



令和元年度
研究評価委員会
(情報・人間工学領域)
評価報告書

令和2年6月

評価報告書 目次

1. 評価委員会議事次第	1
2. 評価委員	3
3. 評価資料（委員会開催時 ¹ ）	5
4. 説明資料（委員会開催時 ¹ ）	63
5. 主な指標の情報（委員会開催時 ¹ ）	131
6. 評価委員コメント及び評点	133

¹ 令和2年3月3日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
令和元年度 研究評価委員会（情報・人間工学領域）
議事次第

日時：令和2年3月3日（火）11:00-16:00

場所：国立研究開発法人 産業技術総合研究所 臨海副都心センター（本館4階 第1会議室）

開会挨拶	理事・評価部長	加藤 一実	11:00-11:05
委員等紹介・資料確認	評価部研究評価室	池上 努	11:05-11:10

領域による説明（質疑含む）（議事進行：横塚裕志 評価委員長）

1. 領域の概要と研究開発マネジメント（説明15分、質疑・評価記入20分） 11:10-11:45
 情報・人間工学領域 領域長 関口 智嗣

- ・第4期中長期目標期間の実績・成果
- ・令和元年度の実績・成果

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

・ニューロリハビリテーション技術の開発（説明10分、質疑・評価記入10分） 11:45-12:05
 人間情報研究部門 ニューロリハビリテーション研究グループ長 肥後 範行
 人間情報研究部門 システム脳科学研究グループ 主任研究員 渡辺 由美子

昼食・休憩（40分） 12:05-12:45

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

・人工知能に関する研究（説明15分、質疑・評価記入20分） 12:45-13:20
 人工知能研究センター 副センター長 麻生 英樹

・次世代メディアコンテンツ生態系技術（説明10分、質疑・評価記入10分） 13:20-13:40
 情報技術研究部門 首席研究員 後藤 真孝

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

・生産プロセス設計の人工知能による高速高品質化（説明10分、質疑・評価記入10分） 13:40-14:00
 人工知能研究センター NEC-産総研 人工知能連携研究室 副室長 中田 亨

・高齢者支援ロボット技術（説明10分、質疑・評価記入10分） 14:00-14:20
 ロボットイノベーション研究センター長 比留川 博久

休憩（15分） 14:20-14:35

総合討論・評価委員討議・講評（議事進行：横塚裕志 評価委員長）

第5期中長期計画における情報・人間工学領域の取組（10分） 14:35-14:45
 情報・人間工学領域 領域長 関口 智嗣

総合討論（領域等への質疑を含む）（25分） 14:45-15:10

評価委員討議（領域等役職員 退席）（20分） 15:10-15:30

評価記入（領域等役職員 退席）（20分） 15:30-15:50

- ・第4期中長期目標期間の実績・成果
- ・令和元年度の実績・成果

委員長講評（領域等役職員 着席）（5分） 15:50-15:55

閉会挨拶	理事・評価部長	加藤 一実	15:55-16:00
------	---------	-------	-------------

評価委員

情報・人間工学領域

委員長	氏名	所属	役職名
○	横塚 裕志	特定非営利活動法人CeFIL	理事長
	小松 文子	長崎県立大学 情報システム学部 情報セキュリティ学科	教授
	澤谷 由里子	名古屋商科大学 ビジネススクール	教授
	進藤 智則 (欠席)	株式会社 日経BP社 日経Robotics	編集長
	芳賀 繁	株式会社 社会安全研究所	技術顧問

所属・役職名は委員会開催時

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

令和元年度 研究評価委員会（情報・人間工学領域）

評価資料

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

(1) 領域全体の概要・戦略

【背景・実績・成果】

<領域の活動の背景>

情報は、人々が現在の社会生活を送る上で不可欠な要素となっている。安全・快適で豊かな未来社会の実現には、情報のサイバー空間と人間・社会のフィジカル空間相互の知的情報を濃厚に融和させることが鍵となる。情報・人間工学領域では、産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現に繋がる人間に配慮した情報技術の研究開発を実施した。

<領域全体の戦略・マネジメント>

情報・人間工学領域では、特に、情報学と人間工学のインタラクションによって健全な社会の発展に貢献することを目指し、「重点課題1：人工知能技術」「重点課題2：サイバーフィジカルシステム技術」「重点課題3：人間計測評価技術」「重点課題4：ロボット技術」の4つの重点課題を掲げ、「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）、「橋渡し」研究前期、「橋渡し」研究後期を実施した。本重点課題の実施体制を下記に示す。

研究戦略部は、領域全体の研究戦略を統括する。人工知能研究戦略部は、人工知能分野に特化した研究戦略を統括する。人間情報研究部門は、人間機能計測とモデルによる人間生活視点でのモノ・コトづくりに関する研究を実施する。重点課題2、3を担当する。情報技術研究部門は、産業競争力の強化と豊かで安全な社会の実現に寄与する情報技術の研究開発を実施する。重点課題1、2を担当する。知能システム研究部門は、環境変化に強く自律的に作業を行う知能システムを実現するための研究を実施する。重点課題4を担当する。自動車ヒューマンファクター研究センターは、安全で楽しい運転を実現するための人間研究を実施する。重点課題3を担当する。ロボットイノベーション研究センターは、ロボット技術を用いた社会課題解決によるイノベーションの研究を実施する。重点課題4を担当する。人工知能研究センターは、実社会の多様な課題に適用可能な人工知能フレームワークの研究開発を実施する。重点課題1、2、4を担当する。サイバーフィジカルセキュリティ研究センター（平成30年11月1日設置）は、サイバー空間とフィジカル空間を結ぶセキュリティの研究基盤形成を目指すための研究を実施する。重点課題2を担当する。人間拡張研究センター（平成30年11月1日設置）は、ウェアラブル、インビジブルなシステムにより人間の能力を拡張する技術及びその社会実装を目指すための研究を実施する。重点課題1、3を担当する。

<領域のロードマップ、ポートフォリオ>

令和元年度末までの第4期中長期計画は以下の通りである。

「重点課題1：人工知能技術」では、ビッグデータの分析・試験・評価による知的なサービス設計等を支援するため、脳のモデルに基づく人工知能技術や人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術など、人工知能が効率良く新たな価値を共創する技術を開発する。

「重点課題2：サイバーフィジカルシステム技術」では、ひと、もの、サービスから得られる情報を融合し、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステムを実現する統合クラウド技術や軽量でスケーラブルなセキュリティ技術、そこから得られるデータをサービスの価値に繋げる技術などを開発する。

「重点課題3：人間計測評価技術」では、人間の生理・認知・運動機能などのヒューマンファクターを明らかにし、安全で快適な社会生活を実現するため、自動車運転状態をはじめとする人間活動の測定評価技術を開発する。また、人間の運動や感覚機能を向上させる訓練技術の研究開発を行う。

「重点課題4：ロボット技術」では、介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発する。また、環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術を開発する。

産総研の「2030年に向けた産総研の戦略」では、高度に融合されたサイバーフィジカルシステム(CPS)により、単純作業から人を開放しすべての人が豊かな生活を送れる「超スマートな社会」としてSociety5.0を位置づけている。その実現に向け、平成30年度には、二つの新研究センター設立とAI橋渡しクラウド(ABCI)の運用開始により、CPSにおける知覚・制御を可能とする人間拡張技術の開発、データ流通を促進するセキュリティ技術の開発、AI開発インフラの整備を推進した。柏センターは、柏の葉地区の不動産業者や、地域住民の協力を得て、新しいサービスビジネスの社会実装研究を行う地域イノベーションの発信拠点として実証実験に取り組んでいる。令和元年度は、柏センター、臨海副都心センターのサイバーフィジカルシステム研究棟を中心に、他分野と連携し、人間を含む各種計測データ収集、それらのビッグデータから情報・知識を抽出し共有するAI技術・データプラットフォームの開発、さらにその成果を実世界に活用する人間・機械協調技術の開発の一体的な取組を開始した。

<領域全体として特筆すべき取組、特筆すべき研究開発成果、各種指標の達成状況>

領域としての特筆すべき取組の概要を、各種指標の達成状況と併せて以下に示す。「橋渡し」につながる基礎研究(目的基礎研究)に関する定量的な指標として、論文発表数(モニタリング指標)、論文の合計被引用数(評価指標)の他、情報・人間工学領域の研究分野では、例えばIEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)のように、国際論文誌よりも引用数の高い査読付き国際会議プロシーディングスがあるため、高h指数の査読付きProceedingsのランキングであるGoogle Scholarのサブカテゴリ上位20位内のプロシーディングス(以下「トップ国際会議」)発表数も独自モニタリング指数としている。論文発表数は、以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成27年度：101報(100報)

平成 28 年度： 152 報 (110 報)
平成 29 年度： 160 報 (120 報)
平成 30 年度： 165 報 (140 報)
令和元年度： 103 報 (150 報) (12 月末現在)

論文の合計被引用数は以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。平成 27 年度は初めての試みだったこともあり目標値を設定していなかった。

平成 27 年度： 728 回
平成 28 年度： 1,675 回 (750 回)
平成 29 年度： 2,224 回 (1,000 回)
平成 30 年度： 2,163 回 (1,500 回)
令和元年度： 2,635 回 (2,000 回) (12 月末現在)

トップ国際会議発表数は、以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成 27 年度： 45 報 (100 報)
平成 28 年度： 69 報 (100 報)
平成 29 年度： 104 報 (100 報)
平成 30 年度： 125 報 (110 報)
令和元年度： 80 報 (110 報) (12 月末現在)

論文発表数、論文の合計被引用数ともに平成 27 年度から毎年目標を上回りつつ順調に増加している。令和元年度は 12 月末日時点で論文発表数は目標値比 69 %にとどまっているが、論文の被引用数は目標値比 132 %に達しており、質の高い論文を発表してきたことが示されている。またトップ国際会議発表数については、平成 27 年度以降増加しつつも、なかなか目標値に達しなかったが平成 29 年度に初めて目標値 100 報に達した。令和元年度に関しては 12 月末日時点で 80 報となっており目標値比 72 %となっている。

「橋渡し」研究前期における研究開発に関しては、定量的な指標として、知的財産の実施契約件数（評価指標）を用いている。知的財産の実施契約件数は以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成 27 年度： 187 件 (170 件)
平成 28 年度： 197 件 (170 件)
平成 29 年度： 231 件 (170 件)
平成 30 年度： 254 件 (200 件)
令和元年度： 289 件 (240 件) (12 月末現在)

知的財産の実施契約件数は、平成 27 年度以降毎年目標を上回るとともに増加している。令和元年度は目標値を 240 件に上げたが、12 月末日時点で目標値比 120 %と大幅に上回って達成した。当初の予定を大幅に上回る成果を上げることができたことは、企業での実施に至る質の高い知的財産を創出できている結果といえる。

「橋渡し」研究後期における研究開発に関しては、定量的な指標として、民間からの資金獲得額（評価指標）を用いた。民間からの資金獲得額は以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成 27 年度： 5.7 億円 (7.3 億円)
平成 28 年度： 13.4 億円 (9.7 億円)
平成 29 年度： 16.6 億円 (12.1 億円)
平成 30 年度： 16.9 億円 (14.5 億円)

令和元年度： 18.7 億円（16.8 億円）（12 月末現在）

情報・人間工学領域では、民間からの資金獲得額の目標達成のために、民間との連携件数を増加させるのではなく、1 件あたりの金額を増加させる方針を採った。このために研究戦略部の体制を強化し、顕在化した民間ニーズと保有技術シーズのマッチングを行うのではなく、企業の立場に立って適切な提案をすることにより、企業・事業・ビジネスモデルの拡充（イノベーション・事業の進化）を支える技術基盤として、最適組成・編成・導入方法についての体系的な企画・プラン及びその導入支援サービスを提供している。その結果、平成 27 年度は目標を達成できなかったが、平成 28 年度に民間企業との連携研究室（日本電気(NEC)、住友電工、豊田自動織機）及び連携研究ラボ（パナソニック）を立ち上げ、民間資金獲得額は、平成 28 年度以降は目標を超えている。令和元年度は、連携研究室・ラボの契約を更新し 12 月末日時点で 18.7 億円を獲得し、12 月末日時点で既に目標値比 111 %を実現した。また、当領域の技術を基にした産総研技術移転ベンチャーは、平成 29 年 5 月に認定された Peace and Passion 株式会社を含め 23 社に上る。この内の一つであるライフロボティクス株式会社は、平成 30 年 2 月 9 日にファナック株式会社に全株式を譲渡し、産総研技術の社会実装を更に加速することとなった。

民間からの資金獲得額の目標達成に当たっては、企業との研究契約全体に占める中堅・中小企業の割合（モニタリング指標）に配慮するものとなっている。大企業との研究契約件数は以下の通り。

平成 27 年度： 120 件（中堅企業も含む）

平成 28 年度： 133 件

平成 29 年度： 152 件

平成 30 年度： 141 件

令和元年度： 114 件（12 月末現在）

中堅・中小企業との研究契約件数は以下の通り。

平成 27 年度： 36 件（中小企業のみ）

平成 28 年度： 48 件

平成 29 年度： 45 件

平成 30 年度： 39 件

令和元年度： 37 件（12 月末現在）

したがって、企業との研究契約全体に占める中堅・中小企業の割合は以下の通りとなる。全所的な目標値は約 1/3 である。

平成 27 年度： 23.1 %（中小企業の比率）

平成 28 年度： 26.5 %

平成 29 年度： 22.8 %

平成 30 年度： 21.7 %

令和元年度： 24.5 %（12 月末現在）

企業との研究契約全体に占める中堅・中小企業の割合については、大企業からの要望が多いこともあり目標値約 1/3 には到達していない。

マーケティング力の強化については、領域内に企業経営の経験のある領域長補佐 1 名を配置し、上席イノベーションコーディネータ 4 名（全員民間企業経験者）、イノベーションコーディネータ 3 名（内 1 名は民間企業経験者）、連携主幹 9 名（内 2 名 50 %エフォートでの兼務）の企業連携活動を指導することにより、

より価値の高い共同研究等の実施につなげた。

技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施については、技術コンサルティングを 55 件実施した。技術コンサルティング収入は以下の通り。各年度の目標値は定めていない。

平成 27 年度： 2,935 万円

平成 28 年度： 5,451 万円

平成 29 年度： 7,426 万円

平成 30 年度： 9,328 万円

令和元年度： 1.22 億円（12 月末現在）

上述のように、民間からの期待度の高まりに伴い、技術コンサルティング収入は年々増加しており、民間からの資金獲得額にも貢献している。

広報活動に関しても、プレスリリースに加え、CEATEC JAPAN、World Robot Summit 等の展示会出展、各種シンポジウム開催など、積極的に取り組んだ。

大学や他機関との連携強化に関しては、産総研・東工大実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリ(RWBC-OIL)を平成 29 年 2 月に設立し、AI 技術開発・データ連携におけるオープンイノベーションを加速するプラットフォームとして、産総研 AI クラウド(AIST Artificial Intelligence Cloud; AAIC)の運用を開始した。その成果として、AAIC は平成 29 年 6 月に世界のスーパーコンピュータ（スパコン）省エネ性能ランキング Green500 List の 3 位を獲得した。また AI 橋渡しクラウド(AI Bridging Cloud Infrastructure; ABCI)が、平成 30 年 6 月に世界のスパコン速度性能ランキング TOP500 List の 5 位、世界のスパコンの省エネ性能ランキング Green500 List の 8 位を獲得した。地域民間企業との連携強化のために、地域企業とパイプを持つ公設試験所である九州先端科学技術研究所（平成 30 年度）及び京都高度技術研究所（令和元年度）と連携協定を結んだ。海外との連携についても、フランス国立科学研究センター(Centre National de la Recherche Scientifique; CNRS)との AIST-CNRS ロボット工学研究ラボに加え、平成 29 年度には英国マンチェスター大学、シンガポール科学技術研究局、米国カリフォルニア大学サンディエゴ校、平成 30 年度にはインド工科大学ハイデラバード校、イギリス Alan Turing Institute (ATI) 等、令和元年度にはフランス国立情報学自動制御研究所(Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique; Inria) 等と連携協定、覚書の締結を行い、国際的に著名な研究者や学生を受け入れ連携強化を進めた。

研究人材の拡充、流動化、育成に関しては、定量的指標として、産総研イノベーションスクール及びリサーチアシスタント制度の活用等による人材育成人数（評価指標）を用いた。産総研イノベーションスクール及びリサーチアシスタント制度に採用された人数は以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成 27 年度： 32 名（30 名）

平成 28 年度： 46 名（32 名）

平成 29 年度： 82 名（50 名）

平成 30 年度： 131 名（70 名）

令和元年度： 155 名（140 名）（12 月末現在）

様々な大学との連携を更に進めることで、多大なニーズに対応するための研究

リソース確保、学生をはじめとする若手人材育成を行った。リサーチアシスタント(RA)の雇用にかかる経費を領域が負担することで、リサーチアシスタントの雇用を奨励した結果、令和元年度の受け入れ人数は平成27年度の約5倍に増加している。

＜平成30年度の大員評価に対応した取組＞

民間からの資金獲得額の目標達成に向けては、引き続き、領域内に企業経営の経験のある領域長補佐1名を配置し、研究戦略部に所属するイノベーションコーディネータ、連携主幹の企業連携活動を指導することにより、単なるニーズ・シーズマッチングではなく、目線を上げたことにより価値の高い共同研究等の実施につなげ、民間資金獲得額は、12月末日時点で既に令和元年度の目標値比111%を達成している。

組織内外の若手雇用・育成については、リサーチアシスタントの雇用にかかる経費を領域が負担することで、リサーチアシスタントの雇用を奨励した結果、令和元年度の受け入れ人数は平成27年度の約5倍に増加している。シニア世代の能力・経験を活用するために、45歳を目途にキャリアパスを検討させている。令和元年度は、定年後の職員を、研究戦略部、研究企画室で各1名再雇用し、その能力・経験を活用している。

＜一定金額規模以上の「橋渡し」研究について、その後の事業化の状況＞

第4期中長期目標期間の累計として、1,000万円以上の橋渡し研究を企業と実施した件数は令和元年度(12月末)までに88件(うち令和元年度実施の件数:20件)である。また、これらの事業化の実績として、知的財産の譲渡契約及び実施契約は平成30年度までに20件で令和元年度の見込は8件、製品化は平成30年度までに6件で令和元年度の見込は2件である。

【成果の意義・アウトカム】

令和元年度には、民間資金獲得額、論文の被引用数の合計、知的財産の実施契約等件数、イノベーション人材育成人数において、目標を上回る成果を達成している。特に、民間資金獲得額は、令和元年度は12月末日時点で18.7億円と、令和元年度目標(16.8億円)の111%に達しただけでなく、平成23年度から平成25年度の実績値の平均4.8億円の390%に達しており、このことは特筆に値する。これらの成果は、第4期中長期目標・計画を達成するために領域が掲げた方策、すなわち、研究ユニットにおける4重点課題の研究開発と、研究戦略部・人工知能研究戦略部による連携活動、研究ユニットとの密接な情報交換、企業の価値を創造する(企業と共に問題点を探り、合意を形成しながら大型化し、ともに価値を創造することを目指す)アプローチの導入等のマーケティングの取組が成果を結んだ証左である。企業の価値を創造するアプローチでは、顕在化した民間ニーズと保有技術シーズのマッチングを行うのではなく、企業・事業・ビジネスモデルの拡充(持続的進化あるいは構造改革)を支える技術基盤として、企業連携の最適組成・編成・導入方法についての体系的な企画及びその導入支援サービスを提供している。これらの連携活動の下、研究成果の国内での迅速な技術展開も可能となっており、産業界へのインパクトは大きい。

平成29年度から重点的に進めている、人工知能分野における海外の主要研究所及び卓越研究者との連携は、平成30年度には、人工知能分野にとどまらず、領域

全体に関連する国際連携へと広がったことで、世界レベルの研究を加速することに繋がると期待できる。得られた成果を企業との連携の中で活用することで、いち早く日本で技術展開可能となり、産業へのインパクトは大きい。橋渡し研究の契約規模も拡大しており、橋渡し機能の強化を担う産総研の役割はより重要なものとなっている。

令和元年度の論文の被引用数（2,635回、目標値2,000回の約1.3倍）が目標を大きく上回っていること、また、論文発表数及びトップ国際会議発表数も目標に向けて順調に増加しており、質の高い論文の発表が期待通り達成されつつあることが確認できる。

知的財産の実施契約等件数（令和元年度289件、目標値240件）に関しては、令和元年度を含む第4期中長期の過去全年度に亘って各年度の目標を大幅に上回る成果を上げており、企業での実施に至る質の高い研究開発成果を創出してきた結果といえる。民間企業へのアウトリーチを目的とした研究成果の積極的な情報発信（CEATEC JAPANをはじめ、各種コンソーシアム、シンポジウム等の開催）、国内外の大学・研究機関（インド工科大学ハイデラバード校、仏国モンペリエ大学、タイ国タマサート大学等）と協定を締結するなど連携強化の着実な推進も、領域が経費を負担することで成し遂げた。

令和元年度には目標の約1.1倍、第4期中長期開始当初の約5倍を達成しているRA雇用数なども、マーケティング力の強化、大学などとの連携強化、業務横断的な取組の推進の成果の証左である。以上のことから、企業連携とそれに基づく橋渡し機能の強化、学術成果、国際連携他、全ての面において、第4期中長期を通して顕著な発展がなされてきたことが認められる。

【課題と対応】

研究者の評価指標としてインパクトファクター(IF)付き論文数ばかりに注目すると、目的基礎研究に留まり、技術の橋渡しが進まないという課題がある。世界における当該研究のレベル、知的財産登録、公的あるいは民間資金の獲得、国内・国際連携、標準化への貢献、RAをはじめとする若手研究者の育成、各種アウトリーチ活動など、様々な観点から総合的に研究者の評価を実施することで、橋渡し機能の強化につながる研究の実施に対するモチベーションアップに努めている。

企業連携における人的リソース不足が引き続き課題となっている。連携や調整のためにかかるエフォートが特定の研究者に集中する傾向があり、適度な分散を行うマネジメントが課題である。イノベーションコーディネータ、連携主幹による企業連携活動や領域内情報の集約は進展しており、適性を見極めた連携主幹へのキャリアチェンジ等、人材確保に向けた多様な取組も進めている。戦略的にリソースを集中投下し、より高い価値を協創することで、企業と持続的なパートナーとなる活動への転換など、今後も企業連携の質を高めるリソースの最適配分や工夫を進めていく。

(2) 技術ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

【背景・実績・成果】

民間企業からの技術的内容についての照会に対して、「研究開発の実施による対応のみならず、産総研の技術的なポテンシャルを活かした指導助言に適切な対価を得つつ積極的に推進する」という方針に基づき、技術相談ならびに技術コンサルティングを実施した。技術コンサルティング収入は以下の通り。

平成 27 年度： 2,935 万円
平成 28 年度： 5,451 万円
平成 29 年度： 7,426 万円
平成 30 年度： 9,328 万円
令和元年度： 1.22 億円（12 月末現在）

上述のように、民間からの期待度の高まりに伴い、技術コンサルティング収入は年々増加しており、民間からの資金獲得額にも貢献している。令和元年度は、技術相談 443 件と技術コンサルティング 55 件（いずれも 12 月末時点）を実施した。

【成果の意義・アウトカム】

産総研の知的財産（含むソフトウェア）をライセンスした企業等に技術コンサルティングを実施することにより、より円滑に技術移転が促進された。また、企業の立場に立ってニーズを深掘りし、企業にとって適切な提案をする技術コンサルティングを、研究戦略部が中心となって実施し、企業の未来価値を共創することにつなげている。

【課題と対応】

技術的ポテンシャルを活かした指導助言等を求める技術コンサルティングの希望は多いものの、それを実施するリソースは十分ではなく、これに時間をかけることにより現場の研究に費やす時間が減少することが課題である。対応策としては引き続き、このような技術コンサルティングを①共同研究を立案するために実施するもの、②産総研の技術移転に伴うもの、の 2 類型のみ研究者に実施させ、単なる技術的ポテンシャルを活かした指導助言に留まるものについては、研究ユニット幹部、連携主幹、イノベーションコーディネータに限定し実施させることを徹底していく。

(3) マーケティング力の強化

【背景・実績・成果】

共創コンサルティング手法による企業の潜在的ニーズの発掘

顕在化した民間ニーズと保有技術シーズのマッチングを単に行うのではなく、研究戦略部の体制を強化し、企業・事業・ビジネスモデルの拡充（イノベーション・事業の進化）を支える技術基盤についての、最適組成・編成・導入方法についての体系的な企画・プラン及びその導入支援サービスを提供した。

産学連携体制の強化

情報・人間工学領域の連携人材を強化するために、領域内に企業経営の経験のある領域長補佐 1 名を配置し、上席イノベーションコーディネータ 4 名（全員民間企業経験者）、イノベーションコーディネータ 3 名（内 1 名は民間企業経験者）、連携主幹 9 名（内 2 名 50% 兼務）の企業連携活動を指導することにより、マーケティング力の強化を行った。企業別のチーム制をとるとともに、大型案件等に対してはスペシャルチームによって連携活動に取り組んでいる。常時 150 件以上の連携相談に対応しつつ、令和元年度は 12 月末までに企業共同研究 127 件を成立させた。

研究成果のアウトリーチ活動

研究成果のアウトリーチ活動として、展示会への出展、領域シンポジウムの開催、コンソーシアムの設置・運営、プレス発表を積極的に実施したほか、メールマガジンの発行を行った。展示会としては、産総研主催の「テクノブリッジフェア in つくば」や地域でのテクノブリッジフェアの他、「AI/SUM」(東京、平成31年4月22-24日)「CEATEC JAPAN」(千葉、令和元年10月15日～18日)、「国際ロボット展」(東京、令和元年12月18日～21日)等、領域と関連が深い展示会に出展し、人工知能やABCI、ロボット技術のデモや発表を行った。また、「情報・人間工学領域シンポジウム」(主催：情報・人間工学領域、場所：東京都千代田区、令和元年9月24日～25日)と題し、二日間にわたりモビリティと情報技術基盤についての産総研内外の研究成果を発信したほか、ロボットイノベーション研究センターの5年間の成果を発表するために「ロボットイノベーション研究センター成果報告会」(主催：ロボットイノベーション研究センター、場所：東京都千代田区、令和元年12月9日)を行った。また、「ニューロリハビリテーション・シンポジウム2019」(主催：情報・人間工学領域、場所：東京都江東区、令和元年9月14日)、「人間拡張研究センターシンポジウム(HARCS2019)」(主催：情報・人間工学領域、場所：千葉県柏市、令和元年11月20日)、「産総研 人工知能研究センター 国際シンポジウム」(主催：情報・人間工学領域 人工知能研究センター、場所：東京都千代田区、平成31年2月21日)、「PRISM シンポジウム2019」(主催：情報・人間工学領域 人工知能研究センター、場所：東京都江東区、平成31年3月4日)等のシンポジウムを開催した。平成30年8月より運用を開始したABCIの利用促進を目的としたオープンセミナーとして、東京地区(令和元年7月31日、東京都目黒区)と関西地区(令和元年11月6日、京都府京都市)において、既に活用されている企業の活用事例紹介や、研究開発における最新のトピックスなどを交えて紹介した。また、当セミナーに参加した方々に実際にABCIを動かしていく機会として、ハンズオンイベントも実施し、ABCIの活用促進を積極的に行った。いずれも多く企業の関係者、学術関係者に対して最先端の研究成果を発信し、産総研のプレゼンスを強化した。さらに「人」が主役となる新たなものづくりの手法確立と普及のため、平成31年4月に沖電気工業株式会社、日鉄ソリューションズ株式会社、三菱電機株式会社と『「人」が主役となるものづくり革新推進コンソーシアム(HCMI コンソ)』を設立し、その事務局を臨海副都心センター内のサイバーフィジカルシステム研究棟に設置した。

【成果の意義・アウトカム】

マーケティング力の強化により、企業価値の向上につながる共同研究の設定が可能となり、技術により未来の価値を創造する意欲ある顧客企業を発掘することができた。平成28年度には、4つの連携研究室・ラボ(NEC、住友電工、豊田自動織機、パナソニック)及びひとつのコンソーシアム型共同研究を立ち上げた。民間からの資金獲得額も平成28年度以降は目標を大幅に上回っている。

【課題と対応】

情報・人間工学領域では、単なる産総研技術の売り込みからマーケティングへと舵を切っており、徐々にこのような考え方が所内に浸透しつつあるが、今後より考え方を徹底していくことが他領域を巻き込んだ民間との連携を模索する上での課題のひとつであった。このため、イノベーション推進本部と連携し、令和元年5月に実施した拡大技術マーケティング会議にて臨海・柏の人工知能グローバ

ル研究拠点を活用した産学官連携への取組を周知した。

(4) 大学や他の研究機関との連携強化

【背景・実績・成果】

大学との連携により産総研内の研究ポテンシャルの充実に努め、その結果として未来における産業界への技術提供に繋げることが重要であると考えている。そのため、多数の大学や、国内外の研究機関と、幅広い研究テーマにおいて、連携協定、共同研究を締結した。また、平成 27 年度から始まったクロスアポイントメント制度を積極的に活用し、令和元年度は大学より特定フェロー 10 名（平成 30 年度から 1 名増）、企業から特定集中研究専門員 75 名（平成 30 年度から 29 名増）、招聘研究員 53 名（平成 30 年度から 24 名増）その他多数の協力研究員や客員研究員のほか、連携している大学の学生をリサーチアシスタント (RA) として受け入れ、研究の推進、研究人材の育成や論文発表の増加を実現することができた。連携に関して特筆すべき成果を以下に挙げる。

