

戦略的創造研究推進事業
CREST(チーム型研究)
追跡評価用資料

研究領域
「共生社会に向けた
人間調和型情報技術の構築」

(研究総括: 西田 豊明、2009 年度～2016 年度)

2023 年 3 月

目次

要旨	1
第 1 章 研究領域概要.....	3
1.1 戦略目標.....	3
1.2 研究領域の目的.....	4
1.3 研究総括.....	4
1.4 領域アドバイザー.....	4
1.5 研究課題および研究代表者.....	6
第 2 章 追跡調査	9
2.1 追跡調査について.....	9
2.1.1 調査の目的.....	9
2.1.2 調査の対象.....	9
2.1.3 調査方法	10
2.2 追跡調査概要.....	11
2.2.1 研究助成金.....	11
2.2.2 論文	12
2.2.3 特許	13
2.2.4 受賞	14
2.2.5 共同研究や企業との連携.....	15
2.2.6 実用化・製品化.....	16
2.2.7 ベンチャー.....	17
2.3 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果.....	18
2.3.1 研究領域の展開状況(まとめ図).....	18
2.3.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献.....	20
2.3.3 研究成果の社会・経済への貢献.....	23
2.3.4 その他、特記すべき事項.....	26

要旨

本資料は、戦略的創造研究推進事業の CREST（チーム型研究）の研究領域「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」（2009 年度～2016 年度）において、研究終了後一定期間を経過した後、副次的効果を含めた研究成果の発展状況や活用状況等を明らかにし、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）事業及び事業運営の改善等に資するために、追跡調査を実施した結果をまとめたものである。

本研究領域では、コンピュータなどの情報機器、ネットワーク、コンテンツなどで満ち溢れた情報環境において、実空間適応型認識、インタラクション、メディアコンテンツ処理などの要素技術を融合・統合し、さらにその認知神経科学基盤を解明することにより、人の状況を理解し、人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための「人間と情報環境の調和」を実現するための基盤技術の構築にむけた研究が実施された。

本 CREST の研究終了後に発表された研究成果と深く関連する学術論文は 368 報で、CREST 研究期間中に発行された 1,011 報と合わせて成果論文と認められる論文総数は 1,379 報となった。

特許出願は、国内 137 件、海外 50 件が行われ、国内 100 件、海外 31 件が特許登録されている。また、受賞は国内から 53 件、海外から 20 件あり、多くの研究者が国内外から論文賞、技術賞、業績賞等を受賞した。

本研究領域開始以降の研究助成金獲得状況では、科研費の基盤研究 S と新学術領域研究で 11 件、JST の ERATO と CREST で 6 件をはじめ、殆どの研究代表者が大型の基礎研究・応用研究に進展している。さらに、JST の ACCEL が 3 件、産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (OPERA) が 1 件、内閣府・ムーンショットが 1 件、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が 4 件など、社会課題の解決や実用化・社会実装に向けた開発研究にも多くの研究が進展している。

研究成果の発展状況や活用状況及び社会貢献を概観すると、例えば、石川は高速画像処理の長年の研究で、従来比 33 倍以上の 1,000 fps の高速性を活かすアーキテクチャとアルゴリズムをコアコンピタンスとして世界トップを走る技術革新を推進してきた。また、高速画像処理関連技術の社会への普及・実用化を推進するコンソーシアム形式の新しいプロジェクト「WINDS ネットワーク」を推進し、FA・高速検査、高速検査、自動車・交通、ヒューマンインタフェース等、様々な分野における新しい技術の創生を目指して 200 以上の組織が参加する活動を牽引している。

石黒は、研究期間中の 2015 年に、遠隔操作型アンドロイドであるテレノイドを介した要介護高齢者の会話促進など、新しいコミュニケーションサービスを企画・提供する事業を行う（株）テレノイド計画（現、（株）テレノイドケア）を設立。これまでに計 6 か所の介護施設でテレノイドが導入されている。また、科学技術の進歩への貢献としては、本研究課題後に、ERATO、内閣府 ImPACT、ムーンショットなどの大型プロジェクトを研究総括として実

施。ヒューマノイド研究で世界をリードする研究者として研究分野を牽引し続け、その業績に国内外から多数の受賞を得ている。

後藤は、「音楽の中身を自動解析する技術（音楽理解技術）により、新たな価値を生み出し貢献する」というコンセプトで、音楽体験の未来を切り拓く研究開発に取り組み、音楽の楽しみ方がより能動的で豊かになるように人々を支援できるサービスプラットフォームを構築した。基礎研究としての深さと、インターネット上のサービスの開発を通じた実証研究・企業連携による社会的インパクトを両立している点で、世界的にも突出した成果を創出してきている。

武田は、開発した自動運転のソフトウェア Autoware を活用した自動運転ベンチャー（株）ティアフォーを 2015 年に設立。「市街地の公道での自動運転」のために開発された Autoware は、自動運転用途としては世界初のオープンソースソフトウェアとして大学の研究開発から企業の製品開発まで幅広く利用されるようになり、世界 200 以上の機関で利用されている。代表的な導入事例としては、トヨタ自動車（株）の EV バスの自動運転システムにティアフォー製 OS が採用された。武田は、運転行動分析の業績により、2020 年 IEEE ITS Outstanding Research Award を日本人として初受賞した。

館は、世界に先駆けて提唱した「トレイグジスタンス」の概念を学術分野として確立した。さらに、トレイグジスタンスの工学的実現可能性を実証し、実用化への道を拓き、現在のアバター産業分野の形成に大きく貢献している。2017 年に創設したトレイグジスタンス（株）は、今後のトレイグジスタンスビジネスにおける主要なプレイヤーの 1 つとして業界を先導する立ち位置にある。

このように多くの研究代表者が当時の CREST の研究成果を継続的に新たに ERATO、ACCEL、NEDO などに展開していると同時に、企業と共同で実用化、あるいは実用化に向けて研究開発を継続・発展させ、幅広く科学技術の発展および経済・社会に大きく貢献している。

上記のような研究領域終了後の進展を、以下の構成に沿って本資料にまとめた。第 1 章は研究領域の概要について、研究領域の戦略目標、研究領域の目的、研究総括、領域アドバイザー、研究課題及び研究代表者の情報を記述した。第 2 章は本追跡調査について、その目的、調査対象、調査方法を記述した。調査対象として、研究課題の研究代表者を中心に、本 CREST 研究開始以降の研究助成金(1,000 万円以上)の獲得状況、論文、特許、受賞、実用化等の情報をまとめた。また、研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果を記述した。

第 1 章 研究領域概要

1.1 戦略目標

「人間と調和する情報環境を実現する基盤技術の創出」

今日の情報環境は、人間、モノ、情報機器、コンピュータ、ロボットなどから構成される非常に複雑多様なものとなっている。そのポテンシャルは非常に大きい一方で、人間がそのメリットを享受するには不断の膨大な努力が必要である。人間はしばしば圧倒的な威力に押し流されるばかりになってしまい、創造性を発揮するに至らないことも多い。これは国民の知的生産性を大きく抑制するものであり、その隘路を解消することへの社会経済上の要請は大きい。今後の少子高齢化社会に向けては、どんな習熟度の者でも情報通信技術の恩恵を自然に受けることができる、より人間と調和した情報通信技術の利用環境の実現が求められる。

本戦略目標では、情報通信技術が生活空間に溶け込み、情報環境と人間が相互作用を起こして、人間が必要なときに、人間にとってより適切な状態へ自然に移行する、人間と調和した情報環境知能を実現することをめざす。本戦略目標を達成するため、将来的な技術の利活用形態を想定した上で、「人間行動・実空間状況の認識および取得」、「コンテンツ処理およびサービスとしての具現化」、「これらを親和的に行うためのヒューマンインタフェース」という一連の要素技術の有機的な横断・統合をめざした研究開発を実施する。また、認知神経科学の手法を用いて人間の認知プロセスの解明を行い、人間調和型情報技術の科学的基礎を与える。これらにより人間と適応的、親和的かつ能動的に相互作用し、個人に必要なかつ最適な作用・効果を提供することのできる情報環境実現をめざす¹。

本戦略目標の実施が時宜を得たものであるという科学的裏付けとして、先進的センシング技術の進歩、人間エージェントインタラクション技術の台頭、ユビキタスネットワーク環境の普及、認知神経科学の定着をあげることができる。人間行動などのセンシングにおけるセンサ技術はニーズが牽引する形で研究開発が行われており、医療・福祉・介護用途のセンサも研究開発が活発化している。センサなどによる実世界の監視データを扱うデータストリーム処理技術が挙げられ、人物分離、全身動作解析等の画像認識技術、生体データ等の情報を計測するセンサ技術等について技術の発展が期待されている。

人間エージェントインタラクション技術の台頭により、より柔軟にストレスなく関わる機械の実現が射程に入った。従来の表層的な人間理解を超えるものとして、ロボット（ハードウェアエージェント）や合成キャラクタ（ソフトウェアエージェント）を用いて、人間およびエージェントの身体性を利用してマルチモーダルコミュニケーションについての研究が進められている。人間ロボットインタラクション、視聴覚メディア、ヒューマンインタフェース、音声認識のわが国の国際的な水準は高い。要素技術となる、非定常雑音、複数話者の音声認識技術、センシング情報等からのユーザ情報・意図把握やユーザの意図に適応する技術等の発展が期待されている。ユビキタスネットワーク環境の普及は、本戦略目標で掲げる技術課題を社会実装するための基盤を与えている。認知神経科学の定着は、本戦略目標で掲げ

¹ なお、本戦略目標では、本 CREST 研究領域「人間と調和する情報環境を実現する基盤技術の創出」（2009 年度～2016 年度）の他に、さきがけ研究領域「情報環境と人」（2009 年度～2016 年度）が設定された。

る技術課題の達成と評価のための科学的基盤を与え、本戦略目標の次のステップへのビジョンの具体化にも貢献する。

本戦略目標の実施により、次のような人間調和型情報サービスの創出が期待される。

- ① 人間の意図と行動を陽に陰にサポートさせることによる生活の質の向上
- ② 異常状況（不審者を含む）の自動認識等による社会のセキュリティ確保
- ③ 高齢者等の自律支援（移動、作業能力、感覚機能の強化）
- ④ 在宅医療・健康管理サービス
- ⑤ 子供や高齢者の安全見守りサービス
- ⑥ 個人の学習プロセスに合わせて情報が提供される学習支援サービス

