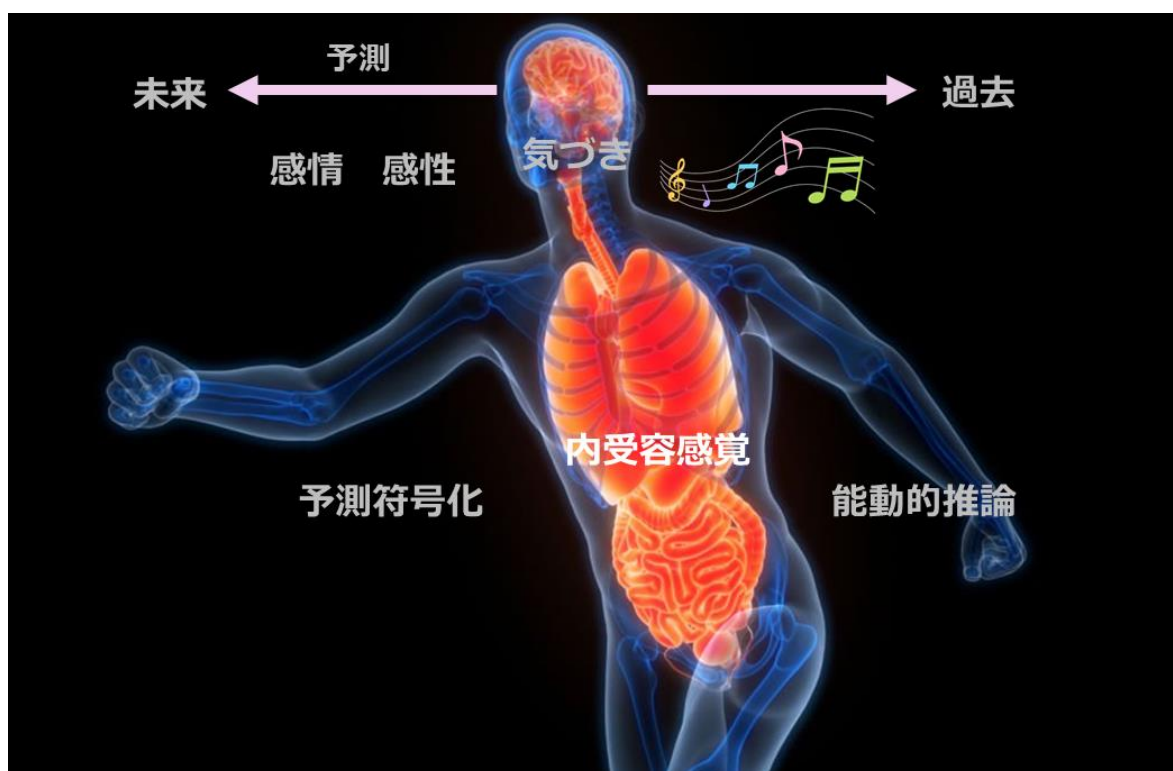


感覚から見た感情・感性のコントロール
～心と身体につながりに着目して～

講演要旨集



コーディネーター：

山脇 成人 広島大学脳・こころ・感性科学研究センター 特任教授

明和 政子 京都大学大学院教育学研究科 教授

日時：2024年11月6日（水）13：00～16：45

会場：千里ライフサイエンスセンタービル5F

山村雄一記念ライフホール（WEB配信併用）

主催：公益財団法人 千里ライフサイエンス振興財団

後援：バイオコミュニティ関西

表紙の図：

感覚の予測符号化・能動的推論から見た運動・感情・感性のコントロール

【広島大学脳・こころ・感性科学研究センター 特任教授 山脇 成人 先生 提供】

プログラム

13:00～13:05

開会の挨拶 公益財団法人 千里ライフサイエンス振興財団 理事長 審良 静男

13:05～13:15

はじめに 広島大学脳・こころ・感性科学研究センター 特任教授 山脇 成人

13:15～13:45 座長：明和 政子

演題1 トップアスリートの実戦における身体・脳のダイナミクス4
NTT コミュニケーション科学基礎研究所 フェロー 柏野 牧夫

13:45～14:15 座長：明和 政子

演題2 音楽による感情と身体性認知基盤の理解8
東京大学次世代知能科学研究センター 准教授 大黒 達也

14:15～14:45 座長：明和 政子

演題3 内受容・外受容感覚の相互作用に基づく感性のシステムの理解12
広島大学脳・こころ・感性科学研究センター 准教授 笹岡 貴史

14:45～14:55

休 憩

14:55～15:25 座長：山脇 成人

演題4 身体性からみる実在感と幻覚体験16
北海道大学 人間知・脳・AI 研究教育センター 准教授 鈴木 啓介

15:25～15:55 座長：山脇 成人

演題5 社会脳はどのように生まれるのか？～脳と身体の連関から～20
京都大学大学院教育学研究科 教授 明和 政子

15:55～16:05

休 憩

16:05～16:35 座長：山脇 成人

総合討論

『心身のヘルスケアイノベーションに向けた感情・感性研究』

16:35～16:45

おわりに 京都大学大学院教育学研究科 教授 明和 政子

* 会終了後、ロビーにて交流会（名刺交換会）を開催します。

※講演の時間は質疑応答を含みます。ご注意ください。

はじめに

広島大学脳・こころ・感性科学研究センター 特任教授

やまわき しげと
山脇 成人

感覚は、外受容感覚（五感）、内受容感覚（身体内部の感覚）、固有感覚（位置覚や運動覚）で構成される。感情や感性はこれら感覚の脳内処理によって創発されと考えられるが、そのメカニズムは未だ不明である。ヒトは予測しながら活動している。予測誤差を最小化するように神経活動を更新して学習する予測符号化と、周囲の環境を予測しやすい状態に変化させ自分の好みの入力を得るために行動する能動的推論が感情や感性の創発理論モデルとして注目されている。本シンポジウムでは、運動（固有感覚）・音楽（外受容感覚）と感情、内受容感覚からみた感性・実在感、最後に感覚の発達からみた社会脳について最新知見を発表してもらい、感覚から見た感情・感性の発達とその制御について議論したい。

