

特集 「人と調和して協働する知的情報処理」

# 人と調和して状況依存サービスができる知的システム

## Intelligent Systems Allowing Situated Services with Human-Machine Harmonious Collaboration

萩田 紀博  
Norihiro Hagita

株式会社国際電気通信基礎技術研究所知能ロボティクス研究所  
ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories.  
hagita@atr.jp

**Keywords:** intelligent system, ethical, legal, social and economic (ELSE) issues, co-experience, knowledge and wisdom.

### 1. はじめに

最新の人工知能やロボット技術を取り入れた知的システムは人間の認知活動や社会活動になくはならない道具になりつつある。最近の知的システムは、その時、その場所、その人・集団などの状況に応じたサービス（状況依存サービス, **Situated Services**）を提供できる。それと同時に、その設計において、観測される本人があらかじめ予期・意図した範囲を超える情報や観測者ですら予想しなかった情報が、解析・プロファイリング技術の進歩により後になって明らかになる場合も想定しなくてはならない [IoT 17]。これらの倫理的・法的・社会的課題だけでなく、**Google Glass** の一般消費者向け販売中止などのように開発リスクを予測する必要性もでてきた。この意味から経済的リスク課題 **Economic Issues** を追記し、後述する **CREST** の研究領域では **ELSE (Ethical, Legal, Social and Economic) Issues** を考慮する。これらの倫理的・法的・社会的・経済的課題を考慮し、人と機械がバランス（または調和）のとれた知的システムをここでは、「人と調和できる知的システム」と呼ぶ。このシステムは、見る、聞く、話す、考える、判断する、動くなどの人間が本来もっている認知機能を代替するだけでなく、人と機械が調和的に協働（対話、作業、サービス提供など）することによって生まれる体験共有知（知識・知恵）をつくり出す。これらの知をサイバー空間と実空間の両方で検索・共有・流通することができる。テキスト入力による既存のインターネット百科事典（**Wikipedia** など）の検索とは異なり、利用者の生体・認知・ストレス状況、ジェスチャ、エクササイズ行動そのものが検索のキーとなり、体験共有知をネット上で流通することができるようになる。平成 26 (2014) 年度に、**JST CREST** 「人間と調和した創造的協働を実現す

る知的情報処理システムの構築」研究領域（以後「知的情報処理システム」と略す）が発足し、現在、状況に依存したサービスができる知的システムを実現するための 11 個の研究開発プロジェクトが採択された\*1。このうち、5 プロジェクトについては、本特集で詳しく説明される。

ここでは、知的情報処理システム全体の概要と研究領域が目指す方向について概説する。

### 2. JST CREST 「知的情報処理システム」

#### 2.1 文部科学省の戦略目標

本 **CREST** の目標は、2014 年 2 月文部科学省の戦略目標「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」の達成目標 ①「場の状況と話の流れに応じた対話の実現に向けた知的情報処理技術の開発」、達成目標 ②「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理システムの開発に向けた対話、作業などのメカニズムの解明と技術開発」に基づいている。

#### 2.2 研究領域の概要

研究領域は、人間と機械の協働により新たな知を創出し、人・集団の知的活動の質向上を実現する知的情報処理システムを目指す\*1。具体的には、

- (1) 個人・集団の特徴や逐次変化する実環境・ネットワーク情報環境をシステムが高度なレベルで把握し、そのとき、その場所、その人・集団に合わせた最適なサービス群を提供できる技術
- (2) 機械が提供するサービスについて人・集団が意思決定しやすいうように、対話や作業を通じてサービス内容や利用者への恩恵、リスクをわかりやすく説

\*1 [http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research\\_area/ongoing/bunyah26-2.html](http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah26-2.html)

明・表現できる技術

(3) 人・集団と機械が調和して協働することにより生まれた新たな知を共有するための技術

(4) 上記の研究開発を推進するために必要な知的情報処理メカニズムの解明

などに関する研究を対象とする。これらの研究を推進するにあたり、情報処理、認知科学、社会科学、自然言語、計算機科学、計算科学、ロボティクスなどにおける要素技術の進化と、それらのシステムインテグレーションによる知的情報処理システムの構築を目指し、人間と機械が調和したアンビエントな情報社会の実現に向けた異分野融合・連携を推進する。

