

自閉スペクトラム症を対象としたチームスポーツの発達の意義 — 神経学的側面からの考察 —

*Developmental Significance of Team Sports for Autism Spectrum Disorders
— Neurological Aspects —*

細川 賢司 HOSOKAWA Kenji
(教育学部)

【要旨】

近年、神経発達症を有する子どもの数は増加傾向にあり、特に自閉スペクトラム症（Autism Spectrum Disorder：ASD）の増加が顕著である。ASD 児は社会的コミュニケーション障害や反復的な行動様式を中核症状とする神経発達症であり、これまで行動・心理療法を中心とした介入が行われてきた。しかし、従来の治療法は一般的に高額であり、効果が限定的であるため、近年では身体活動／運動を用いた非薬物的介入が注目されている。

本研究では、ASD 児を対象としたチームスポーツの発達の意義を検討するため、中国揚州市で実施されたミニバスケットボールトレーニングプログラム（Mini Basketball Training Program：MBTP）による介入研究を分析した。対象は3～6歳のASD児で、12週間にわたって週5回、40分間のMBTPが実践されていた。介入の効果は、社会的コミュニケーション能力を評価する質問紙（SRS-2）および機能的磁気共鳴画像法（Functional Magnetic Resonance Imaging：fMRI）等を用いて測定されていた。

fMRIを用いた神経学的検査では、①運動模倣や情動的共感に関わるミラーニューロンシステムの一部である下前頭回を含む脳領域の機能的結合の変化、②認知的共感や心の理論に関わるメンタライジングネットワークの一部である内側前頭前野や側頭頭頂接合部を含む脳領域の機能的結合の変化が認められた。また、これらはSRS-2の下位尺度である社会的認知や社会的コミュニケーションの有意な改善と関連していた。

以上のことから、チームスポーツ特有の集団活動や対人行動は、社会的認知や社会的コミュニケーションを司る脳領域に作用することが窺えた。また、チームスポーツは衝動的な行動の抑制や、他者視点の取得を通じた他者理解の発達を促進することによりASD児の中核症状の改善に寄与すると考えられる。本研究ではバスケットボールを用いた介入研究に基づき考察を行ったが、今後は異なるチームスポーツについても検討が必要である。

1. 緒言

近年、神経発達症を持つ子どもの数は国際的に増加傾向であり¹⁻³⁾、特に自閉スペクトラム症（Autism Spectrum Disorder：ASD）児の増加が著しいとみられている^{4,5)}。ASDは社会的コミュニケーション障害（Social Communication Disorder：SCD）と限定された反復的な行動様式（Repetitive/Restrictive Behavior：RRB）を中核症状とする神経発達症であり（DSM-5）、これまで行動・心理療法を中心とした介入が行われてきた。しかし、従来の治療法は一般的に高額であるが、その効果は限定されている。

そのため、現在では非薬物介入の重要性が認められつつあり、特に身体活動／運動による介入が注目されている。これは、従来の治療法と比べて経済的・心理的負担が低く、副作用がないにも関わらず、包括的な発達支援としての効果が期待されている^{6,7)}。現在、積極的に行われている運動介入としては、ランニングや水泳などの有酸素運動^{8,9)}、柔道

や空手などの武道^{10, 11)}によるものがある。これらの運動はいずれも個人種目であるが、一部地域ではチームスポーツによる介入も行われている。

ASDを対象としたチームスポーツによる介入には、ミニバスケットボールトレーニングプログラム（Mini Basketball Training Program：MBTP）を用いた研究がある¹²⁻¹⁷⁾。これらの研究では介入条件が統一されており、なおかつ同一の質問紙や神経学的検査によって介入効果が測定されている。また、一部の研究では機能的磁気共鳴画像法（Functional Magnetic Resonance Imaging：fMRI）を用いて、ASD児の脳・神経系の構造的あるいは機能的指標を測定している^{13, 16, 17)}。

