

戦略的創造研究推進事業  
—チーム型研究(CREST)—

研究領域

「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」

研究領域中間評価用資料

研究総括：萩田 紀博

2019年3月



## 目 次

1. 研究領域の概要 .....	1
(1)戦略目標 .....	1
(2)研究領域 .....	5
(3)研究総括 .....	6
(4)採択研究課題・研究費.....	7
2. 研究総括のねらい.....	13
3. 研究課題の選考について.....	23
4. 領域アドバイザーについて.....	28
5. 研究領域のマネジメントについて.....	32
6. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況について.....	59
7. 総合所見 .....	72
参考文献 .....	79
付録 1. ....	83



## 1. 研究領域の概要

本研究領域は 2014 年 2 月 26 日に文部科学省から出された戦略目標に沿って、研究領域を設定した。ここでは、戦略目標、研究領域、研究総括、採択研究課題 11 チームおよびその研究費についての概要を説明する。

### (1) 戦略目標

#### ① 戦略目標名

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

#### ② 達成目標

情報科学技術（知的情報処理技術関連）を中心に、認知科学、ロボティクス（知能・制御系）の学問分野と融合した新たな領域を構築し、人間と機械の創造的協働を実現する統合的な知的情報処理技術を開発するため、以下の目標の達成を目指す。

○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

○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、作業等のメカニズムの解明と技術開発

#### ③ 将来実現しうる重要課題の達成ビジョン

本戦略目標下において、「②達成目標」に記載した研究成果を得られることにより、現在の知的情報処理技術では解明できていない、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や、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、作業等のメカニズム解明と技術開発を行い、それらの技術を統合して新たな知的情報処理技術を創出することを目指す。

本事業終了後に、これらの研究成果を実証的に展開・発展させることで、2025 年頃には、

- ・ 高度な質問応答・助言システム（高齢者支援、個別教育、医師の診断支援 等）
- ・ 高度な意思決定支援システム（専門家の議論支援、政策・制度設計支援 等）
- ・ 自律的ロボット（人間が行う作業の模倣、災害救助、介護者の支援 等）

等の知的情報処理システムを開発することにより、アンビエントな情報社会が構築され、我が国の重要課題である安全かつ豊かで質の高い生活の実現や新たな知の創造、イノベーションによる新産業・新サービスの創出等に貢献することを目指す。

#### ④具体的内容

##### (背景)

複雑化した社会において、人間は多様な情報や価値判断から適切な問題解決や創造活動を行う等、多様な知的活動を行っている。また、認知科学の分野では、人間の知的処理の原理解明が進められており、ロボティクス分野では、課題達成型ロボットの開発・実用化が行われている。

現在の知的情報処理技術の開発では、人間の知的活動を工学的に実現するために、音声認識、自然言語処理等、個別タスクごとに研究開発や音声対話等の研究開発が進んでおり、このアプローチに認知科学やロボティクス（知能・制御系）のアプローチを追加することで、相乗効果を発揮するような協働研究体制が構築できる。また、異分野の研究を融合することにより、イノベーションの創出の期待が高まる。

##### (研究内容)

本戦略目標では、上記達成目標を実現するため、情報科学技術（知的情報処理技術）の研究者を中心に、認知科学、ロボティクス（知能・制御系）の研究者と協働研究体制を構築し、人間と機械の創造的協働を実現する統合的な知的情報処理技術の開発を目指す。具体的には以下の研究を想定する。

##### 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

- ・特定の人間の周辺環境や、対話する人間の行動（相手の態度、声の抑揚、言葉使い等）把握等、非言語の情報により状況を把握する技術の開発
- ・人間が発した言語から多様な意味や解釈を生成し、場の状況や話の流れに基づく推論を加えて理解する技術の開発
- ・対話する人間の特性（性格や習慣等）に基づき、適切な対話を実現するための情報表現生成技術、タイミング制御技術の開発 等

##### 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、作業等のメカニズムの解明と技術開発

- ・対話を通じて曖昧性を減少させ、解決すべき課題を定義する技術の開発
- ・機械が対話で得た情報や Web に存在する情報等に基づき、人間に対し効果的に回答、提案、助言等の解決策を提示する技術の開発
- ・人間と機械の対話プロセスも含めた意味レベルで適応的な振る舞いをする情報システムの開発 等

なお、統合的な知的情報処理技術の開発に当たっては、倫理的・法的・社会的課題に配慮するために、関連する人文社会系の研究者の助言・提案を研究開発段階から取り入れておくこ

とが求められる。

#### ⑤政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）では、「安全かつ豊かで質の高い国民生活の実現」において、「国民生活の豊かさの向上」として、人々の生活における真の豊かさの実現に向けて、最新の情報通信技術等の科学技術を活用した公共、民間のサービスの改善・充実、人々のつながりの充実・深化等、科学技術による生活の質と豊かさの向上に資する取組を推進すると掲げている。さらに、「科学技術の共通基盤の充実、強化」として、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進すると掲げている。

科学技術イノベーション総合戦略（平成25年6月7日閣議決定）では、「世界に先駆けた次世代インフラの整備」において、「次世代インフラ基盤の実現」として、インフラが有機的・効率的に構築され、データや情報が流通・循環し、生活者や企業の潜在的なニーズを取り込むことで、生活者のQOLが向上するほか、企業の経済活動の支援等、生活の豊かさや安全・安心を実感できる社会を目指すとして掲げている。

日本再興戦略－JAPAN is BACK－（平成25年6月14日閣議決定）では、「ITを利用した安全・便利な生活環境実現」において、ビッグデータ等を活用して、安全・便利な生活が可能となる社会を実現するため、関係各府省が連携し、重点課題について、ITを活用分野複合的な解決に取り組むと掲げている。

世界最先端IT国家創造宣言～第二次安部内閣の新たなIT戦略～（平成25年6月14日閣議決定）では、「研究開発の推進・研究開発成果との連携」において、情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進するとともに、イノベーションにつながる様々な先端技術を迅速かつ的確にIT戦略と連携させるため、研究開発を推進すると掲げている。

#### ⑥他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

独立行政法人科学技術振興機構（JST）CREST「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」（平成21年度開始）は、実空間コミュニケーション、ヒューマンインタフェース、メディア処理などの要素技術を融合・統合し、「人間と情報環境の調和」を実現する基盤技術を構築することを目的としている。また、JST さきがけ「情報環境と人」（平成21年度開始）は、ユビキタス・コンピューティングや、ユーザビリティテスト、統計分析など利用現場における知的機能の評価研究、知的機能のネットワークング等を目的としている。一方、本戦略目標は、人間と機械とのインタフェースにとどまらず、人間の知的活動の質向上や人間と機械の創造的協働を実現することや、情報から「知」を取り出し、人間の知的活動を支援するツールや共通的基盤技術の構築することを目指しているものであり、他の関連施策と連携して取り組むことにより、相乗的な効果が期待される。

## ⑦科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

欧州では、EUの第7次研究枠組み計画（FP7）において自然言語解析技術が Work Program の一つにあげられ、関連した取組として言語解析ツールの相互運用や機械翻訳のプロジェクトに年間5000万ユーロ（約65億円）の予算が割り当てられている。

米国では、DARPAにおいて、自然言語処理や画像の深い意味理解技術が重要な目標に位置づけられており、Machine Reading Program（年間2,000万ドル：約20億円）等、大規模な予算が割り当てられている。また、Google、Amazon、Apple、IBM等の巨大IT企業は、世界をITビジネスで圧巻しているだけでなく、情報通信技術においても最先端の研究開発を進め、世界をリードしている状況である。特に、知的情報処理技術の関連では、IBMは質疑応答システム「ワトソン」を開発し、1997年に、当時のチェス世界チャンピオンに勝利し、2011年にはクイズ番組「ジェパディ！」で人間との対戦による総合優勝等の成果を上げている。さらに、IBMは平成26年1月、「ワトソン」の本格的な事業化に向け、10億ドルを投資すると発表した。現在、医師の診断支援システムだけでなく、金融、小売、官公庁等、幅広い業界に応用することを進めようとしている。

我が国においては、知的なICTを実現するための分野融合的な取組として、国立情報学研究所の「ロボットは東大に入れるか」プロジェクトがある。これは人とは独立に機械のみによって東大入試レベルの統合的なAIを実現しようとする試みである。我が国の現在の知的情報処理技術の開発は、人間の知的活動を工学的に実現するために、音声認識、自然言語処理など個別タスクごとの研究開発が進んでおり、知的なICT技術を社会へ適用していくためには、人と機械の創造的協働を実現する人間参加型の枠組みでの研究開発の取組が今後重要である。

知的情報処理技術の研究開発においてこのまま米国や欧州に大きくリードを許し続けられれば、あらゆる科学技術分野において研究開発スピードに後れを取ることになり、我が国の国力にも影響を及ぼすことから、研究開発は一刻の猶予も許されない状況である。

## ⑧検討の経緯

JST 研究開発戦略センター（CRDS）情報科学技術分野の俯瞰活動において、新しい社会的価値を創造するために出現しつつある重要な技術開発として、知的情報処理技術、サイバー・フィジカルシステム、ビッグデータの3項目を抽出した。その後、知的情報処理技術について、核となる有識者によるコアメンバー会議の開催（平成25年4月）等、本戦略目標において取り組むべき内容について議論を進めた。

平成25年7月には、CRDSが国内外からの有識者を集めて本戦略目標に関する科学技術未来戦略ワークショップを開催して、取組内容の詳細化と異分野連携や研究者コミュニティの醸成を図った。本ワークショップにおいて、知的情報処理システム作成、人間と機械の協働、知的活動に関わる人を増やすための人間を刺激するための知のシステムの構築等、複数の提案があった。



本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて策定したものである。

## ⑨留意点

本研究開発の実施に当たっては、個々の研究チームが独立した要素技術の開発に終始することのないよう、統合的な研究体制を形成することが必要である。また、本事業では開発した技術を統合して新たな知的情報処理技術を創出し、本事業終了後に知的情報処理システムの開発を目指していることから、研究開発の成果として、特定分野でのサービスをデモンストレーションできるよう、研究領域を推進していくことが重要である。

## (2) 研究領域

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（2014年度発足）

本研究領域では、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した研究開発を推進する。

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、その時、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、リスクを分かりやすく説明・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、ロボティクス等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・連携に取り組む。

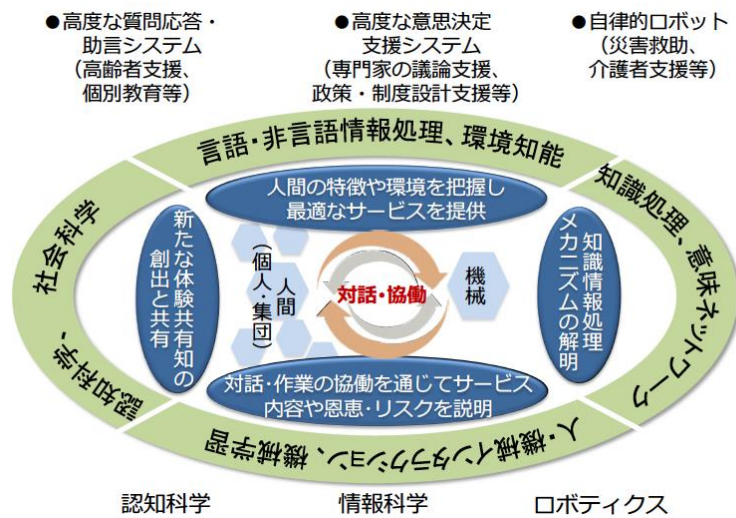


図1 本研究領域の全体像

(3) 研究総括

萩田 紀博 ((株)国際電気通信基礎技術研究所 取締役/知能ロボティクス研究所 所長)

#### (4) 採択研究課題・研究費

本研究領域で採択した研究課題と研究費の一覧を表1に示す。

表1 研究課題と研究費 (百万円)

採択年度	研究代表者	所属・役職 中間評価時（採択時）	研究課題	研究費*
2014年度	佐藤 洋一	東京大学生産技術研究所・教授	集合視による注視・行動解析に基づくライフイノベーション創出	381
	鈴木 健嗣	筑波大学システム情報系・教授（同・准教授）	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	441
	山口 高平	慶應義塾大学理工学部・教授	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	429
	渡邊 克巳	早稲田大学基幹理工学部・教授（東京大学先端科学技術研究センター・准教授）	潜在アンビエント・サーフェス情報の解読と活用による知的情報処理システムの構築	339
2015年度	伊藤 孝行	名古屋工業大学大学院工学研究科・教授	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	343
	金井 良太	(株)アラヤ・代表取締役	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	292
	長井 隆行	大阪大学大学院基礎工学研究科・教授（電気通信大学大学院情報理工学研究科・教授）	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	354
	春野 雅彦	情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター・研究マネージャー（同・主任研究員）	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	254
2016年度	黄瀬 浩一	大阪府立大学大学院工学研究科・教授	経験サプリメントによる行動変容と創造的協働	347
	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（大阪大学大学院工学研究科・特任准教授）	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	331
	森嶋 厚行	筑波大学図書館情報メディア系・教授	CyborgCrowd：柔軟でスケラブルな人と機械の知力集約	313
			総研究費	3,824

\*研究費：2018年12月までの実績値に以降の計画値を加算した金額

本研究領域全 11 研究課題（チーム）の研究費予算総額は 38.24 億円（2019 年 2 月時点）である。2014 年度募集では 1 課題あたりの予算上限を 5 億円程度、2015 年度、2016 年度募集では 3 億円程度と設定したため、1 課題平均の研究費は 3.48 億円である。年度別に異なる上限を設定したため、2014 年度（4 件）の平均が 3.97 億円／課題、2015 年度（4 件）の平均が 3.11 億円／課題、2016 年度（3 件）の平均が 3.30 億円／課題の差として表れている。3 年間 11 課題の採択時の予算合計は 33.30 億円であるが、採択後も、総括裁量経費や AIP ネットワークラボ<sup>1</sup>予算などからチーム内研究加速策、チーム間連携による相互研究加速策、中間評価後の最終目標に向けた研究加速策などで研究費を 4.94 億円増額している（2019 年 2 月時点）。

各研究課題チームのグループ構成を以下に示す。まず、2014 年度採択の 4 チームを紹介する。

#### 佐藤チーム

「集合視」という一人称視点と二人称視点から集められた画像情報を統合し、知識化する野心的な研究チームである。国内 3 グループ、海外 2 グループの合計 5 グループから構成されており、コンピュータビジョン、ユーザインタフェースの世界的な専門家が連携した研究を展開している。集合視のコア技術として世界的に通用する優れた成果を上げ、中間目標を達成した。現在は最終目標に向けて具体的な知的情報処理システムを開発中である。採択時に比べての増額は 61 百万円である。全予算に対する人件費の割合は 58.6%である。

#### 鈴木チーム

理系：筑波大学（筑波大）と文系：慶應義塾大学（慶大）の融合 2 グループで自閉症の子供たちの社会的な対話行動を活性化するという社会的インパクトの高い研究を展開しており、「ソーシャルインタラクションの研究」と名付けた。実証実験を始めるために、「ミライの体育館」と呼ぶ自閉症児の協働作業を促進する体育館施設のシステム構築が不可欠であり、2014 年度、2015 年度に合計 67.5 百万円を増額した。筑波大が大空間床面プロジェクト・マッピングを含む実装システムを大塚特別支援学校の体育館に構築し、慶大が自閉症児の早期発達支援という新しい介入支援法を実証実験している。このため 11 チーム全体で予算額が最大の 441 百万円になっている。中間目標では自閉症児のインタラクションや気づきを促進するためのインタフェースを開発し、これらを用いて最終目標に向けた実証実験を工学・心理学が融合して進めている。採択時に比べての増額は 101 百万円である。全予算に対する人件費の割合は 45.7%である。

#### 山口チーム

知識処理、言語処理、画像認識・理解、対話制御、ヒューマンロボットインタラクション

---

<sup>1</sup> <http://www.jst.go.jp/kisoken/aip/index.html>

(HRI) のグループに分け、それぞれで開発したソフトウェアを統合した知的情報処理プラットフォーム「PRINTEPS (プリンテンプス)」を構築している。2014 年度開始当初は慶大 3 グループと成蹊大学の合計 4 グループでスタートし、2017 年 4 月からロボット対話サービスにおける対話制御機能を強化するため、対話制御グループ (お茶の水女子大学) を追加し、現在 3 大学 5 グループからなる。採択時に比べての増額は 99 百万円である。全予算に対する人件費の割合は 31.7% である。

#### 渡邊チーム

アスリートなどの身体行動特性や精神的なプレッシャーなどを認知科学、スポーツ科学、脳科学的な視点から解明する研究を展開し、国内 3 グループ、海外 1 グループの合計 4 グループから構成される。どのグループも認知科学、脳科学、心理学などの専門家で、アスリートとコーチや、アスリート同士のインターパーソナルなコミュニケーションにおける脳特性の新知見が出る可能性があり、本研究領域が認知科学、ロボティクス、スポーツ科学等の幅広い領域に波及できるかの鍵を握るチームである。現在までに独創性の高い成果を多数出しつつある。アスリートなどの個々の特性を明らかにして中間目標を達成し、最終目標に向けて、様々な分野に展開しつつある。採択時に比べての増額は 9 百万円である。全予算に対する人件費の割合は 52.7% である。

次に、2015 年度採択の 4 チームを紹介する。

#### 伊藤チーム

サイバー・フィジカル空間を併用することでマルチエージェントによる大規模な合意形成を実現する知的システムの研究開発を展開し、国内 4 大学、4 グループから構成される。実空間での参加者の議論だけでなく、オンライン議論システムも見える化する技術などのコア技術を開発し中間目標を達成、最終目標に向けて様々な合意形成シーンでの実証実験を計画している。エージェントの介入に対する倫理的・法的・社会的課題 (ELSI<sup>2</sup>) についてもチャレンジしている。採択時に比べての増額は 63 百万円である。全予算に対する人件費の割合は 51.2% である。

#### 金井チーム

研究代表者がベンチャー企業 (株) アラヤの代表を務め、「人工意識」という新しい概念を理論化することと、人工意識の基本機能を明らかにするための応用研究を展開し、国内 3 グループから構成される。提案時から、統合情報理論 (Giulio Tononi が提案) における統合情報量  $\Phi$  が計算不可能とされているのに対し近似計算法を提案し、ノード数の制限があるものの最初の難関を突破して応用研究に結びつく基本機能の実験システムを立ち上げ、中間目標を達成した。今後、最終目標に向けて、人工意識を持つ機能を空間やエージェント

---

<sup>2</sup> ELSI: Ethical, Legal and Social Issues

に持たせることを計画している。理論研究を含むため人件費の割合が高い。採択時に比べての増額は12百万円である。全予算に対する人件費の割合は73.9%である。

#### 長井隆行チーム

一人暮らしの高齢者などを想定した家庭内での片付けタスクを例題に、ロボットがマルチモーダルに人から道具のクラスを概念形成していくという対話行動によるシンボル・グラウンディングの問題に取り組んでいる。全11チーム中、最大である7グループから構成される。チーム型研究プロジェクトとして、7グループの研究運営を円滑にするためグループを集約し、概念班、信念班、応用班の3班で成果管理を分掌している。一家庭内での片付けタスクの例題に対して概念班が具体的な「ロボットによる概念・言語学習」のアルゴリズムを開発し、信念班が最終目標でクラウド化を実現しやすくするための手法開発、応用班がロボカップやWorld Robot Summit2018による実践的・客観的評価をそれぞれ分担し、中間目標を達成した。今後は複数家庭間の異なる概念クラスのゆらぎをクラウド上で複数のロボットがどのように統合・体験共有していくかなどの実証実験を行っていく。採択時に比べての増額は54百万円である。全予算に対する人件費の割合は47.3%である。

#### 春野チーム

SNS（ソーシャルネットワークサービス）などの利用者に起きる、相手との接し方（attitude）やストレスなどの精神的・心的な変化の特性・メカニズムを明らかにする極めて挑戦的な探索研究を推進している。採択時3グループで研究開始したが、2017年度（開始後1年半）でストレス計測グループ（パナソニック（株））を終了し、人と情報通信機器（機械）との協働作業に見られる対話メカニズム、特にサイバー空間の利用が身体や心に及ぼす影響に的を絞り、現在2グループで研究を実施している。先進的で独創的な成果が出始めてきており、最終目標に向けて、これらの対話メカニズムの解明とストレスやパーソナリティ予測を中心としたマーケティング及びリコメンデーションやいじめ防止への応用にも発展していく。採択時に比べての増額は4百万円である。全予算に対する人件費の割合は50.1%である。

最後に、2016年度採択の3チームを紹介する。これら3チームは2019年度に中間目標を達成する予定である。

#### 黄瀬チーム

音楽、写真、映像動画等の情報共有サイトの次に、体験共有知の流通を起こすためのコア技術開発や具体的な知的情報処理システムのプロトタイプ開発を目指して、「経験サプリメント」と呼ぶ研究開発を推進している。国内3グループ、海外1グループの合計4グループからなる。特に、海外のDFKI（ドイツ人工知能研究センター）とは密な人的交流を行っている。国内「稲見グループ」のリーダーの稲見昌彦（東大）は2017年度からJST ERATO 稲見

自在化身体プロジェクト（2017年10月発足）<sup>3</sup>にも携わっている。ERATOは身体拡張が研究テーマであるが、本CREST研究課題では身体と機械との協働作業が行動変容を引き起こす研究に注力する。現在、経験サプリメントに必要となる機能とそれを満たすコア技術を開発中である。採択時に比べての増額は47百万円である。全予算に対する人件費の割合は45.1%である。

#### 長井志江チーム

発達障害者の認知状況に応じて理学療法士との対話を促進できるように、それぞれの環境状況（駅なか、明るい場所、雑音環境など）に応じて発達障害者の知覚状態を理学療法士や周辺の人と共有できるようになる「認知ミラーリング」と呼ぶ研究を立ち上げている。障害者支援などの東京大学（東大）グループ、発達障害者（当事者）がどのように日常シーンを知覚しているかをロボットやAR（拡張現実感）技術を用いて他の人に理解してもらえるように促進する情報通信研究機構（NICT）グループ、さらにはこれらの現象を神経回路網により説明する国立精神・神経医療研究センター神経研究所グループの3グループから構成される。就職困難者向けの就労サービスや発達障害者向けのポータルサイト運営等を行っている（株）LITALICOとも密に連携協力関係にあり、成果の技術移転、ユーザ集団とのコネクションも持ちながら研究開発を進めている。採択時に比べての増額は31百万円である。全予算に対する人件費の割合は60.0%である。

#### 森嶋チーム

知的情報処理システムの知識や知恵をELSIにも配慮しながら調和的に活用する例題として、人と機械の協働作業による災害時の初期対応、人のスキルを機械が補う「新しい雇用形態」の促進などを研究している。それぞれの人や集団に合った知的システムと協働することによって、人（々）の生産性を向上させる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、理解力では諦めていた問題について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。クラウドソーシングサービスを前提に3グループから構成される。2019年度中の中間目標達成に向けてコア技術開発を進めている。採択時に比べての増額は13百万円である。全予算に対する人件費の割合は65.3%である。

以上、本研究領域は、11チーム全体で表2に示すように42グループ（平均3.8グループ／チーム）、内、海外の研究機関が4グループ（全グループの9.5%）から構成される。

---

<sup>3</sup> <https://www.jst.go.jp/erato/event/2018/0615.html>

表2 研究領域「知的情報処理システム」の11チームとグループ構成

チーム (グループ数)	グループ名 (グループリーダー/所属)						
	グループ1	グループ2	グループ3	グループ4	グループ5	グループ6	グループ7
佐藤 (5)	東大 (佐藤洋一/東大)	慶大 (杉本麻樹/慶大)	MPI (Andreas Bulling/MPII)	CMU (Kris M. Kitani/CMU)	阪大(2017年4月～) (菅野裕介/阪大)		
鈴木 (2)	筑波大学 (鈴木健嗣/筑波大)	慶應義塾大学 (山本淳一/慶大)					
山口 (5)	知識 (山口高平/慶大)	対話 (中野有紀子/成蹊大)	画像 (斎藤英雄/慶大)	対話継続(2017年4月～) (小林一郎/お茶の水女子大)	知的動作(2017年4月～) (高橋正樹/慶大)		
渡邊 (4)	渡邊 (渡邊克巳/早大)	柏野 (柏野牧夫/NTT)	中澤 (中澤公孝/東大)	下條 (下條信輔/California Institute of Technology)			
伊藤 (4)	研究総括 (伊藤孝行/名工大)	合意形成プロセス分析および実践会議応用 (松尾徳朗/首都大学東京)	自動交渉理論およびモデル (藤田桂英/東京農工大)	合意形成知の事例分析・再利用基盤 (福田直樹/静大)			
金井 (3)	金井 (金井良太/アラヤ)	川鍋 (川鍋一晃/ATR)	前川 (前川卓也/阪大)				
長井隆行 (7)	概念班長井 (長井隆行/阪大)	概念班谷口 (谷口忠大/立命館大)	概念班尾形 (尾形哲也/早大)	信念班岩橋 (岩橋直人/岡山県立大)	信念班杉浦 (杉浦孔明/NICT)	応用班稲邑 (稲邑哲也/NII)	応用班岡田 (岡田浩之/玉川大)
春野 (2)	社会脳 (春野雅彦/NICT)	自然言語処理 (進藤裕之/奈良先端大)	ストレス計測(~2018年3月) (森田幸弘/パナソニック)				
黄瀬 (4)	黄瀬 (黄瀬浩一/大阪府立大)	稲見 (稲見昌彦/東大)	塚本 (塚本昌彦/神戸大)	デンゲル(2017年4月～) (Andreas Dengel/DFKI)			
長井志江 (3)	認知ミラーリング (長井志江/NICT)	当事者研究及び障害者支援 (熊谷晋一郎/東大)	計算モデル (山下佑一/国立精神・神経医療研究センター)				
森嶋 (3)	筑波 (森嶋厚行/筑波大)	富山 (井ノ口宗成/富山大)	京都 (田島敬史/京大)				



## 2. 研究総括のねらい

### (1) 戦略目標に対する研究領域の位置づけ

本研究領域では、戦略目標に対する研究領域を位置づけるために、戦略目標の中から表 3 に示す 15 個のチェック項目を抽出し、これらの項目がバランス良く研究領域に配置され技術革新や社会情勢の変化にも柔軟に対応していける研究領域運営を実現する。そのために、次の 2 つの運営方針に分けて、これらを並行して研究領域を立ち上げることにした。

#### 運営方針 1：研究チーム採択を実現するための研究総括方針

3 回（3 年間）の募集・選考で、戦略目標に沿った 15 チェック項目をカバーでき、研究チーム採択を実現する研究総括方針および領域アドバイザー選考方針を示す。

#### 運営方針 2：採択後の研究マネジメント方針

バーチャル研究所（バーチャルラボ）の所長（研究総括）と各室長（研究代表者）が議論しながら、研究チームの研究加速と情報共有策、ヒューマンネット創り、予算管理、中間・最終目標設定、新研究領域の拡張・発展性、波及効果などを高める研究マネジメント方針を示す。

### ① 運営方針 1：研究チーム採択を実現するための研究総括方針

#### 研究総括方針

- ・ まず、募集・選考での運営は、戦略目標の達成目標を満たすため、少なくとも 3 年間の募集を通じて状況に応じた対話（C1）、対話・作業メカニズム（C2）は最も抽出すべき項目と位置づけた。
- ・ 将来実現しうる重要課題の達成ビジョンの「2025 年頃には開発を終える知的情報処理システム」として質問応答・助言システム（C3）、意思決定支援システム（C4）、自律的ロボット（C5）を抽出した。
- ・ 戦略目標の「④具体的内容」では、知的情報処理技術に「認知科学、ロボティクス等との協働研究体制（C6）」が加わることの重要性が指摘されているため、項目に追加した。
- ・ 「倫理的・法的・社会的課題（Ethical, Legal, and Social Issues, ELSI）に配慮するために、関連する人文社会系の研究者の助言・提案を研究開発段階から取り入れておくこと」という指摘は、研究総括が 2002 年頃から商業施設、学校、科学館、駅などの実証実験で強く感じていた点であるため、知的情報処理システムの社会実装において、本研究領域の開発で最も考慮すべき項目「ELSI（C7）」として位置づけた。特に、2014 年度はサイバー・フィジカル空間の様々なサービスが生まれようとしている時期であり、ELSI の視点<sup>1)</sup>からすれば、フィジカルな安全だけでなく、インターネットなどのサイバーセキュリティも考慮した知的情報処理システムの開発が前提となる。

- ・ 戦略目標の「⑤政策上の位置付け」について、状況に応じた対話 (C1)、対話・作業メカニズム (C2) の要件を満たす研究課題が、同時に、「認知科学、ロボティクス等との協働研究体制」(C6) の下で人々のつながりの充実・深化 (C8)、安全・安心 (C9) の要件も満たすことを考慮して、これらを要件に加えた。
- ・ **IT 戦略との連携 (C10)** は採択後に政府 (内閣府) のその時々重点課題に合わせて、本研究領域で切り出せるものを切り出していくという考え方で、「採択後の研究領域運営」に反映すべき項目として抽出した。特にイノベーションについて、研究領域運営で、これまで ICT 関連の CREST ではあまり主体的に進めていなかったスタートアップ支援やベンチャー投資に関する教育的指導や研修を行うことも含めて計画した。
- ・ 戦略目標の「⑥他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い」は、本研究領域を立ち上げるにあたって、先行する優れた領域運営を参考にすることは極めて重要である。そこで、**他 CREST 等連携 (C11)** を抽出した。戦略目標に示された次の研究領域との連携活動を実施することを計画した。
  - CREST「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」(2009 年度～2016 年度) 研究総括：西田豊明 京都大学大学院情報学研究科教授、前研究総括：東倉洋一 国立情報学研究所副所長／教授 (～2013 年 12 月)
  - さきがけ「情報環境と人」(2009 年度～2011 年度) 研究総括：石田亨 京都大学大学院情報学研究科教授
 さらに、直近で先行していた次の研究領域との連携活動も実施することを計画した。
  - CREST・さきがけ複合研究領域「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化」 研究総括：喜連川優 国立情報学研究所所長／東京大学生産技術研究所教授
  - CREST「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化」 研究総括：田中譲 北海道大学名誉教授
 これらの連携は研究課題決定後に活動することとした。
- ・ 戦略目標の「⑦科学的裏付け (国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等)」については、提案される研究課題の内容が世界水準から見てどのレベルにあるかを個別で見極める必要があるため、**研究の必要性・喫緊性 (C12)** としてチェック項目に加えた。
- ・ **CRDS<sup>4</sup>との連携 (C13)** について、これまでの情報科学技術分野の俯瞰活動とともに、新しい社会的価値を創造するために出現しつつある重要な技術開発として、知的情報処理技術、サイバー・フィジカルシステム、ビッグデータの 3 項目を検討した経緯を踏まえて、本研究領域と連携を密にするためにチェック項目に加えた。

