

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 21 日現在

機関番号：21301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2013

課題番号：21330154

研究課題名(和文) 自閉症の心理化フィルタ仮説にもとづく療育支援ロボットの実践的評価と仮説検証

研究課題名(英文) Using therapeutic robots for evaluating mentalizing capabilities in Autism

研究代表者

小嶋 秀樹 (Kozima, Hideki)

宮城大学・事業構想学部・教授

研究者番号：70358894

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円、(間接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：モノの扱いが比較的得意な自閉症者がなぜ他者の心(意図)を想像できないのかというシッブルな疑問に対して、心理化フィルタというモデルでの説明を試みた。療育施設における自閉症児とコミュニケーションロボットとの長期縦断的なインタラクション観察や、視線計測装置などを使った知覚スタイルの評価をとおして、心理フィルタの存在とその特性を調査した。また、認知粒度という新しい観点から、自閉症の病態を統一的に捉えられる可能性が拓けた。

研究成果の概要(英文)：Individuals with autism generally show better performance on operating physical objects than in communicating with people; however, we lack a plausible model of autism that explains why their physical and social capabilities develop in separate and unbalanced ways. This research project investigates this question from the viewpoint of "Mentalizing Filter", which derives social information (states of mind) from the appearance and/or behavior of others, through a series of longitudinal observations of autistic children interacting with communication robots. The observations, with the help of psychological experiments using an eye-tracker, we found "Cognitive Granularity" (the unit size of cognitive operations) plays an important role in mentalizing others' appearance and behavior.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・教育心理学

キーワード：発達障害 療育ロボット 認知スタイル

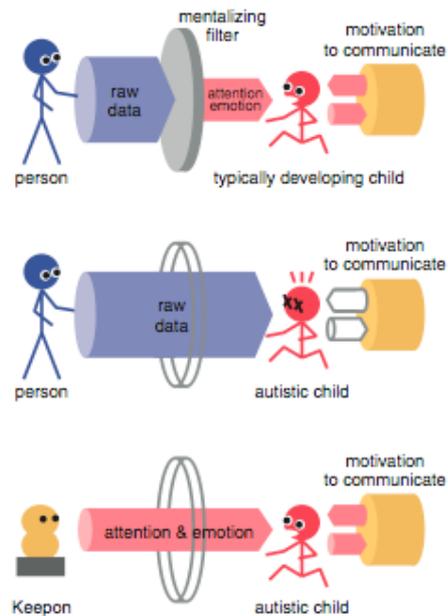
1. 研究開始当初の背景

(1) 自閉症の認知的な病態を説明するためのモデルとして、「心の理論」の障害に焦点を当てその原因を共同注意の障害に求めた Baron-Cohen のモデルや、ゲシュタルト的なまとまりを直観的に捉える能力（中枢性統合）の障害に注目した Frith のモデルなどが提案されてきた。ところが、これら従来のモデルでは、自閉症児が対人コミュニケーションに選択的な障害をもつことを十分に説明できていない。玩具やパズルのような物理的対象のシステマティックな理解や操作には障害をみせず、その一方で、人の行動や心理状態（意図など）を理解することやそれを反映した対人コミュニケーションに特異的な障害をもつことは、自閉症児に広く共通した病態である。このような「ヒトに関する情報処理」と「モノに関する情報処理」のアンバランスな発達を説明できる自閉症モデルが求められている。

(2) 本研究の前身（「自閉症療育へのコミュニケーションロボットの応用」，基盤研究(B)（平成18～20年度），研究代表者 小嶋秀樹）では、ヒトらしさとモノらしさを兼ね備えたコミュニケーションロボットを、自治体が運営する療育教室に導入し、おもに3歳前後の自閉症児（広汎性発達障害児を含む）について、予備観察を合わせて合計120セッション（各回3時間）、のべ800人回を超えるロボットとの日常的インタラクションを観察した。そこでは、対人コミュニケーションに問題をもつ自閉症児が、視線や感情だけを了解可能なかたちで表出するシンプルなロボット Keepon に対して、その存在に気づき、自発的にアプローチし、さまざまな社会的関わり（アイコンタクトをとる、帽子を被せる、玩具の食べ物を食べさせる（ふりをする）など）をみせていた。