学歴・職歴

1979 年	広島大学医学部医学科卒業
1981 年	国立呉病院精神科 医師
1982 年	米国ワシントン大学医学部 科学技術庁在外研究員
1985 年	医学博士（広島大学）
1989 年	国立呉病院精神科 医長・臨床研究部 室長（併任）
1990 年	広島大学医学部神経精神医学講座 教授
2012 年	国立精神・神経医療研究センター 理事
2015 年	日本学術会議 会員（第2部）・脳とこころ分科会 委員長
2016 年	オーストリア・ウイーン大学医学部精神医学 教授（非常勤）
2017 年～現在	広島大学 特任教授・名誉教授
2018 年	日本脳科学関連学会連合 代表
2018 年～現在	広島大学脳・こころ・感性科学研究センター長

学 位 医学博士

受賞歴

2000 年	日本臨床精神神経薬理学会学会功労賞
2005 年	国際電気通信基礎技術研究所(ATR) President Award
2005 年	日本神経回路学会 優秀論文賞 (Nature Neuroscience 7: 887-893, 2004)
2012 年	文部科学大臣表彰 科学技術賞（研究部門）
2019 年	中国文化賞（中国新聞社）

2024 年 国際神経精神薬理学会 (CINP) Pioneer Award

所 属 学 会 国際神経精神薬理学会 (CINP)、アジア神経精神薬理学会 (AsCNP)、日本精神神経学会、日本神経精神薬理学会、日本うつ病学会、日本サイコオンコロジー

専 門 分 野 神経精神薬理学、脳科学、サイコオンコロジー学会

主な著書

1. Daikoku,T., Tanaka,M., Yamawaki,S. : Bodily maps of uncertainty and surprise in musical chord progression and the underlying emotional response. *iScience* 27: 109498, 2024.
2. Sasaoka,T., Hirose,K., Maekawa,T., Inui,T., Yamawaki,S. : The anterior cingulate cortex is involved in intero-exteroceptive integration for spatial image transformation of the self-body. *Neuroimage* 293: 120634, 2024.
3. Fermin,ASR., Friston,K., Yamawaki,S. : An insula hierarchical network architecture for active interoceptive inference. *Royal Society Open Science* 9: 220226, 2022.
4. Takamura,M., Okamoto,Y., Shibasaki,C., Yoshino,A., Okada,G., Ichikawa,N., Yamawaki,S. : Antidepressive effect of left dorsolateral prefrontal cortex neurofeedback in patients with major depressive disorder: A preliminary report. *Journal of Affective Disorders* 271: 224-227, 2020.
5. Tokuda,T., Yoshimoto,J., Shimizu,Y., Okada,G., Takamura,M., Okamoto,Y., Yamawaki,S., Doya,K. : Identification of depression subtypes and relevant brain regions using a data-driven approach. *Scientific Reports* 8: 14082, 2018.
6. Yoshimura,S., Okamoto,Y., Onoda,K., Matsunaga,M., Okada,G., Kunisato,Y., Yoshino,A., Ueda,K., Suzuki,S., Yamawaki,S. : Cognitive behavioral therapy for depression changes medical prefrontal and ventral anterior cingulate cortex activity associated with self-referential processing. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 9: 487-493, 2014.
7. Fuchikami,M., Morinobu,S., Segawa,M., Okamoto,Y., Yamawaki,S., Ozaki,N., Inoue,T., Kusumi,I., Koyama,T., Tsuchiyama,K., Terao,T. : DNA methylation profiles of the brain-derived neurotrophic factor (BDNF) gene as a potent diagnostic biomarker in major depression. *PLoS One* 6: e23881, 2011(e-pub).
8. Schweighofer,N., Bertin,M., Shishida,K., Okamoto,Y., Tanaka,SC., Yamawaki,S., Doya,K. : Low-serotonin levels increase delayed reward discounting in humans. *The Journal of Neuroscience* 28: 4528-4532, 2008.
9. Shirao,N., Okamoto,Y., Mantani,T., Okamoto,Y., Yamawaki,S. : Gender differences in brain activity generated by unpleasant word stimuli concerning body image: an fMRI study. *British Journal of Psychiatry* 186: 48-53, 2005.
10. Doya,K., Okada,G., Ueda,K., Okamoto,Y., Yamawaki,S. : Prediction of immediate and future rewards differentially recruits cortico-basal ganglia loops. *Nature Neuroscience* 7: 887-893, 2004.

演題 1. 「トップアスリートの実戦における身体・脳のダイナミクス」

日本電信電話株式会社 コミュニケーション科学基礎研究所 NTT フェロー

かしの まきお
柏野 牧夫

学歴・職歴

1987 年 東京大学 文学部 心理学科 卒業
1989 年 東京大学大学院 人文科学研究科 修士課程 修了
1989 年 日本電信電話株式会社 (NTT) 入社
2010 年～2016 年 NTT コミュニケーション科学基礎研究所 人間情報研究部 部長
2017 年～2019 年 同所 スポーツ脳科学プロジェクト PM
2019 年～2024 年 同所 柏野多様脳特別研究室 室長
2018 年～現在 NTT フェロー
(兼務等)
1992 年～1993 年 Wisconsin 大学 客員研究員 (Host: Prof. Richard M. Warren)
2006 年～2016 年 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 物理情報システム専攻 連携教授
2016 年～2021 年 東京工業大学工学院 情報通信系 特任教授/特定教授
2020 年～2024 年 東京大学大学院 教育学研究科 身体教育コース 客員教授

学 位 博士 (心理学) (東京大学, 2000)

受賞歴

平成 28 年度 文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門)
「多様な環境での柔軟な知覚を支える人間の聴覚機構の研究」