大学等との連携の実績

東京工業大学（東工大）との連携・協力に関する協定書に基づき、平成 29 年 2 月に設置した実社会ビッグデータ活用イノベーションラボラトリ (RWBC-OIL) では、産総研の強みであるビッグデータ活用、ソフトウェア開発技術と東工大の強みであるハードウェア開発技術とを融合し、新しい計算機プラットフォームの提供やビッグデータを活用した価値創造を行った。平成 29 年度に、産総研 AAIC が省エネ性能スパコンランキングで世界 3 位を獲得したのに続き、平成 30 年度には、産総研 ABCI が世界のスパコン性能ランキング Top500 List で 7 位、国内 1 位、省エネ性能ランキング Green500 List で 4 位、共役勾配法による処理性能ランキング HPCG Performance List で 5 位を獲得した。また、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 保有の衛星観測データ、情報通信研究機構 (NICT) 保有の航空機搭載合成開口レーダー (SAR) データを ABCI に集積し、人工知能研究及び実応用に活用するための取組を平成 30 年 12 月に開始した。ABCI へのデータ集積、ABCI の地域活用を図るため、学術情報ネットワーク (SINET5) を運用する国立情報学研究所 (NII) と連携協定を平成 31 年 1 月に締結した。地域における民間企業との連携（橋渡し）を推進・強化するため、当領域が地域センターを通じた地域企業との連携構築モデルの一環として、九州先端科学技術研究所（福岡県福岡市、平成 30 年 2 月締結）、京都高度技術研究所（京都府京都市、令和元年 10 月締結）との連携協定を結び、人工知能・ビッグデータ関連技術を中心とした研究成果を円滑に地域企業に橋渡しを行うための協力体制を構築した。その他、茨城県立医療大学との連携協定を平成 29 年 12 月に締結し、ニューロリハビリテーションの共同研究を開始するなど、他の研究機関とも連携が進んでいる。また、日本の AI 研究の効率化を図り、競争力を高めるため、令和元年 12 月に国立研究開発法人 理化学研究所、国立研究開発法人 情報通信研究機構と人工知能研究開発ネットワークを設立した。

国際連携の実績

複数の国際的な研究機関との連携を、特に人工知能分野において大きく推し進めた。まず、平成 29 年 3 月にドイツ人工知能研究センター (DFKI) と研究協力覚書 (Memorandum of Understandings; MOU) を締結し、人工知能研究に関する広域な分野において長期にわたるパートナーシップを確立した。調印式には駐日ドイツ連

邦共和国大使館大使、経済産業省 産業技術環境局局長も臨席し、産総研と DFKI との国際連携を両国関係者に示した。また平成 29 年 9 月にシンガポール科学技術研究局、また英国マンチェスター大学、平成 30 年 1 月に米国カリフォルニア大学サンディエゴ校と連携協定をそれぞれ結んだ。マンチェスター大学とは、延べ 4 名の卓越した研究者を特別卓越研究員として招聘して、人工知能の応用研究を推進するとともに、2 回の合同ワークショップ（「産総研・マンチェスター大学合同ワークショップ」、主催：人工知能研究センター、場所：東京都江東区、平成 29 年 11 月 28 日、12 月 15 日、定員各 150 名）を開催した。このほか、平成 30 年 5 月に英国リーズ大学、同 6 月に仏モンペリエ大学、10 月にインド工科大学ハイデラバード校(IITH)と MOU を、同 11 月にタイのタマサート大学、同 12 月にイスラエル工科大学と意向表明書(Letter of Interest; LOI)を、平成 31 年 2 月にイギリス Alan Turing Institute (ATI)、令和元年 6 月にフランス国立情報学自動制御研究所(Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique; Inria)、同 12 月にポルトガル Institute for Systems and Computer Engineering, Technology and Science (INESC TEC)と MOU を締結し、人工知能分野のみならず、ロボット工学、データサイエンス、ヒューマンマシンインタフェース分野、HPC 等、領域の多様な分野において、欧州ならびにアジア諸国との協力関係の構築を急速に拡大させている。また、令和元年 5 月中旬から 8 週間、MOU を締結した IITH から 5 名のインターン学生を受け入れ、令和 2 年 2 月の人工知能研究センター主催の国際ワークショップに 2 名の研究者を招待講演者として招聘予定である。令和元年 9 月には、ATI との MOU に基づいた活動として、イギリス エジンバラ及びロンドンで開催された、Robotics&AI Collaboration Workshop に人工知能研究センターより 8 名の研究者が参加し、活発な議論を行った。令和元年 10 月には、仏モンペリエ大学との MOU に関連する活動として、同大学においてワークショップ Modeling human through robotics, neuroscience, and ergonomics を開催し、産総研から若手研究者を中心に 9 名の研究者が参加し、双方の研究活動の紹介と今後の連携強化に向け活発な議論を行った。

人工知能研究を中心となって推進する三省（経済産業省、文部科学省、総務省）連携の実績

理化学研究所（理研）と産総研は平成 27 年度に締結した連携協定に基づき、2050 年の社会課題解決を目指した共同研究（チャレンジ研究）を進めており、平成 30 年 1 月に合同シンポジウムを開催した。また、産総研、日本電気株式会社（NEC）、理研の 3 者間で「人工知能研究連携に関する覚書」を締結し、NEC-産総研人工知能連携研究室を核に理研、産総研の間での共同研究を開始した。また、情報通信研究機構（NICT）とは情報通信分野における連携・協力の推進に関する協定を締結し、機械翻訳に関する共同研究を開始した。

【成果の意義・アウトカム】

大学や理研、NICT との連携により、特に人工知能分野においては国内の研究人材や設備などのリソースを結集し、より効果的な研究を行う体制が整った。今後、更に技術開発と展開が進むことが期待できる。また、海外連携も、海外で進んでいる研究テーマを国内の強みと組み合わせることを容易にした。組み合わせた技術を、国内企業との共同研究やコンサルティング等を通じて、更に展開することで、人工知能技術の社会普及と産業競争力の強化を加速することができる。

【課題と対応】

クロスアポイントメント制度の適用例が増加したため、運用面、特に知的財産管理についての課題が生じる可能性がある。雇用元の組織との調整が個別に発生しているため、調整の負荷を削減しつつ、適切な管理をするための枠組み作りを関係部署と進めた。人工知能技術の社会普及と産業競争力の強化を加速することが課題であり、そのために、人工知能研究を中心として、生産性、健康、医療、介護、モビリティなど他の研究分野との連携を前提とした研究テーマを設定し、他の大学・研究機関との協業を更に推進していく。

(5) 研究人材の拡充・流動化・育成

【背景・実績・成果】

産総研イノベーションスクール及び RA 制度の活用による人材育成については、制度促進のため、また受入ユニットの予算的負担を減らすべく、RA の雇用費を領域側で負担し、研究現場の研究費の状況に依存しないように努めた。この結果、産総研イノベーションスクール及びリサーチアシスタント制度に採用された人数は順調に増加した（括弧内は各年度の目標値）。

平成 27 年度： 32 名（30 名）

平成 28 年度： 46 名（32 名）

平成 29 年度： 82 名（50 名）

平成 30 年度： 131 名（70 名）

令和元年度： 155 名（140 名）（12 月末現在）

令和元年度の受け入れ人数は平成 27 年度の約 5 倍に増加している。

採用及び処遇等に関わる人事制度の整備状況については、冠ラボ等大型共同研究、NEDO プロジェクト等で、新たな人材を積極的に確保するため、総務本部（人事部）と連携し、プロジェクト型任期付研究員を通年公募とすることで、優秀な人材を採用する機会を年 2 回から月 1 回に増加させた。さらに、平成 29 年度以降、毎月 1 回採用審査会を開催することで、応募から採用までの期間を最短 4 ヶ月から最短 2 ヶ月に短縮とし、研究人材の確保を促進した。

女性のロールモデル確立と活用を増大させるための環境整備・改善では、研究グループ長として平成 29 年度に 1 名、平成 30 年度に 2 名の女性を登用した。優秀な女性人材の発掘のため、そしてその育成へとつなげるために、領域独自の女性研究者紹介パンフレットを新規に作成して女子大学院生・ポスドク等に配布した。イノベーション推進本部、産学官・国際連携推進部、連携企画室と密に連携し、領域として、お茶の水女子大学との包括連携協定に伴う見学会や懇談会を企画運営した。ダイバーシティ推進室と連携し、女子大学院生・ポスドクのための産総研所内紹介・在職女性研究者との懇談会（つくばセンターにて毎年開催、令和元年度の参加者は 32 名）も企画運営した。これら所内運営への貢献が、逆に女性研究者への過度な負担とならないよう、調整を行った。これらの活動により、平成 27 年度から平成 30 年度までの女性研究職員の採用数平均 3.4 名に対して令和元年度は 4 名とすることができた。また男女問わず育休の取得や、育休取得者のパーマネント化審査の時期への配慮など、領域としての支援を行った。

【成果の意義・アウトカム】

イノベーションスクールなどの取組は、日本の若手研究者の育成に有効に作用している。また、女性研究者のロールモデルとなりうる人材の登用と情報発信の

取組は、日本の研究現場のダイバーシティの更なる向上に繋がることが期待される。

【課題と対応】

当領域では、優秀な若手研究者の確保が引き続き課題である。この対応策としては、RA やポスドクの中で、特に高い研究能力を有していると明らかに判断される者については、研究成果の量に過度にとらわれることなく、パーマネント職員として採用するなど、柔軟性を高めた採用に努めた。海外人材の受け入れも推進しているが、入所後の業務手続に関する課題が存在するため、引き続き改善に向けて関係部署と調整する。

女性研究者の割合、特に女性管理職の割合を更に増やすことも課題である。これに対しては計画的な育成及び環境整備に引き続き取り組んでいく。

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

総括

【背景・実績・成果】

第4期における橋渡し機能の強化に資する目的基礎研究では、それぞれの重点課題において次の通り目標を達成した。重点課題1においては、ビッグデータの分析・試験・評価による知的なサービスの特筆すべき成果である「人工知能技術の化学・生物学分野への適用」をはじめ、データと知識を融合して学習・理解するデータ知識融合人工知能などの基礎技術を開発した。重点課題2では、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステムを実現する軽量でスケラブルなセキュリティ技術の特筆すべき成果として「汎用的なデータ処理秘匿化技術に関する研究」など、ソフトウェア工学や暗号技術を用いてシステムの品質と安全性を向上する技術を開発した。重点課題3に関しては、人間活動の測定評価技術、人間の運動や感覚機能を向上させる訓練技術の研究開発の特筆すべき成果として「歩行・走行の計測評価技術とランニング義足開発」、「ニューロリハビリテーション技術の開発」を実施し、自らの残存機能を活かして人や社会とのコミュニケーションを実現し、向上させるための機能訓練・機能支援技術を開発した。重点課題4では、環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術の特筆すべき成果として「コンピュータビジョン技術に関する目的基礎研究」「大型構造物組立ヒューマノイドロボットシステムの開発」を推進し、三次元空間計測、空間情報理解、動作計画・教示技術、過酷環境の移動技術を構築した。

「人工知能技術の化学・生物学分野への適用」として、平成30年度は、大量のデータから効率的に学習できる深層学習法を、膨大な化学・生物学の知識に適用することで、タンパク質の機能改変過程を最適化し、従来比20倍以上の効率化を実現した。令和元年度には、企業との共同研究で新しい医薬品の開発に本技術を適用開始した。「汎用的な Visual SLAM のオープンソースソフトウェア OpenVSLAM」では、実用性を高めた Visual SLAM のソフトウェアを、オープンソースとして公開した。公開から7ヶ月経った令和元年12月末日時点においてGitHub上で1,800以上のスターを獲得しており、世界的に極めて高い評価を得ている。「自動走行パ

パーソナルモビリティのための高精度 Visual SLAM 技術の研究」では、単眼カメラを用いた Visual SLAM の精度を高めつつ計算量の削減に成功し、Visual SLAM の実用化に向けて大きく前進した。令和元年度は国内学会での最優秀賞の獲得の他、トップ国際会議にも採択され、さらにトップ国際会議のデモ動画は全発表中第 2 位を記録するなど、世界的に高い評価を得た。「汎用的なデータ処理秘匿化技術に関する研究」は、平成 29 年度までに開発を進めてきた暗号化技術を、平成 30 年度に秘匿性を保持したまま様々なデータを処理する技術として結実させ、後述するレベル 2 準同型暗号データ処理の世界最高速を達成した。令和元年からは、企業と共に社会展開を推進している。また、「歩行・走行の計測評価技術とランニング義足開発」においては平成 28 年度～30 年度に歩行機能データベースとその評価技術の構築を行った。令和元年度は令和 2 年パラリンピックでの使用と記録向上に資する義足設計技術を開発し、技術を用いたランニング義足が発売された。「ニューロリハビリテーション技術の開発」においては、平成 30 年度に機能回復に向けて目指す脳の変化を実現するために不可欠な測定技術を世界で初めて開発し、令和元年度には医療機関と連携し、リハビリ中の脳卒中患者に対する脳機能計測の予備実験として健常者に対してして fMRI による脳活動計測を試行した。さらに、「コンピュータビジョン技術に関する目的基礎研究」では、実世界情報処理のための視覚認識技術を積み上げ、平成 29 年度に直射日光下でのパターン投影による高速形状計測に世界で初めて成功し、平成 30 年度には車載カメラで撮影した画像から動画像処理によりニアミス検出を行う新手法を開発した。動画像認識技術は安全確保、生産管理、自動運転などに広く有用で、様々な産業分野からの注目が高く、既に橋渡しにも取り組んでいる。「大型構造物組立ヒューマノイドロボットシステムの開発」においては、平成 30 年度に重量約 11 kg の石膏ボードの持ち上げ、ハンドリング、運搬が可能なヒューマノイドロボットを開発し、令和元年度は、接触状態推定及び接触状態に応じたバランス制御技術、接触対象の変形モデル推定とそのモデルを用いたバランス制御技術等の開発を行い、足裏等が十分な接触面積を得られない場合や接触に伴って路面が変形する場合においてもロバストな移動・作業を実現した。

論文発表件数は、以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成 27 年度： 101 報 (100 報)
平成 28 年度： 152 報 (110 報)
平成 29 年度： 160 報 (120 報)
平成 30 年度： 165 報 (140 報)
令和元年度： 103 報 (150 報) (12 月末現在)

論文の合計被引用数は以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。平成 27 年度は初めての試みだったこともあり目標値を設定していなかった。

平成 27 年度： 728 回
平成 28 年度： 1,675 回 (750 回)
平成 29 年度： 2,224 回 (1,000 回)
平成 30 年度： 2,163 回 (1,500 回)
令和元年度： 2,635 回 (2,000 回) (12 月末現在)

トップ国際会議発表件数は、以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成 27 年度： 45 報 (100 報)

平成 28 年度： 69 報 (100 報)
平成 29 年度： 104 報 (100 報)
平成 30 年度： 125 報 (110 報)
令和元年度： 80 報 (110 報) (12 月末現在)

【成果の意義・アウトカム】

それぞれの成果は、インパクトの高い国際学術論文誌に論文が採録されるとともに、文部科学大臣表彰をはじめとする受賞や国際的コンペティションの優勝にも至っており、世界的に注目される成果を得ている。学術的に高い価値を持つだけでなく、関連プレスリリースへの反響や動画の 100 万回以上の再生、また企業から多数の問い合わせや主催シンポジウムへの参加など、将来的な社会への技術の展開に向けて活発な動きにつながっている。さらに、令和元年度は GitHub などに公開したソフトウェアへの注目も極めて高く、産総研のプレゼンスを世界に示しただけでなく、技術の展開にも貢献した。

第 4 期中長期計画・年度計画を上回って達成された内容は以下の通りである。第 4 期中長期計画におけるビッグデータに基づく人工知能の適用対象は言語や画像の処理、サービス設計であり、「人工知能技術の化学・生物学分野へ応用」は当初想定されていなかった新たな成果である。また、「汎用的なデータ処理秘匿化技術に関する研究」については、一般性の高い 10 個以上の秘匿計算アプリケーションを実現し、新たな適用先として金融機関との提携も行った。「ニューロリハビリテーション技術の開発」については、ノイズの問題を解決し世界で初めて fNIRS を用いて 100 日以上にわたるリハビリ中の脳活動変化を評価した。「コンピュータビジョン技術に関する目的基礎研究」では、計画を上回る成果として直射日光下での認識を可能とする技術を開発した。「大型構造物組立ヒューマノイドロボットシステムの開発」では、目標にあるボルト締めだけでなく、それを超える成果として重量物 (11 kg の石膏ボード) の運搬と、電動工具による組み付けを実現した。

人工知能技術の化学・生物学分野への適用

【背景・実績・成果】

創薬をはじめとする化学・生物学分野では、新薬や機能素材など産業的に有用な物質の探索が盛んである。有用物質を短時間で発見、合成する技術への期待が極めて強い。従来は、偶然に頼る部分や、科学者の個人的な経験に頼る部分が大きく、数年に渡る歳月と幾多の試行錯誤を必要としていたが、近年、人工知能技術を応用することによる開発の加速化に大きな期待がよせられている。人工知能研究センターでは、深層学習をはじめとする機械学習技術を、この分野に適用するための目的基礎研究に取り組んだ。以下では代表的な二つの成果を挙げる。第一に薬剤とタンパク質の相互作用を、高速で高精度に予測する技術の開発、第二にタンパク質を効率的に改変し、より望ましい機能をもつものを人工的に作り出す技術の開発である。

第一の成果では、化学と生物学の知識に基づき、性質の異なる深層学習手法を組み合わせて、薬剤とタンパク質に対する高精度の相互作用予測手法 (既存手法比で相互作用の有無に対する予測精度 3~10 %の向上) を開発し、平成 30 年度に論文発表した。従来の相互作用予測手法であるシミュレーションや他の深層学習手法は、薬剤やタンパク質の立体構造データを入力することが必要である。しかし、立体構造データはそれ自体が入手しにくい上に、大規模計算になってしまい計算

コストが高い。一方で本手法は、既存手法比で 3~10 %の精度向上を達成しただけでなく、立体構造データを必要とせずアミノ酸配列情報のみから相互作用を予測できる点が大きな利点である。加えて、本手法では、配列はわかっているが未だ立体構造がわかっていない膨大な数のタンパク質を学習データとして利用することができるため、適用範囲が大幅に広がる。また、薬剤やタンパク質の立体構造を用いない従来手法では、予測結果から三次元的な相互作用部位を特定できず、結果の解釈に問題があるとされてきたが、今回開発した手法では相互作用部位を特定・可視化できる。これにより、機械学習が出した予測結果について解釈が可能となる。論文発表では、創薬研究におけるベンチマークデータで手法を評価したが、令和元年度には、薬学部や製薬会社などと共同研究を実施し、現場の実データへの適用を開始した。

第二の成果では、ベイズ最適化手法によって、タンパク質の機能改変過程を最適化する技術を開発した。具体的な対象として蛍光タンパク質(YFP)を用い、変異を導入すべき部位を新手法で予測し合成、測定を繰り返すことで、従来よりも明るく鮮やかな蛍光タンパク質の合成に成功した。従来法と比較した場合、新手法は従来工数の 20 倍以上の効率化を果たし、平成 30 年度に論文発表し、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)、内閣府官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の大型プロジェクトに繋がった。令和元年度には、企業との共同研究で新しい医薬品の開発に本技術を適用開始した。従来技術としては、対象のタンパク質をランダムに改変したものを大量生成し、その中から目的の性能を有するタンパク質を抽出する方法が用いられてきた。しかし、運まかせともいえるこの方法では、望む性能のタンパク質を得るまでに必要なコストや時間の見積りが困難で、収益性の面でリスクの高い方法と考えられている。一方で本手法は、ベイズ最適化により従来比で 20 倍効率よく改変方法を予測することができる。さらに、特定のタンパク質によらず汎用的な技術である点が特長である。本研究は臨海副都心センターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

薬剤とタンパク質の立体構造データを入力することなく、これらの相互作用を高速で高精度（既存手法比で 3~10 %の向上）に予測する手法や、従来手法の 20 倍以上の効率化を実現するタンパク質の機能改変最適化技術を開発した。これにより、人工知能技術によってバイオ産業の研究開発を加速する突破口を開いた。

高精度な予測ができるだけでなく機械学習が出した予測結果について解釈が可能となる技術であることから、新薬を大量の候補群から絞り込む作業の加速が期待される。また、抗体や酵素など、医薬品や工業製品として有用性の高いタンパク質を効率よく改変することができれば、より望ましい性能をもつ素材や薬剤を人工的に作りだすことができるようになる。

新薬の開発や、タンパク質の合成においては、従来偶然に頼る部分や、科学者の個人的な経験に頼る部分が大きかった。しかし人工知能技術の活用は、このような現状を打破する大きな可能性を秘めている。本研究成果は、人間の知識や経験を越えたその先に、科学者が夢にすら見なかった革新的な新薬やタンパク質を手にする未来への突破口を開く技術として位置づけられる。

薬剤とタンパク質の相互作用を、高速で高精度に予測する技術開発の成果について、論文が Oxford University Press の論文誌である Bioinformatics 誌(IF: 5.5)に採択された（人工知能研究センター機械学習研究チーム椿研究員が筆頭著

者)。この論文誌は、Google scholar citationにおいて、h5-指標が110、h5-中央値が188であり、これはバイオインフォマティクス分野のジャーナルとしては1位である。

タンパク質を効率的に改変し、より望ましい機能をもつものを人工的に作り出す技術の成果については、論文はACS Synth Biol誌(IF: 5.3)に採択され、本分野のトップジャーナルであるNature Biotech誌のResearch Highlightで注目論文として紹介された。論文注目度を表すAltmetric scoreは81(全論文の上位5%以内)であり、第70回日本生物工学会大会トピックス賞を受賞し、複数の大型研究資金の獲得に繋がった。

両成果ともに、それぞれ平成30年度に産総研プレスリリースを行い、化学工業日報、日刊工業新聞、Web系記事などで多数取り上げられた。

汎用的なVisual SLAMのオープンソースソフトウェアOpenVSLAM

【背景・実績・成果】

自動運転や拡張現実(Augmented Reality; AR)、ロボティクスなどへの応用を目的にVisual Simultaneous Localization and Mapping (Visual SLAM)の研究開発が世界中で盛んに行われている。Visual SLAMは主に動画を対象とし、カメラの位置姿勢や環境形状をリアルタイムに認識できるため、画像中の物体認識及びそれらの関係性の理解と合わせSpatial AIとして位置付けられている。カメラはLight Detection and Ranging (LiDAR)など他のセンサと比較して安価かつ小型であるため、スマートフォンやドライブレコーダーなど様々な場面で用いられ、その普及率も極めて高い。昨今の自動運転やARの開発競争に伴いその産業的ニーズも日に日に高まっている。

一方で、その技術開発は限られた組織のみで行われており十分に広まっていない。スマートフォンでARアプリなどを開発する際も、機能制限されたApplication Programming Interface (API)に依存する他なく、新たなアプリケーションを開発する上で大きな足枷となっていた。Visual SLAMのオープンソースソフトウェアはこれまでもいくつか存在していたが、ライセンスや機能(特定のカメラモデルやマップの入出力)の制限により、依然オープンソフトウェアとして十分に確立された技術とは言い難く、その技術を応用した新たな分野の研究開発が進みづらい状況にあった。

この状況を打破するため、人工知能研究センターではVisual SLAMのオープンソースソフトウェア「OpenVSLAM」を開発し令和元年5月に公開した。OpenVSLAMの特徴として、①複数のカメラモデルに対応、②マップの入出力とローカリゼーションが可能、③ソースコードの高い可読性、④制限の少ないライセンス(2-caluse BSD)、が挙げられる。これらの利点により、研究機関だけでなく企業も含めた多様な分野の研究者やエンジニアが参加する世界レベルのオープンソースコミュニティが構築され、世界的に広く認知し用いられる技術となっている。実際、GitHub上で公開後、僅か5ヶ月で1,500スターを獲得しており(令和元年年12月25日時点で1,800スター)、世界的に極めて高い評価を得ている。また国内外の企業から問い合わせがあっただけでなく、令和元年10月にフランスのニースで開催されたマルチメディア系のトップカンファレンスACM Multimedia 2019オープンソースコンペティションで世界1位を獲得した。

本研究は臨海副都心センターで行った。

【成果の意義・アウトカム】

世界的な Visual SLAM のオープンソースソフトウェアを主体的に開発していくことは、空間データインフラを構築する上で必要不可欠となる。OpenVSLAM は Visual SLAM の他のオープンソースソフトウェアと比較して、特に実用性とメンテナンス性を重視している。アルゴリズムとしては現時点で最も安定性が高い特徴点ベースの手法を採用し、またソースコードは可読性を重視して実装されている。世界標準のオープンソースとして利用されるためには、世界中の人々が共同で開発を行えるように幅広い層の人々が利用する機能を備え、組織として継続的なメンテナンスをサポートする必要がある。産総研がその中心的な役割を果たすことで、新たな技術やアプリケーションの開発拠点としての役割を果たすことができる。

Visual SLAM は社会の空間データ基盤を確立するための最重要要素技術の一つである。安全・安心な社会基盤を構築するためには、その要素技術に対してあらゆる検証を行う必要があるが、個人や一つの組織のみでは困難である。そのため、異なる分野の人々が利用しその知見をフィードバックしてもらうことでシステムの安定性を高める。さらに、産総研をはじめ多くの組織でこの要素技術を発展させた新たな研究開発が行われており、学術と産業の両面において新たなフィールドを切り開いていくことが期待される。

自動走行パーソナルモビリティのための高精度 Visual SLAM 技術の研究

【背景・実績・成果】

中心市街地での移動を自動車に過度に依存せず、パーソナルモビリティを有効活用することで、CO₂削減や省エネ等を実現しようとする機運が高まっている。パーソナルモビリティ機器の自律走行には、周辺の 3 次元形状を認識し自己位置を推定する SLAM 技術が不可欠である。SLAM 技術には従来、高価な LiDAR が用いられてきた。本研究では、LiDAR の代わりに安価なカメラを 1 個用い、CPU のみによる画像処理で LiDAR と同程度の精度の SLAM を実現した。SLAM の世界的なベンチマークテストでも従来の Visual SLAM よりも高いスコアを達成している。発表論文は第 24 回ロボティクスシンポジウムにおいて最優秀賞を獲得し、トップ国際会議である CVPR2019 にも採択された。さらにデモ動画は CVPR2019 での全発表中第 2 位を記録し、世界的にも注目を集めた。

【成果の意義・アウトカム】

乗車定員が 1-2 名のパーソナルモビリティ機器の世界市場は、令和 7 年には 1,000 億ドルに達すると予想されている。これらの機器に搭載される SLAM 用センサとして、これまで主に LiDAR が搭載されてきた。本技術により高価な LiDAR を単眼カメラで代替することができる上、データ処理にも高価な GPU を必要としない高精度な Visual SLAM が実現した。本研究の成果により、SLAM 機能の飛躍的な低コスト化が可能になり、量産型パーソナルモビリティへの SLAM 機能搭載を通じて自動運転の普及に貢献する。これは、高齢化社会において移動手段を提供するだけでなく、生産年齢人口の減少に対応する物流システムの自動化へも波及する。

汎用的なデータ処理秘匿化技術に関する研究

【背景・実績・成果】

Society5.0 では、様々なものがインターネットにつながる Internet of Things (IoT) 等により収集される膨大なデータに対し、最先端の人工知能技術に基づく処理を行うことで、価値ある情報を取り出して活用することを目指しており、これ

を実現する技術に期待が高まっている。収集されるデータには個人情報や機密情報等の秘匿すべき情報が多く含まれており、情報漏えいのリスクが、収集情報の活用への深刻な障害となっている。本研究では、入出力情報を秘密にしたままでのデータ処理を可能とする秘匿計算技術の実用化を進め、平成 26 年に世界一を達成した格子暗号解読コンテストへの継続的な取組とその理論的根拠付けに関する研究を通して、核となる要素技術の開発に成功した。また、これらの技術に基づき社会展開元となる企業を獲得し、さらに、平成 28 年度開始の科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業（JST-CREST・スモールフェーズ、8,000 万円／2 年 4 か月、研究代表者：花岡）および令和元年度開始の同事業（JST-CREST・加速フェーズ、3 億円／3 年、研究代表者：花岡）に採択された。一方、格子暗号以外の高機能クラウド暗号化技術としては、平成 27～29 年度に生体情報を用いた電子署名方式の安全性の証明に関する共同研究を日立製作所と実施し、平成 28 年 10 月にドコモモバイルサイエンス賞を受賞した。

