

戦略的創造研究推進事業
－CREST タイプ－

研究領域
「共生社会に向けた人間調和型
情報技術の構築」

研究領域中間評価用資料

平成 26 年 1 月 29 日

目次

1. 研究領域の概要	1
(1) 戦略目標	1
(2) 研究領域	3
(3) 研究総括	3
(4) 採択課題・研究費	4
2. 研究総括のねらい	6
3. 研究課題の選考について	7
4. 領域アドバイザーについて	9
5. 研究領域の運営について	10
6. 研究の経過と所見	14
7. 総合所見	22

1. 研究領域の概要

(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」

1) 具体的内容

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

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

本戦略目標で実施する研究開発は、第3期科学技術基本計画・分野別推進戦略(情報通信分野)における、ユビキタス領域、ヒューマンインタフェース及びコンテンツ領域、ロボット領域、ライフサイエンス分野の「生命プログラム再現科学技術」と関わりが深い。科学技術基本計画の理念として掲げられた「専門化・細分化されてきている知を、人文・社会科学も含めて横断的に統合しつつ、進める」というアプローチによって、長期戦略指針「イノベーション25」第5章「イノベーション立国」に向けた政策ロードマップの早急に取り組むべき課題の中に挙げられている「生活者の視点に立脚したサービス分野の生産性向上に向けた取組の強化」で指摘されている「生活者のニーズを取り入れ、場所やモノに関する情報をいつでもどこでも誰でも入手可能とする基盤」を超えた人間調和型基盤の研究開発により、「健康と安全」のための情報基盤構築に貢献したい。本戦略目標でめざす技術群は「生活支援ロボット技術」に応用することができ、本戦略目標は「経済財政改革の基本方針2008(骨太の方針2008)」の革新的戦略技術の項で提唱されている「ITをいかしたユビキタス技術やロボット技術を一層活用して、高齢者や障害者が暮らしやすい社会づくりを進める」ことへの技術基盤となる。安全安心の観点からは「国民の安全・安心を確保する技術を更に発展させ、成長の制約要因を除去し、我が国産業の国際競争力強化を図るとと

もに、これら技術を核に世界に貢献する」ことへの技術の一環をになう。一方、総務省の「ネットワーク・ヒューマン・インタフェースの総合的な研究開発」において平成 16 年度から 5 ヶ年計画で実施しているネットワークロボット技術等の研究開発、科学技術連携施策群「次世代ロボット共通プラットフォーム技術の確立」及び、経済産業省「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」、科学技術連携施策群「情報の巨大集積化と利活用基盤技術開発」、文部科学省科学研究費補助金の特定領域研究「情報爆発時代に向けた新しい IT 基盤技術の研究」、経済産業省の「情報大航海プロジェクト」、平成 20 年度戦略目標「多様で大規模な情報から『知識』を生産・活用するための基盤技術の創出」において戦略的創造研究推進事業(さきがけ)で平成 20 年度より実施している「知の創生と情報社会」、平成 17 年度戦略目標「安全・安心な社会を実現するための先進的統合センシング技術の創出」において JST-CREST が実施する「先進的統合センシング」との重複は小さい。

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

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

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

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

(2) 研究領域

「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」(平成 21 年度発足)

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

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

(3) 研究総括

研究総括

東倉洋一(国立情報学研究所 名誉教授)(~2013 年 12 月)

西田豊明(京都大学大学院情報学研究科 教授)(2014 年 1 月~)

副研究総括

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

(4) 採択課題・研究費

(百万円)

採択年度	研究代表者	中間評価時 所属・役職	研究課題	研究費*
平成 21年度	相澤清晴	東京大学大学院情報理工学系研究 科 教授	“食”に関わるライフログ共有技術基盤	204
	石川正俊	東京大学大学院情報理工学系研究 科 教授	高速センサー技術に基づく調和型ダイナミック情報環境の 構築	540
	柏野牧夫	日本電信電話(株)コミュニケーシ ョン科学基礎研究所 部長	潜在的インターパーソナル情報の解読と制御に基づくコミ ュニケーション環境の構築	409
	河原達也	京都大学学術情報メディアセンタ ー 教授	マルチモーダルな場の認識に基づくセミナー・会議の多層 的支援環境	246
	小池康晴	東京工業大学ソリューション研究 機構 教授	知覚中心ヒューマンインターフェースの開発	198
	佐藤洋一	東京大学生産技術研究所 教授	日常生活空間における人の注視の推定と誘導による情報支 援基盤の実現	198
	武田一哉	名古屋大学大学院情報科学研究科 教授	行動モデルに基づく過信の抑止	297
	舘暲	慶應義塾大学大学院メディアデザ	さわれる人間調和型情報環境の構築と活用	263

		イン研究科 特任教授		
平成 22年度	石黒浩	(株)国際電気通信基礎技術研究所 社会メディア総合研究所 石黒浩 特別研究所 所長(客員)	人の存在を伝達する携帯型遠隔操作アンドロイドの研究開発	560
	伊勢史郎	東京電機大学情報環境学部 教授	音楽を用いた創造・交流活動を支援する聴空間共有システムの開発	310
	神田崇行	(株)国際電気通信基礎技術研究所 知能ロボティクス研究所 室長	ロボットによる街角の情報環境の構築	249
	黄瀬浩一	大阪府立大学大学院工学研究科 教授	文字・文書メディアの新しい利用基盤技術の開発とそれに基づく人間調和型情報環境の構築	247
	八木康史	大阪大学産業科学研究所 教授	歩容意図行動モデルに基づいた人物行動解析と心を写す情報環境の構築	265
平成 23年度	後藤真孝	(独)産業技術総合研究所情報技術 研究部門 首席研究員	コンテンツ共生社会のための類似度を可視化する情報環境の実現	290
	徳田恵一	名古屋工業大学大学院工学研究科 教授	コンテンツ生成の循環系を軸とした次世代音声技術基盤の確立	295
	苗村健	東京大学大学院情報学環 教授	局所性・指向性制御に基づく多人数調和型情報提示技術の構築と実践	304
	開一夫	東京大学大学院総合文化研究科 教授	ペダゴジカル・マシン：教え教えられる人工物の発達認知科学的基盤	285
			総研究費	5,160

*研究費：平成25年度上期までの実績額に平成25年度下期以降の計画額を加算した金額

*重点配分した理由「5. 研究領域の運営について」にも記載した通り、連携とアウトリーチを奨励する追加予算を実施した。

2. 研究総括のねらい

戦略目標である「人間と調和する情報環境を実現する基盤技術の創出」の達成に向けて、総花的に要素技術を網羅したものではなく、中核課題として、人の状況を理解し、人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための情報技術の実現をめざした人間調和型情報環境について明確な切り口を持つ研究提案を募ることとした。人間のことを考慮しない技術、人に一方的に適応しようとするだけの人にやさしい技術を超えた技術を世界に先駆けて創出し、世界に発信し、広めていくことのできるポテンシャルをもつ研究チームからなる組織を編成し、戦略目標の達成をめざす。

人間行動・実空間状況の取得・理解を行うセンサーネットワークやユビキタスコンピューティングによる実空間適応型認識技術、ロボットやユビキタスネットワークによる人間-機械コミュニケーションの円滑化技術、および、テキスト、音声、音楽、画像などの多様なメディアの解析、検索、集積、構造化などに関わるコンテンツ技術の三つを軸として、それらを連携・融合・統合することにより「人間調和型情報環境」の構築をめざした研究を推進する。サイエンスとしての基礎を確立しつつ、実環境での実証実験を経て、製品化・サービス化・ツール提供のいずれかの形で社会実装をめざせるよう、領域全体として、研究課題の配置とカバレッジを考慮した体制づくりをする。各チームの連携により、より独自性が高く、高度な技術の実現をめざす。

具体的には図1に示した通り、自然環境、医療・健康、福祉、安全・安心、教育、街角、店舗、オフィス、ホーム、店舗、オフィス、ホームでの適用を出口イメージとして睨みながら、人間の感覚のセンシングを基盤とし、種々の社会トライアルを介した社会実装と、認知神経科学による科学的裏付けに支えられた研究展開をめざす。研究テーマとしては、実空間適応型認識、インタラクション、メディアコンテンツ、認知神経科学の4部門を想定した。

