

瞬きが幼児の実行機能とその脳機構の発達を映し出す

よく瞬き（まばたき）をする幼児ほど、ルールの切り替えに上手に対応することができ、脳の前頭前野の中でもこの課題の遂行に重要な右背外側部の活動が高いことを明らかにしました。このことは、瞬きが幼児期の実行機能の発達をうかがい知る手がかりとなる可能性を示しています。

幼児期は、行動や思考、感情を制御する認知スキル「実行機能」が最も著しく発達する時期です。その個人差は、後の学業成績や社会性、さらには成人期の健康や社会的成功とも関わることが分かってきました。そのため、実行機能を支える脳機構の解明が重要な課題となっています。しかし、幼い子どもでは拘束性の高い計測や侵襲的な計測が難しく、その脳機構の成熟を捉える手立てはほとんどありません。

そこで本研究チームは、私たちが意識せずに行っている瞬き（まばたき）に着目しました。瞬きの頻度（自発性瞬目率）は、ドーパミンをはじめとする神経修飾系の働きに影響を受ける可能性が注目されてきました。瞬きは生まれて間もない頃は極めて少ないのですが、乳児期から小学校に入る前にかけて数倍に増えるとともに、同じ時期に大きな個人差が現れます。ちょうど、実行機能が急速に発達する時期と重なります。

本研究では、3～6歳の幼児を対象に、ルール切り替え課題中の脳の前頭前野の活動を機能的近赤外分光分析法（fNIRS）で計測し、あわせてビデオ映像から自発性瞬目率を測定しました。その結果、瞬きの多い子どもは切り替えの成績が良いことが分かりました。また、瞬きと関連していたのは前頭前野の広範囲な活動ではなく、この課題の遂行に重要な右背外側部の活動に限られていました。年長の子どものほど、活動がこの部位に偏る傾向もみられ、必要な部位が選択的に働くようになる過程と、瞬きの増加とが結びついている可能性がうかがえます。瞬きは、特別な装置がなくても目視でおおよそ把握できるため、保育所や幼稚園、家庭といった日常の場面で実行機能の育ちをみる手がかりの一つとなることが期待されます。

研究代表者

筑波大学体育系／ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター（ARIHHP）

桑水 隆多 助教

京都大学大学院文学研究科

森口 佑介 教授

研究の背景

子どもが人生にわたって豊かな生活を送るために、どのような能力が重要なのかは、広く社会の関心を集める問いです。これまでは知能が重視されてきましたが、近年は、行動や思考、感情を制御するスキルである実行機能^{注1)}の重要性が急速に注目されるようになりました。実行機能は幼児期に著しく発達し、この時期の個人差は、後の学業成績や社会性だけでなく、成人期の収入や健康状態までも予測することが報告されています¹⁾。こうした知見を受け、幼児期の実行機能の個人差は国際的にも注目されていますが、その背景にある要因は、いまだ明らかではありません。

成人では、実行機能が、前頭前野の働きとそこに作用する神経修飾物質によって支えられていると考えられています。幼児でも、ドーパミンの働きに関わる遺伝子の個人差が、ルール切り替えの成績や外側前頭前野の活動と関連することが報告されています²⁾。ただし、幼い子どもで神経修飾系の働きの発達を非侵襲的に捉える方法はほとんどなく、その成熟が実行機能の発達にどう関わるのかは、検証が難しいままです。

そこで本研究チームが着目したのが瞬きです。「目は口ほどに物を言う」と言われるように、目の活動と精神活動の関係は密接です。私たちが意識せずに行っている瞬きの頻度（自発性瞬目率^{注3)}）は、ドーパミンをはじめとする神経修飾系の働きに影響を受け得るとして注目され³⁾、成人において実行機能の成績との相関が報告されています⁴⁾。興味深いことに、瞬きは生まれて間もない頃は極めて少なく（毎分0～5回程度）、乳児期から小学校に入る前にかけて数倍に増え、成人の水準（毎分20～30回程度）へと近づいていきます⁵⁾。これは、ちょうど実行機能が急速に発達する時期と重なるということに着目しました。

以上を踏まえ本研究では、こうした幼児期の瞬きの個人差が神経系の成熟を映しているのではないかと想定し、同じ時期に急速に成長する実行機能と関連するという仮説を立てて、その神経基盤とともに検討しました。

研究内容と成果

本研究では、保育園・幼稚園に通う幼児に協力してもらい、113人（35～80カ月齢、およそ3歳から6歳の男女）から得られたデータを解析しました。幼児期の実行機能を評価する代表的な課題であるルール切り替え課題（DCCS課題^{注2)}）を用いて、課題中の外側前頭前野の活動変化を機能的近赤外分光分析法（fNIRS）^{注4)}で計測しました。同時に、ビデオカメラで子どもの顔を撮影し、瞬きの回数から自発性瞬目率を算出しました。自然な瞬きを妨げないようにするため、瞬きを測っていることは子どもに伝えていません（図1）。

