国立研究開発法人科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業
さきがけ（個人型研究）
追跡評価用資料

研究領域
「情報環境と人」
（2009 年度～2016 年度）

研究総括：石田　亨

2023 年 3 月

国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

目次

要旨 1
第 1 章 研究領域概要 5
1.1 戦略目標 5
1.2 研究領域の目的 5
1.3 研究総括 6
1.4 領域アドバイザー 6
1.5 研究課題および研究者 7
第 2 章 追跡調査 11
2.1 追跡調査について 11
2.1.1 調査の目的 11
2.1.2 調査の対象 11
2.1.3 調査方法 11
2.2 追跡調査結果 12
2.2.1 競争的研究資金等 12
2.2.2 論文 12
2.2.3 特許 14
2.2.4 受賞 16
2.2.5 共同研究や企業との連携 17
2.2.6 人材育成 24
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 27
2.3.1 2009 年度採択課題(一期生) 27
2.3.1.1 和泉潔「集団としての人間の行動軌跡解析と場のデザイン」 27
2.3.1.2 尾形哲也「長期インタラクション創発を可能とする知能化空間の設計論」 29
2.3.1.3 緒方広明「ラーニングログを用いた協調学習情報基盤の開発」 33
2.3.1.4 梶本裕之「触覚の時空間認知メカニズムの解明に基づく実世界情報提示」 35
2.3.1.5 髙玉圭樹「学習進化機能に基づくスパイラル・ケアサポートシステム」 37
2.3.1.6 高梨克也「多人数インタラクション理解のための会話分析手法の開発」 39
2.3.1.7 田中文英「世界の子ども達をつなぐ遠隔操作ロボットシステム」 41
2.3.1.8 辻俊明「力覚信号処理技術に基づくリハビリ支援ネットワーク」 44
2.3.1.9 長谷川晶一「作業プロセスの環境非依存化による作業集合知の形成」 47
2.3.1.10 原田達也「大規模 web 情報とライフログによる実世界認識知能の構築」 49
2.3.1.11 坊農真弓「インタラクション理解に基づく調和的情報保障環境の構築」 52
2.3.1.12 山岸典子「脳活動の推定に基づく適応的な環境知能の実現」 55
2.3.2 2010 年度採択課題(二期生) 57
2.3.2.1 荒牧英治「自然言語処理による診断支援技術の開発」 57
2.3.2.2 井ノ口宗成「迅速な災害対応のための空間を用いた情報統合技術の確立」 60

2.3.2.3 大澤博隆「擬人化を利用した人間の認知能力補助インタフェースの開発」 63
2.3.2.4 城戸隆「遺伝子解析と人工知能技術を用いたパーソナルゲノム情報環境の提案と評価」 66
2.3.2.5 駒谷和範「発話行動の階層的理解に基づく相互適応型音声インタラクション」 68
2.3.2.6 高野渉「行動の記号化を基盤とした身振り・言語を通じてｺﾐｭﾆｹｰｼｮﾝするﾛﾎﾞｯﾄの知能設計」 .. 72
2.3.2.7 舘知宏「物理ベースデザインのためのインタラクティブ情報環境の構築」 75
2.3.2.8 塚田浩二「実世界コンテンツを創造／活用するためのミドルウェア」 78
2.3.2.9 寺田努「実世界指向ユーザインタフェース実現のための動作認識基盤の確立」 81
2.3.2.10 中澤篤志「広領域・非装着型視線検出技術の開発」 85
2.3.2.11 三木則尚「人刺激・計測 MEMS を用いた効果的な環境知能伝達方法の開発」 88
2.3.2.12 森嶋厚行「人と計算機の知の融合のためのプログラミング言語と開発環境」 94
2.3.3 2011 年度採択課題(三期生) 99
2.3.3.1 Adam Jatowt「集合記憶の分析および歴史文書からの知識抽出手法の開発」 99
2.3.3.2 岡崎直観「知識の自動獲得・構造化に基づく情報の論理構造とリスクの分析」 102
2.3.3.3 金井良太「インターネット環境が脳と認知機能へ与える影響の解明」 107
2.3.3.4 狩野芳伸「解析過程と応用を重視した再利用が容易な言語処理の実現」 111
2.3.3.5 栗田雄一「マルチスケール身体モデルに基づく運動評価技術の開発とその応用」 116
2.3.3.6 小林貴訓「ｸﾞﾙｰﾌﾟｺﾐｭﾆｹｰｼｮﾝの解明に基づく車椅子型移動ﾛﾎﾞｯﾄｼｽﾃﾑの開発」 121
2.3.3.7 櫻井祐子「情報環境での人間行動モデルに基づく知識・情報取引メカニズム設計論の構築」 .125
2.3.3.8 鈴木健嗣「ソーシャル・プレイウェアによる社会的交流支援」 129
2.3.3.9 硯川潤「福祉機器安全設計のためのマルチモーダル評価情報の統合基盤構築」 133
2.3.3.10 寺澤洋子「生命のうごきが聞こえる：生命動態情報の可聴化による「生き様」の理解」 137
2.3.3.11 藤木淳「立体的メディアのための人間の知覚特性に基づく情報提示表現手法の開拓」 140
2.3.3.12 山下倫央「複合階層モデルを用いた都市エリアシミュレーションの開発と利用方法の確立」 144
2.4 本研究領域で学んだこと、活かしたこと、制度へのコメント、助言 147

要旨

本報告書は、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)戦略的創造研究推進事業のさきがけ(個人型研究)の研究領域「情報環境と人」(2009 年度～2016 年度)について、JST 事業及び事業運営の改善等に資するために、JST にて追跡調査を実施し、その結果をまとめたものである。ここでは、研究領域終了後、一定期間を経過(5 年)した後の研究成果の発展状況や活用状況、副次的効果をまとめた。

本研究領域は、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」の下、設定されたものである。本研究領域では、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・統合を目指し研究が行われた。

本研究領域では、36 の研究課題が採択された。これらは概ね、それら目標から以下の 3 つの研究に分類される。

目標指向：高齢者支援、障害者支援、子どもの支援、ヘルスケアの支援、災害支援、生活支援

技術指向：ウェアラブルコンピューティング、実世界認識、クラウドソーシング、シミュレーション、擬人化・ロボットインタフェース、言語処理プラットフォーム

新領域　：歴史情報学、計算折り紙、多人数会話分析、インタラクション創発、生命活動の可聴化、立体的メディア、インターネット脳、脳活動推定による情報提示

本研究領域終了後の発展例として、目標指向の研究では以下のものがあった。

髙玉は、開発した無拘束型睡眠段階推定技術の基になる Well-being AI の提唱と学術的発展に貢献した。辻の位置情報に加え、力の情報から特徴量を取り出し、解析する試みは、機械学習技術の発展とともにロボティクスのコミュニティで拡大している。栗田は、従来なかった力感覚、触覚の設計手法の開発や、AI を用いたスマートコーチング技術など、人の知覚とインタラクションの研究を拡大した。坊農は、いかに他者と空間を共有し、話し手が伝えたい意味内容を受け手に理解させるかについて、マルチモーダル記号論といった新たな言語理論につながる研究を立ち上げた。小林の社会学の手法を取り入れた研究は、パーソナルモビリティと歩行者の移動環境におけるインタラクション技術として、1 つの技術分野になりつつある。硯川の電動車椅子の安全性評価手法の構築は、世界的に先行しており、消費者庁・安全調査委員会の提言等で社会問題として認知された。梶本は、著名な国際会議 World Haptics Conference の 2019 年日本開催での General Chair を務めるなど、国際的に触覚研究コミュニティで認知されている。鈴木は、人々の社会的交流を導くためのソーシャル・プレイウェアの概念を、「ソーシャルイメージング」、「ソーシャルシグナルの共有・拡張技術」と大きく発展させている。中澤の角膜表面反射に関する研究は、人の視覚系の特性と眼球の表面反射の幾何的・光学的解析を組み合わせ、基礎理論の構築とともに、様々な応用事例に発展させている。また、この研究は、医学、ロボット、脳科学など、多くの分野の研究者が参画するプロジェクトになっている。田中の

教育ドメインにおける遠隔操作ロボットシステムの研究は、コロナ後のデジタル教育に関するOECD提言レポートにフィーチャーされ、さらに、ケア・レシーバー型ロボットは、この分野における代表的なロボット構成法の基本枠組の一つとして認知されている。荒牧は、大量の自然言語の医療データを活用した医療支援システムの構築を進め、自然言語処理の臨床応用分野において第一人者となっている。城戸 は、AIの公平性、人間の主観性や認知バイアスに関わる問題を国際レベルで提起している。井ノ口の「被災者台帳システム」は、多くの自治体で実装されることになった。また、国立研究開発法人防災科学技術研究所において、我が国の防災分野のデザインに関わっている。岡崎が本さきがけ研究成果の出口として着目したデータジャーナリズムやその後のロボットジャーナリズムは、多くのメディアで取り上げられるなど反響が大きいものとなった。山下は、極めて多くの企業と連携し、社会システムの効率化、リスク軽減など運用手法の開発を進めた。塚田の様々なプロトタイプの迅速な構築、実証、アウトリーチの活動は、技術進歩の速い情報環境の可能性拡大や市民参加のものづくりの発展へとつなげた。緒方の学習ログの分析・活用の研究は、日本全体で教育データの利活用に向けた議論の契機となった。

技術指向の研究では以下のものがあった。

寺田は、人の認知を活用したシステム、サービスが今後、広がることに備え、これらの心身に与える影響について新たな研究を立ち上げた。三木は、触覚研究における全く新しいアプローチの提案や、バイオフィードバック技術、インプラント人工腎臓など活動領域を大幅に拡大した。原田のクラス間学習や、教師なしドメイン適応技術は、本分野の標準的手法として広く利用されるものとなった。また、深層学習を用いて二次元から三次元に変換する際に必要不可欠な微分可能レンダリングの開発は、この分野の潮流を創出している。高野の人間の身体運動を記号化する研究は、人間の運動認識に新しい潮流を創出した。森嶋が立ち上げたクラウドソーシングプラットフォームCrowd4Uは、50か国以上からの2000人以上の登録者で一日に数千のタスクが処理されるものに成長した。櫻井は、クラウドソーシングにおけるヒューマンセントリックメカニズムデザイン、チーム編成アルゴリズムを発展させた。また、著名なカンファレンスAAMASにおいて、日本人の女性研究者初のArea PCを務めるなど、国際会議の運営にも貢献している。和泉の経済・金融分野での大規模データ活用は、情報技術の応用分野として有力な位置を占めるようになった。長谷川は、製品評価や設計、把持操作において、多くの作業や課題を再現可能とする特徴的な力触覚レンダリング技術を開発した。大澤の擬人化に関する研究は、HAI(Human-Agent Interaction)分野の誕生に大きく貢献した。また、研究者として始めて日本SF作家クラブ会長に就任、作家と研究者の相互作用を活性化する試みを行っている。駒谷が提唱した、階層的発話行動理解の概念は、近年のマルチモーダル対話システム研究の潮流となった。狩野は、機械学習や言語処理のプラットフォーム、ツール群の整備で、医療分野、法律分野、政治学分野など幅広い分野融合による新たな研究潮流を創出している。

新領域の研究では以下のものがあった。

Adam Jatowt はHistoInformatics 分野を創生し、加えてその後のコミュニティ活性化にも大きく貢献している。舘は、自己折りの理論、双曲放物面など次々と研究を進展させ、折紙工学の第一人者となり、本分野を先導している。高梨は、多人数・マルチモーダルインタラクション分析をフィールド調査の手法として活用する「フィールドインタラクション分析」という方法論を構築し、高梨が監修し5巻シリーズの著書も刊行している。尾形は、AI ロボットのための Deep Predictive Learning の枠組みを提案し、数多くの賞を受賞し高く評価されている。また、プログラミング不要で、高い汎用性のロボットは話題を呼び、多くの企業との連携開発につなげた。寺澤の可聴化は、物理療法の運動の可聴化や、交通状態の可聴化、非言語音響表現の探求など、可聴化の可能性を拡大している。藤木の先駆的な立体表現手法は、同種の技術を中核とした企業の出現をもたらしている。また、非現実的な実写映像生成の方法論、仮想世界インタフェースなど先駆的研究で評価され数多くのデモ展示を行った。金井は、意識のメカニズム研究において日本のトップランナーとして本分野を牽引しており、人工意識の研究は、意識研究の知見を AI 研究と結びつける役割を果たした。山岸の脳活動から他の認知機能を推定する研究は、株式会社国際電気通信基礎技術研究所を中心に大きく進展することになり、世界をリードすることになった。

本研究領域の研究期間中の成果論文数は 543 報、このうち Top10%以内は 65 報であったが、研究終了後の発展論文数は増加し 764 報、このうち Top10%以内は 78 報となった。研究終了後の論文数は、1.4 倍(Top10%以内は 1.2 倍)に増加している。研究期間中の国内外への特許出願件数は 28 件、研究終了後は 97 件となり、3.5 倍に増加している。

研究コミュニティへの貢献では、緒方が一般社団法人エビデンス駆動型教育研究協議会、金井が意識研究ネットワーク研究会、高梨が一般社団法人社会対話技術研究所、「協働」研究コンソーシアム、尾形が早稲田大学にて AI ロボット研究所、栗田が広島大学にて人間拡張実装プロジェクト研究センター、Adam Jatowt が ACL での国際ワークショップ Computational Approaches to Historical Language Change の立ち上げなど、コミュニティを先導しその活動を活発化させている。また、荒牧が読影レポートデータセット、コーパス MedTxt、診療記録から用語を収集した「万病辞書」、駒谷がマルチモーダルコーパス Hazumi、Adam Jatowt がニュースアーカイブを扱うシステムが学習するデータセットなどを公開している。

本研究領域の研究者の企業との共同研究、連携は、研究者の 2/3 以上が実施しており、尾形、大澤、狩野、山下などは、企業、機関へ技術指導や、技術顧問に就任している。また、原田がエッジインテリジェンス・システムズ株式会社、高野が Posen 株式会社、鈴木が Plimes,Inc.を起業している。

本さきがけ研究での金井の脳の構造 MRI 画像の解析技術は、狩野と株式会社アラヤ・ブレイン・イメージングを立ち上げるに至った。その後、同社は J-Startup などにも選出され、ベンチャーキャピタル等から 15 億円以上の資金調達を行い、現在ではインターン生なども含め 100 名を超える企業へと成長している。

上記のように、多様な業種の多数の企業との連携は、実社会での本研究領域の研究成果の有効性を表し、そのすそ野の広さを示している。また、本研究領域では、多くの研究リーダー輩出や、研究の潮流が生み出されており、これらは、研究総括の若手の研究者としての自己確立の重要性の思いや、そのための特徴ある運営が奏功したとも捉えることができる。

研究者への本研究領域に関するアンケート調査では、本研究領域の研究総括、領域アドバイザー、研究者から触発され貴重な学びがあったとの回答が多く見られた。その中では、研究への取り組み姿勢、研究の進め方・やり方の両方、もしくはどちらか一方で回答者全員に学びがあったとの回答があった。

本報告書は全 2 章から構成されており、各章の概要は以下に示す通りである。

第 1 章では、研究領域概要、戦略目標、研究領域の目的、研究総括、領域アドバイザー、研究課題および研究者についてまとめた。

第 2 章では、本追跡調査の目的、対象および方法を述べ、競争的研究資金等獲得、論文、特許、受賞、共同研究や企業との連携、人材育成等についてまとめた。また、研究成果から生み出された波及効果について、研究成果の科学技術の進歩への貢献、社会･経済への貢献など研究者毎にまとめた。最後に、各研究者からの、本研究領域で学んだこと、活かしたこと、制度へのコメント、助言をまとめた。

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」

情報通信技術が生活の隅々で利用され、あらゆる人や物が結びつき、いつでも、どこでも、だれでも恩恵を受けることができるユビキタスネットワーク環境の実現に向けた研究開発が進められている。しかし、その活用にあたっては依然として人間側から情報通信機器を使用する行動を起こし、意識し努力することで目的の情報を得るなどのユーザの労力が必要である。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。

このためには、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の創出が必要となる。これにより、ポスト・ユビキタスネットワーク社会として、真に誰もが情報通信技術の恩恵を受けることができる社会が実現し、生活の安全・安心、健康さ、快適さや社会の知的生産性は飛躍的に向上すると考えられる。

本戦略目標は、情報環境が人間と適応的、親和的かつ能動的に相互作用し、個人に必要かつ最適な作用・効果を提供する環境の実現を目指すものである。

本戦略目標において、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・統合を目指した研究開発を実施する。

研究開発課題例として、人間の行動の背景にある認知プロセスの解明、人間の行動・意図と実空間状況を認識・解析する情報処理、人間に調和した情報サービスを能動的に提供する情報環境等が挙げられる。

1.2　研究領域の目的

本研究領域は、人とのインタラクションが本質的な知的機能の先端研究を行い、その成果を情報環境で共有可能なサービスの形で提供し、さらに研究領域内外の他のサービスとのネットワーキングにより複合的な知能を形成していくことを目指した。

具体的には、人とのインタラクションが本質となる、ユビキタスコンピューティング、アンビエントインテリジェンス、知能ロボット、コミュニケーションやグループ行動支援などを実現するための知的機能の先端研究、ユーザビリティテスト、エスノグラフィ、統計分析など、利用現場における知的機能の評価研究、さらに研究成果を社会に提供するためのサービスコンピューティングを用いた知的機能のネットワーキング研究を対象とした。

1.3 研究総括

石田 亨

(領域終了時)

京都大学大学院情報学研究科　教授

(追跡調査時)

早稲田大学 理工学術院 創造理工学部　教授

1.4 領域アドバイザー

本研究領域での知的機能と情報環境の研究は、その融合のあり方に大きな課題があるため、専門分野に造詣が深く、また第一線で各分野融合を牽引している専門家に依頼された。

本研究領域は情報工学、情報科学、人工知能、認知科学、知識工学、サービス工学、知覚情報基盤など多岐であり、具体的には、ヒューマンコンピュータインタラクションデザイン、バーチャルリアリティ、ユーザインタフェース、コンピュータグラフィクス、ロボット、マルチメディア処理、機械学習、情報システム、グループウェア、創造的知識作業支援、情報通信ネットワーク、ウェアラブルコンピューティング、画像情報処理、3 次元モデル処理、情報メディア、自然言語処理などである。民間企業、企業と大学の職務経験、ベンチャー企業立ち上げ経験など幅広い知識やアクティブな経験・経歴の持ち主で、さきがけ研究経験者、アドバイザー経験者、ERATO 研究総括、CREST 研究代表者など、JST の研究推進事業にも極めて理解の深い方々が参画した。

表 1-1 に本研究領域の領域アドバイザーを示す。これら多彩なアドバイザーの方々から専門分野に限らず様々な視点や角度から多くのアドバイスを受けることができ、研究者は大いに触発された。

表 1-1　領域アドバイザー　(所属は研究終了時)

氏名	所属	役職	任期
五十嵐 健夫	東京大学大学院情報理工学系研究科	教授	2009 年 6 月～ 2017 年 3 月
井佐原 均	豊橋技術科学大学情報メディア基盤センター	教授	同上
石黒 浩	大阪大学大学院基礎工学研究科	教授	同上
片桐 恭弘	公立はこだて未来大学	学長/教授	同上
葛岡 英明	筑波大学大学院システム情報工学研究科	教授	同上
竹林 洋一	静岡大学 大学院 情報学研究科	教授	同上
塚本 昌彦	神戸大学大学院工学研究科	教授	同上
中小路 久美代	京都大学学際融合教育研究推進センター	特定教授	同上
橋田 浩一	東京大学大学院情報理工学系研究科	教授	同上

氏名	所属	役職	任期
美濃 導彦	京都大学学術情報メディアセンター	教授	2009 年 6 月～ 2017 年 3 月
森川 博之	東京大学先端科学技術研究センター	教授	同上
山田 敬嗣	日本電気株式会社中央研究所	理事/ 価値共創センター長	同上

1.5 研究課題および研究者

これからの人間社会は、医療、介護、食料、交通、エネルギー、異文化摩擦など、多様な問題に直面する。戦略目標もその解決を求めている。これらの問題の解決に本質的な、実世界における人とのインタラクションを支える知的機能と、そうした機能の共有するための情報環境の研究提案を求めた。

その結果、2009 年度から 2011 年度の 3 年間での応募件数 336 件、面接件数 78 件、採択した研究課題は 36 件（さきがけ 3 年型 27 課題、5 年型 9 課題)、採択率は 10.7%であった。その内、女性研究者 4 名、在日外国人 1 名、在外日本人 1 名、さきがけ初の身体障害を持つ車いす利用研究者 1 名を採択している。全研究課題の研究者の採択時平均年齢は 35.3 歳（1 期生 36.8 歳、2 期生 33.8 歳、3 期生 33.7 歳）であり、さきがけ全体からみても若い研究者が多い研究領域となった。当初、本研究領域が掲げ、総括がねらいとした以上の幅広い新たな展望が開ける研究課題が採択できた。

表 1-2 に各期の研究者、研究課題、所属と役職を示す。

表 1-2　研究課題と研究者(第 1 期、第 2 期、第 3 期)

期 (研究期間)	研究課題	研究者	採択時 所属・役職	終了時 所属・役職	追跡調査時 所属・役職
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2013 年 3 月)	集団としての人間の行動軌跡解析と場のデザイン	和泉 潔	産業技術総合研究所 主任研員	東京大学 大学院工学系研究科 准教授	東京大学 大学院工学系研究科 (工学部) 教授
第 1 期　5 年型 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	長期インタラクション創発を可能とする知能化空間の設計論	尾形 哲也	京都大学 大学院情報学研究科 准教授	早稲田大学 理工学術院基幹理工学部 教授	早稲田大学 理工学術院 教授
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2013 年 3 月)	ラーニングログを用いた協調学習情報基盤の開発	緒方 広明	徳島大学 大学院ソシオテクノサイエンス研究部 准教授	九州大学 基幹教育院/大学院システム情報科学府 教授	京都大学 学術情報メディアセンター 教授
第 1 期　5 年型 (2009 年 10 月～ 2015 年 3 月)	触覚の時空間認知メカニズムの解明に基づく実世界情報提示	梶本 裕之	電気通信大学 電気通信学部 准教授	電気通信大学 大学院情報理工学研究科 准教授	電気通信大学 大学院情報理工学研究科 教授
第 1 期 (2009 年 10 月～ 2013 年 3 月)	学習進化機能に基づくスパイラル・ケアサポートシステム	髙玉 圭樹	電気通信大学 電気通信学部 准教授	電気通信大学 大学院情報理工学研究科 教授	電気通信大学 大学院情報理工学研究科 教授

期 （研究期間）	研究課題	研究者	採択時 所属・役職	終了時 所属・役職	追跡調査時 所属・役職
第1期 （2009年10月～2013年3月）	多人数インタラクション理解のための会話分析手法の開発	高梨 克也	京都大学 学術情報メディアセンター 特定助教	科学技術振興機構 さきがけ 研究者	滋賀県立大学 人間文化学部 教授
第1期 （2009年10月～2013年3月）	世界の子ども達をつなぐ遠隔操作ロボットシステム	田中 文英	筑波大学 大学院システム情報工学研究科 准教授	筑波大学 大学院システム情報工学研究科 准教授	筑波大学 システム情報系 准教授
第1期　5年型 （2009年10月～2015年3月）	力覚信号処理技術に基づくリハビリ支援ネットワーク	辻 俊明	埼玉大学 大学院理工学研究科 助教	埼玉大学 大学院理工学研究科 准教授	埼玉大学 大学院理工学研究科 准教授
第1期　5年型 （2009年10月～2015年3月）	作業プロセスの環境非依存化による作業集合知の形成	長谷川 晶一	電気通信大学 電気通信学部 准教授	東京工業大学 精密工学研究所 准教授	東京工業大学 科学技術創成研究院 准教授
第1期 （2009年10月～2013年3月）	大規模web情報とライフログによる実世界認識知能の構築	原田 達也	東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授	東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
第1期 （2009年10月～2013年3月）	インタラクション理解に基づく調和的情報保障環境の構築	坊農 真弓	情報・システム研究機構 国立情報学研究所 助教	情報・システム研究機構 国立情報学研究所 助教	情報・システム研究機構 国立情報学研究所情報社会相関研究系 准教授
第1期 （2009年10月～2013年3月）	脳活動の推定に基づく適応的な環境知能の実現	山岸 典子	(株)国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所 研究員	(株)国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所 主任研究員	立命館大学 グローバル教養学部 教授
第2期　5年型 （2010年10月～2016年3月）	自然言語処理による診断支援技術の開発	荒牧 英治	東京大学 知の構造化センター 講師	奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究推進センター 特任准教授	奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授
第2期 （2010年10月～2014年3月）	迅速な災害対応のための空間を用いた情報統合技術の確立	井ノ口 宗成	新潟大学 災害復興科学センター 特任助教	新潟大学 災害・復興科学研究所 助教	富山大学 学術研究部都市デザイン学系 准教授
第2期 （2010年10月～2014年3月）	擬人化を利用した人間の認知能力補助インタフェースの開発	大澤 博隆	情報・システム研究機構国立情報学研究所 特任研究員	筑波大学 大学院システム情報工学研究科 助教	慶應義塾大学 理工学部管理工学科 准教授
第2期　5年型 （2010年10月～2016年3月）	遺伝子解析と人工知能技術を用いたパーソナルゲノム情報環境の提案と評価	城戸 隆	理研ジェネシス バイオインフォマティクス部 マネージャー	理研ジェネシス バイオインフォマティクス部 マネージャー	帝京大学 先端総合研究機構 教授
第2期 （2010年10月～2014年3月）	発話行動の階層的理解に基づく相互適応型音声インタラクション	駒谷 和範	京都大学 大学院情報学研究科 助教	名古屋大学 大学院工学研究科 准教授	大阪大学 産業科学研究所 教授
第2期 （2010年10月～2014年3月）	行動の記号化を基盤とした身振り・言語を通じてコミュニケーションするロボットの知能設計	高野 渉	東京大学 大学院情報理工学系研究科 講師	東京大学 大学院情報理工学系研究科 講師	大阪大学 数理・データ科学教育研究センター 特任教授(常勤)

期 (研究期間)	研究課題	研究者	採択時 所属・役職	終了時 所属・役職	追跡調査時 所属・役職
第2期 大挑戦型 1 年延長 (2010 年 10 月～2016 年 3 月)	物理ベースデザインのためのインタラクティブ情報環境の構築	舘 知宏	東京大学 大学院総合文化研究科 助教	東京大学 大学院総合文化研究科 助教	東京大学 大学院総合文化研究科 教授
第2期 (2010 年 10 月～2014 年 3 月)	実世界コンテンツを創造／活用するためのミドルウェア	塚田 浩二	お茶の水女子大学 お茶大アカデミックプロダクション 特任助教	公立はこだて未来大学 情報アーキテクチャ学科 准教授	公立はこだて未来大学 システム情報科学部 准教授
第2期　5年型 (2010 年 10 月～2016 年 3 月)	実世界指向ユーザインタフェース実現のための動作認識基盤の確立	寺田 努	神戸大学 大学院工学研究科 准教授	神戸大学 大学院工学研究科 准教授	神戸大学 大学院工学研究科 教授
第2期 (2010 年 10 月～2014 年 3 月)	広領域・非装着型視線検出技術の開発	中澤 篤志	大阪大学 サイバーメディアセンター 講師	京都大学 大学院情報科学研究科 准教授	京都大学 大学院情報学研究科 准教授
第2期　5年型 (2010 年 10 月～2016 年 3 月)	人刺激・計測 MEMS を用いた効果的な環境知能伝達方法の開発	三木 則尚	慶應義塾大学 理工学部 専任講師	慶應義塾大学 理工学部 准教授	慶應義塾大学 理工学部 教授
第2期 (2010 年 10 月～2014 年 3 月)	人と計算機の知の融合のためのプログラミング言語と開発環境	森嶋 厚行	筑波大学 図書館情報メディア研究科 准教授	筑波大学 大学院図書館情報メディア系/知的コミュニティ基盤研究センター 教授	筑波大学 図書館情報メディア系 教授
第3期 (2011 年 10 月～2015 年 3 月)	集合記憶の分析および歴史文書からの知識抽出手法の開発	Adam Jatowt	京都大学 大学院情報学研究科 准教授	京都大学 大学院情報学研究科 准教授	Department of Computer Science & Digital Science Center University of Innsbruck Professor
第3期 (2011 年 10 月～2015 年 3 月)	知識の自動獲得・構造化に基づく情報の論理構造とリスクの分析	岡崎 直観	東北大学 大学院情報科学研究科 准教授	東北大学 大学院情報科学研究科 准教授	東京工業大学 情報理工学院 教授
第3期 (2011 年 10 月～2015 年 3 月)	インターネット環境が脳と認知機能へ与える影響の解明	金井 良太	ロンドン大学 認知神経科学研究所 研究員	サセックス大学(イギリス) 心理学リーダー(准教授相当)	(株)国際電気通信基礎技術研究所 事業開発室 担当部長 (株)アラヤ 代表取締役
第3期 (2011 年 10 月～2015 年 3 月)	解析過程と応用を重視した再利用が容易な言語処理の実現	狩野 芳伸	情報・システム研究機構 ライフサイエンス統合データベースセンター 特任助教	静岡大学 情報学研究科 准教授	静岡大学 学術院情報学領域行動情報学系列 准教授
第3期 (2011 年 10 月～2015 年 3 月)	マルチスケール身体モデルに基づく運動評価技術の開発とその応用	栗田 雄一	広島大学 大学院工学研究院 准教授	広島大学 大学院工学研究院 准教授	広島大学 大学院先進理工系科学研究科(工) 教授
第3期 (2011 年 10 月～2015 年 3 月)	グループコミュニケーションの解明に基づく車椅子型移動ロボットシステムの開発	小林 貴訓	埼玉大学 理工学研究科 准教授	埼玉大学 理工学研究科 准教授	埼玉大学 大学院理工学研究科 教授

期 (研究期間)	研究課題	研究者	採択時 所属・役職	終了時 所属・役職	追跡調査時 所属・役職
第 3 期 (2011 年 10 月～ 2015 年 3 月)	情報環境での人間行動モデルに基づく知識・情報取引メカニズム設計論の構築	櫻井 祐子	九州大学 大学院システム情報科学研究院 准教授	九州大学 大学院システム情報科学研究院 准教授	名古屋工業大学 工学(系)研究科(研究院) 教授
第 3 期 (2011 年 10 月～ 2015 年 3 月)	ソーシャル・プレイウェアによる社会的交流支援	鈴木 健嗣	筑波大学 大学院システム情報工学研究科 講師	筑波大学 システム情報系 准教授	筑波大学 システム情報系 教授
第 3 期 (2011 年 10 月～ 2015 年 3 月)	福祉機器安全設計のためのマルチモーダル評価情報の統合基盤構築	硯川 潤	国立障害者リハビリテーションセンター研究所 福祉機器開発部 研究員	国立障害者リハビリテーションセンター研究所 福祉機器開発部福祉機器開発室 研究室長	国立障害者リハビリテーションセンター研究所 福祉機器開発部福祉機器開発室 研究室長
第 3 期 (2011 年 10 月～ 2015 年 3 月)	生命のうごきが聞こえる:生命動態情報の可聴化による「生き様」の理解	寺澤 洋子	筑波大学 大学院図書館情報メディア系 研究員	筑波大学 大学院図書館情報メディア系 助教	筑波大学 大学院図書館情報メディア系 准教授
第 3 期 5 年型 (2011 年 10 月～ 2017 年 3 月)	立体的メディアのための人間の知覚特性に基づく情報提示表現手法の開拓	藤木 淳	国際メディア研究財団 基礎研究部門 研究員	科学技術振興機構 さきがけ研究者 (東京藝術大学 藝術情報センター)	札幌市立大学 デザイン学部 教授
第 3 期 (2011 年 10 月～ 2015 年 3 月)	複合階層モデルを用いた都市エリアシミュレーションの開発と利用方法の確立	山下 倫央	産業技術総合研究所 サービス工学研究センター 研究員	産業技術総合研究所 サービス工学研究センター 研究員	北海道大学 大学院情報科学研究院 准教授

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

研究領域終了後、一定期間を経過した後の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ことを目的とした。

2.1.2　調査の対象

さきがけ研究領域「情報環境と人」(2009 年度～2016 年度)の表 1-2 に示す研究者を対象とした。

2.1.3　調査方法

(1)競争的研究資金等

調査対象期間は、本研究領域の研究期間中を含めて本追跡調査時点までとし、本研究領域の研究者が研究代表を務める競争的研究資金等を調査した。その中から、総額が 1 千万円/件以上のものを抽出した。

この中で各研究課題の開始後に獲得し、当該研究課題が終了する前に、あるいは同年度に終了する事案に関しては対象外とした。獲得状況については、研究者へのアンケートおよび科学研究費助成事業データベース[1]による検索で抽出した。(アンケートに回答無しの研究者に対しては、本データベースの検索のみ)

(2)論文

論文の抽出は、文献データベースとして Scopus を用い、Book、Editorial、Erratum を除く全文献タイプの論文を対象とし、研究者が著者になっている論文を著者名検索により抽出した。抽出した期間は 2021 年 8 月までとなっている。

これらから研究者ごとに論文リストを作成し、①本さきがけ研究期間内の研究成果論文、研究期間内で①以外、②本さきがけ研究終了後の研究成果の発展の論文、研究終了後の②以外に分類した。これら 4 つの分類は、研究終了報告書に記載の論文、著者の所属が PRESTO であるもの、競争的研究資金情報に JST または PRESTO の記載があるもの、謝辞の対象に JST があるもの、これらいずれかを満たせば①の論文とし、①の論文を引用している研究終了後の論文を②と暫定的に分類し、その後、研究者へ確認し、修正など実施した。これら 4 つの分類のそれぞれの論文数と、①②に関しては、被引用回数上位 Top10%以内を調査した。

[1] https://kaken.nii.ac.jp/ja/

(3)特許

研究者が発明者となっている特許で、出願日が課題開始以降から本追跡調査時点までの特許を抽出した。抽出はPATENT SQUARE(パナソニック株式会社)で検索し、登録状況も調査した。これらから研究者ごとに特許リストを作成し、①本さきがけ研究期間内の研究成果の特許、研究期間内で①以外、②本さきがけ研究終了後の研究成果の発展の特許、研究終了後の②以外に暫定的に分類し、その後、研究者へ確認し、修正など実施した。

(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、各研究者へのアンケートおよびWeb検索などで調査した。

(5)研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果等

各研究者へのアンケートおよびWeb検索などで調査した。

2.2 追跡調査結果

2.2.1 競争的研究資金等

本さきがけ研究終了後、ほぼ全ての研究者は競争的研究資金等を獲得し、研究活動を進め、研究をさらに発展、展開させている。

例えば、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)プロジェクトは、緒方、辻、栗田、国立研究開発法人日本医療研究開発機構(AMED)プロジェクトは荒牧、三木、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)プロジェクトは岡崎、科研費 基盤研究(S)は緒方、基盤研究(A)は尾形、梶本、髙玉、田中(2件)、原田、坊農、山岸、森嶋、岡崎、鈴木、新学術領域は梶本、田中、原田、硯川(2件)、挑戦的研究は狩野、鈴木、JSTの未来社会創造事業は和泉、CRESTは原田、寺田、中澤、森嶋、金井、鈴木(2件)、さきがけは井ノ口、舘、寺田、栗田、ImPACTは原田らが、これら大型競争的研究資金等の研究代表者として採択されている。また、JSTムーンショット型は、9つのムーンショット目標の内の2つが情報関連目標であり、その1つのムーンショット目標1のプロジェクトマネージャーに金井、課題推進者に大澤、原田、2つめのムーンショット目標3のサブプロジェクトマネージャーおよび課題推進者に尾形が採択されている。

これらから、ほとんどの研究者は活躍の場を拡大し、分野の中心となり、研究現場をリードし活躍していることがうかがえる。

2.2.2 論文

①本さきがけ研究期間内の研究成果論文数、②本さきがけ研究終了後の研究成果の発展論文数、およびそれらの被引用回数上位 Top10%以内をまとめた。本研究領域の全体状況を

図 2-1 に示す。また、研究者ごとの①②、および研究期間内の①以外、研究終了後の②以外の論文数を図 2-2 に示す

図 2-1 に示すように研究領域全体で発表された論文数は、①本さきがけ研究期間内の研究成果は 543 報、このうち Top10%以内は 65 報あり、②本さきがけ研究終了後の研究成果の発展は 764 報、このうち Top10%以内は 78 報であった。①に比べ研究終了後の②は 1.4 倍に増加(Top10%以内は 1.2 倍)しており、研究終了後においても、本さきがけ研究成果は、着実に発展、展開し拡大している。また、①において本研究領域内での共著は 9 報、②では 7 報であった。研究終了後も研究者間の連携研究は進んでおり、かつ、研究期間内とはほとんど異なる研究者間の連携がみられるため、新たな展開が進んでいることがうかがえる。

図 2-2 に示すように各研究者の①と研究期間内の①以外の合算、②と研究終了後の②以外の合算との比較では、多く研究者が研究終了後に論文数を拡大させている。この拡大が 2 倍以上となる研究者は和泉、緒方、髙玉、高梨、原田、井ノ口、高野、中澤、Adam Jatowt、狩野、鈴木、山下であり全研究者の 1/3 以上に上っている。また、研究終了後の②以外の論文が多い研究者もみられ、進歩や変遷の早い分野の中で、柔軟に他の研究課題にチャレンジしていることがうかがえる。

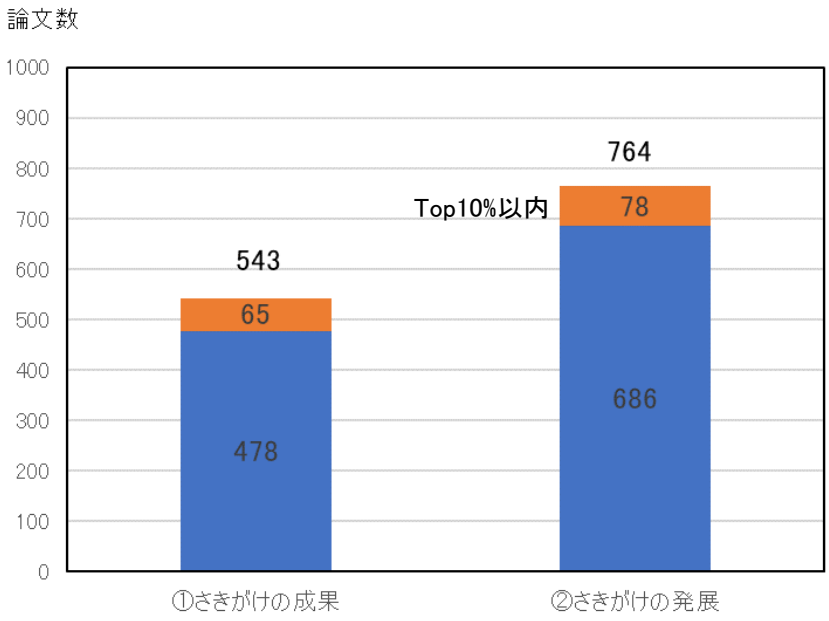

図 2-1　本さきがけの研究成果とその発展の論文数

①本さきがけの成果での共著

共著者	論文数
和泉 潔 ・高玉 圭樹	1
尾形 哲也・駒谷 和範	4
緒方 広明・高梨 克也・坊農 真弓	1
高玉 圭樹・城戸 隆	1
金井 良太・狩野 芳伸	1
鈴木 健嗣・寺澤 洋子	1
合計	9

②本さきがけの発展での共著

共著者	論文数
和泉 潔 ・山下 倫央	1
緒方 広明・高梨 克也・坊農 真弓	2
荒牧 英治・狩野 芳伸	1
井ノ口 宗成・森嶋 厚行	1
鈴木 健嗣・寺澤 洋子	2
合計	7

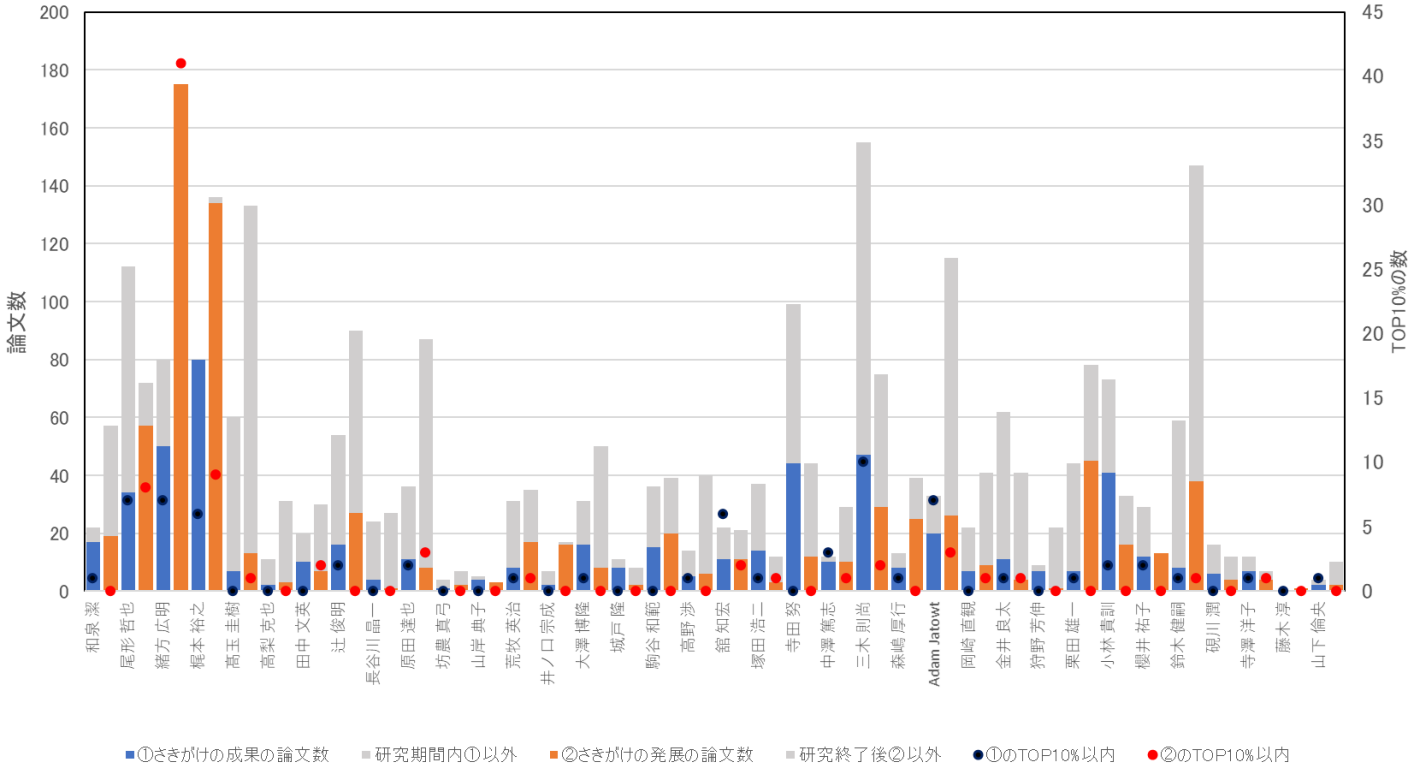

図 2-2　本さきがけの各研究者の研究成果とその発展の論文数

2.2.3　特許

①本さきがけ研究期間中の研究成果と、研究期間内の①以外の特許出願数、②本さきがけ研究終了後の研究成果と、研究終了後の②以外の特許出願数、登録件数をまとめた。本研究領域の全体状況を図 2-3 に示す。また、研究者毎の国内出願数について図 2-4 に示す。

図 2-3 に示すように研究領域全体で出願された国内特許は、①本さきがけ研究期間内の研究成果として 20 件(登録件数 14 件)、本さきがけ研究終了後の研究成果の発展は 74 件(登

録件数 28 件)で、①と②の比較では 3.7 倍(登録件数は 2 倍)となっている。また、海外出願、登録件数も同様に増加し、研究終了後の②以外も増えている。

図 2-4 に示すように、梶本、髙玉、栗田、鈴木は②が多くいずれも 5 件以上となっている。 各研究者の①と研究期間内の①以外との合算、②と研究終了後の②以外との合算の比較では、多く研究者が研究終了後に特許出願数を増大させている。①と研究期間内の①以外の合算が 0 で、②と研究終了後の②以外の合算が増加、あるいは 2 倍以上の増大となる研究者は和泉、尾形、緒方、髙玉、高梨、長谷川、原田、高野、塚田、中澤、森嶋、岡崎、岡崎、小林、鈴木、山下であり全研究者の半数近くに上る。

図 2-3、4 から、本さきがけ研究終了後、その発展や展開が着実に拡大し、また、論文同様、他研究課題にチャレンジしている研究者も多いことがうかがえる。

(本研究領域のような分野では、アルゴリズムなどプログラムに類する場合など、特許取得が効力を発揮する特許侵害確認が困難なことや、オープン・クローズ戦略の中で、多数の人に供与することで社会受容性の醸成や新たな市場形成を狙うため、特許出願を控える場合がある。そのため、これらの特許業績については、研究成果が特許出願の形として必ずしも現れず、過小に見えることを加味する必要がある。)