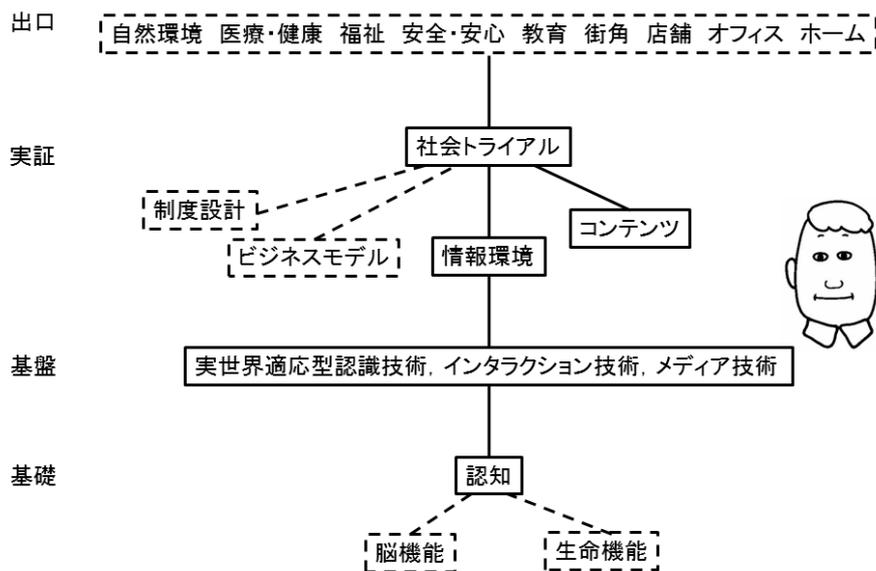


図1 本領域の研究展開の基軸

従来別々に推進されてきた情報環境の知能化技術は、人間調和型情報環境技術としては十分に成熟しているとはいえないまでも、ポテンシャルを備えた技術が多く存在する。情報環境が知能をもてば、人間側からではなく、情報機器やネットワークから能動的に働きかけることが可能になり、利用者個人が、努力や意識することなく、時と場所と場合に応じて、必要かつ最適な情報を得ることができるが、自ら「考える」「行動する」ことをしない受動的な人間を生み出しかねないという危惧が生じる。分野間の連携・融合・統合によって、研究を推進・発展させることにより、人間の知力や行動力を最大限に引き出すための人間調和型の情報環境の実現が射程に入る。本領域では、異分野間連携・融合によって、人間調和型情報環境を創出する革新技術をめざした共同研究を促進する。人間の意図・行動や空間情報の認知プロセス、人間と情報環境の調和の度合いを定量的に知る認知プロセスを、人間調和型情報環境技術と連携・融合した形で、心理学・認知科学的に解明することも重視した。

研究開発の推進にあたって、各研究課題が個別に要素技術を開発するのではなく、研究総括のもと、課題間においても系統的に統合・検証できるような研究手法・体制構築を進めた。例えば、各研究課題間で研究用に収集した多種多様なセンシングデータ等の統合・共有を図る仕組みや、人間と調和する情報環境を構築するためのプラットフォーム技術等の共通基盤構築も視野に入れて取り組めるよう努めた。

3. 研究課題の選考について

人の状況を理解し、人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための情報技術の実現をめざした人間調和型情報技術の研究開発に対して、明確なビジョンと高いポテンシャルをもつ研究提案を募るため、要素技術を総花に網羅したものではなく、人間調和性について明確な切り口を持つ提案を募った。研究領域が広範で多岐にわたるため、社会実装を見据えて日常生活の適用場面を具体的に示し、研究期間における達成目標の具体的なイメージとこれに至るマイルストーンを明確にした提案を行うよう注意を喚起した。

審査には、次の方針で臨んだ。

- ① 総花的に要素技術を網羅したものではなく、中核課題として、人間調和型情報環境技術としての明確な切り口を持つ提案を優先する。研究代表者の思想性とリーダーシップを重視し、寄せ集めグループや、ポストドク雇用に重点を置いた提案は優先度を下げる。
- ② 要素技術の単純な組み合わせでなく、有機的な横断・融合・統合によるブレイクスルーをめざした提案を優先する。
- ③ 従来技術の改善が課題の場合、飛躍的な性能向上をめざした提案を優先する。この場合、「量」から「質」への転換を重視する。
- ④ 人間と情報環境のそれぞれが持つ性質の異なった特徴を活かし、相互の能力を引き出す技術への提案を重視する。
- ⑤ 人間調和型情報技術の研究開発における「調和」の明確化、調和の測定法、調和の評価

尺度などを含む認知プロセスの解明に関する提案を尊重する。

- ⑥ 人間調和型情報技術に関する研究開発のプラットフォームの提供をめざす提案を考慮する。
- ⑦ 狭い特定分野での応用展開のみの適合をめざした提案は優先度を下げる。
- ⑧ 特定用途のための短期的なシステム開発の提案は優先度を下げる。
- ⑨ 人間調和型環境技術として、中長期的な応用展開・社会実装・社会インパクトを見据えた提案を優先する。
- ⑩ 技術や手法のメリットだけでなく、リスクにも留意する。

この結果、次のような選考結果となった。

- ・平成 21 年度応募課題。96 件 第 1 次選考(書類審査)結果 19 件、第 2 次選考結果(ヒアリング)8 件。採択率 8.3%
- ・平成 22 年度応募課題 73 件。第 1 次選考(書類審査)結果 11 件、第 2 次選考結果(ヒアリング)5 件。採択率 6.8%
- ・平成 23 年度応募課題 54 件。第 1 次選考(書類審査)結果 9 件、第 2 次選考結果(ヒアリング)4 件。採択率 7.4%

人の状況を理解し、人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための情報技術の実現に向けて、石川、館、石黒、後藤、苗村をはじめとして異なった方向で突出した人材の獲得と、バランスの取れたチーム構成に成功し、領域全体として、サイエンスとしての基礎を確立しつつ、実環境での実証実験を経て、製品化・サービス化・ツール提供のいずれかの形で社会実装をめざす体制ができた。

本領域で採択された 17 研究チームの全体像を若干構造的に図示したものを図 2 に示す。垂直レベルは、図 1 と同様に出口までの研究段階を示している。

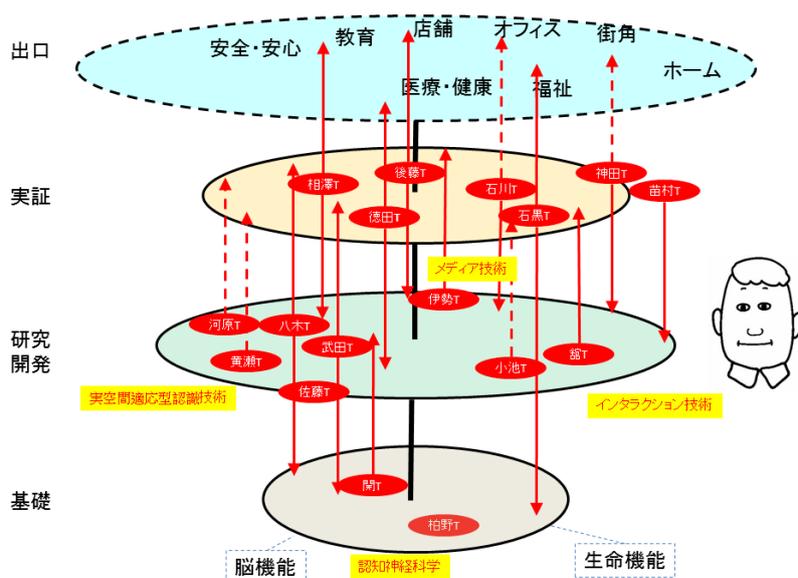


図 2 本領域のチーム構成

主として視野に入れているのは、基礎、研究開発、実証段階である。実証と研究開発は、さらに、研究テーマにより、実空間適応型認識グループ(主として、石川チーム、武田チーム、八木チーム、佐藤チーム、河原チーム、黄瀬チームで構成)、インタラクショングループ(主として、舘チーム、小池チーム、石黒チーム、苗村チーム、徳田チーム、神田チームで構成)、コンテンツグループ(主として、相澤チーム、後藤チーム、伊勢チームで構成)にクラスタリングされる。認知神経科学グループは、開チーム、柏野チームで構成されている。ほとんどのグループは、複数のレベルにまたがった研究を提案している。例えば、石黒チームは基礎レベルから製品化までの広範囲にまたがる活動を提案し、武田チームは、基礎レベルから実証レベルまで、相澤チーム、後藤チーム、徳田チームは実証に軸足を置きつつも、研究開発から製品化あるいは研究ツール配布までのレベルまでまたがる活動を提案している。

4. 領域アドバイザーについて

領域アドバイザー名	現在の所属	役職	任期
青山友紀	慶應義塾大学理工学部	訪問教授	平成 21 年 5 月～
浅川和雄	(株)富士通研究所	フェロー	平成 21 年 5 月～
石井裕	MIT Media Laboratory Tangible Media Group	Associate Director of Media Lab	平成 21 年 5 月～
伊福部達	東京大学高齢社会総合研究 機構	名誉教授	平成 21 年 5 月～
鈴木陽一	東北大学電気通信研究所	教授	平成 21 年 5 月～
西田豊明	京都大学大学院情報学研究 科	教授	平成 21 年 5 月～ 平成 25 年 4 月
前田英作	NTT コミュニケーション科 学基礎研究所	所長	平成 21 年 5 月～
前田太郎	大阪大学大学院情報科学研 究科	教授	平成 21 年 5 月～
三宅なほみ	東京大学大学院総合教育研 究センター 東京大学大学院発教育支援 コンソーシアム推進機構	教授 副機構長	平成 21 年 5 月～

*人選にあたっての考え方

この点については、故東倉前総括から人選の背景について聞く機会はなかったが、結果から判断される限り、専門性の深さ、守備範囲、学術と企業のバランスなどを考慮して選定されたものと考えられる。図3に領域アドバイザーの概ねの位置づけを示す。