<sup>4</sup> CRDS : Center for Research and Development Strategy、JST 研究開発戦略センター

- ・ 戦略目標の「⑨留意点」に書かれた、**統合研究体制 (C14)** はチーム型研究プロジェクトで最も大事な研究マネジメントで、個々の研究チームが独立した要素技術の開発に終始することのないよう、研究チーム間のシナジー効果を生むように研究代表者やサブリーダーに常に念頭においてもらうために極めて重要な項目である。
- ・ **サービスデモ (C15)** は知的情報処理システムが 2025 年頃に社会に実装されていくことを見越せば、本研究領域の最終段階までには実用化イメージの抱ける端的な方法として、サービスデモは不可欠であるため項目に加えた。

#### **領域アドバイザー選考方針**

表 3 に抽出した上記 15 項目をカバーできる領域アドバイザーを選ぶ。一般に同じ専門分野でも領域アドバイザーの興味が微妙に異なるため、できるだけ各チェック項目が 2 人以上の領域アドバイザーによって専門性がカバーされるように選考した。具体的な領域アドバイザーは「4. 領域アドバイザーについて」で述べる。

表3 本研究領域で実現すべき戦略目標のチェック項目 (C1~C15)

①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	チェック項目番号	キーワード
②達成目標		
○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	C1	状況に応じた対話
○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、作業等のメカニズムの解明と技術開発	C2	対話・作業メカニズム
③将来実現しうる重要課題の達成ビジョン		
2025年頃には、次のような知的情報処理システムを開発する		
・高度な質問応答・助言システム（高齢者支援、個別教育、医師の診断支援 等）	C3	質問応答・助言システム
・高度な意思決定支援システム（専門家の議論支援、政策・制度設計支援 等）	C4	意思決定支援システム
・自律的ロボット（人間が行う作業の模倣、災害救助、介護者の支援 等）	C5	自律的ロボット
④具体的内容		
(背景)：現在の知的情報処理技術に認知科学やロボティクス（知能・制御系）を追加 (研究内容)：情報科学技術（知的情報処理技術）を中心に、認知科学、ロボティクス（知能・制御系）の研究者と協働研究体制を構築	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制
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 ・特定の人間の周辺環境や、対話する人間の行動（相手の態度、声の抑揚、言葉使い等）把握等、非言語の情報により状況を把握する技術の開発 ・人間が発した言語から多様な意味や解釈を生成し、場の状況や話の流れに基づく推論を加えて理解する技術の開発 ・対話する人間の特性（性格や習慣等）に基づき、適切な対話を実現するための情報表現生成技術、タイミング制御技術の開発 等	C1	状況に応じた対話
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、作業等のメカニズムの解明と技術開発 ・対話を通じて曖昧性を減少させ、解決すべき課題を定義する技術の開発 ・機械が対話で得た情報やWebに存在する情報等に基づき、人間に対し効果的に回答、提案、助言等の解決策を提示する技術の開発 ・人間と機械の対話プロセスも含めた意味レベルで適応的な振る舞いをする情報システムの開発 等	C2	対話・作業メカニズム
倫理的・法的・社会的課題に配慮するために、関連する人文社会系の研究者の助言・提案を研究開発段階から取り入れておくこと	C7	ELSI
⑤政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）		
第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）		
最新の情報通信技術等の科学技術を活用した公共、民間のサービスの改善・充実、人々のつながりの充実・深化等、科学技術による生活の質と豊かさの向上に資する	C8	人々のつながりの充実・深化
複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制
科学技術イノベーション総合戦略（平成25年6月7日閣議決定）		
生活者のQOLが向上するほか、企業の経済活動の支援等、生活の豊かさと安全・安心を実感できる社会を目指す	C9	安全・安心
世界最先端IT国家創造宣言～第二次安倍内閣の新たなIT戦略～（平成25年6月14日閣議決定）		
情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進するとともに、イノベーションにつながる様々な先端技術を迅速かつ的確にIT戦略と連携させる	C10	IT戦略との連携
⑥他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い		
CREST「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」（平成21年度開始）およびさがけ「情報環境と人」（平成21年度開始）との連携	C11	他CREST等連携
⑦科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）		
	C12	研究の必要性・喫緊性
⑧検討の経緯		
JST研究開発戦略センター（CRDS）情報科学技術分野の俯瞰活動において、新しい社会的価値を創造するために出現しつつある重要な技術開発として、知的情報処理技術、サイバーフィジカルシステム、ビッグデータの3項目を抽出・検討の結果を踏まえて策定したもの	C13	CRDSとの連携
⑨留意点		
個々の研究チームが独立した要素技術の開発に終始することのないよう、統合的な研究体制を形成することが必要	C14	統合研究体制
特定分野でのサービスをデモンストレーションできるよう、研究領域を推進していくことが重要	C15	サービスデモ

## ② 運営方針 2：採択後の研究マネジメント方針

バーチャルラボは、所長（研究総括）と各室長（採択された研究代表者）から構成される。チーム型研究プロジェクトである CREST の研究マネジメントは、様々な大学、研究所や企業からの研究者が連携・協力して、チーム型の研究プロジェクトを推進することにある。

チーム型研究プロジェクトの研究マネジメントのポイントは、人（研究人材確保、人材育成と人脈拡大）、モノ（研究のアウトプット・アウトカムを最大化する）、金（研究プロジェクトを加速するために必要な予算の確保・獲得）、情報（社会的インパクトを最大化する情報発信策）である。

CREST では、これまでは採択チーム別の研究進捗管理を研究総括がマネジメントすればよい場合が多かったが、本研究領域では、戦略目標で設定された 15 項目が多岐に亘る研究分野（知識情報処理、認知科学、ロボットなど）であることや ELSI などの社会的受容性の課題も扱うため、チーム内研究マネジメントだけでは見落とし項目が多いだけでなく研究領域のチーム間相乗効果がまったく生まれない可能性がある。そればかりか、アウトプット・アウトカムとしての適用領域も狭くなる可能性が高い。そこで、これまでの研究総括の研究所マネジメントの経験に基づいて、人、モノ、金、情報を意識したバーチャルラボの研究環境創りに着目した。

人：

- ・ 若手研究代表者（女性含む）の増加策
- ・ 各チームの研究代表者、サブリーダー（研究分担者）、若手研究者、学生などの人材育成
- ・ チーム内だけでなくチーム間のコラボレーションを生みやすくする研究環境作り
- ・ 国際水準レベルを高める国際的ヒューマンネットワーク（人脈）を拡大する環境作り

モノ：

- ・ 各チームで開発される様々な最先端コア技術をチーム間でシェアして、他のチームで再利用できる仕組み作り
- ・ 他チーム（バーチャルラボの研究室）で実現しつつある知的情報処理システムを共有しながら自らのチームのアウトプット、社会的インパクトを最大化する方法
- ・ 国内外の動向を反映した社会的インパクトのある中間・最終目標設定

金：

- ・ 加速すべきチームに追加予算を割り当てる合理的な判断基準
- ・ チーム研究加速、研究領域の拡大を目指して、チーム内（間）コラボレーション、若手育成のための研究予算（追加分）確保
- ・ 研究領域間、国内外の研究者とのコラボレーションの活性化

情報：

- ・ チーム（内）間の相乗効果が出る本研究領域全体成果の見える化施策
- ・ 複数チームによる国内外のワークショップ、シンポジウム企画・運営
- ・ 研究チームの研究加速とバーチャルラボ全体の情報共有策

- ・ 国内外のヒューマンネットワーク拡大策
- ・ 本研究領域の拡張・発展性、波及効果などを高める情報発信策の立案・実行策

## (2) 研究領域で実現をねらったこと、研究成果として目指したこと

### ①ELSI を考慮した研究領域名の決定

本研究領域名「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」の中の「人間と調和したシステム」という点を重要視した。特に、国際的に認知される研究領域名にするために、本戦略目標のチェック項目をもれなく反映した英文名を検討した。

戦略目標⑧で述べられたように、2013年7月に、CRDSが国内外からの有識者を集めて本戦略目標に関する科学技術未来戦略ワークショップを開催して<sup>2)</sup>、取組内容の詳細化と異分野連携や研究者コミュニティの醸成を図った。本ワークショップにおいて、知的情報処理システム作成、人間と機械の協働、知的活動に関わる人を増やすための人間を刺激するための知のシステムの構築等、複数の提案があった。このように、2014年当時、CRDSでは「知のコンピューティング」に関する議論がなされ、知のシステムとして、**状況に応じた対話(C1)**、**対話・作業メカニズム(C2)**によって得られる新たな知の流通を想定して、体験共有知(知識や知恵)を抽出し、検索可能な形に構造化し、流通できる知的情報処理システムの開発を目指した。

その場合に、戦略目標の「④具体的内容」に述べられた倫理的・法的・社会的課題(Ethical, Legal, Social Issues):**ELSI(C7)**を考慮する必要があった。特に、**状況に応じた対話(C1)**ができるということは相手のプライバシーに関わる情報まで特徴抽出して、的確なアドバイスをするということであり、知的情報処理システムが、今まで観測できなかった人や人々の内面・内心までもセンシングする機能や彼らに介入してアドバイスすることができるので、設計段階からこのELSIを考慮したシステム開発が要求される時代がきていることを意味している。

これらの点を考慮して、この領域名の英文名は「Intelligent information processing systems creating co-experience knowledge and wisdom with human-machine harmonious collaboration」と名付けた。「human-machine harmonious collaboration」の中に、戦略目標の「④具体的内容」の、倫理的・法的・社会的課題(Ethical, Legal, Social Issues: ELSI)を考慮した。2016年度に最終年度を迎えたCREST研究領域「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」(2009年度～2016年度)の英文名「Creation of human-harmonized information technology for convivial society」では、元々、人と調和していない状態が調和するようになるという意味を込めた「harmonized」であるのに対して、本研究領域では、人と機械(知的システム)との間に調和関係が生まれるように設計段階からELSIにチャレンジできる研究者の育成を目指した。

2016年には、研究領域会議の皆の意見を反映して、次のような研究領域のLogoも作成

した。裏面のH（人間）とM（機械）はサイバー、表面はフィジカルを表し、サイバー・フィジカル空間の人間と機械の協働を反映させた。



図2 本研究領域のロゴ

## ②戦略目標を反映した研究領域の創成について

募集した研究領域の概要および研究総括方針と戦略目標から抽出した15チェック項目との対応関係を表4に示す。

募集した**研究領域の概要（A1～A6）**には、戦略目標から抽出した**状況に応じた対話（C1）、対話・作業メカニズム（C2）、認知科学、ロボティクス等との協働研究体制（C6）**が反映されている。募集・選考・研究領域運営にあたっての**研究総括の方針（A7～A21）**と、それぞれの方針に対応して、戦略目標の**C1からC15**で対応する項目を示す。表から研究領域の概要および研究総括方針には、戦略目標から抽出されたすべての項目が反映されていることがわかる。この方針によって、研究領域の概要および研究総括方針を情報発信して、2014年度～2016年度の3年間、募集をかけた。

これによって創成される研究領域は、戦略目標のC1からC15を反映し、社会的インパクトは、提案・設計段階から「**ELSIを考慮した状況依存サービス（ELSI-Aligned Situated Services）**」という新しい流通市場を生み出すコア技術と知的情報処理システムの研究開発分野を創ることにある。

## ③期待される成果について

期待される成果は、次の3点に集約できる。

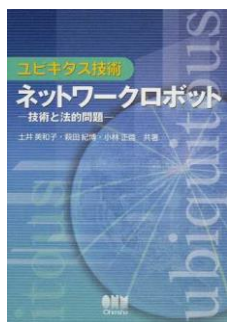
- (i) Beyond Words<sup>3)</sup>
- (ii) End of Disability<sup>4)</sup>（またはAugmented Human）
- (iii) ELSIを考慮したシステム<sup>5),6)</sup>

戦略目標の**状況に応じた対話（C1）、対話・作業メカニズム（C2）、認知科学、ロボティクス等との協働研究体制（C6）**が反映されることによって生まれる成果の実現イメージは、IEEE Spectrum 2014年に書かれた(i) Beyond Wordsおよび(ii) The End of Disability（またはAugmented Human）の未来像に近い。すなわち、「人と調和して協働作業ができる知的情報処理システム」は、見る、聞く、話す、考える、判断する、動くなどの人間が本来持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、サービス提供等）することによって生まれる体験共有知（知識・知恵）を創り出し、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、表情、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る。Words で検索する時代から Beyond Words の時代に入る。このシステムは利用者の幅も飛躍的に拡げることになる。認知科学、ロボティクス、脳科学などの研究者がコラボレーションすることで、「The End of Disability」（障害者という言葉がなくなる）に代表されるように、人と機械がハーモニアスに協調しながら、障害者の方も健常者と今まで以上にコミュニケーションが取れるようになり、結果として障害者という言葉が使われなくなる時代が来る。一方では、Disability というよりも人間そのものがロボットや AI によってサイボーグ化する Augmented Human が社会に導入されていく研究をこの領域は創り出すのだと研究総括は考えている。

しかしながら、(i)、(ii)だけでは社会的受容性が満たされない。そこで、募集の説明会では図3のような ELSI 関連資料を紹介した。図3(a)は研究総括（萩田）らが2007年に発行した ELSI の書籍<sup>5)</sup>で、図3(b)は EU FP7 で検討された RoboLaw<sup>6)</sup>の ELSI 検討プロジェクトに関する調査資料である。本研究領域によって、少なくとも、(iii)の ELSI を考慮した状況依存サービス実現のコア技術や人間の認知特性が明らかになると期待している。

**ユビキタス技術 ネットワークロボット**  
**—技術と法的問題—**  
**土井美和子・萩田紀博・小林正啓 共著**  
**オーム社（2007）**



(a)

**RoboLaw (FP7)**

Regulating Emerging Technologies in Europe:  
 Robotics Facing Law and Ethics 2012-2014



THE ROBOLAW PROJECT HAS CONCLUDED IN MAY 2014. THE DOCUMENT ENTITLED 'GUIDELINES FOR REGULATING ROBOTICS' WILL BE OFFICIALLY RELEASED ON SEPTEMBER 22nd, 2014 AND WILL BE AVAILABLE FOR DOWNLOAD FROM THIS WEB-SITE

(b)

図3 募集説明会で紹介した ELSI に関する文献<sup>5),6)</sup>



表4 研究領域概要・研究総括方針と戦略目標から抽出した15項目の対応表

募集した研究領域の概要		対応する戦略目標のチェック項目	
		チェック番号	キーワード
募集項目番号			
A1	本研究領域では、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した研究開発を推進します。	C2	対話・作業メカニズム
A2	具体的には、		
A3	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、その時、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	C1	状況に応じた対話
A4	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、リスクを分かりやすく説明・表現できる技術		
A5	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	C2	対話・作業メカニズム
A5	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します。		
A6	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、ロボティクス等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・連携に取り組みます。	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制
募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針			
(1) 背景			
A7	情報通信技術(ICT)は人々の暮らしや企業活動に変革をもたらし、ソーシャルメディアやスマートシティのように新しい社会の仕組みや人間の生活様式・知的活動環境を変えつつあります。同時に、ICTが社会に浸透すればするほどインターネットやモバイル端末、センサーなどから発生する情報は増え続けるために、我々がそこから得られる知識をうまく活用できないという問題や新たに生み出された知識の社会的・法的受容性などの新たな問題を引き起こします。	C7	ELSI
A8	センシング技術も、これまでのように人がキーワードを入力してインターネットを検索するだけでなく、我々が街中で行動するだけで、または機械にジェスチャー動作や対話をするだけで、機械と情報をやりとりできるようになってきています。機械自身も膨大な情報量を高速に処理する技術や、膨大な知識から質問応答が出来るほど知的処理能力が向上しています。	C3	質問応答・助言システム
A9	そこで、これからの知的情報処理は、人間と機械が協働することによって、増え続ける大量の知識の新しい活用方法やこの協働過程から得られる新たな知識(体験共有知など)の活用方法を研究開発することによって、個人や集団の知的活動が飛躍的に向上することが期待されます。	C2	対話・作業メカニズム
(2) 求められる研究			
A10	本研究領域では、個々の要素技術の研究・発展ではなく、社会が受け容れる知的情報処理という視点にも着目して、情報科学や認知科学、社会科学、ロボティクスなどの関連分野の研究を融合することを前提とします。この前提のもとで、人間社会と調和のとれた知的情報処理システムを研究開発し、インターネット環境を含む実環境で実証することを目指します。	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制
A11	知的情報処理システムが適用される対象として、次のようなサービスを想定しますが、必ずしも、これらに限定されることはありません。 ・高齢者/障害者の生活支援、個別教育・学習支援、医療診断支援、生活習慣指導、専門家の議論支援、政策・制度設計支援等	C3, C14	質問応答・助言システム、安心安全
A12	知的情報処理システムの構築に求められる要件と関連技術・分野の具体例を以下に示しますが、これに限定されることなく様々な分野からの革新的・挑戦的な研究開発の提案を期待します。提案内容には、なぜその研究が必要なのか、社会へのインパクト、人間社会と調和するために倫理的・法的・社会的な視点で考慮した点、中間・最終目標で実現するシステムのイメージや数値的な目標などを含むことが望まれます。	C7, C8, C13, C15	ELSI, 人々のつながりの充実・深化, CRDSとの連携, サービスデモ
A13	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自律的・半自律的に把握し、その時・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： メディア認識・理解、自然言語理解、マルチモーダルインタフェース、空間状況認識、センサーネットワーク、環境知能等	C1, C5	状況に応じた対話、自律的ロボット
A14	単なる知識の検索や提示ではなく、機械が提供するサービスを個人・集団が意思決定しやすいように、対話や作業などの協働過程を通じて、サービスの内容や利用者への恩恵やリスクを分かりやすく見える化する技術： ビッグデータ分析、可視化、人・機械インタラクション、社会行動モデル、シミュレーション、機械学習、推論、予測等	C2, C4	対話・作業メカニズム、意思決定支援システム
A15	個人・集団と機械が調和的に協働することによって、現在のWebサービスでは利用できないような人と機械の新たな体験共有知を創出し、それらを情報共有する技術： 知識処理、オントロジー、意味ネットワーク、ソーシャルマイニング、クラウドソーシング等	C2, C4, C5	対話・作業メカニズム、意思決定支援システム、自律ロボット
A16	研究に必要な知的情報処理メカニズムの解明 認知科学、社会科学、脳・神経科学、数理学等	C2	対話・作業メカニズム
(3) 研究実施体制			
A17	本研究領域はチーム型研究であるCRESTで実施し、インターネット環境を含む実環境での実証を視野に入れて総合的に取り組みます。領域アドバイザーには、情報科学、認知科学、ロボティクス等に関わる研究者や産業界有識者を中心に人文社会科学系の専門家等も加えた体制を想定しています。	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制
A18	研究期間は原則5.5年とし、以下のような研究チームからの応募を期待します。選考時に知的情報処理システムの構築という観点からバランスや組合せを考慮する可能性があります。	C10	IT戦略との連携
A19	・実環境での実証を踏まえた統合研究チーム体制 ・研究成果の価値具現化や実社会への普及加速に向けた産業界との共同研究チーム体制	C7, C17	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制、統合研究体制
A20	なお、この分野で魅力的な成果や実績を出しつつある若手研究者の応募も大いに歓迎します。		
(4) 他の研究領域との連携・協働			
A21	分野横断のワークショップ開催や、海外研究者・プロジェクトとの国際シンポジウム開催など、国内外の様々な関連分野の研究活動との連携・協働を積極的に促進します。関連するCRESTやさきがけ研究領域との連携を図っていきます。倫理的・法的・社会的問題への配慮から、人文社会科学分野の専門家も含めたワークショップなども開催していきます。	C11, C12, C13	他CREST等連携、研究の必要性・喫緊性、CRDSとの連携

### (3) 科学技術の進歩への貢献や科学技術イノベーション創出に向けて目指したこと、等

戦略目標の15項目には含まれないが、研究総括として募集時に考慮しなかった項目として表4に黄色で示した「**若手研究者の応募も大いに歓迎 (A20)**」がある。今までのCRESTで採択される研究代表者の多くはシニアの研究者になる傾向が強かったが、若手研究者の時からチーム型研究開発における、人（チームワーク）、モノ（研究成果）、金（予算運用）、情報発信（要素技術とシステムのアピールの仕方を使い分けるなど）の運営を経験することが極めて重要であると考えたためである。戦略目標の「⑤政策上の位置付け」の「**IT 戦略との連携 (C10)**」に書かれた「情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進するとともに、イノベーションにつながる様々な先端技術を迅速かつ的確にIT戦略と連携させる」を実践できる若手研究者を育成することを、研究総括の重要なミッションとしてA20を追記した。これによって、若手の研究代表者が増え、30代後半からチーム型研究プロジェクトの運営に携わり、我が国の国家的研究プロジェクトや大型投資プログラムをマネジメントできる研究者を育成することができる。本研究領域を推進する過程では本人たちが問題にぶつかって混乱し、研究総括や領域アドバイザーがメンタリングして、成功に導いていく。もちろん、A20には若手女性研究者が研究代表者になることも含んでいる。

もう1つの視点は、戦略目標の**抽出した状況に応じた対話 (C1)**、**対話・作業メカニズム (C2)** が実現すれば、サイバー・フィジカル空間にELSIも考慮した新しいサービス、とりわけ状況に応じて提供する知や対話内容を変えられる「**ELSIを考慮した状況依存サービス ELSI-Aligned Situated Services**」が生まれ、個々の知財やプライバシーを守りながら個人情報や集団での体験共有知を活用することや、これまでコミュニケーションが難しかった人同士の対話活動が活発になり、雇用創出や大規模な合意形成などの適用分野にこのシステムやサービスが導入されることを期待する。

### 3. 研究課題の選考について

#### (1) 研究課題の選考方針、及び選考結果

選考方針として、CREST の各研究領域に共通の選考基準「戦略目標の達成に貢献する、研究領域の趣旨に合致する、独創的であり国際的に高く評価される基礎研究であって、今後の科学技術イノベーションに大きく寄与する卓越した成果が期待できること」およびチーム型研究の特長、戦略目標の要件（抽出した 15 項目）を重視して、書類選考、面接選考では以下の 8 項目の観点で評価することにした。提案書の最初にこれらの項目に対する概要を書いた要約 2 頁に以下の①～⑧を記載してもらった。ここで、⇒の右の数字は、本資料の関連する項番または表番号を示す。

#### 【選考基準】

- ① 研究の必要性が明確で社会的にインパクトがあるか ⇒ 6. (2) (3) (4)
- ② どんな場所で動く知的情報処理システムか ⇒ 6. (4)
- ③ 学術的に優れたコア技術、新概念の提案か〈新規性・独創性〉 ⇒ 6. (2) (3)
- ④ 各分野で実績をあげた研究者等が集まるチーム体制か ⇒ 5. (1) (2)
- ⑤ 人間社会と調和するために倫理的・法的・社会的な視点を考慮しているか ⇒ 表 3  
表 4 表 6 表 8
- ⑥ 合理的な予算と研究期間か ⇒ 5. (3)
- ⑦ 従来技術と比較しても挑戦的で具体的な目標か ⇒ 6. (3)
- ⑧ オープンソースソフトウェア (OSS)、国際標準化等の国際的 (グローバル) に通用するアウトカムが見込めるか ⇒ 6. (4) (5)

#### ・「研究の必要性」

なぜこんな研究をするのか？その成果は何に役立つのか？という問いは、研究開発の判断をする場合の必須の項目である。研究の必要性を提案書の冒頭にできるだけ簡潔に書いてもらうように募集説明会でお願いした。社会的インパクトについても出来る範囲で記載をお願いした。特に、戦略目標から抽出した状況に応じた対話 (C1)、対話・作業メカニズム (C2)、研究の必要性・喫緊性 (C12) を満たすことが望ましい。

#### ・「どんな場所で動く知的情報処理システムか」

「2. 研究総括のねらい」でも述べた通り、この知的情報処理システムは、インターネット環境を含む実環境 (サイバー・フィジカル空間) で実証することを目指している。人と機械が面と向かって対話するような状況だけではなく、インターネットを介して遠隔対話する、体験するなどの実現イメージを明確にするために、この条件を入れた。戦略目標のチェック項目 C5 から C7 に対応している。

公共の施設であれば、開発したシステムが社会的に受け容れられるかという ELSI の問題

をクリアしなければ社会導入は難しくなる。医療現場での利用を考えた場合に医師や患者、患者の家族との合意の下で行う手術シーンを想像しても、知的情報処理システムの仕様を設計段階から考慮する必要がでてくる。

・「学術的に優れたコア技術、新概念の提案か〈新規性・独創性〉」

同一の研究テーマであっても、解き方は人様々である。その研究プロジェクトのアウトプットを測る尺度として、知的情報処理システムの研究開発を支える学術的に優れたコア技術または新概念の提案が新規性、独創性の基本になる。

・「各分野で実績をあげた研究者等が集まるチーム体制か」

CREST の各研究領域に共通の選考基準として、戦略目標から抽出した「**統合研究体制 (C14)**」の項目を反映した。これまでとは異なる分野でチームを組む場合、それぞれの分野での過去に研究実績をあげた研究者等が集まるチームを優先することにした。

・「人間社会と調和するために倫理的・法的・社会的な視点を考慮しているか」

戦略目標の **ELSI (C7)** を反映した提案が集まるように、本条件を加えた。従来の CREST の採択条件に ELSI を記載した例はなく、本研究領域独自の条件であった。

ELSI にどのようにチャレンジして知的情報処理システムを構築するかは現実問題として重要である。たとえば、人々の行動を開発したセンサーで勝手に収集しても構わないか？ロボットと話した内容が知らぬ間にネットを経由して、まったく知らない他人にその内容が知られてしまった、などの問題は設計段階から一次利用とそれ以外の二次利用までも考慮しておく必要がある。2014 年度当時はそのガイドラインがほとんどない状態であった。募集説明会において、研究総括らがこの問題を取り上げた本「ネットワークロボットー技術と法的問題ー」<sup>5)</sup>、および RoboLaw<sup>6)</sup>を紹介して、ELSI を記述できないために募集を諦めることの無いように心がけた。

・「合理的な予算と研究期間か」

予算の上限を 5 億円と書くと、その提案書に予算の上限値と研究期間 5.5 年（最大年）をそのまま書いてくる一般的傾向があるため、本研究領域では提案書段階から合理的な予算額を明記してもらうことにした。2014 年度の募集は上限が 5 億円程度、2015 年度、2016 年度の募集では、上限を 3 億円程度に設定した。

・「従来の技術と比較しても挑戦的で具体的な目標か」

「知的システムを構築する」や「知的システムの確立が目的である」というあいまいな記述の提案が多いため、具体的な数値目標や、システム構成が具体的であるものを優先することにした。戦略目標から抽出した「**サービスデモ (C15)**」の項目を反映した。中間目標および最終目標で知的情報処理システムが従来の技術に比べて、どのくらい優れているかが客観的にわかるデモシステムの仕様、チャレンジ・コンテストなどのイベント企画などを記載してもらった。数値目標の設定が難しい場合には、システムを構成する機能要素を書くのも

良いとした。

・「オープンソースソフトウェア（OSS）、国際標準化等の国際的（グローバル）に通用するアウトカムが見込めるか」

知的情報処理システムの研究開発で生まれる成果で社会への普及に貢献できるアウトカムを明記してもらった。開発中のβ版のシステムやソフトウェアを広く社会や他研究機関に利用してもらい、オープンソースソフトウェアとして開発することや特定のユーザ協議会やユーザ団体に利用してもらい ELSI のガイドラインを作成する、提案するシステムの普及に貢献するアウトリーチ活動なども記述してもらった。国際標準化活動に参画し、ロボカップなどのロボットコンテストで上位入賞など世界に通用する提案も受け容れた。

戦略目標、研究領域概要・研究総括方針（表 4）、および選考基準①から⑧を基にして 2014 年度から 2016 年度の 3 年間、提案を募集した。表 5 にはその選考結果を示す。

本研究領域に対して多数の提案応募があり（3 年間合計 197 件）、2014 年度と 2015 年度は提案（応募）数が ICT 関連の他の CREST 研究領域に比べて最も多く、人気が最も高かった。各年度とも、他の CREST 研究領域に比べて採択率が最も低くなり（2014 年度 4.4%、2015 年度 6.1%、2016 年度 7.3%）、提案者にとって採択数 11 件（平均採択率 5.6%）はかなり狭き門であった。

採択条件ではないが、募集説明会等で毎年、若手研究代表者や女性研究代表者の応募に期待する旨を述べた結果、採択した研究代表者 11 名中、採択時 40 歳以下の若手は 7 名（男性 6 名、女性 1 名で採択者全体の 64%）であった。

表 5 本研究領域の選考結果

募集年度	応募数	面接数	採択数	（若手）*1	採択率（%）
2014	90	10	4	（2）	4.4
2015	66	10	4	（3）	6.1
2016	41	11	3	（2）	7.3
3 年間合計	197	31	11	（7）	5.6

\*1 若手：採択時40歳以下の若手研究代表者数

2014 年度の募集では、戦略目標に基づいて、インターネット環境を含む実環境で動作する知的情報処理システムの構築を目指すという観点を重視するとともに、採択する研究チームのバランスや組合せ、魅力的な成果を出しつつある若手研究者からの応募についても考慮した。情報科学、ロボティクス、認知科学、脳科学など様々な分野の技術により、医療・介護、教育・学習、スポーツ、ものづくり、社会システムなど多岐にわたる知的情報処理システムへの応用を目指す 90 件の提案があった。

2015 年度の募集では、SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）上で起きる助言

や合意形成支援システムなど、人間と機械がやりとりする新しい手段が生まれつつある点に着目し、2014 年度に採択出来ていなかった、これらの問題にも対処しつつ、認識情報と知識群との融合に必要となるミドルウェアや助言・合意形成支援システム等の人間と機械の協働過程から生まれる新たな知識（体験共有知など）について研究開発し、個人や集団の知的活動を飛躍的に向上させる社会の実現を目指す研究提案を募集した。情報科学、ロボティクス、認知科学、脳科学など様々な分野の技術により、医療・介護・健康、教育・学習、スポーツ、観光、食、ものづくり、社会システムなど多岐にわたる知的情報処理システムへの応用を目指す研究提案の応募が 66 件あった。

2016 年度は、特に、女性の研究代表者からの積極的な提案も募集説明会などで説明した。その結果、第 3 回目（最終回）の募集に対して、情報科学、ロボティクス、認知科学、脳科学など様々な分野の技術により、医療・介護・健康、教育・学習、クラウドソーシング、スポーツ、観光、芸術、ものづくり、社会システムなど多岐にわたる知的情報処理システムへの応用を目指す研究提案の応募が 41 件あった。