1.2 研究領域の目的

本研究領域では、コンピュータなどの情報機器、ネットワーク、コンテンツなどで満ち溢れた情報環境において、実空間適応型認識、インタラクション、メディアコンテンツ処理などの要素技術を融合・統合し、さらにその認知神経科学基盤を解明することにより、人の状況を理解し、人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための「人間と情報環境の調和」を実現するための基盤技術の構築にむけた取り組みを行う。

具体的には、人間行動・実空間状況の取得・理解を行うセンサーネットワークやユビキタスコンピューティングによる実空間適応型認識技術、ロボットやユビキタスネットワークによる人間－機械コミュニケーションの円滑化技術、および、テキスト、音声、音楽、画像などの多様なメディアの解析、検索、集積、構造化などに関わるコンテンツ技術を連携・融合・統合した「人間調和型情報環境」を構築するための研究を推進する。さらに、人間とこれを取り巻く情報環境の調和的な相互作用を行う技術のブレークスルーを生み出す研究や、人間と情報環境の調和という視点を意識した認知プロセスの研究と情報環境構築技術の研究を、異分野融合課題として推進・発展させる研究も含む。

1.3 研究総括

研究総括

東倉 洋一 （国立情報学研究所 名誉教授）（2009 年 4 月～2013 年 12 月）

西田 豊明 （京都大学大学院情報学研究科 教授）（2014 年 1 月～2017 年 3 月）

副研究総括

西田 豊明 （京都大学大学院情報学研究科 教授）（2013 年 5 月～12 月）

1.4 領域アドバイザー

領域アドバイザーの人選は故東倉前総括が行った。故東倉前総括から人選の背景について聞く機会にはなかったが、結果から判断される限り、専門性の深さ、守備範囲、学術と企業のバラ

ンスなどを考慮して選定されたものと考えられる。図 1-1 に領域アドバイザーの概ねの位置づけを示す。図の垂直レベルは、出口までの研究段階を示している。

この研究領域の概要に沿って研究を行うため、上記分野をカバーできる 9 人の領域アドバイザーを定め、研究者の指導にあたった。表 1-1 に領域アドバイザーを示す。

表 1-1 領域アドバイザー

領域 アドバイザー	終了時の所属	役職	任期
青山 友紀	慶應義塾大学理工学部	訪問教授	2009 年 5 月 ～2017 年 3 月
浅川 和雄	(株) 富士通研究所	フェロー	2009 年 5 月 ～2017 年 3 月
石井 裕	MIT Media Laboratory Tangible Media Group	Associate Director of Media Lab	2009 年 5 月 ～2017 年 3 月
伊福部 達	東京大学高齢社会総合研究機構	名誉教授	2009 年 5 月 ～2017 年 3 月
鈴木 陽一	東北大学電気通信研究所	教授	2009 年 5 月 ～2017 年 3 月
西田 豊明	京都大学大学院情報学研究科	教授	2009 年 5 月 ～2013 年 4 月
前田 英作	NTT コミュニケーション科学基礎研究所	所長	2009 年 5 月 ～2017 年 3 月
前田 太郎	大阪大学大学院情報科学研究科	教授	2009 年 5 月 ～2017 年 3 月
三宅 なほみ	東京大学大学総合教育研究センター 東京大学大学発教育支援コンソーシアム 推進機構	教授 副機構長	2009 年 5 月 ～2015 年 5 月 (逝去)

※所属および役職は研究領域終了時

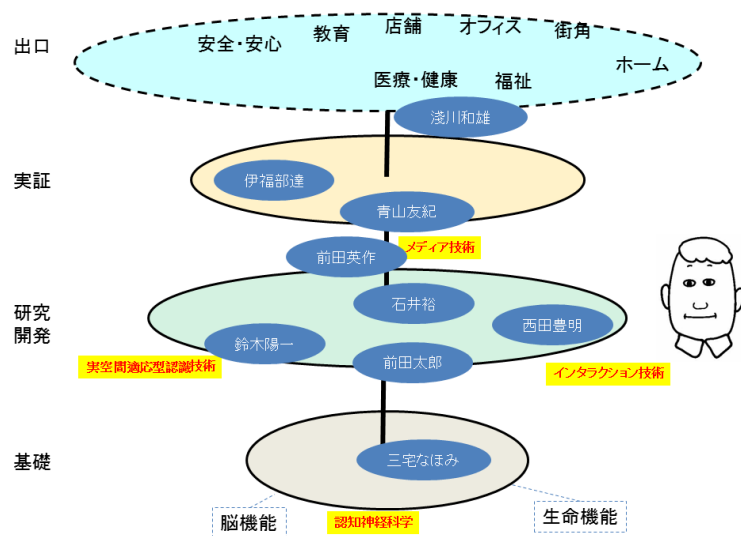


図 1-1 領域アドバイザーの概ねの位置づけ

1.5 研究課題および研究代表者

研究課題(研究代表者)の公募は 2009 年度から 3 年間、3 期にわたり、計 17 件の研究課題が採択された。

研究チームは、その手法によって、概ね、実空間適応型認識（主として、石川チーム、武田チーム、八木チーム、佐藤チーム、河原チーム、黄瀬チーム）、インタラクション（主として、舘チーム、小池チーム、石黒チーム、苗村チーム、徳田チーム、神田チーム）、コンテンツ（主として、相澤チーム、後藤チーム、伊勢チーム）、認知神経科学（主として、開チーム、柏野チーム）で構成された。

表 1-2 に各期の研究代表者、研究課題、採択時の所属と役職、終了時の所属と役職並びに追跡調査時点の所属と役職を示した。また、表 1-3 に各研究チームの主たる共同研究者のリストを示した。

表 1-2 研究課題と研究代表者(第 1 期、第 2 期、第 3 期)

採択期 (研究期間)	研究課題	研究代表者	採択時の 所属・役職	終了時の 所属・役職	追跡調査時の 所属・役職
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	“食”に関わるライ フログ共有技術基盤	相澤 清晴	東京大学大学院情報理 工学系研究科 ・教授	東京大学大学院情報学環 ・教授	東京大学大学院情 報理工学系研究科 ・教授
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2016 年 3 月)	高速センサー技術に 基づく調和型ダイナ ミック情報環境の構 築	石川 正俊	東京大学情報基盤セン ター ・特任教授	東京大学大学院情報理工 学系研究科 ・教授	東京大学情報基盤 センター ・特任教授
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	潜在的インターパー ソナル情報の解読と 制御に基づくコミュ ニケーション環境の 構築	柏野 牧夫	日本電信電話(株) コミュニケーション科 学基礎研究所 人間情報研究部 感覚 運動研究グループ ・グループリーダー /主幹研究員	日本電信電話(株) コミュニケーション科学 基礎研究所 人間情報研究部・部長 /上席特別研究員	日本電信電話 (株) コミュニケーション科学基礎研究所 柏野多様脳特別研 究室・室長 /NTT フェロー
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	マルチモーダルな場 の認識に基づくセミ ナー・会議の多層的 支援環境	河原 達也	京都大学大学院情報学 研究科 ・教授	京都大学学術情報メデ ィアセンター ・教授	京都大学大学院情 報学研究科 ・教授/研究科長
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	知覚中心ヒューマン インターフェースの 開発	小池 康晴	東京工業大学ソリュー ション研究機構 ・教授	東京工業大学ソリュー ション研究機構 ・教授	東京工業大学科学 技術創成研究院 ・教授
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	日常生活空間におけ る人の注視の推定と 誘導による情報支援 基盤の実現	佐藤 洋一	東京大学生産技術研究 所 ・教授	東京大学生産技術研究 所 ・教授	東京大学生産技術 研究所 ・教授
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	行動モデルに基づく 過信の抑止	武田 一哉	名古屋大学情報学研究 科 ・教授	名古屋大学大学院情報科 学研究科 ・教授	名古屋大学大学院 情報学研究科 ・教授
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	さわれる人間調和型 情報環境の構築と活 用	舘 暉	慶應義塾大学大学院メ ディアデザイン研究科 ・教授	慶應義塾大学大学院メ ディアデザイン研究科 ・特別招聘教授	東京大学 ・名誉教授
第 2 期 (2010 年 10 月～ 2015 年 3 月)	人の存在を伝達する 携帯型遠隔操作アン 드로이드の研究開発	石黒 浩	大阪大学大学院基礎工 学研究科 ・教授(名誉教授)	(株)国際電気通信基礎技 術研究所社会メディア総 合研究所 ・室長	大阪大学大学院基 礎工学研究科・教 授 (株)国際電気通信 基礎技術研究所石 黒浩特別研究所 ・所長

第2期 (2010年10月～ 2016年3月)	音楽を用いた創造・ 交流活動を支援する 聴空間共有システム の開発	伊勢 史郎	京都大学工学研究科 ・准教授	京都大学工学研究科・准 教授	東京電機大学シス テムデザイン工学 部・教授
第2期 (2010年10月～ 2017年3月)	ロボットによる街角 の情報環境の構築	神田 崇行	(株)国際電気通信基礎 技術研究所深層インタ ラクション総合研究所 ・客員室長	(株)国際電気通信基礎技 術研究所知能ロボティク ス研究所 ・上級研究員	京都大学大学院情 報学研究科 ・教授
第2期 (2010年10月～ 2016年3月)	文字・文書メディア の新しい利用基盤技 術の開発とそれに基づ く人間調和型情報 環境の構築	黄瀬 浩一	大阪府立大学大学院工 学研究科・教授	大阪府立大学大学院工学 研究科 ・教授	大阪公立大学大学 院情報科学研究科 ・教授
第2期 (2010年10月～ 2017年3月)	歩容意図行動モデル に基づいた人物行動 解析と心を写す情報 環境の構築	八木 康史	大阪大学 ・理事	大阪大学 ・理事	大阪大学産業科学 研究所 ・教授
第3期 (2011年10月～ 2017年3月)	コンテンツ共生社会 のための類似度を可 知化する情報環境の 実現	後藤 真孝	産業技術総合研究所 情報技術研究部門 ・上席研究員	産業技術総合研究所情報 技術研究部門 ・首席研究員	産業技術総合研究 所人間情報インタ ラクション研究部 門 ・首席研究員
第3期 (2011年10月～ 2017年3月)	コンテンツ生成の循 環系を軸とした次世 代音声技術基盤の確 立	徳田 恵一	名古屋工業大学大学院 工学研究科 ・教授	名古屋工業大学大学院工 学研究科 ・教授	名古屋工業大学大 学院工学研究科 ・教授
第3期 (2011年10月～ 2017年3月)	局所性・指向性制御 に基づく多人数調和 型情報提示技術の構 築と実践	苗村 健	東京大学大学院情報学 環 ・教授	東京大学大学院情報学環 ・教授	東京大学大学院情 報学環・学際情報 学府 ・教授
第3期 (2011年10月～ 2017年3月)	ペダゴジカル・マシ ン:教え教えられる 人工物の発達認知科 学的基盤	開 一夫	東京大学大学院総合文 化研究科 ・教授	東京大学大学院総合文化 研究科 ・教授	東京大学大学院情 報学環・学際情報 学府 兼務 総合文 化研究科 ・教授