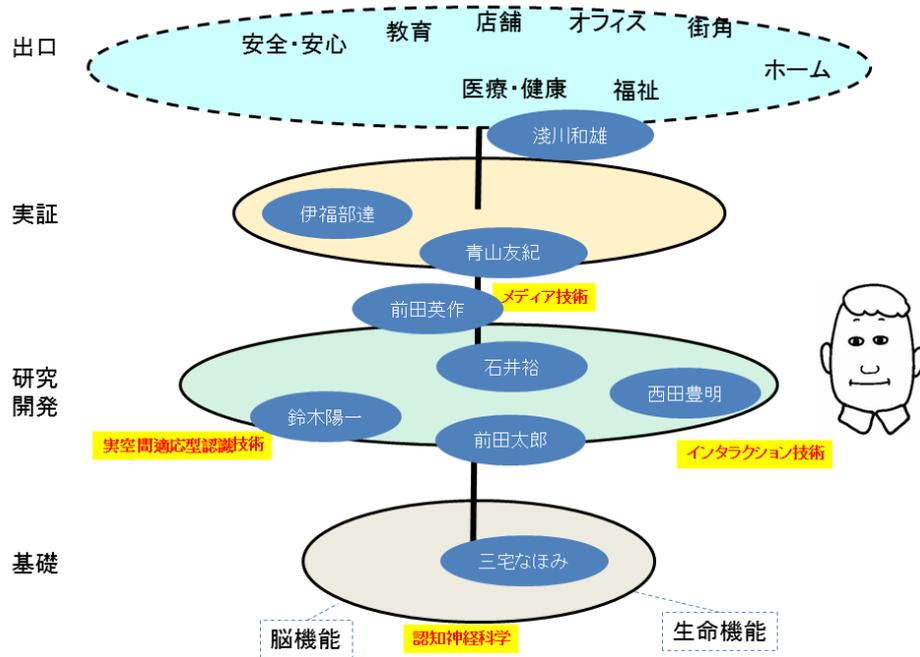


図3 領域アドバイザーの概ねの位置づけ

5. 研究領域の運営について

(1) 研究総括の研究領域運営方針

人間調和型情報技術を実現するための要素技術の統合と方法論の深化(設計方法論、社会実装、評価方法論)に重点を置いた。

1) 共生社会に向けた人間調和型情報技術のあるべき姿、アプローチ、評価手法に関する理解の深化

共生社会に向けた人間調和型情報技術は非常に新しい概念であり、その研究開発を進めるためには、あるべき姿、アプローチ、評価手法に関わる理解の共有と深化が不可欠である。そのため、課題選考会、中間評価会、領域会議、サイトビジットなどあらゆる機会を利用して、常に共生社会に向けた人間調和型情報技術のあるべき姿、アプローチ、評価手法に関わる問いを投げかけ、討論に長い時間を割り当てて総括、アドバイザー、研究担当者を交えた議論を促進した。

2) 技術的な優位性の確保

人間調和型情報技術において我が国が世界のリーダーシップを確保できるようにするため、技術の先進性を最優先し、その上で、学術的研究発表、人間調和型情報技術の概念を世界に広めるための国際シンポジウムなどの活動を支援するとともに、領域内では領域会議における研究担当者による研究成果の提示に基づく実質的で質の高い討論の機会を設け、領域連携によってさらに大きなスケールでの技術的イノベーションが進行するよう企画した。

3) 社会からのフィードバックの重視

研究成果を社会に広く提示して、実際のユーザ層からのフィードバックを広く取り入れることで、人間調和型技術の概念を広めるだけでなく、実際に社会がどのように受け入れるかについての理解を深めることを目指す。特に、入館者数 10 年連続増加を誇り、平成 22 年度で年間 100 万人超の入館者のいる日本科学未来館の展示は重視した。

4) 領域内の内力の強化

研究チーム間の連携を図るために、研究費追加支給など単に精神的な支援を超えた強化を行った。「人間調和型技術」という思想を深化するための議論を活性化した。平成 17 年度戦略目標「安全・安心な社会を実現するための先進的統合センシング技術の創出」、平成 20 年度戦略目標「多様で大規模な情報から『知識』を生産・活用するための基盤技術の創出」、平成 21 年度戦略目標「人間と調和する情報環境を実現する基盤技術の創出」の下で実施される研究領域との連携を行い、広い視野で研究が推進できるようにした。

(2) バーチャルラボとしての研究領域のマネジメント

これまで5回の領域会議(2009年キックオフ、2010年4月27日、2011年11月15日、2012年9月9日、2013年9月29日)を開催した。最初の3回は、初年度採択課題研究代表者からの発表、2012年、2013年はそれぞれ第2年次、第3年次採択研究代表者による発表を中心に開催した。2012年からは新規採択課題プレゼンのあと、全研究チームによるポスターセッション(2時間)を開催し、相互理解の深化、連携の促進を行った。また、2010年、2011年に開催した領域公開シンポジウムを2012年からさきがけ2領域(「知の創生と情報社会」、「情報環境と人」)と合同の3領域合同シンポジウムに拡大し、アウトリーチ規模を広げた。アウトリーチは課題間連携の絶好の契機と捉え、後援・共催と経費面から積極的に支援した。2011年3月にシンガポールで開催されたIEEE VR2011に併設して、CREST・さきがけ複合領域「デジタルメディア作品の製作を支援する基盤技術」と合同のJSTセッションを実施した。本領域より、相澤チーム、石川チーム、小池チーム、舘チーム、伊勢チームが参加し、口頭発表およびデモ展示を実施した。また、2013年11月にはACPR 2013 (The 2nd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition)におけるInternational Joint Workshop on Advanced Sensing/Visual Attention and Interactionへの共催とともに、主催した八木・河原・佐藤・武田・神田・

黄瀬チームに対して追加支給を行った。

(3) 研究進捗状況の把握と評価、それに基づく研究課題の指導

アドバイザーと研究チームとの対話を特に重視した。採択決定後、面接審査会で強い意見が出された研究チームに対しては比較的早い時期にサイトビジットを実施し、研究チームの背景の理解に努めた上で、人間調和型情報技術へのアプローチの仕方について意見交換を行った。特定課題調査(神田、苗村)については、特定課題調査期間中にサイトビジット／面談を実施し、準備の支援を行った。サイトビジット・面談調査は合計22回(各2時間程度)開催し、その都度、総括及び領域アドバイザーと総合討論を行い、各研究チームの人間調和型情報技術実現に向けた意識の強化と深化に努めた。

サイトビジットでは、回を重ねるに従い、研究の深部にまで討論の範囲が広がるとともに、連携などの可能性についてアドバイスが行われた。例えば、2011年1月26日のサイトビジットで、神田チームへの八木チームとの連携のアドバイスが行われ、その後、連携が行われた。苗村チームへのヒアリング・サイトビジットでは、2010年9月28日、2010年12月27日、2011年3月31日と回を重ねるにしたがって、焦点が明確化していることが記録から明確に読み取れる。2012年1月17日の徳田チームへのサイトビジット、2012年1月20日の後藤チームでは、第1回目サイトビジットながら、掘り下げた討論が行われている。2013年に入ると、成果展示や出口を意識した討論が始められるようになった。

対外的には、社会からのフィードバックが確実に得られるようにするため、次のような施策を実施した。

- ・領域会議(第一回)において、日本科学未来館の展示担当者によるプレゼンテーションおよび、意見交換を実施した。
- ・社会実装に向けた取組の先進事例の展開にむけ、領域会議(第三回)において、八木チームアウトリーチイベント「人映像解析の最先端」(2011年8月27日～31日、日本科学未来館)に関する事例紹介を実施した。
- ・アウトリーチイベント、社会実装実験への予算追加配分を行った。
- ・こうした活動を支援するため、予算の追加配分と領域アドバイザーによる実際面での助言などを行った。

【エヴィデンス】サイトビジット・個別ヒアリングメモ

中間評価においては、発表と討論のために、十分な時間をかけた。

2012年12月11日実施の中間評価会では、パワーポイント発表25分、評価者との質疑応答20分、評価者による審議・評価票記入等10分(合計55分)、2013年10月24日実施の中間評価会では、パワーポイント発表30分、評価者との質疑応答30分、評価者による審議・評価票記入等10分をかけた。

これに基づいて、各研究代表者には詳細な評価結果を返すとともに、総括・アドバイザーからの特段の要望のある研究チームの代表者には、個別に面談を行い、意向を伝え、討

論の上、方向性について合意形成を行った。平成 24 年度中間評価の結果に基づき、相澤チームについては Food. log グループ追加と東大食育法グループと東大医学系研究科佐々木グループ追加(2010~2011 にかけて)、柏野チームについては、評価手法に重点を置くこと、河原チームについてはマルチモーダル化に重点を置くこと、小池チームについては知覚解明という基礎的な研究と手術ロボットへの実装応用という 2 本柱で研究を進めること、武田チームについてはデンソーグループ(運転支援)追加(2011 年 6 月)などの方向修正が行われた。平成 25 年度以降も同様の施策を進める予定である。

【エヴィデンス】中間評価に基づく研究総括との面談結果、サイトビジットメモ

(4) 研究費の配分

中間評価の結果に基づいて重点配分した。平成 21 年度採択分については、中間評価結果に応じて、評価の高かった研究チームには研究費の増額(年度研究予算の 10~20%)を行った。ヴァーチャルインスティテュートとしての機能を強化するために、研究チーム間の連携とアウトリーチ活動を奨励するため、総括裁量経費、国際強化支援費を投入し、国際ワークショップの共同開催や連携研究のための経費に充てた。平成 22 年度、23 年度採択課題についても同様に実施予定である。