### 2.3 倫理的・法的・社会的・経済的 (ELSE) 課題

研究領域の英文名「Intelligent Information Processing Systems Creating Co-Experience Knowledge and Wisdom with Human-Machine Harmonious Collaboration」\*2 が述べているように、本研究領域では、単に体験共有知をつくり出すだけでなく、「人と機械のハーモニアス(調和的)な協働」を重視している。これは、機械やクラウド上のアプリが「見る、聞く、話す、考える、動く、判断する」などの機能を代行していくと、人間の知覚・認知能力の許容範囲を超えた認識・誘導・制御が可能になる。これが倫理的・法的・社会的に許容できない問題が起きる場合がある。例えば、「見る」機能は、他人のプライバシーに関わるような、個人的に見られたくない情報まで見過ぎる機能も実現できてしまう。「聞く」機能は、聞いてほしくない情報までも1日中聞くことが可能になる。「話す」機能は、ある人だけに話を止めておいてほしい内容まで、インターネットなどを通じて多くの人々に一度に広まってしまう。「考える」、「判断する」機能も、社会が許容できない考えや判断をエージェントが人や集団に強要するかもしれない。「動く」機能では、自動運転で搭乗者に恐怖や不快を感じさせる運転制御を行うなどがそれらに当たる。

サイバーフィジカル空間では、これらの知が世界中、いつでも、どこでも流通する可能性がある。もちろん、研究者にとっては、このシステムによって、今まで見逃していたデータや利用できなかった大量のデータを用いて、物体認識や音声認識だけでなく医者診断の精度まで飛躍的に向上し、さまざまな状況でも対応できる知的システムができるかもしれない。両方の空間を使って、民主的または合法的な考えや判断を瞬時に実行でき、複雑な交差点での渋滞時の車や横断歩行者との衝突を高度に回避する自動運転制御も可能になる。このように良くなることと悪くなることのトレードオフを、今後、グローバルな視点で国際ルール・ガイドライン・標準化などを

協議していくことが重要になる。日・欧・米の学界や政府機関でもこの問題を重視している\*3。

「調和的」という意味には、もともと相いれないものがぶつかりあって生まれるものとも考える場合がある。「人が機械を知的制御する」といってもよいかもしれないが、「人が機械(システム)によって制御される」という表現にはやや抵抗があるかもしれない。制御ではなく、むしろ「調和する」、「バランスがとれた」という言葉が受け入れられるかもしれない。人間と機械との調和といっても、利用者とそれ以外の人では受容性が異なることがわかっている [Kidokoro 13]。サービスを受ける利用者だけでなく、周辺環境にいるそれ以外の人々のことまで考慮する必要がある。試作段階からさまざまな人々に協力してもらい、機械Aの出力は良いが機械Bの出力は受け入れられないなど、機能分析や多様な協働過程、利用シーンなどを十分に考慮した知的システムの開発が重要である。

もう一点、大事な視点を追加したい。我が国は超高齢社会に突入しているが、退職後も働きたい意欲がある人が多い。状況依存サービスができる知的システムはそのニーズにも貢献できる可能性がある。高齢者や障害者が不足する知識や知恵や認知能力的に衰えてきた部分を補い、彼らの疲れやストレスの状況に応じて知的システムと協働して生まれる労働力を利用して、ネットワークを介した新しい雇用形態が生み出せる。その過程で生まれる体験共有知によって新たな知の流通サービスが生まれ、経済効果が生まれることも視野に入れる必要がある。

## 3. CREST 研究プロジェクト

### 3.1 全体研究プロジェクト

CRESTの研究プロジェクト(PJ)11件の一覧を表1に示す。表1のNo.1~4が2014年度採択、No.5~8が2015年度採択、No.9~11が2016年度採択の研究プロジェクトを示す。本研究領域からサイバーフィジカル空間で生み出されると期待している知識・知恵およびそれらの適用分野を表1にあげた。この中で、山口高平PJ、伊藤孝行PJ、佐藤洋一PJ、鈴木健嗣PJ、長井隆行PJが本特集で詳細な解説を行う。

