

令和元年5月28日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K04078

研究課題名(和文) 認知粒度からみた自閉症とコミュニケーション：脳が他者を理解するメカニズムを探る

研究課題名(英文) Granularity in brains and cognition: toward a unified model of ASD

研究代表者

小嶋 秀樹 (Kozima, Hideki)

東北大学・教育学研究科・教授

研究者番号：70358894

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：自閉症は、コミュニケーションの障害および限定された興味という2つの診断基準をもつ。感覚異常や協調運動障害を伴う一方、物や機械の扱いは得意なことが多い。本研究では、これら多様な病像を「認知粒度」という観点から捉え直し、統一的な説明が可能な自閉症モデルを探索した。認知粒度とは、行為主体が環境を認識・利用するための分節単位(シエマ、基本レベルカテゴリ等)の大きさであり、事物だけでなく他者行動の予測・制御にも関与している。自閉症では脳構造に粒度的な細かさがみられるが、ここから自閉症の多様な病像に統一的な説明を与えるだけでなく、定型発達との連続体上に自閉症を捉えなおすことにも貢献できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、これまで多様な病像の集合体として捉えられてきた自閉症に対して、統一的な説明モデルを提出することができ、また定型発達とつながる連続体上に特徴づけることができた。近年、自閉症を遺伝的要因によって説明しようとする研究が多数あるが、どの単独の遺伝子も十分な説明力(診断への寄与率)を持たない。本研究では、中間表現型として「認知粒度」を導入することにより、遺伝的なアプローチと従来の行動ベースのアプローチをつなげる可能性を提示できた。この認知粒度の観点から、有病率1.68%の自閉症に対する有効な療育手法(あるいは治療法)につながることも期待でき、その社会的実装に向けた展開が期待される。

研究成果の概要(英文)：ASD exhibits a wide range of behavioral symptoms. We reconsidered the phenotypical diversity of ASD from the viewpoint of “cognitive granularity” that we have been advocating, by which we consider the possibility of modeling ASD in a unified way. Cognitive granularity represents the size of semantic units (schema, basic level categories, etc.) for the agent to articulate and recognize the environment, and is involved in predicting and controlling the environment including behavior of others. From the accumulated facts on the behavioral characteristics and the abnormality in the brain structure, it is predicted that ASD people have finer cognitive granularity. Based on the idea, we formulated a unified cognitive model over the diverse behavioral characteristics not only of ASD but also of TD on the continuous axis of cognitive granularity.

研究分野：認知科学

キーワード：自閉症 コミュニケーション 他者理解 神経科学

1. 研究開始当初の背景

自閉症者は、一般に、他者の心の状態を想像することに障害をもつ。視線や表情といった非言語情報の読み取りが苦手で、これが他者と意図や感情を交流させる機会を質的・量的に制限してしまい、結果として、コミュニケーション発達を非定型なものにしてしまう。

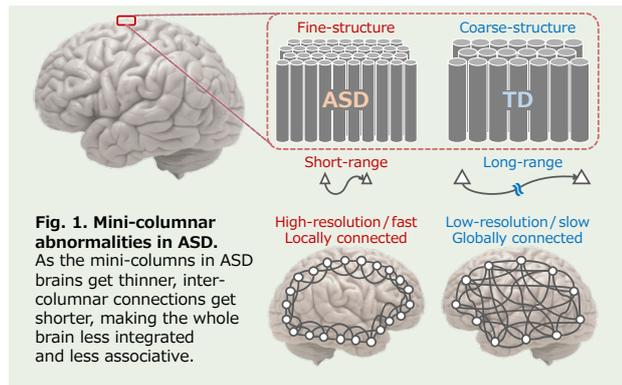
これまで我々は、ロボットを使った自閉症療育の研究(Kozima, 2009)を行ってきた。自閉症者は、他者との社会的なやりとりが苦手な一方で、道具や機械といったモノの扱いには問題ないことが多く、モノの構造や機能を理解し、合理的に操作することを得意としている。また、最近の脳科学研究からも、モノについて・ヒトについての情報処理の独立性が実証されつつあるが、モノについて・ヒトについての情報処理がなぜ独立しているのか、また自閉症者ではなぜヒトについての情報処理の発達に選択的な障害をもつのか、その理由・原因は解明されていない。