## **(2) 研究課題採択を通じ、戦略目標を達成する上で必要な研究課題、研究者の参加が適切に得られたか、等**

表 6 には、戦略目標を達成するために抽出した 15 項目に対して、採択した研究課題 11 チームが実施中または実施予定見込みである項目を✓で示した。採択 11 チーム全体により戦略目標から抽出された 15 チェック項目すべてをカバーできている。すなわち、**3 年間の募集で戦略目標の諸要件をクリアできる研究開発体制が構築できたことを意味する。**

表6 戦略目標を達成するために抽出した15項目と全研究課題11チームとの対応表

①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	チェック項目/キーワード	2014年度採択				2015年度採択				2016年度採択		合計		
		佐藤	鈴木	山口	渡邊	伊藤	金井	長井隆行	春野	黄瀬	長井志江		森嶋	
②達成目標														
○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	C1	状況に応じた対話	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	
○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、作業等のメカニズムの解明と技術開発	C2	対話・作業メカニズム	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	11	
③将来実現しうる重要課題の達成ビジョン 2025年頃には、次のような知的情報処理システムを開発する														
・高度な質問応答・助言システム（高齢者支援、個別教育、医師の診断支援等）	C3	質問応答・助言システム	✓	✓				✓	✓	✓	✓		6	
・高度な意思決定支援システム（専門家の議論支援、政策・制度設計支援等）	C4	意思決定支援システム				✓						✓	2	
・自律的ロボット（人間が行う作業の模倣、災害救助、介護者の支援等）	C5	自律的ロボット	✓	✓			✓	✓			✓	✓	6	
④具体的内容														
（背景）：現在の知的情報処理技術に認知科学やロボティクス（知能・制御系）を追加	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	8	
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 ・特定の人間の周辺環境や、対話する人間の行動（相手の態度、声の抑揚、言葉使い等）把握等、非言語の情報により状況を把握する技術の開発 ・人間が発した言語から多様な意味や解釈を生成し、場の状況や話の流れに基づく推論を加えて理解する技術の開発 ・対話する人間の特性（性格や習慣等）に基づき、適切な対話を実現するための情報表現生成技術、タイミング制御技術の開発等	C1	状況に応じた対話	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	10	
					✓	✓		✓	✓				4	
			✓		✓			✓		✓	✓		5	
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、作業等のメカニズムの解明と技術開発 ・対話を通じて曖昧性を減少させ、解決すべき課題を定義する技術の開発 ・機械が対話で得た情報やWebに存在する情報等に基づき、人間に対し効果的に回答、提案、助言等の解決策を提示する技術の開発 ・人間と機械の対話プロセスも含めた意味レベルで適応的な振る舞いをする情報システムの開発等	C2	対話・作業メカニズム						✓					1	
							✓					✓	2	
				✓				✓					2	
倫理的・法的・社会的課題に配慮するために、関連する人文社会系の研究者の助言・提案を研究開発段階から取り入れておくこと	C7	ELSI	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	7	
⑤政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）														
第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）														
最新の情報通信技術等の科学技術を活用した公共、民間のサービスの改善・充実、人々のつながりの充実・深化等、科学技術による生活の質と豊かさの向上に資する	C8	人々のつながりの充実・深化		✓			✓					✓	✓	4
複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	8	
科学技術イノベーション総合戦略（平成25年6月7日閣議決定）														
生活者のQOLが向上するほか、企業の経済活動の支援等、生活の豊かさや安全・安心を実感できる社会を目指す	C9	安全・安心	✓	✓						✓		✓	4	
世界最先端IT国家創造宣言～第二次安倍内閣の新たなIT戦略～（平成25年6月14日閣議決定）														
情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進するとともに、イノベーションにつながる様々な先端技術を迅速かつ的確にIT戦略と連携させる	C10	IT戦略との連携			✓			✓	✓	✓			4	
⑥他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い														
CREST「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」（平成21年度開始）およびさがけ「情報環境と人」（平成21年度開始）との連携	C11	他CREST等連携	✓	✓	✓	✓							4	
⑦科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）														
	C12	研究の必要性・喫緊性	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	
⑧検討の経緯														
JST研究開発戦略センター（CRDS）情報科学技術分野の俯瞰活動において、新しい社会的価値を創造するために出現しつつある重要な技術開発として、知的情報処理技術、サイバーフィジカルシステム、ビッグデータの3項目を抽出・検討の結果を踏まえて策定したもの	C13	CRDSとの連携	✓	✓	✓	✓							4	
⑨留意点														
個々の研究チームが独立した要素技術の開発に終始することのないよう、統合的な研究体制を形成することが必要	C14	統合研究体制	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	11	
特定分野でのサービスをデモンストレーションできるよう、研究領域を推進していくことが重要	C15	サービスデモ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	

#### 4. 領域アドバイザーについて

表7 領域アドバイザー一覧

領域アドバイザー名 (専門分野)	現在の所属（領域発 足時の所属）	役職	任期
相澤 彰子 (言語処理)	国立情報学研究所コ ンテンツ科学研究系	教授	2014年6月～現在
石黒 浩 (ロボティクス)	大阪大学大学院基礎 工学研究科	教授(名誉教授)	2014年6月～現在
	(株)国際電気通信基 礎技術研究所石黒特 別研究所	客員所長 (ATR フェロー)	
岩野 和生 (人工知能 (AI))	東京工業大学環境・社 会理工学院 (三菱商事 (株))	特任教授	2014年6月～現在
栄藤 稔 (パターン認識、 AI)	大阪大学先導的学際 研究機構 ((株)NTTドコモ)	教授	2014年6月～現在
小林 正啓 (弁護士)	花水木法律事務所	所長、弁護士	2014年6月～現在
土井 美和子 (ヒューマンインタ フェース)	情報通信研究機構 ((株)東芝)	監事	2014年6月～現在
	奈良先端科学技術大 学院大学	理事	
徳田 英幸 (ユビキタス・コン ピューティング)	情報通信研究機構 (慶應義塾大学)	理事長	2014年6月～現在
前田 英作 (パターン認識、 AI)	東京電機大学システ ムデザイン工学部 (日本電信電話(株))	教授	2014年6月～現在
間瀬 健二 (ユビキタス・コン ピューティング)	名古屋大学大学院情 報学研究科	教授	2014年6月～現在

##### (1) 人選にあたっての考え方(領域アドバイザーの専門分野、経歴等を踏まえて)

本研究領域は戦略目標に示された多岐にわたる分野からの研究提案と研究推進に対応していく必要がある。応募提案に対して、適切な評価を行うために1.(2)図1 研究領域の全体像に基づいて、これらの専門分野を9名の領域アドバイザーでカバーできるように人選を行った。各領域アドバイザーの専門分野、経歴を以下に示す。

##### ・相澤 彰子氏

専門分野がテキスト・言語メディアであり、情報検索・言語処理・ウェブ解析などの研究を通して、言語テキストから“知”を生み出す研究に従事されている。本研究領域が扱う言語処理でオントロジー、エージェント制御などを担当する。



・石黒 浩氏

ロボティクス、特に、ヒューマンロボットインタラクション（HRI）の研究で先駆的な成果をあげている。HRIの研究では2000年頃から日常活動型コミュニケーションロボットに関する認知科学とロボティクスとの融合研究を、2006年から人間に酷似したアンドロイド・サイエンスとして脳科学、認知科学とロボティクスとの融合研究を進め、並行して、ベンチャー企業、広告業業界などと連携して、対話ロボット、アンドロイドロボットなどの知的情報処理システムを実用化している。本研究領域の対話行動による知的情報処理システム全般を担当する。

・岩野 和生氏

1995年日本IBM東京基礎研究所長、2000年Director, Focal Projects, Software & Services, IBM Research、2001年Director, Autonomic Computing, IBM Researchなどを歴任され、2014年度から2016年12月までJST CRDS上席研究員にも従事して、戦略目標「⑧検討の経緯」のチェック項目である「CRDSとの連携（C13）」についても担当していたため本研究領域「知的情報処理システム」全般の知識とマネジメント実績があり、チーム型研究の研究マネジメント、知的情報処理システム開発全般を担当する。

・栄藤 稔氏

大阪大学からパターン認識研究で学位取得し、ドコモで分散音声認識の商用化、データマイニング、自然言語処理応用を実践し、知的情報処理システムである「しゃべってコンシェル」で実用化した実績がある。2012年6月よりNTTドコモ執行役員、ベンチャー投資にも精通しているため、本研究領域の研究課題の対話・機械学習技術、アウトカムやスタートアップの支援に的確なアドバイスをお願いしている。2017年7月より大阪大学先導的学際研究機構教授に就任している。

・小林 正啓氏

元々は、研究総括がネットワークロボットの研究開発プロジェクトを2004年からスタートした時点から、商店街、科学館などの公共の場で複数台のロボットやセンサー群が連携する実験における倫理的・法的・社会的課題（ELSI）について、アドバイスを頂いていた。2007年に前述した書籍「ネットワークロボット—技術と法的問題—」<sup>5)</sup>を研究総括と土井美和子氏とで共著で出版した。経済産業省「次世代ロボット安全性確保ガイドライン検討委員会」委員、総務省「安心・安全な社会の実現に向けた情報通信技術のあり方に関する調査研究会」委員などを歴任し、ヒューマノイドロボットの安全性の問題と、ネットワークロボットや防犯カメラ・監視カメラとプライバシー権との調整問題にも取り組まれ、本研究領域が取り扱う研究課題に対して、戦略目標「④具体的内容」のチェック項目である「ELSI（C7）」についてアドバイスを頂く。

・土井 美和子氏

東芝時代に、ヒューマンインタフェース、ネットワークロボット技術やシステム開発を担当され、各省庁の委員も歴任、我が国の知的情報処理技術に精通されている。研究総括とは、ネットワークロボットの研究開発を協働して、小林正啓弁護士とともに、書籍「ネットワークロボット—技術と法的問題—」<sup>5)</sup>を出版している。本研究領域では、言語・非言語処理、環境知能、人・機械インタラクション、および戦略目標「④具体的内容」のチェック項目である「ELSI (C7)」について、情報科学とロボティクスの視点からアドバイスを頂く。

・徳田 英幸氏

カーネギーメロン大学でリアルタイム OS を開発され、2001 年からユビキタスネットワーク技術、ユビキタス・コンピューティング技術を、2003 年から 2014 年 7 月までネットワークロボットフォーラム会長として、情報科学、ロボティクス全般の最先端技術開発を行ってきた。各省庁の委員も歴任され、我が国の知的情報処理技術に精通されている。本研究領域では、情報科学とロボティクスの視点からアドバイスを頂く。

・前田 英作氏

NTT で画像処理システムを開発し、その後、パターン認識、機械学習、人工知能の研究および研究マネジメント業務に従事してきた。2014 年当時は NTT コミュニケーション科学基礎研究所の所長として、知的情報処理技術開発にも従事しており、脳科学、認知科学、情報科学、ロボティクスにも精通しているため、本研究領域では、認知科学、情報科学とロボティクスの視点からアドバイスを頂く。

・間瀬 健二氏

NTT において、ヒューマンインタフェースの研究、1995 年から ATR でグループウェア、ユビキタス・コンピューティング、マルチエージェント、ヒューマンロボットインタラクションの研究に従事し、それぞれで顕著な成果を上げた。本研究領域では、情報科学とロボティクスの視点からアドバイスを頂く。

表 8 に戦略目標の 15 項目と各項目を担当する領域アドバイザーの対応表を示す。

表8 戦略目標の15項目と各項目を担当する領域アドバイザーの対応表

①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	チェック項目／キーワード	相澤彰子	石黒浩	岩野和生	榮藤稔	小林正啓	土井美和子	徳田英幸	前田英作	間瀬健二
		言語処理	ロボティクス 認知科学	人工知能(AD) 知識処理	パターン 認識 AI	弁護士	ヒューマン インタ フェース	ユビキタ ス・コン ピュー ティング	パターン 認識 AI	ユビキタ ス・コン ピュー ティング
②達成目標										
○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	C1	状況に応じた対話	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
○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、作業等のメカニズムの解明と技術開発	C2	対話・作業メカニズム	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
③将来実現しうる重要課題の達成ビジョン 2025年頃には、次のような知的情報処理システムを開発する										
・高度な質問応答・助言システム（高齢者支援、個別教育、医師の診断支援 等）	C3	質問応答・助言システム	✓	✓	✓	✓			✓	✓
・高度な意思決定支援システム（専門家の議論支援、政策・制度設計支援 等）	C4	意思決定支援システム			✓		✓			
・自律的ロボット（人間が行う作業の模倣、災害救助、介護者の支援 等）	C5	自律的ロボット		✓			✓	✓	✓	
④具体的内容										
(背景)：現在の知的情報処理技術に認知科学やロボティクス（知能・制御系）を追加 (研究内容)：情報科学技術（知的情報処理技術）を中心に、認知科学、ロボティクス（知能・制御系）の研究者と協働研究体制を構築	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制		✓				✓	✓	✓
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 ・特定の人間の周辺環境や、対話する人間の行動（相手の態度、声の抑揚、言葉使い等）把握等、非言語の情報により状況を把握する技術の開発 ・人間が発した言語から多様な意味や解釈を生成し、場の状況や話の流れに基づき推論を加えて理解する技術の開発 ・対話する人間の特性（性格や習慣等）に基づき、適切な対話を実現するための情報表現生成技術、タイミング制御技術の開発 等	C1	状況に応じた対話	✓	✓	✓		✓		✓	✓
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、作業等のメカニズムの解明と技術開発 ・対話を通じて曖昧性を減少させ、解決すべき課題を定義する技術の開発 ・機械が対話で得た情報やWebに存在する情報等に基づき、人間に対し効果的に回答、提案、助言等の解決策を提示する技術の開発 ・人間と機械の対話プロセスも含めた意味レベルで適応的な振る舞いをする情報システムの開発 等	C2	対話・作業メカニズム	✓	✓	✓		✓			
倫理的・法的・社会的課題に配慮するために、関連する人文社会系の研究者の助言・提案を研究開発段階から取り入れておくこと	C7	ELSI				✓	✓			
⑤政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）										
第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）										
最新の情報通信技術等の科学技術を活用した公共、民間のサービスの改善・充実、人々のつながりの充実・深化等、科学技術による生活の質と豊かさの向上に資する	C8	人々のつながりの充実・深化		✓				✓	✓	
複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制		✓				✓	✓	✓
科学技術イノベーション総戦略（平成25年6月7日閣議決定）										
生活者のQOLが向上するほか、企業の経済活動の支援等、生活の豊かさや安全・安心を実感できる社会を目指す	C9	安全・安心		✓			✓			
世界最先端IT国家創造宣言～第二次安倍内閣の新たなIT戦略～（平成25年6月14日閣議決定）										
情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進するとともに、イノベーションにつながる様々な先端技術を迅速かつ確にIT戦略と連携させる	C10	IT戦略との連携		✓	✓	✓			✓	
⑥他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い										
CREST「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」（平成21年度開始）およびさがけ「情報環境と人」（平成21年度開始）との連携	C11	他CREST等連携			✓					✓
科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）	C12	研究の必要性・喫緊性			✓	✓			✓	
⑦検討の経緯										
JST研究開発戦略センター（CRDS）情報科学技術分野の俯瞰活動において、新しい社会的価値を創造するために出現しつつある重要な技術開発として、知的情報処理技術、サイバーフィジカルシステム、ビッグデータの3項目を抽出・検討の結果を踏まえて策定したもの	C13	CRDSとの連携			✓				✓	
⑧留意点										
個々の研究チームが独立した要素技術の開発に終始することのないよう、統合的な研究体制を形成することが必要	C14	統合研究体制		✓	✓	✓		✓	✓	✓
特定分野でのサービスをデモンストレーションできるよう、研究領域を推進していくことが重要	C15	サービスデモ		✓		✓		✓	✓	✓

## 5. 研究領域のマネジメントについて

### (1) 研究課題の進捗状況の把握と評価、それに基づく研究課題の指導

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2014年度採択		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目		
	募集▲			中間目標▲			最終目標▲		
	採択▲			中間評価▲					
2015年度採択			1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	
		募集▲			中間目標▲			最終目標▲	
		採択▲			中間評価▲				
2016年度採択				1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
			募集▲				中間目標▲		最終目標▲
			採択▲				中間評価▲		

図4 本研究領域のスケジュール

採択年度が早い方が成果は多く出る。そこで進捗状況の把握と評価、指導は採択年度別に述べる。

2014年度採択の4チームは採択後4年が過ぎ、その間、2017年度に中間評価を終え、優れたコア技術を提案し、興味深い身体のメカニズムを解明している。2019年度の最終目標に向けてコア技術に基づく知的情報処理システムを構築しつつある。どのチームも世界に通用する十分な成果を上げている。

2015年度採択の4チームは、採択後3年が過ぎ、中間評価を2018年12月に終えたばかりで、これから最終目標に向けた来年度計画を立てている。これらのチームの中には、極めて挑戦的なテーマ（人工意識の研究、Twitterによるストレスやいじめに負担する脳メカニズム解明の研究など）があり、チームによって成果が出る時期に差が出てくる。このため、チームの状況に合った研究指導を実施している。

2016年度採択3チームは、採択後2年が過ぎた段階で、2019年度に中間評価が予定されている。採択後約2年半弱の時期で、現在、各テーマのコア技術を精緻化している時期にあるため、2014年度、2015年度採択チームに比べて成果数は見劣りするが、しっかりした成果も出始めている。現在、中間目標達成と最終目標の実現イメージを詰めている状況にある。

次に、各年度毎に採択チームの進捗状況を述べる。

#### (i) 2014年度採択課題の進捗状況と研究総括の指導

4チームともに現時点（2018年度）で計画以上に進んでいる。

##### (i-1) 佐藤チーム

##### 【進捗状況】

複数の人々が装着するウェアラブルカメラとアイトラッカーを分散センサーとして利用し、グループの注視と行動を計測・理解する「集合視」と呼ぶ体験共有知技術を開発している。医療・福祉分野で手術室での協働支援システムと視覚障害者のナビゲーション支援システムの2種類の知的情報処理システムの構築を最終目標にしている。これまでの進捗では、中間目標である集合視の要素技術を概ね提案し、それらを発展させて、ウェアラブルデバイスを長時間あるいは複数利用することを前提とした注視計測技術および集団での注視・行動認識技術を開発中である。

手術室での協働支援システムでは、2~4名の人物が2時間程度にわたり協力して作業する状況において、術野における視線の検出と可視化、ならびに第三者による記録データの効率的な閲覧を可能とするシステムを大学病院と連携して進めている。福祉分野では屋外環境において一人の視覚障害者を対象に300メートル以上の経路の提示と誘導を実現するナビゲーション支援システムの実現を目指す。いずれの場合にもELSIの社会的受容性についても検討している。

#### 【研究総括の指導状況】

最初の指導は、2014年度の第1回領域会議である。研究代表者（東大）や主たる共同研究者（カーネギーメロン大学、CMU）がコンピュータビジョンやパターン認識の世界的レベルの研究者ではあるが、それだけに終わらずに、マックス・プランク・インスティテュート（MPI）、慶大と連携して、ユーザインタフェースも積極的に取り入れたチーム型研究プロジェクトを推進し、新しい研究領域に発展するように指導した。具体的には、研究代表者らがこれまで発表してきたICCV<sup>5</sup>（コンピュータビジョン国際会議）やCVPR<sup>6</sup>（コンピュータビジョンとパターン認識国際会議）などの著名な国際会議だけでなく、ユーザインタフェース関連分野の著名な国際会議や論文にも積極的に投稿して、その分野におけるアイデンティティを示すように指導した。将来の事業化を見据えて、2015年1月のサイトビジットでは特許を必ず出すように指導した。

指導後、2017年度の中間評価では、一人称視点映像からのオンライン行動予測と人物対応づけ、一人称視点映像閲覧のためのユーザインタフェースを開発し、閲覧者の関心・目的に応じてビデオ再生速度を適応的に制御できるユーザインタフェース技術、一人称視点と二人称視点を統合して、二者間インタラクションのアクションとリアクションを認識するインタフェース技術などを開発した。すなわち、2.(2)③(i) Beyond Wordsで述べた、閲覧者が検索キーワードを入れることなく、ただ「見る」だけで、過去の集合視の体験知をその人の関心・目的に応じて閲覧できるインタフェースを提案した。これらの成果は、コンピュータビジョンとパターン認識関連のCVPR 8件、ICCV 2件、IEEE PAMI<sup>7</sup> 2件、IEEE VCG<sup>8</sup> 2

<sup>5</sup> IEEE International Conference on Computer Vision

<sup>6</sup> IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition

<sup>7</sup> IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, IF=9.455

<sup>8</sup> IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, IF=3.078

件だけでなく、ACM CHI<sup>9</sup> 6件、ACM UIST<sup>10</sup> 3件、ACM IUI<sup>11</sup> 4件、IEEE-HMS<sup>12</sup> 1件などユーザインタフェース関連の学会や論文にも発表し、確実に集合視の新しい研究領域を開拓しつつある。さらにコア技術に興味を持つ企業もあり、最終目標だけでなく、社会実装のアウトカム（実用化加速）も明らかになりつつある。この点が提案時に比べて進展している点である。2018年10月時点で原著論文（論文誌、国際会議）数65件で世界水準は極めて高い。特許も国内外1件ではあるが出願した。

## (i-2) 鈴木チーム

### 【進捗状況】

自閉症スペクトラム症児（以下、自閉症児と呼ぶ）を中心とした発達障害児の療育支援を目指している。最終目標は、装着型機器と画像計測を活用することで、子供たちの身体運動のみならず、複数人のグループダイナミクス、さらに表情や生理状態といった情動の変化を示す社会的行動の計測を可能とする「ソーシャル・イメージング」という基盤技術を開発し、実際の療育支援場所で自閉症児を中心とした発達障害児の療育支援に活用する。具体的には、筑波大グループが、未来の子ども達のために創造的な活動を促進する情報環境である実証拠点「ミライの体育館」（商標登録済み）を筑波大附属大塚特別支援学校に2015年度に構築し、装着型機器と画像計測実験を行う。この学校は筑波大が全国5拠点に持つ附属特別支援学校の模範実験校であるため、「ミライの体育館」の全国への波及効果が期待できる。

慶大グループは、発達支援法の定量的なエビデンス検証、神経基盤を明らかにする臨床発達神経科学の基礎研究や実証研究を担当し、このシステムによる新しい介入研究の有効性を明らかにする。これまでに、自閉症児が苦手と言われているグループ行動に変容が起こり易くなるように、ミライの体育館で小児同士がふれあうと反応する装着型機器やチーム行動を促す体育館の床面へのプロジェクション・マッピング表示法、発達支援の適切な介入法等を研究開発し、2017年度にそのコア技術を提案して中間目標を達成した。

研究成果も原著論文が2018年10月時点で52件と多く、その中身もヒューマンインタフェース関連では、IEEE Multimedia (IF=1.898)、IEEE Affecting Computing (情動コンピューティングに関する世界的に最も著名な論文誌、IF=3.15)、国際会議CHIなどに、一方、発達支援法や介入研究について、Autism: International Journal of Research and Practice (自閉症に関する世界的に最も著名な論文誌、IF=3.68)、Autism Research and Treatment (Autism RT、IF=1.48)、Autism Spectrum Disorders (Autism SD、IF=1.675)、Frontier of Psychology (IF=2.089)、Developmental Psychology (IF=2.934)などの論文を発表し、徐々に存在感を示している。特許についても国内外に1件ずつ出願した。招待講演数も2014年度7件、2015年度18件、2016年度15件、2017年度23件と、順調に伸びている。

<sup>9</sup> International Conference of Human-Computer Interaction

<sup>10</sup> Symposium on User Interface Software and Technology

<sup>11</sup> International Conference on Intelligent User Interfaces

<sup>12</sup> Transactions on Human-Machine Systems, IF=2.493

### 【研究総括の指導状況】

2014年度のサイトビジットで、筑波大の体育館に仮設置した「ミライの体育館」の初期の実験環境を見学し、できるだけ早い時期に附属大塚特別支援学校（筑波大附属特別支援学校の拠点）に移設したいという話を聞き、将来的な波及効果も含めて、この研究は「ミライの体育館」の実験環境を整えることが初期フェーズで最も喫緊の課題であることを認識した。この点を反映して、2014年度、2015年度合わせて研究費を計67.5百万円増額した。その後、この施設を活用して、上記の成果を上げている。

2017年度の間評価で、「ミライの体育館」のコア技術（初期バージョン）をほぼ完成したことを確認した。最終目標に向けて、この技術を国際的な場で再利用し、国際的な拡がりを検討するように指摘した。筑波大グループはEindhoven大などとの共同実験などは既に行っていたが、特に指導した点は、機器、提示法の有効性・信頼性検証、新しい発達支援方法と定量的なエビデンス検証や介入研究法などを含めた国際的活動を促進することである。その結果、2017年度中に、スタンフォード大学およびフィラデルフィア小児病院などを訪問してもらった。2019年1月から研究員1名をUC Santa Barbaraに派遣し、米国の小児発達支援研究の拠点（フィラデルフィア小児病院 自閉症センター）と連携し国際的な共同研究の推進に努めるとともに米国へ派遣している若手研究者をハブとして、自閉症児を対象とした日常生活における介入研究が始まっている。提案時の大塚特別支援学校だけでなく、国際的展開に発展しているため、計画以上の成果が期待できる。

### (i-3) 山口チーム

#### 【進捗状況】

サービス業務に応じた知的情報処理システムのサービス・プログラムをソフトウェアモジュール群から自動生成できる「実践知能アプリケーション構築プラットフォーム PRINTEPS (PRactical INTElligent aPplicationSの略)」と呼ぶ知的情報処理システムを開発している。現在までPRINTEPSで実現する6種類の知能化要素技術（知識推論、音声対話、継続対話、人と物体の画像センシング、手足の知的動作（ジェスチャ）、機械学習・深層学習）延べ300以上のライブラリーを完成し、最終目標では、知的な教師・生徒支援ロボット、ロボット喫茶店・レストランの各システムを構築することを目標にしている。これら2種類の初期のシステムについて知能化要素技術を開発している。

ロボット喫茶店（総合知能）は、客から注文を取るロボット、飲み物をコップやカップに注ぐ厨房ロボット、飲み物を客に給仕するロボットなど複数台のロボット制御が可能な自動プログラミングに関係している。一方、授業支援ロボット（コミュニケーション知能）では、教室のロボットと教師との1対1のインタラクション制御、ロボットと2者（教師と生徒）とのインタラクション制御を行うところが異なる。この知的情報処理システムの特徴はエンドユーザ指向でかつ統合知能アプリの開発を目標にあげ、知識処理と機械学習（慶大）、対話管理（成蹊大）、言語処理（お茶の水女子大）、画像センシング（慶大）、動作計画（慶

大) の研究者とともに、エンドユーザである、喫茶店オーナーおよび慶應義塾幼稚舎理科教員とも協働して、研究開発を推進している点にある。すなわち、本研究領域の中で、ユーザの立場を重視した設計を導入した点が新しい。

ロボット喫茶店では、「入店時挨拶」「座席案内」「注文」など、日本語で表現されたサービス事例、および、サービスを構成する業務プロセス（「両手を高く上げて話す」「動画を映し出す」「客に近づく」「手で行き先を指示する」など）が、授業支援では、「授業の振り返り」「練習問題の提示」などが、エディタのサイドメニュー上に提示される。エンドユーザは、提示されたサービス事例ライブラリーと業務フローライブラリから、必要なものをドラッグ&ドロップして、それらを結線すれば、ワークフローを作成でき、その後、自動的にソフトウェアモジュール、Robot Operating System (ROS) 上で動作するPythonコードに変換され、ロボットの発話・動作が始まる。このように、日本語でワークフローを記述すれば、**即座に、ロボットが発話・動作が始まるというアジャイルプロセスが、知能ロボットアプリケーション開発のPDCAサイクルを加速することができる。**特に、授業支援では、教師が学習指導案のように授業フローを書きたいという要望が出され、教師と生徒とロボットがどのようなインタラクションをとりながら授業を進めるのかを記述するシナリオエディタは、教育内容が明示的に表現できるために教師に好評となり、慶應義塾幼稚舎理科教員だけでなく、開智望小学校教員、東京都杉並区立浜田山小学校教員が利用しており、教師によるPRINTEPSの利用が広がっている。

以上のように、専門家でないエンドユーザが知能ロボットアプリを自らの手で開発・修正できる点が特長である。研究成果も原著論文は2018年10月時点で84件と数多くあり、IEEE Access (IF=3.557)、UbiComp<sup>13</sup> 2件、ICMI<sup>14</sup> 4件、Intelligent Autonomous Systems (IAS-15) 3件などを含む。知識ベース推論、音声対話、画像センシング、ロボティクス分野で国際的水準の高い論文誌、国際会議に発表されており、学術的に十分なレベルに達している。

**計画以上に進んでいる点は、PRINTEPSは相互運用性と規模性に留意した汎用のロボットサービスを視野に入れた結果、2018年度にすでに農業分野への適用も始まり、道路交通分野、産業ロボット分野からも興味を持たれ、今後、他の分野への波及効果も期待できる点**である。

#### 【研究総括の指導状況】

提案時、多くの業務フローを対象にPRINTEPS構築を計画していたが、研究者の規模、実験規模などを考慮して、**中間目標まではロボット喫茶店と授業支援ロボットの2つに的を絞って、PRINTEPSを構築する計画に変更させた。**結果として、中間目標では、知識ベース推論、音声対話、画像センシング、動作モジュール間の相互運用性が示され、現状の喫茶店や教師が教えている業務フローをこのPRINTEPSに置き換えて、自動的にPythonコードが

<sup>13</sup> ACM International joint conference on pervasive and ubiquitous computing

<sup>14</sup> ACM International Conference on Multimodal Interaction



生成できることを確認でき、相互運用性と規模性に留意したため、農業分野にも適用が拡大できた。結果として2つの事例に絞って合理的な研究予算に基づいて運用できた。

領域会議、サイトビジットを通じて、PRINTEPSの相互運用性と規模性の利点を活かして、他の研究課題に再利用する活動も指導した。その結果、全11チームの中でチーム間連携が最も活発で、山口チームの斉藤（慶大）グループは、佐藤チーム（1人称視点画像群の集合視を実現するための要素技術）、鈴木チーム（ミライの体育館に取り付けられた天井カメラから対象人物の位置を追跡する画像処理プログラム開発。慶應幼稚舎での実証実験での撮影映像に対するELSI問題を鈴木チームと共同で検討）、黄瀬チーム（適応的教育支援システムにおける画像センシング）と共同で研究開発している。高橋（慶大）グループは長井隆行チーム（扉を開けるなどの複雑なロボット動作に対するPRINTEPSを用いた実証実験）と連携している。

