胞体が集積した部分である灰白質と、神経線維(主にニューロンの軸索という部分)から構成される白質を画像化することができます。幼児期から青年期頃までの発達の变化を検討した研究によると、白質の量につ

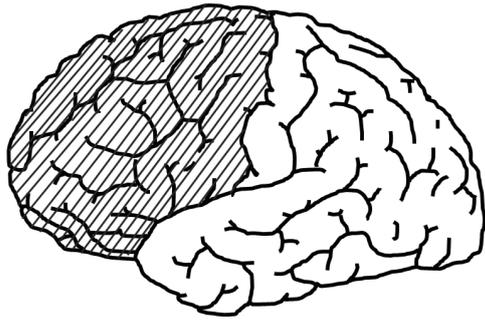


図1 脳の構造

いては、大脳皮質のどの部位においても、2歳頃に急速に発達し、その後も年齢とともに増加していくことが示されています⁽¹⁾。この増加は、脳領域間の情報伝達の効率がよくなることなどを意味します。一方で、灰白質の量は、少し変わった発達パターンを示します。灰白質は、まずその量が増加するのですが、ある時点で減少に転じます。こういうパターンを逆U字型の発達パターンといいます。灰白質の量がこのような変化をする理由については議論がなされているところですが、ニューロン同士をつなぐシナプスの量の変化が関連するという説や、ニューロンそのものが変化するという説などがあります。いずれにしても、このような変化は、効率のよい脳内ネットワークが形成されていることを意味します。

重要なのが、このような灰白質の発達時期が脳の部位によって異なるという点です。つまり、すべての脳の領域が同じようなタイミングで発達するというわけではなく、それぞれの脳の領域は異なったタイミングで発達するのです。視覚情報を処理する後頭葉や聴覚情報を処理する側頭葉は早い時期にピークを迎え、その後減少に転じるのに対して、実行機能と関わる前頭葉は相対的に遅い時期にピークを迎えてその後減少に転じます。研究によってその時期は多少異なりますが、ある研究によると、前頭葉は幼児期において灰白質の量が増え、児童期から青年期に減少することが示唆されています⁽²⁾。

幼児期の実行機能

それでは、幼児期の実行機能の発達とその脳内機構について見ていきましょう。前回、実行機能にも、抑制、切り替え、作業記憶などの側面があることを紹介しました。幼児期にはこれらの側面は成人ほど明確に分離できないのですが、それぞれの側面の発達が検討されています。ここでは、切り替えの発達について見ていきます。

前回、子ども向けの課題としてルール切り替え課題を紹介しました。この課題では、子どもは、第1段階では、2つの次元のうち1つ（例えば、色）でカードを分類するように教示され、第2段階では、1つ目とは異なる次元（例えば、形）で分類するように教示されます。この課題において、3歳児は、第1段階を難なく通過することができるのですが、第2段階に困難を示します。第2段階においては、第1段階におけるルール（色）から、新しいルール（形）に切り替えなければならないのですが、その切り替えができません。第1段階におけるルール（色）を使い続けてしまうのです。4歳頃から切り替えができるようになり、5歳児はこの課題でほとんどエラーをしません。

この課題で見られるルールの切り替えに、前頭前野の一部領域が関わっているようです。筆者らは、近赤外分光法という方法を用いて、この課題における幼児の脳活動を調べました⁽³⁾。近赤外分光法では、近赤外光を頭皮から照射することで、ある脳領域における血流の変化を調べることができます。ある脳領域において血流が変化することは、その領域が活動していることを示唆します。この方法は他の方法と比べると拘束性が低いことなどから、乳幼児の脳の働きを調べることに適しています。

筆者らは、3歳から4歳にかけて、同じ子どもの発達を追跡する縦断的検討を実施しました。まず、3歳の時点でルール切り替え課題を与え、その課題時における外側前頭前野の血流変化を調べました。3歳の時点において、課題に通過した子ども（通過群）としなかった子ども（失敗群）がいたため、それらの課題を分けて分析する必要があります。この調査に参加してもらった1年後に再度保護者の方にコンタクトをとり、4歳になったときにどのような変化が見られるかを検討しました。