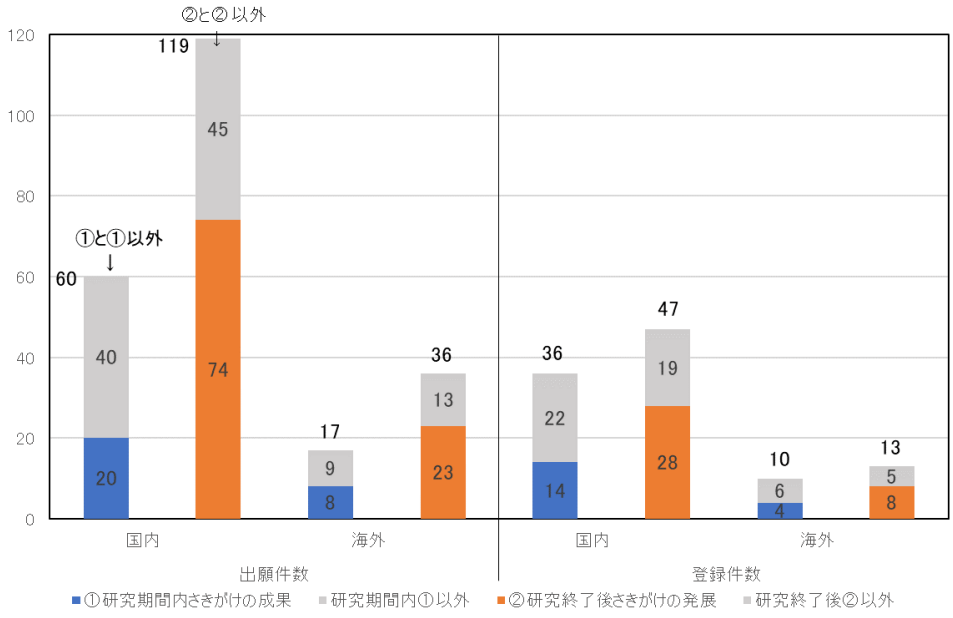

図 2-3　本さきがけの研究成果とその発展の特許出願数

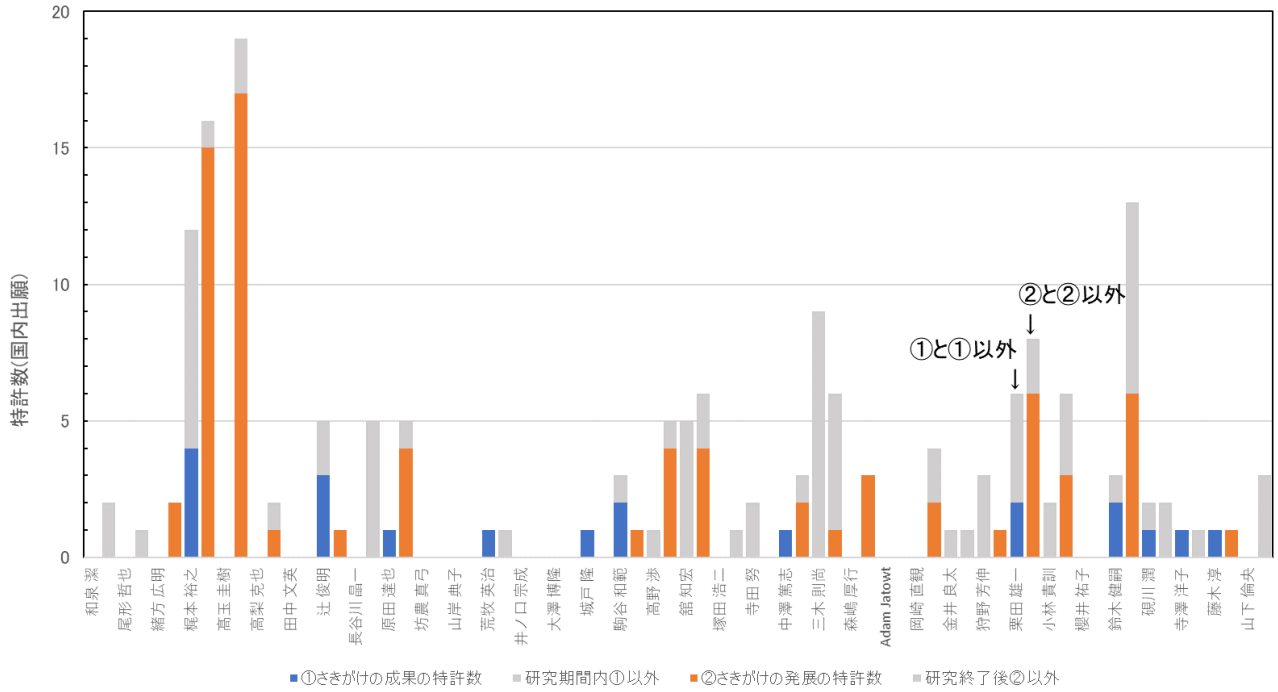

図 2-4　本さきがけの各研究者の研究成果とその発展の国内特許出願数

2.2.4　受賞

各種学会の優秀論文賞、講演賞、貢献賞など受賞が数多い。また、野島久雄賞(日本認知科学会)を大澤、船井学術賞を岡崎、高柳研究奨励賞を狩野、山下記念研究賞(情報処理学会)を山下らが受賞している。

民間企業からのものは IBM 2017 Faculty Award を尾形、ドコモ・モバイル・サイエンス賞先端技術部門優秀賞を岡崎、Microsoft Innovation Award 最優秀賞、KDDI Mugen Lab Award 1 st Prize を金井らが受賞している。

また、文部科学大臣表彰を原田、坊農、舘、岡崎、金井の 5 名が、文化庁メディア芸術祭アート部門審査委員会推薦作品を藤木(2 件)、メディア芸術祭審査委員会推薦作品(文化庁)を長谷川、KIDS DESIGN AWARD キッズデザイン賞(消費者庁)を鈴木らが受賞している。さらに、一般社団法人電子情報技術産業協会(JEITA)ベンチャー賞を金井、災害支援などでの感謝状(熊本県、北海道など自治体から)を井ノ口(5 件)、読者と選ぶ「建築と社会」賞(日本建築協会)を舘らが受賞している。

本研究領域の研究者の研究終了後の受賞は、各種学会、民間企業、官公庁、自治体からなど授与機関、受賞内容も多種にわたっている。本研究領域の研究者は、研究終了後においても、学術的、社会的貢献をしており、これらが多く認められ高く評価されていることがうかがえる。

2.2.5 共同研究や企業との連携

本研究領域の研究者の外部機関との共同研究や企業との連携について表 2-1 に示す。

ほとんどの研究者が共同研究や企業との連携を複数実施しており、連携機関も国内外あり、その内容も幅広い。多数の研究機関、多様な業種の多数の企業との連携は、実社会での本研究領域の研究成果への関心の高さや有効性を表しており、そのすそ野の広さも示している。

表 2-1　本さきがけの研究者の共同研究や企業連携例

期	本さきがけ研究課題	研究者	内容他	連携機関
1 期	集団としての人間の行動軌跡解析と場のデザイン	和泉 潔	・各種データから経済状況を推定する大規模データ解析 ・経済理論に基づき経済要素間の関係性を分析し、観測困難な経済要素の状況を推定する経済理論的分析 ・政策の選択肢に対して政策導入後の経済的影響推定、社会シミュレーション ・不足する学習データを人工市場により補間する深層強化学習の取引戦略学習安全性向上	慶應義塾大学、一橋大学 金融機関 5 社
			再生エネルギーや蓄電技術など含む電力取引市場や Mobility as a Service の運賃市場など、新たな制度設計のエージェントシミュレーション	産業技術総合研究所 家電メーカ 2 社
	長期インタラクション創発を可能とする知能化空間の設計論	尾形 哲也	ロボットの感覚運動予測に深層学習を適応させた実時間での予測誤差に応じた動作生成による柔軟物、粘性液体、粉体などマニピュレーション	ミュンヘン工科大学(ドイツ) バーミンガム大学(英国) 産業技術総合研究所 NVIDIA 株式会社日立製作所 セック株式会社 Preferred Networks 他 4 社
			多義性を有する言語と行動の対応について、深層学習における潜在空間共有のアプローチを用いた相互変換モデル	ジョンズホプキンス大学(米国)
			精神発達障害のメカニズムを人工神経回路モデルと身体を持つロボットを用いた構成論的アプローチより理解する計算論的精神医学に関する研究 (これまでに神経発火の興奮性と抑制性のバランス異常、階層間経路障害など、生理学的に妥当な現象から統合失調症や自閉症スペクトラムと関連する行動以上が生まれることを解明している)	マンチェスター大学(英国) 国立精神神経医療センター 沖縄科学技術大学院大学 株式会社日立製作所
	触覚の時空間認知メカニズムの解明に基づく実世界情報提示	梶本 裕之	皮膚変形計測	大阪大学
			静電触覚提示	名古屋大学
			電気触覚ディスプレイ	三菱ケミカル株式会社
			指先皮膚計測	株式会社資生堂
			自動車内 VR	株式会社豊田中央研究所
			触覚提示装置	マサチューセッツ工科大学(米国) ニューサウスウェールズ大学(オーストラリア)
			電気刺激による運動感覚提示	シカゴ大学(米国)
			遠隔触覚伝送	スコルコボ科学技術大学(ロシア)

期	本さきがけ研究課題	研究者	内容他	連携機関
	学習進化機能に基づくスパイラル・ケアサポートシステム	髙玉 圭樹	心拍数から推定した概日/非概日リズムの振幅比率に基づくアルツハイマー型認知症判定など介護とヘルスケア研究	聖マリアンナ医科大学
			リアルタイム睡眠深度推定など	ヤマハ株式会社
			概日リズムに着目した睡眠とストレスの分析など	株式会社村田製作所
			日中の仮眠における最適温熱制御など (株式会社 point0 が運営するコワーキングスペースでその有効性を検証)	ダイキン工業株式会社
			-	スタンフォード大学(米国) 株式会社フューチャーインク
	多人数インタラクション理解のための会話分析手法の開発	高梨 克也	科学者の対話力向上のためのトレーニング (「研究者・研究職・大学院生のための対話トレーニング」(2021 年、ナカニシヤ出版)を刊行。普及展開のため社会対話技術研究所を共同で設立(2014 年))	京都大学(iCeMS)など
			共同研究のための枠組み「協働」研究コンソーシアムを設立(2016 年)、関連分野の研究者等との意見交換など実施中	スカイライトコンサルティング株式会社
	力覚信号処理技術に基づくリハビリ支援ネットワーク	辻 俊明	ハイダイナミックレンジ力覚センサを用いた組み立てロボット(世界初で開発に成功)	株式会社ワコーテック 株式会社興電舎
			-	横浜国立大学、信州大学、 帝京大学 University of Wyoming University Rehabilitation Institute(スロベニア)
	大規模 web 情報とライフログによる実世界認識知能の構築	原田 達也	深層生成モデル	日本電信電話株式会社
			少ない教師情報からの機械学習	ソフトバンク株式会社 (東京大学、ソフトバンク株式会社らで設立された Beyond AI 研究推進機構などにて実施)
			機械学習を用いた音楽情報処理	ソルボンヌ大学(フランス) フランス国立音響音楽研究所
			動く臓器など非剛体物体の 4 次元(時空間)トラッキングと再構成	プリンストン大学(米国)
			少数教師データからのモデル学習	Indian Institute of Technology Hyderabad (インド)
2 期	自然言語処理による診断支援技術の開発	荒牧 英治	医療言語処理	東京大学、京都大学 医薬基盤健康栄養研究所 国立がんセンター 大阪国際がんセンター 富士通株式会社 日本電気株式会社 富士ゼロックス株式会社 (現 富士フイルムビジネスイノベーション株式会社) LINE 株式会社
			医療言語処理の特に医薬品、副作用抽出について	ドイツ人工知能研究センター
	迅速な災害対応のための空間を用いた情報統合技術の確立	井ノ口 宗成	インドネシア、フィリピン等とつないだ国際サイバーフィジカル防災訓練の実施 (地理情報システム(GIS)を活用した災害時の被害状況統合を実施)	Syiah Kuala University(インドネシア) グルノーブル・アルプ大学(フランス)など

期	本さきがけ研究課題	研究者	内容他	連携機関
	擬人化を利用した人間の認知能力補助インタフェースの開発	大澤 博隆	(イノベーションの発端に SF があった例から着想した)SF を活用し、未来をつくる SF を用いたイノベーション促進の方法論など	株式会社三菱総合研究所
			多機能複合プリンタに眼や手を付け擬人化、設定や操作法など説明でユーザの機能理解を飛躍的に進める機能説明エージェントなど	京セラドキュメントソリューションズ株式会社
			–	アリゾナ州立大学(米国) 西シドニー大学(オーストラリア) チャーマーズ工科大学(スウェーデン) アインドホーヴェン工科大学(オランダ) 南方科技大学(中国)
	発話行動の階層的理解に基づく相互適応型音声インタラクション	駒谷 和範	・テキストだけでなく、聴覚から得られる声色、視覚から得られる表情など複数の情報を利用し人とことばを用いて話をするマルチモーダル対話システム ・オンライン知識獲得で自律進化する音声対話システムなど	北陸先端科学技術大学院大学
			対話システム評価への心理学的方法の適用など	神戸女学院大学
			レーザ測域センサを用いた、身体の向きを含めた複数人物の実時間追跡など	埼玉大学
			対話システムにおける知識グラフの埋め込み表現を用いた応答生成など	株式会社ホンダ・リサーチ・インスティチュート・ジャパン
			画像情報とユーザ指示発話から意図する画像中の目的地を推定するシステムなど	ホンダ・リサーチ・インスティチュート・USA 本田技研工業株式会社
			マルチモーダル情報からの運転者の内部状態の推定など	三菱電機株式会社
	行動の記号化を基盤とした身振り・言語を通じてコミュニケーションするロボットの知能設計	高野 渉	介護現場の人の行動を識別して言語化する AI など	トヨタ自動車株式会社
			あん馬体操の自動採点アルゴリズムなど	富士通株式会社
	実世界指向ユーザインタフェース実現のための動作認識基盤の確立	寺田 努	手術中の疲労計測やリハビリ計測システム	広島大学
			音を用いて周囲の状況を認識するエコーロケーションシステム	北海道大学
			ウェアラブルエコーロケーションシステム	情報通信研究機構
			教育現場のセンシングシステム	放送大学
			計算機より処理が容易なタスクを人間が大量に行うマイクロタスク型クラウドソーシングにおいて、人の行動を検知し床にタスクを投影、処理結果入手するシステム	筑波大学
			技術伝承	大阪府立大学
			ストレッチセンサを利用した嚥下を計測するデバイス	バンドー化学株式会社
			無電源センシングシューズ	株式会社アシックス パナソニック株式会社
			休憩時間の効果計測	株式会社ビービット
			肌水分量の計測システム	株式会社桃谷順天館

期	本さきがけ研究課題	研究者	内容他	連携機関
			帰宅分散を実現するための情報提示システム	株式会社デンソーテン 楽天モバイル株式会社 楽天ヴィッセル神戸株式会社
			ウェアラブル環境におけるフォント可読性	株式会社モリサワ
	広領域・非装着型視線検出技術の開発	中澤 篤志	ユマニチュード技術(見つめる、話しかける、触れる、立たせる、の 4 要素からなるケア手法)をウェアラブルセンサー、環境センサなどで定量化、それらを解析し、介護スキル学習システムの開発および被介護者への有効性を可視化するシステムなど	九州大学、京都大学 東京医療センター ジョージア工科大学(米国)
			瞳孔径による情動センシング	株式会社オムロン
	人刺激･計測 MEMS を用いた効果的な環境知能伝達方法の開発	三木 則尚	髪の毛を避け、角質を貫く無痛の針電極による前処理不要の脳波計測の開発とその応用探索など	筑波大学、東京藝術大学 (慶應義塾大学文学部心理学教室を含む)
			別々の知覚が互いに影響を及ぼし合うクロスモーダル効果を応用した触感提示など	東京大学、大阪大学、筑波大学
			ウェアラブル疲労センサシステムなど	株式会社日立 LG データストレージ
			-	株式会社 N T マイクロシステムズ
	人と計算機の知の融合のためのプログラミング言語と開発環境	森嶋 厚行	様々な社会課題を細分化し、AI と人手で解決できる作業に分類、クラウドソーシングによる調和的協働により課題解決を目指す CyborgCrowd プロジェクト	富山大学、京都大学
			できるだけ多くのワーカが同じように作業を分担するインクルージョン性とワーカの能力を考慮、高スループット、データ高品質化を目指したクラウドソーシングにおけるタスク割当など	筑波技術大学
			クラウドソーシング関連	情報系企業 1 社
3 期	集合記憶の分析および歴史文書からの知識抽出手法の開発	Adam Jatowt	様々な資料から歴史を分析、理解するための類似した歴史に基づいたエンティティマッピング、アーカイブ文書の検索モデル、タイムラインの自動構築など	ラロシェル大学(フランス) トマル工芸大学(ポルトガル) イェーテボリ大学(スウェーデン) 南洋理工大学(シンガポール)
	知識の自動獲得・構造化に基づく情報の論理構造とリスクの分析	岡崎 直観	ソーシャルメディアなどビッグデータから知識を自動的に獲得する技術、それらの意見分析技術や深層学習を用いたニュース記事の自動校正、見出しの自動生成など言語生成技術	企業 7 社
			マルチモーダル言語処理	コペンハーゲン大学(デンマーク)
	解析過程と応用を重視した再利用が容易な言語処理の実現	狩野 芳伸	国内最大級のエンタテインメント業界のイベントのコンピュータエンターテインメントデベロッパーズカンファレンス(CEDEC)で人狼知能プロジェクトのメンバとして人狼知能大会を毎年開催、会話の理解・生成など自然言語処理研究を推進 (人狼知能プロジェクト:市民側と人狼側に分かれ市民側に扮して人間を滅ぼそうとする人狼を会話の中で推理し、滅ぼすことで平和を守る人狼ゲームで人狼知能同士を自動対戦させるプロジェクト)	共同運営者： 東京大学、大阪大学、筑波大学、山形大学、電気通信大学、東京工芸大学、愛知工業大学、奈良女子大学、中京大学、国立情報学研究所
			特定の単語、情報、条件などを入力するだけで、広告コピーを生み出すシステム	株式会社電通
			新聞記事の見出しの自動生成	株式会社中日新聞社
			患者の話し言葉から精神疾患や発達障害を判定する自動診断支援など	慶應義塾大学病院、東京大学、国立情報学研究所、東京医科歯科大学、志學館大学など

期	本さきがけ研究課題	研究者	内容他	連携機関
			電子カルテや病理所見の医療テキストの処理による診断支援(診断名推測、重症度抽出など。診断名推測は国際ワークショップ NTCIR コンテストで 2016 年に首位獲得)	国立病院機構、浜松医科大学、日本病理学会など
			AI を活用した裁判の過程(裁判官が行う事実認定過程、あてはめ過程、判決推論過程)の分析、判断に至る法的根拠、論理の可視化	国立情報学研究所、北海道大学など
	マルチスケール身体モデルに基づく運動評価技術の開発とその応用	栗田 雄一	建機の遠隔操作に関わる次世代ヒューマンインタフェース	コベルコ建機夢源力共創研究所(コベルコ建機株式会社と共同で設立)
			AI によるスキル把握、タスク難易度設定、コーチングを行う AI スマートコーチング	アリゾナ州立大学(米国)など
			ゴム人工筋、センサとディスプレイのアシスト機能、機能評価を含む歩行と転倒防止支援のソフトエグゾスケルトン	台湾国立大学など
			椎湾曲症評価	スイス連邦工科大学チューリッヒ校
	グループコミュニケーションの解明に基づく車椅子型移動ロボットシステムの開発	小林 貴訓	高齢者支援のための荷物の搬送、案内、身体の支え、見守り可能な自動走行ロボットの買い物カートについての院内搬送への応用	国内大手医療機器メーカ
			買い物カートなどの人との相互行為の海外比較による多文化社会対応	キングスカレッジロンドン (英国)
			演者と聴衆が相互に身体的振る舞いを伝達することで全体の一体感や聴衆の参与感を向上させるアイドル応援デバイス、システム	国内大手通信企業
	情報環境での人間行動モデルに基づく知識・情報取引メカニズム設計論の構築	櫻井 祐子	ゲーム理論的マルチエージェントシステム	九州大学
			クラウドソーシングでのヒューマンコンピュテーションなどで重要となる人間の実行可能性と社会的受容性を考慮したヒューマンセントリックメカニズム設計	企業 1 社 アデレード大学(オーストラリア)
	ソーシャル・プレイウェアによる社会的交流支援	鈴木 健嗣	表情、対人コミュニケーションに対する動機づけ、他人への身体接触など早期からの対人相互作用支援が必要な発達障害児(自閉スペクトラム症児を含む)に対し、生体電位信号、身体動作から表情、情動、対人交流、意図など理解するソーシャルイメージングで計測することでエビデンスのある支援を可能とする発達支援	慶應義塾大学(文学部) Children's Hospital of Philadelphia (CHOP)
			身体接触、生理信号、空間位置計測による情動評価可能なソーシャル・プレイウェアの表情の表出行動変容への応用	資生堂株式会社
			オンライン学習を自律的、継続的に進めるための VR 空間内の他者アバタとの社会的インタラクションの研究などオンライン環境での教育支援	富士通株式会社
	福祉機器安全設計のためのマルチモーダル評価情報の統合基盤構築	硯川 潤	ハンドル形電動車椅子(シニアカー)ユーザの知識、技能不足による事故防止、問題要因特定のための走行操作ログ、操作技能観察シートからなる操作技能評価ツール	帝京科学大学、杏林大学
			筋骨格モデルを包含したシニアカーの構造特性による操作負担評価手法、安全評価基盤構築	東京都立大学、杏林大学
			自助具の設計、評価	自治体からリハビリテーションセンター運営を受託する社会福祉法人

期	本さきがけ研究課題	研究者	内容他	連携機関
	生命のうごきが聞こえる：生命動態情報の可聴化による「生き様」の理解	寺澤 洋子	聴覚障害者が身の回りの状況や雰囲気を知ることができる非言語音(環境音、音楽)を聴く力を向上させる音楽トレーニングなど	筑波技術大学
			交通データの可聴化、それによる人の交通状態識別可能性、交通空間制御(運転行動変動など)	立命館大学
	立体的メディアのための人間の知覚特性に基づく情報提示表現手法の開拓	藤木 淳	任意形状の立体物へのイメージの転写	北海道立総合研究機構
			視線方向に応じて色変化する立体構造について商品化に伴う共同研究	RKK JAPAN 株式会社
	複合階層モデルを用いた都市エリアシミュレーションの開発と利用方法の確立	山下 倫央（北海道大学 調和系工学研究室）	北海道のスマートエネルギーネットワーク構築とコージェネレーション等の有効活用に向けた基礎研究	北海道ガス株式会社
			物流倉庫管理の人工知能技術応用に関する研究	株式会社ＰＡＬ
			SFA における人工知能技術の応用に関する研究	株式会社インターパーク
			人工知能を用いたアパレル商品画像のタギングに関する研究	株式会社ＴＳＩホールディングス
			人工知能によるマーケティングデータの分析アルゴリスム開発	フュージョン株式会社
			「AI/IoT を活用した生産と流通の最適化による持続可能な北海道水産業モデルの構築」に係る研究・開発	公立はこだて未来大学
			家電製品の販売予測	ジーエフケーマーケティングサービスジャパン株式会社
			気象予報図におけるキャプション配置最適化に関する研究	株式会社マイクロネット
			ヘルスケア商品の企画開発・販売における人工知能の活用に関する研究	ジェイフロンティア株式会社
			AI 技術を使った部品検査装置の開発	シンセメック株式会社
			コールセンター業務におけるシフト調整への AI 技術応用	株式会社ＴＭＪ
			CNN を用いた画像認識とタグ生成アルゴリズムの開発	株式会社デジタルガレージ
			人工知能技術を用いた川柳自動生成システム	日本放送協会
			デジタルマーケティングのための AI 技術の開発	株式会社セブン&アイ・ホールディングス
			人工知能技術を用いたバス車内カメラによる車内状況分析	株式会社シーズ・ラボ
			人工知能を活用したオークションの最適化戦略およびブランド品査定自動化に関する研究	バリュエンステクノロジーズ株式会社
			次期運輸業務システムにおける乗務員勤務の最適化導入に向けた検討	北海道旅客鉄道株式会社
			料理の構造化に関する研究	株式会社ニチレイ
			IoT と人工知能技術を活用したエネルギー供給の効率化に関する研究	ゼロスペック株式会社
			競輪競技におけるデータ解析とシミュレーション	株式会社チャリ・ロト
			業界初！高齢者の生活に寄り添う自立走行・歩行支援の歩行器「smartNexus®Walker」の製品化	株式会社サンクレエ

期	本さきがけ研究課題	研究者	内容他	連携機関
			コネクティッドネットワークにおける AI 活用の研究開発	株式会社ＫＤＤＩ総合研究所
			AI を使ったパケット解析やログ解析に関する研究	株式会社網屋
			除雪業務における労働時間削減に向けた AI・IoT 活用に関する研究開発	株式会社堀口組

2.2.6 人材育成

本研究領域の研究者の採択時の平均年齢は 35.3 歳と他さきがけからみても若い研究者が多い研究領域であった。研究総括は、若手の研究者としての自己確立の重要性を説き、喚起する運営を行っていた。具体例として、単著の英論文や著作の執筆、研究仲間を作り、自分たちのワークショップや国際会議の設立を意識することを推奨した。研究終了後、多くの研究者は、各分野で名の通った存在となっていることから、この思いは奏功したと捉えられる。

単著の英論文に関しては、研究内容により非常に大きな困難さは伴うが、本さきがけ研究期間では、和泉 1、緒方 3、梶本 8、髙玉 3、辻 6、大澤 2、城戸 2、舘 8、塚田 1、寺田 2、中澤 1、森嶋 1、岡崎 1、金井 3、狩野 2、栗田 1、櫻井 1、鈴木 3、寺澤に 1 報あり、本さきがけ研究終了後では、梶本 5、髙玉 5、田中 1、辻 2、原田 3、大澤 4、高野 3、舘 1、中澤 1、三木 3、金井 1、狩野 1、栗田 2、鈴木 2、硯川に 1 報ある。研究開始から本調査終了までで研究者の 7 割近くが実現している。著作に関しては、高梨の『基礎から分かる会話コミュニケーションの分析法』(ナカニシヤ出版)、『多職種チームで展示をつくる：日本科学未来館「アナグラのうた」ができるまで』(ひつじ書房)、『指さしと相互行為』(ひつじ書房)、監修した 5 巻シリーズのモノグラフ集『フィールドインタラクション分析』(ひつじ書房)、城戸の、『AI 導入によるバイオテクノロジーの発展』(シーエムシー出版)、第 2 章 3 項 遺伝子解析と AI 技術を用いたパーソナルゲノム情報環境、森嶋の『クラウドソーシングが不可能を可能にする』(共立出版)などの刊行がある。

ワークショップ、国際会議の設立、これらに類するものとしては、和泉が発起人の一人して設立した人工知能学会 金融情報学研究会(SIG-FIN)、尾形の早稲田大学での AI ロボット研究所(尾形が所長に就任)設立、緒方の一般社団法人エビデンス駆動型教育研究協議会設立、梶本の World Haptics Conference の日本開催での General Chair 就任、髙玉が Co-chair として米国人工知能学会 AAAI Spring Symposia 開催、高梨の京都大学(iCeMS)などとの一般社団法人社会対話技術研究所設立、スカイライトコンサルティング株式会社との「協働」研究コンソーシアム設立、田中の一般社団法人人工知能学会でのオーガナイズドセッション「世代をつなぐ知的インタフェイス」の 3 年連続開催、山岸の「こころの未病の見える化と改善の研究」の 5 拠点の研究コミュニティ形成、井ノ口、森嶋の一般社団法人コネクテッド社会研究機構設立、森嶋の Shonan Meeting(Human-in-the-loop Bigdata and AI: Brididging the Gap between Theories and Practices for a Better Future of Work)、IEEE Workshops(Human-in-the-loop Methods and Future of Work)主催、城戸の、米国人工知能学会 AAAI での How Fair is Fair? Achieving Wellbeing AI シンポジウム主催、Adam Jatowt の ACL2019 (Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics 2019)での Computational Approaches to Historical Language Change ワークショップ設立、狩野の人狼知能プロジェクト自然言語部門主催、栗田の広島大学での人間拡張実装プロジェクト研究センター設立(栗田はセンター長に就任)、コベルコ建機株式会社が広島大学内に立ち上げた夢源力共創研究所での共同研究講座主宰、櫻井の AAMAS(International Conference on Autonomous Agents and Multiagent

Systems)での日本人女性研究者初のArea PC就任などあり、研究者の4割以上が実現している。

これらの活動から、和泉の経済・金融分野での大規模データ活用は、情報技術の応用分野として有力な位置を占めるようになった。尾形は、AIロボットのためのDeep Predictive Learningの枠組みを提案し、数多くの賞を受賞し高く評価されている。緒方の学習ログの分析・活用の研究は、日本全体で教育データの利活用に向けた議論の契機となった。梶本は、その研究実績から、国際的な触覚研究コミュニティで認知された。髙玉は、開発した無拘束型睡眠段階推定技術の基になるWell-being AIを提唱し、Co-chairとして開催していたAAAI Spring Symposiaは、コンピュータサイエンスだけでなく、医学、バイオ、生体工学、認知科学者など参加する学際的な研究コミュニティとなり、Well-being AIの新しい分野間の融合が生まれた。高梨は、多人数・マルチモーダルインタラクション分析をフィールド調査の手法として活用する「フィールドインタラクション分析」という方法論を構築した。田中の教育ドメインにおける遠隔操作ロボットシステムの研究は、コロナ後のデジタル教育に関するOECD提言レポートにフィーチャーされ、さらに、ケア・レシーバー型ロボットは、この分野における代表的なロボット構成法の基本枠組の一つとして認知された。辻の、位置情報に加え、力の情報から特徴量を取り出し、解析する試みは、機械学習技術の発展とともにロボティクスのコミュニティにおいて拡がった。長谷川は、製品評価や設計、把持操作において、多くの作業や課題を再現可能とする特徴的な力触覚レンダリング技術を開発した。原田のクラス間学習や、教師なしドメイン適応技術は、本分野の標準的手法として広く利用されるものとなった。また、深層学習を用いて二次元から三次元に変換する際に必要不可欠な微分可能レンダリングの開発は、この分野の潮流を創出している。坊農は、いかに他者と空間を共有し、話し手が伝えたい意味内容を受け手に理解させるかについて、マルチモーダル記号論といった新たな言語理論につながる研究を立ち上げた。山岸の脳活動から他の認知機能を推定する研究は、株式会社国際電気通信基礎技術研究所を中心に大きく進展することになり、世界をリードすることになった。荒牧は、大量の自然言語の医療データを活用した医療支援システムの構築を進め、自然言語処理の臨床応用分野において第一人者となっている。井ノ口の「被災者台帳システム」は、多くの自治体で実装されることになった。また、国立研究開発法人防災科学技術研究所(NIED)において、我が国の防災分野のデザインに関わっている。大澤の擬人化に関する研究は、HAI分野の誕生に大きく貢献した。城戸は、AIの公平性、人間の主観性や認知バイアスに関わる問題を国際レベルで提起している。駒谷が提唱した階層的発話行動理解の概念は、近年のマルチモーダル対話システム研究の潮流となった。高野の人間の身体運動を記号化する研究は、人間の運動認識に新しい潮流を創出した。舘は、自己折りの理論、双曲放物面など次々と研究を進展させ、折紙工学の第一人者となり、本分野を先導している。塚田の出口を見据えた多岐にわたる様々なプロトタイプの迅速な構築、実証、アウトリーチの活動は、技術進歩の速い情報環境の可能性拡大や市民参加のものづくりの発展へとつながっている。寺田は、人の認知を活用したシステム、サービスが今後、広がることに備え、これらの心身に与える影響について新たな研究を立ち上げた。

中澤の角膜表面反射に関する研究は、人の視覚系の特性と眼球の表面反射の幾何的、光学的解析を組み合わせ、基礎理論の構築とともに、様々な応用事例に発展させている。これらの研究は、数々の受賞で認められるとともに、医学、ロボット、脳科学など、多くの分野の研究者が参画するプロジェクトとなっている。三木は、触覚研究における全く新しいアプローチの提案や、バイオフィードバック技術、インプラント人工腎臓など活動領域を大幅に拡大した。森嶋が立ち上げたクラウドソーシングプラットフォーム Crowd4U は、50 か国以上からの 2000 人以上の登録者で一日に数千のタスクが処理されるものに成長した。Adam Jatowt は HistoInformatics 分野を創生し、その後のコミュニティ活性化にも大きく貢献している。岡崎が本さきがけ研究成果の出口として着目したデータジャーナリズムやその後のロボットジャーナリズムは、多くのメディアで取り上げられるなど反響が大きいものとなった。金井は、意識のメカニズム研究において日本のトップランナーとして本分野を牽引しており、人工意識の研究は、意識研究の知見を AI 研究と結びつける役割を果たした。狩野は、機械学習や言語処理のプラットフォーム、ツール群の整備で、医療分野、法律分野、政治学分野など幅広い分野融合による新たな研究潮流を創出している。栗田は、従来なかった力感覚、触覚の設計手法の開発や、AI を用いたスマートコーチング技術など、人の知覚とインタラクションの研究を拡大した。小林の社会学の手法を取り入れた研究は、パーソナルモビリティと歩行者の移動環境におけるインタラクション技術として、1 つの技術分野になりつつある。櫻井は、クラウドソーシングにおける、ヒューマンセントリックメカニズムデザイン、チーム編成アルゴリズムを発展させた。鈴木は、人々の社会的交流を導くためのソーシャル・プレイウェアの概念を、「ソーシャルイメージング」、「ソーシャルシグナルの共有・拡張技術」と大きく発展させている。硯川の電動車椅子の安全性評価手法の構築は、世界的に先行しており、消費者庁・安全調査委員会の提言等で社会問題として認知された。寺澤の可聴化は、物理療法の運動の可聴化や、交通状態の可聴化、非言語音響表現の探求など、可聴化の可能性を拡大している。藤木の先駆的な立体表現手法は、同種の技術を中核とした企業の出現をもたらしている。また、非現実的な実写映像生成の方法論、仮想世界インタフェースなど先駆的研究は評価され数多くのデモ展示を行った。山下は、極めて多くの企業と連携し、社会システムの効率化、リスク軽減など運用手法の開発を進めた。

上記のように、ほとんど研究者は、各分野で自身の存在を確立し、大きな貢献をしていることが伺える。

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　2009 年度採択課題(一期生)

2.3.1.1　和泉潔「集団としての人間の行動軌跡解析と場のデザイン」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

和泉は、本さきがけ研究で、人間の行動データを解析・モデル化することにより、集団や社会の挙動を明らかにしてシステムとして予測や制御を行う情報技術を開発した。研究終了後、行動データの計測技術および深層学習を始めとした機械学習技術の発展に伴い、本研究が対象とした大規模行動データを活用するための情報技術分野は、大きな飛躍を遂げた。特に、本研究が中心的な対象の一つにしていた経済・金融分野での大規模データ活用は、情報技術の応用分野として有力な位置を占めるようになった。

和泉は、本さきがけ終了後、人工市場と深層学習モデルによる取引戦略の安定性解析、エージェントシミュレーションによる新規経済市場の制度設計、代替データと理論モデルの融合による新たな経済観測など研究を行った。

(1)人工市場と深層学習モデルによる取引戦略の安定性解析：

深層強化学習を用いた取引戦略学習を念頭に、不足する学習データを人工市場により補間する学習戦略の安全性向上を目指し、人工市場シミュレーション環境における深層強化学習の実現、模倣学習を用いたシミュレータの学習、Bayesian Neural Networks(BNNs)を用いた不確かさの考慮など手法を開発し検証した。

(Maeda, I., deGraw, D., Kitano, M., Matsushima, H., Izumi, K., Sakaji, H., Kato, A., Latent Segmentation of Stock Trading Strategies Using Multi-Modal Imitation Learning. J. Risk Financial Manag. 2020, 13, 250.

Iwao Maeda, David deGraw, Michiharu Kitano, Hiroyasu Matsushima, Hiroki Sakaji, Kiyoshi Izumi, Atsuo Kato, Deep Reinforcement Learning in Agent Based Financial Market Simulation, Vol. 13, No. 4, Apr. 2020.)

(2)エージェントシミュレーションによる新規経済市場の制度設計：

再生エネルギー、蓄電技術など新たな技術を含むローカルな電力取引市場、乗り合いタクシーや複数公共交通機関の連携など含むMaaS(Mobility as a Service)運賃市場など、新たに社会に導入される経済市場での制度設計のエージェントシミュレーション技術など開発した。

(若杉 亮,和泉 潔,平野 正徳,電力市場マルチエージェントシミュレーションと工場電力消費モデルによるDR効果分析,2021年度人工知能学会全国大会.

西村 康孝, 志村 泰知, 和泉 潔, 吉原 貴仁,電力分け合いMASモデルを用いた市場価格高騰の検証,2020年度人工知能学会全国大会)

(3)代替データと理論モデルの融合による新たな経済観測：

既存手法では用いられていなかった各種データ(行動データを含むオルタナティブデータなど)から経済状況を推定する大規模データ解析技術、経済理論に基づき経済要素間の関係性を分析し観測困難な経済要素の状況を推定する経済理論的分析の技術、政策の選択肢に対して政策導入後の経済的影響を推定するための社会シミュレーション技術の開発を行った。

また、オルタナティブデータによる経済指標の開発と実装を進めるJST未来社会創造事業「異分野共創型のAI・シミュレーション技術を駆使した健全な社会の構築」「代替データと理論モデルの融合による新たな経済観測」プロジェクトで研究代表を務め、各種公的機関と連携、公的統計への応用も含めた社会実装を目指している。

和泉が発起人の一人して2008年に設立し、継続して研究成果を発表してきた人工知能学会 金融情報学研究会(SIG-FIN)は、日本の本分野の最初の学術研究会となった。ここ数年で、機械学習や自然言語処理分野の著名な国際会議でも、本分野の研究会が次々と設立され、SIG-FINでの主査・幹事経験者がこれら国際会議でも委員会メンバを務めるなど、現在、日本が担っている本分野の国際的な役割につながる貢献となった。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

和泉は、株式会社電通国際情報サービスとの共同研究で、日本マイクロソフト株式会社、Cloudera, Inc.、Simudyne Ltd.の協力の下、市場リスク分析など金融分野への応用に向けたエージェントベースモデルを用いた人工市場のシミュレーション環境をクラウド上に構築した。

また、株式会社大和証券グループ本社と共同で、国内企業の公開IR情報や決算短信などのテキストデータを基に、特定テーマおよびその周辺テーマと関連性の強い銘柄・企業を連想検索により抽出するシステムを開発した。本システムは、銘柄分析や企業分析、投資ポートフォリオ構築の品質向上など、高い付加価値サービスの提案を可能にするものである。本システムは、2020年2月に大和証券グループ内に試験導入されている。

本さきがけ研究終了後から、金融と情報の融合のFinTech、および行動データを含むオルタナティブデータの経済金融分析に活用する技術の潮流が大きくなった。このような、経済金融実務での大規模データ活用の急速な発展の中で、和泉は、関連技術を多くの機関から切望され、多岐にわたる多くの金融機関・企業・公的機関との共同研究・実装実績を重ねている。

2.3.1.2　尾形哲也「長期インタラクション創発を可能とする知能化空間の設計論」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

尾形は、本さきがけ研究終了後、深層学習をロボットの感覚運動の予測に適応することで、実時間での予測誤差に応じた動作生成を実現し、柔軟物、粘性液体、粉体などのマニピュレーションを実現した。

(P. Yang, K. Sasaki, K. Suzuki, K. Kase, S. Sugano, and T. Ogata, Repeatable Folding Task by Humanoid Robot Worker using Deep Learning, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L), Vol.2, No.2, pp. 397-403, Nov. 2016.

K. Takahashi, T. Ogata, J. Nakanishi, G. Cheng, and S. Sugano, Dynamic Motion Learning for Multi-DOF Flexible-Joint Robots Using Active-Passive Motor Babbling through Deep Learning, Advanced Robotics, Vol. 31, pp. 1002-1015, Nov. 2017.

N. Saito, T. Ogata, S. Funabashi, H. Mori, and S. Sugano, How to select and use tools?, Active Perception of Target Objects Using Multimodal Deep Learning, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) (IF: 3.608), Vol. 6,Issue 2, pp. 2517-2524, March 2021.)

また、多義性を有する言語と行動の対応について、深層学習における潜在空間共有のアプローチを用いた相互変換モデルを開発した。

(M. Toyoda, K. Suzuki, H. Mori, Y. Hayashi, and T. Ogata, Embodying pretrained word embeddings through robot actions, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) (IF: 3.608), Volume 6, Issue 2, pp. 4225-4232, March 2021.

T. Yamada, H. Matsunaga, and T. Ogata: Paired Recurrent Autoencoders for Bidirectional Translation between Robot Actions and Linguistic Descriptions, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L), Vol. 3, Issue 4, pp. 3441-3448, Oct. 2018.

T. Yamada, S. Murata, H. Arie, and T. Ogata: Representation Learning of Logic Words by an RNN: from Word Sequences to Robot Actions, Frontiers in Neurorobotics, December 2017.)

さらに、精神発達障害のメカニズムを、人工神経回路モデルと身体を持つロボットを用いた構成論的アプローチで理解する、計算論的精神医学に関する研究を行った。

本研究では、神経発火の興奮性と抑制性のバランス異常、階層間経路障害など、生理学的に妥当な現象から、統合失調症や自閉症スペクトラムと関連する行動異常が生まれることを解明した。

(H. Idei, S. Murata, Y. Yamashita, and T. Ogata, Paradoxical sensory reactivity induced by functional disconnection in a robot model of neurodevelopmental disorder, Neural Networks (IF: 5.535), Volume 138, pp.150-163, June 2021.

H. Idei, S. Murata, Y. Yamashita, and T. Ogata, Homogeneous intrinsic neuronal excitability induces overfitting to sensory noise, A robot model of neurodevelopmental disorder, Frontiers in Psychiatry (IF: 3.532), July 2020.

H. Idei, S. Murata, Y. Chen, Y. Yamashita, J. Tani, and T. Ogata, A Neurorobotics Simulation of Autistic Behavior Induced by Unusual Sensory Precision, Computational Psychiatry (IF: 2.849), pp.1-19, Nov. 2018.)

これらの研究成果は、いずれも評判になり、複数メディアで、“さまざまな作業現場の自動化をめざし、形状が変わる物体のハンドリングに対応する深層学習型ロボット制御技術を開発”、“知らない言葉でもデータから類推して作業できるロボット制御法を開発”、“神経回路モデル搭載ロボットで、ASD の認知行動異常を解明”など多く取り上げられている。

尾形は、予測誤差に応じた動作生成の研究において、神経認知科学における予測符号化(予測と実際のセンサ情報との誤差を最小化するように認識を変え、行動を生成する脳の計算論に基づく知覚行動原理)の視点から、AI ロボットのための深層予測学習(Deep Predictive Learning)の枠組みを打ち出している。この枠組みの活動で、2017 年のロボット関連の著名な国際会議の IROS2017 で初めて深層学習がキーワードになった際、3 時間のチュートリアルを行うに至った。その後、複数の著名な国際会議(例えば、ICRA2017、2021、IROS2017、2018、2019、2020、2021、RSS2020、IJCAI2021)のワークショップでの招待講演、チュートリアル講演を行っている。また、著名な国際会議 ICRA2021 の Best Paper Award in Cognitive Robotics、IROS2021 の Best Paper in RoboCup Finalist など受賞に至り、ロボット学会欧文誌 Advanced Robotics の Best Paper Award (2019 年)、FA 財団論文賞(2019 年)など、本分野の権威ある賞の複数受賞にもつながった。

また、株式会社日立製作所と共同研究を行い、ドアへの接近動作、ドア開け動作、ドア通過動作など一連の全身動作と移動を伴う「ドア開け通過動作」を、深層予測学習でプログラミングレスのロボットを 2018 年に開発した。これに続き、従来困難であった「ジッパー開け」ロボットも 2021 年に開発し発表している。
(プレスリリース: 「ドア開け通過動作」
https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2018/05/0531.html
プレスリリース:「ジッパー開け」
https://www.hitachi.co.jp/rd/news/topics/2021/0528.html)
これらは、プログラムの代わりに感覚と運動のデータを学習することで、ディープラーニングが未学習の状態に対しても動作を生成可能なものである。環境のモデリングや認識システムのプログラミングを大幅に省略できるため、今後の応用拡大、普及が期待される。
本技術は、ロボット系の著名な雑誌 Science Robotics に採択されるとともに表紙を飾った。

いずれの業績も、AI ロボット分野の発展に大きく貢献し、足跡を残したものと捉えることができる。
(Horoshi Ito, Kenjiro Yamamoto, Hiroki Mori, Tetsuya Ogata, “Efficient multitask learning with an embodied predictive model for door opening and entry with whole-body control”, Science Robotics, 6 April 2022, Vol 7, Issue 65)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

尾形は、本さきがけ研究終了後、2017 年より国立研究開発法人産業技術総合研究所 人工知能研究センター特定フェローをクロスアポイント制度により兼任することとなり、より実用的な AI ロボット開発を進めている。

また、株式会社エクサウィザーズ(2016 年設立、2021 年上場)のアドバイザー(技術顧問)を設立当初から務めている。株式会社エクサウィザーズ、株式会社デンソーウェーブ、ベッコフオートメーション株式会社と共同でマルチモーダル AI ロボットを開発している。

本ロボットは、ユーザによるプログラミングが不要で、ディープラーニングと VR 技術を用いて人の動作を模倣して学習するロボットである。これは、ロボットにとっての難作業であるサラダ盛り付けやタオルをたたむなど、従来できなかった動作を自律的に可能とし、1 台で多様な作業に対応可能な高い汎用性を持たせることができるものである。

さらに、多指ハンドを装着した双腕型ロボットアームを開発し(国際ロボット展 2017、NVIDIA 主催 GTC(GPU Technology Conference)2018、Science Robotics 誌シンポジウムなどで実演デモ)、株式会社エクサウィザーズと株式会社デンソーウェーブが粉体秤量ロボットを開発(GTC 2018、国際ロボット展 2019 でデモ)、さらに、株式会社エクサウィザーズと株式会社デンソーウェーブ、大成建設株式会社が、粘性液体の秤量ロボットを開発した。

これらのロボットは、粘性の異なる少数の液体を学習させるのみで、ホットケーキミックス、お米、消臭ビーズなど全く異なる物性の計量を初見で実現するもので、多様な液体・粉末などの不定形物を扱う工場など、従来、人手に依存していた作業の自動化を可能にする画期的なものである。

本技術は、株式会社デンソーウェーブが AI 模倣学習として 2021 年に製品化を発表している。この AI 模倣学習は、AI でリアルタイム制御する汎用 AI 模倣学習ソフトウェアであり、ユーザ自身で言語化が難しい作業の自動化を実現するものとしてデンソー製ロボットに実装される。また、株式会社エクサウィザーズの SaaS(Software as a Service)の AI アプリケーションや、AI アルゴリズムを含むサービスの exaBase にも取り入れられている。

3.その他の波及効果

尾形は、一般社団法人日本ディープラーニング協会（理事長：松尾豊 東京大学）の理事として 2017 年の設立当初より参画している。ここでは、高専生による事業創出コンテスト DCON2019、2020、2021 の技術審査員を務めるなど含め、深層学習とハードウェア統合技術の普及に向けた活動をしている。

2021年には、ロボティクスで権威ある国際雑誌IEEE Robotics and Automation LettersのSenior Editor、同年にFrontiers in Robotics and AIのSpecial Chief Editorに就任している。

さらに、高度な技術開発とビジネス開拓の視点だけでなく、ELSI(Ethical, Legal and Social Issues)の視点での研究が必須であるとの考えから、所属の早稲田大学にて、法学、政策設計を行う研究者など専門家を集めてAIロボット研究所を2020年に設立し、自らが所長に就任している。

JST関連では、2016年からJST ACT-I「情報と未来」の領域アドバイザー、2017年からさきがけ「新しい社会システムデザインに向けた情報基盤技術の創出」領域アドバイザー、2020年からACT-X「AI活用で挑む学問の革新と創成」領域アドバイザーを務めている。

また、2050年までのAIロボットの社会実装のストーリを独自にまとめた提案で、ムーンショット目標3「一人に一台一生寄り添うスマートロボット（Project Manager 菅野重樹早稲田大学教授)」にSub Project Managerとして参画している。

2.3.1.3　緒方広明「ラーニングログを用いた協調学習情報基盤の開発」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

緒方は、本さきがけ研究終了後、適切な時、場所に学習情報が提供され学習する体験のデータから、効果的学習、誤りパタンを抽出する学習体験マイニング技術を開発した。さらに、これを拡大し、教育・学習活動のログを全て蓄積し、成績・履修情報等と統合し分析、その結果を教育・学習現場にフィードバックし改善をする教育・学習支援クラウド情報基盤の研究開発を進めた。

ここでは、緒方らが開発したデジタル教材配信システム BookRoll と分析ツール LA View で構成されるラーニングアナリティクスシステムの LEAF システムを基盤に、学習行動から説明生成を行う AI エンジン EXAIT(Educational Explainable AI Tools)を開発している。これは、学習・指導に有効な分析データを導き出す「説明できる AI」の先駆的研究であり、児童生徒の学習プロセスを理解して説明を生成、学ぶべき事項を推薦するものである。これにより、学習者を納得させ、主体的な意欲を引き出すものである。

本研究では、ラーニングアナリティクスの学校現場への導入を目指し、株式会社内田洋行、京都市教育委員会と連携し進めている。

緒方の本さきがけでの個人のラーニングログ蓄積、共有、分析する SCROLL(Supporting to Share and Reuse Ubiquitous Learning Log in the Context of Language Learning)システムを基にした関連研究は、この分野の著名な国際会議 LAK(Learning Analytics and Knowledge Conference)に採択され大きなインパクトを与え、Ubiquitous Learning Analytics という新たな研究分野を創出している。特に昨今のコロナ禍における世界的なオンライン教育の拡がりの中で、蓄積された膨大なラーニングログのデータ分析による学習者行動の把握の重要性の高まりが、この新たな潮流を後押している。

さらに、デジタル教材配信システム BookRoll のログデータ分析による学習支援の研究は、この分野で最も著名な国際論文誌 Computers and Education にも採択され、高い評価を得ている。

緒方は、Top 10 most prolific authors on the Learning Analytics field. (https://infedu.vu.lt/journal/INFEDU/article/725/file/pdf)

が示すように、ラーニングアナリティクスの研究分野で最も多く論文発表した世界で 8 位の研究者に選出されている。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

緒方の学習ログの分析は、文部科学省「GIGA スクール構想」や昨今のコロナ禍で、世界的に教育のデジタル化が注目されるようになった。デジタル教材配信システム BookRoll を用いた学校での教育データ分析は、教育 DX に有効なツールとして社会的インパクトを与え、国内の学校や大学、海外大学でも利用されている。このような教育 DX に有効なツールの普及にともない、日本学術会議では、個人情報の教育データの利活用のルール作り

のための教育データ利活用分科会が設立され、2020 年 9 月に提言が公開されている。また、文部科学省では、教育データの利活用のあり方のための有識者会議が設立されるなど、日本全体で教育データの利活用に向けた議論が始まった。

緒方は、文部科学省や教育委員会、地域の学校や企業、大学等が連携し、国全体で教育データの収集と分析の実践を行っていく必要があると考え、産学官連携強化、教育データ分析研究推進のための一般社団法人エビデンス駆動型教育研究協議会を 2021 年 5 月に設立している。

2.3.1.4　梶本裕之「触覚の時空間認知メカニズムの解明に基づく実世界情報提示」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

梶本は、本さきがけ研究終了後、VR アプリケーションでの臨場感向上に必須の、運動感覚の力覚提示を簡便、省スペースで実現する技術を開発した。従来、運動感覚を提示するためには実際に運動をさせる大型の装置が必要であったが、肢の位置や動きの感覚の錯覚である運動錯覚に着目し、運動を伴わずに提示できる技術を開発した。ここでは、皮膚せん断方向ひずみの提示のみで擬似力覚を生じさせる「皮膚牽引による回旋運動の生起」、手の甲からの電気刺激で屈曲側の刺激を可能とする「深部電気刺激による力感覚の生起」、物理特性知覚を変化させ知覚する「腱振動による運動感覚の生起」など発見しそれら組み合わせて効率的な力覚提示を実現している。

(牛山 奎悟, 田中 叡, 高橋 哲史, 梶本 裕之: 多点同時振動刺激による肩関節の運動錯覚, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.26, No.2, pp.143-154, 2021.