現時点までに、既に汎用秘匿化計算フレームワークの理論設計、効率的な秘匿計算ツールの開発と実装、高速秘匿化文字列検索手法の開発、実証アプリケーションの開発などで成果をあげている。平成 30 年度においては、理論的成果として、汎用秘匿化計算フレームワークの理論設計を完成させ、さらに、並列化による著しい高速化に成功した。特に、秘匿化処理ツール群を実装したことによって、秘匿計算実行のための事前処理を 600 倍以上高速化することに成功した。また、無制限な回数の加算に加えて 1 回の乗算を暗号空間で実行できるレベル 2 準同型暗号の世界最高速実装（C++ライブラリ）及びウェブブラウザ上で直接実行可能とするライブラリ実装を行った。本実装を用いることで、従来は現実的な時間では実行すら不可能だったウェブブラウザ上での暗号化処理を 1 ミリ秒以下で実行可能とした。一方、テキスト検索に関して、Burrows-Wheeler 変換、Wavelet 行列を用いた、高速秘匿化検索手法を開発した。一連の成果は、トップ国際会議、査読付論文誌に多数採録されており、令和元年度においては、暗号理論分野のトップレベル国際会議 Asiacypt 2019, Crypto 2019, Eurocrypt 2019 や情報セキュリティ分野のトップレベル国際会議 AsiaCCS2019, ESORICS 2019 を含め、トップ国際会議において 11 報、IF 付論文誌に 13 報の成果がそれぞれ採録されている。開発技術の汎用性を実証するため、配列アラインメント、カイ 2 乗検定、アンケート集計、広告表示システム、日程調整システム等、10 個以上の秘匿計算アプリケーションを構築し、実用的な実行時間で処理できることを確認した。この成果は情報セキュリティ分野における国内最大規模の研究会である、CSS2018 において、最優秀デモンストレーション賞を受賞している。社会展開に関しては、秘匿計算の要素技術である秘密分散について事業化の実績をもつ企業との密接な連携のもと、秘匿データ処理の事業化の検討を開始した。これらの一連の成果により、花岡、清水、縫田は、平成 30 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞を受賞した。さらに、本研究は JST-CREST（加速フェーズ・3 億円／3 年・研究代表者：花岡）に採択され、令和元年度からは、ZenmuTech 社等と共に社会展開を推進している。

本研究は、既存の類似研究と異なり、単に要素技術としての秘匿計算技術の開発を目指すのではなく、実用的処理速度を提供可能な汎用的データ処理秘匿化技術を実現し、具体的なビジネスモデル設計のもと社会展開を目指すものである。また、ZenmuTech 社、パナソニック社等の複数企業の参画により、実社会におけるビジネス展開を前提としている点も特筆に値する。本研究による開発技術を用いることで、入出力情報を秘匿したままデータ処理を行うことを必要としている幅

広いアプリケーションからの要求に初めて応えられるものと考えられる。

本研究は、外部から以下のような高い評価を得ている。本研究が開始された平成 28 年 12 月以降の主な業績としては、平成 29 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (Attrapadung)、トップ国際会議発表数 27 件 (下記の令和元年度分も含む)、IF 付論文誌採録 19 件 (下記の令和元年度分も含む) となっている。また、令和元年度の主な業績としては、トップ国際会議発表数 11 件 (暗号理論分野トップ会議 Asiacrypt 19, Crypto 2019, Eurocrypt 2019, TCC 2019, FC 2019、情報セキュリティ分野トップレベル会議 AsiaCCS 2019, ESORICS 2019 等)、IF 付論文誌採録 13 件 (IEEE Access, Security and Communication Networks 等) などが挙げられる。

本研究は臨海副都心センターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

本研究の完成により、プライバシー保護データ解析技術の実社会における事業展開が可能となり、実用上想定されるほとんどのデータ処理について、その秘匿化のための機能のアウトソース化が可能となる。そして、それ自体が新たなイノベーションの創出となるだけでなく、これまで個人情報保護の懸念から利活用が困難であった機微情報に対して、誰でも、いつでも、圧倒的低コストで最先端人工知能技術が適用可能となることが予想される。サービス提供者はデータ保護機能を外部委託することを前提に、主たるサービス内容についてのシステム構築に専念でき、現状では情報漏洩等の懸念により利用が進んでいないデータの利活用が促進され、特に個人々に適応したサービスなどの新サービス創出によるイノベーションが期待される。これらにより、誰もが安心して人工知能の恩恵を受けて個人ごとに多種多様できめ細かなサービスが提供される「優しい社会」が実現される。

具体例としては、顧客のゲノム情報や健康情報をもとに、自動的に適切な医療アドバイスをする事業等への展開が考えられる。そのほか、個人の病歴と生活習慣のビッグデータ解析による相関関係の導出、セキュリティ保護が求められる画像検索サービスにおけるデータの秘匿化などでの利用が期待される。また、情報銀行におけるセキュリティ基盤として活用することで、データのやりとりはするがその中身は一切知ることができないという、高安全な信託機能を発揮することが可能となる。現在、Backend as a Service (BaaS) ビジネスが急速に成長しており、平成 24 年には全世界で約 2.16 億ドルの市場規模であったのに対し、平成 25 年の予測では、平成 29 年には 77 億ドル、令和 2 年には 281 億ドルの市場規模が予想されている。本研究で開発する汎用秘匿化依頼計算技術は、上述の問題点を克服し、さまざまな情報サービスにおけるプライバシー保護機能を提供する BaaS として新たなビジネスを展開可能と考えられる。

歩行・走行の計測評価技術とランニング義足開発

【背景・実績・成果】

高齢社会において、介護等の社会負担を低減するためには、加齢や障がいに伴う身体運動機能の低下を予防する健康維持増進の取組が必要である。さまざまな方法が提案され、実証されているが、実態として健康維持増進につながる身体活動を習慣的に実施している人の割合は成人全体の 3 割程度で 10 年間ほとんど増えていない。本研究では、加速度、ジャイロ、圧力センサなどのウェアラブルセンサからの情報をもとに転倒予防や傷害予防、美容などの効果を評価する技術を

開発し、これを歩行評価サービスとして実用化した。また、下肢切断者のランニング義足について、走行傷害を予防しながら記録を向上させる義足デザインとトレーニング手法を研究した。その成果に基づいた新しいランニング義足が製品化され、令和2年パラリンピックでの使用と記録向上が期待されている。

平成28年度～平成30年度には、平成28年度以前から構築してきた歩行機能データベースに対し、実験室で計測した高齢者データ50例及び現場で計測した高齢者データ50例を追加した。そのデータベースに基づく数理モデルを用いることで、生活現場で利用可能なウェアラブル型及び環境設置型センサデバイスから歩行評価指標を計算するアルゴリズム、並びに、それらを可視化提示する技術を開発した。この技術に基づく企業共同研究を複数実施した。平成29年度までに4箇所：東京都江東区（臨海地区）、千葉県柏市（柏の葉地区）、長野県佐久市（佐久平地区）、秋田県潟上市（天王地区）、平成30年度ではさらに4箇所：秋田県五城目町、秋田県三種町、青森県弘前市（弘前大学周辺）、並びに沖縄県名護市（名桜大学周辺）で実証実験を実施した。平成30年度には、これらの実証実験から得られた視覚や触覚刺激に対する運動の変化データから、人の運動を変化させるメカニズムを明らかにし、運動変化を誘発するシステムを試作した。また、これらの計測評価技術を下肢切断者の義足歩行・走行機能評価に適用し、企業との資金提供型共同研究を通じて、義足の適合評価方法を開発した。大学（東京大学）、医療機関（三重県・日下病院）、東京都立産業技術研究センターとの連携により、新しいランニング義足をデザインした。平成30年度には、倒立振子を用いた義足走者の力学モデルを構築し、義足のバネ・ダンパ特性の変化がスプリントタイムに与える影響を10%以下の誤差で予測できるようにした。この義足の力学モデルシミュレーションに基づいてスプリントタイムを向上しうる最適デザインを探索し、ランニング用義足の製品化につなげた。本研究で構築した健常歩行、義足歩行データベースの規模は、世界トップクラスである（健常歩行については調べうる限り世界最大規模。義足歩行については欧米の大手医療機関に次ぐ規模）。健常歩行データベースの利用は年間300件以上であった。このようなデータベースは世界でも他に例がない。

以上の研究成果に対して、IF付き英語論文37本に採録され、海外3件を含む8つの賞を受賞した。招待講演・基調講演として41件（うち、国際会議10件以上）発表し、新聞報道・TV報道は100件以上（うち、海外30件）と多くの反響を得た。また、ウェアラブルセンサを用いた歩行評価技術については、共同研究を行った企業のうち2社で製品化に至り、具体的な歩行評価サービスが始まっている。このほかにもベンチャー企業を含む複数社で実用化に向けた開発が進められている。ランニング義足については、義足の力学モデルシミュレーションを活用したデザイン探索結果に基づく製品が令和元年度に発売され、令和2年度には走幅跳に特化した製品を販売する予定でいる。

本研究は臨海副都心センター及び柏センターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

歩行運動にフォーカスし、健康を維持増進させるためのシステム技術とサービス開発は、健康増進に資する運動を定常的にを行う人の増加に寄与するものである。厚生労働省の調査では、日常的な健康増進運動を行う習慣を持つ人は成人の3割しかいない。この研究では、歩行評価の可視化による動機づけだけでなく、人の運動を変容させるメカニズムを活用したサービス技術によって、いままで運動習慣を持たなかった7割の人の行動を変えることを目指している。また、義足ラン

ニングにおいて、下肢切断アスリートのスプリント記録が健常者トップアスリートの世界記録を上回るようなことができれば、そのことが日常的に義足を使用する人々のスポーツ活動への参加の強い動機づけになることは間違いない。これは、下肢切断者の QOL 向上に大きな意義を持つだけでなく、ランニング義足レンタルビジネスなどの市場創出効果を持つ。

日常的に健康維持行動をとっていない人の長期的な医療費増等による国内経済損失は、平成 28 年時点で 4,500 億円と見積もられている (Lancet 2016 の論文データを GDP 比で換算した)。歩行のように比較的始めやすい健康維持行動へ向かわせ、それを持続させる行動変容技術によって、この経済損失を大幅に低減できる。また、健康維持行動をとっていない 7 割の人口は令和 12 年度で 5,300 万人規模であり、歩行評価・行動変容サービスの潜在的な市場規模は 3 兆円、デバイス市場も 2 兆円に及ぶ。

ニューロリハビリテーション技術の開発

【背景・実績・成果】

現在、脳卒中は要介護となる原因の第一位を占めており、発症後に行われるリハビリテーションの高度化は高齢化社会における緊急の課題である。脳を変えることでより根本的な機能回復を目指す「ニューロリハビリテーション」が世界的に注目されているものの、十分なエビデンスに基づいた技術は未だ確立されていない。ニューロリハビリテーションは、従来法よりも脳損傷後の機能回復を促進させる可能性を持つと期待されているが、回復をもたらす脳の変化の理解自体が進んでおらず、効果的な回復ができていないという課題がある。本テーマでは①脳機能回復の背景にある脳の変化の解明、②リハビリ中の脳活動をモニタリングする評価技術、並びに③脳の適切な変化を誘導する介入技術の開発を一貫して行いニューロリハビリテーション技術の確立に大きく貢献した。これらの研究開発を緊密な連携の下に一貫して行っているグループは世界的にも例がない。

まず①脳機能回復の背景にある脳の変化の解明では、脳損傷モデル動物を用いた研究により、手の運動機能回復に関わる脳領域(運動前野腹側部)を同定した。手の運動機能は脳卒中患者の QOL に深くかかわる一方、回復が難しい。これまで脳をブラックボックスとしてとらえ、試行錯誤を通じてリハビリ技術を開発していたが、本成果により初めて“機能回復を実現するために目指すべき脳の変化”を設定できるようになった。次に②リハビリ中の脳活動をモニタリングする評価技術では、リハビリ中の脳活動変化を計測できる fNIRS を脳損傷モデル動物に適用し、数ヶ月にわたる脳活動変化を評価した。その結果、脳卒中後の回復過程で運動前野腹側部の活動が上昇することを確認した。令和元年度にはさらに茨城県立医療大学とのニューロリハビリテーション技術に関する連携協定を活用し、人に対する脳活動計測を実施した。人に対する実験の万全性を期すために、脳卒中患者への fNIRS による脳活動計測に代わり令和元年度は健常者に対する fMRI による計測を実施し、その結果に基づいて脳卒中患者の計測を行うよう計画を変更した。また③脳の適切な変化を誘導する介入技術の開発では、脳損傷モデル動物を用いた研究により、脳機能回復に効果をもたらす身体動作アシストの介入方法を明らかにした。同じくモデル動物を用いて、脳卒中後の慢性期においてリハビリ訓練の効果を促進する edonerpic maleate という化合物が脳の可塑性を高める効果を実証した。

①脳機能回復の背景にある脳の変化の解明において、手の運動機能回復に関わる脳領域を同定したのは世界で初めてであり、論文を当該分野における主要な国

際ジャーナル (Murata et al., 2015, Journal of Neuroscience, IF: 6.0, Yamada et al., 2018, Scientific Reports, IF: 4.1) に発表するとともにプレスリリースをおこなった。②リハビリ中の脳活動をモニタリングする評価技術では fNIRS を用いて 100 日以上にわたるリハビリ中の脳活動変化を評価したことも世界で初めての成果であり、その技術的要素を国際ジャーナルに発表した。これまでの fNIRS ではノイズが大きいため 2 日間の脳活動に関する 1 日目 2 日目の計測結果どうしの比較さえ難しかったことと比べて、革新的な進歩である。リハビリ中の脳活動をモニタリングする評価技術に関しては、社会実装に向けて脳卒中患者でのエビデンスを蓄積する段階に来ている。③脳の適切な変化を誘導する介入技術の開発に関しては、リハビリ訓練の効果を促進する薬剤は未だ一つも実用化されていない。本研究で脳損傷モデル動物における効果を実証したことによって、世界初のリハビリ促進薬の実用化に大きく前進した。

令和元年度の特筆すべき成果として、「脳損傷後に新たに形成される神経路」を発見した。ヒトに近い体格と脳構造を有するマカクサルを対象に、脳からの運動出力を担う主要領域である大脳皮質の第一次運動野に永続的な損傷を作成した後、運動機能の回復過程で生じる脳の神経路の変化を調べた。その結果、回復時に、損傷により失われた第一次運動野の機能を代償する損傷周囲領域である「運動前野腹側部」と、滑らかな運動を行うために重要な役割を果たす小脳からの出力を担う「小脳核」との間に新たな神経路が形成されることを発見した。小脳核から運動出力に関わる最終中継神経核である脊髄に至る神経路が存在することから、運動前野腹側部の情報を筋肉に伝えるために、新しい代償的な運動出力路（運動前野腹側部→小脳核→脊髄）が形成された可能性がある。本研究成果は神経科学分野で最大の学会 Society for Neuroscience が発行する英文国際ジャーナルである Journal of Neuroscience 誌 (IF : 6.1) に掲載された。

【成果の意義・アウトカム】

脳機能回復に関わる脳活動変化の解明、及びリハビリ中の脳活動変化を評価する技術と介入技術の開発を中心にニューロリハビリテーション技術に関する多くの成果を挙げた。「目的基礎」の研究フェーズのため、質の高い論文の発表を主要な成果と設定した。

今後脳卒中患者に本技術を適用した際に、患者の状態変化についてのエビデンスが蓄積されれば、リハビリ中の脳活動をモニタリングし、行っているリハビリの有効性を直接評価する技術が実現できる。またこれまでの研究によって“リハビリが脳を変える”ことを示すことが出来たことから、その成果を伝えることが患者のリハビリに対するモチベーションを上げるために貢献できる。患者や医療スタッフに研究成果を伝えるための講演やシンポジウム（産総研ニューロリハビリシンポジウム、平成 28 年度以降毎年開催）を積極的に行った。

現在の脳卒中に関わる国庫負担は、リハビリに関わる医療給付費が毎年約 5,000 億円、後遺症を持つ患者に対する介護給付費が約 5,400 億円と試算されている。ニューロリハビリ技術により効果的かつ効率的にリハビリを行うことで、患者のリハビリ期間と要介護となる患者数を減少させることができれば、患者の QOL 向上をもたらすのみならず数千億円規模の国庫負担の削減につながる。またリハビリ機器の世界市場規模は令和 3 年の段階で約 1.5 兆円と試算されており、高齢化先進国である日本発のニューロリハビリ技術を世界に展開することで大きな経済的インパクトをもたらす。本研究成果は、患者の脳の状態に合わせた「テイラーメイドニューロリハビリテーション」にも発展するため、多様な症状を持つ患者

を取りこぼすことなく対応できる医療の確立に貢献できる。

手の運動機能回復に関わる脳領域を同定した研究成果について平成 27 年度にプレスリリースを行った結果、3 日間で 6,000 件のアクセス、国内新聞主要 7 紙での報道、欧米や中国など国外の多くの Web サイトへの掲載など多くの反響を得た。毎年開催している産総研ニューロリハビリシンポジウムでは、大学・研究機関、臨床現場、関連企業等から多くの方々が参加し（令和元年度：約 200 名）、ニューロリハビリテーションに関する最新の研究成果とその応用に関する活発な議論が行われた。

コンピュータビジョン技術に関する目的基礎研究

【背景・実績・成果】

インターネット上の情報処理は米国を中心とする巨大 IT 企業が非常に強い存在感を示しているが、実世界の産業を対象とした実世界情報処理は依然として技術的な困難が多く存在しており、未だ研究の余地が大きい。たとえば静止画像のカテゴリ認識については近年世界的にその精度が大きく向上しているが、ロボットへの応用では、カテゴリのみならず物体の姿勢などのパラメータを推定することが重要となる。コンピュータビジョン技術はこうした実世界情報処理を行うために情報を実世界からサイバー世界に汲み上げるための要になる重要技術である。実世界で利用可能なコンピュータビジョンシステムを構築するためには、照明条件などが過酷な環境においても画像の取得を可能にするカメラやレーザーセンサー等の画像取得技術をはじめ、産業界からニーズの多いものの、決定的な手法が未だに存在しない動画像認識等の画像認識技術まで広範に渡る要素技術を一貫して研究開発する必要がある。

このように実世界情報処理をターゲットとし、現在存在している技術的困難を解消し、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出すため、以下の研究を実施した。画像取得技術に関しては、「スペクトラム拡散変調技術」を応用した新しい高速形状計測技術を開発し、平成 29 年度に従来技術では実現できなかった直射日光環境下における高速形状計測を世界で始めて実現した（平成 29 年 7 月 14 日にプレスリリースを行ったほか、コンピュータビジョン分野のトップ国際会議 CVPR2017（Google Scholar サブカテゴリ 1 位、Google h-5: 240）に採択、関連技術がロボット分野のトップ国際会議 ICRA2017（Google Scholar サブカテゴリ 1 位、Google h-5: 82）にも採択された）。これにより屋外における安定な形状計測はもちろんのこと、例えば溶接作業など過酷環境における形状計測が可能になることが期待される。画像認識技術に関しては、実世界において作業を行うロボット等への応用を目指し、姿勢推定モジュールを持つ深層ニューラルネットワーク「RotationNet」を開発して、物体のカテゴリだけでなく、姿勢（見ている方向）を同時に認識可能にした。平成 29 年度の三次元物体検索の国際コンペティション 3D Shape Retrieval Contest（SHREC2017）において、同技術は大規模 CAD モデル検索部門及び RGBD データからの物体の CAD モデル検索部門の 2 部門で優勝し、平成 30 年度には論文がコンピュータビジョンやロボティクスの分野のトップ国際会議（CVPR2018）に採択された。産業界からのニーズが高まっている動画像認識に関しては、動画像の時間と空間を同時に畳み込む「三次元畳み込み法」が本命とされていたが、これまで良好な性能が得られていなかった。これに対し、平成 30 年度にネットワークの深さと学習データ数に問題があったことを世界で初めて明らかにし、論文がトップ国際会議（CVPR2018）に採択された。さらに、これに基づく深層学習の学習済みモデルを公開し、令和元年 12 月 10 日にプレスリリースを

行った。また平成 30 年度に、動画像認識処理を応用して車載カメラで撮影した画像からニアミス検出する新手法を提案し、論文がトップ国際会議(CVPR2018, ICRA2018)に採択された。さらに、応用範囲の広い画像特徴抽出法に関する新手法を提案し、CVPR2015、CVPR2016、CVPR2018 に採択された。ロボットにおける応用としては、平成 29 年度に周囲環境を認識しながら自律的に移動するロボット Peacock を、日本科学未来館の通常展示スペースにおいて 120 時間という長い時間にもわたって衝突することなく走行させ、ロボットの周囲の入館者の移動軌跡のデータを、走行しながら大量に収集することに成功した。この成果に関して国際会議(IRIS2017)で論文賞を受賞した。これらを含め第 4 期において、トップ国際会議に約 50 報の論文が採択された。

令和元年度に関しては、動画像認識での成果が得られた。2 次元画像とは異なり動画像の認識手法は未だ確立されていない。動画像は時間軸を加えた 3 次元で構成されるので、3 次元畳み込み法が本命とされていたが、従来良好な学習が実現出来ず、その原因も不明であった。我々は次元の増加に従って学習に必要なデータ数が大幅に増加しているとともに、その学習を可能にする為のより深いネットワークが必要であると予測していた。それを実証するために産総研の計算リソース ABCI を最大限に活用し、数十万規模の動画像データで、独自の深い構造を持つ 3D Resnet の学習を実施したところ、予測通りデータ数がある範囲を超えると急激に性能が好転し、極めて良好な学習が可能になることを世界に先駆けて示した。本研究成果はコンピュータビジョン分野の世界トップ会議であるCVPR(Google Scholar CV & PR サブカテゴリ 1 位、h5-index: 240) に採択され、会議後 1 年強の現段階で既に 254 回の引用を受けた。また、この成果をいち早く普及させる戦略のもと、ネットワークの学習済みモデル(全ての動画像認識の土台として利用可能な汎用特徴表現)を GitHub で公開し、動画認識分野において世界 1 位のお気に入り数(1,842、2 位は Facebook で 1,432)を獲得するなど、極めて大きな注目を集めている(令和元年 12 月 10 日にプレスリリース)。

画像の取得段階から認識段階までのいずれにおいても世界トップレベルの研究を行っている点に産総研の強みがある。例えば、パターン投影による高速形状計測では、従来技術では数百ルクス程度の室内でしか計測できなかったが、約 10 万ルクスの直射日光下での安定動作を世界で初めて実現した。また認識技術に関しても、単純な二次元画像からそこに写る物体のカテゴリだけでなく、三次元的な姿勢情報までも高精度で推定するなど、従来技術では不可能であった新しい方法を開発した。さらに、動画像認識に関しては世界的に依然として決定打となる方法が見いだされていない中、空間情報と時間情報を同時に畳み込む三次元畳み込みにより画像中における物体の形状と動きの情報を同時に処理する新手法を提案し、学習データ数に応じて性能を向上させることが可能であることを示した。以上の成果は全てコンピュータビジョン分野のトップ国際会議に採択されており、従来技術と比較して優れていることが国際的にも認められた。

【成果の意義・アウトカム】

実世界の産業を対象とした実世界情報処理を行うにあたり、情報を実世界からサイバー世界に汲み上げるための要になる重要技術であるコンピュータビジョン技術に関して、画像取得技術から画像認識技術まで一貫して世界トップレベルの研究を行い、その各成果が世界トップ会議に採択されたほか、国際コンペティションにおける優勝、論文賞の受賞などにもつながった。また、産総研内でのコンピュータビジョン勉強会(これまで隔週で 73 回開催)など、同じ分野の研究者の

所内連携・情報交換活動も活発に行っており、産総研におけるコンピュータビジョン研究の強みを増幅することができたと考えられる。

従来コンピュータビジョン技術は照明環境の影響を強く受ける問題があったが、開発した技術により直射日光下の屋外など、従来コンピュータビジョン技術の適用に様々な工夫が必要であった環境はもちろんのこと、例えば溶接プロセスや溶鉱炉の観察など超過酷環境でも適用可能になる。これにより、従来強いニーズがありながら技術的に適用が困難であった産業分野に今後広く展開することが期待される。また、物体のカテゴリ・姿勢同時推定技術は、自律移動、物体把持等の性能向上に寄与し、ホームロボット等の実現に貢献する。さらに動画認識技術は、時々刻々と変化する人間の行動や、環境の認識処理の性能向上に寄与し、自動車やドローン等の自律移動や、次世代監視カメラ、ユーザ行動の分析に基づく製品開発など広く産業での応用が期待できる。動画認識技術については、「動画における汎用的な特徴表現」の獲得に成功し、今後の動画研究及びその応用に極めて大きな進展をもたらすことが期待される。動画認識技術は安全確保、生産管理、自動運転などに広く有用で、様々な産業分野からの注目が高く、既に橋渡しにも取り組んでいる。企業との資金提供型共同研究を進めているほか、今後は生産、防災、防犯、健康・医療、農業林水産業、エンターテインメントなどへの幅広い水平展開が期待される。また同技術は産業界からの注目が非常に高く、かつ産総研の計算リソース活用の好例であることから、産総研の誇るAI橋渡しクラウド(ABC1)のデモの一部としても活用しており、産総研の技術を社会に積極的にアピールする最前線に立っている。

我が国における少子高齢化・人口減少問題に対応しつつ国際的な競争力を高めていくためには、ロボット技術や人工知能技術の活用により労働力不足を補いながら、様々な工業製品の生産能力と品質を高めていくことが課題となる。人間の視覚機能を機械で実現するコンピュータビジョン技術は、これを実現する為の最も重要な要素技術の一つであり、本研究の成果は課題解決に直接的に貢献するものである。また、画像取得技術と画像認識技術の性能を総合的に高めていくことで、これまでは適用が困難であった産業分野への展開も可能になり、生産コストを下げ、品質を向上させることが期待される。

大型構造物組立ヒューマノイドロボットシステムの開発

【背景・実績・成果】

航空機や住宅等の大型構造物組立現場は、組立途上である組立対象物の内部を動き回って作業する必要があり、既存の固定型のロボットや車輪移動型のロボットの導入が困難で多くの工程を手作業に頼っている。一方で建設業就労者数は、ピーク時に比べて30%以上減少する等、今後人手不足の深刻化が予測されている。Society5.0では、ロボットの導入を通じて人の可能性を広げる社会を目指している。その実現に寄与するため、これまでは人でなければ対応が困難であった組立作業を、人に類似した身体構造を有するヒューマノイドロボットによって自動化し、人手不足解消に貢献するためのロボットの身体と知能を実現することを目標に開発を行った。

重負荷作業、単純繰り返し作業、危険作業、難姿勢作業の全ての要素を持ち、建築作業の中でも特にロボットによる自動化が求められる石膏ボード施工を対象課題として、これを自律的に実現するための身体と知能を開発した。身体機能としては、平成30年度にサイズ1.82x0.91m、重量約11kgの石膏ボードの持ち上げ・ハンドリング・運搬・電動工具によるビス止めが可能なヒューマノイドロボ

ット試作機 HRP-5P（身長 182 cm、体重 101 kg、脚：6 自由度、腕：8 自由度、ハンド：2 自由度、腰：3 自由度、首：2 自由度、計 37 自由度）を開発した。知能機能としては、平成 29 年度に対象物体の見え方や照明条件等が一定でない悪条件下でも 90 %以上の高精度で物体を検出可能な物体検出機能を開発した。また平成 30 年度には、接触状態に応じた動作を高速に再生成することで環境計測センサの誤差や路面の変形等の環境変化に対してロバストな多点接触運動機能を開発し、滑り接触を利用することで手すりを用いた隘路移動の場合で移動速度を 30 %向上させることに成功した。これらにより、石膏ボード壁面施工のロボット単体での自律的実行を実現し、その学術的成果は平成 27 年度～令和元年度の間にトップ国際会議発表数 34 報（内令和元年度 5 報）、国際論文誌論文 12 報（内令和元年度 4 報）、特許登録 3 件（内令和元年度 0 件）として報告した。令和元年度は、接触状態推定及び接触状態に応じたバランス制御技術、接触対象の変形モデル推定とそのモデルを用いたバランス制御技術等の開発を行い、足裏等が十分な接触面積を得られない場合や接触に伴って路面が変形する場合においてもロバストな移動・作業を実現した。

走る、飛び跳ねる等の動作を動画で公開している Boston Dynamics 社の Atlas に対してモビリティ性能では劣っていると言わざるを得ないが、当領域の目指している大型構造物組立のような非整備環境における複雑作業、精密作業に関しては Atlas をはじめ、米国、欧州、中国、韓国の各国で開発されているヒューマノイドロボットを含めて他に例がなく、多点接触動作生成・制御技術、物体検出技術において先行していると考える。

【成果の意義・アウトカム】

大型構造物組立現場で必要とされる、重量物運搬、非整備環境移動・作業を行える身体能力を備えたヒューマノイドロボットの身体と、そのような移動・作業を自律的に行うための物体検出機能、多点接触運動機能等の知能を兼ね備えたロボットを開発し、過酷環境での人の作業を代替するロボットシステムの基盤を構築した。

ヒューマノイドロボット試作機 HRP-5P を産学連携のプラットフォームとして活用することで、現場を有するユーザ企業との連携を拡大し、作業ロボットに必要な仕様、技術を把握した上で新たな課題設定のもと研究開発を推進することで、大型構造物組立自動化の飛躍的な発展の扉を開くことが期待される。大型構造物組立現場を有する Airbus や竹中工務店等との共同研究を実施済であるほか、企業との実施中の共同研究がある。

現在人手に頼らざるを得ない作業をヒューマノイドロボットで代行することが可能となれば、人間の作業員を難姿勢での作業、重労働作業、危険作業、単純繰り返し作業から解放すると共に今後深刻化する人手不足を補うことができる。これに伴って航空機組立分野で 1,480 億円（航空機の需要増加に応じるために必要な高度技術人材 7,400 人分の労働力を 1 体 2,000 万円のヒューマノイドロボットで補った場合のロボットの販売売上）、住宅建設分野で 5,100 億円（令和 7 年までに減少すると予測される技能労働者 2.55 万人分の労働力を 1 体 2,000 万円のヒューマノイドロボットで補った場合のロボットの販売売上）、造船分野で 1,000 億円（船舶の需要増加に応じるため、ピーク時に対する技能者の減少 5,000 人分の労働力を 1 体 2,000 万のヒューマノイドロボットで補った場合のロボットの販売売上）の市場が創生される。

平成 30 年 9 月 27 日にプレス発表を行った HRP-5P に関する YouTube 産総研チ

チャンネルの動画は110万回（平成31年3月末時点）再生されており、非常に大きな注目を集めている。新聞・Webニュース等19以上のメディアに取り上げられた他、国内外の主に建設業の企業から計12件の問い合わせを受けた。