#### (i-4) 渡邊チーム

##### 【進捗状況】

心理学・認知科学・脳科学・情報科学の研究者がチームを組み、スポーツの分野にみられる、選手、監督、コーチ、聴衆といった集団行動において、2人以上で選手のパフォーマンスを左右する潜在的な情報（潜在アンビエント・サーフェス情報）を安定して計測することによって、選手だけではなく監督／観客が、選手内／選手間の身体・精神状態を見える化する技術の開発と行動メカニズムを解明することを最終目標としている。潜在アンビエント・サーフェス情報は生体情報であるため、スポーツ以外の分野への適用についても検討する。

2017年度の間目標までに、個人のパフォーマンスを左右する潜在的な情報（潜在アンビエント・サーフェス情報）を選手の行動を邪魔することなく非侵襲的かつ非拘束的に計測し解読する技術を開発した。柏野（NTT）グループが、導電性繊維電極を拡張して、ウェアラブル心電・筋電測定システムを試作し、計測した筋電をリアルタイムで音に変換し、運動フォームの状態を直感的にプレイヤーにフィードバックするシステムを構築し、その有効性を検証した。これと同時に、機械学習や信号処理手法を用いて、無自覚的な身体動作や自律神経応答から潜在的アンビエント・サーフェス情報を抽出できる方法も開発した。具体的には、渡邊（早大）グループの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、柏野（NTT）グループが野球の選手の例で、実際にプレイしながらでも精神状態をオンラインで見える化、聞こえる化することを可能にした。次に、実験室環境ではあるが、下條（CalTech）グループは、極度の集中と快状態を引き起こすフローやアップス状態（緊張して硬くなりスポーツの動作に支障をきたす状態）の検出などが可能になり、中間目標を達成した。一方、脳科学的な解析を目指す中澤（東大）グループも義足でありながら健常者の走り幅跳びの世界記録を塗り替えたドイツのマルクス・レーム氏の義足の膝運動に対する脳活動を解析した結果、義足の先にある（本来ない）足指の部分まで脳で感じられると

いうまったく新しい現象を捉えた。この知見は、東京オリンピックに向け、NHKなどの番組に取り上げられた。2. 研究総括のねらい②③(ii) End of Disability または Augmented Human に関する成果の1つであり、人間が義足を身体の一部であるかのように使いこなす現象を観測できた。Augmented Human という研究領域にも影響が及ぶオリジナリティのある成果を上げた。

スポーツに特化した「スポーツ脳実験施設」とは別に、潜在アンビエント・サーフェス情報の解読と活用における実験のデザインの拡張や日常生活での応用可能性を探索するために、日本科学未来館（お台場）に新たな研究サイトを開設している。研究のパブリシティ向上の場として活用するとともに、β版あるいは最終目標である仮想的な潜在アンビエント・サーフェス情報による行動変容システムに対する社会的受容性を調査するELSI調査の場として活用している。

研究成果も原著論文が2018年10月時点で88件(内和文0件)とずば抜けて多く、質も高い。PLoS ONE (13件)、PLoS ONE Biology (11件)、 Neuroimage (3件)、 Neuroimage (1件)、 Scientific Report (6件)、 Frontiers in Psychology (5件)、 Perception (1件)、 Autism (1件)などの認知科学、脳科学関係の論文だけでなく、IEEE Intelligent Systems (1件、IF=2.596)、 Journal of Sports Sciences (1件、IF= 2.733)、 Sports Biomechanics (1件)、 Gait & Posture (2件) などスポーツ科学、情報科学関連の分野への投稿もあり、世界的に見てレベルの高い論文誌、国際会議などに合計88件を発表した。チームの専門分野である心理学、認知科学だけでなく、スポーツ関連の論文誌も含めて幅広い分野（基礎研究だけでなく応用分野まで）に成果を発表した。招待講演も115件（内、国際会議35件）とずば抜けて多く、世界的な関心が高いテーマに世界が関心を寄せている証拠である。

#### 【研究総括の指導状況】

研究総括が最も集中的に研究代表者と議論・指導したのは中間目標達成に向けた2017年度であった。中間目標までは野球、剣道、バスケットボールなど多くのスポーツプレイを対象にして、選手個人のパフォーマンスを左右する潜在的な情報をプレイの邪魔にならない計測法とその解読で世界的な論文誌や国際会議に発表し、招待講演も多く、この研究の意義が認識されつつあった頃である。同時に選手同士や選手・コーチ間との関係についても成果の兆しが見られていた。そこで、最終目標では、**個人レベルだけでなく、スポーツ、エンターテインメント、パブリックアートにおける選手・プレイヤー同士、監督・コーチ、観客・観衆などの体験共有場**について、少なくとも**2者間以上の潜在アンビエント・サーフェス情報のインタラクション（インターパーソナルコミュニケーション）**と最高のパフォーマンスを引き出せる状況との関係を明らかにする研究に注力できるように研究計画を修正した。最終目標に向けて、研究代表者が失敗を恐れずに、チームの再編成、若手研究者の起用・育成、予算配分などに思い切った采配を振るリーダーシップとマネジメントを実践して、スポーツ業界だけでなく、他分野への発展を考えるように指導した。

その結果、スポーツだけでなく、ライブ音楽・ヒューマンロボットインタラクションなど幅広い分野との協働研究も展開している。

#### (i) 2015 年度採択課題の進捗状況と研究総括の指導

2015 年度採択の 4 チームは、2018 年度末に中間目標達成を計画し、2018 年 12 月に、研究総括および領域アドバイザーによる中間評価を終えた。いずれも高いレベルにあるという評価が出ていて、各チームが最終目標にむけて研究を推進している。

##### (i-1) 伊藤チーム

###### 【進捗状況】

サイバー・フィジカル空間を併用することでマルチエージェントによる大規模な合意形成を実現する知的情報処理システムの社会実装を最終目標とする。国内 4 大学を中心に、4 グループによって、実空間での参加者の議論だけでなく、オンライン議論システムを見える化する技術などのコア技術を開発し、中間目標を達成した。現在、最終目標にむけて、様々な合意形成シーンでの実証実験を計画している。動的に変化している議論の構造を 80%以上の正しさで見える化・抽出しながら、議論展開の状況に応じて、エージェントが参加者に議論を促進するための問いかけを行う。

従来、数ヶ月を要していた 1,000 人規模の合意形成案を、1 週間以内で実現できる高速な大規模合意形成支援システムの実現を目指す。エージェントの問いかけ自体、議論の閲覧と介入に対する倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) に深く関係しているため、チーム内に ELSI 委員会を設立し、社会が受け容れるシステムとは何かも議論している。大規模かつオンラインでの合意について、伊藤 (名工大) グループと藤田 (東農工大) グループによって、理論的な研究を進める。国際競技会を含めて広くシミュレーション実験を行なった結果、本質的な合意を得るためには交渉や議論を始める段階では見えない創造的なインタラクションを表現するために、伝統的議論構造モデルである Issue-Based Information Systems (IBIS) モデルを利用した。IBIS モデルは様々な議論構造を獲得できるため、深層学習によってテキストから議論の構造を抽出でき、議論を見える化することができた。このデータは合意形成知識として Linked Open Data 形式でデータベース管理できる。名古屋市、浜松市での 100 名規模の実証実験を通じて、ファシリテータエージェントはこの過去のデータベースを参照することで、効率良いファシリテーションが可能になった。議論内容に偏見があるようなファシリテーションがどの程度までならば社会に受け容れられるかの社会受容性や合意の良さを深層学習によって学習できる。議論の見える化、炎上予測・回避、エージェントの問いかけ・議論介入なども実装したクラウド合意形成支援プロトタイプシステムを構築して、国内外で実証実験を計画している。

研究成果も原著論文が 2018 年 10 月時点で 80 件 (内、英文 73 件) と多い。IEEE Inter. Conf. on Agents, ICA (11 件、内受賞 2 件)、Int. Conf. on Crowd Science and Engineering,

ICCSE (8 件)、AAAI (1 件)、Int. Conf. on Principles and Practice of Multi-Agent Systems, PRIMA (1 件) などマルチエージェント関連が多い。

#### 【研究総括の指導状況】

このシステムは ELSI の視点から「エージェントが人々の議論を閲覧・介入している」かのようにとらえることもできるので、中間目標達成に向けた 2018 年度の計画作成において、ファシリテータエージェントの**コア技術開発に注力**し、その社会的受容性に注目した社会実験および統制実験に力点をおくように指導した。その結果、これまでの社会実験により、ファシリテータエージェントの**コア技術として、炎上予測や回避などのアルゴリズムが精度をあげ**、クラウド合意形成支援プロトタイプシステムを構築できた。この知的情報処理システムを用いて、オンラインで議論をするためのシステムに対する潜在需要が非常に大きいことなどもわかってきた。

#### (ii-2) 金井チーム

##### 【進捗状況】

研究開発課題に「人工意識」という言葉が含まれ、その定義そのものを段階的に明らかにしていく、**極めて挑戦的な研究を推進**している。「人工知能が社会を変える」という国民的な高まりがある中で、人工知能が意識や意図といった内面的な世界を表現できるようになるという ELSI は映画などで盛んに取り上げられている。そのような状況で、提案時は公理的計算論と構成論の両アプローチを併用するアプローチで人工意識の研究を立ち上げた。

最終目標は、意識の計算原理についての仮説を立て、実際の知的情報処理システムに応用することである。公理的計算論として、精神科医 Giulio Tononi によって提案された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) の計算量が指数関数的に増えてしまうため、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が明らかにした。2016 年度にはノード数 10 程度の  $\Phi$  の近似計算法<sup>7)</sup>を提案し、その後、2018 年度に劣モジュラ性という性質を仮定した上で Queyranne のアルゴリズムを用いることで  $\Phi$  の計算に必要な Minimal Information Partition (MIP) を高速で同定できるようになり、**100 程度のノード数のシステムの解析が可能となる**ところまでこぎ着けた<sup>8),9)</sup>。そのオープンソースも Practical PHI Toolbox として公開している<sup>10)</sup>。

このアルゴリズムの目処が 2017 年度の成果で見えてきたため、2018 年度の計画では 2015 年度から 2017 年度までは探索的な検討を行ってきた 5 つのグループを 3 グループに再編して、意識の計算原理についての仮説（意識の本質的な機能は「反実仮想的な状況の感覚表現を内的なモデルに基づいて生成する能力」という反実仮想理論）と、その仮説に基づく実際の知的情報処理システムを構築する体制に変更した。3 グループ体制では、金井グループでは、意識の機能を「環境とのインタラクションによって獲得した自己（機械）と環境（人がいる部屋の環境などを想定）の関係の生成モデルを利用して、機械内部に体験共有知を蓄積していき、未知の環境情報に対して、この知を利用してシミュレーションを行えること」と

定義した。この仮説によって、人とインタラクションする部屋の環境情報は同じでも、それぞれの機械内部にできあがる体験共有知が異なれば、別々の人工意識をもつエージェントやロボットが設計できるようになる。このエージェントとのインタラクションから、人間にとって意識があるように感じるのかの心理学的な評価実験などを計画している。環境情報に応じて機械内部の知を用いてエージェントが人に対話し始める「好奇心 (Information Gain)」機能と、エージェントから環境への働きかけを行うエンパワーメント機能、および予測情報 (Predictive Information) 機能などの内発的動機を最適化しようとすることで人工意識を統一的に実装する方法も提案している<sup>11)</sup>。川鍋 (ATR) グループは、金井グループの開発してきた内発的動機のみカニズムを利用して、日常生活空間の中で動作するロボットの質問応答システムを実装する。機械が自らの内発的動機 (好奇心) に基づいて人や環境の状況に応じて、積極的に対話する質問応答システム構築を目指している。前川 (阪大) グループは金井チームが開発する人工意識モジュールを搭載したモニタリングモジュールを共同開発するため、ロボット・人の行動認識・位置推定技術、ロボット質問応答システム実験を行うための仮想家庭環境の構築、および仮想環境・実環境におけるロボット操作プラットフォームを実装する。

これまでに、Proceedings of the National Academy of Sciences, PNAS (1 件、IF=9.504)、Journal of Neuroscience (1 件、IF=5.988)、PLoS Computational Biology (1 件、IF=4.542)、PLoS One (1 件、IF=2.766)、AAAI (2 件)、IJCAI (1 件)、IJCNN (1 件)、Entropy (1 件、IF=2.305)、Neuroscience of Consciousness (1 件)、IEEE International Conference on Multimedia and Expo, ICME、IEEE International Conference on Image processing, ICIP、Unicomp (2 件) などのべ 45 件の発表がある。

#### 【研究総括の指導状況】

国際的に様々な研究者と議論をして、**統合情報理論を超える人工意識に対するフィロソフィを創り上げることを言い続けることを指導した**。サイトビジット、領域会議でも毎回、理論の状況を聴き、この点を言い続けた。その結果、これまでに金井チームが統合情報理論の提唱者である Giulio Tononi 教授をアドバイザーとして議論を始め、自由エネルギー原理の提唱者である英国 UCL の Karl Friston 教授を招いて Friston Day という丸一日のワークショップを行い、人工意識の機能である好奇心やエンパワーメントのヒントを得た。2016 年には統合情報理論を扱うチームのコアメンバーとともにウィスコンシン大学の統合情報理論ミーティング、オーストラリアモナッシュ大学の土谷尚嗣准教授との共同研究、AGI (汎用人工知能) 学会の会議など、活発な情報発信や議論を重ね、金井チームの人工意識研究におけるアイデンティティが形成されつつある。

#### (ii-3) 長井隆行チーム

##### 【進捗状況】

ロボットがマルチモーダルなインタラクションを通じて、その人・集団に合った概念を形

成していくことによって、記号の多様性・多義性の問題を解決できるロボットシステムを構築することが最終目標である。人に合わせたサービス例として、生活支援サービスを取り上げ、キッチンや居間のお片付けロボットを題材にしている。目標達成のために、7グループを概念班、信念班、応用班の3つの班で構成し、それぞれが1) ロボットの概念・行動・言語学習の基盤技術、2) 人とロボットがコミュニケーションするために必要な信念の共有技術とそのクラウド化、3) VR空間におけるコミュニケーションビッグデータ取得方法や開発した技術の評価方法の提案をめざしている。

これまでの進捗では、概念班は、階層ベイズモデルや再帰型ニューラルネットワークを用いた概念・行動・言語の同時学習手法を開発することに成功し、信念班は、マルチモーダルコミュニケーションを通じた信念の共有技術を開発した。2016年度にロボットを用いたシンボル・グラウンディングのサーベイ論文を *Advanced Robotics*<sup>12)</sup> に発表し、同時に *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems* 論文誌3件、ロボットの国際会議 IROS などワークショップを企画し、**国内外の著名な研究者との議論を通じて、一気に研究課題のアイデンティティを増した**。IROS のワークショップは立ち見がでるほど人気のあるセッションであった。

応用班は、サービスロボットの性能を評価するための国際的競技会を設計し、岡田グループの岡田(玉川大)が **World Robot Summit (WRS) 2018 (プレ大会)** のサービス競技委員会委員長を担当した。世界40カ国以上の国から150チームが参加し、76,000人以上が来場した。ISO<sup>15)</sup>、米国国際標準化団体 NIST<sup>16)</sup> などと国際標準化に基準作りにも加わった。長井隆行チームから、2種類、Future Convenience Store タスクで谷口グループが、Partner Robot (Virtual) タスクで杉浦グループが**総合優勝**し、Partner Robot (Real) タスクでは谷口グループが**総合準優勝**などの成績を修め、**世界にアピールすることができた**。

これらの成果を総合することで、中間評価時点で、ある家庭環境において、ロボットがテーブルの片付けタスクを人との対話を参照しつつ実現できることを示した。今後は最終目標にむけて、複数の家庭環境で互いに異なるカテゴリー概念が形成された場合に、クラウド上でどのように統合するかを研究する。

信念班は、敵対的生成ネットワーク (GAN<sup>17)</sup>) をマルチモーダル言語処理に適用し、IROS2018 全体での論文賞を獲得した。稲邑グループはバーチャル環境で新しいモノの概念を獲得していけるバーチャルプラットフォーム (SIGVerse) を開発・公開し、World Robot Summit の上記の Partner Robot (Virtual) タスク部門で多くの競技参加に再利用してもらった意義は極めて大きい。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点がこのチームの強みである。今後、NIST と共同してサービスロボット標準評価法の議論を開始することが決まっており、長井隆行チームのアウト

---

<sup>15</sup> International Organization for Standardization

<sup>16</sup> National Institute of Standards and Technology

<sup>17</sup> Generative Adversarial Network

カムにも期待がもてる。

これまでに、Advanced Robotics (4件、IF=0.961)、Frontiers in Neurorobotics (7件、1件:2016版 IF=2.486、6件:2017版 IF=2.60)、Robotics and Autonomous Systems (2件、2016:IF=1.95, 2017:IF=2.638)、Proceedings of the 25th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN 2016) (3件)、IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems (5件 IF=1.952)、など合計33件(海外32件)の成果を出している。

#### 【研究総括の指導状況】

2015年度の研究課題開始当初から7グループの研究体制を維持しながら、概念班、信念班、応用班の3つの班がバランス良く連携している。研究代表者には当初からリーダーシップを発揮するように指導した。最初は7人衆的な集団でだれが研究代表者であるかもわかりづらかったが、概念班(長井グループ・谷口グループ)が連携して、サーベイ論文、国際会議等のワークショップを企画・運営する中で成果が出てくると、自然とチーム型の研究マネジメントをせざるを得なくなり、研究代表者のリーダーシップが発揮されてきた。さらに岡田グループリーダーが並行して、World Robot Summit 2018 サービス競技委員会委員長を務め、杉浦グループ、稲邑グループもこの委員会に全面的に協力するというチームワークが創られていき、2018年10月WRS2018プレ大会において、オープンソフトウェア Rospeex<sup>38)</sup>、SIGVerse<sup>39)</sup>、および SERKET<sup>40)</sup>を開発し、ロボカップやWorld Robot Summitにおけるシミュレーションリーグに採用され、2部門でこのチームから優勝がでるなどチーム型研究プロジェクトの計画以上の成果を上げた。これらを通じて、国内外でチーム型研究の連携を存分に活かした研究マネジメントを実施できた。最終目標に向けて、研究代表者には、国際的なアイデンティティをあげる戦略を立てて進めるように指導している。

#### (ii-4) 春野チーム

##### 【進捗状況】

サイバー・フィジカルシステムを前提として、社会的なタイプとストレス状態を生み出す脳のメカニズムを明らかにすることを最終目標にしている。サイバー・フィジカルな空間を利用することが当たり前になった社会で、社会格差、社会階層、攻撃行動、探索行動、評判管理などに関与する脳メカニズムの変化を明らかにする研究は、極めて重要な研究であるがほとんど解明されていない。2015年度から社会脳(NICT)グループが脳活動、自然言語処理(奈良先端技術大学院大)グループが被験者のTwitterの言語解析を担当して、両者を用いて、人の社会タイプ分け、ストレス予測を行う手法を検討した。春野(NICT)グループが脳活動、ストレス計測(パナソニック)グループが脈拍・眼球運動・皮膚抵抗といったセンサー情報を分析し、人の社会タイプ分け、ストレス予測を行う手法を検討した。

2017年度には、これらの中で、春野研究代表者がSNSデータと多数の社会特性データを照らし合わせる方法を残し、簡易心拍計測を社会実装すること、テキストの感情推定はやめ

ることを判断した。これによって、最終的には、脳活動計測を行わなくても、言語情報から人の社会タイプ分け、ストレス予測を行う簡易手法を得ることを工学的な目的とする。2017年度には、扁桃体／海馬の格差に対する活動パターンからのうつ病傾向変化予測で顕著な成果が得られた。MRI 装置の中で、相手から提案されるお金の配分を受け入れるか拒否するかを判断する「最終提案ゲーム」と呼ばれる課題を行い、fMRI のデータを取った結果、扁桃体／海馬の格差に対する脳の活動パターンから現在のうつ病傾向と 1 年後のうつ病傾向の変化を予測できることを示した<sup>13)</sup>。この発見は、**格差がヒトの精神状態に多大な影響を及ぼすこと、及び扁桃体がその影響に関与することを初めて明らかにしたもので** Nature Human Behaviour 誌に掲載された。その後、本研究で得られた扁桃体からのうつ病傾向予測に関する Scientific American の記事にもこの成果は 1 ヶ月間取り上げられた<sup>14)</sup>。

社会脳グループでは集団の中で、いじめや攻撃行動が起こるメカニズムを調べている。これまでは、「いじめへの加担は共感性の欠如による起こる」という仮説が定説であったが新たな課題を設計し、計測した結果、**社会的な不安が高い人がいじめに加担し、さらにその加担の傾向は扁桃体と上側頭回の結合度と相関することを明らかにした**<sup>15)</sup>。この発見は、いじめを減らすためには不安を減らすような学校運営が重要であること、さらにいじめに関係する神経基盤として扁桃体が重要であることを示している。

自然言語処理（奈良先端技術大学院大）グループでは、深層学習に基づく世界最高レベルの自然言語処理技術を構築するとともにその技術を SNS に特有の言語表現の解析や情動解析に活かす研究を行った。NIPS2017 (Neural Information Processing Systems) で開催された QUIZ コンペティションにおいて、提案手法で優勝を果たした。

これまでに、Nature Human Behaviour (1件)、Scientific Reports (1件、IF=5.57)、Social Cognitive and Affective Neuroscience (1件、IF=3.50)、Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS) (1件)、The SIGNLL Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL) (2件) など合計10件の成果を出している。

#### 【研究総括の指導状況】

研究総括の指導では、**論文数よりも先ずしっかりした脳の知見を出すことを最優先に指導**した。それ以外にストレス計測（パナソニック）グループの目的と成果が当初から明確ではないため、社会脳グループとの関連を問い続けたが、2017 年度にストレス計測の部分は社会脳グループに吸収して体制を入れ替える提案がチームから出され、これを了承した。それ以後は、社会脳グループと自然言語処理（奈良先端技術大学院大）グループとの連携で中間目標に向け顕著な成果を上げた。今後は、NTT データ経営研究所と協力してマーケティングや被験者の人数を増やした分析を強化していく一方で、他の CREST 課題との連携の可能性を指導していく予定である。ELSI についても、弁護士や外部の研究者も含めた形での勉強会や NICT の倫理委員会を 2018 年度に開催した。



### (iii) 2016 年度採択課題の進捗状況と研究総括の指導

以下の3チームは、来年度（2019年11月～12月頃）中間評価を迎える。成果数はまだ少ないが、進捗は順調である。各チームの研究課題の進捗状況は以下の通りである。

#### (iii-1) 黄瀬チーム

##### 【進捗状況】

自己学習、健康、スポーツ・エンターテインメントの分野で、ある人の経験がクラウド上の経験バンクに格納され、他の人がその経験知を経験サプリメントとして体験共有する知的情報処理システムを構築することを目標にしている。

2016年度、2017年度は自己学習、健康、スポーツ・エンターテインメント分野で経験サプリメントを実現できる分野や具体的な知的情報処理システムの可能性を検証した。これまで、黄瀬グループとデンゲル（DFKI）グループが連携して進めている「自己学習タスク」が最も進展している。協力機関であるリクルートのスタディサプリと連携して、生徒の理解度や回答への確信度などを推定し、それに基づいて行動変容を引き起こすための経験サプリメントを生成する方法を検討している。DFKIでも同様の実験環境を創り、英語圏と日本語圏との比較などを分析している。一方、学習理解内容に依存しない経験サプリメントの生成には、認知バイアスに関係する集中度や注意、退屈さなどの心的・内的状態を考慮し、いかに集中度を改善するのか、といった経験サプリメントを作成する。これまでに、英語を中心とした能力や語彙の推定、回答への確信度の推定、数学や歴史を対象とした理解度の推定法を提案した。例えば、アイトラッカー、心拍やEDA（皮膚電気反応）などの生体信号、EOG（眼電位）などのセンサー情報を組み合わせた場合、主観的理解度の推定が77.5%の正しさを得られるが、アイトラッカーのみでは同67.6%、アイトラッカーと生体信号の組み合わせでは、同70.1%が得られている。理解度を測るために**効率の良いセンサーの組み合わせ**は何かという課題がこれらの分析によって**2018年度末までに明らかになる予定**である。一方、集中度、注意、認知的負荷、興味、退屈さなど、心的、内的状態の尺度についても検討を進めている。経験バンクの実装には、ELSIが最も重要な課題になる。

健康フィールドでは、2017年度のフィールド分析に基づいて高齢者の定年退職後に外出する機会の低下・喪失により引き起こされる心身の健康の衰えを解決すべき課題に設定し、旅行などの外出する体験を経験サプリメントとして、高齢者に提供するシステムの構築に取り組んだ。

稲見グループリーダー自身は2017年度よりERATOで自在化身体プロジェクトを開始した。ERATOでは、VR・ロボット・ウェアラブル技術により構成する新しい身体に対して、脳情報デコーディング・機械学習などの技術を用い人機一体の身体感覚を実現する技術の構築を目指す一方、黄瀬チームでの研究開発は、基本的に生身の身体のパフォーマンスを向上させる経験サプリメントの実現を目指す。スポーツフィールドでは筋電計測と筋電気刺激とを連動させたトレーニング拡張システムを構築した。分析結果を踏まえてVRコンテンツの認

知機能や運動誘発の経験サプリメントとして利用可能性を検討する。

これまでに、UbiComp (8 件)、CHI (1 件)、ICDAR<sup>18</sup> (2 件) など合計 35 件の成果を出している。

#### 【研究総括の指導状況】

2017 年度の時点で、研究要員と予算を勘案して、黄瀬（大阪府立大）グループでは健康（鬱や認知症）、スポーツ（パラリンピック競技のボッチャ）については、**中間目標にむけて検討する対象から除外するように指導**した。稲見（東大）グループの健康（ジェロントロジー）、稲見（東大）グループと塚本（神戸大）グループによるスポーツ・エンターテインメント（スーパーヒューマンスポーツ、ジャグリング、マラソン、ライブパフォーマンス、観光）については、これらのスクラップ&ビルドの判断は**2018 年度の成果で決める**ことにした。

#### (iii-2) 長井志江チーム

##### 【進捗状況】

発達障害者（特に自閉スペクトラム症 ASD）と家族や理学療法士、職場の人との意志の疎通が図れるように「認知ミラーリング」という新しい考え方を提案し、それを実現する知的情報処理システムの開発を目標にしている。認知ミラーリングは人の認知過程を鏡のように映し出し、観測可能にする知的情報処理技術で、この技術によって、発達障害者（当事者）自身が認知過程を理解し、周りの人とその情報を共有することが可能になる。これまで対人コミュニケーションが困難であった発達障害者が家族や理学療法士、職場の人との意志の疎通が図れるようになり、社会進出（雇用創出を含む）を促進できるようにすることをねらう。いままで発達障害者（当事者）がどのように環境を理解しているか（自己知と呼ぶ）を理学療法士や周りの人にどのように伝えればよいか大きな社会問題になっていた。ELSI に関して、いわゆるスティグマ（心身の障害や貧困による社会的な不利益や差別、屈辱感や劣等感、<https://www.kaigoweb.com/alsuthiguma.html>）の問題を含む。

このチームが優れている点は、**発達障害者の学習教室と就労支援サービスを運営している（株）LITALICO**とも密に連携協力関係にあり、この成果の技術移転、ユーザ集団とのコネクションも持ちながら研究開発を進めていることにある。知的情報処理システムができれば、発達障害者の自己理解と周囲による困難さの共有、それに基づく支援カリキュラムと合理的配慮のコミュニケーション環境設計を実現する可能性がでてくる。

認知ミラーリング（長井）グループは予測学習に基づく認知発達原理を提案し、認知ミラーリングの先駆けとして自閉症スペクトラム障害（ASD）視覚体験シミュレータを開発している。当事者研究及び障害者支援（熊谷）グループは発達障害当事者研究を世界に先駆けて推進している。ASD 者は、様々な社会的文脈（駅、公園、交差点など）の映像に対して、過去に体験した聴覚過敏・鈍麻の症状を、実験者があらかじめ用意したフィルタ（音強度強調、

<sup>18</sup> International Conference on Document Analysis and Recognition

周波数変換、砂嵐状ノイズなど)を用いて再現する。その後、実験者が映像に含まれる視聴覚刺激(輝度、動き、音強度など)とASD者が再現した聴覚症状の関係を正準相関分析により解析することで、聴覚過敏・鈍麻の発生過程を計算論的に解明する。

計算モデル(山下)グループは予測符号化理論を具現化した神経回路モデルを提案する。予測に基づく制御の計算原理(予測符号化理論)に基づいた認知(障害)原理を、理論を具現化した神経回路モデルとそれによって駆動されるロボットを用いた神経ロボティクス実験で検証する。神経ロボティクス実験用の認知・行動課題をデザインし、認知・行動メカニズムの仮説の妥当性を検証する。

これまでに、Scientific Reports(1件、IF=4.122)、Journal of Autism and Developmental Disorders(1件、IF=4.03)、The International Journal of Robotics Research(1件、IF=4.047)、Connection Science(1件、IF=0.933)、IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems(3件、IF=1.952)、Frontiers in Human Neuroscience(1件、IF=2.871)、など合計16件で、着実に成果が出始めた。NHK(あさイチ)やTBSなどマスコミにも取り上げられている。

#### 【研究総括の指導状況】

研究総括の指導として、このチームは提案時からターゲット顧客が明確で、(株)LITALICOという実サービスの会社とも連携しているため、中間目標に向けて、ELSIを考慮してきちんとデータを収集すること、データが増えるとともにモデルの精度を上げることを指導している。これまで、自己知の見える化を実現し、アルゴリズムを考える研究ミーティングを年6回のペースで定期的に、発達障害者、理学療法士、家族などを交えたワークショップやシンポジウムを年4回のペースで開催し、各グループの改良と貴重なデータベースが蓄積されており、今のところ順調に進展している。今後は海外研究機関との交流を強化するように指導している。その結果、2019年度はDFKIなどとの共同研究などを計画している。

#### (iii-3) 森嶋チーム

##### 【進捗状況】

コンピュータによる問題解決システムと人々がネットワークを介して問題解決を行うクラウドソーシングシステムをシームレスに融合することによって、迅速に、人とコンピュータを組み合わせ、状況に応じて切り替える(Optimized)ことが可能な知的情報処理システムを開発することを目標にしている。各人・各集団に合った知的情報処理システムと協働することによって、人(々)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。

知的情報処理システムの知識や知恵をELSIにも配慮しながら調和的に活用する例題として、人と機械の協働作業による災害時の初期対応、人のスキルを機械が補う「新しい雇用形態」の促進、などを研究している。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、知的情報処理システムと協働することで、体験共有知（知識・知恵）を生み、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。クラウドソーシングサービスを前提に 3 機関、3 グループから構成され、2019 年度中の中間目標の達成に向けてコア技術開発を進めている。