2. 研究の目的

(1) 療育現場でのこれら観察をふまえ、視線や感情を表出する社会性をもったロボットに対して自閉症児が自発的にインタラクションを発展させていくという逆説的な現象を説明するためのモデルとして、我々は「心理化フィルタ仮説」を構築・検討する。心理化フィルタとは、他者の姿勢や身体動作といった次元数の高い多量の物理的情報から、注意の方向や感情の状態といった次元数の低い少量の社会的情報に変換・抽出するフィルタである。次図に示すように、定型発達児ではこの心理化フィルタが十分に発達し、意識下で社会的情報を抽出しているが、自閉症児ではこの心理化フィルタが十分に機能せず、高次元・多量の物理的データに圧倒されてしまい、適切な情報処理が行えないと考える。



(2) ミニマルな形態と人らしい社会性をもったロボット Keepon の場合は、心理化フィルタに問題をもつ自閉症児でも、そこから視線や感情といった社会的情報を直接的に了解できたため、自発的に社会的インタラクションに入っていったと考える（上図）。心理化フィルタ仮説では、自閉症児にも対人コミュニケーションへの動機づけが確かにあると考え、心理化フィルタの機能不全による知覚スタイルの違いとして自閉症を捉える。

(3) 本研究課題は、このような心理化フィルタ仮説を、療育施設等における療育支援の実践をとおして、探索的に検証することを目的とする。具体的には、以下のサブテーマについて取り組んだ。

- ① ロボットの形態・機能の探索：ロボットの内部状態を表出するための構造的複雑さ（動作自由度）や、物理的・社会的環境をどれだけ反映したインタラクションを実行するかという機能的複雑さについて、療育ロボットがもつべき特性を探索的に調査する。
- ② 心理化フィルタ仮説の検討：上にあげたロボットの構造的・機能的複雑さの探索をとおして、自閉症児および定型発達児がもつ心理化フィルタの特性を調査し、それをふまえた療育ロボットの設計原理を探求する。

(4) 加えて、これら取り組みをとおして、個々の自閉症児にコミュニケーション発達の最近接領域を提供するための方法を開発・実践評価し、将来の自閉症療育に新しい支援ツールをもたらすことをめざす。

3. 研究の方法

(1) さまざまな形態と機能をもったロボットについて、自閉症児とのインタラクションを観察・分析する。視線や身体動作といった

計測データと、観察者（療育者）による間主観的な子ども・状況の記述を併用し、これらを比較・相関するなかで、自閉症における「モノに関する情報処理」と「ヒトに関する情報処理」の乖離とアンバランスな発達を調査し、その背後にある認知メカニズムとしての心理化フィルタを解明する。

(2) 具体的には、以下のスケジュールで、自閉症をはじめとする発達障害の療育施設に、Keeponなどのロボットを導入し、子ども（+養育者+療育者）とのインタラクションを長期縦断的に観察、そのデータ分析や心理化フィルタの検討などを進めた。観察の場となった療育施設の様子を下図にあげる。（円内はロボット Keepon）



① 平成 21 年度：療育施設でのインタラクションを実践・記録するためのシステム構築し、予備的なインタラクション観察を行なった。ロボットに設置したカメラ画像を無線伝送し、別室にいる操作者がロボットを遠隔操作するが、そのための PC 上のグラフィカルインタフェースを新たに開発し、研究者だけでなく、療育施設のセラピストや小児科医にも簡単に使えるように改良を施した。また、データの量的・質的分析の方針も検討し、そのためのコーディングツール（PC 上のグラフィカルなアプリケーション）を開発した。子どもからの行為（注視対象・手動作など）と社会的・物理的状況（養育者・療育者などの位置・行為、玩具の位置など）を記述できる。また質的なデータとして、複数の観察者（あるいは参与者）が子どもの内面などを共感的に捉え、それを記述することができる。これらと並行して、視線計測装置を導入し、実体のあるロボットや画面上のロボットに対する視線を実時間計測するための技術的準備および予備計測を行なった。

② 平成 22 年度：療育施設において、ロボット Keepon と自閉症児のインタラクションを長期縦断的に観察・記録・分析した。16セッション（約 110 人回・約 50 時間）にわたるインタラクションを収録し、ロボットの動作ログとともに、それぞれの対象児についての質的記述（アノテーション）を操作者が加えることを進めた。分析結果は、療育施設でのカンファレンス資料として活用してもらうとともに、養育者への動機づけのために分かりやすいビデオクリップとしてフィードバックした。