【課題と対応】

「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）では、第4期中長期目標はほぼ達成しており、今後の「橋渡し」を意識しつつ技術開発を継続して目標を上回る性能や理論の高度化、適用範囲の拡大につなげ、技術のポテンシャルを高める。これまでに開発した技術を一層高度化し、人工知能による未知の解の発見やコンピュータビジョンによる動画の高速解析、大型構造物組立ヒューマノイドロボットシステムにおける変形を含む環境変化への適応など、現状では困難な機能の実現を目指すことで目標を大幅に超える成果を目指す。第5期中長期目標では、特に社会課題の解決と産業競争力の強化を重視している。暗号技術やコンピュータビジョンは産業競争力の向上を、大型構造物組立ヒューマノイドロボットは少子高齢化社会における労働生産性の向上を、ニューロリハビリテーション技術はQoLの向上に資する治療技術の開発をそれぞれ目指した研究推進ならびに組織体制に移行する。Visual SLAM技術については労働生産性だけでなく、次世代のモビリティの中核技術として取り組む体制とする。

(2)「橋渡し」研究前期における研究開発

総括

【背景・実績・成果】

第4期中長期における「橋渡し」研究前期では、それぞれの重点課題において次の通り目標を達成した。重点課題1においては、実世界のビッグデータを収集・蓄積・解析する要素技術の特筆すべき成果として「人の流れの計測とシミュレーションの融合による避難支援」「インフラ構造物のスマートメンテナンス」を実現する人工知能の先進中核モジュールを開発した。重点課題2では、データをサービスの価値に繋げる技術の特筆すべき成果として「人工知能の品質保証に関する研究開発」「次世代メディアコンテンツ生態系技術」など、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステムに貢献する技術を実現した。重点課題3では、安全で快適な社会生活を実現するための人間活動の測定評価技術の特筆すべき成果として「人間行動センシング技術とそれに基づく実社会ビッグデータ分析技術の開発」を実施し、ひとの体の機能の測定と、測定結果に基づく状態を評価する技術を開発した。重点課題4では、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現に資する技術として、「ラストマイル自動走行の実証評価による社会実装に向けた研究開発」を実施し、公道での実証を行った。

「人の流れの計測とシミュレーションの融合による避難支援技術」として、平成30年度は、世界でも例を見ない数万人規模の人の流れを数万通りで解析し、群衆に対して最適な誘導制御を行う人工知能モジュールを開発し、新国立劇場の大劇場での1,000人の避難訓練の効率化に貢献した。「インフラ構造物のスマートメンテナンス」として、平成30年度は、インフラ構造物の点検における打音検査とひび割れ検出において、それぞれ熟練者に近い性能を発揮しつつ検査の人日コストを半減する人工知能モジュールを開発した。令和元年度は、企業との連携を通じ、スタジアムにおける避難の安全検証や実際の道路の点検など、これらの人工

知能モジュールの社会実装に向けた取組をより一層進めた。「人工知能の品質保証に関する研究開発」では、平成 30 年度は、将来増加が予想される人工知能を用いた製品の品質を管理・保証するためのガイドラインと具体的な品質確認・向上・検証技術を開発した。令和元年度は、ガイドライン案の国際規格への提案、ならびに産業界での人工知能の実用事例を用いた品質評価技術の実践研究を開始した。さらに「次世代メディアコンテンツ生態系技術」では、平成 30 年度は、音楽連動制御技術・理解技術により、膨大な歌詞のトピックの自動解析を行うなど、社会的インパクトの大きい技術を構築した。令和元年度は、音楽推薦技術に基づくサービスを企業と共同開発しプレス発表を行った。「人間行動センシング技術とそれに基づく実社会ビッグデータ分析技術の開発」においては、平成 30 年度は、慣性・磁気・気圧のセンサデータを用いた歩行者自律測位技術(PDR)の精度を向上させ、その適用範囲を、全地球測位システム(GPS)の適用が難しい地下や高層ビルに拡大し、多数の車輪型移動車両の測位を可能とする世界初の移動体自律測位技術(VDR)に発展させた。令和元年度は、VDR 技術を転用したローラーコンベア上のコンテナ追跡技術についてプロトタイプを実装した。さらに、身体装着型センサの製品開発協力を通して高精度測位・動作認識機能の身体装着型センサシステムを実現した。「ラストマイル自動走行の実証評価による社会実装に向けた研究開発」では、平成 30 年度にバス専用道路及び一般道での自動運転小型バスの社会受容性検証を 10 日間実施した。令和元年度は 2 つの異なるモデル地域において小型電動カートを用いた自動走行システムの国内最長となる約 6 か月間の実証実験を地域運行事業者と行い、サービス実証と事業性評価を実施した。

本項目の各種指標の達成状況として、知的財産の実施契約件数は以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成 27 年度 :	187 件 (170 件)
平成 28 年度 :	197 件 (170 件)
平成 29 年度 :	231 件 (170 件)
平成 30 年度 :	254 件 (200 件)
令和元年度 :	289 件 (240 件) (12 月末現在)

【成果の意義・アウトカム】

「人の流れの計測とシミュレーションの融合による避難支援技術」は、今後花火大会やスタジアムでの大混雑や将棋倒し事故の防止への貢献が期待される。「インフラ構造物のスマートメンテナンス」は、ひび割れの自動検出サービスに 350 を越える利用登録があり、多方面での応用が始まっている。「人工知能の品質保証に関する研究開発」は、自動運転支援自動車や移動型ロボットなどの人工知能応用製品の利用者の安全、また製造事業者の品質レベルの明確化に貢献し、日本発の国際標準化への動きも進められている。「次世代メディアコンテンツ生態系技術」では、音楽と同期して歌詞が表示される世界初のスピーカーの製品化や、歌詞のトピックに基づいて音楽を発見できる新たなサービスの創出につながっている。「人間行動センシング技術とそれに基づく実社会ビッグデータ分析技術の開発」では、PDR による人間行動センシング技術により屋内業務の作業プロセスを計測して分析、改善を実現し、これが高層ビルのメンテナンスや、飲食・物流などサービス業での生産性向上につながった。これらの技術は高く評価され、関係分野の学協会での各種受賞、橋渡し前期研究として公的外部資金による技術開発、企業との共同研究が活発に実施されている。「ラストマイル自動走行の実証評価による社会

実装に向けた研究開発」では、実地域事業者による長期サービス実証に基づいた事業化検証とロードマップを提案することにより、持続可能な無人自動運転移動サービスの社会実装に欠かせない基盤技術及び知識を提供し、社会課題の解決に近づけた。

第4期中長期計画・年度計画を上回って達成された内容は以下の通りである。

「人の流れの計測とシミュレーションの融合による避難支援技術」では、目標を上回る98.5%以上の精度で人の流れが計測可能となった。「インフラ構造物のスマートメンテナンス」においては、ひび割れの損傷をマルチコプタによる画像計測と組み合わせで検出する、計画よりも適用範囲が広い手法が確立された。「人工知能の品質保証に関する研究開発」は、計画においてさまざまな人工知能モジュールを開発する中で新たに認識されたインパクトの大きな課題で、その実施自体が計画を上回るものである。「次世代メディアコンテンツ生態系技術」では、既に音楽連動制御技術・理解技術が新サービスや新製品につながっており、「人間行動センシング技術とそれに基づく実社会ビッグデータ分析技術の開発」では、PDRだけでなく、それを車両に適用するVDRに展開し国際コンテストで優勝するなど、それぞれ計画を大きく上回る成果を得ている。

人の流れの計測とシミュレーションの融合による避難支援技術

【背景・実績・成果】

令和2年の東京オリンピック開催を控え、スタジアムなどの大勢の人が集まる空間の安全性の確保が社会的な問題となっている。海外ではテロが増加しており社会不安が広がっている。日本ではインターネットなどでの情報の伝播によってハロウィン時の渋谷のようにこれまで以上に人が集まり混乱が生じる現象が数多く発生している。

これに対し情報通信技術の発展によってカメラやレーザ、GPSなどを使って人の位置を計測する技術や、マルチエージェントシミュレーションによって人の移動を予測する技術が高精度化している。さらにシステムがモジュール化されることによってこれらの技術を手軽に利用できるようになってきている。その結果として、実空間での大規模な人の流れの計測やシミュレーションが行われるようになり、最適化手法を適用することによって人が集まる空間の安全性を検証できるようになってきている。

産総研では、0.6人/m²以上の混雑した環境においても正答率98.5%以上の精度で人の流れが計測可能なモジュールを開発した。ここでの正答率とはカメラに映り始めてから見切れるまで正しく同じ人を追跡した人数の、総数に対する割合としている。従来は10m程度の距離への接近が人流の追跡に必要であったが、カメラとレーザを併用することで40m程度の距離からでも精度よく追跡可能になった。また、モデルの工夫によって計算量を軽減（軽量化）しシミュレータを高速化することによって大規模なシミュレーション実験が可能になった。平成28年3月の時点で71日かけて千人規模の避難シミュレーションを350万通り計算し、避難誘導を行う際に問題となる条件を見つけ出すことに成功した。さらに最適化計算と組み合わせることによって混雑が減少するような最適な誘導制御方法の探索が可能になった。平成30年度前期には数万人規模の人の流れの1万通りの最適化計算に75日程度必要であったが、平成30年度後期には産総研の人工知能橋渡しクラウドであるABCIを用いることによっておよそ16時間で計算が完了できるようになった。

精度のみ、あるいは計算速度のみで本研究と同程度の人流計測システムは存在

するが、混雑度 0.5 人/m²程度までは精度が低下しない点や手軽に計測可能なモジュールとなっている点で本技術は優位である。また数千人規模のシミュレーションを 100 通り程度行う研究は存在するが、数万人規模を数万通りで解析する研究は他には存在しない。これは我々の開発したシミュレータが軽量であるからこそ実現できる研究である。また、数万人規模の人の流れの実計測とシミュレーションの両者を実施するような大規模な取組は他では行われていない。本研究は、つくばセンターならびに臨海副都心センターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

平成 29 年 9 月に新国立劇場の大劇場において実際に 1,000 人超の観客を導入して避難訓練を行った。事前の人の流れの計測結果やシミュレーション結果から避難を遅くする要素を明らかにして誘導方法を改善したところ、平成 26 年 8 月に実施された避難訓練に比べ、避難人数が 1.5 倍増加したにも関わらず避難時間を 15 %短縮することができた。また、平成 30 年 9 月には中劇場で避難訓練を行い、改善策の横展開が可能であることが分かった。それ以外にも、毎年 8 月に開催される関門海峡花火大会の人の流れを計測し、誘導の最適化問題を解くことでその効果を検証した。また、鹿島アントラーズ FC と共同研究することでスタジアムの安全性の検証を行った。

人の流れの計測システムやシミュレーション技術をモジュール化することで誰もが手軽に人の流れの計測やシミュレーションが行えるようになり、大規模な計測・評価の実験が容易になった。また、これまで数万通りの大規模なシミュレーションを行うためには数十日単位の計算時間が必要であったが、ABCI などの大型並列計算機への対応を進めたことで、最適化処理のリアルタイム化に向けて大きく前進した。

近年、安全確保の問題から多くの花火大会が中止に追い込まれている。例えば奈良県最大の花火大会「葛城市納涼花火大会」、神奈川県で最大級の「神奈川新聞花火大会」、福岡市最大級の「西日本大濠花火大会」などが中止になった。本研究で安全性を検証することで花火大会などの大規模イベントの中止を減らすことができれば経済効果の損失を防ぐことができる。

本研究は社会的な関心が高く、書籍や新聞、テレビなどの各種メディアで取り上げられた。書籍では平成 30 年 12 月に発売となった Newton 別冊『ゼロからわかる人工知能 仕事編』の第 4 章「災害対策と人工知能」に 8 ページにわたって研究が取り上げられた。新聞では平成 30 年 10 月の朝日新聞の茨城版「公演中に災害避難策探る」、平成 29 年 10 月の毎日新聞の科学面「AI で最適な避難誘導」、平成 29 年 10 月の日経産業新聞の一面「カシマスタジアムが実験場 4 万人の流れ解析」、平成 29 年 4 月の YOMIURI ONLINE 「人出のすごい数え方」など、実証実験の取組を含めれば 10 社以上で取り上げられた。またテレビでは平成 29 年 10 月放送の日本テレビ「news every.」やテレビ朝日「ANN ニュース」、平成 28 年 3 月放送の日本テレビ「教科書で学べない災害」などで研究が取り上げられた。鹿島アントラーズ FC との共同研究についても評価が高く令和元年度も実施した。

インフラ構造物のスマートメンテナンス

【背景・実績・成果】

高度成長期にその多くが建設されたインフラ構造物は老朽化が進み、維持管理が喫緊の社会課題となっている。特に、平成 25 年に国土交通省から橋梁などの総点検方針が打ち出され、その後定期点検要領等が改訂され、点検対象の拡大や近

接目視点検の厳格化により点検にかかるコストが急増している。現状では、ひび割れや析出物等を対象とする目視検査と、浮き・剥離を対象とする打音検査が、いずれも作業者によって行われているが、膨大なインフラ構造物への対処や容易に接近できない高所や狭隘部等へアプローチするための新しい技術が望まれており、人工知能技術、IoT 技術、ロボット技術を活用した実用可能な効率化技術や代替技術が望まれている。

この問題を解決するため、当領域では人工知能及びロボット技術を活用したメンテナンス技術、調査技術の研究開発プロジェクトを複数実施した。各プロジェクトにおいては、高速道路管理者、橋梁の施工・点検メンテナンス事業者、土木建設コンサルティング会社、開発メーカーが参画し、ユーザーニーズや評価結果を密にフィードバックできる研究開発体制を構築した。

目視検査に対応する技術として、知能システム研究部門において、「道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発」(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)インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト、平成 26～30 年度)を実施し、主要な点検項目であるコンクリートひび割れの高精度自動検出技術を開発した。独自の特徴抽出技術と人工知能を組み合わせることで、汚れや配管等が存在する様々なコンクリート表面に対応し、ひび割れの定量的把握及び経過観察を精密かつ効率的に実施することを可能にした。ひび割れ自動検出技術では既に商用システムがいくつか存在するが、検出精度 80 %以上を謳っている代表的なパッケージの出力結果の精度を、見落としと見誤りの両方を勘案した Mean Average Precision (MAP)で数値化すると 12 %という低い値になった。これは見落としの低減を重視するあまり、結果的に過検出される部位が多数含まれるため、実務においては多数の誤検出を除去する手作業が発生し、本末転倒ともいえる対応に作業時間を要している。一方、本技術は当初より見落としと見誤りの両方を低く抑えることを目標として研究開発を行っており、幅 0.2 mm 以上のひび割れを 82.4 %の精度(MAP)で検出可能にした。さらにこの技術をクラウドサービスとして機能するよう Application Programming Interface (API)の整備を行い、点検現場やオフィスからでも利用でき、撮影画像 1 枚当たり 20 秒で結果が得られるシステムを開発し、インターネット上で誰でも利用できる形態で試験公開した。

打音検査に対応する技術として、人工知能研究センターでは人間情報研究部門と連携し、内閣府戦略的イノベーション創造プログラムにおいて、「学習型打音解析技術の研究開発」(平成 26～29 年度で 1.6 億円)の研究代表機関として、機械学習に基づくコンクリート打音の解析システムの構築とその実証実験を推進した。平成 29 年度には、プロジェクト最終年度として、開発した打音解析プログラムと打撃位置計測システムを統合したコンクリート構造物の人工知能打検システムのプロトタイプを完成させた。異常打音の検知結果を点検員にリアルタイムで提示した上で、計測した打撃位置と打音解析結果を統合することで異常度マップを自動的に作成できる。実構造物(7 橋)で評価実験を行い、打音解析精度について熟練者との合致率 86 %という良好な結果を得た。平成 30 年度からは、開発したシステムの令和 2 年度中の実用化を目指して、首都高技術株式会社との共同研究開発を実施中である。当初は令和元年度中の実用化を目指していたが、協議の結果、より多くの現場で適用可能にするための技術開発を行うために資金提供型共同研究を 1 年延長し、令和 2 年度の実用化を目指して研究開発を進めている。

高所や狭隘部等へのアプローチ技術として、知能システム研究部門では、NEDO インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト(平成 26～

29年度)において、「マルチコプタを利用した橋梁点検システムの研究開発」を複数企業との共同提案として受託し、高さ50mを超える高架橋の目視点検作業を代替するマルチコプタ(3つ以上のローターをもつ回転翼機)操作支援システムを開発した。点検用マルチコプタにおける対象物との一定離隔飛行制御、安定ホバリング制御、等速飛行制御により一定解像度の画像取得を可能とし、合成した2D/3D全体画像において、ひび割れ幅0.05mmの損傷箇所まで視認できた。平成30年度は、川田テクノロジーズ株式会社との共同研究「橋梁点検用マルチコプタの飛行制御に関する研究」に発展し、作業中にマルチコプタとの通信の途絶、センサ情報の異常、操作者の誤った操作などの障害が起きた場合に機体を安全な状態に移行させる制御技術を実現した。令和元年度は、新たに2次元レーザ距離計と慣性計測装置(IMU)の2つの安価なセンサを搭載し、これらのセンサ情報の融合により機体の飛行安定性を向上させると共に、橋梁桁下の非GPS環境下において橋脚のエッジ等を基準にした機体の3次元位置を同定可能にした。また、機体搭載カメラによる高精細な画像取得に欠かせない機能として、曲面を含む対象面に対して機体を正対させる飛行制御を実現した。さらに、共同研究先の企業による事業化が行われ、本機を活用したインフラ点検業務が全国10カ所以上で実施された。現場からの操作性や飛行制御等に関する要望に対応するなど、ビジネス展開へ貢献した。

従来の点検作業においては、ひび割れや浮きの有無の判断が熟練者の経験に委ねられていたが、本研究開発によって非熟練者でも点検作業が可能となる大きな利点がある。加えて、現状では近接目視検査によるひび割れの形状記録や打音検査による欠陥箇所の記録は、チョーキングなど手作業で行われるケースがほとんどであり、現場作業員の工数や検査終了後の図面化の工数がかかっている。たとえば、橋長30m程度の橋梁では、現地点検から調書作成までおよそ11.3人日を要している。一方、開発した技術を用いた実証実験によれば、ひび割れの記録にかかる時間を8分の1に圧縮でき、トータルで5.5人日に短縮可能であることが明らかになった。

【成果の意義・アウトカム】

開発したひび割れ自動検出技術、打音検査技術は、近接目視点検の省力化をもたらすだけでなく、定量的な点検データを高い精度で自動的に記録可能にする。これまでは、点検員の経験や個人的見解に左右され、点検結果がばらついて記録されていたが、本技術により、これまで困難だった点検毎のデータの比較による劣化損傷の進行の把握や、粗く定性的な評価に基づいていた補修工法選択や更新計画の高精度化が実現でき、効率的なインフラ資産の維持管理を可能とする。

また高所点検等においては、開発したマルチコプタ技術を用いることで足場を組まずに橋梁の橋脚や床版を点検可能になり、安全運用と低コスト化を実現できるため、有用な技術として注目されている。

開発したひび割れ自動検出技術、打音検査技術は、これまでの点検作業で用いられているカメラ機材や、点検ハンマーを変更することなく高精度な損傷検出が行えることから、既存の点検作業体制に組み込みやすい。さらに、クラウド上に開発されたひび割れ自動検出サービスは、ドローンや点検ロボットとの機能連携が容易である。実際、ひび割れ検出機能を点検ロボットに実装して動作を確認するなどしており、各点検技術の進展に応じて多様な組み合わせ形態での利用が可能であることを確認している。また、産総研プレスリリースに対する多数の報道や展示会出展を通じて社会的にも注目を浴び、評価を得られたことによって、コ

ンクリート構造物だけでなく、工業製品の官能検査（人間の感覚に依拠して行われる検査）の自動化についても、既に複数の民間企業からの引き合いがある。開発した技術が、実際の製品化につながる可能性が高い有用な技術であることの証左である。

ひび割れ自動検出技術の成果を導入した実証実験では、従来 11.3 人日を要していた点検作業が 5.5 人日に短縮された。これは、熟練点検員の確保が難しい地方において特にその社会的意義が高い。さらに長期的には、開発した技術によりこれまでインフラ点検業務に従事したことの無い人々（高齢者も含む）でもインフラ点検の一部を担えるようになるため、「新たな就労人口創出」にも貢献する。

平成 29 年度には、対外的に産総研プレスリリースや展示会出展を積極的に行い、日本経済新聞、読売新聞、NHKBS、日経コンストラクション誌、日刊建設産業新聞、日刊工業新聞、Web 記事などで多数取り上げられた。

平成 30 年度には、マルチコプタを利用した橋梁点検システムに関して、企業と共同でプレスリリースを行い、日刊建設工業新聞他、複数の Web 系記事などで多数取り上げられた。また、令和元年 12 月に本研究成果について国際ロボット展の産総研ブースで展示を行い、国内外の関連企業を始め、大学や行政法人、公益法人、ジャーナリストの方々 40 名程度の産総研ブースへの訪問を受けた。

試験公開しているひび割れ自動検出サービスには令和元年 12 月現在で 500 を越える登録者に日々利用されており、試用を通じてインフラ事業者やゼネコン、情報機器メーカー等から自社システムや機器への導入打診が来ている状況である。また、当該ひび割れ検出技術及びパノラマ合成技術を基にテクノハイウェイ株式会社が設立され事業化を進めている。

製造現場でのロボットの自律的な動作を実現する AI 技術

【背景・実績・成果】

従来の製造向けロボットは、溶接、搬送など、単一の工程を担うことが主流だった。しかし現在では、消費者ニーズの多様化に伴う生産工程の複雑化により、ロボットが部品供給から製品組み立てまでの全工程を一手に担う場合も多い。そのため、ロボット動作の事前設計の手間と作業時間の増大が深刻な課題となっている。産総研は大阪大学・中部大学と連携して、それらの課題を解決するための AI 技術を開発した。

①部品供給動作の事前計画技術

従来手法では事前計画の学習に実際のロボットを使う必要があった。そこで人が設計した手順に従って理解・認識する従来型の特徴量に基づいた手法と、シミュレーションによる深層学習の手法を使い分け、実機を使わない学習を実現した。これにより、1~2 日かかっていた作業を 5 時間程度に短縮することができた。また実際にロボットを使わないことで、作業者が実質負担する時間を 30 分程度にまで削減することに成功した。作業成功率は従来手法と同等の 90 %程度であった。産総研はシミュレータ構築と従来型の特徴量に基づいた手法部分を、大阪大学は深層学習手法とロボットシステム構築を担当した。

②視覚に基づく把持位置検出の高速化

画像データを元にロボットの動作を決定するには計算時間がかかり、従来手法では動作開始まで待ち時間が発生していた。そこでロボットビジョンから得られる画像データの行列分解に基づく効率的な圧縮・復元処理を開発し、把持位置検出のための計算時間を削減した。市販の一般的な把持位置検出処理と比較すると、同処理に要する計算時間を最大 1/3 にまで短縮できた。産総研はベースとなる把

持位置検出手法とロボットシステム構築を、中部大学は圧縮・復元処理を担当した。

以上を含む研究成果を、産総研を中心に、産業用ロボットの導入を容易にするためのソフトウェア・データベースとして公開した。

本研究は臨海副都心センターの成果である。

【成果の意義・アウトカム】

全体での学術成果としては IF 付きの論文 10 報、Google Scholar Robotics Top20 に含まれる Conference Proceeding 6 報、国内外の学術賞 9 件がある。特に、技術①を応用したロボットシステムで挑んだ平成 30 年の国際ロボット競技 (World Robot Challenge) では 16 チーム中 4 位に入賞し、学術賞 (計測自動制御学会賞) を受賞した。技術②は、ロボット分野の世界トップカンファレンスである IEEE International Conference on Robotics and Automation 2019 において中部大学・産総研共同で発表し、産総研の契約職員が Young Award を受賞した。

成果は、産総研を中心に、大阪大学・中部大学・NEDO とともに令和元年 8 月にプレスリリースをし、新聞報道 3 件、WEB 報道 5 件があった。産業界からの引き合いに繋がり、令和 2 年 1 月現在で、自動車メーカー・電機メーカー・ロボット系スタートアップなど 6 社との共同研究が進んでいる。

人工知能の品質保証に関する研究開発

【背景・実績・成果】

人工知能 (AI)、とりわけ機械学習技術は、製造業、自動運転、ロボット、ヘルスケア、金融、リテールなどの広汎な応用分野で有効性が確認され、AI によるソリューション提供が広く普及する Society5.0 に向けた社会実装が本格化する兆しを見せている。一方で、人工知能を利用した製品・サービスの品質を測定し説明するための技術や、社会的な受容性を確保するための制度設計が追いついておらず、事業投資への障害となっている。万が一の事故の際の製造者責任の追求に対応できないことや、安く作った人工知能製品との差を説明できないことが、人工知能開発ビジネスへの大きな障害となっている。

通常のソフトウェアに対しては、複数の ISO/IEC 規格などに基づく具体的な品質保証プロセスの実践や、評価認証制度の構築などが既に行われている。しかし、人工知能に関しては、これら既存の規格をそのまま適用することが困難であり、現状では適用できる十分に確立した既存手法が存在しない。平成 30 年には、日本・欧州などで、人工知能の品質への要求が提言等の形で相次いで顕在化したが、それに対応した品質基準の具体化や、高品質を実現する開発プロセスの具体的なルール化などはまだ行われていない。

このような問題を解決するため当領域では他の機関に先駆けて「機械学習人工知能の品質保証手法」に関する研究開発に取り組んだ。これは、機械学習人工知能を利用した製品や、その内包する人工知能部品要素に求められる「品質要件」を明確化し、応用分野ごとに要求される品質のレベル分けを行い、達成すべき品質の基準を定める「品質保証ガイドライン」と、実際の開発現場において品質を保証するためのプロセスや検査手法などの具体的な「品質保証技術」をセットで開発し、将来的な国際標準化などへの道筋を示すものである。

平成 30 年度に国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構から研究プロジェクト「次世代人工知能・ロボット中核技術開発／グローバル研究開発分野／機械学習人工知能の品質保証に関する研究開発」を受託し、民間企業 5 社と

研究機関 3 機関で構成される「機械学習品質マネジメント検討委員会」を発足させ、関連規格などを調査し、品質保証ガイドラインの第一次案を策定した。令和元年度にはプロジェクトの大型化を進め、品質目標設定のためのゴール設定から、品質を作り込むプロセスや具体的な技術の適用方法までを総括した、機械学習に関する品質マネジメントガイドラインの第 1 版を完成させた。このガイドラインに基づき、ISO/IEC JTC1 SC42 への国際標準化提案に向けた作業を開始するとともに、産業界での人工知能の実用事例を用いた品質評価技術の実践研究を開始した。

本研究は臨海副都心センター、関西センター、及びつくばセンターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

本研究開発では人工知能を用いた製品の品質を管理・保証するためのガイドラインと具体的な品質確認・向上・検証技術をセットで開発した。これにより、民間企業などが開発する人工知能利用製品の品質を向上させ、人工知能の誤判断による事故や経済損失などを減少させるとともに、企業はその製品の品質を発注者や社会に対し具体的に示し説明することができるようになる。

これらを通じて、利用者の立場からは、自動運転支援自動車や移動型ロボットなどの人工知能利用製品を、より安心して、より安全に用いることができるようになることと見込まれる。また、事業者の立場からは、自らが責任を持って達成した製品の品質のレベルを具体的に説明できるようになることから、受発注条件の明確化や製造物責任の所在の透明化、品質による本来価値の顕在化などが実現し、より安心してビジネス展開が可能になるとともに、「良い製品を作る事業者がより高く評価される」健全なビジネス環境の実現にも寄与する。

さらに産業施策として、開発したガイドラインを元に安全性や品質に関する国際標準化を進めることは、国を跨いだ人工知能ビジネスの展開において「良いものを作る」ことを競争力とする日本の産業分野の活性化・強化につながる。

人間行動センシング技術とそれに基づく実社会ビッグデータ分析技術の開発

【背景・実績・成果】

Society5.0 では、AI・IoT の導入を通じて人がシステムと協働し、サービス・製造現場の生産性を向上させることを目指しており、人の行動センシング技術とそれに基づく実世界ビッグデータを集約、分析する統合クラウド技術が求められる。GPS や通信基地局の電波強度を用いた位置情報が一般に利用されているが、サービス・製造現場の多くは屋内にあり、これらに替わる行動センシング技術が必要である。本研究では加速度、角速度、磁気、気圧計測による相対測位誤差(Error Accumulation Gradient; EAG) 3 cm/sec の歩行者自律測位技術と作業動作認識技術を統合した行動センシング技術を開発した。この技術により計測したサービス現場や製造現場での行動、作業のビッグデータを分析する統合クラウド技術を整備した。これらの技術をメンテナンス、飲食、物流などサービス業に適用して生産性向上に有効であることを実証した。

平成 27 年度から平成 29 年度においては、人に取り付けた加速度、角速度、磁気各 3 軸、計 9 軸のセンサから得られるデータを用いた歩行者自律測位技術(Pedestrian Dead Reckoning; PDR)を開発し、GPS が使えない屋内で EAG 3 cm/sec を実現した。その後、人に取り付けた気圧センサデータを加えることで、従来よりも 10 % 以上高い 95 % 以上の精度で滞在フロアを推定可能とした。これにより、

高層ビルでの従業員行動分析への適用が可能となった。さらに、PDR を応用し、車両（自動車、フォークリフト、ピッキングカート、鉄道など）の測位に特化した Vibration-based Vehicle Dead Reckoning (VDR) 技術を世界で初めて開発した。

