

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：13302

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06383

研究課題名（和文）言語の起源・進化の構成的理解

研究課題名（英文）Constructive Understanding of the Origin and Evolution of Language

研究代表者

橋本 敬（Hashimoto, Takashi）

北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授

研究者番号：90313709

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 192,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、創発構成論の方法を駆使して理論仮説と実証的証拠をまとめ上げ、新たな仮説を提供する役割を担った。そして次の3点について解明するという目的を概ね達成できた：言語コミュニケーションに必要な階層生成と意図共有の能力の進化メカニズム、記号コミュニケーションの創発・発展のプロセス、社会の中で変化する言語の文化進化プロセスとメカニズム、である。特に、階層性・意図共有の進化可能性、意図共有の計算原理について新たな知見を提示できた。さらに、共創的コミュニケーションのありかたを提言するという領域の目標に関し、階層性・意図共有に関する成果を活用・統合する革新的な発想や方法論を駆使して目標達成に寄与した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトは記号コミュニケーションを通じて新しい概念を創発し、コミュニケーションシステムを複雑化させ、高度な概念を社会的に生み出す。複雑なシステムの創発や進化の研究には創発構成論という方法論が不可欠である。本研究では、この方法論により、階層性と意図共有の進化、そして両者を結びつける共創を解明する統合的な研究を行った。その結果、階層性・意図共有の生物進化・文化進化のシナリオ、意図共有の神経基盤、そして、共創的コミュニケーションの在り方に対する提言をすることができた。これらは言語の起源・進化の理解を大きく進めるものであり、技術発展と社会変化が大きく進むの社会を共創的にすることに寄与しうる。

研究成果の概要（英文）：Using the methodologies of emergent constructive approach, we were responsible for integrating theoretical hypotheses and empirical evidence, thereby providing new hypotheses. The following three points have been elucidated: the evolutionary mechanisms of generating hierarchical structure and intention sharing necessary for linguistic communication; the process of emergence and development of symbolic communication; and the cultural evolutionary processes and mechanisms of language within society. In particular, novel insights have been presented regarding the evolvability of hierarchical structure and intention sharing, as well as the computational principles underlying intention sharing. Furthermore, we have contributed to the achievement of the area's goal to propose co-creative communication methods with innovative ideas and methodologies utilizing and integrating the achievements related to hierarchy and intention sharing.

研究分野：複雑系科学

キーワード：言語起源 言語進化 創発 構成論的アプローチ 実験記号論 進化シミュレーション 文化進化実験  
計算社会科学

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、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

言語進化を説明する上で 2 つの能力の進化を理解することが鍵となる(Chomsky 2005; Tomasello 2010; 藤田・岡ノ谷 2012)。それらは、人間言語の特徴である階層構造を実現する回帰的な統語演算能力の進化、そして、他者と意図を共有できるコミュニケーション能力の進化の 2 点である。両者はそれぞれ、思考と伝達という異なる適応価を持つことで進化したと考えられており、言語起源の要因としてどちらかという対立的に捉えられてきた。これに対して橋本(2014)は、前者によって構築された新しい概念が、後者の機能により共有されることで、新たな概念が累積的に構築される「共創」という枠組みを提唱し、両者が統合されることこそでよりいっそう適応価を高めた可能性を指摘してきた。

ヒトは記号コミュニケーションを通じて新しい概念を創発し、コミュニケーションシステムを複雑化させ、高度な概念を社会的に生み出す。複雑なシステムの創発や進化の研究には創発構成論という方法論が不可欠である。これは、学習や進化などの自律的变化機構を組み込んだシステムを作り、システムが複雑化・構造化し特徴的な機能や性質が創発し発展するプロセスとメカニズムを理解する方法である。たとえば、言語コミュニケーションの機能により生じる創発現象の計算モデルによる分析は、大規模・長期間の相互作用を調べるために利用される (Cangerosi & Parisi 2002)。また、そのような創発現象のロボットによる実現(Steels 2012)、言語の創発・変化を再現する言語進化実験(Galantucci 2009)は、人間の認知や実世界のリアリティと操作可能性・再現可能性を保ちつつ、仮説の妥当性を検討し包括的なモデルをつくるために利用される。

創発構成論を言語学・生物学・人類学・発達心理学等から得られる言語の基盤となる理論および最新の知見と緊密に結びつけることにより、階層性と意図共有、そして両者を結びつける共創を解明するための統合的な研究が可能となる。

## 2. 研究の目的

言語進化を説明する上で鍵となるのは階層性と意図共有の進化であり、新しい概念の構築と共有の累積から発生する「共創」は両者を統合する可能性がある。言語のような複雑なシステムを研究するためには創発構成論的手法が必要不可欠であり、本研究はこの創発構成論の方法論を用いて次の 3 点を解明する。[A]言語の階層構造を生み出す能力と意図伝達の能力が、生物進化や文化進化および両者の相互作用を通じて形成・発展するプロセス。[B]行動から意味・概念を表す記号が創発し、記号により意図を共有するコミュニケーションシステムが累積的に発展するプロセス。[C]実社会で現在も生じ進行している言語の文化進化プロセス。これら 3 つのプロジェクトおよび他班との連携を通して、共創的言語コミュニケーションの進化を解明し、その未来のありかたについて提言する。