表 1-3 各研究チームの主たる共同研究者リスト（所属・役職は終了時）

相澤 清晴	小川 誠(foo. log 株式会社研究開発部・代表取締役社長) 佐々木 敏(東京大学大学院医学系研究科・教授) 野原 光夫(株式会社 KDDI 研究所開発センターITS・ワイヤレスグループ・グループリーダー) 橋本 真幸(株式会社 KDDI 研究所健康・医療 ICT グループ・プロジェクトリーダー) 廣瀬 通孝(東京大学大学院情報理工学系研究科・教授)
石川 正俊	石井 抱(広島大学大学院工学研究院・教授) 奥 寛雅(群馬大学学術研究院電子情報部門・准教授) 小室 孝(埼玉大学大学院理工学研究科・准教授) 阪口 豊(電気通信大学大学院情報システム学研究科・教授) 篠田 裕之(東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授) 下条 誠(電気通信大学大学院情報理工学研究科・教授) 山本 裕紹(宇都宮大学オブティクス教育研究センター・准教授)
柏野 牧夫	渡邊 克巳(東京大学先端科学技術研究センター・准教授) 下條 信輔(カリフォルニア工科大学生物学部・教授)

河原 達也	猿渡 洋(東京大学大学院情報理工学系研究科・教授) 鹿野 清宏(奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科・教授)
小池 康晴	石井 雅博(札幌市立大学デザイン学部・教授) 川嶋 健嗣(東京医科歯科大学生体材料工学研究所・教授) 中小路 久美代(株式会社 SRA 先端技術研究所・所長)
佐藤 洋一	久野 義徳(埼玉大学大学院理工学研究科・教授) 小池 英樹(東京工業大学大学院情報理工学研究科・教授) 杉本 晃宏(情報・システム研究機構国立情報学研究所・教授)
武田 一哉	江川 万寿三(株式会社デンソー研究開発 3 部・課長) 松尾 直司(富士通株式会社ユビキタスビジネス戦略本部先進開発統括部・統括部長付) 三輪 和久(名古屋大学大学院情報科学研究科・教授)
石黒 浩	岩井 儀雄(鳥取大学大学院工学研究科・教授) 中西 英之(大阪大学大学院工学研究科・准教授)
伊勢 史郎	上野 佳奈子(明治大学理工学部・准教授) 榎本 成悟(情報通信研究機構先進的音声翻訳研究開発推進センター・研究員) 尾本 章(九州大学大学院芸術工学研究院・教授)
黄瀬 浩一	稲見 昌彦(慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科・客員教授) 内田 誠一(九州大学大学院システム情報科学研究院・教授) 大町 真一郎(東北大学大学院工学研究科・教授)
八木 康史	木戸出 正繼(奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科・教授) 塩入 諭(東北大学電気通信研究所・教授) 波部 斉(近畿大学理工学部・講師)
後藤 真孝	中村 聡史(明治大学総合数理学部・准教授) 森島 繁生(早稲田大学理工学術院・教授) 吉井 和佳(京都大学大学院情報学研究科・講師)
徳田 恵一	山岸 順一(情報・システム研究機構国立情報学研究所・准教授) 山本 大介(名古屋工業大学大学院工学研究科・准教授)
苗村 健	笥 康明(慶應義塾大学環境情報学部・准教授) 吉田 俊介(情報通信研究機構ユニバーサルコミュニケーション研究所・主任研究員)
開 一夫	今井 倫太(慶應義塾大学理工学部・教授) 木村 晋太(株式会社アニモ・副社長兼開発統括部長) 長谷川 修(東京工業大学像情報工学研究所・准教授) 林 安紀子(東京学芸大学教育実践研究支援センター・教授)

第 2 章 追跡調査

2.1 追跡調査について

2.1.1 調査の目的

追跡調査は研究領域終了後、一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究成果の発展状況や活用状況を明らかにし、JST の事業および事業運営の改善に資するために行うもので、研究終了後の研究者の研究課題の発展状況等を調査した。

2.1.2 調査の対象

本追跡調査は、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」（2009 年度～2016 年度）を対象とする。表 2-1 に調査対象と調査対象期間を示す。

表 2-1 調査対象と調査対象期間

期 (採択年度)	研究代表者	CREST 研究期間	CREST 終了後の調査対象期間
第 1 期 (2009 年度)	相澤 清晴	2009 年 10 月～2015 年 3 月	2016 年 1 月～調査終了月
	石川 正俊	2009 年 10 月～2016 年 3 月	2017 年 1 月～調査終了月
	柏野 牧夫	2009 年 10 月～2015 年 3 月	2016 年 1 月～調査終了月
	河原 達也	2009 年 10 月～2015 年 3 月	2016 年 1 月～調査終了月
	小池 康晴	2009 年 10 月～2015 年 3 月	2016 年 1 月～調査終了月
	佐藤 洋一	2009 年 10 月～2015 年 3 月	2016 年 1 月～調査終了月
	武田 一哉	2009 年 10 月～2015 年 3 月	2016 年 1 月～調査終了月
	舘 暲	2009 年 10 月～2015 年 3 月	2016 年 1 月～調査終了月
第 2 期 (2010 年度)	石黒 浩	2010 年 10 月～2015 年 3 月	2016 年 1 月～調査終了月
	伊勢 史郎	2010 年 10 月～2016 年 3 月	2017 年 1 月～調査終了月
	神田 崇行	2010 年 10 月～2017 年 3 月	2018 年 1 月～調査終了月
	黄瀬 浩一	2010 年 10 月～2016 年 3 月	2017 年 1 月～調査終了月
	八木 康史	2010 年 10 月～2017 年 3 月	2018 年 1 月～調査終了月
第 3 期 (2011 年度)	後藤 真孝	2011 年 10 月～2017 年 3 月	2018 年 1 月～調査終了月
	徳田 恵一	2011 年 10 月～2017 年 3 月	2018 年 1 月～調査終了月
	苗村 健	2011 年 10 月～2017 年 3 月	2018 年 1 月～調査終了月
	開 一夫	2011 年 10 月～2017 年 3 月	2018 年 1 月～調査終了月

2.1.3 調査方法

(1) 研究助成金

調査対象期間は、本研究領域の期間中を含めて調査対象とし、本研究領域の研究代表者が研究の代表を務める研究助成金を調査した。その中から、原則、研究助成金の総額が1千万円/件以上のものを抽出した。研究助成資金の獲得状況については、原則、研究代表者へのアンケートによって調査した。一部、科学研究費助成事業データベース（KAKEN）²、JST プロジェクトデータベース³、日本の研究.com⁴等の公開データベースを用いて補完した。

(2) 論文

論文の抽出は、文献データベースとして Scopus を用い、下の①研究期間中に発行された CREST の成果と認められる論文、②CREST 成果に関連する研究代表者の論文を種別し、それぞれ論文数や指標を算出した。

① 研究期間中に発行された CREST の成果と認められる論文

- ・ Book、Editorial、Erratum を除く全文献タイプ、著者に研究代表者を含む、著者所属機関名または助成機関情報に「JST」「CREST」などを含み当該研究課題との関連性が示唆される論文の内、出版年月が研究開始年月以降、研究終了年月以前の論文。
- ・ 上記の他、研究終了報告書に記載された成果論文。

② 研究終了後に出版された CREST 成果に関連する研究代表者の論文

- ・ Book、Editorial、Erratum を除く全文献タイプ、著者に研究代表者を含む、著者所属機関名または助成機関情報に「JST」「CREST」などを含み当該研究課題との関連性が示唆される、出版年月が研究終了年月より後の論文の内、①を引用している論文。
- ・ 上記の他、研究代表者からのアンケート回答に記載のある論文。

(3) 特許

特許の検索の場合、年月日まで指定ができるため、研究代表者が発明者となっている特許で、出願日が課題開始以降調査時点までの特許を収集した。

PATENT SQUARE の国内検索を用い、まずは上記で特許情報を収集した後、同様に世界検索を行い、海外での登録状況や、日本に出願せず海外に出願したか否かを確認した。

(4) 受賞、共同研究や企業との連携等

研究終了以降から現在に至るまでの受賞、共同研究や企業との連携等について、各研究代表者へアンケートを実施し、それぞれのリストを作成した。

² 科学研究費助成事業データベース（KAKEN） <https://kaken.nii.ac.jp/ja/>

³ JST プロジェクトデータベース <https://projectdb.jst.go.jp/>

⁴ 日本の研究.com <https://research-er.jp/>

2.2 追跡調査概要

2.2.1 研究助成金

図 2-1 に、本研究領域における研究開始以降に研究代表者が獲得した研究総額 1 千万円以上の研究費獲得状況を示す。多くの研究代表者が本研究領域終了後にも継続して研究を進展させている。

科研費基盤研究 S（石川 3 件、石黒）、同・新学術領域研究（石黒、河原、小池 2 件、開 3 件）、ERATO（石黒）といった大型の基礎研究・応用研究に進展した研究者の他、ACCEL（石川、後藤、舘）、産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)（武田）、内閣府・ムーンショット（石黒）、NEDO（石川、神田、武田、開）などの社会課題の解決や実用化・社会実装に向けた開発研究に発展した研究者も多い。

一方、「研究代表者としての」研究助成金獲得状況という条件では捕捉できなかったが、大型プロジェクトの主要メンバーとして研究を進展させている研究者もいる。柏野は、研究代表者を交代しながら継続的に研究助成金を獲得するという方針で、CREST(2014 年～2020 年、研究代表 渡邊克巳)、未来社会創造事業(2020 年～、研究代表 中澤公孝)の主たる共同研究者として参画し、本領域の研究成果を継承発展させている。また、ムーンショットでは、河原、柏野、神田が課題推進者やグループリーダーとして研究を展開している。その他、河原は、石黒 ERATO における音声対話研究グループのグループリーダーとして研究を推進した。

