

戦略的創造研究推進事業  
—CREST(チーム型研究)—

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」

研究領域事後評価用資料  
研究総括：萩田 紀博

2022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 .....	1
(3)研究総括 .....	1
(4)採択研究課題・研究費.....	1
2. 研究総括のねらい.....	3
3. 研究課題の選考について.....	11
4. 領域アドバイザーについて.....	16
5. 研究領域のマネジメントについて.....	18
6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について.....	35
7. 総合所見 .....	39
参考文献 .....	46

## 1. 研究領域の概要

本研究領域は 2014 年 2 月 26 日に文科省から出された戦略目標に沿って、以下の研究領域を設定した。

### (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」

### (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」  
(平成 26 年度発足)

### (3) 研究総括

氏名 萩田 紀博

(所属 大阪芸術大学 アートサイエンス学科 役職 学科長・教授)

上記詳細は、以下 URL をご参照ください。

①JST 公開資料「新規研究領域の事前評価」<sup>1)</sup>

<http://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/index.html>

②平成 26 年度新規研究領域の事前評価<sup>2)</sup>

[https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka\\_h26.pdf](https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka_h26.pdf)

③平成 26 年度 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  
(文部科学省) 概要<sup>3)</sup>

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/006/shiryo/\\_icsFiles/afieldfile/2014/07/17/1349928\\_08.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/006/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2014/07/17/1349928_08.pdf)

④平成 26 年度 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  
(文部科学省)<sup>4)</sup>

[https://warp.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/11293659/www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/26/02/attach/1344595.htm](https://warp.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/11293659/www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/02/attach/1344595.htm)

### (4) 採択研究課題・研究費

本研究領域は 11 研究課題 (チーム) から構成され、研究費予算総額は、2021 年 12 月 15 日時点で 40.89 億円である(表 1)。

表 1 採択研究課題・研究費一覧（百万円）

採択年度	研究代表者	所属・役職* (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	384
	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	443
	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	439
	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	353
2015年度	伊藤 孝行	京都大学大学院情報学研究科・教授（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	388
	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	307
	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	376
	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・室長（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	286
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	398
	長井 志江	東京大学 国際高等研究所・特任教授（2016 大阪大学大学院工学研究科・特任准教授/2019 情報通信研究機構・主任研究員）	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	382
	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	328
			総研究費	4,089

\*所属・役職欄は現在の所属で（ ）内は採択以降の前職までの所属役職を示す。

\*\*研究費欄は各研究課題とも研究期間の総額、進行中の課題は予定を含む(2021年12月15日現在)、下段に括弧つきで採択時の予算額を示す。

## 2. 研究総括のねらい

### (1)戦略目標に対する領域設定

平成26年度 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<sup>3),4)</sup>では、研究領域設定として、「本戦略目標は、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の開発を目指すものである。」と述べられている。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2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る研究領域運営を計画した。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た。

#### 運営方針1：採択に向けた研究マネジメント方針

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る研究チームを採択するための研究総括方針を明らかにする。

#### 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明らかにする。

### ① 運営方針1の具体策

まず、募集・選考でのマネジメントでは、戦略目標に沿った15チェック項目を抽出した。

- ・ 3年間の募集を通じて、戦略目標の達成目標1「**状況に応じた対話(C1)**」および達成目標2「**対話・作業メカニズム(C2)**」は最も重要な抽出項目と位置づけた。
- ・ 「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「④具体的内容」で重要性が指摘されている、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)**」を項目に追加した。
- ・ 「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<sup>6)</sup>であり、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)**」として追加した。フィジカルな安全だけでなく、インターネット等のサイバーセキュリティも考慮する。
- ・ 戦略目標「⑤政策上の位置付け」に記載された、「**人々のつながりの充実・深化(C8)**、**安全・安心(C9)**」を満たすことを要件に加えた。
- ・ **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 IT 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視野にいった。

- ・ 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、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

- ・ 戦略目標「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、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)** を項目に加えた。
- ・ CRDS<sup>1</sup>が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 項目を検討していた経緯を踏まえて、本研究領域と **CRDS との連携 (C13)** を密にするためにチェック項目に加えた。
- ・ 戦略目標「⑨留意点」に書かれた、**統合研究体制 (C14)** は CREST がめざすチーム型研究プロジェクトを推進するために、各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に、研究チーム間のシナジー効果をチェックする項目である。
- ・ **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みこせば、本研究領域の最終段階までには実用化をイメージしやすくなるために項目に加えた。

---

<sup>1</sup> CRDS : Center for Research and Development Strategy、JST 研究開発戦略センター

表2 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の具体策：採択後の研究マネジメントの具体策

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、戦略目標から抽出した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）をカバーすることやELSIなどの社会的受容性の課題も扱うために、チーム内研究マネジメントだけでは見落とす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、情報の観点から、採択後の研究マネジメントの具体的な重点課題を述べる。

### 人：チームワーク

- ・ 若手研究代表者（女性含む）の増加策
- ・ 研究代表者、グループリーダ（研究分担者）、若手研究者、学生などの人材育成
- ・ チーム内・間のコラボレーションを生みやすくする研究環境創り
- ・ 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）環境作り

### モノ：研究成果

- ・ ELSI をチーム間で共有する仕組み作り
- ・ 各チームの最先端・コア技術・原理をチーム間で再利用できる仕組み作り
- ・ 研究領域全体のアウトプット、アウトカム、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中間・最終目標設定
- ・ 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

### 金：予算運用

- ・ 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
- ・ チーム内（間）コラボレーション、若手育成のための研究予算追加策

### 情報：成果内容や相手に応じた情報発信

- ・ 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
- ・ 市民、高校生などへのアウトリーチ活動



## (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るがあった。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。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 (図 1)。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 1 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 3 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。

表3 募集した研究領域概要と戦略目標から抽出した15項目の対応

募集項目番号	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	
		番号	キーワード
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	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
A3	② 機械が提供するサービスについて人・集団が意思決定しやすいうように、対話や作業を通じてサービス内容や利用者への恩恵、リスクを分かりやすく説明・表現できる技術	C2	対話・作業メカニズム
A4	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		
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和、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・連携に取り組めます。	C6	認知科学、ロボティクス等との協働研究体制
<b>募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針</b>			
<b>(1) 背景</b>			
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、センサー等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
<b>(2) 求められる研究</b>			
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うように、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、数理科学等	C2	対話・作業メカニズム
<b>(3) 研究実施体制</b>			
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。		
<b>(4) 他の研究領域との連携・協働</b>			
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

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3「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(成果や相手に応じた情報発信)の運営を経験することが極めて重要である。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確実に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。

### ③期待される成果について

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、ただ単に、知的情報処理システムを情報科学の視点から構築するだけでなく、人間の認知や知覚特性のメカニズムにうまく対応して、「人と調和して協働作業ができる知的情報処理システム」を構築することができる。戦略目標に述べられているように、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の高度なレベルでの把握、その時・その場所・その人に合わせた最適なサービス群の提供、対話や作業を通じて機械が提供するサービスの内容や利用者への恩恵・リスクの分かりやすい説明・表現、人・集団と機械が調和した協働により創出された新たな知の共有、これらすべてに必要な知的情報処理メカニズムの解明、などを想定した上で関連する研究成果がでることを期待した。特に、本研究領域ではELSIを考慮して社会に受け容れられる知的情報システムが生まれ、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した。

### (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

本研究領域では、戦略目標が述べる「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た。この前提のもとで、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)」

を想定し、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た。表3の募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針：「(2) 求められる研究 (A10 から A16)」を中心にして、次のような視点で、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を目指した。

戦略目標に記載された、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 等への適用できる**質問応答・助言システム(C3)**の実現もその1つである。

**状況に応じた対話(C1)**ができる**自律的ロボット(C5)**では、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として、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 等の技術革新をねらった。

**意思決定支援システム(C4)**では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として、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、予測等の技術革新をねらった。

**対話・作業メカニズム(C2)**、**意思決定支援システム(C4)**、**自律ロボット(C5)**を組み合わせたシステムでは、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として、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の技術革新をねらった。これらの技術を支えるための科学として、認知科学、脳科学、社会科学との融合を狙っているのも本研究領域の特長である。

### 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 項目の選考基準で評価することにした。提案書の最初には、これらの 8 項目に対する概要を書いた「要約（2 頁）」を記載してもらった。

#### 【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

「なぜこんな研究をするのか？」という研究の必要性と、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）について、社会的インパクトのある知的情報処理システムを提案しているか？

##### ② どんな場所で動く知的情報処理システムか

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、社会に受け容れられるシステムまたは実証実験を計画しているか？

##### 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〉

新規性、独創性の高い、学術的に優れたコア技術・新概念の提案になっているか？

##### 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

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体制になっているか？

##### 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

戦略目標の ELSI（C7）を満たすために設定。従来の情報科学関連の CREST の採択条件に ELSI を記載した例はなく、本研究領域が初めて設定した。

##### ⑥ 合理的な予算と研究期間か

予算額の合理的な理由と最終目標達成に必要な研究期間が書かれているか？

##### ⑦ 従来技術と比較しても挑戦的で具体的な目標か

中間目標および最終目標で従来技術に比べて、挑戦的で優れたコア技術、デモンストラシステム仕様、チャレンジ・コンテストなどのイベント企画などが記載されているか？

##### 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

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いるか？ロボカップなどの世界的なコンテストで上位入賞、オープンソースソフトウェア開発や ELSI のガイドライン作成、貢献するアウトリーチ活動などを含む。