ここでは、変化が明確な失敗群の子どもの結果について紹介します。失敗群の子どもは、3歳時点においてはルールの切り替えに失敗したのですが、4歳時点においてはほぼ完璧に課題に通過しました。1年間の間に、切り替えの能力が向上したのです。彼らの脳活動を見てみると、3歳時点においては外側前頭前野の血流変化は非常に弱かったのですが、4歳時点においては3歳時点に比べて、血流変化が著しく強くなっていました。この結果は、前頭前野の活動の発達の変化と、切り替え能力の発達が関係していることを示唆しています。幼児期において、前頭前野の活動は著しい変化を示すのです。

■ 青年期の自己制御

次に、青年期について見ていきましょう。幼児期に著しく発達する実行機能は、児童期にも緩やかに発達します。その結果として、青年期において、実行機能は幼児や児童よりも発達しています。前回述べたように、実行機能や前頭前野は自己制御と密接に関わるので、子どもよりも青年の方が、自己制御が得意であることが予想されます。ところが、実際には必ずしもそうではありません。青年期の若者は、お酒やタバコに手を出したり、些細なことで暴力を振るったり、インターネットやゲーム依存症になったりと、自分の行動の制御に困難を示します。このような青年期の自己制御は、現代の発達心理学や認知神経科学の中でも注目を集めています。日本でも青年期の自己制御の発達を探るプロジェクトがありますし⁽⁴⁾、脳の発達に関する国際学術誌で特集が組まれたりするなど⁽⁵⁾、研究の最前線といえます。そのため、現時点ではまだ確定的なことはいえないのですが、とても面白い研究がなされているので、その一端を紹介しましょう。

まず、心理学実験を紹介しましょう⁽⁶⁾。ある研究では、8歳から25歳の参加者を対象に、ギャンブルのような実験を行いました。この実験では、いくつかの選択肢があり、ある選択肢を選ぶと、多額の報酬をもらえるか、もしくは多額の損失をするかになります。ハイリスク・ハイリターンです。別の選択肢は、少額の報酬をもらえるか、もしくは少額の損失をするかになります。ローリスク・ローリターンです。この選択を一定の回数を行ってもらいます。全体的に考えると、ローリスク・ローリターンの選択肢を選び続ける方が着実に報酬を得られるのですが、成功した際に一度にももらえる金額はハイリスク・ハイリターンの方が多いため、そちらを選びたくなくなってしまいます。この実験の結果、子どもや大人よりも、12歳から15歳の青年の方がハイリスク・ハイリターンの選択肢を選びやすいことが示されました。青年は多額の報酬を前にすると、リスクが大きくても、そのような行動を選択してしまいます。彼らは、自分の行動を制御することが難しいのです。

なぜ、実行機能や前頭前野が発達しているはずの青年の方が、自分の行動を制御できないのでしょうか。このことを理解するためには、前頭前野以外の脳領域も考慮しなければなりません。ギャンブルのような状況においては、報酬に対して感受性をもつ皮質下の一部領域（線条体とよばれる領域など）が重要になってき

ます。青年期の自己制御を説明するためには、報酬に対して近づこうとするこの領域の活動と、それを調整する前頭前野の双方を考慮しなければならないのです。

最近の研究によって、児童期や成人期よりも、青年期の方において、報酬を提示されたときの皮質下の一部領域の活動が強いことが報告されています⁽⁷⁾。特に、13、14歳頃において、この領域の活動がピークを迎えているのです。つまり、青年期においては、皮質下の領域の活動がきわめて強くなり、前頭前野が十分にその活動を調整できていない可能性があります。ここでは、前頭前野と報酬に対して感受性をもつ皮質下の領域のみを考慮しましたが、これ以外にも、青年期の自己制御を説明するさまざまなモデルが提案されており、今後より詳細が明らかになっていくと考えられます。