### 3.2 2014年度採択研究プロジェクト

このプロジェクトは研究を開始して約3年が経っている。

佐藤洋一PJは、複数人がそれぞれの状況に応じて見ているモノやコトの注視情報を集約して、時空間的な体験共有知マップをつくる集合視システムを研究している。街中でカメラを装着した人々が行き交うことによ

\*2 [http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/en/research\\_area/ongoing/areah26-2.html](http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/en/research_area/ongoing/areah26-2.html)

\*3 [http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01iicp01\\_02000062.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01iicp01_02000062.html)

表1 CREST「知的情報処理システム」研究プロジェクト一覧

No.	研究代表者	課題名	生まれる体験共有知(知識・知恵)	適用分野
1	佐藤洋一 (東京大学)	集合視による注視・行動解析に基づくライブバージョン創出	複数人の注視情報(集合視)による集合知	医療・広告・案内支援
2	渡邊克巳 (早稲田大学)	潜在アンビエントサーフェス情報の解説と活用による知的情報処理システムの構築	邪魔にならずに計測できる運動知, 身体知	スポーツ科学
3	鈴木健嗣 (筑波大学)	ソーシャルイメージング: 創造的活動促進と社会性形成支援	自閉症児を含む子供達の社会性形成(社会知)を支援する知的システム構築	自閉症児の社会性形成支援
4	山口高平 (慶應義塾大学)	実践知能アプリケーション構築フレームワーク PRINTEPS の開発と社会実践	さまざまな知識を活用するための共通プラットフォーム構築	接客・案内支援, 教育・授業支援
5	伊藤孝行 (名古屋工業大学)	エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成	SNS上の合意形成支援と自動交渉する社会的合意形成知	選挙・大規模集会・会議等の合意形成支援
6	春野雅彦 (NICT)	社会脳科学と自然言語処理による社会的態度とストレスの予測	SNS言語データ, 生体情報, 行動・脳計測実験からの社会的態度・ストレス知	生活・健康支援, 生活習慣改善
7	長井隆行 (電気通信大学)	記号創発ロボティクスによる人間機械コラボレーション基盤創成	認識情報(パターン)と知識群(シンボル)とを融合する人機械コラボレーション共通基盤	生活支援, 障害者支援
8	金井良太 (株)アラヤ	神経科学の公理的計算論と工学の構成論の融合による人工意識の構築とその実生活空間への実装	主観的感覚, 意思や自発的な推論機能をもつ人工意識モジュール開発	生活支援
9	黄瀬浩一 (大阪府立大)	経験サプリメントによる行動変容と創造的協働	体験共有知	情報検索・流通・通販
10	森嶋厚行 (筑波大学)	CyborgCrowd: 柔軟でスケーラブルな人と機械の知力集約	グローバルクラウドソーシング知	雇用創出, クラウドソーシング
11	長井志江 (NICT)	認知ミラーリング: 認知過程の自己理解と社会的共有による発達障害者支援	認知的自己知	発達障害者支援, 雇用創出

て生まれる一人称視点の集合視, 施設に設置されたカメラが複数人の注視を推定して得られる二人称視点の集合視, 手術シーンにおける医者や看護師らの協働作業における集合視を例にあげる. 一人称・二人称視点は **ELSE** を考慮したシステム設計が必要となるが, 社会受容性がクリアできれば, これまで見逃していた体験共有知を高精度に見える化できる手法を提案しており, 広告・案内サービスなどの適用分野でインパクトを与えることが期待される. 手術シーン解析では, 強い光と手術器具によって, 手術すべき部位に陰ができるため, 陰の効果が和らげるように部位付近の輝度を自動調整する画像処理法などを提案している [佐藤 17].