2. 研究の目的

上述した学術的背景から、この問題に新しい切り口を与えるための観点として「認知粒度」という概念を着想した(Kozima, 2013)。認知粒度とは行為主体が周囲の世界を捉えるときの「解像度」である。周囲の世界は、ある時空間的・意味的な大きさをもった分節単位(概念)に切り分けられ、それらの関係として理解され、予測や制御のよりどころとなっていく。自閉症者が選択するモノの世界がミクロ的(因果的)な予測性をもつことから、認知粒度の細かさと自閉症との関連が予想される。

また、最近の脳科学研究からも、大脳皮質のミニカラム(100個程度のニューロンからなる柱状構造で、大脳における最小単位プロセッサと考えられる)の密度や接続のしかたが自閉症者と定型発達者で異なっているという重要な示唆が得られている。[Fig. 1]

そこで本研究では、脳構造と認知スタイルの関係を「認知粒度」の観点から捉えなおし、自閉症の情報処理様式だけでなく定型発達における情報処理様式にもまたがった、統一的な認知モデルを構築する。定型発達者も自閉症者も、それぞれの脳の分解能・統合力に応じて、周囲の世界を扱いやすい粒度で分節し、知識やスキルを構成していく。ゆえに、世界の捉えかた、予測や制御のしかたも異なってくる。このような粒度相対的な観点から、自閉症者のもつ認知スタイルや、定型発達者が他者の心を想像する能力とその由来、そして言語・文化の成り立ちの説明を試みる。



3. 研究の方法

認知粒度の観点から自閉症・コミュニケーション・言語や文化の成り立ちを解明するという本研究の目標を達成するため、まず、脳構造と行動に現れる認知粒度についての網羅的なサーベイをとおして、ミニカラム構造による情報表現と意図理解・志向スタンスのメカニズムをモデル化する。これと並行して、自閉症者・定型発達者の認知粒度の違いについて検討する。ここから、多数派(定型発達者)の粒度を前提とした社会的相互行為への適応不全として、他者理解の障害・こだわり・常同行動といった自閉症の諸障害を統一的に説明するモデルを構築する。具体的には、以下にあげる互いに関連したサブテーマに取り組む。

(1) ミニカラム構造における情報表現の解明——ミニカラムの集合体であるマクロカラムがどのように概念を表現するのか、また個々のミニカラムがどのようにその素性を検出・表示するのかを、解剖学的な知見や情報理論的な視点などからモデル化する。

(2) 認知粒度と志向性の関係の解明——ある状態 x から状態 y に到達するさまざまな動作を、ミクロな認知粒度で観察すれば共通性のない行為群に見えるだろうが、マクロな認知粒度で捉えれば共通する不変項としての「意図」が見えてくる。このような志向的スタンスや擬人化のメカニズムを明らかにし、また、その進化的な由来や発達プロセスについて検討する。

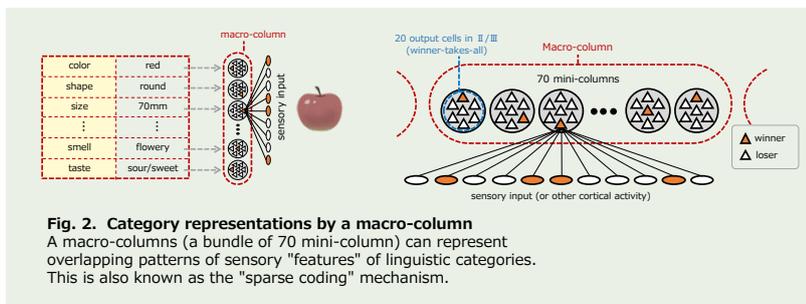
(3) 自閉症の認知スタイルの統一的な解明——他者理解の障害だけでなく、言語発達の遅れ、こだわり・常同行動などを含めた自閉症の病像について、認知粒度の観点から統一的な説明を与え、新しい自閉症療育への可能性を検討する。