## 3. 研究の方法

意図共有と階層性が相互補完的な関係の中で発展したことを想定し、進化シミュレーション、計算モデルの構築と解析、実験室言語進化実験・実験記号論、人間・ロボット・エージェントの間の多様な対話実験、大規模データ分析など、創発構成論の様々な方法を駆使して研究を進めた。

進化シミュレーションおよび計算モデルの構築では、言語の階層性を生み出す再帰的結合の進化、神経修飾とニューロエポリューションを活用したメタ記憶や共表象の進化、仮想生物進化手法を活用したニッチ構築の進化・音響相互作用の進化、言語集団と生物集団の共進化モデルを用いた相互作用過程、ロボット聴覚を活用した動物の音声相互作用における時間・空間ダイナミクスの観測も進めた。また、音列を状況の相互分節化仮説に対応するモデル構築、および、コミュニケーションの基盤となる協力の進化の解析に取り組んだ。

言語進化実験(実験記号論)では、通常用いられるコミュニケーションメディアを制約しながら、実験者が新規にメディアを提供し、これを使いこなす対話過程を観察することによってコミュニケーションシステムの形成過程を明らかにしようとする。これに加えて、対話実験を人間・エージェント間・人間エージェント間で実施し、計算モデルが人を相手にした場合にどのような機能性を発揮するかを検証できるようにした。この方法によって、意図共有と階層性の相互補完的な関係を表現する計算モデルの提示を目指した。また、意図共有のダイナミクスについては、言語進化実験中の実験参加者の脳波計測を行い、コミュニケーションシステムを形成する過程に関わる神経基盤を同期解析(パワー抑制、位相同期) 身体を用いた人同士の対話における動作タイミング共有と意図の介入の遷移過程や、人間ロボット間対話における新規性・親和性インデックスについての分析を行った。

世代間の文化伝達を再現した繰り返し学習実験を複数実施した。第 1 に、非言語刺激における階層構造が創発する条件を検討するために、サイモンゲームと呼ばれる系列刺激を対象とした実験を実施した。第 2 に、語順構造における階層構造が創発する条件を検討するために、人工言語を用いた繰り返し学習実験を実施した。

階層構造に関わる脳モデルの仮説として、人が論理パズルを解く際の言語表現の抽象度レベルの適応的選択について、ベンチマークとしてボンガード問題を採用し、一階述語論理を基盤とする数理モデルによって正答が得られるかの点において、仮説の計算論的検証を試みた。

階層性の進化と意図共有の特性を定量的に調査するため、ビッグデータを用いた計算社会科学の手法を採用した。階層性の進化について調査するために、EEBO、COHA、Google Books のデータを統合し、英語の完了形構文の頻度時系列を構成した。その後、Wright-Fisher モデルを用いて訓練した深層ニューラルネットワークを利用して、進化駆動力の有無を検定した。一方、オンラインでの意図共有の特性を調査するために、新型コロナに関する Twitter の大規模データを分析し、反ワクチン派が他のグループとどのようにコミュニケーションしているのか、その際にどのような言語を用いているのかを分析した。

共創的コミュニケーションの未来のありかたへの提言のため、モデルと実験を活用した共創的オンラインコミュニケーションの活性化手法を検討した。

#### 4. 研究成果

運動制御起源仮説を進化シミュレーションにより検討し、階層性を生み出す再帰的結合能力は道具や語彙といった生成物を多様化する適応的機能を持つことを示し(Toya and Hashimoto 2018)、再帰的結合の適用対象の進化シナリオを考察した(Toya, Hashimoto, and Asano 2020)。メタ記憶や共表象の進化では、遅延見本合わせ問題を解くニューラルネットワークをゼロから進化させることに成功した。ネットワークはオブジェクト・メタレベルの構造を持ち、その進化的妥当性を示した(Yamato et al. 2022)。ニッチ構築の進化では、ブロックで適応構造を構築して捕食を逃れる仮想生物が進化し、構造が次世代に引き継がれる生態継承は適応構造の多様化に貢献することが判明した(Chiba et al. 2020)。音響相互作用の進化については、物理接触で発する音を利用して集団行動を実現する仮想生物の進化を観測し、音声コミュニケーションの萌芽に関するシナリオを示した(Banno et al. 2022)。言語集団と生物集団の共進化では、支配的言語の出現や小規模言語集団の創発が繰り返され、言語と生物の循環的な進化が発生すること、共有資源の情報化は言語の表現力と生物の言語能力を高める一方で共創性をもたらす言語と生物の多様性を抑制しうることを示した(Yonenoh et al. 2021)。動物の音声相互作用の観察では、野生鳥類に対するプレイバック実験での個体の発声・移動やテント内キンカチョウの社会関係の変化を非侵襲的に定量化できた(Sumitani et al. 2021)。