今回は、実行機能が子どもの発達の中でどのような役割を果たすかを紹介します。

■ 文献・注

- (1) Taki, Y., Hashizume, H., Sassa, Y., Takeuchi, H., Wu, K., Asano, M., Asano, K., Fukuda, H., & Kawashima, R. (2011). Correlation between gray matter density-adjusted brain perfusion and age using brain MR images of 202 healthy children. *Human Brain Mapping*, **32**, 1973-1985.
- (2) Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: What have we learned about cognitive development? *Trends in Cognitive Sciences*, **9**, 104-110.
- (3) Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2011). Longitudinal development of prefrontal function during early childhood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, **1**, 153-162.
- (4) 長谷川寿一監修、笠井清登・藤井直敬・福田正人・長谷川真理子編 (2015). 『思春期学』東京大学学術出版会
「精神機能の自己制御理解に基づく思春期の人間形成支援学」も参照。
<http://npsy.umin.jp/amrsr/index.html>
- (5) Luciana, M., & Ewing, S. W. F. (2015). Introduction to the special issue: Substance use and the adolescent brain: Developmental impacts, interventions, and longitudinal outcomes. *Developmental Cognitive Neuroscience*, **16**, 1-4.
- (6) Burnett, S., Bault, N., Coricelli, G., & Blakemore, S.-J. (2010). Adolescents' heightened risk-seeking in a probabilistic gambling task. *Cognitive Development*, **25**, 183-196.
- (7) Van Leijenhorst, L., Moor, B. G., de Macks, Z. A. O., Rombouts, S. A., Westenberg, P. M., & Crone, E. A. (2010). Adolescent risky decision-making: neurocognitive development of reward and control regions. *Neuroimage*, **51**, 345-355.

Section 3

子どもの将来を予測する実行機能

社会を発展させるためのスキル

2015年、OECD（経済協力開発機構）が、私たちの社会を発展させるために必要なスキルに関する報告書を出しました⁽¹⁾。OECDがこれまで着目していたのはIQ（知能指数）を含めた認知的スキルだったのですが、この報告書の主眼は、もう1つのスキルである社会情緒的スキルです。ここでの社会情緒的スキルは、目標達成、他者との協調、情動の管理の3つの領域から構成されます。特に、目標達成（パズルを解く、学位を得る、などの特定の目標に到達するスキル）には、ここで紹介してきた自己制御能力が含まれています。自己制御能力には認知的側面も含まれるので、この区分自体に疑問はあるものの、OECDは、自己制御能力を、私たちの社会を発展させるために重要なスキルだと見なしているのです。

社会情緒的スキルが注目されたのは、ペリー就学前プロジェクトがきっかけでした⁽²⁾。このプロジェクトは、貧困層の子どもたちを、幼児教育を施す実験群と施さない統制群にランダムに分け、それぞれの群の子どもの発達を追跡調査するというものです。このプロジェクトはIQに注目していましたが、実験群と統制群のIQの差は、幼児期には見られたものの、小学校3年生頃には見られなくなりました。しかしながら、くわしく調べてみると、中学校の出席と成績において、高校の卒業率において、成人期の収入や犯罪率などにおいて、実験群の方が統制群よりも優れた結果を示すことが明らかになりました。つまり、幼児教育はIQに対してはあまり長期的な効果がなかったものの、IQ以外の何らかのスキルに影響を与え、それが青年期の学校での成績や成人期における社会的成功につながったのです。ここで注目されたのが、IQとは関わりのない、好奇心や自己制御などの社会情緒的スキルだったのです。

この結果をもとに、社会情緒的スキルが子どもの将来にどのような影響を与えるのかが検討されるようになりました。例えば、イギリスでは、10歳時点における忍耐力や自己効力感などが高い子どもは、そうでない子どもよりも、16歳時点で肥満になる割合が低いことが示されています。忍耐力や自己効力感が低い子どもは、つらいことがあった場合に、甘いお菓子や

清涼飲料水などに手を出してしまい、肥満が促進されるのかもしれませんが。この報告書における社会情緒的スキルは、異なった研究において異なった能力を指すため、結果を解釈する際には注意が必要です。ですが、社会情緒的スキルが子どもの将来に影響を与えることは確かなようです。以下では自己制御能力と実行機能について見ていきましょう。

予測因子としての自己制御能力

自己制御能力と実行機能は、重なる部分が非常に多い概念ですが、これまで見てきたように、厳密には区別されます。特にここでは、自己制御能力はマシュマロ・テストで計測されたもの、実行機能は切り替えや抑制などの課題で計測されたものとして、区別して見ていきましょう。