2017 年度は、クラウドと AI を組み合わせ様々な問題を解決するための基盤として、人間だけではなくアルゴリズムや機械学習が外部からクラウドソーシングのワーカ（AI ワーカと呼ぶ）として参加可能な API を実装し、世界で初めて公開を行った。2018 年度は、複数のクラウドソーシングタスクを含むワークフローを簡単に記述・実行する仕組みを実現し、迅速な問題解決の開始を可能にする、人と計算機によるワークフローの動的切り替えに関する理論的枠組みの確立を目指す。

研究目標を実現するためには、人々とコンピュータを組み合わせた実行可能 (Feasible) なソリューションを増やすことと、これらのソリューションの切り替えの柔軟性を大幅に向上させることが必要である。2018 年度の応用例として、新潟県燕市で、単にドローンを飛ばしたり SNS を利用したりするのではなく、ドローン、現地の人々、AI、オンラインの群衆の全ての力を結集して迅速な災害状況把握を行う我が国初のサイバー・フィジカル防災訓練を開催し、防災訓練におけるタスク管理を評価した。

要素技術としても、自由に動き回る観光客などにフィジカル空間でのタスク（写真撮影）を委託するシナリオを想定し、多視点画像から 3D モデル構築するためのアルゴリズムを開発した。タスクストリームへのワーカグループ割り当ての問題も、ワーカの出入りによって割り当てを動的に変更する場合のワーカのストレス削減と品質維持を両立させる戦略、動的なワークフロー変更時の効率的なキャッシュ利用方法を提案した。動的なワーカ報酬の切り替えがワークフローのスループットを向上させることを明らかにした。ELSI に関しては、2018 年度は CyborgCrowd ELSI Workshop を 2 回開催した。

森嶋チームの他チームとの共同研究としては、2018 年度より黄瀬グループと共に、クラウドソーシングにおける学習とタスク成果へ影響に関する共同研究を開始した。まずは基礎研究としてマイクロタスクの作業を、アイトラッカーとサーモカメラで監視し、作業結果の品質となんらかの関係があるかどうかを検証し、2019 年度はそれに基づく成果を何らかの形で発表する計画である。

これまでに、The sixth AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP2018) (2 件)、International Journal of Pervasive Computing and Communications (1 件)、Journal of Disaster Research (1 件、IF=0.61)、Project Networking Workshop at the sixth AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP 2018) (3 件)、IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE 2018) (1 件) など、合計 20 件を発表している。

#### 【研究総括の指導状況】

2016年度、2017年度のサイトビジットを通じて、知的情報処理システムの**応用例を絞る**ように**指導**した。ポイントは機械が一方的に処理するという基本的な考え方を元に、災害時の迅速な災害状況把握など時間との勝負となるような対象で**人と機械が協働するための機能を分析するように指導**した。その結果、新潟県燕市で昨年行われた我が国初のサイバー・フィジカル防災訓練などの実験を開催できた。

## (2) チーム型のネットワーク研究所として、研究課題間や他の研究領域、国内外の他の研究機関、異分野との連携・協力の推進

バーチャルラボの運営では、研究領域会議（年2回開催）と他の研究領域との連携・協力イベントなどを通じて、研究課題間や他の研究領域、国内外の他の研究機関、異分野との連携・協力を推進している。表9に2014年度から2019年1月までの具体的な推進活動の一覧を示す。表9では、各活動が戦略目標のチェック項目C1からC15とどのように対応づけたものかも示す。

表9 研究課題間、他の研究領域、国内外の他の研究機関、異分野との連携・協力の推進活動

連番	年月日	イベント、特集など	概要	連携・協力					戦略目標抽出項目
				①研究課題間	②他の研究領域	③国内外の他の研究機関	④異分野(ベンチャー含む)	⑤CRDS、研究総括・アドバイザー	
E1	2014/10/22	第1回領域会議(場所: JST)	2014年度採択チームの研究計画を情報共有	2014年度採択4チーム				研究総括・アドバイザー、CRDS	
E2	2014/11/7	サイエンスアゴラ2014 (場所: 日本科学未来館)	出版企画「激論! 先端ICTの光と影」ワークショップ~これからの研究に必要な倫理的・法的・社会的課題を考える~(ELSI) 主催: JST	2014年度採択4チーム				研究総括・アドバイザー、CRDS	C7(ELSI),C13(CRDSとの連携)
E3	2014/12/4	電子情報通信学会ISS CNR研究会(場所: 東大 山上会館2F)	電子情報通信学会ISS クラウド・ネットワーク・ロボット(CNR)研究会: テーマセッション「人間と機械の協働過程から生まれる知のコンピューティング技術」パネル討論「知的情報処理できるクラウドネットワークロボティクスとは?」で本研究領域をアピール	2014年度採択4チーム				研究総括・アドバイザー	C1(状況に応じた対話), C2(対話・作業メカニズム), C5(自律的ロボット), C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制), C7(ELSI)
E4	2014/12/5	情報領域CREST/さきがけ合同シンポジウム(場所: 東大 福武ホール、主催: JST)	情報領域CREST/さきがけ合同シンポジウムの中で本研究領域を紹介(他領域との連携)	2014年度採択4チーム	西田CREST, 石田さきがけ			研究総括	C11(他CREST等連携)
E5	2015/2/15	AAAS 2015(場所: 米国San Jose)	AAAS (American Association for the Advancement of Science) 2015 Symposium "Wise Computing: Collaboration Between People and Machines" (グローバル連携) 主催: AAASにて本研究領域紹介					本領域アドバイザー	C10(IT戦略との連携), C13(CRDSとの連携)
E6	2015/2/19-20	電子情報通信学会ISS CNR研究会、パターン認識・メディア理解(PRMU)研究会(場所: 東北大、主催: 電子情報通信学会ISS)	CNR研究会、パターン認識・メディア理解(PRMU)研究会共催による研究会(ELSI特集) 小林正啓領域アドバイザーが特別講演「ネットワークロボットの法律問題について ~実用化を迎えたネットワークロボットが直面する法的課題と解決の方向性~」	2014年度採択4チーム				本領域アドバイザー	C1(状況に応じた対話), C2(対話・作業メカニズム), C5(自律的ロボット), C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制), C7(ELSI)
E7	2015/3/7-8	第2回領域会議(場所: クロス・ウェブ府中)	国際ワークショップ・シンポジウム、他研究領域とのコラボレーション、知のプラットフォームと国際標準化、R&D&Iを実践できる研究者、チームの中からスタートアップ起業家ができるか、などについてグループ討論等を実施	2014年度採択4チーム				研究総括・アドバイザー、CRDS	
E8	2015/3/19	情報処理学会全国大会(場所: 京大 吉田キャンパス)	情報処理学会全国大会 シンポジウム企画: 知のコンピューティング序章: 「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」(他領域との連携) 主催: 情報処理学会						C1(状況に応じた対話), C2(対話・作業メカニズム), C13(CRDSとの連携)
E9	2015/3/28-29	CREST「情報環境」ハッカソン(西田領域とのトライアル)(場所: グラフフロント大阪ナレッジキャピタルタワー C 7階)	CREST研究領域「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築(略称: 情報環境)」の各研究課題が最適なビジネス応用や新たな研究の展開を見つけ、社会実装するチャンスを増やすための新規の試みを実施。情報環境領域研究者(シーズ提供者)が5チーム17名と本研究領域研究者3チーム(佐藤・山口・鈴木チーム)6名に一般企業やベンチャーのソフト/ハード技術者、デザイナー、クリエーター等が加わり40名(外国人5名)で7チームが2日間かけて、CREST成果を利用してハッカソン実施。主催: Osaka Innovation Hub(大阪イノベーションハブ)		西田CREST				C11(他CREST等連携)
E10	2015/4/12	CREST「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」平成27年度領域会議(場所: 日本科学未来館)	パネル討論「研究成果の社会実装について」にパネリストとして萩田が参加。成果展開事例をもとにCRESTの成果で実用化について議論		西田CREST				C11(他CREST等連携)
E11	2015/9/5-6	2015年度第1回領域会議(場所: ホテルコスモスクエア国際交流センター)	萩田総括がEU FP7 RoboLaw概説、小林アドバイザーがELSI, 石黒アドバイザーがロボット最前線、榮藤アドバイザーに研究開発型スタートアップ、CMUシリコンバレーのPhD学生で起業したNagasrikanth Kallakuri氏、堀川領域運営アドバイザーと萩田による米国シリコンバレーのStartupの現状認識報告、リーンキャンパスの書き方、その後、CREST研究者のあるべき姿を参加者で議論	2014年度採択4チーム			シリコンバレー CMU PhDコース学生Nagasrikanth Kallakuri氏	研究総括・アドバイザー、領域運営アドバイザー、CRDS	C5(自律的ロボット), C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制), C7(ELSI), C10(IT戦略との連携), C12(研究の必要性・喫緊性)
E12	2015/9/7-8	2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing(UbiComp2015)(場所: 梅田 大阪グラフフロント、主催: ACM、領域アドバイザー間瀬先生がGeneral Chair, 徳田先生がSteering Committee Member)	UbiComp2015 Workshop on Towards Wisdom Computing: Harmonious Collaboration Between People and Machinesを企画。米国In Touch Health社長、ドイツStartup Magazino GmbH社員もネット会議で加わり、本研究領域の概要紹介、CRDSで本研究領域のアドバイザーの岩野氏、小林弁護士もいたELSIのパネル討論、CMU Startup学生、ドイツStartup Magazino GmbH社員もいたイノベーションチャレンジのパネル討論などを実施。	2014年度採択4チーム			米国In Touch Health社長による遠隔ロボット参加、ドイツMagazino GmbH社員インターネット参加	研究総括・アドバイザー、領域運営アドバイザー、CRDS	C1(状況に応じた対話), C2(対話・作業メカニズム), C5(自律的ロボット), C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制), C8(人々のつながりの充実・深化), C10(IT戦略との連携), C12(研究の必要性・喫緊性), C13(CRDSとの連携)□
E13	2015/11/6-7	2015年度第2回領域会議(場所: クロス・ウェブ府中)	2014年度・2015年度採択の8チームが集まり、「グローバルに通用し、社会にインパクトを与えるようなHarmonious Intelligent サービス(システム)とは?」という題目で、4グループに分かれて班別討論。国際シンポジウムの共同開催計画、ELSI、予算面で複数チーム間の分割損を削減する策(実証実験の共有化、提案手法やデータの共有化)などを議論。	2014・2015年度採択、計8チーム				研究総括・アドバイザー、領域運営アドバイザー、CRDS	C1(状況に応じた対話), C2(対話・作業メカニズム), C5(自律的ロボット), C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制), C8(人々のつながりの充実・深化), C10(IT戦略との連携), C13(CRDSとの連携)

連番	年月日	イベント、特集など	概要	連携・協力					戦略目標抽出項目
				①研究課題間	②他の研究領域	③国内外の他の研究機関	④異分野(ベンチャー含む)	⑤CRDS、研究総括・アドバイザー	
E14	2015/11/13	サイエンス・アゴラ2015(場所:東京国際交流館 3階 メディアホール)	激論! 先端ICTによるイノベーションチャレンジと題するシンポジウムを開催し、シンポジウムでは、国内外の有識者による講演やパネルディスカッション、先端ICTの研究成果をベースとしたアイデアソン/ハッカソンへの取り組みの紹介などを実施し、先端ICTによるイノベーションチャレンジのあり方について議論。海外からの招待ビデオ講演2名を紹介。講演およびパネル討論では2015年度採択の金井チームや情報科学系研究者や事業家、一般利用者など多様な参加者によりELSIを含めた知的情報処理システム開発の研究課題を議論した。	2014・2015年度採択、計8チーム			Stuart Evans特別栄誉教授(CMU)、Paco Solé Parellada教授(カタリウニヤ工科大)ビデオ講演、Loftworks 林千晶代表取締役	研究総括・アドバイザー・領域運営アドバイザー、CRDS	C7(ELSI), C10(IT戦略との連携)□
E15	2015/12/17	電子情報通信学会ISS CNR研究会(場所:慶大 日吉キャンパス)	長井 隆行チームの研究課題「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」に関するパネル討論:実用化に向けたクラウドネットワークロボット「本当にできるのか? シンボル・グラウンディング」を議論。	長井隆行チーム、山口チーム		今井倫太(慶大教授)、山田智広(NTT)			C1(状況に応じた対話)、C2(対話・作業メカニズム)、C5(自律的ロボット)
E16	2016/3/11	情報処理学会全国大会(場所:慶大 矢上キャンパス)	シンポジウム企画:知のコンピューティング、次の一手:倫理的・法的・社会的課題(ELSI)を考慮した人間と機械のハーモニアスなシステムとは - 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」第2期の狙い - と題して、本研究領域を紹介。	2014・2015年度採択、計8チーム				研究総括・アドバイザー・領域運営アドバイザー、CRDS	C1(状況に応じた対話)、C2(対話・作業メカニズム)、C5(自律的ロボット)、C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制)、C8(人々のつながりの充実・深化)、C10(IT戦略との連携)、C13(CRDSとの連携)
E17	2016/7/26	EuroScience Open Forum (ESOF2016)(場所:Manchester Central(英国)、主催:ESOF)	本CRESTの重点課題であるELSIとSSH(Social Sciences & Humanities)について、JST CRDSが企画するパネル討論 "Wisdom Computing: creative collaboration between humans and machines"にて、EUのELSI担当とELSIについて討論					研究総括、CRDS	C7(ELSI), C10(IT戦略との連携)□
E18	2016/8/5-6	2016年度第1回領域会議(場所:クロス・ウェブ府中)	アウトプット目標(中間目標・最終目標)をバーチャルラボ内で情報発信策を共有し、社会にインパクトを与えるような成果展開加速策を議論。テーマを絞ったミニワークショップ(WS)を企画、人工知能学会の学会誌・イベント企画、IEEE、RoboCupイベント、領域会議にポスターセッション、チュートリアルを追加。本領域がカバーする分野と他CREST領域、CRDSの知のコンピューティング、欧米のR&D&I戦略との違いをバーチャルラボ内で情報共有。	2014・2015年度採択、計8チーム				研究総括・アドバイザー・領域運営アドバイザー、CRDS	C1(状況に応じた対話)、C2(対話・作業メカニズム)、C5(自律的ロボット)、C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制)、C8(人々のつながりの充実・深化)、C10(IT戦略との連携)、C13(CRDSとの連携)、C14(統合研究体制)
E19	2016/11/28-29	ビッグデータ基盤/応用・知的情報処理・社会情報基盤 合同領域会議(場所:ベルサール六本木)		2014年度採択各チーム研究代表者(佐藤、鈴木、山口、渡邊)	喜連川・田中CREST、安浦さきがけ			研究総括・アドバイザー・領域運営アドバイザー	C11(他CREST等連携)
E20	2016/11/30	JST・NSF国際連携シンポジウム(場所:ベルサール六本木)	パネルディスカッション Towards Synergetic Collaboration, EU, NSF and JST モデレーター:Prof. Yuzuru Tanaka (Hokkaido Univ.) Prof. Peter Arzberger (NSF), Prof. David Corman (NSF), Prof. Calton Pu (Univ. of Washington), Prof. Nozha Boujemaa (INRIA), Prof. Masaru Kitsuregawa (NII), Dr. Norihiro Hagita (ATR)		喜連川・田中CREST、安浦さきがけ	EU, NSF and JST		研究総括	C11(他CREST等連携)、C12(研究の必要性・喫緊性)
E21	2016/12/26	JST ワークショップ(場所:JST)	JST ワークショップ1:「社会の中の人文・社会科学 - これまでの関連事例を踏まえて -」の中で、萩田が下記のテーマで講演:CREST「知的情報処理」におけるELSIへの対応					研究総括	C13(CRDSとの連携)
E22	2017/1/25-26	2016年度第2回領域会議(場所:クロス・ウェブ府中)	・海外研究者3名Paolo Dario教授(伊サントナ大学院大学)、Gordon Cheng教授(ミュンヘン工科大)、Chengqi Zhang教授(シドニー技術大)を招待し、デモ見学、研究発表を実施し、本研究領域の研究計画、進捗、加速策などの意見交換。 ・ELS Challenge in Wisdom Computingと題するパネル討論実施。これら3名に加えて、佐藤チームのChris Kimoto (CMU)教授、山口研究代表者、小林弁護士(研究領域アドバイザー)、堀川領域運営アドバイザー(モデレーター)で討論。 ・11チームでテーマ(Cloud Situated Services, Ambient Assisted Living Services, Co-experience Sharing Services)別に3班に分けてチーム間協働研究について議論と発表などを実施。	2014・2015・2016年度採択、計11チーム		伊サントナ大学院大学、ミュンヘン工科大、シドニー技術大		研究総括・アドバイザー・領域運営アドバイザー	C1(状況に応じた対話)、C2(対話・作業メカニズム)、C3(質問応答・助言システム)、C4(意思決定支援システム)、C5(自律的ロボット)、C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制)、C7(ELSI)、C8(人々のつながりの充実・深化)、C9(安全・安心)、C10(IT戦略との連携)、C12(研究の必要性・喫緊性)、C13(CRDSとの連携)、C14(統合研究体制)、C15(サービスデモ)
E23	2017/9/1	人工知能学会誌特集「人と調和して協働する知的情報処理」	国内外の情報発信策企画とH29具体策実行:人工知能学会誌特集「人と調和して協働する知的情報処理」2017.9号(萩田、鈴木、佐藤、山口、伊藤、長井)		鈴木、佐藤、山口、伊藤、長井			研究総括	C14(統合研究体制)
E24	2017/9/3	若手研究者によるチーム横断での事前討議会(場所:大阪、ホテルコスモスクエア国際交流センター)	若手研究者によるチーム横断での事前討議会(場所:大阪、ホテルコスモスクエア国際交流センター)	2014・2015・2016年度採択、計11チームの若手有志				研究総括・アドバイザー	C14(統合研究体制)
E25	2017/9/4-5	CREST領域会議(場所:大阪、ホテルコスモスクエア国際交流センター)	最新成果紹介と11チームに(1)目標設定と進捗(2)優れた成果(3)リーダーシップは?(4)金(5)人材育成(6)アウトカムにインタビュー。栄藤CREST総括、間瀬CREST総括による他研究領域紹介。石黒浩ERATO紹介。情報発信策、AI、Interaction研究はどうすべきか? チュートリアル2件:金井チーム 大泉 匡史(理化学研究所脳科学総合研究センター研究員)、春野研究代表者グループ別発表、全体討論(若手討論会)	2014・2015・2016年度採択、計11チームの若手有志	栄藤CREST、間瀬CREST、石黒ERATO			研究総括・アドバイザー	C1(状況に応じた対話)、C2(対話・作業メカニズム)、C3(質問応答・助言システム)、C4(意思決定支援システム)、C5(自律的ロボット)、C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制)、C7(ELSI)、C8(人々のつながりの充実・深化)、C9(安全・安心)、C10(IT戦略との連携)、C11(他CREST等連携)、C13(CRDSとの連携)、C14(統合研究体制)

連番	年月日	イベント、特集など	概要	連携・協力					戦略目標抽出項目
				①研究課題間	②他の研究領域	③国内外の他の研究機関	④異分野(ベンチャー含む)	⑤CRDS、研究総括・アドバイザー	
E26	2017/12/20	JST・NSF 国際連携シンポジウム(場所:コクヨホール、東京・品川)	テーマ「未来への挑戦～AI をとりまくフロンティア研究～/The Frontier of Diverse AI Research」に関する研究発表とパネル討論	長井志江チーム	喜連川・田中CREST	NSF, INRIA		研究総括・アドバイザー	C11(他CREST等連携), C12(研究の必要性・喫緊性)
E27	2018/3/11	IUI 2018 Workshop on Sy (場所:一橋会館)	間瀬CRESTと本CRESTと連携してInternational Conference on Intelligent User Interfaces(IUI) Workshop on Symbiotic Interaction and Harmonious Collaboration for Wisdom Computingを企画・運営(萩田研究総括、間瀬研究総括、山口チーム中野グループリーダーがオーガナイザー)	山口、鈴木、渡邊チーム	間瀬CREST	間瀬CRESTチーム		研究総括	C11(他CREST等連携),C12(研究の必要性・喫緊性)
E28	2018/3/14	若手研究者の会(場所:TKPガーデンシティ竹橋)	若手研究者の会 若手研究者17名による発表とシニアによる講評	11チームの若手有志17名、佐藤研究代表者、長井隆行チーム、長井志江チーム				研究総括・アドバイザー	C14(統合研究体制)
E29	2018/3/15-16	2017年度 第二回領域会議(場所:TKPガーデンシティ竹橋)	英語で会議、チュートリアル:佐藤・鈴木・山口・渡邊チーム、特別講演:Dengel(DFKI所長)、稲見ERATO総括、チーム間協働研究について議論。3種類のパネル討論(若手、研究代表者・グループリーダー、領域アドバイザー・外国人研究者)	2014・2015・2016年度採択、計11チーム	稲見ERATO			研究総括・アドバイザー、CRDS	C1(状況に応じた対話), C2(対話・作業メカニズム), C3(質問応答・助言システム), C4(意思決定支援システム), C5(自律的ロボット), C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制), C7(ELSI), C8(人々のつながりの充実・深化), C9(安全・安心), C10(IT戦略との連携), C11(他CREST等連携), C12(研究の必要性・喫緊性), C13(CRDSとの連携), C14(統合研究体制)
E30	2018/7/10-12	France-Japan workshop on "Data Science and AI, Core Technologies and Applications For a New Society" (場所:仏、パリ市内)	仏DATAIAと仏研究者との喜連川・田中CREST、萩田CREST合同の国際シンポジウム	黄瀬チーム	喜連川・田中CREST	INRIA, DATAIA等		研究総括	C11(他CREST等連携) C12(研究の必要性・喫緊性)
E31	2018/9/10	若手研究者の会(場所:ホテルフクシア大阪ベイ)	CREST成果を若手ファンド獲得につなげるには? について 班別議論	11チームの若手有志 22名				研究総括・アドバイザー	C14(統合研究体制)
E32	2018/9/11-12	CREST領域会議(場所:ホテルフクシア大阪ベイ)	The 1st International Workshop on Intelligence Augmentation and Amplification (IAA2019)の主旨説明:CREST成果を新たな国際共同研究プロジェクトに発展するきっかけづくりのワークショップ、若手研究者の会報告、間瀬CREST紹介など	2014・2015・2016年度採択、計11チーム	栄藤CREST・間瀬CREST			研究総括・アドバイザー	C1(状況に応じた対話), C2(対話・作業メカニズム), C3(質問応答・助言システム), C4(意思決定支援システム), C5(自律的ロボット), C6(認知科学、ロボティクス等との協働研究体制), C7(ELSI), C8(人々のつながりの充実・深化), C9(安全・安心), C10(IT戦略との連携), C11(他CREST等連携), C13(CRDSとの連携), C14(統合研究体制)
E33	2019/01/15-17	日独ワークショップThe 1st International Workshop on Intelligence Augmentation and Amplification (IAA2019)(場所:ドイツ, DFKI Kaiserslautern)	萩田、栄藤、間瀬研究総括と黄瀬チーム、黄瀬研究代表者、Andreas Dengel(DFKI)グループリーダーでオーガナイズ。6種類のテーマで萩田・栄藤・間瀬CRESTの研究代表者を中心に日独共同研究テーマについて議論。日本側21名、独側28名で議論。ドイツ連邦教育・研究省(BMBF),ドイツ研究振興協会(DFG)も参加		栄藤CREST・間瀬CREST	DFKI	ドイツ連邦教育・研究省(BMBF),ドイツ研究振興協会(DFG)	研究総括・アドバイザー	C11(他CREST等連携) C12(研究の必要性・喫緊性)



まず、2014年度のE1～E9、2015年度のE10～E12までは、2014年度採択の4チームの研究課題を中心に、本研究領域「知的情報処理」の国内外への紹介と研究課題間が互いの研究を相互理解する機会として企画・実行した。特に、戦略目標の中でも **C1 (状況に応じた対話)**、**C2 (対話・作業メカニズム)**、**C7 (ELSI)** について、国内の研究会・全国大会 (E3、E6、E8)、国際会議 (E5、E12)、CRDS と連携したイベント (E2、E5、E8～E10、E12) などを利用して、**何度も繰り返し紹介した。**

領域会議 (E1、E7、E11) は、2014年度採択の4チームに対して、研究目標、研究アプローチ、ELSI を中心に、各チームの研究方向性について、研究総括、領域アドバイザーとの活発な議論を展開した。第2回領域会議 (E7) 以降、現在まで**領域会議は常に宿泊しての合宿形式 (合宿型領域会議)**で行っており、研究課題間の意見交換の場として効果を上げている。他のCREST やさきがけのイベント (E4、E9、E10) にも積極的に参加した。国内外というよりも国際的かつ本研究領域からイノベーション創出の事例が生まれることをねらいに、領域会議 (E7) 単独、領域会議 (E11) と国際会議 UbiComp (E12) との連携などを企画して、本研究領域の**研究代表者と若手研究者にスタートアップ起業のノウハウを説明**した。E12 では、欧米のベンチャー企業で成功した InTouch Health の Dr. Yulun Wang 社長、CMU の PhD コースの学生 Nagasrikanth Kallakuri (2017年にカーネギーメロン大学で初めて開発された自律走行車用マッピング技術を開発した Explorer.ai 社をサンフランシスコで設立した7名の1人、同社は2019年1月に無人レジ店舗スタートアップの Standard Cognition に買収) に研究とスタートアップの両立などについて講演とパネル討論を行い、**これからの若手研究者向けの育成**も行った。

次に、2015年度のE11～E16、2016年度のE17～E21までは、2014年度採択4チームと2015年度採択4チームの合計8チームに対して、研究領域の加速策などを領域会議で議論し、他研究領域イベント参加や交流を通じて、**研究課題間、研究領域間などの連携・協力を推進**した。

領域会議 (E13) では8チームを4班に分けて班別討論で Harmonious Intelligent Service (or System) の実現イメージを議論してもらい、研究課題間の共通テーマ、共有できそうなコア技術などを明らかにしてもらった。同時に、本研究領域全体でシンポジウムやワークショップを企画した方が得策なのか、いくつかのテーマ別イベントの方が効果的かという領域の情報発信策について議論してもらい、後者の方で進めることにした。領域会議 (E18) では、各チームの**中間目標と最終目標を明確**にすることと、国際会議等を利用したテーマを絞ったミニワークショップ企画、社会にインパクトをあたえる研究加速策、研究領域を紹介する学会特集号企画、欧米のスタートアップ支援策についてのビデオ講演 (CMU Distinguished Service Professor Stuart Evans 氏、スペイン・カタリューニャ工科大学 Paco Solé Parellada 教授) などを実施した。

本研究領域「知的情報処理」の国内外への紹介と研究課題間が互いの研究を相互理解する機会として国内の研究会・全国大会（E15、E16）、国際会議（E17）、**CRDS と連携したイベント**（E13、E14、E16、E18、E21）、**他の研究領域会議・イベント**（E19、E20）などで各チームの概要と成果を発表してもらった。ELSI についてイベント（E13、E14、E17、E21）などを利用して、情報共有に努めた。

次に、2016 年度の E22、2017 年度の E23～E29、2018 年度の E30～E33 までは、2016 年度採択 3 チームが加わり合計 11 チームで研究課題間、研究領域間などの連携・協力を推進した。

領域会議（E22）では、**海外のアドバイザーとして 3 名**（伊・サンタナ大学院大学 Paolo Dario 教授、独・ミュンヘン工科大 Gordon Cheng 教授、豪・シドニー工科大 Chengqi Zhang 教授）を招待して、11 チームの研究発表とデモ見学、ELSI に関するパネル討論を行い、その後、研究目的・目標、コア技術、ELSI チャレンジ、良い点、改善すべき点などについて有益なコメントや意見をもらうことができた。同時に 11 チームを全体的に俯瞰して、大まかに 3 班の大分類テーマ（Cloud Situated Services、Ambient Assisted Living Services、Co-experience Sharing Services）に分けて、班別討論を行い、**チーム間連携・協力案を検討**してもらった。この班別討論は、その後の領域会議でも続けており、チーム間連携、若手研究者の討論の場としても利用され、チーム間連携・協力を加速させるきっかけになっている。

**この領域会議から全 11 チームが参加**することによって、C1（状況に応じた対話）、C2（対話・作業メカニズム）、C3（質問応答・助言システム）、C4（意思決定支援システム）、C5（自律的ロボット）、C6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）、C7（ELSI）、C8（人々のつながりの充実・深化）、C9（安全・安心）、C10（IT 戦略との連携）、C12（研究の必要性・喫緊性）、C13（CRDS との連携）、C14（統合研究体制）、C15（サービスデモ）の**戦略目標 15 項目を踏まえた議論ができるようになった**ことも重要である。すなわち、研究領域がスタートしてほぼ 3 年後に全チームが揃い、初めて研究課題間の議論が本格的にできるようになった。

人工知能学会誌に「人と調和して協働する知的情報処理」と題する特集（E23）を組み、研究総括による研究領域「知的情報処理」の全体像と 11 チーム概要説明、人工知能関連 5 チーム（佐藤、鈴木、山口、伊藤、長井隆行）の最新成果を紹介した。

2017 年度から 2018 年度の領域会議（E25、E29、E32）の前日に、若手研究者が自主的に「若手研究者の会」（E24、E28、E31）を企画し、研究総括、領域アドバイザー、チームのグループリーダーが数名招待されて、**若手研究者間の連携・協力が生まれる場が企画・運営**されている。これらの成果は**本研究領域の若手研究者の AIP チャレンジプログラム<sup>19</sup>での採択数が他の研究領域に比べて非常に多くなった**きっかけの 1 つと考えている（詳細は 5. (4) を参照）。

<sup>19</sup> <http://www.jst.go.jp/kisoken/aip/wakate/index.html>

2017年度の領域会議（E25）では、2014年度採択4チームの中間評価の年であるため、最新成果紹介と11チームに、(1) 目標設定と進捗、(2) 優れた成果、(3) リーダーシップ、(4) 金、(5) 人材育成、(6) アウトカムの項目について発表してもらい、研究総括、領域アドバイザーと各研究代表者らが議論した。同時に石黒浩氏によるERATOの最新成果、11チームの中から最新成果のチュートリアル2件（金井チーム、春野チーム）、他研究領域の研究総括（CREST人工知能 栄藤氏、CREST共生インタラクション 間瀬氏）に研究領域の概要を紹介してもらった。

2017年度の領域会議（E29）では、研究者からの要望を受けて英語で会議を進め、チュートリアルとして2014年度採択4チーム（佐藤・鈴木・山口・渡邊）、特別講演としてAndreas Dengel（DFKI、黄瀬チーム・グループリーダー）、稲見ERATO研究総括を招き、チーム間協働研究について議論した。3種類のパネル討論（「若手研究者」群、「研究代表者・グループリーダー」群、「領域アドバイザー・外国人研究者」群）を実施し、人材育成の立場から各群の考え、要望、悩みなどについて情報共有することができた。