Akifumi Takahashi, Jas Brooks, Hiroyuki Kajimoto, Pedro Lopes, Increasing Electrical Muscle Stimulation's Dexterity by means of Back of the Hand Actuation, ACM CHI,2021.

Akifumi Takahashi, Kenta Tanabe, and Hiroyuki Kajimoto, Haptic Interface Using Tendon Electrical Stimulation: Evaluation of the Effectiveness on Multimodal Presentation. ACM SUI, 2018.)

また、まだ多くの質感を表現できでいない情報端末に対して、触感の自在な提示の実現向け研究を進めた。ここでは、触感の構成要素の解明に向け、時空間で高解像度の皮膚変形計測装置を開発した。この中で、皮膚の法線方向、せん断方向変位と触感表現の関係を明らかにし、記号提示だけではない触感表現も実現するディスプレイ設計において、どのような時間・空間解像度で設計すればよいかという指針を与えた。

(Seitaro Kaneko, Hiroyuki Kajimoto, Measurement System for Finger Skin Displacement on a Textured Surface Using Index Matching. Applied Science. 2020, 10(12),4184.

S.Tanaka, S. Kaneko,H. Kajimoto, Three-dimensional Measurement of Skin Displacement, Haptics Symposium, 2020.

S.Kaneko, R.Mizuhara, H.Kajimoto, S.Okamoto,Measurement and analysis of spatial-temporal skin deformation on an electrostatic tactile display,Eurohaptics 2018.)

さらに、指先の小さな面積への触覚・力覚の再現は、高密度アクチュエータ配置など困難であるため、異部位への触力覚提示での代替についての研究を進めた。ここでは、指先に本来感じる触覚・力覚を、前腕、額、背中等の体の異なる部位に提示しても充分な納得感が得られることを示した。この中では、新たな触覚提示原理として、多数の電極による

効率的な冷覚提示ができることなども示しており、新たなVR触覚提示の可能性を生み出している。
(Taha Moriyama, Hiroyuki Kajimoto, HARVEST: High-Resolution Haptic Vest and Fingertip Sensing Glove That Transfers Tactile Sensation of Fingers to the Back. Appl. Sci. 2021, 11, 1298.

Moriyama, Nakamura, Kajimoto, Wearable Haptic Device that Presents the Haptics Sensation Corresponding to Three Fingers on the Forearm. The 6th ACM Symposium on Spatial User Interaction (SUI 2018), 2018.

Takayuki Kameoka, Hiroyuki Kajimoto, Tactile Transfer of Finger Information through Suction Tactile Sensation in HMDs, IEEE World Haptics Conference 2021, July 6-9, 2021.)

これらに加え、奈良女子大学、日本メクトロン株式会社、アルプスアルパイン株式会社と共同で、触覚を記録して再生する触覚モジュール、ソフトウェアを開発している。ここでは、皮膚感覚の受容器の特性を基にした物理刺激の「力」「振動」「温度」の触原色と触感の対応関係を解明し、触感を生じさせるための三原触の提示方法や、従来なかった指先の触覚をすべて記録し再生する三原触計測・提示のグローブを開発した。
(https://tachilab.org/content/files/news/FACTBOOK20191126.pdf)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

梶本は、本さきがけ研究での、側頭部に針金製ハンガーを挟むと、意志とは無関係に頭が回転し横を向くハンガー反射を活用した「頭にはめるだけで首を回す事のできる装置」の開発を行った。これは、明確な治療法がない首の姿勢に関する疾患の痙性斜頸を治療する器具として、株式会社TSSから「ラクビ」という名称で製品化され、現在まで数百本販売されている。

本製品は、痙性斜頸の「ジストニア友の会」という患者団体でも度々取り上げられ、認知度が高まっており、普及加速のため、低コスト化など継続して企業とともに開発を進めている。

梶本は、国際的な触覚研究コミュニティで認知されており、本分野の著名な国際会議World Haptics Conferenceの2019年日本開催でのGeneral Chairを務めた。本開催では従来の1.5倍以上の700名程度の参加者を集め、触覚研究における日本のプレゼンス向上にも貢献した。

2.3.1.5 高玉圭樹「学習進化機能に基づくスパイラル・ケアサポートシステム」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

高玉は、本さきがけ研究で、脳波や筋電図測定の電極が不要でマットセンサに寝るだけの無拘束型睡眠段階推定技術を開発した。

本さきがけ研究終了後、健康管理や製品開発での睡眠状態のリアルタイム計測への要求の高まりの中、リアルタイムに睡眠段階を推定する新しい手法を考案し、開発した。

ここでは、従来技術では、睡眠段階の推定に睡眠中の心拍数の全データが必要であったが、部分的に得られた心拍数から見込み心拍数を推定し、その推定心拍数から睡眠段階を算出する手法を開発した。

(Harada, T., Uwano, F., Komine, T., Tajima, Y., Kawashima, T., Morishima, M., and Takadama, K,Real-time Sleep Stage Estimation from Biological Data with Trigonometric Function Regression Model, The AAAI 2016 Spring Symposia, AAAI (The Association for the Advancement of Artificial Intelligence), pp. 348-353, 2016.)

また、従来の呼吸ではなく、睡眠段階の１つである覚醒に着目した無拘束型の睡眠時無呼吸症候群判定の新しい手法を開発した。ここでは、健常者と睡眠時無呼吸症候群患者のそれぞれの睡眠中の覚醒時と非覚醒時の時系列生体振動データを機械学習させ、人では見出すことが困難な特徴(健常者は大きな体動を伴う覚醒、睡眠時無呼吸症候群患者は小さな体動を伴う覚醒が生じるなど)を発見した。

国内で５人に１人が睡眠障害を患い、その中の約６割が睡眠時無呼吸症候群で占めるため、これらの研究成果は、今後の進展の期待が大きいものである。

(Nakari, I., Murata, A., Kitajima, E., Sato, H. and Takadama, K., Sleep Apnea Syndrome Detection based on Biological Vibration Data from Mattress Sensor, The 2019 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI 2019), pp. 549-555, 2019.)

さらに、日中の活動とストレス LF/HF（心拍変動の時系列データの呼吸変動に対応する高周波変動成分 副交感神経緊張時出現 HF と血圧変動であるメイヤー波に対応する低周波成分 交感・副交感神経両方の緊張時出現 LF から算出される交感神経活性度のストレス指標)と疲れ ccvTP（心臓拍動のスペクトルから算出される自律神経の活動量)と約 24 時間の周期を持つサーカディアンリズム(概日リズム)の関係を明らかにし、日中のパフォーマンス向上に寄与する日中活動を特定できる仕組みを構築した。

(Takano, R., Kajihara, S., Hasegawa, S., Kitajima, E., Takadama, K., Shimuta, T., Yabe, T. and Matsumoto, H., Toward, Good Circadian Rhythm through an valuate of Stress Condition, The AAAI 2019 Spring Symposia, AAAI (The Association for the Advancement of Artificial Intelligence) , 2019.)

最近では，睡眠中に取得した心拍数データからサーカディアンリズムを算出し、そのリズムの不安定さから、アルツハイマー型認知症を判定する方法を考案した。今までの認知症判定はMMSEやHDS-R と呼ばれる問診がゴールドスタンダードであるが、検査対象者に心理的・時間的な負担がかかることに加え、診察室内での客観的な判断が困難であるという問題があった。それに対して、提案技術によってマットセンサに寝るだけでアルツハイマー型認知症を判定できるようになることは、医師の負担を軽減させるだけでなく，認知症の早期発見にも貢献する。
(Matsuda, N., Nakari, I., and Takadama, K., Alzheimer Dementia Detection based on Instability of Circadian Rhythm Waves of Heartrate, The 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC2021), 2021.)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

髙玉は、無拘束型マットセンサを用いた推定や、リアルタイム化の関連技術で、ヤマハ株式会社、株式会社村田製作所、ダイキン工業株式会社などと共同研究を実施している。

髙玉の睡眠関連技術は、インパクトが大きく、疾病リスクを抑えるだけでなく、治療期間の短縮や減薬などの医療費削減と社会活動寿命の延伸へとつながる。また、約3兆円の潜在市場といわれる睡眠ビジネスをはじめ、約26兆円の健康機器/サプリなどのヘルスケアビジネスを活性化させる可能性があることに加え、高齢者の睡眠状態を把握することで、132億円ともいわれる高齢者向けサービス市場を押し上げることも期待される。さらに、良い睡眠を取得することで日中のパフォーマンスが向上できれば、年間1.2兆円と言われる不眠からくる慢性疲労による日本の経済損失を抑えることが可能である。

3. その他の特記すべき波及効果

本さきがけ研究中から米国人工知能学会のAAAI Spring SymposiaをCo-chairとして開催していたが、さきがけ研究終了後もシンポジウムを提案した結果、計10回採択され(10回採択はシンポジウム史上最多)、髙玉の開発した無拘束型睡眠段階推定技術の基になるWell-being AIの提唱と学術的発展に貢献した。特に、このシンポジウムにはAIを筆頭するコンピュータサイエンス関係だけでなく、医学、バイオ、生体工学、認知科学者などの研究者が参加し、学際的な研究コミュニティが形成されるとともに、Well-being AIが社会に受け入れられるための新しい分野間の融合が生まれた。

2.3.1.6　高梨克也「多人数インタラクション理解のための会話分析手法の開発」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

高梨は、本さきがけ研究で、会話情報学の観点から、人間同士のインタラクションの認識と支援を目指す情報処理技術の開発を行った。本研究では、日常生活環境での多人数インタラクションが実際どのように行われているかを体系的に理解するため、その特徴的な行動や場面のモデル化、分析手法の研究を進めている。

本さきがけ研究終了後、多人数インタラクションにおける成員性と関与配分の研究を進めた。

従来の多人数会話分析においては、話者の順番交替(発言権という限られた社会的機会の分配手続き)や参与役割(誰が話し手になり、複数の聞き手のうちの誰が当該発話の受け手や次話者になるかを決める機構)を焦点とするものがほとんどであった。本研究では、実社会でのさまざまなフィールド調査を通じ、会話参与者同士の間に規範的期待のある共同体における成員性という観点を今後の多人数会話の分析の新たな核とすべきであるという知見を見出した。

これら研究成果は、2016 年に『基礎から分かる会話コミュニケーションの分析法』(ナカニシヤ出版)、2018 年に『多職種チームで展示をつくる：日本科学未来館「アナグラのうた」ができるまで』(ひつじ書房)、2019 年に『指さしと相互行為』(ひつじ書房)など、教科書や専門書として刊行されている。

また、フィールドインタラクション分析の理論化とフィールド調査への応用手法の開発を進めている。本研究では、多人数・マルチモーダルインタラクション分析をフィールド調査の手法として活用する「フィールドインタラクション分析」という方法論を構築しており、高梨が監修している 5 巻シリーズのモノグラフ集『フィールドインタラクション分析』(ひつじ書房) が刊行されている。この手法は“祭りの支度を通じた共同体〈心体知〉の集団学習メカニズムの解明”(15H02715) の研究として大規模に行っている野沢温泉村道祖神祭りの共同調査に既に適用しているほか、2022 年度から開始された“相互行為分析を用いた地域高齢者の複層的調査に基づく地域コミュニケーション学の確立”(22K18259) では、よりマクロな社会的課題を意識した学際的な大規模調査への応用も始められている。

(https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-15H02715/15H02715seika.pdf
https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-22K18259/)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

高梨の多人数インタラクションの分析手法は、サービス産業化が加速する現代社会におけるさまざまな多職種連携の支援などの際に基盤となる知見であり、医療や教育、ビジネス、地域コミュニティなどの多くのドメインでのコンサルテーションやファシリテーション、アクションリサーチに活用できる。この観点から、高梨は、科学者の対話力向上のためのトレーニングの普及展開のため、京都大学(iCeMS)などと一般社団法人社会対話技術研究所を共同で設立(2014 年)しており、さらに、スカイライトコンサルティング株式会社

との共同研究のための枠組み「協働」研究コンソーシアムを設立(2016 年)し、関連分野の研究者等との意見交換なども実施している。労働力不足が益々進む今後の社会では、様々な自動化技術の開発が求められるが、そのための前段階として、こうした体系的な枠組みに基づく良質な質的分析が必要となる。また、労働・知識集約型であらざるを得ない業種におけるサービス改善や作業者の負担軽減、QOL 向上にもこうした分析が欠かせないと考えられる。

また、マルチモーダルインタラクションの微視的ビデオ分析は、作業に含まれている身体知の抽出や情報機器などの人工物の実世界内での使用法に関する評価・課題発見などに広く応用できる。実際、2022 年度から開始された“音声会話に伴う身振りを対象としたマルチモーダル記号論の構築”(22H05013、研究領域：言語相互行為における身振りと手話を対象とした身体記号学) では、対面コミュニケーションにおける身体動作の記号としての意味の生成メカニズムを事例に基づいて理論的に説明するとともに、作成されたコーパスデータをインタラクション場面のマルチモーダル認識技術の向上に活用するための手法を開発することが目指されている。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PLANNED-22H05013/)

2.3.1.7　田中文英「世界の子ども達をつなぐ遠隔操作ロボットシステム」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

田中の本さきがけ研究での、教育ドメインにおける遠隔操作ロボットシステムの研究は、その後、国際的にも高い評価を受け、コロナ後のデジタル教育に関するOECDからの各国政府への提言レポート(OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots, OECD, (2021))でもフィーチャーされている。

本さきがけ研究終了後、自然言語だけではなく、間、空気、タイミングなど原始コミュニケーションや、ユーザが自発的かつ興味を持つ振る舞いなども着目し、子どもの教育支援ロボット、世代間コミュニケーションを支援する仲介者エージェント、高齢者の社会的孤立を抑制する物理エージェント他、多岐にわたるユーザとロボットのコミュニケーション促進の研究を進めた。

(1)子どもの教育支援ロボット：

本研究では、高い意欲で学習を促進することができるケア・レシーバー型ロボットを開発した。

本ロボットは、子供はロボットに対して好意を持ち、自発的に、飽きずに長時間世話をするという性質を活かしたもので、意図的に不完全なロボットとして、ラーニング・バイ・ティーチングにつなげ、高い意欲で学習を促進するというものである。

本ロボットの論文は、380件を超える被引用数で、この分野における代表的なロボット構成法の基本枠組の一つとして認知されている。
(Fumihide Tanaka, Shizuko Matsuzoe, Children teach a care-receiving robot to promote their learning: field experiments in a classroom for vocabulary learning, Journal of Human-Robot Interaction, Volume 1, Issue 1, July 2012.)

また、教育とロボットに関する活動を総括したレビュー論文は、著名な科学雑誌Science Roboticsに掲載され、760件を超える被引用数で世界中で読まれている。
(Tony Belpaeme, James Kennedy, Aditi Ramachandran, Brian Scassellati, Fumihide Tanaka, Social Robots for Education: a Review, Science Robotics, Vol.3(21), eaat5954, 2018.)

(2)世代間コミュニケーションを支援する仲介者エージェント：

本研究では、子どもと高齢者の教育的コミュニケーションを支援するロボット、インタフェースの開発を行った。本研究は、少子高齢化社会での高齢者の労働力を活用した子供の教育やケアなど有用なユースケースと考えられているものである。

ここでは、世代間の遠隔コミュニケーションを円滑化するための視覚情報提示やシェアエージェント(世代にあった多様なインタフェースを持つ一つのエージェントをシェアし、世代それぞれに応じインタラクションを提供するシステム)や、自動ハイタッチ機能

などの研究を行った。これら機能は、大規模なフィールド実験を通し、ユーザ参加型で開発した。

本研究に関連し、人工知能学会全国大会で論理的側面や人文社会からの議論も含めた「世代をつなぐ知的インタフェース」のオーガナイズドセッションを3年連続で開催した。さらに、世代間コミュニュケーションを支援するシステムに関する設計指針の策定も行った。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-15H01708/15H01708seika.pdf)

(3)高齢者の社会的孤立を抑制する物理エージェント：

本研究では、非言語表現モダリティとして、触覚ベースのインタラクションに着目し研究を進めた。ここでは、高齢者の社会的孤立を抑制する物理エージェントとして、仲介メッセージング機能の新しい要素技術のweight-shifting法を考案した。本法は、フラストレーションを引き起こすメッセージを受け取ったユーザのフラミング抑制のため、ロボット内部に重りを組み込み、ロボットの体重移動を通じて、手にしたユーザに感情や意思を表現し、許しを誘発するものである。さらに、ロボットの発話に合わせて重りを動かすことで、ロボットを手にした受信者ユーザが、送信者の感情や意図をロボットの体重移動で感じ取れる仲介ロボットも開発した。これら研究成果はHCI分野の著名な国際会議CHIなどで発表している。
(Yohei Noguchi, Fumihide Tanaka, OMOY: A Handheld Robotic Gadget that Shifts its Weight to Express Emotions and Intentions, Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, April 2020.

Yohei Noguchi, Hiroko Kamide, Fumihide Tanaka, Weight Shift Movements of a Social Mediator Robot Make It Being Recognized as Serious and Suppress Anger, Revenge and Avoidance Motivation of the User, Frontiers in Robotics and AI, February 2022.)

また、物理エージェントの非言語表現モダリティによる情動表出手法として、温度、柔らかさ可変や顔表情などとの組み合わせも研究し、研究成果はACM Transactions on HRIなどで発表している。
(Denis Peña, Fumihide Tanaka, Human Perception of Social Robot's Emotional States via Facial and Thermal Expressions, ACM Transactions on Human-Robot Interaction, Volume 9, Issue 4, December 2020.)

これらの研究成果は、今後の人がAIやロボットを介してコミュニケーションする社会において重要となる、想いや感情などの効果的な伝達に大きく貢献するものと期待される。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

代表的なロボット構成法の基本枠組の一つとして認知されている教育支援ロボットのケア・レシーバー型ロボットは、ソフトバンクロボティクス株式会社からの依頼を受け、田中監修の下、トライオン株式会社、M-SOLUTIONS 株式会社でアプリケーションが開発された。本アプリケーションは、ソフトバンクロボティクス株式会社の人型ロボット Pepper のアプリケーションとして 2015 年 6 月に商品化されている。

(Fumihide Tanaka, Kyosuke Isshiki, Fumiki Takahashi, Manabu Uekusa, Rumiko Sei, Kaname Hayashi, Pepper Learns Together with Children: Development of an Educational Application, Proceedings of the 15th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2015), pp.270-275, Seoul, Korea, November 2015.)

2.3.1.8　辻俊明「力覚信号処理技術に基づくリハビリ支援ネットワーク」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

辻は、本さきがけ研究終了後、本さきがけ研究でのリハビリ支援システムを用いて、人の運動データを取得し、データベースを構築、解析する研究を実施した。リハビリの運動データベースを作るという試みは、本さきがけ当時は世界的に前例のない試みであったが、現在は複数の機関で導入されるようになった。データベースの研究は、先駆的なものであり、データベース活用方法の提示など研究成果は、本分野の進展をさらに加速するものと期待される。また、辻は、本さきがけ研究での、リハビリ支援ロボットに向けた力覚検知システムを発展させ、ロボットの動作検出、動作認識、動作生成について研究を進めた。

(1)ロボットの動作検出：

1g 重から 100kg 重まで計測可能なダイナミックレンジの広い 6 軸力覚センサを、株式会社ワコーテックの協力を得て開発した。また、株式会社興電舎の協力を得て、本センサを用いた組み立てロボットの開発に成功した。このような、ハイダイナミックレンジ力覚センサを搭載した組み立てロボットの開発は世界初となるものである。

本センサは、レンジの異なる起歪体を組み合わせた独自の多段型構造を導入しており、従来の商用センサと比べ 10 倍のダイナミックレンジを実現している。これを搭載したロボットは、羽根のような繊細なものが触れても検知できる。従来、ペンに蓋を取り付けるようなペグインホール動作(棒形状の部材を同サイズの穴に挿入する動作。組立動作の多くがこの動作に基づくものであり、高度組立ロボットのベンチマークに使われる動作)において、プラスチックのような傷つきやすい素材のものは組立て困難であったが、本ロボットは、傷つかない微小な力で触れながら組立てができるものである。

(R. Tamura, T. Horikoshi, S. Sakaino, and T. Tsuji, High Dynamic Range 6-Axis Force Sensor Employing a Semiconductor-Metallic Foil Strain Gauge Combination, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 6, 2021.

R. Tamura, S. Sakaino, and T. Tsuji, High dynamic range uniaxial force/torque sensor using semiconductor strain gauge, IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 10, 2021.

R. Koike, S. Sakaino, and T. Tsuji, Hysteresis Compensation in Force/Torque Sensors Using Time Series Information, Sensors, Vol.19, No.6, 2019.)

(2)ロボットの動作認識：

力覚センサを用いた新たな分類手法を開発した。

従来の動作認識は、画像や内界センサを用いた位置情報に基づくものが多く、これは小さなクリアランスや対象物同士の接触が伴う精密組立てでは、オルクージョンや画像分解能の影響が発生し課題であった。本手法は、力覚センサのみを用い、力覚センサの応答から導出したメル周波数ケプスタラム係数を TDNN(Time-Delay Neural Network)により処理

するものである。これにより、従来できなかった、瞬時的動作(なぞり動作のような繰り返し波形を発生しないペンの蓋のはめ合いなどのクリック動作)を、振動を力で検知することで分類可能にした。本技術は、ロボットが組立て成功を認識し、次の作業の決定ができるため、作業の信頼性が向上し、より高度な組立て作業を可能とするものである。
(T. Tsuji, K. Sato, and S. Sakaino, Contact Feature Recognition Based on MFCC of Force Signals, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 6, No. 3, pp.5153-5158, 2021.)

(3)ロボットの動作生成：

力情報を利用するバイラテラル制御に基づく模倣学習を提案した。

本研究では、人がマスターロボットを操作し、スレーブが遠隔操作で作業する動作を学習するデモの際の、マスター、スレーブ間の遅延の影響を解消する新たな学習法や、予測過程でモデルの予測値を次の入力として利用し、一連の動作を連続的に予測することで、長期予測の総誤差を最小にする自己回帰学習などを開発した。これらの開発は、従来の自律運転時のスローな動きを高速化し、予測誤差の蓄積の解消を可能とするものである。

また、動作生成において、現在の状態に加え、動的制約(お好み焼きなどヘラ上で物体を落とさないよう適切な加速度を適用し、皿上で、静止摩擦と動摩擦の間で食材を滑らせ、食材を移動させるなど)を適用する場合の sequence-to-sequence モデルを用いた軌跡変形手法を提案した。本提案は、動的制約に依存しない潜在表現と軌道との対応関係を学習させるものである。

ここでは、軌道の潜在表現の抽出と、軌道のオンライン生成が可能な sequence-to-sequence モデルによる多様な動的制約の学習方法や、獲得された潜在表現と動的制約との関連付け法を開発した。これにより、軌道を直接最適化する手法ではできなかった、学習時に与えた動的制約範囲以外も扱え、高速に目的の軌道を得ることができる。
(A. Sasagawa, K. Fujimoto, S. Sakaino, and T. Tsuji,Motion Generation Using Bilateral Control-based Imitation Learning with Autoregressive Learning, IEEE Access, Vol. 9, pp. 20508-20520, 2021.

K. Kutsuzawa, S. Sakaino, and T. Tsuji, Trajectory Adjustment for Nonprehensile Manipulation using Latent Space of Trained Sequence-to-Sequence Model, Adcanced Robotics, Vol.33, No.21, pp. 1144-1154, 2019.)

辻の、位置情報に加え、力の情報から特徴量を取り出し、解析する試みは、2012 年以降、機械学習技術の発展とともにロボティクスのコミュニティにおいて拡がっている。

また、当初リハビリ用途を想定して開発を進めた力の解析技術は、技能運動をどのように解析するか、という課題の基盤技術になりつつあり、現在 FA 分野や認知科学分野にわたる学際領域に波及している。

2. 研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

辻は、病院および介護施設の臨床試験へのリハビリ支援システムの適用を進め、運動データの利活用が医療介護分野におけるサービスを創出し得ることを実証した。2010 年代後半以降、データ利用による付加価値がリハビリにロボットを導入する利点の一つとして挙げられるようになっている。既にトヨタ自動車株式会社や CYBERDYNE 株式会社のリハビリ用ロボットでデータ利用を基盤とするサービスが始まっている。また、運動データを取得し解析する技術は、FA 分野での応用が想定されている。

現在、辻は、運動解析技術を産業用ロボットの教示に利用する試みを進めており、展開が進めば、自動化分野における大きな経済的波及効果が得られるものと考えられる。

辻は、一般社団法人電気学会 産業応用部門 メカトロニクス制御技術委員会の実世界ハプティクスの高度化に関する協同研究委員会の委員長を 2017 年～2019 年まで務めた。

2.3.1.9　長谷川晶一「作業プロセスの環境非依存化による作業集合知の形成」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

長谷川は、本さきがけ研究終了後、リアルタイムシミュレーション(コンピュータ内で表現された物を状況に応じ変化させる計算)、バーチャルヒューマン(人や動物などを情報世界に登場させる)、触感を伝える力触覚インタフェースを中心にバーチャルリアリティ、ヒューマンインタフェースの研究を進めている。

(1)リアルタイムシミュレーション：

リアルタイム剛体運動シミュレータを中心とした、バーチャルリアリティ開発環境 Springhead の公開、改版を行っている。

Springhead は、力触覚インタフェースとの連携や、状態の保存と再生、ロボット、キャラクタの動作生成、有限要素法による熱や振動のシミュレーション、Oriented Particle による変形シミュレーションなど多くの特徴ある機能を持つものである。

(https://springhead.info/wiki/)

(2)バーチャルヒューマン：

キャラクタが人間らしく、自然な動きや反応をする動作生成技術を開発している。

本技術は、自律して動くキャラクタやバーチャルユーチューバーが遠隔操作する CG キャラクタが、投げ銭”など当たった際、操作者の動きに依らず姿勢がぐらつく動作や、ティーカップと間違えて隣のマグカップに手を伸ばすなど、人間の無意識での無駄な行動、動作のマイクロスリップなど特徴ある動作生成が可能なものである。

(https://newswitch.jp/p/17286)

(3)力触覚インタフェース：

触知覚での 5 次元(マクロ・ミクロな粗さ、硬軟、摩擦、温冷)の内、重要な摩擦について、より現実に近い摩擦振動を提示することで、VR システムでの物体材質のリアリティや操作感の向上を目指している。

本研究では、現実の摩擦振動を忠実に再現する力触覚レンダリング(物体モデルと力触覚インタフェースの状態から、物体に触れたときの感覚、知覚を提示するための力や運動の情報を作り出す計算)を研究している。

ここでは、現実の摩擦の Amonotons-Coulomb の法則で説明される静止摩擦と動摩擦や、物体表面間の相対速度に比例する粘性摩擦、流体潤滑された 2 物体接触面で生じる Stribeck 効果、接触面が部分的に滑り始める部分滑りなどの力触覚レンダリングの提案を行っている。特に、従来の力触覚レンダリングでは含めることができなかった部分滑りを再現することができ、より現実に近い摩擦振動の再現を可能としている。

また、固着時間に応じて静止摩擦係数が増加する静止摩擦の時間変化と、固着と滑り状態が交互に繰り返される stick-slip 現象の摩擦モデル、指先や物体表面の形状変形の柔軟変形物体シミュレーションモデルの提案などを行っている。

(https://www.jstage.jst.go.jp/article/isciesci/64/4/64_140/_pdf/-char/ja)

これらの摩擦の物理現象を説明するモデルは、人の触知覚の理解に繋がり、人の触覚情報処理の進展にも貢献するものと考えられる。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

長谷川の物体のテクスチャ、材質、濡れなど材質感や、操作感をバーチャル空間で再現する力触覚レンダリング技術は、製品評価や設計、把持操作において、多くの作業や課題を再現可能とするため、今後の用途の拡大が期待される。

2.3.1.10　原田達也「大規模 web 情報とライフログによる実世界認識知能の構築」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

深層学習による高度な予測機能を持つシステム・サービスが拡大する中、教師データ不足や、データが入手可能であっても、データ整備の膨大なコスト、専門知識がないなどで、システム・サービスの導入障壁になっている。

原田は、本さきがけ研究終了後、クラス間学習による限られた教師情報からの深層学習や、教師なしドメイン適応など、限られた教師データから高精度な予測モデルを自動的に構築する深層学習の基盤技術の研究を進めている。

(1)クラス間学習による限られた教師情報からの深層学習：

原田は、深層学習の新しい学習方法としてクラス間学習を提案した。

音や画像の認識において、高い性能を発揮している深層学習は、線形分離不可能なデータ空間から線形分離可能な特徴空間への関数を学習する。本研究は、限られた学習データから判別的な特徴空間を学習できる新しい教師付学習手法である。本手法は、ネットワーク構造や正則化等の従来の学習技術に影響を与えず、限られた学習データを効率的に使え、判別的な特徴空間を学習可能なものである。

本手法のクラス間学習は、異なるクラスに属する二つのデータをランダムな比率で混合して、クラス間データを生成する。次に、混合データをモデルに入力し、混合比を出力するようにモデルをトレーニングする。これらにより、決定境界がより平滑化され、オーバーフィッティングが解消される。これにより、教師データのバリエーションが増加、特徴空間におけるフィッシャー基準の拡大、クラスの特徴分布間の位置関係の正則化が実現される。

本手法は、実験評価で、画像認識と音声認識のさまざまなネットワーク、データセットにおいて認識精度が大幅に改善されることを示している。

同時期に提案された手法の MixUp が知られているが、原田の特許出願後に公開された手法であり、本手法の方が、データ拡張の標準的手法として広く利用されるものとなっている。

(Yuji Tokozume, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada, Between-class Learning for Image Classification, The 31st IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp.5486-5494, 2018,

Yuji Tokozume, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada, Learning from Between-class Examples for Deep Sound Recognition, 6th International Conference on Learning Representations (ICLR), 2018.)

(2)教師なしドメイン適応：

ラベル付きデータが大量に入手可能なソースドメインで獲得した知識を教師データが得られないターゲットドメインに転移する教師なしドメイン適応の新規手法を実現した。

ドメイン適応は、転移学習と呼ばれる学習手法の一種で、十分な教師ラベルを持つドメイン(データの集まり)から十分な情報がない目標のドメインに適用し、一度学習したことを別のものにも使い回すことでデータ収集コストを低減し、目標ドメインにおいて高い精度で働かせる識別器などを学習するものである。

ドメイン適応は、ターゲットドメインのサンプル分布をソースドメインの分布に近付け、ソースドメインを使って学習した識別器をターゲットドメインに適用するものであるが、従来手法は、ソースとターゲットドメインの特徴分布をカテゴリ情報を無視して一致させるものが主流であり、クラス識別器の境界周辺で正確な識別が行えないという問題があった。

本手法は、ターゲットドメインとソースドメインの分布を一致させるのではなく、ソースドメインの各クラスの分布にターゲットドメインを合わせる手法である。二つのクラス識別器を作り、これらの推定結果の不一致が大きくなるように更新される。ターゲットドメインからの特徴抽出は、より不一致が小さくなる方向に更新される。この敵対的学習により、ターゲットドメインはクラス識別器の境界を考慮した分布に近付き、ソースドメインにおけるカテゴリ毎の分布にターゲットドメインの分布を一致させるよう特徴抽出器を学習可能で、カテゴリ情報を反映したより適切なドメイン適応が実現できる。

提案手法は、CVPR(Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition)のオーラルに採択(採択率 2.1%)された。この手法は教師なしドメイン適応の標準的なベースラインとして幅広く採用されている。

(Kuniaki Saito, Kohei Watanabe, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada. Maximum Classifier Discrepancy for Unsupervised Domain Adaptation. The 31st IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp.3723-3732, 2018.)

さらに原田は、実世界認識で不可欠な実環境の 3 次元的知識のため、2 次元画像から 3 次元世界の復元技術にも着目して研究を広げている。深層学習を用いて二次元から三次元に変換する際に必要不可欠な微分可能レンダリングの開発は、この分野の潮流を創出している。

(Hiroharu Kato, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada, Neural 3D Mesh Renderer, The 31st IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp.3907-3916, 2018.)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

DNN の計算負荷の高さがアプリケーション応用の際の問題となっており、ハードウェアアクセラレーションによる解決方法では、煩雑な計算環境セットアップ手順やハードウェアの価格等が問題となる。ユーザエンド端末に同様の環境を構築することは非常に困難である。

原田は、ウェブブラウザを利用したインストールフリーな深層ニューラルネットワーク(DNN)実行環境の WebDNN を開発し、この手法を基盤としてエッジインテリジェンス・システムズ株式会社（https://edgeintelligence.jp/）を設立している。

WebDNN は、ウェブブラウザ上での実行を前提とした積極的な最適化が学習済みモデルに行われるため、パラメータデータの配信サイズを小さく抑え、高速実行が可能なものである。既存のライブラリと比較して大幅な高速化(開発当時世界最速)を達成している。

DNN は利用前にそのパラメータを深層学習により決定する必要があるが、WebDNN は深層学習を行う様々なソフトウェア(Tensorflow、Chainer 等)に対応している。

(Masatoshi Hidaka, Yuichiro Kikura, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada. WebDNN: Fastest DNN Execution Framework on Web Browser, ACM Multimedia Open Source Software Competition, pp.1213-1216, 2017.)

原田の WebDNN により、DNN を用いた Web サービスを低コストに提供できるようになる。ユーザは Web サービスの URL を開くだけでよく簡易に使用でき、また、処理が端末内で完結することから、処理対象の写真などをサービス提供者側に送信する必要がなく、プライバシー保護の観点での安全性も高い。

2.3.1.11　坊農真弓「インタラクション理解に基づく調和的情報保障環境の構築」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

坊農は、自らが中心となって整備を進めている日本手話話し言葉コーパス(http://research.nii.ac.jp/jsl-corpus/public/index.html)を用いることにより、従来研究で用いられてきたような母語直感を利用した事例ベースの研究手法ではなく、データ中心科学の手法で手話言語研究を進めている。

日本手話は、手話、指文字、表情やそれらの動き、タイミング、マウスジェスチャー、マウジングなど音声によらない日本語とは異なる文法体系を持った独自の言語である。また、国内でも地域によって違いがあり、各国の手話や国際手話とは異なるものである。

坊農は、いかに他者と空間を共有し、話し手が伝えたい意味内容を受け手に理解させるかについて、相互行為(インタラクション)分析の手法を用いて研究を行っている。本研究は、手話言語記述手法、日本語の影響とマルチモダリティ、手話翻訳システム構築を目指した手話対話における文単位の認定などの研究を発展させ、マルチモーダル記号論といった新たな言語理論の提案につながることが期待される。

(1)手話言語記述手法：

本研究では、手話相互行為分析のための手話言語記述手法を提案した。

本手法は、ジェスチャー研究におけるジェスチャー単位の考え方を、手話表現に援用したもので、言語の音声的要素と同等の要素(例：引き伸ばされた末尾の音)を記述するものである。本手法により、手話相互行為での、表現や単語が思い浮かばないなどのトラブルの際の「言いよどみ」や「言葉探し」の現象を分析することが可能になった。

手話相互行為において、このトラブルが生じた場合、それまで展開されていた語りや、やりとりは一旦停止され、別のトラックに移り、その問題が解消された後、元のトラックに返る。本研究では、この「修復の区域」を、手話言語の語彙として広く知られている語彙(ネイティブ語彙)と音声言語由来の指文字から派生した語彙(非ネイティブ語彙)の組み合わせや、意味の近い語彙で代替するなどで問題を解決していることを示唆した。坊農は、この修復の操作を「即興手話表現」と呼んでいる。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-26704005/26704005seika.pdf)

また、修復の連鎖と手指動作を共起する、日本語音声由来の口の動きのマウジングの使用について、手話動作単位(SMU)アノテーションを付与し、対話データの分析を行った。さらに、手話会話における順番交替分析のため、既存の手話対話データに単語グロスアノテーションおよび発話単位グロスアノテーションを実施した。これらの結果、名詞が動詞の要素を含むなどで品詞の特定が難しい手話言語の手話動作の基本単位を明らかにした。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-15KK0068/15KK0068seika.pdf)

この単位に対し、品詞情報や係り受け構造のアノテーションを付与するといった新しい展開が始まっている。また、アノテーション作業のためのマニュアルを作成することによ

り、手話母語話者や手話通訳者が言語情報のアノテーションを実施するコミュニティの形成を進めている。これらの人材が、自らの言語を客観的に分析し、アノテーションすることはキャリアアップにつながり、当事者が手話言語学に足を踏み入れる一助になることも期待される。

(2)手話、触手話、指点字にみる日本語の影響とマルチモダリティ：

本研究では、文字の文化や書き言葉を持つ日本語が、対面性や共在性を核とする手話・触手話・指点字の相互行為にどのような影響を与えているかについて、理解を促進する数々の研究成果を生み出している。特に、国外に存在があまり知られていない指点字について、指点字相互行為場面の分析結果をまとめ発信している。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-17KT0065/17KT0065seika.pdf)

(3)手話翻訳システム構築を目指した手話対話における文単位の認定：

文は翻訳の基本単位となるが、自発手話対話の文単位は研究上明らかになっていないため、東京大学、人間文化研究機構国立国語研究所、筑波大学、国立情報学研究所、国立民族学博物館、多摩美術大学と共同で、手話翻訳に必須の手話対話における文単位を認定する研究を進めている。

本研究では、文末に出現する非手指動作要素を手話話者の協力を得て特定し、深層学習を用いた画像処理技術で文単位を自動セグメンテーションするシステムを構築、クラウドソーシングを用いて不特定多数の手話話者に文単位認定の結果の適切性を問い、手話翻訳システムのデザインを検討している。これらの手話言語に着目した深層学習、画像処理、自然言語処理や、アノテーションのクラウドソーシング手法の提案など、多岐に渡った異分野融合の専門家チームを坊農が研究代表者を務め促進している。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-18H03580/)

(4)マルチモーダル記号論：

滋賀県立大学、東京大学、筑波技術大学と共同で、会話における身振りや手話といった、記号としての特徴が未だ明確ではない事象を研究対象に、言語学・言語哲学分野で議論されてきた既存の記号論を「マルチモーダル記号論」として展開する身体記号学と呼ぶ研究にも活動を拡大している。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-AREA-22B102/)

(5)オンラインクロスサイニング：

坊農の本さきがけ研究は、テレビ会議システムなどを介したオンラインコミュニケーション場面で、手話を母語とするろう者のコミュニケーションがどのように変化するのかを理解する目的で進められた。現在の、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)蔓延によりオンラインコミュニケーションを頻繁に行わざる得なくなったこの状況は、手話コミュニティと類似しており、手話インタラクションのさきがけ研究成果が貢献すると期待される。

具体的な研究プロジェクトとして、日本学術振興会と英国との国際共同研究プログラム「Understanding Cross-Signing Phenomena in Video Conferencing Situations during/post- COVID-19（コロナ禍/コロナ後におけるオンライン会議状況でのクロスサイニング現象の理解)」(2021年12月-2024年11月。坊農（日本側PI)、Robert ADAM, Heriot-Watt University（英国側PI))の大型プロジェクトも開始されている。(https://www.ukri.org/news/uk-japanese-collaboration-to-address-covid-19-challenges/)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

坊農の本さきがけ研究において2011年から収録を続けていた日本手話対話映像は、人の関節点検出が可能な深層学習技術を用いることにより、手話言語の身体動作や顔表情を抽出可能であることを実証するのに貢献した。現在は，深層学習技術を用いて抽出された情報と本さきがけ研究での人手による言語アノテーション結果と比較することなどで、手話翻訳システムの構築を目指した社会実装のための開発が進んでいる。

2021年から富士通株式会社の手話認識プロジェクトの学術アドバイザーを務めており、社会実装を見据えた最先端の手話認識の技術開発に貢献している。

2.3.1.12　山岸典子「脳活動の推定に基づく適応的な環境知能の実現」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

山岸は、本さきがけ研究で、人間の注意方向、タスクへの準備状況などを脳活動から推定する技術を開発し、作業パフォーマンスに大きく影響する人の内的状況に応じ、必要な情報を必要な場所にちょうどよい時に提供する適応的環境知能(アンビエントインテリジェンス)の開発を進めた。

ここでの研究の成功を契機に、脳活動から他の認知機能を推定する研究開発が株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR)を中心に大きく進展することになり、世界をリードすることになった。また、人の認知機能のメカニズムの解明を、これまでの心理学的手法ではできなかったレベルまで押し上げることになった。

山岸は、本さきがけ研究終了後、これら推定技術を使い、注意や準備状況が、逆に知覚や、記憶、作業パフォーマンスにどのように影響を与えるかや、注意や準備状況の脳内メカニズムの解明で、より精度の高い推定技術や認知療法の構築を目指した。

ここでは、作業パフォーマンスを左右する脳内準備メカニズムの解明や、注意トレーニングによる幸福感の向上など研究を進めた。

(1)作業パフォーマンスを左右する脳内準備メカニズムの解明：

本研究では、fMRI(機能的磁気共鳴装置)やMEG(脳磁場計測装置)を用い、視覚注意の状態や、準備状況を実験的に操作し、そのときの知覚感度を心理物理的に計測することで脳内準備メカニズムの解明を行った。その結果、rCMA(rostral Cingulate Motor Area)が、人が準備を進める時に関わる脳部位であることを特定し、この部位のアルファ帯域は準備時にその強さが低下することや、ガンマ帯域と作業パフォーマンスが正の相関があるなどを示した。また、リアルタイムで脳活動を読みだしデコーディングができるシステムを構築し、脳活動から注意や準備レベルを推定することに成功した。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-25280053/25280053seika.pdf)