まず、自己制御能力について見ていきます。マシュマロ・テストは、子どもの前にマシュマロを1つ置き、いまずぐ食べる場合はマシュマロを1つ、実験者が部屋に戻ってくるまで待てたら、マシュマロを2つもらえるというテストでした。つまり、いまずぐ食べられるけれども少ないご褒美か、少し待たなければならぬけれどもたくさんのご褒美かの選択を子どもに迫るテストです。マシュマロを2つもらえる子どもは、自己制御能力が高い子どもだと見なされます。

このテストは、大きく2つの理由から注目されています。1つは、このテストで見られる自己制御能力の個人差が、発達の各時期における自己制御能力の個人差を予測するためです。小学校に入る頃には、多くの子どもがマシュマロ・テストで必要とされるような自己制御能力を発達させます。しかしながら、小学校入学後に子どもの自己制御能力に個人差がないかという点、そうではありません。発達のどの時期においても、自己制御能力には無視できない個人差が見られます。そして、幼児期にマシュマロ・テストで待つことができた子どもは、児童期でも、青年期でも、成人期においても、自己制御能力が高いという結果が報告されています⁽³⁾。言い換えると、マシュマロ・テストですぐにマシュマロを食べてしまった子どもは、大人になっても我慢することが難しいのです。

マシュマロ・テストが注目される2つ目の理由は、1つ目の理由と関連して、マシュマロ・テストで見られるような自己制御能力が、青年期の学力や成人期の社会的成功、健康、犯罪の程度を予測するためです。ある研究では、幼児期にマシュマロ・テストによって自己制御能力の個人差を計測し、その子どもたちの青

年期における学業成績や対人スキルなどを調べました。その結果、幼児期に自己制御能力が高い子どもは、低い子どもよりも、青年期の学業成績や対人スキルなどの得点が高いことが示されました⁽⁴⁾。また、ニュージーランドで行われている長期縦断研究では、マッシュマロ・テストそのものは使われていませんが、子ども期における自己制御能力を、親や保育士などに評定してもらいました⁽⁵⁾。それらの子どもが32歳になるまで追跡し、32歳の時点における社会的地位、収入、健康状態、犯罪の程度などを調べました。その結果、子ども期に自己制御能力が高い子どもは、経済的には、大人になったときの年収や社会的地位が高く、お金を計画的に運用することが明らかになりました。健康面でも、自己制御能力が高い子どもは、循環器系疾患、呼吸系疾患などの疾患や肥満の程度などの点において健康的であることも示されています。これ以外にも、中学2年時のIQと自己制御能力を調べ、いずれがより後の学力などの指標を予測するかを調べた研究では、IQも自己制御能力も後の学力を予測しましたが、自己制御能力の方が、より予測することが明らかになりました⁽⁶⁾。このように、幼児期の自己制御能力は、後の学力や健康状態、社会的関係などを予測することが示されています。

予測因子としての実行機能

次に、実行機能について見ていきましょう。これまでの研究から、実行機能の発達も、子どものさまざまな能力の発達に重要な影響を与えることが示されています。そもそも、実行機能の発達が注目されるようになった1つの理由は、この能力が、心の理論の発達と関連していたためかもしれません。心の理論とは、他者の行動からその背後にある心の状態を推測する能力のことを指します。現在さまざまな研究がなされていますが、子どもの実行機能の発達が、心の理論の発達に重要な役割を果たすという考えが受け入れられています⁽⁷⁾。実行機能が発達すると、子どもは自身の思考や知識状態、思い込みを制御できるようになるため、他者の心を推測することができるようになると考えられています。これ以外にも、実行機能は、嘘をつくことなどのコミュニケーション能力や、親の言うことを守るなどのある種の道徳的行動の発達にも寄与していることが示されています。つまり、実行機能は社会性の発達に重要な役割を担っているのです。

また、実行機能は、学業成績とも関連しています。上述のように、自己制御能力も学業成績と関連します

が、実行機能の研究ではより詳細な検討がなされており、近年、この点を調べる研究は劇的に増加しています⁽⁸⁾。ある研究では、4歳児時点における作業記憶課題の成績が、7歳時点における数の知識や順序、グラフの理解などの成績を予測することを示しています。実行機能は、算数以外にも、国語の成績や理科の成績とも関連することが示されていますが、とりわけ算数の成績に対する効果が繰り返し報告されています。これは、実行機能が高いと、与えられた問題の情報を保持し、問題のさまざまな側面に注意を切り替え、ひっかけ問題などのように問題の顕著かつ誤った情報に引きずられるのを抑制することができるためだと考えられます。