- ・平成 22 年度：国際会議 IEEE VR 併設セッション開催のため、招待講演経費、参加した相澤チーム、石川チーム、小池チーム、舘チーム、伊勢チームの旅費等の支援を行った。
- ・平成 23 年度：神田チームに対して、サイエンスアゴラ出展経費を追加支給した。
- ・平成 24 年度：神田チームに対して、八木チームとの共同研究にあたって必要となる経費を追加支給した。苗村チームに対して、舘チームとの連携による触覚デザインツールキットの活用実験についての研究を実施する経費を追加支給した。伊勢チームと徳田チームにサイエンスアゴラ出展経費を追加支給した。河原チームに対して ICASP 併催シンポジウム開催費用を追加支給した。
- ・平成 25 年度：人間行動センシングをはじめとする CREST 研究成果の海外発信を推進するため、ACPR 2013 (The 2nd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition)における International Joint Workshop on Advanced Sensing/Visual Attention and Interaction を主催した、八木・河原・佐藤・武田・神田・黄瀬チームに対して、追加支給した。舘チームに対し、ICAT2013 で実施される CREST シンポジウムのために追加支援した。

舘チームに対して、日本科学未来館の研究施設で CREST 研究を開始するために必要な実験装置の運搬費用等を追加支給した。苗村チームには、日本科学未来館の常設展「メディアラボ」に出展するための経費を追加支給した。また、CREST 研究成果を広く一般市民に公開することを目的とした CREST 研究成果展示会を日本科学未来館で 2013 年 12 月に開催するにあたり、舘、市川、苗村、相澤チームに、展示会準備に必要な会場全体の設営費用、および展示機器の整備や運搬等にかかる費用を追加支給した。

【エヴィデンス】研究計画見直し調査表

6. 研究の経過と所見

(1) 研究総括のねらいに対する研究の状況

1) 人間調和型情報技術の概念の具体化

資料 2 (p27) に総括した通り、これまでの研究で、①人間のことを考慮しない技術、人に一方的に適応しようとするだけの人にやさしい技術を超えて、「人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための情報技術」を標榜する人間調和型情報技術の核心が、「生物としての人間に本来備わった人間の感覚系、運動系、情動系の共鳴的なコミュニケーション神経を基盤として発現する感覚的情報(聴覚、視覚、触覚、力覚)を適応的にセンシングすると同時に人間に秘められた活力を引き出して創造に結びつける能動的な作用を生成するための融合技術」であり、それがダイナミック情報環境、視覚誘導、境界音場制御、広域人位置追跡、聴衆反応センシング、歩容意図モデリング、文書画像検索などの先進的技術として実現し得ること、②人間調和型技術がどのような形で人間社会に貢献し得るかを、ハグビー、親子対話コンテンツ、能動的音楽鑑賞サービス、多人数空間情報提示、街角ロボット、歩容認証、FoodLog、過信防止技術などの実例として示すことで実際に市民が接し、フィードバックする道筋が得られるとともに、音声インタラクションツール、Haptic Editor、TELESAR V、音響樽のように研究開発者用ツールとして専門家に提供できるようになったこと、③触原色原理、母子間相互作用計測環境、生理指標による IIFI 定量計測、過信モデルのようなモデル化や計測手法の実現を通して、人間調和型情報技術の基礎となる新たな科学研究を行うための基盤を固められたことは残りの期間の研究を推進する上で意義が大きい。成果の全体像を図 4 に示す。

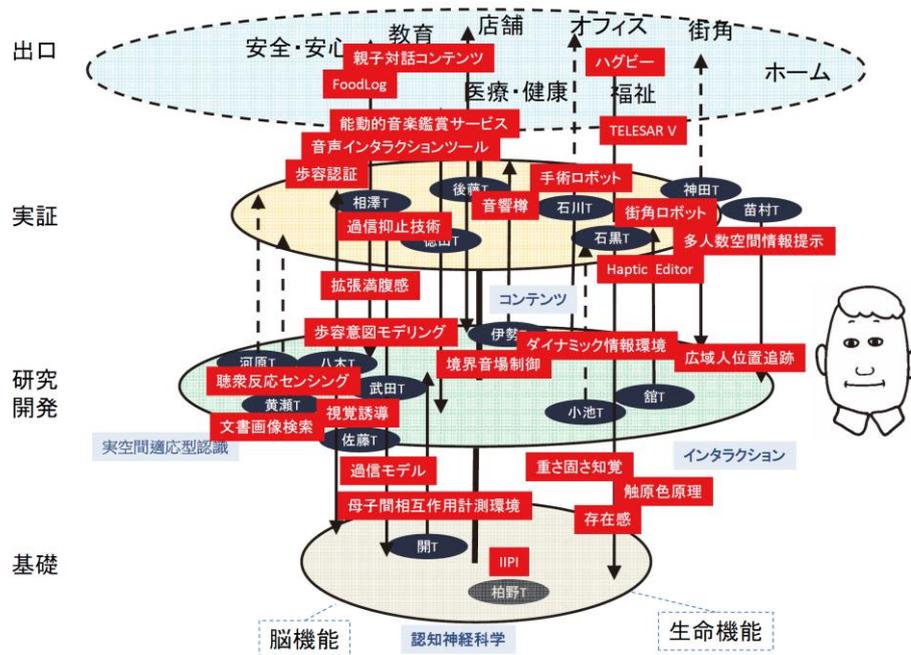


図 4 これまでの研究の全体像

2) 人間調和型情報技術の形成

特筆すべき成果として以下にあげた通り、石黒チームが人の存在感という新たな概念に注目して、これまでなかった人と人の新たなコミュニケーションを可能にした存在感メディアの開発と商品化に成功したこと、苗村チームが多数の展示を行い、視覚情報提示の新しい技術により人の創造性を引き出すことを実証的に示すことができたこと、舘チームが触覚センサと触覚ディスプレイを中心とした触覚メディアを中心に研究を組織的に展開し、基礎から応用に至るビジョンの提示とその実装に成功したこと、石川チームが視覚と触覚にまたがってセンサ技術と提示技術を統合して調和型ダイナミック情報環境を実現したことなど、大きな進展があった。

さらに、個別技術レベルでは、視線誘導(佐藤チーム)、過信のモデル化(武田チーム)、聴空間共有システム(伊勢チーム)、人位置追跡技術(神田チーム)、紙面クエリからの高精度・高速度文書検索(黄瀬チーム)、歩容認証技術とコーパス(八木チーム)、能動的音楽鑑賞サービスと音楽視聴支援サービス(後藤チーム)、音声認識・合成ツールキット(徳田チーム)などの成果が得られた。実証・社会実装レベルでは、FoodLog システムとスタートアップ立ち上げ(相澤チーム)、振り込め詐欺誘引通話検出の実証実験(武田チーム)、音響樽実証実験(伊勢チーム)などのユニークな成果が得られた。柏野チームは、IIPI についてのいくつかの新しい科学的知見に加えて、唾液中のオキシトシンの定量測定法を世界に先駆けて実現した。

3) 社会からのフィードバックの獲得

日本科学未来館における展示については、領域発足時から実現すべく取り組んだ。震災の影響で同館が一時閉鎖となり、実現が遅れたものの、次の取り組みにつながった。

- ・サイエンスアゴラにおけるアウトリーチ活動
- ・苗村チーム未来館展示
- ・神田チーム、石黒チームの社会実装実験

ツール公開に関しては、舘チームからツールキット配布、苗村チームで開発した各種ツールを用いたセミナーを開催した。

社会からのフィードバックはマスメディア報道の質・量に顕著に現れた。相澤チーム(67回)、Reuters 報道(石川チーム)、武田チーム(42回)、舘チーム(24回)、デンマークでのテレノイドの社会実験を紹介する記事はじめ多数(石黒チーム)、徳田チーム(28回)、後藤チーム(主要なもの46回)、苗村チーム(34回)などである。YouTube で広報された石川チームの活動は高い注目を集め、他の YouTube チャンネルにアップされたビデオを含めると再生回数総数は1200万回(2014年1月)を超え、研究室チャンネルはチャンネル登録者1,886人、再生数5,650,479件となっている(2014年1月28日現在)。MIT Media Lab のチャンネルがチャンネル登録者3,527人、再生数1,138,391件(2014年1月14日現在)であることを比較するとそのインパクトの大きさが窺い知れる。

4) 領域内連携

研究チーム間の連携の結果、連携によってはじめて可能になる多くのユニークな成果が得られた。柏野チーム、伊勢チームの共同研究で、唾液中のオキシトシンの定量測定法を用いて共聴覚に関する実在感という IIPI の実証に成功した。佐藤チーム、開チーム、八木チームの協調で視線適応型インタフェースの開発が提案された。佐藤チーム、武田チームとの連携で視行動と環境情報・運動行動との関係のモデル化が提案された。神田チーム、八木チームの連携により ATC で撮影・計測されたカメラ映像、レンジデータ、歩行者軌跡をもとに、歩行者の店舗に対する興味の有無推定に用いるための基礎となる、歩行者の属性(注意方向、年齢・性別など)のアノテーションを行い、400 人規模の歩容コーパスが構築された。開チーム、神田チーム、石黒チームが協力し、ヒューマノイドロボットに対するミラーニューロンシステムの反応について、実物を提示することによりロボットがより人間に近い存在として認識される可能性を示唆する知見を得た。苗村チーム、舘チームが連携して、TECHTILE toolkit の対面コミュニケーション支援への応用に関する基礎的な検討を行い、TECHTILE toolkit の小型化および無線化を施したプロトタイプを開発した。