意図共有の言語的要素として考えられる語用論の側面を捉えるため、ことばに含まれる字義通りの意味と言外の意味(意図)の二重性に着目した。そして、その語用論が記号の階層性への発展にどのように関与するのかを検討するために、2対2で実施する囲碁のような石置きゲームを開発した(齊藤・金野 2019)。この実験を通じて、記号の組み合わせが構造依存性を持つためには階層的曖昧性の解消が必要があり、その仕組みが語用論的なメッセージに込められた意図を推定する能力であることを示唆した(Saito and Konno 2020)。そこで、記号単体に含まれる字義通りの意味と言外の意味がどのようなメカニズムによって成立するのかを明らかにすることに注力した結果、受け取った記号の意味を推定した際には、それに基づいて自身の行動選択肢の選択確率を、行動の結果がわかる前に変更する仕組みが必要であることを示した(河上・金野 2020)。これは、記号による他者操作の実現につながる重要なメカニズムであると考えられる。さらに、二重の意味を循環的に形成するシステムにおいては、記号への意味づけが二者で異なった場合に言外の意味を取り違えることで悪循環が生じ大きな失敗につながることを突きとめた。また、これを回避するためのメカニズムを構築し、それが人を相手にうまく機能することを確認した(柳田・齊藤・金野 2021)。これらの成果は、言外の意味を構成する意図共有の能力が、階層性を実現・発展させるベースとなるメカニズムを具体的に提示するものであると考えられる。

記号コミュニケーションの神経基盤として、記号を用いた意図理解でもミラーニューロンによる身体シミュレーションが有効であることを示した(Li et al. 2019)。また、短期記憶や意味記憶の処理に関係すると言われるシータ波・アルファ波帯の同期、社会的調整に関係するとされる右頭頂におけるガンマ帯の同期、前頭-右頭頂間の位相同期が関わり(図1)、前頭-右頭頂間の位相同期は、形式と意味の関連性を結合し理解する認知過程を反映している可能性を示唆した(Fujiwara and Hashimoto 2022)。

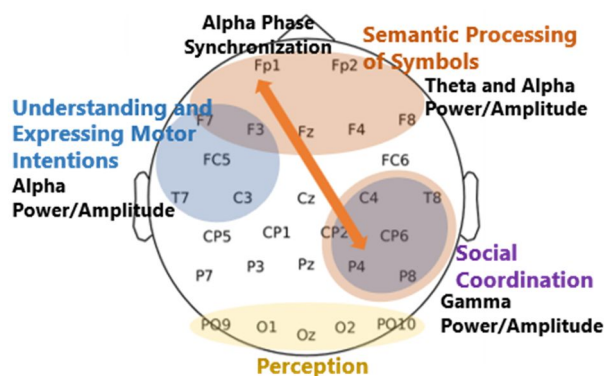


図1 記号コミュニケーションの神経基盤 (Fujiwara and Hashimoto 2022)

2つの繰り返し学習実験の両方で、階層構造の創発における社会性と多様性の重要性を示唆する実験結果が得られた。サイモンゲームを用いた色刺激系列の繰り返し学習実験においては、刺激系列の学習と伝達が行きわたる中から、階層構造が創発することが知られている。個人間の伝達がない個人条件と、複数の個人間で刺激が伝達される伝達条件を比較したところ、伝達条件においてのみ階層構造が創発することが見出された。これは個人が階層的に情報を記憶処理する認知能力を持っていることによって階層構造が創発するのではなく、多数の個人間で刺激が伝達されていくこと、すなわち文化伝達こそが階層性の創発において鍵となることが示唆され



る結果である(Nakata and Takezawa 2020; submitted)。語順規則を用いた実験においても、個人間の伝達がない個人条件と、2人のペアがコミュニケーションをしながら生成された語順が世代間で伝達される伝達条件を設けて比較したところ、伝達条件においては急速に特定の語順規則が創発進化したことが見出された(Nakata, Ohira, and Takezawa 2022)。いずれも、非言語・言語の種類に関わらず、階層構造の創発においては多様な個人間での文化伝達とコミュニケーションが重要な役割をもたらすことを実証的に示したものである。