③ 平成 23 年度：前年度に引き続き、療育施設でのインタラクション観察・分析の準備を進めたが、対象児と療育者とのラポール形成が十分に確認できず、本観察・実験については翌年度に繰り越すことにした。その一方で、前年度までのデータ分析・検討を進め、心理化フィルタ仮説についての論文発表を行い、また翌年度に実施するロボットシステムの整備を行なった。この繰越を受けて、翌年度（平成 24 年度）に、療育施設での自閉症児とロボットのインタラクション観察を別枠で 12 セッション（約 90 人回・約 35 時間）を実施した。

④ 平成 24 年度：従来から観察を続けている自閉症・広汎性発達障害をもつ 3~4 歳の子どもたちの通園クラスに加え、2~3 歳の非典型的な発達障害の子どもたちの通園クラスでのインタラクション観察を加えた。そのため、2 台目のロボットの整備や、画像・音声の伝送システムや収録システムを新しく構築し、2 カ所ではほぼ同じ条件でのインタラクション観察を可能にした。両グループを合計して 18 セッション（約 140 人回・約 50 時間分）の行動データを収録・分析を進めた。また、これと並行して、実験室条件で 7 人の自閉症児に、動画像（人が目的的行動を行う様子など）に対する視線を、視線計測装置を用いて計測し、自閉症の知覚スタイルの特徴を推定することを試みた。これら観察・実験の結果、自閉症が知覚スタイルの違い（目的的行為のレベルを見ずに、物理的変化のレベルに注目すること）が明らかになり、本研究のタイトルにある「自閉症の心理化フィルタ仮説」は、「自閉症の認知粒度仮説」に精緻化されていった。

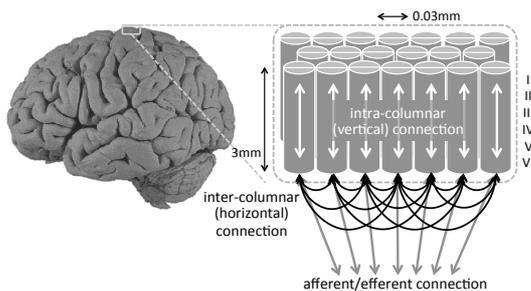
⑤ 平成 25 年度：前年度までに収録・予備分析したロボット・自閉症児のインタラクションデータについてより詳細な分析を進めるとともに、仮説検証のために必要となる追加実験・追加観察を実施し、それらを総合して心理化フィルタの特性と明らかにし、自閉・定型における特性の違いを認知粒度の違いとして説明・モデル化することを試みた。加えて、この新しい自閉症モデルを、収録済のインタラクションデータや、図形アニメーション

ョンに対する視線計測実験の結果などと突き合わせ、その関係を検討した。

4. 研究成果

(1) 自閉症者が、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を得意とすることが多い。最近の研究からも、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。しかし、両者がなぜ独立しているのか、また自閉症者ではなぜ後者に障害をもつのか、その理由は明らかでなかった。本研究事業では、これを説明する自閉症モデルとして「心理化フィルタ仮説」を検討し、療育施設等における自閉症児とロボットの長期縦断的なインタラクション観察や、視線計測による知覚スタイルの評価などを積み重ねることで、その仮説検証および心理化フィルタの特性解明を進めた。

(2) 本研究では、心理化フィルタの本質を明らかにしようとした結果、「認知粒度」という統一的な説明原理を得た。認知粒度とは、行為主体が周囲の世界を理解・予測するための時空間的・意味的な分節単位（概念）の大きさを意味する。認知粒度の考えは、大脳皮質にみられるミニカラム構造（下図）にも由来する。ミニカラムとは100個程度の神経細胞が柱状に集ったものであり、情報処理の最小単位プロセッサと考えられる。自閉症者の大脳皮質ではミニカラムの水平間隔が小さく、ゆえに自閉症者の脳はミニカラムの数が多いという。つまり認知粒度が細かいのだ。モノの世界はマイクロな因果性で予測・制御できるが、ヒトの世界はマクロな粒度での志向的な予測・制御を必要とすると考えられる。



(3) モノの扱いが比較的得意な自閉症者がなぜ他者の心（意図）を想像できないのか、そして定型発達者がなぜコミュニケーションできるのかという疑問を軸として、「認知粒度」という新しい観点から、

- ① 大脳皮質のミニカラム構造という観察可能な事実
- ② 自閉症にみられる諸障害（社会性・言語・想像力の障害）や認知スタイル
- ③ 定型発達者のコミュニケーション能力の成り立ち