運動介入研究においてASD児の脳・神経系の活動を測定した事例は非常に限られており、介入効果の意義や機序を理解する上で非常に貴重かつ有効な情報である。しかし、脳・神経系は非常に複雑な構造をしており、また空間的に離れた部位同士が時間的に同期しながら機能するため、それらを理解するのは容易ではない。そのため、脳・神経科学を専門とする者でなければ情報を有効活用しにくく、蓄積された知見について整理が必要である。

そこで、本研究では、ASD児を対象としたMBTPによる介入研究の情報を整理しつつ、チームスポーツの発達の意義を神経学的側面から考察する。

2. 先行研究の概要

本節ではASD児を対象としたチームスポーツ（MBTP）による介入研究の概要について表1に示す¹²⁻¹⁷⁾。

表1 本研究で検討に使用した先行研究の概要

Authors & Year Country	Sample size (males) Age	Intervention style Time, Frequency, Duration	Common outcome measures Neurological tests
Cai et al. (2020) ¹²⁾ China	EXP. n=15 (12) CON. n=15 (14) 3-6 years old	Mini Basketball Training Program 40 minutes *5 times per week *12 weeks	SRS-2
Cai et al. (2020) ¹³⁾ China	EXP. n=15 (12) CON. n=14 (13) 3-6 years old		SRS-2 fMRI (diffusion tensor imaging)
Sun et al. (2022) ¹⁴⁾ China	EXP. n=26 (NA) CON. n=15 (NA) 3-6 years old		SRS-2
Wang et al. (2020) ¹⁵⁾ China	EXP. n=18 (15) CON. n=15 (13) 3-6 years old		SRS-2
Yang et al. (2021) ¹⁶⁾ China	EXP. n=15 (13) CON. n=15 (12) 3-6 years old		SRS-2 fMRI
Yu et al. (2021) ¹⁷⁾ China	EXP. n=17 (15) CON. n=15 (13) 3-6 years old		SRS-2 fMRI

2-1. 基本情報

全ての研究は中国揚州市で行われ、3～6歳のASD児を対象としていた。また、対象者は介入群と対照群に振り分けられた。

2-2. 介入方法

いずれの研究でも、MBTPを用いた指導が行われていた。このプログラムは体力や社会的コミュニケーションの向上をねらいとした4つのメニュー（1. クラスルームルーティン、2. ウォーミングアップ、3. トレーニングプログラム、4. クールダウン）と3つのフェーズ（1. クラスへの慣れとバスケットボールへの興味・関心の向上、2. 運動スキルおよびコミュニケーションスキルの向上、3. 協調性・社会性・集団性の向上）から構築されている。介入の時間・頻度・期間はいずれの研究でも40分*5回/週*12週間であった。

2-3. 測定評価

2-3-1. 質問紙評価

全ての研究で、対人応答性尺度（Social Responsiveness Scale Second Edition：SRS-2）が使用されていた。SRS-2はASDの中核症状を測定する質問紙であり、社会的気づき（Social awareness：SAW）、社会的認知（Social cognition：SCG）、社会的コミュニケーション（Social communication：SCM）、社会的動機付け（Social motivation：SMT）、興味の極限と反復行動（Autistic mannerisms：AMN）の5項目から構成される¹⁸⁾。このうち、SCGおよびSCMは全ての研究で有意な改善を示している。

なお、SCGについては「社会的な手がかりを解釈する能力；このカテゴリーは対人的相互行動の認知的、解釈的側面を表す」、SCMについては「表出的な社会的コミュニケーションを含む；このカテゴリーは対人的相互行動の運動的な側面を表す」と記述されている¹⁸⁾。したがって、前者は社会的環境における情報のインプットに深く関わり、後者はアウトプットにより深く関わると言える。