(2)注意トレーニングによる幸福感の向上：

人口の20%が一生涯にうつ病にかかるといわれており、そのうちの30%か投薬や認知治療の効果がなく長期化することが問題になっている。人がうつ状態の時は、自己への注意が過多で社会的に外に注意が向かず、幸福感が高い時は、社会的注意だけでなく空間的な注意も、中心から周辺に広がることが知られている。

本研究では、人のこころの状態と注意機能の関係を明らかにし、うつなどに効果のある認知療法の開発を目指し研究を進めた。

従来の研究では、これを解明するために、音楽や映像、報酬などによって人の幸福度を変化させ、そうした機能への影響を実験室で計測していたが、それらによって想起される感情は一貫性がない可能性があり、結果にばらつきが生じていた。本研究では、気分を想起させる方法ではなく、日常生活の中で刻々と変化する人の幸福度を記録すると同時に、空間的注意を計る視覚探索課題を行う独自のスマホアプリを開発した。その結果、人の幸

福度は、性格などで一定ではなく、刻々と変化し、幸福度が高くなると、障害物の中のターゲットを速く見つけることができることを示した。本研究成果は、スマホアプリなどを利用して人の幸福度変化や、うつ病など、こころの病気の兆候の把握や、アプリトレーニングで幸福度を上げ治療する認知療法の開発などにつながると考えられる。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-26540075/26540075seika.pdf)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

山岸の研究で、人の感情の状態と注意機能の関係が示され、注意課題のパフォーマンス計測で幸福度(うつ度)を計測できるということが示された。これを受け、精神科医や工学者、脳科学者、心理学者を含む5拠点の研究コミュニティを形成した。山岸は本コミュニティで採択された科研費基盤研究(A)「こころの未病の見える化と改善の研究」の研究代表者として研究を推進しており、社会実装を目指しシステム、アプリケーションの開発も進めている。この活動は、感情を想起させるための方法、注意トレーンングおよび認知神経科学的な解明を進めるものであり、人の注意機能についての基礎研究を臨床に応用する新しい展開である。これは、新しい認知療法へとつながるものであり、その社会的貢献は大きなものになると期待される。(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-19H00635/)

2.3.2 2010 年度採択課題(二期生)

2.3.2.1 荒牧英治「自然言語処理による診断支援技術の開発」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

荒牧は、本さきがけ研究で、大量の自然言語の医療データを活用した医療支援システムの構築を目指し、ソーシャルメディアデータを用いた感染症疾病監視、音声発話を用いた認知症診断支援の研究開発を行った。

本さきがけ研究終了後、診療録(電子カルテテキスト)に代表される、医師が日常診療で蓄積した自然言語文の非構造データの電子化医療データに着目し、その利活用の研究を進めた。この医療データの有効活用は、新たな医学的知見の抽出、診療行為の結果評価、類似症例の検索、稀な副作用や疾患の頻度の正確な把握など、多くの応用につながるものである。

これらの実現には、コンピュータが医学用語の意味や概念を理解し、適切な処理をする必要がある。このため、用語辞書、オントロジー、これらのための自然言語処理技術の研究開発が必要となる。

荒牧は、本さきがけ研究終了後、「万病辞書」の開発、医療用語オントロジーと医療表現アノテーション・コーパスの構築など進めた。

(1)「万病辞書」の開発：

電子カルテ入力サポートシステム構築の障害になっている、入力したい臨床現場の用語が ICD(International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems)での標準規格の正式名称だけではなく、略記や英語名のものがあり乖離している。このため、本研究では、医療従事者が電子カルテに記録した診療記録(経過記録、退院サマリ)から症状や病名に関連する用語を収集し、辞書化した。ここでは、辞書を用いない自然言語処理手法を用い、これまで大規模収集が困難であった病名や症状など医学表現を、大量の臨床文書から抽出した。それらデータの精査を経て収集し、辞書化した。本辞書は「万病辞書」として公開している。(http://sociocom.jp/~data/2018-manbyo/index.html)

本辞書は、従来の医療辞書に比べ圧倒的に大規模なもので 30 万語を超すものである。臨床現場ではよく使われる表現を収めていることから実用性が非常に高いものとなっている。(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jami/40/1/40_12/_pdf/-char/ja)

(2)医療用語オントロジーと医療表現アノテーション・コーパスの構築：

肺線維症に対する創薬に資することを目的に「万病辞書」を拡張し、症状や病名について細分化した情報を追加した(362,866 件収載)。同時に、関連する医薬品について、薬品と成分リストの整備を行い、薬剤添付文書を中心に数万規模の表現を整理した。肺部位を中心に人体部位についても 400 表現を集め、部分全体関係を記述した。

また、国立がんセンター、京都大学と共同で、国立がんセンター提供の読影所見を中心に、ガイドラインを作成し、1000 件の文書について表現のアノテーションを行った。これは機械学習の教師データとして用いることができる規模となっている。
(https://www.jst.go.jp/kisoken/aip/result/report/pdf/AIP_PRISM02_houkoku_2018_01kurohashi.pdf)

病名や部位名、その修飾語といった基本的な医療表現から、医薬品や入退院状況、時間表現などを含めた広範かつ統合的なアノテーション仕様とし更新も行った。また、より精細な情報抽出のために、医療表現間の関係を付与する仕様も策定し、同じコーパスにアノテーションを実施した。さらに、アノテーションされたコーパスから病変等の情報を抽出し、表形式に構造化するシステムも開発した。本システムと京都大学グループの機械学習モデルと組み合わせることで、アノテーションされていない読影所見からも情報の抽出を可能としている。

医療用語オントロジーについては、国際化に向けた予備的な検討を実施した。国際標準の医学概念シソーラス（ICD10 や TNM 分類（腫瘍分類））にマッピングすることで、オントロジーの可用性向上が見込めることを確認している。

これらデータは 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)「新薬創出を加速する人工知能の開発」プロジェクトに提供され、複数の創薬標的分子の抽出に繋がっている。
(https://www.jst.go.jp/kisoken/aip/result/report/pdf/AIP_PRISM_02_houkoku_2019_01kurohashi.pdf)

その他、セキュリティの高い医療情報データベースの構築とそれらを利用した医療有用情報の抽出や(https://www8.cao.go.jp/cstp/panhu/sip2021/p46-47.pdf)、患者情報に対して、時間表現、部位表現、症状表現、精神的症状を自動抽出し、国際標準のターミノロジーに紐付けることで、医療者へつなぐ自然言語処理基盤などの構築を進めている。
(https://kaken.nii.ac.jp/grant/KAKENHI-PROJECT-21H03543/)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

荒牧は、株式会社エクスメディオと共同で、大量にある症例文書を機械学習により自動構造化し、入力情報に最も関連する症例報告を高い精度で検索するシステムの構築を進めた。本システムは、従来、医師ユーザの記述不足で正しい情報に到達することができなかった問題を、文書構造化により「何の情報が足りないか」が具体的に判断可能で、対話的にユーザに情報を求めて検索や症例の絞り込みを可能とするものである。また、ある状況の患者の「どのような処置を行い」、「どのような結果になったのか」までの情報が含まれるため、適切な処置が何であるかを把握でき、様々な状況の患者への正しい処置を知ることができる。本システムは、1 人の医師が対応できる患者の幅の拡大や、日々の診療活動の大きな支援につながる。

富士ゼロックス株式会社(現 富士フイルムビジネスイノベーション株式会社)とは共同で、自然言語処理技術による医薬品の副作用文書分類支援システムを構築した。

製薬会社は、医療機関からの自発報告や医学論文などから、症状、副作用等の情報を抽出し、医薬品の服用と副作用との関係を判定し、その判定結果や裏付けデータを迅速に厚生労働省などに届け出る義務がある。本システムは評価において、製薬会社の副作用報告の対象となる日本語医学論文に対し、文書分類精度の適合率(正解率)90%、再現率(カバー率)95%を達成している。本システムにより、製薬会社は、時間・人手の制約がある中、大量の情報の安全性情報処理を高い判定精度で効率良く行うことができる。

株式会社ワイズ・リーディングとは合同で、CT などの画像診断の結果を記載した文書を自動作成する研究のための公開読影レポートデータセット「Japanese Medical natural language processing Standard datasets: Radiography Reports (J-MedStd: RR)」の開発と公開 (https://sociocom.naist.jp/j-medstd/rr/) を行った。

特定非営利活動法人 ASrid とは協働で、希少・難治性疾患領域の患者・家族への COVID-19 に関連する調査での自由記述データ(ナラティブデータ)の感情分析を行い、経時的な収集調査を実施した。

その他、Real-MedNLP(医療言語シェアードタスク)の主催(https://sociocom.naist.jp/real-mednlp/japanese/)、コーパス MedTxt(Medical NLP Standard Text datasets)の公開(https://sociocom.naist.jp/medtxt/)なども行っている。

自然言語処理の臨床応用について、画像処理等の応用と比較し、専従の研究者は世界でも 50 人程度、国内で 10 人程度と依然として小さなコミュニティではあるが、荒牧は、本分野の第一人者となっている。しかし、小規模コミュニティである一方で、産業界からの要望が非常に強いため、多くの企業からの共同研究や学術指導に対応している。また、基盤データの整備、学会やワークショップの開催などコミュニティ形成や、自らの研究室で関連研究を広く網羅することで本分野の研究者の育成を行い、人材を輩出している。

2.3.2.2　井ノ口宗成「迅速な災害対応のための空間を用いた情報統合技術の確立」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

井ノ口は、本さきがけ研究で、2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震の被災現場において、災害対応従事者と共同で、被災者への生活再建支援の状況を総合的に管理できる「被災者台帳システム」を設計、開発、適用し、有用であることを実証した。

本さきがけ研究終了後、GIS(地理情報システム)による情報統合を核とした被災者台帳システムや、GIS を活用した住家被害一括認定調査手法、被災者の生活再建を支援する被災地方公共団体の業務量の分析などの研究・開発を進めた。

(1)GIS による情報統合を核とした被災者台帳システムの開発：

内閣府の「災害に係る住家の被害認定基準運用指針」により、被災地方公共団体は、本指針に基づいて被災の可能性のある家屋をすべて調査する必要がある。しかし、調査人員の不足、調査手法の理解や教育が必ずしも十分ではない問題がある。

このため、現地調査の効率化に向け、クラウド型 GIS プラットフォームを基盤とした、総合的な被害認定調査の仕組みの設計、開発を行い、被災現場での実装を通してその有用性を実証した。

本開発では、調査手順の簡略化、作業フローを示した調査票がタブレッ ト上で稼働するシステムを整備した。これらにより、各調査員が調査すべき事項を理解し、抜け・もれ・落ちのない調査を可能とした。

入力された調査結果は、一元的にクラウドに集約され、データが可視化される。これにより被害状況のリアルタイムでの把握、状況に応じた人員配置の見直し、体制整備や、調査の進捗率と合わせて、被害状況の全容の推測を可能とした。

これらを実装し、北海道胆振東部地震の発災から 1 週間後、本プラットフォームを活用した調査を開始した。道内の他市町村や道外の市町村からも応援が入り、最大で 23 班体制で大規模な一斉調査となった。その結果、3 週間で 7,195 棟の被害認定調査が実現された。調査結果は、被災者生活再建支援の次の手順となる「罹災証明発行」の基礎データとして援用された。また、調査時の写真や、判定に至った過程の調査家屋毎の自動管理は、被災者における被害程度の認識の差に答えるデータにもなった。
(https://forr.bosai.go.jp/sub_a/reports/pdf/h30_rpt_a_314.pdf)

2019 年には、本さきがけ研究者の森嶋(筑波大学)とともに愛媛県とインドネシア・バンダ・アチェ市と合同で、世界初の国際サイバー防災訓練を実施した。本訓練では 11 カ国から参加があり、インドネシア Syiah Kuala University と連携し、GIS を活用して災害時の被害状況を統合、災害状況把握を迅速に実施できることを示した。
(https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/evaluation/nenpou/r01/JST_1111083_16817763_2019_PYR.pdf)

森嶋とは、2017年にIEEE International Conference on Big DataでHMData(Human-in-the-Loop Methods and Future of Work in BigData)のワークショップも立ち上げ、現在も継続している。

(2)GISを活用した住家被害認定調査の一括認定調査手法の確立：

2019年の台風19号での甚大な広域被害において、内閣府から、床上浸水の深さによる判定で住家の被害認定調査の効率化・迅速化を図る方針が示された。

本研究では、広域水害における住家被害一括認定調査について、GISを活用した調査手法を設計し、被災地で実装し検証した。

ここでは、サンプリング抽出とGIS解析、ブロック分けによる合意獲得により被災者が納得しやすい一括認定手法を確立した。

本手法を実装し、2019年の台風19号の福島県郡山市を事例として実施した。その結果、26地点のサンプリング調査から1,095棟が被害認定され、42倍の業務効率化を達成された。本手法により、時間短縮、コスト削減ができ、被災者へ罹災証明を早期に届けることができた。(https://forr.bosai.go.jp/duc/lecture/lct_191216_07_bnk.pdf)

(3)被災者の生活再建を支援する被災地方公共団体の業務量の分析：

本分析は、災害状況によって被災者生活再建支援の範囲が大きく異なるため、被災地方公共団体の支援計画策定に重要なものとなる。

本研究では、2016年の熊本地震と2007年の中越沖地震との事例比較で分析した。ここでは、支給要件が一律の業務には災害間で高い相関が見られ、一般化の可能性があること、人的・物的被害が大きい地方公共団体間で高い相関があることなどを見いだした。これらの結果から、一定の条件を満たした場合、日々の業務量を推定できることを示した。

今後、分析精度が高まれば、被災地方公共団体での人的・物的被害の予想レベルの分類や、地方公共団体の日々の業務量の推定が可能となり、対策の事前検討が可能になる。(Munenari Inoguchi, Keiko Tamura, Haruo Hayashi, Keisuke Shimizu, Time-Series Analysis of Workload for Support in Rebuilding Disaster Victims' Lives - Comparison of the 2016 Kumamoto Earthquake with the 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake-, Journal of Disaster Research, Vol.12, No.6)

また、被害調査に数ヶ月～半年の時間を要しているとこから、業務量の推移の分析も行った。ここでは、MS&ADインターリスク総研株式会社と共同で各被災者の生活再建状況を蓄積する被災者マスターデータベースを開発した。

本データベースは、2016年の熊本地震で被災した市町村への導入支援チームを立ち上げ、17の自治体が採用した。本データベースから被災者の生活再建支援に関わる業務ログを収集、分析し新たな知見を得た。この分析が進めば、生活再建支援作業量が推定できることになり、効率的ワークフローや、必要なリソース決定に役立つことになる。

(Munenari Inoguchi, Keiko Tamura, Kei Horie and Haruo Hayashi, Clarifying the Transition of Workload for Victims Life Reconstruction Support Programs in Affected Local Governments Using the Victims Master Database -Comparison between the 2007 Chuetsu-oki Earthquake and the 2016 Kumamoto Earthquake-, IEEE Big Data 2017)

これの研究開発から、被災者支援策の提供に関する行動支援に対し、ICT の活用可能性を示すことができた。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

2011 年の東日本大震災以降の災害対策基本法の改正で、大規模広域な災害に対する即応力の強化、大規模広域な災害時における被災者対応の改善など内容の制定があり、本さきがけ研究で開発した「被災者台帳システム」は、多くの自治体で実装されることになった。

2016 年熊本地震、2018 年西日本豪雨災害・北海道胆振東部地震、2019 年山形沖地震、2019 年台風 19 号などでは、被災者に関する情報の管理および生活再建支援に活用された。

現在、東日本電信電話株式会社「Biz ひかりクラウド 被災者生活再建支援システム」、BIPROGY 株式会社（旧日本ユニシス株式会社）「危機管理情報共有システム」など、多くの企業が、被災者生活再建支援を対象としたデータ管理システムの構築・販売をしており、様々な自治体が実装している。

井ノ口の緊急地図作成チームの活動は、内閣府の災害情報の集約・重ね合わせ・地図化・共有を支援する ISUT(Information Support Team)活動(国立研究開発法人防災科学技術研究所が主体の災害時情報集約支援チーム)の基礎となっている。さらに、内閣府での全国統一型システム「クラウド型被災者支援システム」が開発され、地方公共団体情報システム機構(J-LIS)で 2022 年から運用予定となっている。

井ノ口は、現在、国立研究開発法人防災科学技術研究所にクロスアポイントメントで主幹研究員に就任した。次期研究プロジェクトの設計や中長期計画策定等に携わっており、我が国の防災分野のデザインに多く関わっている。

井ノ口の被災地での課題抽出し、ICT を活用した課題解決策を、Action Research として実施してきた活動は、社会に認知・評価され拡大しており、新しい潮流を生んでいる。

2.3.2.3 大澤博隆「擬人化を利用した人間の認知能力補助インタフェースの開発」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

大澤は、本さきがけ研究で、認知補助擬人化インタフェースについて研究し、エージェントを感じさせる擬人化を要素単位で捉え、どの機能要素がどのようなユーザとのインタラクションを可能とするかを分析した。さらに、得られた知見から、ユーザの属性やタスクによって擬人化の段階を変えるモーフィングエージェンシや、スクリーン上の空間と実世界を移動できる擬人化エージェント、人間の社会的な機能を助けるエージェンシグラスを提案、これらを実装し検証した。

本さきがけ研究終了後、擬人化エージェントを用いた機器の機能説明、擬人化エージェントの視線追跡およびこれを実装したソーシャルグラスなどの研究を進めた。

(1)擬人化エージェントを用いた機器の機能説明：

京セラドキュメントソリューションズ株式会社と共同で、操作の習得が難しい複合プリンタに対し、スクリーン上の説明に加え、エージェントの身体部分(目や手など)を実空間で出現、可動させ、エージェントが仮想空間と実空間を移動するかのような演出でユーザに操作法を習得させる手法を提案し検証した。その結果、ユーザの操作時間短縮、発話量増加、機器や操作への印象の向上など有効性を確認した。
(https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_action_common_download&item_id=159048&item_no=1&attribute_id=1&file_no=1)

(2)擬人化エージェントの視線追跡：

エージェントによる人間の視線追跡の効果について検証した。ここでは、ロボットの直接的な接触によるインタラクションは、人間の作業妨害の危険性があるため、社会的円滑化の操作支援手法として、非侵襲の視線効果に着目しその効果を検証した。その結果、視線追跡(人の視線ポイントをなぞる)の場合、被験者のタスクに対する動機付けを高める効果があることや、ターゲットを示すだけでも集中力の向上に有効であること、逆に注視時間の割合が大きいと、タスクへの集中力の低下が生じるなど様々な知見を示した。
(Takuya Tonoyo, Hirotaka Osawa, Power of looking together: an analysis of social facilitation by Agent’s mutual gaze, IET Cyber-Physical Syst.Theory Appl. 3, 7,2019)

これらは、タスク実行時に擬人化エージェントを介在させることで、人のパフォーマンス向上が可能であることを示唆しており、幅広いヒューマンエージェントインタラクション(HAI：Human-Agent Interaction)の応用へとつながるものである。

(3)視線追跡システムを実装したソーシャルグラス：

視覚障害者の適切な視線を模擬したソーシャルグラスを開発し、見える人との対面会話におけるコミュニケーションの質向上がはかれることを実証した。

本ソーシャルグラスは、会話中のアイコンタクトのタイミング、その保持時間、目をそらすアイジェスチャーの種類およびその保持時間や、聞く、話す場面の変化を音声検出で判断し、見る、見ないを切り替えるなど適切なシナリオの動作が設定されている。評価実験により、インタラクティブな視線は、コミュニケーションの質向上、被験者の共同感、注意配分、認知行動制御への良い影響や、被験者の役割と視線の相互作用があることを示した。

本研究は、視覚障害者の自然な視線を再現するアイトラッキングの初めての検証であり、視線シミュレーションシステムの開発指針として活用が期待されるものである。
(Shi Qiu, Jun Hu, Ting Han, Hirotaka Osawa, Matthias Rauterberg, Social Glasses: Simulating Interactive Gaze for Visually Impaired People in Face-to-Face Communication, Int. J. Hum. Comput. Interact. 36, 9 ,2019.)

大澤のこれまでの擬人化に関する研究は、HAI 分野の誕生に大きく貢献しており、現在、HAI の提案者が中心となり設立された国際会議 International Conference on Human-Agent Interaction は著名な国際会議となっている。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

大澤は、エモテク JAPAN のアドバイザーに就任している。エモテク JAPAN は、人と人工音声やロボットといったエージェント市場の活性化と拡大を目指す業界横断プロジェクトとして株式会社博報堂が 2021 年に発足させたものである。(https://emo-tech.jp/)

本プロジェクトでは、共同実証実験などを通じたユースケース創出、技術連携によるエコシステムの実現、国内外への戦略的な情報発信やセミナー・イベントの開催など行う。これらにより、各社が個別で抱えていた技術課題・ビジネス課題の解決を図りながら市場の成長を推進するものである。大澤は、この中で本技術の社会応用について企業と連携し開発を推進している。

さらに、JST　社会技術研究開発センター(RISTEX)「人と情報のエコシステム」において「想像力のアップデート：人工知能のデザインフィクション」で、科学技術とその社会への受容過程を、物語の形で描いてきた SF が、人工知能技術の発展にもたらした影響を調査し、人工知能やエージェント技術が社会実装される過程の未来のあり方を新たなデザインフィクションとして例示することを試みている。

また、イノベーションの発端に SF があった例から着想し、株式会社三菱総合研究所と共同で、SF を活用し、未来をつくる SF を用いたイノベーション促進・SF プロトタイピングの方法論を策定し、省庁（農林水産省「フードテック官民協議会」）や自治体（山梨県北杜市、福岡県大牟田市）で実施している。

2022 年 10 月より研究者として始めて日本 SF 作家クラブ会長に就任し、作家と研究者の相互作用を活性化する試みを行っている。

2.3.2.4　城戸隆「遺伝子解析と人工知能技術を用いたパーソナルゲノム情報環境の提案と評価」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

城戸は、本さきがけ研究で、今後のパーソナルゲノム時代を先取りし、病気のリスクや認知・行動特性を予測するパーソナルゲノム情報環境の提案と、その基礎基盤を構築した。さらに、パーソナルゲノム情報が人々に与える心理的影響を体系的に調査した。

本さきがけ研究終了後、株式会社Preferred Networks、2020年に帝京大学に移籍し、Responsible AI、Deep Learningや、機械学習技術のヘルスケア分野、AIの公平性、人間の主観性やCognitive Bias(認知バイアス)に関わる問題を提起した。
(Takashi Kido, Responsible AI for maximizing human well-being and fairness, Informs Annual Meeting, 2021)

株式会社Preferred Networksでは、がん診断に関わる人工知能技術を用いた統合的解析技術に取り組んだ。ここでは、遺伝子解析と人工知能技術を用い、様々な疾患原因の解明や診断、治療に役立つ手法を研究しており、現在も継続して取り組んでいる。

また、疾患リスク遺伝子分布の特徴と進化的洞察に新たな知見を見出し、国際ジャーナルに採択されている。(Are minor alleles more likely to be risk alleles?,BMC Medical Genomics 2018)

本研究では、これまで選択的に中立だった変種が、環境の変化によりリスクアレルとなる可能性を示唆した。環境、生活習慣に依存する疾患と依存しない疾患では負の選択の影響が異なるという従来の仮説の裏付けとなる研究成果となった。

遺伝子解析とAI技術を用いたパーソナルゲノム情報環境についての論考も執筆している。(『AI導入によるバイオテクノロジーの発展』(シーエムシー出版)、第2章3項 遺伝子解析とAI技術を用いたパーソナルゲノム情報環境)

また、機械学習工学における課題をまとめた論考を発表している。

本論考では、システム仕様を定義し、モデル化、詳細化していく演繹的な従来のソフトウェア工学の方法論に対して、仕様を訓練データの形で表現し、実装は訓練によって行う機械学習に基づく帰納的なシステム開発のことを機械学習工学と名付けている。ここでは、帰納的なシステム開発は、従来のソフトウェア工学の方法論をそのままでは適用できないため、機械学習という計算パラダイム導入の新しい開発方法論を論じている。また、説明性(解釈可能性)など含む多くの課題を網羅し、まとめている。
(機械学習工学へのいざない,人工知能(33),124-131,2018-03-01,
https://doi.org/10.11517/jjsai.33.2_124)

帝京大学では、“AI と Humanity”に関わるテーマの開拓に重点を置き、“認知バイアスの理解に基づく個別化データサイエンス教育の提案(AI 時代のフェイクニュース研究）”について、データサイエンス教育に関する研究チームを学内に新たに発足させ推進している。

城戸は、 慶応大学　大学院附属システムデザイン・マネジメント研究所ヒューマンシステムデザインラボ研究員の兼務や、JST 未来社会創造事業「個人に最適化された社会の実現」領域 重点公募テーマ「場面や状況により変化するひとの幸福な状態を再現性高く計測・評価する技術に基づく新サービスの創出」の評価委員(2021 年 4 月～2022 年 3 月)、名古屋大学大学院医学系研究科 AI 人材養成産学協働拠点プログラムの外部評価委員(2021 年 9 月～2022 年 3 月)など就任している。

また、早稲田大学理工学部 にて「生命科学概論：人工知能と遺伝子解析」、 慶応大学理工学部にて「創造と倫理：パーソナルゲノムと倫理」の招聘講義など行い、活動の幅を拡げている。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

城戸は、学習アルゴリズムとデータに大きく依存し意思決定を行っている現在の AI 技術は、データにバイアスがかかる可能性があり、人間の偏見を増幅し、新しい偏見を生み出すリスクがありうることを指摘し、「ウェルビーイング(Well-being)」と「公平性(Fairness)」の 2 つの視点から、AI のバイアスと透明性の問題を解決するためのフレームワークについて議論している。スタンフォード大学で主催した AAAI(Association for the Advancement of Artificial Intelligence) Spring symposium 2018 での Wellbeing AI のコンセプトを継続させ、人工知能と幸福学との境界領域の開拓を目指している。

これに関連し、AI と人に関する研究提言を国際会議で発表している。(Responsible AI for maximizing human well-being and fairness, Informs Annual Meeting, Anaheim, California, October 24-27,2021)

さらに、城戸らは、Wellbeing AI と Fairness に関する国際シンポジウムを AAAI に提案し、How Fair is Fair? Achieving Wellbeing AI(hfif-aaai-2022)として採択された。本シンポジウムは、人文・社会科学の視点と AI への技術的アプローチを組み合わせること、経済的インセンティブや価値を優先する「生産的 AI」とは対照的な、Wellbeing AI の新しい成功指標を探ることを目的とするものである。城戸らは、本シンポジウムをスタンフォード大学とともに主催し 2022 年 3 月に開催した。AAAI 国際シンポジウムは 2012 年から連続して主催おり、人工知能学会第一回 ELSI 賞の最終候補にも選ばれている。

2.3.2.5　駒谷和範「発話行動の階層的理解に基づく相互適応型音声インタラクション」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

駒谷は、本さきがけ研究で、これまで言語的側面のみに着目していた対話システム研究に対し、発話行為の分析技術を加えることで、システムへの話しかけられやすさを向上させる技術や、不適切なターンテイキング(話し手と聞き手の入れ替り)検出による誤分割の訂正手法、音声認識が容易な語彙に発話を誘導する技術の提案など行った。

本さきがけ研究終了後、対話を通じた知識獲得、発話の誤分割の修復とそのユーザ適応、マルチモーダル対話システムなど研究を進めた。

(1)対話を通じた知識獲得：

対話システムは、ユーザの質問・要求などに対し、指定された情報を提供するタスク指向型と、ユーザと自由な話題でユーザを楽しませる非タスク指向型の2種類に大別される。非タスク指向型は対話によってユーザとの良好な関係を効果的に構築可能であるため、注目されており、この機能を搭載した対話システムの開発が進められている。

非タスク指向型対話システムは、包括的な知識ベースを持つことが望ましいが、全ての知識を事前に用意することは多大な労力を要し、完全なものの構築は不可能である。

本研究では、自然言語対話、質問を通じて不完全な知識ベースを拡張する手法を提案した。本手法を実現するには、煩わしい質問を繰り返すとユーザは対話をやめてしまうため、それを避け、対話を継続する必要がある。

ここでは、明示的、暗黙的など質問の種類や質問内容の正誤によって、ユーザの印象がどのように変化するかについて、複数ユーザの応答、応答の文脈情報を利用する実験手法を提案し、分析した。その結果、質問内容が正しい場合、連続した明示的な質問は、暗黙的な質問よりも煩わしくなること、暗黙的質問は、内容が正しければ良い印象を与え、そうでなければ悪い印象を与えることなど多くの知見を見いだした。

(Kazunori Komatani, Mikio Nakano, User Impressions of Questions to Acquire Lexical Knowledge.,21st Annual SIGDIAL Meeting on Discourse and Dialogue (SIGDIAL2020), pp.147-156, Jul. 2, 2020)

また、より自然に対話を継続しつつ、未知語を知識ベースのクラスへ位置付ける暗黙的確認手法(未知語「プッタネスカ」のクラス「イタリアン」 について、「イタリアンは洒落た料理が多いですよね」といった暗黙的確認要求など)を提案している。

(大野航平, 武田龍,ニコルズ エリック,中野幹生,駒谷和範,対話を通じた未知語のクラス獲得に向けた暗黙的確認の提案,人工知能学会論文誌, Vol.33, No.1, p.DSH-E1-10, 2018)

これらの知見を活用し、対話システムにとって未知の質問をつくり、その中で大間違いでない、正解可能性が高い質問を選択する手法を提案している。

本手法は、対話システムが知識グラフ持つものである。知識グラフは、2つのエンティティと1つの関係からなるトリプレット(例えば、トムヤムクンが辛いという事実は、

(Tom yum goong, tastes, spicy)と表記される)の集合で構成され、エンティティ間の関係を表す。対話中に獲得した知識は、新しいリンク(トリプレット)を知識グラフ補完(Knowledge Graph Completion; KGC)を用い予測し、そのリンクが正しいかユーザに尋ね、正しければ知識グラフに追加する。ユーザへの質問に際し、予め、極力リンクが大間違いないよう、予測リンクを ComplEx などの KGC スコアを用い、正解可能性を測り選別する。ここでは、KGC スコアの信頼性に依存するため、KGC モデルの学習について、既存のエンティティラベルの部分文字列を表す擬似エンティティを生成し、部分文字列を共有するエンティティ同士を接続することや、ComplEx の学習時に必要となる負例のサンプリング方法に制限を設けるなどの実装で信頼性を向上させている。これらを実装した手法を評価した結果、実装なしに比べ妥当な質問を選択でき、ユーザの印象が良くなることを実証した。

(Kazunori Komatani, Yuma Fujioka, Keisuke Nakashima, Katsuhiko Hayashi,Mikio Nakano,Knowledge Graph Completion-based Question Selection for Acquiring Domain Knowledge through Dialogues.,Annual Conference on Intelligent User Interfaces (IUI), pp.531-541, Apr. 15, 2021.)

これらの成果をさらに発展させるため、2022 年度から科研費基盤 A「オンライン知識獲得による音声対話システムの自律進化」に研究代表者として取り組んでいる。

(2)発話の誤分割の修復とそのユーザ適応：

本研究では、ユーザ発話が誤って分割されてしまった場合、事後的に修復する手法や、その要否判定基準をユーザごとに適応させる手法を開発した。

素早い対話では、音声区間検出(Voice Activity Detection：VAD)により、ユーザの発話が誤って分割されることが多い。これは、自動音声認識(Automated Speech Recognition：ASR)とターンテイク両方においてエラーを引き起こす。

本手法では、不適切なターンテイキングではシステム発話を停止し、2 つの発話断片を結合して再度音声認識を実行し、この修復が必要かどうかの判定を行う。判定は、発話断片の対から得られるさまざまな特徴を用いた二値分類問題として捉え、機械学習により分類器を学習することで高精度化している。判定のための特徴選択は、前半断片と後半断片の冒頭部分の音声認識器から得られる特徴、2 つの発話断片のタイミングに関する特徴、韻律的特徴であり、これらの中の発話断片間時間間隔、前半断片の発話長、最大音量、最終単語の音声認識信頼度、混合ガウスモデル(Gaussian Mixture Model:GMM)による雑音判別結果などが有効であることを見いだし、分類性能を向上させた。

本手法は、MMDAgent (オープンソースソフトウェアの音声インタラクションシステム構築ツールキット)のプラグインとして実装した。

(Kazunori Komatani, Naoki Hotta, Satoshi Sato, Mikio Nakano: Posteriori Restoration of Turn-Taking and ASR Results for Incorrectly Segmented Utterances, IEICE Transactions on Information and Systems,Vol.E98-D,No.11,2015)

さらに、ユーザによって異なる発話テンポ(システム発話終了からユーザ発話開始までの時間)をユーザごとに蓄え、これに応じ、分類器の修復要否判定をユーザ適応させる提案も行っている。(https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicejl/55/10/55_878/_pdf)

駒谷は、言語情報のみのやりとりと捉えられることが多い対話システムの研究の中で、発話タイミング(ターンテイキング)や聞き手に与える影響などを多層的に捉える必要性を指摘し、階層的発話行動理解という概念を提唱した。この概念を工学的なシステムとして実装し有効性を示したことで、この提案が近年のマルチモーダル対話システム研究の潮流となっている。

また、ユーザとの対話の中でシステムが適応し変わっていくべきとの構想の中で着想した対話の中でのドメイン知識獲得技術の研究は、現在、注目されている対話を通じた life-long learning の先鞭をつける研究となっている。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

非タスク指向対話システムにおいて、対話を継続するためには、質問の応答だけではなく、言外の意図や態度、感情を察知して人間に適応し、共感的な応答を提供する必要がある。そのため、音声やテキストだけではなく、ユーザの表情や姿勢、声の韻律、言語情報などから、ユーザの心的状況を推定し対話する、マルチモーダルな対話システムを実現する必要がある。マルチモーダル対話システムの研究には、人とシステムとの間でのマルチモーダル対話データが必要であるが、顔の映像など個人情報への配慮などで公開されたものはほぼ無かった。

駒谷のマルチモーダル対話システムの研究において、対話エージェントと人との対話の様子を収めたマルチモーダルコーパスを構築し、研究開発に利用可能なデータセット Hazumi として 2020 年 8 月に公開した。(https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/rdata/Hazumi/)

データセットは、Wizard-of-Oz 方式で収録し、公開データは、収録動画だけではなく、心象 7 段階、話題継続(システム役が話題を続けるべきかどうか)7 段階、話題への興味度 3 段階など、システム発話とユーザ発話の対を単位として、第三者により対話中の全単位に対してアノテーションが付与されている。公開データは、実験参加者全員からの同意書を揃えるなどで研究倫理委員会の承認を得ている。

本公開データは、マルチモーダル対話システム研究の進展に貢献するものであり、さらに、機械学習によるアノテーション予測をより高精度にする研究や、生体信号を併用して実験参加者の心象を得る研究など、社会的信号処理研究の共通基盤データとしても活用が期待される。

また、株式会社ホンダ・リサーチ・インスティチュート・ジャパンと対話システムにおける知識グラフの埋め込み表現を用いた応答生成など研究開発を進めている。さらに、ホンダ・リサーチ・インスティチュート・USA、本田技研工業株式会社と画像情報とユーザ

指示発話から意図する画像中の目的地を推定するシステムや、三菱電機株式会社とマルチモーダル情報から運転者の内部状態を推定する研究開発などを進めている。

2.3.2.6 高野渉「行動の記号化を基盤とした身振り・言語を通じてコミュニケーションするロボットの知能設計」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

高野は、本さきがけ研究で、人間の身体運動を記号として解釈し、自然言語を用いてロボットの運動を生成することを目指した。ここでは、465 個の運動記号を学習するシステムを構築し、88%の認識率を達成している。また、クラウドソーシングを活用した 6 万件の運動アノテーションデータ収集や、320 プロセスを実装した並列計算で、従来の 100 倍の性能でリアルタイムに運動を認識できるシステムを構築した。

本さきがけ研究終了後、全身運動のビデオモーションキャプチャ、人間行動の言語化などの研究を行った。

(1)全身運動のビデオモーションキャプチャ：

本研究では、汎用カメラ 1 台の撮影映像から全身の 3 次元位置・姿勢を推定する技術を開発した。

ここでは、2 次元から 3 次元への人間の姿勢推定タスクのための新しいグラフ畳み込みネットワークアーキテクチャ Graph Stacked Hourglass ネットワークを提案している。

従来のグラフ畳み込みネットワークアーキテクチャは、人のスケルトンのような不規則なグラフ構造に対し、単一スケールでしか処理できないため、局所的、および大域的な空間情報を抽出することが困難である。また、各深度における中間特徴量などが活かされないため、モデル表現能力に限界がある。

提案アーキテクチャは、エンコーダとデコーダの繰り返しで構成され、グラフ構造化された特徴が人間の骨格表現の 3 つの異なるスケールにまたがって処理される。このマルチスケールアーキテクチャにより、3 次元の人間の姿勢推定に重要な局所的、大域的特徴表現の両方を学習することができる。また、異なる深さの中間特徴を用いたマルチレベル特徴学習アプローチを導入し、マルチスケール、マルチレベル特徴表現を利用することができる。

本アーキテクチャは、光学式モーションキャプチャで計測した全身運動データと各カメラで検出された画像中の関節位置を学習データとして使用する。これらデータを用い、人間の身体構造の関節の親子関係から、隣接する関節位置データを畳み込む処理とそれらをプーリング処理によって低次元化する処理を重ねる。三次元空間中の全身の関節位置と、画像中の関節位置から、予測される三次元関節位置の誤差を損失関数として、それが最小になるニューラルネットワークのパラメータを最適化する。その結果、各関節の平均推定誤差は約 4 cm であり、従来にはない高い精度で、全身の位置・ 姿勢を二次元映像から推定できた。

(Tianhan Xu, Wataru Takano, Graph Stacked Hourglass Networks for 3D Human Pose Estimation, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Virtual Conference, June 19-25, 2021)

(2)人間行動の言語化：

人間の全身運動は関節角時系列データの連続値あり、言語は単語から構成される離散値の記号である。運動データを数理モデルで模倣学習する方法論は、運動データを表現する最適モデルパラメータを探索することであり、最適モデルは、パラメータ空間の離散表現の点としてみることができる。

本研究では、これら運動表象を介し、運動と言語をつなぐ数学的枠組みを構築することで、技術的困難な連続と離散値の記号をつなげる課題を解決した。

ここでは、人間の身体運動をモーションキャプチャシステムによって計測し、全身の関節角を推定する。これら時系列データを運動データが生成される確率が最大となるように隠れマルコフモデルのパラメータを最適化する。確率が最も高いモデルとして分類することが、運動が記号化されたことに相当する。

各運動データに対して、説明文を付与し、運動記号と説明文の大規模データセットを構築した。これを学習データとして、運動記号と言語の統計モデルの学習を行った。

運動の記号表現を言語に変換するために、運動記号を入力層、文章中の単語を出力層に配置、それら入出力層を多段の隠れ変数層が結びつける構造で、運動記号から隠れ変数の生成、隠れ変数から隠れ変数の生成、隠れ変数から単語の生成における確率が最大になるようにモデルパラメータを最適化する。この最適化計算は、パラメータが確率であるという制約を条件として、期待値最大化アルゴリズムの収束演算によって実施する。これら、隠れ変数の分布を推定する演算と、その分布に従って、確率パラメータを最適値へ更新する演算を繰り返す。

本提案方法により、運動と関連の高い順に単語を連想し、これらを、文法規則や単語の語順規則に沿って並べ替えることで、運動の文章への変換が可能になる。また、モデル内の隠れ変数の分布に変更を加えることで、新たな言語表現を創ることも可能となる。

評価の結果、人間の主観と合致した意味空間が構築できていると予想される適当な文章が生成されていることを確認した。
(https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-17K20000/17K20000seika.pdf)

なお、運動と説明文の大規模データセットは、17 個の慣性計測装置(Inertial Measurement Unit:IMU)を装備したウェアラブルモーションセンサースーツを利用して日常動作の計測を行い収集し(総時間 813,600 秒)、東京大学で人手にて付与した説明文のデータセット(28,000 文章)とクラウドソーシングを利用して収集した説明文章のデータセット(423,000 文章)を構築した。クラウドソーシングでは、マイクロタスクを設計し、ユーザが Youtube に掲載された運動を閲覧し、指定された時刻に文章をつけることで収集している。
(Wataru Takano, “Annotation Generation from IMU-Based Human Whole-Body Motions in Daily Life Behavior,” IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol.50, No.1, 2020)

高野が構築した人間やロボット身体運動とその説明文である言語のデータベースは、人間の身体運動を自然言語として理解する知能の基盤になる。また、本技術は対話にてロボットを遠隔操縦する技術につながる。

高野の研究成果は、国際学会などで引用されるかたちで、人間の動きを言語へ翻訳する論文が発表されなど、人間の運動認識に新しい潮流を創出している。また、本研究は、ロボット産業の新しい研究・開発方向性として注目されており、高野は、NEDO「産業用ロボット関連技術の標準化等に係る調査」事業研究会に有識者として参加している。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

高野は、トヨタ自動車株式会社と共同で、 運動を言語化する技術の応用として、介護施設における高齢者や介護士の行動の見守りや、自動で介護日誌を作成するシステムの開発を進めている。

本研究開発では、カメラ 1 台で身体骨格の動きのみを識別し、文章化するシステムを開発した。本システムによる身体動作データを用いると、映像データをそのまま行動識別に使う手法よりも、服装や個人の違いに左右されず識別できるようになる。本システムにより、カメラ映像を見て日誌を作成するスタッフの大きな業務負担を大幅に削減できる。さらに、入居者の身体動作データから筋肉の負荷や消費カロリーなど推定に利用されることも期待される。

本技術を基に AI 骨格分析システム「Posen」の開発と販売を行う Posen 株式会社(https://posen.ai/company/)を設立している。

富士通株式会社と共同で、あん馬体操の自動採点アルゴリズムなどの開発を進めている。体操選手の技術力向上による採点の複雑化と、その見極めが難しくなってきている中で、客観的で正確なジャッジが可能になると期待される。

また、保育施設における幼児の行動を観察し、保育日誌を作成するシステムの研究開発も始めつつある。さらに、他大学(東京大学、東京工業大学)、研究機関(国立研究開発法人産業技術総合研究所、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構統計数理研究所)、企業（株式会社日立製作所、株式会社 IHI）などとも共同研究を進めており、本技術のコミュニティ、応用とも拡がりを見せている。

2.3.2.7　舘知宏「物理ベースデザインのためのインタラクティブ情報環境の構築」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

舘は、本さきがけ研究で、平面を折るだけで作れる折紙構造において、紙や金属の一枚のシートから自由な形状を実現するシステムの構築を行った。ここでは、折り目パタンを持つ曲面の折紙テセレーションに着目し、自由な三次元形状を立体的な折紙形状で構築する技術を開発した。本技術はFreeform Origamiと呼ぶソフトウェアに実装し公開している。

また、剛体折紙と呼ぶ、厚みのある素材に対する変形メカニズムの提案、剛性と柔軟性の両立に加え、一様で制御しやすい展開機構を考案している。

本さきがけ研究終了後、折り紙の剛体展開型カンチレバーや、紐システム、セル型構造、双曲放物面など様々な構造の特性や解析の研究を行った。また、折り畳みにより自己変形し、機能の切り替わりが可能な、動的機能性を持つ折り紙パタン(自己折り)の理論の研究を行った。

(1)剛体展開型カンチレバー：

本研究では、折り紙チューブによる剛体展開型カンチレバーの剛性の研究を行った。ここでは、ユニークな「ジッパー」構造を用いてチューブを結合することで、システムを簡単に展開することができ、かつ他の変形モードに対して剛性を持たせることができることを示した。

(Filipov E.T., Tachi T., Paulino G.H., Coupled origami tubes for stiff deployable cantilevers, Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference 2019)

(2)紐システム：

本研究では、一体型折り紙の紐システムの研究を行った。ここでは、折り紙のデザインに伸縮性のある紐を取り付けることで、その力学的挙動を変化させ、新たな機能が作り出されることを示した。ここでは、モーフパタンに弾性糸を導入することでプログラム可能な双安定機構を示した。これにより、設計通りの変形のみを許すモーフィングの構造が可能になった。

(Liu K., Kosednar M., Tachi T., Paulino G.H., Integrated origami-string system, Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference 2019)

(3)セル型構造：

本研究では、折り紙のセル型構造の動的機能性についての研究を行った。ここでは、再構成性と耐荷重性とのトレードオフを解決する手法を開発している。

一般にセル型構造は一度作るとその形状は固定され、特に耐荷重性の構造特性を変化させることは困難であった。

本研究では、TMP(TachiMiura polyhedron)の力学的分岐を利用し、折り畳み型から耐荷重型という全く異なる2つを切り替える手法を提案した。ここでは、TMPの折り紙のセル型構造が、折りパタンを変更することなく、また、特異形状にぶつかることなく、平らに折れる状態と荷重を支える状態の間を移行できることを示した。確立した設計原理を基に、紙シートと熱収縮フィルムからなるTMPを実験的に検証した結果、折り畳み型から耐荷重型に切り替え可能なこと、102%の耐荷重性能の向上を確認した。
(Liu K., Kosednar M., Tachi T., Paulino G.H., Integrated origami-string system, Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference 2019)

(4)双曲放物面：

本研究では、様々な設計へ応用が広がる、一枚の紙を山・谷・山・谷と折り込んだ双曲放物面の構造特性の解析を行った。ここでは、双曲放物面の構造特性を理解するための理論モデルを構築し、実験で検証した。その結果、折り紙から作られる双曲放物面は幾何学的双曲放物面と同じ物理的特性を持ち、折り畳まれた折り紙が2つの対称的な配置の間で双安定性を示すことを確認した。この折り方は、刺激応答性メタサーフェス、スイッチなどとして期待されるものである。本研究成果は、著名な学術雑誌へ掲載された。
(Ke Liu, Tomohiro Tachi and Glaucio H. Paulino, ″Invariant and smooth limit of discrete geometry folded from bistable origami leading to multistable metasurfaces,″ Nature Communications,Sept.2019)

(5)自己折りの理論：

本研究では、従来なかった自己折りの理論について初めて確立し、その制御方法を示した。ここでは、幾何学的考察、デザインシステム実装、試作のプロセスを通して、一つの平面状態から複数の立体形状に折り変形する構造システム、複数の状態をスイッチする新規の折紙空間構造、平面上のパターニングで生産できる仮設構造物も得ている。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-16H06106/16H06106seika.pdf)