など、脳の構造と社会性の成り立ちをつなげる新しい認知科学への見通しが得られた。ま

た、従来から曖昧な定義のまま使われていた「意図」という心的概念が、認知粒度の共有——限られた分解能の脳で互いの行動を予測・制御すること——を前提とした構成概念であること、そして言語や文化も同じように認知粒度を共有した集団によって共同構成されてきたことも明らかになりつつある。

(3) 今後は、人間のもつ他者理解や擬人化の能力の成り立ち、自閉症におけるそれら能力の発達障害に、認知粒度を軸とした統一的な説明が与え、そこから新しい社会性発達モデル、新しい自閉症療育モデルへと発展させていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計9件）

- ① Hideyuki Takahashi, Kazunori Terada, Tomoyo Morita, Shinsuke Suzuki, Tomoki Haji, Hideki Kozima, Masahiro Yoshikawa, Yoshio Matsumoto, Takashi Omori, Minoru Asada, Eiichi Naito: Different impressions of other agents obtained through social interaction uniquely modulate dorsal and ventral pathway activities in the social human brain, Cortex (printing). 査読あり. DOI: 10.1016/j.cortex.2014.03.011
- ② 小嶋 秀樹: 自閉症からみたヒトとロボットのエージェンシー, 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No. 9, pp.16-17, 2013/11. 査読なし. <http://www.rsj.or.jp/databox/journal/mokuji/mokuji3109.pdf>
- ③ Hideki Kozima: Cognitive granularity: A new perspective over autistic and non-autistic styles of development, Japanese Psychological Research, Vol. 55, No. 2, pp.168-174, 2013/3. 査読あり. DOI: 10.1111/jpr.12006
- ④ 小嶋 秀樹: ミクロな予測性とマクロな予測性, 心理学評論, Vol. 54, No.1, pp.25-28, 2011/8. 査読なし. <http://www.sjpr.jp/psychologia/vol54/vol54-1-025.html>
- ⑤ Tetsuya Ogata, Shun Nishide, Hideki Kozima, Kazunori Komatani, Hiroshi G. Okuno: Inter-modality mapping in robot with recurrent neural network, Pattern Recognition Letters, Vol. 31, Issue 12, pp.1560-1569, 2010/9. 査読あり. DOI: 10.1016/j.patrec.2010.05.002
- ⑥ 田中 文英, 小嶋 秀樹, 板倉 昭二, 開一夫: 子どものためのロボティクス: 教育・療育支援における新しい方向性の提案, 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 04, pp.455-462, 2010/5. 査読あり. DOI: 10.7210/jrsj.28.455
- ⑦ 日下 航, 尾形 哲也, 小嶋 秀樹, 高橋

徹, 奥乃 博: RNN を備えた 2 体のロボット間における身体性に基いた動的コミュニケーションの創発, 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 4, pp. 532-543, 2010/5. 査読あり. DOI: 10.7210/jrsj.28.532

- ⑧ Kentaro Yamamoto, Saori Tanaka, Hiromi Kobayashi, Hideki Kozima, Kazuhide Hashiya: A non-humanoid robot in the "uncanny valley": Experimental analysis of the reaction to behavioral contingency in 2-3 year old children, PLoS ONE, Vol.4, No.9, e6974, 2009/9. 査読あり. DOI: 10.1371/journal.pone.0006974

[学会発表] (計 24 件)