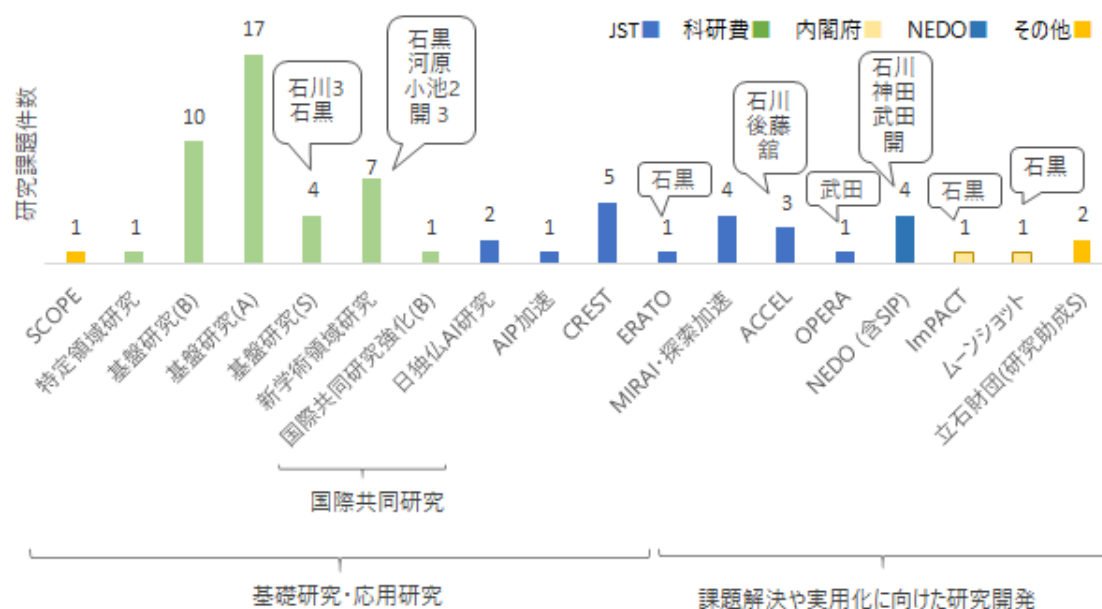


図 2-1 研究助成金獲得状況（研究費総額 1 千万円以上のみ）

2021 年 7 月調査

2.2.2 論文

客観的な研究評価のもっとも基本的な指標は論文数および被引用数である。論文数は研究の生産性や活発さ、被引用数は論文の質に関する指標として広く用いられている⁵。

表 2-2 の通り、①研究期間中に発行された成果と認められる論文数は 1,011 報あり、このうち被引用数 Top10%論文が 161 報、Top1%論文が 11 報あった。また、研究終了後に投稿される成果論文や、論文の投稿から発行までに要する期間を考慮すると研究終了後にも研究成果と呼べる論文が出版されることが考えられるため、①を引用する研究代表者の論文（＝②）を成果に深く関連する論文として分析対象とした。②の論文数は 368 報で、このうち被引用数 Top10%論文が 42 報、Top1%論文が 3 報あった。

表 2-2 CREST の成果論文数

① 研究期間中に発行された CREST の成果と認められる論文				② 研究終了後に出版された CREST の成果と関連する研究代表者の論文			
論文数	Top%論文数			論文数	Top%論文数		
	10%	1%	0.1%		10%	1%	0.1%
1,011	161	11	1	368	42	3	0

論文抽出 2021 年 6 月 5 日検索、指標データ 2021 年 8 月 1 日時点

- 1) Scopus の Top%値は出版年別の FWCi 値 (Field-Weighted Citation Impact) に基づいている⁶。
- 2) 各 Top%論文数は“以内”を意味し、例えば Top10%の欄には 1%以下も含む件数がカウントされる。

⁵ 孫媛. 研究評価のための指標：その現状と展望. 情報の科学と技術 67 巻 4 号, 179～184 (2017)

⁶ Scival の概要と指標について (エルゼビア・ジャパン、2020 年 11 月) <https://www.miyazaki-u.ac.jp/ircenter/data/a7905121190704592f4606bb8d09475301b7c6df.pdf>

2.2.3 特許

特許は、論文と並ぶ研究活動のアウトプット指標として、主に技術開発の成果である新しい技術の知識の量を示すための指標として用いられている⁷。特許は出願から公開されるまでに18 か月かかるため⁸、研究終了時点では特許登録状況を十分に把握することができない。研究終了5年後の特許出願および登録状況を図2-2および図2-3に示す。

登録が確認された特許は、国内出願で137件中100件(73%)、海外出願で50件中31件(62%)だった。また、特許データベースの出願人・権利者名の項目に民間企業を含む特許もカウントしたところ、国内特許出願が137件中92件(67%)、登録が100件中65件(65%)と7割近くに上り、海外特許でも出願が50件中21件(42%)、登録で31件中6件(19%)あった。柏野(NTT コミュニケーション科学基礎研究所)、石黒((株)国際電気通信基礎技術研究所)と企業所属の研究者の成果も含むが、大学所属の研究者(相澤、舘、武田、開)からも企業との共同出願や共同保有特許が多数輩出されている。

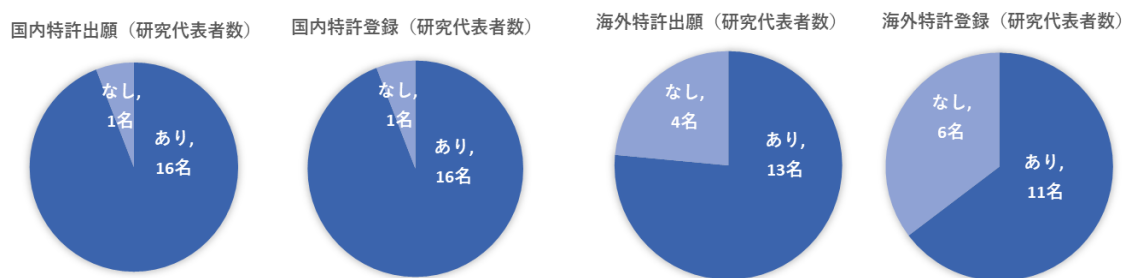


図2-2 国内・海外特許申請・登録状況(研究代表者数)

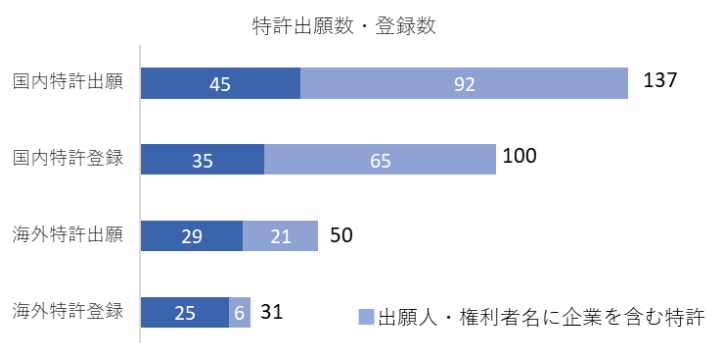


図2-3 国内・海外特許申請・登録状況(特許出願数・登録数)

- 1) PCT 出願、海外国への個別特許申請のいずれかがあれば、海外としてカウント。
- 2) 国内特許出願し PCT 出願あるいは直接 PCT 出願された場合は国内出願件数に含めてカウント。

2021 年 5 月 20 日調査
2021 年 8 月 11 日更新

⁷ 富澤宏之. EBPM に向けた研究アウトプット指標についての考察: 科学論文指標と特許指標のバイアスと限界を超えるために. 研究・イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 33: 274-279. 2018

⁸ 特許庁 公報に関して: よくあるご質問 1. 公報の発行時期に関するご質問
https://www.jpo.go.jp/system/laws/koho/general/koho_faq.html#anchor1-1

2.2.4 受賞

科学技術の進歩への貢献や研究業績の卓越性に関する指標の一つとして、受賞が挙げられる。アンケート回答および研究者のホームページから把握した研究終了後の研究代表者の受賞状況を図 2-4 に示す。

本研究領域の研究代表者の多くは国内外の学会から論文賞、技術賞、業績賞等を受賞していて、国内 53 件、海外 20 件、計 73 件の受賞があった。

代表的な例を挙げると、世界最大規模の学会 IEEE から、毎年メンバー以上の資格をもつ会員数の 0.1%以内のみが任命される IEEE フェローを相澤（2016 年）と河原（2017 年）が受賞、また、IEEE Intelligent Transportation Systems Society が毎年選出する IEEE ITS Outstanding Research Award を武田が日本人として初めて受賞した（2020 年）。

国内でも、文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)を石黒（2015 年度）、柏野（2016 年度）が受賞、内閣府から紫綬褒章を徳田が受賞した（2020 年）。

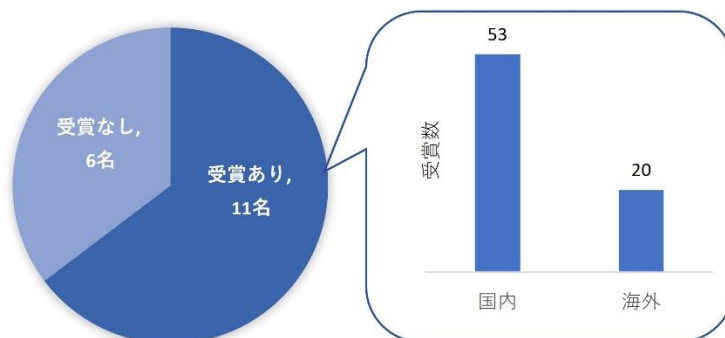


図 2-4 研究終了後の受賞状況（研究代表者数、受賞数）

2.2.5 共同研究や企業との連携

2.2.5.1 企業との連携

アンケートに回答した研究代表者 12 名全てが「民間企業との共同研究あり」と回答した（図 2-5）。複数の企業との共同研究がある研究者が多く、中には数十社との連携へと発展した研究者もいる。

連携先企業の業種を見ると、情報通信やロボット業界だけでなく、スポーツ（柏野）、自動車（武田、館）、コンピュータゲーム（館）や音楽配信（後藤）といったエンタテインメント、服飾・デザイン（黄瀬、館）など、多岐に渡っている。

ACCEL や OPERA といった大型プロジェクトで、多数の企業や研究機関が参加するコンソーシアム型の共同研究活動により数十社におよぶ多様な業種との共同研究が推進されたことも、本研究領域終了後に多様な企業連携へと発展した要因と推察される（表 2-3）。