平成 30 年度は、労働力不足が顕著となっている製造・サービス現場の生産性（効率、提供価値）向上及び Quality of Working (QoW) 向上のために、複数の身体装着型センサによる作業動作認識と PDR を統合し、屋内測位精度を 50 cm 以下まで向上させるとともに、作業内容把握、センサ装着条件（個数、装着位置）緩和を同時に実現した。令和元年度には、VDR 技術を転用したローラーコンベア上のコンテナ追跡技術についてプロトタイプを実装した。また、10 軸センサと IC タグリーダを備えたゴビ社製身体装着型センサの製品開発協力を通して高精度測位・動作認識機能の身体装着型センサシステムを実現した。

9 軸 PDR に含まれる進行方向推定手法が、平成 27 年にフランス運輸・整備・ネットワーク科学技術研究所 (IFSTAR) による国際比較で最高評価を獲得した。平成 30 年度には、PDR と VDR などを統合した複数の自律測位技術 Cross Dead Reckoning (xDR) に基づく屋内統合測位を、物流現場で実作業中の作業員及びフォークリフトに適用した世界初の競技会 (xDR Challenge) を主催し、産総研の xDR を用いた住友電工チームが優勝した。

第 4 期を通じた本成果に関する民間企業から産総研への共同研究資金提供額は 1 億 2,000 万円以上、知財ライセンス提供額は 1 億円以上である。また、ライセンス契約 15 件（2 件交渉中）、特許出願 7 件（令和元年度 2 件出願予定）、サイトセンシング社（産総研技術移転ベンチャー）へのニッセイ・キャピタル株式会社による出資（平成 30 年度 1 億円）、サイトセンシング社との大型事業連携 8 社などの成果が出ている。さらに学術的には、国際論文誌 5 報、和文論文誌 2 報、国際会議 30 報、国際招待講演 7 件、国内招待講演 34 件、受賞 5 件の実績がある。本研究はつくばセンター、及び柏センターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

PDR により、地下を含む屋内行動センシングが可能となった。一般消費者向けサービスとして、平成 27 年にドコモ地図ナビに採用された（サービスエリア[地下街・地下鉄構内]は、320 箇所[平成 27 年度]から 600 箇所[平成 30 年度]に拡大した）。また、事業者の生産性向上に向け、屋内業務の作業プロセスを計測してビッグデータを集約、分析し、改善を支援する統合クラウド技術を開発した。本技術がメンテナンス、飲食、物流などサービス業での生産性向上につながった具体例として、(1) 複数の高層ビルでのメンテナンス業務分析を測位技術で大幅に効率化するとともに、生産性に関わる指標として従業員のゆとり時間を評価し、QoW の向上に役立てた、(2) 和食レストランへの配膳ロボット導入による従業員の業務プロセス変化を定量的に分析し、生産性向上に役立てた（共同研究先のがんこフードサービス株式会社のロボット大賞日本機械工業連合会会長賞の受賞に大きく寄与）ケースが挙げられる。

VDR は車輪で移動する多くの車両に対して適用可能な世界初の技術であり、PDR と組み合わせた xDR によって、Global Navigation Satellite System (GNSS) 等の常時アシストがない屋内などの環境で、PDR 単体よりも多様な状況での人の測位を実現した。この xDR は、屋内業務空間での網羅的な行動把握と、サービス・製造現場での生産性向上支援等への展開が見込まれる。例えば、物流センターや工場等の既存のフォークリフトやピッキングカートの稼働・運行状況の監視・管理、異なる鉄道事業者が運航する地下鉄等の鉄道の走行位置把握に基づくアプリ開発

等の強い需要に応えることも可能となる。

準天頂衛星測位システム整備が進み屋外測位品質が向上したが、これは、屋外と屋内の測位や位置情報サービスの品質格差が更に開いたことを意味する。本成果は、この屋内外格差を解消するための重要な役割を担うものである。令和4年の屋内測位サービス世界市場は410億ドルと予測されており、その市場開拓にも貢献する取組でもある。また、xDRに作業動作認識を加えた人間行動センシング技術は、サービス・製造現場での従業員の作業内容の詳細把握の実現につながる。これにより、産業競争力懇談会（Council on Competitiveness-Nippon: COCN）で提言されたQoWを定量的に分析して対策について検討することが可能となり、働き方改革への貢献も期待できる。

PDRやその関連技術の性能評価に関する活動及びPDRやその関連技術の普及促進に関する活動を産学官連携で行うことを目的として、平成24年度に23組織賛同の元、PDRベンチマーク標準化委員会を設立した。国際標準化に向けたPDR技術と委員会での国際コンペ主催等の活動が評価され、令和2年1月時点で、加入組織数は45に増加した。

自動運転におけるヒューマンマシンインターフェースに関する研究

【背景・実績・成果】

近年、自動車産業において自動運転の実現に向けた取組が進んでいる。自動車の保安基準等の改正も進められ、製品化に向けて前進しているが、製品化される自動運転には作動範囲が定められ、作動範囲外においては自動から手動への運転交代が発生する。この切り替えにあたって、ドライバーが適切に手動運転できる状態であるか、ドライバーモニタリングシステム(DMS)で判定することが必要不可欠となる。本プロジェクトでは、自動運転中のドライバー状態を判断する評価指標、ドライバー状態が手動運転切り替え後の運転パフォーマンスへ及ぼす影響、そして自動運転中のドライバー状態を低下させないための刺激提示方法について検討を行った。

自動車メーカー等企業6社が参加した実証実験(テストコースと公道)に加えて、ドライビングシミュレータ実験、テストコース実験、公道実験にて一般ドライバーを対象とした走行実験を行った。その結果、眠気、意識のわき見(前を見ているが運転以外のことを考えている状態)、わき見(前を見ていない状態)の3種類のドライバー状態について、DMSにて検知できる評価指標を選定した。また、これらドライバー状態に応じて手動運転切り替え後の運転行動指標が変化することを明らかにした。さらにドライバーの眠気の抑制法として、持続的な刺激提示と手動運転切り替え前の瞬間的な刺激提示を組み合わせることの有効性を実証した。

【成果の意義・アウトカム】

自動運転中のドライバー状態の評価指標について、シミュレータ並びにテストコース環境にて認知・生理・行動の多様な評価項目の変化を比較し、有用な指標を導出した点は世界的に類を見ない。また、ドライバー状態の違いにより運転交代後の運転行動指標に変化が見られることは、世界で初めて見出したものである。成果は、国際誌2件(査読中1件)、Proceedings2件に掲載された。また、日本自動車工業会から発行された「自動運転 Human Machine Interface (HMI)に関する研究まとめ」に成果の一部が盛り込まれ、自動運転から手動運転への切り替えに関わるHMIの早期実用化に貢献した。さらに、自動運転ヒューマンファクターの共通コンセプトや実験配慮事項に関する国際標準化(ISO TR21959 Part 1 & Part

2)へも貢献した。

高精度・広温度範囲計測が可能な温度分布センサーシートの開発

【背景・実績・成果】

Society5.0の実現には、遍在するセンサなどのエッジデバイスをネットワーク化して得られる生活の膨大なデータを処理し、ひと、もの、サービスから新たな価値を創造する情報システムの構築が求められる。このためのセンサ技術としては、光学カメラを用いた画像情報処理が最も先行している。一方で、カメラの死角となる箇所の計測を補うために、計測対象であるひと、ものに直接取り付ける装着型センサが求められている。ひと、もの、サービスの活動状態を知る物理量計測のなかでも、温度のセンシングは適用範囲が広い。光学カメラを用いた温度センシング技術としては赤外線サーモグラフィが知られている。ここでは、光学カメラの死角となる狭所や物陰の温度の計測、可視化のために、薄い樹脂シートの表面に多数の温度計測部を高密度に配列させた温度分布センサーシートを開発し、ひと、ものの温度分布を可視化できる装着型の高性能温度センシング技術を確立した。

開発した温度センサーシートは厚み 50 μm のポリエチレンテレフタレート (PET) フィルム表面に 169 点 (13 \times 13) の温度計測部を 10 mm 間隔で格子状に配列させたものである。センサは導電層、絶縁層、感温抵抗膜及び保護層で構成され、いずれの層も印刷で形成される。特に温度を計測するための感温抵抗膜は、温度に応じて抵抗値が変化する主要部であるが、実用に資する計測精度を持つ感温抵抗膜を印刷で形成することは従来困難であり、各温度において $\pm 10\%$ の精度に留まっていた。この解決のために温度による抵抗変化を再現良く示すインクを材料設計して開発し、計測精度 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 0.7\%$ F.S. 相当)、計測温度差 $0.3\text{ }^\circ\text{C}$ (0.2% F.S. 相当) と十分な実用性を得ることに成功した。また計測温度範囲も従来の $20\sim 70\text{ }^\circ\text{C}$ から $5\sim 140\text{ }^\circ\text{C}$ へと飛躍的に向上させたことで、生活空間から工業用途まで幅広い応用展開が可能となった。

本研究の学術成果として、令和元年度において国際論文誌 2 報、和文論文誌 3 報、国内学会発表 2 件、国際招待講演 1 件、国内招待講演 2 件、受賞 1 件の実績を挙げた。また、特許出願 1 件、ノウハウ登録 1 件を実施済みである。また、関連研究による科研費 (基盤 C: 440 万円/3 年) を獲得しているほか、技術コンサルティング 2 件が進行中である。

本研究は情報・人間工学領域とエレクトロニクス・製造領域の連携に基づく柏センターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

薄いシート状のセンサを用いることで、従来のサーモグラフィが適用できなかった密閉空間や狭所、物陰などの温度の可視化が可能となった。センサーシートの製造工程は全て汎用性の高いスクリーン印刷法が用いられるため、試作した $13\times 13\text{ cm}^2$ のシート面積や 10 mm ピッチの計測密度に限られず、用途に応じた大面積化や高精細化も充分に見込める。さらにシートの基材についても PET シートに限らず、繊維、ゴム、紙など、用途展開に応じて最適なものを選定できることから、ウェアラブル応用への親和性も高く、身体活動や心理的ストレスに伴う体温変化のセンシングなどへの展開が期待できる。

この温度分布センサーシートを開発を産総研プレスリリースとして令和元年 8 月に報じ、直後の 9 月に行われた展示会 JASIS2019 で実機をデモ展示した。結果、

TV 取材 1 件を含む多数の問い合わせが得られており、共同研究に向けた NDA2 件を締結し具体化検討しているほか、技術コンサルティングが既に 2 件進行中であるなど、確かな反響を得ている。

次世代メディアコンテンツ生態系技術

【背景・実績・成果】

コンテンツのデジタル化により流通コストが削減された結果、物理メディアを販売して受動的な体験を提供することで価値を創出してきた業界は、受動的体験に代わる新たな価値創出の手段を求めて危機感を抱いている。そこで、「どうすれば新たな価値を生み出せるのか？」を意識した、次世代のコンテンツ産業・クリエイティブ産業の創出につなげられる研究開発が求められている。コンテンツ技術や新しい価値・サービス創出の重要性は、日本再興戦略 2016 や第 5 期科学技術基本計画においても指摘されている。

それに応えるため、大型公的外部資金である JST 戦略的創造研究推進事業 ACCEL（課題名「次世代メディアコンテンツ生態系技術の基盤構築と応用展開」、平成 28 年度から 5 年間実施）を獲得し、次世代メディアコンテンツ生態系技術の研究に取り組んだ。音楽を解析する「音楽理解技術」とそれに基づく「音楽連動制御技術」等を研究開発し、第 4 期中長期目標期間で令和元年度までに、IF 付き国際論文誌 5 報（令和元年度に 1 報）、トップ国際会議発表数 37 報（令和元年度に 13 報）の学術成果を挙げた。

従来の音楽連動制御では、遅延の大きいインターネット環境下で多数の汎用機器を音楽に同期して制御することが難しい、という問題があった。また、音楽理解技術が解析できる対象は限られており、膨大な歌詞のトピックを自動解析することが困難だったために、従来は曲名・フレーズ検索を通して歌詞にアクセスする方法に限られていた。これらの問題に対し、インターネット経由で数百台以上の機器が音楽に同期して一体感のある演出ができる大規模な音楽連動制御技術「Songle Sync」と、15 万曲の歌詞のトピックを自動解析できる技術に基づく歌詞探索サービス「Lyric Jumper」（歌詞配信事業者と連携）を研究開発し、平成 28 年度と 29 年度にプレス発表を行い、実証実験等の成果が 108 件報道されるなど、社会的にインパクトを与えた。いずれも多数報道されただけでなく、研究成果が平成 29 年度と 30 年度にマルチメディア分野のトップ国際会議に採択され、学術的にも高く評価された。

令和元年度は、音楽印象分析・音楽推薦を駆使して楽曲と出会える音楽発掘サービス「Kiite」を音楽制作ソフトウェア開発事業者（クリプトン・フューチャー・メディア株式会社）と連携して研究開発し、プレス発表を行った。従来、膨大な楽曲の中から視聴者が好みの楽曲を見つけ出すことは容易でなく、その結果、新たな楽曲が公開されても、それが潜在的に好きなはずの視聴者に気づいてもらえずに埋もれてしまうことが多い。これは、アーティストにとっても視聴者にとっても損失である。しかし、従来の多くの音楽視聴サービスでは、視聴者が楽曲を鑑賞する機能（テキスト検索、人気ランキング、プレイリスト、音楽推薦等）が中心で、音楽発掘のための機能が不十分だった。こうした問題を解決するために、「軽快」「激しい」などの自動分析された音楽の印象で視聴者が絞り込み、自動検出されたサビ区間を効率よく試聴することで、次々と新たな楽曲に出会うことを可能にした。また、産総研が独自開発した音楽推薦エンジンが各視聴者の再生履歴やプレイリスト、楽曲の音響信号の自動解析結果などに基づいて「お勧め楽曲のプレイリスト」を日々自動生成し、幅広い音楽を楽しめるようにした。さらに、

既存の音楽推薦とは違って、視聴者自身が音楽推薦エンジンをカスタマイズして複数保存・公開でき、気分に応じて使い分けたり、他の視聴者がカスタマイズした推薦エンジンを利用したりできるようにした。

他にも、インターネット経由で数千台以上のスマートフォンを制御して一体感のある演出ができる大規模音楽連動制御プラットフォーム「Songle Sync」を用いた新たな実証実験を実施した。花火大会「LIGHT UP NIPPON HOKKAIDO」（国営滝野すずらん丘陵公園にて令和元年 8 月開催）において、音楽に合わせて打ち上がる花火と連動し、来場者のスマートフォンから音楽が流れて映像が一斉に変わる演出が成功した。

【成果の意義・アウトカム】

次世代メディアコンテンツ生態系技術の研究開発によって、様々な事業者が大規模な音楽連動制御を容易に実施可能にするためのプラットフォームや、歌詞配信事業者と連携した歌詞探索サービスを実現して一般公開した。さらに、産総研の音楽理解技術に基づく製品「Lyric Speaker」（平成 28 年度）及び「Lyric Speaker Canvas」（平成 30 年度）が株式会社 COTODAMA から発売された。こうした成果により、音楽連動制御技術によって、ライブ・イベント会場等で多数の来場者のスマートフォンが一斉に連動してアニメーションを表示するような新たな演出や体験を可能にし、音楽理解技術によって、膨大な歌詞を自動解析して未知の楽曲との出会いを可能にする新たなサービスを生み出すことができるようになった。

特に平成 30 年度は、「Songle Sync」がマルチメディア分野のトップ国際会議 ACM Multimedia 2018（採択率 27.61 %）の口頭発表（採択率 8.45 %）に採択され、「Lyric Speaker」が日本最大級の広告賞「2018 58th ACC TOKYO CREATIVITY AWARDS」ACC ゴールドを受賞して、高い評価を受けた。

さらに、令和元年度は音楽関連事業者と連携した音楽発掘サービス「Kiite」を実現して一般公開した。また様々な事業者が大規模な音楽連動制御を容易に実施可能にするためのプラットフォーム「Songle Sync」の実証実験を実施した。Kiite で実現した推薦技術は、音楽に限らずメディアコンテンツ全般において有用であり、コンテンツと視聴者とのマッチングというメディアコンテンツ業界における本質的問題の解決に貢献する。一方、Songle Sync の大規模音楽連動制御技術は、ライブ・イベント会場等で多数の来場者のスマートフォンが一斉に連動してアニメーションを表示するような新たな演出や体験を可能にし、様々な産業が音楽を利用する際に付加価値を与える。

本技術は、音楽と同期して歌詞が表示される世界初のスピーカー製品や、歌詞のトピックに基づいて音楽を発見できる新サービス、ライブ・イベント会場や花火大会でのスマートフォンを用いた従来にない演出など、産業界での実証実験・活用が始まっており、今後も幅広い関連産業に波及して新たな価値を生む貢献が期待できる。

ラストマイル自動走行の実証評価による社会実装に向けた研究開発

【背景・実績・成果】

超高齢社会となっている日本では、交通分野においても、高齢過疎地や交通弱者の移動手段確保、ドライバー人材不足、運行コスト削減、地域活性化などの社会課題の解決が重要となっている。解決策のひとつとして、自動運転技術の活用が期待されており、令和 2 年からの限定地域での無人自動運転移動サービスなどの実現が政府目標となっている。産総研では、平成 28 年から経済産業省・国土交

通省の高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業：「専用空間における自動走行などを活用した端末交通システムの社会実装に向けた実証」を受託し、自宅と最寄駅の間など短中距離を想定したラストマイル自動走行（端末交通システム）の社会実装を目指し、実地域での実証評価を行ってきた。本研究では、自動運転技術の確立だけでなく、ビジネスモデルの明確化、社会システムの確立、社会受容性の醸成を、実地域での実証により検証し、持続可能な移動サービスの社会実装の実現を目指している。

平成 30 年度までに、小型電動カートと小型バスを用いた自動運転車両を開発し、遠隔監視・操作システムなどを用いて、4 つの実地域での実証実験を行ってきたが、令和元年度は、早期の事業化を見込んだ 2 つの地域（福井県永平寺町、沖縄県北谷町）において、国内最長となる約 6 か月間の地域運行事業者による長期サービス実証と事業性評価を実施した。これにより、システムの信頼性や受容性の検証と向上を図り、各地域の需要変動と需給や収支バランスを考慮したビジネスモデルの構築を進め、令和 2 年度以降のサービス開始に向けたロードマップの策定を行った。また、バス運行事業者の要望が強かった乗車定員の多い中型自動運転バスの開発を進め、令和 2 年度の実証評価に向けて 5 つのバス事業者と実証地域を公募により選定した。

【成果の意義・アウトカム】

超高齢社会における交通分野の課題解決のひとつとして、自動運転技術を用いたラストマイル自動走行の実証評価を実施した。車両やシステムの信頼性や受容性の向上と共に、実地域事業者による 6 ヶ月の長期サービス実証を行い、事業化に向けた検証とロードマップを精査した。さらに、中型自動運転バスの開発と実証地域の選定を行った。これらにより、実証地域との連携推進や実証評価による先進事例を示すことができ、令和 2 年以降の持続可能な無人自動運転移動サービスの社会実装と拡大に寄与した。上記成果は高齢者の外出の機会を増加することによる健康増進や、地方過疎地における交通弱者の移動手段の確保を通じた地域活性化など、社会課題の解決にも波及することが期待される。

【課題と対応】

「橋渡し」研究前期で取り上げた特筆すべき成果を挙げている研究課題は、平成 30 年までに、実フィールドでの実証やサービスの試行、製品プロトタイプまで進んでおり、概して第 4 期中長期目標を超える成果を挙げている。人工知能に関する課題については、人間中心の AI 社会を実現するため引き続き開発に注力し、人工知能の信頼性確保のための品質向上技術、及び容易に構築でき、人と協調して進化する人工知能技術を開発する。防災や安全など社会問題解決に直結する人の流れ解析やインフラスマートメンテナンスについては他領域と協力して革新的なインフラ健全性診断技術及び長寿命化技術の開発に取り組む。また、人間行動センシング技術や次世代メディアコンテンツ生態系技術、人間行動センシング技術については、サイバー空間での計画をフィジカル空間に作用させ介入・評価・改善する一連の CPS のプラットフォームとして統合し、産業や社会変動の予測や最適化に貢献する。これらの技術については、今後技術の完成度を高めるとともに、より安全な社会インフラの実現や新産業・サービスの創出に資する技術移転に向け、企業と協力してより一層の橋渡し機能の強化を行い、共同研究や連携研究組織などを通じて社会実装につなげていく。

(3)「橋渡し」研究後期における研究開発

総括

【背景・実績・成果】

第4期における「橋渡し」研究後期では、それぞれの重点課題において次の通り目標を達成した。重点課題1においては、人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術の特筆すべき成果として、「大規模 AI クラウド計算システム「ABCI」の構築と運用」、「人工知能とシミュレーションとの融合」、「深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知」を推進し、人工知能の応用に向けた人工知能基盤技術のモジュール化と、それらをシステム化するプラットフォームを実現した。重点課題3においては、自動車運転状態をはじめとする人間活動の測定評価技術の特筆すべき成果として「健康起因交通事故撲滅に向けたドライバーの体調急変検出技術の開発」を行い、人間測定の結果に基づき心身の状態を評価する技術の健康起因事故の防止への応用に道筋をつけた。重点課題4については、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術の特筆すべき成果として「次世代物流ソリューション事業を支える先進的技術体系の研究開発」、「高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発」を行い、生産や生活での作業に対応するロボットシステム実現に貢献した。

「大規模 AI クラウド計算システム「ABCI」の構築と運用」では、平成30年度は、高性能で省電力の GPU を用い、演算処理装置などを外気に近い温度の水で冷却することによりエネルギー損失を低減し、実運用されるものとして世界トップクラスの省電力性能を有するクラウド型計算システムを実現するとともに、深層学習のベンチマークで世界記録を更新した。令和元年度は外部の機関や企業と協力を強化し、衛星画像など大規模なデータに基づく学習とその応用を開始した。その後数度にわたり ImageNet を対象とした学習速度の世界記録を更新している。

「人工知能とシミュレーションとの融合」においては、平成30年度は、機械学習にシミュレーションを併用することで、大量にデータを作り出し、特殊・未知の事例に対しても人工知能が意思決定する枠組みを開発し、大規模なシステムの多数の設計事項のうち稀にしか生じない不具合条件の発見やプラントの自動制御を実現した。令和元年度は、大規模化学プラント等の巨大システムの安定性を測り、それに応じて自動的に効率安定度目標を切り替えられる技術を開発した。「深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知」では、平成30年度は、解剖学的構造の変化を検出することで異常検知を行う、胸部 X 線画像コンピュータ支援診断(CAD)手法を構築した。令和元年度は、平成30年度に開発した異常検知アルゴリズムを肺炎、肺がん、間質性肺炎、気胸、心不全などを含む疾患75症例で評価し追加開発すべき技術要素を特定した。「健康起因交通事故撲滅に向けたドライバーの体調急変検出技術の開発」では、平成30年には産総研、筑波大学附属病院、東京大学、企業12社とで平成28年に設立したコンソーシアム(Automotive and Medical Concert Consortium; AMECC)により、データ収集を通じて重篤な不整脈発生を検出できるデータ群を整備した。これを受けて、令和元年度は認知症を含む高齢ドライバー対策に関するコンソーシアムの設立を行った。「次世代物流ソリューション事業を支える先進的技術体系の研究開発」では、平成30年度は、フォークリフトの自動運転において重要となる、画像を用いた頑健な自己位置推定・地図生成(SLAM)技術と、搬送対象のパレットに貼付して高精度な位置・姿勢の計測を可能とする拡張現実(AR)マーカ技術の精度評価を行った。令和元年度は、パレット検出技術の高度化や箱積みつけ技術等を新たに開発し、効率の良い作業手法を構築

した。「高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発」では、平成 30 年度は、ロボット介護機器の安全基準、リスクアセスメントの方法等をまとめるとともに、国際安全基準の原案をまとめた。令和元年度は、装着型歩行支援、排泄動作支援などの新分野について、安全試験、効果評価手法を開発したほか、転倒防止機能を有するロボット歩行車の製品化に向けて企業と共同開発を実施し、プレスリリースを行った。

民間資金獲得額は以下の通り。括弧内は各年度の目標値である。

平成 27 年度： 5.7 億円 (7.3 億円)
平成 28 年度： 13.4 億円 (9.7 億円)
平成 29 年度： 16.6 億円 (12.1 億円)
平成 30 年度： 16.9 億円 (14.5 億円)
令和元年度： 18.7 億円 (16.8 億円) (12 月末現在)

民間資金獲得額の内、技術コンサルティング収入は以下の通り。各年度の目標値は定めていない。

平成 27 年度： 2,935 万円
平成 28 年度： 5,451 万円
平成 29 年度： 7,426 万円
平成 30 年度： 9,328 万円
令和元年度： 1.22 億円 (12 月末現在)

【成果の意義・アウトカム】

「大規模 AI クラウド計算システム「ABCI」の構築と運用」では、学習速度の世界記録を達成した。また、産総研・東工大 実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリと研究戦略部による積極的な顧客獲得活動を通じ、挑戦的課題に取り組むユーザの獲得、民間企業による大口利用開拓、初心者ユーザへの裾野拡大までの取組を実施した。これにより、オープンイノベーションの考え方に基づく新しい人工知能産業応用を持続的に生み出す枠組みである「産業エコシステム」の実現につなげた。「人工知能とシミュレーションとの融合」、「深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知」はそれぞれ NEC、パナソニックとの連携研究組織で実施し、NEC の光学機器製品の設計やパナソニックの胸部 X 線画像検査装置における異常検知性能向上に利用された。「健康起因交通事故撲滅に向けたドライバーの体調急変検出技術の開発」では、自動車メーカーやサプライヤー企業による疾患検知システム開発に道筋をつけ、その成果は国土交通省が取り組む第 6 期先進安全自動車推進計画 (ASV-6) のドライバー異常時対応システムのガイドラインに盛り込まれる予定である。「次世代物流ソリューション事業を支える先進的技術体系の研究開発」は、豊田自動織機との連携研究組織で実施され、5 兆円を超える車載ネットワーク市場において世界シェアの 1/3 を占める製品のリスクアセスメント工程を 40 % 効率化したほか、多頻度・小口配送、効率・迅速性に対応する物流製品への実装が進められている。「高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発」においては、ロボット介護機器の開発を促進することを目的として「ロボット介護機器開発ガイドブック」を公開した。これにより、高齢者等の自律性の向上を通じて、介護保険給付費（総額 9 兆 4,328 億円、平成 29 年度厚生労働省介護保険事業報告）の軽減に貢献することが期待されている。また、製品化を目指した企業との共同開発により転倒防止機能を有する歩行車を開発した。こ

の成果により高齢者の歩行機能の維持を通じた健康寿命の延伸並びに社会保障コストの低減が期待される。

第4期中長期計画・年度計画を上回って達成された内容は以下の通りである。「大規模AIクラウド計算システム「ABC1」の構築と運用」は、人工知能処理向け大規模・省電力クラウド基盤として目標である評価・検証を行っただけでなく、国際的なベンチマークで世界記録を達成するとともに、省電力計算インフラとしても世界上位に入るなど、目標を大きく上回る成果を挙げた。「人工知能とシミュレーションとの融合」、「深層学習を用いた胸部X線画像異常検知」、は、企業との連携研究組織の立ち上げを通じ学術的にも高く評価される成果を得ただけでなく、プラント制御や設計、医用画像診断など、計画で想定された衛星や物体画像解析の分野を超える応用を実現した。「健康起因交通事故撲滅に向けたドライバーの体調急変検出技術の開発」では、疾患のデータベース化、ASV-6への採用という目標達成の他、これを上回る成果として知財化も行われた。「次世代物流ソリューション事業を支える先進的技術体系の研究開発」でも、5兆円規模の市場においてトップシェアを持つ企業と、通常の研究を超える相乗効果を得るために一体型連携研究組織で研究を実施した。その成果として、フォークリフトの自動化による物流効率化という目的に関して目標を超える成果に貢献した。「高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発」においては、ロボット介護機器開発ガイドラインの作成という目標を達成したうえ、さらにそれを上回る成果として、これを公開し300以上の介護関連機関がダウンロードするという成果を得ている。このように、多くの研究開発成果を得られたのは、連携研究の質・量の向上によるところが大きい。

健康起因交通事故撲滅に向けたドライバーの体調急変検出技術の開発

【背景・実績・成果】

運転中の疾患発症などによる体調急変が原因で生じる「健康起因交通事故」は、平成15年から平成24年までの10年間で約3倍に増加し、交通死亡事故に占める健康起因事故の割合は、国内外含めて約10%程度と報告されている。健康起因交通事故は、ドライバーの意識消失を伴うこともあり、ひとたび事故が生じると周囲を巻き込んで大きな被害が生じる。このような状況を踏まえて、国土交通省が取り組む第6期先進安全自動車推進計画(ASV-6)において、疾患発症等によるドライバー異常時対応システムに関するガイドラインが作成される予定である(令和元年度作成予定)。他方、疾患発症時・発作時に関するデータは自動車メーカーや自動車部品メーカーにはなく、また複数疾患の発症時データを企業1社で体系的に取得することは困難であり、ドライバー異常時対応システムの開発が難しい状況であった。そこで、産総研、筑波大学附属病院、東京大学、企業12社とで、民間企業からの提供資金(合計約2億1,400万円)をもとに、平成28年11月、疾患発症時またはそれに準じるデータ取得を目的としたコンソーシアム(Automotive and Medical Concert Consortium: AMECC)を設立した。コンソーシアム設立においては、当領域による提案、調整のもと、産総研と複数企業との間でコンソーシアム形式による共同研究が実施可能な仕組み(産総研C型共同研究)を活用した。健康起因事故の上位原因疾患である脳卒中、てんかん、心疾患を対象に、脳卒中についてはドライビングシミュレーター運転時の生体信号、顔・姿勢画像データ、運転操作データ、てんかんについては脳卒中と同じドライビングシミュレーター運転時のデータに加えて、病室内で発作が生じた際の生体信号、顔・姿勢画像データを取得することを目指した。心疾患については重篤な不整脈