研究領域概要と戦略目標から抽出した 15 項目の対応表(表 3)、および選考基準①から⑧をもとにして 2014 年度から 2016 年度の 3 年間で 3 回提案を募集した。表 4 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 4 本研究領域の選考結果

募集年度	応募数	面接数	採択数	採択率 (%)	若手研究採択数*1	採択者数全体の若手の割合 (%)
2014	90	10	4	4.4	2	50
2015	66	10	4	6.1	3	75
2016	41	11	3	7.3	2	67
3 年間合計	197	31	11	5.6	7	64

\*1 若手採択数：採択数の中で採択時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融合により、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な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。

本研究領域は11研究課題（チーム）から構成され、研究予算総額は、2021年12月15日時点で40.89億円である（表1）。表5に示すように、11研究課題（チーム）全体で43グループ（平均3.9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9.3%）から構成される。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結果、1課題平均の研究費は3.72億円である。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4.05億円／課題、2015年度（4件）の平均が3.40億円／課題、2016年度（3件）の平均が3.70億円／課題の差がある。

## **(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チームが実施した項目を✓で示した。表6から**3回の募集で戦略目標から抽出された15項目がすべてをカバー**できたことがわかる。

表5 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 (最終年度 グループ数)	グループ名				
	(グループリーダー・所属)				
佐藤(5)	東大	慶大	MPI	CMU	阪大[2017年4月~] ⇒ 東大[2019年4月~]
	佐藤洋一 ・東大	杉本麻樹 ・慶大	Andreas Bulling ・MPI	Kris M. Kitani ・CMU	菅野裕介・東大
鈴木(2)	筑波大	慶大			
	鈴木健嗣 ・筑波大	山本淳一 ・慶大			
山口(5)	知識	対話	画像	対話継続 [2017年4月~]	知的動作 [2017年4月~]
	山口高平 ・慶大	中野有紀子 ・成蹊大学	斎藤英雄 ・慶大	小林一郎・お茶の 水女子大学	高橋正樹・慶大
渡邊(4)	渡邊	柏野	中澤	下條	
	渡邊克巳 ・早大	柏野牧夫・NTT	中澤公孝 ・東大	下條信輔・ California Institute of Technology	
伊藤(4)	研究総括	合意形成プロセス 分析および実践会 議応用	自動交渉理論お よびモデル	合意形成知 の事例分析 ・再利用基盤	
	伊藤孝行・名工大 ⇒京大[2020年10月 ~]	松尾徳朗・東京都 立産業技術大学院 大学	藤田桂英・東京 農工大学モデル	福田直樹 ・静岡大学	
金井(3)	金井	川鍋	前川		
	金井良太 ・アラヤ	川鍋一晃 ・ATR	前川卓也 ・大阪大		
長井隆行(7)	概念班長井	概念班谷口	概念班尾形	信念班岩橋	信念班杉浦
	長井隆行 ・電通大⇒阪大 [2018年10月~]	谷口忠大 ・立命館大学	尾形哲也 ・早大	岩橋直人 ・岡山県立大学	杉浦孔明・NICT⇒ 慶大[2020年4月~]
	応用班稲邑	応用班岡田			
春野(2)	社会脳	自然言語処理	ストレス計測		
	春野雅彦・NICT	進藤裕之・奈良先 端科学技術大学院 大学	森田幸弘・ パナソニック [~2018年3月]		
黄瀬(5)	黄瀬	稲見	塚本	デンゲル [2017年4月~]	渡邊 [2020年4月~]
	黄瀬浩一・ 大阪府立大学	稲見昌彦 ・東大	塚本昌彦 ・神戸大	Andreas Dengel・ DFKI	渡邊克巳 ・早大
長井志江(3)	認知ミラーリング	当事者研究 及び障害者支援	計算モデル		
	長井志江・阪大⇒ NICT[2017年5月]⇒ 東大[2019年4月~]	熊谷晋一郎 ・東大	山下佑一・国立 精神・神経医療 研究センター		
森嶋(3)	筑波	富山	京都		
	森嶋厚行 ・筑波大	井ノ口宗成 ・富山大	田島敬史 ・京大		



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	C1	状況に応じた対話	・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	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	10	
・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			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	4	
・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			✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	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	C2	対話・作業メカニズム	・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							✓			1	
・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							✓					✓	2	
・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					✓				✓				✓	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	
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	
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）														
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	任期予定
相澤 彰子 (言語処理)	情報・システム研究機構 国立情報学研究所	教授	2014年6月～2022 年3月
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 (栄誉教 授)	2014年6月～2022 年3月
	(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～2022 年3月
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～2022 年3月
小林 正啓 (弁護士)	花水木法律事務所	所長、弁護士	2014年6月～2022 年3月
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～2022 年3月
	奈良先端科学技術大学院 大学	理事	
	東北大学	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～2022 年3月
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～2022 年3月
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～2022 年3月

##### (1) 領域アドバイザー選考方針(領域アドバイザーの専門分野、経歴等を踏まえて)

領域アドバイザー選考方針として、次の①と②を満たす、領域アドバイザー9名を選出した(表7)。

##### 【領域アドバイザー選考方針】

- ① 戦略目標の15チェック項目をカバーできる領域アドバイザーを選ぶ。
- ② 同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を確保する

表8に戦略目標の15チェック項目と各項目を担当する領域アドバイザーとの対応表を示す。なお、ELSI やベンチャーインキュベーションを促進するために、この分野の専門である、堀川優紀子先生(ATR)に領域運営アドバイザーをお願いした。

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(AI) 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

#### ①研究課題全体の成果内容

研究領域の運営方針2（採択後の研究マネジメント方針）に基づいて、11 チーム全体の研究成果内容で、戦略目標から抽出した15項目をすべてカバーすることができた。

戦略目標の中で、特に重要な達成目標1「状況に応じた対話（C1）」では10チームが、および達成目標2「対話・作業メカニズム（C2）」では11チームが担当し、すべてのチームが目標を達成した。この間に、2021年12月時点で、国内論文93件、国際（論文誌・国際会議）974件の発表と国内特許49件、海外特許5件などの特許出願があった。

この中で、国際（論文誌・国際会議）では、情報科学、認知科学、ロボティクスなどの分野で採択が難関な論文誌や国際会議に多数発表していて、質、量の両面からみて、戦略目標が着目した情報科学と認知科学、ロボティクス等との協働研究体制（C6）が研究課題全体の成果に反映されている。

戦略目標の中で、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、ELSIを考慮した次のような(i)から(iii)の知的情報処理システムが開発された。

#### (i) 高度な質問応答・助言システム（C3）

戦略目標では、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・制度設計支援等への適用できるシステムを求めたが、本研究領域から次のような知的情報処理システムが開発された。

##### ■障害者の生活支援：

- ・ ウェアラブルデバイスとプロジェクションマッピングを組み合わせた自閉症児のインタラクションを促進する「未来の体育館」システム（鈴木チーム）<sup>7)</sup>
- ・ 発達障害者の個人差を低次の感覚から高次の認知機能をカバーする計算機モデルで定量的に評価する認知ミラーリングシステム（長井志江チーム）<sup>8)</sup>
- ・ 行動・物体・場所の情報から人がいつ・どこで・何をしたというセマンティックな情報に変換できる日常生活支援の質問応答システム（金井チーム）<sup>9)</sup>

##### ■個別教育・学習支援

- ・ リアリティの高い投球フォームと投球軌道の自由視点再現と打者の眼球や身体の動きの計測が可能な野球・ソフトボールのVR打撃システム（渡邊チーム）<sup>10)</sup>
- ・ 英語と物理の学習量と知識量に応じた個別教育支援システム（黄瀬チーム）<sup>11)</sup>

##### ■議論支援

- ・ 議論構造を自動的に見える化して、議論を活性化させる議論支援システム

D-agree (伊藤チーム) <sup>12)</sup>

■医師の診断支援：

- ・ 複数人の一人称視点映像を統合した集合視によって、ハイライトしながら映像再生を行う外科手術協働支援システム (佐藤チーム) <sup>13)</sup>

(ii) 高度な意思決定支援システム (C4)

戦略目標では、専門家の議論支援、政策・制度設計支援等への適用できるシステムを求めたが、本研究領域から次のような知的情報処理システムが開発された。

■議論支援：

- ・ 議論構造を自動的に見える化して、議論を活性化させる議論支援システム D-agree (伊藤チーム) <sup>12)</sup> (再掲)

(iii) 自律的ロボット (C5) (人間が行う作業の模倣、災害救助、介護者の支援 等)

戦略目標では、人間が行う作業の模倣、災害救助、介護者の支援等への適用できるシステムを求めたが、本研究領域から次のような知的情報処理システムが開発された。

■人間が行う作業の模倣

- ・ 各家庭の物品をシンボルグラウンディングして概念学習できる自律支援型日常生活お片付けクラウド・ロボットシステム (長井隆行チーム) <sup>14)</sup>
- ・ 自動プログラミング化技術で、人間が行う作業 (喫茶店、授業) を代行するロボットカフェシステムおよび授業支援ロボットシステム (山口チーム) <sup>15)</sup>