さらに、自己折りに関し、所望の構造性能を得る方法が解明されていないため、折りパタンと構造性能の関係の解明、多様な動的性質を持つ折りパタンを新規に創出する研究を実施している。ここでは、薄肉シェルの座屈、昆虫の翅の発生や脳のシワにみられる自己組織化をモデル化し、新規パタンの折りパタンを生み出す設計・シミュレーションシステム、シワの形成を支配するパラメータについて研究を進めた。
(https://www.jst.go.jp/kisoken/presto/evaluation/nenpou/r01/JST_1112091_19196120_2019_PYR.pdf)

自己折りは、設計図と形を作る仕組みを内包しているバイオミメティクスの自己組織化のアプローチそのものであり、その折紙構造の軽量、堅牢、展開収縮できる特性は様々な応用へと展開が期待される。

これらの様々な舘の研究成果は、折紙設計のスタートとともに注目され、現在、舘は、折紙工学の著名な研究者の一人となり、本分野を先導している。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

舘は、構造エンジニア、建築デザイナー、複合材料および複合材料製造エンジニアとともに複合材を用いた軽量で剛性の高い折りたたみ式キャノピーを開発した。これは、繊維強化プラスチックを用いた折り紙ベースの携帯可能なキャノピーであり、総質量 27kg、2～3 人で持ち運ぶことができ、1 分以内に設営することが可能なものである。

舘の新規折紙構造は、折り畳んだ状態で製造し、短時間で展開・リユース可能な仮設建築物の実現や、複数の形状に再プログラム可能な構造物、ロボット開発、特殊な弾性特性をもつ新規の材料開発につながる。また、舘が進めている自己折りの研究開発は、製作機械が作れないようなマイクロスケールのものや建築のような巨大な構造などに特に有効となるものである。

2.3.2.8　塚田浩二「実世界コンテンツを創造／活用するためのミドルウェア」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

塚田は、本さきがけ研究で、生活環境でのコンテンツ生成と、利用を加速するために、生活そのものをデジタル化して記録する衣食住ライフログや、生活の中で情報提示を行う衣食住ディスプレイの開発を行った。

衣食住ライフログは、ユーザの日常生活での行動を契機に、無意識のうちに情報収集を行うもので、記録対象が顔や服など、品質が重要となる場合にも、最小限の手間で高い品質の記録を可能としている。衣食住ディスプレイは、日用品の利用を情報の提示機会と捉えるもので、生活習慣の改善などにつながるものである。また、こうしたシステムの実装を支援するミドルウェア「MobiServer」を構築し、さまざまなプログラミング言語から利用可能とした。

本さきがけ研究終了後、日用品を拡張するマテリアル・インタラクションや、実世界デバイスを拡張するファンクショナル・テクスチャ、パーソナルファブリケーションにより獲得される実世界データの理解などの研究を行った。

(1)日用品を拡張するマテリアル・インタラクション：

本研究では、様々な日用品の電気特性、機構特性、素材特性を活かし、日常生活空間での利用に適した日用品インタフェースの研究を進めた。ここでは、機構特性、素材特性に着目したものとして、磁力を用いて工具、食器などを非接触で駆動することで、日用品自体に手を加えることなく情報提示機能を付加するインタラクション技法「ToolShaker」を提案した。

応用例として、壁面にフックに吊り下げた工具の下部に電磁石を設置し、振り子の駆動周期を制御することで、ユーザのものづくりの過程に合わせて、次に使うべき工具を動かすことや、日用品の接触音や駆動周波数による音の調整で、タイマーやリマインダーとすること、電磁石を適切なタイミングで駆動させ、日用品を壁面の特定の場所に固定しやすくしたり、取り外しにくくしたりすることで適切な場所へ収納を促すなど、視覚、聴覚、触覚的に情報の提示が可能であることを示した。

(Dogai H., Oki M., Tsukada K, Toolshaker: Presentation technique for ″as-is″ display ofdaily commodities, ACM International Conference Proceeding Series, 2018)

また、カメラとの間に一定の距離が必要な2次元コードと、離れると認識が困難な導電性パタンをつけたタッチパネル用の静電式マーカーの両者を統合し、カメラとタッチパネルのどちらも認識可能な新しい2次元コード「CapacitiveMarker」を提案した。これは、2次元コードが印刷された紙と、導電パタンが印刷された透明フィルムの2枚を重ね合わせたものであり、両者とも一般的な家庭用プリンタで印刷可能なものである。

応用例として、マーカーをタッチパネルから浮かせた状態と接地させた状態で視点を切り替える地図アプリや、操作キャラクタを切り替えるシューティングゲームを提案し、実証した。(https://mobiquitous.com/pub/2017-fun/ipsj-capacitivemarker.pdf)

同様の導電性インクを活用したものとして、トランプ等のカードをセンサ化するシステムを構築し、リフルシャッフル、スプリングといったテクニックで上級者、初心者で異なる特徴が検出できることを示した。これら研究成果は、いずれも Augmented Human など国際会議や国内会議で採択され発表し、デモンストレーションを行っている。
(http://www.interaction-ipsj.org/proceedings/2018/data/pdf/2B46.pdf)

機構特性に着目したものとして、ブラインドを日常生活に溶け込んだスクリーンとして捉え、室内から映像を投影することで、羽根の向きに応じ室内外の双方、あるいはどちらか一方に投影映像を制御する情報提示ディスプレイシステムを構築した。
(https://mobiquitous.com/pub/2020-fun/ipsj2021-blind.pdf)

また、静的で単一な表現しかできない紙媒体の質感を拡張するシステム「透紙」システムを提案した。本システムは、発光パタンを多様に変更可能な LED マトリクスによるバックライトと、凹凸のあるテクスチャを持つフィルタなどで構成される。これにより、布目や織物のようなテクスチャが実現され、温かみのある布、冷たい金属板などのような印象を与えることができることを示した。本システムは、1 種類の紙媒体で複数の質感表現が行え、美術的効果を高めることも期待できる。
(https://www.wiss.org/WISS2017Proceedings/demo/1-A16.pdf)

(2)実世界デバイスを拡張するファンクショナル・テクスチャ：

本研究では、日用品やスマートフォン等の実世界デバイスに対し、多様な「質感」と「機能」を付与可能な「ファンクショナル・テクスチャ」の研究を行った。ここでは、従来、あまり考慮されない外観、触り心地等の質感設計に対し、任意の質感を明示的、暗黙的に付与し、デバイスの機能も調整可能な造形手法を提案した。

質感の種類としては、光学テクスチャや、機構テクスチャを想定し、デジタル工作機械を用いた造形パラメータの検証と事例構築を行った。

光学テクスチャの応用例として、UV プリンタで薄型シートに印刷可能なレンズアレイを用いた質感フィルタを提案した。これをスマートフォンなど任意のディスプレイに搭載し、独自のパター設計ツールと組み合わせることで、見る角度に応じて異なる、多視点の情報提示を可能にした。(https://www.wiss.org/WISS2020Proceedings/data/05.pdf)

機構テクスチャの応用例として、3D プリンタで造形可能な、スライダー等の可変抵抗に、クリック感、重み感などの触覚的なフィードバックを付与する手法を提案した。

本手法は、一般的な可変抵抗に容易に脱着でき、クリック感と重みを個別に付与できる。また、低価格な 3D プリンタで手軽に造形、視覚的手掛かりの有無を切替できるといった特徴を備えている。
(https://www.interaction-ipsj.org/proceedings/2021/data/pdf/1B02.pdf)

(3)パーソナルファブリケーションにより獲得される実世界データの理解：

本研究では、パーソナルファブリケーションにおいて、実世界のモノづくり過程をマルチモーダルに蓄積・共有・再現する基盤システムの研究を行った。ここでは、デジタル工作機械を用いた、ものづくりワークショップが頻繁に開催されている中、ワークショップを多視点で記録し、複数の動画を通して、ユーザが、そのものづくりプロセスをレビュー可能なシステムを提案した。

本システムは、半自動録画、多視点録画、レビューに適したシーンに素早くアクセスできるシーン検索機能(笑顔検出、手検出、道具検出など)など映像編集技術を実装している。(https://mobiquitous.com/pub/2017-fun/nakae-IUI2018.pdf)

また、スマートウォッチを用いたものづくり動画マニュアル作成支援システムも提案している。これは、録画用スマートフォンアプリ、データ保存・機械学習基盤用 Web サーバ、データ提示・手動タグ付け用ブラウザベースアプリなどで構成される。

本システムは、自動チャプター追加、スマート早送り機能など実装しており、マニュアルの作成・閲覧を、より効率的に実現するものである。
(https://mobiquitous.com/pub/ubicomp2018-aizu.pdf)

上記のように塚田は、出口を見据えた多岐にわたる様々なプロトタイプの構築を迅速に行い、実証を繰り返し、研究成果を創出している。これら研究成果や活動は、技術進歩の速い日常での情報環境においてその可能性を広げ、早期実現を可能とするものである。さらに、市民参加のものづくりのさらなる発展へとつながるものである。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

塚田が開発した、食材の抵抗値や食べ方に応じ様々な効果音を発生させる EaThremin(イーテルミン)は、株式会社博報堂と共同で、野菜を食べるのがもっと楽しくなる食育フォーク「pacoo(パクー)」として発表されている

pacoo は、子どもが苦手とする野菜を楽しく食べる経験を通じ、野菜嫌い解消や、食べる喜びの食体験の提供を目的としているもので、子どもが野菜を食べるタイミングに合わせ、オノマトペ(擬声語や擬態語)の音やリズムが流れ、食べるモチベーションを刺激するフォーク型食育デバイスである。(https://www.ux-xu.com/prototype_case/pacoo)

2.3.2.9　寺田努「実世界指向ユーザインタフェース実現のための動作認識基盤の確立」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

寺田は、本さきがけ研究で、従来の状況依存サービスや、ジェスチャーインタフェースの、認識精度・認識率の低さ、認識ディレイ、計算コストの高さなどの課題解決に向け、多くの技術開発、実証実験を積み重ねた。ここでは、自己相関関数を用い動作を適切に分類し認識を向上する技術、早期認識アルゴリズム、加速度センサや、においセンサ、フォトリフレクタを組み入れた動作認識技術など提案した。また、ラベル付きモーションデータなど動作認識データベースを、海外の団体と協力して構築した。開発した様々な認識基盤技術をウェアラブルコンピューティング向けプラットフォームに統合し、これらを用いて、着ぐるみやアート作品、司会、演劇、野外学習、筋力トレーニング、楽器などを対象にシステムを構築し、プロフェッショナルなアーティストなどへ多くに提供した。

また、これら研究成果を基にし、体に超音波を流して体内状態と動作を同時に認識する音響アクティブセンシング、呼吸時の鼻の使い方を常時計測可能なメガネ型鼻腔センシングなど、多数の新たなウェアラブルセンシング技術を開発した。これらの研究成果は、ウェアラブルコンピューティングにおける著名なカンファレンスの ISWC(International Symposium on Wearable Computers)において複数採択され発表している。

本さきがけ研究終了後、提示系心理情報学に基づくインタラクション基盤や、聴覚自在化環境、スポーツセンシングのための無電源センシングなどの研究を行った。

(1)提示系心理情報学に基づくインタラクション基盤：

寺田は、機器装着バイアスと呼ぶ概念を提唱している。これは、例えば、スポーツセンシングにおいて、右手にセンサを装着しているユーザは「右手にセンサを装着させられたということは右手の動きが大事」といったような影響を受け、右手の動きが変わってしまう現象である。本研究では、以下４つを実施した。

①情報提示機器の影響を評価するデバイス

新たに登場する数々の情報提示機器の影響を適切に評価するため、鼻部表面温度を常時計測しストレスを計測するメガネ型デバイス、鼻腔内温度を常時計測し呼吸やストレスを計測するデバイス、フォトリフレクタアレイを備えたアイマスク型デバイスで睡眠中の眼球運動を計測し、睡眠状態を認識するデバイス、机上での動作を荷重も含めて計測できる机、ストレッチセンサを備えて排泄を含めた状況を取得できる下着など、提案、開発した。また、状況に合わせて情報提示方法を動的に選ぶミドルウェアのプロトタイプも開発した。

(https://projectdb.jst.go.jp/file/JST-PROJECT-15655465/JST_1112069_15655465_2018_%E5%AF%BA%E7%94%B0_PER.pdf)

上記から、センシング、情報提示技術と脳科学を組み合わせ、情報提示技術が人間に与える影響を、脳計測により事前に予測可能であることを明らかにした。

このようなインタラクション技術と脳科学の融合分野を JST CREST「人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開」領域「提示系心理情報学に基づくインタラクション基盤確立」において立ち上げた。

②拡張現実の物体およびテクスチャ提示が歩行行動に及ぼす影響

本研究では、AR に表示されるオブジェクト、テクスチャの歩行への影響について、周囲に溶け込んだオブジェクトは、違和感を与えず、歩きにくさを感じさせないことや、ユーザが指示に従う必要がある場合、テキストなどで確実に意味を理解できる方法でオブジェクトを表示する必要があること、AR 表示で動く縞模など表示された場合、歩行に影響が出ることなど多くの知見や課題を得ている。

(Naoya ISOYAMA, Yamato SAKURAGI, Tsutomu TERADA, and Masahiko TSUKAMOTO, Effects of Augmented Reality Object and Texture Presentation on Walking Behavior, MDPI Journal of Electronics, Vol. 10, No. 6, Mar. 2021)

③知覚刺激提示による主観時間(楽しい時は短く、退屈な時は長く感じる主観的な経過時間)の制御

本研究では、頭部装着型ディスプレイによる視覚刺激、イヤホンによる聴覚刺激、スマートウォッチによる触覚刺激の 3 つについて、それぞれの知覚刺激強度と主観時間の長短の傾向の関係性を見出している。

(清水友順, 双見京介, 寺田努, 塚本昌彦,知覚刺激を提示するウェアラブルデバイスがユーザの主観時間に与える影響,情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 3, Mar. 2021)

④VR 観光において臨場感など与える要因の解明

本研究では、VR ヘッドマウントディスプレイで観光地の映像を見る際に、外力によって自然な周波数で頭を回転させながら観光地で撮影した映像を視聴させることで、より実際の観光体験に近い VR 体験を実現できるなど、様々な知見や結果を得ている。

(Naoya ISOYAMA, Tsutomu TERADA, and Masahiko TSUKAMOTO, Method to Grasp a Feeling of Being There by Turning a Head Forcibly, MDPI Journal of Electronics, Vol. 9, Iss. 9, Sep. 2020)

人の認知(認知バイアス)を活用したシステム、サービスが今後、普及していく中で、それらの心身に与える影響の明確化は、リスク回避、サービス向上などの観点で必須の技術である。

これらの研究成果は、心身への影響を測るための重要な基礎データであり、影響の定式化や、どのような影響を受けるかをスクリーニングする技術へとつながるものである。さらに、情報提示技術が人間に与える影響が脳計測により事前に予測可能であることを示しており、インタラクション技術と脳科学の融合となる新たな分野となっている。

(2)聴覚自在化環境：

本研究は、ヒアラブルデバイスに着目し、マイクで取得した外界音の周波数を操作し、変換後の音をスピーカでユーザに提示することで、通常の聴力では聞こえない音の取得や、不必要な音の削除を行い、人の聴覚能力の拡大を行うものである。ここでは、複数種類の周波数操作方法、想定される数種類の応用を提案している。
(渡邉拓貴, 寺田努,ウェアラブルコンピューティングにおける周波数操作による聴力自在化技術の提案,情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 2, Feb. 2021)

その中の一つとして、コウモリのエコーロケーションを模倣し、超音波の音響的特徴(周波数、持続時間、音圧など)や信号の発出方法(タイミング、速度、方向など)を変化させ環境認識する提案を行った。これは、コウモリに倣ったセンシングの初めての研究であり、エコーの強さ、音色、発出間隔、周波数時間変化を用いることで、目標物形状の同定に、時間的に変化するエコーが有効であることや、ヒトが目標形状を識別できることなど多くの知見を得ている。
(Miwa SUMIYA, Kaoru ASHIHARA, Hiroki WATANABE, Tsutomu TERADA, Shizuko HIRYU, and Hiroshi ANDO, Effectiveness of Time-varying Echo Information for Target Geometry Identification in Bat-inspired Human Echolocation, PLoS ONE, Vol.16, No.5 May 2021)

(3)スポーツセンシングのための無電源センシング：

本研究では、無電源スマートシューズを開発した。

本スマートシューズは、従来、バッテリーレスのものがほとんどない中、歩行、走行時の靴底への衝撃力による高出力圧電振動エネルギーハーベスタを開発し、無線モジュールやセンサ動作へ電力供給し、無電源化したものである。
(Hidenori KATSUMURA, Toshihiro KONISHI, Hidenori OKUMURA, Takafumi FUKUI, Makoto KATSU, Tsutomu TERADA, Toshihito UMEGAKI, Isaku KANNO, Development of Piezoelectric Vibration Energy Harvesters for Battery-less Smart Shoes, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1052, Conf. 1, July 2018)

さらに、足圧情報から身体姿勢、動作を認識する手法を開発した。ここでは、日常の姿勢や動作を、低消費電力でかつ高精度に認識できる最適なセンサ数や、それら位置について研究を進めた。22 種類の日常的な姿勢、ジェスチャーに対し、最適位置 2 点で、平均認識精度 91.9%、3 点では、すべて使用した 105 点の場合とほぼ同じ 98.4%を得られることを見出している。

本スマートシューズは、充電やデバイス着脱に不慣れなユーザにとっても自然に使用できるため、日常生活のみならず、スポーツやエンタテインメントなど、様々な場面での応用が期待できる。

(Ayumi OHNISHI, Tsutomu TERADA, and Masahiko TSUKAMOTO, A Method for Recognizing Postures and Gestures Using Foot Pressure Sensors, Journal of Information Processing, Vol. 27,Apr. 2019)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

本さきがけ研究成果を基にした、音響アクティブセンシング、メガネ型鼻腔センシングなど、多数の新たなウェアラブルセンシング技術を確立し、化粧品メーカや健康管理機器メーカと協業を行った。

また、バンドー化学株式会社とストレッチセンサを利用し、嚥下を計測するデバイス、株式会社アシックス、パナソニック株式会社と無電源センシングシューズ、株式会社ビービットと休憩時間の効果計測、株式会社桃谷順天館と肌水分量の計測システム、株式会社モリサワとウェアラブル環境におけるフォント可読性など多くの企業との共同研究、製品開発を進めている。

株式会社デンソーテン、楽天モバイル株式会社、楽天ヴィッセル神戸株式会社とは、サッカーの試合での帰宅時の混雑問題解消のため、人間行動を制御して帰宅分散を実現する仕組みを実装し、社会実験を行っている。さらに、日本が誇る電飾エンタテインメント事業において、mplus plus 株式会社と共同で、人の動きを考慮した電飾フラッグなどの開発を行い、実際のライブエンタテインメントで使用している。

寺田の人間行動の認識技術は、あらゆるサービスの基盤となるため、今後も応用分野のさらなる拡大が期待される。

2.3.2.10　中澤篤志「広領域・非装着型視線検出技術の開発」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

中澤は、本さきがけ研究で、乳幼児の心理状態の推定を目的に、角膜イメージング法を用いた注視点検出技術の開発を行った。本研究では、多数の赤外 LED のスポット光を壁に投影し、その角膜反射から注視点を解析的に判別するシステムを開発した。また、角膜反射画像を解析し、画像を複数組み合わせて高解像なシーンの復元に成功している。

本さきがけ研究終了後、周辺視野カメラ、角膜フィードバック AR、介護スキルの定量化と学習手法などの研究を進めた。

(1)周辺視野カメラ：

本研究では、角膜イメージングを用いた周辺視野カメラの研究を行った。

ここでは、本さきがけ研究で確立した人の視線方向と、シーンカメラの各画像点でのシーン光との角度を、眼球表面の光の反射モデルに基づき求める原理を用いた。

本研究では、角膜モデルとして従来の球面モデルではなく、非球面モデルを導入し、位置合わせ手法として RANRESAC(RANdom RESAmple Consensus)というノイズに強い位置合わせ手法を提案した。RANRESAC は、二画像の複数の初期対応点対の候補から最も対応がよい一組の初期対応点対を決定し、この一組の初期対応点対に基づいて画像の位置合わせをするものである。本手法では、疎な位置合わせの後、密な位置合わせを行う 2 段階の方法で精度を大幅に向上させた。その結果、従来の 3.37 度程度の精度を 1.05 度まで向上させた。

(Atsushi Nakazawa, Christian Nitschke, Toyoaki Nishida, Eye gaze tracking using corneal imaging and active illumination devices, Advanced Robotics, Volume 31, Issue 8, April 2017)

また、球面パノラマカメラによる全方位画像と角膜表面反射を用いた、キャリブレーション不要の注視点推定システムも提案した。本提案では、従来の部分シーン画像から全体シーン画像への視線マッピングを必要とせず、周囲 360 度のシーン画像中の眼球画像のみからユーザがどこを見ているのかを知ることができる。ここでは、全方位画像から複数の透視シーン画像の生成、角膜反射画像と透視シーン画像の RANRESAC による位置合わせ、非球面眼球モデルでの角膜イメージングによる注視点の算出、その全方位画像への投影画像の粒子フィルタに基づいた予測により、目の 3 次元姿勢を推定するものである。これにより、キャリブレーション無しで 3〜4 度程度の精度を達成し、カメラを着脱した場合にも精度に変化がなく、従来に比べ、カメラのズレなどに影響されない結果を得ている。また、オフライン撮影された地図アプリの全方位画像データベースを利用することを可能とするものである。

(https://www.jstage.jst.go.jp/article/transinf/E101.D/5/E101.D_2017MVP0020/_pdf/-char/ja)

本周辺視野カメラの技術は、実験室環境では無く日常シーンで人の周辺視野特性を計測することができるため、人の視覚の生理特性や意図の検出、新しい視覚インタフェースへの利用が期待される。

(2)角膜フィードバック AR：

光学シースルー式頭部搭載型ディスプレイ(HMD)は、実環境と HMD 映像がスクリーン上ではなくユーザの網膜上で合成されるため、実際にユーザがどのような AR シーンを見ているか分からないという問題がある。このため、ユーザの意志と関係なく、理想的な位置からずれた場所に情報が表示され、視覚情報を拡張するという本来のコンセプトが活かされないという課題があった。

本研究では、角膜イメージングにより、光学シースルー式 HMD を用いた AR において、ユーザの位置や姿勢に合った 3 次元情報を、眼前の実環境に重畳表示することで、AR でのユーザ体験を最適化する技術を開発した。ここでは、どこから見ているかの眼球位置を、角膜反射像から HMD 座標系における眼球中心座標を自動校正する技術、何が見えているかの視線方向の物体認識を、角膜反射像を用い、インバースレンダリングの考え方の画像合成による高精度視線推定(誤差約 1.7 度)する技術、実際に視線方向に注意が向いているか否か、どの範囲や程度で関心があるかを、視線の動きと角膜反射像から求める関心度推定技術を開発した。

また、周辺視野カメラの研究で開発した、角膜反射像とシーンカメラ映像の高精度対応付け技術を適用した。

さらに、これらを発展させ、アイコンタクトを自動判別するシステムや、視線の動きから疾病性眼球運動を自動診断するシステム、注視点付近のみがスローモーションで見えるシステムを開発した。

本研究成果は、AR の可用性を向上させるため、光学シースルー式 HMD での最適な AR 体験の提供に留まらず、手術支援やプラント管理など、ミッションクリティカルな用途での利用にも拡大が期待される。

(Ogawa Taishi、Nakazawa Atsushi、Nishida Toyoaki, Point of Gaze Estimation Using Corneal Surface Reflection and Omnidirectional Camera Image, IEEE Conf. on Machine Vision Application (MVA), 2018.)

(3)介護スキルの定量化と学習手法：

介護者の精神的・身体的負担増大による、離職、人材不足が社会問題となっている中、介護者、被介護者の負担感を減らす優しい介護技術のユマニチュードが、病院や介護現場を中心に広まりを見せている。しかし、この技術の習得は人対人による訓練によってのみ行われるため、多くの人に確実に伝えることは困難なものである。

本研究では、東京医療センター、九州大学、京都大学こころの未来研究センターと共同でウェアラブルセンサーによる介護スキルの定量化と学習手法の研究を行った。ここでは、介護者の動作中の目線や頭部の動きを、頭部装着カメラ、ウェアラブルカメラで撮影

し、顔検出、DNN ベースのアイコンタクト検出技術などで、介護者と被介護者の間のアイコンタクト成立頻度、頭部姿勢・距離などを検出する。これらを基に、スキルのスコア化を可能とするものである。これにより、ユマニチュードのコツを見出し、自己学習システムなどを通して、技術レベルを自動的に評価、自己学習を可能にするものである。

本技術は、今後の高齢化社会に向けた大きな社会課題の解決につながるものと期待される。本研究成果は、自民党政務調査会や日本学術会議で講演を行い、提言としても採択されている。

中澤の提案する角膜表面反射に関する研究は、従来法と異なり、人の視覚系の特性と眼球の表面反射の幾何的、光学的解析を組み合わせて行っており、基礎理論を確立しつつ様々な応用事例に適用させ研究成果を創出している。

これらの研究成果は、日本ロボット学会英文ジャーナル誌のベストペーパー (Advanced Robotics Best Paper Award) や米国光学アカデミー(OSA)の注目論文 (Spotlight on Optics)、画像の認識・理解シンポジウム(MIRU)優秀賞、メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎(MVE 研究会)賞を受賞するなど、理論的な観点でも高い評価を得ている。

また、これら研究は、多岐にわたる分野を統合した問題として、医学、ロボット、脳科学など、多くの分野の研究者が参画するプロジェクトとなっている。

(Atsushi Nakazawa, Yu Mitsuzumi, Yuki Watanabe, Ryo Kurazume, Sakiko Yoshikawa, Miwako Honda, First-person Video Analysis for Evaluating Skill Level in the Humanitude Tender-Care Technique, Journal of Intelligent and Robotic Systems, Theory and Applications, 98, 1, 103-118, 2020.

優しさを伝える介護技術の習熟度を AI で評価する手法を開発 －画像認識で熟練者と初心者の違いを見つけるー, https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2019-07-11-0)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

中澤は、株式会社オムロンと、瞳孔径による情動センシングの研究を進めている。

本研究は、瞳孔径の周波数領域での変化を解析することで人の状態推定，特に眠気の推定を可能とするアルゴリズムを開発している。本技術は、ゲームの評価や車運転時の危機管理等への応用が期待できる.

また、近年のカメラの高精度化により、SNS などで上げられた顔画像のみからも周辺シーンの状況が特定されることを中澤らは早期から警鐘を鳴らしており、社会のセキュリティリスク軽減にも貢献している。

2.3.2.11　三木則尚「人刺激・計測 MEMS を用いた効果的な環境知能伝達方法の開発」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

三木は、本さきがけ研究で、小型、軽量の MEMS(Micro Electro-Mechanical Systems)の研究を通じ、瞳や瞼の動きから疲労を推定する透明光センサを用いた軽量、低消費電力の透過型視線検出システムや、ウェアラブル環境に適する薄型化を実現した微小針アレイからなる触覚ディスプレイ、有毛部からの計測を可能とするキャンドル形状針電極の脳波計測システムなどの開発を成功させている。

三木は、本さきがけ研究では、五感刺激・計測のための新たな装置の開発からスタートし、その後は取得した情報をいかに活用していくか、という研究に変遷していった。

本さきがけ研究終了後、人間の知覚・認知活動の把握のための脳波計測システム、透過型視線検出システムを用いたヒューマンインタフェースならびにヒト知覚順応プロセスの評価、触覚ディスプレイによる触感呈示の定量化と逆問題解法の研究を行った。さらに、触覚研究における全く新しいアプローチや、バイオフィードバック技術、微小液滴のハンドリング、インプラント人工腎臓を用いたハイブリッド腎代替療法など多岐にわたるテーマの研究を行い、活動領域を拡大した。

(1)人間の知覚・認知活動の把握のための脳波計測システムの開発：

本さきがけ研究でのキャンドル形状針電極の脳波計測システムについて、より簡単に計測可能なヘッドセットの開発と、その応用を探った。(本さきがけ研究者の鈴木(筑波大学)、寺澤(筑波大学)、栗田(広島大学)とで個別の共同研究を実施。他に慶應義塾大学文学部心理学教室、東京藝術大学などとも実施)。

本研究では、キャンドル形状針電極を用いた帽子型の脳波ヘッドセットを開発した。

本ヘッドセットは、取り付けから計測まで 30 秒あればよく、髪の毛を避けられることで、計測中に違和感などからヘッドセットをずらしても、迅速に計測の再開が可能となる。

従来、湿式電極による脳波計測では、長いセットアップ時間、装着時の不快感などで長時間測定が難しいが、本ヘッドセットは、2 時間以上の連続計測が可能である。
(Kawana T., Yoshida, Y., Kudo, Y., Iwatani, C. & Miki, N., Design and characterization of an EEG-Hat for reliable EEG measurements, Micromachines, 11(7), 635, 2020)

従来の湿式電極は、生理食塩水やゲルで接触面積を増やしインピーダンスを下げることで信号雑音比を上げ高感度に測定している。ここでは、キャンドル形状針電極の応用拡大のために、従来の湿式電極と同程度の感度を有しているかどうかを検証した。

本検証では、心理的な活動に依存する脳波の事象関連電位(ERP：Event-Related Potential,外的あるいは内的事象に時間的に関連し生じる脳の一過性の電位変動)の P300 とミスマッチ陰性電位 MMN (MisMatch Negativity)を測定することで実証した。P300、MMN は ERP の主要信号であり、P300 は刺激開始後、約 300ms に出現し、刺激の違いを意識的に

認識していることを反映するものである。MMN は、連続する標準刺激に逸脱する刺激が提示された後、100～150ms で陰性電位の累積として出現し、主に聴覚刺激における違いの自動認識を反映する

本検証では、これら ERP の P300、MMN を、従来の湿式電極と同程度の感度で、高い時間分解能で抽出できることを実証した。本システムは、高い時間分解能を得られることからリアルタイムのブレインテックへの応用も期待できる。

(Yoshida, Y., Kawana, T., Hoshino, E., Minagawa, Y. & Miki, N., Capturing human perceptual and cognitive activities via event-related potentials measured with candle-like dry microneedle electrodes, Micromachiens, 11(6),556, 2020))

(2)透過型視線検出システムを用いたヒューマンインタフェースならびにヒト知覚順応プロセスの評価：

本研究では、逆転視における脳の順応過程を、眼球運動で評価し、その際の脳波を測定することで、従来からほとんど調べられていない逆転視における脳の順応過程と脳波の相関を明らかにした。

脳波は、脳の神経細胞であるシナプスの神経伝達の際に発生する電位変化であり、頭皮上に電極を設置することで EEG(Electroencephalogram)として記録されるものである。EEG は低周波数から高周波数毎に δ 波、θ 波、α 波、β 波、γ 波と分けて並べられ、活動状態、心理状態によって変動するものである。

左右の視覚を交換した逆転視の状態では、最初は脳と視覚が混乱し、動くことができないが、時間の経過とともに適応できるようになる。この脳の適応能力については、多くの研究がなされており、行動や脳活動の適応過程の研究や脳機能障害のリハビリテーションに応用できる。

本さきがけ研究での瞳位検出システムは、軽量、低消費電力であり、カメラを利用しないため、視野を左右逆転する逆さ眼鏡に取り付けることができる。また、キャンドル形状針電極脳波計測システムは簡易に脳波を計測可能である。本研究では、逆転視に順応していく途中の眼球運動を観察し、その際の脳波を測定した。その結果、High β 波(18-29Hz)、Low γ 波(31-39Hz)、Mid γ 波(41-49Hz)が逆転視への適応過程と強い相関があることを見出し、これらが定量的な脳波指標として有効であることを示した。

(Onomoto, T., Yoshida, Y. & Miki, N. Electroencephalogram measurement in adapting process to inverse vision, International Conference on Electronics Packaging ICEP 2019)

(3)触覚ディスプレイによる触感呈示の定量化と逆問題解法：

三木は、さきがけ研究で開発した触覚ディスプレイにより呈示できる触感の評価から、触感の定量評価こそが重要であり、そこから触覚ディスプレイの逆問題の解法を着想した。

本研究は、触覚ディスプレイ―触感の順問題、逆問題を高確度かつ効率的に行うことを目指し、触感呈示の定量化のため以下の新奇装置の提案と、触覚ディスプレイによる触感の再現を定量的、客観的に評価する手法の確立を進めた。

①フレキシブル触覚ディスプレイ

本ディスプレイは、従来困難であった十分な薄さと柔軟性の両方の特性を持ち、様々な表面に貼り付け可能なシートで、静電刺激を提示可能なものである。

これは、導電性ポリマーの PEDOT/PSS(PEDOT：ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)、PSS：ポリスチレンスルホン酸)の電極と PDMS(ポリジメチルシロキサン)の絶縁層のシートから構成されるものである。本ディスプレイは、曲げに対する耐久性に優れ、電圧波形の種類によって様々な触感を提示できること、ペルチェ素子に貼ることで、静電刺激とともに熱感覚も提示可能であることを実証した。

(Ishizuka, H., Hatada, R., Cortes, C. & Miki, N., Development of a fully flexible sheet-type tactile display based on electrovibration stimulus, Micromachiens,9(5), 230, 2018.)

②冷温感提示ディスプレイ

本ディスプレイは、熱伝導率を制御することで、広範囲かつアナログ的に熱感覚を変化させるものである。

熱感覚は表面温度だけでなく、接触している物体の熱伝導率によっても決まるが、従来、熱伝導率を制御するデバイスはなかった。本ディスプレイは、人が接触する低い熱伝導率のチタン板の下に空洞を設け、この空洞に高い熱伝導率の液体金属(ガリンスタン：ガリウム、インジウム、スズの共晶合金)を注入することで等価的に熱伝導率を変化させるものである。本研究では、熱感覚の違いを感じるために必要な熱伝導率の閾値も実験的に導き出している。

(Hirai, S. & Miki, N., A thermal tactile sensation display with controllable thermal conductivity, Micromachines, 10(6), 359, 2019)

③触感の標準化、定量的評価のための触覚サンプル

本ディスプレイは、伸ばすだけで表面の質感を変化させることができるものである。これは、ポリジメチルシロキサン(PDMS)でできており、その長さ方向に垂直な溝がある。初期状態では溝はほとんど感じられないが、試料を縦方向に引き伸ばすと溝が開き、表面テクスチャが出現する。本研究では、幅 30μm 以上の溝で、表面の質感をよく感じさせること、摩擦感は、摩擦係数の平均偏差の増加に伴って増加すること、湿潤感は、摩擦係数の増加に伴って増加することなど知見を得ている。

(Kawazoe, M. & Miki, N., Tactile samples with variable surface textures to investigate tactile perception characteristic, Journal of Micromechanics and Microengineering, 30(10), 105011, 2020)

④逆問題解法

本研究では、被験者の主観に依存せず簡易に評価を行う方法として、認知レベルでの刺激の逸脱、違和感を反映する脳波の事象関連電位 ERP による触感再現評価を提案した。また、触感再現評価手法の確立のための、皮膚変形シミュレーションのモデルを構築した。現在、触覚における順・逆問題のコンプリートによる触感の人工的再現の研究を継続して進めている。

(https://kaken.nii.ac.jp/ja/report/KAKENHI-PROJECT-20H02121/20H021212020jisseki/)

(4)触覚研究における全く新しいアプローチ：

触覚を定める基底情報として、従来、粗さや、硬さ(剛性)などが使われてきたが、これらは計測可能な物理量に基づくものであり、機械工学の知見を有する研究者は、粗さには、算術平均粗さや、最大高さ、平均高さや、ベアリング比など複数の基準があることを認識している。本提案は、従来の触覚研究における「粗さ」には物理的な意味があるとはいえないのではないかや、ヒトが触覚を表現するには言葉を用いるという着想から、提案に至ったものである。ここでは、言語コーパスから触覚に関係する単語や文章を抽出し、それらの関係性を自然言語処理で学習、導出することで、最終的に人がどのように表面を知覚しているのかの触覚特性を明らかにできるのではないかという新しいアプローチを提案し発表した。

(Nagatomo T., Hiraki T., Ishizuka H., Miki N., Unsupervised Learning Enables Extraction of Tactile Information from Text Database, IEEE Access 2021)

(5)バイオフィードバック技術：

本さきがけ研究では、人の刺激・計測装置の開発を行っていたが、これはバイオフィードバック技術に他ならない。

本研究では、慶應義塾大学文学部心理学研究室/グローバルリサーチインスティテュートと共同で、自身の心拍を模したスマートウォッチによる振動刺激が、人前でのスピーチのようなストレス状況下での自律神経に働きかけ、心拍の速さを緩める緊張緩和効果を持つこと見出した。また、この効果は個人の持つ身体内部状態の知覚能力(内受容感覚)に左右され、内受容感覚が正確であるほど強くなり、正確でない場合は効果が得られにくいことを示した。

本研究成果は、疑似心拍効果を個人の内受容感覚に応じてカスタマイズすることで、効果的な感情制御のスマートデバイス開発へつながることが期待される。

研究成果は、Biological Psychology で採択され、三木にとって初めての心理学系雑誌での発表となった。

(Mingdi Xu, Takeshi Tachibana, Nana Suzuki, Eiichi Hoshino, Yuri Terasawa, Norihisa Miki, Yasuyo Minagawa, The effect of haptic stimulation simulating

heartbeats on the regulation of physiological responses and prosocial behavior under stress: the influence of interoceptive accuracy, Biological Psychology, 164 108172-108172 2021)

(6)微小液滴のハンドリング：

本研究では、スウェーデン王立工科大学、神奈川県立産業技術総合研究所、東京大学との国際的な共同研究で、流体界面が特定のマイクロ格子構造を通過する時に3次元液滴配列が出現することを発見した。

本発見は、特定の格子構造中に非混和性の2流体を順次通過させると、微小液滴が3次元かつ周期的に生成・配列されるという現象である。この現象を用いると、非混和性の流体(水と油など)の間の界面エネルギーを駆動力として、マイクロスケールの微小流体から成る3次元構造を出現させることができる。

本研究では、本現象の単位体積当たり非常に大きな流体界面を有する材料を構築できるという特性を活かしたソフトアクチュエータ材料、3次元組織状材料、およびヒト細胞のマイクロカプセル化を実証した。

本研究成果は、スマートマテリアル、フォトニック結晶、医療およびバイオミメティクスの多岐にわたる分野で利用できる新規材料開発に貢献するものと期待される。本研究成果は著名な学術誌に掲載された。

(Yasuga H., Iseri E., Wei X., Kaya K., Di Dio G., Osaki T., Kamiya K., Nikolakopoulou P., Buchmann S., Sundin J., Bagheri S., Takeuchi S., Herland A., Miki N., van der Wijngaart W., Fluid interfacial energy drives the emergence of three-dimensional periodic structures in micropillar scaffolds, Nature Physics 2021)

(7)インプラント人工腎臓を用いたハイブリッド腎代替療法：

本研究では、マイクロ・ナノデバイスのその小ささを利用したインプラント型透析装置の開発を進めた。本装置は、マイクロ流路と透析膜を組み合わせ、血圧で十分な血流量を取り入れるよう設計し、透析液を用いない血液濾過を用いることで、ポンプを不要とし小型化するものである。

本研究では、異なる加工方法により生成された流路の表面状態が、血液成分の固着に影響があること、流路表面に要求される表面粗さを明らかにした。現在、ラットを用いた実験へと進めている。

(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-15H03547/15H03547seika.pdf)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

三木は、株式会社日立LGデータストレージ、株式会社NTマイクロシステムズと共同で、瞳や瞼の動きから疲労の推定する透過型視線検出システムの技術を基にしたウェアラブル疲労センサシステムなど開発を進めている。

味覚に関する発明を基に、「おいしい減塩」を実現するための企業 LTaste を創業した。3 年継続後(1 度企業からの出資有)、事業をストップさせたが、この経験を活かし、大学発ベンチャーに関する講演、アントレプレナーシップに関する企画、慶應義塾大学理工学部でのアントレプレナーシップ教育を行っている。

3.その他の波及効果

三木は、日本工学教育協会「工学教育」誌(69-5, 2021)に、「技術者倫理教育とは一科目『創造と倫理』からの一考」という寄稿を行っている。

これに関連するものとして、渋谷スクランブルスクエアビル内オープンイノベーションスペースの QWS（shibuya-qws.com）の運営に関わり、特に、「QWS de RINRI」という新しい倫理について議論するイベントを 9 回行っている。

また、高校生の探究授業をサポートする MOTILABO に加わり、川崎市教育委員会とも連携し、教育を変える取り組みをしている。

2.3.2.12　森嶋厚行「人と計算機の知の融合のためのプログラミング言語と開発環境」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

森嶋は、本さきがけ研究で、クラウドソーシングを対象とし、プログラミング言語 CyLog とプラットフォーム Crowd4U を考案し開発した。本研究は、クラウドソーシングプラットフォームを開発することで、計算機では処理困難な問題を人に委託し、計算機と人の得意分野が異なる知を融合することで困難な問題の解決を目指したものである。

CyLog は、人と計算機の処理を組み合わせたプログラムを記述するプログラミング言語で、従来の論理型言語に人が評価する述語を導入したものである。クラウドソーシングする問題の分割や処理の最適化といった、従来にはない高次の処理に加え、ゲーム理論を用いてインセンティブ構造の分析と管理を容易にするものである。

Crowd4U は、マイクロタスクを実行する非営利・公益・学術目的のクラウドソーシングプラットフォームであり、大学や国立国会図書館など公的機関に利用を広めた。

本さきがけ研究終了後、CyborgCrowd プロジェクトの研究・推進、Crowd4U の高度化とその応用に関する研究など進めた。

(1)CyborgCrowd プロジェクトの研究・推進：

CyborgCrowd プロジェクトは、森嶋がプロジェクトリーダーとなり研究を推進した。

本プロジェクトは、人だけではなく AI もワーカと見なし、誰もが簡単に AI を労働力として利用できる環境を作ること、これまでに仕事ができない状況にあった人が働けるようになることを目指したプロジェクトである。

本研究では、性能や動作が千差万別でその見極めが難しい不特定多数の AI ワーカに対し、人間と AI をバランス良く作業分担するための自動タスク割り当てと、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を開発した。

ここでは、仕事に向いている人を選択する技術、1 人では品質が不安な場合は複数の人に依頼して結果を統合する技術、仕事の達成に必要な複数 AI を選択し組み合わせる技術などを開発した。本研究成果は、クラウドソーシングの主要会議 AAAI HCOMP で発表された。

(Yu Yamashita, Hiroyoshi Ito, Kei Wakabayashi, Masaki Kobayashi, Atsuyuki Morishima, HAEM: Obtaining Higher-Quality Classification Task Results with AI Co-Workers, The Ninth AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP2021))

従来のタスク割当てでは、金銭的コストと結果の品質のみに着目していたのに対し、人間が感じるストレスの軽減、得意タスク優先、スキル向上を図る ELSI (Ethical, Legal and Social Issues)の視点を取り入れたタスク自動割り当てを実現した。

本研究成果は著名な国際会議で発表された。

(Masaki Matsubara, Ria Mae Borromeo, Sihem Amer-Yahia, Atsuyuki Morishima, Task Assignment Strategies for Crowd Worker Ability Improvement, Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction Volume5 IssueCSCW2(2021))

森嶋は、オーガナイザーとして2019年に8カ国のトップ研究者を招聘してShonan Meeting(Human-in-the-loop Bigdata and AI: Brididging the Gap between Theories and Practices for a Better Future of Work)やIEEE Workshops(Human-in-the-loop Methods and Future of Work)を開催した。

さらに、IEEE Data Engineering Bulletinsの特集号の発行、多くの著名な国際会議での招待講演などを行っている。

森嶋は、本さきがけの井ノ口(富山大学)を含みCyborgCrowdプロジェクトの主要メンバとともに、本プロジェクトの研究成果の社会還元を目的に、一般社団法人コネクテッド社会研究機構(https://ri-cs.org/)を2020年7月に設立した。

(2)Crowd4Uの高度化とその応用に関する研究：

本研究では以下①～③の研究を行った。その結果、50か国以上からの2000人以上の登録者で一日に数千程度のタスクが処理されるプラットフォームに成長した。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-25240012/25240012seika.pdf)

①オープンなアカデミッククラウドソーシングプラットフォームの構築

世界中から集まるクラウドワーカはスキルや言語など多様な属性を持つことに着目し、海外の研究者と共同で、人々が協調してタスクを行うためのチームを自動で効率的に構築できるようにした。また、登録されたタスクを人間だけではなくAIが処理できるようAPIを Crowd4U上に実装し、2017年9月に公開した。このような人間以外のワーカがクラウドソースされたタスクの実施を行なうためのAPI公開は世界初である。これにより、アルゴリズム開発自体もクラウドソースすることが可能となった。

②応用分野の研究者と協力したアプリケーション

複数図書館の書誌(メタデータ)を統合する書誌同定について、国立国会図書館の書誌情報を対象とした書誌誤同定判定や、国立国会図書館のデジタルコレクションのOCRによるテキスト化など、応用分野の研究者と協力したプロジェクトを行った。

ここでは、マイクロタスクをPC画面以外のスマートフォン、床への投影(タスク・オン・ザ・フロア)など日常的にマイクロタスクが行える仕組みを構築し、十分な品質が得られることを示した。本研究成果は京都府立図書館のシステムにその機能が組み込まれることになった。

福島県双葉町のディジタルライブラリ構築プロジェクトにおいて、様々な言語・文化の画像へのタグ付け要求に対し、様々な言語のタスクを動的に生成し、タスク間で結果を動的にやり取りする仕組みを構築、17 カ国語でのデータ入力を成功させた。

学術会議のセッションプログラムの作成等の手法も構築し、国内の大規模学術会議のセッションプログラムで利用された。

③宣言型処理、データ品質、開発効率化などの基礎研究

ワーカのインセンティブ構造の記述を支援する枠組みの有効性を理論的・実験的に示し、その枠組みを用いた人と計算機処理のソフトウェア記述の表現力に関する理論解析を行った。本枠組みにより人の行動の解析が容易になり、人による処理と計算機による処理の分担の割合を制御するなどの設計が容易となった。

マイクロタスクデザインに関して、従来困難であった適切なタスク指示文の生成について、タスクのデータと回答例を複数ワーカに提示し、指示文を推測させることで、代わり映えのしない指示文が集まることなく、多様な指示文のバリエーションを集める手法を提案し、有効性を確認した。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

森嶋は、開発したクラウドソーシングプラットフォームを活用し、新潟県燕市での防災訓練、インドネシア・ バンダアチェ市と愛媛県の国際サイバー防災訓練、カンボジアの文化財保護活動など実施した。さらに、ソーシャルインクルージョンを志向したアクセシブル・クラウドソーシング技術基盤として、視聴覚障害者を対象とした労働支援の研究や検証を実施した。

(1)新潟県燕市での防災訓練：

全国初の自治体、研究機関協働による総力型サイバーフィジカル防災訓練として 2018 年 7 月に実施された。

訓練では、被災カ所を示す印を道路上や建物に付け、避難住民、SNS やオンライン参加者からの情報、ドローンでの撮影、AI を活用し、統合することで、迅速な災害状況の把握ができることを実証した。

国際サイバー防災訓練は、インドネシアシアクアラ大学、過去に大規模な自然災害を経験した愛媛県、インドネシアのバンダアチェ市と共同で 2019 年 10 月に実施した。

訓練には、Crowd4U に登録しているボランティアを含め、民間企業のプラットフォームを介して 11 カ国から約 600 人参加した。訓練では、被災地の衛星写真を格子状に細かく分解し、それぞれの写真について浸水しているかどうかを人と AI で分担、判断し、統合することで、4 時間で広域被災地の詳細な被災マップの作成、共有が可能となった。

(2)カンボジアの文化財保護活動：

劣化が進む世界遺産のアンコール遺跡において、観光客から撮影した記念写真を提供してもらい、それらを重ね合わせ再構築することで、損傷の把握を行った。ここでは、コンピュータービジョンの専門チームと共同で、時期も条件も異なる写真の中から同じ箇所を重ね合わせることで、劣化による 4mm の変化も把握できた。これにより、コストがかかる専門家の派遣が不要で、正確な遺跡状態の把握が可能であることを実証した。

(3)視聴覚障害者を対象とした労働支援：

本研究では、①リアルタイム手話通訳テロップ作成システムの開発、②視聴覚障害者がタスクに参加するための構造化音声タスクの設計、タスクデザインを行った。

①リアルタイム手話通訳テロップ作成システム

従来の手話通訳テロップ作成は、手話から手話通訳者が音声に通訳した後、音声からパソコン要約筆記者が文字に変換するため、種類の異なる複数の専門家が求められる。

本研究では、リアルタイムの手話から文字への変換(通訳)システムを開発した。

本システムでは、限られた人数の非専門家ワーカで無限長の手話通訳を可能とするため、ワーカの役割、タスク分割、タスク割り当ての新しい設計を含むシステム構造を提案した。

ネイティブサイナーの講演を対象とし、第三者による品質の評価を行った結果、手話から文字への遅延時間は、従来の専門家での平均と同様の 10 秒程度であり、意味伝達率、システムのユーザビリティについても肯定的であり、実用性を確認した。

(Yuhki Shiraishi, Jianwei Zhang, Daisuke Wakatsuki, Katsumi Kumai, Atsuyuki Morishima, Crowdsourced real-time captioning of sign language by deaf and hard-of-hearing people, International Journal of Pervasive Computing and Communication, Vol.13, Issue 1, 2017)

②視覚障害者のための構造化音声タスクの設計、タスクデザイン

本研究では、視覚障害者が画像読み取りなどタスクに参加する場合に必要な、画像情報の代替テキスト(ALT 属性)の追加方法を提案した。

代替テキストは、テキストコンテンツになっていない画像などに対し記述する説明であり、視覚障害者が音声読み上げソフトで画像内容の理解を可能にするものである。

本提案では、AI による代替テキストの生成、人による重要画像選定など Crowd-in-the-Loop で代替テキスト追加を実現する。評価実験で、従来の代替テキスト追加でのコスト増大や、AI だけによる大量のテキスト生成が発生せずに、視覚障害者が内容を把握できることを実証した。

(Ying Zhong, Makoto Kobayashi, Masaki Matsubara, Atsuyuki Morishima, Effect of Crowd-in-the-loop Alt Text Addition on the Performance of Visually Impaired Workers in Online Microtasks, The Transactions of Human Interface Society/22(3)/pp.251-262, 2020-08)

また、聴覚情報のみで理解しやすいAudio matrixを用いたタスクデザインを提案した。Audio matrixは、N次元行列の各要素に音声クリップが配置されたもので、それらを聞きタスク結果を入力するものである。提案では、Audio matrixの軸の一貫性(同じキーで同じ意味、異なるオブジェクトの同じ属性の値の比較など)の重要性とそのデザインを明らかにした。
(Ying Zhong, Masaki Matsubara, Makoto Kobayashi, Atsuyuki Morishima, Effects of Cognitive Consistency in Microtask Design with only Auditory Information, Universal Access in Human-Computer Interaction, Applications and Practice. International Conference on Human-Computer Interaction 2020. Lecture Notes in Computer Science Vol. 12189/pp.466-476, 2020-07)

これら、視聴覚障害者を対象とした研究成果は、視覚障害者のクラウドソーシングへの参加や雇用機会を拡大するものであり、ソーシャルインクルージョンのクラウドソーシングの技術基盤となるものである。

森嶋は、ヒューマンコンピュテーションの科学と方法を体系的に説明した初めての入門書である『クラウドソーシングが不可能を可能にする』(共立出版、2020年)を刊行している。

2.3.3　2011 年度採択課題(三期生)

2.3.3.1　Adam Jatowt「集合記憶の分析および歴史文書からの知識抽出手法の開発」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

Adam Jatowt は、本さきがけ研究で、社会にとって過去はどの程度重要なのか、人々は過去をどのように記憶し、忘れているか、歴史関連情報をどのように見つけ、アクセスしているか、といった問題に着目し、歴史的文書や過去に関する文書を研究・理解する研究を実施した。ここでは、文書作成の時期と書かれた内容の時期を抽出する技術、文書間のリンク構造から過去の影響を分析する技術、事物の呼称の変遷を分析する技術など開発した。言葉の意味の時間変化の抽出のフレームワークの発表「A framework for analyzing semantic change of words across time」は、広く認知され、多くの引用がなされる論文となっている。また、本研究から HistoInformatics と呼ばれる国際ワークショップが生まれた。

本さきがけ研究終了後、AI、データマイニング、自然言語処理技術など駆使し、デジタル化された膨大な古書やニュース記事など、長期間にわたる文書アーカイブから、文書の時間的特性を踏まえ、所望の情報を検索、比較、理解するための、広く多岐にわたる手法(以下(1)～(6))を開発した。

(1)ニュースアーカイブの現在、過去のエンティティセットのマッピングなど、時間的アナロジーの計算論的アプローチ

(Yijun Duan, Adam Jatowt, Sourav S. Bhowmick, Masatoshi Yoshikawa, Mapping Entity Sets in News Archives Across Time. Data Sci. Eng. 4(3): 208-222,2019.