渡邊克巳 **PJ** は, 機械学習や信号処理などの最先端手法を用いて, 無自覚的な身体動作や自律神経応答から得られる生体情報(潜在的アンビエントサーフェス情報と呼ぶ)を, 非侵襲的かつ非拘束的に計測し解説する技術を開発する. 同時に, 実社会での個人や集団の活動(特に身体運動とそれに関わる認知機能)を認知科学・脳科学的に解明する. 特に, スポーツ競技実践中の個人(集団)の邪魔にならないように心電, 筋電および加速度信号の測定を継続, 生体信号以外の動作などを計測・解析する. 野球投手の投球分布などの記録・解析 [Shinya 17] だけでなく, パラリンピック選手の動的特性, 情動の末梢生理指標と脳波の同時計測および日常会話の双方向同時モニタリング, フロー状態を再現しやすい実験環境の構築と感情と瞳孔反応の関係の解明, 音声フィードバックに

よる感情調整, 姿勢や歩行解析の研究などを進めている. 実験環境も **NTT** コミュニケーション科学基礎研究所「スポーツ脳実験施設」だけでなく, 日本科学未来館(お台場)にも新たな研究サイトを開設し, 後述の黄瀬 **PJ** とのコラボレーションも計画している.

鈴木健嗣 **PJ** は, コミュニケーションが困難な発達障害児などに対して, 自身や他者の行動知覚を支援し, 体験共有できるソーシャルイメージングと呼ぶ体験共有知を追究する. 発達障害児に対して, ソーシャルイメージングを実現し, **ELSI** の問題をクリアするために, 大塚特別支援学校に「ミライの体育館」と呼ぶ体験共有実験システムを設置し, デバイス計測の評価実験を行う [鈴木 17]. 小児らの対面行動を計測する頭部装着型デバイス [蜂須 17] や, 身体接触を検知するプレスレット型機器 [Suzuki 16] も開発した. 小児の身体性を再現するデバイスを活用し, 長井志江 **PJ** が行っている自閉症者知覚シミュレータ(後述)と連携し, 子供の視点で自閉症児の世界を見る装着型デバイスの共同研究も開始した.

山口高平 **PJ** は, ロボットや人工知能などの知的システムが人の業務を調和的にサポートすることによって新たな雇用を生み出すことを狙う. 喫茶店, 居酒屋, ホテルなど「サービス業務」や学校の授業などの「教育業務」をサポートするロボットサービスの実用化・商用化が進んでいる. しかしながら, ロボットサービスが既存業務のサポートができるかは, 知能アプリケーションを開発・更新する効率を飛躍的に向上することが大きな課

題になっている。山口 PJ は、この課題を解決するために汎用的な知能ロボットサービス共進化プラットフォーム PRINTEPS を提案した [山口 17]。喫茶店業務と学校教師の授業（理科実験，社会）をサポートする業務の 2 例を取り上げる。PRINTEPS は、知識処理，画像処理，音声対話制御，ロボット動作制御などの知的処理を扱えるだけでなく，最も工夫している点は，店長や教師などの各業務担当者が見てもわかる「ワークフローエディタ」と呼ぶ，エンドユーザ向けのエディタ環境を開発したことにある。例えば，ロボット喫茶店の入店時挨拶，入店検知，人数確認などの業務プロセス手順をワークフローエディタで作成すれば，これまでの業務手順に合ったものかを店長や店員がチェックできる。このエディタによりワークフローの作成が終了すると，あらかじめ作成された業務ルールとともに，業務プロセス別に PRINTEPS に登録されたソフトウェアモジュールが開発され，Python プログラムが自動生成される。このエディタによって，ロボットを導入した後の業務プロセスの追加・更新が可能になる。システム全体として負荷が重い画像処理と比較的負荷の軽い知識処理とを負荷分散することもできる。教師ロボット連携理科実験では，システムがサポートする配役クラスを教師と生徒の 2 種類に分けて編集することもできる。PRINTEPS の開発評価指標として，実装容易性，再利用性，業務適用拡大，知能共進性などを検討している。

山口 PJ はもう一つ重要な課題を担っている。CREST の 11 プロジェクトで開発している，認知・言語・推論・知識処理などのアプリケーションをモジュール化して，PRINTEPS 上に搭載して再利用できるように他プロジェクトとの連携を密にとっている。特に，伊藤 PJ と連携し，遠隔地にいる複数人の教師が，大規模合意形成支援システム上で意見を交換しながら，教師ロボット連携授業のワークフローの構築・更新・共有化を進めており，長井志江 PJ とは，動作のオントロジーとモジュールとの連携を進め，黄瀬 PJ とは，授業支援ロボットと生徒の集中度測定などを連携し，スマート教室にまで発展させる計画である。

