

領域略称名：構成論的発達科学
領域番号：4401

平成29年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る事後評価報告書

「構成論的発達科学－胎児からの発達原理の解明に基づく発
達障害のシステムの理解－」

(領域設定期間)

平成24年度～平成28年度

平成29年6月

領域代表者 (東京大学・情報理工学系研究科・教授・國吉 康夫)

目 次

1. 研究領域の目的及び概要	5
2. 研究領域の設定目的の達成度	7
3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況	10
4. 審査結果の所見及び中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況	11
5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	13
6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）	16
7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況	21
8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	23
9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度	27
10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況	28
11. 総括班評価者による評価	29

研究組織 (総括：総括班, 計画：総括班以外の計画研究, 公募：公募研究)

研究項目	課題番号 研究課題名	研究期間	代表者氏名	所属機関 部局 職	構成員数
X00 総括	24119001 構成論的発達科学－胎児からの発達原理の解明に基づく発達障害のシステムの理解－	平成24年度 ～ 平成28年度	國吉 康夫	東京大学・情報理工学系研究科・教授	10
A01 計画	24119002 胎児・新生児シミュレーションに基づく初期発達原理とその障害の解明	平成24年度 ～ 平成28年度	國吉 康夫	東京大学・情報理工学系研究科・教授	12
A02 計画	24119003 社会的認知発達モデルとそれに基づく発達障害者支援システム構成論	平成24年度 ～ 平成28年度	長井 志江	情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター・主任研究員	6
B01 計画	24119004 胎児期からのハイリスク児の臨床観察による発達障害理解と包括的診断法構築	平成24年度 ～ 平成28年度	小西 行朗	同志社大学・研究開発推進機構	35
B02 計画	24119005 周産期からの身体感覚と社会的認知の発達の関連性の解明に基づく障害理解	平成24年度 ～ 平成28年度	明和 政子	京都大学・教育学研究科・教授	20
C01 計画	24119006 当事者研究による発達障害原理の内部観測理論構築とその治療的意義	平成24年度 ～ 平成28年度	熊谷 晋一郎	東京大学・先端科学技術研究センター・准教授	13
統括・支援・計画研究 計 6 件					
A01 公募	25119503 ダイナミックな相互作用を通じた身体的表象から分離表象への発達原理と発達障害の理解	平成25年度 ～ 平成26年度	乾敏郎	追手門学院大学・心理学部・教授	1
A01 公募	25119501(廃止) スパースモデリングによる感覚野の発達原理の解明	平成25年度	岡田真人	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授	2
A01 公募	25119509 胎児期からの不随意性・随意性運動の発達論的解析	平成25年度 ～ 平成26年度	山内秀雄	埼玉医科大学・医学部・教授	2
A01 公募	15H01579 新生児運動シミュレーションにおける新規アウトカム提案と精度向上に向けた比較研究	平成27年度 ～ 平成28年度	金沢星慶	東京大学・情報理工学系研究科・特別研究員	1

A01 公募	15H01586(廃止) 超早産が発達障害のリスクを高める機構の解明	平成 27 年度	仲嶋一範	慶應義塾大学・医学部・教授	1
A02 公募	25119502 自閉症児の療育を目的とした定型性逸脱人工物の開発	平成 25 年度 ～平成 26 年度	寺田和憲	岐阜大学・工学部・准教授	2
A02 公募	25119507 遺伝 x 環境相互作用を考慮した社会コミュニケーション能力の定型・非定型発達モデル化	平成 25 年度 ～平成 26 年度	篠原一之	長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・教授	3
A02 公募	15H01577 小型ロボットを用いた自閉症スペクトラム症児へのインタラクションの改善	平成 27 年度 ～平成 28 年度	熊崎博一	金沢大学子どものこころの発達研究センター・特任准教授	3
A02 公募	15H01581 発達障害者の感覚特異性の脳磁図計測と再現モデルによる診断・評価・支援システム構築	平成 27 年度 ～平成 28 年度	下野九理子	大阪大学・連合小児発達学研究所・講師	2
A02 公募	15H01589 自閉症スペクトラム者の為のオーダーメイドの韻律学習プログラムの開発	平成 27 年度 ～平成 28 年度	馬塚れい子	国立研究開発法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・チームリーダー	2
B01 公募	25119506 新生児運動非接触計測法と General Movements 診断支援システムの開発	平成 25 年度 ～平成 26 年度	辻敏夫	広島大学・大学院工学研究科・教授	4
B01 公募	25119511 非侵襲持続モニターによる新生児概日リズムの集学的解明:生後空白の 2 か月の謎に迫る	平成 25 年度 ～平成 26 年度	岩田欧介	名古屋市立大学・医学研究科・准教授	9
B01 公募	15H01587 周産期における胎動性・呼吸性運動と睡眠覚醒機構の関連性と発達過程の解明	平成 27 年度 ～平成 28 年度	荒田晶子	兵庫医科大学 生理学・生体機能部門・准教授	1
B01 公募	15H01575 可塑性イメージングと脳計測技術を用いた自閉症の巨視的ネットワーク機能障害の解明	平成 27 年度 ～平成 28 年度	瀧 靖之	東北大学・加齢医学研究所・教授	1
B01 公募	15H01578 胎生期のサブプレートニューロン障害が神経発達障害に及ぼす効果の解析	平成 27 年度 ～平成 28 年度	城所博之	名古屋大学・医学部附属病院・助教	1
B01 公募	15H01584 General Movements 自動診断技術の確立と胎・	平成 27 年度 ～	辻敏夫	広島大学・大学院工学研究科・教授	4

	乳幼児発達評価システム	平成 28 年度			
B02 公募	25119504 大脳皮質と皮質下の相互作用による社会的認知発達機構とその障害の解明	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	中野珠実	大阪大学・生命機能研究科・准教授	3
B02 公募	25119510 視線随伴パラダイムとその応用による階層的行為主体感の発達過程の解明	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	宮崎美智子	大妻女子大学・社会情報学部・助教	2
B02 公募	25119512 視点と身体表象の重ね合わせから見る発達障害者の脳ネットワーク障害の解明	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	川崎正弘	筑波大学・システム情報系・助教	2
B02 公募	15H01580 分離表象に基づく自己の心的状態モニタリングと他者の心的状態推定の発達モデル	平成 27 年度 ～平成 28 年 度	乾敏郎	追手門学院大学・心理学部・教授	1
B02 公募	15H01576 コミュニケーション時の運動リズム同期から推定する発達障害と定型発達の関係性	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	川崎 真弘	筑波大学・システム情報系・助教	1
B02 公募	15H01583 インタラクションを介した発達過程における外受容・内受容感覚の統合動的モデル	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	浮田 宗伯	奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授	1
B02 公募	15H01585 身体に根ざした他者視点取得能力の神経機構とその障害	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	平井 真洋	自治医科大学・医学部・准教授	3
C01 公募	25119505 内部観測に対する評価手法の確立と well-being との関係性解明	平成 25 年度 ～ 平成 26 年度	上出 寛子	東北大学・電気通信研究所・助教	1
C01 公募	15H01582 ASD 者の well-being に資する自伝的物語への介入と DMN の脳機能解明	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	上出 寛子	東北大学・電気通信研究所・助教	1
C01 公募	15H01590 多感覚統合と身体感覚の発達過程とその変容	平成 27 年度 ～ 平成 28 年度	和田 真	国立障害者リハビリテーションセンター研究所・脳機能系障害研究部・研究室長	1
公募研究 計 26 件					

1. 研究領域の目的及び概要（2 ページ以内）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、応募時までの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

人の心はいかにして発生し発達するのか？発達障害はなぜ起こるのか？その解明は胎児期にまでたどるべきとの見方が最近急速に強まっている。しかし、ヒトの胎児からの発達に関して「なぜ？いかにして？」を問う研究は、倫理的にも技術的にも従来の方法論では極めて困難である。本研究は、ロボティクス、医学、心理学、脳神経科学、当事者研究が密に協働して、胎児からの発達を観測、モデル化、実験、解釈することで、その本質を解明し、様々な環境要因に伴う変化の様相を明らかにする構成論的発達科学を世界に先駆けて始動し推進する。そして、新たな発達障害理解に基づき、真に適切な包括的診断法と支援法、支援技術を構築する。

【学術的背景】

人の心は、脳、遺伝子、身体、環境、他者、社会、文化にまたがる極めて複雑な相互作用の上に成り立ち、生涯を通じて常に変化し続ける。その本質と異変を理解するためには、要素還元論を超えて、相互作用全体の構造とその変化の原理を解明することが不可欠である。変化は相互作用によって引き起こされ、相互作用自体を変える、いわばブートストラップ的な連続過程であり、従って、それを真に理解するためには原初のシステムまでさかのぼり、そこからの発達のロジックを解明する必要がある。

これは、人の心に関わる様々な学問分野の潮流が今まさに集束しつつある問題意識といえる。

発達心理学では 90 年代に E. Thelen が“ダイナミックシステムアプローチ”を提唱し(Smith&Thelen 2003)、力学系の概念に依拠して多様な連続的相互作用から変化と構造が生まれる理論的枠組みを導入した。また、多様な認知能力が従来の定説より若い月齢で確認され続け、新生児でさえ認識、記憶、模倣等の認知能力を有することが確認された。さらに、超音波撮像法の進歩に伴い、胎児の行動が精密に観測可能となると、胎児期の運動発達や感覚応答行動、学習能力が明らかになり、発達論の視野に入り、最近急速に知見が増えている。

脳神経科学では、近年、機能局在論を補う形でシステム論的理解の重要性が指摘され、大脳全域の機能ネットワーク等の研究も急速に進展している。また、従来個別的にモデル化されてきた認知機能を発達の統合する理論も構築されている。さらに、周産期・新生児期のシナプス過剰形成と刈込みや、大脳皮質の初期形成過程での神経活動依存性が明らかになり、初期発達中の感覚運動経験が脳の形成に影響する可能性が示唆される。

ロボティクスでは、80 年代以後、環境相互作用に基づく知能、身体性認知科学などの潮流が生まれ、90 年代半ばから認知発達ロボティクスが開始された。作る立場からの必然的疑問として、身体・環境相互作用を通じた発達を起動する原初のシステム要素と動作原理は何か大きな未解決問題となった。これについて、國吉らは身体性を通じた高次元カオス結合系からの行動創発原理を提案し、それがヒト胎児を模した身体・神経系の簡易モデルにも起こりうることをシミュレーション実験で示した(Biol. Cybern. 2006, 日本ロボット学会誌 2010 他)。

発達障害は、近年その症例数が急増し社会問題化している。しかしその多くの発生原因は未だ解明されておらず、療育法も対症療法や経験則による部分が大きい。特に、自閉スペクトル症(ASD)や注意欠陥・多動性障害(ADHD)、学習障害(LD)については近年、多くの関連遺伝子が報告されているが、症状と関連する遺伝子の特定だけでは発生原理の理解ならず、環境要因が絡む発現過程の解明が課題との指摘がある(Nature, 2011/Nov. 3)。最近、これらの障害が周産期の環境経験の異常や早産による胎内経験短縮に起因する可能性が指摘され(Karmel et al. 2010, Hallymayer et al. 2011, Lindstrom et al. 2011)、ここでも胎児期が視野に入ってきた。

総合して、心の解明に関わる複数の学問分野がいずれも、相互作用的、システム論的理解と、胎児期からの初期発達に焦点を当てつつある。しかし、そこには研究方法上の困難がある。胎動の観測はリアルタイム 3D 超音波撮像（いわゆる 4D 超音波）やリアルタイム MRI 等で可能だし、拍動なども使えるが、操作的な実験は技術的にも倫理的にも音刺激など極めて限定される。従って振舞いに関する因果関係を解明することが困難である。この事情は新生児についても大きく変わるものではない。さらに、要素間、相互作用間の結合が強く、全体の振舞いは要素の振舞いの総和とならない創発性を有する。そこで、要素的知見と仮説に基づくシステムモデルを環境中で動作させ、複雑な相互作用の結果としての振舞いを対象と比較し、仮説の改善や不足要素を補い、また環境変動等に伴う変化を観測して、対象理解を構築する構成論的方法が必要となる。

【研究目標】

胎児期から幼児期までの認知発達モデルを構成し、環境変動のもとでどのように発達に変化するかを実験的に示し、臨床医学的知見および当事者研究と対応づけることで発達原理の解明と発達障害の新たな理解を提示する。また、これに基づき、発達障害の早期からの包括的診断法と発達障害当事者の観点から真に有効な支援法・支援技術を構築する。

研究期間内においては、身体運動発達と身体感覚・視聴覚の統合認知の発達が他者認知等の社会的認知基盤に接続するまでを中心的課題とする。そして、自閉スペクトル症の一般的診断基準である「生得的な社会的認知障害の有無」に代わる発達論的理解を提示する。具体的には次の通り。

- A. **構成論**：人間科学および当事者研究からのデータと仮説を統合し、胎児から幼児期までの認知発達モデルを構築し、環境変動を加えた実験を行う。また、人間科学の観測に用いる新たな計測・解析技術を開発し提供する。さらに、当事者研究や人間科学分野と協力して、発達障害者の支援技術の開発に取り組む。
- B. **人間科学**：胎児期から幼児期までの定型発達と発達障害の発達過程を、定期的な経過観測によって明らかにし、そのデータを構成論に提供する。臨床医学、発達心理学、脳神経科学の最近の知見を網羅し、運動・知覚・認知・言語から社会性や睡眠の発達まで、個別領域の発達のみならず領域間の関係を明らかにし、発達早期からの包括的診断法を構築する。社会的認知の基盤である自他認知につながる身体感覚の発達については特に重点を置き、周産期児を対象として精査し、モデル構築に寄与する。
- C. **当事者研究**：発達障害者が自らの感覚や経験を観測し体系的に記述し、内部観測理論を構築し、構成論や人間科学に提供する。既に、通常「社会性の障害」とされる自閉症の本質が実は身体感覚や視聴覚等の情報統合の困難であるとする「情報のまとめあげ困難説」を見出しており、これを軸に研究を展開する。その検証のための実験心理学的評価と、理論を踏まえた支援法・支援技術の構築、当事者研究の治療的意義の検証にも取り組む。また、構成論が構築するモデルや支援技術と人間科学からの知見について当事者観点からの検証と意味付けを行う。

【学術領域としての新規性と意義】

本研究は、「既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指すもの」であり、生物系と理工系（工学系）にまたがる領域である。発達障害当事者研究で見出された仮説と人間科学（医学、心理学、脳神経科学）が提供する胎児期からの発達観測データをもとに構成論（ロボティクス、情報学）がモデルを構築し、その結果を人間科学と障害当事者が評価、意味付けするという、世界で初めての学融合的研究の枠組みを構築し、展開する。

医工連携は広く行われ、自閉症者支援にロボティクスが関与する研究もあるが、本研究は、**原理レベルの解明に医学と工学が対等に協力する点**で新しく有意義である。心理学や脳神経科学とロボティクスの協働は、本研究メンバも活発に行ってきたが、臨床医学が本格的に協働し体系的なデータを供給する体制は今までになく、構成論的方法の科学的妥当性・有効性を厳しく問い、かつ本格的に活用する初めての試みと言える。特に、脳科学分野では、Blue Brain Project (*Nat. Rev. Neurosci.* 7:153-160, 2006) や Human Brain Project (*Nature* 482:456-458, 2012) が先導する全脳モデル化の研究が最近急速に進展しているが、脳モデルを精密な身体・環境モデルに埋め込んで実際の相互作用の中でどう振る舞うかを扱う試みは極めて少なく、**胎児期からの知覚・行動と発達についてこれを行うのは本領域が世界で初めてである**。さらに、**当事者研究が内部観測理論と実践の場を通じた意味付けの役割で入ることも極めてユニーク**であり、構成論的方法の特徴である。従って、この領域構成自体が、**新たな学問の方法論**として意義のある試みであり、極めて新規性の高いものである。