■災害救助

- ・ 人と AI ワーカーで分担して災害状況を把握するサイボーグ・クラウドソーシングシステム (森嶋チーム) <sup>16)</sup>

## ②各研究課題 (チーム) の成果内容と研究総括の指導

(i) 佐藤チーム

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として利用して、グループの注視と行動を計測・理解する集合視技術を開発し、注視計測技術および注視・行動認識技術で高い成果をあげた。研究開始時に「コンピュータビジョン (CV) 研究」だけでなく「ヒューマンインタフェース (HI) 研究」にも注力した研究開発を実施することを採択時に研究総括が指導した。その結果、CV 研究では IEEE TPAMI 誌 2 件、IEEE TVCG 誌 2 件、国際会議 ICCV 4 件、CVPR 8 件、ICCV で権威ある **Marr Prize Honorable Mention Award** の受賞などを、HI 研究でも、IEEE THMS 誌 2 件、ACM 論文誌 2 件、国際会議 CHI 6 件、CHI で Best Paper Honorable Mention Award, ACM Symposium on User Interface

Software and Technology (UIST) で Best Paper Honorable Mention Award を受賞等、両分野で科学技術にインパクトを与える成果を上げた。集合視による手術室での協働支援システムや視覚障害者のナビゲーション支援システムを構築し、実証実験により有効性を示し、最終目標を達成した。これらの成果は戦略目標である「状況に応じた対話(C1)」と「対話・作業メカニズムの解明(C2)」の達成に大きく貢献した。データセットやソースコードの公開も積極的に実施され、今後、医療・福祉分野における支援システムだけでなく、幅広い画像やヒューマンインタフェース分野への応用に発展していく成果をあげた。

アウトカムとして、この成果を基に、AIP 加速課題「バイオ実験作業の知の獲得とロボットへの転写」(2020 から 2022 年度)の研究開発等に発展している。

#### (ii) 鈴木チーム

自閉スペクトラム症児(自閉症児)の早期発達支援という社会的インパクトの高い課題に挑戦し、自閉症児の行動計測と介入による行動変容を実現できるシステムを開発し、実際の筑波大学附属大塚特別支援学校、米国フィラデルフィア小児病院など国内外で有効性を実証した。早期発達支援・介入とヒューマンインタフェース技術分野の共同研究チームにより、自閉症児が受け容れる装着型機器と画像計測法および介入支援法を開発した。特に、特別支援学校の体育館において「ミライの体育館」とよぶ大規模床面プロジェクト・カメラシステムを構築し、発達障害児・者同士の相互コミュニケーションや連携する社会行動を支援・見える化する「ソーシャルイメージング技術」を開発した。研究成果は、ヒューマンインタフェース技術と発達支援の分野が融合することによって、各分野で著名な IEEE Affective Computing 論文誌および Developmental Cognitive Neuroscience 誌や国際会議 CHI 等、合計 75 件発表され、最終目標を達成した。これらの成果は戦略目標である「状況に応じた対話(C1)」と「対話・作業メカニズムの解明(C2)」の達成に大きく貢献した。

2019 年度に研究代表者が Plimes, Inc. 社を起業し、ミライの体育館、遠隔発達支援、自閉症児の行動計測装置、自閉症児の身体性を疑似体験できる他者理解装置などの実用化が段階的に進める。アウトカムとして、本 CREST と関係の深い間瀬 CREST にも 2020 年度採択され、本 CREST の成果を発展した研究課題「ソーシャル・シグナルの共有と拡張による共感的行動の支援」(2019-2024 年度)として、本 CREST 成果を拡大・推進している。

特に指導した点は、中間評価後、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追加することである。当初計画になかった国際的な共同研究・実験として、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・実験を推進できた。

### (iii) 山口チーム

情報技術(IT)や人工知能(AI)に詳しくないエンドユーザでも業務でAIやロボットを活用できることを目指して、ユーザ指向AIロボットアプリケーション開発プラットフォーム PRINTEPS (PRactical INTElligent aPplicationSの略) を構築した。エンドユーザがロボットに作業を置き換えたい業務フローを、PRINTEPSの開発環境でAIソフトウェアモジュール群から選択して作成することにより、ROS(ロボットOS)上で動作するPythonプログラミングコードに自動変換する機能を実現した。研究成果は、IEEE Access誌、ACM-IIS誌、国際会議ICCV, ICMI, UbiCompなど採択が難しい論文誌や国際会議に数多く採択された(合計109件)。実用性の観点から海外著名IT誌やビジネス誌に掲載されるなど国際的にも反響を呼び、社会的インパクトを与えた。具体的な実験としてロボット喫茶店や小学校でのロボット連携授業支援にも適用し成果を実証し、最終目標を達成するとともに戦略目標である「状況に応じた対話(C1)」と「対話・作業メカニズムの解明(C2)」の達成にも貢献した。ロボット連携授業支援では、5小学校での実践や、13小中学校30名の教員へのセミナー実施などを通してクラスルームAIを全国的に普及させる足がかりを築いた。当初計画にない農業分野への適用範囲を拡大して、PRINTEPSの他分野への広がりをつかきを作ってくれた。

研究総括の指導では、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**、相互運用性と規模の拡張性に留意した 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 コードが生成できることを確認できた。アウトカムとして、ロボットプラットフォーム PRINTEPS を核としたデータ共有・利活用の高度化に関する経産省 平成 29 年度補正予算「産業データ共有促進事業費補助金」、センシング対応型の自律多機能ロボットによる農作物の生長シミュレーションモデル手法の確立、農水省 平成 30 年度「農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業」などに発展した。

### (iv) 渡邊チーム

スポーツ選手個人の身体能力、敵味方の他選手の身体・精神状態、監督の指示、観客の応援などがパフォーマンスを左右する要因となる選手の潜在的な情報を読み取ることに挑戦した。主に野球・ソフトボールを対象に選手一人ひとりの身体・精神状態を客観的データとして見える化(あるいは聞こえる化)、監督、観客、選手の二者間の行動同期あるいは神経同期の測定・解析技術を最終目標まで達成した。野球・ソフトボール以外にも、複数のモダリティからの二者以上の間の身体的・生理的・神経的インタラクション情報を統合

し見える化できるように、研究期間を 1 年追加して、ドイツ人工知能研究センター(DFKI) および英国ロンドン大学との共同研究を行った。その結果、自然な活動を阻害しない非接触型モーション・バイタルセンシングに関する要素技術・仕様を確定し、プロトタイプシステムを構築した。このシステムで二者間の通常の会話でも相手の目を見ている時間は実はかなり少ないなどの特性が測定できるようになり、適用範囲の拡大に繋がる成果を得た。野球・ソフトボールの解析で開発した VR 打撃システム等は国際的なトップアスリートから高い評価を獲得するとともに、戦略目標である「対話・作業メカニズムの解明(C2)」の達成に大きく貢献した。特に、研究総括の指導では、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、e-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。

研究成果も原著論文が 142 件(内和文 1 件)とずば抜けて多く、質も高い。権威ある Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 2 件、Neuroimage 4 件、Scientific Reports 10 件、Plos One 17 件、Frontiers in Psychology 9 件、Perception 2 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、Journal of Sports Sciences 3 件、Sports Biomechanics 2 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る。招待講演も 197 件(内、国際会議 43 件)、国内特許出願 28 件等、ずば抜けて多く、世界的な関心が高いテーマであることを証明している。

アウトカムとして、渡邊克巳および中澤公孝グループリーダーが、潜在的サーフェイス情報の研究を発展させて、ムーンショット目標 1 「2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」(プログラム・ディレクター(PD) 萩田紀博)の課題名「身体的能力と知覚能力の拡張による身体の制約からの解放」(金井良太プロジェクト・マネージャー)の研究推進者に選ばれ、それぞれ、「非接触表面情報からの心身状態の推定」および「非接触表面情報からの身体運動を伴う場合の心身状態の推定」の研究開発を推進(2020-2025 年度)している。

#### (v) 伊藤チーム

エージェントを用いてリアルタイムにオンライン議論の見える化や活性化を実現する大規模合意形成支援システムを開発した。名古屋市次期総合計画などを例にオンラインで市民からの意見を集約する社会実験から、人間による仲介がどのように行われているかについての議論データを分析し、自然言語処理による討論構造の自動抽出法を考案した。次に、オンラインの英語での議論に拡張して、対立的な議論を見える化する方法、エージェントが介入して議論を活性化する方法を提案するとともに、議論の論理モデルを理論的に示し、



人工知能国際会議 PRICAI2019 で最優秀論文賞を受賞した。特に、倫理的・法的・社会的な視点から社会的に受け容れられるエージェントによる介入とは何かについても統制実験を行った。オンライン空間と物理空間の議論を同時に行えるクラウド上で動くシステムを構築して、国内ミーティング、国際会議、浜松市、アフガニスタン・カブール市（旧政権）などでも利用できることを確認した。議論が見える化・整理するという社会的活動における知的情報処理システムに関する最終目標を達成するとともに戦略目標である「**状況に応じた対話(C1)**」と「**対話・作業メカニズムの解明(C2)**」の達成に大きく貢献した。この間、研究代表者自らが AGREEBIT(株)を起業し、事業化を進めた。以上、本研究課題は倫理的・法的・社会的な課題も考慮し、当初の目標を超える優れた成果をあげた。