2-3-2. 神経学的検査

一部の研究ではfMRIを用いた神経学的検査が行われ、介入による脳・神経系の構造的・機能的変化が評価された。Cai et al.¹³⁾は拡散テンソルイメージングにより白質線維の統合性（White Matter Integrity：WMI）を評価している。また、Yang et al.¹⁶⁾とYu et al.¹⁷⁾はfMRI測定によって脳の機能的結合の変化を評価している。いずれの研究でも介入前後で効果が確認されており、特に次節では脳の大規模ネットワークにおける機能的結合に着目したYang et al.¹⁶⁾とYu et al.¹⁷⁾の研究結果とASDの中核症状との関わりについて考察する。

3. ASD 児を対象としたチームスポーツの発達の意義

3-1. Yang et al.¹⁶⁾の研究から

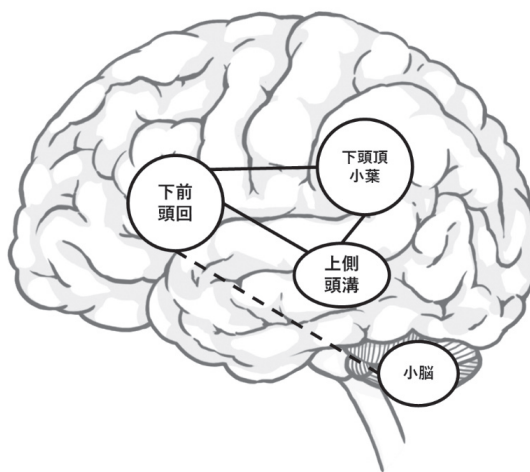
3-1-1. ミラーニューロンシステム

Yang et al.¹⁶⁾はMBTPの介入後、左下前頭回と右小脳間の機能的結合が亢進していたことを報告している。左下前頭回は運動性言語中枢であるブローカ野の中心的領域であり、会話や書字の際の文法の理解や生成に関与し、意味のある言葉を流暢に喋るために不可欠である。他方、右下前頭回は反応抑制や他者の意図の検出のほか、顔表情認識にも関与する。したがって、下前頭回は社会的認知と社会的コミュニケーションの両方に関与する重要な領域であることが窺える。

また、下前頭回は下頭頂小葉、上側頭溝などとミラーニューロンシステム（Mirror Neuron System：MNS）を構成している¹⁹⁾。MNSは、マカクザルを対象とした実験中に、運動行動の実行中と観察中の両方で活動を示す神経群として発見された²⁰⁾。現在MNSは、運動模倣や行動観察による行為のシミュレーションを通じて、情動的共感や感情認識などの社会的認知プロセスに関わる神経基盤として認識されている^{21, 22)}。かつては運動制御の中枢として知られていた小脳も認知課題に関与することが分かっており、MNSの一部を担っていることが示唆されている^{23, 24)}。

3-1-2. MNS と ASD

社会性の問題を中核症状とするASDにおいては様々な障害原因仮説が提唱されているが、MNS障害仮説はその1つである²⁵⁾。例えばMNSは乳児期における表情や動作の模倣を通じて、社会性の基盤となる愛着形成および、アイコンタクト、指さし、共同注意などの行為の発現に寄与する。しかし、ASD児では非定型な模倣の発達が見られ、表情模



—ミラーニューロンシステムにおける中心的脳領域間の機能的結合

…Yang et al.¹⁶⁾で変化が見られた機能的結合

図1 Yang et al.¹⁶⁾で変化が見られた機能的結合とミラーニューロンシステム

倣の頻度が定型発達児に比べて有意に低いことや²⁶⁾、意図や目標のない行為の模倣が困難であることなどが示されている²⁷⁾。

また、上記に関連して顔表情認識や感情の理解および表出が難しく（アレキシサイミア）、アイコンタクト、指さし、共同注意などの行為が出現しにくいといった指摘もある²⁸⁾。他にも、ASDに見られる特徴的な行為として逆バイバイやオウム返しなどがあり、これらはMNSの一部である下前頭回と他の脳領域の機能的結合の低下による非定型な情報処理が原因の1つであると考えられている²⁹⁾。