【学術水準の向上・強化につながる点】

世界的な動向として、認知発達ロボティクスが重視され強力に推進される傾向にある。特に EU では FP7 および後継の Horizon2020 で重要課題として巨額の研究投資がされ、世界をリードしつつある。本研究領域は認知発達ロボティクスを基盤としつつもさらにその先を開拓する。また、自閉症研究には米国を中心として巨額の研究投資がなされ、特に分子生物学的研究が急速に進展しているが、近年、その限界も指摘され、環境要因の解明、特に周産期に注目が集まり始めている。事実、胎児期、新生児期に関する研究データやプロジェクトは最近、世界各国で急激に増加しており、この数年で大きな研究潮流となることが予想される。本領域はこの流れを先取りし、胎児期からの発達に焦点をあて、構成論や当事者研究を含む融合研究でシステムの理解を目指す点で世界に先駆けている。これらの点で本領域は我が国および国際的な学術水準の向上、先導の意義は大きい。

2. 研究領域の設定目的の達成度（3ページ以内）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、どの程度達成できたか、また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らしての達成度合いについて、具体的に記述してください。必要に応じ、公募研究を含めた研究項目ごとの状況も記述してください。

【領域全体の目的と進捗】

【目的】 胎児期から幼児期までの認知発達モデルを構成し、環境変動のもとでどのように発達が変化するかを実験的に示し、臨床医学的知見および当事者研究と対応づけることで、発達原理の解明と発達障害の新たな理解を提示する。また、これに基づき、発達障害の早期からの包括的診断法と発達障害当事者の観点から真に有効な支援法・支援技術を構築する。

【計画】 研究期間内においては、身体運動発達と身体感覚・視聴覚の統合認知の発達が他者認知等の社会的認知基盤に接続するまでを中心的課題とする。そして、自閉スペクトル症の一般的診断基準である「生得的な社会的認知障害の有無」に代わる発達論的理解を提示する。

【達成度】 認知発達については、初期身体性から社会性発達に接続する観測データと発達モデルを、胎児～新生児(A01, B01 協働)と新生児～幼児(A02, B02 協働)について確立し、環境変動等に伴う変化についても観測とモデル実験により示した。当然、認知機能や発達の全てをモデル化・実験できたわけではないが、身体性と社会性の関連において重要な身体表象、感覚運動情報の統合と予測、模倣等の他者とのやりとり、などに焦点を絞ることで、胎児から幼児までをつなぐ観測知見とモデルセットを確立した。これらを含め最新の知見も総合して、初期身体性から社会性までの連続認知発達を説明する領域共通発達脳モデル(A01, B02, C01 協働)も提案した。これらにより、当初設定目的は十分に達成した。周産期の抑制機能と社会的認知発達の関連性について当初の想定外の新たな発見もあった。

発達障害の新たな理解に基づく診断法と支援法・支援技術に関しては、胎児期・新生児期の運動、自律神経機能、睡眠の特性と社会性発達予後との関連性を確立しつつ新たな診断尺度を開発し、発達早期からの包括的診断法を開拓した(B01, B02, A01 協働)。また、当事者の困りごとの解決を支援する当事者視点を重視した支援法・支援技術(C01, A01, A02 協働)に加えて、ASDの感覚経験を定型発達者が体験できるシミュレータを構築した(A02, C01 協働)。これは体験を通して定型発達者を当事者に近づけるといって、従来とは逆転の発想による技術で、本領域の理念を体現する当初想定外の成果である。

以上を要するに、本領域の当初設定目的を十分に達成する成果をあげ、さらに、当初想定外の重要な新規成果も得られた。

【領域の目的達成を担った特筆すべき成果】

1. 初期身体性から社会性発達に接続する観測データと発達モデル

本領域の中心課題である、胎児・新生児期の身体感覚・運動の特性と乳幼児期の社会性との関係については、従来、早産児の発達障害リスクの高さ(Karmel et al.2010, Hallymayer et al.2011, Lindstrom et al.2011 等)、ASD者における模倣、身体図式、協調運動の特異性(DeMyer et al. 1972, Rogers et al.1996, Mari et al.2003, 大東他 2004, 瀧澤他 2007 等)など、多くの関連する知見や傍証があるものの、関連性を直接示す具体的なデータは報告されていなかった。

これについて、①新生児運動指標と3歳児発達遅滞の関連性(A01, B01 協働)、②周産期の副交感神経等の抑制機能と12, 18ヵ月時の社会的認知特性との関連性(B02)、③早産児条件での発達シミュレーションによる脳の身体表象・感覚統合異常の発生(A01, B01 協働)、④予測学習と予測誤差検出に基づき、感覚運動レベルから社会性に接続する知見とモデル(A02, B02)を確立した。また、これらを含め、最新の知見も総合した⑤領域共通発達脳モデルを提案した(A01, B02, C01 協働)。これらをはじめとする領域成果全体により、図1に示すように、胎児期の身体性から幼児期以後の社会性に接続する知見とモデルをデータに基づき確立した。

① 新生児運動指標と3歳児発達遅滞の関連性(A01, B01 協働)

新生児の運動の定量指標と3歳児の発達遅滞との関連性を確立した(Kanemaru et al. 2013, B01 共著)。これは、本領域の中心的な仮説「初期の感覚運動がその後の発達に影響する」を初めて立証したもので、極めて重要である。さらに、乳児期の頭部運動がASD予後と関連するという結果(Gima et al. 2016)も得られ、初期運動発達と発達障害との関連性が示された。

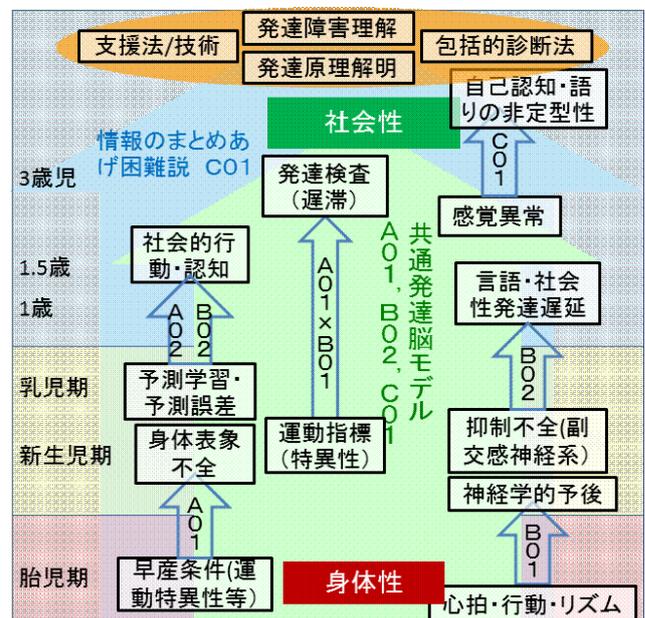


図1 主な成果

図1に示すように、胎児期の身体性から幼児期以後の社会性に接続する知見とモデルをデータに基づき確立した。

① 新生児運動指標と3歳児発達遅滞の関連性(A01, B01 協働)

新生児の運動の定量指標と3歳児の発達遅滞との関連性を確立した(Kanemaru et al. 2013, B01 共著)。これは、本領域の中心的な仮説「初期の感覚運動がその後の発達に影響する」を初めて立証したもので、極めて重要である。さらに、乳児期の頭部運動がASD予後と関連するという結果(Gima et al. 2016)も得られ、初期運動発達と発達障害との関連性が示された。

② 周産期の副交感神経等の抑制機能と 12, 18 ヶ月時の社会的認知特性との関連性 (B02)

周産期の身体感覚の個人差が社会的認知予後と関連するとの仮説を支持する成果を得た。在胎週数が短い早期産児ほど迷走神経活動が低いこと (Shinya et al. 2016), 周産期に副交感神経の抑制力が低い児は、生後 12, 18 か月の時点で言語・社会性領域に顕著な発達の遅れがみられること等を実証した。また、早期産児の一部では、修正齢 12 か月の時点で他者の行為への注意 (共同注意や人への選好) の弱さが認められるが (Imafuku et al. 2016), これについても周産期の自律神経系の調整能力との関連が示唆された。周産期からの抑制機能が社会的認知発達の鍵となる可能性を見出したことは、当初の予想を超えたきわめて重要な成果である。

③ 早産児条件での発達シミュレーションによる脳/bodyの身体表象・感覚統合異常 (A01, B01 協働)

中間評価時点までに、胎児・新生児の身体、環境、脳の統合モデルを構築し、ヒト胎児運動発達の一部を再現する実験や環境や運動、神経系パラメータ等の変動に伴う変化の実験等の基礎実験を行った。

その後、科学的妥当性を十分に高めるため、モデルの全面再構築を行った (図 2 上)。ヒト胚子・胎児標本の MRI/CT 計測 (A01 京大) と超音波計測データ (B01 班) の提供を受け、従来より格段に精密・正確な、筋数 494 (従来は 198) の胎児筋骨格モデルを構築した。また、新生児の全脳の大域結合構造を B01 班提供の DTI データから抽出した。これにより 3 次元大脳皮質モデル上に配置した 260 万個の LIF (Leaky Integrate and Fire model) ニューロンからなる 53 億シナプス規模のネットワークを構築した。当初想定外の進展として、脳活動シミュレータの開発過程で計算量を劇的に縮減するアルゴリズムの開発に成功し、従来法と比較して 100 倍以上の性能を達成した。

胎児身体モデルを子宮内および子宮外で自発運動させ、体性感覚、触覚データを上記大規模脳モデルで STDP (Spike Timing Dependent Plasticity) 学習させ比較検討した。結果として、子宮内と子宮外の環境の差異が、体性感覚野に形成される身体表象の顕著な相違を引き起こすこと、さらに、体性感覚と視覚の統合にも顕著な影響を与えることが明らかになった (図 2 下, Yamada et al. 2016)。これは、近年増えている、早産児の発達障害リスクが高いとの報告に対して、胎児期の身体性を通じた感覚運動経験との因果関係を構成論的に提示したもので、重要である。

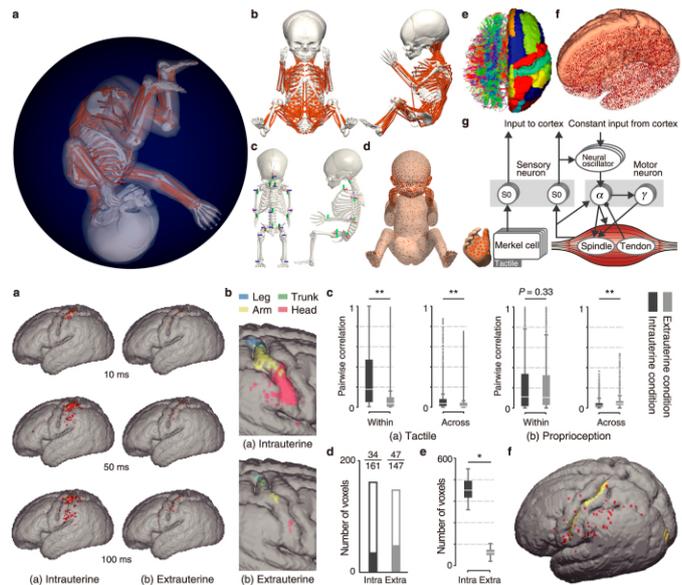


図 2 胎児・新生児発達モデルと早産条件比較実験結果

④ 予測学習と予測誤差検出に基づき、感覚運動レベルから社会性に接続する知見とモデル (B02, A02)

他者との相互作用に含まれる随伴性検出が乳児期の模倣学習を促進し、自己身体運動の感度や精度 (予測誤差修正) が他者運動知覚と関連する等の事実も得た (B02, A02 協働, Fukuyama et al. 2015, Copete et al. 2016)。これらは、周産期以降、環境に対する運動制御を脳内シミュレートする「内部モデル」の獲得が社会的認知発達の基盤である可能性を示唆するものである。

これを受け、感覚・運動情報のまとめあげを、予測学習を基盤とした神経回路モデルや確率モデルで具現化し、それを実装したロボットが環境との相互作用をとおして多様な認知機能を獲得できること、モデルのパラメータ変動により発達障害に類似した行動を生成することを明らかにした (右図, A02, Baraglia et al., 2017; Horii et al., 2016; Murata et al., 2016; Nishide et al., 2015; 他多数)。本成果は当初想定した範囲を超えて、多様な認知機能の発達過程と発達障害の複数仮説の検証に貢献している。

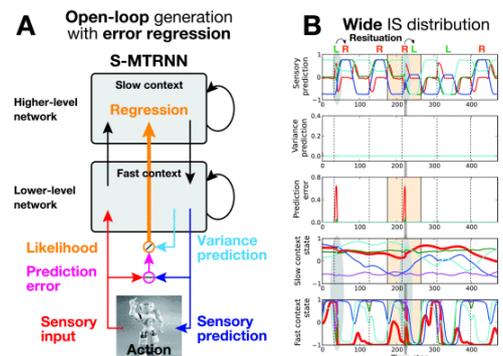


図 3 : S-MTRNN における機能バランスと発達障害の発生 (Murata et al., 2016)

⑤ 領域共通発達脳モデルの構築

総括班会議での領域成果集約と徹底討論に基づき、領域共通の発達脳モデルを構築した。各班がこれまでに得た実験データ、理論、および文献調査に立脚し、乾 (A01 班)、明和 (B02 班)、熊谷 (C01) が個別に提案してきた発達脳モデルを密な協働作業により統合した (図 2, submitted)。これは、胎児期の身体性から幼児期以後の社会性までを連続的につなぐ統合モデルとして世界的にも他に例を見ない成果である。

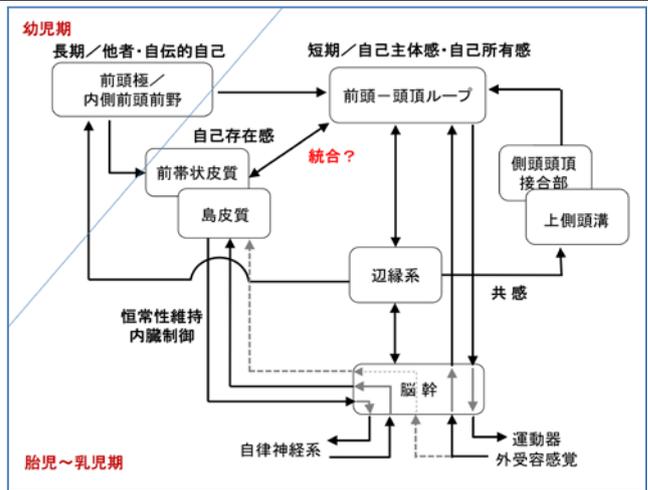


図3 領域共通の発達脳モデル

2. 発達障害の新たな理解に基づく診断法と支援法・支援技術

当事者研究が提起し、人間科学研究と構成論的研究で証拠だてられた、「発達障害の基盤が社会性以前の身体

感覚運動の特異性にある」との新たな理解に基づき、臨床医学研究を推進し、新たな①発達早期からの包括的診断法(B01,B02, A01)を開拓した。②当事者視点を重視した支援法・支援技術 (C01,A01,A02 協働) としては、上記の新たな理解に基づく当事者の感覚過敏や慢性疼痛等の実態解明と支援技術構築に加え、当事者研究自体が当事者の困りごと等を軽減する効果を明らかにしつつ実践に取り組んだ。さらに、領域内の議論から生まれた③ASD の感覚経験を定型発達者が体験できるシミュレータ (A02,C01 協働) は、体験を通して定型発達者を当事者に近づけるといふ、従来とは逆転の発想による技術で、本領域の理念を体現する当初想定外の成果である。