感覚運動情報からのボトムアップな物体カテゴリー化とエージェント間における記号的コミュニケーションを一つの確率的生成モデルとしてモデル化した。この研究では、まず Nested Pitman-Yor Language Model による音列分節化と Multimodal Latent Dirichlet Allocation による状況分節化を統合したモデルを構築し、音列と状況の相互分節化の実験を試みた。しかし、音列と状況のそれぞれを分節化するモデルを単純に統合したのみでは状況要素を表現する単語の共有には至らなかったため、エージェント間の記号的コミュニケーションと状況の分節化に着目し、サインを2エージェントにおける統合概念として捉え、他のエージェントが提案したサインを Metropolis-Hastings 法の採択率を用いて採択・棄却する Metropolis-Hastings Naming Game (M-H Naming Game) を構築した(図2)。このモデルにより状況要素を分節化し、これを表現する単語(サイン)がエージェント間で共有されることを確認した(Hagiwara et al. 2019)。また、単語列を扱うモデルに拡張するため、当該モデルのマルチモーダル化や交差状況学習への拡張を行った(Hagiwara et al. 2022; Furukawa et al. 2022)。実世界の日常物体を対象としたネーミングゲームの実験において、M-H Naming Game

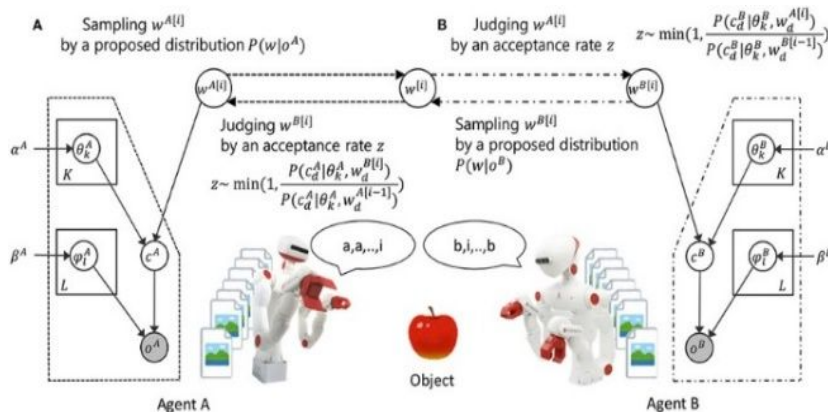
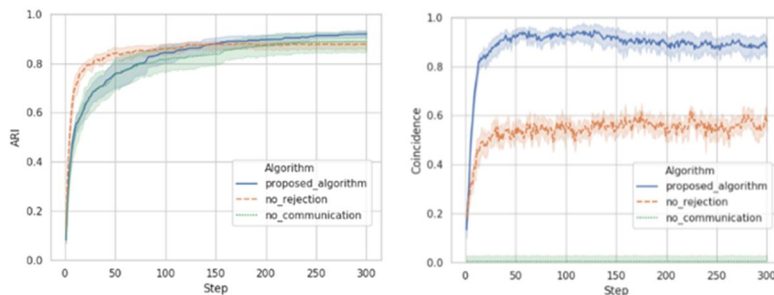


図2 Metropolis-Hastings Naming Game (Hagiwara et al. 2019)

の確率的な採択と棄却が比較モデルよりも各エージェントのカテゴリ分類の精度を向上させることが明らかになった(図3)。また、人間が同様の確率的な採択と棄却を行っている可能性を示唆する結果が得られている(Okumura et al. 2022)。これらの研究成果は、M-H Naming Game に基づく言語コ



ARI of categories and coincidence of words between agents

図3 カテゴリ分類の精度 (Hagiwara et al. 2019)

ミュニケーションが各エージェントにおける世界の分節化能力を高めている事を示唆している。また、M-H Naming Game における個体のカテゴリ分類と個体間の記号的コミュニケーションは、集合的な予測符号化として捉える事が可能であり、脳情報処理の数理理論である自由エネルギー原理とも関連する事が示された。

協力が生じ得る場面で、協力する意図があっても協力に必要な資源が不足し非協力しか選択し得ない状況を考え、以下の2x2の4戦略が存在する場合としてモデル化した。すなわち、協力に必要な資源がある場合は協力するタイプと、協力に必要な資源があったとしても協力をしないタイプの2種類、相手に協力する資源がなく協力をしなかった場合、すなわち、情状酌量の余地がある場合に、そうした相手と関係を継続することを希望するタイプと関係を打ち切ることを希望するタイプの2種類である。進化ダイナミクスを調べた結果、情状酌量の余地がある場合、そうした相手と関係を打ち切るような戦略は淘汰された。この結果は、相手に協力する資源がなく協力をしなかった場合、そうした相手と関係を継続することを希望する戦略の方が、関係を打ち切ることを希望する戦略よりも進化する事を意味する。情状酌量の余地がある場合に相手を許すというヒトの寛大な性質の進化的背景かもしれない(Kurokawa 2022)。

述語論理において独立属性群と従属特性群を分けてオントロジー概念階層と、言語表現の抽象度レベルを適応的に変えながら問題の解となる最小論理集合を抽出できる推論器を設計することで、ボンガード問題を解く人工システムが構成でき、100種のボンガード問題に対して65種の解が得られた(Maniamma and Wagatsuma 2018)。その結果、推論ルールの汎化・精緻化は、言