Yijun Duan, Adam Jatowt, Sourav S. Bhowmick, Masatoshi Yoshikawa, Typicality-Based Across-Time Mapping of Entity Sets in Document Archives, DASFAA (1) 2019: 350-366)

(2)ニュース記事を単一ではなく複数のタイムラインで要約する手法

(Yijun Duan, Adam Jatowt, Masatoshi Yoshikawa, Comparative Timeline Summarization via Dynamic Affinity-Preserving Random Walk, ECAI 2020: 1778-1785.

Yu Yi, Adam Jatowt, Antoine Doucet, Kazunari Sugiyama, Masatoshi Yoshikawa: Multi-TimeLine Summarization (MTLS): Improving Timeline Summarization by Generating Multiple Summaries”. Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 10th International Joint Conference on Natural Language Processing (ACL-IJCNLP 2021) (to appear in 2021))

(3)ユーザに驚きを与えたり、興味を引くニュース記事のランクづけ手法

(Adam Jatowt, I-Chen Hung, Michael Färber, Ricardo Campos, Masatoshi Yoshikawa, Exploding TV Sets and Disappointing Laptops: Suggesting Interesting Content in News Archives Based on Surprise Estimation. ECIR (1) 2021: 254-269)

(4)現代との関連性に基づき、過去の製品名や名称、現在一般的であるトピックを見つける検索手法

(Mari Sato, Adam Jatowt, Yijun Duan, Ricardo Campos, Masatoshi Yoshikawa, Estimating Contemporary Relevance of Past News for Enhancing Search in Archival Collections, Proceedings of the 21tst ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2021), ACM Press, Illinois, USA (to appear in 2021))

(5)過去の用語の中から、現在のものと類似・相似・同様の役割(ウォークマンと iPad など)のものの検索手法

(https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-17H01828/17H01828seika.pdf)

(6)単語の表現を経時的に比較することで単語の意味の時間的変化を抽出する手法

本研究では、任意の単語を取り込み、その単語の意味の変遷情報を出力するオンライン対話型サービスのデモシステムも構築している。

(https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-17H01828/17H01828seika.pdf)

これらの研究が契機となり、ACL2019 (Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics 2019)において国際ワークショップ Computational Approaches to Historical Language Change (LChange'19) を創設した。本ワークショップでは 50 超える投稿があり、それらの中のいくつかを更新、拡張した内容を Computational approaches to semantic change として刊行した。(https://langsci-press.org/catalog/book/303)

本ワークショップは ACL2021 で第 2 回目が開催されており、この分野の創生やコミュニティの創生に大きく貢献していることがうかがえる。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

長期間のニュースアーカイブへの質問に答える手法を開発した。

本手法は、教師なしで、質問を明示的な時間軸がある質問、暗示的な時間軸を持つ質問の 2 種類に分類し、時間情報がない場合、タイムスタンプメタデータや文書内容に埋め込まれた時間情報から、時間範囲を推定、文書の関連性と文書の時間的関連性を組み合わせ、その時間範囲に含まれ関連するニュースアーカイブからコンテンツを検索する。検索結果の上位から正解の確率が高い候補文書を順位付けし、個々のページから回答を生成

し、それを集約するものである。New York Times(NYT)Annotated corpus を用い、本手法を評価した結果、大規模な自動質問応答でよく利用される既存の QA システムを上回る検索結果が得られた。

また、ニュースアーカイブを扱うシステムが学習するデータセットが存在しないため、回答を含む 1000 個の質問からなる独自のデータセットを本分野の研究のために作成し、コミュニティに公開した。

本手法は、過去の出来事と関連付けが必要なジャーナリスト、過去を調査する歴史家、歴史的な説明に基づいてリスク評価や意思決定する金融分野など様々な職種で有用になる。(https://kaken.nii.ac.jp/en/file/KAKENHI-PROJECT-18K19841/18K19841seika.pdf)

また、本さきがけの荒牧(奈良先端科学技術大学院大学)を含む、京都産業大学、九州大学と共同で多様な歩行者への安全かつ魅力的で覚えやすいルート推奨システムを開発した。

本システムは SNS データや Google Street View の画像データ、Wi-Fi パケットセンサによる人流データといった多種多様なデータ分析により、地理上の視覚的多様性、色彩、快適さの 3 つの特徴を解析・抽出し、緑の多いルートや犯罪の少ないルート、通勤や散歩を楽しみたいといった安全安心で心地良い、快適な道案内を自動で提示するものである。昼間や夜といった時間帯により変化する人気の店舗や通りをランドマークとして抽出し、目印として利用することで、環境の変化に応じた道に迷いにくい道案内を自動で提示する。また、出身地や年齢層など、属性に応じた人の流れの違いについて調査可能にするため、インセンティブを活用した事前承諾による人流データの収集および分析も可能になる。

本システムは災害時の避難経路や、大規模イベントでの道案内などに利用が期待されている。この技術は、2018 年 4 月に情報学分野で代表的な国際会議 the Web Conference (WWW2018)に採択され、デモンストレーションを実施しており、2018 年 11 月には京都府宮津市にて一部実証実験を実施した。
(https://www.kyoto-su.ac.jp/news/20181101_345_release_ki01.html)

2.3.3.2　岡崎直観「知識の自動獲得・構造化に基づく情報の論理構造とリスクの分析」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

岡崎は、本さきがけ研究で、自然言語処理技術を用い、膨大なWebデータから因果関係知識を獲得する基礎技術を生み出した。本研究では、ツイートデータのデマなど誤情報を収集し、投稿者の「同意」「反論」「疑問」などの態度の推定や、福島県の農作物に対する風評分析、信憑性の低い情報をリアルタイムでモニタリングするシステムの開発を行った。

本さきがけでの東日本大震災におけるソーシャルメディア上の情報の信憑性を検証する研究は、言語処理学会の論文賞、Active Media Technologyに関する国際会議においてBest Paper Awardを受賞している。また、当該分野の著名な国際会議であるACL(Association for Computational Linguistics)やCOLING(International Conference on Computational Linguistics) に論文が採択されるなど、国際的に高い水準にあることが示された。さらに、ソーシャルメディアの投稿から福島県の農作物に対する風評を分析した研究は、本研究者の専門外であるリスク研究学会において研究の価値が認められ、優秀発表論文賞を受賞している。

本さきがけ研究終了後、ソーシャルメディアの投稿の感情分析・意見分析のための知識獲得手法の提案や、言語や知識の表現学習に関する研究、深層学習に基づく言語生成に関する研究など行った。

(1)ソーシャルメディアの投稿の感情分析・意見分析のための知識獲得手法の提案：

本研究では、語の構成性に基づく関係パタンの意味計算手法、関係パタンの曖昧性解消手法の開発を行った。また、グランディングのためのコーパス構築を行い、Wikipediaから、トピックが促進するもの/抑制するものの知識を取り出すことで、投稿に明示されていない賛否の推定手法を開発した。

関係パタンの意味計算手法は、知識ベースの関係インスタンスがテキスト中で「X が監督した映画 Y」のような関係パタンで表現され中で、「X が監督を務めた映画 Y」、「X が監督の映画 Y」なども同一の関係であることを認識するものである。本手法は、関係パタンの意味を構成単語の意味から合成する新手法である。構成単語の意味を単語の分散表現(同じ文脈で出現する単語は同じ意味を持つ傾向がある分布仮説に基づき、ある単語とその周辺に出現した単語を学習し、単語間の関係をベクトルで表した表現)として表し、その合成関数を、考案したGated Additive Compositionで現在位置の単語やその前後の単語の意味の影響を適応的にコントロールする深層ニューラルネットワークで学習するものである。

(Sho Takase, Naoaki Okazaki, and Kentaro Inui. Composing Distributed Representations of Relational Patterns. In ACL, pages 2276-2286, 2016)

関係パタンの曖昧性解消手法は、「X の Y」という関係パタンが、監督―映画の関係を表すものだけではなく、使用される単語によって他の様々な関係を表すため、この幅広い曖

昧性を解消するものである。本手法は、X や Y を埋める実体・概念(エンティティ)の意味表現を学習し、上記の意味計算モデルを統合することで、関係パタンから知識ベースのインスタンスを特定する曖昧性解消器を実装したものである。

本手法を SemEval 2010 Task 8 の関係曖昧性解消タスクに適用し、世界最高性能と同等の性能が得られることを実証した。この研究成果は、自然言語処理分野で著名な国際会議 ACL 2018 に採択されるなど、国内外で高い評価を得ている。
(Ryo Takahashi, Ran Tian and Kentaro Inui, Interpretable and Compositional Relation Learning by Joint Training with an Autoencoder, ACL 2018)

上記技術を用い、実体・概念を知識ベースにグランディングするコーパスを構築した(現代日本語書き言葉均衡コーパス(BCCWJ)の新聞記事コーパスに含まれる固有表現を Wikipedia 記事に対応付けたもの)。本コーパスを用い、Wikipedia で言及されている因果関係知識と、与えられたテキストを照合しながら賛否分類を行う手法を開発した。

本手法では、肯定的(賛成)、否定的(反対)、または中立的かを推測するスタンス検出を構築した。

スタンス検出は、対象トピックの学習データがなくても予測する必要があるため、従来、困難なものであった。本研究では、自動で与えられたトピックに関する Wikipedia の記事を読み、それに関連する概念や事象を学習、学習した概念や事象を外部知識として取り込み、スタンスを予測する。本研究では、Wikipedia の記事から、関連する概念や事象に対応する Bi-LSTM (Bi-directional Long Short-Term Memory)での符号化を含む新しいニューラルネットワークモデルを提案した。実験では、スタンス検出の F 値(適合率と再現率の調和平均)が従来のものより高いことを確認した。
(Akira Sasaki, Kazuaki Hanawa, Naoaki Okazaki, and Kentaro Inui. Predicting Stances from Social Media Posts using Factorization Machines. In Coling, pages 3381-3390, 2018.

Kazuaki Hanawa, Akira Sasaki, Naoaki Okazaki, Kentaro Inui. Stance Detection Attending External Knowledge from Wikipedia. Journal of Information Processing, 27:499-506, 2019)

また、関連する概念や事象の抽出に役立つ、注釈付き Wikipedia 記事のコーパスを構築し公開した。(https:// www.cl.ecei.tohoku.ac.jp/index.php?Open Resources)

本スタンス検出は、オンライン討論の分析、意見を持つグループの特定、選挙結果の予測、フェイクニュースの検出など様々な応用で中核的な技術となるものである。

(2)言語や知識の表現学習に関する研究：

RNN(Recurrent Neural Network)や LSTM (Long Short-Term Memory)などを用いて、単語やフレーズの意味をエンコードする手法を提案し、機械読解や関係抽出などのタスクの性

能を改善させた。また、単語ベクトル同士を加えることにより、フレーズの意味を計算できるメカニズムについて、理論的な裏付けと検証を行った。

本研究では、マシンリーディング(構造化されていないテキストから自動的に知識を抽出し、抽出された知識を意思決定や質問応答などのタスクに適用するための学習)の新しいニューラルネットワークモデル DER(Dynamic Entity Representation)を提案した。DER ネットワークはドキュメントを読みながらエンティティ周辺の情報を収集・蓄積することで、エンティティに対する動的な意味表現を構築するものである。

本ネットワークを評価した結果、情報の蓄積をモデル化することを目的とした max-pooling の適用が、性能を飛躍的に向上させること、先行研究よりも良好な結果が得られることを示した。

(Sosuke Kobayashi, Ran Tian, Naoaki Okazaki, and Kentaro Inui. Dynamic Entity Representation with Max-pooling Improves Machine Reading. In NAACL-HLT, pages 850-855, 2016)

また、単語ベクトル同士を加えることにより、フレーズの意味を計算する Additive composition について、学習モデルによる予測の汎化誤差を最小化させるための偏り誤差の上界の理論検討を行い、理論的な裏付けと機能、変換関数の選択、語順、次元削減方法など検証した。

(Ran Tian, Naoaki Okazaki, Kentaro Inui. The mechanism of additive composition. Machine Learning, 106(7):1083-1130, 2017.)

(3)深層学習に基づく言語生成に関する研究：

深層学習を用いて、ニュース記事の自動校正を行う手法を提案した。また、ニュース記事の本文から見出しを自動的に生成する際に、見出しの長さを指定できる手法を提案した。さらに、記事から逸脱した見出しが生成される問題に対処するため、記事と見出しの含意関係を考え、見出しの記事に対する忠実性を改善した。

①ニュース記事の自動校正を行う手法

本研究では、校正文の生成と、校正文の生成に必要な編集作業を予測するマルチタスク学習の新しいニューラルモデルを提案した。このモデルは、エンコーダ・デコーダモデルで、記者が書いた新聞記事の草稿をプロの編集者が修正したログを用いて学習される。原文の符号化を行うエンコーダは、Bi-LSTM を用い、デコーダは、注意機構付き LSTM を用い、文生成、編集操作予測のマルチタスク学習を行う。評価の結果、従来の文法エラーのみの校正に比べ高い品質が得られることを確認した。

(Yuta Hitomi, Hideaki Tamori, Naoaki Okazaki, and Kentaro Inui. Proofread Sentence Generation as Multi-Task Learning with Editing Operation Prediction. In IJCNLP, pages 436-441, 2017.)

②見出しの長さを指定できる手法

同一の記事を異なるメディア、デバイス、アプリケーションに配信するニュースメディアは、配信先の画面サイズ、レイアウト、デザインに応じて、見出しの文字数に制約があるため、従来の長さ制御の仕組みがない見出し生成モデルでは対応が困難である。

本研究では、機械翻訳で RNN に替わって使われるようになった Transformer に着目し、Transformer の各トークンの位置を表す正弦波位置符号化(Sinusoidal Positional Encoding)を拡張し実現した。本研究では、出力長と終端位置からの距離に依存するように、長さ差位置符号化(length-difference positional encoding)、長さ比位置符号化(length-ratio positional encoding)の 2 つの符号化で拡張した。

本手法は、任意の長さを扱うことができ、Document Understanding Conference(DUC) 2004 のデータセットでの自動評価指標 ROUGE(要約モデ ルが生成した文章と参照要約文の内容一致度を評価する指標)でトップのスコアを獲得している。

(Sho Takase and Naoaki Okazaki. Positional Encoding to Control Output Sequence Length. In NAACL-HLT, pages 3999-4004, 2019)

また、ニュース記事を入力として受け取り、見出しを生成して返すウェブサービスとして公開している。(https://headline.okazakilab.org/)

③見出しの記事に対する忠実性改善

見出し生成の評価は、ROUGE スコアで報告されるが、これには、生成された見出しの真実性、生成された見出しが元記事に基づいているかどうかについては必ずしも現れない。忠実性が低い場合、見出しにより、誤解を招いたり、フェイクニュースになる懸念がある。

本研究では、学習データの記事に忠実でない見出しが原因であることを、見出し、記事に忠実でない見出しを構築した含意関係認識器で学習データをフィルタリングすることで高い忠実性が得られることを実証した。含意関係認識器は、前提(記事)と仮説(見出し)が与えられた時に、前提が正しければ仮説も正しいと言える(含意する)か、否かを判定するタスクである。

本研究成果は、ロボットジャーナリズムにおいて正確性を担保する重要なものである。

(Kazuki Matsumaru, Sho Takase, and Naoaki Okazaki. Improving Truthfulness of Headline Generation. In ACL, pages 1335-1346, 2020.)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

岡崎が本さきがけ研究成果の出口として着目したデータジャーナリズムは、新聞社やテレビ局への技術提供・取材協力（全国紙での紙面掲載 5 件、地方紙での紙面掲載 1 件、テレビ局への取材協力 1 件）を多数受けており反響が大きいものとなった。

また、ツイートなどを検索し、日ごとの投稿数、関連語を分析する技術は、2013 年夏の参議院総選挙や 2014 年夏のサッカーW 杯で、新聞社と共同でウェブサービスを開発するなど、社会的な波及効果を生み出している。

また、ソーシャルメディアなどビッグデータから知識を自動的に獲得する技術や、それらの意見分析技術、深層学習を用いたニュース記事の自動校正、見出しの自動生成などで、企業数社と共同研究や、連携開発を実施している。(2017 年 8 月から株式会社コトバデザイン技術顧問、2019 年 3 月からサイバーエージェントの研究開発組織 AI Lab との共同研究など)

2.3.3.3　金井良太「インターネット環境が脳と認知機能へ与える影響の解明」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

金井は、本さきがけ研究で、認知神経科学の手法を用い、インターネットの出現が脳の認知機能に与える影響の解明を行った。インドのコルカタにおいて、ネットやパソコンをほとんど利用しない被験者に対し、利用前後での脳の構造変化をMRI画像により検証した。また、英国学生を被験者とし、インターネットでの多数メディアの同時利用のマルチタスクが安静時の脳機能に影響を与えること見出し、注目を集めた。さらに、脳のボクセル形態解析を用い、広範な質問調査から、メールの利用の仕方や態度と社会性の関連因子の同定を進めた。

本さきがけの研究は、本研究分野を切り開く契機となった。本研究成果をまとめた論文は、2016年に総説誌に掲載され、約300件引用され、毎年増加している。
(Loh, K.K., Kanai, R., How Has the Internet Reshaped Human Cognition?, Neuroscientist, 2016, 22(5))。

本研究分野は、その後、世界中で大規模に行われるようになってきており、その黎明期に脳構造と個人特性をつなぐ研究成果を得たことは、新しい分野創出に大きく貢献したものと考えられる。

本さきがけ研究終了後、次世代AI技術の開発を目指し、AIに意識を持たせる(人工意識)研究や、脳の健康を多面的に知るサービス実現に向けた研究など進めた。

(1)人工意識：

本研究では、人の意識の機能、自律性・自発性の理論モデルとAIへの実装、AIの意識を判定する研究など進めた。(https://research-er.jp/projects/view/920142)

①人の意識の理論モデルとAIへの実装

本研究では、意識を機能の観点から分析し、世界初の理論となる意識の情報生成理論と情報閉包理論を提唱し、既存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。

この理論は、脳内での意識の生成過程は、従来のデータ圧縮による物体などの認識の特徴量検出ではなく、好奇心や行動など様々な状況が脳内で生じ、内的に生成されるという仮説である。この理論が想定する意識の機能は、今、ここにある環境とは違う(反実仮想的な)情報を脳内で作り出す機能で、人が行動を起こす前や長期の計画を立てる時などのシミュレーションに使える現実世界のモデルが脳内にあるというものである。

脳内におけるトップダウンの予測が情報生成に対応し、それが意識の生成に関わることを提唱している。本理論は、好奇心等の内発的動機を実現する実装可能なアーキテクチャとして、意識研究の知見をAI研究と結びつける役割を果たした。
(Ryota Kanai, Acer Chang, Yen Yu, Ildefons Magrans de Abril, Martin Biehl, Nicholas Guttenberg, Information Generation as a Functional Basis of Consciousness, Neuroscience of Consciousness, vol. 2019, Issue, 1, niz016, 2019)

これら理論を基に、ユーザである人間が「意識がある」という感覚を抱くような人工知能の開発を目指し、大阪大学と共同で、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、システムを構築した。

本システムは、置き忘れた物を探す人を手助けするというもので、ユーザからの問い合わせを受けたAIは、自身が場所を把握している時には物の位置を答え、そうでない場合はロボットに探しに行かせることができるものである。このシステムの特徴は、知らないところに興味を惹かれる擬似的な「好奇心」が備わっており、世界モデルの確かな部分には見向きもせず、不確かな部分を重点的に調べ、これにより、効率的に探し物を見つけるところである。

(Teerawat Kumrai, Joseph Korpela, Takuya Maekawa, Yen Yu, and Ryota Kanai, Human Activity Recognition with Deep Reinforcement Learning using the Camera of a Mobile Robot, Proceedings of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2020), pp. 125-134, 2020)

本研究成果の内発的動機を実現するアーキテクチャのAIシステムへの実装は、KDDI株式会社、東京大学と共同でドローンの自律学習・自律制御の実用化に向けた開発プロジェクトへと発展している。

(http://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2018/08/10/3331.html)

②AIの意識を判定する研究：

本研究では、公理的計算論と呼んでいるアプローチで、意識を統合情報理論などの観点から理論的に捉え、神経回路ネットワークなどが持つ意識の評価法を構築した。

意識に関係する統合情報理論は、意識を情報の概念「情報」、「情報の統合」、「情報の構造」で数理的に記述しようとするものである。

情報統合の度合い表す統合情報量 Φ は、システムを分割した際にどれだけ情報処理のダイナミクスが変化するかを定量化したものと定義される。従来の意識に関係する統合情報理論(精神科医 Giulio Tononi が提案)は、意識の指標となる Φ 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。

本研究では、Φ の代わりに情報の統合の概念を情報幾何学の観点から再定義し、Φ の劣モジュラ性を利用した最小情報分割(Minimal Information Partition)同定アルゴリズムで計算を高速化し、その妥当性を数値実験により示した。この研究成果は国際論文誌Entropyに採択され表紙を飾った。

(Jun Kitazono, Ryota Kanai, Masafumi Oizumi, Efficient Algorithms for Searching the Minimum Information Partition in Integrated Information Theory, Entropy, vol.20, no.3, p.173, Mar.2018)

本アルゴリズムは解析ツールPractical PHI Toolboxとして公開している。

(https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3203326.v10)

本研究成果により、これまで計算が複雑すぎるために、実験により検証が不可能だと考えられていた統合情報理論が、実験科学の土俵にのるようになり、世界的に意識量の様々な対象について計算する機運が高まった。また、数理的ツールとしてシステムの統合を図る指標としての利用の可能性も分野を超えて検討されるようになった。

(2)脳の健康を多面的に知るサービス実現に向けた研究：

本研究では、脳 MRI 構造画像情報の過剰な 3 次元ボクセルデータの自由度を削減し、汎化モデルを構築、性格や BIG5(外向性、協調性、勤勉性、情動性、開放性の性格特性)の予測を進めた。
(https://www.jst.go.jp/impact/report/data/program11/h27/ymk_2708.pdf)

本研究を実施している金井が立ち上げた株式会社アラヤは、脳情報データベースと脳のボクセル形態解析の技術や特許を有し、また、ベンチャーキャピタルからの評価もあり、出資を受けていることから、本研究成果の今後のサービス、事業化が期待される。

金井は、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 AI 技術と融合し、意識研究ネットワーク Consciousness Research Network(CoRN)という哲学、神経科学、心理学、人工知能の研究者を巻き込んだ学際的な研究会を 2017 年 11 月に立ち上げた。(https://www.conresnet.org/)

また、脳情報処理モデルを発展させ、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」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」(2020-2025 年度)を推進している。

金井は意識のメカニズム研究において日本のトップランナーであり、本分野を牽引していることがうかがえる。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

金井のインターネットが脳や人間の認知にどのような影響を及ぼしているのかの研究は、一般の生活者にとっても関心の高いトピックであり、そこに神経科学的な観点からデータに基づいた議論の基となる研究成果を示したことは、社会的関心に答えるという大きな意義や波及があった。

本さきがけ研究での脳の構造 MRI 画像の解析技術は、本さきがけの狩野(静岡大学)と株式会社アラヤ・ブレイン・イメージング(2013 年 12 月創業時の社名)を立ち上げるに至った。その後、同社は J-Startup などにも選出され、ベンチャーキャピタル等から 15 億円以上の資金調達を行い、現在ではインターン生なども含め 100 名を超える企業へと成長を果たしている。

3.その他の波及効果

株式会社アラヤ・ブレイン・イメージングの設立に至ったことは、本さきがけ発足時には想定されておらず、科学技術のイノベーションの社会展開として意義のある展開となっている。

また、世界的な脳 MRI 画像と遺伝子情報を結びつける研究プロジェクト ENIGAM(Enhance Neuro Imaging Genetics Through Meta Analysis, http:// enigma.ini.usc.edu/)への参画に至った点も、世界的なネットワークの形成や分野融合的な研究活動へとつながっている。

2.3.3.4　狩野芳伸「解析過程と応用を重視した再利用が容易な言語処理の実現」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

狩野は、本さきがけ研究で、自然言語処理に関連したデータやツールを組合せたワークフローの自動生成、自動インストール、自動実行、評価メトリクスの視覚化といった機能を開発し、国際標準 UIMA(Unstructured Information Management Architecture)に準拠した統一的なプラットフォーム「Kachako」を構築した。さらに、他の研究者と共同で「ロボットは東大に入れるか」プロジェクトなど、多くの共同研究を通じ、本プラットフォームの有効性を示した。

本さきがけ研究終了後、2 つの大きな流れで研究成果を展開、発展させた。

1 つ目は、分野融合による新たな応用展開である。ここでは、機械学習や言語処理ツールの全/半自動利用を目指したプラットフォーム、ツール群の整備で、多くの他分野との連携、共同研究による幅広い応用展開を行った。これらにより、分野融合による新たな研究潮流の創出に貢献した。2 つ目は、より人間に近い自然言語処理についてのモデル構築を行った。

(1)分野融合による新たな応用展開：

本研究では、医療分野、法律分野、政治学分野など幅広い分野で研究を行った。

①医療分野での応用展開(診断支援システムの構築)：

電子カルテ(診療録)や病理所見の処理など、医療テキストの処理技術の開発を進め、医療現場を助ける診断支援システムの構築に取り組んだ。

狩野の研究チームは、電子カルテの文章から診断名を自動的に判断する技術を開発し、2016 年 6 月の国際コンテスト型ワークショップ NTCIR-12 MedNLPDoc で首位の成績を達成した。

本コンテストでは、日本語の模擬電子カルテに対して、国際標準コード ICD-10 準拠の診断名が付与されたデータが用意され、この診断名を電子カルテの文章のみから自動的に判断するタスクが設定されている。狩野の研究チームは、タスクの中で最も厳しい評価基準(SURE 基準)において首位の成績を達成した。

(https://www.shizuoka.ac.jp/pressrelease/pdf/2016/PressRelease_13.pdf)

また、AMED 支援のプロジェクトの中で、国立病院機構、北見工業大学、順天堂大学、慶應義塾大学、浜松医科大学、奈良先端科学技術大学院大学、国立情報学研究所など様々な機関と連携し、国立情報学研究所が集約する日本医学放射線学会、および日本病理学会の蓄積する放射線読影レポートや病理所見データの処理など、診療録の処理に取り組んだ。

本取り組みの中には、考案した大規模事前学習言語モデルを用い、CT 画像に付随する放射線読影レポートの所見文から、COVID-19 肺炎か否かを高い精度で自動検出するものや、構造化されていないため解析が難しい電子カルテの自由記述部分から、皮膚疾患における重症度抽出など、医療現場でのより具体的な応用に貢献する研究成果も得ている。

(https://www.anlp.jp/proceedings/annual_meeting/2022/pdf_dir/G6-4.pdf、

https://www.anlp.jp/proceedings/annual_meeting/2019/pdf_dir/E3-2.pdf)

②医療分野での応用展開(精神疾患の自動疾患分類、診断支援)：

精神疾患は罹患率が高く罹病期間も長いため、人々の生活の質を低下させるものとして世界的に問題となっている。精神疾患の診断や治療は、患者の言葉に表れる症状の特徴を取り出す必要があるが、現状、数値化するなど客観的評価が困難である。

本研究では、慶應義塾大学と共同で、自然言語処理で数値化することで自動疾患分類、診断支援システムの構築を行った。ここでは、正確な診断結果が付いた、うつ病、双極性障害、統合失調症、不安症、認知症患者の 700 時間に迫る心理士との対話の音声データを収集し、発話分の長さ、語彙、構文の複雑さ、国際診断基準を満たす診断や、疾患の重症度との紐づけなど、分析に必要なアノテーションをつけたコーパスを構築した。この疾患情報に紐づけられた日本語の会話コーパスは、国際的にもこのような大規模、精緻な診断・重症度情報が付与されたものはなく、非常に貴重なデータとなった。また、国立情報学研究所、東京大学と共同で、SNS に投稿した患者テキストデータ 1507 万文字の情報を収集し基礎となるデータを拡充した。

これら基礎データから、音響学的特徴や自然言語処理を用いた解析モデルを構築し、うつ病 85%程度、認知症 90%以上、統合失調症 70%程度、不安症 75%程度の解析精度を達成した。

(https://www.jst.go.jp/kisoken/crest//evaluation/nenpou/r02/JST_1111094_19190801_2020_PYR.pdf)

本研究は、JST AIP 加速課題通常型「精神医学×メディア解析技術の展開：精神疾患への介入の挑戦」へとつながり、狩野は、主たる共同研究者としてさらに発展させている。

③医療分野での応用展開(発達障害の自動スコアリング)：

自閉スペクトラム症(ASD:Autism Spectrum Disorder)は、診察者や診察時の環境の違い、患者の診察時の状態により、診断に揺れが出るため、重症度を定量化する症状評価ツール ADOS(Autism Diagnostic Observation Schedule)が開発されている。検査者は、ADOS のプロトコルに従って各タスクを実行し、観察された行動を記録、評価し、ADOS アルゴリズムに従って被験者をスコアリングする。ADOS は ASD の臨床経験を有し、かつ一定水準の研修を受けて、ADOS 研究または臨床ライセンスを取得したもののみが実施できる。ADOS ライセンスを取得するためには、ASD について学んでいることや ASD 症例対応の経験、十分な ADOS の研修が必要である。

本研究は、この ADOS による症状評価を自動化するものであり、浜松医科大学、志學館大学、慶應義塾大学などと共同で、発話特徴から自閉スペクトラム症の診断や重症度推測、自動スコアリングシステムの構築の研究を行った。

ADOS を使用できる検査者となるためのライセンスを得るためには、ライセンス審査で用意された 8 割以上の項目において、正解と完全一致する点数を割り当てることが求められ

る。本研究では、自閉スペクトラム症患者の発話者コーパスを構築し、ライセンスに求められる誤差水準に迫る性能を達成した。
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/tjsai/35/3/35_B-J45/_pdf)

④法律分野での応用展開(裁判過程における AI による高次推論支援):

国立情報学研究所、産業技術総合研究所、関西学院大学、明治大学、首都大学東京(現東京都立大学)と共同で、裁判過程における AI による高次推論支援を行った。

本研究では、裁判の過程(裁判官が行う事実認定過程、あてはめ過程、判決推論過程)の分析、判断に至る法的根拠、論理の可視化など、AI を活用し行い、法学者との連携でそれら推論処理の正当性検証を行っている。狩野は、あてはめ支援(事件で実際に起きた、認定された事実を法律要件に対応させる過程)を自然言語処理により実現すること目指している。

この研究の一環で、国立情報学研究所、北海道大学、University of Alberta とともに、法律文書処理の評価タスクとして、司法試験の自動解答を題材にしたコンテスト型国際ワークショップ COLIEE (Competition for Legal Information Extraction and Entailment) を毎年開催している。

本ワークショップは、民法の条文を知識源として、解答に必要な条文を推測する情報検索タスクと、正誤を答える含意関係タスクを設定している。狩野は、参加者としても自動解答器を作成しており、性能評価とともに、法律文書の基盤的自然言語処理技術の性能向上を図っている。(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-17H06103/17H06103_kenkyu_shinchoku_hyoka_gaiyo_ja.pdf)

本研究は、根拠や説明の提示が欠かせないため、説明可能な AI という点でも意義が深い。

⑤政治学分野での応用展開(国会議事録の分析と国際比較):

学習院大学と共同で自然言語処理技術を用いて、国会議事録の分析と国際比較に取り組んでいる。

本研究では、議事録に記録されている議論の構造やその背景にある政治、社会情勢といったメタ情報を紐づけ、分析し、英仏との比較を通じて、日本の国会の特質を解明するものである。本研究は、社会科学の方法論における新しい展開を試みるものでもあり、新しいデータセットの構築も進められている。様々な手法・角度からの分析で、新しい仮説の提示や社会的インパクトのあるものが生み出されることが期待できる。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-20K20509/)

本研究は、基盤研究(B)「SNS・新聞記事・議会議事録を用いた AI による世論形成過程と政治家の応答性の分析」へとつながり、狩野は、研究代表者としてさらに発展させている。(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-22H00804/)

(2)より人間に近い自然言語処理：

話し言葉は人間の言語処理の基本となっているが、既存研究のほとんどは、大規模データを取集しやすい書き言葉を前提に研究が行われている。また、話し言葉の処理性能は未だ不十分であること、省略が多い、文の区切りがよくわからない、これらと密接に関連する文脈依存性が高い、等々本質的で未解決の課題を多く含んでいる。このような着想に基づき、研究を行った。

本研究では、より自然な話し方となる相槌の自動生成・統合的な解析器などや、対話システムの新しい評価指標と位置づけ進めている「人狼知能プロジェクト」に取り組んだ。

①相槌の自動生成・統合的解析器

本研究では、心理学的な制約を取り入れ、対話履歴と言語・音響特徴を用いて、適切な相槌のタイミングの予測を行うモデルを提案した。

本提案では、音声コーパスに、相槌を打つかどうかの予測単位として、統語的、談話的、相互行為的なまとまりの単位を、知覚可能なポーズや異なる音種によってさらに細かく切った単位を用いた。相槌タイミングは、対話環境や聞き手の心理状態などによる揺れが大きいため、人手による相槌タグを付与した。このコーパスを用い、対話履歴と言語特徴、音響特徴を用い、それぞれを Early-Fusion でベクトル結合するモデルで、相槌が打てる、打てないの 2 クラスを予測するモデルを構築した。
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2021/0/JSAI2021_4E1OS11a05/_pdf/-char/ja)

また、話し言葉に着目し、脳科学の知見を組み入れ、既存のパイプライン的処理、深層学習による大規模言語モデルの限界越えを狙い、脳科学・言語学的に妥当なモデル構築を進めている。

ここでは、東京大学、上智大学と共同で、小規模データで学習可能な話し言葉解析器を軸に、言語学・科学(人間の言語処理モデルの解明)、工学(解析器の実装)、さらに各分野での応用までつながった、新たな研究の創成を目指している。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-21K18115/)

②人狼知能プロジェクト

対話システムを「人間並みに」実現するということは、「常識」や「他者の理解」といった、ほとんどあらゆる知的機能を包含する究極的なテーマである。対話システムを含め、生成系研究の重要な課題の一つは評価指標の設定である。本研究では、会話ゲーム「人狼」の自動プレイを目標とする人狼知能プロジェクトを、対話システムの新しい評価指標と位置づけ進めた。

人狼知能プロジェクトは、狩野が自然言語部門のオーガナイザーを務め、毎年実施し、自身も参加しているプロジェクトである。(人狼知能プロジェクト：市民側と人狼側に分

かれて市民側に扮して人間を滅ぼそうとする人狼を会話の中で推理し、排除することで平和を守る人狼ゲームにおいて、人狼知能同士を対戦させるプロジェクト、http://aiwolf.org/)

人狼ゲームは、会話のみから相手の意図を理解し、背景を推理、協調し、時には説得を試みるといった、人間の持つ極めて高度な知的能力を駆使して行うゲームである。今後、AI が社会に普及する上で大きな障壁であるコミュニケーションの課題を多分に含んでいる。

本研究の自動プレイヤーエージェントは、本プロジェクトの審査員による自然さの主観評価で、従来モデルより高い評価を得ている。

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

狩野の医療分野での診断支援システムの研究は、医療費増大や医師不足(疾患の確定診断を行う病理医など)など課題解決に大きく貢献するものである

精神医学分野での研究は、鑑別が困難な症状の分離、疾患の前兆や早期発見、疾患の前駆期や早期での症状の発現タイミング把握が可能となり、効果的な予防・治療技術の開発が可能になる。これらは、精神科医療現場での使用のみならず、企業でのメンタルヘルス対策、個人ユーザによる自動診断や、リスクがある状況に対してストレスを和らげるアプリの開発、うつ症状を防ぐための認知トレーニングアプリ開発など、応用が拡大するものと考えられる。

法律分野での研究は、裁判処理のシミュレーション、司法システムの効率化、裁判官の推論の精緻化が可能となる。これらにより、判決への信頼度が高められ、さらに、司法制度へのアクセスが容易になることで、一般市民が参加する裁判員裁判の支援にもつなげられると期待される。

企業との連携では、株式会社電通と共同でキャッチコピーの自動生成に取り組み、そこで開発した特定の単語、情報、条件などを入力するだけで、広告コピーを生み出すシステムムは、「AICO (アイコ／AI CopyWriter)」という名称で運用されている。

株式会社 FRONTEO との連携では、技術アドバイザーに就任し、新聞・雑誌・テレビ・インターネットなど、一般公開されている情報を収集・分析することで断片的なデータの集まりから意味を持った情報を得る技術(公開情報に基づく調査技術 OSINT：Open Source Intelligence)を開発し、企業にサービスしている。

株式会社セプテーニでは、アドバイザーに就任し、広告効果の事前予測、予測根拠となった要因の可視化、自動生成など、広告クリエイティブ制作プロセスの構築を行っている。

上記を含み、様々な企業へ、技術顧問や研究協力を通じた支援を幅広く行っている。

2.3.3.5　栗田雄一「マルチスケール身体モデルに基づく運動評価技術の開発とその応用」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

栗田は、本さきがけ研究で、人の運動を害さないスムーズなアシストができる装着型ロボットの実現に向け、筋骨格モデルに基づく手先コンプライアンス楕円(長軸が小さな筋活性度変化で手先が大きく変化することを意味し、短軸が逆に筋活性度変化に対して手先変位が小さいことを意味する。手先の柔らかさや、動かす際の困難さを表す)の解析的算出法を提案した。また、センサで測定した定量的な物理力と人が感じる力覚が異なること(持った時の体勢に依存することや、力覚は非線形であり、力を入れてないときに重さを正確に知覚するなど)を見出した。これらの応用で、筋力補助で重さを軽減し、知覚感度を高めて感覚運動機能を向上させるウェアラブルスーツの開発や、自動車の操舵のステアリングフィールを良くする実験など進めた。

本さきがけ研究終了後、力感覚、触覚を設計できる手法の開発、ソフトアクチュエータを使った身体運動支援とスポーツ拡張、AI を用いたスマートコーチング技術の研究など人の知覚とインタラクションに関連する研究を拡大した。

(1)力感覚、触覚を設計できる手法：

本研究では、力覚重畳提示技術を用いた、油圧ショベルカーのレバー操作性を向上させる技術や、腹腔鏡下手術用トレーニングシステム、人の触覚知覚機能を向上させる技術を開発した。

①油圧ショベルカーのレバー操作性を向上させる技術

作業員の減少が続き生産性向上が求められている建設現場で、特にオペレータに高度なスキルが必要な油圧ショベルの作業効率を、レバー操作性を向上させる技術を開発し、向上させた。

本研究では、レバー操作時の筋骨格モデルに基づく力覚予測手法を提案し、小さな誤差の範囲内(7.8%～14.3%の二乗平均平方根誤差)で推定できることを確認した。さらに、レバー角度に対して力覚が直線的に変化する反力特性を持つレバーを開発し、ショベルカーによる整地作業時の操作性の大幅向上を確認した。
(https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9662345)

②腹腔鏡下手術用トレーニングシステム、人の触覚知覚機能を向上させる技術

腹腔鏡下手術では、人が臓器に触れられず、鉗子を介して環境を知覚する熟練した技術が必要なため、技能習得のためのトレーニングが必須である。手術対象と接触したか否か、どれくらいの力で接触しているのかの正確な力覚は重要情報であり、特にロボット手術では、スレーブ側で過剰な力を加えていることを見落とした場合、臓器等に深刻なダメージを与える危険性がある。しかし、従来のトレーニングシステムは、視覚的に質の高い

ものは販売されている一方で、触力覚呈示については、機能を有してないか、または機能はあっても質が低い上に価格が極めて高いという問題がある。

本研究では、既存のトレーニング機器のインタフェースに力覚提示機能を付与する腹腔鏡下手術用トレーニングシステムを開発した。

本手法は、力覚提示装置と力センサを利用して、鉗子先端が臓器に接触したことを感知すると、その位置に応じて力覚提示デバイスから反力が生成され、それが鉗子に重畳される。粘着感などコンピュータで仮想的に作り出すことが困難なものに関しては、別途用意した補助物体からのものを力覚デバイスに加算することで実現し、トレーニングシステムのプロトタイプを製作した。

また、既存の手術支援ロボットに付与するもので、人の把持鉗子からの触覚知覚を向上させる技術も開発した。本技術は、把持鉗子を介して手に知覚できないぎりぎりの大きさの微弱振動を与えることで確率共鳴を生起させ、人側の触覚知覚機能を向上させるものである。

上記技術は両者とも独創的であり、今後の手術支援ロボットの普及拡大において、大きな貢献が期待される。

(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-25282156/25282156seika.pdf)

(2)ソフトアクチュエータを使った身体運動支援とスポーツ拡張：

本研究では、無電力供給型身体機能増強スーツの開発や、階段昇降感覚、手指運動感覚の増強によるリハビリ支援システム、バランストレーニング・評価スーツなど開発した。

①無電力供給型身体機能増強スーツ

ダイヤ工業株式会社と共同で、重くてかさばるコンプレッサやタンク不要の、世界初、無電力供給型身体機能増強スーツ(Unplugged Powered Suit)を開発した。

本スーツは、新規に開発した低圧駆動型の空気圧人工筋を、股関節屈曲と膝関節伸展に働く筋肉の走行に沿って配置し、足裏に配置したポンプで膨張させることで、歩行の動作に合わせて収縮力を発生させるものである。筋肉の走行に沿って人工筋を配置することで、例えば、歩行速度や、投球速度などの向上が可能である。

本スーツは、老化・疲労の影響による筋力低下で、運動、外出が億劫になりがちな人に対し、進んで運動がしたくなるような、手軽で楽しくなる動作補助装置になると期待されている。(https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/35599)

②階段昇降感覚、手指運動感覚増強によるリハビリ支援システム

脳卒中麻痺患者の多くは、麻痺肢を使わないため、それを制御する神経回路網が縮小し、さらに運動機能の低下を引き起こす。脳の可塑性を応用したニューロリハビリでの運動機能の回復は、麻痺肢に力や動きを強制的に発生させ、運動感覚を誘発させ行うが、運動錯覚により、運動感覚を誘発することもできる。

本研究では、人工筋スーツを、筋負担軽減に使うだけでなく、着用可能な力覚フィードバックデバイスとしても利用できるとの着想から、階段昇降感覚、手指運動感覚の増強によるリハビリ支援システムを開発した。

階段昇降感覚増強によるリハビリ支援システムは、物理的な階段を歩くことなく、大きな設備が不要で安全に階段昇降の感覚を誘発する錯覚を利用したシステムである。

本システムは、階段昇降時と同様の筋活動パタンを与える人工筋スーツの収縮力を、筋骨格モデルを基に逆動力学計算から導出し、平地歩行と階段昇降の筋力発揮パタンの違いを補正、平坦な場所を歩きながら、階段を登るような錯覚を与える。実験の結果、ヘッドマウントディスプレイによる視覚情報と運動感覚、知覚感覚を同期させ、運動主体感を上げることで、階段昇降の感覚を与えられることを示した。本システムは、患者が家にいても、階段を昇降するトレーニングを恐怖心なくできるため、リハビリのモチベーションを下げることなく継続でき、リハビリ効果を高められると期待されている。

(Takumi Okumura and Yuichi Kurita, Cross-modal effect of presenting visual and force feedbacks that create the illusion of stair climbing, Applied Sciences, Vol.11, No.7, 2987, 2021.)