また、2017年度には、他研究領域のイベント（E26、E30）にも長井志江チーム、黄瀬チーム、研究総括が参加した。国際会議IUIのワークショップ（E27）も間瀬CREST（共生インタラクション）と連携して、企画し、2研究領域間で連携・協力のきっかけを創った。

2018年度の領域会議（E32）では、11チームの次の異分野間交流の機会創出と国際共同研究プロジェクトに発展するきっかけと国際的研究者ネットワーク創りをねらいに、The 1st International Workshop on Intelligence Augmentation and Amplification（IAA2019）の企画案を説明し、皆で議論した。このWorkshopの案は元々、2016年度の領域会議（E22）で研究総括が発想したもので、テーマのターゲットを絞った国際会議IUIのワークショップ（E27）での研究領域間交流をみて、本研究領域だけでなく、栄藤研究総括の研究領域「人工知能」と間瀬研究総括の研究領域「共生インタラクション」とも連携したIAA2019を開催することに決めた。IAA2019（E33）は萩田・栄藤・間瀬研究総括と黄瀬チームの黄瀬研究代表者、Andreas Dengel（DFKI）グループリーダーで企画・実行した。6種類のテーマで萩田・栄藤・間瀬CRESTの研究代表者を中心に日独共同研究テーマについて議論した。6テーマとは、Augmented Human、Amplified Intelligence、Machine Learning、Networked AI、Symbiotic Interaction、Human-Machine Intelligenceであり、これらについて日本側21名、ドイツ側28名の研究者が班に分かれ議論した。これ以外にJST後藤理事、AIPネットワークラボ長江村氏、ドイツ連邦教育・研究省（BMBF）、ドイツ研究振興協会（DFG）なども参加して活発な意見交換の場となった。IAAは今後、間瀬CRESTが終了する2024年度まで継続して欧米を中心に開催することによって、本研究領域の成果が新たな国際的研究プロジェクトに発展し、顔の見える研究者を育成することになる。

(3) 研究費配分上の工夫（拡大・縮小等も含め、研究領域運営上の立場から）

3. (1)の選考基準「合理的な予算と研究期間か」で述べたように、2014年度の募集は上限が5億円程度、2015年度、2016年度の募集では、上限を3億円程度に設定した。現在、概ねこの範囲に収まった研究費予算（総予算38.24億円）で研究が進んでいる。チーム内とチーム間コラボレーションに分けて概説する。

#### ①チーム内の研究費について

##### 佐藤チーム

研究予算の運用では質の高い研究を推進するために、人材確保が第一優先であるため、全予算の58.6%を人件費に充てている。最先端の成果を出し続けるために必須の条件であり、妥当な配分であると言える。他の研究チーム（鈴木チーム、山口チーム、黄瀬チーム）との連携も積極的に行い、チーム内で開発したコア技術が他のチームの研究課題に再利用されている。研究領域全体として、再利用が促進できることは研究予算の合理的な活用法といえ望ましい。当初予算（320百万円）と比べ61.0百万円増額して、現研究予算は381.0百万円になっている。

##### 鈴木チーム

研究予算の運用では、まず研究立ち上げ段階では、「ミライの体育館」の実験環境を整えることが喫緊の課題であったため、2014年度、2015年度、合わせて67.5百万円を増額した。中間目標達成後、国内外への普及、国際競争力の実証を行うために、海外機関との共同研究にも4百万円増額した。他の研究チーム（佐藤チーム、長井志江チーム）との連携も積極的に行い、チーム内で開発した上記の手法が他のチームの研究課題に利用されている。当初予算（340百万円）比べ100.6百万円増額して、現研究予算は440.6百万円になっている。

##### 山口チーム

他チームとの共同研究を促進している。AIPネットワークラボのサポートを活用して、当初予算（330百万円）比べ99.4百万円増額して、現研究予算は429.4百万円になっている。

##### 渡邊グループ

当初予算（330百万円）通りに運用していて、これまで9.0百万円増額してはいるが、現研究予算は339.0百万円になっている。全体の予算で人件費等に関わる比重が大きく、全予算の52.7%にあたる。

##### 伊藤チーム

全体の予算で人件費等に関わる比重が大きく、全予算の51.2%にあたる。当初予算（280百万円）比べ62.7百万円増額して、現研究予算は342.7百万円になっている。これ以外に、これまではクラウド上に合意形成システム構築のためのシステム開発や名古屋市を中心とした、社会実証実験に予算をかける予定である。

##### 金井チーム

当初予算（280 百万円）通りに運用していて、これまで 12.0 百万円増額してはいるが、現研究予算は 292.0 百万円になっている。全体の予算で人件費等に関わる比重が極めて大きく、全予算の 73.9%にあたる。理論研究は人財に依存している。

#### **長井隆行チーム**

当初予算（300 百万円）比べ 53.8 百万円増額して、現研究予算は 353.8 百万円になっている。初年度、ロボットシステムなどを導入するために 13.5 百万円の増額を行った。全体の予算で人件費等に関わる比重が大きく、全予算の 47.3%にあたる。

#### **春野チーム**

当初予算（250 百万円）比べ 4.2 百万円増額して、現研究予算は 254.2 百万円になっている。全体の予算で人件費等に関わる比重が大きく、全予算の 50.1%にあたる。

#### **黄瀬チーム**

当初予算（300 百万円）比べ 47.0 百万円増額して、現研究予算は 347.0 百万円になっている。全体の予算で人件費等に関わる比重が大きく、全予算の 45.1%にあたる。

#### **長井志江チーム**

当初予算（300 百万円）比べ、30.7 百万円増額して、現研究予算は 330.7 百万円になっている。全体の予算で人件費等に関わる比重が極めて大きく、全予算の 60.0%にあたる。

#### **森嶋チーム**

当初予算（300 百万円）比べ、13.1 百万円増額して、現研究予算は 313.1 百万円になっている。全体の予算で人件費等に関わる比重が極めて大きく、全予算の 65.3%にあたる。

### **②チーム間コラボの研究費について**

2016 年度から開始した AIP ネットワークラボ特別経費による研究支援を利用して、毎年提案で上がってくる各研究代表者の要望を研究総括が各研究プロジェクトの進捗状況、研究領域の拡大という視点で相応しい要望を AIP ネットワークラボに提出し、採択された分を各チームに配分した。要望の多くはポスドクなどの質の高い研究者の追加雇用が主であった。

#### **(4) その他マネジメントに関する特記事項（人材育成等）**

本研究領域の運営において、人材育成には特に力を入れている。

##### **① 合宿型領域会議の効果**

2015 年 3 月の領域会議（E7）から 1 泊 2 日の合宿討論形式を採用し、研究代表者の進捗状況報告発表だけでなく、グループリーダ、若手研究者との交流の場作りも工夫した。現在 100 名を超える参加者があり、各人が班別討論に参加することや若手研究者のポスターセッションと表彰、研究総括や領域アドバイザーとフランクに話す会などは研究課題間の垣根を

越えた共同研究テーマを錬るのに最適である。ELSI に長けた小林領域アドバイザー、他研究領域の研究総括である栄藤・間瀬領域アドバイザー、ERATO 総括である石黒領域アドバイザー、稲見グループリーダー(黄瀬チーム)などと身近に接する環境はこの領域会議の特長である。

#### ② AIP ネットワークラボのサポートプログラム(若手チャレンジ、チーム間コラボなど)

2016年度から始まった、AIP ネットワークラボの若手研究者向けのAIP チャレンジでは、本研究領域の若手研究者の積極的な応募が見られ、上記の取り組みの成果が現れていると考えている。

- ・ 2016年度全採択29件中、約半分の14件が本研究領域の若手研究者であり、ラボ長賞受賞も全5件中3件を占めた
- ・ 2017年度では、全40件中19件が採択(ラボ長賞受賞全6件中、2件)
- ・ 2018年度では、全40件中17件、また、2018年度に募集したAIP チャレンジPRISM 加速支援では、採択数は全24件中13件を占めた。

#### ③ 若手研究者を中心にチームから他のファンドを獲得する研究者が増える

①、②以外にも、研究領域会議などの副次的な成果として、計画以上の次のマネジメント成果が出ている。

- ・ CREST 2件(「共生インタラクション」領域に黄瀬チームのメンバが、「情報計測」領域に金井チームのメンバが採択された)
- ・ さきがけ 2件(「人とインタラクション」領域に佐藤チームのメンバが採択された)
- ・ ACT-I 2件(「情報と未来」領域に、佐藤チーム、金井チームのメンバが採択された)
- ・ 稲見ERATO 1件(黄瀬チームのグループリーダーがERATOに採択)
- ・ 日本学術振興会 科学研究費(若手A) 2件(佐藤チームのメンバ)

#### ④ スタートアップ

提案時の金井チーム((株)アラヤ)を除き、10チームの中で3チームからスタートアップが誕生した。

- ・ 鈴木チーム(Plimes, Inc.)
- ・ 山口チーム(バンコク GAOGAO 設立)
- ・ 長井隆行チーム(ChiCaRo 社)

## 6. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況について

### (1) 研究総括のねらいに対する研究の状況

「2. 研究総括のねらい」では、戦略目標の 15 チェック項目 (C1～C15) を反映した研究領域を創出すること、そのために、2 つの運営方針を述べた。ここでは次の 3 点について、研究状況を述べる。

- 戦略目標の 15 チェック項目 (C1～C15) を反映した研究領域
- 運営方針 1：研究チーム採択を実現するための研究総括方針
- 運営方針 2：採択後の研究マネジメント方針

#### ①戦略目標の 15 チェック項目 (C1～C15) を反映した研究領域ができつつあるか？

表 6 に、戦略目標から研究総括が抽出した 15 項目と各チームの研究課題との関係を示した。11 チームの中で、C1～C15 のそれぞれに関係したチーム数は以下の通りである。

C1 (状況に応じた対話)	: 10 チーム
C2 (対話・作業メカニズム)	: 11 チーム
C3 (質問応答・助言システム)	: 6 チーム
C4 (意思決定支援システム)	: 2 チーム
C5 (自律的ロボット)	: 6 チーム
C6 (認知科学、ロボティクス等との協働研究体制)	: 8 チーム
C7 (ELSI)	: 7 チーム
C8 (人々のつながりの充実・深化)	: 4 チーム
C9 (安全・安心)	: 4 チーム
C10 (IT 戦略との連携)	: 4 チーム
C11 (他 CREST 等連携)	: 4 チーム
C12 (研究の必要性・喫緊性)	: 10 チーム
C13 (CRDS との連携)	: 4 チーム
C14 (統合研究体制)	: 11 チーム
C15 (サービスデモ)	: 10 チーム

各チームの研究課題と C1～C15 の関係についての詳細な説明は付録 1 に示す。

表 6 は、11 チームの研究開発が進むことによって、戦略目標の 15 チェック項目はすべて満たせることを示している。現段階の成果をみても付録 1 に示すように、表 6 のチェック項目と一致した成果ができつつある。

#### ②運営方針 1：研究チーム採択を実現するための研究総括方針に対する状況

2. (1)①で述べた運営方針 1 では、表 4 に示す「研究領域の概要および募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針」(A1～A21) を作成した。A1～A19、A21 は、戦略目標の 15 のチェック項目を満たすように配置した。その結果、3 年間の募集を通じて、11 研

究チームを採択した。表5に示すように、2014年度と2015年度の応募ではICT関連のほかのCREST研究領域に比べて最も応募数が多く、30～40代の若手研究代表者（内、女性1名）が11件中7件を占めた。選考においても表8に示す領域アドバイザーの専門性ですべての応募に対応できた。これによって、戦略目標のC1からC15を満たす可能性のある11チームが採択され、バーチャルラボが形成された。

### ③運営方針2：採択後の研究マネジメント方針に対する研究状況

2. (1)②「人、モノ、金、情報」を意識したバーチャルラボラトリーの研究環境創りがどのように進展したかを述べる。中点で示した事前に設定した各課題に対して、⇒以下で進捗状況を示す。

#### (i)人

- ・ 若手研究代表者（女性を含む）の増加策：  
⇒ 採択11チーム中7名が40歳以下の若手研究代表者で、内、女性が1名であった。採択者の64%が40歳以下の若手研究代表者となり、若手中心の研究領域マネジメントを実践することになった。
- ・ 各チームの研究代表者、サブリーダー（研究分担者）、若手研究者、学生などの人材育成：  
⇒ 年2回程度の領域会議を中心に、段階的に各群の育成を展開している。特に第2回以降の領域会議は一泊二日で実施することで、各群がパラレルに議論できるようなバラエティに富んだプログラムを作成して、参加者が各群で有意義な議論ができるように工夫している。たとえば、チーム間コラボを11チームが3班に分かれて自由討論している時間に、並行して、研究総括や領域アドバイザーが研究領域拡大策を議論するなどが挙げられる。表9のE33（IAA2019）は、このような議論の中からボトムアップで生まれた企画である。
- ・ チーム内だけでなくチーム間のコラボを生みやすくする研究環境創り：  
⇒ 表9に示すように、国内外の他の研究機関、異分野との連携・協力を強化するイベントを開催した。特に、表9のE12、E22、E27、E30、E33のように、他研究領域（CRESTビッグデータ基盤、ビッグデータ応用、人工知能、共生インタラクション）や、海外の一流の研究者を交えた国際会議やIAA2019はチームの国際水準レベルを上げるのに効果的だった。
- ・ 国際水準レベルを高める国際的ヒューマンネットワーク（人脈）を拡大する環境作り  
⇒ 表9の領域会議（E22）、IUI2018 Workshop（E27）、IAA2019（E33）などを通じて、段階的に創りつつある。

#### (ii)モノ（研究成果）

- ・ 各チームで開発される様々な最先端コア技術をチーム間でシェアして、他のチームで再利用できるしくみ作り：



⇒ 5. (1)の各チームの進捗状況の中で詳細に説明したが、山口チームをはじめとして活発なチーム間コラボが日常的に進展している。他のチームの最先端コア技術を使うことで、自らのチームのアクティビティも向上し、さらにレベルの高い成果を出すことができるようになる。

- ・ 他チーム（バーチャルラボの研究室）で実現しつつある知的情報処理システムを共有しながら自らのチームのアウトプット、社会的インパクトを最大化する方法：  
⇒ システム作りは 2014 年度採択 4 チームがまさしく現在この最大化を推進している。2015 年度採択 4 チーム、2016 年度採択 3 チームはこれから最大化を本格的に検討する。
- ・ 国内外の動向を反映した社会的インパクトのある中間・最終目標設定  
⇒ 2014 年度採択 4 チーム、2015 年度採択 4 チームは中間目標をクリアしているので、世の中の技術水準を考慮して最終目標を設定する。2016 年度採択 3 チームは 2019 年度に中間評価を迎えるので、まず中間目標達成が第一目標である。

#### (iii)金

- ・ 加速すべきチームに追加予算を割り当てる合理的な判断基準：  
⇒ 領域会議、AIP ネットワークラボ特別経費による研究支援（予算増額）のコラボ提案をもとに研究総括が各チームの進捗を勘案して予算割り当てを判断している。
- ・ チーム研究加速策、研究領域の拡大をめざして、チーム内（間）コラボレーション、若手育成のための研究予算（追加分）確保  
⇒ AIP チャレンジ提案、AIP ネットワークラボ特別経費による研究支援（予算増額）の募集内容に基づいて研究総括が判断している。
- ・ 研究領域間、国内外の研究者とのコラボレーションの活性化  
⇒ 研究課題の成果や AIP チャレンジの成果をもとに、他 CREST、さきがけや他省庁ファンドに別テーマで応募して採択されるケースが増えて来ている（5. (4)参照）。

#### (iv)情報

- ・ チーム（内）間の相乗効果がでる本研究領域全体成果の見える化策  
⇒ 領域会議で各チームの最終実現イメージのムービーを作成・改良を行っている。研究の進展とともに徐々に実現イメージが精緻化している。  
また、研究コミュニティ向けの書籍を Springer から出版予定であり、2019 年中に主に 2014 年度採択 4 チームと 2015 年度採択 2 チームで Volume 1 として執筆予定。
- ・ 複数チームによる国内外のワークショップ、シンポジウム企画・運営  
⇒ 表 9 の UbiComp2015 Workshop (E12)、IUI2018 Workshop (E27)、IAA2019 (E33)などを研究総括、領域アドバイザー、研究チームで企画・運営した。
- ・ 研究チームの研究加速とバーチャルラボ全体の情報共有策  
⇒ 主に、領域会議を活用した。

- ・ 国内外のヒューマンネット拡大策  
⇒ 表 9 の領域会議、IUI2018 Workshop (E27)、IAA2019 (E33) などを活用
- ・ 本研究領域の拡張・発展性、波及効果などを高める情報発信策の立案・実行策  
⇒ 領域会議、他研究領域とのコラボ、IAA2019 (E33) などを活用して今後も推進していく。

## (2) 研究領域全体として見た場合の特筆すべき研究成果の見通し

研究領域全体として見た場合とは、戦略目標の達成目標 1 に対応した C1 (状況に応じた対話) と達成目標 2 に対応した C2 (対話・作業メカニズム) を満たす研究成果と捉えることができる。

2. (2)③「期待される成果」で述べた、Beyond Words、The End of Disability (または Augmented Human)、ELSI を考慮したシステム、の 3 点について、社会的インパクトのある特筆すべき研究成果の見通しを述べる。

### ① Beyond Words に関する成果と見通し

佐藤チームは、5. (1)①(i-1)に述べるように、カメラ映像に映った人物や物体を認識するだけでなく、人がモノを持って、ある場所から別の場所に移るなどの**行動の意味までも予測する方法 (一人称予測法)**を提案した<sup>16)</sup>。この論文[16]に対して、**Marr Prize Honorable Mention Award** が授与された。次に、複数のカメラ群に映った**被写体の行動や視線の意味 (集合視)**を他人の好みに合わせて**体験共有できる技術**<sup>17)</sup>を開発した。長時間にわたって撮影された一人称視点映像を効率的に閲覧するためのインタフェースは**EgoScanning (閲覧者視点検索)**と呼ばれ、閲覧者の関心・目的に応じてビデオの再生速度が適応的に制御される点を特長としている。

これらの技術を組み合わせた知的情報処理システムは、コンピュータビジョン技術を使って視覚的に体験を知識として構造化することができ、ヒューマンインタフェース技術を使って、別の閲覧者がこの体験を閲覧者の好みに合わせて体験共有できる。このシステムでは、現在あるインスタグラムや YouTube のように一方的に与えられたコンテンツを検索するのではなく、状況 (閲覧者の好み) に応じて、閲覧者が所望の箇所を見落とすことなく、ある一人称視点映像の体験共有知を高速に閲覧することが可能になる。これは集合視が従来の画像の認識・理解だけでなく、「**キーワードでなく (Beyond Words)、視覚的に**」体験共有知を検索できる検索法であり、今後、**体験共有知をもとにしたインターネット検索サービス**などへの発展、それ以外の分野への波及効果が期待できる。

佐藤チームは最終目標に向けて視覚障害者のナビゲーション支援システムを開発しているが、それ以外の分野からも、すでに複数の企業が興味を示している。特許申請も出願済みである。

本研究領域全体で見れば、黄瀬チームの体験サプリメントの研究 (5. (1)①(iii-1)参照)

とも深く関係している。黄瀬チームでは、体験した人と閲覧する人との間で感情的な状況や認知・学習能力の違いがある場合の認知バイアスをどのように検出するかを研究している。黄瀬チームの認知バイアスの研究と連携することで、さらに閲覧者の精神状態や心理状態に合わせた検索も可能になる。

これらの知的情報処理システムは、戦略目標の C1 (状況に応じた対話)、C2 (対話・作業メカニズム)、C3 (質問応答・助言システム)、C9 (安全・安心) に関する特筆すべき成果であり、実用化が期待できる。

## ②The End of Disability (または Augmented Human) に関する成果と見通し

渡邊チームではパラリンピックアスリートの脳の可塑性について研究を進めている (5. (1)①(i-4)参照)。その中で、義足を装着したアスリートが、欠損した右足に付けた義足の先にある (本来ない) 足指の部分まで脳で感じられるというまったく新しい現象を捉えた。右足であれば、健常者の左脳頭頂葉の運動野が活性化するため、右側の反対側の脳ということで「対側」の神経経路が関係する。一方、義足アスリートでは、健常者では使われなくなっている同側の脳 (この場合右脳) から脊髄に至る経路を利用しているという脳の可塑性を客観的に計測できた。アスリート本人は、右足先の感覚が自分でも感じられるという。これは義足という道具が身体の一部として感じられるようになる、すなわち、人間は自分の能力を拡張する Augmented Human、またはサイボーク化できる可能性があることを客観的に示した<sup>18),19)</sup>。同様の成果は文献<sup>20)-22)</sup>でも述べられ、パラリンピックアスリートは、ニューロリハビリテーションの最良モデルであり、まったく未知の神経再編能力が明らかになる可能性がある。義足アスリート、脳性麻痺スイマー、先天性両上肢欠損アーチェリー選手などで、競技力向上を企図したトレーニングの結果として、両側性皮質脊髄路活性化や運動野機能マップの大幅な再編が観察された。このような脳の再編はまったく未知の領域であり、新たな研究領域が創成される可能性がある。

渡邊チームが追究する「潜在アンビエント・サーフェス情報」の中にこうした脳の可塑性に関する量を測ることによって、アスリートとコーチングとの間で客観的な体験共有知を基に、新しいトレーニング方法が考案される可能性がある。この特性はスポーツ以外への適用も当然考えられるので、発展性、他分野の波及効果も期待できる。これらの成果は、戦略目標の C2 (対話・作業メカニズム) に深く関係しているが、C5 (自律的ロボット)、C6 (認知科学、ロボティクス等との協働研究体制)、C7 (ELSI)、C9 (安全・安心) などを考慮して、自分に合う義肢・義足・義手などの知的情報処理システムの設計原理に反映されると期待している。

## ③ELSI を考慮したシステムに関する成果と見通し

長井志江チームは 5. (1)①(iii-2)でも述べたように、ELSI チャレンジという視点で発達障害者の学習教室と就労支援サービスを運営している (株) LITALICO と連携している点が優れている。LITALICO は障害者の学習・就労支援で国内トップクラスの業績を上げており、

長井らが開発する認知ミラーリングシステムの実証実験環境やそれを使うことによって生まれる新たな就労支援まで一貫したサービスが生まれる素地ができています。さらに、長井志江チームは、「倫理的 (Ethical)」には医学研究では、当事者研究向けガイドラインを整備している。「法的 (Legal)」にはバリアフリーの設計指針を提案し、障害者差別解消法における合理的配慮による設計ガイドラインを交通エコロジーモビリティ財団と協働で作成している。東京オリパラ推進本部との協働で「心のバリアフリー化」事業 (2016年11月キックオフ) も推進している。「社会的 (Social)」には、本研究課題で開発する認知ミラーリングシステムの社会普及を促進するために、NHK「あさいち」(2017年4月放送) との協働でASD視覚体験シミュレータをアプリ化した。その後も講演会、メディアを通じた認知ミラーリングシステムの社会普及を現在も進めている。今後の普及加速策と研究開発の両立を目標にしている。

鈴木チームも長井志江グループが開発している ASD 者の感覚過敏・鈍麻の発生過程を再現するウェアラブル型シミュレータ (ASD 視覚体験シミュレータ: ASD-SIM) に、鈴木チームの成果である小児の身体性を再現する装着型デバイス (CHILDHOOD) を組み合わせることで、小児の身体性を再現する ASD 視覚体験シミュレータの拡張を目指した研究を行っている。鈴木チームは大塚特別支援学校に「ミライの体育館」というプラットフォームを構築して、ELSI チャレンジによる研究開発を進めている。両者は ELSI を克服するために、発達障害や自閉症児に学習支援、就労支援に長年実績のある機関とうまい協業・協働関係で研究推進している点が優れており、研究課題の成果が早期に実用化または社会実装される見通しがある。戦略目標の C1 (状況に応じた対話)、C2 (対話・作業メカニズム)、C5 (自律的ロボット)、C6 (認知科学、ロボティクス等との協働研究体制)、C7 (ELSI)、C8 (人々のつながりの充実・深化)、C9 (安全・安心) に関連している。

### (3) 研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献

2014年度採択4チーム、2015年度採択4チームについて中間評価を終え、これから最終目標の知的情報処理システムおよび対話・作業メカニズムの解明の研究成果が期待できる。一方、2016年度採択3チームは2019年度に中間評価を迎えるため、コア技術、対話・作業メカニズムの解明に注力している。戦略目標の C1 (状況に応じた対話) とは、わかりやすく解釈すれば、「いつ when、どこで where、だれが who、だれに whom、何について what、どんな対話・行動をしているか how」(5W1H) をシステムが柔軟に認識し、体験共有知として構造化し、自らまたはクラウド上に体験共有知を蓄え、「別の日時でも、別の場所でも、だれにでも、別の内容で、対話・行動できる」(other 5W1H) ような知的情報処理システムを開発することを意味する。これらの機能をすべて満たすことはまだできないが、段階的に機能を満たしていくことによって、このような Situated Service 機能を持った知的情報処理システムが確実に開発されるはずである。その場合の社会実装においては、ELSI に配慮したシステム設計が不可欠の条件となる。

全 11 チームの中で、この考えに基づいて、国際的に高い水準で大きなインパクトが期待できる科学的・技術的成果として以下の 5 件を紹介する。

#### ① 佐藤チーム

まず、アピアランスベース視線推定法を提案し、「いつ、どこで、だれが、だれに、何を、見ていたか」(太字の部分に焦点を当てた研究)の観測・認識の問題を解いた。映像に映る人物の見え情報からその人物の視線を推定するアピアランスベース視線推定を発展させ、3 ヶ月以上にわたり様々な環境で人物の視線を記録した 20 万枚以上の画像のデータセットを深層学習することにより高精度の視線推定(何を、見ていたか)を実現した<sup>23),24)</sup>。次に、パブリックディスプレイに設置したカメラを用いた視線推定を 2 週間にわたって実験し、その有効性を確認した<sup>25)</sup>。この成果は ACM UIST にて Best Paper Honorable Mention を受賞した。6. (1)①(i-1)で述べた EgoScanning (閲覧者視点検索)の研究<sup>17)</sup>によって、「別の日時でも、別の場所でも、だれにでも、別の内容(関心・目的)で、対話・行動できる」、すなわち、閲覧者の関心・目的に応じて閲覧できることを示した。

#### ② 渡邊チーム

音声にオンラインで感情表現を与えることのできるプラットフォームを用いて、音読中の声に感情フィルタをかけることによって意識化で感情を変化させることが可能であることを示した<sup>26)</sup>。すなわち、「別の日時でも、別の場所でも、だれにでも、別の内容(別の感情で)、対話・行動(聞くことが)できる」技術に対応している。この音声感情誘導の手法は、音声知覚、感情知覚、自己知覚などを含めた幅広い研究分野での活用に加え、医療、教育、エンターテインメント、スポーツなどの応用分野での感情誘導などへ応用を上げられる。

#### ③ 春野チーム

「いつ、どこで、だれが、だれに、どんな対話・行動をしているか(どんな Twitter をしていたか)」に応じて、「別の日時でも、別の場所でも、だれが(自分自らが)、だれに、別の内容で(うつ病傾向に)、対話・行動できる(変化するか)」ということを示した。扁桃体と海馬の“経済的な不平等(自分と相手の配分の差)”に対する脳活動から、被験者の現在のうつ病傾向と 1 年後のうつ病傾向を予測できることを示した。この事実は、格差がヒトの精神状態に多大な影響を及ぼすこと、及び扁桃体とその影響に関与することを、科学的に初めて明らかにした<sup>28)</sup>。

#### ④ 長井隆行チーム

記号接地問題の本質的な解決を目的として、ロボットによる概念と言語の同時学習手法を提案した<sup>29)</sup>。階層ベイズに基づく確率的生成モデルを基盤にした教師なし学習法であり、現在主流の深層学習に基づく教師あり学習では実現することができない。長井グループは 100 時間に渡る、「人-ロボットインタラクション実験」を実施し、ロボットが実際に約 60 単語を学習できることを示した。オンライン概念・言語獲得技術では、ロボットが人や環境

とのインタラクションを通して、オンラインで概念を学習し、概念と単語を結びつける確率的生成モデルとその推論法を提案した。音声認識の問題を学習モデルに統合することで、言語モデルを同時に学習し、音素列から単語を切り出して学習できることを示した<sup>29)</sup>。谷口グループは、移動ロボットによる場所概念・言語学習を実現し、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) と統合することで、ロボットが「いつ、どこで、だれに、何を (モノの概念を)、対話・行動 (学習すること) をしているか」を自律的に学習する方法を提案した<sup>30)</sup>。

#### ⑤ 金井チーム

体験共有知について、メタなレベルの問題に挑戦した。メタなレベルとは、たとえば部屋の中の人(々)の行動計測や温度や音・視覚環境が同じでも、そこにいる知的情報処理システムが大人に近い振る舞いや幼児に近い振る舞いをするといった、まったく違う意識をもつようなシステムを生成する理論的研究に挑戦している。

人工知能システムの中に意識が宿っているかを判定するために、環境を計測する必要がある。センサー数が多ければ多いほど環境情報が正確に測れるが観測ベクトルの次元が高次元になる。

観測ベクトルの次元が異なる意識システム間の比較も難しい。代わりに、このチームは情報のエネルギーのレベルから解くアプローチをとった。Giulio Tononi によって提案された統合情報理論がもっとも可能性が高かったが $\Phi$ の計算量がノード数に応じて指数関数的に増大するため、ノード数が10程度しか計算できなかった。このチームは解析の方法論を自ら創り出すことがまず初期の主な課題だった。金井らは実計算できない $\Phi$ の代わりに情報統合の概念を情報幾何学の観点から再定義した<sup>7)</sup>。これによって、これまで知られていた相互情報量や移動エントロピーとの関係が明らかになり、 $\Phi G$ という新しい指標に置き換えれば、問題を解決することを突き止めた。その結果、 $\Phi$ の劣モジュラ性を仮定することで計算を高速化し、その妥当性を数値実験により示すことができた<sup>8),9)</sup>。この成果は国際論文誌Entropyに採択され表紙を飾った<sup>9)</sup>。この成果により、これまで実質的に不可能だと考えられてきた実システムでの統合情報量の評価が可能となる優れた基礎研究成果を上げた。かつ本研究で開発したアルゴリズムを幅広いデータに対して活用できるように、オープンソースソフトウェア (OSS) として Practical PHI Toolbox も公開した<sup>10)</sup>。

さらに、これまで知られていた好奇心とエンパワーメントという2種類の内発的動機をエージェントと環境との間での「情報の流れ」という観点から、統一的に記述することによって、1つの人工知能エージェントに統一的に実装する方法をニューラルネットによって実装することに成功した<sup>11)</sup>。