の治療中に誘発される不整脈発生時の生体信号や顔画像データを取得することを目指した。

平成 29 年度～平成 30 年度にかけてデータを取得し、イベントのタグ付等（疾患発症や車線変更等の時刻）の 1 次加工を行った後、データベースとして AMECC 参加企業が活用できる形にして提供した。脳卒中については約 50 症例のデータを取得して解析した結果、脳卒中患者のステアリング操舵角は高周波成分が多くステアリング操作が安定しないこと、車両位置の横方向偏差が大きく車両がふらつくこと、座面にかかる体圧が麻痺と反対側に偏ること等を明らかにした。これらの結果を用いて脳卒中の麻痺発症を検出できる可能性を得た。てんかんについては、約 30 症例（延べ約 60 回）の病室内発作データをもとに、てんかん発作時の顔表情や姿勢の変化、心拍数変化に関するデータを得た。また 1 症例についてはドライビングシミュレーター運転中の発作データを得た。その結果、てんかん発作時の心拍数上昇等を明らかにした。心疾患については約 60 症例のデータを取得し、不整脈時の循環生理応答を解析した結果、不整脈発生に伴う心拍数の変化、血圧低下、脳血流の低下、及び脈波形状の変化を明らかにした。AMECC は平成 31 年 3 月末で終了し、得られた成果については、国土交通省（国交省）の取り組む第 6 期先進安全自動車推進計画（ASV-6）において作成するドライバー異常時対応システムのガイドラインで活用されることが決まった（ASV 推進検討会（令和元年 11 月）において承認済み）。また、特許 2 件を産総研、筑波大、東大を発明者として出願した。

運転中の脳卒中、てんかん、心疾患発症検出に役立つデータ収集は世界的にも類がない。国交省が示した「ドライバー異常時対応システム基本設計書（平成 28 年 3 月）」においても、運転中の疾患発症時のデータが欠けていることもあり、具体的な検知条件等にまでは踏み込まれなかった。したがって、本コンソーシアム（AMECC）で得たデータと知見は、自動車メーカーや自動車用部品メーカーが自動車運転中の体調急変検出システムを社会実装する上で貴重である。

【成果の意義・アウトカム】

運転中のドライバーの疾患発症検出を目的に、脳卒中、てんかん、心疾患の発症検知に役立つデータ取得を行った。取得データは、疾患・発作発症のタイミング等のタグ付を行い、データベースとして企業が利用できる形にして提供した。取得したデータを解析した結果、運転行動や生体情報から、自動車運転中の脳卒中麻痺発生、重篤な不整脈発症、てんかん発作を検出できる可能性を得た。

AMECC に参加している自動車メーカーやサプライヤー企業が、取得データをもとに疾患検知システムを開発し、実装することが期待される。加えて、AMECC で得た成果は国交省が取り組む ASV-6 において作成するドライバー異常時対応システムのガイドラインに活用されることが決まった。自動車運転中の疾患発症などが原因で生じる健康起因交通事故は全死亡事故の約 10 %を占める。健康起因交通事故は、ドライバーの意識消失を伴うこともあり、ひとたび事故が生じると周囲を巻き込んで大きな被害が生じる。AMECC 参加企業による疾患検知システムが実装され、健康起因交通事故を減少させることにより、安全・安心な交通社会の構築に役立つ。

外部から高く評価されたエビデンスとして新聞報道 9 件（平成 28 年度）、Web 報道 3 件（平成 28 年度）で紹介されたほか、国際学会（演題採択率約 40 %、Proceedings 掲載雑誌 IF: 23.4）において優秀な発表として選出された（平成 30 年度）。加えて、AMECC 参加企業から平成 28 年 11 月～平成 30 年 3 月の約 1 年半で 1,500 万円

/1社の資金提供を受けた。さらに、平成31年3月末までの1年延長に伴う追加出資（280万円/1社）とあわせて、合計約2億1,400万円の資金提供を受けた。この事実は、企業からの高い評価を示す。

大規模AIクラウド計算システム「ABCI」の構築と運用

【背景・実績・成果】

現在進行中の第3次人工知能ブームは、膨大なデータを深層学習の入力として与えることで複雑な実世界における事象でも人間に近い精度でコンピュータが判別できるようになってきたことに起因する部分が多い。これにより、ロボットが人間を単純肉体作業から解放したように、人工知能は人間を単純な知的作業から解放する。Society5.0ではさらに、大規模なシミュレーションによる膨大な学習データの生成と深層学習の組合せにより、これまで人が想定外としていた可能性を提示するなど、適用範囲の拡大がますます期待される。

しかしながら、これまでの人工知能研究で培われてきた要素技術を実社会規模の問題にスケールさせて適用する技術開発を推進し、計算機パワーに支えられて先行してきたGAFA（Google, Apple, Facebook, Amazon）に代表される巨大IT企業や中国との技術開発競争を行っていくには、オープンイノベーションの考え方に基づく新たな人工知能産業エコシステムの基盤となる大規模計算プラットフォームが不可欠である。

本研究では、人工知能研究・橋渡しインフラ構築の戦略及び活動の一環として、人工知能研究センターで開発してきたAIクラウド構築・運用技術、及び産総研・東工大実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリで培ってきた省エネ型高性能計算プラットフォーム構築技術を活用し、大規模AIクラウド計算システム「ABCI」を開発した。ABCIは柏センターAIデータセンター棟に構築し、平成30年8月より国内外の大学・研究機関・民間企業等の利用者への提供を開始した。

ABCIでは、高性能で省電力のGraphics Processing Unit（GPU）を4,352基搭載するとともに、演算処理装置などを外気に近い温度の水で冷却することで、省エネ性能を高めた。ハードウェア性能、省エネ性能、実用計算性能の3指標すべてにおいて世界トップ10に入るシステムは令和元年11月現在においてもABCI、米国エネルギー省（DOE）のSummit、Sierraの3システムのみであり、実性能と省エネを世界トップクラスで両立したことを実証したと言える。なお、これらの成果は平成30年6月26日、平成30年11月13日のプレスリリースにて公表した。さらに、画像認識用データセットであるImageNetを対象とした深層学習の学習速度で世界最速記録を更新した。本研究はソニーとの共同研究の一環として行い、産総研はABCIに最適化した同期手法の考案などで貢献した。ABCIにより米国Google、中国Tencentなど先行する技術開発への対抗が可能であることを実証したと言える。なお、この成果は平成30年11月13日のプレスリリースにて公表した。さらに令和元年7月には富士通研究所がABCI上でImageNetを対象とした学習速度の世界最速記録を更新した。

ABCIは、公的かつオープンで、人工知能に特化した計算インフラとして世界初の先進的システムであり、規模においても随一である。実社会から取得されるビッグデータや学習モデルデータ等を収集・蓄積・利用するための大容量・高速な共有ストレージを提供し、安全なデータ管理を必要とするデータの保管・利用、データのステークホルダ間での共有、オープンデータや学習モデルの公開・再利用など、データのエコシステムの充実にも取り組むことでオープンイノベーショ

ンを促進する。新たな人工知能産業エコシステムの基盤となるべく、交付金・国家プロジェクト・共同研究による民間資金を原資とする内部利用、民間企業・大学・国立研究所等を含む外部機関の資金を原資とする外部利用を合わせて、累計で数百のプロジェクト、数千の利用者への利用促進を目標としている。平成30年度は、利用プロジェクト数112（内部：59、外部：53）、利用者数609（内部：227、外部：382）であり、令和元年度は11月末時点において、利用プロジェクト数239（内部：119、外部：120）、利用者数1,535（内部：327、外部：1,208）であった。本研究は、臨海副都心センター、つくばセンター、柏センターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

ABCI を人工知能産業エコシステムの基盤とするべく、平成30年度以降、以下の施策を実施している。

① 先進的基盤運用の実践と研究開発の好循環の形成

人工知能研究センター及び産総研・東工大実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリーの研究者が運用チームをリードすることで、最先端の基盤ソフトウェア等の導入、AI データセンター棟の効率的運用を可能にするとともに、運用の現場や利用者から得られた課題や利用負荷データを元にした研究開発とその成果の運用へのフィードバックという好循環の形成を進めている。平成30年度は利用負荷データを活用したデータセンター効率化をテーマとして外部資金を獲得し、理研との共同研究に発展させた。令和元年度は民間企業との資金提供型共同研究に展開した。この他、HPC 分野のトップ国際会議である SC19 において2件の論文発表を行い、うち1件は Best Paper Finalist に選出されるなど研究開発の成果も世界的に高く評価されている。

② ABCI グランドチャレンジの主催

人工知能分野の最重要課題への挑戦を促進するため、ABCI の全系を無償で24時間占有利用する公募型プログラムを平成30年度に3回、令和元年度に3回実施し、各回2課題程度採択した。平成30年度の ImageNet を用いた深層学習の学習速度の世界最速記録は採択課題の1件として実施されたものである。グランドチャレンジは世界トップレベルの研究成果も生み出しており、令和元年度はジャーナルでは Nature、トップ国際会議では CVPR、NeurIPS、CCGrid など公表された。この他、平成30年10月、令和2年2月に成果報告会を開催して成果普及に務めた。これにより、成果ソフトウェア、データの ABCI 利用者への開放を行い、利用拡大を見込んでいる。

③ ABCI を基盤とするデータエコシステムの拡充

安全なデータ管理を必要とするデータの保管・利用、データのステークホルダー間での共有、オープンデータや学習モデルデータの公開・再利用など、ABCI を基盤とするデータ活用のエコシステムの拡充のため、平成30年度は法令及び国際的なセキュリティ基準に準拠した暗号化対応のデータ基盤を開発した。また ABCI ユーザーを対象とした需要調査と、オープンデータ・衛星データを対象としたデータ整備を開始した。令和元年度にはセキュリティ基準に準拠したデータ基盤の運用を開始し、利用企業のセキュリティレベルに適合する環境を提供することで、通常は社外に出すことが難しいデータを用いた研究開発への利用に対応した。

④ ABCI 利用約款を含む利用制度の整備、セキュリティホワイトペーパーの公開

国内外の民間企業・大学・国立研究所等を含む外部機関の資金を原資とする外部利用を可能とするため、ABCI 利用約款、輸出管理手続、利用料徴収を含む利用制度を整備した。

⑤ 大規模ユーザの開拓

研究戦略部、実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリが主体となり、大手民間企業を対象とした見学会やチュートリアルを開催した。令和元年度は、2億円規模の資金提供型共同研究をはじめ、その他、合计数社との共同研究を実施した。その他、JAXA、情報通信研究機構(NICT)とも ABCI 上での衛星画像解析などで連携を開始し、令和元年度にデータ解析作業を開始した。

⑥ B2B2C 実証プログラムの実施

ABCI の利用拡大には利用者にとって使いやすい人工知能アプリケーションのサービス提供が不可欠であるため、平成 30～令和元年度は初学者にも使いやすい WebUI ベースのクラウド型統合開発環境サービス (B2C サービス) を対象として、実施事業者を公募し、実証を委託するプログラムを企画し、平成 30 年 4 月より事業を開始した。

⑦ 内部・公設試向けユーザの開拓

利用方法、体験学習セミナーを含む講習プログラムを開発して 30 名規模の利用者講習会を開催し、内部・公設試験研究機関向けユーザの開拓を図った。セミナー資料等のオンライン配信により外部機関の利用者による受講も可能にした。

⑧ 産学官連携利用の促進

産学官連携利用に資するフレームワークに参画することで、産学官連携利用の促進を図った。具体的には、高速ネットワーク (SINET5) で接続された全国の大学・国立研究所設置のスパコンやストレージを共用利用可能にする「HPCI 連携」、大学等が保有する多様・高度なデータやインフラ (ABCI などの計算環境や SINET5 などの通信インフラ等) を活用する事業構想を募集する「データ&AI ビジネスコンペティション」に参画した。

⑨ 人工知能向けデータセンター事業のモデル化

ABCI をモデルとする計算インフラの構築、企業のオンプレミスクラウドと ABCI との連携について 2 社との連携交渉を進めた。

前項①、②、③、⑧により、公的かつオープンで、人工知能に特化した計算インフラとして世界初かつ最先端システムとしての「ショーケース」の創出に務めた。前項②、③により、莫大な演算能力により初めて可能になる人工知能分野の最重要課題への挑戦を支援し、国際競争力のある最高水準の成果の創出とその普及推進を行った。前項④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨により、様々なステークホルダの参画を促し、人工知能産業エコシステム規模の拡大につながる利用促進・連携に関わる活動を行なった。そして、新しい人工知能産業応用を持続的に生み出す、多種多様なステークホルダからなる産業エコシステムの実現を進めた。

研究成果は積極的に公表を行った。平成 30 年度及び令和元年度の 2 年間において、国際会議における招待講演 5 件、口頭発表 18 件、以下に示す 5 件のプレスリリースを行い、各所で報道がなされた。

プレスリリース

大規模 AI クラウド計算システム「ABCI」がスパコンランキング TOP500 で世界 5 位、Green500 で世界 8 位を獲得、富士通株式会社、平成 30 年 6 月 26 日
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2018/06/26.html>

大規模 AI クラウド計算システム「ABCI」がスパコン性能ランキング世界 5 位、産総研、平成 30 年 6 月 26 日

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr_2018/pr20180626/pr2

0180626.html

ディープラーニングの分散学習で世界最高速を達成、ソニー株式会社、平成30年11月13日

<https://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201811/18-092/>

AI向けクラウド型計算システム「ABCI」が深層学習の学習速度で世界最速に、産総研、平成30年11月13日

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr_2018/pr20181113/pr20181113.html

世界最高速を達成！ディープラーニングの高速化技術を開発、株式会社富士通研究所、平成31年4月1日

報道等（広報DBによる）

産総研スパコン、深層学習で世界最速、日本経済新聞(WEB)、平成30年11月15日をはじめ97件、うち平成30年度は91件、令和元年度は44件。ABCIが上位ランクインしたTop500 List/Green500 List/HPCG List

Top500 List (June 2018), <https://www.top500.org/lists/2018/06/>

Green500 List (June 2018), <https://www.top500.org/green500/lists/2018/06/>

Top500 List (November 2019), <https://www.top500.org/lists/2019/11/>

Green500 List (November 2019), <https://www.top500.org/green500/lists/2019/11/>

HPCG (November 2019), <https://www.top500.org/hpcg/lists/2019/11/>

人工知能とシミュレーションとの融合

【背景・実績・成果】

人工知能(AI)の意思決定能力は、囲碁将棋では人間を凌駕した。だが、例えば機械設計や操縦といった産業の実践的な課題では熟練者の能力に及ばない。その主たる原因は、学習用データの不足である。特に問題となるのが、特殊な事例や未発生の事例で、これらには学習すべきデータが存在しない。人間ならば知識や経験に基づき何らかの意思決定をするが、人工知能には難しい。そこで、機械学習にシミュレーションを併用することで、大量にデータを作り出し、特殊・未知の事例に対しても人工知能が意思決定できるようにした。

人工知能の産業応用は Industry4.0 と呼ばれ、世界的に競争が激しい。よって、企業と最も集中的に骨太かつ実践的なテーマ設定ができる NEC-産総研人工知能連携研究室を組織して研究にあたった。

平成30年度の特筆すべき成果の第1は、「高次元設計空間における希少不具合条件の発見」である。機械設計は設計事項が多数あり、設計空間は高次元かつ広大である。その空間内の意外な局所に不具合が生じることがあり、これを探知し排除せねばならないが、人手による探索には膨大な時間がかかる。本研究では、不具合の潜んでいそうな部分や、検証で見落とされがちな部分を機械学習で探知できるようにし、そこを重点的にシミュレーションで検証できる人工知能技術を開発した。これを NEC 製品の光学機器の設計に適用し、実用化した。これにより、従来は専門家でも発見に1週間要していた、発生確率が1億分の1程度の設計不具合を、1日の計算で発見できるようになった。

成果の第2は、「論理推論とシミュレーション強化学習との融合による安全・高効率制御」である。化学プラント等の巨大システムでの異常に対して、効率のよ

い復旧操作手順を強化学習によって自動で構築した。手順の根拠を運転員に説明することができる手法であるため、経験の浅い運転員でも、手順の妥当性の判断が可能となる。ここでは、10種以上の制御パラメータと制御目標値で構成される複雑な化学プラントモデルの制御方策を生成できた。このような多変量かつ非線形なシステムの操作手順の自動立案は従来は実質不可能であったが、本研究では実在する大型プラント装置を対象として強化学習を行い、復旧操作手順を数日で組み立てることができた。一般に巨大システムの制御は、多数の操作項目が複雑に絡み合うため機械学習が収束しない。そこで本手法では、論理推論人工知能を使い、知識や制御規則に基づき、正しそうな制御の領域に目星をつけ、学習すべき範囲を絞り込む。その中から、強化学習が最適解を発見する。

令和元年度は巨大システム制御の研究開発を更に進めた。巨大システム制御の強化学習では、答えの効率性と安定性のトレードオフの問題があった。学習の目標として、高効率だが不安定になりえる答えと、効率はさほど高くないものの安定している無難な答えとの、2つがあり得、どちらを目指すかは、人間が選択し指定してきた。令和元年度の成果として、人工知能が巨大システムの安定性を測り、それに応じて自動的に効率安定度目標を切り替えられる技術を開発した。さらに実際のプラントを用いた実証実験も実施した。

平成30年度は、人工知能のトップ国際会議 International Joint Conference on Artificial Intelligence (採択率 25%)、International Conference on Machine Learning (採択率 25%) 等において論文が採録され、発表を行った。NEC よりプレスリリースが2件なされた。この他招待講演6件、報道記事3件がある。

令和元年度は、人工知能のトップ国際会議 Conference on Neural Information Processing System (採択率 21%)、International Conference on Machine Learning (採択率 25%) 等において論文が採録され、発表を行った。NEC よりプレスリリースが1件なされた。この他招待講演1件、報道記事2件がある。本研究は臨海副都心センターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

人工知能は囲碁将棋等で飛躍的な進歩を遂げた。これら従来の人工知能応用は情報的分野に限られがちだったが、本研究は人間を凌駕する学習能力・意思決定能力を、一般の機械・システム・企業活動・社会インフラの最適設計・最適運用に適用する第一歩となっている。この点で本研究は、Industry4.0として注目を浴びている「産業システムの人工知能化」という新しい産業分野の先陣を切っており、実世界の多様な産業課題に広く適用できるインパクトを持つ。

本研究の結果、設計問題においても制御問題においても学習時間の大幅な短縮が可能になった。特に多数のレンズ等からなる光学系の設計では、ごく稀な条件でのみ発生する不具合の撲滅が大きな課題であったが、本研究の成果を設計現場に供することで対処できるようになった。このように実製品の設計に素早く成果を適用できたのは、連携研究室という特質を生かし、産総研・NEC・大学の研究者が一か所につどって理論研究から開発までを一体で進めてきたゆえである。

日本の産業現場では熟練者の不足が深刻化している。本技術により、熟練者と同等、あるいはそれ以上に巧妙な設計や制御が人工知能によってなされるようになり、産業製品の性能、生産効率、そして安全性が向上する。特に本技術は、熟練者の知識を人工知能に取り入れ、それを更にシミュレーションでの検討を加え改良するゆえ、日本の各社の現場に今いる熟練者の技術を伝承する手段となる。

次世代物流ソリューション事業を支える先進的技術体系の研究開発

【背景・実績・成果】

近年、少子高齢化に伴う労働力人口の減少、e-コマース（電子商取引）の拡大による多頻度・小口配送、効率・迅速性への対応など、物流を取り巻く環境や改善ニーズは急激に変化している。特に、IoT や人工知能などの技術の発展・普及により知能化・自動化された機器による省人化や、多量データを高度に活用した効率的で効果的なオペレーションの実現など、新たなソリューションによって、物流コスト低減等、ユーザ企業の幅広い改善ニーズに応えることが求められている。

そのような中、産業車両・総合物流システムのトップメーカーである豊田自動織機と、ロボット技術や情報技術を長く培ってきた産総研が連携し、平成 28 年 10 月に豊田自動織機-産総研 アドバンスド・ロジスティクス連携研究室を設立した。豊田自動織機の保有する高品質・高性能で環境にやさしい多様な製品の開発力、IoT 技術や多くのユーザ企業への導入実績に基づく豊富なデータやノウハウに、産総研の高度なロボット技術、人工知能、データ・アナリティクスなどを適用することで、車両・機器の自律作業を可能とする知能化・自動化や高度なシステムインテグレーションの技術開発を加速し、先進的なロジスティクス・ソリューションの早期実現につなげ、物流現場の課題解決（現場に要求される高精度化、低価格化、省力化、最適化等）を目指してきた。

平成 30 年度は、フォークリフトの自動運転において重要となる二つの技術、すなわちカメラ映像を使い自己位置推定と環境地図作成を同時に行うビジュアル SLAM 技術 (Simultaneous Localization and Mapping; SLAM) と搬送荷物を搭載している台であるパレットの位置と姿勢を高精度に計測できる高精度 AR マーカ技術 (Augmented Reality; AR) を豊田自動織機へ技術移転し、国際物流総合展 2018 にて、トヨタ L&F (豊田自動織機の国内物流ブランド) ブースで発表した。ビジュアル SLAM 技術では、周囲環境変化に対して頑健性を向上させるアルゴリズムを開発するとともに、フォークリフトの自動運転を行うために必要な自己位置推定精度 100 mm 以内を実現した。また物流現場を想定した高精度 AR マーカの位置精度評価手法及びそのための測定手法を構築した。

令和元年度は、ビジュアル SLAM 技術の頑健性を更に高め、物の有無や位置が刻々と変化する物流現場において精度よく自己位置推定ができるようにするとともに、棚に置かれたパレットを、AR マーカ等を用いず、カメラ映像のみから認識しフォークリフトとの相対位置を推定することで、自動運転フォークリフトが荷物に正対してアプローチできる技術を構築し、豊田自動織機へ技術移転の手続きを進めている。ビジュアル SLAM 技術については 2019 国際ロボット展の産総研ブースで発表、及び、デモを実施した。また、パレット認識技術については豊田自動織機内の技術展にて発表した。

レーザによる測位でなくカメラの映像を用いるビジュアル SLAM 技術では、他機関においてもステレオカメラなど複数のカメラを用いて自己位置推定する技術が提案されているが、本技術はカメラ 1 台で複数カメラを用いた場合と同様の自己位置推定精度を達成しており、この技術を用いることで物流倉庫における移動機器への自動制御導入コストを低減できる。豊田自動織機は市場規模 5 兆円のフォークリフトで世界トップシェアを握っており、当技術の製品への展開により大きな波及効果が期待できる。

【成果の意義・アウトカム】

物流現場における作業車両・機器の自律作業を可能とする知能化・自動化の研

究をもとに、ビジュアル SLAM 及び高精度 AR マーカを技術移転し、実用化した。また、株式会社豊田自動織機の現場データを活用し、産総研の高度な人工知能、データ解析手法などを適用することで、現場のデータ解析を進めるとともに、高度なシステムインテグレーションの技術開発を加速できる研究開発体制を構築した。技術移転した成果を豊田自動織機が保有する機器に搭載し、実際のユーザ環境でテストをすることで、いち早く世の中のニーズに答えるとともに、現場の課題を研究にフィードバックした。

今後の研究開発で、将来の大きな社会問題である少子高齢化に伴う労働力人口の減少（令和 2 年 7,405 万人、令和 22 年 5,978 万人（国立社会保障・人口問題研究所日本の将来推計人口（平成 29 年推計））、e-コマース（電子商取引）の拡大による多頻度・小口配送、効率・迅速性への対応など、物流を取り巻く環境や改善ニーズへの解を提供できると期待される。

高精度 AR マーカによるパレットの位置姿勢の高精度検出、及びビジュアル SLAM 技術によるキーカート（トヨタ L&F の積載・けん引用無人搬送機）の自動制御について技術移転を既に行っており、カメラ画像のみからパレットを認識する技術についても技術移転の手続きを進めている。物流に関わる国内開催展示会では最大規模の国際物流総合展 2018 での展示、豊田自動織機技報(No. 69)の国際物流展 2018 特集の中での発表、2019 国際ロボット展での展示デモ等を通じて企業・一般への PR を実施し、その活動を広めた。

高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発

【背景・実績・成果】

全国における要介護（要支援）認定者数は、平成 30 年 5 月末現在で 646 万人に達するなど増加の一途をたどり、令和 7 年には介護人材が 37.7 万人不足すると推計されている。また、平成 29 年度の介護保険給付費の総額は 9 兆 4,328 億円（厚生労働省介護保険事業報告）で、平成 28 年度の医療費約 41 兆円（厚生労働省 概算医療費の年度集計）の 1/4 程度の規模に膨らんできている。この課題の解決の一助とするため、高齢者の自立を支援し、介護者の負担を軽減するロボット介護機器の開発を平成 25 年から進めている。ロボットを活用した健康寿命の維持や医療・介護費の低減は、Society5.0 の中心課題の一つである。本事業では、ロボット介護機器の設計の支援、安全基準の策定、効果評価基準の策定を行い、これらを文書でまとめ、併せて開発支援ツールの開発を行い、民間企業による安全で有用なロボット介護機器の開発を支援した。

平成 29 年度までにロボット介護機器の開発のための V 字モデルを開発した。従来の V 字モデルは機械の設計のみに着目したモデルであったが、これに利用する人間の課題、目標等を規定するレイヤーを追加したのが特徴である。効果性能基準、安全基準、安全試験方法に加えて、International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF, WHO 2001 年) に基づく開発コンセプトを整理するシート、力学モデルに基づく設計支援ツール、簡易動作計測・評価システム、高齢者動作模擬装置、効果評価 IoT システム等の設計支援ツールを開発した。さらに、平成 30 年度から開始した新重点分野について、効果評価シート、霧雨や水蒸気等のあるミスト空間での物体検知試験法、接触面圧分布試験手法、コミュニケーションロボット評価モデルの開発を行った。

生活支援ロボットの国際安全規格 ISO 13482 は平成 26 年に発行されているが、ロボット介護機器の安全基準は検討されていなかった。この課題に対して、「ロボット介護機器開発のための安全ハンドブック」として、世界で初めて参照すべき

関連規格、ロボット介護機器の安全基準、リスクアセスメントの方法等をロボット介護機器の分野ごとにまとめた。さらに、ロボット介護機器の効果評価基準は存在しなかったのに対して、有用性を評価するための基準と評価ツールの開発を行った。

これら規格標準の策定に加え、転倒防止ロボット歩行車の開発も実施した。要介護度の重度化予防などの対策を含め、介護サービスの維持は喫緊の課題となっている。廃用症候群による要介護度の重度化を予防する観点では、自立的な歩行が重要であるが、従来の歩行車は利用者の転倒を防止する機構を備えておらず、歩行車からの転落や歩行車ごと転倒するリスクがあった。そのため、介護施設などでは転倒リスクのある要介護者の移動時に車椅子を用いることが多く、それにより、要介護度が重度化する「作られた寝たきり」の増加が課題となっていた。

歩行車に適切な転倒防止機能がないという課題の解決を図るため、① 歩行車ごと転倒しないような安定性と要介護高齢者でも利用可能な操作性を両立すること、② トイレを含む狭隘な生活空間で利用可能なこと、③ 車椅子で移動する場合と同等以下の転倒リスクと介護負担により移動できること、④ 歩行中は介助無しで利用できること、を設計仕様とした。①と②を実現するためには、歩行車が小さな支持基底面でも転倒しないような重量を持つことと十分に小さな力で操作できることを両立する必要がある。そこで、デジタルヒューマンモデルを用いて、歩行車に対する利用者の相対的な立ち位置や姿勢を変化させ、最も不安定となる状態で、歩行車の車輪が床を離脱するかどうかを評価し、歩行車の重量を設計した。操作性に関しては、左右駆動輪を利用者の足位置付近に配置し、足位置を中心に両輪が逆回転することにより旋回が可能な構成とするとともに、両輪をパワーアシストすることにより実現した。また、③と④について、転倒は利用者の重心の床への投影点が支持基底面の中心から境界へ偏倚することによって発生することに着目して、この重心偏倚の初動を抑制する機構を開発することでハーネスやベストによる拘束なしに転倒防止を実現した。

この機構の有効性を検証するため、横浜市総合リハビリテーションセンターにて第1次試作機による人型ダミーを用いた転倒実験を実施した。使用した人型ダミーは、身体の各部寸法や重量配分、関節可動域を高齢者の計測統計情報に準じて設計・開発したもので、全身に33以上の自由度を備える。人型ダミーの初期位置や姿勢を変更してさまざまな条件で転倒実験を行った結果、人型ダミーが歩行車から落下する場合は一度もなかった。歩行車ごと転倒するリスクについては、後方重心姿勢で転倒させた場合に、足先が歩行車の下に潜り込んで歩行車の前方が床面との接触を失う場合があった。このため、第2次試作機では膝をサポートする機構を追加した。本成果は企業とともに製品化に向けた共同研究として執り行い、平成元年12月に共同でプレスリリースを行った。