自己制御能力とは異なり、実行機能を取り入れた長期縦断研究はまだ始まったばかりであり、初期の実行機能が子どものその後の発達に与える長期的な影響については今後明らかになってくるでしょう。

さて、自己制御能力や実行機能が、子どもの学力や社会性に重要な影響を与えることが明らかになっています。そうすると、次に関心が出てくるのが、どのような要因が子どもの自己制御能力や実行機能に影響を与え、どのようにすれば子どものこれらの能力を支える・育てることができるのかという点です。この点については、最終回となる次回に触れたいと思います。

文献・注

- (1) OECD (2015). *Skills for social progress: The power of social and emotional skills*. OECD Publishing.
- (2) Heckman, J. J. (2006). Skill formation and the economics of investing in disadvantaged children. *Science*, **312**(5782), 1900-1902.
- (3) Casey, B. J. et al. (2011). Behavioral and neural correlates of delay of gratification 40 years later. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108**, 14998-15003.
- (4) Mischel, W., Shoda, Y., & Peake, P. K. (1988). The nature of adolescent competencies predicted by preschool delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology*, **54**, 687-696.
- (5) Moffitt, T. E. et al. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108**, 2693-2698.
- (6) Duckworth, A. L., & Seligman, M. E. P. (2005). Self-discipline outdoes IQ in predicting academic performance of adolescents. *Psychological Science*, **16**, 939-944.
- (7) 森口佑介 (2012). 『わたしを律するわたし——子どもの抑制機能の発達』 京都大学学術出版会
- (8) 森口佑介 (2015). 「実行機能の初期発達、脳内機構およびその支援」『心理学評論』 **58**, 77-88.

Section 4

実行機能を育み、鍛える

実行機能を育む

前回、子ども期の実行機能や自己制御能力が、その子どもの将来の社会的成功や健康などに大きな影響を与えることを見てきました。子どもの将来を予測する指標はさまざまに示されており、実行機能や自己制御能力はそのうちの1つにすぎないので、これらの能力が子どもの将来をすべて決めるわけではありません。ですが、子どものときの実行機能や自己制御能力の低さが、子どもの発達や教育上のリスクになりかねないのも事実です。特に、低所得の家庭に育つ子どもは、実行機能や自己制御能力の発達に問題を抱えがちであることが繰り返し報告されており、リスクが高いといえるでしょう⁽¹⁾。データはほとんど欧米のものなので慎重に解釈する必要がありますが、近年日本でも所得の格差が広がっており、実行機能や自己制御能力に問題を抱える子どもも増えているかもしれません。子どもたちの実行機能や自己制御能力を支えるために、何ができるかを考えてみる必要はあるでしょう。

低所得の家庭では、なぜ実行機能や自己制御が育まれにくいのでしょうか。近年の研究は特に養育の質に焦点をあてています。養育の質は、愛着（親と子の情緒的絆）などの研究分野でその重要性が示されていますが⁽²⁾、近年は実行機能の研究においても注目されています。具体的には、養育者と子どものやりとりを観察した研究から、大きく2つの要因が実行機能の発達に影響を及ぼすことが示されています⁽³⁾。

1つは、養育者による足場づくりです。これは、子どもが自分で問題解決できるように養育者が状況をうまく設定したり、変えたりすることです。例えば養育者と子どもがパズル遊びをしているときに、子どもがうまくパズルができない状況で、養育者が、子どもが自分でパズルを解決できるように、パズルのある側面に目を向けさせるなどの行動を指します。この場合、養育者は子どもが問題解決することを支援しているものの、けっして養育者みずからが解決しているわけではありません。子どもが自律的に行動をすることが支援され、自律的な制御である実行機能が育まれやすいと考えられます。