3-1-3. チームスポーツの発達の意義①

Yang et al.¹⁶⁾は介入効果を説明する理由の1つとして、MBTPの実践に伴う模倣を挙げている。上述のようにASD児は意図や目標のない行為の模倣が困難であるが、バスケットボールではゲームへの勝利を目標として1つ1つの行動に明確な意図がある。それゆえ、MBTPにおける模倣はASD児にとって実践しやすく、MNSの賦活と機能改善を通じて他者への情動的共感や感情認識などの社会的認知の発達に寄与することが期待できる。

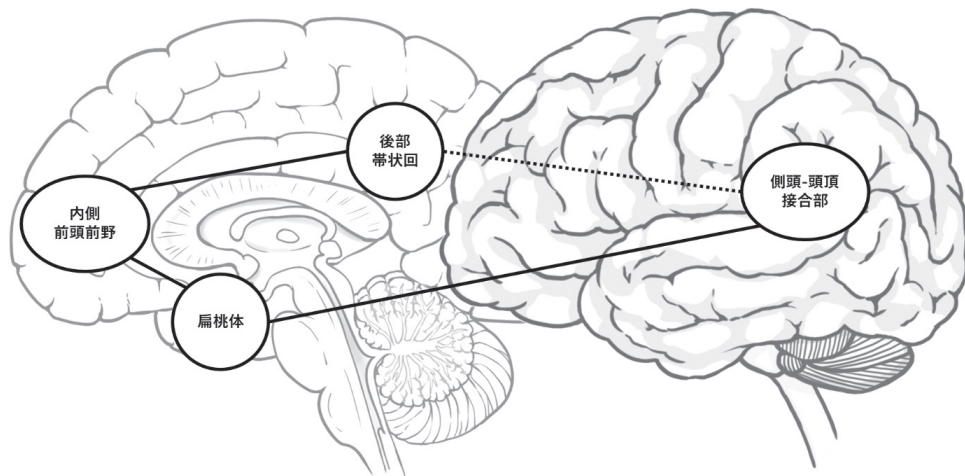
また、MNSは自分ができる運動に反応しやすいという特徴を持つ。そのため、加藤ら²⁹⁾はASD児ができる運動のレパートリーを増やすことで、MNS本来の機能がより活用されやすくなる可能性を示唆している。MBTPの実践により体力・運動能力が向上することも報告されており¹²⁾、チームスポーツはASD児の心身に対する多面的な作用を通じてASD児の社会的認知の発達に寄与すると考えられる。

3-2. Yu et al.¹⁷⁾の研究から

3-2-1. メンタライジングネットワーク

Yu et al.¹⁷⁾はMBTPによる介入後、内側前頭前野（Medial Prefrontal Cortex：mPFC）や、後部帯状回（Posterior Cingulate Cortex：PCC）を介した左右の側頭頭頂接合部（Temporo-Parietal Junction：TPJ）における機能的結合が改善したことを報告している。mPFCは扁桃体や前帯状回といった情動行動の発現に関わる大脳辺縁系の近傍に位置している。そのため、感情のコントロールや報酬の価値判断および意思決定、模倣を含む衝動的な行動の抑制に関与することが知られている³⁰⁾。また、TPJは側頭葉、頭頂葉、後頭葉の中間地点に位置し、記憶や言語・聴覚情報、体性感覚情報、視覚情報を統合する役割を担う。そのため、TPJは身体イメージの構築および自己の認識に関与するほか、その損傷によって体外離脱体験を生じることから、他者視点の取得にも関与すると考えられている³⁰⁾。

また、mPFCとTPJは、扁桃体や後部帯状回等とともにメンタライジングネットワーク（Mentalizing Network：MLN）を形成する³¹⁾。メンタライジングとは「自己や他者の意図、思考、感情といった心的状態の理解」であり、なお、自己の心的理解について述べる際は「自己モニタリング」、他者の心的理解について述べる場合は「心の理論」と呼ば