【成果の意義・アウトカム】

ロボット介護機器開発ガイドブック、ロボット介護機器開発のための安全ハンドブック、ロボット介護機器実証試験ガイドライン、倫理申請ガイドライン、ロボット介護機器開発導入指針などの文書に、ロボット介護機器の安全設計・試験法、被介護者や介護者の生活機能の目標を含めた設計方法などを体系的にまとめ、平成30年9月から無償公開している。安全基準、効果性能基準については、国際標準化に向けた案をISO/TC 173に提案した。成果となるロボット介護機器としては、19機種が製品化されて上市された。

平成24年度に経済産業省と厚生労働省により公表されたロボット技術の介護

利用における重点 5 分野 8 項目については安全基準や効果評価基準の開発を完了し、平成 29 年度に追加された 1 分野 5 項目についても令和 2 年度末をメドに基準開発を進めている。開発済みの基準を公表して文書として利用可能となったことから製品開発プロセスの効率化が進み、既に上市された 19 機種に加えて、新製品の市場投入が期待される。また、これらの新しい介護機器を利用することにより高齢者の自立支援、介護者の負担軽減が可能となる。

平成 30 年度のロボット介護機器の市場規模は 19 億円あまりと推計されており、令和 2 年度には 33 億円規模になると予測されている。経済産業省が策定したロボット新戦略（平成 27 年発表）では、被介護者がロボットを利用した介護をして欲しいと思う割合、介護者がロボットを利用して介護をしたいと思う割合を、いずれも 80 % とすることを目標としており、これが実現されればロボットを利用した介護が広く普及することが期待される。

上市されたロボット介護機器の累計販売額は 50～100 億円規模を達成した。公開したロボット介護機器開発ガイドライン等の成果文書は、300 以上の機関がダウンロードしている。文書公開の際にはプレスリリースを出し、日刊工業新聞、中部経済新聞等で報道された。プロジェクトの成果は Foreign Press Center で外国プレス向けに一発表を行い、Guardian 等の海外紙で報道され、チリで開催された南米最大の科学技術会議にも招待された。

ロボット歩行車に関しては、介護施設などでは転倒リスクのある要介護者の移動時に車椅子を用いることが多く、それにより、要介護度が重度化する「作られた寝たきり」の増加が課題となっていた。今回開発した歩行車の利用により、転倒リスクのある要介護者が安全に歩くことが可能となり、要介護度の重度化を予防する自立支援介護、総介護費用の増加抑制が期待される。

ロボットサービスの安全マネジメントに関する研究開発と標準化

【背景・実績・成果】

少子高齢化による労働力不足を解決する手段のひとつとして、サービスロボットの開発が進展している。サービスロボットを開発する上で、従来、ロボット単体についての安全規格しかなかったが、ロボットを用いたサービスを実施する際の安全管理や運用に関する規格が必要とされていた。そこで産総研が中心となって、サービスロボットメーカー、ロボットサービスプロバイダー、有識者らの意見を取りまとめ、改正 JIS 法で初めてのサービス規格 JIS Y 1001 として制定、発行した。なお本成果は、産総研が主査を務めるロボット革命イニシアティブ協議会 (RRI) の研究専門委員会での議論の成果を活用して行われた。

内容としては、サービスロボットの安全規格 ISO13482 などで示されるロボット自体の安全性は確保されていることを前提として、ロボットサービスプロバイダーがそれぞれに行う、個別のロボットサービス特有の安全上の課題や問題を、リスクアセスメントを行うことで明らかにし、運用時のリスクを安全管理などで低減するものとなっている。また品質マネジメント規格 ISO9001 や労働安全マネジメント規格 ISO45001 と同様の、トップマネジメントや体制構築、教育などの安全管理活動の継続的な実施と改善を求めている。

【成果の意義・アウトカム】

これまでの産業用ロボットは、工場の安全柵の中だけで稼働したり、教育を受けた専門の従業員だけが利用したりするのに対して、本規格が対象とするサービスロボットは、一般の人を対象に、もしくは一般の人の近くにいる場所で動作す

る。そのため、空港や駅、商業施設や介護施設などのさまざまな利用環境において、高齢者や子供、障害者などのさまざまな人に対して安全をどう確保するかが重要となる。本規格では、事業としてロボットサービスを提供しロボットを運用するロボットサービスプロバイダーが、一般の受益者や周囲の第三者の安全を確保するために実施すべき安全管理、マネジメントについて標準化を行ったもので、安全・安心なロボットサービスの普及に貢献するものとして期待される。本件については令和元年5月に経済産業省との同時プレス発表を行った。

深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知

【背景・実績・成果】

近年、医用画像を解析処理することで異常検出や所見疾患推定を行う装置／ソフトウェアが開発されている。それらを用いる診断はコンピュータ支援診断 (Computer-Aided Diagnosis: CAD) と呼ばれ、医師の読影精度向上及び負担軽減が期待されている。医用画像の中でも胸部 X 線画像は豊富な情報を含み、その撮影装置は安価で普及率も高いため、胸部 X 線撮影は胸部疾患診断の第一選択方法になっている。

胸部 X 線画像の CAD 技術としては、事前に機械学習した病変を検出するものが多く提案されている。しかしながら、胸部 X 線画像では奥行き方向に複数の解剖学的構造物が重なって描写され、さらに病変がそれらの解剖学的構造物と重なった場合は病変検出が困難になる。このような場合に、解剖学的構造の正常状態を基に、疾患による解剖学的構造の変化を検出することで異常検知を行う胸部 X 線画像 CAD システムが必要となる。

平成 29 年 2 月に設立されたパナソニック-産総研先進型 AI 連携研究ラボでは、深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知に取り組んでいる。平成 29 年度には、局所的な解剖学的構造の正常状態をモデル化し、疾患による解剖学的構造の変化を検出することで異常検知を行う、胸部 X 線画像 CAD を提案した。さらに、その構成要素である、胸部 X 線画像からの解剖学的構造の領域抽出技術を、領域抽出用の深層ニューラルネットワークのひとつである U-Net を用いて実装し、5 個の選定部位に関して評価した。学習性能評価には、正常胸部 X 線画像 697 症例を用いた。訓練用として 697 症例のうちの 9 割 (627 症例) を無作為に選定して用い、評価用として残りの 70 症例を用いた。評価データに対する領域抽出精度として、抽出された領域の類似度を評価する Dice 係数 ([0, 1] の値を取り、1 が最良) を算出したところ、対象とする解剖学的構造の選定部位のうち、小面積の骨部分に対して Dice 係数 0.91、線部分構造に対して Dice 係数 0.71~0.81 と面構造・線構造共に高い領域抽出精度を確認し、目視での抽出領域結果もほぼ正しく領域抽出できていたことを確認した。

平成 30 年度には、領域抽出対象の解剖学的構造を 4 個増やし、計 9 個とした。さらに、領域抽出した解剖学的構造の位置や大きさを基準に判定を行う異常検知アルゴリズムを開発し、疾患 27 症例に対して性能を確認した。令和元年度には、異常検知アルゴリズムをサーバにて実行させることにより、複数のクライアント端末から異常検知結果を確認可能な、Web サーバ型胸部 X 線異常検知システムの開発を行った。また、平成 30 年度に開発した異常検知アルゴリズムを肺炎、肺がん、間質性肺炎、気胸、心不全などを含む疾患 75 症例で評価し追加開発すべき技術要素を特定した。さらに、複数の解剖学的構造で囲まれる領域に対して、健康状態にある正常な見え方のモデルを基準に判定を行う異常検知アルゴリズムを開発し、正常の胸部 X 線画像から切り出した、解剖学的構造で囲まれる右肺底領域

画像を学習し、肺炎、蜂巣肺、心不全、肺がんの4病変を検出した成果を報告した。正常画像557枚を学習し、154症例（異常症例は14）で検証した結果、感度93%を確認した。

本研究は臨海副都心センター及びつくばセンターの研究成果である。

【成果の意義・アウトカム】

放射線科医及び従来型の胸部X線CADの両方が不得意とする領域（心臓や肝臓に重なる肺野）に対する異常検知の可能性を示す、領域抽出結果を確認した。すなわち、正常症例に対する領域抽出結果と、異常症例に対する領域抽出結果との間に目視により違いが確認できた。また、従来型の胸部X線画像のCADでは難しかった、胸部X線画像には直接的に表れない病変についても、解剖学的構造の正常状態を学習し、医学的根拠に基づいた解剖学的構造に現れる変化を検出することで、病変検出を実現する可能性があることを示唆した。これにより、従来型の胸部X線CADに対する完全な置換が期待できる。これは健康診断や医療機関での胸部X線画像検査における異常検知性能の向上につながり、例えば、肺癌の見逃し率の低下が実現できる。

平成30年11月に、平成29年度に実施した成果を、放射線画像診断に関する学会The Radiological Society of North America (RSNA、北米放射線学会)の世界最大の国際会議であるRSNA2018で発表した。また、平成30年度の成果を2019年度人工知能学会全国大会で発表した。

【課題と対応】

「橋渡し」研究後期課題では、企業との共同研究や連携研究室・ラボ、コンソーシアムを通じて、実問題を解決可能な形で人工知能、サイバーフィジカルセキュリティ、ロボットの各技術のパッケージ化が進んでいるが、大規模な製品への展開に向けては引き続き緊密な連携による産業・社会への展開が必要である。連携研究室・ラボでは、研究という産総研の強みと、産業応用の実現力という企業の強みとが融合できる利点を生かし、スピード感を持ってより大規模・複雑な課題への成果の適用や、企業が抱える他の課題への横展開を通じて製品やサービスとしての実用化に取り組んでおり、第5期中長期計画においてもその位置づけは維持する。第4期での課題であった出口を見据えた研究戦略を強化するため、「橋渡し」研究後期の研究課題の多くは第5期中長期計画においては社会課題の解決に位置付け、より出口を見据えた領域横断型の研究体制に発展する。高齢者を補助するロボット技術やロボットの安全性評価に関する研究は、第5期中長期では少子高齢化時代における労働生産性という社会課題に取り組む領域横断型の体制で実施する。ドライバーの体調急変検出技術の開発に関しては、その範囲を脳卒中やてんかんなどの急激な現象だけでなく、認知症のような時間をかけて変化する体調変化にも広げ、第5期においてはヘルスケアに関する生命工学領域との融合研究テーマとして実施することで社会課題への対応を目指した研究を行う。産総研が公的研究機関として果たす役割として、第5期中長期においてはAIクラウド計算システムといった計算インフラストラクチャの提供だけでなく、データ連携によるオープンサイエンスの実現を目指した体制を強化する。

3. 前年度評価コメントへの対応

(1) 平成30年度評価に対するコメント

(コメント) 産総研において、若年層での人材流出(民間への転職)が続いているとの声を最近は良く聞くようになった。喫緊の課題として取り組んでいただきたい。

(回答) 特に AI 人材については、人材の流動性は最近高まっている。平成 30 度から引き続き、AI 領域に適用される特例制度に関して所内の関係部署と調整を行っている。令和元年度より、優秀な AI エンジニアの雇用、遠隔地研究者等の積極的活用、プロジェクト型任期付き任用人材の能力活用と継続雇用促進などの対策を実施している。

(コメント) 人事・給与制度の面では改善が進んでいるようだが、今後、若手人材を引きつけるには、ブランドイメージ創出のような KPI 化しにくい部分での取り組みもさらに必要だろう。例年、論文数など定量的な KPI は安定的に達成しているようだが、ブランドイメージのような面では、かつての電総研時代などと比べると、(AI 領域などで民間のスタートアップ企業などが台頭するようになった時代の趨勢もあり) やや陰りは見受けられるように外部からは感じる。

(回答) 若手人材を惹きつけるため、上記に示す人材確保の施策を継続するとともに、ブランドイメージの向上にも努める。AI 研究を中心として、ロボットやヒューマンファクターを融合して世界最高水準の研究を実施する国際的な研究拠点としての発信力を強化していく。

(2) 第 4 期見込評価に対するコメント

(コメント) 今後の政策としては、社会課題の解決をテーマとして進める方法論を模索してほしい。

(回答) 第 5 期中長期では、社会課題の解決に向け、領域融合で取り組むこととしている。当領域では、少子高齢化に関する社会課への対策を中心に、領域の AI、ロボット、ヒューマンファクター研究における強みを発揮し、次世代ヘルスケアサービスの実現や労働生産性の向上に取り組む予定である。

(コメント) NDA 等もあり難しい面もあるとは思いますが、公的研究機関の活動でもあるため、成果は論文等でできるだけオープンにしていっていただきたい。

(回答) 目的基礎研究を中心とした研究成果を論文等で公表する。企業との冠ラボにおいても、積極的に学会発表を行っている。また、ABCI などの情報インフラを活用し、共通基盤領域を中心にデータも公開して、企業も巻き込んだオープンイノベーションを推進する。

**国立研究開発法人産業技術総合研究所
令和元年度研究評価委員会
(情報・人間工学領域)**

説明資料

国立研究開発法人産業技術総合研究所
情報・人間工学領域

目次

1. 情報・人間工学領域の概要と研究開発マネジメント

- (1) 領域全体の概要・戦略
- (2) 研究開発マネジメント
- (3) 研究開発の概要
 - 1. ビッグデータから価値を創造する人工知能技術
 - 2. 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術
 - 3. 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術
 - 4. 産業と生活に革命の変革を実現するロボット技術

2. 「橋渡し」のための研究開発

- (1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）
- (2) 「橋渡し」研究前期における研究開発
- (3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

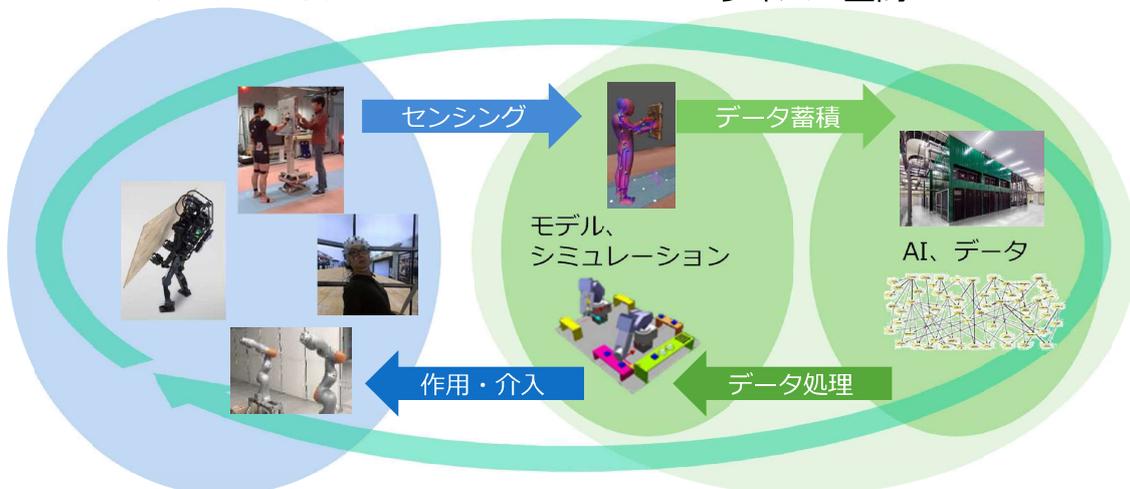
1. 情報・人間工学領域の概要

1-(1) 情報・人間工学領域の概要・戦略：背景

産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現に繋がる
人間に配慮した情報技術の研究開発

フィジカル空間

サイバー空間



フィジカル空間と情報のサイバー空間の相互の知的情報の融和

情報・人間工学領域の概要・戦略：重点課題

目標：産業競争力の強化と豊かな社会の実現

活動：人間に配慮した情報技術の研究開発

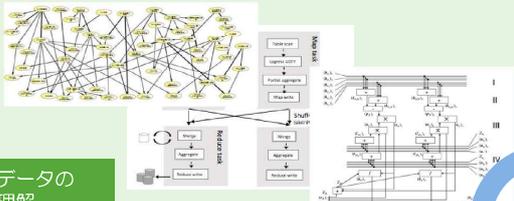
情報・人間工学領域 重点4課題

1. ビッグデータから価値を創造する人工知能技術
2. 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術
3. 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術
4. 産業と生活に革命的要変革を実現するロボット技術

5

情報・人間工学領域 重点4課題

1 ビッグデータから価値を創造する人工知能技術



データの理解

2 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術



データ収集

重点4課題を連携し、Society5.0の実現を目指す

物理世界への干渉



4 産業と生活に革命的要変革を実現するロボット技術

人間計測とモデル化



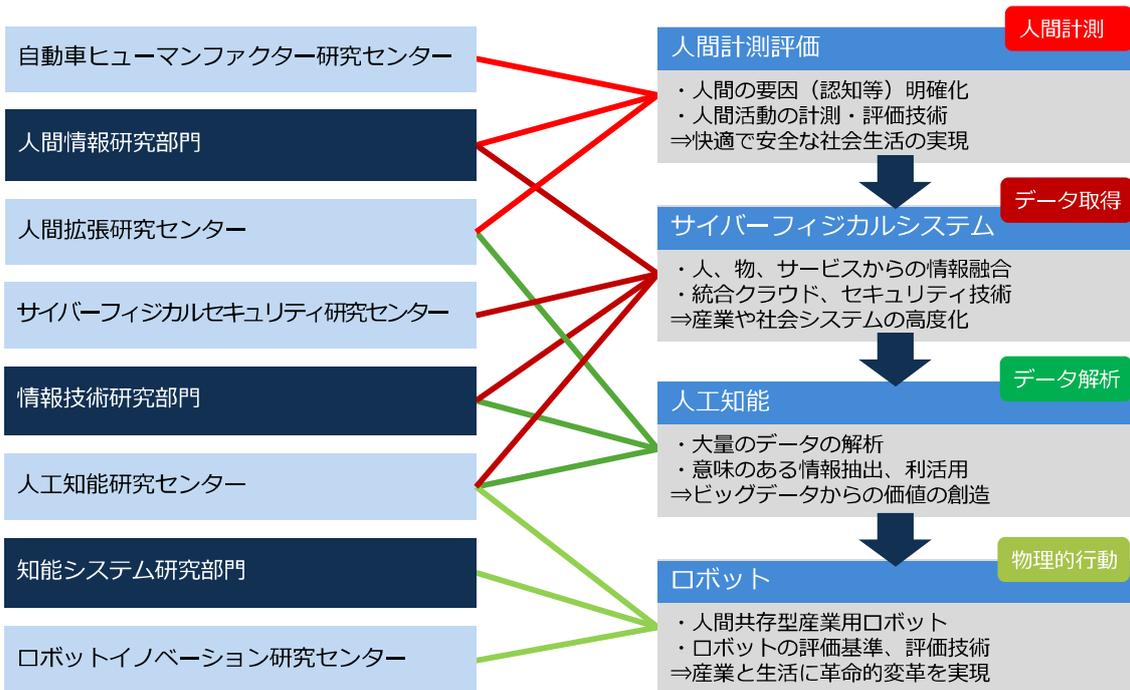
3 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術

6

情報・人間工学領域の概要・戦略：研究実施体制

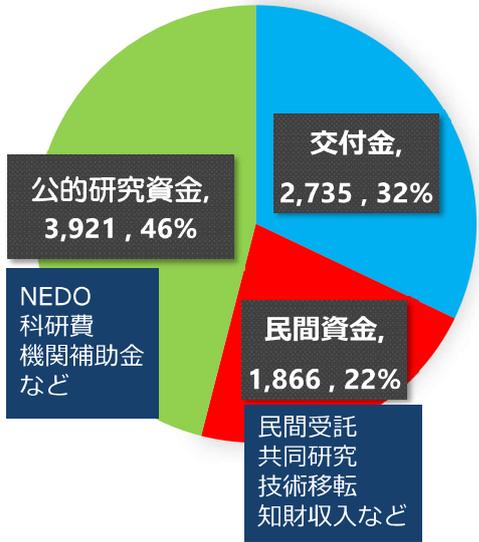
情報・人間工学領域	
研究戦略部	<ul style="list-style-type: none"> ● 領域長：関口智嗣 ● 研究戦略部長：横井一仁、人工知能研究戦略部長：市川類 ● 研究企画室長：吉田英一、人工知能研究企画室長：妹尾義樹 ● 研究者数：253名(H27) → 356名(R1) ● 拠点：つくばセンター（第1, 2, 6事業所）、臨海副都心センター、関西センター、柏センター
人工知能研究戦略部	
自動車ヒューマンファクター研究センター	安全で楽しい運転を実現するための人間研究 3研究チーム
人間情報研究部門	人間機能計測とモデルによる人間生活視点でのモノ・コトづくり 7研究グループ
人間拡張研究センター	人間拡張（ウェアラブル、インビジブルなシステム）技術の社会実装を目指して 7研究チーム
サイバーフィジカルセキュリティ研究センター	サイバー空間とフィジカル空間を結ぶセキュリティの研究基盤形成を目指して 7研究チーム、1連携研究室
情報技術研究部門	産業競争力の強化と豊かで安全な社会の実現に寄与する情報技術開発 2研究グループ
人工知能研究センター	実社会の多様な課題に適用可能な人工知能フレームワークの研究開発 14研究チーム、1連携研究室
知能システム研究部門	環境変化に強く自律的に作業を行う知能システムを実現 5研究グループ、1連携研究室
ロボットイノベーション研究センター	ロボット技術を用いた社会課題解決によるイノベーションの研究 3研究チーム

研究ユニットと重点課題の関係



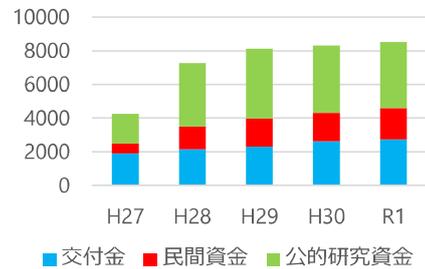
研究開発マネジメント：領域予算内訳

令和元年度領域予算：8,522百万円（補正予算等含まず、令和元年12月末日時点）



	H27	H28	H29	H30	R1
交付金	1,910	2,150	2,297	2,630	2,735 (104%)
民間資金	570	1,340	1,660	1,688	1,866 (120%)
公的研究資金	1,780	3,765	4,172	4,004	3,921 (102%)

単位：百万円、()内は前年同月比



令和元年度 情報・人間工学領域のPDCA

P 第4期中長期計画・年度計画

- 当初目標
- 4重点課題の推進
 - 論文数 目標(IF付) 150件
 - 論文被引用数 目標2000件
 - リサーチアシスタント(RA)増員による研究環境整備 目標140名
 - 外部研究機関との連携強化
- 民間資金の獲得
 - 民間資金獲得 目標16.8億円
 - 技術コンサルティングの推進
 - マーケティング力の強化
- 国際連携の推進
 - 世界レベルの研究推進のため、海外の主要研究所、及び卓越研究者との連携を推進

D 取組

- 4重点課題の推進
 - 論文投稿費用やRA雇用費用を領域が負担
 - 外部研究機関との連携推進
 - 東京工業大学との連携等
- 民間資金の獲得
 - 技術コンサルティング、技術相談、有償コンサル
- マーケティング力の強化
 - IC増員、領域長補佐配置、企業の価値を創造
- 国際連携の推進
 - 人工知能分野を中心に複数の国際的な研究機関との連携を推進
ドイツ、シンガポール、英国、フランス、インド、タイ、イスラエル等

令和元年度 情報・人間工学領域のPDCA

C 評価

KPIの目標到達状況

コアKPI	目標値	実績値（12月末時点）	評価
論文発表数（IF付）	150報	103報（69%対目標値、110%対前年同月値）	○
論文被引用数	2,000回	2,635回	◎
イノベーション人材育成人数	140名	155名	○
民間資金獲得額	16.8億円	18.7億円	◎
実施契約等件数	240件	289件	◎
独自指標	目標値	実績値（12月末時点）	評価
トップ国際会議発表数	110報	80報（73%対目標値、75%対前年同月値）	△

- 論文被引用数、イノベーション人材育成人数、民間資金獲得額、知的財産の実施契約等件数において、**目標を上回る成果を達成**
- 研究開発と、マネジメント、マーケティングなどの活動を改善するPDCAサイクルが確実に回ったと評価

11

令和元年度 情報・人間工学領域のPDCA

C 評価

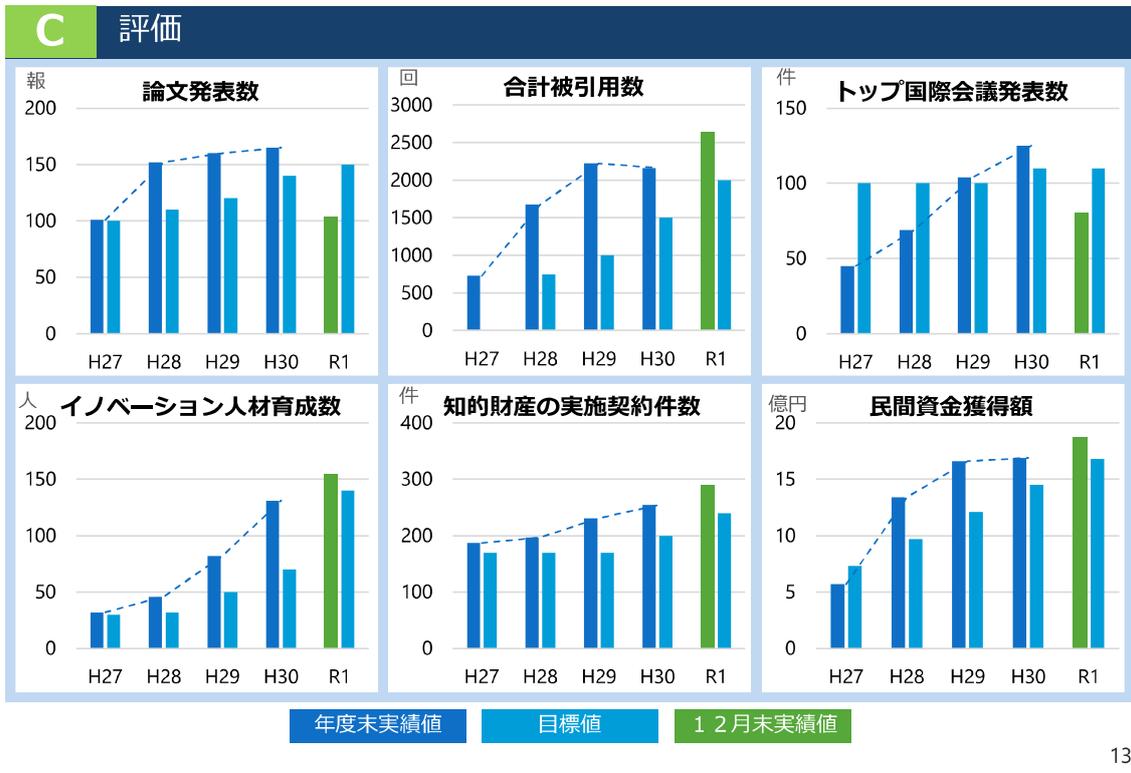
- 企業連携におけるマーケティング力を強化
 - 企業連携推進活動は研究戦略部で対応した
 - 真の企業ニーズをつかみ**契約単価の向上**につなげた
- 若手研究人材の獲得
 - **制度の柔軟な運用**を行った
 - 特に研究能力に秀でている者は、若くともパーマnent採用とした
 - プロジェクト型任期付研究員を通年公募とした

A 次年度目標・改善テーマ

- 社会課題解決、産業競争力の強化、基盤整備をバランスよく実施
 - 研究ユニットの再編
- 基盤整備とマーケティング力の強化
 - 領域内に担当組織を新設
- 国際・国内連携のさらなる推進
 - 人工知能研究開発ネットワーク、「人」が主役となるものづくり革新推進コンソーシアム（HCMIconソ）の本格稼働

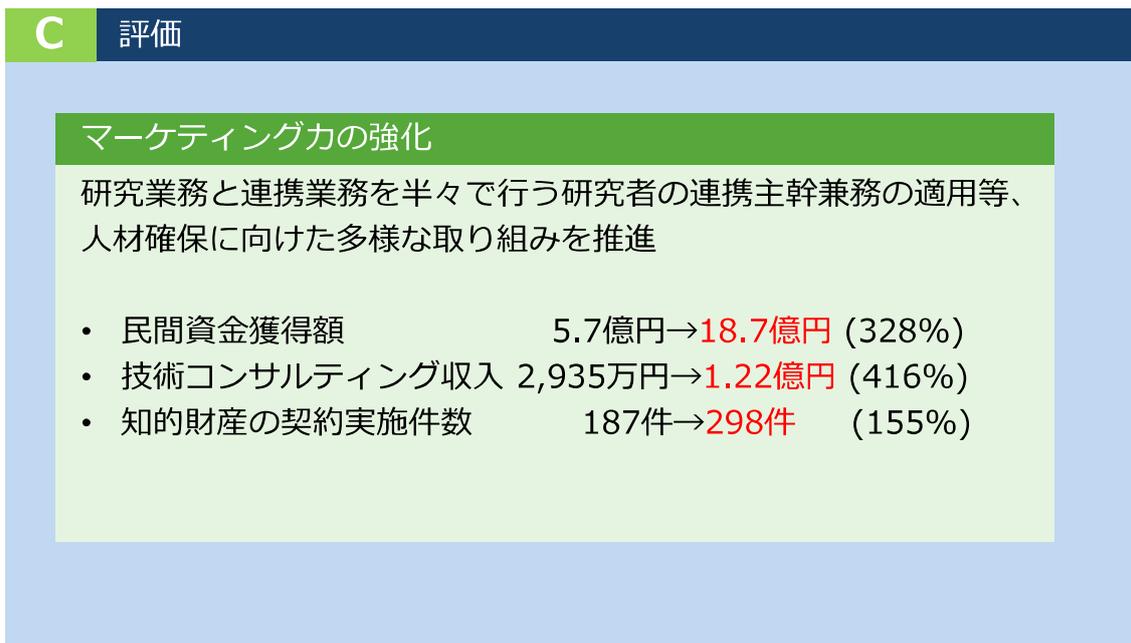
12

第4期中長期 KPIの推移



13

第4期中長期 研究マネジメント



14

第4期中長期 研究マネジメント

C 評価

外部研究機関との連携推進

実社会ビッグデータ活用OIL（東工大）

- ▶▶▶ ABCIが世界のスパコン性能ランキングTop500 Listで8位、国内1位、省エネ性能ランキングGreen500 Listで6位

22の国内外の大学・研究機関と協定書や覚書を結び連携を実施

- ▶▶▶ 人工知能分野においてDFKI、ATI他と国際連携を進め、日本の研究の強みと海外の強みを組み合わせることを容易に

世界的な産学官連携拠点の形成

臨海副都心センターにCPS研究棟を加え、国際的な人工知能研究拠点に整備

人間拡張技術の産学官および地域イノベーション拠点として柏センターを整備

15

第4期中長期 研究マネジメント

C 評価

研究人材の拡充、流動化、育成

- イノベーション人材育成数 32名→155名(484%)
- 柏センター事業の産総研デザインスクールに協力

地域イノベーションの推進

- ISIT（九州地区）、ASTEM（関西地区）と連携し地域イノベーションを推進
- 柏センターで三井不動産と柏の葉地域実証実験を実施

16

ロードマップ



H30年度評価コメントへの対応

産総研において、若年層での人材流出（民間への転職）が続いているとの声を最近良く聞くようになった。喫緊の課題として取り組んでいただきたい。

特にAI人材については、人材の流動性は最近高まっている。平成30年度から引き続き、AI領域に適用される特例制度に関して所内の関係部署と調整を行っている。令和元年度より、優秀なAIエンジニアの雇用、遠隔地研究者等の積極的活用、プロジェクト型任期付き任用人材の能力活用と継続雇用促進などの対策を実施している。