研究成果も原著論文が合計 144 件（内、英文 129 件）と多い。IEEE Inter. Conf. on Agents, ICA 11 件（内受賞 2 件）、Int. Conf. on Crowd Science and Engineering 1 件、ICCSE 4 件、AAAI 2 件、Int. Conf. on Principles and Practice of Multi-Agent Systems 1 件、PRIMA 4 件などマルチエージェント関連が多い。

アウトカムとして、インターネット上の議論・合意形成支援システムや AI によるファシリテーション支援などの研究開発や事業展開が進めるために、新 CREST の研究課題「ハイパーデモクラシー：ソーシャルマルチエージェントに基づく大規模合意形成プラットフォームの実現」で、より良い合意形成や集団意思決定を支援することに挑戦している。

研究総括の指導では、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、**炎上予測の精度をあげるアルゴリズムを開発し**、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。

#### (vi) 金井チーム

神経科学と情報理論において研究が進められてきた意識研究を人工知能技術と融合して、人工意識の研究分野を立ちあげた。意識を機能の観点から分析し、意識の情報生成理論と情報閉包理論<sup>17)</sup>を提案し、公知の自由エネルギー原理との関係を理論的に明らかにした。この理論では、脳内での意識の生成過程は、データ圧縮による物体などの認識特徴量を検出するのではなく、好奇心や行動など様々な状況が脳内で生じているという仮説で、神経科学的知見にも合致するという。人工意識を実装するという視点からも革新的な成果を得た。従来、意識に関係する統合情報理論(精神科医 Giulio Tononi が提案)はノード数が増すと現実的な計算が難しかったが、数 100 程度のノード数まで対応できる実時間計算法<sup>18)</sup>を明らかにした。Proceedings of the National Academy of Sciences<sup>19),20)</sup>等の著名な論文誌にその成果を発表し、アルゴリズム解析ツール Practical PHI Toolbox として公開(オ

ープンソース化)した<sup>21)</sup>。人工意識があるという感覚を人が抱くようなエージェントシステムも開発した。好奇心と自発行動が生まれる人工知能エージェントをニューラルネットによって実装した。入力が予め決められたどのクラスに属するかを中心とした現在の人工知能サービスに比べて、入力に応じて、好奇心や環境に依存した行動が生まれる新しい人工知能サービスに発展する可能性を示し、最終目標を達成するとともに戦略目標である**状況に応じた対話(C1)**と**対話・作業メカニズムの解明(C2)**の達成に貢献した。推定されている行動・物体・場所の情報から人がいつ・どこで・何をしたというセマンティックな情報に変換する日常生活に関する質問応答システムもIJCAI<sup>9)</sup>で発表した。

研究総括の指導では、計画当初は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**ように指導した。その結果、金井チームが統合情報理論の提唱者であるGiulio Tononi教授と議論、自由エネルギー原理の提唱者である英国UCLのKarl Friston教授とのワークショップ等を行い、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。

Proceedings of the National Academy of Sciences(PNAS) 1件、Journal of Neuroscience 1件、PLoS Computational Biology 1件、PLoS One 2件、Science, IEEE Access, Nature Genetics, Entropy 2件、AAAI 2件、IJCAI 1件、IJCNN 1件、Entropy 2件、Neuroscience of Consciousness 2件、IEEE International Conference on Multimedia and Expo 1件、ICME、IEEE International Conference on Image processing 1件、ICIP、Unicomp 2件など合計66件の発表がある。

アウトカムとして、金井良太研究代表者が、脳情報処理モデルを発展させて、ムーンショット目標1「2050年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」(PD 萩田紀博)のプログラムマネージャーとして、課題名「身体的能力と知覚能力の拡張による身体の制約からの解放」を推進している(2020-2025年度)。

#### (vii) 長井隆行チーム

ロボットが環境や人とのマルチモーダルなインタラクションを通して、物体や人、場所などの概念を自律的に構成する方法を考案し、クラウド上で動作する生活支援サービスロボットシステムを構築した。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>22)</sup>に発表し、この論文が2021年度日本ロボット学会第9回Advanced Robotics Paper Awardを受賞した。ロボットが移動しながら音声・画像・位置情報を統合し、地図や語彙を連続音声から学習する方法を開発し、世界的競技会であるワールド・ロボット・サミット(WRS) 2018で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**、ロボカップ世界大会2021でも部門優勝するなど顕著な成果を上げた。日用品を片付けるタスクでは、曖昧な指示文を理解するマ

ルチモーダル言語理解手法を考案し、ロボティクス分野最大の国際会議 IEEE/RSJ IROS2018 において論文賞を受賞した。これらによって、情報科学とロボティクスが融合することによって、ロボットが家周りの概念を学習し、片付けを行うという一連の生活支援に関する知的情報処理システムの最終目標を達成した。同時に、戦略目標である「状況に応じた対話(C1)」と「対話・作業メカニズムの解明(C2)」の達成に大きく貢献した。これらの成果を統合して、サービスロボットに必要な標準性能評価法も開発し、WRS2018 競技会でも「パートナーロボットチャレンジルールブック」として採用された。チーム型研究として 7 グループの相乗効果を引き出した研究代表者のマネジメント能力も優れている。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を提案した。WRS は世界 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>2</sup>、米国国際標準化団体 NIST<sup>3</sup>などと国際標準化に基準作りにも加わった。これまでに、Advanced Robotics 13 件、Frontiers in Neurorobotics 8 件、Robotics and Autonomous Systems 3 件、Proceedings of the 25th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN 2016) 3 件、IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems 7 件、など合計 152 件（内 海外 150 件）、招待講演 220 件（内 海外 63 件）等の成果をあげた。

アウトカムとして、本 CREST 終了後もムーンショット目標 1（長井隆行、杉浦、谷口）・目標 3（谷口）など課題推進者等になり、CREST の成果を発展している。

#### (viii) 春野チーム

倫理的・法的・社会的課題を考慮して、パーソナリティやストレスといった外から観察できない個人の社会的態度やストレスなどの内的状態を社会脳科学と自然言語処理の手法を用いて推定する方法を考案した。社会脳科学に基づくアプローチでは、他者との格差に対する扁桃体/海馬の活動パターンから、現在のうつ病傾向から 1 年後のうつ病傾向の変化を予測できることを示し、他の広範な性格指標に応用可能であることを Nature Human Behaviour 誌<sup>23)</sup>など著名な論文誌に発表した。自然言語処理に基づくアプローチでは、Twitter の言語データとネットワークデータを解析することで被験者のパーソナリティテスト結果の予測が可能であることを示した。両アプローチの成果を踏まえて、ソーシャルネットワーキングサービス (SNS) の情報から、外向性や IQ といった幅広いパーソナリティを推定する方法、1 ヶ月前に起きる SNS に見られる世の中のムードと新型コロナウイルスの新規感染者数との関係などを明らかにした。罪悪感の回避における男女差について、日本、

<sup>2</sup> International Organization for Standardization

<sup>3</sup> National Institute of Standards and Technology

韓国、英国で国際比較も実施し、その結果が、世界的に普遍的な傾向であることも明らかにした。

これまでに、Nature Human Behaviour 1件、Scientific Reports 1件、Social Cognitive and Affective Neuroscience 1件、IEEE Affecting Computing 1件、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19件の成果を出した。

アウトカムとして、本CREST終了後も春野がムーンショット目標1（石黒浩プロジェクト）で課題推進者になって、CRESTの成果を発展している。

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。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の倫理委員会を開催した。

#### (ix) 黄瀬チーム

英語や物理等の自己学習やスポーツ等、ある人の経験を構造化された経験サプリメントという形に変換して他の人が体験共有できる知的情報処理システムを構築することを目標とした。計測・生成・格納・適用技術の4処理からなる経験サプリメントを定義し、体動を伴わない英語・物理学・プログラミングの自己学習、体動を伴うスポーツ・エンタテインメントの自己学習のための経験サプリメントを実現した。センシングとアクチュエーション技術は経験の種類によって異なるために、統一的な格納（データ形式）までは至っていないが、中間目標後、認知科学と脳科学の専門家である渡邊克巳研究代表者を黄瀬チームのサブリーダーに加えることで、知覚系の脳活動から運動系の経験行動を類推するなどの行動メカニズムの解明に関する成果も出た。経験を体験共有するための支援に関する知的情報処理システムの最終目標を達成した。同時に、戦略目標である「状況に応じた対話(C1)」と「対話・作業メカニズムの解明(C2)」も達成した。情報科学、認知科学、ロボティクス、ヒューマンインタフェース、人間拡張、脳科学などの海外論文、国際会議に合計105件を発表した。研究分担者の海外研究機関との共同研究も促進され、アウトカムとして、成果をベースに独でベンチャー起業 Alphaben 社の設立、JST 日独仏 AI 研究、稲見 ERATO、他 CREST、さきがけなどの研究代表者が生まれるなどチーム型プロジェクトとして良い相乗効果をあげた点も優れている。

研究総括の指導では、中間目標にむけて、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、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&ビルドの判断を実施した。