手指運動感覚増強によるリハビリ支援システムは、ヘッドマウントディスプレイのハンドトラッキング技術で取得した手指の各関節値を用い、バーチャルハンドのリアルタイム動作を表示するシステム、人工筋によって手指運動をアシストするシステム、屈曲運動を支援する力覚提示システムを開発し、構築した。実験の結果、腕の筋電信号を基に、バーチャルハンドの手指を実際の手指の動きよりも大きく動作させることで、運動機能向上に有用であることを示した。

本システムは、患者から動きの良い信号が検出された際、手指が動いている視覚情報を与え、アシストデバイスで運動感覚を提示させることで、運動主体感、達成感を与えられる。これらにより、苦痛のリハビリに対し、モチベーションが向上し、効果が高められると期待されている。

(池田開、木村浩彰、平田和彦、来間千晶、栗田雄一、視覚・力覚フィードバックにより拡大した手指運動が動作の一致感へ及ぼす影響、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 2021)

③バランストレーニングスーツ・評価スーツ

高齢者の転倒リスク軽減のため、バランス機能改善トレーニングとバランス評価が可能なスーツを開発した

本スーツは、装着した人工筋の収縮力により、小さな動揺を発生させることでトレーニングを実施し、加えて、遠隔での操作・記録ができる機能を実装しているため、バランス評価も可能なものである。

(浜田 雅人、山本 征孝、多田 充徳、栗田 雄、低圧駆動型人工筋を用いたバランストレーニングスーツの開発、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 2020)

(3)AI を用いたスマートコーチング技術：

ロコモティブシンドローム(運動器の障害のために、移動機能の低下をきたした状態)は、適切な食事や生活習慣の改善とともに定期的なトレーニングを行うことで障害リスクを減らすことができる。

本技術は、苦痛のトレーニングに対し、AI や VR、ロボット技術が、トレーナなしで在宅においても、励まし、モチベーションを上げられるのではないか、継続させることができるのではないかとの着想から、開発されたものである。

ここでは、ロコモティブシンドロームのリスクレベルを推定し、リスク改善のための人工筋スーツを用いたスキーエクサゲームを提案した。

本研究では、スクワットや片脚立位動作中の関節角度、関節変位など計測し、得られた各動作の特徴量と、それら特徴量から日本整形外科学会策定のロコモ度テスト STBLS (Short Test Battery for Locomotive Syndrome、下肢筋力、歩幅、身体状態・生活状態を評価する 3 項目の簡易テスト)のスコアを推定する技術を開発した。また、リスク改善のため、推定したロコモのリスクレベルに応じて、個人の身体能力を把握し、その能力に合わせトレーニング中の負荷量を調整するスキーエクサゲームを開発した。実験の結果、人工筋スーツ着用することで筋電が増加し、筋力が強化されることを実証した。

本ゲームは個人の能力に応じた無理のない負荷、試行数を設定するため、モチベーションが維持され、運動継続につながると期待されている。

(https://conference.vrsj.org/ac2019/program/common/doc/pdf/6D-06.pdf)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

(1)AI を用いたスマートコーチング技術：

AI を用いたスマートコーチング技術を拡大させ、NEDO 支援の下、株式会社システムフレンドと共同で日常生活動作（ADL：Activities of Daily Living）推定手法、データ計測ソフトウェアを開発した。

自立した生活を目指す高齢者や身体障害者のリハビリの現場では、どの程度回復したのかを ADL 評価により確認しているが、この評価は、専門知識を持つ人が動作を直接目視し評価するため、採点ばらつき、人的・時間的コストの増大、人手不足など問題がある。

本技術は、株式会社システムフレンドの医療機器「鑑 AKIRA」の付加機能として販売が計画されている。さらに、データを共有することで、患者の状況に応じパラメータを自動調整する AI ロボットリハビリ機器の開発へとつながると期待されている。

(https://www.hiroshima-u.ac.jp/system/files/161307/20210329_pr01.pdf)

(2)触感デジタルデザイン：

CAD ソフトウェア販売会社、加飾デザイナーとのコラボレーションにより、「触感をデザインする」ことを当たり前にするための触感デジタルデザイン支援ツールを開発した。

本ツールは、開発した触感の評価と表面高さや傾斜角度を可視化する機能を有している。株式会社アプリクラフトと共同で、“Grasshopper 定義ファイル”を用いて実装された。Grasshopper は Robert McNeel & Associates 社の 3 次元曲面モデラー“Rhinoceros”に含まれる機能の一部で、コンピュテーショナル・デザインを実現するツールとして国内外で広く認知されているものである。このような、3D デジタルモデル作成において、“触感”という視点から、形状情報を可視化する機能を有したデジタルデザイン支援ツールは世界初となる。(https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/57377)

また、表面テクスチャのハイトマップ画像を入力すると、人が触ったときの粗さ感、凹凸感、滑り感などの触感を高精度に予測できるアルゴリズムを開発した。
(https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/71490)。

本アルゴリズムは一般公開している。
(https://bsys.hiroshima-u.ac.jp/kurita/work_j_digitalhapt2022.html)

さらに、株式会社アプリクラフトと連携して、CAD ソフトウェアで作成したオブジェクトデータの表面テクスチャを指定すると、そのハイトマップ画像を生成できるアルゴリズムを開発し、同社のウェブサイトで一般公開した。

これらを組み合わせることで、CAD で作成したデジタルオブジェクトデータから、物理的サンプル作製を一切はさむことなく、触感スコアを予測してユーザに提示することが可能になる。

栗田は、デザインと技術を結びつける場を創出することを目的にしたマテリアルデザイン研究協会の理事に就任し、マテリアルデザインによる触感デザインの普及啓発にも取り組んでいる。(https://material-design.org/)

(3)人間拡張技術の社会実装:

栗田は、広島大学内に人間拡張実装プロジェクト研究センターを立ち上げ、センター長に就任、企業や他組織との共同研究、ならびに社会実装に取り組んでいる。
(https://sites.google.com/view/aha-prc/)

(4)広島大学コベルコ建機夢源力共創研究所:

栗田は、コベルコ建機株式会社が広島大学内に立ち上げた夢源力共創研究所において、共同研究講座を主宰し、社会実装指向の遠隔建機インタフェースの研究・開発に取り組んでいる。(https://dream-driven.hiroshima-u.ac.jp/)

2.3.3.6　小林貴訓「グループコミュニケーションの解明に基づく車椅子型移動ロボットシステムの開発」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

小林は、本さきがけ研究で、車椅子利用者と同伴者のコミュニケーションを支援する車椅子自動制御機能の研究を行った。本研究では、身体の向き、移動方向・速度、互いの距離などから、グループの活動を自動認識するシステムを開発した。また、社会学の分析手法エスノメソドロジーを用いて移動時の同伴者と車椅子の適切な位置関係を明らかにした。さらに、複数の車椅子を協調移動させるため、複数の車椅子間でお互いの位置関係を取得・共有する技術を開発、実際の介護施設で試作機を評価し、有効性を確認した。

また、国際的なグループで研究を進めており、King's College London の研究者との共同研究で、Manchester Museum や Thinktank Birmingham Science Museum などでデモを実施している。本取り組みは、移動ロボットと同伴するユーザの位置関係の適切性を、社会学の手法を用いて分析し、質的な有用性の検証とその結果に基づいて改善を行う研究プロセスを他に先駆けて確立したものである。この研究手法は、現在の対話ロボット研究における主流の一つであり、パーソナルモビリティと歩行者の移動環境におけるコミュニケーションを軸としたインタラクション技術として、1 つの技術分野となりつつある。本さきがけ研究終了後、高齢者の買い物を支援するロボット買い物カート、非接触センシングに基づく身体情報計測技術、全体の一体感や聴衆の参与感を向上させる双方向ライブ支援システムなど、知能ロボティクス、知覚情報処理において、その研究領域を拡大した。

(1)ロボット買い物カートの開発：

高齢者の健康寿命延伸のためには、外へ出かけることが心身の健康維持に重要であり、特に買い物は、高齢者にとって貴重な社会参加の機会である。また、経済活動を伴うことから地域社会の活性化の側面からも期待されている。買い物は、ただ歩くよりも辛く感じにくく、買う商品の記憶や価格計算などで認知的働きかけができることから、高齢者のリハビリとしても注目されている。しかし、現在の買い物リハビリは、介護士が高齢者に 1 対 1 で付添う必要があるため、介護士の負担が大きい。

本研究では、本さきがけで確立した人とロボットが協調して移動できる技術を発展させ、荷物の搬送、店内の案内、身体の支え、見守りが可能な自動走行カートを実現した。

本カートは、床上 10cm 程度に設置した LiDAR を用いて自己位置を同定し、予め設定した地図に基づいて、他の買い物客や特設の商品棚など障害物を避けながら、目的地、目的の商品まで自動走行する。地図は、人の手の届く範囲で起こる変更に影響されないよう高所スキャンデータを用いることで、環境変化に依らず継続的に自律移動させることができる。

また、目的の商品への誘導だけでなく、特売などの商品情報を適切な場所で提示することもできる。歩行困難な方のためには、レバー操作で、手押し走行に切り替えることで、身体を支えることも可能である。インタフェースとしてタッチパネルディスプレイや音声による入力インタフェースを備え、どちらでも目的地の指示や特売情報の提示を行うこと

ができる。買い物の相談や見守りのために、ワンタッチで接続可能なテレビ電話機能を搭載し、いつでも特定の相手を呼び出せる機能を搭載している。

従来のカートロボットはユーザを認識していないため、ユーザが置き去りにされてしまう可能性があるが、LiDAR から得られる人物の移動速度、身体の向きの変化と、ユーザのスマートフォンから得られる鉛直方向の加速度から推定した移動速度、角速度を照合し、ユーザが周囲のどの人物かを同定している。これらにより、ユーザを置いていくことなく案内したり、目的地を指定せずにユーザに追従させたりすることができる。

本カートは、買い物支援だけでなく、カートの移動経路情報のマーケティングでの活用や、自動精算の精度向上にも寄与できる。さらに、ポイントカードなどによるユーザの購買履歴との連携により、定期的に買う商品の買い忘れの防止機能の提供も可能である。

本カートは、実際のスーパーマーケットで実証実験が行われており、継続的に開発が進められている。

(Y. Kobayashi, S. Yamazaki, H. Takahashi, H. Fukuda and Y. Kuno, Robotic Shopping Trolley for Supporting the Elderly, International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE2018), Springer, Advances in Intelligent Systems and Computing, vol.779, 2018.)

(2)非接触センシングに基づく身体情報計測技術：

本研究では、カメラ画像から心拍数を計測する技術や、2 次元 LiDAR の情報から歩容を抽出し，身長などの属性情報を推定する技術を開発した。

①画像から心拍数を計測する技術

本技術は、従来のカメラを用いた手法では困難であった動きの激しい映像から高速、正確に心拍数計測を可能にするものである。

本技術は、赤血球のヘモグロビンが緑と黄色の光波長に吸収ピークを持つことを利用し、人の顔の皮膚点 2 点を取り出し、環境光の明るさの変化の影響を、独立成分分析(ICA:Independent Component Analysis)と線形ブラインド信号源分離(BSS:Blind Source Separation)を用いて低減している。さらに、2 つの皮膚点が異なる色(色スペクトル)で照明されている場合、線形 BSS では分離困難なため、顔の異なる箇所のランダムなペアを測定し、推定された心拍数のヒストグラムから計測する手法を新たに提案した。これらにより、従来の難しかった動きの激しい映像から、高速、正確に心拍数を計測可能にした。

本技術は、ウェブカメラ、監視カメラ、携帯電話カメラなど使用でき、不快さを伴うセンサを装着せずに非接触測定が可能になる。また、生理学的な信号を用いているため、感情変化の感知にもつながる。

本技術を使い、介護施設にネットワーク化したカメラシステムを設置することで、入居者の健康を長期にわたって継続的にモニタリングできるなど、応用拡大が期待される。また、感情認識が実現できれば、人間とコンピュータ、人間とロボットのインタラクティブアプリケーションにおいて多くの応用が創出されると考えられる。

(K. Otsu, Q. Zhong, D. Keya, H. Fukuda, A. Lam, Y. Kobayashi, Y. Kuno, Robust and Fast Heart Rate Monitoring Based on Video Analysis and Its Application, International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE2020), Springer, Advances in Intelligent Systems and Computing, vol.1213, pp.250-257, 2021.)

②2 次元 LiDAR による属性情報推定技術

本研究では、2 次元 LiDAR の情報から歩容を抽出し、身長などの属性情報を推定する技術を開発した。

本技術では、2 次元 LiDAR からのデータをクラスタリングするための密度ベース空間クラスタリング (DBSCAN：Density-based Spatial Clustering of Applications with Noise) と、OPTICS(Ordering Points To Identify the Clustering Structure)のアルゴリズムを拡張することで実現している。

本技術は、プライバシーが問題となる場合や、煙や霧、暗闇などで制限がある場合、カメラに代わる手法として有用である。

これらの身体情報計測技術は、複数の特許出願や著名な国際会議のCHI(Computer-Human Interaction) や HRI(Human-Robot Interaction)、ICMI(International Conference on Multimodal Interaction)などで採択、発表され、国際的にも注目度が高い。

(M. G. Rashed, R. Suzuki, T. Yonezawa, A. Lam, Y. Kobayashi, and Y. Kuno, Robustly Tracking People with LIDARs in a Crowded Museum for Behavioral Analysis ,IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences,E100-A(11):2458-2469 2017.

Mahmudul Hasan,Junichi Hanawa,Riku Goto,Hisato Fukuda,Yoshinori Kuno,Yoshinori Kobayashi,Person Tracking Using Ankle‐Level LiDAR Based on Enhanced DBSCAN and OPTICS, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering 16(8),April 2021)

(3)双方向ライブ支援システム：

演者と聴衆が相互に身体的振る舞いを伝達することで、全体の一体感や聴衆の参与感を向上するペンライト型デバイスを開発した。また、インタラクション主体のスケールと伝達される情報量という 2 種類の「粒度」を適切にデザインすることで、多人数インタラクションを可能とした。

開発したペンライト型デバイスは、加速度センサ、送受信機、振動モータを内蔵させたもので、制御用 PC から無線で送られたコマンドにより、LED の色や発光強度、振動強度を自由に変更可能である。また、内蔵された加速度センサの値を制御用 PC に送信できる。

演者の動きや声は、観客の持つインタラクティブペンライトの振動、光として反映され、ペンライトの振りは、応援の度合いとして集約され、演者が身に着けている電飾衣装

に反映される。この双方向ライブ支援システムの仕組みによって、観客は、従来のライブ鑑賞に加えて、振動、光から、演者の演技を直接体感でき、自身の応援を演者に伝達できる。演者にとっても、自身への応援を実感しやすくなる。また、腕を振ることによる振動の伝達を意識した演技を取り入れるなど、新たな演出として扱うことができる。評価実験で、本システムによる演者の演技、観客の応援の双方向伝達は、ライブにおける演者、観客間の一体感の向上につながることが確認できた。
(大津 耕陽, 福島 史康, 高橋 秀和, 平原 実留, 福田 悠人, 小林 貴訓, 久野 義徳, 山崎敬一, Affinity Live：演者と観客の一体感を増強する双方向ライブ支援システム, 情報処理学会論文誌, vol.59, no.11, pp.2019-2029, 2018.)

情報技術の進歩、通信の高速、大容量化に伴い、ライブ映像を遠隔地の映画館で上映するライブビューイングなど機会が多くなっている。また、遠隔視聴者にとって、演者、現地の観客との一体感やライブへの参加性が生まれづらいといった問題点もある。このような背景から、本システムを拡張し、遠隔でのライブ参加システムも開発した。

本システムは、配信映像上に視聴者のコメントを流すことができるライブ配信サイトを用いており、演者の動きは、遠隔視聴者の持つインタラクティブペンライトに振動として配信映像と同期して反映される。また、ペンライトの振りや、映像上に流れるコメントは、 舞台装置に反映され、コメントの先頭にはペンライト毎に割り振られた記号で遠隔視聴者一人ひとりが自分に対応するコメントが分かるようにしている。また、それらコメントを集計し、コメントをしているユーザ数に応じて、バブルマシンなどの舞台装置を動作させたり、CG映像を変化させたりすることができる。

評価実験により、本システムが、現地との一体感、臨場感、参加性を向上させるのに有効であることを確認した。
(http://www.interaction-ipsj.org/proceedings/2019/data/pdf/1B-32.pdf)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

小林のロボット買い物カートの開発は、車いすを同伴者が押す状況において、同伴者は介護する人、車いす利用者は介護される人という成員カテゴリ化で、対等な関係性を維持できないといった実際のユーザの声や現場における問題から出発している。このような人と移動ロボットの関係性を工学的、社会学的に扱う研究は、ロボット共生社会における本質的な課題であり、この研究アプローチやこれらの研究成果は、広く展開されていくものと考えられる。

また、これらの研究成果は、埼玉県先端産業創造プロジェクトへの採択に加え、パラマウントベッド株式会社、トヨタ自動車株式会社、株式会社マキタなど多くの企業との実用化に向けた共同研究に発展している。

加えて、小林は電動車椅子の自動走行に関する国際標準化調査委員会の委員も務めている。

2.3.3.7　櫻井祐子「情報環境での人間行動モデルに基づく知識・情報取引メカニズム設計論の構築」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

櫻井は、本さきがけ研究では、情報科学分野(人工知能、マルチエージェントシステム)と社会科学分野(ゲーム理論、ミクロ経済学)の学際領域として、人間の特性を考慮した、人間中心型のメカニズムデザイン(ヒューマンセントリックメカニズムデザイン)の基礎基盤技術を創出した。特に、人間の知と計算機の計算能力を融合したヒューマンコンピューテーションのプラットフォームである、クラウドソーシングを対象に研究を行った。具体的には、人々が自らの能力を偽りなく発揮し、作業を実行するための金銭的インセンティブ設計に関する研究、人々が協力してチームとして作業を行う場合を対象にしたチーム編成アルゴリズムの開発に関する研究などを行った。

本さきがけ研究終了後、ヒューマンセントリックメカニズムデザインの研究、チーム編成アルゴリズムの研究を発展させ、主に、下記に示す研究テーマについて国際的に評価される研究成果を得ることができた。

(1) ヒューマンセントリックメカニズムデザインの研究：

従来のメカニズムデザインでは十分に考慮されていなかった、人間の選好表明の限界やメカニズムの説明可能性などを対象に、ヒューマンセントリックメカニズムデザインの研究を深化させた。研究成果は人工知能の国際会議(AI, MIWAI)に採録されている。

(Yuko Sakurai, Satoshi Oyama: Analysis of Coalition Formation in Cooperative Games Using Crowdsourcing and Machine Learning. Australasian Conference on Artificial Intelligence 2019 (AI-2019), pp.78-88 (2019).

Yuko Sakurai, Jun Kawahara, Satoshi Oyama: Aggregating Crowd Opinions Using Shapley Value Regression. The 12th International Conference on Multi-disciplinary Trends in Artificial Intelligence (MIWAI-2018), pp.151-160 (2019))

さらに、メカニズムデザインの手法を従来の人手によるものから、深層学習を用いた、自動設計手法へ転換させるための研究開発を行っている。具体的には、コスト配分問題や組合せオークションにおける架空名義入札問題を対象として、深層学習を用いた自動メカニズムデザイン手法の開発を行った。研究成果はマルチエージェントシステムの国際会議(AAMAS, PRIMA)に採録されている。

(Guanhua Wang, Runqi Guo, Yuko Sakurai, Muhammad Ali Babar, Mingyu Guo: Mechanism Design for Public Projects via Neural Networks. The 20th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-2021), pp.1380-1388 (2021).

Yuko Sakurai, Satoshi Oyama, Mingyu Guo, Makoto Yokoo: Deep False-Name-Proof Auction Mechanisms. The 22nd International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA-2019), pp.594-601 (2019))

また、協力ゲーム理論の基本的な枠組みの一つで、提携(グループ)のもたらす効用の総和が最大となるようにエージェント集合を分割する提携構造形成問題(CSG:Coalition Structure Generation)について、この問題を計算する際の冗長な MaxSAT エンコーディング(充足可能判定問題 SAT の拡張問題)における、計算量増加、性能低下の問題に対し、MC-net (Marginal Contribution Net)という簡潔な表現スキームで、頂点数 300 の問題で、節数を数十分の一、計算時間を約十分の一にすることに成功した。
(Xiaojuan Liao, Miyuki Koshimura, Kazuki Nomoto, Suguru Ueda, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Improved WPM encoding for coalition structure generation under MC-nets, Constraints - An International Journal, Vol. 24(1), pp.25-55, 2019)

さらに、MC-net や SCGs in MID(Synergy Coalition Groups in Multi-Issue Domains)などの簡潔な表現スキームに制約最適化技術を直接適用し、CSG 問題の混合整数線形計画法(MIP)での定式化を行うことで、効率的に解く手法を提案した。これにより、市販のソルバーによって、一定規模サイズのインスタンスを解くことが可能であることを示した。
(Suguru Ueda, Atsushi Iwasaki, Vincent Conitzer, Naoki Ohta, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Coalition structure generation in cooperative games with compact representations, Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Vol.32(4), pp.503-533, 2018)

(2) チーム編成アルゴリズムの開発：

チーム編成問題は、提携ゲームにおいて複数のエージェントがどのようにして提携(チーム)を組むのが最適かという、提携構造形成問題の一種である。櫻井は、提携構造形成問題について、線形計画問題としての定式化及び Max-SAT の適用など、効率的なアルゴリズムの提案を行った。これらの研究成果はマルチエージェントシステムの国際会議(PRIMA)や制約充足の国際論文誌に採録されている。
(Miyuki Koshimura, Emi Watanabe, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Concise integer linear programming formulation for clique partitioning problems. Constraints, 27(1-2), pp.99-115 (2022).

Xiaojuan Liao, Miyuki Koshimura, Kazuki Nomoto, Suguru Ueda, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Improved WPM encoding for coalition structure generation under MC-nets. Constraints, 24(1), pp.25-55 (2019).

Emi Watanabe, Miyuki Koshimura, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Solving Coalition Structure Generation Problems over Weighted Graph. The 22nd International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA 2019), pp.338-353 (2019).

Suguru Ueda, Atsushi Iwasaki, Vincent Conitzer, Naoki Ohta, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Coalition structure generation in cooperative games with compact

representations. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 32(4), pp.503-533 (2018).

Aolong Zha, Kazuki Nomoto, Suguru Ueda, Miyuki Koshimura, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Coalition Structure Generation for Partition Function Games Utilizing a Concise Graphical Representation. The 20th International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA-2017), pp.143-159 (2017))

さらに、提携を組んだエージェント間で得られた利得をどのように配分するかは重要な課題である。利得の配分方法によっては、エージェントは提携から逸脱する誘因を持ち、提携構造の安定性が保証されなくなる。理論的に望ましい性質を有する利得の配分方法としてシャプレイ値が存在する。シャプレイ値は各エージェントの貢献度の期待値という直感的に分かりやすい利得の配分方法であり、近年では機械学習における説明可能性の文脈でも活用されている。しかしながら、その一方で、莫大な計算量が必要になることがボトルネックとなっている。そこで、エージェント間の関係性を考慮することで効率的にシャプレイ値を算出する方法を提案した。その関連研究は人工知能やマルチエージェントシステムの国際論文誌に採録されている。

(Oskar Skibski, Takamasa Suzuki, Tomasz Grabowski, Yuko Sakurai, Tomasz P. Michalak, Makoto Yokoo: Measuring power in coalitional games with friends, enemies and allies. Artificial Intelligence, 313, 103792 (2022).

Oskar Skibski, Tomasz P. Michalak, Yuko Sakurai, Michael J. Wooldridge, Makoto Yokoo: Partition decision trees: representation for efficient computation of the Shapley value extended to games with externalities. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 34(1), 11 (2020))

(3) ヘドニックゲームに関する研究：

ヘドニックゲームは協力ゲームの一種であり、近年、マルチエージェントシステムの研究者によって盛んに研究が行われている。エージェント間の協力関係に関する安定性が主要な研究テーマである。エージェント間の関係が友達、敵対者、中立者の３つのタイプで区分される場合における協力関係の安定性と安定かどうかを判断するための計算量について議論すると共に、エージェントが必ずしもその協力関係に常にコミットするとは限らない場合などにおける安定性を議論した。これらの研究成果は人工知能の国際会議（IJCAI, AAAI）に採録されている。

(Nathanaël Barrot, Kazunori Ota, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Unknown Agents in Friends Oriented Hedonic Games: Stability and Complexity. The 33th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2019). Pp.1756-1763 (2019).

Ayumi Igarashi, Kazunori Ota, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Robustness against Agent Failure in Hedonic Games. The 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-2019), pp.364-370 (2019)

Kazunori Ohta, Nathanaël Barrot, Anisse Ismaili, Yuko Sakurai, Makoto Yokoo: Core Stability in Hedonic Games among Friends and Enemies: Impact of Neutrals. The 26th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-2017), pp.359-365 (2017))

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

ヒューマンセントリックメカニズムデザインの概念を応用することで、MaaS(Mobility as a service)の更なる普及を目指した研究プロジェクトに参画し、運転手間の公平性を考慮した配車割当てアルゴリズムの開発を行うなど、櫻井はシェアリングエコノミーを主対象として、メカニズムデザインの社会実装に向けた研究活動に注力している。本さきがけ研究によって得られた研究成果の応用は、シェアリングエコノミーをはじめとした、新たな経済活動の創出への技術的貢献が期待される。また，ゲーム理論に基づくアプローチは、近年の人工知能技術の信頼性や公平性などの人工知能の社会実装における課題解決に対して波及効果をもたらすことが期待され、社会的意義が大きいと考えられる。
(Masato Ota, Yuko Sakurai, Mingyu Guo, Itsuki Noda: Mitigating Fairness and Efficiency Tradeoff in Vehicle-Dispatch Problems. The 21st International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAMS-2022), pp.307-319 (2022))

3.その他の特記すべき波及効果

ヒューマンコンピュテーションを対象とした、国内研究コミュニティの創出に貢献することができた。さらに、ヒューマンセントリックメカニズムデザインの概念の応用により、MaaS を対象とした研究プロジェクトに参画することができた。

また、マルチエージェントシステムの代表的なカンファレンスである AAMAS において 2023 年度開催の会議で、日本人の女性研究者として初めて Area PC を務めるなど、国際会議の運営にも貢献している。

櫻井は、2016 年 4 月に九州大学から産業技術総合研究所に転出した。2019 年 1 月より 1 年間オーストラリアに滞在し、海外研究者と共に共同研究を行った。2022 年 4 月より名古屋工業大学へ教授として着任し、研究室を主宰している。

2.3.3.8　鈴木健嗣「ソーシャル・プレイウェアによる社会的交流支援」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

鈴木は、本さきがけ研究で、グループ行動支援のための身体運動検知・記録・光提示技術(手を繋ぐと手首に装着したデバイスが発光するなど)を開発し、人々の社会的交流を導くための「ソーシャル・プレイウェア」を創出した。また、その効果を、広汎性発達障がい児を対象とした実証実験で、有効な結果を得た。

本さきがけ研究終了後、ソーシャル・プレイウェアの概念を、「ソーシャルイメージング」、その後、「ソーシャルシグナルの共有・拡張技術」と発展させ研究を行った。

(1)ソーシャルイメージング：

複数人からなる社会的行動を計測する手法であるソーシャルイメージング基盤技術の研究を行った。本研究では、身に付けたり着用できる機器(笑顔認識デバイス、身体接触デバイスなど)を開発した。また、実世界に映像と音響を重ね合わせる技術を開発し、その応用として、子ども達の創造的活動の促進、社会性形成の支援の場としての「ミライの体育館」を構築した。特別支援学校と連携した実証研究で、情動・情緒を含むこころを支える情報学を開拓した。

①笑顔認識デバイス

本デバイスは、顔の側面の側頭筋と大頬骨筋の上に配置した4つの遠位筋での筋電位活動を組み合わせ、笑顔を認識するウェアラブルデバイスである。ここでは、得られた筋電位を独立成分分析(ICA: Independent Component Analysis)し、それらを入力とし、4つのシグモイドニューロンからなる1つの隠れ層を持つニューラルネットワークが学習する。

本デバイスは、表情の動きを妨げず、咬み合わせがあっても検出できる。従来のビデオ認識技術に比べ、動きや光の変化に影響を受けず、高い時間分解能、微笑みが検出可能という利点を持つ。評価の結果、高速かつ微妙な表情を検出可能であることを実証した。

笑いは、肯定的感情の手がかりや、絆を深めるコミュニケーションである。本デバイスは、ロボットなど人間の行動や精神状態に関連する技術への適用や、製品、メディアの有効性評価、表情認識トレーニングなど様々な応用への適用が期待される。

(Perusquia-Hernandez, M., Hirokawa, M., Suzuki, K., A Wearable Device for Fast and Subtle Spontaneous Smile Recognition, IEEE Transactions on Affective Computing, 8(4), 2017.)

②身体接触デバイス

本デバイスは、人と人の手指による身体接触を計測し、視覚と振動のリアルタイムなフィードバックにより、タッチの状況を提示することができるブレスレット型デバイス

(ET:EnhancedTouch)である。

本ブレスレットは、BAN(Body Area Network)モジュール、加速度センサ、バイブレーター、LEDで構成され、本ブレスレットを装着した2名が手を触れ合わせると、ブレスレッ

ト間(装着者の手指)での微弱電流の人体通信によって身体接触が計測される。ブレスレットはBluetoothを通じ外部端末と連動し、いつ、誰と、どこで、能動的に触れたか、受動的に触れられたか、どのくらいの面積(指先、手のひら全体など)で接触したかなど、どのように身体接触したかを記録することができる。また、能動的に触れたか、受動的に触れられたかの方向を振動触覚の方向で表現できる。これにより、装着者にタッチの方向を認識させることができる。

実験で、タッチ方向を95%の精度で識別でき、単純な閾値分類器で、4種類のタッチジェスチャーを85%の精度で識別できることを実証した。

身体接触は社会的行動を調整する効果があり、触れることで、人々が寛大に振る舞ったり、要求に応じる傾向が生じるなど、また、誰かを助ける、協力するなど効果が報告されている。

本デバイスにより、対人タッチインタラクションのデザインの自由度が拡大されることや、触覚の認識を高めることで、社会的交流の促進が可能になると期待される。
(Hachisu, T., Suzuki, K., Representing Interpersonal Touch Directions by Tactile Apparent Motion using Smart Bracelets, IEEE Transactions on Haptics, 12(3), 2019.)

③ミライの体育館

神経発達症は、言語障害、異常行動、コミュニケーションや対人相互作用の障害を特徴としているため、ミライの体育館プロジェクトにより、社会的相互作用の促進につながるよう子どもたちの対人交流の機会を増やすものである。

ミライの体育館は、実空間への情報重畳技術を応用した大規模床面プロジェクションマッピングで、特別支援学校の子どもたちの教育カリキュラムに沿った活動支援を行う研究プロジェクトである。本プロジェクトは、筑波大学附属大塚特別支援学校の体育館を実証の場とし、慶応義塾大学文学部と共同で実施している、情報工学・発達心理学・医学・特別支援教育分野の協働による学際研究である。

ミライの体育館では、実世界に映像と音響を重ね合わせる大規模床面プロジェクションマッピングシステムを開発し適用した。本システムは、高性能プロジェクタとカメラを特別支援学校の体育館の天井に設置するもので、インタラクティブな視覚支援を可能にする。
(https://search.ieice.org/bin/pdf_link.php?category=A&lang=J&year=2019&fname=j102-a_2_68&abst=)

本システムを用い、自発的な相互作用行動の機会創出のため、子どもたちの協調ランニングを支援する「サークルラン」、遊びの中から協力行動を促進する「星座ゲーム」、映像演出によりスポーツ大会の意欲向上を図る「大塚オリンピック」などアクティビティをデザインし実施した。

これらアクティビティを介した実態調査により、本システムの個々の視覚的補助が、子どもたちに協力行動を起こさせ、社会的な合図を意識させるなど、援助行動を促進させることが実証できた。
(Takahashi, I., Oki, M., Bourreau, B., Kitahara, I., and Suzuki, K., FUTUREGYM: A gymnasium with interactive floor projection for children with special needs, International Journal of Child-Computer Interaction, 15:37-47, 2018)

本研究は、米国の小児発達支援研究の拠点であるフィラデルフィア小児病院(CHOP:Children's Hospital of Philadelphia)自閉症センターと連携し国際的な活動として展開している。

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れらの研究成果は、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(Computer-Human Interaction)などで数多く採択され発表されている。

(2)ソーシャルシグナルの共有・拡張技術：

人々の社会的インタラクションは、音声・視線・姿勢等のモダリティを通じて交信されるソーシャルシグナル(社会的信号)と、情動・個性・ソーシャルスキルといった人の社会的な側面を含む処理過程である。これは、発話的特性(内容、韻律等非言語特徴)、身体的特性(ジェスチャー動作、姿勢、容姿)、情動的特性(表情、視線方向、注視状態)、空間的特性(対人距離、相対位置)といった4つの特性から成る。言語発話や身体動作、表情表出に相当するソーシャルシグナルは「本人の意図にかかわらず、社会的インタラクションにおいて他者に対して目に見える変化を生じさせる計測可能な行動の手掛り」である。

本研究は、ソーシャルイメージング技術で得た知見から、他者理解や意図伝達が困難な人々を支援し、人を内側から変え得る新しい人間拡張技術として、ソーシャルシグナルの重要性を見いだし始めたものである。
(https://app.journal.ieice.org/trial/104_4/k104_4_305/index.html)

本研究では、人々の社会的インタラクションを一連行動連鎖とするモデルとし、ソーシャルシグナルの情報処理過程の理解を深化させるものである。ここでは、慶應義塾大学文学部と共同で、人々の意図伝達を拡張し、他者理解を助け、共感的行動を支援する、ソーシャルシグナル共有および人間拡張技術とその実証研究を進めている。

具体的には、自閉スペクトラム症とロボット間における社会的インタラクションにおいて、実証研究における行動解析、その手がかりである社会的信号を規範とした一連の行動連鎖とするモデル構築や、共有・拡張技術において、基盤となる表情計測技術の高度化の研究を行っている。(https://www.social-signals.org/)

その他として、対面行動(Face-to-Face Behavior)を計測するヘッドバンド型デバイス(FaceLooks FaceLooks)を開発した。

本デバイスは、装着した2名の頭部の向きが向き合う対面行動を、赤外線通信で計測、Bluetoothを通じて、いつ、誰と、どこで、対面状態であったかを外部端末でモニタすることができる。また、対面状態を検知するとリアルタイムで光を提示する機能を持っている。

本デバイスは、従来のカメラを利用したものに比べ、軽量であること、照明の影響や不意な映り込み等プライバシーへの考慮が不要という利点がある。

本デバイスの発達障がい児を対象とした特別支援学校での実証実験では、対面状態の時間増加が見られ、対面すると光ることに気づいたと思われる児童は笑顔等の肯定的な反応を示した。

本デバイスは、他にも、職場での、挨拶や報告、他の従業員との交流など、対面行動に基づく重要な社会的スキルが要求される現場や生活でのソーシャルコミュニケーショントレーニングなどでの活用が期待される。

(Hachisu, T., Pan, Y., Matsuda, S., Bourreau, B., Suzuki, K., FaceLooks, A Smart Headband for Signaling Face-to-Face Behavior, Sensors, 18(7):2066, 2018)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

鈴木は、身体接触、生理信号、空間位置計測により情動評価を行うソーシャル・プレイウェアの表情表出行動変容への応用で資生堂株式会社と、オンライン学習を自律的、継続的に進めるVR 空間内の他者アバタとの社会的インタラクションの研究で富士通株式会社と、他に複数の企業との共同研究、社会実装に向けた技術開発を行っている。

ミライの体育館の研究成果の一部は、筑波大学附属特別支援学校に実装されている。

また、鈴木は、研究成果のヘルスケア・医療分野への応用、ウェアラブルデバイス、システム販売、コンサルテーションなど事業化を目指し、Plimes,Inc.
(https://www.plimes.com/)を2018年4月に起業した。

3.その他の特記すべき波及効果

自閉スペクトラム症(自閉症)の早期発達支援という社会的インパクトの高い課題への挑戦を続け、行動計測と介入による行動変容を実現できることを示したことは意義が大きい。

また、工学・情報学・心理学を融合する学際的な分野で多くの有望な若手研究者とともに研究を行い、人材創出にも貢献している。

2.3.3.9　硯川潤「福祉機器安全設計のためのマルチモーダル評価情報の統合基盤構築」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

様々な身体的・心理的状況にある障害者や高齢者をユーザとする福祉機器は、技術進歩により高機能化が進んでいるが、今まで、ユーザビリティ評価の確立された方法はなかった。

硯川は、本さきがけ研究で、福祉機器の安全・安心に関わる評価方法を、量的、質的の双方で確立する試みを行った。

本研究では、長期にわたる観測を実現するために、電動車椅子を対象としたライフログシステムを開発、さらにジョイスティック操作のログを記録することで、走行動態の評価、操作者の心理的状態や路面の危険性など、多面的評価の可能性を示した。また、各職種の専門職による福祉機器の処方・適合のプロセスを、行動・発話分析と content analysis を組み合わせ、1,000 を超える評価項目を同定した。また、各職種の専門職が収集する独自の評価項目が、医師に集約されていく様子を定量的に把握した。

本さきがけ研究終了後、電動車椅子の適応走行制御システム、ハンドル形電動車椅子(シニアカー)の安全評価基盤、制御最適化などの研究開発を進めた。

(1)電動車椅子の適応走行制御システム：

本研究では、電動車椅子の安全かつ快適な操作を支援するために、時々刻々変化する搭乗者の身体特性・状態を認識し、その結果に応じて適切な走行制御値を設定する適応走行制御システムの開発を行った。

ここでは、これまでに開発した電動車椅子ライフログシステムを用いた実生活環境における長期的走行動態計測データを用い、車体加速度とジョイスティック操作量を統合的に分析した。その結果、搭乗者が段差や障害物といった路面の危険性を認識している状態を検知できること、同一区域の走行動態のばらつきを評価することで、通行者などの動的な走行阻害因子への反応を検知できることなど見出した。

また、搭乗者-車椅子間のインタラクション特性について、ジョイスティック操作には2種類の特徴的なモード(所望の設定値に対応して連続的に操作角度を変化させる amplitude modulation、最大設定値の離散的な入力で所望の速度を実現する pulse width modulation)が存在することを発見した。搭乗者-車椅子間のインタラクション特性を把握するための指標として、これらのモードへの尤度を推定する指標値を新たに考案した。この指標値から、搭乗者を認識する車椅子制御設定に関連した「他者モデル」の適切さを、定量化可能であることを示した。これらにより、電動車椅子が操作者の認知的特性をリアルタイムに推定し、それをフィードバックすることで操作感を改善できる、新たな制御システムの可能性を示した。(https://kaken.nii.ac.jp/grant/KAKENHI-PUBLICLY-15H01623/)

その他、硯川のグループが開発し電動車椅子に広く採用されている DTPC

(DownhillTurning Prevention Control)の有効性について、従来行われていなかった定量的評価を行い、この機能の安全性を示した。

DTPCは、進行方向に対し、直交した傾斜のある横断歩道などで、前部キャスタが下り勾配方向に流されるという危険な旋回「片流れ」を軽減するもので、片流れを検知し、進路ずれを自動補正する技術である。

(硯川潤, 加茂光広, 飯田教和, 岩田拡也, 松本治, 井上剛伸, 電動車椅子のための片流れ検知・軽減制御によるジョイスティック操作変化の臨床的評価, 電気学会論文誌C,136(9), pp. 1318-1323, 2016.)

また、体温調節機能障害を持つ人が、高温環境下で高体温になることを防ぐための、ペルチェ素子を車椅子の背もたれに取り付けた背面冷却システムなども提案し、その有効性を示した。

(Suzurikawa J, Fujimoto S, Mikami K, Jonai H, Inoue T, Effects of Back Cooling with Peltier Devices on Thermoregulatory Responses in a Hot Environment, IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng., 11, pp. 832-834, 2016.)