### 3.3 2015 年度採択研究プロジェクト

このプロジェクトは研究開始後 2 年弱しか経過していない。

伊藤孝行 PJ は，サイバー空間と実空間の両方で，大規模な人数の意見集約・合意形成法を追究する [伊藤 17]。SNS では，炎上を防ぎ，大規模合意形成を高速に実現することが喫緊の課題である。サイバーフィジカル空間で大規模人数ゆえに起きる量的・質的問題を参加者が体験共有し，炎上を防ぎ，意見集約や合意形成を促進するための知能処理技術やマルチエージェント技術を開発する。議論構造の共有技術，議論のファシリテーションの支援技術などを研究している。システム側が必要

以上に参加者を煽るようなアドバイスを避けるために，ELSE の考察が重要になる。これまでに，国際会議場（物理空間）と同時に議論支援システム（サイバー空間）とを同時に行うハイブリッド議論（Cyber-Physical 議論支援）を提案し，実際の国際会議（国際会議 AAI@熊本と国際会議 IEEE ICA@松江）において実験し有用性を示した。それ以外にも実験フィールドとして，愛知デザインリーグにおける意見集約，公益社団法人名古屋青年会議所（名古屋 JC）との意見集約，名古屋市の魅力についての大規模意見集約などでも実験している。社会実験では，背景や参加者の動機がさまざまであったため，議論の場に対する参加度や内容の質を向上させるために，新しい方法論（議論とイベントを交互に繰り返す日程を組む，議論の最中にコアタイムを設ける，議論において出されたアイディアに対するランキング表示によるインセンティブ向上策など）も提案している。

金井良太 PJ は公理的計算論と構成論の両アプローチを併用して，人工意識の研究を立ち上げた。学習し続ける認識系に意思・意図・行動機能で修飾する意識の振舞いを情報理論の視点から計算可能にする。公理的計算論として，統合情報理論における情報の統合の指標である  $\Phi$ （ファイ）が現実のシステムで計算できないため，この  $\Phi$  を分析し，情報幾何学の観点から解釈し直して，移動エントロピーや相互情報量との関係を明らかにした [Oizumi 16]。その結果， $\Phi$ （ファイ）の代わりに， $\Phi_G$  という新しい指標を提案し，具体的なシステムでの計算方法を検討している。例えば，ある部屋の環境センシング系が同じ観測量を計測しても，そこにいる人やロボットなどの認識系以外に意思・意図・行動機能で修飾する意識の振舞いも計算可能にする人工意識の研究を進める基盤が明らかになりつつある。

春野雅彦 PJ は，安静時 fMRI，神経線維を調べる拡散強調画像，定量的 MRI，Twitter の言語データに基づいて，人の社会的態度とストレスに関する知（ここでは，ストレス知と呼ぶ）を明らかにする。現在まで，神経科学的視点からは，自己と他者のお金の取り分の格差に対する脳活動パターンから現在と将来（1 年後）のムード（うつ傾向）を予測可能であると同時にこれらが社会的態度と密接に関係することを示した [Tanaka 14]。格差がヒトのストレス状態に大きな意味をもつこと，扁桃体・海馬の脳活動パターンがその個人差に関わること，社会的態度が格差とうつ傾向に影響を及ぼし，その神経基盤として扁桃体・海馬が重要であることを示唆する。

長井隆行 PJ は，自宅やオフィスでロボットが状況に応じて，モノをつかみ，人と話しながらその場所や時間に合った物体の概念を獲得し，クラウド上で複数人から定義された概念の揺らぎを吸収するソーシャルシンボルグラウンディングに挑戦している [長井 17]。ヒューマンロボットインタラクション，人工知能・パターン認識，クラウドロボティクスを中心とする大規模な研究プロ

ジェクトである。そのために、言語指示からロボット行動への変換学習のモデル、場所の概念表現、物体操作を指示する発話の学習法などを提案している。クラウドロボティクス基盤 **rospeex** や、知能ロボットのソフトウェア開発のためのミドルウェアである **ROS** と、バーチャルリアリティのアプリケーション開発のためのミドルウェアである **Unity** をシームレスに統合した **SIGVerse** を公開した。技術評価の場として、ロボカップ@ホームや **World Robot Summit** といった国際的な競技会を利用している。