所属学会 日本音響学会、日本基礎心理学会、日本神経科学会、日本聴覚医学会 など

専門分野 心理物理学、認知神経科学、人間情報学

公職・その他 日本学術会議 連携会員

主な著書（原著論文）

1. Fujisaki, W., Shimojo, S., Kashino, M., Nishida, S.: Recalibration of audio-visual simultaneity. *Nature Neuroscience* 7(7): 773-778, 2004. doi: 10.1038/mn1268.
2. Kondo, H.M., Kashino, M.: Involvement of the thalamocortical loop in the spontaneous switching of percepts in auditory streaming. *The Journal of Neuroscience* 29(40): 12695-12701, 2009. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1549-09.2009
3. Kashino, M., Kondo, H.M.: Functional brain networks underlying perceptual switching: auditory streaming and verbal transformations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 367(1591): 977-987, 2012. doi: 10.1098/rstb.2011.0370.
4. Kondo, H.M., Pressnitzer, D., Toshima, I., Kashino, M.: Effects of self-motion on auditory scene analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(17): 6775-6780, 2012. doi: 10.1073/pnas.1112852109
5. Lin, I.F., Shirama, A., Kato, N., Kashino, M.: The singular nature of auditory and visual scene analysis in autism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372(1714): 20160115, 2017. doi: 10.1098/rstb.2016.0115.
6. Ooishi, Y., Mukai, H., Watanabe, K., Kawato, S., Kashino, M.: Increase in salivary oxytocin and decrease in salivary cortisol after listening to relaxing slow-tempo and exciting fast-tempo music. *PLOS ONE* 12(12): e0189075, 2017. doi: 10.1371/journal.pone.0189075. eCollection 2017.
7. Kishita, Y., Ueda, H., Kashino, M.: Eye and head movements of elite baseball players in real batting. *Frontiers in Sports and Active Living* 2: 3, 2020. doi: 10.3389/fspor.2020.00003.
8. Nishizono, R., Saijo, N., Kashino, M.: Highly reproducible eyeblink timing during formula car driving. *iScience* 26(6): 106803, 2023. doi.org/10.1016/j.isci.2023.106803.
9. Minami, S., Watanabe, K., Saijo, N., Kashino, M.: Neural oscillation amplitude in the frontal cortex predicts esports results. *iScience* 26(6): 106845, 2023. doi.org/10.1016/j.isci.2023.106845.
10. Minami, S., Haruki, K., Watanabe, K., Saijo, N., Kashino, M.: Prediction of esports competition outcomes using EEG data from expert players. *Computers in Human Behavior* 160: 108351, 2024. doi: 10.1016/j.chb.2024.108351.

主な著書（書籍）

1. 柏野 牧夫: 音のイリュージョン～知覚を生み出す脳の戦略～. 岩波科学ライブラリー168, 岩波書店, 2010.
2. 柏野 牧夫: 空耳の科学—だまされる耳、聞き分ける脳. ヤマハミュージックメディア, 2012.

要 旨

スポーツに熟達するには、単に身体（筋力やフォームなど）を鍛えれば事足りるものではない。試合の重大な局面で持てる技能を最大限発揮するためには、心身の状態を最適化する必要がある。また、とりわけインタラクティブな競技では、ボールの動きや相手の挙動、周囲の状況といった刻々と変化する外界のイベントを正確に把握し、それに応じてタイミングよく精密に自己の動作を制御する技能が求められる。こうしてみると、卓越したパフォーマンスを示すトップアスリートは、状況に即応して自分の心と身体を制御する能力においてひとつの究極形と言える。この基盤となる身体と脳のメカニズムを解明すれば、アスリートのトレーニングはもちろん、一般人のウェルビーイングにも役立つと期待される。

ここで重要なのは、アスリートの心身調節や身体技能は、その大半が当人の自覚できない脳の機能、すなわち「潜在脳機能」によって支えられているということである。熟達者といえども、どうやっているか説明を求められると、実態と乖離した内容になることが珍しくない。そこで我々は、実際の試合やそれに近いリアルな状況において、アスリートの動作や生体情報を計測し、置かれた状況を勘案しながら定量的に解析するというアプローチをとっている。これにより、自覚できない（意識とは異なる）情報処理過程が浮き彫りになる。それには計測がプレイの邪魔にならないことが前提となるが、近年のウェアラブルセンシングや機械学習などの情報技術の急速な発展により、この前提が充足されつつある。本講演では、このような「実環境認知神経科学」アプローチによる、さまざまな競技のトップアスリート（ミュージシャンも含む）を対象とした研究をいくつか紹介する。

野球やソフトボールのバッティングは、極短時間のうちに、不確定性の高い状況下で、きわめて精度の高い全身動作を要求される情報処理課題である。視覚入力から運動実行までには無視できない時間を要するので、ボールの到達位置とタイミングに関する予測がバッティングの成否を握っている。プロ野球選手やソフトボール日本代表などを対象とした一連の実験で、優れた打者は、無自覚のうちに些細な投球フォームの特徴を予測に利用していることが示された。また、投球軌道の情報を捉える眼球と頭部の動きのタイミングが、プロの中でもスキルレベルによって異なることが明らかになった。優れた打者は、厳しい時間的制約の中で得られる視覚情報を最大化できるように視線の挙動を最適化しているようである。これらの知見を踏まえ、無自覚的な予測を鍛えるための相手投手シミュレータを構築し、東京オリンピックのソフトボール日本代表に提供した。

e スポーツの格闘ゲームは、全身動作こそ伴わないものの、極短時間での相手とのインタラクションという点では実際の格闘技と共通する部分がある。ここでも直近の視覚情報への反応だけでなく、より大きな時間スケールの文脈情報や、相手の使うキャラクターおよび相手自身のタイプなどを総合的に勘案した予測が鍵を握っている。上級者同士の対戦における脳波を計測したところ、試合直前の脳波に勝敗と関連する特徴的なパターンが見られた。機械学習手法で構築したモデルにより、実力が拮抗した試合や番狂わせも含めて、試合直前の脳波から勝敗を約

80%の精度で予測することができた。勝者は戦う前から「勝てる脳の状態」になっているようである。

全日本スーパーフォーミュラ選手権は、国内最高レベルのモータースポーツのひとつである。トップドライバーの実走行中の目の状態を車の挙動と同時に計測したところ、瞬目のパターンに強い規則性があることがわかった。瞬目はコース上の特定位置で生じる傾向があり、車の加速度パターンと関連していた。また、ラップタイムが短いほど、瞬目パターンが明瞭になった。ドライバーは、無自覚的に、視覚情報の取り込みや運転操作、集中度やリスクテイクなどの要因を勘案して瞬目を制御しているようである。

スノーボードビッグエアは、空中で回転技などのトリックを行う採点競技である。国内トップ選手を集めた大会で、練習、予選、決勝のそれぞれにおいて脳波、心拍、演技中の動作を計測したところ、交感神経優位で脳はリラックスした状態の時に高得点になる傾向が見られた。神経系の状態によって、無自覚的に動作のタイミングや強度が変わるようである。

ライフル射撃は、静止した状態で射撃し、ミリ単位の命中精度を競う競技である。国内トップ選手とそれに準じる選手の試合中の脳波、呼吸、心拍、筋電、足圧、眼球などを多角的に計測し、成績との対応を調べる実験を進めている。トップ選手は自律神経系の状態を安定させる能力が高い。また、呼吸と心拍、心拍と脳波など、複数の活動の間に強い連動性（活動タイミングの同期）が見られる。これらと成績との関係を解析中である。