もう1つは、養育者の管理的な行動です。こちらは、子どもの実行機能の発達を阻害する要因です。これは、

問題解決の際に、養育者が子どもの行動をコントロールしたり、子どもの自律的な行動を禁止して、みずから問題を解決しようとしたりする行動を指します。この場合、当然のことながら、子どもが自律的に行動する機会が奪われるので、実行機能は育まれにくくなります。

近年の研究によると、低所得の家庭においては、特に養育者による足場づくりがいくぶん不足しており、それが自己制御や実行機能の発達に影響を及ぼしている可能性が示されています。ただ、このような養育行動の影響は繰り返し示されていますが、ほぼすべての研究が欧米のデータです。このような養育行動の影響が日本でも見られるかは現在のところ明らかではありません。実際、私たちの現在の予備的研究では、欧米のデータとは必ずしも一致しない結果が示されています。これらを考慮すると、養育態度が実行機能の発達に影響を及ぼすことは間違いないものの、具体的な影響については文化の影響を受けるという可能性が示唆されます。文化によって実行機能の育み方が異なるのかもしれない。

実行機能を鍛える

上記のように、養育態度は子どもの実行機能や自己制御能力の発達に重要な影響を与えますが、実際には、適切な養育態度をとるように養育者を支援したとしても、その効果が得られるかどうかも現在わかっていません。そのため、現在、幼児期から児童期までの子どもを対象に、研究者や実践者が実行機能を支援するためのプログラムが提案されています。

当初検討されたのは、コンピュータゲームを用いたプログラムです。子どもにコンピュータの前に座ってもらい、実行機能が必要とされるようなゲームを与えます。例えば、最も有名なものは、作業記憶に関するものです⁽⁴⁾。あるプログラムでは、対象が視覚的に連続で提示され、その対象の提示順序や提示位置を覚えることを求められます。子どもの課題遂行状況によって、難易度が調整されるようになっています。このようなプログラムを受けると、作業記憶課題の成績が向上することが繰り返し示されています。ただし、このような訓練を受けると、訓練で用いられた課題と類似した作業記憶課題では課題の成績が向上するものの、少し課題の構造が変わると成績が向上しにくいこと、また、短期的には作業記憶課題の成績が向上しても、長期的にはあまり効果がないことなどが示されており、有効性には疑問がもたれています。

これ以外にも、実行機能を育むための保育園や幼稚園のプログラムも提案されています。例えば、ツール・オブ・マインドといわれるプログラムは、心理学者L.S. ヴィゴツキーの考えに基づいています⁽⁶⁾。このカリキュラムでは、ふり遊びや道具の使用などに関するヴィゴツキーの理論を用いて、子どもの自己制御能力を促進することを目的としています。

一例として道具の使用について紹介しましょう。同じくらいの年齢の子どものやりとりの際に、年少の幼児は相手の幼児がしゃべる際に、我慢ができず自分がしゃべってしまうことがあります。そのような場合に、このプログラムでは、幼児に耳の絵が描いたカードを渡します。耳の絵は、幼児が相手の話を聞く番であり、自分がしゃべる番ではないことを明示しています。子ども自身ではなかなか難しい行動も、このように外部から道具を与えることによって、可能になるのです。このプログラムを推進しているブリティッシュコロンビア大学のA. ダイヤモンド博士らは、これらに焦点をあてたカリキュラムが、幼児の実行機能課題の成績を向上させることを示しています。ただし、この方法でも、別の研究者らが効果があるかどうかを追試したところ、ダイヤモンド博士と同様の効果が得られなかったことも報告されています。

また、筆者らは子ども同士のやりとりに着目した研究を行っています。この研究では、幼児を対象に、仲間との関わり合いが実行機能の発達に与える影響を検討しました⁽⁶⁾。状況を統制するために、この研究では、子ども同士ではなく、子どもとぬいぐるみのやりとりの影響を調べています。というのも、子どもが2人いると、こちらが予想してない展開になることも多く、研究として成立しづらいので、まずはぬいぐるみを用いたのです。

具体的には、まず、子どもに実行機能の課題を与え、その成績を評価しました。次に、子どもにぬいぐるみを紹介し、ぬいぐるみに実行機能課題のルールを教えさせました。その後、再び実行機能の課題を与え、最初のテストに比べて成績が向上しているかを検証しました。その結果、ぬいぐるみとやりとりした群の子どもは、単純に実行機能の課題を練習した群よりも、著しく成績を向上させました。つまり、子どもは、ぬいぐるみとのやりとりを通じて、実行機能を高めたのです。まだまだ研究途上ですが、今後もこのような検討を通じて、子どもの実行機能を支援していきたいと思っています。