### 3.4 2016年度採択研究プロジェクト

このプロジェクトは研究を開始してまだ1年以内である。

黄瀬浩一 PJ はさまざまな分野で人々が経験する体験共有知をネットワーク上に流通する知的システムを開発する [黄瀬 16]。流通の媒介になる体験共有知を経験サプリメント (現インターネットのテキストや画像、ストリームでは表現できない、ある人の体験を相手の認知バイアスの違いを考慮して伝え、体験共有を深める補足的な知識・知恵のコンテンツ) と呼び、人から人へ流通する場合の認知バイアスの規格化、経験サプリメントになり得る体験センシング方式、効率の良いサプリメントのとり方 (体験の仕方) の基礎検討を学習、健康、スポーツ・エンタテインメントの3フィールドで基礎実験をスタートした。

森嶋厚行 PJ は知的システムの知識や知恵を **ELSE** にも配慮しながら調和的に活用して新しい雇用形態を促進する可能性にも着目し [森嶋 15]、グローバルクラウドソーシング知に取り組む。自分達に合った知的システムと協働することによって、人の生産性を向上させたクラウドソーシングを「サイボーグクラウド **CyborgCrowd**」と呼び、サイバーフィジカル空間にまたがって新たな分業環境を創出することを狙う。これまでのパソコンや自らの表現力、理解力ではあきらめていた問題を知的システムと協働することで、体験共有知 (知識・知恵) が生まれ、プロダクトの生産性、社会課題解決力を増す方法を開発する。初年度として、人による作業と計算機による作業を組み合わせた統合ワークフロー記法、自然災害時を想定した社会的課題解決を促進するための **CyborgCrowd** ミドルウェアの要件分析、**CyborgCrowd** の基礎理論などを研究する。

長井志江 PJ は、発達障害者本人の認知状態を再構成 (認知ミラーリング) する認知的自己知を知的システムによって見える化する技術を開発する\*4。このシステムの開発によって、本人の認知的自己知を家族や医学療法士などと、その場所や時間で体験共有することが可能になり、両者の体験共有コミュニケーションを促進するこ

とができるようになる。初年度は、**ELSE** を考慮して、認知ロボティクス研究者や発達障害研究者、教育・医療関係者、発達障害当事者とその家族などが集まり、本研究課題の学術的・社会的意義について活発に議論を行った。先行研究も含めて、社会のコンセンサスが取れる装置の開発とそのための研究計画を立案した。自閉スペクトラム症 (ASD) 者の知覚特性の解析とモデル化、ASD 知覚体験シミュレータの開発および当事者・非当事者を対象とした評価実験、自己知を反映した認知ミラーリングロボットの開発と認知特性評価、臨床研究の実施と分析、障害のある方の「働く」をサポートするサービスを展開する株式会社 **LITALICO** と連携したシステム開発を目指す。

## 4. おわりに

**JST CREST** 「人間と調和した創造的協働を実現する知的情報処理システムの構築」研究領域を紹介した。

11件の研究プロジェクトは、研究開始2014年度が4件、2015年が4件、2016年度3件の合計11件である。どの研究プロジェクトも、その時、その場所、その人・集団などの状況に応じたサービス (状況依存サービス、**Situated Services**) を提供できる知的システムを開発している。同時に、倫理的・法的・社会的・経済的課題を考慮して、人と機械がバランス (または調和) のとれた知的システムを設計することにも注意を払っている。

研究プロジェクト間の交流も活発に行われ、若手研究者のスタートアップも4件起きている。**JST** 内の他 **CREST**, **ERATO**, さきがけ, 文科省, **JSPS**, 他省庁などの研究開発プロジェクトとも連携しながら、相乗効果の高い研究開発を推進してくれることを期待する。

## 謝辞

本解説の執筆にあたり、日頃、議論している **JST CREST** 「知的情報処理」の研究代表者をはじめとする研究者、関係者に感謝します。特に、**JST AIP** ネットワークラボ 有川節夫ラボ長に深謝します。