① 発達早期からの包括的診断法

胎児行動と神経学的予後の関連性(B01, Morokuma et al. 2013)、新生児運動指標と発達予後の関連性 (A01,B01 協働, 前出)、周産期の副交感神経等の抑制機能と 12, 18 ヶ月時の社会的認知特性との関連性 (B02, 前出)、新生児睡眠発達と発達障害の関連(B01, Matsuoka et al. 2014)などを明らかにし、また、新たな自閉症診断尺度 MSPA の開発(B01, 船曳 2016)も行った。これにより、発達早期からの包括的診断法を開拓し、目的を達成した。

② 当事者視点を重視した支援法・支援技術(C01, A01 協働)

慢性疼痛に対する VR 技術を用いたリハビリテーション治療技術の開発 (A01, C01 協働, Sano et al. 2016)、自閉症スペクトラム症における聴覚特性に基づいた個人適応型の聴覚過敏緩和システム (市川ら, 2016) (A01, C01 協働)、ASD 者が不快に感じる環境因子を記録するスマートフォンアプリ (田沢ら, 2014) (A02, C01 協働)、当事者研究の自己効力感向上効果の実証 (石川ら, 2016) (C01)など当事者視点を重視した支援法・支援技術を当事者研究者との連携のもと開拓し、目的を達成した。

③ ASD 感覚経験シミュレータ (C01, A02 協働)

発達障害当事者は、定型発達者とは異なる知覚経験をしている。本研究領域における実験結果からも、対人距離の縮小や交感神経の亢進、聴覚防御反射の亢進など知覚経験の変異や、発声時に聴覚フィードバックに強く依存する傾向が示され、内部モデルの構築やそれにかかわる知覚自体の問題が示唆された。



図 4 ASD 視覚体験シミュレータとそれが再現する視覚過敏・鈍麻



当事者が抱える知覚的困難を定型発達者が理解することは通常困難であり、本領域で

は、新しい支援技術として ASD の感覚経験を定型発達者が体験することを可能とするシミュレータシステムを構築した (Qin et al. 2014, 長井, 2016)。このシステムの特徴は、調整可能な感覚変異の量を発達障害当事者が調整するという、当事者参加型システムであることである。発達障害当事者は、通常、症状の重さが時間的に変化するため、症状が軽いときに、重い状態を再現するように調整する。このような支援方法は、直接発達障害者の感覚経験を補うものではないが、支援者や家族が体験することで、定型発達者を発達障害当事者に近づけるといふ逆転の発想であり、本領域内で議論してきた当事者と社会の新たな関係性を体現するものといえる。本技術は、A02 計画班代表者が率いる後続プロジェクト (CREST) において、さらに研究を発展させることとなった。

3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況（1ページ以内）

研究推進時に問題が生じた場合には、その問題点とそれを解決するために講じた対応策等について具体的に記述してください。また、組織変更を行った場合は、変更による効果についても記述してください。

特記事項なし。

4. 審査結果の所見及び中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況（2ページ以内）

審査結果の所見及び中間評価において指摘を受けた事項があった場合には、当該コメント及びそれへの対応策等を記述してください。

<審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況>

指摘事項なし。

<中間評価で指摘を受けた事項への対応状況>

指摘事項なし

<中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況>

X00 所見：

本研究によって構築された知見が一種の「権威」を得た後にも、その多様性、多義性、そうして可変性を維持する方策、言い換えれば、その複雑さのためにブラックボックス化されずに多くの人が容易に理解できる説明方法の模索も必要である。

対応状況：

本領域と密接に連携する発達神経科学学会（過去5回大会開催、うち2回は本領域代表が、また1回は総括班連携研究者が大会長を務めた）の各回において、本領域の研究課題や中心概念をテーマに据え、領域メンバー以外の研究者を含めて議論を深め、説明方法の構築に努めた。また、A02-C01協働で構築したASD感覚体験シミュレータは、言葉での説明によらず、体験によって、ASD当事者と定型発達者との溝を埋め、相対化するもので、本領域で検討し構築した理念を直観的に一般の方にも伝え得る手段と考えており、活発に一般向けセミナー等を開催し発信に努めた。これらを含め、数多くの一般向け講演会等およびメディアへの発信などを通じ、多くの人が容易に理解できる説明方法の模索を続けている。

A01 所見：

シミュレーション実験の結果が、どの程度現実を反映し得るかに関して判断が難しいが、新しいアプローチとして着実に実績を積んでいて評価できる。

対応状況：

シミュレーションモデルをB01提供の臨床計測データ等を駆使して完全に再構築・拡充・改良し、格段に精度を高め、生体データとの比較も行って科学的妥当性を確保した。その結果、成果が有力国際学術誌に掲載された。さらに、シミュレーションと比較可能な精度での新生児・乳児運動計測を併用して、相補的に仮説検証が可能になることを国際・国内学会で発表している。

A02 所見：

論文発表の大半が学会論文集などであり、成果の論文発表を期待する。

対応状況：

国際・国内会議での発表に加え、学術雑誌への投稿を積極的に行った。研究期間をとおして、雑誌論文を計33本、学会発表論文を計294本、図書を計3本発表した。

B01 所見：

各施設における倫理委員会申請状況、その結果の記述、プライバシーにかかわるデータ管理の状況を記述するべき。

対応状況：

当班の研究は主に診療行為の中で行われているため、各施設で倫理審査に申請することは必須であり、確実に対処している。また、データ管理は病院内の既存のシステムにおいて厳重になされている。

B02 所見：

これまで得られた成果が、今後論文として発表されることを期待する。倫理委員会申請状況、その結果の記述、プライバシーにかかわるデータ管理の状況を記述するべき。

対応状況：

中間評価以降、B02計画班では査読付雑誌に20報（国際誌17報、国内誌3報）の成果を得ることができた。結果の記述やプライバシーにかかわるデータ管理には特に配慮を行い、対象者の参加同意書および氏名、住所、生年月日等の個人情報には鍵付きの専用保管庫およびパスワードをかけたハードディスクにて調査者が責任を持って保管し、外部に持ち出して参照しないようにした。また、研究室等の共用PCのハードディスクに参加者情報を保存しないようにした。データの分析時は、連結可能匿名化をしている。データの分析は、数十人単位で平均化した結果を分析するため、個別の調査データの比較や個人名を公表する

ことはない。また、調査中の対象者の顔情報を含むビデオ映像を、研究以外の目的で利用したり、部外者に無断で貸出したりすることは一切ない。

C01 所見：

大半の報告が、邦文や国際学会の proceeding であり、早期の論文発表を望む。また、本研究の内容と方法論は、発達障害を対象とした研究のみならず、広く多分野に応用可能な方法論であり、多分野の研究者にわかり易く啓蒙されるべきである。

対応状況：

2015 年度以降、これまでの研究成果を論文化し、24 本の英文原著論文を発表した。

他分野の研究者へのわかりやすい啓蒙

以下のような啓蒙活動を行ってきた。

1. 当事者研究マニュアルの作成

多分野に広めるうえでは、当事者研究の方法を確立し transferability を高める必要がある。我々は 2015 年 6 月～2016 年 8 月にかけて、当事者研究の経験が豊富な 3 つのグループ(統合失調症を中心とした「べてるの家」、トラウマや薬物依存症を中心とした「ダルク」、発達障害を中心とした「おとえもじて」)で定期的に研究会を開き、ASD 者向けの当事者研究マニュアル(出版予定)と、これを用いた臨床介入研究のプロトコルを作成し、2016 年 9 月に東京大学ライフサイエンス委員会の承認を得た(No. 16-100)。

2. 臨床介入研究 PR ビデオの作成

<https://www.youtube.com/watch?v=3PLIQZ11rtw>

3. 学会・シンポジウム・総説などを通じた啓蒙

リハビリテーション科学(熊谷, 2016, 第 39 回総合リハビリテーション研究大会), 小児精神神経学(熊谷, 2016, 第 5 回日本小児診療多職種研究会; 熊谷晋一郎, 2015, 第 113 回日本小児精神神経学会; 熊谷・綾屋, 2016, 第 57 回日本児童青年精神医学会総会セッション), 触法精神障害者支援(向谷地・熊谷, 2016, 医療観察病棟における当事者研究活用の臨床報告会), 整形外科学(熊谷, 2015, 第 88 回日本整形外科学会学術総会), アレルギー・リウマチ科学(熊谷, 2016, 第 60 回日本リウマチ学会総会・学術集会), 臨床心理学(熊谷, 2015-2017, 臨床心理学連載「当事者研究への招待」全 10 回; 熊谷, 2014, 第 14 回日本認知療法学会・第 18 回日摂食障害学会学術集会合同学会; 熊谷, 2014, 第 6 回日本不安障害学会学術大会), 教育学(熊谷, 2015, 日本 LD 学会), 障害学(熊谷, 2013, 第 10 回障害学会; Ishihara, 2014, Disability Research Today: International Perspectives)など多分野の研究者や, 障害者施策に関わる立法(2017/2/15: 熊谷晋一郎, 2017, 参議院・第二特別調査室, 国民生活・経済に関する調査会), 司法(綾屋・熊谷, 2015, 平成 27 年度裁判基盤研究会 2 障害と社会), 行政(熊谷研究室・内閣官房東京オリンピック競技大会・東京パラリンピック競技大会推進本部事務局, 2016, 大学における「心のバリアフリー」ワークショップ企画『大学 meets 当事者研究』)分野の関係者を対象に、52 件の学会等招待講演、18 件の主催シンポジウム、304 件のアウトリーチ活動を通じ、当事者研究の有効性について広く啓蒙を行ってきた。

5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理する] (3 ページ以内)

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果（発明及び特許を含む）について、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。記述に当たっては、**本研究課題により得られたものに厳に限ること**とします。

【A01 計画】胎児・新生児シミュレーションに基づく初期発達原理とその障害の解明

身体-環境相互作用の脳発達に与える影響の構成論的理解 (A01・B01 班共同研究成果)

胎児身体モデルを子宮内および子宮外で自発運動させ、体性感覚・触覚データを大規模脳モデルで学習して比較した。結果として、子宮内と子宮外の環境の差異が、体性感覚野に形成される身体表象の顕著な相違を引き起こすことが明らかとなった(Yamada et al., 2016) (詳細は前出)。

初期運動発達と発達予後の関連性 (A01・B01 班共同研究成果)

早産児において、妊娠 40 週齢で Writhing movements と呼ばれる四肢の自発運動のビデオ画像から運動軌跡を抽出し、3 歳での発達との関連性を調べた。発達遅滞は運動量の低下(Kanemaru et al., 2013)、脳性まひは運動の滑らかさ(Kanemaru et al., 2014)と関連付けられることがわかった。また、修正 2 ヶ月齢での fidgety movements と呼ばれる四肢の自発運動の軌跡と 6 歳での発達との関連性(儀間ら, in press), が認められることがわかった。

【A01 公募】

早産児における神経細胞の移動障害と知的障害の関係

ヒトでは胎生 23 週においても神経細胞の移動が続き、早産児においては、白質に異所形成されたニューロンが多く存在した。この神経細胞の移動障害と知的障害との関係を調べるために、マウスモデルを作成した。結果として、皮質間結合の問題と知的障害の両方が見られた。このことから、早産児における神経細胞の異所形成がその後の認知的予後と関係する可能性が示唆された(Kubo et al., 2017)。

発達の脳モデルによる自閉症発生機序の説明理論

独自の実験結果と徹底した神経科学文献調査を総合し、社会性認知に関連する脳部位の発達異常に関する統合的仮説モデルを構築し、辺縁系異常から自閉症の多くの機能不全が説明できることを理論的に示した。本領域での脳機能発達研究の中核的枠組みを提供する重要な成果である(Inui, 2013)。

【A02 計画】社会的認知発達モデルとそれに基づく発達障害者支援システム構成論

計算的認知発達モデルの開発とロボットによる検証

情報のまとめあげを具現化する計算論的理論として「感覚・運動信号の予測学習」に着目し、多様な社会的認知機能が予測学習を通して発達することを提案した(Nagai & Asada, 2015)。ミラーニューロンシステムの発達を、深層型神経回路モデルを用いて、自己運動の生成経験が他者運動の認識を促進することを示した(Copete et al., 2016)。動作模倣実験では、模倣対象の発達の變化が、予測誤差の相対的差によって生じることを明らかにした(Park et al., 2017)。社会的行動についても、予測誤差の最小化がかかわることを示した(Baraglia et al., 2016, 2017)。

予測学習を基盤とし、階層型神経回路モデルの機能バランスに着目し、初期パラメータの違いが階層間の不均衡を誘発し、自閉的行動や、感覚過敏的行動形態を生み出すことを明らかにした(Murata et al., 2016)。

ASD 当事者の知覚体験シミュレータ (C01 班と共同)

ASD 当事者の知覚体験を定型発達者が体験するためのシミュレータを開発した(長井, 2016) (詳細前出)。

乳幼児-養育者相互作用の計算論的解析 (B02 班と共同)

乳幼児の随伴性発達と、それと同期した養育者の適応的行動を調べた。対面相互作用中の乳幼児と養育者の身体運動と視線を計測し、移動エントロピーを用いて個体内と個体間の情報伝達を解析した。月齢の増加に応じて、情報伝達量が個体内・間ともに増加し、随伴的に応答する信号が、低次信号から社会的信号へ変化、養育者の応答の複雑性の増加、動作誇張が乳幼児の動作模倣を促進、が明らかになった(Nagai et al., 2012; Fukuyama et al., 2016)。

【A02 公募】

ロボットの行動の予測誤差に対する感性和 ASD の関係

ASD 者は定型的振舞いの高予測性に対する選好と定型性からの逸脱に対する忌避の傾向を有すると考えられ、ロボットを用いたセラピーの構成法について示唆を与える(寺田, 2013)。

【B01 計画】胎児期からのハイリスク児の臨床観察による発達障害理解と包括的診断法構築

早期診断のための胎盤機能評価法

胎盤機能を MRI (HASTE 法)によってリアルタイムで評価する方法を開発した。HASTE 法によるスコアは、胎盤機能の不全や出生体重との相関が見られた(Himoto et al., Placenta, 2016)。胎盤機能の早期診断に用いることが可能な画期的な技術である。

初期運動発達と発達予後の関連性 (A01 と共同) : A01 の欄に記載

新生児の睡眠発達

発達障害児で頻りに睡眠障害が早期から見られる。そこで、1302名の母親に生後1ヶ月時の夜間睡眠時間の長さについて質問調査をした夜間睡眠の長さは、生まれた季節と消灯時間の両方の影響を受ける。こどもの夜間睡眠の長さは母親の夜間睡眠時間とも相関するが、こどもは、昼寝の時間の長さとも関係した。生後1ヶ月の乳児の夜間睡眠時間の変動に、自然光と人工照明の両方の環境要因が関係することをはじめて示した (Iwata et al., 2017)。

胎児期の行動と神経学的予後の関係

胎内での①運動、②心拍、③神経系の形成、④羊水の量を指標とし、神経学的予後を調べた。胎内状態ノーマル群は出生後0.05%が神経学的に不全と診断、胎内状態不全群は26.9%が不全と判断され、胎児期診断可能性を示した (Morokuma et al., 2013)。

自閉症の診断尺度の作成

自閉症の国際的な診断観察尺度であるADOSには、自閉症の1特質である「こだわり」に対する項目が少なく、もう一方の特質である「コミュニケーションと社会性の障害」に重点がおかれ、偏った自閉症像を捉えがちである。さらに、ADHD等の合併症を診断できず、また、どの程度の支援が必要なのかも判断できない。これらの欠点を補う、独自の診断尺度MSPAを開発した (船曳ら, 2013)。