まず、自発性瞬目率は月齢が高い子どもほど高く、また、自発性瞬目率が高い子どもほどルールの切り替えの成績が良好でした（図2）。月齢の影響を統計的に取り除いても、この関係性は残りました。つまり、瞬きは単に年齢を映しているだけではなく、同じ年頃の子どもの間にある実行機能の個人差とも関連していました。

次に、課題実行中の前頭前野の活動は、月齢によって系統的に異なっていました。月齢が高い子どもほど右半球・背側（右背外側前頭前野）の活動が強く、左半球・吻側（前頭極側）の活動は弱いという傾向がみられました（図3A）。この結果は、前頭前野の広い範囲を漠然と使う状態から、課題に必要な領域へと活動が絞り込まれていく「機能分化」^{注5)}が幼児期の前頭前野で既に始まっていることを示唆しています。

そして、この右背外側前頭前野の活動は、自発性瞬目率、切り替えの成績のいずれとも関連していました（図3B、C）。月齢を統制してもこの関係性は残り、計測した四つの領域のうち、関連がみられたのは

この右背外側前頭前野だけでした。瞬きの多い子どもほど実行機能が高いという関係の背景には、前頭前野が全体として強く働くことではなく、課題の遂行に重要な部位が選択的に働くことがあると考えられます。

まとめると、瞬きの多い子どもほど、課題の遂行に重要な右背外側前頭前野の活動が高く、頭の切り替えの成績も良いという関連が示されました。幼児期に増えていく瞬きが、実行機能とその神経基盤の発達をうかがい知る手がかりとなる可能性を示しています。

今後の展開

瞬きが生じる仕組みには、ドーパミンだけでなく、アセチルコリンなど様々な神経制御メカニズムの関与が想定されています。また、瞬きの頻度は、そのときの状態にも左右されます。本研究で用いた自発性瞬目率は個人内で比較的安定しており、実行機能と関係は状態の違いによらずみられましたが、幼児の瞬きの頻度がどのように調整され、発達していくのかについては、より深い理解が必要です。

今回の結果がどの程度一般化できるかは、同じ子どもを追跡する縦断的な検討を含め、さらなる検証が必要です。また、今回明らかになったのは瞬きと実行機能の横断的な関連であり、意識して瞬きを増やせば実行機能が高まるという因果関係を示したものではありません。本研究では、瞬きと実行機能が共通する神経機構の成熟を反映していると考えています。瞬きは視覚情報処理に関与していると考えられていますが、瞬きの発達そのものが実行機能の発達にどう関わるのかは、今後の興味深い課題です。ただし、瞬きから実行機能の発達のすべてが分かるわけではなく、瞬きが少なくても実行機能課題の成績が高い幼児もいます。成人を対象とした研究では、課題の種類によっては、瞬きが少ない人や中程度の人の方が成績が良いという報告もあります⁶⁾。ある時点で瞬きが少ないことが実行機能の発達の遅れを示すわけではなく、そうした子どもも、別の神経回路や方略によって課題をこなせるようになる可能性があり、さらなる研究が必要です。

一方で、瞬きの計測には特別な装置を必要とせず、人による観察でもおおよそ把握することができます。近年は人工知能（AI）によってビデオからの瞬きの自動検出も進んでおり、大規模なデータ収集や、文化を超えた発達の比較も現実的になりつつあります。子どもの自制心をどのように支え、育てるかは、教育・保育の重要なテーマです。瞬きが、その手がかりの一つとして活用されることが期待されます。