—メンタライジングネットワークにおける中心的脳領域間の機能的結合
 …Yang et al.¹⁷⁾で変化が見られた機能的結合

図2 Yu et al.¹⁷⁾で変化が見られた機能的結合とメンタライジングネットワーク

れ区別される³²⁾。心の理論は、「視線検出器」、「意図検出器」、「共同注意機構」、「心の理論機構」の4つのサブシステムによって構成されており、社会性の発達を捉える上で重要な概念である³³⁾。mPFCとTPJは心の理論領域として注目されており³⁴⁾、日常生活におけるユーモアや冗談の理解といった社会的認知を支える神経基盤の中核を担っていると考えられている³⁵⁾。MLNが担うこれらの機能は、MNSの機能である情動的共感に対し、認知的共感と呼ばれることがある^{36, 37)}。

3-2-2. MLNとASD

上述したASDの障害原因仮説のほかには、心の理論障害説がある³¹⁾。心の理論はMNSの発達に少し遅れて、幼児期（4～5歳ごろ）にその初期段階が形成される。しかし、ASD児は同年代の定型発達児に比べて心の理論を測定する誤信念課題の通過率が低く、この機能の発達に遅れが見られることが指摘されている³⁸⁾。また、ストレンジストーリーのようにユーモアや冗談の理解が求められる課題や³⁹⁾、他者視点の取得が求められる課題においても成績の低下が認められることが確認されている⁴⁰⁾。ASD児においては他者視点の取得に関わるTPJでの非定型な活動や、他領域との機能的結合の低下が見られることが報告されており、これらは社会的認知を困難にする神経学的な要因になっていると考えられている²⁹⁾。また、ASD児では自己および他者の心的状態の理解に関わるmPFCの活動低下や、他領域との機能的結合の異常が見られることも、適切な社会的コミュニケーションを阻害する1つの要因であると推察されている⁴¹⁾。

3-2-3. チームスポーツの発達の意義②

Yang et al.¹⁷⁾は介入効果を説明する他の理由として、点呼を受ける、クラスであいさつをするといったプレー以外での集団活動を挙げており、コーチや仲間との信頼関係を築く

機会を通じて社会的スキルが高まる可能性がある」と述べている。加えて、仲間同士でパスをするなど、プレー中における対人行動も重要であると述べている。

MBTP におけるプレー内外の対人行動および集団活動は、一種の社会的刺激となる。Dunbar⁴²⁾ は、霊長類の生活集団の大きさが大脳新皮質の厚みに比例することを発見し、この脳の進化は社会的環境への適応を反映しているとして「社会脳仮説」を発表した。MLN は社会脳の重要な神経基盤とされており⁴³⁾、チームスポーツにおけるプレー内外の行動は、認知的共感や心の理論に関与する脳領域に作用すると考えられる。また、それによって他者視点の取得を通じた他者理解の発達が促され、社会的認知および社会的コミュニケーションが改善するものと思われる。

3-3. まとめ：MNS と MLN の関係性からみたチームスポーツの発達の意義

本研究では、ASD 児を対象としてバスケットボールによる介入を行った研究に基づき、チームスポーツが脳・神経系に及ぼす影響やその機序について検討した。その結果、チームスポーツが下前頭回や mPFC といった脳領域に作用し、さらには脳の大規模ネットワークである MNS や MLN の機能的結合に影響する可能性が窺えた。

MNS は行為のシミュレーションを通じて自己と他者を同一化し主観的に捉えることにより、他者を理解する情動的共感の機能を担っている^{21, 22)}。一方、MLN は自他を区別し客観的に捉えることにより、他者を理解する認知的共感の機能を担っている^{36, 37)}。このように、異なる性質を持つ神経ネットワークが協働しながら人の社会的認知および社会的コミュニケーションは支えられている。

したがって、チームスポーツはプレー内外における対人行動や集団活動を通じた社会的相互作用・交流の機会を提供することによって、ASD 児の中核症状の背景にある脳の未発達や MNS および MLN などの機能不全を改善し、社会的認知や社会的コミュニケーションの発達に寄与する可能性が示唆された。