熟達者は高度な技能を示す一方で、突如として不調に陥ることがある。明確な身体的原因がないにも関わらず、特定部位で演奏動作に障害があらわれる課題特異的局所性ジストニアに罹患したプロドラマーの演奏時の筋電を計測したところ、症状が出る時には罹患部位で筋活動のタイミングが早まり、拮抗する筋の協調が乱れることがわかった。

これらの研究結果に共通するのは、スポーツや演奏においては、外界のイベントと、身体動作をもたらす複数の筋活動、心臓や肺などの臓器、脳の各部位や自律神経系などが、精細な（場合によってはミリ秒オーダーの）タイミングで連動することが鍵を握っているということである。このことは、心身技能のトレーニング法や介入法を考える上で重要なヒントとなる。

演題 2. 「音楽による感情と身体性認知基盤の理解」

東京大学次世代知能科学研究センター 准教授

だいこく たつや
大黒 達也

学歴・職歴

2016 年 3 月 東京大学大学院医学系研究科博士課程修了
2016 年 4 月 – 2016 年 11 月 英オックスフォード大学, 博士研究員
2016 年 12 月 – 2019 年 12 月 独マックスプランク研究所, 研究員
2019 年 9 月 – 現在 英ケンブリッジ大学, 研究員
2022 年 9 月 – 現在 広島大学, 客員准教授
2020 年 4 月 – 2023 年 3 月 東京大学, ニューロインテリジェンス国際研究機構, 特任助教
2023 年 4 月 – 2024 年 3 月 東京大学 大学院情報理工学系研究科, AI センター, 特任講師
2024 年 4 月 – 現在 東京大学, 大学院情報理工学系研究科, 准教授

学 位 博士 (医学)

受賞歴

Neuroscience and music conferenceVIII Best poster award. 「Understanding Embodied Cognitive Mechanisms of Music Based on Brain Predictive Processing」, 2024 年. (Helsinki, Finland)
JST AIP チャレンジプログラムラボ長賞. 「Development of a new AI that visualize musical individuality」 2022 年.
第 21 回日本ヒト脳機能マッピング学会若手研究者賞. 「Cortical oscillations in multisensory speech perceptions: TMS and EEG study」 2019 年.
第 20 回認知神経科学会学術集会最優秀ポスター賞. 「Neurophysiological markers for implicit and explicit statistical learning」 2015 年.

所属学会 日本神経科学会, 日本ヒト脳機能マッピング学会

専門分野 神経科学・音楽

主な著書

- [1] **T. Daikoku**, C. Lee, U. Goswami, “Amplitude Modulation Structure in French and German Poetry: Universal Acoustic Physical Structures Underpin Different Poetic Rhythm Structures”, ***Royal Society Open Science***, in press.
- [2] **T. Daikoku**, M. Tanaka, S. Yamawaki, " Bodily Maps of Uncertainty and Surprise in Musical Chord Progression and the Underlying Emotional Response", ***iScience*** 27(4), 109498 (total pages: 15), 2024.
- [3] **T. Daikoku**, “Temporal Dynamics of Statistical Learning in Children’s Song Contributes to Phase Entrainment and Production of Novel Information In Multiple Cultures”, ***Scientific Reports***, 13(1), 18041 (total pages: 10), 2023.
- [4] **T. Daikoku**, S. Jentschke, V. Tsogli, K. Bergström, T. Lachmann, M. Ahissar, S. Koelsch, “Neural correlates of statistical learning in developmental dyslexia: An electroencephalography study”, ***Biological Psychology*** 108592 (total pages: 11), 2023.
- [5] **T. Daikoku**, U. Goswami, “Hierarchical Amplitude Modulation Structures and Rhythm Patterns: Comparing Western Musical Genres, Song, and Nature Sounds to Babytalk”, ***PLoS ONE*** 17(10), e0275631 (total pages: 27), 2022.
- [6] E. Smalle, **T. Daikoku**, W. Duyck, A. Szmalec, R. Mottonen, “Unlocking Adult’s Implicit Language Learning Skill by Cognitive Depletion”, ***Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*** 119(2), e2026011119 (total pages: 9), 2022.
- [7] **T. Daikoku**, M. Yumoto, “Musical Expertise Facilitates Statistical Learning of Rhythm and the Perceptive Uncertainty: A cross-cultural Study”, ***Neuropsychologia*** 146, 107553 (total pages: 13), 2020.

要 旨

音楽は、特定の身体感覚を引き起こすことが知られている (Putkinen et al., 2024). たとえば、音楽を聴くと、聴覚を通じた外受容感覚に加え、心拍の高まりによるドキドキ感や鳥肌、悲しい音楽を聴いた際に胸が締め付けられるような感覚など、内受容感覚も引き起こされる (Mori et al., 2017). これを説明する一つの理論として、脳の予測機能が考えられる. 先行研究では、音楽における適度な予測誤差が、心拍の上昇や鳥肌を誘発し、脳内の報酬系を刺激することが明らかにされている (Matthews et al., 2020). 本研究では、527 人の成人を対象に、様々な和音列を聴取中に体験する身体感覚を、身体マッピングテストと感情評価を通じて調査した (Daikoku et al., 2024). その結果、音楽の不確実性や予測誤差の時間的変動が、心臓や腹部に特異的な身体感覚や情動反応を引き起こすことが確認された (図). さらに、これらの身体感覚が美的評価と強く関連していることが示された. 加えて、10 代から 90 代までを対象にした別の実験では、心臓に関連する感覚が 10 代から 20 代にかけて最も強く、年齢とともにその感覚が徐々に減少することが明らかになった (Tanaka & Daikoku, in preparation). これらの結果は、音楽における不確実性と予測誤差の変動が、美的体験およびそれに伴う身体認知に重要な役割を果たしていることを示唆している. 特に、音楽に対する予測を介した内受容感覚（心臓や腹部の感覚）が、音楽的な美感を促進する可能性がある. また、音楽を通じた内受容感覚とそれに伴う美的体験は、発達に伴い変化する可能性が示唆される.