(4) 言語・文化の成り立ちの解明——多数派(定型発達者)が使う言語(基本レベルカテゴリなど)だけでなく、文化全般(道具・制度・慣習など)が、多数派のもつ認知粒度を制約として発現してきたと考え、その成り立ちの過程を検討する。

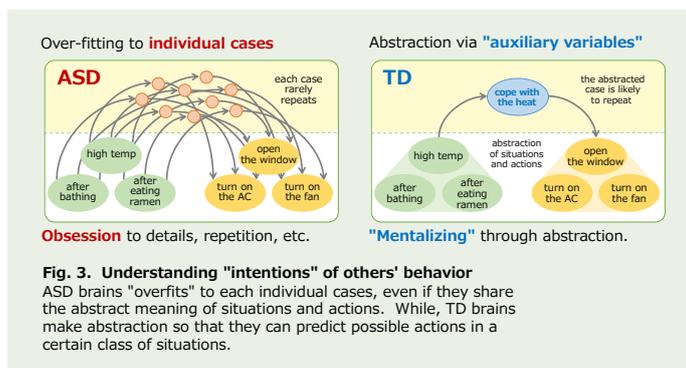
4. 研究成果

本研究では、4年間の研究期間の中で、独自の「認知粒度」という観点から、自閉症および定型発達にまたがる認知スタイルに統一的な説明を与えることを試みた。具体的には、以下にあげる成果が得られた。

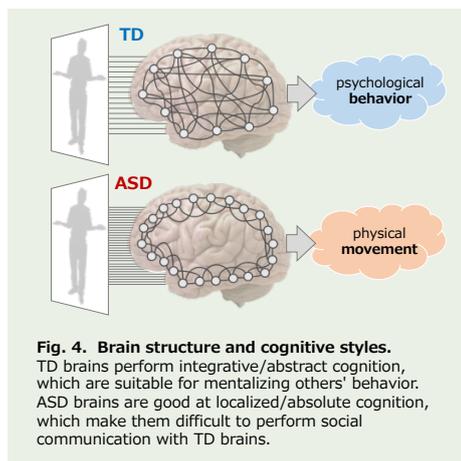
(1) ミニカラム構造における情報表現の解明——スパースコーディングモデルなどを参考に、カテゴリ認識のモデルを構築した。このモデル [Fig. 2] では、ミニカラム密度 (正確には、カテゴリ認識を担ったマクロカラムに内包されるミニカラムの数) に応じて、カテゴリの素性数が変化する。これは自閉症におけるカテゴリ過大弁別や細部へのこだわりといった知覚上・行動上の特徴と符合する。



(2) 認知粒度と志向性の関係の解明——ニューラルネットワークによる事例からの学習モデルを参考に、媒介変数 (あるいは隠れ層) の次元数 (およびユニット数) が大きくなることで、個々の事例を過学習してしまい、それら事例の背後にある不変項 (たとえば他者行動における「意図」など) を認識することが難しくなることが明らかになった [Fig. 3]。ミニカラム密度が高い自閉症者ではこの過学習が生じる一方で、定型発達者では処理資源上の制約から媒介変数による抽象化が必要となり、その副産物として心理化 (他者行動を志向的に捉え、媒介変数のレベルで予測等を行うこと) が可能となる。