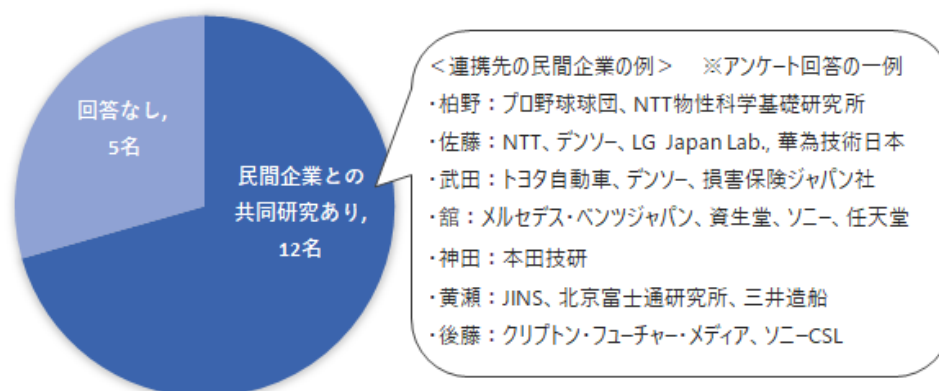


図 2-5 民間企業との共同研究の状況（回答した研究代表者数）

表 2-3 コンソーシアム型共同研究活動

「WINDS ネットワーク (Network for World Initiative of Novel Devices and Systems)」⁹ (石川)	
目的	高速画像処理技術を飛躍的に進化（高速化、高精度化、省エネ化）させ、様々な産業分野に応用展開することにより、広く産業の活性化を図るとともに新規産業分野の創出を目指す。
参加組織	2022 年 1 月現在、217 組織（194 法人）が参加。FA・高速検査、高速検査、自動車・交通、ヒューマンインタフェース等、様々な分野における新しい技術の創生を目指している。
人間機械協奏コンソーシアム¹⁰ (武田)	
目的	知能機械が人間の理解を深めながら適切に支援し協働するための基本ソフトウェア「ハーモウェア (Harmoware)」を目指し、マルチモーダルインターフェースの自動運転車を開発。
参加組織	大学や国立研究機関の他、(株) ティアフォー、トヨタテクニカルディプロップメント (株)、東京海上日動火災保険 (株)、(株) 野村総合研究所など、素材・部品・製品・サービスなど多様な業界の計 36 社（2020 年 6 月時点）が参加。
身体性メディアコンソーシアム¹¹ (館)	
目的	身体性メディア技術に基づく産業創出を目指して設立。SDK や toolkit の提供、ユーザコミュニティ向けのハッカソンイベントや、新たなデザイン領域での人材育成を推進。
参加組織	レノボ・ジャパン (株)、メルセデス・ベンツジャパン (株)、(株) 資生堂、ソニー (株)、任天堂 (株)、ミズノ (株) など様々な業種から 50 社（2019 年 9 月現在）が参画。

⁹ WINDS ネットワーク <https://www.winds-network.org/>

¹⁰ 人間機械協奏技術コンソーシアム <https://hmhs.jp/>

¹¹ JST ACCEL Embodied Media Project Factbook 2014-2019
<https://tachilab.org/content/files/news/FACTBOOK20191126.pdf>

2.2.5.2 国際共同研究

研究終了後の国際共同研究の状況を図 2-6 に示す。11 名がアンケートで「国際共同研究あり」と回答した。共同研究の相手国では、ドイツ・フランス・英国などの欧州や米国が多く、中国を中心としたアジアやオーストラリアと共同研究をする研究者もいた。

また、研究者の受け入れ・派遣など人材育成に繋がる国際連携もあった（武田、開）。

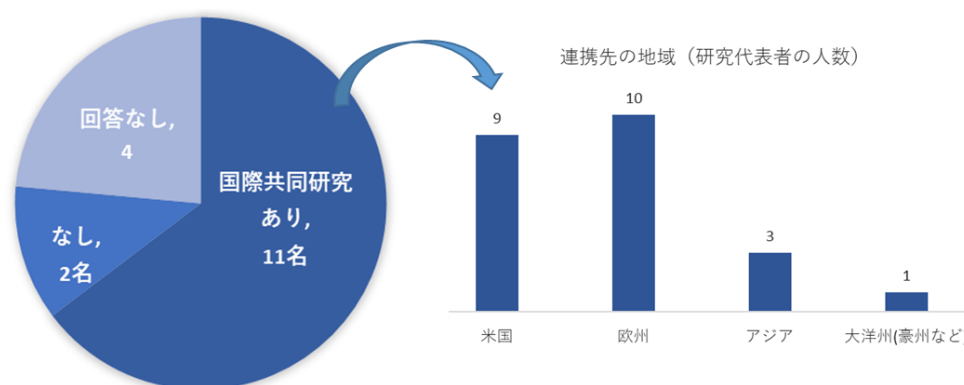


図 2-6 国際共同研究の状況（回答した研究代表者数）

2.2.6 実用化・製品化

実用化・製品化の状況を図 2-7 に示す。アンケート回答や研究者代表者のホームページの情報から、実用化・製品化や特許の実施許諾があると認められたのは 17 名中 14 名で、大部分が実用化・製品化に発展している。実用化・製品化の例を見ると、医療・福祉、労働・サービス、教育、モビリティ・交通、エンタテインメント・芸術、セキュリティ・プライバシーといった幅広い産業分野へ広がっている。

なお、図 2-7 左の円グラフでは、高速ビジョンチップ（石川）や人位置認識技術（神田）といった＜実用化・製品化の例＞で例示していない基盤技術としての実用化もカウントしている。

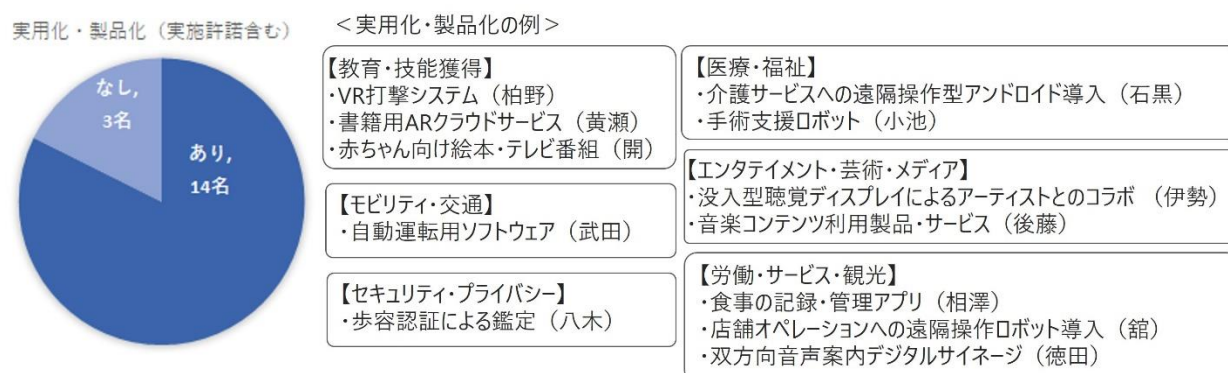


図 2-7 実用化・製品化の状況（回答した研究代表者数）

2.2.7 ベンチャー

ベンチャーの設立状況を図 2-8 に示す。研究終了後に設立されたベンチャーは石黒、武田、館による 3 社で、研究期間中に設立された相澤、伊勢、川嶋（小池の主たる共同研究者）による 3 社と合わせて計 6 社になった。

図 2-9 は、各企業の展開状況をアンケート回答と公開情報からまとめたもの。それぞれ、製品・サービスや実社会での導入を拡大して発展している。例えば、(株)ティアフォー(武田)の自動運転用ソフトウェアとして世界初のオープンウェア「Autoware」は、世界 200 以上の機関に導入され、世界最大の自動運転オープンソースコミュニティを形成している。また、トレイグジスタンス(株)(館)は、トレイグジスタンス産業の主要プレイヤーとし業界を先導する存在へと成長している。なお、(株)ティアフォー、トレイグジスタンス(株)、リバーフィールド(株)(川嶋)は、経済産業省が推進するスタートアップ企業の育成支援プログラム「J-Startup」¹²に選出されている。これら以外に、武田研究室発の学生ベンチャーが 5 社起業した。



図 2-8 ベンチャー設立状況（回答した研究代表者数）

	<設立時>		<追跡調査時>
CREST 終了後 に設立	【(株) テレノイドケア】(石黒) 介護施設向けソリューション開発。 テレノイドの介護現場への導入。	・設立：2015年7月 ・医療介護における テレノイド活用モデルの 設計開始	医療介護施設への テレノイドの導入 ・資本金：3,225万円 ・資金調達：7,500万円(2019.5) ・介護施設へのテレノイド導入が計6か所へ
	【(株) ティアフォー】(武田) 自動運転用ソフトウェア 「Autoware」を 活用した開発・サービス	・設立：2015年12月 ・自動運転で世界初 のオープンウェアとして 「Autoware」公開	大学の研究開発から企業の製品 にまで幅広く導入 世界最大の自動運転オープンソース コミュニティ形成 ・資金調達：約160億円以上 ・社員：200名以上 ・TierIV North America設立 ・世界200以上の機関でAutowareを導入。 ・トヨタのEVバスの自動運転システムに ティアフォー製OS採用 ・経済産業省 J-Start up に選出
	【トレイグジスタンス(株)】(館) 遠隔操作・人工知能ロボットの 開発およびそれらを使用した事業	・設立：2017年 ・社員：CEOと技術者2名	トレイグジスタンス産業の 主要プレイヤーとして 業界を先導する存在に成長 ・資金調達：約22億円(2021/6/15) ・社員：多様な国や企業から人材が集結 ・大手コンビニや物流会社への導入 ・経済産業省 J-Start up に選出
CREST 期間中 に設立	【foo.log(株)】(相澤) FoodLogおよび健康管理情報 システムの開発・カスタマイズ・提供	・設立：2010年4月 ・資本金：2,400万円	製品・サービスの拡張 ・資本金：3,204万円 ・新アプリや企業向けサービスを提供
	【Cask Acoustics】(伊勢) 没入型聴覚ディスプレイ「音響樽」の 販売、「音響樽」による再生サービス	・設立：2015年9月 ・資本金：100万円	普及・アウトリーチ ・展示会での発表 ・アーティストとのコラボレーション
	【リバーフィールド(株)】(小池) 手術支援ロボット等の 医療機器研究開発および販売 ※主たる共同研究者 川嶋健嗣が設立	・設立：2014年5月 ・資本金：1,000万円 ・社員：40名	製品・サービスの拡張 安全かつ有用で高品質な製品 の設計開発・製造、及び 市販後安全管理等を遂行する 体制を整備した企業へ ・資本金：7,463万円 ・資金調達：約30億円(2021/9/10) ・社員：47名 ・医療機器における品質マネジメントシステムの 国際規格ISO13485:2016 認証取得 ・経済産業省 J-Start up に選出