(2) 国際的に高い水準において特筆すべき研究成果

特筆すべき事項として次のような成果がある。

1) 石黒チームでは、人の存在感に注目し、ミニマルデザインの方法論に基づいて存在感伝達のための一連の画期的な情報メディアを作り出した。「ハグビー」商品化まで進めた点は高く評価される。国際的な評価も非常に高く、研究代表者の石黒は、Global Future 2045 での招待講演、Interspeech 2011 で基調講演を行うなど国際的に影響力が大きい。人のミニマルデザインに基づいたアンドロイド「テレノイド」については、ARS Electronica permanent exhibition(オーストリア、リンツ)では、2011 年 3 月 3 日から現在まで継続して展示されるなど、広く周知されている。人間調和型情報技術という観点からは、人の存在感への気づきに基づいてこれまでにないコミュニケーションを創出するという意味で人間調和型情報技術の概念を実現しその実装、評価、商品化まで進めたという格段の貢献であるとして位置付けられる。

2) 舘チームは、触原色原理の理論構築の手掛かりになる Fishbone Tactile Illusion を発見し、触覚センサと触覚ディスプレイの構築に成功した。Haptic Editor を開発した。触れる多視点裸眼立体ディスプレイ RePro3D およびテレグジスタンスロボット TELESAR V の開発公開を行った。Haptic Editor の開発において得られた顕著な研究成果のツールキットは、平成 24 年度グッドデザイン賞 Best 100 に選定されるとともに、教育用などの目的で提供しつつある。システム開発においては、RePro3D および TELESAR V の開発公開を行い多くの社会的反響を呼んだ。能動的触覚伝送プラットフォームはロボット遠隔操縦システム Telexistence FST として製品化された。これら具体的なデバイスやシステムの開発によりデモは、先進的な取り組みであるとともに、他の類似研究に比し直感的に成果を体感でき

る取り組みとなっている。従来研究成果の乏しかった触覚の研究において、成果の体性感覚での実感を可能にしたことは技術インパクトを高める上で、極めて重要である。ビジョンが明示され、普及活動まで含めた活動が行われているので、科学技術にも社会にも大きなインパクトが期待される。

3) 石川チームは、高速センシング技術・高速ディスプレイ技術・人間特性モデルの三つを統合する情報環境の予備的なシステムの試作を行い、コンピュータインタフェースの新しい方向性を世界に先駆けて示した。人間の動作に合わせ先回りをして物体に情報機能を提示する新しいインタフェースを実験で示した。センシングおよび提示の双方において、視覚の個別要素技術別に、世界初のインパクトある成果を次々に達成した。いずれも、ビデオレートの壁と接触拘束の壁の打破を世界に示したものである。得られた成果の中でも、高速カメラ技術は単体でもその応用範囲が広く、技術的インパクトが極めて高い。

4) 苗村チームは、情報そのものが現実世界のさまざまな位置に適切に存在しているかのような状態を作り出す情報投影技術を実現し、実践的研究を推進するために日本科学未来館に拠点を構えると同時にメディアラボ第12期展示「現実拡張工房 The Studio - Extend Your Real World -」の展示活動を実施している。日本科学未来館の拠点では、研究と同時に、アウトリーチ活動を行っており、研究者と市民をつなぐハブとしての役割を担っている。研究者同士の集まる場としても活用しており、日本バーチャルリアリティ学会の会員同士のディスカッション場として開放し、分野の方向性を「夢ロード」としてまとめるなどの活動を行っている。

5) 後藤チームは、音楽音響信号の自動理解技術を応用して音楽の聴き方をより豊かにする二つの先進的な音楽サービス「Songle」「Songrium」を研究開発し、インターネット上で一般公開し、誰でも利用できるようにした。Songleは、インターネット上の楽曲の中身を音楽理解技術で推定する能動的音楽鑑賞サービスで、ユーザは、楽曲の中身の可視化を楽しみながらサビ出し機能で効率的に鑑賞できる。Songriumは、音楽コンテンツの関係性を可視化する音楽視聴支援サービスで、動画共有サービス上の音楽動画60万件的波生関係等を明らかにした。「矢印タグ」として誰でも任意の関係性を追加できる。

(3) 科学技術の進歩に資する視点から見て、研究成果の国際的な水準

研究の観点からは、本領域のほぼすべての研究チームは国際的に非常に高い研究水準を有しており、多数の学術誌論文・国際会議論文を発表しているとともに、基調講演・招待講演を行い、人間調和型情報技術の情報発信に貢献している。

特筆すべきものに次のようなものがある。

<学術論文>

①小池チーム： Hiroyuki Kambara, Duk Shin, Yasuharu Koike. A computational model for optimal muscle activity considering muscle viscoelasticity in wrist movements, *Journal of Neurophysiology*, Vol. 109, No. 8, pp. 2145-2160, Apr. 2013.

詳細な手首の筋骨格モデルを作成し、計算機シミュレーションにより軌道だけでなく、

筋活動の時系列の特徴を推定することが可能となる運動制御・学習モデルを開発した。推定結果は動物実験により得られた複数の筋活動の特徴を定量的に正しく予測しており、筋骨格の粘弾性特性を反映し目的に応じた最適な運動や筋活動を予測することが可能となった。

②佐藤チーム： Y. Sugano, Y. Matsushita, and Y. Sato, "Appearance-based Gaze Estimation using Visual Saliency," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 35, no. 2, pp. 329-341, Feb. 2013. (Impact Factor 4.795)

視覚的顕著性を手掛かりにして、明示的なキャリブレーションを要することなく視線を推定できる手法を開発した。視覚的顕著性マップとは、動画像中のどの領域が人間の目を惹きやすいかを表現した分布であり、本研究ではこれを確率的な教師情報として目画像と注視点座標の関係性を学習する。さらに、推定結果のフィードバックによる顕著性マップモデル学習と、推定パラメータの自動最適化という枠組みを新たに考案し、推定精度の向上を実現している。

③武田チーム： Hiroyuki Okuda, Norimitsu Ikami, Tatsuya Suzuki, Yuichi Tazaki, Kazuya Takeda, Modeling and Analysis of Driving Behavior Based on a Probability-Weighted ARX Model, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, pp. 98-112, Vol. 14, No. 1, 2013 (Impact Factor 3.064)

ドライバの運転挙動データの分節化と、分節内の挙動モデルの同時獲得が可能な確率重み付き ARX モデルと呼ばれる新しい数理モデルを提案した。本モデルは確率的方法と制御的方法の統合モデルである。本モデルは分節化の様態に現れるドライバの判断特性解析を容易にすることから、運転挙動に内在するドライバが持つ判断条件の推定とその確率的挙動を解析した。その一方で本モデルは制御工学的応用が容易なモデルでもあり、獲得した挙動モデルを組み込んだモデル予測制御型の追従走行支援システムを提案、実証した。

④石黒チーム： Hidenobu Sumioka, Aya Nakae, Ryota Kanai, Hiroshi Ishiguro, "Huggable communication medium decreases cortisol levels" Scientific Reports, vol. 3, no. 3034, Oct. 2013. (Impact Factor 2.927)

対人接触行為は身体的・心理的ストレスを軽減する基本的な社会的相互作用であり、コミュニケーションメディアにおいても、触覚刺激を提示することによりストレス軽減効果を導入することができる。しかし、生理学的に対面時と同様の効果が生じるかどうか明らかではなかった。本論文では、抱擁できるコミュニケーションメディアを用いて対話する前後の血中ホルモン分泌量を測定する実験を行い、ストレスに関わるコルチゾールが対話後に有意に減少することを確認した。このことはコミュニケーションメディアによる触覚刺激においても、対面時と同様にストレス軽減効果を示すことを生理学的に証明するものである。

⑤神田チーム： Francesco Zanlungo, Tetsushi Ikeda, Takayuki Kanda, "A microscopic social norm model to obtain realistic macroscopic velocity and density pedestrian

distributions” PLOS ONE, 2012. (Impact Factor 4.092)

従来の歩行者モデルは混雑度の非常に高い環境を対象にしていた。これに対して、人の密度が 0.25 人/m²以下の街角環境での人の行動を、実際に計測したデータに基づいてモデル化するという先導的・独創的な研究を進めた。通路の流れを各エージェントが他のエージェントの速度が傾いて認知されることによる創発現象としてモデル化した。

⑥八木チーム：Y. Kashiwase, K. Matsumiya, I. Kuriki, and S. Shioiri, “Time courses of attentional modulation in neural amplification and synchronization measured with steady-state visual-evoked potentials” Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 24, No. 8, 1779-1793, 2012. (Impact Factor 4.493)

注意状態を連続的に追跡するために定常的視覚誘発電位(SSVEP)という手法を確立し、その振幅成分と位相同期成分の時間変化を解析することから、注意移動に神経細胞の同期発火が関与していることなどを明らかにした。

⑦八木チーム：Y. Kashiwase, K. Matsumiya, I. Kuriki, and S. Shioiri, “Temporal dynamics of visual attention measured with event-related potentials” PLoS One, Vol. 8, p. e70922, 2013. (Impact Factor 4.092)

前報で示した定常的視覚誘発電位の時間変化を、標的刺激に対する誘発脳波と比較した。注意移動に関連した誘発脳波として P300 と N2pc を解析したが、その結果、注意移動による知覚に直接関連する脳波成分は定常的視覚誘発電位である可能性を指摘した。

⑧舘チーム：Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Tadatoshi Kurogi, Sho Kamuro, Katsunari Sato, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence, Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2012), pp. 5112-5118, Vilamoura, Algarve, Portugal (2012.10)