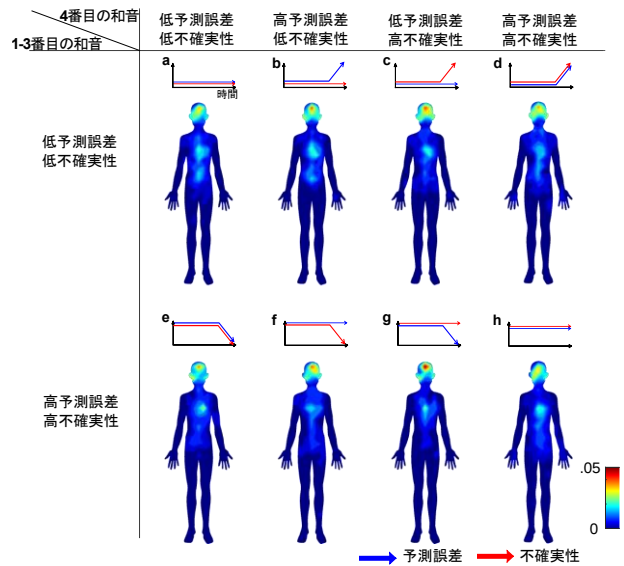


図. 様々な不確実性と予測ゆらぎを持った和音列聴取時の身体感覚.

参考文献

1. Putkinen, V., Zhou, X., Gan, X., Yang, L., Becker, B., Sams, M., & Nummenmaa, L. (2024). Bodily maps of musical sensations across cultures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(5), e2308859121.
2. Mori, K., & Iwanaga, M. (2017). Two types of peak emotional responses to music: The psychophysiology of chills and tears. *Scientific reports*, 7(1), 46063.
3. Daikoku, T., Tanaka, M., & Yamawaki, S. (2024). Bodily maps of uncertainty and surprise in musical chord progression and the underlying emotional response. *Iscience*, 27(4).

..... MEMO

演題 3. 「内受容・外受容感覚の相互作用に基づく感性のシステムの理解」

広島大学脳・こころ・感性科学研究センター 准教授

ささおか たかふみ
笹岡 貴史

学歴・職歴

1998 年	京都大学文学部卒業
2000 年	日本学術振興会 特別研究員 (DC1)
2003 年	京都大学大学院情報学研究科博士工期課程修了 博士 (情報学)
2003 年	金沢工業大学人間情報システム研究所特別研究員
2005 年	京都大学大学院情報学研究科 助教
2014 年	広島大学大学院医歯薬保健学研究院 特任助教
2015 年	広島大学大学院医歯薬保健学研究院 特任講師
2018 年	広島大学社会産学連携室 准教授
2018 年～現在	広島大学脳・こころ・感性科学研究センター 准教授

学 位 博士 (情報学)

受賞歴

第 10 回日本認知心理学会優秀発表賞 (新規性評価部門)
日本感情心理学会第 26 回大会優秀発表賞
2019, 2020, 2022, 2023 年度公益社団法人日本心理学会学術大会優秀発表賞
2023 年度日本神経回路学会優秀研究賞

所属学会 日本心理学会、日本認知心理学会、日本神経科学学会、日本神経回路学会、日本感性工学会

専門分野 認知心理学・認知神経科学

主な著書

1. Sasaoka, T., Hirose, K., Maekawa, T., Inui, T., & Yamawaki, S.: The anterior cingulate cortex is involved in intero-exteroceptive integration for spatial image transformation of the self-body. *NeuroImage*, 120634, 2024.
2. Maekawa T, Sasaoka T, Inui T, Fermin ASR, Yamawaki S (2024) Heart rate and insula activity increase in response to music in individuals with high interoceptive sensitivity. *PLoS ONE* 19(8): e0299091.
3. Sasaoka, T., Harada, T., Sato, D., Michida, N., Yonezawa, H., Takayama, M., Nouzawa, T., & Yamawaki, S.: Neural basis for anxiety and anxiety-related physiological responses during a driving situation: an fMRI study, *Cerebral Cortex Communications*, Volume 3, Issue 3, 2022, tgac025.
4. Okamoto, Y., Sasaoka, T. (Corresponding author), Sadato, N., Fukunaga, M., Yamamoto, T., Soh, Z., Nouzawa, T., Yamawaki, S., Tsuji, T.: Is Human Brain Activity During Driving Operations Modulated by the Viscoelastic Characteristics of a Steering Wheel?: An fMRI Study, *IEEE Access*, 8, 215073–215090, 2020.
5. Machizawa, G. M., Lisi, G., Kanayama, N., Mizuochi, R., Makita, K., Sasaoka, T., & Yamawaki, S.: Quantification of anticipation of excitement with three-axial model of emotion with EEG, *J Neural Eng*, 17, 036011, 2020.
6. Sasaoka, T., Asakura, N., & Inui, T.: Ease of hand rotation during active exploration of views of a 3-D object modulates view generalization, *Experimental Brain Research*, 237 (4), 939-951, 2019.
7. Sasaoka, T., Mizuhara, H., & Inui, T.: Dynamic parieto-premotor network for mental image transformation revealed by simultaneous EEG and fMRI measurement. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26: 232-246, 2014.

要 旨

広島大学脳・こころ・感性科学研究センター（BMK センター）は、2013 年に広島大学を中心に採択された COI STREAM「精神的価値が成長する感性イノベーション拠点」を母体として 2018 年に設立されたセンターである。これまで、BMK センターでは、感性という言葉で言い表しにくいこころの働きを脳活動や生理反応によって可視化し、社会実装に繋げ、心豊かな社会を実現するための取り組みを進めてきた。我々は感性の可視化という目標に向けて、まず可視化の対象としての「感性」を系統的に理解するため、予測符号化理論（Rao & Ballard, 1999; Friston, 2005）に基づく認知神経科学的な感性の定義を行った。この定義に基づき、感性を五感（外受容感覚）と内臓感覚（内受容感覚）の処理とその統合的評価に基づく評価システムとみなし、外受容感覚の内受容感覚の統合と評価のきっかけとなる「気づき」を生じさせる島皮質を中心としたネットワークモデルを提案するとともに、ストレス制御に関わる島皮質を中心としたモデルを提案し（Fermin et al., 2022）、これら仮説の検証を続けている。本講演ではまず BMK センターにおける「感性」の考え方を概説するとともに、これまで得られてきた知見や開発してきた感性の可視化技術（例えば、Machizawa et al., 2020）について紹介する。