図 2-9 ベンチャーの展開状況

2022 年 6 月調査

¹² J-Startup <https://www.j-startup.go.jp/about/>

2.3 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果

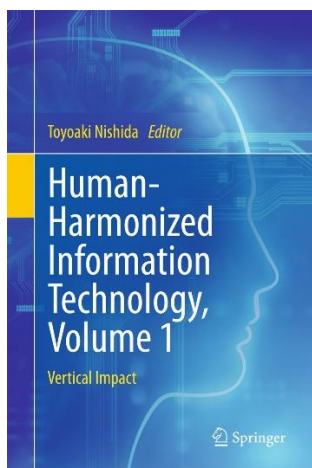
2.3.1 研究領域の展開状況(まとめ図)

本研究領域では、2009 年から 2011 年にかけて合計 17 件の研究課題を採択し、「人間と調和する情報環境を実現する基盤技術の創出」という戦略目標の下で研究を遂行した。展開と発展を図 2-10 に示す。

戦略目標を実現するための達成目標は、次のように大別される。

- ① 人間行動・実空間状況の認識および取得（石川、河原、黄瀬、佐藤、武田、八木）
- ② コンテンツ処理およびサービスとしての具現化（相澤、伊勢、後藤）
- ③ これらを親和的に行うためのヒューマンインタフェース
（石黒、神田、小池、舘、徳田、苗村）
- ④ 認知神経科学の手法を用いた人間の認知プロセスの解明（柏野、開）

本研究領域終了時、西田研究総括は本研究領域の根底にある哲学、背景、コア・コンセプトを執筆し、各研究課題の成果を編纂した Human-Harmonized Information Technology, Volume 1 と Volume2 を Springer 社から出版¹³。本研究領域で得られた独創性の高い学術的・技術的成果を世界に向けて発信している。Springer 社 Web サイトの同書籍のページは、Volume1 および Volume2 の累計で 9,473 アクセスを得ている（2022/6/17 現在）。



Volume 1 (2016 年刊行)

Number of Chapters 10

Number of Pages XVI, 295

DOI : 10.1007/978-4-431-55867-5

Volume 2 (2017 年刊行)

Number of Chapters 9

Number of Pages XVIII, 293

DOI : <https://doi.org/10.1007/978-4-431-56535-2>

¹³ Human-Harmonized Information Technology, Volume1& Volume2. 2016. Springer.

Vol. 1 <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55867-5> Vol. 2 <https://doi.org/10.1007/978-4-431-56535-2>

CREST「情報環境」まとめ図

戦略目標、達成目標	インプット	アクティビティ /アウトプット	アウトカム（short/mid-term）		アウトカム（long-term） /インパクト													
			～追跡調査時点	今後予想される展開	今後想定される波及効果													
戦略目標： 「人間と調和する 情報環境を実現する 基盤技術の創出」 本戦略目標では、情報 通信技術が生活空間に 溶け込み、情報環境と 人間が相互作用を起こ して、人間が必要なとき に、人間にとってより適切 な状態へ自然に移行す る、人間と調和した情報 環境知能を実現すること をめざす。 達成目標： ① 人間行動・実空間 状況の認識および取得 ② コンテンツ処理 およびサービスとしての 具現化 ③ これらを親和的に 行うための ヒューマンインタフェース ④ 認知神経科学の 手法を用いた 人間の認知プロセス の解明	研究総括： 東倉 洋一 （～2013.12） 西田 豊明 （2014.1 ～2017.3） 副研究総括： 西田 豊明 （2013.5～12） 研究代表者 石川 正俊（1期） 河原 達也（1期） 佐藤 洋一（1期） 武田 一哉（1期） 黄瀬 浩一（2期） 八木 康史（2期） 相澤 清晴（1期） 伊勢 史郎（2期） 後藤 真孝（3期） 小池 康晴（1期） 舘 暲（1期） 石黒 浩（2期） 神田 崇行（2期） 徳田 恵一（3期） 苗村 健（3期） 柏野 牧夫（1期） 開 一夫（3期） 17名	研究成果 論文 <table><tr><td>① CREST 研究成果 の論文数</td><td>② 研究終了後に出 版された研究成果 に関連する論文数</td></tr><tr><td>1011 (160)</td><td>368 (42)</td></tr></table> ()の値はTop10%以内論文数 特許出願・登録 <table><tr><td></td><td>期間中</td><td>終了後</td></tr><tr><td>出 願</td><td>国内 102 海外 40</td><td>35 10</td></tr><tr><td>登 録</td><td>国内 85 海外 28</td><td>15 3</td></tr></table> 実用化・製品化 14名 例) ・食事の記録・管理アプリ（相澤） ・介護サービスへの遠隔操作型 アンドロイド導入（石黒） ・VR打撃システム（柏野） ・音楽コンテンツ利用製品・サービス （後藤） ・自動運転用のソフトウェア（武田） ・店舗オペレーションへの遠隔操作 ロボット導入（舘） ベンチャー 6件（期間中 3件、終了後 3件）	① CREST 研究成果 の論文数	② 研究終了後に出 版された研究成果 に関連する論文数	1011 (160)	368 (42)		期間中	終了後	出 願	国内 102 海外 40	35 10	登 録	国内 85 海外 28	15 3	科学技術的および社会・経済的な波及効果 ①人間行動・実空間状況の認識および取得 【石川】高速画像処理で世界トップを走る技術革新と普及・実用化推 進を牽引 【河原】マルチモーダルな対話技術をアンドロイドのための音声対話システ ムとして統合 【黄瀬】スマートフォンアプリ内のARカメラを文章にかざすだけで、関連デジ タルコンテンツを表示させる書籍用ARクラウドサービスを実用化 【佐藤】集合視による注視・行動解析により、手術室における協働支援 、視覚障がい者へのナビゲーション支援のためのシステムを構築。 【武田】自動運転用オープンソースソフトウェアAutowareの普及。世界 200以上の機関で利用。 【八木】世界最大の歩行映像データベースを構築・公開、世界の歩容認 証研究に貢献。1枚の歩行画像で分析可能な歩容認証手法を世界で 初めて開発。 ②コンテンツ処理およびサービスとしての具現化 【後藤】音楽の鑑賞や創作を支援するための世界初となる独自の音楽 理解技術群を開発。基礎研究としての深さと、インターネット上のサービス の開発を通じた実証研究・企業連携による社会的インパクトを両立。 ③これらを親和的に行うためのヒューマンインタフェース 【石黒】ヒューマノイド研究で世界をリード。テレノイドの高齢者介護施設 への導入。 【舘】「テレグジスタンス」を学術分野として確立。アバター産業分野の形 成への貢献とテレグジスタンス（株）による社会実装の加速。 【徳田】音声合成の問題に関する統一的な統計モデルに基づいた新しい アプローチ。 ④認知神経科学の手法を用いた人間の認知プロセスの解明 【柏野】潜在脳機能を向上させるシステムをトップアスリートの現場に導入 。また、自閉スペクトラム症(ASD)当事者の知覚特性の特殊性の研究 において定説に見直しを迫る知見を得ている。 【開】乳幼児向けテレビ番組の監修、赤ちゃん向け絵本の出版。 展開 ACCEL 3件、ERATO 1件、CREST 5件、 ムーンショット 3件（PM 1件、グループリーダー2件）、 NEDO（含SIP）4件、OPERA 1件、科研費40件など 計67件 受賞 11名、73件（国内 53件、海外 20件） 人材輩出 研究総括 3名（CREST、ACT-I、創発） 領域アドバイザー 12名（CREST、さきがけ、ACT-I、ACT-X、創発） ERATO研究総括 稲見昌彦（黄瀬チーム） ムーンショットPM 南澤孝太（舘チーム）	・高速画像処理技術の様々な 分野における新しい技術の創生、 新規産業の創出 ・人間のように自然にマルチモー ダルな対話ができるロボット ・人間の行動や要求を把握し 的確に支援する自動運転車・サ ービス ・歩容認証の対象人物から遠く離 れた場所でも利用きる生体認証と しての活用 ・音楽理解技術による新たな価値 の創出 ・実社会におけるロボット・アバタ ーによる労働力・サービスの提供 ・在宅医療・健康管理サービス ・子供や高齢者の安全見守り サービス ・個人の学習プロセスに合わせて 情報が提供される訓練・学習支援 サービス	・人間の意図と行動を陽に陰 にサポートするサービスによる 生活の質の向上 ・異常状況（不審者を含 む）の自動認識等による社会 のセキュリティ確保 ・メディアコンテンツを豊かで 健全に創作・利用する 「コンテンツ共生社会」の実現 への貢献 ・高齢者等の自律支援（移 動、作業能力、感覚機能の 強化） ・実社会で共生するロボット・ アバター実現への貢献 ・少子高齢化、就労人口の 減少といった社会課題の解決 への貢献
① CREST 研究成果 の論文数	② 研究終了後に出 版された研究成果 に関連する論文数																	
1011 (160)	368 (42)																	
	期間中	終了後																
出 願	国内 102 海外 40	35 10																
登 録	国内 85 海外 28	15 3																

図 2-10 CREST 研究領域の展開図

2.3.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献

以下に、研究成果の科学技術の進歩への貢献についての事例を示す。

① 人間行動・実空間状況の認識および取得

【石川】高速画像処理で世界トップを走る技術革新

高速画像処理の長年の研究で、従来比 33 倍以上の 1,000 fps の高速性を活かすアーキテクチャとアルゴリズムをコアコンピタンスとして世界トップを走る技術革新を推進してきた。

The Finkelstein Medal (2017)、立石賞特別賞(2018)、日本工学会フェロー(2019)、市村学術賞功績賞(2021)などを受賞。

【黄瀬】研究用データセットの波及

本研究課題の成果 Robust Reading Dataset に関する論文、ICDAR2013 が被引用数 664 (Top0.1%)、ICDAR2015 が被引用数 541 (Top0.2%) を獲得。また、情景内文字データセット Downtown Osaka Scene Text Dataset はコンペティションで利用された。