4. 研究の限界

本研究は先行研究に基づき検討を行ったが、いくつかの限界がある。第一に、fMRI を活用した神経学的検査は、感覚過敏などの特性により神経発達症児へ測定を実施することへの倫理的な課題が多い。そのため、神経発達症児を対象とした運動介入研究において神経学的検査を行う研究数自体が少なく、参考にできる文献が非常に限定された。第二に、本研究ではバスケットボールを用いたプログラムによる介入研究を取り上げたが、管見の限り他のチームスポーツを用いた介入研究はなく、バスケットボール以外のチームスポーツについては検討されていない。

そのため、本研究の知見を一般化する際には注意が必要であり、チームスポーツを用いたさらなる運動介入研究の蓄積が期待される。

文献

- 1) Zablotsky, B., Ng, A. E., Black, L. I. and Blumberg, S. J. Diagnosed Developmental Disabilities in Children Aged 3-17 Years: United States, 2019-2021. NCHS Data Brief (2023) 1-8.
- 2) Zablotsky, B., Black, L. I., Maenner, M. J., Schieve, L. A., Danielson, M. L., Bitsko, R. H., Blumberg, S. J., Kogan, M. D. and Boyle, C. A. Prevalence and trends of developmental disabilities among children in the United States: 2009-2017. *Pediatrics* 144, (2019) 1-21.
- 3) Boyle, C. A., Boulet, S., Schieve, L. A., Cohen, R. A., Blumberg, S. J., Yeargin-Allsopp, M., Visser, S. and Kogan, M. D. Trends in the prevalence of developmental disabilities in US children, 1997-2008. *Pediatrics* 127, (2011) 1034-1042.
- 4) Mack, A. H. Prevalence of Autism Spectrum Disorders—Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, United States, 2006. *Yearbook of Psychiatry and Applied Mental Health* 2011, (2011) 1-20.
- 5) Baio, J., Wiggins, L., Christensen, D. L., Maenner, M. J., Daniels, J., Warren, Z., Kurzius-Spencer, M., Zahorodny, W., Robinson, R. C., White, T., Durkin, M. S., Imm, P., Nikolaou, L., Yeargin-Allsopp, M., Lee, L. C., Harrington, R., Lopez, M., Fitzgerald, R. T., Hewitt, A., Pettygrove, S., Constantino, J. N., Vehorn, A., Shenouda, J., Hall-Lande, J., Van-Naarden B. K., Dowling, N. F. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 Years - Autism and developmental disabilities monitoring network, 11 Sites, United States, 2014. *MMWR Surveillance Summaries* 67, (2018) 1-23.
- 6) Bremer, E., Crozier, M. and Lloyd, M. A systematic review of the behavioural outcomes following exercise interventions for children and youth with autism spectrum disorder. *Autism* 20, (2016) 899-915.
- 7) Hasselmann, J. ... Blurton-Jones, M. Development of a Chimeric Model to Study and Manipulate Human Microglia In Vivo. *Neuron* 103, (2019) 1016-1033.
- 8) Battaglia, G., Agrò, G., Cataldo, P., Palma, A. and Alesi, M. Influence of a specific aquatic program on social and gross motor skills in adolescents with Autism Spectrum Disorders: Three case reports. *J Funct Morphol Kinesiol* 4, (2019) 1-10.
- 9) Fragala-Pinkham, M. A., Haley, S. M. and O'Neil, M. E. Group swimming and aquatic exercise programme for children with autism spectrum disorders: A pilot study. *Dev Neurorehabil* 14, (2011) 230-241.
- 10) Bahrami, F., Movahedi, A., Marandi, S. M. and Sorensen, C. The Effect of Karate Techniques Training on Communication Deficit of Children with Autism Spectrum Disorders. *J Autism Dev Disord* 46, (2016) 978-986.
- 11) Morales, J., Fukuda, D. H., Garcia, V., Pierantozzi, E., Curto, C., Martínez-Ferrer, J. O., Gómez, A. M., Carballeira, E. and Guerra-Balic, M. Behavioural improvements in children with autism spectrum disorder after participation in an adapted judo programme followed by deleterious effects during the COVID-19 lockdown. *Int J Environ Res Public Health* 18, (2021) 1-11.
- 12) Cai, K., Wang, J., Liu, Z., Zhu, L., Xiong, X., Klich, S., Maszczyk, A. and Chen, A. Mini-Basketball Training Program Improves Physical Fitness and Social Communication in Preschool Children with Autism Spectrum Disorders. *J Hum Kinet* 73, (2020) 267-278.
- 13) Cai, K., Yu, Q., Herold, F., Liu, Z., Wang, J., Zhu, L., Xiong, X., Chen, A., Müller, P., Kramer, A. F., Müller, N. G. and Zou, L. Mini-basketball training program improves social communication and