一方で、「感性の違い」という言葉があるように、感性的評価においては個人差が存在し、この個人差を説明できる「軸」をいかに見いだすかがこれまでの感性研究において重要な課題であった。この課題に対し、我々は内受容感覚の個人差に注目し、心拍知覚に関わる課題を利用した個人差評価手法を提案した。本講演ではこの内受容感覚の個人差評価手法について概説した上で、我々が提案する手法を用いて導き出した内受容感覚の個人差が音楽を聴取した際の生理反応、脳活動を予測する（Maekawa et al., 2024）、自己身体イメージを心的回転する課題の成績や脳活動を予測する（Sasaoka et al., 2024）といった知見を紹介し、内受容感覚の個人差と感性的評価の個人差の関係について述べる。

最後に、感性について得られた知見を社会にどう生かしていくかについて、BMK センターで進めてきた尖った産学連携研究を紹介するとともに、内受容感覚の可視化技術を住民のこころと身体健康増進に繋げる自治体との取り組みについても紹介する。

参考文献

1. Rao, R.P.N., Ballard, D.H. Predictive coding in the visual cortex: a functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects. *Nature Neuroscience* 2, 79–87 (1999).
2. Friston, K. A theory of cortical responses. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 360, 815–36 (2005).
3. Fermin, A.S.R., Friston, K., Yamawaki, S. An insula hierarchical network architecture for active interoceptive inference. *R. Soc. Open Sci.* 9, 220226 (2022).
4. Machizawa, M.G., Lisi, G., Kanayama, N., Mizuochi, R., Makita, K., Sasaoka, T., Yamawaki, S. Quantification of anticipation of excitement with a three-axial model of emotion with EEG. *J Neural Eng* 17, 36011 (2020).

5. Maekawa, T., Sasaoka, T., Inui, T., Fermin, A.S.R., Yamawaki, S. Heart rate and insula activity increase in response to music in individuals with high interoceptive sensitivity. *PLOS ONE* **19**, e0299091 (2024)
6. Sasaoka, T., Hirose, K., Maekawa, T., Inui, T., Yamawaki, S. The anterior cingulate cortex is involved in intero-exteroceptive integration for spatial image transformation of the self-body. *NeuroImage* **293**, 120634 (2024)

演題 4. 「身体性からみる実在感と幻覚体験」

北海道大学 人間知・脳・AI 研究教育センター 准教授

すずき けいすけ
鈴木 啓介

学歴・職歴

2001 年	上智大学理工学部物理学科 卒業
2003 年	東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 修士課程修了
2007 年	東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 博士課程修了
2008 年	理化学研究所脳科学総合研究センター リサーチサイエンティスト
2011 年	英国サセックス大学意識科学研究センター 研究員
2021 年～2024 年	北海道大学人間知・脳・AI 研究教育センター 特任講師
2024 年～現在	北海道大学人間知・脳・AI 研究教育センター 准教授

学 位 博士（学術）

受賞歴

インタラクシオン 2011（2011 年度）インタラクティブ発表賞
Lorentz Center workshop "Perspectives on Human Probabilistic Inference"（2014 年度）ベスト
ポスター賞

所属学会 国際人工生命学会、国際意識学会

専門分野 認知神経科学・身体性認知科学・人工生命

主な著書

1. 鈴木 啓介「能動的推論：生存と適応の認知理論」, 日本バーチャルリアリティ学会誌, 2024, 29 巻, 2 号, p. 54, 2024.
2. Suzuki, K., Seth, A., Schwartzman, D., Modelling Phenomenological Differences in Aetiologically Distinct Visual Hallucinations Using Deep Neural Networks, *Frontier in Human Neuroscience*, Volume 17. 2024.
3. Suzuki, K., Mariola, A., Schwartzman, D.J., Seth, A.K. Using Extended Reality to Study the Experience of Presence. In: *Current Topics in Behavioral Neurosciences*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2023.
4. Baltieri, M., Iizuka, H., Witkowski, O., Sinapayen, L., Suzuki, K. Hybrid Life: Integrating Biological, *WIREs Cognitive Science*, e1662. 2023.
5. 鈴木啓介「仮想現実と「あり得たかもしれない心」, 人工知能 37 (1), 27-34. 2022.
6. 鈴木啓介「バーチャルリアリティと変性意識体験」, 心理学ワールド, 88, 17-20. 2020.
7. Suzuki K., Schwartzman DJ., Augusto R. & Seth A, Sensorimotor contingency modulates breakthrough of virtual 3D objects during a breaking continuous flash suppression paradigm, *Cognition* 187, 95-107. 2019.
8. Suzuki K., Roseboom W., Schwartzman D.J. & Seth A.K., A Deep-Dream Virtual Reality Platform for Studying Altered Perceptual Phenomenology, *Scientific Report*, 7, Article number: 15982, 11 pages. 2017.
9. 鈴木啓介「ミラータッチ共感覚と身体的自己意識」 in 『共感覚から見えるもの - アートと科学を彩る五感の世界(北村紗衣 編)』, 勉誠出版, page 53-57. 2016.
10. Suzuki, K., Garfinkel, S. N., Critchley, H.D., Seth, A.K., Multisensory integration across exteroceptive and interoceptive domains modulates self-experience in the rubber-hand illusion, *Neuropsychologia*, Nov;51(13):2909-17. 2013.
11. Froese, T., Suzuki, K., Ogai, Y. and Ikegami, T., Using Human-Computer Interfaces to Investigate ‘Mind-As-It-Could-Be’ from the First-Person Perspective, *Cognitive Computation* 4(3), 365-382. 2012.
12. Suzuki, K., Wakisaka, S., and Fujii, N., Substitutional Reality System: A Novel Experimental Platform for Experiencing Alternative Reality, *Scientific Report*, 2, Article number 459. 2012.
13. Seth, A.K., Suzuki, K. & Critchley, H. D., An interoceptive predictive coding model of conscious presence. *Frontiers in Psychology*, 2, 395, 2011.
14. Suzuki, K., Ikegami, T., Adaptability and Homeostasis in the Game of Life interacting with the evolved Cellular Automata, *International Journal of Natural Computing Research*, 1(3), 2010
15. Ikegami, T., Suzuki, K., From homeostatic to homeodynamic self, *BioSystems*, 91(2), 388-400, 2008,

要 旨

私たちにとって当たり前のように感じられる現実という認識は、精神疾患や脳機能障害が原因で失われることがある。例えば、幻覚や妄想では、現実で起きてることと頭の中の出来事の区別ができないことが原因の1つと考えられており、離人症では感覚レベルでまわりの世界の現実感が喪失しているとされる。一方で、近年の拡張現実（XR）や生成 AI 技術の著しい発展により、仮想環境はより現実近づき、実際の写真や動画と区別できない人工生成物が巷に溢れかえっている。これらの最新技術は、現実と虚構の差を曖昧にし、私たちにとって現実とは何かという認識論の変更を迫ってくる。本講演では、現実とは何か？という古くからある哲学的な問いに、最新の XR 技術や生成 AI を用いた新しいアプローチで迫った研究を紹介する。