【B01 公募】

胎動性活動生成メカニズム

ラットを用いて、胎動の生成メカニズムと神経受容体との関連について調べた。グリシンは発達障害との関連も指摘される抑制性神経伝達物質であるが、NMDARに対して興奮性に働く。このグリシンが胎動性活動の生成において極めて重要な興奮性シグナルであることが明らかとなった (Shimomura et al., 2015)。

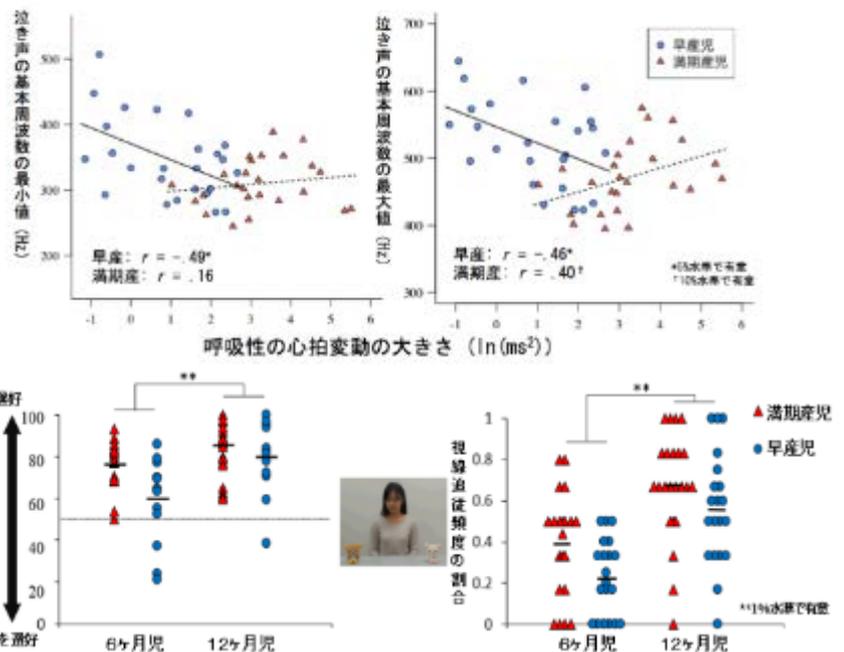
サーカディアンリズムの発達メカニズム

新生児コルチゾールのサーカディアンリズムを調べた。新生児のコルチゾールの日内変動は、出生時刻と関係することが明らかとなった生後のサーカディアンリズムの形成には、胎内で形成したリズムだけでなく、出生時刻によって乱されると考えられる (Iwata et al., 2013)。

【B02 計画】周産期からの身体感覚と社会的認知の発達の関連性の解明に基づく障害理解

周産期以降の身体感覚と社会的認知機能の発達過程の解明

身体感覚が環境経験によっていかに発達するかを、周産期の生理・行動指標により検証した。周産期からの環境経験を変数として記述するため、満期産児と早期産児との比較を行った。これにより、本来母胎内で経験すべき時期に異質な環境で早くから育ち始めることが、身体感覚の発達にどのように影響するかを検討した。さらに、彼らの生後3年間の社会的認知機能の発達過程を、生理・行動指標により多点計測することで、周産期からの身体感覚の個人差と社会的認知予後との関連を明らかにした。結果として、「予定日前後の早産児の高い声での泣きは、迷走神経の活動の低さと関連する (Imafuku et al., 2016)」「生後1年の早産児と満期産児を比較すると、他者への注意関心が異なる (Shinya et al., 2016)」事実を明らかにした。これらは、早産児が満期産児とは異なる神経成熟過程をたどる可能性を示唆する。



結果として、「予定日前後の早産児の高い声での泣きは、迷走神経の活動の低さと関連する (Imafuku et al., 2016)」「生後1年の早産児と満期産児を比較すると、他者への注意関心が異なる (Shinya et al., 2016)」事実を明らかにした。これらは、早産児が満期産児とは異なる神経成熟過程をたどる可能性を示唆する。

社会的認知発達モデルの構築 (B02・C01 班共同研究成果)

上記成果を蓄積することで、社会的認知の定型-非定型発達を説明し得る仮説を生成し、他計画研究班との協働のもと検証を重ねてきた。構成論へは実証・生体データを提供し、本計画研究が生成する仮説の妥当性の検証を重ねてきた。医学・当事者研究との連携においては、本研究班が生成した仮説が、臨床場面における多様な現象をどのように説明できるかを検討してきた。その集大成として、最終年度には、「社会的認知発達モデル」を提案するに至った。

【B02 公募】

大脳皮質と皮質下の相互作用による社会的認知発達機構の解明

皮質下（上丘－視床枕）を経由しない S-cone 刺激を用い、生後半年間の顔処理に関わる大脳皮質経路の発達について注視時間を指標として調べた。生後 2 か月時点で皮質上の顔認知処理は機能しているが、視覚情報が皮質下と皮質の両経路に入力された場合には機能しないこと、皮質下と大脳皮質の機能的連携が進むのは 4 か月以降である可能性を示した (Nakano et al., 2013)。

【C01 計画】当事者研究による発達障害原理の内部観測理論構築とその治療的意義

当事者研究の有効性

外来患者を対象に質問紙調査および半構造化面接を用いた症状評価により、自己効力感について、当事者研究群で、当事者研究に参加していなかった群よりも有意に高かった (石川ら, 2016)。

ASD の感覚異常

ASD と触覚過敏性: ASD では触覚閾値は正常だが、触覚刺激に対する交感神経反応が亢進しており、内臓感覚-自律神経系の関与が示唆された (Fukuyama et al., 2016)。

聴覚過敏緩和システム (A01・C01 班共同研究成果)

ASD 者においてあぶみ骨筋反射の閾値と聴覚過敏尺度 (Visual Analog Scale) との関連を調べ、聴覚特性の個人差に適応する聴覚過敏緩和システムを開発した (市川, 2016)。

ASD の自己モニタリング

ボカルフードバック: ASD 者は、声の制御において、フィードフォワード制御よりもフィードバック制御により強く依存している (内部モデルの構築が不十分である可能性) (Lin et al., 2015)。

ASD と対人距離との関係性: 12 歳から 19 歳の ASD の人と ASD でない人が、それぞれ他者と取る対人距離について調査した。調査の参加者は研究者と向かい合い、これ以上近付くと不快になる対人距離を答えた。その結果、ASD の人は、ASD でない人に比べて、不快と感じる対人距離が短いことがわかった (Asada et al., 2016)。

慢性疼痛緩和と支援技術 (A01・C01 班共同研究成果)

神経障害性疼痛に対して仮想現実 (VR) を用いた神経リハビリテーション治療を行った。VR による視覚-運動イメージの形成に対して体性感覚刺激を同期入力することによって治療効果を高めることを明らかにし、多感覚統合と疼痛の脳内表象について解析した (Sano et al., 2016)。神経障害性疼痛患者の患肢の脳内運動表象を定量化する手法を開発し、運動表象 (身体性) の破綻による痛みの発症機序を解明した (Osumi et al., 2015)。

【C01 公募】

ASD の自分語り

ASD の自分語りにおいて、self-event relation (自己と出来事に関連付け) が低く、自己存在感の低さが示唆されることが分かった (Kamide et al., 2015)。

ASD の感覚統合

ラバーハンド錯視を用いて視触覚統合の強さと自閉傾向の強さが相関した (Ide & Wada, 2017)。また、触覚誘導性視覚マスキング課題 (視覚の傾き認知が同時に提示される触覚刺激に干渉される) の個人差が、V1 と S1 の機能的結合強度の個人差を反映することが明らかになった (Ide et al., 2016)。自閉傾向の高い参加者では、触覚刺激がむしろ視覚判断の精度を高めていた。

ASD では、遅延フィードバック (DAF) における言いよどみ反応が大きい

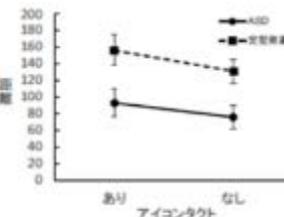
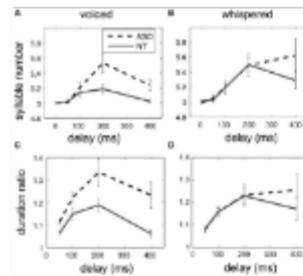


図1: 実験者が接近する場合の距離の平均値(cm)と標準偏差

ASD では、騒音下で無意識に声が大きく長くなるロンパール効果が起きにくい

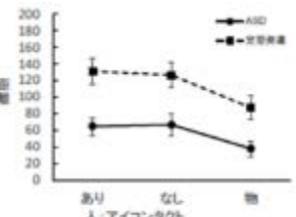
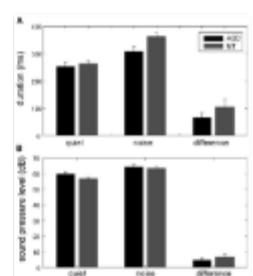


図2: 参加者が接近する場合の距離の平均値(cm)と標準偏差

6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5ページ以内）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果の公表の状況（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。記述に当たっては、本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

- 論文の場合、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に*印を付してください。
- 別添の「(2) 発表論文」の融合研究論文として整理した論文については、冒頭に◎を付してください。
- 補助条件に定められたとおり、本研究課題に係り交付を受けて行った研究の成果であることを表示したものの（論文等の場合は謝辞に課題番号を含め記載したもの）について記載したものについては、冒頭に▲を付してください（前項と重複する場合は、「◎▲・・・」と記載してください。）。
- 一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。

【主な論文】

[A01 計画研究]（論文約 55 件より抜粋）

- ◎▲ Ichinose, A., Sano, Y., Osumi, M., Sumitani, M., Kumagaya, S., Kuniyoshi, Y. (2017) Somatosensory Feedback to the Cheek during Virtual Visual Feedback Therapy Enhances Pain Alleviation for Phantom Arms. *Neurorehab and Neur Repair*. (Accepted)
- ▲*Oohashi, H., Watanabe, H., & Taga, G. (2017) Acquisition of vowel articulation in childhood investigated by acoustic-to-articulatory inversion. *Infant Behavior and Development*, 46:178-193, Feb.
- ◎▲*Yamada, Y., Kanazawa, H., Iwasaki, S., Tsukahara, Y., Iwata, O., Yamada, S., *Kuniyoshi, Y. (2016) An embodied brain model of the human foetus. *Sci Rep*, 6 (27893), DOI 10.1038/srep27893, Jun.
- ▲*Ohmura, Y., Gima, H., Watanabe, H., Taga, G., Kuniyoshi, Y. (2016) Developmental change in intralimb coordination during spontaneous movements of human infants from 2 to 3 months of age. *Exp Brain Res*, 234(8), 2179-2188, Mar.
- ◎▲ Sano, Y., Wake, N., Ichinose, A., Osumi, M., Oya, R., Sumitani, M., Kumagaya, S., *Kuniyoshi, Y. (2016) Tactile feedback for relief of deafferentation pain using virtual reality system: a pilot study. *J Neuroeng and Rehab*, 13(1):61, doi:10.1186/s12984-016-0161-6, Jun.
- ▲ Kobayashi, Y., Watanabe, H., *Taga, G. (2016) Movement patterns of limb coordination in infant rolling. *Exp Brain Res*, 234(12):3433-3445, Dec.
- ◎▲ Kanemaru, N., Watanabe, H., Kihara, H., Nakano, H., *Taga, G., Konishi, Y., et al. (2014) Jerky spontaneous movements at term age in preterm infants who later developed cerebral palsy. *Early Hum Dev*, 90, 387-392, Jun.
- ▲ Kato, M., Hirashima, M., Oohashi, H., Watanabe, H., *Taga, G. (2014) Decomposition of spontaneous movements of infants as combinations of limb synergies. *Exp Brain Res*, 232(9):2919-2930, Sep.
- ▲*Fujii, S., Watanabe, H., Oohashi, H., Hirashima, M., Nozaki, D., & Taga, G. (2014) Precursors of dancing and singing to music in three- to four-months-old infants. *PLoS ONE*, 9(5): e97680. doi:10.1371/journal.pone.0097680, May.
- ▲*Oohashi, H., Watanabe, H., & Taga, G. (2013) Development of a serial order in speech constrained by articulatory coordination. *PLoS ONE*, 8(11), e78600, doi:10.1371/journal.pone.0078600, Nov.
- ◎▲ Kanemaru, N., Watanabe, H., Kihara, H., Nakano, H., Nakamura, T., Nakano, J., *Taga, G., Konishi, Y. (2013) Specific characteristics of spontaneous movements in preterm infants at term age are associated with developmental delays at age 3 years. *Dev Med Child Neurol*, 55, 713-721, Apr.

[A01 公募研究]（論文約 20 件より抜粋）

- ▲*Kubo, K., *Nakajima, K. et al., (2017) Association of impaired neuronal migration with cognitive deficits in extremely preterm infants. *JCI Insight*, doi:10.1172/jci.insight.88609, May.
- ▲* Oishi, K., Nakagawa, N., Tachikawa, K., Sasaki, S., Aramaki, M., Hirano, S., Yamamoto, N., Yoshimura, Y., *Nakajima, K. (2016) Identity of neocortical layer 4 neurons is specified through correct positioning into the cortex. *eLife*, 5(e10907), Feb.
- ▲ Koshiba, M., Kakei, H., Honda, M., Karino, G., Niitsu, M., Miyaji, T., Kishino, H., *Nakamura, S., Kunikata, T., Yamanouchi, H. (2015) Early-infant diagnostic predictors of the neuro-behavioural development after neonatal care. *Behav Brain Res*, 276:143-50, Jan.
- ▲*Sasaoka, T., Mizuhara, H., and Inui, T. (2014) Dynamic parieto-premotor network for mental image transformation revealed by simultaneous EEG and fMRI measurement, *J Cogn Neurosci*, 26232-246, Feb.

[A02 計画研究]（論文約 43 件より抜粋）

- ◎ Ichikawa, Y., Ayaya, S., Kumagaya, S., Tanaka, F. (2017) Investigating Self-disclosure and the Amount of Speaking in an Online Meeting Under the Rule of Casual Talking and Casual Listening. *the Tenth Intl. Conf. on Advances in Computer-Human Interactions*, Nice, France, Mar.
- ▲*Takahashi, K., Kim, K., Ogata, T., Sugano, S., (2017) Tool-body Assimilation Model Considering Grasping Motion through Deep Learning. *Robotics and Autonomous Systems*, 91115-127, May.
- ▲ Baraglia, J., Cakmak, M., Nagai, Y., Rao, R., Aşada, M., (2017) Efficient human-robot collaboration: when should a robot take initiative?. *The International Journal of Robotics Research*, Feb.
- ▲ Park, J., Kim, D., Nagai, Y., (2017) "Learning for Goal-directed Actions using RNNPB: Developmental Change of "What to Imitate"", *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, Mar.