- white matter integrity in children with autism. *Brain Sci* 10, (2020) 1–14.
- 14) Sun, Z., Herold, F., Cai, K., Yu, Q., Dong, X., Liu, Z., Li, J., Chen, A. and Zou, L. Prediction of Outcomes in Mini-Basketball Training Program for Preschool Children with Autism Using Machine Learning Models. *International Journal of Mental Health Promotion* 24, (2022) 143–158.
- 15) Wang, J. G. G., Cai, K. L. L., Liu, Z. M. M., Herold, F., Zou, L., Zhu, L. N. N., Xiong, X. and Chen, A. G. Effects of mini-basketball training program on executive functions and core symptoms among preschool children with autism spectrum disorders. *Brain Sci* 10, (2020) 1–14.
- 16) Yang, S., Liu, Z., Xiong, X., Cai, K., Zhu, L., Dong, X., Wang, J., Zhu, H., Shi, Y. and Chen, A. Effects of mini-basketball training program on social communication impairment and executive control network in preschool children with autism spectrum disorder. *Int J Environ Res Public Health* 18, (2021) 1–13.
- 17) Yu, H., Qu, H., Chen, A., Du, Y., Liu, Z. and Wang, W. Alteration of Effective Connectivity in the Default Mode Network of Autism After an Intervention. *Front Neurosci* 15, (2021) 1–11.
- 18) 神尾陽子. SRS-2 マニュアル. 日本文化社 (2017).
- 19) Kilner, J. M. and Lemon, R. N. What We Know Currently about Mirror Neurons. *Current Biology* 23, (2013) 1057–1062.
- 20) Wohlschläger, A. and Bekkering, H. Is human imitation based on a mirror-neurone system? Some behavioural evidence. *Exp Brain Res* 143, (2002) 335–341.
- 21) Gallese, V. The 'shared manifold' hypothesis: From mirror neurons to empathy. *Journal of Consciousness Studies* 8, (2001) 33–50.
- 22) Shamay-Tsoory, S. G., Aharon-Peretz, J. and Perry, D. Two systems for empathy: A double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain* 132, (2009) 617–627.
- 23) Van Overwalle, F., Baetens, K., Mariën, P. and Vandekerckhove, M. Social cognition and the cerebellum: A meta-analysis of over 350 fMRI studies. *Neuroimage* 86, (2014) 554–572.
- 24) Schraa-Tam, C. K. L., Rietdijk, W. J. R., Verbeke, W. J. M. I., Dietvorst, R. C., Van Den Berg, W. E., Bagozzi, R. P. and De Zeeuw, C. I. fMRI activities in the emotional cerebellum: A preference for negative stimuli and goal-directed behavior. *Cerebellum* 11, (2012) 233–245.
- 25) Chan, M. M. Y. and Han, Y. M. Y. Differential mirror neuron system (MNS) activation during action observation with and without social-emotional components in autism: A meta-analysis of neuroimaging studies. *Mol Autism* 11, (2020) 1–18.
- 26) Yoshimura, S., Sato, W., Uono, S. and Toichi, M. Impaired Overt Facial Mimicry in Response to Dynamic Facial Expressions in High-Functioning Autism Spectrum Disorders. *J Autism Dev Disord* 45, (2015) 1318–1328.
- 27) Rogers, S. J., Bennetto, L., McEvoy, R. and Pennington, B. F. Imitation and Pantomime in High-Functioning Adolescents with Autism Spectrum Disorders. *Child Dev* 67, (1996) 2060–2073.
- 28) 森岡周. 脳を学ぶ「ひと」とその社会がわかる生物学. 協同医書出版社 (2014).
- 29) 加藤寿宏, 松島佳苗, 高畑脩平. エビデンスでひもとく発達障害作業療法：神経発達症の理解と支援. シービーアール (2021).
- 30) 森岡周. コミュニケーションを学ぶひとの共生の生物学. 協同医書出版社 (2018).
- 31) Andreou, M. and Skrimpa, V. Theory of mind deficits and neurophysiological operations in autism