能動的な触覚伝送を伴うテレイグジスタンスロボットシステム TELESAR V を構築した。このプラットフォームを用いることで、アバターロボットの手が人間の手に追従して対象物とコンタクトし、その触覚情報を視聴覚と同時に矛盾なく伝えられることが可能となり、人が遠隔地からロボットの居る場所に居るような感覚を有して「見たところを見たように触る」ことが可能となった。本口頭発表は高い評価を得、Best ICROS Application Paper Award Finalist および、IROS 2012 Best Student Paper Award Finalist に選定された。

⑨舘チーム：Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara and Susumu Tachi: TECHTILE toolkit - A prototyping tool for design and education of haptic media, in Proc. Laval Virtual VRIC 2012, Laval, France (2012.3)

触原色原理に基づく、よりシンプルかつ高品位な触覚伝送手法を実現するため、触感表現のためのラピッドプロトタイプングツール「TECHTILE toolkit」を開発した。触覚情報の取得・保存に音響信号を用い、1 Hz~30Hz の非可聴振動から、数 kHz の可聴振動までをシームレスに伝達することにより、布の触感や液体を注ぐ感覚など、従来の多くの触覚伝

送システムより高品位な触感の記録・伝送・再生を可能とした。本展示発表では Laval Virtual および ACM SIGGRAPH より PRIX Emerging Technologies を受賞するなど高い評価を得た。

⑩相澤チーム: Life Log : Where are We Now, and Where Can we Go?, keynote talk, ACM Conference on Image and Video Retrieval CIVR 2010

CIVR は、現在の ACM ICMR の前身であり、マルチメディア情報検索のトップカンファレンスである。本基調講演では、これまでのライフログの研究動向が、汎用的なライフログを中心とした研究と、特定応用を指向するライフログの実践応用に大別されること、また、後者が実用的には重要な意味を持ち、ライフログは特定応用の複合体となることを論じ、その具体的な例としての Food Log を提示した。

⑪石黒チーム: From teleoperated androids to cellphones as surrogates, Keynote talk, Annual Conference of the International Speech Communication Association, 2011.

音声認識では最も権威のある国際会議 Interspeech での基調講演である。人の存在／人の存在感について理解を深めるための研究への取り組みとして、人に酷似した遠隔操作型アンドロイドについて開発した、人のミニマルデザインに基づく遠隔操作型アンドロイド「テレノイド」を紹介し、人々がテレノイドに容易に適応しそれを用いた対話を楽しむことができることを示した。現在開発中のテレノイドを小型化した携帯型アンドロイド「エルフォイド」が、いつでもどこでも人の存在を遠隔地に伝えることができ、人々のコミュニケーションスタイル・ライフスタイルを変革する可能性を有していることを示唆した。

(4) 研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献の現状と今後の見込み

図 2 にも示した通り、本領域の研究の半数近くが実証レベルを基点とした研究開発を展開しており、社会実装をはじめから視野に入れている。しかも、存在感メディア(石黒チーム)、触覚メディア(館チーム)、情報投影(苗村チーム)、調和型ダイナミック情報環境(石川チーム)、など、先進的で高度な要素技術を総合して新しい概念の実装とその商品／サービス化が始まっている。さらに、FoodLog スタートアップ立ち上げ(相澤チーム)、視線誘導(佐藤チーム)、過信モデル化(武田チーム)、聴空間共有システム(伊勢チーム)、歩容認証技術(八木チーム)、音楽鑑賞・視聴支援サービス(後藤チーム)、振り込め詐欺誘因通話検出(武田チーム)、音響樽実験(伊勢チーム)、ユーザ生成型音声インタラクションシステム(徳田チーム)など多数の展示や商品化などで、先に挙げたマスメディア報道の質・量面でのプレゼンスにも象徴されるように、大きな社会的インパクトを与えはじめている。知財関係は、手術ロボット・力覚関係(小池チーム)、存在感メディア実装法(石黒チーム)、街角情報計測やロボット(神田チーム)、文書画像データベースおよび検索法(黄瀬チーム)などで出願が行われている。本領域では、これらが個別のイノベーションを超えて連携することで人間調和型情報技術に向けた大きな流れを作り出していくことが期待される。

(5) 研究成果によってもたらされた国内外の顕彰・受賞等

本研究によってもたらされた顕彰・受賞・基調／招待講演は多数ある。特筆すべきものとして、次のようなものがある。

国内

相澤清晴	丹羽高柳業績賞(2013年)
廣瀬・谷川研究室	通商産業省 Innovative Technologies(2012年度)
石川正俊	紫綬褒章(2011年)、島津賞(2012年)
村瀬洋(武田チーム)	紫綬褒章(2012年)
舘暲	文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)(2011年度)
徳田恵一	文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)(2012年度)、喜安記念業績賞(2013年)
河原達也	文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)(2012年度)、ドコモモバイルサイエンス賞(先端技術部門)(2012年度)、喜安記念業績賞(2011年)
石黒浩	大阪文化賞(2011)
後藤真孝	日本学士院学術奨励賞(2013年度)、日本学術振興会賞(2013年度)
長谷川修(開チーム)	通商産業省 Innovative Technologies(2013年度)
苗村健	通商産業省 Innovative Technologies(2012年度、2013年度)

国外

田中他(石黒チーム)	Outstanding Paper Award (International Conference on Collaboration Technologies and Systems) (2013)
Kidokoro 他(神田チーム)	Best full paper award, 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (2013)
Kunze 他(黄瀬チーム)	IAPR/ICDAR Best paper Award, The 12th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2013) (2013)
Yoshii 他(後藤チーム)	Best Oral Presentation Award, The 14th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2013)

このほか、情報処理学会論文賞(河原チーム、武田チーム(2回))、計測自動制御学会論文賞(石川チーム)、日本認知科学会論文賞受賞(武田チーム)、日本バーチャルリアリティ学会論文賞(舘チーム)、ヒューマンインタフェース学会論文賞(苗村チーム)、教育システム情報学会論文賞(武田チーム)、日本グッドデザイン賞・ベスト100(舘チーム、苗村チーム)をはじめ、国内外の学会で多数の受賞をしている。

(6) 今後の期待や展望

領域創設者の故東倉前総括の逝去により総括が交代したが、すでに3年間にわたる17チームの選考と中間評価(13チーム)が終了し、領域は軌道に乗ったので、当初の戦略目標達成に向けてまい進する。

7. 総合所見

(1) 研究領域としての研究成果の見通し

本戦略目標は、情報通信技術が生活空間に溶け込み、情報環境と人間が相互作用を起こして、人間が必要なときに、人間にとってより適切な状態へ自然に移行する、人間と調和した情報環境知能を実現することをめざしている。本研究領域では、コンピュータなどの情報機器、ネットワーク、コンテンツなどで満ち溢れた情報環境において、実空間適応型認識、インタラクション、メディアコンテンツ処理などの要素技術を融合・統合し、さらにその認知神経科学基盤を解明することにより、人の状況を理解し、人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための「人間と情報環境の調和」を実現するための基盤技術の構築に向けた取り組みを行った。

(2) 研究領域のマネジメントについて(課題選考、領域運営)

課題選考にあたっては、審査方針を明確にし、ヒアリング、アドバイザリボードの討論には時間をかけ、議論を尽くした。

領域運営にあたっては、次の4点に重点を置いた取り組みを行った。

- ① 共生社会に向けた人間調和型情報技術のあるべき姿、アプローチ、評価手法に関する理解の深化
- ② 技術的な優位性の確保
- ③ 社会からのフィードバックの重視
- ④ 領域内の内力の強化

領域会議、サイトビジット、中間評価では時間をかけて討論を行い、人間調和型情報技術という概念の深化とチーム連携の促進に努めた。予算は、連携や中間評価を重視した重点配分を行った。

(3) 本研究領域を設定したことの意義

これまでの研究により、①「人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための情報技術」を標榜する人間調和型情報技術の核心が、「生物としての人間に本来備わった人間の感覚系、運動系、情動系の共鳴的なコミュニケーション神経を基盤として発現する感覚的情報(聴覚、視覚、触覚、力覚)を適応的にセンシングすると同時に人間に秘められた活力を引き出して創造に結びつける能動的な作用を生成するための融合技術」であり、それがダイナミック情報環境、視覚誘導、境界音場制御、広域人位置追跡、聴衆反応センシング、歩容意図モデリング、文書画像検索などの先進的技術として実現し得ることが示された。②人間調和型技術がどのような形で人間社会に貢献し得るかを、ハグビー、親子対話コンテンツ、能動的音楽鑑賞サービス、多人数空間情報提示、街角ロボット、歩容認証、FoodLog、過信防止技術などの実例として示すことで実際に市民が接し、フィードバックする道筋が得られるとともに、音声インタラクションツール、Haptic Editor、TELESAR V、

音響樽のように研究開発者用ツールとして専門家に提供できるようになった。③ 触原色原理、母子間相互作用計測環境、生理指標による IIPi 定量計測、過信モデルのようなモデル化や計測手法の実現を通して、人間調和型情報技術の基礎となる新たな科学研究を行うための基盤を固められた。

以上は、科学的基盤に支えられた「人の状況を理解し、人とともに進化しつつ、人の創造性を引き出し、高めるための人間調和型情報技術」を確立し、それに基づく科学技術イノベーションへの見通しを得るうえで非常に大きな意義のある成果である。