- ▲*Horie, T., *Nagai, Y., *Asada, M., (2016) Imitation of human expressions based on emotion estimation by mental simulation. Paladyn, *Journal of Behavioral Robotics*, 7(1), 40-54, Dec.
- ▲*Sasaki, K., Noda, K., Ogata, T., (2016) Visual Motor Integration of Robot's Drawing Behavior using Recurrent Neural Network. *Robotics and Autonomous Systems*, 86184-195, Dec.
- ▲Yamada, T., Murata, S., Arie, H., *Ogata, T., (2016) Dynamical Integration of Language and Behavior in a Recurrent Neural Network for Human-Robot Interaction. *Frontiers in Neurobotics*, DOI: 10.3389/fnbot.2016.00005, Jul.
[A02 公募研究] (論文約 9 件より抜粋)
- ▲Kumazaki, H., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Miyao, M., Ishiguro, H., Muramatsu, T., Mimura, M. (2015) An Intervention for Children with Social Anxiety and Autism Spectrum Disorders Using an Android Robot. *Lecture Notes in Computer Science*. 470-477, DOI: 10.1007/978-3-319-50953-2_34, Apr.
- 寺田和憲 (2013) ソーシャルマインドとメカニカルマインド, 日本ロボット学会誌, 31(9), 18-21, Nov.
[B01 計画研究] (論文約 139 件より抜粋)
- ◎▲Okawa, H., *Morokuma, S., Maehara, K., Arata, A., Ohmura, Y., Horinouchi, T., Konishi, Y., Kato, K. (2017) Eye Movement Activity in Normal Human Fetuses Between 24 and 39 Weeks of Gestation. *PLoS ONE* (Accepted)
- 小西行郎 (2017) : 協調モデルに基づく発達科学の新たな展開, 実験医学, 1 月
- ▲Iwata, S., Fujita, F., Kinoshita, M., Unno, M., Horinouchi, T., Morokuma, S., *Iwata, O. (2017) Dependence of nighttime sleep duration in one-month-old infants on alterations in natural and artificial photoperiod. *Sci Rep*. 17(7):44749. doi: 10.1038/srep44749. Mar.
- Hnanaoka, U., *Hata, T., Kanenishi, K., AboEllail, MAM., Uematsu, R., Konishi, Y., Kusaka, T., Noguchi, J., Marumo, G., Vasilj, O., Kurjak, A. (2016) Does ethnicity have an effect on fetal behavior? A comparison of Asian and Caucasian populations. *J Perinat Med* 44(2):217-221. Mar.
- ▲Tanaka, M., Tajima, S., Mizuno, K., Ishii, A., Konishi, Y., Miike, T., *Watanabe, Y. (2015) Frontier studies on fatigue, autonomic nerve dysfunction, and sleep-rhythm disorder. *J Physiol Sci*. 65:483-98. Nov.
- Matsuo, M., Nagamitsu, S., Iwasaki, M., Iemura, A., Yamashita, Y., Maeda, M., Kitani, S., Kakuma, T., Uchimura, N., *Matsuishi, T. (2014) High incidence of sleep problems in children with developmental disorders: Results of a questionnaire survey in a Japanese elementary school. *Brain Dev* 36: 35-44, Jan.
- ▲Otera, Y., *Morokuma, S., Fukushima, K., Wake, N., Kato, K. (2013) Correlation between regular mouthing movements and heart rate patterns during non-rapid eye movement periods in normal human fetuses between 32 to 40 weeks of gestation. *Early Hum Dev*, 89(6):381-6, Jun.
[B01 公募研究] (論文約 8 件より抜粋)
- Shimomura, H., Ito, M., Nishiyama, A., Tanizawa, T., Takeshima, Y., Nishimaru, H., *Arata, A. (2015) Glycine plays a crucial role as a co-agonist of NMDA receptors in the neuronal circuit generating body movements in rat fetuses. *Neurosci Res*. 97:13-9, Aug.
- ▲*Iwata, O., Okamura, N., Saitsu, H., Saikusa, M., Kanda, H., Iwata, S., Eshima, N., Maeno, Y., Matsuishi, T. (2013) Diurnal cortisol changes in newborn infants suggesting entrainment of peripheral circadian clock in utero and at birth. *J.Clin Endocrinol Metab* Jan 98(1): E25-32
[B02 計画研究] (論文約 65 件より抜粋)
- ▲*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. doi:10.1038/s41562-016-0037, Jan.
- ▲Shinya, Y., Kawai, M., Niwa, F., *Myowa-Yamakoshi, M. (2016) Associations between respiratory arrhythmia and fundamental frequency of spontaneous crying in preterm and term infants at term-equivalent age, *Developmental Psychobiology*, 58 (6), 724-733. doi:10.1002/dev.21412, Mar.
- ▲Imafuku, M., Kawai, M., Niwa, F., Shinya, Y., Inagawa, M., *Myowa-Yamakoshi, M. (2016) Preference for dynamic human images and gaze-following abilities in preterm infants at 6 and 12 Months: an eye-tracking study, *Infancy*, doi:10.1111/infa.12144, Mar.
- ▲*Myowa-Yamakoshi, M., Yoshida, C., Hirata, S. (2015) Humans but not chimpanzees vary face-scanning patterns depending on contexts during action observation, *PLoS ONE*, 10(11): e0139989. doi:10.1371/journal.pone.0139989, Nov.
- ◎▲Fukuyama, H., Qin, S., Kanakogi, Y., Nagai, Y., Asada, M., & *Myowa-Yamakoshi, M. (2015) Infant's action skill dynamically modulates parental action demonstration in the dyadic interaction, *Dev Sci*, 8(6), 1006-1013. doi:10.1111/desc.12270, Nov.
[B02 公募研究] (論文約 6 件より抜粋)
- ▲*Nakano, T., Nakatani, K. (2014) Cortical networks for face perception in two-month-old infants, *Proc Biol Sci*, 281(1793):20141468, Oct.
- ▲Miyazaki, M., *Takahashi, H., Rolf, M., Okada, H., & Omori, T. (2014) The image-scratch paradigm: a new paradigm for evaluating infants' motivated gaze control. *Sci Rep*, 4:5498, DOI: 10.1038/srep05498, Jun.
[C01 計画研究] (論文約 109 件より抜粋)
- ◎*Aramaki, E., Shikata, S., Ayaya, S., Kumagaya, S. (2017) Crowdsourced identification of possible allergy associated factors: automated hypothesis generation and validation using a crowdsourcing services, *JMIR Res Protocols* (in press).
- ◎▲*Osumi, M., Ichinose, A., Sumitani, M., Wake, N., Sano, Y., Yozu, A., Kumagaya, S., Kuniyoshi, Y., Morioka, S. (2017) Restoring movement representation and alleviating phantom limb pain through neurorehabilitation with a virtual reality system, *European Journal of Pain*, 21(1):140-147, doi: 10.1002/ejp.910, Jan.

- ◎▲*浦野茂 (2016) 当事者研究の社会的秩序について, *保健医療社会学論集*, 27(1):18-27, Jul.
- ▲*Asada, K., Tojo, Y., Osanai, H., Saito, A., Hasegawa, T., & Kumagaya, S. (2016) Reduced personal space in individuals with autism spectrum disorder. *PLoS ONE*, 11(1):e0146306. doi:10.1371/journal.pone.0146306, Jan.
- ▲*Lin, I-F, Mochida, T, Asada, K., Ayaya, S., Kumagaya, S., & Kato, M. (2015) Atypical delayed auditory feedback effect and Lombard effect on speech production in high-functioning adults with autism spectrum disorder, *Frontiers in Human Neuroscience*, 9:510. doi: 10.3389/fnhum.2015.00510, Sep.
- ◎*Aramaki, E., Shikata, S., Miyabe, M., Usuda, Y., Asada, K., Ayaya, S., & Kumagaya, S. (2015) Understanding the relationship between social cognition and word difficulty. A language based analysis of individuals with autism spectrum disorder, *Methods of information in medicine*, 54(6):522-529, doi:10.3414/ME15-01-0038, Sep.
- ◎▲*Osumi, M., Sumitani, M., Wake, N., Sano, Y., Ichinose, A., Kumagaya, S., Kuniyoshi, Y., Morioka, S. (2015) Structured movement representations of a phantom limb associated with phantom limb pain, *Neuroscience Letters*, 605:7-11, doi:10.1016/j.neulet.2015.08.009, Aug.
- ▲*熊谷晋一郎, 綾屋紗月, 武長龍樹, 大沼直紀, 中邑賢龍 (2013) 一般大学生における聴覚過敏の実態とリスク要因, *Audiology Japan*, 56(3):234-242. doi:10.4295/audiology.56.234, Jun.

[C01 公募研究]

- ▲Ide, M., *Wada, M. (2017) Salivary oxytocin concentration associates with the subjective feeling of body ownership during the rubber hand illusion. *Front. Hum. Neurosci.* 11:166, doi: 10.3389/fnhum.2017.00166, Mar.
- ▲*Ide, M., *Hidaka, S., Ikeda, H., Wada, M. (2016) Neural mechanisms underlying touch-induced visual perceptual suppression: An fMRI study. *Sci Rep*, 6, 37301, doi: 10.1038/srep37301, Nov.
- ▲*Wada, M., Ide, M. (2016) Rubber hand presentation modulates visuotactile interference effect, especially in persons with high autistic traits. *Exp Brain Res*, 234(1):51-65, doi: 10.1007/s00221-015-4429-z, Sep.

[X00 計画研究 (総括班)]

- ▲Kumagaya, S. (2014) Tojisha-Kenkyu of Autism Spectrum Disorders, *Advanced Robotics*, 29(1), Jul.
- 明和政子 (2014) 発達とミラーニューロン, *BRAIN and NERVE*, 医学書院, 6月.
- 明和政子 (2014) 模倣を超えて—ヒトの社会性認知の発達基盤, システム制御情報学会論文誌.
- 國吉康夫 (2014) 構成論的発達科学—胎児からの発達原理の解明に基づく発達障害のシステムの理解—, *The Neuroscience News*, 2014-2, no.198, pp.18-19, 日本神経科学学会.
- 乾 敏郎 (2013) 身体化による認知と自閉症スペクトラム, *作業療法ジャーナル*, 47(9), 984-987, Aug.
- 熊谷晋一郎 (2013) 当事者研究について, *現代思想*, 41, 212-215, Jan.

【主な書籍】

- 乾敏郎 (2016) 円滑なコミュニケーションを支える3つの機構と自閉症発症機構, LD研究, 25(1), 29-31, Feb.
- 河井昌彦 (2016) *NICU ベッドサイドの診断と治療 (改訂4版)*, 309頁, 金芳堂, Nov.
- 中野珠実・北澤 茂 (2015) 自閉症スペクトラム障害の注視行動パターン, *Clin Neurosci*, 33(2), 中外医学社, Feb.
- Nagai, Y. (in press) Mechanism for Cognitive Development, *In Cognitive Neuroscience Robotics - A: Synthetic Approaches to Human Understanding*, H. Ishiguro, M. Osaka, T. Fujikado, and M. Asada (eds.), Springer.
- Myowa-Yamakoshi, M. (2014) The Origins of Understanding Self and Other. R., Matsumoto, K. *The Neurobiology of Primate Social Cognition: Comparative, biological, and translational perspectives*. Springer-Verlag Tokyo.
- 熊谷晋一郎, 他 (2013) ひとりで苦しまないための「痛みの哲学」, 197, 青土社, Dec.
- 乾 敏郎 (2013) 脳科学からみる子どもの心の育ち—認知発達のルーツをさぐる, ミネルヴァ書房, Oct.
- 小西行郎 (2013) はじまりは赤ちゃんから, 赤ちゃん和妈妈社, Jul.
- 小西行郎 (2013) 今なぜ発達行動学なのか, 診断と治療社, Jul.
- 明和政子 (2012) *岩波ジュニア新書 まねが育むヒトの心*, 241頁, 岩波書店, Nov.
- 熊谷晋一郎 (2012) 発達障害者の当事者研究, *発達障害白書 (2013年版)*, 40-41, 明石書店, September.
- 小西行郎, 遠藤利彦 (編・著) (2012) *赤ちゃん学を学ぶ人のために*, 世界思想社

【受賞】(国際・国内受賞約37件より抜粋)

- 荒田晶子 (2016) 成茂神経科学助成 受賞 (研究会・講演会助成) 助成対象シンポジウム, 7月.
- Ogata, T. (2016) Best Paper Award, 25th International Conference on Artificial Neural Networks, Sep.
- Copete, J., Nagai, Y., Asada, M. (2016) 全国大会優秀賞, 第30回人工知能学会全国大会, 6月.
- 大住倫弘, 住谷昌彦, 大竹裕子, 熊谷晋一郎, 森岡周 (2016) 学術集会長賞, 日本運動器理学療法学会学術集会, 5月
- Baraglia, J., Copete, J., Nagai, Y., Asada, M. (2015) Babybot Challenge 1st Place Award, The 5th ICDL EpiRob, Aug.
- 西尾直也, 朝倉暢彦, 乾 敏郎, (2015) 日本神経回路学会最優秀研究賞, 日本神経回路学会, Sep.
- 長井 志江 (2013, 2015) 大阪大学総長顕彰受賞, 11月&4月.
- 乾 敏郎 (2014) 優秀発表賞, 日本認知心理学会, 6月.
- 大沼直紀 (2013) 文部科学大臣表彰 (特別支援教育功労者), 文部科学省, 12月.
- 乾 敏郎 (2013) Beaking journal article(psychology field). "Toward a unified framework for understanding the various symptoms and etiology of autism and Williams syndrome", Sep.
- 川崎真弘 (2013) 日本認知科学学会 大会プログラム委員会賞.
- 明和政子 (2013) NPO法人ニューロクリアティブ研究会, 創造性研究奨励賞.
- 乾 敏郎 (2013) 優秀研究賞, 日本神経回路学会, 6月.
- 原田達也 (2012) 1st&2nd places, Large Scale Recognition Challenge 2012, Oct.
- 明和政子 (2012) 国際賞奨励賞, 日本心理学会, 9月.
- 國吉康夫 (2012) 日本ロボット学会フェロー, 9月.

【招待講演】(招待講演・基調講演約 71 件より抜粋)

- Tanaka, F. (2017) Keynote: HRI and Me, *The 12th Annual Human-Robot Interaction Pioneers Workshop in Conjunction with ACM/IEEE HRI 2017*, Vienna, Austria, Mar.
- Nagai, Y., (2017) Invited: Cognitive Mirroring: Computational Approach to Understanding and Assisting Autism Spectrum Disorder. *Int Symp on Constructive App to Cogn Dev and Disorders*, Bielefeld, Germany, Mar.
- Ogata, T., (2017) Deep Neural Models for Object Manipulation and Communication of Robots. International Symposium on Cognitive Neuroscience Robotics ~Featuring Rolf Pfeifer's Farewell Lecture~, Osaka, Japan, Mar.
- Nagai, Y., (2016) Predictive Learning: A Computational Theory for Cognitive Development. Lecture at Radboud University, Nijmegen, Netherland, Nov.
- Tanaka, F. (2016) Keynote: Care-Receiving Robot for Child Education, Second International Conference on Social Robots in Therapy and Education (New Friends 2016), Barcelona, Spain, Nov.
- 乾敏郎 (2016) 招待講演: 言語・非言語コミュニケーションの基盤機構と発達原理, 日本認知科学会第 33 回大会, 北海道, 北海道大学, 9 月
- 國吉康夫(2016) 特別講演(招待): ヒト胎児シミュレーションモデルによる構成論的発達科学, 第 141 回東北連合産科婦人科学会総会・学術講演会, Jun. 18
- Miike, T.,...Tajima, S.(2016) Invited Talk: Eight Years Sleep Education During Elementary School Prevents School Non-Attendance In Junior High School Years. *Int pediatric sleep assoc cong*, IPSA, Taipei,Taiwan, Mar.
- Miike, T., Maeda, T., Tajima, S. (2016) Invited talk: Eight Years Sleep Education During Elementary School Prevents School Non-Attendance In Junior High School Years. *International Pediatric Sleep Association Congress (symposium)*, Taipei, Mar.
- Nakajima, K. (2015) Invited talk: Cell migration in the developing cerebral cortex. EMBO Workshop: "Cortical development in health and disease", *Weizmann Institute of Science*, Rehovot, Israel, Apr.
- 明和政子 (2014) 招待講演: 模倣を超えて—ヒトの社会性認知の発達基盤. 日本人間行動進化学会第 7 回大会, 兵庫県神戸市, 神戸大学国際文化学部, 11 月.
- Fujii, S., Taga, G. (2014) Invited: Developmental origin of auditory-motor synchronization: Precursors of dancing and singing to music in human infants, *Int Cong on Complex Syst in Sports and Healthy Ageing*, Groningen, Netherlands, Oct.
- Hata, T. (2014) Plenary Lecture: HDlive and 4D ultrasound in the assessment of fetal facial expressions. *The 4th International Fetal Neurology Conference*, Bucharest, Romania, Mar 25-27.
- Kuniyoshi, Y. (2013) Invited Keynote Lecture: Simulating Human Fetal Development, The Third Joint IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics (ICDL-EPIROB2013), August 20.
- 小西行郎 (2013) 「ヒトのはじまりとしての胎児を考える」*京都母性衛生学会*, 京都府立医科大学, 7 月.
- Kuniyoshi, Y. (2013) Invited Plenary Lecture: From Embodied Intelligence To Fetal Development A Quest for The Fundamentals of Human-oid Intelligence, *ICRA*, Karlsruhe, Germany, May 8.
- Myowa-Yamakoshi, M. (2012) Plenary Lecture: Emerging self-Evolutionary foundation and development of self-awareness and the mirror system. *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, Osaka, Japan, Nov 29-Dec 1.