【河原】マルチモーダルな対話技術

プレゼンテーション、傾聴、面談など長い対話を継続するための相槌生成やターンテイキングシステム、およびマルチチャネル音響信号処理、人物位置追跡などのマルチモーダルな対話技術をアンドロイドのための音声対話システムとして統合した。今後、様々な会話ロボットで活用されることが期待され、実証実験が進められている。2017 年に IEEE フェローを受賞¹⁴。

【佐藤】集合視による注視・行動解析

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型センサとして利用する集合視により、さまざまな空間・時間スケールで起こる個人とグループの注視・行動を計測し理解する技術の開発に取り組んだ。さらに、人々の注視・行動の蓄積・解析・可視化により、手術室における協働支援、視覚障がい者へのナビゲーション支援のためのシステムを構築した。研究成果の多くは、ICCV、CHI、UIST といったコンピュータビジョン分野や HCI 分野のトップ国際会議やジャーナルに多数採択。これらのトップ国際会議における論文賞も多数受賞。

【武田】環境音の分類・理解

日常的な音環境の下で、環境音を分類したり、特定の音を検出したりする音響信号処理技術を、主に深層学習モデルとその学習の最適化の観点から研究。環境音認識は音に関する分野の中で最も注目され急成長しているトピックの一つ。環境音を専門に扱う DCASE 国際コンペティション (DCASE2020 task4) において世界 1 位を獲得した¹⁵。また、オープンソースの End-to-End 形音声信号処理ツールキット ESP-net6 は、Github で 4800 Star を獲得している (2022.3.15 現在)。

【八木】世界最大の歩行映像データベースを構築・公開

本研究領域期間中に日本科学未来館で実施した体験型の歩行映像解析デモ展示「アルクダケ」

¹⁴ <https://ieee-jp.org/kaiin/fellow/fellow17.html>

¹⁵ DCASE2020 task4 Results <https://dcase.community/challenge2020/task-sound-event-detection-and-separation-in-domestic-environments-results>

と並行してデータ収集を行い 6 万人規模の世界最大の歩行映像データベースを構築・公開している。歩行映像データベースは、14 方向からの多視点映像、自然な荷物所持状況、幅広い性別・年代層を含んでおり、大量の学習データを必要とする深層学習ベースの歩容認証には必要不可欠なデータセットとして世界中で幅広く用いられている。

② コンテンツ処理およびサービスとしての具現化

【後藤】音楽情報処理分野で世界最先端の研究成果

「音楽の中身を自動解析する技術（音楽理解技術）により、新たな価値を生み出し貢献する」というコンセプトで、音楽体験の未来を切り拓く研究開発に取り組み、従来の受動的な音楽をアートの世界から工学の領域に転換・拡張し、音楽のビジネスとしての可能性を格段に広げ、音楽の楽しみ方がより能動的で豊かになるように人々を支援できるサービスプラットフォームの研究開発を進めてきた。国内外の基調講演・招待講演（研究代表者による国際会議 DAFx 2019 Keynote、FIT2019 船井業績賞受賞記念講演、国際会議 ACM IUI 2018 Keynote、AI・人工知能 EXPO 2017 専門セミナー、AES 国際会議 2017 Invited Talk 等）、査読付き国際会議での多数の学術論文の採択、船井業績賞、日本ソフトウェア科学会 基礎研究賞等の数々の受賞により、高いプレゼンスを得ている。

③ これら(①②)を親和的に行うためのヒューマンインタフェースとしての具現化

【石黒】ヒューマノイド研究で世界をリード

本研究課題後に、ERATO、内閣府 ImPACT、ムーンショットなどの大型プロジェクトの研究総括を次々と実施。ヒューマノイド研究で世界をリードする研究者として研究分野を牽引し続け、その業績に国内外から多数の受賞を得ている。また、本研究領域から共同研究を行っていたデンマーク・オーフス大学とテレノイドを用いた高齢者介護の研究を継続しており、2021 年同大学より名誉学位を受けた。

【舘】「トレイグジスタンス」を学術分野として確立

舘が世界に先駆けて提唱した「トレイグジスタンス」の概念を学術分野として確立した。例えば、『Telexistence』という舘が執筆した学術書が出版され¹⁶、トレイグジスタンスの国際会議 ICAT（International Conference on Artificial Realty and Telexistence）が毎年、世界各地を巡り開催されている。

【神田】街角で共生するロボットへ

街角環境でロボットが「モラル」という観点で他者として尊重される存在となり環境に安心感をもたらすインタラク션을行えるようにするためのロボットのモラルインタラクシオン、人とロボットが同時に移動するような場面におけるモバイル HRI（ロボットヒューマンインタラクシオン）、大量データからのロボットのインタラクシオン行動の学習、に関する研究開発を実施。これらの波及効果は互いに相補的に影響しており、その利用場面となる街角環境でのロ

¹⁶ Susumu Tachi, Telexistence. World Scientific.
ISBN-13 978-981-283-633-5, 2nd Edition ISBN-978-981-4618-06-9

ボットはいまだ応用の模索が続いている段階ではあるが、COVID-19 をきっかけに、人との接触を避けるためのロボットの利用などの面で注目されている。

【徳田】音声合成の問題に関する統一的な統計モデルに基づいた新しいアプローチ

超高品質な歌声を再現する AI 歌声合成システムや、3 分程度の少量の音声データからでもその人の声質に似た音声を合成できる「高効率声質再現音声合成技術」を開発。音声合成の問題に関し、統一的な統計モデルに基づいた新しいアプローチを提唱し、任意の話者の声質、発話スタイル、感情表現等を自在に生成可能であることを示した業績が高く評価され、2020 年内閣府から紫綬褒章を受章¹⁷。

④ 認知神経科学の手法を用いた人間の認知プロセスの解明

【柏野】自閉スペクトラム症(ASD)当事者の知覚特性の特殊性の研究

聴覚を中心に ASD の特殊性を心理物理実験や脳機能計測によって解析し、定説に見直しを迫る知見を得ている。例えば、ASD 者は変化を嫌い同一反復に固執すると言われてきたが、同一単語音声を反復聴取すると知覚内容が著しく変化していくという錯覚を経験していることがわかった。ダイバーシティ、あるいは神経基盤まで含めたニューロダイバーシティに社会的な注目が集まる中で、当事者の特性やそれに由来する生活上の困りごとを周囲の人々がよりの確に理解することに貢献しうる。2019 年に Scientific Report に掲載された論文¹⁸は発表直後から SNS 上で注目され、Altmetric が全論文中上位 5%以内となった。また、当事者や療育者等を対象とした講演依頼も多数受けている。

¹⁷ <https://www.techno-speech.com/post/blog-20200429a>

¹⁸ Itoi, C., Kato, N., Kashino, M.: People with autism perceive drastic illusory changes for repeated verbal stimuli. Scientific Reports, 9(1):15866, 2019.

2.3.3 研究成果の社会・経済への貢献

以下に、研究成果の社会・経済への貢献についての事例を示す。

① 人間行動・実空間状況の認識および取得

【石川】高速画像処理関連技術の社会への普及・実用化推進を牽引

2.2.5 項の表 2-3 の通り、高速画像処理関連技術の社会への普及・実用化を推進するコンソーシアム形式の新しいプロジェクト「WINDS ネットワーク」を推進。FA・高速検査、高速検査、自動車・交通、ヒューマンインタフェース等、様々な分野における新しい技術の創生を目指し 217 組織（194 法人）が参加（2022 年 1 月現在）。また、ビジョンチップの開発環境及び応用や、高速プロジェクトをはじめとした数々の技術が実用化している。

【黄瀬】書籍用 AR クラウドサービスとして実用化

スマートフォンアプリ内の AR カメラを文章にかざすだけで、関連デジタルコンテンツを表示させる AR（拡張現実）クラウドサービス AR-Sentence として実用化。三省堂「三省堂 AR」（3 書籍）、新興出版社啓林館「スマレク ebook」（12 書籍）の 2 サービスを提供。また、ドイツのベンチャー企業(alphaben)¹⁹で人が読んだ単語数を計測するシステム万語計を利用したサービスを展開中。

【武田】自動運転用オープンソースソフトウェア Autoware の普及

人間の運転行動を信号処理の理論に基づくモデル化し、自動運転に活用する技術を、センサ信号認識の高精度化や、深層学習の活用、データベースの構築など研究対象を広げて、OPERA や NEDO といった産学連携のプロジェクトへと発展。また、開発した自動運転のソフトウェア Autoware を活用した自動運転ベンチャー（株）ティアフォーを 2015 年に設立。現在 160 億円以上の資金調達を行い、200 名以上の会社に成長。「市街地の公道での自動運転」のために開発された Autoware は、自動運転用途としては世界初のオープンソースソフトウェアとして公開。大学の研究開発から企業の製品開発まで幅広く利用されるようになり、世界 200 以上の機関で利用されている。トヨタ自動車（株）の EV バスの自動運転システムにティアフォー製 OS が採用された。武田は、運転行動分析の業績により、2020 年 IEEE ITS Outstanding Research Award を日本人として初受賞した。

【八木】歩容認証・サーベイランス技術

歩容認証（歩き方の個性による個人認証）は、対象人物から遠く離れた場所でも利用できる唯一の生体情報（バイオメトリクス）として注目を集めている。研究期間中の 2016 年に八木らのシステムを用いた歩容鑑定結果が日本で初めて裁判所での証拠として認められたが、2020 年には 1 枚の歩行画像で分析可能な歩容認証手法を世界で初めて開発²⁰。メディアからの注目も大きく、本研究領域終了（2017 年）以降の報道は、新聞 13 件、テレビ 12 件、Web 報道 26 件（2022 年 2 月現在）²¹。

② コンテンツ処理およびサービスとしての具現化

¹⁹ alphaben <https://alphaben.app/de/>

²⁰ 『『未来科学捜査』歩容鑑定』大阪大学 2020/9/15

https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2020/20201020_2

²¹ 大阪大学八木研究室ホームページ <http://www.am.sanken.osaka-u.ac.jp/jp/>

【相澤】食事の記録・管理サービスの拡張

本研究課題とその継続研究で研究開発した、食事の画像処理による食事記録で利用者が簡単に食事バランスをチェックできるツールFoodLog²²、FoodLog Athl を一般利用可能なように公開。FoodLog Athl は、アスリートやスポーツチームの栄養管理にあたる管理栄養士に活用されている²³。