## ◇ 参考文献 ◇

- [蜂須 17] 蜂須 拓, 潘 雅冬, 利根忠幸, バティスト・ブロー, 鈴木健嗣: 赤外線通信により物理的対面を計量するウェアラブルデバイス, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 22, No. 1, pp. 11-18 (2017)
- [IoT 17] IoT 推進コンソーシアム: カメラ画像利活用ガイドブック ver 1.0, 2017年1月, [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000462242.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000462242.pdf) (2017)
- [伊藤 17] 伊藤孝行, 藤田桂英, 松尾徳朗, 福田直樹: エージェントに基づく大規模合意形成支援システムの創成—自動ファシリテーションエージェントの実現に向けて—, 人工知能, Vol. 32, No. 5, pp. 739-747 (2017)
- [Kidokoro 13] Kidokoro, H., Kanda, T., Brscic, D. and Shiomi, M.: Will I bother here? -A robot anticipating its influence on

\*4 <http://cognitive-mirroring.org/>

- pedestrian walking comfort-, *Proc. ACM/IEEE 8th Annual Conf. on Human-Robot Interaction (HRI 2013)*, pp. 259-266 (2013)
- [黄瀬 17] 黄瀬浩一, Augereau, O., Sanches, C. L., 藤好宏樹, 大社綾乃, 山田健斗, Kunze, K., 石丸翔也, Dengel, A.: 様々なセンサを用いた読書行動解析, 教育システム情報学会 2017 年度第 2 回研究会 (2017)
- [森嶋 15] 森嶋厚行: クラウドソーシング~新たな情報コンテンツ創造と社会デザインに向けて~, 情報処理, Vol. 56, No. 10, pp. 978-981 (2015)
- [長井 17] 長井隆行, 岩田健輔, 中村友昭: 記号創発ロボティクスによる人間機械コラボレーション基盤創成, 人工知能, Vol. 32, No. 5, pp. 730-738 (2017)
- [Oizumi 16] Oizumia, M., Tsuchiya, N. and Amaria, S.: Unified framework for information integration based on information geometry, *Proc. National Academy of Sciences (PNAS)*, Vol. 113, No. 51, pp. 14817-14822 (2016)
- [佐藤 17] 佐藤洋一: 集合視によるグループの注視・行動のセンシングと理解, 人工知能, Vol. 32, No. 5, pp. 714-720 (2017)
- [Shinya 17] Shinya, M., Tsuchiya, S., Yamada, Y., Nakazawa, K., Kudo, K., Oda, S.: Pitching form determines probabilistic structure of errors in pitch location, *J. Sports Sci.*, Vol. 19, pp. 1-6 (2017)
- [Suzuki 16] Suzuki, K., Hachisu, T. and Iida, K.: EnhancedTouch: A smart bracelet for enhancing human-human physical touch, *Proc. 2016 CHI Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI 2016)*, pp. 1282-1293 (2016)
- [鈴木 17] 鈴木健嗣: ソーシャルイメーシングの創成, 人工知能, Vol. 32, No. 5, pp. 708-713 (2017)
- [Tanaka 14] Tanaka, T., Yamamoto, T. and Haruno, M.: Amygdala activity in normal subjects induced by the inequity predicts their depressive tendency, *Annual Meeting of Society for Neuroscience. 2014-S-7439-SfN* (2014)
- [山口 17] 山口高平, 森田武史: 統合知能アプリケーション開発プラットフォーム PRINTEPS, 人工知能, Vol. 32, No. 5, pp. 721-729 (2017)

2017 年 7 月 11 日 受理

## 著者紹介



萩田 紀博 (正会員)

1978 年慶應義塾大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年、日本電信電話公社 (現 NTT) 武蔵野電気通信研究所に入所。NTT 基礎研究所などを経て、現在、株式会社国際電気通信基礎技術研究所知能ロボティクス研究所所長、奈良先端科学技術大学、大阪大学、大阪芸術大学各客員教授、慶應義塾大学特別招聘教授、クラウドネットワークロボット、環境知能、コミュニケーションロボットの研究に従事。JST CREST「知的情報処理システム」研究総括。工学博士。IEEE、電子情報通信学会、情報処理学会各会員。