葉の意味の概念形成と共進化することで得られ、個の知識表現の階層レベルを深化させることが示唆された (Maniamma and Wagatsuma 2020)。

階層性の進化について、英語の完了形の文化進化は、BE+pp から HAVE+pp への変化がランダムドリフトではなく、進化の駆動力によるものと示唆する結果を得た。この進化により、完了

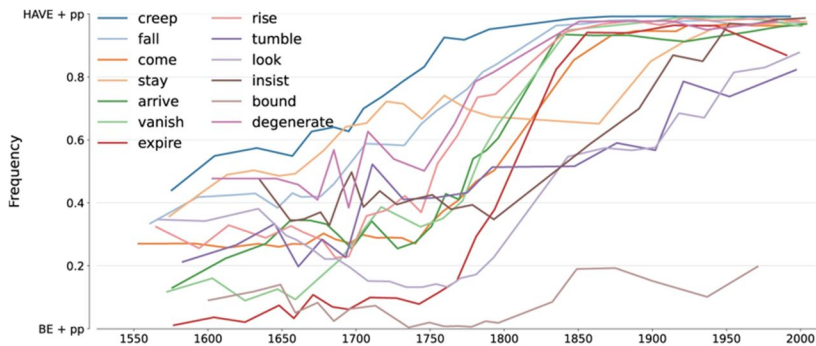


図 4 be/have+PP の歴史的な頻度変化 (Okuda, Hosaka, and Sasahara 2023)

形は完了や結果だけでなく、継続や経験に関する複雑な表現を可能にし、これが言語の階層性の進化に影響している可能性がある (図 4) (Okuda, Hosaka, and Sasahara 2023)。一方、意図共有の性質については、反ワクチン派が他グループへの返信で毒性の高い言語を多用し、特にニュースメディアに対して多く返信していることが確認された。この結果は、反ワクチン派が恐怖感を煽るような返信行動により、オンライン上の意図共有を妨げている可能性を示唆している (Miyazaki et al 2022)。

共創的オンラインコミュニケーションの活性化手法では、近隣同士で会話する近接ボイスチャット上の集団を社会粒子群モデルで表現し多様な協力的会話の促進方法を検討した。多数を集めてグループの自発的な解散を促進したり、ノイズを発生してグループを分断し再構築したりするエージェント介入の有用性を見出し (Tsuruta et al. 2021)、実環境においても後者の役割が生じうることを確認した (Shimamoto et al. 2023)。また、発達障害児と健常者の対話における円滑な意図共有のために、人型ロボットが仲介することの有効性が示された (Dimitrova et al. 2021)。

#### < 引用文献 >

- Chomsky, N. (2005) Three factors in language design. *Linguistic Inquiry*, 36, 1-22.
- Tomasello, M. (2010) *Origins of Human Communication*, Bradford Books.
- 藤田耕司、岡ノ谷一夫 (2012) 『進化言語学の構築—新しい人間科学を目指して』 ひつじ書房.
- 橋本敬 (2014) 言語とコミュニケーションの創発に対する複雑系アプローチとはなにか, 計測と制御, 53(9), 789-793.
- Cangelosi, A & Parisi, D. (2002) *Simulating the Evolution of Language*, Springer.
- Steels, L. (2012) Interactions between cultural, social and biological explanations for language evolution. *Physics of Life Reviews*, 9 (1), 5-8.
- Galantucci, B. (2009) Experimental semiotics: A new approach for studying communication as a form of joint action. *Topics in Cognitive Science*, 1(2), 393-410.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計132件（うち査読付論文 101件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 59件）