【後藤】インターネット上のサービスの開発を通じた実証研究・企業連携

本研究課題後続の ACCEL では音楽情報処理における基礎から応用まで幅広い研究成果を創出してきたが、それらが学術的に価値があるだけでなく、産業・社会・文化的にも価値があることを実証するために、視聴者やクリエイター等が利用できるプラットフォーム・Web サービス群を開発して公開してきた。さらに、商業ライブコンサートやイベント等での実証実験や企業連携を通じて、それらの社会実装・実用化に積極的に取り組んできた。歌詞連動表示可能な世界初のスピーカー製品「Lyric Speaker (Canvas)」の世界市場での発売（フランスの著名ブランド「サンローラン」、高級機械式腕時計ブランド「フランクミュラー」等の専用モデルも発売）、（株）シンクパワーと連携した大規模歌詞解析に基づく世界初の歌詞探索サービス「Lyric Jumper」公開や同期歌詞自動生成サービス提供、（株）ドワンゴの音楽スマホアプリ「NicoBox」への先進的な機能搭載等のプレスリリースされた事例を含む、多数の企業連携が進んでいる。

③ これら(①②)を親和的に行うためのヒューマンインタフェースとしての具現化

【石黒】テレノイドの高齢者介護施設への導入

研究期間中の2015年に、テレノイドを介した要介護高齢者の会話促進など、新しいコミュニケーションサービスを企画・提供する事業を行う（株）テレノイド計画（現、（株）テレノイドケア）を設立し、テレノイドを用いた介護サービスに向けた取り組みに実用化レベルで継続的に取り組んでいる²⁴。2016年には宮城県にて介護事業者向けサービスモデルの実証実験を開始。2017年には、宮城県名取市の特別養護老人ホームにテレノイドが導入され、石黒氏の研究成果の実用化としては世界初であり国内外から注目を集めた。これまでに、宮城県、大阪府、福井県の計6か所の介護施設で導入されている。

【小池】手術ロボット等の医療機器研究開発および販売

小池チームの主たる共同研究者 川嶋 健嗣（東京大学・教授）は、2014年に手術支援ロボットを開発および販売するリバーフィールド（株）²⁵を設立。2019年6月、同社は医療機器における品質マネジメントシステムの国際規格「ISO13485:2016」の認証を取得。2021年、総額約30億円の資金調達を実施。独自の空気圧精密制御技術を用いた手術支援ロボットの上市を加速、執刀医に鉗子先端に係る力をリアルタイムで伝える力覚提示が可能な手術支援ロボットの上市を2023年1月に、また、次世代内視鏡把持ロボット、眼科用ロボットを2022年中に順次上市していく計画。

²² FoodLog <http://www.foo-log.co.jp/business-foodlog.html>

²³ FoodLog Athlete <http://www.foodlog-athl.org/>

²⁴ （株）テレノイドケア ホームページ <https://telenoid.co.jp/service/robot/>

²⁵ リバーフィールド（株） ホームページ <https://www.riverfieldinc.com/>

【館】 アバター産業分野の形成への貢献とテレグジスタンス（株）による社会実装の加速
テレグジスタンスの工学的実現可能性を実証し、実用化への道を拓き、現在のアバター産業分野の形成に大きく貢献した。ANA AVATAR XPRIZE²⁶の実現への貢献により、国内外でテレグジスタンスアバターを用いた新産業創出への機運が高まり、国内では ANA や JAXA を中心とした AVATAR コンソーシアムが組織され、大企業・自治体・スタートアップ企業が参画し実用化に向けて極めて活発な活動が展開されている。また、2017 年にテレグジスタンス（株）を創設。JST 大学発ベンチャー表彰受賞や J-Startup 選出、日本政府広報への採用など、今後のテレグジスタンスビジネスにおける主要なプレイヤーの 1 つとして業界を先導する立ち位置にある。

【徳田】 双方向音声案内デジタルサイネージ「メイ&タクミ」の運用

本研究領域において、MMDAgent を用いて構築した「全天候型双方向音声案内デジタルサイネージ（メイちゃん）」を、公共空間での実証実験として名古屋工業大学正門近くのオープンスペースに設置。2018 年のリニューアル時に新キャラクター（タクミ）も追加され「メイ&タクミ」として、現在もキャンパスを案内する双方向音声案内デジタルサイネージとして実運用が続けられている。国際化推進としての英語及び中国語による音声対話や、アクセシビリティ・バリアフリーを目指して、音声と手話で応答する手話案内にも試験対応している。また、防災・減災の観点から、緊急地震速報を音声と画面で伝え、緊急回避行動を促す機能も備えている。

④ 認知神経科学の手法を用いた人間の認知プロセスの解明

【柏野】 潜在脳機能を向上させるシステムをトップアスリートの現場に導入

野球やソフトボール、カーレースなどを対象として、トップレベルアスリートの技とメンタルを支える潜在脳機能（無自覚的な認知情報処理）の特徴を、実際の試合もしくはそれに準ずる環境での計測に基づき明らかにした。また、その知見を踏まえて、感覚運動フィードバックや VR を利用して潜在脳機能を向上させるシステムを開発、トップアスリートの現場に導入した。スポーツ界ではデータ解析と ICT を利用したトレーニングが盛んになり、大きな変革期にあるが、本成果はアスリートの中身（技やメンタル）のメカニズムに踏み込んだものとして特に注目を集めている（報道約 80 件）。今後は一般愛好者やジュニア育成への展開（大規模ビジネス化）も見込まれる。また、言語化・意識化が困難な身体知のコーチング、トレーニングという観点で、教育分野や伝統芸能・技能の分野にも応用できる可能性がある。

【開】 乳幼児向けテレビ番組の監修、赤ちゃん向け絵本の出版

乳幼児の発達メカニズムの研究を継続。開が監修した民放発の 0～2 歳児向けテレビ番組「シナぷしゅ」（テレビ東京）²⁷ は、Youtube でも発信されておりチャンネル登録者数は 22.3 万人に上る（2022 年 6 月現在）²⁸。また、「あかちゃん学絵本プロジェクト」により作成した赤ちゃん向け絵本『もいもい』の売上はシリーズで 54 万部に達した²⁹。

²⁶ ANA AVATAR XPRIZE <https://www.xprize.org/prizes/avatar>

²⁷ シナぷしゅ（テレビ東京） <https://www.tv-tokyo.co.jp/synapusyu/>

²⁸ シナぷしゅ ch (Youtube) <https://www.youtube.com/channel/UCM9FRb0LN-fIhsxhre63tfw/featured>

²⁹ ダ・ヴィンチ Web ニュース 2022 年 6 月 11 日 <https://ddnavi.com/news/996613/a/>

2.3.4 その他、特記すべき事項

- 主たる共同研究者が研究代表者として研究を発展

研究代表者を中心に発展状況を示してきたが、主たる共同研究者として参画した研究者も、その後、研究代表者として研究を発展させている。例として CREST および ERATO の採択状況を表 2-4 に示す。また、これ以外に、舘チーム研究参加者の南澤孝太が内閣府・ムーンショットのプロジェクトマネージャー(PM)に採択されている。

表 2-4 CREST および ERATO に採択された主たる共同研究者（研究期間は年度）

稲見 昌彦（黄瀬チーム）	ERATO「稲見自在化身体プロジェクト」研究総括（2017-2022）
今井 倫太（開チーム）	CREST「共生インタラクション」領域、研究代表者（2019-2024）
小池 英樹（佐藤チーム）	CREST「共生インタラクション」領域、研究代表者（2017-2022）
篠田 裕之（石川チーム）	CREST「共生インタラクション」領域、研究代表者（2018-2023）
山岸 順一（徳田チーム）	CREST「共生インタラクション」領域、研究代表者（2018-2023）
渡邊 克巳（柏野チーム）	CREST「知的情報処理」領域、研究代表者（2014-2020）

- 研究総括、領域アドバイザーの輩出

本研究領域での研究開始後に、研究総括または領域アドバイザーとして、その後に発足した研究領域の運営や発展に貢献した研究代表者、主たる共同研究者、研究参加者も数多く存在する。表 2-5、表 2-6 に示す。

表 2-5 研究総括に就任した研究者（*は研究代表者）

後藤 真孝*	ACT-I「情報と未来」研究総括（2016-2021）
八木 康史*	創発的研究支援事業 創発 PO（2020-）
間瀬 健二（武田チーム）	CREST「共生インタラクション」研究総括（2017-）

表 2-6 領域アドバイザーに就任した研究者（*は研究代表者）

石黒 浩*	CREST「知的情報処理」領域アドバイザー（2014-2021） CREST「共生インタラクション」領域アドバイザー（2017-）
石川 正俊*	CREST「独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成」領域アドバイザー（2019-）
黄瀬 浩一*	創発的研究支援事業 創発アドバイザー（2020-）
後藤 真孝*	ACT-X「数理・情報のフロンティア」領域運営アドバイザー（2019-）
佐藤 洋一*	CREST「人工知能」領域アドバイザー（2016-） CREST「信頼される AI システムを支える基盤技術」領域アドバイザー（2020-）
稲見 昌彦 （黄瀬チーム）	さががけ「社会と調和した情報基盤技術の構築」領域アドバイザー（2014-2020） さががけ「生体多感覚システム」領域アドバイザー（2021-） ACT-X「数理・情報のフロンティア」領域アドバイザー（2019-）
今井 倫太 （開チーム）	さががけ「人とインタラクションの未来」領域アドバイザー（2017-2022）

内田 誠一	CREST「人工知能」領域アドバイザー(2016-)
(黄瀬チーム)	さががけ「フィールド植物制御」領域アドバイザー(2015-2021)
	ACT-I「情報と未来」領域アドバイザー(2016-2021)
	ACT-X「数理・情報のフロンティア」領域アドバイザー (2019-)
小池 英樹	さががけ「人とインタラクションの未来」領域アドバイザー(2017-2022)
(佐藤チーム)	
中小路 久美代	さががけ「社会と調和した情報基盤技術の構築」領域アドバイザー(2014-2020)
(小池チーム)	ACT-I「情報と未来」領域アドバイザー(2016-2021)
	ACT-X「AI 活用で挑む学問の革新と創成」領域アドバイザー(2020-)
間瀬 健二	CREST「知的情報処理」領域アドバイザー(2014-2021)
(武田チーム)	
森島 繁生	CREST「共生インタラクション」領域アドバイザー(2017-)
(後藤チーム)	創発的研究支援事業 創発アドバイザー (2020-)