- spectrum disorders: A review. *Brain Sci* 10, (2020) 1-12.
- 32) 中尾敬, 武澤友広, 宮谷真人. 内側前頭前皮質の機能: 行動選択基準仮説. *心理学評論* 49, (2006) 592-612.
- 33) Baron-Cohen, S., Leslie, A. M. and Frith, U. Does the autistic child have a 'theory of mind'? *Cognition* 21, (1985) 37-46.
- 34) 田中見太郎, 諸富隆. 右半球側頭・頭頂接合部における誤信念理解のためのシミュレーションの可能性. *心理学評論* 57, (2014) 175-199.
- 35) 荻阪直行, 越野英哉. 社会脳ネットワーク入門: 社会脳 (デフォルトモード) と認知脳 (ワーキングメモリ) ネットワークの協調と競合. 新曜社 (2018).
- 36) Decety, J. and Jackson, P. L. The functional architecture of human empathy. *Behav Cogn Neurosci Rev* 3, (2004) 71-100.
- 37) Fletcher, P. C., Happé, F., Frith, U., Baker, S. C., Dolan, R. J., Frackowiak, R. S. J. and Frith, C. D. Other minds in the brain: a functional imaging study of 'theory of mind' in story comprehension. *Cognition* 57, (1995) 109-128.
- 38) Wellman, H. M., Cross, D. and Watson, J. Meta-analysis of theory-of-mind development: The truth about false belief. *Child Dev* 72, (2001) 655-684.
- 39) 藤野博, 森脇愛子, 神井享子, 渡邊真理子, 椎木俊秀. 学齢期の定型発達児と高機能自閉症スペクトラム障害児における心の理論の発達: アニメーション版心の理論課題 ver. 2を用いて. *東京学芸大学紀要. 総合教育科学系* 64, (2013) 151-164.
- 40) Hirai, M., Sakurada, T., Izawa, J., Ikeda, T., Monden, Y., Shimoizumi, H. and Yamagata, T. Greater reliance on proprioceptive information during a reaching task with perspective manipulation among children with autism spectrum disorders. *Sci Rep* 11, (2021) 1-12.
- 41) Odriozola, P., Dajani, D. R., Burrows, C. A., Gabard-Durnam, L. J., Goodman, E., Baez, A. C., Tottenham, N., Uddin, L. Q. and Gee, D. G. Atypical frontoamygdala functional connectivity in youth with autism. *Dev Cogn Neurosci* 37, (2019) 1-11.
- 42) Dunbar, R. I. M. The social brain hypothesis and its implications for social evolution. *Ann Hum Biol* 36, (2009) 562-572.
- 43) Morningstar, M., French, R. C., Mattson, W. I., Englot, D. J. and Nelson, E. E. Social brain networks: Resting-state and task-based connectivity in youth with and without epilepsy. *Neuropsychologia* 157, (2021) 1-28.