#### (x) 長井志江チーム

発達障害者の認知的状態を他人に伝えること（認知ミラーリング）や困り事を軽減するために、当事者の視点から定量的に評価できる方法を提案した。ロボット等でその原理を解明する認知ミラーリング、神経回路による計算モデル、当事者の社会的行動を分析する当事者研究の3グループからなるチーム型研究で取り組んだ。WHOの定義に従い、身体的な構造や機能に依る「機能障害」と周囲の人や物などの環境要因との相互作用で生まれる「能力障害」に分けて、予測符号化に基づく計算モデル及び認知ミラーリングシステムを開発した。その結果、このモデルが、低次の感覚過敏・鈍麻だけではなく、高次の認知機能（発話、描画、協調運動等）に対しても、年齢や精神神経疾患スコアに対応する個人差が定量的に評価できることを明らかにし、認知ロボティクス及び発達心理学、医学の分野で大きな反響を得た。研究総括の指導では、**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**した。その結果、当事者研究でも「自閉スペクトラム症（ASD）知覚体験ワークショップ」（計54回、約4,000名参加）を開催し、ASDに対するスティグマが低減できることを示し、障害者雇用を推進する企業に当事者研究の成果が数多く導入された。これらの成果によって、発達障害者の認知的状態を他人に伝えること（認知ミラーリング）に関する知的情報処理システムの最終目標を達成した。同時に、戦略目標である「**状況に応じた対話(C1)**」と「**対話・作業メカニズムの解明(C2)**」の達成に大きく貢献した。

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たことにある。当事者研究において、スティグマの解析で世界に通用する素晴らしい研究成果がでただけでなく、企業からも依頼がくるほど、当事者研究の重要性を企業に認識させた功績は大きい。

これまでに、Scientific Reports 2件、Journal of Autism and Developmental Disorders 1件、The International Journal of Robotics Research 1件、Connection Science 1件、IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems 7件、Frontiers in Human Neuroscience 1件、など合計77件（内 海外49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た。長井志江研究代表者がIROS2020のPlenary Talk<sup>8)</sup>に選ばれた点から優れた成果をあげた。

#### (xi) 森嶋チーム

本研究領域がめざす「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」をクラウドソーシングの分野で実現した。自然災害時の迅速な状況把握を含む、緊急で大規模な労働集約を可能にするために、人間とAIをバランス良く共同作業を分担するための自動的なタスク割り当てと、共同作業中でも動的にタスク全体の最適化を行う新しいクラウドソーシングの方法（サイボーグクラウド）を開発した。従来法がタスク割当ての際に、金銭的成本と結果の品質のみに着目していたのに対して、これだけでなく、ELSI（倫理的・法的・社会的課題）に配慮して、人間が感じるストレスを軽減する、得意タスクを優先する、スキル向上もねらう、等の視点を取り入れたタスク自動割り当てと最適化を実現した点も優れている。具体的に、新潟県燕市、愛媛県およびインドネシア・バンドアチェ市との国内外での大規模な防災訓練等を通じて、その方法の効果を実証した。合計82件の海外論文、国際会議発表、27件の受賞等、学術的にも優れた成果を上げた。クラウドソーシングに関する知的情報処理システムの最終目標を達成した。同時に、戦略目標である「状況に応じた対話(C1)」と「対話・作業メカニズムの解明(C2)」も達成した。一般社団法人の設立、京都府立図書館において新システムに採用される等、研究成果の社会還元にも寄与した。

これまでに、The AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP) 4件、International Journal of Pervasive Computing and Communications 1件、Journal of Disaster Research 3件、IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE) 1件など、合計87件を発表している。

研究総括の指導では、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指導した。ポイントは機械が一方向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型研究所として、研究課題間や他の研究領域、国内外の他の研究機関、異分野との融合・連携・協力の推進、新たな研究コミュニティの創成

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・協力を推進した。

##### ① 研究課題間や他の研究領域との融合・連携・協力の推進

###### (i) 研究課題間との連携・協力

- 2014年～2015年度の領域会議は、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活発な議論を展開した。2014年度の第2回領域会議（2015年3月）以

降、2019年10月まで領域会議を**合宿形式**で行い、研究課題横断的に若手から研究代表者、研究総括まで意見交換を行い、結果として研究領域の拡大に大きく貢献した。

- 2015年度第2回領域会議(11月)から8チームに増加したために、班別討論で知的情報処理システム全体の未来実現イメージ、研究課題間の共通テーマ、共有可能なコア技術などを議論した。
  - 2016年度第2回領域会議(8月)から全11チームになり、**中間目標と最終目標を明確**にすること、研究課題間での横断的な国際会議ワークショップ開催企画、本研究領域の学会誌紹介記事(人工知能学会誌)などを議論した。その結果、人工知能学会誌に「人と調和して協働する知的情報処理」と題する特集を組み、最新成果を紹介した<sup>24)</sup>。
  - 2017年度の領域会議では、研究者からの要望を受けて英語で会議を進めた。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。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。
  - 2018年度の領域会議では、研究総括が間瀬 CREST 研究総括と協力して The 1st International Workshop on Intelligence Augmentation and Amplification (IAA2019)を企画し、ドイツ Kaiserslautern で2019年1月に開催し、日本側21名、ドイツ側28名の研究者が6種類のテーマ(Augmented Human、Amplified Intelligence、Machine Learning、Networked AI、Symbiotic Interaction、Human-Machine Intelligence)に分かれて議論した。この議論がきっかけで、日独仏共同研究フェンド獲得(黄瀬チーム、山口チーム)が実現した。
- (ii) 戦略目標「**他 CREST との連携(C11)**」
- 2014年から2015年には、**喜連川 CREST、田中(護)CREST、東倉・西田 CREST**や石田さきがけのイベントに参加した。
  - 2017年度の領域会議では、**石黒領域アドバイザー**が「石黒 ERATO 共生ヒューマンロボットインタラクション(HRI)プロジェクト」の研究総括として、**柴藤領域アドバイザー**が「CREST 研究領域 人工知能」の研究総括として、**間瀬領域アドバイザー**が「CREST 研究領域 共生インタラクション」の研究総括として、それぞれ各領域を紹介した。

- 2017年度には、他研究領域（喜連川 CREST、田中 CREST）のイベント（JST-NSF 国際連携シンポジウム、ビッグデータに関するフランス-日本シンポジウム）に長井志江チーム、黄瀬チーム、研究総括が参加した。

## ②国内外の他の研究機関との融合・連携・協力の推進

- 2016年度第2回領域会議（2017年1月）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、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得た。同時に11チームを俯瞰して、大まかに3班の大分類テーマ（Cloud Situated Services、Ambient Assisted Living Services、Co-experience Sharing Services）で班別討論を行い、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2019年度の領域会議まで続け、チーム間連携、若手研究者の討論の場へと発展した。
- 2017年度には、間瀬 CREST（共生インタラクション）と連携して、国際会議 IUI のワークショップ（2018年3月）を共同で企画し、2研究領域間で連携・協力した。

## ③異分野との融合・連携・協力の推進

- 2015年の領域会議では、国際会議 UbiComp2015(大阪)と連携して、欧米のベンチャー企業で成功した InTouch Health 社の Dr. Yulun Wang 社長や当時 ATR から CMU の PhD コースに進学した学生 Nagasrikanth Kallakuri（その後、Explorer.ai 社を起業し、無人レジ店舗スタートアップの Standard Cognition 社に買収、今は Google 社）などを招待して、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や重要性を説いた。

## ④新たな研究コミュニティの創成

- 研究領域がスタートした初期では、2014～2016年は国内の研究会・全国大会（電子情報通信学会 CNR 研究会、情報処理学会全国大会）、2015年は国際会議（AAAS、UbiComp2015）、2014～2016年 CRDS と連携したイベント（サイエンスアゴラ）などを利用して、戦略目標の柱である状況に応じた対話(C1)、対話・作業メカニズム(C2)、ELSI (C7) の重要性、意義を紹介した。
- 2017年度から2018年度の領域会議の前日には、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・運営された。これらの活動の結果、本研究領域の若手研究者の AIP チャレンジプログラム<sup>4</sup>での採択数が他の研究領域に比べて非常に多かった。

<sup>4</sup> <http://www.jst.go.jp/kisoken/aip/wakate/index.html>



### (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。最終的に、概ねこの範囲に収まり、研究費予算（総予算 40.89 億円）となった。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

##### (i) 佐藤チーム

質の高い研究者の確保が最優先であるため、人件費を強化した。総研究予算は 383.9 百万円となった。

##### (ii) 鈴木チーム

研究立上げ段階で、「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 度、2015 年度に予算的に強化を図った。最終目標に向けて、国際競争力の実証を行うために、海外機関との共同研究も強化を図った。最終的に研究予算は 443.8 百万円となった。

##### (iii) 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<sup>5)</sup>のサポートを活用して、総研究予算は 439.7 百万円となった。

##### (iv) 渡邊チーム

研究期間の 1 年延長分も含め、最終的に研究予算は 353.5 百万円となった。

##### (v) 伊藤チーム

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社会実証実験の予算を強化し、最終的に研究予算は 388.9 百万円となった。

##### (vi) 金井チーム

理論研究は人財に依存しているため、人件費を強化した。最終的に研究予算は 307.5 百万円となった。

##### (vii) 長井隆行チーム

ロボットシステム導入や実証実験などの予算を強化することにより、最終的に研究予算は 376.3 百万円となった。

##### (viii) 春野チーム

研究期間の 1 年延長分も含め、最終的に研究予算は 286.7 百万円となった。

##### (ix) 黄瀬チーム

最終年度に渡邊グループリーダーの追加なども含めて、最終的に研究予算は 398.2 百万円となった。

**(x) 長井志江チーム**

人材確保を最優先として、最終的に研究予算は 382.5 百万円となった。

**(xi) 森嶋チーム**

人材確保を最優先として、最終的に研究予算は 328.1 百万円となった。

**② チーム間コラボの研究費について**

領域会議の班別討論等をきっかけに、チーム間コラボも盛んになり、佐藤・鈴木・山口・黄瀬チームが連携して、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た。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なった。具体的には、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 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た。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）と連携した。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も活用した。