これ以外にも、運動を重視するものや、マインドフルネスといわれる、瞑想やヨガなどに焦点をあてるよ

うなプログラムも提案されています。筆者の個人的な感想としては、どの子どもに対しても有効なプログラムというのは存在せず、ここで紹介してきたような方法を組み合わせたり、子どもの特性に応じたプログラムを考えたりすることが重要であるように思います。

おわりに

4回にわたって実行機能や自己制御の発達研究について見てきました。最後に、今後の研究が検討すべき問題について触れておきましょう⁽⁷⁾。

1つは、乳児期の研究です。実行機能の研究は幼児期以降のものがほとんどですが、乳児期にその萌芽は見られるはずですが、一部乳児期の研究はあるものの、まだまだ知見は多くありません。また、第2回で少し触れた青年期の研究も、今後さらなる進展が期待されています。ほかにも、発達障害の子どもを対象にした研究も重要です。一部の自閉スペクトラム症の子どもや注意欠如・多動症の子どもは実行機能に問題を抱えていることが示されていますが、実行機能がこれらの障害にいかにか寄与しているかはいまだ明らかではありません。このことと関連して、実行機能が社会や対人関係においてどのように役割を果たすかは今後検討される必要があります。これまでの研究は、子どもが1人でいかに問題を解決するかに焦点をあててきましたが、より社会的な文脈の中で検討される必要があるでしょう。

また、実行機能の個人差の問題はさらに検討される必要があります。上記のように養育態度が与える影響は示されていますが、これ以外にも、きょうだいの数などの社会環境、ストレス、バイリンガル経験、遺伝子多型などが実行機能の個人差に影響を及ぼす可能性が指摘されています。これらの要因がどの程度、どのように実行機能の個人差を説明するかを検討していく必要があるでしょう。

世界の研究の進展に比して、日本の研究はまだまだ十分ではありません。まずは多くの方に興味をもってもらい、基礎的なデータを集めることが重要だと考えています。

文献・注

- (1) Noble, K. G., Norman, M. F., & Farah, M. J. (2005) Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental Science*, 8, 74-87
- (2) De Wolff, M. S., & van Ijzendoorn, M. H. (1997). Sensitivity and attachment: A meta-analysis on parental antecedents of infant attachment. *Child development*, 68, 571-591.

- (3) Moriguchi, Y. (2014) The early development of executive function and its relation to social interaction: a brief review. *Frontiers in Psychology*, 5, 388.
- (4) Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24, 781-791.
- (5) Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964.
- (6) Moriguchi, Y., Sakata, Y., Ishibashi, M., & Ishikawa, Y. (2015). Teaching others rule-use improves executive function and prefrontal activations in young children. *Frontiers in psychology*, 6, 894
- (7) 森口佑介 (2012). 『わたしを律するわたし——子どもの抑制機能の発達』 京都大学学術出版会

■ 著 者

森口 佑介 (もりぐち・ゆうすけ) :

京都大学大学院教育学研究科准教授。

主要著作・論文に、『おさなごころを科学する——進化する幼児観』(新曜社, 2014年), 『わたしを律するわたし——子どもの抑制機能の発達』(京都大学学術出版会, 2012年) など。web サイト (<https://sites.google.com/site/moriguchichildlab/>)。



■ 注 記

本ブックレットの内容に関連した書籍として、森口佑介 (2019). 『自分をコントロールする力——非認知スキルの心理学』 講談社が刊行されました。併せてご覧ください。(2019年11月)

*サイナビ! (URL参照) に連載された記事をもとに作成しています。

<http://chitosepress.com/category/psychology-navigation/>

*記載された内容の著作権等の知的財産権は、著者または著者に権利を許諾した者に帰属します。

*購入者・利用者は印刷・配布して使用することができます。

*CC BY-ND ライセンスによって許諾されています。ライセンスの内容を知りたい方は <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.ja> でご確認ください。