【Web ページ】

- 領域公式 Web ページ <http://devsci.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/>
- 当事者研究ネットワーク <http://toukennet.jp/>

【主催シンポジウムなど】(抜粋)

- 2017/03/13 共催: Int Symp on Constructive Approach to Cognitive Development and Disorders, Bielefeld University.
- 2017/03/10 共催: 2017 Int symp on Cogn Neurosci Robotics – Featuring Rolf Pfeifer's Farewell Lectures -, 大阪大学.
- 2017/02/28 主催: Int symp on robotic and human cognition and brain development, 東京大学.
- 2016/12/04: 主催: 医療観察病棟における当事者研究活用の臨床報告会, 東京都文京区.
- 2012-2016: 共催: **第 1-5 回**発達神経科学学会 (計 5 回).
- 2016/06/03: 主催: 当事者研究と聴覚生理学から迫る<気づきにくい聞こえの問題>, 東京大学先端研.
- 2015/06/05: 主催: 当事者研究の最前線: ことばと知識のバリアフリー, 東京大学先端研.
- 2014/11/15: 主催: 第 11 回全国当事者研究交流集会, 帝京平成大学池袋キャンパス沖永ホール.
- 2014/06/22: 新学術領域研究「構成論的発達科学」, ラウンドテーブル「胎児期からの発達とその障害: 振る舞いから探る初期脳発達」, 日本赤ちゃん学会第 14 回学術集会, 日本女子大学.
- 2014/03/22: シンポジウム「乳児における感覚情報の知覚と統合の発達」, 日本発達心理学会大会, 京都大学.
- 2014/03/21: シンポジウム「新たな「発達の学」を目指して」, 日本発達心理学会第 25 回大会, 京都大学.
- 2014/03/15: 主催: 一般公開シンポジウム「構成論的発達科学: 発達の原理と障害の理解に向けて」, 東京大学.
- 2013/09/22: 主催: シンポジウム「構成論的発達科学による胎児期からの発達原理と発達障害の理解」, 第 2 回日本発達神経科学学会, 品川区立総合区民会館.
- 2013/09/04: 展開セッション「構成論的発達科学 -胎児からの発達原理の解明に基づく発達障害のシステムの理解-」, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 首都大学東京.
- 2013/08/18: Special Session "Constructive Developmental Science: Two Endeavors toward Understanding Human Development", ICDL EpiRob, Osaka Japan.
- 2013/05/26: シンポジウム「構成(論)的発達科学の新展開」, 日本赤ちゃん学会第 13 回学術集会, アクロス福岡.
- 2013/03/30-31: 第 1 回「障害の哲学」国際会議: 障害学と当事者研究—当事者研究の国際化に向けて, 東京大学.
- 2012/10/19: 第 9 回当事者研究全国交流集会 in ふくしま, ホテル華の湯.

【一般向けアウトリーチ】(抜粋)

- 2017/02/25: 綾屋紗月, 熊谷晋一郎, 社会モデルを否定する自閉スペクトラム症概念の問題点, DPI 日本会議常任委員会学習会, 神保町区民館洋室 AB, 東京都千代田区.
- 2017/02/15: 熊谷晋一郎, 国民生活・経済に関する調査会「当事者研究から見えてくる障害者施策の課題」, 参議院
- 2016/12/02: 熊谷晋一郎, 内閣府・障害者フォーラム: 障害者週間記念シンポジウム「当事者研究の立場から」
- 2016/11/23: 熊谷晋一郎, 大学における「心のバリアフリー」『大学 meets 当事者研究』, 東京大学
- 2016/10/22: 乾 敏郎, 「言語・非言語コミュニケーションの神経機構」, 支える人の学びの場 医療および教育専門職のためのこころ塾 2016, 京都大学稲盛財団記念館 3 階大会議室.
- 2016/07/31: 熊谷晋一郎, 当事者の視点を支援・研究に生かす: 当事者研究の試み, 第 5 回日本小児診療多職種研究会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市.
- 2016/02/23: 熊谷晋一郎, 当事者研究が切り開く, 知識と技術のバリアフリー, アクセシブルデザインシンポジウム 2016, YMCA アジア青少年センタースペース Y 文化センター(ホール), 東京都千代田区.
- 2012/6~2016/12: 綾屋紗月, 当事者研究会 (全 106 回)
- 2015/11/13: 綾屋紗月, 当事者研究の立場から考える自閉症, 第 29 回全国自閉症者施設協議会神奈川大会, 横浜市.
- 2015/10/07: 熊谷晋一郎, 尾形哲也, 当事者研究×認知ロボティクスイベント「知能ロボットを用いたコミュニケーション研究について考える」, 東京大学先端科学技術研究センター 3 号館中 2 階セミナー室, 東京都目黒区.
- 2015/05/26: 綾屋紗月, 発達障害者への負のまなざし, 当事者から問い直す, 神奈川県立学校教育相談コーディネーター会議, 神奈川県立総合教育センター善行庁舎大講堂, 神奈川県藤沢市.
- 2015/04/25: 綾屋紗月, 私が「私」と出会うまで, NHK ハートフォーラム当事者が語る大人の発達障害: 自閉症スペクトラムを中心に, 明治安田生命ホール, 東京都新宿区.
- 2014/05/08: 綾屋紗月, 当事者研究から見えてきたこと, NHK 厚生文化事業団ハートカフェ当事者が語る! 発達障害ってどういうこと?, 渋谷区勤労福祉会館, 東京都渋谷区.
- 2014/04/26, 5/24: 企画: 綾屋紗月, ソーシャル・マジョリティ研究会セミナー「社会的多数派の会話・コミュニケーションのしくみ」, 第 1, 2 回, 東大先端研 3 号館南棟 1 階 ENEOS ホール.
- 2014/03/23: 企画: 明和政子, 一般公開シンポジウム「発達心理学の未来—次世代との対話」, 日本発達心理学会第 25 回大会, 京都大学百周年記念館大ホール.
- 2014/03/15: 主催・企画: 新学術領域研究「構成論的発達科学」, 一般公開シンポジウム「発達の原理と障害の理解に向けて」, 東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟大講義室 (再掲).
- 2013/12/21: 京都大学明和研究室, 出展「ヒトの心のはたらきの発達」, 京都大学アカデミックディ 2013.
- 2013/11/08: 京都大学明和研究室, 文部科学省スーパーサイエンスハイスクール (SSH) 事業への協力.
- 2013/11/03: 綾屋紗月, 発達障害当事者研究, TEDxKids@Chiyoda 2013.
- 2013/08/01: 國吉康夫, ロボティクスによる人間知能の発生原理解明, 日本学術会議市民公開講演「科学・技術と現代社会」, 名古屋 (招待講演).
- 2013/07/10: 熊谷晋一郎, 第 1 回聴覚過敏など聞こえに関わる困りごとについて考える会, 東大先端研.
- 2013/06/15, 26: 熊谷晋一郎, 第 1, 2 回発達障害者にとっての便利な道具とその使い方について考える会, 東京大.
- 【媒体掲載】
- 2017/05/21: 長井志江, NHK 「NHK スペシャル: 発達障害～解明される未知の世界～」
- 2017/05/20: 長井志江, NHK 「おはよう日本」
- 2017/04/14: 長井志江, 読売新聞 「サイエンス BOX 「自閉スペクトラム症 (ASD) / 特異な見え方疑似体験」
- 2017/04/13: 長井志江, 信濃毎日新聞 「自閉症者 見える世界は 諏訪 23 日に体験会」
- 2017/02/01: 住谷昌彦, 読売新聞 「幻肢痛-手足動かす想像で緩和」
- 2017/01/31: 鹿子木康弘・明和政子, 朝日, 京都, 読売, 産経, 毎日各紙 「正義を愛する心 赤ちゃんにも」
- 2016/08/23: 長井志江, 尾形, 浅田, NHK 「SF リアル 『#2 アトムと暮らす日』」
- 2016/04/06: 明和政子・今福理博・新屋裕太, 京都新聞 「人に関心, 早産児低い傾向」
- 2015/09/12: 長井志江, 毎日新聞, 「阪大ロボット学 / 2 知覚体験し障害を理解」
- 2015/04/15: 長井志江, 読売テレビ 「かんさい情報ネット ten. 【Go!Go!若一調査隊】 阪大が開発! 自閉症の理解に効果が期待! ? 世界初の装置とは」
- 2015/03/30: 長井志江, 熊谷, 読売新聞 「自閉スペクトラム症 視覚体験装置を開発」
- 2015/03/19: 長井志江, 熊谷, 朝日新聞 「自閉症の人の目線, 感じて知って仮想体験機器」
- 2015/03/17: 長井志江, NHK 関西 「自閉症特有の見え方疑似体験」
- 2014/04/14-18: 明和政子, ラジオ NIKKEI 「心の誕生と進化」 (5 回連続放送)
- 2014/01/24: 熊谷晋一郎, 國吉康夫, 毎日新聞 「記者の目「当事者研究」の可能性」
- 2013/12/18: 明和政子, 朝日新聞 「ヒトの共感力 子育てにも重要」
- 2013/10/21: 綾屋紗月, 熊谷晋一郎, 日本テレビ 「見える障害のあなた 見えない障害の私」
- 2013/10: 熊谷晋一郎, 綾屋紗月, 田中文英毎日新聞 「生きる物語: 『弱さ』の向こう側」
- 2013/08/03: 明和政子, ヒトらしい共感力を育む, NHK 関西発ラジオ深夜便 「明日へのことば」.
- 2012/12/15: 國吉康夫, ロボットと意識, Newton 別冊 「知能と心の科学」, pp.62-63.

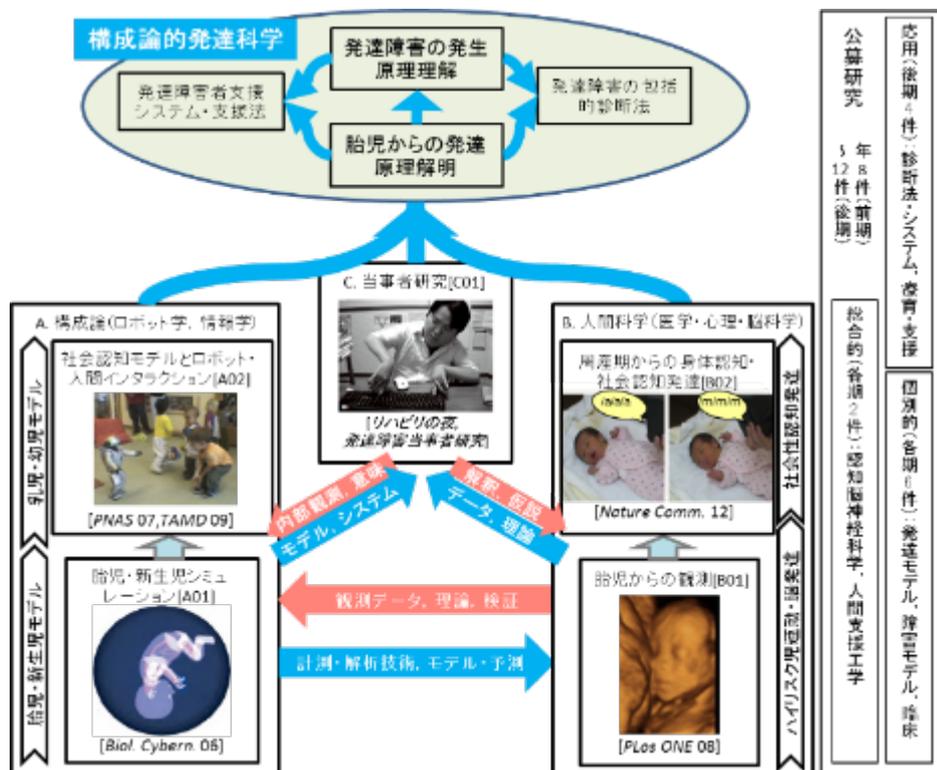
7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況（2ページ以内）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、総括班研究課題の活動状況も含め、どのように研究組織間の連携や計画研究と公募研究の調和を図ってきたか、組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

【研究組織の構成と研究項目の関係】

前述の目的を達成するには、人間に関する科学的データに基づき、実際に動作するモデルやシステムを構築し、動かしてみた結果を検証・評価してモデルやシステムを修正する、いわば還元論（分析的科学）と構成論とのループが不可欠である。また、構築したモデルやシステム、支援法等が障害者にとって重要な意味を持ち、適切であることを保証するため、障害当事者による内部観測を体系的に記述し、構成論や還元論に仮説を提供するとともに、意味付けや評価を行うことも不可欠である。

従って、これらを統合した新たな学問的枠組みである「構成論的発達科学」は、**A. 構成論**、**B: 人間科学**、**C: 当事者研究**、の3つの研究項目からなり、これらが密接に相互作用しつつ研究展開した（図1）。**A. 構成論**は、**B. 人間科学**に計測・解析・実験技術を提供する一方、**B. 人間科学**が提供する観測データや理論に基づきモデルやシステムを構築し、その振舞いや予測、効果を**B. 人間科学**が評価・検証する。これに基づき**B. 人間科学**が主導する包括的診断法の構築に、**A. 構成論**と**C. 当事者研究**が協力する。**C. 当事者研究**は、内部観測に基づく課題や理論的仮説を**A. 構成論**と**B. 人間科学**に提供すると共に、それぞれの結果（モデル、システム、データ、理論）を解釈し当事者視点で意味づけ、さらに当事者の観点から支援法、支援技術の構築を先導し、これに**A. 構成論**と**B. 人間科学**が協力する。



A. 構成論は、発達モデル構築と条件変動実験、計測・解析技術や支援技術、対人相互作用ロボット等の構築を担当した。対象発達時期・様相を2計画班で分担し、両者を連続的に接続する。

B. 人間科学は、胎児期から、発達障害診断が可能となる幼児期までを対象とし、系統的な観測データを取得し、体系的理解を構築した。観点と目的が相補的な2計画班からなる。

C. 当事者研究は、発達障害者が自らの感覚や経験を観測し体系的に記述することで内部観測理論を構築し、その実験心理学的検証、理論を踏まえた支援法・支援技術の構築にも取り組んだ。社会性以前の身体感覚や視聴覚等の情報統合に困難があるとの仮説を軸に研究を展開した。