**(4) 研究領域中間評価結果への対応**

**① 最終目標に向けた期待について**

中間評価では、「研究領域としての研究マネジメントの状況」については「本研究領域の研究マネジメントは特に優れていると評価できる。」と評価されたため、中間評価後も戦略目標の 15 チェック項目について、ご指摘の点に注意を払いつつマネジメントを進めた。

次に、「研究領域としての戦略目標の達成状況：①研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献および②研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献」については、「具体的な応用に向けたシステムの研究開発において、研究成果を上げつつあるが、今後、一層実際に役立つことを示せるような取組みに期待する。シンプルで一貫性のある考え方と技術を示し、「人と調和したシステム」の社会実装の方法論まで高められればさらに望ましい。」との指摘を頂いた。これについては、中間評価時点では、必ずしも明確になっていなかった重要な次の成果をあげることができた。1) 長井隆行チームが、基礎理論から、他のロボットでも利用できる実装に必要な国際標準化を推進、2) 長井志江チームが認知モデル・神経回路モデル・当事者研究を組み合わせた世界的にユニークな基礎研究と、社会制度上、

企業がこれまで対応しきれいでなかった当事者研究の講座を東大内に開設し、すでに企業が利用し始めている。

#### (5) 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た。

##### ① 合宿型領域会議の効果

2015年3月の領域会議から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。合宿討論形式では毎回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練るのに最適な場となった。ELSIに長けた小林領域アドバイザー、他CREST研究領域の研究総括になった栄藤・間瀬・相沢彰子領域アドバイザー、さきがけ研究総括になった徳田領域アドバイザー、未来社会創造事業の研究総括になった前田英作領域アドバイザー、ERATO研究総括になった石黒領域アドバイザー、および稲見グループリーダ（黄瀬チーム）などと身近に接する環境は、この領域会議が情報科学分野の拡がりに大きく貢献している方々の話が領域会議で聞ける点が特長である。

##### 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た。

- ・ 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
- ・ 2019年度では、全45件中16件が採択された
- ・ 2020年度では、全43件中15件が採択された（ラボ長賞受賞1件）
- ・ 2021年度では、全42件中11件が採択された

##### 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、計画以上に次のマネジメント成果が出ている。

- ・ CREST 5件（「共生インタラクション」領域に鈴木チームの研究代表者と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、「信頼されるAIシステム」領域に伊藤チームの研究代表者が、「マルチセンシング」領域に長井志江チームの研究代表者が採択された）

- ・ さきがけ 3 件（「人とインタラクション」領域に佐藤チームのメンバ 2 名が、「ICT 基盤強化」領域に森嶋チームのグループリーダが採択された）
- ・ 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）
- ・ ERATO 1 件（黄瀬チームの稲見グループリーダが ERATO に採択された）
- ・ 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 期間中に起業したベンチャー企業

提案時にベンチャー企業であった金井チーム（(株) アラヤ）を除き、10 チームの中で 6 チームからベンチャー企業が誕生した。

- ・ 鈴木チーム（Plimes, Inc.）
- ・ 山口チーム（バンコク GAOGAO 設立）
- ・ 伊藤チーム（AGREEBIT(株)設立）
- ・ 長井隆行チーム（ChiCaRo 社）
- ・ 黄瀬チーム（ドイツ Alphaben 社）
- ・ 森嶋チーム（一般社団法人「コネクテッド社会推進機構」を設立）

## 6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について

研究領域として、戦略目標の達成目標 1 に対応した**状況に応じた対話(C1)** と達成目標 2 に対応した**対話・作業メカニズム(C2)** を満たす研究成果の達成状況を述べる。

本研究領域として、2. (3) で述べたとおり、表 3 の「募集・選考・研究領域運営にあたっての研究総括の方針」：「(2) 求められる研究 (A10 から A16)」を中心にして、次のような視点で、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を目指した。

### (1) 研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献

#### ①研究成果は国内外の類似研究と比較して国際的にも高い水準にあるか

##### (i)状況に応じた対話(C1)ができる自律的ロボット(C5):「メディア認識・理解」技術(表 3 A13)

- 佐藤チームは、「集合視」が従来の画像の認識・理解だけでなく、**視覚的に体験共有知を検索できる検索法を開発し、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。**この ICCV の論文<sup>25)</sup>に対して、**Marr Prize Honorable Mention Award** が授与され、およびユーザインタフェースの ACM UIST でも **Best Paper Honorable Mention 受賞**するなど、国際的にも高い水準にあることが証明された。

##### (ii)状況に応じた対話(C1)ができる自律的ロボット(C5):「自然言語理解」技術(表 3 A13)

- 春野チームの自然言語処理（奈良先端技術大学院大）グループは、**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。

#### ②科学的・技術的に大きなインパクトを期待できるか

##### (i)論文(国際共著を含む)または学会・会議等における発表状況

- 渡邊チームは、**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。**健常者では使われなくなっている同側の脳（この場合右脳側）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<sup>26), 27)</sup>。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で脳の可塑性を利用する最良モデルであり、新たな研究領域が創成される可能性を示した。**
- 金井チームは、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または幼児に近い振る舞いをする異なる意識をもつ理論的研究に挑戦した。**観測ベクトルの次元の大小に関係ない人工意識システムを作るために情報のエネルギーレベルで解く統合情報理論に着目し**

た。しかしながら、意識の指標として統合された情報量( $\Phi$ )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程度に制限されていた。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>19)</sup>。次に、 $\Phi$ 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。この成果は国際論文誌Entropyに採択され表紙を飾った<sup>28)</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。

- ・ **春野チーム**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>23)</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>29)</sup>。

## (ii)技術の独創性・先行性・優位性

- ・ **長井隆行チーム**は、人によって解釈が異なるシンボルについて、その多様性・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に挑戦した。ロボットが環境や人とのマルチモーダルなインタラクションを通して、その人・集団・環境に合った概念を形成する。人に合わせたサービスの例として、生活支援サービスを取り上げ、最終的にこれらの成果を総合することで、実際の家庭環境において、ロボットが部屋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。具体的には、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>30)</sup>。階層ベイズを用いた確率的生成モデルに基づく教師なし学習法を提案した。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。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>31)</sup>。さらに、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。谷口グループ(立命館大創発システム研究室)は、WRS2018 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。開発したシステムの評価として、国際的ロボット競技会に参加し、ロボカップ世界大会 2020(2021 年 6 月 22 日から 28 日開催)の@ホームリーグ Education 部門でも優勝した。同時に、オープンソースコミュニティへの貢献を認められ、Best Education Award を同時受賞した。これらの成果から、長井隆行チームは「アプローチの異なる理論研究」の統合から「チームワークを発揮しないと勝てない世界大会」の優勝までを実現し、CREST のチーム型研究開発の特徴をうまく活かして、技術の独創性、先行性、優位性を強くアピールすることができた。

### (iii)異分野との融合等

- ・ **長井志江チーム**は、戦略目標で認知科学、ロボティクス等との協働研究体制(C6)の異分野研究者が協働して、連続的で多様な認知発達を統一的に説明する原理として、予測符号化に基づく計算論的理論を提案した。予測符号化神経回路モデルを実装した認知ロボティクス実験を通して、自他認知や目標指向動作、利他的行動などの認知機能が、予測誤差最小化という共通機序に基づいて獲得されることを示した。ASD の認知特性が、予測誤差に対する非定型な感度によって説明されうることも指摘した。この成果が認知(障害)原理として提案する予測符号化理論を、計算論的視点から総括的に議論した世界で初めての論文であり、認知ロボティクス研究者及び発達心理学研究者らから多くの反響を得ている。

## (2) 研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

### ①社会的に大きなインパクトを期待できるか

#### (i)発達障害者の就労支援の具体化

**長井志江チーム**が開発した当事者研究(発達障害者の認知機能と障害の発生原理を探究)導入講座を活用し、2020 年 11 月より、東京大学エクステンション株式会社インクルーシブデザインスクール「当事者研究導入講座」を開始し、企業向けに販売を開始した(熊谷ほか、2021)。2019 年度より内閣府経済社会総合研究所(ESRI)の助成を得つつ、行政機関、支援機関、医療機関、大学、企業などの組織における当事者研究の導入効果をスティグマ、心理的安全性、リーダーの謙虚さ、メンバの創造性等の組織レベルのアウトカムを計測することで検証する臨床研究のプロトコル「当事者研究の導入が職場の創造性に与える影響に関する研究」を開発し、2020 年 1 月に東京大学研究倫理委員会からの承認(東京大学倫理審査専門委員

会 No. 19-373) も得た。

#### (ii) 研究課題間での相乗効果

長井志江チームが発達障害の自閉スペクトラム症(ASD)者の感覚過敏・鈍麻の発生過程を再現する VR タイプの ASD 視覚体験シミュレータに、鈴木チームが小児向けに開発した身体性を再現する VR タイプのシミュレータ (CHILDHOOD) を統合して、小児の視線から ASD の視覚過敏・鈍麻を体験するシミュレータに拡張した。