参考図

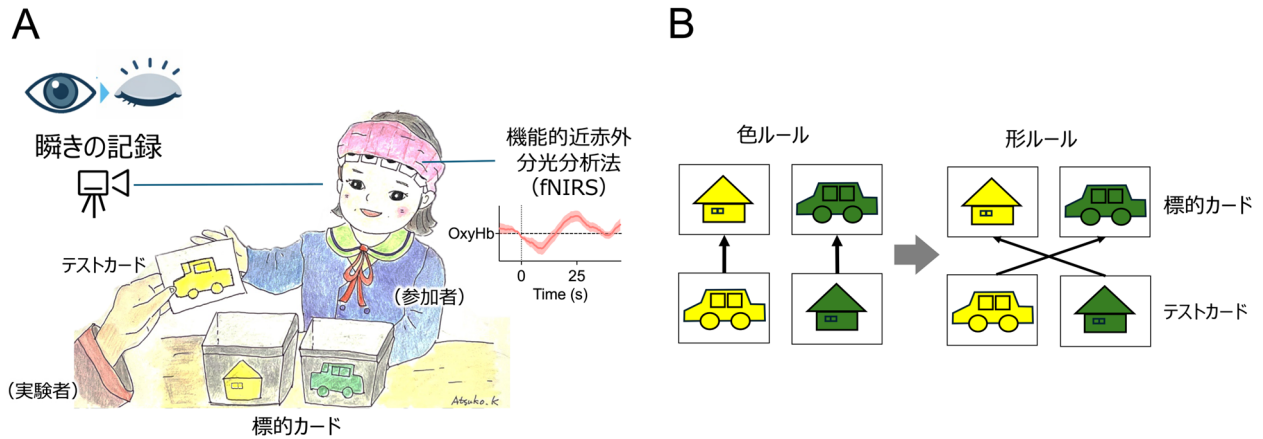


図 1. 実験の様子と課題の構成。(A) 子どもはルール切り替え課題を行い、その間の前頭前野の活動変化を機能的近赤外分光分析法 (fNIRS) で、瞬きをビデオカメラで同時に計測した。(B) 課題の構成。標的カードとテストカードを用い、色で分けるか形で分けるかというルールを適宜変えることで、次元の変化への認知的柔軟性を測る。

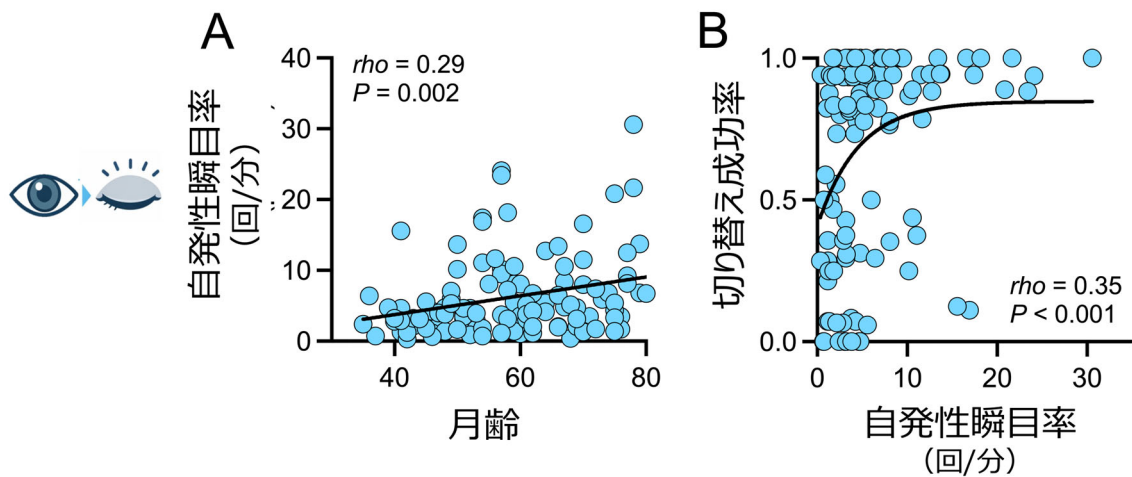


図 2. 自発性瞬目率と月齢・切り替え成績の関係。(A) 月齢が高い子どもほど自発性瞬目率 (回/分) が高かった ($\rho = 0.29$ 、 $P = 0.002$)。 (B) 自発性瞬目率が高い子どもほど切り替え成功率が高かった ($\rho = 0.35$ 、 $P < 0.001$)。各点は個々の子どもを、実線は視覚化のための回帰線を示す。