公募研究は、計画研究の補強と領域の広がり確立、および若手研究者の育成と新しい発想による領域活性化を目的とする。認知脳神経科学と人間支援工学分野で計画研究を補強する強力な研究を2件、認知発達モデル、発達障害モデル、発達障害臨床研究の分野の個別研究を8件実施した。研究期間後半にはこれに追加して、発達障害者の診断法・システム、療育・支援法、支援システムの分野から計6件を実施した。

【領域内の連携状況】

To From	A01	A02	B01	B02	C01
A01⇒		発達脳モデル 学生研究交流	計測・解析技術 臨床実験参加(学生含) 合同研究会(学生含)	初期脳モデル 社会的認知モデル 学生研究交流	初期脳モデル 社会的認知モデル 学生研究参加
A02⇒	認知学習手法		知覚発達モデル	計測・解析技術 認知発達モデル 合同研究会	支援技術 数値モデル
B01⇒	胎児超音波計測 新生児運動指標・脳MRI 合同研究会	知覚発達データ 発達診断法		発達障害診断研修 発達障害者データ提供	発達障害診断研修 合同研究会 fMRI計測
B02⇒	行為認知モデル 社会的認知発達モデル 学生指導協力	社会性発達データ 乳幼児期データ提供 合同研究会	社会的認知発達・障害モデル		計測・解析技術提供 社会的認知発達モデル
C01⇒	社会的認知障害モデル 学生指導協力	予測学習理論 支援技術のアイデア 支援技術評価	当事者データ 当事者研究手法研修 合同研究会	社会的認知障害モデル 当事者研究手法研修	

図 2. 領域内各班相互の寄与内容

本領域はロボティクス，医学，心理学，脳神経科学，当事者研究が密に協働して初めて成立する。このため，領域代表と総括班は，これら異分野の研究者からなる本領域内の連携，融合に特に力を入れ，下記のような極めて活発な取り組みを行ってきた。その結果，むしろ予想以上に異分野融合が進展し，自発的な連携，協働が力強く進んだ。研究班間の主な相互寄与を図 2 に示したが，研究成果の共有や班間共同研究はもちろん，研修の提供や合同研究会，共同学生指導など，**全ての班間での多面的かつ効果的な連携が多数行われた**。特筆すべきは，特に**若手研究者が率先して**，二つ以上の班にまたがった合同研究会や互いの研究施設を訪問しての共同実験の定期的実施などを活発に進めたことである。

総括班会議：領域の研究成果の集約と吟味，進捗状況確認，研究戦略策定，班間協力，全体運営等に関する徹底した議論と評価・改善を行ってきた。外部評価助言委員と学術調査官にも毎回案内し，可能な限りご出席頂き，評価や助言を頂き，改善に役立てた。この過程で計画班代表者全員が，他班の研究内容について深く詳細に理解し，相互の連携・協力について具体的に相談することで，班間協力が円滑に進む基盤を作った。各計画班の若手研究者数名も総括班会議に定期出席し，議論に参加した。これが若手主導の連携推進にもつながった。必要に応じ特定の班の研究会に合流して意見交換することも行った。例えば B01 班は小児科，産婦人科，精神科など異なる専門の医学者数十名を擁し活発な研究が進んだが，全体を具体的に把握し領域の研究戦略について共通認識を深めるため，総括班会議が B01 班会議に合流して 1 泊 2 日の合宿を通して議論を深め，大変有益であった。また，公募班代表を総括班会議に招いて議論を深めることも必要に応じ行った。

領域全体会議：平成 24 年 10 月に一般参加者を含めたキックオフシンポジウムで領域の共通目標と研究計画の共有を行った。平成 25 年 5 月 19～20 日の第 1 回領域全体会議では全ての計画班と公募班の研究計画や研究内容について発表と討論を行った。6 月 18～19 日の第 2 回領域全体会議では H24 年度成果発表会を実施した。平成 26 年 2 月 28 日～3 月 1 日の第 3 回領域全体会議では中間評価に向けた成果発表会を行った。工夫としては，成果発表はポスター形式を導入し，若手研究者や学生が積極的に発表し交流する機会を多く設けた。また，チュートリアル講演も計 6 件行い，重要テーマへの共通理解を深めた。平成 27 年 7 月に領域全大会を開催し，領域全体および各研究項目の後期の研究計画と進捗状況について領域代表と計画班代表が説明し共有すると共に，後期の公募班代表者全員が研究計画と現状の発表を行い，班をまたがった情報共有と研究協力の相談を行った。また，各班の若手研究者によるポスター発表も大変盛り上がり，活発な議論がなされた。最終年度には，領域全体会議を発達神経科学学会との共催で行い，全グループのこれまでの研究成果を発表する一方，総括班会議で検討した今後の発展方針を発表し，学会メンバーの賛同を得た。最終年度には 3 度の国際シンポジウムを主催または共催し，本領域の成果を発表した。

このほか，当然のこととして，領域 Web ページ (<http://devsci.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/>) を開設し，研究内容・組織の紹介や，研究業績の管理・公開，イベントの告知などを行い，領域内の情報共有に活用すると共に外部発信の手段とした。また，総括班として，若手研究者が異分野の学会に参加して新しい知識を身につけるため，旅費参加費を支援する制度を作り，分野間理解の促進を図った。

8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む。）（1 ページ以内）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について記述してください（総括班における設備共用等への取組の状況を含む。）。

総括班の活発な活動を支える経費や研究装置等の共同購入による効率的執行など、研究費は非常に効果的に使用し、多くの成果を挙げている。

【総括班研究課題の活動状況】

領域内の情報共有促進、成果集約（データベース）、外部発信のため、領域公式 Web ページを開発し、定常的に運用している (<http://devsci.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/>, 図 1)。また、領域の概要説明パンフレットを作成し、外部への説明に活用した (図 2)。これらの制作費や運用費は総括班予算で支出した。

これまでに開催した総括班会議は、研究成果の集約、領域内の連携・融合推進、若手研究者育成等に大きな効果を発揮したことは前述の通りであるが、この開催にあたっては、外部評価助言委員、学術調査官、連携研究者、若手研究者等の参加も求め、効果を挙げた。また、領域全体会議（キックオフシンポジウム含め）を 6 回、公募研究説明会を 4 回（前期 2 回，後期 2 回）、領域公開シンポジウムを 4 回（うち国際シンポジウム 3 回）開催し、領域内連携促進や外部発信に大きな効果を得た。公開シンポジウム (図 3, 平成 26 年 3 月 15 日) では、作業療法士の方や当事者を含め 248 名で満席の会場で熱のこもった発表と討論が繰り広げられた。平成 28 年度には、国外（ドイツ）も含め 3 回の国際研究集会を開催し、成果の発信とネットワーク形成に努めた。これら諸会議の開催費用にも、総括班予算を有効に活用した。

【設備等の活用状況】

総括班予算で各計画班代表のもとに TV 会議システムを設置し、常時、各計画班の間や領域代表との連絡、相談に有効活用された。計画班が関東と関西に分散しているため、臨機応変な領域運営に効果を発揮した。この装置導入は、総括班での一括購入により効率的な予算執行となった。また、本領域では認知発達が共通課題であるため、発達検査や心理学実験で頻繁に必要な視線計測が多く、多くの班で不可欠であった。性能の高い視線計測装置は高額であったが、領域内のニーズを総括班で取りまとめ、共同購入を実施することにより、大変効率的に予算を活用することができた。これらの装置は各班で活用され多くの研究成果に結びついた。

【各班での予算活用状況】

研究期間前半において、研究基盤の整備と研究スタッフの雇用、開発費用、実験費用、活発な連携活動や研究会活動等、それぞれの分野の特性に合った予算活用により、研究の迅速な開始と推進に効果を発揮した。

人間科学系では、胎児から幼児までの発達を観測するための様々な装置の導入や、乳幼児を対象とした観測等のための専用の環境を整えた研究室と専任の研究補助員の確保、計測実験費用、異なる専門分野の医学者間の頻繁な連絡調整活動、などに活用した。

工学系（構成論）では、シミュレーション計算のための高速計算システムの導入・保守、胎児や乳幼児の計測解析技術の開発費用、認知発達モデルと接続して実環境での実験を行うためのロボットの購入ないし改良費用、計測実験等、などに活用した。

当事者研究は、主要な研究手段である当事者研究会の開催、感覚過敏や慢性疼痛等の計測実験環境、認知機能実験、当事者支援技術開発、などに活用した。



図 1 領域 Web ページ



図 2 領域パンフレット

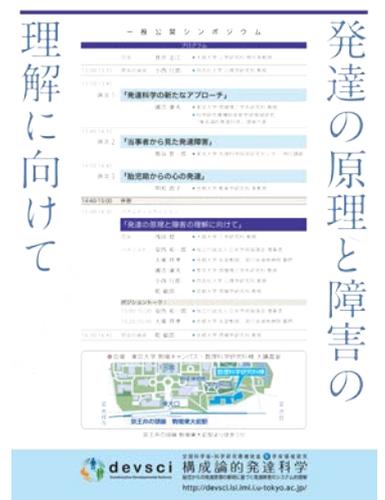


図 3 公開シンポジウム

・研究費の使用状況

(1) 主要な物品明細 (計画研究において購入した主要な物品 (設備・備品等。実績報告書の「主要な物品明細書」欄に記載したもの。) について、金額の大きい順に、枠内に収まる範囲で記載してください。)

年度	品名	仕様・性能等	数量	単価 (円)	金額 (円)	設置(使用)研究機関
24	人型ロボット	iCub プラットフォーム	1	24,745,000	24,745,000	大阪大学
	シミュレーション用計算機	IBM・System x3550/x3560	1	7,849,800	7,849,800	東京大学
	視線計測装置	Tobii アイトラッカー 視線計測装置および解析ソフトウェア	1	4,795,980	4,795,980	東京大学先端科学技術研究センター
	脳波計	Actibe Two システム	1	4,499,950	4,499,950	京都大学
	眼球運動計測装置	Tobii Technology TX300	1	4,037,040	4,037,040	京都大学
	3Dプリンタ	Stratasys uPrint SE	1	3,780,000	3,780,000	早稲田大学
	視線計測装置一式	Tobii アイトラッカー T120	1	3,736,257	3,736,257	久留米大学
3D スキャナ	Artec 社・ArtecEVA	1	3,255,000	3,255,000	東京大学	
25	3Dプリンタ	uPrint SE Plus	1	4,622,400	4,622,400	筑波大
	VENUS3D-100 基本パッケージ	VENUS3D-100A	1	2,564,527	2,564,527	京都大学
	サーバー	IBM・System x3630	1	2,013,270	2,013,270	東京大学
超音波画像診断装置	GE Vscan	1	1,200,000	1,200,000	香川大学	
26	脳波計	NeurofaxEEG-1200	1	3,900,000	3,900,000	久留米大学
	ロボットアーム	Universal Robot UR-5	1	3,510,000	3,510,000	東京大学
	3次元位置計測システム	島津社製 567-10401-01	1	3,240,000	3,240,000	東京大学
	GPGPU システム	VC2687Wv2-VCXQTA-GPK40	1	2,894,400	2,894,400	京都大学
	視線計測装置	Tobii アイトラッカー T60	1	2,818,800	2,818,800	香川大学
27	モーションキャプチャ用カメラ	Kestrel カメラ	1	7,992,000	7,992,000 (3,996,000)	大阪大学
	実験用演算装置	Supermicro 社製 GPU Workstation	1	3,858,084	3,858,084	東京大学
	インピーダンスセンサー一式	Intaracoustics, Titan	1	2,732,400	2,732,400	東京大学
	デジタル脳波・生体電位計測装置	A/D-BOX	1	2,110,795	2,110,795	京都大学

(2) 計画研究における支出のうち、旅費、人件費・謝金、その他の主要なものについて、年度ごと、費目別に、金額の大きい順に使途、金額、研究上必要な理由等を具体的に記述してください。

【平成24年度】

・旅費

学会などにおいて調査研究するための費用

- ・ポルトガル 524,480円 A02班
- ・パリ 439,210円 A01班
- ・ドイツ 340,920円 A01班
- ・ドイツ 340,920円 A01班
- ・イギリス 247,650円 B01班
- ・イギリス 213,700円 B01班

・人件費・謝金

- ・事務補佐員の雇用とRA雇用 3,730,046円 A02班
- ・特任准教授雇用 2,088,147円 B01班
- ・研究補助雇用に係る費用, 1,053,358円 B01班
- ・非常勤医師の雇用 1,006,335円 B01班
- ・研究補助・データ解析等を担う非常勤教職員の雇用 245,276円 B02班
- ・研究補助・データ解析等を担う非常勤教職員の雇用 230,876円 B02班

・その他

- ・班会議にかかる費用 312,100円 B01班

【平成25年度】

・旅費

- ・ドイツ 405,396円 A02班
- ・ドイツ 336,780円 A02班
- ・Lindsey Jane Powell 招へい旅費 共同研究の打ち合わせ及び実験の実施 273,440円 B02班
- ・ドイツ 255,650円 A02班
- ・David Bulter 招へい旅費 共同研究の打ち合わせ及び実験の実施 231,337円 B02班
- ・サンフランシスコ 調査研究 158,020円 B01班

・人件費・謝金

- ・ポスドク3名と事務補佐員の雇用 12,524,306円 A02班
- ・特任准教授雇用 5,385,600円 B01班
- ・研究協力者の雇用 2,193,800円 B01班
- ・非常勤医師の雇用 2,034,594円 B01班

・その他

- ・超音波画像診断解析システム借入 3,283,056円 B01班
- ・精神衛生チェックリストによる調査 1,785,000円 B01班

【平成26年度】

・旅費

- ・ドイツ 961,510円 A02班
- ・アメリカ 500,503円 A02班
- ・スペイン 373,220円 A02班

・人件費・謝金

- ・ポスドク3名と事務補佐員の雇用 12,718,861円 A02班
- ・特任准教授雇用 5,883,619円 B01班
- ・非常勤医師雇用 2,152,380円 B01班
- ・非常勤医師雇用 2,017,850円 B01班

・その他

- ・超音波画像診断解析システム借入 3,283,056円 B01班
- ・研究スペースの借室料金 2,400,000円 A01班
- ・精神衛生チェックリストに関する追加調査 1,544,400円 B01班

【平成27年度】

- ・旅費
 - ・イタリア 411,700 円 A01 班
 - ・アメリカ 359,210 円 A02 班
 - ・アメリカ 338,265 円 A02 班
 - ・ギリシャ 336,820 円 A02 班
- ・人件費・謝金
 - ・ポスドク3名と事務補佐員雇用 16,867,033 円 A02 班
 - ・特任准教授雇用 5,773,829 円 B01 班
 - ・特任研究員(1名) 3,245,324 円 A01 班
 - ・非常勤医師雇用 2,151,456 円 B01 班
 - ・非常勤医師雇用 2,027,114 円 B01 班
 - ・技術補佐員 2,517,321 円 A01 班
- ・その他
 - ・超音波画像診断解析システム借入 3,283,056 円 B01 班
 - ・研究スペースの借室料金 2,100,000 円 A01 班

【平成28年度】

- ・旅費
 - ・オーストラリア 1,050,570 円 A02 班
 - ・ハンガリー 616,110 円 B02 班
 - ・ハンガリー 332,080 円 B02 班
 - ・メキシコ 322,160 円 A02 班
- ・人件費・謝金
 - ・ポスドク3名とRA雇用 16,039,474 円 A02 班
 - ・特任研究員(2名) 8,935,894 円 A01 班
 - ・技術補佐員 1,162,117 円 A01 班