- ① 小嶋 秀樹: 人らしさを期待されつつ人になりきれないロボット, 日本発達心理学会シンポジウム「ロボットの心理学」(京都大学), 2014/3/22.
- ② 小嶋 秀樹, 横田 裕人: ロボットによる言語的介入によって個人またはグループの知的生産性を高める試み, 人口ロボット共生学シンポジウム「人口共生学の近未来に向けて」(東京大学/駒場), 2014/1/11.
- ③ 小嶋 秀樹: 指定討論, 日本心理学会シンポジウム「ヒトと環境の相互作用から探る: 子どもの社会的認知発達を支える要因とは何か」(札幌), 2013/9/21.
- ④ 小嶋 秀樹: ロボットの生きる世界とヒトが生きる世界—認知粒度から考える, 日本質的心理学会シンポジウム「ロボットはどこまで共同的でありうるのか・人はどこまで個別的でありうるのか」(立命館大学/京都), 2013/8/31.
- ⑤ Hideki Kozima: Social robots for autism therapy, COST Workshop on Social Robotics (Brussels, Belgium), 2013/6/12.
- ⑥ Hideki Kozima: Keepon: From autism therapy to entertainment, Robots on Tour: World Congress and Exhibition of Robots, Humanoids, Cyborgs and more, 2013/3/9.
- ⑦ 小嶋 秀樹: 子どもから見たロボット・ロボットからみた子ども: コミュニケーションロボットのもつ可能性, 産学連携セミナー「第 75 回 寺子屋せんだい」, 仙台市産業振興事業団 (仙台), 2013/1/11.
- ⑧ 斎藤 千夏, 高橋 英之, 寺田 和憲, 小嶋 秀樹, 土師 知己, 吉川 雅博, 松本 吉央, 大森 隆司, 岡田 浩之: 機械の向こうの私: ヒューマンロボットコミュニケーションにおける fMRI 研究, ヒューマン・エージェント・インタラクション・シンポジウム 2012 (HAI-2012; 京都工芸繊維大学), 2D9, 2012/12/8.
- ⑨ Hideki Kozima: Robots as mediators for therapeutic social interactions, Social Robotics Seminar "The Future of Technology in Helping People" (Tampere, Finland), 2012/04/26.
- ⑩ Hideki Kozima: The ability to imagine others' mind, University of Southern Denmark Conference on "Why do we bother?" (Odense, Denmark), 2011/12/2.
- ⑪ Hideki Kozima: Social robotics for children with developmental disorders, Aalborg University Workshop on "Social Robots for Assisted Living - Challenges and Responsibilities" (Aalborg, Denmark), 2011/11/28.
- ⑫ Hideki Kozima, Marek Michalowski: Keepon by BeatBots, Pictoplasma NYC 2011 Conference (New York, NY, USA), 2011/11/4.
- ⑬ Hideki Kozima: On behavioral complexity of therapeutic robots for autism spectrum disorders, IEEE-RAS/RSJ International Conference on Humanoid Robotics (Humanoids-2011; Bled, Slovenia), Workshop on Human-Robot Symbiosis: Synergistic Creation of Human-Robot Relationships, 2011/10/26.
- ⑭ Hideki Kozima: Robots-mediated interaction in the research and practice of autism therapy, International conference on Cognition, Experience and Creativity (Indian Institute of Technology Gandhinagar, Gujarat, India), 2010/10/29.
- ⑮ Hideki Kozima: Robot as a mediator for therapeutic social interactions, MindTrek 2010 Conference (Tampere, Finland), 2010/10/8.
- ⑯ 小嶋 秀樹: ロボットのパースペクティブから子どもと発達障害を捉えなおす, コミュニケーションとリハビリテーション現象学 (CoRePh) 研究会 第 3 回研究会 (東京大学/駒場), 2010/9/23.
- ⑰ Hideki Kozima: Observing human-robot interaction in therapeutic fields, ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI-2010; Osaka, Japan), Workshop on Learning and Adaptation of Humans in HRI, 2010/3/2.
- ⑱ 小嶋 秀樹: 子どもとロボットのインタラクション, 電気学会 産業応用フォーラム「認知機能を持つエージェント技術とその応用」(東京), 2009/12/5.
- ⑲ Marek P. Michalowski, Reid Simmons, Hideki Kozima: Rhythmic attention in child-robot dance play, IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN-2009; Toyama, Japan), WeC4.4, 2009/9/30.
- ⑳ 小嶋 秀樹: 人とロボットの非言語コミュニケーションに関する研究, 第 27 回電

[図書] (計 4 件)

- ① 小嶋 秀樹: てをくむ - 隣接科学(認知科学), 日本発達心理学会編, 発達心理学辞典, 丸善出版, p. 712 (担当部分は p. 2), 2013/6.
- ② 小嶋 秀樹: ヒトとロボットをつなぐ心理学, 日本ロボット学会 (編), 「ロボットテクノロジー」, オーム社, pp. 16-19, 2011/8.
- ③ 小嶋 秀樹: 自閉症児とのインタラクションにみる注意と情動のつながり, 松原 仁ほか (共編), ロボット情報学ハンドブック, 10. 4. 1 (3), pp. 663-667, ナノオプトニクスエナジー, 2010/4.
- ④ 小嶋 秀樹: 認知ロボティクスにおける「学び」, 渡部信一 (編), 「『学び』の認知科学事典」, 大修館書店, pp. 509-524, 2010/2.

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

研究情報発信用ウェブページ
<http://carebots.net>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小嶋 秀樹 (KOZIMA, Hideki)

宮城大学・事業構想学部・教授

研究者番号: 70358894