(4) 今後への期待や展望

今後は、研究チーム間の連携を強めることにより、これだけの規模の研究チームの連携があつて初めて可能になる科学技術イノベーションの創出に努めたい。

(5) 感想、その他

この領域は故東倉洋一前総括の創意と努力によって創設され、並々ならぬ努力で軌道に乗った。志半ばで逝去された故東倉洋一前総括の慧眼と努力に改めて敬意を表したい。

以上

資料

資料1 領域アドバイザーのプロフィール

前田太郎	人間情報工学、五感情報伝送、テレグジスタンス、バーチャルリアリティ、テレロボティクス、錯覚利用インタフェース、知覚心理学	
伊福部達	生体工学、音響学、福祉工学、バーチャルリアリティ、ヒューマンインタフェース、ロボット工学	ドライバの安全に寄与する運転支援策として、複合現実感による視覚支援表示を車両に応用
鈴木陽一	音響情報処理、デジタル信号処理	・電子透かしによる著作権保護技術
西田豊明	人工知能、知識モデル、エージェントインタラクション、自然言語処理、定性推論、オントロジー	社会知のデザインという独自の研究分野を開拓空間を描写した文章から情景を再構成する自然言語理解システムを開発 幾何学的推論によって常微分方程式の挙動の構造を自動解析する一連のプログラムを開発
前田英作	パターン認識、統計機械学習、神経生理科学、自然言語処理、環境知能、知能統合	心理支援、発想支援、学習支援など様々な形で日常生活を支えるまっしゅる一むの実現をめざす
三宅なほみ	認知科学、認知心理学、理解・学習メカニズム	高度メディア領域「高度メディア社会のための協調的学習支援システム」代表者
浅川和雄	ニューロコンピュータ、ニューラルネット、ロボティクス	ソフトウェア開発に関する講演を複数実施
青山友紀	ユビキタスコンピューティング、デジタルシネマ	NPO デジタルシネマ・コンソーシアム 理事長
石井裕	ヒューマンコンピューターインタラクション、タンジブルビット	

資料2 人間調和型情報技術実現にむけての各研究チームの取組のねらいとこれまでの主な成果

研究チーム	取組のねらいとこれまでの主な成果
相澤チーム	<p>食事に関するマルチメディア情報の取得・処理・活用の新しい方法の技術開発と社会実装(サービス・運用)を通して、人間の食生活の行動変容を促す技術的貢献をする。</p> <p>食事記録を画像処理で支援する技術を開拓し、FoodLogシステムという世界的にユニークな仕組みを設立、運用し、食の自己管理や指導、他者評価等々に活用できることを示した。そのスタートアップとして、foo.log社(株)を立ち上げた。さらに、“拡張満腹感”という新しいVR技術の領域を開拓し、感覚融合により食行動が変わることを示した。</p>
石川チーム	<p>情報環境の高速化と低遅延化を追求している。ここでは、情報環境における人間や対象のダイナミクスを完全な形で取得し、時間密度を飛躍的に向上させた情報の提示を行う情報環境を構築することを目的としている。</p> <p>これまでに、高速センシング技術、高速ディスプレイ技術、人間特性モデルの3つの基盤技術を今までにない性能で新たに整備し、これらを統合したダイナミック情報環境を提供するシステムを試作した。具体的には、1,000fpsでの3次元視覚トラッキング、10μsで応答する触覚センシング、960Hzでの高速視覚ディスプレイ、無拘束かつ高速な非接触触覚ディスプレイの4つの新規な要素技術を構築するとともに、これらの要素技術を統合したシステムを開発し、高速な運動を伴うマンマシンインタラクションにおいて、動作認識と情報提示を最小遅延で行う新しいコンピュータインタフェースの方向性を世界に先駆けて示した。この結果は、従来の速度を大幅に上回ることで、ダイナミックな情報環境の世界を具現化したのものとして、世界中のメディアで注目されている。</p>
柏野チーム	<p>人間の感覚系、運動系、情動系の共鳴的なコミュニケーション神経基盤の解明により、記号処理としての情報技術の限界を超え、人間という生物に本来備わった機能を生かす人間調和型の情報環境を創出するための設計原理や評価手法を提案する。</p> <p>視線・瞳孔・心拍・ホルモン分泌・身体動作の同期・音響情報などにおいて潜在的インターパーソナル情報(IIPI)を特定し、それらがコミュニケーションにおいて果たす役割を解明する優れた学術的成果が挙げられている。社会性に関係するとされるホルモン「オキシトシン」の音刺激に対する変化を唾液中から定量化することに世界に先駆けて成功した。この成果は、伊勢チームとの共同研究(音空間制御技術の評価)に用いられ、会話相手の実在感に関するIIPIの実証につながった。</p>
河原チーム	<p>複数の人間による知的活動のマルチモーダルなインタラクションを長時間収録した音声・映像に対して、人間の直感に基づいて有用個所を効率的に視覚化・検索できる人間調和型情報基盤の構築を進めている。</p> <p>聴衆の反応(相槌や視線)をセンシングすることにより、興味・理解度を推定する枠組みを提案し、スマートポスターボードとして実装している。また、講演やセミナーなどの音声認識の高度化にも取り組んでおり、京都大学OCWで配信している講演への字幕付与も行った。音声認識技術は衆議院の会議録作成システムでも本格導入され、認識率が90%を上回るまで改善が行われている。</p>
小池チーム	<p>物体の重さや固さを感じる脳の機能を解明するための主観的感覚の計測・解析方法の技術開発とその結果を応用したシステム開発を通して、人間の主観的感覚に基づくインタフェースの構築に貢献する。</p> <p>これまでに、内部の圧力から鉗子先端での外力を推定する方法、視覚のタイミングと触覚のタイミングのずれによる重さの知覚の変化に関する知見など基礎的な知見を得た。連携医学部門での動物実験から手術ロボットの基礎的な能力は市販可能なレベルにあり、実用に足る能力を持つことが裏付けられた。</p>
佐藤チーム	<p>日常生活空間内において人の視覚的注意をセンシングし、必要に応じて自然な形で誘導することを実現することにより、人の視覚的注意を踏まえ、適切なタイミングで必要な働きかけをすることができると新たな人間調和型情報基盤の実現に資する。</p> <p>明示的なキャリブレーションなしの視線推定、視覚的顕著モデル活用した注視点推定、少数の学習データからの注視点推定、視線誘導について、独創性に富む研究を推進しており、研究成果が世界トップレベルのジャーナルに掲載されたことなど、研究は期待通り順調に進展している。注視点誘導に基づくデジタルサイネージの試作が進んでいる。</p>
武田チーム	<p>自動運転のような高度な支援システム利用時の人間行動を研究し、支援システムの過信によって生じる事故を未然に防ぐ技術を開発することで、社会の安心・安全に貢献する。</p> <p>「過信」というコンセプトを軸に、制御モデルと確率モデルを統合して、人間行動のダイナミクスのモデル化にデータセントリックなアプローチを確立して、その有効性を検証しつつある。岡山県での振り込め詐欺事案の大幅減少、大規模な行動データベースに基づく人間行動理解の研究スタイルを実践し、過信抑止型運転支援に先鞭をつけた。</p>
舘チーム	<p>人間が自ら手を伸ばし対象の存在感を感じ取る能動的な人間調和型情報環境を実現する。すなわち、触覚情報における「記録・分解」「伝送」「再生・合成」「創作・編集」の基盤技術を確立し、視聴覚と同様に情報メディアとして扱いうる段階に触覚を引き上げ、触覚を自在に編集し伝達する技術を構築し貢献する。</p> <p>現在までに、触原色原理の理論構築の手掛かりになるFishbone Tactile Illusionを発見し、新しい原理の触覚センサと触覚ディスプレイの構築に成功している。Haptic Editorを開発するとともに、触れる多視点裸眼立体ディスプレイRePro3DおよびテレレイグスタンスロボットTELESAR Vを開発し</p>