(3) 自閉症の認知スタイルの統一的な解明——上述の成果から、自閉症者の獲得するカテゴリは粒度が細かく、その粒度で過剰フィッティングしてしまうことで、他者行動を因果性にもとづく物理的な動作と捉えてしまうことが導かれた [Fig. 4]。また、接続性の点からは、自閉症者の脳は局所的かつ分断的な情報処理様式をもつことが予想された。これらは自閉症に広く見られる病像 (「心の理論」障害、「中枢性統合」の弱さなど) と合致する。加えて、認知粒度という連続軸上に投影された「認知スタイル」は、自閉症という障害を切り出すのではなく、連続的に定型発達につながるものであり、自閉症に対する新しい見方 (研究パラダイム) の提案につながった。



(4) 言語・文化の成り立ちの解明——本研究で着想し検討を深めた「認知粒度」という概念は、自閉症のもつ多様な病像に統一的な説明を与えるだけでなく、定型発達者のコミュニケーション能力の進化的および発達の由来の説明にも寄与した。具体的には、限られたミニカラム数で種々の事物・事象を扱うという要請のもとで、人類は個々の事物・事象をそのまま扱うのではなく、適切に抽象化 (すなわち心理化) する必要があったと考えられ、これが言語そして文化をもたらしただという仮説を提案できた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

1. 小嶋 秀樹: AI やロボットは子どもたちの学びを支援するか, 教育と医学, Vol. 66, No. 1, pp. 20-27, 2018. (査読なし)
2. 小嶋 秀樹: ロボットの視点から自閉症とコミュニケーションを考える, コミュニケーションと人間, 愛知淑徳大学心理学会, Vol. 27, pp. 63-69, 2018. (査読なし)
3. 水内 豊和, 島田 明子, 佐藤 克美, 小嶋 秀樹, 渡部 信一: 知的・発達障害児をもつ母親におけるソーシャルサポートとしての SNS の有効性 (1) - 他のソーシャルサポート源との比較から -, とやま発達福祉学年報, Vol. 9, pp. 15-19, 2018. (査読なし)

[学会発表] (計 24 件)

1. 小嶋 秀樹: 脳の認知粒度からみえてくる自閉症とコミュニケーション, 自閉症学 (Autism Studies) シンポジウム 2019 (招待講演; 早稲田大学), 2019/3/23. (招待講演)
2. Hideki Kozima: Granularity in brains and cognition: toward a unified model of ASD, European Autism Congress 2019 (Zagreb, Croatia), 2019/3/14.