(2)ハンドル形電動車椅子の安全評価基盤：

構造上の特性から操作負担の大きさが懸念され、安全性確保が問題になっているシニアカーについて、今まで、その評価手法は確立されていなかった。本研究では、筋骨格モデルによる操作負担推定、走行センシング技術を開発し、身体と車体の相互作用を考慮した安全評価基盤の開発を行った。

①操作負担推定技術

一般に筋骨格モデルによる身体負荷や姿勢安定性の推定には、車体との全接触部に力覚センサが必要であるため、実用上問題があった。本研究では最低限のセンサ構成で、筋骨格モデルによる操作負担の推定を近似的に実現する手法を開発した。

操作負担推定のためのモデルとして、一般的なシニアカー車体のモデルと、そのメインユーザの体格に合わせた身体モデルによる連成モデルを構築し、運転操作中の姿勢を再現するシミュレーションモデルを構築した。ここでは、接触やすべりの関係を現実に近い形で再現する方法や、運転操作中の姿勢変化による負荷を最小にする最適化計算手法を提案した。

これらから、ハンドルを回転させる動作は、身体モデルの関節トルクへ与える影響が大きいこと、アクセルレバー操作に必要な指先の動作は、関節トルクに加え、ハンドル操作の影響を考慮する必要性など見出した。

(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-19H04507/)

②走行センシング技術

慣性センサを使用して簡易な操作ログ取得システムの構築を行った。慣性センサで計測した加速度から、ハンドルとアクセルレバーの回転軸周りの座標変換を行い、ハンドルとアクセルレバーの操作角度を推定、慣性センサのみで操作角度をモニタリングすることを可能とした。

また、走行していない状態、走行状態での車体の傾斜や加減速や旋回による加速度を補正するアルゴリズムを構築した。ここでは、車体に設置したセンサによる補正アルゴリズムを、計測する加速度・角速度の複数の組み合わせパタンの推定方法で試行し、衝撃加速度等の影響に対し、頑健な推定アルゴリズムを構築した。

本システムは、後付けの慣性センサで、簡易かつ高精度測定ができるものであり、実際の現場での設置・運用が可能なものである。また、運転行動の定量的なモニタリングにも適用できるため、既存の技能評価手法を補完するツールとしても活用が期待される。
(Kurokawa S, Suzurikawa J, Inoue T, Hase K, Accuracy evaluation of an add-on acquisition system of operation log with inertial measurement units for a mobility scooter, Technology and Disability 31 (2019), S128-129)

(3)ハンドル形電動車椅子の制御最適化：

危険性が指摘されているシニアカーは、ハンドルが車輪と機械的に直結され、自動化や制御介入の余地が少ないという機構的な特徴を持つため、今まで、安全技術の開発例は少ないものであった。

本研究では、シニアカーの走行・操作動態の分析から高齢者と車体のインタラクションを体系的に把握し、操作者が持つ他者モデルに応じ、走行制御パラメータの最適化、操作意図を的確に反映する操作アシストシステムの開発を行った。

ここでは、シニアカーの走行制御実験を行うために、ハンドル軸にサーボモータを取り付け、左右方向制御を自動化した実験機を開発した。これにより、車体方向が機械軸の手動操作で制御されるシニアカーを、ジョイスティック型と同様に制御介入できるようにした。

ジョイスティック形電動車椅子の走行実験データを用い、操作者のジョイスティック入力の特徴抽出を行った。ジョイスティック入力分布に関連する指標を説明変数とし複数個設定、ランダムフォレストにより個人分類することで、個人が同定できることを示した。この検討により、電動車椅子操作時の入力特性に、検出可能な個人差が存在すること、入力依存的に走行制御を最適化する有用性を示した。

開発したシニアカーの実験機を用い、制御アルゴリズムの評価を行った。また、本制御アルゴリズムと、前述のアクセルレバー、ハンドルの操作角度高精度推定技術により、車両と操作者のインタラクションに介入できる他者モデルの構築を行った。
(https://kaken.nii.ac.jp/grant/KAKENHI-PUBLICLY-15H01623/)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

シニアカー利用者の知識、技能不足による事故防止、問題要因特定のための走行操作ログ、操作技能観察シートからなる操作技能評価ツールについて、帝京科学大学、杏林大学と共同研究を行った。

筋骨格モデルを包含したシニアカーの構造特性による操作負担評価手法、安全評価基盤構築について、東京都立大学、杏林大学と共同研究を行った。

また、自助具の設計、評価について自治体からリハビリテーションセンターの運営受託している社会福祉法人と共同研究を行った。

本研究活動を契機に、電動車椅子の安全性は消費者庁・安全調査委員会の提言等で社会問題として認知されるようになった。操作ログに着目した安全性評価手法の構築は、世界的に見ても先行しており、成立した特許も含め、今後の社会への大きな貢献が期待できると考えられる。

2.3.3.10　寺澤洋子「生命のうごきが聞こえる：生命動態情報の可聴化による「生き様」の理解」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

寺澤は、本さきがけ研究で、人間の聴覚の構造的な情報を瞬時、直観的に理解する特長を活かし、身体からの様々なデータを音に変換、その評価を通じて、「音による情報表現と理解」の方法論の確立と応用分野の開拓を行った。

本研究では、脳波、運動、心電図、笑顔などに可聴化の対象を拡げた。その中で、脳波や心電図の可聴化は、視覚による観察を補佐するレベルに達した。また、音楽心理学を含めた音の構造認知・知覚・情動反応の研究は、聴覚を通じた音データを再構成する認知過程の解明に資するものとなり、国際会議でBest Speaker Awardを受賞した。さらに、脳波音楽の作品製作プロジェクトに参画し、音色合成、聴覚ゲシュタルト生成など貢献した。このプロジェクトは芸術性が評価され、コンピュータ音楽の国際会議で採択、世界各地での著名な会場での上演となった。

本さきがけ研究終了後、物理療法の運動の可聴化や、交通状態の可聴化の研究、環境音、音楽など非言語音響表現の探求など、対象範囲を広げ、研究、応用の幅をさらに拡大した。

(1)物理療法の運動の可聴化：

片麻痺患者などの麻痺改善のリハビリテーションでは、目標となるマーカーや運動が予め設定され、その目標を忠実にトラッキングするタスクで関節を繰り返し動かし、麻痺の改善をねらう。本研究では、生体情報から意識に上らない情報を工学的手段で意識上にフィードバックするバイオフィードバックが有効である。現状のバイオフィードバックは、視覚情報を用いる方法が主流であるが、聴覚情報を用いた方法の有効性が確認できれば、視覚によるフィードバックを補佐するだけでなく、様々な姿勢や動作が可能になることや、視覚障害者にも有用となる。

ここでは、足関節角(足首関節の背屈と底屈角)の運動をゴニオメータで測定し、そのデータの可聴化を行った。そして、その効果を、トラッキングのしやすさ、音の心地良さ、フィードバックのわかりやすさなどの観点から評価し、音デザインを行った。また、実際に、4名の慢性期脳卒中患者が参加した聴覚フィードバックを実施した。その結果、タスクが定量化されること、タスク前後での機能が向上すること、適切に音をデザインすることでより効果的になることを実証した。

(Iguchi Masaki, Nakagawa Ryosuke, Terasawa Hiroko, Sound design for auditory biofeedback and motor performance in participants with stroke: a pilot study, Topics in Stroke Rehabilitation/26(6)/pp.418-422, 2019-06)

また、歩行リハビリテーションにおける、運動の可聴化システムの構築を行った。

従来の歩行リハビリテーションは、理学療法士が、複数筋の同時観察、触診、言語フィードバックなど通じ行っているが、その中で特に、複数筋の同時観察は難易度が高い。

本研究では、多チャンネルの筋電図信号を可聴化し、複数筋の協調運動をリアルタイムで観察可能にした。ここでは、主要な４つの筋肉活動を、異なるハーモニックな周波数の振幅にマッピングした。その結果、聴覚バイオフィードバックで歩行パタンに影響を及ぼさないこと、歩行パタンの違いを識別できることを実証した。
(R. Nakagawa, H. Kadone, M. Matsubara, K. Suzuki and H. Terasawa, Real-time EMG sonification for gait, Proc. 24th Int. Conf. Auditory Display (ICAD 2018), in press (2018))

(2)交通状態の可聴化：

高速道路のキャパシティドロップを無くし、その効率性を高めるには、渋滞現象の急変の予兆を高い精度で捉え、渋滞を回避するドライバーの運転行動の変容を促す必要がある。前者は、その発生を予測するのは必ずしも容易ではないこと、後者は、コネクテッド車両の場合、ドライバーに情報を提供することはできるが、言語による運転指示は運転動作を妨げる可能性がある。

本研究では、立命館大学と共同で、直感的に判断でき、効率的な聴覚的情報提示手法の交通流データ可聴化による渋滞予兆検知、音環境による人間行動変容効果など研究を行った。検証では、中国自動車道上のトンネル付近のボトルネックで発生する交通渋滞を対象とし、車両感知器パルスデータからロジスティック関数により、速度は周波数、交通量は音量にマッピングし可聴化した。データのグラフから特徴量を読み取る可視化手法との比較を行い交通状態(自由流、臨界流、渋滞流)の判別を官能評価で確認した。その結果、自由流、臨界流、渋滞発生直前の臨界流では可聴化の正解率が高くなった。中でも、渋滞発生直前の臨界流の判別については、可聴化の正答率が高くその差が有意となり、可聴化アプローチの有用性を示した。
(酒井紫帆,塩見康博,寺澤洋子,車両感知器パルスデータの可聴化による交通状態判別性能の評価,土木学会論文集 D3（土木計画学）/75(6)/pp.I_625-I_636, 2020-04)

また、運転行動に及ぼす影響の検証では、音の印象評価を「安定」、「音の明るさ」、「音量」の要素に分け、被験者は「安定」、「音の明るさ」から自由流、臨界流、渋滞流を印象付け、聞き分けることを実証した。
(Shiomi Yasuhiro, Sakai Shiho, Terasawa Hiroko, Intuitive Representation of Traffic Flow Dynamics: Application of Data Sonification, Proceedings of 2020 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems (FISTS), 2020-11)

(3)非言語音響表現の探求：

音楽経験は、音情報認知能力、言語習得、短期記憶、社会性に良好な影響を与えるとともに、高齢者への音楽療法の有効性も報告されている。このため、音楽聴取の活用可能性を拡げる必要があるが、今まで、健聴者の音楽聴取のテストは研究されているが、聴覚障害者の広く使われているテストはなかった。

本研究では、聴覚障害者の音楽聴取の可能性を伸ばす教育方法を考えるため、聴覚障害者が何を音楽から聴き取り、何が難しいのかの音楽受容性を客観的に判断するビート認識テストの検討を行った。その結果、リズムに付与するアクセントやリズム音とその他の音の重なりよりも、難度を明らかにしたリズムを用いることが、聴覚障害者のビート認識では重要になることを明らかにした。これは、ビート認識テストにおいて、実在の音楽を使ったテストが可能になることを示す重要な研究成果となった。
(https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-15K13246/15K13246seika.pdf)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

豊橋技術科学大学、台湾の国立清華大学と共同で、模擬難聴システムを構築し、高齢者が安全に暮らすために不可欠な環境・情動情報を効率よく伝達するための音デザインを進めた。ここでは、フィールドレコーディングで環境音データを取得し、それらの環境音を高齢者がどのように聞いているかの分析とガイドライン構築を行っている。
(https://projectdb.jst.go.jp/file/JST-PROJECT-18060743/JST_1331100_18060743_2020_%E5%AF%BA%E6%BE%A4_PYR.pdf)

また、聴覚障害者が身の回りの状況や雰囲気を知ることができる非言語音(環境音や音楽)を聴く力を向上させる音楽トレーニングの開発や、九州大学、豊橋技術科学大学と共同で、音楽の多次元性を活用した、健聴者、難聴者の両方に「わかりやすく」「聞こえやすく」「美しい」サイン音をデザインする手法の検討も進めている。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-21H00884/.
https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-21H03759/)

さらに、東京芸術大学、亜細亜大学、名古屋市立大学、東京工業大学、東京電機大学、東京理科大学および本さきがけの三木(慶應義塾大学)と共同で、多数の人が簡単に装着できる脳波計を開発し、脳波計測データの実時間分析、そのデータを音や映像に変換した芸術表現を行った。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-19K21947/19K21947seika.pdf)

このシステムを双方向化し、参加者がその音や映像を再び体験することで脳波が変化し音や映像も変化するという、フィードバックループ状況を、毎年開催の六本木アートナイトでインスタレーションとして発表した。
(https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-15H03175/15H03175seika.pdf)

2.3.3.11　藤木淳「立体的メディアのための人間の知覚特性に基づく情報提示表現手法の開拓」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

藤木は、本さきがけ研究で、立体物をメディアとして捉え、人間の知覚特性に基づいて用途に応じた視認性を向上させる立体表現手法を開拓した。本研究では、閲覧者に様々な質感や特定の状況を知覚させたり、特定の現象を知覚させたりするなど、立体による情報伝達環境の創成を行った。

ここでの、立体物における質感表現手法では、「透明」、「濃淡」、「金属」、「反射」、「ぼやけ」など表現や、空間における情報伝達表現手法では、「体外離脱感」「人物外憑依」など、表現を開拓した。また、デバイス装置を開発し、「不可視移動体の知覚化」(配置した複数のデバイス装置群において、1つのデバイス装置の動作が、周囲のデバイスの中の1つに情報を伝播させる手法)、「非場所依存ディスプレイ」(単位デバイスが目的に沿って自律的に移動し環境に依存しない手法)など情報提示表現手法を開拓した。これら研究成果は、国内最大のデザインフェスティバルの東京デザインウィークや、世界最大のデザインフェスティバルMilano Saloneから複数年に渡り展示を招待されるなど、国内外で高い評価を得ている。また、作品を生み出す手法を一般化し、アルゴリズムやソフトウェアとして公開している。

本さきがけ研究終了後、非現実的な実写映像生成の方法論、メディア芸術作品を介した仮想世界インタフェース、視線方向と時間経過に応じて色変化する立体物造形のためのユニットモジュールなど研究、開発を進めた。

(1)非現実的な実写映像生成の方法論：

本研究では、従来手作業で制作されていた非現実的な映像表現の生成工程を分析、共通して見られる表現原理を一般化し、任意の映像内の画素やフレームを組み替えることにより、鑑賞者に非現実的な印象を抱かせるアルゴリズムを開発した。

ここでは、時間と視点を変化させることに焦点を当て、その表現を可能とするアルゴリズムを開発した。具体的には、特定色領域の変化量に基づいたフレーム再構成、輝度移動変化量に基づいた再生速度設定、類似フレームへの再生位置移動、特定対象の位置と大きさ固定、ピクセル単位色変化量に基づいた繰り返し再生時間変換など実現するアルゴリズムである。また、複数フォーカスを生成可能な実写映像装置や、憑依体験を想起させる実写映像装置の開発も行った。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-16H05936/16H05936seika.pdf)

これらの研究成果は、国内外で認められ、以下様々な機会、場所で発表、展示された。
(共同研究者との発表、展示を含む)

・文化庁メディア芸術祭愛知展、ナディアパーク(2017年8月)

・東京都現代美術館 企画展 「MOT サテライト 2017 秋 むすぶ風景」、東京都現代美術館サテライト会場(2017 年 10 月)
・東京藝術大学芸術情報センター主催「N/O/W/H/E/R/E ー ニューメディアの場所(ユートピア)をめぐって」、東京藝術大学大学美術館 陳列館(2017 年 12 月)
・アルスエレクトロニカ イン ザ ナレッジキャピタル「PLAYWARE アルゴリズムでつくる遊び展」(2018 年 1～3 月)
・Ars Electronica Festival 2018(2018 年 9 月、オーストリア、リンツ)
・札幌市立大学研究交流会、″質感・音・秩序の生成手法の研究″(2018 年)
・デザイナーズ FILE 2019、株式会社ボーンデジタル, pp.280-281(2019 年 3 月)
・“フレーム・ピクセル情報に基づく映像構成要素の変換による非現実的な実写映像生成表現手法”、SCUJOURNAL OF DESIGN & NURSING 2019 札幌市立大学論文集、第 13 巻、第 1 号、p.37-p.45(2019 年 8 月)
・“情報とダメージの駆け引きを基軸とするゲームシステムデザイン”、Entertainment Computing 2019(2019 年 9 月 21 日)
・Takuya Mikami, Min Xu, Kaori Yoshida, Kousuke Matsunaga, Jun Fujiki, “Sence of nonpresence:Visualization of invisible presence”, SIGGRAPH Asia 2019 (2019 年 11 月 17 日、オーストラリア ブリスベン)
・「ぐるぐるぴた」展(2019 年 12 月 22 日)
・“視線カスケード現象を応用した、鑑賞者の感情を効果的に引き出すキャラクタの運動マッチングシステムの提案 ”、感性フォーラム札幌 2020(2020 年 2 月 15 日)
・“観念的タイムマシンの制作”、感性フォーラム札幌 2020(2020 年 2 月 15 日)
・“回転する鏡による視覚効果の検討―残像と反射の融合による新規的質感表現のための基礎実験―”、SCU JOURNAL OF DESIGN & NURSING 2020 札幌市立大学論文集、p.37-p.41(2020 年 7 月)

(2)メディア芸術作品を介した仮想世界インタフェース：

情報技術の進展で、実世界指向インタフェースなど、人間の知覚特性に基づいた VR 技術による表現の普及が進んでいる。人間は、物理法則とは全く同じには知覚、認識を行わないため、今後、仮想世界においても新たな表現や創作活動が普及していくと考えられる。

本研究では、物理法則の範囲を超えた知覚の表現原理を、仮想世界の領域に適用したメディア芸術表現の方法論の構築を進めた。

本研究では、物理法則を逸脱した仮想世界コンテンツの作成、これによる人にやさしいデザイン原理の要素抽出をインタフェースと知覚心理学の両面から進めた。

ここでは、物理法則からの逸脱が許容されるゲームに着目し、仮想世界指向インタフェースを備えたゲームの提案を行った。本ゲームは、物理的なプレートをディスプレイ上に載せた時のみ、見えている部分の上下左右が接続され、操作キャラクタがワープできるものである。本システムの体験者の評価から、物理的インタフェースによる仮想世界におけ

るルール変更は、その因果関係が体験者のメンタルモデルから掛け離れていた場合、適切な利用は難しいが、習熟により使いこなすことができること、体験者のメンタルモデルに沿ったインタフェースのデザインが重要であることを明らかにした。

人間の知覚系の特性を考慮したメディア表現の可能性を検討するため、視点が移動した時に短時間生じる過渡的な知覚を模す写真を作製、展示した。これは、人間の中心視の高い視解像度特性を取り入れ、複数視点から撮影した立体の画像をフィルタリングした後、重ね合わせ、立体を移動しながら観察したときの知覚を模したものである。

また、仮想空間での情報提示の新原理を探究するため、幾何学的錯視の三次元解釈における三次元構造と錯視量の関係も検討している。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/report/KAKENHI-PROJECT-19K21607/19K216072019hokoku/)

これらの研究成果は評価され、以下様々な機会、場所で発表、展示された。
(共同研究者との発表、展示を含む)

・“cellroid-変動と崩壊を繰り返す自律的組織化アルゴリズム”、SCU JOURNAL OF DESIGN & NURSING 2018 札幌市立大学論文集、第12巻、第1号、p.11-p.16(2019年3月)
・東京藝術大学 芸術情報センターオープンラボ「装置とは限らない」展、東京藝術大学陳列館(2019年12月)
・“フラッグクエスト：仮想世界指向インタフェースを備えたゲームシステムの提案”、インタラクション2020(2020年3月9～11日)
・“回転する鏡による視覚効果の検討―残像と反射の融合による新規的質感表現のための基礎実験―”、SCU JOURNAL OF DESIGN & NURSING 2020 札幌市立大学論文集、p.37-p.41(2020年7月)
・東京都現代美術館 企画展「おさなごころを、きみに」(2020年7月18日～9月27日)
・山陰中央新報 7文化(2020年8月12日)、福井新聞 19文化・生活(2020年8月27日)、信濃毎日新聞 5文化(2020年8月28日)、神奈川新聞 7文化(2020年8月31日)、福島民報 9生活(2020年9月3日)、千葉日報 14文化(2020年9月4日)
・“食物とコミュニケーション能力の改変によるアリの行動変容 -アリの適応力を活用したアート作品の制作に向けて- ”、EC2020(2020年8月29日)
・“無意識に容貌変形することによるwell-being向上手法の検討”、EC2020(2020年8月29日)
・“Time Flyer ： 観念的タイムマシンの制作”、EC2020(2020年8月30日)
・“コンテキストを維持しつつ複数人に同じ感情を抱かせるアニメーション表現のための基礎研究”、EC2020(2020年8月31日)
・札幌芸術の森美術館 企画展「札幌美術展 アフターダーク」(2021年2月27日～4月11日)
・デザイナーズFILE 2021、株式会社ボーンデジタル, p.250-p.251(2021年3月)

・NHK 札幌報道(2021 年 3 月)

(3)視線方向と時間経過に応じて色変化する立体物造形のためのユニットモジュール：

本研究は、視線に応じて閲覧者に異なるイメージ像を提示可能とする表現手法の開発を目指している。ここでは、視線方向に応じて色変化させる立体構造に、液晶ディスプレイを組み込むことで、視線方向に加え、時間経過に応じて色変化するユニットモジュールを開発した。これにより、ユーザは、ユニットモジュールを構成して任意の形状が造形可能となる。
(https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-21K19830/)

これらの研究成果は評価され、総務省プログラムの採択や、以下で発表、展示された。

・総務省 戦略的情報通信研究開発推進事業 SCOPE 独創的な人向け特別枠「異能(Inno)vation」プログラムの採択(2016 年度)
・Jun Fujiki, SIGGRAPH Asia 2008 Art Gallery(2017 年 11 月 27～30 日、タイ バンコク)
・「イリュージョンの科学とアート展」、熊本県立美術館(2017 年 7 月 15～23 日)
・みやざきアートセンター企画展「不可思議の体験展 -藤木淳 個展-」、みやざきアートセンター(2017 年 5 月 13 日～6 月 4 日)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

本さきがけ研究での質感表現研究は、その関連論文が契機となり、他研究機関からゲル 3D プリンタを用いたアート表現、その社会実装展開に関する打診があり、藤木が助言などしている。これらのことから、本さきがけ研究において先駆的な研究が行われたものと捉えることができる。

本さきがけ研究終了後の非現実的な実写映像生成の方法論は、これまでは制作者の勘を頼りに、1 つ 1 つ手作業で編集していたものを、高品質、複数映像を短時間で生成可能とするため、アート・コンテンツ産業の進展を加速させるものと期待される。

メディア芸術作品を介した仮想世界インタフェースは、物理法則の範囲を超えて拡がる知覚の表現原理を、仮想世界という新しく現れた領域に適用してメディア芸術表現を創出するものであり、アート分野のみならず、新たなインタフェースの創出につながるものと期待される。

視線方向と時間経過に応じて色変化する立体物造形のためのユニットモジュールは、裸眼による立体視のようなバーチャル空間形成につながり、宣伝や広告などのメディアへの展開も期待される。本研究成果の発表後、日本バーチャルリアリティ学会論文や東京デザインウィークなどで、同コンセプトのデザイン提案が他機関から登場するに至った。また、同種の視線方向に応じた色彩デザイン技術を中核とした起業なども見られるため、本研究成果が新たな潮流の創出に貢献しているものと捉えることができる。

2.3.3.12　山下倫央「複合階層モデルを用いた都市エリアシミュレーションの開発と利用方法の確立」

1.研究成果の科学的・技術的観点からの貢献

山下は、本さきがけ研究で、混雑の回避や避難誘導など施策が与える影響を、シミュレーションにより明らかにすることを進めた。本研究では、多数の歩行者の挙動の高速計算が可能な歩行者モデルを提案し、歩行者シミュレータへ実装した。また、ステレオカメラでの歩行者群の移動データを基にし、歩行者密度から速度を導出する関係式の精緻化を行った。これらを基にし、多くの歩行者を的確に誘導する網羅的分析が可能なシミュレーションコントローラ PRACTIS を開発した。さらに、多くの実証実験に参加し、技術を確認しながら研究を進め、PRACTIS は、最適な歩行者誘導の施策のデザインにも活用が期待されるものとなった。

本さきがけ研究終了後、AI 技術とマルチエージェントシミュレーション技術の連携による群集流動の研究や、新たなサービス創出を進めた。また、所属研究グループ(北海道大学 調和系工学研究室)で多くの企業と連携し、社会システムの効率化、リスク軽減など運用手法の開発を進めた。

群衆流動の研究では、大規模な人流計測データとマルチエージェントシミュレーション技術を融合しデータ同化を行うことで、未知領域を含む全ての領域での人流を推定する手法を開発した。

データ同化手法は、Nash-Sutcliffe 係数を用い、シミュレーションの精度評価指標を定義し、その指標を基に、分散型遺伝的アルゴリズムを用いてパラメータ探索を行った。ここでは、本さきがけでの、実証実験(関門海峡花火大会)において計測した 10 万人規模の人流データに適用した。その結果、22,100 のパラメータ空間を推定し、76.2%の精度で人流を再現できることを確認した。さらに、計測できていなかった花火大会から帰り始める人の様子を推定することでイベントの効果を知ることが可能であることを示した。
(https://search.ieice.org/bin/pdf_link.php?category=D&lang=J&year=2018&fname=j101-d_9_1286&abst=)

群集流動の別の研究では、大域的最適解の探索に優れた共分散行列適応進化戦略(CMA-ES: Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy)を用いた、数万人の人の流れを制御するための最適化手法を開発した。本研究では、本さきがけでの、実証実験データ、歩行者シミュレータを使い、人混みの流れを評価した結果、歩行者移動時間、不公平感(待ち時間)、混雑度の全ての評価において、ランダムサーチを用いた実際の誘導制御手法に比べ、優れていることを示した。

マルチエージェントシミュレーションは、従来、災害時の混雑緩和や歩行者の安全誘導など用途では使われていなかったが、その有用性を本研究により示すことができた。
(https://www.ifaamas.org/Proceedings/aamas2019/pdfs/p2192.pdf)

その他、所属研究グループで、Deep Q-Network を用いた自律走行車の交差点での譲り合いによる交通流量の向上や、畳み込みニューラルネットワークによる積雪状態認識とロードヒーティングシステムの制御、エージェントベースシミュレーションを用いた代替労働者選択法、畳み込みニューラルネットワークを用いたソナー画像による魚種検出、階層ベイズモデルを用いたブランド品オークションにおける落札価格分布推定など、多岐にわたる社会システム、サービスの運用手法の開発を企業と連携し進めた。
(http://harmo-lab.jp/?page_id=725)

2.研究成果の社会的・経済的観点からの貢献

山下は、所属研究グループで、LSTM(Long Short Term Memory)をベースとした言語モデル AWD-LSTM(Asynchronous Stochastic Gradient Descent Weight-Dropped LSTM)、および Transformer をベースとした言語モデル GPT-2 を用いて、既存の俳句作品や青空文庫の作品を学習し、俳句を生成するシステムを構築した。本システムは、AI 俳人「一茶くん」とし報道されるなど話題を呼んだ。また、2019 年 3 月～2020 年 3 月まで「NHK 総合ニュースシブ 5 時」で、その週の話題のニュースキーワードをお題に、バーチャルアナウンサー「ニュースのヨミ子」さんが川柳を詠むのに利用された。(http://harmo-lab.jp/?page_id=725)

さらに、以下のような多くの企業、機関へ技術指導を実施しており、AI、マルチエージェントシミュレーションの知見や技術を広く普及させた。

・愛顔つなぐえひめ国体・えひめ大会実行委員会事務局：
交通総量抑制会議アドバイザー委員 (2016 年 7 月)
・株式会社調和技研：北海道大学発認定ベンチャー (https://www.chowagiken.co.jp/)
AI 開発における技術指導(2017 年 12 月 1 日～現在)
・株式会社ビッグ：
不動産仲介における AI コンシェルジュ開発に関するアドバイス(2018 年 2 月 1 日～2022 年 3 月 31 日)
・ネットスター株式会社:
ライブコマースにおける人工知能技術の応用に関して指導(2018 年 9 月 1 日 ～現在)
・株式会社日水コン：
シンガポール下水管調査管理システム構築プロジェクトアドバイザー(2019 年 7 月)
・トヨタ自動車北海道株式会社：
人工知能の研究開発に関するアドバイス(2019 年 11 月 1 日～2022 年 3 月 31 日)
・ファーストコネクト株式会社：
顧客獲得プロセスのデータ分析手法および優良顧客の判別手法の開発を指導 (2020 年 12 月 1 日～現在)
・東京エレクトロン株式会社：
人工知能技術に関する指導(2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日)

・株式会社ノースグリッド：
観光客の行動を把握するために位置データを可視化するツールが備えるべき機能や導出された知見の利用方法についてアドバイス（2021 年 12 月 1 日～2022 年 12 月 1 日）

2.4　本研究領域で学んだこと、活かしたこと、制度へのコメント、助言

本さきがけ研究者に以下(1)～(3)(各々複数回答可)について記述式でアンケートを実施した。

(1)本さきがけで何を学んだか

(2)本さきがけで学んだことがさきがけ終了後どう貢献してきたか

(3)さきがけおよびJSTへのコメント、助言

回答率は約70%であった。アンケート結果を表2-2に示す。

“(1)本さきがけで何を学んだか”については、研究への取り組み姿勢、研究の進め方・やり方、その他(本さきがけ研究者のコミュニティで感じたことなど)の回答があった。これらでは、本研究領域の研究総括、領域アドバイザー、研究者から触発され貴重な学びがあったとの回答が多く見られた。また、研究への取り組み姿勢、研究の進め方・やり方の両方、もしくはどちらか一方に回答者全員に学びがあったと回答している。

研究への取り組み姿勢での具体的な内容は、広い視野、客観性、柔軟性、チャレンジ精神を持つことについて回答があり、また、本さきがけの研究総括、領域アドバイザー、多くの研究者とのインタラクションを通じ、インパクトの大きい研究をすること、自分ブランドを確立することなど回答が多くあった。研究の進め方・やり方では、共同研究、人的ネットワーク、コミュニティづくり、研究の着眼点、立案、進め方に関する回答があった。また、その他として、本さきがけ研究者からの刺激や触発、モチベーション向上があったなどの回答があった。

“(2)本さきがけで学んだことがさきがけ終了後どう貢献してきたか”については、(1)での学びがその後の研究に多いに活きているとの回答が多く、また、本さきがけでの人脈が、研究領域終了後においても研究現場で役立っていたり、刺激やモチベーション向上につながっているとの回答があった。

“(3)さきがけおよびJSTへのコメント、助言” については、制度の重要性・有用性、支援内容、支援期間、採択、連携・交流についてのコメント、助言があった。

制度の重要性・有用性での具体的な内容は、本さきがけの制度は重要であるとの回答が多く、そのほとんどは継続が望ましいという回答であった。支援内容については、若手向けの敷居の低いグラント、飛んだテーマなどの要望や、多様性、大小規模の両方の要望があった。支援期間については、さきがけは3年を基本とする要望や、基礎的理論的基盤のための長い期間の両方の要望があった。採択については、人文科学系研究者や若手採択などの要望があった。連携・交流については、研究領域内外との交流、共同研究、研究以外のトピックに触れるさらなる機会の要望などがあった。

(1)(2)(3)の回答から、本さきがけの研究総括、領域アドバイザーの特色ある指導から、本さきがけ研究期間内での経験や、研究総括、領域アドバイザー、研究者コミュニテ

ィからの学びや刺激があったと考えられる。また、その人脈は、研究領域終了後も研究者の研究活動に良い影響を及ぼし、大変貴重なものとなっていること、さきがけ制度自体については、好意的に受け取られていることがうかがえる。

表 2-2　アンケート結果

(1)本さきがけで何を学んだか	
研究への取り組み姿勢（全回答者中 75%）	・一線級の研究者がどのような姿勢で研究に取り組んでいるかを間近で見ることができそれが学びとなった。 ・自分の分野外の研究者の活躍状況について、研究者としての哲学について ・1 つの方法に固執せず、現象を見るための方法を学び続ける姿勢 ・研究は豊かに実施すること。研究計画に縛られないで柔軟に研究し、余裕をもって色々と感性を磨き、常に新しいことを考える重要性を学んだ。人としても研究としても余裕を持って取り組めたため、それが今の研究のタネになっている。 ・研究者としての研究への取り組み姿勢 ・失敗を恐れず新たなことにチャレンジしていく態度、白紙で自分と向き合い客観的に成果を評価する態度。 ・研究に対する視野を広げることを学んだ。考え方を変え、専門以外のことを自分から専門に結び付けるようにした。赴任先大学で、積極的に地域の交流や他学部との連携などが求められ苦手意識があり、自分のやってきたことだけを続けたい意思があったが、大学、教育、地域、それらは持続対象が異なるだけであることが分かり、すべてが楽にストレスがなくなり、コースをまとめる立場になり、それらも楽しみのひとつになった。 ・新しい分野へ飛び込んだ形になったため、情報学をはじめ新しい分野の知識を学ぶとともに、分野横断型研究の面白さを学んだ。特に社会実装の意識を強く持った。 ・素晴らしいアドバイザーの先生方はこんなにすごい視野を持っているのか、ということ。大学教員として日々研究、教育に携わる中で、自らすべきことを決定する際の指針となっている。 ・実績のあるシニア研究者(アドバイザーの先生方)が研究活動の何が大事だと思っているのか。 ・各分野で優秀な研究者が本当に多いことに驚いた。一生懸命追いつこうと努力した。 ・他の研究者が行っている、新しく、オープンで創造的な研究の可能性を知ることができた。このことは、確立され、成熟した混雑する研究分野ではなく、自分自身の新しい仕事を追求し、自分の興味に従うことに自信を与えてくれた。 ・プレッシャーが大きい状況であっても、萎縮せずに、自分らしくのびのびと研究すること。 **【インパクトの大きい研究をする】** ・ほんのちょっと変わる、という程度では意味がない。ちょっと有意差のある現象で論文を生産することに陥りがちな中、誰がどう見ても確かな現象、人に強い影響を与える現象を発見、解明、利用していくこと ・社会にインパクトを与え、世の中にブレークスルーを起こす研究を常に考え、試みることの重要性。10 年間で何を残せるかを常に考えて研究を進めることが大事。 ・突き抜けろという言葉。目の前だけの研究をやっていては、研究は進むが盲目的になる。何が本当

	にやりたいのかを真剣に考える、自分の位置づけを理解するため、常に「何を」「どのように」突き抜けるかを考える重要性を知った。 ・社会へのインパクトを考えながら研究をする。 **【自分のブランド確立する】** ・一人で研究をする。ファースト(シングル)オーサーで研究をする。 ・大切な部分は学生に任せず、自らが研究をするということ ・(この分野ならこの研究者と言われるように) 自分ブランドを確立する。 ・フィールドを持ち、フィールドでの真の課題を見つけて解決するということの重要性を学んだ。 ・自分の研究分野が情報学研究分野でどのような位置付けであるか
研究の進め方・やり方 (全回答者中 50%)	・多くの本さきがけ研究者とのインタラクションを通じ、研究における学術的価値、社会実装など多様なアウトプットを理解した。 ・他分野の研究動向、自分自身の研究で今後、社会実装しながら、研究すべきことが明確になった。 ・多くの本さきがけ研究者の輝くような研究の多くが国際共同研究をしている。 ・学会で出会う研究者だけが人的ネットワークではないこと。学会では分野が偏るが、さきがけでは、相手の研究のすべては分からないが、人としての性格や特性などを合宿等で知ることができ、視野が広がり、結果として、新しい研究のパートナーを見つけることができた。 ・優秀な若手研究者がどう思考をしているか ・大規模フィールド調査の進め方。対象フィールドや関係者との交渉の仕方、調査結果の学術的・実用的な活かし方 ・自分でチーム（コミュニティ）を作ることの大切さ ・異分野の研究者と連携させながら研究を広げることの重要性 ・高額な研究費をどう使うべきか ・業績は、質だけでなく、数も重要 ・分野を作ることの大事さ ・学際的なコラボレーションという考え方も学んだ。これは現在の職場で、さまざまな分野の研究者が共同で研究する際に役立っている。 ・研究の筋のよい着眼点と研究立案進め方 ・自分の分野のみで閉じこもりがちであるのに対し、多くの視点を持てた。その後のための勉強になった。 ・共同研究者の知恵をお借りして、研究の質と幅を上げること。
その他 **(本さきがけ研究者のコミュニティで感じたことなど)** (全回答者中 26%)	・多岐に渡った分野の、同世代の研究者とディスカッションでき、非常に刺激になった。 ・同年代にこんなに素晴らしい研究者がいるのか、ということ。 ・さきがけ領域会議で似たテーマで高い志を持つ優れた同年代の研究者と議論できたことは、モチベーションを高めるうえでもすばらしい経験だった ・プロジェクトの進め方にプレッシャーがなく、合宿を通じて広い分野の優秀な研究者と親しくなり、楽しく研究を進めることができ大変有意義であった ・本さきがけ研究者には、オープンでクリエイティブな考え方が浸透しており、リーダーシップと制約のない考え方でとても楽しくてためになった。

(2)本さきがけで学んだことがさきがけ終了後どう貢献してきたか	
研究への取り組み姿勢	・分野外の研究者や一般の方に配慮したプレゼンテーションができるようになった。 ・さきがけでは、自分が博士論文を書いた研究分野やその方法に固執せず、他分野の研究者との交流を常に意識し，また同時に研究対象となる当事者に目を向けることを大切にすることを学んだ。この学びは、さきがけ研究終了から現在まで、自身の研究の可能性を最大限に広げることに貢献してきた。 ・以前の私であれば「私の出る幕ではない」「他に先輩である先生方がおられる」と萎縮する部分があった。さきがけで、「自身がやりたいことに真摯に向き合い突き抜けていくと、後で周りが着いてくる」と感じた。それによって、精神論になるが、恐れることなく前に出て行くことが出来ている。強い意志、気持ち、それを支える論理的背景・根拠をもって、立ち向かうことが出来てきており、これはさきがけの領域合宿等で、様々な先生に鍛えていただいた成果だと思っている。 ・さきがけで出会った研究者らであればこうするだろうという考え方が自分の行動指針のようなものになった。 ・まだ見ぬ未来を創造し、ありうる未来を構想すること、協力者を集って境界領域を開拓していくこと、新たなことに挑戦していくマインド(Freedom to Fail.)は貢献している。 ・対象に合わせて自分がこれまでやってきたことをどう繋げられるか、どのような新しい気付きが生まれるか、という考えで相手に接することで、自分だけでなく相手にも気づきが生まれ、循環してバージョンアップできる場の形成に貢献したと思う。 ・アドバイザーの方々の広い視野に触れられたことは、私の今の行動のベースになっている。 ・その後の私が行った研究のほとんどは、本研究領域での研究討議や研究準備に触発されたもの。 ・AI ブームにより、本研究領域の競争の激化や社会的要請による様々なタスクにより、さきがけ時代に行ってきた研究スタイルではなかなか立ち行かなくなる場面もあったが、さきがけの時のように楽しくやろうと心がけることで新しい成果を出し続けることができている。 **【インパクトの大きい研究をする】** ・漸進的研究よりもインパクトのある研究を行うよう心がけている **【自分のブランド確立する】** ・ぼーっと研究しない。常に「私は何者か」を意識しながら研究している。 ・さきがけでフィールドを持っていないと辛いでしょうという言葉を頂戴し、自分にとってのフィールドとは何かを常に考えて研究テーマを探してきた。さきがけ以降、自分が中心となる研究テーマを確立しようと考え新たなテーマを掲げた。当たり前のことかもしれないが、「自分自身で確立」、「フィールド」という 2 つのキーワードは，さきがけ以降の自分の研究方針に大いに影響している。
研究の進め方・やり方	・多様な背景を持つ方々との連携を進める際、さきがけでの経験は非常に大きかった。 ・ログを収集して分析する方法論や、それを社会に広げながら研究することが役立った。 ・なぜ自分がやるべきなのか、なぜ今やるべきなのか、といった研究の原動力について説明する技術が高まった。とにかく色んなところで発表したことで、共同研究が連鎖的に発生して、ポジティブに新規テーマ開拓サイクルを回すことが出来た。夜に色んな研究者と話す機会があったことで、チームの組み方が分かった。 ・人工知能の最先端の理論を研究に活用することに役立った。

	・研究助手を雇うことができ、研究活動や管理業務に大いに役立てることができた。何人かの研究者を招き研究者を何人か招いて、ワークショップ・シリーズを立ち上げることができた。 ・同じ分野のみではなく、多岐にわたる分野を統合した問題として考えることで、多くの分野の研究者が参画したプロジェクトになった。さきがけで得られた視野が生かされた。 ・学生がやりたいというテーマは多岐にわたるため、自分がよく知らないテーマであっても、共同研究を依頼し、彼らの夢が叶うよう努力してきた。共同研究の進め方などは、さきがけで身につけたもの。 ・さきがけ採択前は，1 年ごとの研究のゴール(目標)をなんとなく決めていたが、さきがけを通して、1 年ごとの研究のゴール(目標)の設定とその難易度の設定の重要性について学んだため、さきがけ採択後もその学びを活かすことで、研究の質とアウトプットを維持できている。 ・コミュニティが求めるものを把握しながら研究できるようになったため研究の質が変わったと実感している。 ・研究費について申請する際の勘所に関する経験も積んだ。これも貴重な経験だった。 ・他の研究者と議論しコラボレーションをすることの大切さを学んだことややってみたことが活きている。さきがけメンバの一人とは、さきがけ以来仲良くしており、共同で CREST にも挑戦している。
その他（本さきがけ研究者のコミュニティで感じたことなど）	・同世代のアクティブな研究者たちは、私の行動を実行に移すための大きなモチベーションになっている。 ・さきがけの同期がやはり活躍しており、止まれないということをよく感じている。 ・さきがけに参加したことで、知名度や優位性を得ることができた。新しい研究のアイデアという点では、多くの斬新なコンセプトと、他の参加者の励ましを得ることができた。他の参加者から励ましを受けた。 ・さきがけで知った同期の人々およびアドバイザーの方々との人脈・ネットワークは、その後も非常に役に立っている。
(3) さきがけおよび JST へのコメント、助言	
制度の重要性・有用性について	・さきがけは非常に重要な制度だと思う。 ・若手の頃にこのような機会を頂けたことは大変大きな財産になっていますので引き続き若手研究者を育成するさきがけの制度が続くことを期待している。 ・今後のさきがけに対しては、「さきがける人」として選ばれることで満足するのではなく、自分のプライドや理念を覆されるほどの体験をし、柔軟な発想力を培う場としてこの場を利用してもらいたい。 ・さきがけは本当に良い場。領域会議での発表はプレッシャー続きだったが、交流の場としては大変ありがたかった。特に異分野交流は、大きな資産となった。 ・研究の幅があり、自由もある本さきがけで経験を積めたことは、非常にありがたかった。緊張感のある領域会議は適度に自分にムチを入れるのに重要だった。 ・研究領域リーダーやアドバイザーによる「研究者として生きる」レクチャー的なものも非常に助かった。アドバイザーの方々も含めた「適度な異分野」の交流場所、分野のリーダーを育てる「育成塾」的な性格は、ぜひ残して欲しい。 ・さきがけでの体験や、出会った方々のご縁を大切にしながら、これからも新たなことに挑戦し続け

	ていきたい。 ・引き続き、アドバイザーの先生方を見習って、ビジョンを持ったうえで自らも研究を進めていきたい。さきがけは，引き続き、厳しくも温かく、若手研究者にとっての登竜門であり続けてほしい。 ・給料をもらえる、というのは思った以上に価値があった。兼業になることも価値があった。同窓会の支援はありがたい。定期的に集まるととても面白い。 ・さきがけへの助言は特にないが、だれが総括かで変わるのだと思いますが、よかったことしかありません。 ・アドバイザーの方々のプレゼンテーションや刺激的なアイデアもとても楽しかった。フレンドリーな雰囲気のミーティングはとてもユニークで励みになった。全体として、本当に素晴らしい、忘れられない経験になった。このような特別な家族のような雰囲気のプログラムは、欧米のどこにもないため、提供されるべきものと思う。多くのことを学ぶことができ、フレンドリーでユニークな雰囲気を一緒に体験できたことにとても感謝している。 ・さきがけはよい制度だと思う。 ・さきがけの制度は是非とも続けてほしい重要なものと考える。さきがけの履歴はその先のキャリアに大きくプラスで、自分自身さきがけに採択されていなければ今の立場ではなかっただろうと思う。さきがけと、研究総括には心から感謝している。その分、誰にも負けない、自分が本当にやりたい研究を展開するのがご恩返しと思っている。よいところはいろいろあるが、既存の人脈とは異なる視点で若手のキャリアパスを提供できるのが最大の利点と考える。 ・研究室コミュニティは閉じたものになりがちで、研究者としての能力以外のところで足を引っ張られる事例が数限りないことはご承知のとおりである。その意味で、専任研究者制度も残してほしい。 ・現在、さきがけの領域アドバイザーを務めさせて頂いている。個人的な印象では、アドバイザーの視点から見ると、既にある程度のキャリアを有している研究者が発展的研究を行うというよりも、自らの柱となる研究テーマを持ちつつ、これから新たな研究領域を開拓することを目指す研究者が採択されている傾向が強いことを実感する。自分自身が採択されたときにはこのような考えや感想を持つことはなかったが、是非、さきがけはこのままの方針で推進していって欲しい。
支援内容について	・JST には修士レベルの学生が応募できる敷居が低く、予算額が小さいグラントを創設して欲しい。そうすれば、修士の学生が元気になり、博士課程で成功する学生が増えるように思う。次世代研究者挑戦的研究プログラムは、既に大きな効果を生んでいる。博士課程を視野に入れる修士大学院生が増えている。 ・最近は、「創発支援」もできたが、さきがけも科研費等とは異なり「本当に出来るのか？」と思われるような、少し吹っ飛んだ内容について支援いただきたい。 ・研究の多様性は良いことだが、あまりに多様すぎると議論の妨げになることがある。もっと一貫した研究プログラムがあれば、より有益なものになるのではないかと考える。それにより、プレゼンテーションの時間をもっと長くすることで、より詳細な情報を議論することができ、ブレーンストーミングは、グループのメンバのためのポジションペーパーやアジェンダのような具体的な結果を作成などに焦点を当てることができる。 ・分野によって必要な研究費はまちまちなため、研究総括の判断で一人あたりの額を下げて採択数を増やすのも一案に思われる。

	・一研究領域の人数はあまり増やさず、領域会議で密に議論ができる環境が重要だと感じた。 ・分野について、私は異分野に飛び込んだことで得られることが多かったため、特定の分野に偏るのではなく、分野間の交流ができるようなテーマが望ましい。
支援期間について	・さきがけは、私は 5 年続けさせていただけたことで安心して研究を継続できた。ただ一方で、研究開始時とは研究を取り巻く環境も違い、当初計画と実際にやっていることの齟齬に苦しんだ覚えもある。現在の 3 年を基本とする進め方はこのままで良いと思う。 ・「現在のさきがけの 1 プロジェクトの期間全体予算を割り直して、10 年継続してサポートすることを約束する」というような仕組みもあると望ましい。さきがけや JST だけに限らず、現在のような研究支援の在り方では、どんどん近視眼的な研究ばかりになり、先行きが思いやられる。さきがけは自由で独創的と言われるが、個人的には、この点ではまだ十分でないと考えている。 ・社会におけるさまざまな課題(様々な意味・種類の社会的弱者)の解決への知見の応用、同時に、こうした知見が持続的に有効になるためには、応用志向の背後にある基礎的理論的基盤を常に深めていくことも不可欠である。さきがけは非常に素晴らしい制度だと実感しているが、先鋭的な(一般的な意味での「基礎研究」では必ずしもない)テーマの中にも細く長く続けていくことによって成果が得られるタイプのものもあると考えられるため、そうしたものを支援する仕組みも望まれる。
採択について	・JST さきがけ「情報環境と人」には人文科学系の研究者も多かったが、近年の採択傾向みると、技術系の研究者の採択が多いように思う。人文科学系研究者の考え方や成果を取り込める枠組みを引き続き検討していただきたい。 ・地方大学ではさきがけ研究者であることが、ステータスにもなるため、ぜひ若手で地方にいる研究者に機会を与えていただきたい。
連携・交流について	・本さきがけがトライしたさきがけ「知の創生と情報社会」（中島 秀之研究総括）との共同イベントなどは非常に有意義だった。当時の先生方と今も連携している。このような、さきがけ間や ACT-X などとの連携も進めて欲しい。 ・さきがけが終わるまでに他分野の研究者との共同研究を１つくらい推進してほしい。 ・優秀な若手のみならずシニアなアドバイザーの先生方も含めて、合宿等を通じて楽しく交流できることが重要である。これにより研究だけではなくフィロソフィーまで学ぶことができる。研究内容自体はもしかしたら通用しなくなるかもしれないが、研究の方法論や考え方は生き残り、どのような状況であっても新しいものを生み続けることができるようになると考える。 ・さきがけにおいては、研究者の交流はもちろん、アドバイザーからのインプットに期待したい。 ・自分の研究以外のトピックが自分自身の存在を維持してくれたと思う。そのようなことから、研究者への気づきの機会として、研究以外のトピックの充実化があるといい。

以上