### ②産業や社会への展開・実装の見通し

#### (i) サービスロボットに必要な標準性能評価法の開発：

家庭用サービスロボットの実用化では多くの課題があるが、開発の観点からは要求仕様の多様性が大きな問題となっている。**長井隆行チーム**は、NIST (アメリカ国立標準技術研究所)、大手自動車メーカーと共同で介助犬の訓練法を参考に、サービスロボットに必要な標準性能評価法 (STM) を開発した。STM は World Robot Summit パートナーロボットチャレンジのルールとして採用され、プロジェクト終了後も国際的ロボット競技会の場で世界中の研究者が標準テストとして利用する。

#### (ii) **鈴木チーム**は、自閉症児を対象に、その家族、全国 5 拠点の筑波大学附属特別支援学校の教師、理学療法士と連携して、複合現実感プラットフォーム「ミライの体育館」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>」を開発した。慶大グループとも連携して、学校登校時だけでなく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た。研究代表者が起業した Plimes, Inc. が、システム販売・コンサルテーションや装置販売などの事業化を行っていく。

#### (iii) **長井志江チーム**は、企業や教育機関を対象に、ASD 知覚体験ワークショップや当事者研究を計 54 回開催し 4,000 名超の参加者を集めた。ASD 知覚体験ワークショップでは、VR 体験と講義・討論を組み合わせることで、参加者の ASD に対するステイグマが低減することを確認した。当事者研究も、障害者雇用を推進する企業に数多く導入され、本 CREST の成果がさまざまな形で社会に貢献し始めている。

### ③知的財産に関する状況等

**渡邊チーム**は 11 チームの中でスポーツ科学関連の国内特許出願 28 件とずば抜けて多く、世界的な関心が高いテーマの知財を確保しつつある。



## 7. 総合所見

### (1) 研究領域のマネジメント

研究チーム採択と採択後の2つに運営方針を分けて、マネジメントを実施した。

#### 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

戦略目標の中から、表2に示す15個のチェック項目を抽出し、これらに基づいて研究領域の選考方針を決定した。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。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。11件の研究開発課題を合わせると、戦略目標の15個のチェック項目を全てカバーできる11チームからなる研究開発体制が構築でき、研究課題の選考方針は適切であった。

#### 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（ELSI対応を含む）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。これらの結果から、領域アドバイザーの構成は適切であった。

#### 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)

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が、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。2021年12月時点で、11チームの原著論文（論文誌、国際会議）総数は1067件で、特許も国内外含めて54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た。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、中間評価後、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。

これらの結果から、研究進捗状況の把握と評価、それに基づく指導等は適切に実施された。

#### 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)

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の起業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129件と多くの採択数92件（2名はさきがけ採択により対象外としたので90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・協力を強めた。その結果、AIP ネットワークラボの支援施策を多く獲得した。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、領域アドバイザー、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。本研究領域の領域アドバイザーであり、その後、他研究領域の研究総括になった栄藤氏、間瀬氏、相澤氏、さきかけ研究総括になった徳田氏、未来社会創造事業の研究統括になった前田英作氏、石黒浩 ERATO「共生ヒューマンロボットインタラクション」、黄瀬チームの主たる共同研究者である稲見氏による稲見 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。

研究領域として企画した UbiComp2015 (2015 年 9 月大阪開催) のワークショップ、間瀬 CREST と連携した IUI2018 のワークショップ (2018 年 3 月東京開催)、本領域会議から発想し、間瀬 CREST、栄藤 CREST と連携した The 1st International Workshop on Intelligence Augmentation and Amplification (IAA2019、ドイツ、Kaiserslautern、DFKI で開催) などを企画し、研究領域全体の国際的人脈ネットワークを深めた。

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。研究費配分上の工夫では、減額は基本的に行わず、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でき、研究領域を拡大することに力点をおいた。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った。

## (2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

### ①研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献

#### (i) 論文(国際共著を含む)または学会・会議等における発表状況

戦略目標の達成目標 1 「状況に応じた対話(C1)」に関連する技術において、佐藤チームの集合視の技術は ICCV の Marr Prize Honorable Mention Award 受賞およびユーザインタフェースの ACM UIST の Best Paper Honorable Mention 受賞や春野チームの進藤グループリーダも自然言語処理の分野で NIPS2017 (Neural Information Processing Systems) で開催された QUIZ コンペティション優勝など国内外の類似研究と比較して国際的にも高い水準にある。

#### (ii) 「科学的・技術的に大きなインパクトを期待できるか」について

以下のチームは戦略目標の対話・作業メカニズム(C2)に関する優れた成果を上げた。

論文(国際共著を含む)または学会・会議等における発表状況:

・渡邊チームの中澤グループリーダーの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。健常者では使われなくなっている同側の脳（この場合右脳側）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ことは、今後のニューロリハビリテーション分野だけでなく、Augmented Human の分野にも新たな研究領域が創成される可能性を示した。

・春野チームも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 Nature Human Behaviour 誌に初めて明らかにし、戦略目標の対話・作業メカニズム(C2)に関する優れた成果を上げた。

・戦略目標の達成目標1「状況に応じた対話(C1)」に関連する技術において、金井チームも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、従来の統合情報理論では機械学習できるノード数が10のオーダーであったのに対して、数100のオーダーまで近似計算可能な理論を提案し、PNAS や Entropy 誌に発表した功績は大きい。

### (iii)技術の独創性・先行性・優位性に関して

・長井隆行チームは、人によって解釈が異なる記号について、その多様性・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に成功した。ロボットが環境や人とのマルチモーダルなインタラクションを通して、ロボットが対話を通して、部屋概念、場所概念、片付け物品やタスクを学習し、ロボットによる概念と言語の同時学習手法を提案した。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、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、音声認識の問題を学習モデルに統合する方法、移動ロボットによる場所概念・言語学習などを統合した自律ロボットシステムを構築し、ロボットの世界大会で優秀するなど、独創性、先行性、優位性を内外に示した。

## ②研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

### (i)社会的に大きなインパクトを期待できるかについて

・長井志江チームが開発した当事者研究（発達障害者の認知機能と障害の発生原理を探究）導入講座を活用し、2020年11月より、東京大学エクステンション株式会社インクルーシブデザインスクール「当事者研究導入講座」を開始し、企業向けに販売を開始した。行政機関、支援機関、医療機関、大学、企業などの組織における当事者研究の導入効果をステイグマ、心理的安全性、リーダーの謙虚さ、メンバの創造性等の組織レベルのアウトカムを計測することで検証する臨床研究のプロトコル「当事者研究の導入が職場の創造性に与える影響に関する研究」を開発するなど、当事者研究の重要性を社会に発信した功績は大きい。

・長井志江チームが発達障害の自閉スペクトラム症(ASD)者の感覚過敏・鈍麻の発生過程

を再現する VR タイプの ASD 視覚体験シミュレータに鈴木チームが小児向けに開発した身体性を再現する VR タイプのシミュレータ CHILDHOOD を統合して、小児の視線から ASD の視覚過敏・鈍麻を体験するシミュレータを開発し、研究課題間での相乗効果をあげた。

### (ii)産業や社会への展開・実装の見通し

・**長井隆行チーム**は、家庭用サービスロボットの实用化では多くの課題があるサービスロボットに必要な標準性能評価法を大手自動車メーカーと共同で開発し、NIST（アメリカ国立標準技術研究所）にて標準化を開始した。この標準性能評価法は、World Robot Summit パートナーロボットチャレンジのルールとして採用され、プロジェクト終了後も国際的ロボット競技会の場で世界中の研究者が標準テストとして利用することも決定した。

・**鈴木チーム**は、自閉症児を対象に、その家族、全国 5 拠点の筑波大学附属特別支援学校の教師、理学療法士と連携して、複合現実感プラットフォーム「ミライの体育館」と「小児の様々な状況に対して違和感の少ない装着機器」を開発した。チーム内の慶大グループとも連携して、学校登校時だけでなく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た。システム販売・コンサルテーションや装置販売などの事業化を目指して、研究代表者自身が Plimes, Inc. を起業した。

・**長井志江チーム**は、企業や教育機関を対象に、ASD 知覚体験ワークショップや当事者研究を計 54 回開催し 4,000 名超の参加者を集めた。ASD 知覚体験ワークショップでは、VR 体験と講義・討論を組み合わせることで、参加者の ASD に対するスティグマが低減することを確認した。当事者研究も、障害者雇用を推進する企業に数多く導入され、さまざまな形で社会に貢献し始めた。

### (3)本研究領域を設定したことの意義(研究開始以前や中間評価時点と現時点と、終了時点の比較を念頭において)

戦略目標が情報科学技術(知的情報処理技術関連)とロボティクスと認知科学の融合によって生み出される知的情報処理システムの研究開発において、ELSI を考慮して社会に受け容れられる知的情報システムに重点をおいた。2014 年当時は公募段階でも情報科学系の研究者に ELSI が浸透していなかったため、公募の採択条件に情報系の CREST で初めて ELSI を加え、採択後も領域会議やワークショップなどで採択者に ELSI の重要性を説いた。その後、2016 年頃から AI ブームが起きて、ELSI への関心が急速に高まり、この意味では、世の中の関心時を先取りしたシステム開発を提案していた研究領域といえる。