	公開した。この成果に基づき企業と共同で、ロボット遠隔操縦システムTelexistenceFSTの技術開発が行われた。
石黒チーム	<p>モダリティが限定された従来の情報メディアに、人間を想起させる姿形や動きを与えることにより、実際に対面で相互作用しているかのような人の存在を感じさせ、対話への動機を高め、対話による安心・信頼を向上させる人間調和型の新しい情報・ロボットメディアを実現する。</p> <p>ミニマルデザインの方法論に基づいて存在感伝達のための一連の画期的な情報メディアを作り出した。生理学的な指標を用いた存在感メディア「ハグビー」がストレスを軽減することを示す客観性の高い評価を行うとともに、「ハグビー」商品化を行った。</p>
伊勢チーム	<p>本研究では音声や楽器演奏により生じる感情や身体動作を含めた音響情報を伝送するためのインターフェース技術を確立することを目的として、三次元音場を物理的に厳密に収録・伝送・再生が可能なBoSCシステム(境界音場制御の原理に基づいた没入型聴覚ディスプレイ装置)をインターネット接続し、複数名の音楽職人が音場を共有しながら音楽創造を可能とする聴空間共有システムを開発する。</p> <p>組立・分解・運搬が比較的容易で、内部で演奏が可能な樽型形状の没入型聴覚ディスプレイ装置(以降、音響樽と呼ぶ)を開発した。音響樽の性能を検証するため、コンサートホールや教会などの三次元音場計測により音場データベース(国内10か所、16種類)を蓄積し、物理評価、心理評価と並行しながら、アウトリーチ活動(国内5か所)を行った。2つの音響樽を接続し、あるコンサートホールをシミュレートした聴空間共有システムを構築し、2名のプロ演奏家によるアンサンブル演奏の実証実験を行った。また、柏野チームとの共同研究において、三次元的に音の波面を生成することが会話の相手の存在感を高めることを生理実験により実証した。</p>
神田チーム	<p>ロボットの街角環境との調和能力を高める技術開発と社会実装を通して、ロボットという実世界に実体をもつ形での情報通信技術の利用のあり方を明らかにし、人間と適応的、親和的かつ能動的に相互作用する人間調和型情報技術の実現に貢献する。</p> <p>3次元計測型のセンサを高所に設置し、複数センサから得られる計測結果を統合する方式の人位置追跡技術を実現した。大阪南港のショッピングモールATC(約900㎡)に49台の距離画像センサを取り付けた実証実験を行い、MOTA (Multi Object Tracking Accuracy) 値が93.2%と、従来法に対して格段に高い性能を持つことを示した。計測した軌跡データに基づいて、通路における人の流れや、ロボットの周りの人の集まりを考慮した歩行者行動モデルを実現した。歩行者行動モデルをロボットに組み込み、周囲の歩行者と調和して移動するロボットの実現を行った。歩行者行動モデルを用いた行動プランニングによって、多数の人々がいる環境で混雑を起こさないロボットの行動プランニング方法を実現した。</p>
黄瀬チーム	<p>人が読む様々な文字情報を認識、記録、評価する技術を通して、個人の行動や嗜好、獲得した知識などに関する情報を得ることにより、個人の知力増強や知識の見える化はもとより、教育、福祉、看護、知識管理などの人の経験や知識に関わる分野が、より人間に調和することに貢献する。</p> <p>基盤技術として、環境からの文字の切り出しと認識、文書画像検索の大規模化・高精度化・高速化、文字認識・文書画像切り出しのための大規模データベースの構築と解析技術の開発を行った。アプリケーションとして、ユーザの読んだテキストをすべて記録するReading-Life Log、読んだ単語数を測る単語計、ユーザの求める情報を文書に重畳表示する文書拡張現実を開発した。また、これらのエンジンとして、カメラで撮影した紙面に対応する文書をデータベースから検索するためのLLAH (Locally Likely Arrangement Hashing) 法を開発した。この手法は1億ページのデータページに対して、26.8ms/query、98.7%の検索精度を達成した(従来技術に対して、データベース規模1000倍、処理時間150分の1でこの精度を得た)。</p>
八木チーム	<p>我々が日常的に行っている歩行行動から人の意図や心身状態・人間関係を推定し、人の状況や意図に応じた情報提示を行う技術の実現を目的とする。具体的には、広域監視において行動観察から軽犯罪容疑者を発見し注意喚起を行う、商店街における顧客の来店目的を予測し顧客に応じたデジタルサインージュを実現する、歩行動作から高齢者の歩行状態を推定し自立度の日々の変化を高齢者に提示することで健康改善に役立てるなど、人の状況や意図に応じた適切なサービス提供の実現に貢献する基盤技術である。</p> <p>個人/集団という2つの視点から、行動情報のセンシング、歩容意図行動コーパス作成、歩容意図行動のモデル化、心を写す情報環境の構築に取り組んだ。顕著な成果として、一般的な防犯カメラ映像のような低フレームレートの映像から歩容認証を行う手法を開発した。意図や感情といった内的状態の違いによる個人内の歩容変化を含む歩容データベースを世界に先駆けて構築するため、日本科学未来館でのアウトリーチ活動を行い、各実験参加者が複数の異なる意図で直線路を歩行した際の歩容データ(約900名分)、高齢者疑似体験キット装着時・日装着時の歩容データ(約800名分)からなる大規模な歩容データベースを構築した。</p>
後藤チーム	<p>音楽・音楽動画のようなメディアコンテンツを豊かで健全に創作・利用する「コンテンツ共生社会」の実現へ向けて、人間と情報環境の調和的な相互作用を引き出す創作支援技術と鑑賞支援技術を研究開発している。</p> <p>既に音楽音響信号の自動理解技術を応用して音楽の聴き方をより豊かにする二つの先進的な音楽サービス「Songle」「Songrium」を研究開発し、それぞれプレス発表をして実証実験のためにインターネット上で一般公開し、誰でも利用できるようにした。Songleは、インターネット上の楽曲の中身を音楽理解技術で推定する能動的音楽鑑賞サービスで、ユーザは、楽曲の中身の可視化を楽しみなが</p>

	<p>らサビ出し機能で効率的に鑑賞できる。また、誤り訂正インタフェースによって推定誤りを誰でも訂正して貢献でき、外部埋め込みプレーヤ等で対外的な連携に成功した。科学館特別展から協力依頼を受けて展示もした。一方、Songriumは、音楽コンテンツの関係性を可視化する音楽視聴支援サービスで、動画共有サービス上の音楽動画60万件の波生関係等を明らかにした。「矢印タグ」として誰でも任意の関係性を追加できる。他に基礎研究としては、多重音基本周波数解析のための無限混合自己回帰モデル、音源分離のための無限半正定値テンソル分解という波及効果の大きな技術を創出した。さらに、音楽動画中での同一人物の登場シーンに基づく鑑賞支援技術や、視聴者反応の活用技術等も開発した。</p>
開チーム	<p>未就学児や学童を対象とした「教える」ための基盤技術を、「模倣学習」と「言語習得」に焦点を当てた発達認知科学的実証的研究によって創出する。「教える側」、「教えられる側」双方のモーションや視線データを最新の情報技術を用いてリアルタイムに取得し、教えるエージェントをデザインする上でのエッセンスを抽出することで(近)未来の教育方法へ展望を与えることで貢献する。</p> <p>母子間相互作用を精緻に計測するための環境を構築した。乳幼児が人工物とインタラクションする際の様子を記録するシステムを構築した。CG版ペダゴジカル・マシンの構築および認知科学実験を行った。株式会社ワオ・コーポレーション、株式会社アニモと協力して、子どもたちの発音に役立つ親子対話を研究することを目的とした知育アプリ『タッチ!あそべビー』(ワオ・コーポレーション)に「親子対話研究」コンテンツを搭載し、iOS/Androidのスマートフォン・タブレット向けに2013年10月1日に配信を開始した。</p>
徳田チーム	<p>ユーザによるコンテンツ生成の概念を音声システムに導入するとともに、それを可能とするための技術開発と社会実装を通して、生き生きとした音声インタラクションに基づく人間的な情報環境の幅広い実現に貢献する。</p> <p>公共空間やモバイル環境に適した音声インタラクションシステムと、ユーザ生成型音声対話コンテンツの作成環境に関する研究を実施した。これにより、スマートフォンやデジタルサイネージ等で実利用可能なレベルの音声インタラクションシステムを、一般ユーザによって構築可能になった。研究成果に基づく社会的実証実験として、双方向音声案内デジタルサイネージを名古屋工業大学正門前で2年以上、アニメイト秋葉原店店頭で1年運用し、サイエンスアゴラ等のイベント展示、観光案内所での実証実験の準備など、多様な環境において実証実験を行った。研究成果を、音声インタラクションシステム構築ツールキットMMDAgent、音声認識エンジンJulius、日本語音声合成システムOpenJTalk等の研究基盤ソフトウェアとしてオープンソースで公開した。また、エジンバラ大学Informatics Forumでに向けて、イギリス英語大規模音声データの収録、音声認識/合成用コーパスの構築などを行った。さらに、ユーザ生成型音声対話コンテンツの循環を加速させる仕組みや、ネットワークを介した様々な連携、エージェント的アプローチ等を組み合わせることによって、質の高い音声インタラクションシステムを一般ユーザがより手軽に利用・作成できる環境を実現する研究も実施した。</p>
苗村チーム	<p>多人数が集う場において、対面コミュニケーションを阻害することなく、膨大な情報に効果的・直感的にアクセスすることを可能とする情報メディア環境のデザインおよびその方法論の確立に取り組んでいる。現状の情報技術を多人数が集う場で使うと、ディスプレイ画面が人々の視線を奪い、日常生活と乖離した機器が不連続な思考の切り替えを強要し、情報共有における不十分なプライバシー制御が不安を与えている。そこで、円滑な対面コミュニケーションの場を創出する「空間性」、モノを介した直感的操作・理解が可能な場を創出する「融和性」、手軽に安心して緩やかな情報共有が可能な場を創出する「開示性」の3つを重視し、実践的な研究を進めてきた。</p> <p>空間性に関しては、全周裸眼立体映像システム「fVisiOn」、実物体に映像を重畳提示する全周型裸眼複合現実感システム「MRsionCase」、映像キャラクタと実ブロックが混在した空間を手で操作する裸眼複合現実感インタフェース「でるキャラ」などを提案・実装してきた。融和性に関しては、実物体を情報投影によって拡張する「可視光通信プロジェクト」「SteganoSonic」、紙面上での描く行為を拡張する「Hand-rewriting」、「EchoSheet」、「dePENd」、粘土・霧渦流・磁力球群・巻尺などを応用した情報提示手法などを提案・実装してきた。開示性に関しては、PCのアプリケーション単位での選択的な複製表示による画面共有手法「SHelective」、簡易な操作で匿名性を有しつつ参加者が感想を共有する「ラジへえ」、グループワークにおける共同Web検索の場で互いの作業状況を共有する「Inter-Personal Browsing」、「Round-Table Browsing」 「SHelective Plus」などを提案・実装してきた。</p> <p>以上の研究成果は、日本科学未来館における常設展示や、東京大学において毎年開講している全学ゼミで活用し、常に社会からのフィードバックを得ながら進めている。</p>