3. 佐々木 康輔, 藤田 光洋, 矢後 憲一, 神谷 俊之, 小嶋 秀樹: 社会的役割が付与されたロボットの印象評価, HAI シンポジウム 2018 (専修大学生田キャンパス), 2019/3/8.
4. 小嶋 秀樹: ロボットの眼から自閉症とコミュニケーションを考える, 石狩市こども発達支援センター研修会 (北海道), 2019/2/8. (招待講演)
5. Hideki Kozima: Towards Granular Informatics for Modeling Cognitive Styles of ASD, *HAI 2018 Workshop on Clinical User of Technology for Individuals with Developmental Disorders, International Conference on Human-Agent Interaction* (HAI-2018; Southampton, UK), 2018/12/15.
6. 小嶋 秀樹: ロボティクスと認知神経科学から自閉症とコミュニケーションを捉えなおす, 日本赤ちゃん学会 若手部会 第6回研究合宿 (滋賀県), 2018/9/9. (招待講演)
7. 小嶋 秀樹: 自然言語処理, 認知発達ロボティクス, 自閉症の脳モデル: 電通大卒業のフルスタック研究者の挑戦, 電気通信大学 ホーム カミング デー (東京, 招待講演), 2018/7/15.
8. 小嶋 秀樹: ASD の認知粒度特性にもとづくロボット療育に向けて, 第114回日本精神神経学会学術総会 シンポジウム「精神神経科学におけるロボットインターベンションの潜在性」(神戸), 2018/6/22. (招待講演)
9. 小嶋 秀樹: 自然言語の情報処理から認知発達ロボティクス, そしてコミュニケーションの脳科学へ, 電気通信大学同窓会賞受賞者講演 (東京, 招待講演), 2018/4/5. (招待講演)
10. 小嶋 秀樹: ロボットや人工知能の視点からコミュニケーションを考える, せんだい豊齢学園「シニアの生活とデジタル(2)」(仙台市シルバーセンター), 2018/1/26. (招待講演)
11. 小嶋 秀樹: ロボットや人工知能と私たちは本当に理解しあえるのか, 東北大学リベラルアーツサロン (せんだいメディアテーク), 2017/12/8. (招待講演)
12. 水内 豊和, 佐藤 克美, 小嶋 秀樹, 渡部 信一: 知的・発達障害児をもつ母親のソーシャルサポートの活用に関する研究 --- サポート源としての SNS に着目して ---, 第43回全日本教育工学研究協議会全国大会 (和歌山大学), L-1-2, 2017/11/25.
13. 小嶋 秀樹: ロボットの視点から自閉症とコミュニケーションを考える, 愛知淑徳大学 心理学会 講演会 (愛知淑徳大学), 2017/11/17. (招待講演)
14. 小嶋 秀樹: 人工知能・ロボット研究のはなし, 大船渡市青少年体験学習事業 (宮城県大船渡市), 2017/11/3. (招待講演)
15. 小嶋 秀樹: 認知粒度からみた発達と進化, 日本コミュニケーションテクノロジー研究会 (札幌), 2017/8/25. (招待講演)
16. 小嶋 秀樹: 3歳児からみたロボット, ロボットからみた3歳児: 保育園での長期インタラクティブ観察から, 日本認知科学会 第33回大会 OS13 基調講演 (北海道大学), 2016/9/16. (招待講演)
17. 小嶋 秀樹: ロボット研究・人工知能研究から自閉症とコミュニケーションを考える, 日本臨床発達心理士会第12回大会企画シンポジウム (大阪), 2016/9/11. (招待講演)
18. Hideki Kozima: Discussion on the interaction between language and theory of mind, Symposium (CS26-11) on "New paradigms of Theory of mind with a special focus on the linguistic aspect of the tasks : data in typical and atypical development (with autism)", *31st International Congress of Psychology* (ICP-2016; Yokohama, Japan), 2016/7/26.
19. 小嶋 秀樹: 子どもとロボットはどのように「つながり」をつくっていくのか, 日本発達心理学会第27回大会ラウンドテーブル「人型ロボット・Nao, 保育園時と遊ぶ一保育園における1年間の継続観察とその分析から」(北海道大学), 2016/4/30.
20. Hideki Kozima: A minimally-designed robot in the research and practice for ASD therapy, *International Workshop on Intervention of Children with Autism Spectrum Disorders using a Humanoid Robot* (ASD-HR 2015; Keio University, Kanagawa, Japan), 2015/11/18. (招待講演)
21. 小嶋 秀樹: 文化・身体/脳・ロボットの比較アニミズム論の可能性, 日本心理学会第79回全国大会シンポジウム「感じてしまう不思議: 文化とロボットから探るアニミズム」(名古屋), 2015/9/23.
22. 小嶋 秀樹: 人工知能・ロボティクス研究からみた自閉症とコミュニケーション, 日本特殊教育学会第53回全国大会「学術講演」(東北大学), 2015/9/20. (招待講演)
23. 小嶋 秀樹: ロボットによる自閉症療育支援から見えてきたこと: 心の「へだたり」と「つながり」, からだと発達研究会 (早稲田大学), 2015/8/8. (招待講演)
24. 小嶋 秀樹: モノとのコミュニケーションから人とのコミュニケーションへ, 人間・環境学会 第107回研究会 (近畿大学), 2015/7/11.

[図書] (計1件)

1. 小嶋 秀樹: 脳の認知粒度からみた自閉症とコミュニケーション, 野尻英一ほか (編著), 〈自閉症学〉のすすめ: オーティズム・スタディーズの時代, ミネルヴァ書房, pp. 263-282, 2019. (分担執筆)

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ei.tohoku.ac.jp/xkozima/>

<http://carebots.org/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。