1. 著者名 Yamato Yusuke, Suzuki Reiji, Arita Takaya	4. 巻 12
2. 論文標題 Evolution of metamemory based on self-reference to own memory in artificial neural network with neuromodulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-10173-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sumitani Shinji, Suzuki Reiji, Arita Takaya, Nakadai Kazuhiro, Okuno Hiroshi G.	4. 巻 2
2. 論文標題 Non-Invasive Monitoring of the Spatio-Temporal Dynamics of Vocalizations among Songbirds in a Semi Free-Flight Environment Using Robot Audition Techniques	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Birds	6. 最初と最後の頁 158 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/birds2020012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiroto Yonenoh, Reiji Suzuki and Takaya Arita	4. 巻 -
2. 論文標題 A Shift from Material to Informational Aspects of Shared Resources can Promote Language Evolution, Advances in Artificial Intelligence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Selected Papers from the Annual Conference of Japanese Society of Artificial Intelligence (JSAI 2020)	6. 最初と最後の頁 200-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Meito Tsuruta, Reiji Suzuki and Takaya Arita	4. 巻 -
2. 論文標題 A design of a virtual agent that facilitates a spatial and online communication by use of social particle swarm model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2021 Conference on Artificial Life (ALIFE2021)	6. 最初と最後の頁 isal_a_00408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Riku Shimamoto, Reiji Suzuki, and Takaya Arita	4. 巻 -
2. 論文標題 Facilitating Co-creative Communication in Proximity Voice Chat by Artificial Agents: Preliminary Investigation Based on a Collective Word Guessing Task	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 28th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 2023)	6. 最初と最後の頁 264-269
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujiwara, M., & Hashimoto, T.	4. 巻 9(3)
2. 論文標題 Proposing Discussion Framework and Hypothesis for Neural Underpinnings of Human Symbolic and Embodied Communication from Synchronization Viewpoint	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics, Networking and Artificial Life	6. 最初と最後の頁 221-228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.57417/jrnal.9.3_221	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakata, S., Ohira, A., & Takezawa, M.	4. 巻 -
2. 論文標題 Evolution of the Word Order Rules Through Communication and Cultural Transmission: An Iterated Learning Experiment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the Joint Conference on Language Evolution (JCoLE)	6. 最初と最後の頁 542-550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Furukawa Kazuma, Taniguchi Akira, Hagiwara Yoshinobu, Taniguchi Tadahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Symbol Emergence as Inter-personal Categorization with Head-to-head Latent Word	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL)	6. 最初と最後の頁 60-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICDL53763.2022.9962227	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hagiwara Yoshinobu, Furukawa Kazuma, Taniguchi Akira, Taniguchi Tadahiro	4. 巻 36
2. 論文標題 Multiagent multimodal categorization for symbol emergence: emergent communication via interpersonal cross-modal inference	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 239 ~ 260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2022.2029721	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ryota Okumura, Yoshinobu Hagiwara, Akira Taniguchi, Tadahiro Taniguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Dynamics Verification Based on the Metropolis-hastings Method of Symbol Emergence Experiments in Multiple Humans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Workshop on Constructive approaches to co-creative communication in Joint Conference on Language Evolution	6. 最初と最後の頁 19-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okuda Shimpei, Hosaka Michio, Sasahara Kazutoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Detecting directional forces in the evolution of grammar: A case study of the English perfect with intransitives across EEBO, COHA, and Google Books	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Humanities and Social Sciences Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1057/s41599-023-01766-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyazaki Kunihiro, Uchiba Takayuki, Tanaka Kenji, Sasahara Kazutoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Aggressive behaviour of anti-vaxxers and their toxic replies in English and Japanese	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Humanities and Social Sciences Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1057/s41599-022-01245-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



1. 著者名 Dimitrova Maya, Wagatsuma Hiroaki, Krastev Aleksandar, Vrochidou Eleni, Nunez-Gonzalez J. David	4. 巻 8
2. 論文標題 A Review of Possible EEG Markers of Abstraction, Attentiveness, and Memorisation in Cyber-Physical Systems for Special Education	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frobt.2021.715962	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 柳田 知良, 齊藤 優弥, 金野 武司	4. 巻 -
2. 論文標題 単一記号への意味づけにおける解釈学的循環過程の計算モデルと実験室実験による検証	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HAIシンポジウム2021予稿集	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakata, S., Takezawa, M.	4. 巻 -
2. 論文標題 Roles of cultural transmission in the emergence of hierarchical structures: Laboratory studies using the iterated learning paradigm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Twenty-Fifth International Symposium on Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 1002-1006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 L. E. Hafi, H. Nakamura, A. Taniguchi, Y. Hagiwara and T. Taniguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Teaching System for Multimodal Object Categorization by Human-Robot Interaction in Mixed Reality	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)	6. 最初と最後の頁 320-324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IEEECONF49454.2021.9382607	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 橋本敬	4. 巻 -
2. 論文標題 言語の進化と創発の構成論	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本認知言語学会論文集	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hashimoto T	4. 巻 29
2. 論文標題 The emergent constructive approach to evolinguistics: considering hierarchy and intention sharing in linguistic communication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Systems Science and Systems Engineering	6. 最初と最後の頁 675-696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11518-020-5469-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naoaki Chiba, Reiji Suzuki and Takaya Arita	4. 巻 7(45)
2. 論文標題 Evolution of complex niche-constructing behaviors and ecological inheritance of adaptive structures in a physically grounded environment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 河上 章太郎, 金野 武司	4. 巻 2020
2. 論文標題 ことばの言外の意味の修正過程における字義通りの意味の解釈破棄の効果 ~ 実験室実験と計算機シミュレーションによる検証 ~	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 HAIシンポジウム2020オンライン予稿集	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Saito, Y., Konno, T.	4. 巻 2020
2. 論文標題 Development of experimental tasks to observe establishment of symbol expressions with structure dependence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The proceedings of the 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics(AROB 25th 2020)	6. 最初と最後の頁 1007-1011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 齊藤 優弥, 金野 武司	4. 巻 2019
2. 論文標題 構造依存性を持つ記号表現の発生過程を観察可能にするゲーム課題の設計	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第36回日本認知科学会大会 (JCSS2019) 予稿集	6. 最初と最後の頁 981-985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toya G, Hashimoto T, Asano R	4. 巻 2020
2. 論文標題 Evolutionary scenario of recursive combination from object manipulation to language	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Twenty-Fifth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 25th 2020)	6. 最初と最後の頁 992-997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Li G, Hashimoto T, Konno T, Okuda J, Samejima K, Fujiwara M & Morita J	4. 巻 10
2. 論文標題 The Mirroring of Symbols: An EEG Study on the Role of Mirroring in the Formation of Symbolic Communication Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Letters on Evolutionary Behavioral Science	6. 最初と最後の頁 7-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Maniama, J. & Wagatsuma, H.	4. 巻 2020
2. 論文標題 A Semantic Web-based Representation of Human-logical Inference for Solving Bongard Problems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Universal Computer Science	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshinobu Hagiwara, Hiroyoshi Kobayashi, Akira Taniguchi, Tadahiro Taniguchi	4. 巻 Vol. 6, Article 134
2. 論文標題 Symbol Emergence as an Interpersonal Multimodal Categorization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frobt.2019.00134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Genta Toya & Takashi Hashimoto	4. 巻 9
2. 論文標題 Recursive combination has adaptability in diversifiability of production and material culture	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2018.01512	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Maniama, J., Wagatsuma, H.	4. 巻 12
2. 論文標題 An Ontology-Based Knowledge Representation Towards Solving Bongard Problems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 681-688
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.12.07.681	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計219件（うち招待講演 33件 / うち国際学会 84件）