#### (4) 研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

戦略目標に対する本研究領域の位置づけ、CREST というチーム型研究プロジェクトの特長、

イノベーションという言葉が当たり前になっている社会的情勢、などを勘案して、社会的・経済的価値の創造に貢献して社会的に大きなインパクトには、次の 3 種類の視点が重要である。

- Unique X
- Unified Team
- Urgent X

この考え方は、表 9 の E14 (サイエンスアゴラ 2015) で紹介した CMU の Distinguished Service Professor である Stuart Evans 教授の「イノベーションを興す 3 つの U」に由来している<sup>27)</sup>。このムービーは CMU レクチャーになっているが、元々は 2015 年 7 月に研究総括が訪問して議論して、社会的・経済的インパクトを生み出すイノベーションの条件を聴き、帰国後、ムービー作成を依頼したものである。

ここでは、Unique な X=ユーザセグメント (ターゲット顧客)、Urgent な X=実装、として、以下の 6 チームを紹介する。

#### ①Unique なユーザセグメントという視点からみた社会的・経済的貢献

(i) 佐藤チームは、5. (1)①(i-1)で述べたように、ユーザセグメントとして視覚障害者を対象にしている。最終目標に向けて、福祉分野では屋外環境において一人の視覚障害者を対象に 300 メートル以上の経路の提示と誘導を実現するナビゲーション支援システムの実現を目指す。この実験は、2019 年 1 月に全米発明家殿堂として日本人として 3 人目、女性では初の殿堂入りを果たした、浅川智恵子 IBM フェローと連携して行っている。氏が多くの講演で言われているように、「障がい者の夢やニーズがイノベーションを生む」という考え方<sup>31)</sup>に基づいて、視覚障害者支援と集合視との連携を狙っており、佐藤チームのアウトカムも浅川氏のご意見を頂きながら社会実装していくことを期待している。



図 5 安全ナビゲーション支援

(ii) 鈴木チームは、6. (2)③で述べたように、家族、全国 5 拠点の筑波大学附属特別支援学校の教師、理学療法士、研究代表者によって起業した Plimes, Inc. などがステークホルダーとして連携が重要になる。研究課題の最終目標は、「ミライの体育館という複合現実感プラットフォームの構築」と「小児の様々な状況に対して違和感の少ない装着機器<sup>32), 33)</sup>」の開発である。現在、慶大グループと組んで、家庭に帰っても装着機器を改良して、家族との間

のコミュニケーションを活性化するハーモニアスな装置の開発とそれに合った介入方法も研究している。世界的に見ても、Unique なユーザセグメントを形成しており、提案時、国内の筑波大学附属大塚特別支援学校だけであったが、2017 年度から米国フィラデルフィア小児病院との共同研究も企画・実行し、国際的に通用する知的情報処理システムに発展する可能性がでてきた。本研究課題の進捗を踏まえて、Plimes, Inc. からのシステム販売・コンサルティングや装置販売などが実現することを期待している。これらの体制作りによって、近い将来の社会実装の可能性が高い。

(iii) **長井志江チーム**も、6. (2)③で述べたように、発達障害児、家族、理学療法士、(株) LITALICO (学習教育と就労支援サービス) との協力関係ができていて、他にないUnique なユーザセグメントを形成している。認知ミラーリングを実現する AR システムも東大グループと連携して発達障害者の意見を踏まえて見え方の改良を進めている。鈴木チームで開発した装着装置を取り入れる、自分達の開発した AR を鈴木チームにも使ってもらうというようなチーム間連携もうまく利用している。

2019 年度に中間目標を達成する計画で進んでいるが、中間評価までは、国内中心で頻繁にステークホルダーが集まるワークショップ (AR の実体験など)、シンポジウムを行っている。中間目標達成後は表 9 の E33 (IAA2019) を通じて、DFKI との連携が始まろうとしているので、この連携をきっかけに海外への展開も検討する。

(iv) **森嶋チーム**は、5. (1)①(iii-3)で述べたように、CyborgCrowd と呼ぶ知的情報処理システムを研究開発している。その中で、雇用機会創出を目指して、聴覚障害者をターゲットユーザとした成果を上げている。障害者に仕事を提供するツールとしてオンラインワークが重要であるという指摘は過去にも行われていたが、手話通訳を行うクラウドソーシングにおいて、健常者ではなく、聴覚障害を持つ人々がワーカとして参加するための具体的なマイクロタスクデザインとセッティングについて初めて検証した<sup>34)</sup>。デザインスペースを定義するモデルを用意し、実際に視聴覚障害者をワーカとする実験で高品質な結果をもたらすための適切なタスク分割、人数、さらなる改善の可能性などを明らかにした。2019 年度の中間目標達成を目指して、チーム全体では、このユーザセグメントだけでなく、災害初期対応、事前のサイバー・フィジカル防災訓練などを例にして、コア技術の開発に注力しているが、将来的に人(々)と機械とのタスク分割や能力分担などの制御が明らかになれば、ユーザセグメントとして様々なステークホルダーとの関係が生まれてくると期待している。

(v) **黄瀬チーム**は、5. (1)①(iii-1)で述べたように、自己学習する生徒と自己学習を支援する協力機関であるリクルートのスタディサプリとの連携もユニークなステークホルダーである。黄瀬グループとデンゲル (DFKI) グループが連携して生徒の理解度や回答への確信度などを推定し、それに基づいて行動変容を引き起こすための経験サプリメントを生成する方法を検討している<sup>35), 36)</sup>。

まずは、2019 年度の中間目標達成を目指して、コア技術の開発に注力している時期であるが、DFKI は主に欧米市場で AI システムを多数研究開発している機関であるため、近い将



来、経験サプリメントの海外展開の可能性も高い。

## ②Unified Team という視点からみた社会的・経済的貢献

(i) 鈴木チームは、5. (1)①(i-2)および6. (2)③で述べたように、自閉症児同士のコミュニケーションを活性化する知的情報処理システム「ミライの体育館」の構築と実証現場と一体となったデザイン・アプローチを考案した<sup>37)</sup>。自閉症児、家族、大塚特別支援学校が連携した Unified Team によって、ELSI の問題もお互いの合意のもとで、この体育館プラットフォームを開発できる体制を創り上げられる点は社会実装の諸問題をクリアしており、社会的・経済的貢献が期待できる。学校におけるデザイン・スタディを通じて、教諭らが自身でこのシステムの有効性を実感し、自発的に他の講義などでも利用するなどアウトリーチ活動へもつながること、家族にとっても自宅での小児との装着機器を利用したコミュニケーション促進が導入されることが期待される。

(ii) 長井隆行チームは、オープンソフトウェア Rospeex<sup>38)</sup>、SIGVerse<sup>39)</sup>、および SERKET<sup>40)</sup>を開発し、ロボカップや World Robot Summit (WRS) におけるシミュレーションリーグに採用された。

チームの7グループが Unified Team を形成し、チームワークを組んで、情報発信と技術力を世界に示し、杉浦グループは、ロボット向け音声対話システム Rospeex を公開し、約50,000 ユニークユーザを獲得した。稲邑グループは、VR空間において人-ロボットインタラクションを実現する SIGVerse を公開した。機械学習モデルを用いて、これらを統合する場合に全体を最適化する枠組みを開発・実装し、オープンソース化した。さらに岡田グループは杉浦グループと連携し、成果の情報発信策として、ロボカップ2017世界大会(予算規模4億5千万円)の運営を企画・実行した。岡田グループは稲邑グループとも連携し、経済産業省、NEDO 主催の日本発の国際ロボット競技である World Robot Summit2018 (WRS2018、経済産業省、NEDO 主催)の実行委員として参画し、競技運営等の設計において中心的役割を果たした。2018年10月にビッグサイトでWRSのプレ大会が実施され、谷口グループ(立命館大創発システム研究室)は、ワールドロボットサミット2018のサービスカテゴリーにおいて複数の賞(NEDO 理事長賞、計測自動制御学会賞)を受賞した。杉浦グループ(NICT)が、「パートナーロボットチャレンジ(バーチャルスペース)」部門で優勝(経済産業大臣賞)および人工知能学会賞を受賞した。

ロボカップは提案時にも情報発信策として、計画されていたが、WRSについてはその後生まれた企画で、これにも深く関わっていった、2部門の優勝をチームワークで勝ち取った点は、期待以上の成果を上げた。

(iii) 伊藤チームは、5. (1)①(ii-1)で述べたように、サイバー・フィジカル空間を併用することでマルチエージェントによる大規模な合意形成を実現する知的情報処理システムを構築する。これまで、名古屋市や浜松市の自治体と連携した行政の意見集約や、コンサルティングのための市場調査への応用が進み共同研究が増えている。これらの Unified Team の

事業化を進めるため、特許出願なども行った。これと並行して、国際会議のパネルディスカッションなど、多数の参加者の存在する物理（フィジカル）空間での議論や合意形成を支援するだけでなく、参加者にオンラインの議論システムを同時に提供することで、議論がより包括的に進められることもわかってきた<sup>41)</sup>。サイバー・フィジカル空間を想定する会議では、議論の見える化や炎上の回避などの新しいアプリケーションを開発する必要がある。

### ③Urgent な実装という視点からみた社会的・経済的貢献

(i) **山口チーム**は、5. (1)①(i-3)で述べたように、知能化要素技術群を統合できるプラットフォーム PRINTEPS (PRactical INTElligent aPplicationS) の構築<sup>42)</sup>を最終目標にあげた。専門家でないエンドユーザが知能ロボットアプリを自らの手で開発・修正できる点が特長である。世界的には、欧州で推進されている KnowRob プロジェクトが、行動オントロジーを記述し、Prolog により行動計画を実行し、物理世界を処理するプログラム群と連携している。PRINTEPS の研究目標と近いが、KnowRob は、知的動作の実現に重点が置かれており、知識ベース推論と音声対話の記号処理との関連が小さい。一方、PRINTEPS では、対話管理、シナリオエディタについては特許出願済みである。ロボット喫茶店では、喫茶店オーナーが、ロボット喫茶店を観察して、16 個の接客サービスを改善するように求め、80 分程度で修正し再実行できたこと、5 分程度あれば 1 つのサービスを改善でき、ロボット喫茶店サービスの PDCA 改善サイクルを加速できたという点が優れている。日本語でワークフローを記述すれば、即座に、ロボットが発話・動作が始まるというアジャイルプロセスが、知能ロボットアプリケーション開発の PDCA サイクルを加速することができる。エンドユーザ指向の実用レベルでは、Pepper や Nao のロボットアプリ開発環境コレグラフ (Choregraphe) があるが、プログラミング不要の GUI 環境として利用され、プログラミングを知らない人でも利用できると言われてきた。しかし、これらは、ロボット側からの一方向的な会話を中心とした簡単な知能アプリのみが開発可能であり、現場の店員や教師が決める細かい作業の修正に対応しきれない。PRINTEPS はこれらに比べて優れたプラットフォームと言える。

(ii) **森嶋チーム**は、5. (1)①(iii-3)で述べたように、災害時の初期対応や新潟県燕市で行った、我が国初のサイバー・フィジカル防災訓練などで、迅速な対応でかつ集団全体の情報共有と、人と機械の協働作業の適切なタスク分割、スキル分担などのコア技術を開発する必要がある。このような環境では、ワーカの出入りがあり、同じワーカがタスクをやり続けるとは限らない。そこでコア技術として、タスクが次々と出現するような状況において、タスクに割り当てるクラウドソーシングワーカのグループの品質をどう安定させるか検討した。実用的なシナリオを表現できる Worker-group queue モデルを定義し、いくつかのタスク割り当て戦略を比較した。人間の認知特性を利用する事により、ワーカに過大な心理的ストレスをかけること無くグループの再割当てを可能とする戦略が存在することを明らかにした<sup>43)</sup>。もう 1 つのコア技術として、複数の異なるタスクを組み合わせたような複雑なクラウドソーシングアプリケーション開発をスプレッドシートインタフェースで容易に行うための

ツール「CrowdSheet」を提案した。既存のスプレッドシートにわずか2つの関数を追加するだけの自然な拡張によって、広いクラスの現実のアプリケーションを記述可能であることを理論的に証明した。実験によって、多くの一般的なスプレッドシートユーザが CrowdSheet を利用することにより複雑なクラウドソーシングアプリケーションを容易に開発可能になることを示した<sup>44)</sup>。

#### **(5) その他特記事項**

受賞については、論文、国際会議、World Robot Summit 2018（プレ大会）などを通じて、11 チーム合計で 44 件の受賞がある。

## 7. 総合所見

### (1) 研究領域のマネジメント

戦略目標に対する研究領域を位置づけるために、戦略目標の中から、表3に示す15個のチェック項目を抽出した。次に、マネジメントの運営方針を、研究チーム採択と採択後の2つに分類した。

#### ① 戦略目標の達成に向けて研究課題の選考方針は適切であるか

まず、研究チーム採択の運営方針では、15個のチェック項目を反映した研究総括方針を決定し、領域アドバイザーと選考した。選考基準として、研究の必要性、知的情報処理システムが動く場所、コア技術・新概念、チーム体制、ELSI、予算と期間、挑戦的で具体的な目標、アウトカムの8項目を設定した。

この方針に基づく、3年間の募集で計197件の応募があり、研究総括と領域アドバイザー9名で、合計11件（平均採択率5.6%）を採択した。

内訳として、研究総括のねらい通り、40歳以下の若手研究代表者7名（女性1名）の研究課題を採択できた。ICT関連の他のCREST研究領域に比べて2014年度と2015年度は提案数が最も多く、結果として、各年度とも、他のCREST研究領域に比べて採択率が最も低い狭き門となった。3年間の募集で戦略目標の15個のチェック項目を全てカバーできる研究開発体制が構築できた。

#### ② 領域アドバイザーの構成は適切であるか（専門分野、所属等）

15個のチェック項目に関する専門分野をカバーできる領域アドバイザー9名を選出した。3年間合計197件の応募に対して、この9名と研究総括で問題なく、採択者を決定できた。特に小林弁護士が入ってくれたことによって、ELSI関連の選考基準に対しても、書類選考、ヒアリング含めてスムーズな選考が実施できた。これらの結果から、研究チーム採択の運営方針はうまく実行に移せた。

#### ③ マネジメントは適切に実施されているか（研究進捗状況の把握と評価、それに基づく指導等）

バーチャル研究所は所長（研究総括）と各室長（採択された研究代表者）から構成される。チーム型研究プロジェクトであるCRESTの研究マネジメントは様々な大学や企業からの研究者が連携・協力して、11チーム型の研究プロジェクトで本研究領域を推進することにある。そのため、研究マネジメントのポイントは、人、モノ、金、情報を意識したバーチャルラボラトリーの研究環境創りに着目した。具体的には、人（研究人材確保、人材育成と人脈拡大）、モノ（研究のアウトプット、アウトカムを最大化する）、金（研究プロジェクトを加速するために必要な予算の確保・獲得）、情報（社会的インパクトを最大化する情報発信策）である。

11チーム（室）からなるバーチャルラボでは、チーム間で情報共有する意義と便益を共

有させることにマネジメントの大半をかけた。サイトビジット（年1回以上）、研究領域会議（年2回）を実施し、研究総括との議論（チームワーク・マネジメントに関する諸問題を含む）などから各チームが抱える課題と解決策の代案を議論した。サイトビジットでは研究総括が実験システムの進捗状況などを見学し、研究内容についての課題やアプローチの違いを指摘し、対策案やスクラップ&ビルドについて指導した。領域会議では、各チームの研究領域全体での位置づけ、中間目標・最終目標の社会的インパクト、成果のアピール方法などを議論した。研究領域会議では徹底的に議論しあえる雰囲気を作り、これが研究代表者、研究分担者、若手研究者などの各群の研究者の意識を変え、各チームの研究成果の深化、チーム間での共同研究の提案やその追加予算の獲得に繋がった。2019年2月時点で全体研究予算は採択時33.30億円から4.94億円（採択時の14.8%に相当）増額され、現時点の総研究費は38.24億円になっている。また、2018年10月時点で、11チームの原著論文（論文誌、国際会議）総数は528件で、特許も国内外含めて33件の出願を実施した。

研究総括の各チームへの指導は以下に要約できる。中間目標達成に向けては、山口、伊藤、黄瀬、森嶋の4チームには、実験対象のシステム応用例の数を絞って、コア技術を精緻化することに集中するように指導し、佐藤、長井志江の2チームには、コア技術の精緻化と複数コア技術の融合を指導した。鈴木チームには、最終目標に向けて、海外への活動拡大を指導した。渡邊チームには、アスリート解析だけでなくコーチや観客などとのインターパーソナルな視点に早期にシフトするように指導した。挑戦的な研究課題について、金井チームには、既存の理論を超える理論の確立を最優先にしてまずフィロソフィを創るように、春野チームには、論文数をかせぐよりもまず社会にインパクトのあるサイバー・フィジカル脳の知見を出すように指導した。長井隆行チームには、研究代表者が7グループを統率するリーダーシップを発揮するように指導した。すなわち、各チームの進捗内容と中間・最終目標という研究フェーズの違いを反映した柔軟な指導に努めた。各研究代表者（特に若手研究代表者7名）には、この指導の方法が新鮮な経験となった。

#### ④その他、マネジメントに関する特記事項(研究課題間や他の研究領域、国内外の他の研究機関、異分野との連携・協力の推進、研究費配分上の工夫、人材育成等)

2014年度から現在まで、33イベント（表9）に本研究領域から開催・参加して、研究課題間や他の研究領域、国内外の他の研究機関、異分野との連携・協力を推進した。11チームが決定するまではCRDSと連動したELSIの普及や若手研究者を中心にスタートアップ起業のノウハウなどを講演、パネル討論、世界的なメンターの教授などのムービーなどを用いて情報共有した。2015年度後半から8チームに増え、領域会議でも研究課題間横断的な班別討論を開始し、国際的な連携を強めるために他研究領域（ビッグデータ関連）のイベントにも参加して、研究課題間、研究領域間などの連携・協力を推進した。特に若手研究者間の交流が活発になり、AIPチャレンジにも本研究領域から最多の応募63件と多くの採択数52件（2名はさきがけ採択により対象外としたので50件）を得た。

2017年1月以降の11チーム全員が参加する領域会議からは、戦略目標の15チェック項目を全てカバーする議論ができるようになり、海外の著名な研究者3名を招待して、デモ付きのチーム発表を行い、今後の研究推進の指針を得た。11チームを全体的に俯瞰して、大まかに3班の大分類テーマ（Cloud Situated Services, Ambient Assisted Living Services, Co-experience Sharing Services）に分けて、班別討論を行い、**チーム間連携・協力案を検討**してもらった。この班別討論は、チーム間連携、若手研究者の討論の場としても利用され、その後の領域会議でも続けている、AIP ネットワークラボの追加予算処理の応募にも積極的に提案し、チーム間連携・協力を加速させる決め手になっている。2017年度から領域会議の前日に、**若手研究者が自主的に「若手研究者の会」を企画**し、研究総括、領域アドバイザ、チームのグループリーダが数名招待されて、若手研究者間の連携・協力が生まれている。これらの活動により、AIPの若手チャレンジの採択数が他の研究領域に比べて非常に多くなった。また、他の研究領域の研究総括（栄藤氏、間瀬氏）や、石黒浩 ERATO「共生ヒューマンロボットインタラクション」、稲見 ERATO「自在化身体プロジェクト」などの講演も領域会議の中で実施した。

今後、最終目標に向けて最も重視している戦略は国際的な連携を強めて、チーム内の国際的連携だけでなく、研究領域全体の国際的人脈ネットワークを構築するために、間瀬 CREST と IUI2018 のワークショップ（2018年3月東京開催）、本 CREST、間瀬 CREST を中心として、栄藤 CREST と連携した The 1st International Workshop on Intelligence Augmentation and Amplification（IAA2019、ドイツ、Kaiserslautern、DFKI）などを開催した。IAAについては今後も毎年開催を企画する予定である。

これらの企画・実行により、他研究領域に比べて圧倒的に多い、AIP ネットワークラボの追加予算でチーム間のコラボは額としては113.1百万円、チーム内追加予算は103.2百万円、若手育成のAIPチャレンジは50件、49.0百万円を獲得した。

金額的な獲得以上に重要な研究マネジメントの成果は、研究代表者、グループリーダ（研究分担者）、若手研究者などの各群で人脈が生まれただけでなく、群間でも新しい人脈ができたことである。IAAなどを通じて、今後、これらの群と国際的研究者同士の人脈創りが形成されることによって、社会的インパクトのある研究課題をいくつも提案できることを目指すべきである。

研究費配分上の工夫では、減額は基本的に行っていない。むしろアイデアベースで合理的な増額を研究総括の裁量で決定することが研究領域を拡大する場合に有効である。AIP ネットワークラボはその牽引役として極めて重要である。

## (2) 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況

### ① 研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献

本研究領域の科学的・技術的観点からの貢献を述べる。

佐藤チームの成果は、Beyond Words という意味で、単にコンピュータビジョンで認識するだけでなく、構造化した集合視を他の閲覧者の好みに応じて検索できるようにした点が優れている。コンピュータビジョンの ICCV の **Marr Prize Honorable Mention Award 受賞**、ユーザインタフェースの ACM UIST の **Best Paper Honorable Mention 受賞** から見ても、技術の独創性、先行性、優位性は明らかで、国際的レベルの高さを如実に表している。

渡邊チームのパラリンピックアスリートの脳解析は、Augmented Human の分野で技術（機械）と人間の脳とのハーモニアスな協働作業を行うための設計指針を与えることになるであろう。

春野チームのサイバー・フィジカル空間での twitter の使用状況が 1 年後にうつ傾向を起すかを予測する脳科学的な知見も **独創性の高い成果** として、Nature Human Behaviour 誌に掲載され、その後、この研究内容が Scientific American の Web サイトでも 1 ヶ月間取り上げられるなど **世界的にも影響力を及ぼす研究** として注目された。新しい知見を示したのは明らかである。

長井隆行チームの「ロボットによる概念と言語の同時学習手法」の研究は古くからパターン認識や人工知能の分野で、様々な検討が行われてきた研究テーマである。階層ベイズに基づく確率的生成モデルとリカレントニューラルネットワークの二通りのアプローチを同時並行で行い、両者の長短を分析するという、ある意味、チーム全体の研究マネジメントとしてはかなり効率良く本質的問題を解いたという意味で研究代表者がリーダーシップを発揮した。結果的には、階層ベイズモデルによる方法が、ロボットがそれぞれの物体をどの程度の尤度まで理解したかを人が見ながら確認できるため、有効な手段であることが検証できた。

金井チームは、**人工意識という新しい分野に挑戦**し、実時間の計算がそもそもできなかった統合情報理論に実時間性とノード数を増やすことができる、近似計算法を提案し、Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS, IF=9.504) や Entropy 誌に掲載され、この分野の研究を立ち上げた。

## ②研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

社会に普及し経済効果を生むための条件として、Unique なユーザセグメント（ターゲット顧客）、Unified Team、Urgent な実装の 3 点の「U」に焦点を当てて、本研究領域の社会的・経済的な観点からの貢献を述べる。

(i) **Unique なユーザセグメント（ターゲット顧客）** では、戦略目標の達成目標である、C1（状況に応じた対話）と C2（対話・作業メカニズム）の視点から、対話サービスが難しかった「視覚障害者、聴覚障害者、自閉症児、発達障害者」と理学療法士、家族などのインターパーソナルなコミュニケーションを促進する研究開発に貢献した。

(ii) **Unified Team** では、鈴木チームが ELSI の問題をクリアしつつ、自閉症児同士のコミュニケーションを活性化するために、ミライの体育館を大塚特別支援学校と連携して行う例を上げた。長井隆行チームは、開発した 3 つのオープンソフトウェア Rospeex<sup>38)</sup>、

SIGVerse<sup>39)</sup>、および SERKET<sup>40)</sup>を公開し、ロボカップや World Robot Summit (WRS) 2018 (ブレ大会) におけるシミュレーションリーグに採用された。このチームから **WRS2018 (ブレ大会)** で**総合優勝と総合準優勝**を得たことは**ロボットの実用化を加速するのに大きく貢献**できた。伊藤チームも名古屋市や浜松市と連携してサイバー・フィジカル空間を併用した行政の意見集約、市場調査などの合意形成システムを開発している。

(iii) **Urgent な実装**という観点では、山口チームの PRINTEPS が実際の現場業務でロボットに置き換えられる事例として、ロボット喫茶サービスの開発でロボットの専門家でない人が 16 個の接客サービスを平均 5 分で改善でき、既存の Pepper や Nao などのロボットに比べて、開発しやすいことを実証した。森嶋チームも災害の初期対応やサイバー・フィジカル防災訓練の実証実験を通して、人と機械の協働作業の適切なタスク分割、スキル分担などのコア技術を開発した。

### (3) 本研究領域を設定したことの意義(研究開始以前と現時点との比較を念頭にして)

2. (2)②で述べたように戦略目標を反映した研究領域を創成し(表 3)、提案・設計段階から「**ELSI を考慮した状況依存サービス、ELSI-Aligned Situated Services**」という新しい流通市場を生み出すコア技術と知的情報処理システムの研究開発を進めた。

2014 年度から 5 年を経過する中、ロボティクス、人工知能の研究実用化が進み、創成した研究領域は正にその中に含まれている。キーワードにより検索する時代から、人々が行動すればシステムがその行動に基づいて検索・サービス提供する Beyond Words の時代に入りつつある。この場合、人々の行動はインターネットなどを通して、他人にまでも見えてしまう可能性があり、**ELSI を考慮した状況依存サービス**やそのための設計基準が必要になってくる。日欧を含めて AI ネットワークに関する ELSI 基準のガイドラインも 2016 年度<sup>45)</sup>、2018 年度<sup>46)</sup>に出された。本研究領域は、いち早く、この ELSI をとりあげ<sup>1)</sup>、2014 年度から募集の採択条件に反映した。コンピュータビジョンによる視覚障害者の道案内サービス(佐藤チーム)や聴覚障害者向けのクラウドソーシングサービス(森嶋チーム)など、ある人の体験共有知を他の人がキーワード以外の手段で再利用する研究もスタートしている。

一方、2015 年頃から発達障害、自閉症に関して理解を深めるテレビ番組やイベントが増えている。本研究領域は 2014 年度にソーシャル・イメージング技術(鈴木グループ)、2016 年度に認知ミラーリング技術(長井志江チーム)の研究を開始し、それぞれ、特別支援学校、支援企業と連携して **ELSI を考慮した状況依存サービス**を研究開発している。

情報科学とロボティクスと認知科学の融合もこの研究領域で進んでいる。渡邊チームは義足をもったアスリートの脳解析から、道具(義足)部分も身体の一部として脳が振る舞っている可能性があり、The End of Disability (障害者という言葉がなくなる日)または Augmented Human の研究開発における客観評価として注目すべき成果である。

インターネット時代であるがゆえに起きてくる新たな SNS サービスの問題についても脳



科学と連携した解析を進めた。春野チームは、Twitter 利用者の中でその利用状況を調べるといつ傾向になりやすいかや、インターネットを通じたいじめや攻撃行動が起こるメカニズムも調べている。

知的情報処理システムによって引き起こされる新たな社会問題として、便利になる部分や新たに起きるかもしれないリスクをどう回避するかまでも考慮してシステム設計をする時代に入り、その最初のきっかけを創る研究領域というのがふさわしい研究の位置づけかもしれない。

#### (4) 科学技術イノベーション創出に向けた、今後への期待、展望、課題

本研究領域名は Intelligent System Creating Co-Experince Knowledge and Wisdom with Human-Machine Harmonious Collaboration と訳した。ELSI を考慮した知的情報処理システムが社会導入されていくと、今までできなかった新しいインタラクション（自然とのインタラクションも含む）を体験できる時代が到来する。

本研究領域 11 チームの研究成果が C11 を反映した総合体制でイノベーション創出に向けて貢献できる点は、図 6 に示す、知的情報処理システムの ELSI を考慮した状況依存サービスプラットフォーム(ELSI-Aligned Situated Service Platform)に集約されることである。

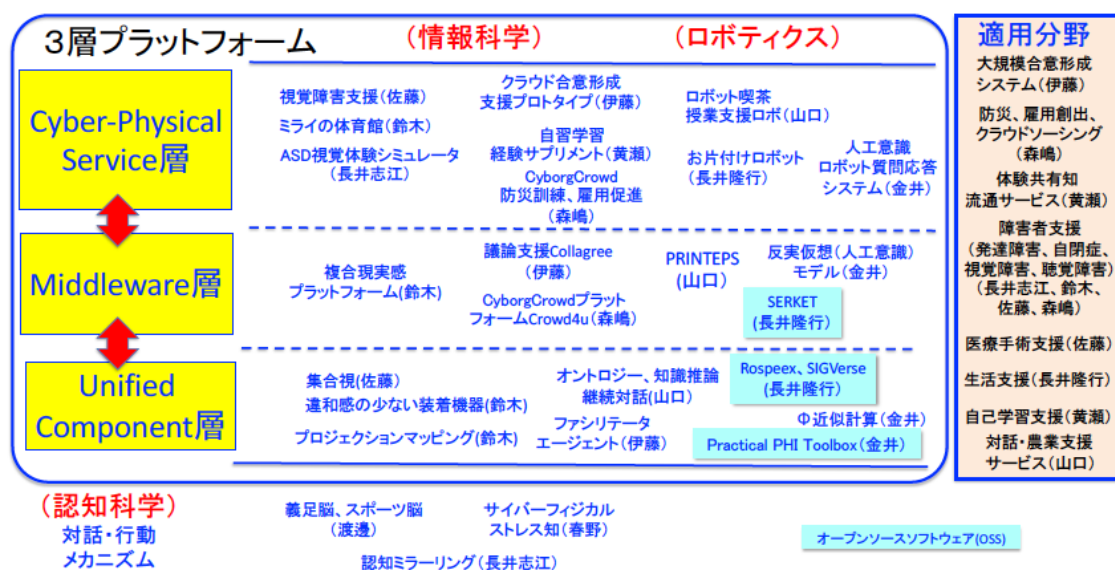


図 6 知的情報処理システムの ELSI を考慮した状況依存サービスプラットフォーム

このアーキテクチャは、下位層は、個々の要素技術群からなる Unified Component 層、中間層は、複数チームが生み出すサービスプラットフォーム群からなる Middleware 層、上位層は、サイバー・フィジカルな（クラウド）ネットワーク上に生まれる具体的な状況依存サービス群の 3 層構造からなる。図 6 の 3 層構造は C6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）に対応して、情報科学、ロボティクス、認知科学に大分類してある。すなわち、

この3層構造の背景はC6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）に対応した、対話・行動メカニズムに関する世界的にインパクトのある知見に支えられている。「適用分野」では現在、各チームが最終目標で実現する予定の適用分野とシステムを示す。