現実という経験の中には、頭の中の想像や記憶に対して、外部世界の知覚体験だけがもつ「知覚的現実」というものと、ある物や人物が、観察者である自分と同じ環境にあるという「実在感」の2つがある [1]。幻覚は、想像や記憶という頭の中の現象に、間違っただけで知覚的現実が付与される現象といえるし、離人症は、実際の世界の知覚体験から実在感が失われる現象といえる。

講演では、まず幻覚体験を深層学習モデルでシミュレートした「幻覚機械」を紹介し [2]、幻覚の計算論的メカニズムから、知覚的現実の現象的性質について議論する。次に、私たちが実在する物体に感じる「実在感」が、身体をとおした知覚運動体験から生じるとする感覚運動随伴性仮説をもとに行った認知実験について紹介する [3]。この実験では、仮想環境の中で、慣れ親しんだ通常の感覚運動をする物体にくらべて、動かした方向と逆に動く異常な感覚運動マッピングを持つ物体では、閾下知覚における視覚処理時間が短くなることが明らかになった。この結果から、私たちが実際に世界にある物体の知覚処理には、身体を伴う感覚運動の習熟が密接に関係している可能性が示唆された。

覚醒した意識体験に常について回る現実という体験は、知覚レベルの現前性から、身体的な自己と世界との関わり、さらにメタ認知的な現実にいるという信念まで、複数の階層が複雑に絡み合っている。その理解には、精神医学や計算論的神経科学の知見に、XR 技術や A 生成 I という最新の技術を組み合わせた学際的研究が今後とも必要となるであろう。

参考文献

1. Suzuki, K., Mariola, A., Schwartzman, D.J., Seth, A.K. Using Extended Reality to Study the Experience of Presence. In: Current Topics in Behavioral Neurosciences. Springer, Berlin, Heidelberg. 2023.
2. Suzuki K., Roseboom W., Schwartzman D.J. & Seth A.K., A Deep-Dream Virtual Reality Platform for Studying Altered Perceptual Phenomenology, Scientific Report, 7, Article number: 15982, 11 pages. 2017.
3. Suzuki K., Schwartzman DJ., Augusto R. & Seth A, Sensorimotor contingency modulates breakthrough of virtual 3D objects during a breaking continuous flash suppression paradigm, Cognition 187, 95-107. 2019.

..... MEMO

演題 5.「社会脳はどのように生まれるのか？～脳と身体の 連関から～」

京都大学大学院教育学研究科 教授

みょうわ まさこ
明和 政子

学歴・職歴

1999 年	京都大学大学院教育学研究科博士後期課程 修了
2002 年	京都大学霊長類研究所 研修員
2008 年	京都大学大学院教育学研究科 准教授
2014 年～現在	京都大学大学院教育学研究科 教授
2021 年～現在	文部科学省 科学技術・学術審議会 委員
2023 年～現在	こども家庭庁こども家庭審議会 臨時委員
2023 年～現在	国立大学法人広島大学 客員教授
2023 年～現在	日本学術会議 会員

学 位 博士（教育学）

受賞歴

2004 年	中山科学財団 中山賞奨励賞
2005 年	日本霊長類学会 高島賞
2012 年	日本心理学会 国際賞奨励賞
2013 年	日本学術振興会ワシントン研究連絡センター・米国国立科学財団 第2回 日米女性研究者代表
2014 年	NPO 法人 ニューロクリアティブ研究会 創造性研究奨励賞
2018 年	Winner of the 2018 Ursula Gielen Global Psychology Book Award, Keller, H. and Bard, K.A. (Eds.) <i>The Cultural Nature of Attachment: Contextualizing Relationship and Development</i> , Cambridge, MA: MIT Press, 2018
2024 年	日本文藝家協会「ベスト・エッセイ 2024」入選 「脳科学者が犬を飼ったら」

所属学会 日本神経科学学会, 日本心理学会, 日本発達神経科学会, International Congress of Infant Studies, The Society for Developmental Cognitive Neuroscience, International Society for Developmental Psychobiology

専 門 分 野 発達神経科学、霊長類学

主な著書

1. Matsunaga, M., Takeuchi, M., Watanabe, S., Takeda, A.K., Kikusui, T., Mogi, K., Nagasawa, M., Hagihara, K., & Myowa, M. (2024) Intestinal microbiome and maternal mental health: preventing parental stress and enhancing resilience in mothers. *Communications Biology*, 7, 235. <https://doi.org/10.1038/s42003-024-05884-5>
2. Ueda, E., Matsunaga, M., Fujihara, H., Kajiwara, T., Takeda, A.K., Watanabe, S., Hagihara, K., & Myowa, M., (2024). Temperament in early childhood is associated with gut microbiota composition and diversity, *Developmental Psychobiology*, 66:e22542, <https://doi.org/10.1002/dev.22542>
3. Diaz-Rojas, F., Matsunaga, M., Tanaka, Y., Kikusui, T., Mogi, K., Nagasawa, M., Asano, K., Abe, N., & Myowa, M. (2021) Development of the paternal brain in expectant fathers during early pregnancy, *NeuroImage*, 225:117527. doi: 10.1016/j.neuroimage.2020.117527.
4. Kanakogi, Y., Inoue, Y., Matsuda, G., Butler, D., Hiraki, K., & Myowa-Yamakoshi, M. (2017) Preverbal infants affirm third-party interventions that protect victims from aggressors. *Nature Human Behaviour*, 1:0037, <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0037>.
5. Myowa-Yamakoshi, M., Scola, C., Hirata, S. (2012) Humans and chimpanzees attend differently to goal-directed actions. *Nature Communications*, 3:693. doi: 10.1038/ncomms1695.