**情報科学とロボティクスと認知科学の融合**によって、人間側の対話や作業のメカニズムを認知科学、脳科学的な視点から様々な知見が明らかになり、それに基づいた知的情報処

理システムを設計・開発していくという研究領域の狙いが、世の中の多様性 Diversity と包摂性 Inclusion を重視する AI システムやロボットシステムを開発できた。世の中から一歩先行した提案を学会、世界競技会や社会に提案/受賞/優勝/実践導入できた点が本研究領域を設定した意義があったと言える。

中間評価時点でもコア技術の部分が概ね完成していたチームがほとんどであったが、その後、システム作りのフェーズになると、さらに完成度をあげて、各チームの事後評価会は達成度、満足度の高い伸び伸びした発表が目立っていた。

#### (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った。その中で、戦略目標のチェック項目「IT 戦略との連携 (C10)」について、研究総括の運営方針で、科学技術イノベーションについて、これまで IT 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視野にいたした。その結果、11 チームの中で、金井研究代表者はアラヤ (株) の CEO として採択されたが、残り 10 チームの中から 6 名 (社) のベンチャー会社または一般社団法人が生まれた。研究領域会議での事例紹介や学会ワークショップでの特別講演やパネル討論、グループ討論会などが功を奏したと実感する。今後、これらの会社が真の意味で持続可能な収益と知的情報処理システム事業を展開していける「スタートアップ」になるには、人・モノ・金・情報のバランスのとれたマネジメントが求められる。会社ではないが、ELSI の意味で、長井志江チームの成果から生まれた、企業のスティグマ対策を考える企業向けに、東京大学エクステンション (株) インクルーシブデザインスクール「当事者研究導入講座」を企業向けに販売した点も、多様性 Diversity と包摂性 Inclusion を推進する我が国にとって、社会的な貢献度が極めて高い成果である。知的情報処理システムを構築するだけでなく、社会的・公共的価値として、これらの課題を解く新しい動きを示せた。今後の情報科学・技術系の研究開発もシステムやサービスだけでなく、社会に受け容れられる仕組みをアウトプットとして評価していく CREST やさきがけが生まれることを期待したい。現 相澤彰子 CREST「信頼される AI システム」などからの同様の社会貢献できる成果が生まれることを期待したい。

#### (5) 所感、その他(可能であれば、本研究領域の戦略目標設定、および将来の戦略目標)

戦略目標の中で、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」という記述がある。2014 年度 Call 1 採択から 2016 年度 Call 3 採択の 11 チームが 5.5 年ないし 6.5 年の研究期間を終了する。これらの成果が 2025 年頃

には開発を終えるためには、現実的にチームに人、モノ、金、情報が必要になる。研究総括の経験からすれば、2020年度～2025年度の間、どこから金を確保するかが最も重要になる。11チーム中7チームがベンチャー企業をもったことになるが、これも研究領域開始当初の研究領域会議ではスタートアップの考え方、支援策などを伝授するプログラムを取り入れた効果がでたのかもしれない。しかしながら、ベンチャー会社を設立しただけでは2025年頃 ELSI を考慮した状況依存サービス (ELSI-Aligned Situated Services) ないし商品を事業化するには不十分である。ベンチャー会社が当面、売れる商品・買ってもらえるユニークな客層などがきちんと捉えて、収益を確保し、短期間にスケールアップしていく仕組みも実行しなくてはならない。一方、それだけでは、折角、CREST で世界的な成果を上げたアウトプットが発展していかない。そこで、現 CREST を発展させた次のファンドを獲得するように研究領域会議などで何回も指導した。その結果、11チーム全てにおいて、次期のファンド（ムーンショット目標1／目標3、CREST、等）を獲得した。若手研究者は「さきがけ」にも採択される例もあった。これらのアウトカムから、各チームの発展性や波及効果がでることを期待したい。CREST のアウトカムで生まれた様々な成果を効率よく社会実装できる CREST 版エコシステムのスケールアップ成功のパターン例がいくつか生まれ、基礎研究から持続可能性のあるスタートアップ事業化までのやるきのでるパスがみえてくるといいと思います。特に、2020年度～2025年度の間を埋めるために、JST にある AIP 加速課題、ACCEL、A-Step、START、NexTEP などプログラムを使い分けるメンタリング・プログラムを立ちあげることも効果があると思われる。やるきがある若手研究者が基礎研究から持続可能性のあるスタートアップ事業化までを早期に実現できる能力を育成できるしくみが一番大事と思われる。

以 上

## 参考文献

- [1] JST 公開資料「新規研究領域の事前評価」  
<http://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/index.html>
- [2] 平成 26 年度新規研究領域の事前評価  
[https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka\\_h26.pdf](https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka_h26.pdf)
- [3] 平成 26 年度 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  
(文部科学省) の概要  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/006/shiryo/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2014/07/17/1349928\\_08.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/006/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2014/07/17/1349928_08.pdf)
- [4] 平成 26 年度 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  
(文部科学省)  
[https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11293659/www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/26/02/attach/1344595.htm](https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11293659/www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/02/attach/1344595.htm)
- [5] AIP ネットワークラボ  
<http://www.jst.go.jp/kisoken/aip/index.html>
- [6] 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—技術と法的問題—,” オーム社 2007. 10. 20 発行. ISBN978-4-274-20462-3
- [7] 筑波大学附属大塚特別支援学校 重点プロジェクト「ミライの体育館」  
[https://www.otsuka-s.tsukuba.ac.jp/page4\\_1.html?eid=00006](https://www.otsuka-s.tsukuba.ac.jp/page4_1.html?eid=00006)
- [8] Yukie Nagai, “Cognitive Development in Humans and Robots: New Insights into Intelligence,” IROS 2020 Plenary Talk, June 04, 2021.  
<https://www.youtube.com/watch?v=DCwGvkjteuw>
- [9] Taiki Miyanishi, Jun-ichiro Hirayama, Atsunori Kanemura, Motoaki Kawanabe, “Answering Mixed Type Questions about Daily Living Episodes,” Proceedings of the 27th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-18), pp. 4265-4271, 2018.
- [10] Kishita, Y., Ueda, H., and Kashino, M., “Eye and head movements of elite baseball players in real batting,” *Front. Sport. Act. Living* 2:3, 2020. doi: 10.3389/fspor.2020.00003
- [11] Shoya Ishimaru, Takanori Maruichi, Andreas Dengel and Koichi Kise, “Confidence-Aware Learning Assistant,” In arXiv preprint arXiv:2102.07312, 2021. BibTeX PDF  
<https://shoya.io/ja/projects/coala>
- [12] Takayuki Ito, Shota Suzuki, Naoko Yamaguchi, Tomohiro Nishida, Kentaro Hiraishi and Kai Yoshino, “D-agree: Crowd Discussion Support System based on



Automated Facilitation Agent, Demonstration,” 35th AAAI conference, February 7–12 2020, New York (Demonstration Paper)

- [13] Irshad Abibouraguimane, Kakeru Hagihara, Keita Higuchi, Yuta Itoh, Yoichi Sato, Tetsu Hayashida, Maki Sugimoto, “CoSummary:daptive fast-forwarding for surgical videos by detecting collaborative scenes using hand regions and gaze positions,” Proceedings of ACM Intelligent User Interface (IUI) 2019.
- [14] Tadahiro Taniguchi, Tomoaki Nakamura, Masahiro Suzuki, Ryo Kuniyasu, Kaede Hayashi, Akira Taniguchi, Takato Horii, Takayuki Nagai, “Neuro-SERKET: Development of Integrative Cognitive System through the Composition of Deep Probabilistic Generative Models,” New Generation Computing, 84, 2019.
- [15] Yamaguchi, Takahira, “PRINTEPS - A Framework PRINTEPS to Develop Practical Artificial Intelligence,” Impact, Volume 2018, Number 11, December 2018, pp. 19–21(3) Science Impact Ltd,  
DOI: <https://doi.org/10.21820/23987073.2018.11.19>  
<https://www.ingentaconnect.com/content/sil/impact/2018/00002018/00000011/art00007>
- [16] 森嶋厚行, “特集 人とAIの協働で広がる働き方の可能性,” JSTnews pp. 2-3, October 2020.
- [17] Chang, A. Y. C., Biehl, M., Yu, Y., & Kanai, R., “Information Closure Theory of Consciousness,” Frontier Psychol., 15 July 2020.
- [18] Kitazono, J., Kanai, R., & Oizumi, M., “Efficient search for informational cores in complex systems: Application to brain networks,” Neural Networks, 132, pp. 232–244, 2020.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] Practical PHI Toolbox : <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3203326.v10>
- [22] 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.
- [23] 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

- [24] 山口 高平, 谷口 忠大: 人と調和して協働する知的情報処理  
[https://doi.org/10.11517/jjsai.32.5\\_701](https://doi.org/10.11517/jjsai.32.5_701)
- [25] Nicholas Rhinehart, Kris M. Kitani. “First-Person Forecasting with Online Inverse Reinforcement Learning,” Proc. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2017), October 2017.
- [26] 2016/07/17 NHK スペシャル ミラクルボディ
- [27] Nakazawa K., “International Research Forum on Biomechanics of Running-specific Prostheses, ” Tokyo. Feb.22nd, 2018,
- [28] 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.
- [29] <https://www.scientificamerican.com/article/nice-brains-finish-last/>
- [30] 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.
- [31] 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  
[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.