1. 発表者名 Kazutoshi Sasahara
2. 発表標題 Online echo chamber: What is it and how to break out of it?
3. 学会等名 Eurasian Summit of models for Society 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹原和俊
2. 発表標題 フェイクニュース現象のメカニズム：新型コロナ、米大統領選、情報テクノロジー
3. 学会等名 デジタル民主主義と選挙干渉プロジェクト研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本敬
2. 発表標題 言語の進化と創発の構成論
3. 学会等名 日本認知言語学会第21回全国大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wagatsuma H
2. 発表標題 Intention Sharing and Semantic Hierarchy in the Human-Robot Communication for Working Cooperatively: A Brain-Inspired Engineering Framework for Logical Reasoning
3. 学会等名 IEEE Ro-Man Conference: Adaptive Behavioral Models of Robotic Systems Based on Brain-Inspired AI Cognitive Architectures (APHRODITE) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 橋本敬
2. 発表標題 共創的コミュニケーション : what is it, who has it, and how could it evolve?
3. 学会等名 新学術 共創語進化 × 思春期主体価値 合同若研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hashimoto T
2. 発表標題 Filling a Gap between Prelinguistic and Linguistic Pragmatics: An Experimental Semiotic Approach to the Formation of Symbolic Communication Systems with Intention Sharing
3. 学会等名 International Cognitive Linguistics Conference 15 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki, R.
2. 発表標題 Roles of social learning and physical niche construction on evolutionary novelty and diversity
3. 学会等名 The Fourth International Workshop of Social Learning and Cultural Evolution in ALIFE2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wagatsuma, H.
2. 発表標題 In-between Discrete and Continuous Mathematics: Potentials of the Neural Computation toward Understanding Philosophical Mind
3. 学会等名 International Work-Conference on the Interplay between Natural and Artificial Computation (IWINAC 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田淵義基, 萩原良信
2. 発表標題 ユーザとの言語コミュニケーションに基づく環境に適応的な生活支援ロボット
3. 学会等名 第9回インテリジェントホームロボティクス研究会(日本ロボット学会)(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Arita, T.
2. 発表標題 An integrated model of gene-culture coevolution of language mediated by phenotypic plasticity
3. 学会等名 EVOSLACE: Workshop on the emergence and evolution of social learning, communication, language and culture in natural and artificial agents in ALIFE2018(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaki Sugimori and Kazutoshi Sasahara
2. 発表標題 Analyzing behavioral complexity of social bots and bot clusters
3. 学会等名 EVOSLACE in ALIFE 2018(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Hashimoto
2. 発表標題 Emergent constructive approach to Evolving linguistics: On intention sharing and hierarchy formation
3. 学会等名 EVOSLACE: Workshop on the Emergence and Evolution of Social Learning, Communication, Language and Culture in Natural and Artificial Agents (Workshop in ALIFE2018)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本敬
2. 発表標題 創発と暗黙的認識
3. 学会等名 メタファー研究会夏の陣&京都言語学コロキウム「比喩と創造性」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshinobu Hagiwara
2. 発表標題 Large Scale Learning System of Multimodal Spatial Concept using Immersive VR Environments
3. 学会等名 The 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Hashimoto
2. 発表標題 Emergent constructive approach to language: Computer simulation, laboratory experiment and brain measurement
3. 学会等名 SISKSM2019: International Workshop on Smart Information, Smart Knowledge, and Smart Material (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田淵義基, 萩原良信
2. 発表標題 ユーザとの言語コミュニケーションに基づく環境に適応的な生活支援ロボット
3. 学会等名 第9回インテリジェントホームロボティクス研究会(日本ロボット学会)(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 敬
2. 発表標題 科学における理解と tacit knowing
3. 学会等名 第2回MI2I・JAIST合同シンポジウム「データ科学における予測と理解の両立を目指して - 複眼で見る -」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Hashimoto
2. 発表標題 Recognition of agency and morality in robots: Effect of reasoning and bodily coordination
3. 学会等名 International Symposium for "Potentials and Perspectives of Communication among Humans and Agents Including Robots and Animals" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計8件