要 旨

鳥類やヒトを含む哺乳類動物は、生体内に生じる変動を一定の範囲内に保とうとする生理機能をもつ（ホメオスタシス）。そして、何かしらの大きな変化が起こりそうな時、安定した基準値に戻そうとする能動的、予測的な制御システム「アロスタシス」が働く。ヒトは、出生後しばらくはアロスタシスによる調整を自ら行うことができない。生存するには、体温、免疫機能、覚醒の調節といった生理状態を養育個体の介入により調整される必要がある。ストレスがかかると、乳児の生体内は不安定となり、泣きなどの不快情動を示す。このとき、養育個体は乳児を抱き、授乳し、保護する。養育個体から授乳されると、乳児の血液中のグルコースが上昇し、精神を落ち着かせるセロトニンなど神経伝達物質の放出が高まる。タッチなどの優しい身体接触は、オキシトシンをはじめとする内分泌ホルモンの分泌を促進する。こうした外部からの調整により、乳児は生体内の安定性を回復させる経験を積み重ねていく。

上記のプロセスは、ヒトだけでなく、哺乳類動物や鳥類にも当てはまる。重要なことは、ヒトは乳児を抱き、授乳するにとどまらない点にある。乳児の目を見つめ、表情を変化させ、抑揚をつけた独特の韻律による声（Infant-directed speech）や誇張された動作（Motionese）で働きかける。こうした働きかけは、他の霊長類ではみられない。ヒトは、生体の恒常性を回復、安定化させる内受容感覚経験（報酬系）と同時に、養育個体の表情（視覚）や声（聴覚）、匂い（嗅覚）といった外受容感覚の入力も積極的に受ける。これらの感覚はマルチモダルに統合処理され、養育個体に関する内部モデル（概念）が形成されていく。他個体と行動や心的状態を共有したがるヒト特有の社会性の背後には、こうした生物学的制約が存在するとみられる（図1）^[1]。

ヒトの社会性は、「社会脳（Social brain）」と呼ばれる特定の脳部位（扁桃体や眼窩前頭野、側頭葉、内側前頭前野など）が連結する神経ネットワーク（デフォルトモード、サリエンス、メンタライジング）と関連づけて議論されることが多い。しかし、これらのネットワークの原型は、生後早期には確認できない^[2]。身体接触を伴う他個体との相互作用によって得られる情報は、前部島皮質でマルチモダル統合され、アロスタティックな変化を伴う社会的情報として表現されていく（条件づけ学習）^[3]。この見方に基づくと、養育個体との間で学習が難しくなる環境（NICU で育つ早期産児、養育個体の精神疾患、不適切な養育を受けて育つ乳児等）では、社会脳ネットワークの発達が阻害されやすい。

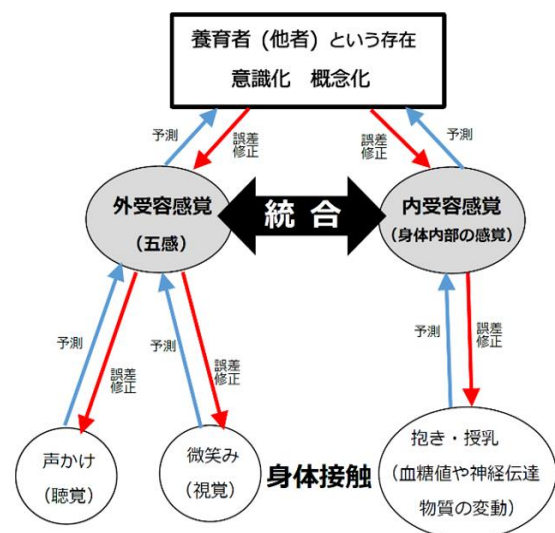


図1 ヒトの社会性発達の概念図^[1]

このように、養育個体との相互作用は、社会性の発達を水路づける重要因子である。しかし、こ

れまでの研究は、養育個体から子どもへの影響といった一方向からの検証が大半であった。相互作用により影響を受けるのは被養育個体だけではない。養育する側も養育を受ける側から直接的に影響を受け、その経験は、相互作用の仕組みそのものも変えていく。筆者は、こうした開放系（オープンシステム）の見方を重視し、ヒト特有の社会性とその多様性が創発する機序の科学的理解を目指している。

生命現象としての相互作用は、リズムをもつサブシステムが一致した振動周期を形成、つまり、同期したりそれを破ったりすることで多様な時空間協応パターンが生まれるダイナミクスである。サブシステムが同期していく動的挙動を可視化できれば、個の多様性が創発する原理を明らかにできるかもしれない。こうした発想からの相互作用研究が、計測技術の進展とともに始まりつつある。本講演では、力学的システム概念に基づき乳児—養育者間の相互作用（副交感神経活動のダイナミクス）をとらえた Gao et al. (図2) ^[4] の見方に依拠し、ヒトの社会性が発達する機序について議論する。

① 個々の生体システムの標準的な状態・特性 (set point)

両者の心理・行動特性に関連する生物学的要因 (e.g., 気質、腸内細菌叢—腸—脳相関)

② 相互作用時に直接的に互いに影響しあう生理・行動のダイナミクス (coupling)

相互作用時の生理—脳—行動のダイナミクスの可視化 (e.g., 脳波、心電図、モーションキャプチャによる同時計測)

③ 相互作用時の生体システムの回復・調整のダイナミクス (stability)

相互作用が崩れた際に両者の生体システムが回復、調整されていくダイナミクスの可視化



図2 乳児—養育者間相互作用を3つの観点からとらえる ([4] を一部改変)

参考文献

- [1] 明和政子 ヒトの発達の謎を解く—胎児期から人類の未来まで 筑摩書房 東京 2019 年
- [2] Gao W, Alcauter S, Smith JK, Gilmore JH, Lin W. Development of human brain cortical network

- architecture during infancy. *Brain Struct Funct*. 2015 Mar;220(2):1173-86.
- [3] Atzil S, Gao W, Fradkin I, Barrett LF. Growing a social brain. *Nat Hum Behav*. 2018 Sep;2(9):624-636. doi: 10.1038/s41562-018-0384-6.
- [4] Gao MM, Vlisides-Henry RD, Kaliush PR, Thomas L, Butner J, Raby KL, Conradt E, Crowell SE. Dynamics of mother-infant parasympathetic regulation during face-to-face interaction: The role of maternal emotion dysregulation. *Psychophysiology*. 2023 Jun;60(6):e14248. doi: 10.1111/psyp.14248.

..... MEMO



公益財団法人 千里ライフサイエンス振興財団
〒560-0082 大阪府豊中市新千里東町1-4-2
千里ライフサイエンスセンタービル20階
TEL:06-6873-2006 FAX:06-6873-2002
E-mail: tmp-2021@senri-life.or.jp
URL: <https://www.senri-life.or.jp/>