(3) 最終年度(平成28年度)の研究費の繰越しを行った計画研究がある場合は、その内容を記述してください。

C01 計画班 平成28年11月、視覚過敏を引き起こしうる視機能の異常を除外する必要性が判明したため研究の計画変更が必要になり、研究費の繰り越しを行った。

9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度（1ページ以内）

研究領域の研究成果が、当該学問分野や関連分野に与えたインパクトや波及効果などについて記述してください。

【新たな学術領域の創成】

本研究領域では、「人の心はいかにして発生し発達するのか、発達障害はなぜ起こるのか」という、学問的には根源的な未解決課題と、「発達障害の新たな理解に基づく診断法と真に当事者のためになる支援法・支援技術」という、社会的にも急速に深刻さを増す問題の解決に直接貢献する知見について、胎児期にまでたどって学際的解明を目指した。その目標設定自体が革新的であり、関連するすべての学問分野の潮流を先導するものである。

その達成のために、構成論（ロボット学・情報学）と人間科学（医学・心理学・脳科学）、そして当事者研究という世界に類のない研究体制によって、発達の基本原理に立ち返った解明と、それに基づく発達障害の新たな理解を試みた。異分野融合研究の試みはかねてより多数あるが、データや手法や新装置の提供あるいは実験、解析、理論の分担といった、一方向的ないしトップダウン式、予定調和的な異分野融合にとどまらない、いわば「超分野的領域」を構築した。根源的な課題と領域独自の視座・理念を共有し、各学問分野が専門性・独創性を最大限に発揮しつつ対等に議論・協働し、もはや分野の境界は意識さえせず、縦横に相互を取り込み協力しつつ切磋琢磨することで、次々と新たなアイデアや成果が生まれる、いわば「創発的学術」が成立した。その効果は、複数の重要な当初想定外の発展と成果にも表れた。この成功例を示したことが、最大の貢献である。

また、このような先進的取り組みの場に、3名の若手計画班代表者はじめ、これからの各学問分野を牽引する多数の気鋭の若手研究者が参加し、分野横断的研究も先導する経験を得たことは、我が国の学問の将来に向けた重要な貢献と考える。本領域が提起した、発達障害当事者と定型発達者の相対化、社会性認知という表相の奥にある身体性への注視、といった理念や視座は、発達心理学、臨床医学、支援工学等にパラダイムシフトを促し、さらに、当事者と社会の新たな関係性を提起し、社会的にも注目されている。本領域発足と同時に発達神経科学学会が立ち上がり、領域代表はじめ本領域の総括班メンバー等がその中核を担い、密に連携して領域メンバーに閉じないオープンな理念・成果共有と議論の場を構築してきた。研究期間終了後さらに構成論的発達科学を発展させる土台が完成したことも大きな成果である。

【特筆すべき学問的貢献】

脳科学分野では、Human Brain Project (EU)やBRAIN Initiative(USA)が先導する全脳モデル化の研究が最近急速に進展しているが、人の胎児期からの知覚・行動と発達について、脳モデルを精密な身体・環境モデルに埋め込んで相互作用の中でどう振る舞うかを扱う試みは世界で初めて本領域が達成した。

人に関する研究において介入実験は極めて制限され、とくに胎児や乳児に対しては技術的にも倫理的にも不可能である。しかし経過観察による方法のみでは因果関係を知ることは不可能であり、動物を用いてもヒト固有の能力の発達研究には限界がある。胎児モデルを用いて複数の異なる環境での相互作用の違いが生み出す結果を比較する方法論を実現し示したことは、極めて大きな学問的貢献である。

本領域が取り組んだ、発達初期からの発達障害の発生過程の解明、身体性と社会性をつなぐ知見は、疾患が発症する前に治療を開始するという先制医療の観点で重要であり、また、小児リハビリテーションや療育においても有用なため、臨床現場を通じた社会的貢献もある。一方、臨床医学が構成論に本格的に協働し体系的なデータを供給する体制は今までになく、また、構成論的方法の科学的妥当性・有効性を厳しく問うことを通して、構成論を大きく成長させた。

また、本領域では、工学と人間科学、当事者研究が密に、発達障害者にとって真に役に立つ支援技術とはなにかについて議論した。従来の支援技術では定型発達（マジョリティ）に近づけることが「支援」とされてきたが、この考えに陥らないように注意深く検討がなされた。結果として、当事者の困りごとを解決する手段としての当事者研究の方法論確立と膨大な実践や感覚過敏軽減等の支援技術に加え、当事者が知覚する感覚経験を定型発達者に体験してもらうASDシミュレータを開発した。これは一般公開の場において、患者やその家族に加えて多くの健常者からも関心や評価を得ており、支援効果だけでなく、障害に直面する者と健常者をつなぐコミュニケーションツールにもなり得ると考えられる。重要な点は、当事者自身が装置の開発に関わるという点である。海外では、従来は対人援助サービスのエンドユーザーであった患者や障害者が、「経験の専門家」としてサービス設計や提供、臨床研究デザインへのフィードバックに参画する、co-productionという取り組みに注目が集まっている。しかし、これまでのco-productionの事例は、主に医学的・臨床心理学的な臨床研究や臨床実践への参画が中心で、本研究課題のように、工学や社会学、哲学といった多分野の基礎科学に参加した例は世界的にも極めて珍しい。この成果はプレスリリースされ大きな反響があった。このように、本領域は学問的成果のみならず、発達障害当事者と社会の関係について新たな枠組みを提起し、理論だけでなく、体験と実践を通して一般の方々にも伝えることで、重要な社会貢献を果たした。

10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況（1ページ以内）

研究領域内での若手研究者育成の取組及び参画した若手研究者（※）の研究終了後の動向等を記述してください。

※研究代表者・研究分担者・連携研究者・研究協力者として参画した若手研究者を指します。

若手研究者の育成の取り組みとして、異分野融合研究（具体的には、発達科学と医学の融合研究）を推進し、積極的に他分野の研究者との交流機会を提供した。更に、他の計画班との連携を通じて、共同研究の機会を提供した。また、認知科学・発達科学を専門とする海外研究者を招聘し、世界最先端の研究に肌で触れる機会を提供した。

【総括班による取り組み】

各班の研究や今後の研究戦略等について徹底議論を重ねてきたが、その場に、各計画班から数名の**若手研究者が常時参加**し、議論に参加し、時に議論を先導した。この場で形成された分野横断的な理解や他班の計画班代表者との相互理解が、異分野連携・協役に役立った。

領域全体会議において、各班の成果発表を**ポスター形式で開催**し、**若手研究者や学生が積極的に発表し交流する機会**を多く設けることで、分野を超えて非常に活発な議論の場が生まれた。

若手研究者が**異分野の学会に参加**して新しい知識を身につけるため、**総括班から旅費参加費を支援**した。通常の研究費では、研究成果発表なしに学会参加費用を支援することは困難であり、それゆえ、異分野の先端研究や研究討論の場を若手研究者が体験することは難しい場合が多い。本領域では、若手研究者が、他班の成果発表およびその分野の動向を最先端の学会等で学ぶことが重要である。領域内でこの問題が指摘され、総括班で議論した結果、総括班予算で上記の支援制度を実施した。

【若手研究者の動向】

計画班代表者の1名は、研究期間中に準教授から教授に昇任した。またもう1名は本研究により博士号を取得し、特任講師から准教授に昇任した。総括班連携研究者の1名も、助教から准教授に昇任した。計画班代表者1名は、本領域研究の成果をさらに発展させる**CREST研究**を立ち上げ、代表者として率いている。

本研究に参加した4名の研究員は特任准教授に就任した。

ほかに、研究協力者、特任助教として本研究に参画した研究者・学生は、日本学術特別研究員PDに5名が採用された。また、研究職（常勤）に8名が就任した。

11. 総括班評価者による評価（2 ページ以内）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

津田一郎教授（中部大学・創発学術院・数理科学研究部門複雑系数理研究分野，前・北海道大学教授）：
領域代表と総括班による強力なリーダーシップのもと、構成論的発達科学という新領域が誕生した。本領域研究はロボティクス、発達心理学、臨床医学、脳神経科学、当事者研究を含む新しいタイプの融合研究であり、すべての課題で順調に成果があがり、いくつかの課題では当初予想をはるかに超える成果が上がった。

(1) 研究領域の設定目的の達成度 & (2) 研究成果

設定目的は期待通り達成され、さらにいくつかの班で期待以上の成果も上がった。その中で特に A01 班と A02 班について簡単に触れる。A01 國吉班の胎児シミュレーション：臨床医学との協力関係を成立させ、そこで得られるデータをもとに筋骨格系と大脳皮質の精密で大規模なモデルを構築し、子宮内と子宮外での発達比較実験を行い脳内表象獲得や感覚統合への影響を明らかにした。これらの成果は有力国際科学誌に発表された。A02 長井班での ASD 感覚体験デバイス：C01 熊谷班との融合研究とみなせるもので、健常者に比べて ASD 者の極度に敏感な感覚受容を定量化した装置を開発し、健常者と ASD 者のコミュニケーションツールとして社会的に大きなインパクトを与えた。今後の当事者研究を大きく進展させる方法論を与えたといえる。さらにこれら A 班の成果と B 班の成果が重要な研究段階においてうまく連動したことにより、3 歳児発達遅滞のマーカーとしての新生児身体運動の特徴が得られたことは発達遅滞の早期発見と治療の可能性を示唆するものとして注目される。

(3) 研究組織

領域代表と総括班がリーダーシップを発揮して全体を良くまとめあげた。ロボット工学と当事者研究が発達グループから得られる研究成果を構成論的に組み立てられるかどうか注目していたが、個々に問題点はあったもののそれを克服し全体的にうまく機能する組織を作った点は高く評価できる。

(4) 研究費の使用

それぞれのチームに必要な予算措置が行われ、すべてのチームにおいて有効に予算が使用されたと思う。

(5) 当該学問分野、関連学問分野への貢献度

本領域発足と同時に発達神経科学学会が立ち上がり、領域代表はじめ本領域の総括班メンバーおよび関係研究者がその中核を担ってきた。本領域終了後、さらに構成論的発達科学を発展、進化させていくべき土台ができており本領域研究の大きな成果と言える。関連学問分野への貢献度は極めて大きい。

(6) 若手研究者育成への貢献度

本研究に参加した若手研究者の多くが大学、研究所にそれぞれ昇進してポストを得、また計画班代表者 2 名がそれぞれの大学で昇進し、さらに 1 人が新規プロジェクトのリーダーになるなど若手育成は大いに進んだ。同志社大学の赤ちゃん学研究センターが本研究の成果によって同志社大学附属研究所に昇格し文科省共同利用・共同研究拠点に認定されたこと、またそのことによって参加していた若手研究者 2 名が研究所の特任准教授に就任したことは特に画期的な成果である。

芳賀信彦教授（東京大学・医学系研究科・外科学専攻・感覚・運動機能医学講座リハビリテーション医学分野）：

評価者は「構成論的発達科学—胎児からの発達原理の解明に基づく発達障害のシステム的理解—」の中間評価において、本領域の研究が極めて順調に行われていると評価し、最終目標である発達障害の包括的診断法と支援法、支援技術の構築につなげるべく、発達の根本原理解明と発達障害の理解を推し進め、これを一般にも分かりやすい形で情報発信し、社会に寄与することを期待した。本領域研究が終了し、中間評価後の研究成果を振り返ると、当初設定した目的の多くが達成されていると評価する。評価者は特に小児疾患を専門とするリハビリテーション医学の研究者であり、リハビリテーション医療に関わる臨床医でもあることから、B01 研究項目（小西）と C01 研究項目（熊谷）の研究を中心にコメントする。

B01 計画班の課題名は「胎児期からのハイリスク児の臨床観察による発達障害理解と包括的診断法構築」である。臨床観察として心拍数とそのゆらぎを解析し、ASD では生体機能リズムの異常を認めることを見出した。また A01 と協働し、乳児期の運動指標である頭部運動と幼児発達遅滞の関連性を見出し、また胎児超音波データ等を用いた早産児条件での発達シミュレーション実験に成功し、脳に獲得される身体表象に異常が発生することを示した。これらは、胎児期、新生児・乳児期の感覚運動がその後の発達に影響することを多面的に証明したもので、本領域研究の中で大きなインパクトを持つ成果である。

C01 計画班の課題名は「当事者研究による発達障害原理の内部観測理論構築とその治療的意義」である。代表の熊谷は長年にわたり当事者研究に携わっており、本研究を的確にリードした。自閉症スペクトラム症者の観察から、触覚過敏性、声の制御、対人距離の異常を証明し、A02 と協働し、自閉症スペクトラム症感覚経験シミュレータの開発に成功した。このシミュレータは「発達障害者の支援技術構築」を目指したもので、一般向け講演会で体験してもらうなど、大きなインパクトを研究者のみならず支援者にも与えた。

これら2つの計画班の研究を含め、本領域では多様なバックグラウンドを持つ研究者が適切に配置され、班間の連携も極めて積極的に行われてきた。評価者が何度か参加した総括班会議における議論は非常に活発であり、当初の目的の達成度を高めることにつながった。公募班を含め若手研究者の参加も多く、研究者育成が順調に進んでいる。発達障害への対応は世界的に大きなテーマであり、本領域研究の成果に基づき、より大きく研究が発展することが望まれる。

長谷川寿一教授（東京大学・総合文化研究科・広域科学専攻・生命環境科学系・認知行動科学大講座 教授）：

構成論的発達科学は、身体性に基づいて人間発達を理解しようとする試みであり、「運動—認知」をコインの裏表の関係として仮定し、遺伝子、身体、神経系、環境にまたがる身体との極めて複雑な相互作用から、ヒトの認知機能の成立を解き明かすことを目指し、その目標は適切に達成された。人間科学（医学・心理学・脳科学）と構成論（ロボット学・情報学）が連携し、当事者研究を加えて、世界でも例をみない学融合の研究体制が組織された点は高く評価できる。とくに胎児期からのこのような統合的発達科学が唯一無二であると言える。

領域内分野融合の状況については、構成論からの観測・モデル化・シミュレーション、人間科学からの臨床・実データ・理論、当事者研究からの内部観測が活発にフィードバックしあい、連携がかみ合って駆動してきた。とりわけ、乾(A01)、明和(B02)、熊谷(C01)が個別に提案してきた発達脳モデルを、徹底的な討論と密な協働作業により、領域共通の発達脳モデル(図2)としてまとめ挙げた点は特筆に値する。ASD 感覚体験デバイスというユニークな機器の開発も、構成論研究と当事者研究の融合から生まれた。

主要な研究成果については、胎児期の運動—知覚発達の本質が工学—医学—認知科学の協働により解き明かされた。評価者の専門分野である社会的認知発達研究(B02)の成果について言えば、周産期の身体感覚の個人差が社会的認知予後と関連するとの仮説を支持する成果を得た点が画期的である。在胎週数が短い早期産児ほど迷走神経活動が低く、周産期に副交感神経の抑制力が低い児は、生後12、18か月の時点で言語・社会性領域に顕著な発達の遅れがみられるという発見は、国内外でも大きく注目された。周産期からの抑制機能が社会的認知発達の鍵となる可能性を見出したことは、きわめて重要な成果である。

若手育成について言えば、領域全体会における若手研究者によるポスター発表・討議、チュートリアル講演、班をまたがる若手合宿研究会などを通じて若手育成が実践され、多くの若手研究者が研究職のポストを得ることができた。

研究成果発表に関しては、各班ともに論文・学会、招待講演などで研究成果を活発に発表し、PNAS、Nature Human Behavior 等トップジャーナルへの発表も数多い。アウトリーチ活動についてもスーパーサイエンスハイスクール事業への協力などユニークな取組みがなされている。

我が国や世界の学術水準への寄与としては、発達障害はなぜ起こるのかという課題を胎児期にまでたどって学際的解明を目指した本研究プロジェクトは、大きな成功を収め、基礎研究、臨床研究の両面で多方面に大きな影響を与えることができた。