1. 著者名 橋本敬	4. 発行年 2021年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 6
3. 書名 進化でわかる人間行動の事典	

1. 著者名 笹原 和俊	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 445
3. 書名 生き物と音の事典	

1. 著者名 笹原和俊	4. 発行年 2019年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 400
3. 書名 AI事典 第3版	

1. 著者名 橋本敬	4. 発行年 2019年
2. 出版社 玉川大学出版会	5. 総ページ数 27
3. 書名 玉川百科 こども博物誌 ことばと心 (第5章「コンピュータ学者の研究室」)	

1. 著者名 Dimitrova M & Wagatsuma H編著	4. 発行年 2019年
2. 出版社 IGI Global	5. 総ページ数 440
3. 書名 Cyber-Physical Systems for Social Applications	

1. 著者名 笹原和俊	4. 発行年 2018年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 192
3. 書名 フェイクニュースを科学する 拡散するデマ、陰謀論、プロパガンダのしくみ	



1. 著者名 橋本敬	4. 発行年 2019年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 33
3. 書名 予測がつくる社会 「科学の言葉」の使われ方(第6章「語りと予測が生む複雑さ」)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

共創的コミュニケーションのための言語進化学 <a href="http://evolinguistics.net">http://evolinguistics.net</a>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	鈴木 麗瑩 (Suzuki Reiji) (20362296)	名古屋大学・情報学研究科・准教授  (13901)	
研究分担者	竹澤 正哲 (Takkezawa Masanori) (10583742)	北海道大学・文学研究院・准教授  (10101)	
研究分担者	萩原 良信 (Hagiwara Yoshinobu) (20609416)	立命館大学・情報理工学部・講師  (34315)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	有田 隆也  (Arita Takaya)  (40202759)	名古屋大学・情報学研究科・教授    (13901)	
研究分担者	金野 武司  (Konno Takeshi)  (50537058)	金沢工業大学・工学部・准教授    (33302)	
研究分担者	我妻 広明  (Wagatsuma Hiroaki)  (60392180)	九州工業大学・大学院生命体工学研究科・准教授    (17104)	
研究分担者	笹原 和俊  (Sasahara Kazutoshi)  (60415172)	東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授    (12608)	
研究分担者	黒川 瞬  (Kurokawa Shun)  (10773020)	北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教    (13302)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ケニー スミス  (Smith Kenny)	エジンバラ大学	
研究協力者	デザルー ジャン・ルイ  (Dessalles Jean-Louis)	テレコム・パリテック	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計8件

国際研究集会 Organized session (OS15, 16): Various constructive approaches to revealing the origins and evolution of language, 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 2020)	開催年 2020年～2020年
国際研究集会 EVOSLACE: Workshop on the emergence and evolution of social learning, communication, language and culture in natural and artificial agents	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 International Symposium for "Potentials and Perspectives of Communication among Humans and Agents Including Robots and Animals"	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 The Collaborative Workshop between CybSPEED and Kyutech Focusing on the Brain-Robot Interaction	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 International Symposium on Cutting Edge Technology for EEG Data Analysis	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 ROBOMECH2018 International Workshop for "Cyber-Physical Systems for PEdagogical Rehabilitation in Special EDUCation (CybersPEED)"	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 International Symposium for "Potentials and Perspectives of Communication among Humans and Agents Including Robots and Animals"	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 "Cyber-Physical Systems for PEdagogical Rehabilitation in Special Education" Prekickoff meeting	開催年 2017年～2017年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	Max Planck Institute進化人類学研究所	ルートヴィヒ・マクシミリアン大学ミュンヘン		
ブルガリア	ブルガリア科学アカデミー			
スペイン	バスク大学			
ギリシャ	東マケドニア・トラキア工科大学			
フランス	グルノーブル・アルプス大学			
ドイツ	ケルン大学			
中国	広東東軟学院			