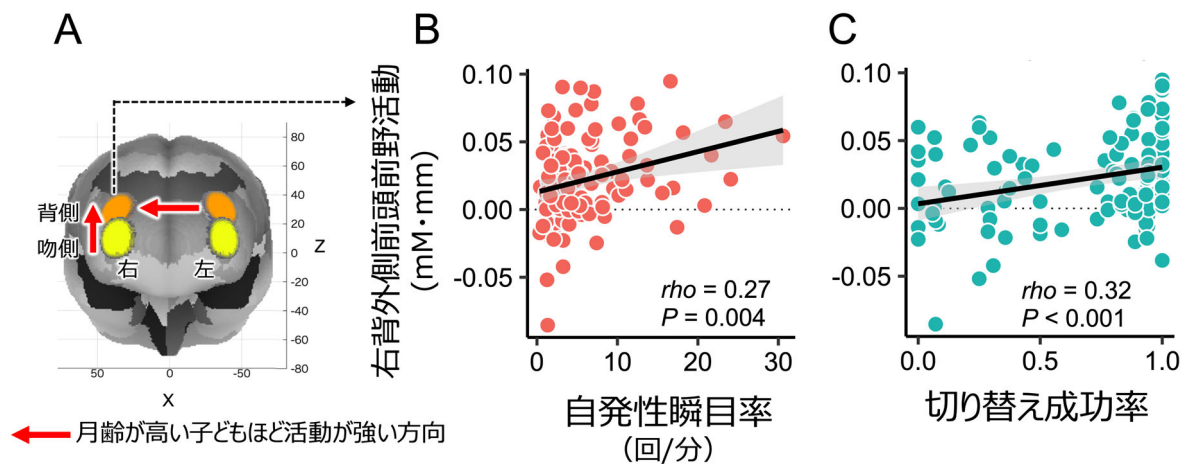


図 3. 前頭前野の活動と、月齢・自発性瞬目率・切り替え成績の関係。(A) 計測した 4 領域（左右の背外側前頭前野と吻外側前頭前野）のうち、月齢が高い子どもほど右半球・背側（右背外側前頭前野）の活動が強く、左半球・吻側（前頭極側）の活動は弱かった。(B) 右背外側前頭前野の活動は自発性瞬目率と正の相関を示した ($\rho = 0.27$ 、 $P = 0.004$)。 (C) 右背外側前頭前野の活動は切り替え成功率とも正の相関を示した ($\rho = 0.32$ 、 $P < 0.001$)。

参考文献

1. Moffitt, T. E. et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 108, 2693–2698, 2011.
2. Moriguchi, Y. & Shinohara, I. Dev. Sci., 21, e12649, 2018.
3. Jongkees, B. J. & Colzato, L. S. Neurosci. Biobehav. Rev., 71, 58–82, 2016.
4. Kuwamizu, R. et al. Med. Sci. Sports Exerc., 53, 1425–1433, 2021.
5. Cruz, A. A. V. et al. Ocul. Surf., 9, 29–41, 2011.
6. Akbari Chermahini, S. & Hommel, B. Cognition, 115, 458–465, 2010.

用語解説

注 1) 実行機能

行動、思考、感情を制御する認知プロセス。優位な反応を抑える「抑制」、行動やルールを切り替える「切り替え」、情報を保持しつつ処理する「更新（作業記憶）」といった要素から成るとされる。幼児期に著しく発達し、その個人差は後の学業成績や社会的成功とも関連するとして注目されている。

注 2) ルール切り替え課題（次元変化カード分類課題：Dimensional Change Card Sort, DCCS）

幼児の実行機能を調べる代表的な課題。色と形という二つの次元を含むカードを用い、まず一方の次元（例：色）で分類するように教示し、次に別の次元（例：形）で分類するように教示する。これにより、ルールの変化への柔軟性を測る。実行機能のうち、切り替えや前のルールを抑える抑制制御などが関わりと考えられている。

注 3) 自発性瞬目率

1 分間当たりの、意識せずに生じる瞬きの回数。ドーパミンをはじめとする神経修飾系の働きに影響を受けうると考えられている。成人では安静時に毎分平均 20～30 回程度であり、ドーパミン神経の機能低下がみられるパーキンソン病の患者などでは少ないことが報告されている。

注 4) 機能的近赤外分光分析法 (fNIRS : functional near-infrared spectroscopy)

近赤外光を頭皮の上から照射し、酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化から、神経活動を推定する脳イメージング手法。計測できるのは皮質表面に限られる。一方で、装置が小型で拘束性が低く、無侵襲で計測できる。

注 5) 機能分化

発達に伴い、課題を行うときの脳活動が、広い範囲に漠然と分布した状態から、必要な領域に絞り込まれた状態へと変化していくという考え方。効率の良い脳内ネットワークが形づくられていく過程として、脳の発達に関する有力な仮説の一つとされてきた。ただし、こうした変化が幼児期に既に始まっているのかどうかは、これまで十分に分かっていなかった。

研究資金

本研究は日本学術振興会 (JSPS) 科学研究費補助金 (23H04830、24K20598、23KJ1169 : 桑水隆多、24K00486 : 森口佑介・桑水隆多) の支援を受けて実施されました。また、学術系クラウドファンディングサイト「academist(アカデミスト)」を通じてご支援いただいた皆さまの寄付(プロジェクト番号 396)も活用されています。

掲載論文

【題 名】 Emergent blink rate in early childhood is associated with neural origins of executive function
(幼児期に現れ始める瞬きの頻度は実行機能の神経起源と関連する)

【著者名】 Ryuta Kuwamizu (桑水隆多、筆頭著者・共同責任著者), Nozomi Yamamoto (山本希), Kota Otani (大谷康太), Yusuke Moriguchi (森口佑介、共同責任著者)

【掲載誌】 Communications Psychology

【掲載日】 2026 年 9 月 15 日

【DOI】 10.1038/s44271-026-00524-6