今後、11チームの中間・最終目標にむけて、interoperability、scalabilityなどが保証されるようにこの3層構造を創ることの重要性を指導して行くことによって、複数チームの共同研究から新しい状況依存サービスを適用分野の要素に追加することが可能になる。すなわち、チーム間共同研究を加速する場合に、こうした相乗効果の高い3層構造も念頭に置きながら、本研究領域全体のアウトカムを増やすことができる。さらに国内外の研究機関との交流を促進することで、この相乗効果を加速することも可能である。

具体的には、視聴覚（佐藤・黄瀬・森嶋・長井志江チーム）や触覚（鈴木チーム）の成果を使って、Beyond WordsやThe End of Disability（またはAugmented Human）を反映した知的情報処理システムが「自分に合った、状況にあったサービス」だけでなく、他人も含めて不快感を与えないような形で実現することに期待したい。

インターネットを前提とした知的情報処理システムは、伊藤チームの合意形成支援システム、長井隆行チームの創発的ロボティクス、黄瀬チームの経験サプリメント、森嶋チームのサイボーグ・クラウドソーシングである。これらについては、サイバー・フィジカル空間を使うがゆえに起こるELSIおよび経済的課題も視野にいたした研究に期待したい。

現時点で、今後、最終目標に向けて**最も重視している戦略は国際的な連携を強めること**である。チーム内の国際的連携だけでなく、研究領域全体の国際的人脈ネットワークを構築するために、間瀬CRESTとIUI2018のワークショップ（2018年3月東京開催）、本CREST、間瀬CRESTを中心として、栄藤CRESTと連携した**The 1st International Workshop on Intelligence Augmentation and Amplification (IAA2019、ドイツ、Kaiserslautern、DFKI)**などを開催した。IAAについては今後も毎年開催を企画する予定である。イノベーション創出に向けた、スタートアップ支援、事業化支援なども国際レベルで企画・開催していく予定である。

#### (5) 所感、その他

若手研究代表者7名は今までとは桁が違う額の研究予算を獲得し、どのように計画してチーム型研究プロジェクトを運営していくかという研究マネジメントの課題もこなしている。我が国の研究ファンドは年齢に依存した研究ファンドを出す傾向が強い。今後、若いうちからチーム型研究プロジェクトを経験するトライアルを行っていること、国際的なヒューマンネットワークを創り出す戦略、複数のコア技術やステークホルダーをマネジメントする能力、これらのどれをとってもICTの分野では必要な研究マネジメント能力になっていくと予想する。それを伸び伸び支援するプログラムを考えるためにもIAA2019などの国際的活動を発展させていきたい。

以上

## 参考文献

- [1] 科学技術未来戦略ワークショップ「知のコンピューティングと ELSI/SSH」平成 26 年 9 月 8 日 科学技術振興機構研究開発戦略センター (CRDS) CRDS-FY2014-WR-09  
<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2014/WR/CRDS-FY2014-WR-09.pdf>
- [2] 知のコンピューティング 一人と機械が共創する社会を目指してー Wisdom Computing Summit 2013  
<https://www.jst.go.jp/crds/report/report05/CRDS-FY2013-WR-05.html>
- [3] Ariel Bleicher, “Beyond words,” IEEE Spectrum, Vol. 51, No. 6, pp. 66-71, June 2014.
- [4] Eliza Strickland, “The end of disability,” IEEE Spectrum, Vol. 51, No. 6, pp. 30-35, June 2014.
- [5] 土井美和子、萩田紀博、小林正啓：ネットワークロボット技術ー技術と法的問題ー，オーム社 2007. 10. 20 発行. ISBN978-4-274-20462-3
- [6] RoboLaw : Regulating Emerging Technologies in Europe: Robotics Facing Law and Ethics 2012-2014 で EU FP7 の 1 プロジェクト。2014 年 9 月 22 日に報告書が公開になり、Web からダウンロードできた。
- [7] Oizumi, M., Tsuchiya, N., and Amari, S., “Unified framework for information integration based on information geometry,” Proc. Natl. Acad. Sci. Vol. 113, pp. 14817-14822, (2016)
- [8] S. Hidaka and M. Oizumi, “Fast and exact search for the partition with minimal information loss,” PLOS ONE, vol. 13, no. 9, p. 1126, Sep. 2018.
- [9] J. Kitazono, R. Kanai, M. Oizumi, J. Kitazono, R. Kanai, and M. Oizumi, “Efficient Algorithms for Searching the Minimum Information Partition in Integrated Information Theory,” Entropy, vol. 20, no. 3, p. 173, Mar. 2018.
- [10] <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3203326.v10>
- [11] de Abril, I.M. and Kanai, R., “Intrinsically-motivated reinforcement learning for control with continuous actions,” 2017 International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS), Okinawa, pp. 212-214, 2017.
- [12] Tadahiro Taniguchi, Takayuki Nagai, Tomoaki Nakamura, Naoto Iwahashi, Tetsuya Ogata, and Hideki Asoh: Symbol Emergence in Robotics: A Survey, Advanced Robotics, vol. 30, No. 11-12, pp. 706-728, 2016.
- [13] Toshiko Tanaka, Takao Yamamoto, Masahiko Haruno, “Brain response patterns to economic inequity predict present and future depression indices,” Nature Human Behaviour 1, 748-756. , 2017

- [14] <https://www.scientificamerican.com/article/nice-brains-finish-last/>
- [15] Kyosuke Takami; Masahiko Haruno, “Behavioral and functional connectivity basis for peer-influenced bystander participation in bullying,” *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Volume 14, No.1, Pages 23-33, 4 January 2019,
- [16] Nicholas Rhinehart, Kris M. Kitani. “First-Person Forecasting with Online Inverse Reinforcement Learning.” in *Proc. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2017)*, October 2017.
- [17] Keita Higuchi, Ryo Yonetani, and Yoichi Sato, “Egoscanning: quickly scanning first-person videos with egocentric elastic timelines,” in *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2017)*, pp.6536-6546, May 2017.
- [18] 2016/07/17 NHK スペシャル ミラクルボディ
- [19] Nakazawa K,. “International Research Forum on Biomechanics of Running-specific Prostheses, Feb.22nd, 2018, Tokyo
- [20] 中澤公孝, “パラリンピックブレイン—パラアスリートに見る脳の再編能力—,” *計測と制御* Vol.56-8, pp.595-598, 2017.
- [21] 中澤公孝, “トップアスリート研究の意義—パラアスリートの脳研究を通じて,” *バイオメカニズム学会誌*, Vol.42, No.1, pp.19-24, (2018) .
- [22] 中澤公孝, “パラリンピックブレイン—パラアスリートの脳の再編—,” *Brain & Nerve -神経研究の進歩*, Vol.71, No.2, pp.105-112 (2019) .
- [23] Xucong Zhang, Yusuke Sugano, Mario Fritz and Andreas Bulling, “Appearance-based Gaze Estimation in the Wild” , *in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2015)*, pp.4511-4520, June 2015.
- [24] Xucong Zhang, Yusuke Sugano, Mario Fritz, Andreas Bulling, “MPIIGaze: Real-World Dataset and Deep Appearance-Based Gaze Estimation,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol.41, No.1, pp.162-175 (2019)
- [25] Yusuke Sugano, Xucong Zhang, Andreas Bulling, “AggreGaze: Collective Estimation of Audience Attention on Public Displays”, *Proc. of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)*, pp.821-831, October 2016.
- [26] Aucouturier, J.-J., Johansson, P., Hall, L., Segnini, R., Mercadié, L., & Watanabe, K., “Covert digital manipulation of vocal emotion alter speakers, emotional state in a congruent direction,” *Proceedings of the National Academy of Science*, Vol.13, No.4, pp.948-953, 2016.

- [27] Stuart Evans, “Super-flexible Innovation: A Silicon Valley Perspectives,” CMU Distinguished Lecture Series - Stuart Evans, November, 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=NhJ9ldJCD0Y>
- [28] Toshiko Tanaka, Takao Yamamoto, Masahiko Haruno, “Brain response patterns to economic inequity predict present and future depression indices,” *Nature Human Behaviour*, Vol. 1, No. 10, pp. 748-756, October 2017. DOI: 10.1038/s41562-017-0207-1
- [29] Joe Nishihara, Tomoaki Nakamura, Takayuki Nagai, “Online Algorithm for Robots to Learn Object Concepts and Language Model,” *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, Vol. 9, No. 3, pp. 255-268, (2017-09).
- [30] Akira Taniguchi, Tadahiro Taniguchi, and Tetsunari Inamura, Unsupervised Spatial Lexical Acquisition by Updating a Language Model with Place Clues, *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 99, pp. 166-180, 2018. DOI: 10.1016/j.robot.2017.10.013
- [31] 浅川智恵子, “障がい者の夢やニーズがイノベーションを生む,” *JST News*, pp. 7-8, February 2017. [https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/pdf/2017\\_02/2017\\_02\\_p7-9.pdf](https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/pdf/2017_02/2017_02_p7-9.pdf)
- [32] Perusquia-Hernandez, M., and Suzuki, K., “A wearable device for fast and subtle spontaneous smile recognition,” *IEEE Transactions on Affective Computing*, Vol. 8, No. 4, pp. 522-533 (2017)
- [33] Matsuda, S., Nunez, E., Hirokawa, M., Yamamoto, J., and Suzuki, K., Facilitating Social Play for Children with PDDs: Effects of Paired Robotic Devices, *Frontier in Psychology*, 8:1029, 2017.
- [34] Yuhki Shiraishi, Jianwei Zhang, Daisuke Wakatsuki, Katsumi Kumai, Atsuyuki Morishima, “Crowdsourced real-time captioning of sign language by deaf and hard-of-hearing people”, *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. 13 Issue:1, pp. 2-25, April 2017. [2018年7月論文賞受賞]
- [35] Koichi Kise, “Deeply Sensing Learners for Better Assistance: Towards Distribution of Learning Experiences”, *Proc. of the Positive Learning and Transformation in the Information Age (PLATO) conference*, pp. 373-385, 2017
- [36] Shoya Ishimaru, Syed Saqib Bukhari, Carina Heisel, Nicolas Großmann, Pascal Klein, Jochen Kuhn and Andreas Dengel. “Augmented Learning on Anticipating Textbooks with Eye Tracking.” *Positive Learning and Transformation in the Information Age (PLATO) - A blessing or a curse?*, Springer, pp. 387-398, December 2017.
- [37] Takahashi, I., Oki, M., Bourreau, B., Kitahara, I., and Suzuki, K.,

FUTUREGYM: A Gymnasium with Interactive Floor Projection for Children with Special Needs, *International Journal of Child-Computer Interaction*, Volume 15, pp.37-47, March 2018.

- [38] Rospeex On-Premise [http://komeisugiura.jp/software/software\\_jp.html](http://komeisugiura.jp/software/software_jp.html)
- [39] 「SIGVerse」が World Robot Summit でシミュレーターとして活用へ／稲邑准教授の研究グループが開発／経産省、NEDO 主催の国際的なロボット大会, NII ニュースリリース, 2018/01/23. <https://www.nii.ac.jp/news/release/2018/0123.html>
- [40] Tomoaki Nakamura, Takayuki Nagai, Tadahiro Taniguchi, “SERKET: An Architecture For Connecting Stochastic Models to Realize a Large-Scale Cognitive Model,” *Frontiers in Neurorobotics*, 2018  
doi: 10.3389/fnbot.2018.00025
- [41] Takayuki Ito, Takanobu Otsuka, Satoshi Kawase, Akihisa Sengoku, Shun Shiramatsu, Takanori Ito, Eizo Hideshima, Tokuro Matsuo, Tetsuya Oishi, Rieko Fujita, Naoki Fukuta, Katsuhide Fujita, “Experimental Results on Large-scale Cyber-Physical Hybrid Discussion Support”, *International Journal of Crowd Science*, Emerald Publishing, ISSN 2398-7294, (2017).
- [42] Yamaguchi, Takahira, “PRINTEPS - A Framework PRINTEPS to Develop Practical Artificial Intelligence,” *Home / Impact*, Vol.2018, No.11, pp.19-21(3), December 2018.
- [43] Katsumi Kumai, Masaki Matsubara, Yuhki Shiraishi, Daisuke Wakatsuki, Jianwei Zhang, Takeaki Shionome, Hiroyuki Kitagawa, Atsuyuki Morishima, “Skill-and-Stress-Aware Assignment of Crowd-Worker Groups to Task Streams,” *Proc. of The sixth AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP2018)*, pp.88-97, Zurich, Switzerland, July 6, 2018.
- [44] Rikuya Suzuki, Tetsuo Sakaguchi, Masaki Matsubara, Hiroyuki Kitagawa, Atsuyuki Morishima, “CrowdSheet: An Easy-To-Use One-Stop Tool for Writing and Executing Complex Crowdsourcing,” *Proc. of 30th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE'2018)*, pp.137-153, Tallinn, Estonia, June 13, 2018.
- [45] 報告書 2016 AI ネットワーク化の影響とリスクー智連社会 (WINS) の実現に向けた課題ー平成 28 年 6 月 20 日 AI ネットワーク化検討会議  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000425289.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000425289.pdf)
- [46] 報告書 2018 -AI の利活用の促進及び AI ネットワーク化の健全な進展に向けてー平成 30 年 7 月 17 日 AI ネットワーク社会推進会議  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000564147.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000564147.pdf)

## 付録 1.

ここでは、表 6 に示す、戦略目標の 15 チェック項目 (C1~C15) と各チームの研究課題との関係を詳細に述べる。

### 佐藤チーム

表 6 に示すように、カメラからの集合視による人間と機械の協働作業メカニズムに関する研究を実施しており、特定の人間の周囲環境を非言語 (画像) 情報により情報を把握 (検索) する技術であるために C1 (状況に応じた対話)、C2 (対話・作業メカニズム) に関係する。医師の手術支援システムの構築を目指していることから、C3 (質問応答・助言システム) の医療診断支援にも関係している。医者や医療関係者、患者、家族などのデータ管理、視覚障害者のナビゲーション支援システムの構築のために、C7 (ELSI)、C9 (安全・安心) にもチャレンジしている。

科学技術イノベーション総合戦略 (平成 25 年 6 月 7 日閣議決定) に述べられた生活者の QoL 向上にも視覚障害者の生活力向上という意味で、C9 (安全・安心) に関係している。佐藤研究代表者は CREST 「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」 (2009 年度開始) の受託者でもあり、本 CREST へ発展した研究を展開しているので、C11 (他 CREST 等連携) にも関係している。2016 年度から、鈴木チームとも、実証現場を活用した画像計測技術 (佐藤チーム・斎藤グループ) との共同研究を開始しており、2018 年度は、これら技術の連携により人物追跡を踏まえた実証研究に発展して、C14 (統合研究体制) に貢献している。欧米のグループを入れた研究体制であり、難関な CVPR や ICCV でも採択されているため C12 (研究の必要性・喫緊性) にも関係する。本研究課題は CRDS が計画した知的情報処理システム、サイバー・フィジカルシステムの計画にも合致し、表 6 に示すように 2014 年度採択の佐藤チームは、これまで JST が主催する ELSI などのイベントに CRDS と連携して参加しているので、C13 (CRDS との連携) にも関係する。医師の手術支援システム、視覚障害者のナビゲーション支援システムの 2 つの具体的な知的情報処理システムを構築している点で、C15 (サービスデモ) にも関係している。

### 鈴木チーム

表 6 に示すように、小児同士がふれあうと反応する装着型機器やチーム行動を促す床面へのプロジェクション・マッピング表示法と発達障害児らの療育支援を行う、人間と機械の協働作業メカニズムに関する研究を実施しており、特定の人間の状況に応じて装着型機器の反応、プロジェクション・マッピング表示が変化することから、C1 (状況に応じた対話)、C2 (対話・作業メカニズム) に関係する。プロジェクション・マッピング表示法はカメラによるセンシングに合わせた表示を行うため、ロボットのセンシング機能、コントロール機能、アクチュエーション機能を持つため C5 (自律的ロボット) に関係する。ロボットと発達心

理学、発達神経科学との協働体制であるために、C6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）に関係している。発達障害児らの療育支援システムを構築することから、C3（質問応答・助言システム）の臨床発達医療診断支援にも関係している。特別養護学校関係者、自閉症児、家族などのデータ管理が重要になるため、C7（ELSI）にもチャレンジしている。第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）に述べられたC8（人々のつながりの充実・深化）、科学技術イノベーション総合戦略（平成25年6月7日閣議決定）に述べられた生活者のQoL向上にも発達障害者の生活力向上という意味で、C9（安全・安心）にも、それぞれ関係している。鈴木研究代表者はさきがけ「情報環境と人」（2009年度開始）の受託者でもあり、本CRESTへ発展した研究を展開しているので、C11（他CREST等連携）にも関係している。2016年度から、実証現場を活用した画像計測技術（佐藤チーム・斎藤グループ）との共同研究を開始しており、2018年度は、これら技術の連携により人物追跡を踏まえた実証研究に発展して、C14（統合研究体制）に貢献している。発達障害者の生活力向上は国内外で注目されており、NHKでも再三番組が組まれている。フィラデルフィア病院、スタンフォード大などとの共同研究を計画しており、C12（研究の必要性・喫緊性）にも関係する。本研究課題はCRDSが計画した知的情報処理システム、サイバー・フィジカルシステムの計画にも合致し、表9に示したように2014年度採択の鈴木チームは、これまでJSTが主催するELSIなどのイベントにCRDSと連携して参加しているので、C13（CRDSとの連携）にも関係する。ミライの体育館とよぶ具体的な知的情報処理システムを構築している点で、C15（サービスデモ）にも関係している。

#### 山口チーム

表6に示すように、喫茶店の客や教師・生徒の反応や周囲状況に応じて、ロボットの応答が変化できるので、C1（状況に応じた対話）、C2（対話・作業メカニズム）に関係する。複数台のロボットとの連携・協調機能を持つためC5（自律的ロボット）に関係する。知識処理・画像処理・言語処理とロボットの融合であり、すでに農業分野への適用も別の予算で進められていることから、第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）がめざす、複数領域に横断的に活用可能な研究開発であり、C6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）に関係する。英国科学雑誌 Impact<sup>付1)</sup>にもこのシステムが2018年に紹介され、世界的な情報発信もできつつあり、世界最先端IT国家創造宣言～第二次安倍内閣の新たなIT戦略～（平成25年6月14日閣議決定）にも合致する活動であり、C10（IT戦略との連携）に関係する。

知的情報処理システムのプラットフォームとしての位置づけであるため、他のチームとの連携も活発である。黄瀬チーム（生徒の振る舞いを利用して、集中度や理解困難箇所を推定し、生徒の個別状態に応じて、適応的に教育支援を行うシステムにおいて、多重知識ベース管理システムを研究開発する）、伊藤チームと大阪大学、フロリダ大学（大阪大学では、キャンパス内の学生・教職員・訪問者など、人々の行動データを利用した先進的サービスの



開発を計画しており、その場合、人々から行動データ取得について同意を得る必要があるが、この同意形成プロセスを効率的に進める必要があるため、そのシステムを試作する)、ウィーン大学(現在、ウィーン大学の Prof. Dimitris Karagiannis は、物体、モデル、概念という3階層でロボットの振る舞いを記述する KBR (Knowledge based Robotics) のオーストリア国内プロジェクトを推進しており、KBR と PRINTEPS の融合をはかる)、高速道路会社、ビジネスマネジメント会社、東京都杉並区立浜田山小学校などと連携している。これらから、C11 (他 CREST 等連携)、C12 (研究の必要性・喫緊性) に関係する。これまで JST が主催する ELSI などのイベントに CRDS と連携して参加しているので、C13 (CRDS との連携) にも関係する。佐藤チーム、伊藤チーム、長井隆行チーム、黄瀬チームなどとの共同研究も活発で、C14 (統合研究体制) にも関係する。世界的なサイエンス研究の情報サイトである英国科学雑誌 Impact にも PRINTEPS と同時にロボット喫茶店、授業支援ロボットシステムが紹介され、C15 (サービスデモ) にも関係している。

[付1] Takahira Yamaguchi, "PRINTEPS - A Framework PRINTEPS to Develop Practical Artificial Intelligence," 英国科学雑誌 Impact, Vol. 2018, No. 11, December 2018.  
<https://www.ingentaconnect.com/content/sil/impact/2018/00002018/00000011/art00007>

## 渡邊チーム

表6に示すように、選手自身の行動や身体能力を定量的に観測し、その行動メカニズムを解明しつつあり、行動変容を起こす音声ピッチ変調などのアクチュエーション効果も確認している。「特定の人間の周辺環境や、対話する人間の行動(相手の態度、声の抑揚、言葉使い等)把握等、非言語の情報により状況を把握する技術」の開発であり、今後は選手、監督、コーチ、聴衆といった集団行動において、2者以上の間で起きるインターパーソナルな対話が選手にどのような行動変容をもたらすかを解析しているため C1 (状況に応じた対話)、C2 (対話・作業メカニズム) に関係する。認知科学の研究者を中心に、情報科学技術と協働研究体制を構築していることから、第4期科学技術基本計画(平成23年8月19日閣議決定)がめざす、複数領域に横断的に活用可能な研究開発であり、C6 (認知科学、ロボティクス等との協働研究体制) に関係する。特に、下條グループ(CalTech)の研究は興味深い。実戦のように大きなプレッシャーのかかる状況で最適なパフォーマンスを出そうとする場合に見られる現象で特に「フロー現象」(=トップアスリートなどに見られる極度の集中と快を伴う体験)や「イップス(yips)現象」(=精神的な原因などによりスポーツの動作に支障をきたし、自分の思い通りのプレイができなくなる現象)をこれまでの渡邊らの研究(脳波、ゲーム行動、マーケティング質問紙)の知見と潜在アンビエント・サーフェス情報の観点から分析している。選手の生体情報のデータ管理は C7 (ELSI) に関係する。科学的エビデンスに基づくスポーツ科学の研究は、東京オリンピックにも導入される研究開発であり、世界最先端 IT 国家創造宣言～第二次安倍内閣の新たな IT 戦略～(平成25年6月14日閣議決定)にも合致する活動であり、C10 (IT 戦略との連携) に関係する。柏野グループリーダ(NTT)は CREST 研究領域「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」

(2009年度～2017年度)の受託者でもあり、本 CREST へ発展した研究を展開しているため、C11 (他 CREST 等連携) にも関係している。

チーム全体で、88 件の論文、国際会議で発表しており、欧米の動向は十分に調査されているため C12 (研究の必要性・喫緊性) に関係している。2014 年度採択の渡邊チームは、表 9 に示したように、これまで JST が主催する ELSI などのイベントに CRDS と連携して参加しているため、C13 (CRDS との連携) にも関係する。黄瀬チーム稲見グループと共同研究も活発で、C14 (統合研究体制) も関係している。

#### 伊藤チーム

議論の流れを見える化する方法を開発し、人々の議論の状況に応じてファシリテイトエージェントが炎上予測・回避、エージェントの問いかけ・議論介入するため、C1 (状況に応じた対話)、C2 (対話・作業メカニズム) に関係する。特に、C1 の「人間が発した言語から多様な意味や解釈を生成し、場の状況や話の流れに基づく推論を加えて理解する技術の開発」、C2 の「機械が対話で得た情報や Web に存在する情報等に基づき、人間に対し効果的に回答、提案、助言等の解決策を提示する技術の開発」に関係する。C4 (意思決定支援システム) の議論支援にも関係している。ファシリテイトエージェントが炎上予測・回避など C7 (ELSI) にも関係する。「最新の情報通信技術等の科学技術を活用した公共、民間のサービスの改善・充実、人々のつながりの充実・深化等、科学技術による生活の質と豊かさの向上に資する」ため、C8 (人々のつながりの充実・深化) にも関係する。オンライン議論も仮定した新しい合意形成システムの開発を目指し、マサチューセッツ工科大学 (MIT)、インドネシアの大学連合とも連携した研究開発を行っているため、C12 (研究の必要性・喫緊性)、C15 (サービスデモ) にも対応できている。C14 (統合研究体制) として、山口チームと大阪大学、フロリダ大学との共同研究も行っている。

#### 金井チーム

人がいる部屋などで人や環境情報の変化に応じて、人工意識を持つエージェントが人によって違った対話行動を取るようになる知的情報処理システムを前提にしているため、C1 (状況に応じた対話)、C2 (対話・作業メカニズム)、C3 (質問応答・助言システム)、C15 (サービスデモ) に関係する。特に、C1 の「特定の人々の周辺環境や、対話する人々の行動 (相手の態度、声の抑揚、言葉使い等) 把握等、非言語の情報により状況を把握する技術の開発」、「人間が発した言語から多様な意味や解釈を生成し、場の状況や話の流れに基づく推論を加えて理解する技術の開発」に関係する。ロボットに実装することを最終目標にしていることから、C5 (自律的ロボット) に関係する支援に利用できる。ロボットと脳科学との協働体制であるために、C6 (認知科学、ロボティクス等との協働研究体制) に関係している。国際的水準から見ても極めて挑戦的な課題であり、C10 (IT 戦略との連携)、C12 (研究の必要性・喫緊性) にも合致する。長井隆行チームとも連携しているため、C14 (統合研究体制) にも関係する。最終的に人工意識をロボットに実装しようとしており、C15 (サービスデモ) に

関係する。C7 (ELSI) についても、金井チームは国際シンポジウム「AI and Society」を企画し人工知能の社会へ与える影響を議論するなど、ELSI を考慮した研究開発を進めている。

#### 長井隆行チーム

人によって解釈が異なるシンボル（記号）の概念について、ロボットがマルチモーダルなインタラクションを通じて、その人・集団に合った概念を形成していき、記号の多様性・多義性の問題を解決できるロボットシステムを構築することである。すなわち、C1（状況に応じた対話）、C2（対話・作業メカニズム）、C3（質問応答・助言システム）、C5（自律的ロボット）、C6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）、C15（サービスデモ）に関係する。特に、対話を通じて曖昧性を減少させ、解決すべき課題を定義する技術の開発に関わっており、ヘッドマウントディスプレイなどでユーザはロボットがモノの概念をどの程度理解したかを尤度で見ることができる。C10（IT 戦略との連携）、C12（研究の必要性・喫緊性）でも優位な成果をあげている。山口チームや伊藤チーム、金井チームとも連携しているので、C14（統合研究体制）にも関係する。

#### 春野チーム

SNS という機械が人の脳に及ぼす変化を明らかにする基礎研究を追究している。C2（対話・作業メカニズム）の中で、特に、「人間と機械の対話プロセスも含めた意味レベルで適応的な振る舞いをする情報システムの開発」に関係が深い。SNS における C3（質問応答・助言システム）やその解析手法として脳科学と言語処理との協働研究であり、C6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）にも深く関わっている。これらのデータ管理の守秘性も重要であるため C7 (ELSI) に関係する。Scientific American の Web サイトでも研究代表者の研究が 1 ヶ月間取り上げられるなど世界的にも影響力を及ぼす研究であり、C9（安全・安心）、C10（IT 戦略との連携）、C12（研究の必要性・喫緊性）も関係する。

#### 黄瀬チーム

生徒の理解度や回答への確信度などを推定し、それに基づいて行動変容を引き起こすための経験サプリメントを生成することを検討しているため、C1（状況に応じた対話）、C2（対話・作業メカニズム）、C3（質問応答・助言システム）に関係する。特に、「特定の人間の周辺環境や、対話する人間の行動（相手の態度、声の抑揚、言葉使い等）把握等、非言語の情報により状況を把握する技術の開発」、「対話する人間の特性（性格や習慣等）に基づき、適切な対話を実現するための情報表現生成技術、タイミング制御技術の開発」に関係している。認知バイアスなどの人の認知特性を考慮した知的情報処理システムを開発するため、C6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）に関係している。経験サプリメントの体験共有知はもともと個人情報に関連する内容であり、C7 (ELSI) を十分に考慮する必要がある。ドイツ人工知能研究センター (DFKI) グループも含まれ、世界的な動向を踏まえた研究であり、C12（研究の必要性・喫緊性）に関係する。山口チームとの共同研究も活発で、C14（統合研究体制）にも関係する。リクルートのスタディサプリとも連携した知的情報処理システムの

サービスイメージが明確であり、C15（サービスデモ）にも関係している。

#### 長井志江チーム

表6に示すように、発達障害児（特に自閉スペクトラム症児）の認知過程を本人が自己知として認識でき、かつ周りの家族や理学療法士、職場の人とも自己知を情報共有することにある。すなわち、発達障害児の認知状況に応じて、相手も当事者の認知状態を知的情報処理システムを通じて理解ができ、状況に応じた対話ができるようになるため、C1（状況に応じた対話）、C2（対話・作業メカニズム）に関係する。このシステムはロボットのセンシング機能、コントロール機能、アクチュエーション機能を持つため C5（自律的ロボット）に関係する。ロボットと発達障害当事者研究や神経回路モデルとの協働体制であるために、C6（認知科学、ロボティクス等との協働研究体制）に関係している。発達障害児らの療育支援システムを構築することから、C3（質問応答・助言システム）の臨床発達医療診断支援にも関係している。

発達障害児の自己知に関するデータ管理も重要であり、(株) LITALICO とも連携することによって、C7（ELSI）にもチャレンジしている。第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）に述べられたC8（人々のつながりの充実・深化）、科学技術イノベーション総合戦略（平成25年6月7日閣議決定）に述べられた生活者のQoL向上にも発達障害者の生活力向上という意味で、C9（安全・安心）にも、それぞれ関係している。

長井志江チームは鈴木チームの自閉症児同士のソーシャル・イメージング研究、長井隆行チームとの国際シンポジウム開催などの実績があり、C14（統合研究体制）に貢献している。発達障害者の生活力向上は国内外で注目されており、NHKや民放でも再三番組が組まれているため、C12（研究の必要性・喫緊性）にも関係する。認知ミラーリングシステムとよぶ具体的な知的情報処理システムを構築しようとしている点で、C15（サービスデモ）にも関係している。

#### 森嶋チーム

表6に示すように、コンピュータによる問題解決システムと人々がネットワークを介して問題解決を行うクラウドソーシングシステムをシームレスに融合することによって、状況に応じた適切なタスク割当てを実現する。災害時の復旧を効率良く行うための作業を分担する単位を状況、人のスキル、機械の性能に応じて分割する作業メカニズムも重要になる。このため、C1（状況に応じた対話）、C2（対話・作業メカニズム）に関係する。人と機械の分担はELSIも考慮した高度な意思決定が必要であることからC4（意思決定支援システム）の高度な意思決定支援システム（専門家の議論支援、政策・制度設計支援等）、C7（ELSI）に関係する。災害復旧でのドローンなどのロボットと人々との協調作業から、C5（自律的ロボット）の人間が行う作業の模倣、災害救助、介護者の支援等、および第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）に述べられたC8（人々のつながりの充実・深化）に関係する。森嶋チームは黄瀬チームとクラウドソーシングにおける学習とタスク成果への影響に関する

共同研究を開始しており、C14（統合研究体制）に貢献している。サイバー・フィジカル防災訓練システムの実証実験も始めており、C15（サービスデモ）にも関係している。