人事・給与制度の面では改善が進んでいるようだが、今後、若手人材を引きつけるには、ブランドイメージ創出のようなKPI化しにくい部分での取り組みもさらに必要だろう。例年、論文数など定量的なKPIは安定的に達成しているようだが、ブランドイメージのような面では、かつての電総研時代などと比べると、（AI領域などで民間のスタートアップ企業などが台頭するようになった時代の趨勢もあり）やや陰りは見受けられるように外部からは感じる。

若手人材を惹きつけるため、上記に示す人材確保の施策を継続するとともに、ブランドイメージの向上にも努める。AI研究を中心として、ロボットやヒューマンファクターを融合して世界最高水準の研究を実施する国際的な研究拠点としての発信力を強化していく。

第4期見込評価コメントへの対応

今後の政策としては、社会課題の解決をテーマとして進める方法論を模索してほしい。

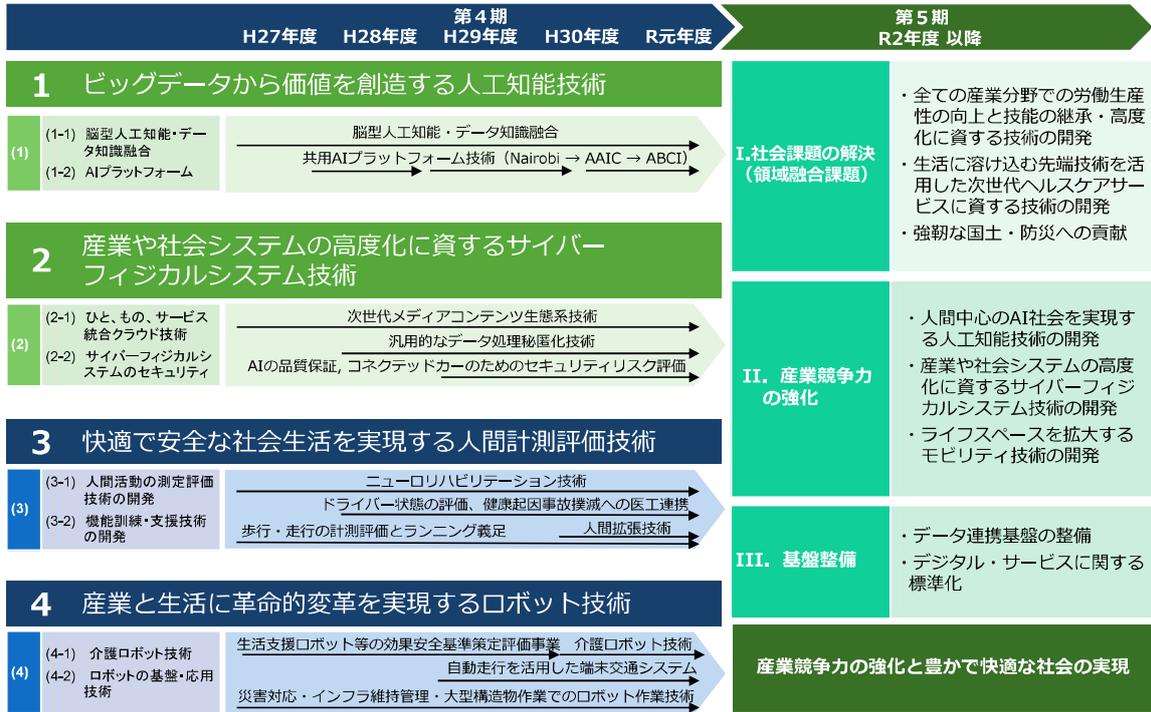
第5期中長期では、社会課題の解決に向け、領域融合で取り組むこととしている。当領域では、少子高齢化に関する社会課題への対策を中心に、領域のAI、ロボット、ヒューマンファクター研究における強みを発揮し、次世代ヘルスケアサービスの実現や労働生産性の向上に取り組む予定である。

NDA等もあり難しい面もあるとは思うが、公的研究機関の活動でもあるため、成果は論文等でできるだけオープンにしていっていただきたい。

目的基礎研究を中心とした研究成果を論文等で公表する。企業との冠ラボにおいても、積極的に学会発表を行っている。また、ABCIなどの情報インフラを活用し、共通基盤領域を中心にデータも公開して、企業も巻き込んだオープンイノベーションを推進する。

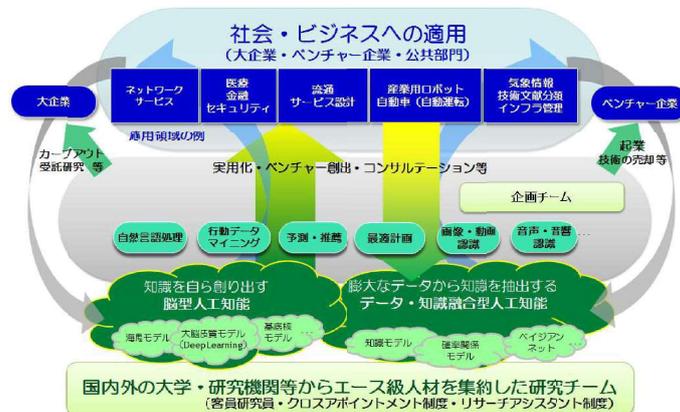
2. 「橋渡し」のための研究開発

第4期中長期目標期間の計画とロードマップ



重点課題 1. ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

ビッグデータの分析・試験・評価による知的なサービス設計等を支援するため、脳のモデルに基づく人工知能技術や人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術など、人工知能が効率良く新たな価値を共創する技術を開発する。



重点課題 1 . ビッグデータから価値を創造する 人工知能技術の開発

知的なサービスを創造する人工知能技術の開発

大量のデータを解析し意味のある情報を引き出して利活用する、ビッグデータを用いた人工知能の要素技術に関する研究開発を行う。脳のモデルに基づく脳型人工知能や静的データから得られる知識と動的に得られるデータを融合して学習・理解するデータ知識融合人工知能などの基礎技術の研究を行う。

人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術の開発

実世界のビッグデータを収集・蓄積・解析する要素技術の研究を行うとともに、これらをシステム化して人工知能プラットフォームを構築する技術の研究開発を行う。

23

重点課題 1 : 中長期全体における特筆すべき成果

実施項目	知的なサービスを創造する人工知能技術の開発	人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術の開発
第4期	<ul style="list-style-type: none"> 避難時の人流計測技術がテレビ1社、新聞10社で報道 ひび割れ自動検出やAI打検技術により、熟練者でなくともインフラ試験を可能とするプロトタイプシステムを構築。メディアでも注目度大。 たんばく質の機能改変最適化技術を開発し、従来手法の20倍以上の効率化を達成。分野でのトップジャーナルに論文採択(IF合計11) 設計製造過程の意思決定支援技術を開発。人工知能分野のトップ会議IJCAI(採択率25%), ICML(採択率25%)において論文採録、発表 AI打検システムおよびマルチコプタによる道路構造物ひび割れモニタリングシステムの実用化 	<ul style="list-style-type: none"> 人工知能・IoT研究開発のための共用計算プラットフォーム (AAIC: AIST AI Cloud) が計算システムの電力性能ランキング「Green 500」で世界3位(空冷のシステムとしては世界1位)を獲得。180名30チームを超えるユーザが人工知能研究で共同・連携利用。 実性能と省エネを世界トップクラスで両立(世界のスパコン性能ランキングTop500 Listで7位、国内1位、省エネ性能ランキングGreen500 Listで4位、両指標ともに世界トップ10以内なのは世界で3システムのみ) ImageNetを対象としたディープラーニングの学習速度の世界最速記録を更新 (SONYとの共同研究)
R元年度	<ul style="list-style-type: none"> オープンソースソフトウェア「Open VSLAM」を開発し公開。世界レベルのオープンソースコミュニティが構築され、世界的に広く認知。 マルチメディア系トップ国際会議ACM Multimedia 2019のコンペティションで世界1位を獲得 薬剤とたんばく質の相互採用を高精度に予測する技術に関し、薬学部や製薬会社との共同研究を実施し、創薬分野での実データへの適用による実証研究を開始。 ひび割れ自動検出サービスは、12月で500を超える登録者が利用 ひび割れ検出技術とパノラマ合成技術を基に、テクノハイウェイ株式会社が設立され事業化を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 富士通研究所がABCI上でImageNetを対象とした学習速度の世界最速記録をさらに更新(令和元年7月) 深層学習による動画像認識率を飛躍的に向上。トップ国際会議CVPRで発表。発表から1年半強で270以上の被引用およびGithubのお気に入り数1800以上(動画像認識分野で世界1位) 12月10日にプレスリリース。 機械学習に関する品質マネジメントガイドラインの公開第1版を完成。 ABCIにおいて、セキュリティ基準に準拠したデータ基盤の運用を開始し、利用企業のセキュリティレベルに適合する環境を提供、通常は社外に出すことが難しいデータを用いた研究開発における利用を可能にした。 シミュレーションとAIの融合技術に関する冠ラボの研究成果として、人工知能が巨大システムの安定性を測り、それに応じて自動的に効率安定度目標を切り替えられる技術を開発。5月にプレスリリース。

24

重点課題 2. 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術の開発

ひと、もの、サービスから得られる情報を融合し、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステムを実現する統合クラウド技術や軽量でスケーラブルなセキュリティ技術、そこから得られるデータをサービスの価値に繋げる技術などを開発する。



重点課題 2. 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術の開発

ひと、もの、サービスの情報流通と処理を促進する統合クラウド技術の開発

Connected industriesで想定される、遍在するセンサーやロボットなどのエッジデバイスをネットワークして得られる生活や生産の膨大なデータや情報の流通と処理を円滑にすることで、ひと、もの、サービスから新たな価値を創造する統合クラウドを研究開発する。

サイバーフィジカルシステムの安全・安心を保証するセキュリティ技術の開発

安心して利用できるCPSを実現するためのセキュリティ基盤として、ソフトウェア工学や暗号技術を用いてシステムの品質と安全性を向上する技術を研究開発する。

重点課題 2 : 中長期全体における特筆すべき成果

実施項目	ひと、もの、サービスの情報流通と処理を促進する統合クラウド技術の開発	サイバーフィジカルシステムの安全・安心を保証するセキュリティ技術の開発
第4期	<ul style="list-style-type: none"> 「Songle Sync」がマルチメディア分野のトップ国際会議ACM Multimedia 2018 (採択率27.61%)の口頭発表(採択率8.45%)に採択。 「Lyric Speaker」が日本最大級の広告賞「2018 58th ACC TOKYO CREATIVITY AWARDS」ACCゴールドを受賞し、高い評価を受けた。 「Lyric Speaker」、「Lyric Speaker Canvas」の製品発売 (H28年度、H30年度)。 車両位置測位技術が歩行者自律測位技術ベンチマーク標準化委員会IFSTTARの国際比較で最高評価獲得。 コネクテッドカーのセキュリティリスクを設計段階で定量的に把握する手法を提案し、車載/IoT機器にて比較評価。IF付かつGoogle Scholar Top 20の論文誌に採録。 	<ul style="list-style-type: none"> 生体情報を用いた電子署名に関する成果：ドコモモバイルサイエンス賞受賞、高IF付きジャーナル、トップ国際会議に採録、日立製作所との共同研究による実用化 (H28-29)。 格子暗号解読コンテスト (SVP Challenge) で世界記録達成 (H29.1.11)、1年以上記録を保持し、H30年にはTOP8を独占。 H29年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (Attrapadung)、H30年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 (花岡、清水、縫田) AI品質保証について先導研究プロジェクトの予算を獲得し、実際の社会実装を担っている民間企業と共同で「機械学習品質マネジメント検討委員会」を発足。関連規格等を調査し、品質保証ガイドラインの第一次案を策定。
R元年度	<ul style="list-style-type: none"> 音楽印象分析・音楽推薦を駆使して楽曲と出会える音楽発掘サービス「Kiite」を企業と連携して研究開発。 花火大会「LIGHT UP NIPPON HOKKAIDO」において「Songle Sync」を用いた実証実験を実施。音楽に合わせて打ちあがる花火と連動し、来場者のスマートフォンから音楽が流れて映像が一斉に変わる演出を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> 暗号理論分野のトップレベル国際会議 Asiacypt 2019, Crypto2019, Eurocrypt2019や情報セキュリティ分野のトップレベル国際会議AsiaCCC2019, ESORICS2019を含め、トップ国際会議において11報、IF付き論文誌に13報が採録

重点課題 3 . 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

人間の生理・認知・運動機能などのヒューマンファクターを明らかにし、安全で快適な社会生活を実現するため、自動車運転状態をはじめとする人間活動の測定評価技術を開発するものとする。また、人間の運動や感覚機能を向上させる訓練技術の研究開発を行う。



重点課題 3 . 快適で安全な社会生活を実現する 人間計測評価技術の開発

ひとのこころやからだを計測・評価する技術の開発

ひとの活動の基盤となる様々な状況の認識プロセスを、ひとの感覚やこころの状態、ひとのからだの機能やその状態として測定し、測定結果からひとのこころやからだの状態を評価する技術を開発する。

人間の運動・感覚機能を向上させる訓練技術の開発

障がい者や高齢者などが、自らの残存機能を活かして人や社会とのコミュニケーションを実現し、向上させるための機能訓練・機能支援技術の研究開発を行う。

29

重点課題 3 : 中長期全体における特筆すべき成果

実施項目	ひとのこころやからだを計測・評価する技術の開発	人間の運動・感覚機能を向上させる訓練技術の開発
第4期	<ul style="list-style-type: none"> 筑波大学付属病院、東大、企業12社を含む医工連携研究開発のコンソーシアムで、企業との大型共同研究を実施（民間企業からの提供資金合計約2億14百万円） 加速度、角速度、磁気の各3軸、計9軸のセンサデータを用いた歩行者自律測位技術を開発、95%以上の精度で高さ（滞在フロア）を推定可能な行動センシングを実現。 製造・サービス現場の生産性（効率、提供価値）向上、及びQoW（Quality of Working）向上のために、複数の身体装着型（IoH: Internet of Humans）センサによる作業動作認識とPDRとの統合技術を開発し、屋内測位精度向上、作業内容把握、センサ装着条件（個数、装着位置）緩和を同時に実現。 	<ul style="list-style-type: none"> 高齢者の残存機能の増進のため、装着型センサを用いた歩行・走行機能の計測、評価、可視化技術の開発 下肢切断者用義足のデザインを改良 義足研究の知見を生かし陸上パラ競技ルール変更に貢献 新聞報道・TV報道100件以上（うち、海外30件）。 運動機能回復に関わる研究成果の報道（3日間のアクセス6000件、国内新聞7誌、多くの海外サイトに掲載） 国際原著論文45報（IFの総計109）等多数の論文成果 サルとヒトの両方で計測可能な非侵襲脳機能計測fNIRSの開発 リハビリ中の脳活動変化を計測できるfNIRS（近赤外脳機能計測法）を脳損傷モデル動物に適用し100日以上にわたる脳活動変化を評価したところ回復過程で活動が上昇する部位を発見。 国際原著論文14報（IFの総計109）等多数の論文成果
R元年度	<ul style="list-style-type: none"> 「健康起因交通事故撲滅に向けたドライバーの体調急変検出技術の開発」では、疾患検知システム開発に道筋をつけ、成果が国土交通省が取り組む第6期先進安全自動車推進計画（ASV-6）のドライバー異常時対応システムのガイドラインに盛り込まれる予定 	<ul style="list-style-type: none"> 歩行・走行の計測評価技術とランニング義足開発 ニューロリハビリテーション技術の開発 「人間行動センシング技術とそれに基づく実社会ビッグデータ分析技術の開発」を実施し、ひとの体の機能の測定と、測定結果に基づく状態を評価する技術を開発

30

重点課題 4. 産業と生活に革命的変革を実現する ロボット技術の開発

介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発するものとする。また、環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術を開発する。



31

重点課題 4. 産業と生活に革命的変革を実現する ロボット技術の開発

高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発

高齢者の運動・コミュニケーション機能や介護者を支援するロボット技術と、生活機能モデルに基づく介入効果の定量評価技術・高齢者支援ロボット技術の基準作成等を行う。

環境変化に強く自律的作業を実現するロボット中核基盤技術の開発

三次元空間計測、空間情報理解、動作計画・教示技術、過酷環境の移動技術などのロボットの基盤技術の研究と、変種変量生産に対応可能なロボット、過酷環境での作業に対応するロボットやヒューマノイドロボット等における応用研究を行う。

32

重点課題 4 : 中長期全体における特筆すべき成果

実施項目	高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発	環境変化に強く自律的作業を実現するロボット中核基盤技術の開発
第4期	<ul style="list-style-type: none"> ロボット介護機器18機種が上市され、累計販売額は50-100億円規模を達成 安全基準、効果性能基準については、国際標準案をISO TC173に提案 ロボット介護機器開発ガイドライン等の成果文書を公開し、300以上の機関に配布 プロジェクトの成果はForeign Press Centerで外国プレス向けにレクを行い、Guardian等の海外紙で報道され、チリで開催された南米最大の科学技術会議にも招待された 	<ul style="list-style-type: none"> RotationNetにより三次元物体検索の国際コンペSHREC2017において2部門で優勝 周囲をセンシングしながら自律的に移動するロボットPeacockに関して、IEEE IRIS2017でBest Paper Awardを受賞 フォークリフトの自動運転において重要なビジュアルSLAM技術、高精度ARマーカ技術を豊田自動織機へ技術移転し、国際物流総合展2018にて発表 ヒューマノイド試作機HRP-5Pについてプレスリリース、関連動画は100万再生を達成
R元年度	<ul style="list-style-type: none"> ロボット事業者の安全管理方法を定めたJIS Y1001が新JIS法におけるサービスマネジメント規格第一号に発展 転倒防止ロボット歩行車を企業と共同開発し製品化。プレスリリースを行った 	<ul style="list-style-type: none"> ラストマイル自動走行の実証評価による社会実装に向けた研究開発を行い、地域での6か月にわたる長期実証を実施 単眼カメラによる密な特徴点追跡及び地図生成がトップ国際会議CVPR2019に採択。デモ動画が全発表中再生回数第2位を記録

33

令和元年度の主な研究成果

34

製造現場でのロボットの自律的な作業を実現するAI技術を開発

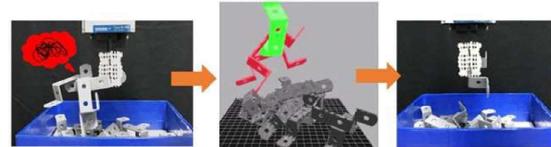
<背景・概要>

- 製品組み立て作業のロボット化では、ロボット動作の事前設計の手間の削減と作業時間短縮が課題
- 阪大、中部大と連携してそれらの課題を解決し、製造現場のロボット化を促進する AI 技術を開発
 - ①シミュレーターによる事前学習により、絡みやすい部品の取り出し作業の学習を高速化（産総研・阪大）
 - ②人の作業をロボットが見まねして、道具を使う組み立て作業を即時に計画（阪大・産総研）
 - ③情報を効率的に圧縮・復元して視覚に基づく作業時間を最大1/3に短縮（中部大・産総研）



※NEDO「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」の成果

<ロボットによる絡み合う部品の供給技術>



通常は絡んで作業できないような抜くのが難しい部品

シミュレータ上で、絡みそうな絡み方を判断して学習

バラ積み状態からでも、絡まずに部品を取り出し作業を学習。学習時間を大幅に短縮

プレス発表 2019/8/29

成果・アウトカム

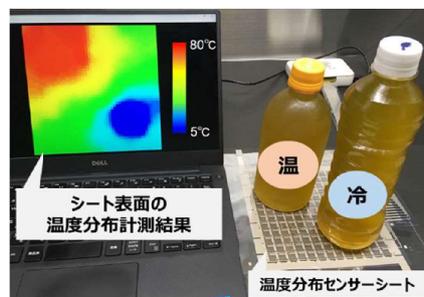
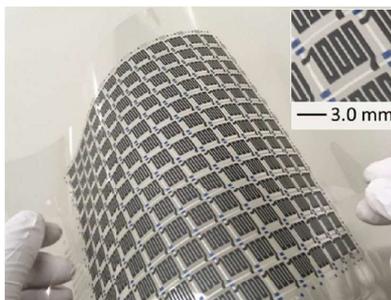
- 本研究成果を産業用ロボットの導入を容易にするためのソフトウェア・データベースとして公開中
- 複雑な作業工程での生産ライン設計の効率化と作業時間の短縮を図れる

35

温度の分布を高精細に計測できるフレキシブルセンサーシートを開発

<背景・概要>

- 温度分布の計測はサーモグラフィーが主流だが、狭所や密閉空間内への適用が困難
 - これに対し、薄い樹脂フィルムの表面に温度検出部を格子状に配列させたセンサーシートによる、設置自由度の高い温度分布イメージングシステムを開発
 - センサーシートの製造工程は全て印刷技術であり、シートの大面積化や低コスト量産も可能
- ※エレクトロニクス製造領域との分野横断による成果



成果・アウトカム

プレス発表 2019/8/29

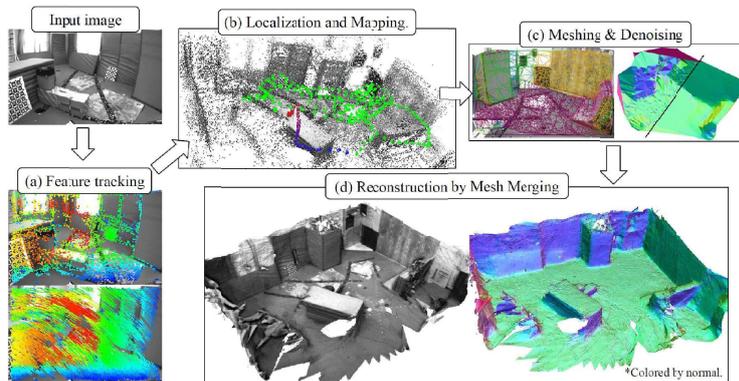
- 製造装置の内部など、赤外線カメラの設置が困難な場所の温度分布イメージングを実現
- 生活空間の快適性や衣服内気候の評価にも応用可能、人間拡張研究の基盤となるセンシング技術

36

SLAM技術がCVPR2019に採択されてデモ動画が全発表中再生回数第2位

<背景・概要>

- 特徴点ベースのSLAMにおいて、従来にない高密度高精細なリアルタイム3次元復元を実現
 - 本研究を発展させた成果がCVPR2019に採択。デモ動画が全発表中再生回数第2位を記録
- ※NEDOプロ・第2期SIPによる成果



成果・アウトカム

CVPR2019採択
デモ動画再生回数第2位

・カメラ1台をCPUのみで処理できるため、安価で軽量なビジュアルSLAMシステムが可能に

ラストマイル自動走行の実証評価による社会実装に向けた研究開発と地域での長期実証

<背景・概要>

- 自宅と最寄駅の間など短中距離を想定したラストマイル自動走行（端末交通システム）の社会実装で、高齢過疎地や交通弱者の移動手段確保、人手不足、コスト削減、地域活性化などの課題解決
- 2020年からの限定地域での無人自動運転移動サービスの実現等の政府目標に向けた、研究開発と実地域での長期サービス実証と事業性評価

※経産省・国交省高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業：「専用空間における自動走行などを活用した端末交通システムの社会実装に向けた実証」における成果
 ※自動走行技術の確立、ビジネスモデルの明確化、社会システムの確立、社会受容性の醸成



2019/4/25-5/24 福井県永平寺町
10台投入し最大需要の実証評価



2019/6/24-12/20 永平寺町
国内最長6カ月のサービス実証評価



2019/7/31-2020/1/30 沖縄県北谷町
6カ月のサービス実証評価、合同会社設立



2020の中型自動運転バスの実証評価に向け地域公募

成果・アウトカム

実証報道(TV, 新聞等) 2019/6/24、バス事業者公募報道 2019/6/26

・地域事業者による6カ月の長期サービス実証中、中型自動運転バスの開発と実証地域の選定
 ・実証地域との連携推進や実証評価による先進事例として、社会実装と拡大に寄与

「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

ニューロリハビリテーション 技術の開発

人間情報研究部門

ニューロリハビリテーション研究グループ

研究グループ長 肥後範行

システム脳科学研究グループ

主任研究員 渡辺 由美子

39

脳血管疾患（脳卒中）

日本国内患者数117万9,000人

厚生労働省「平成26年患者調査の概況」



後遺症が大きな問題

要介護となる原因の第1位

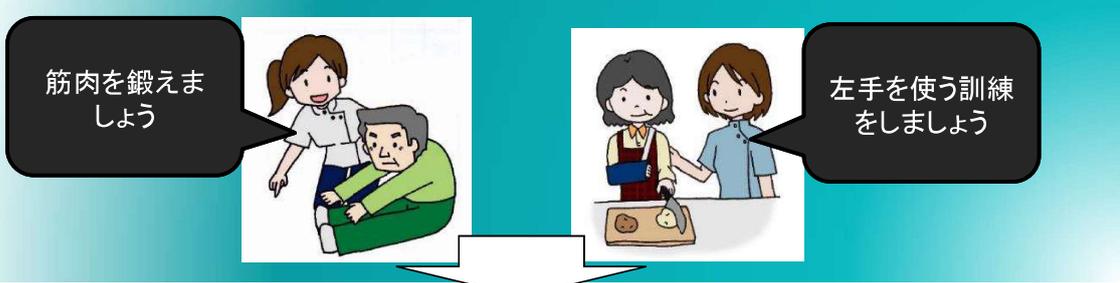
平成29年版高齢社会白書

脳卒中に関わる国庫負担：一兆円超

リハビリ期間と要介護となる患者を数割減少→数千億円規模の削減効果

40

従来リハビリ:脳は変えることが出来ない.....



ニューロリハビリテーション(Neurorehabilitation) 脳を変え、より根本的な機能回復を目指す新しいリハビリ

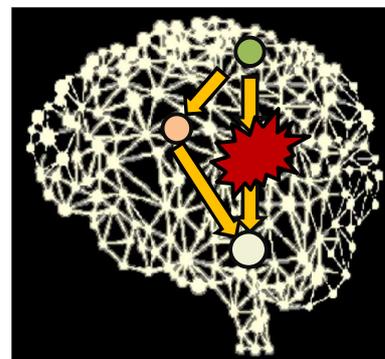
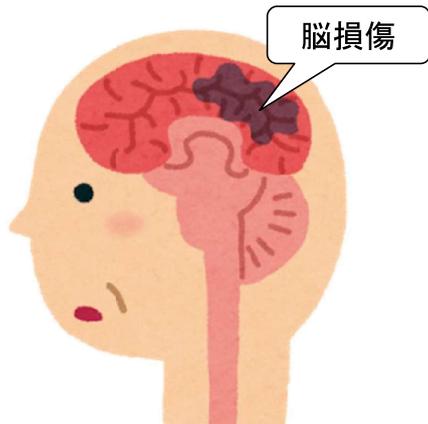


背景となる脳の性質:可塑性(完成後に変化しうる性質)

限界と可能性

～脳損傷後の機能回復の基盤となり得るか？

- ・瘢痕化により損傷領域の再生は難しい
- ・残存領域の可塑的な変化による機能代償



機能回復をもたらす残存領域の変化を知ることが技術開発の鍵

現状: 十分に理解されていない

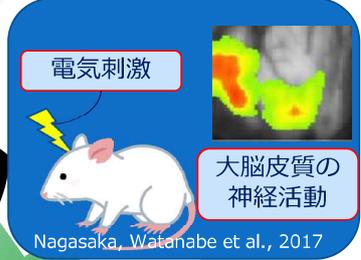
脳損傷後の機能回復をもたらす変化を解明

開発した技術の有効性を検証

動物モデル

介入技術

望ましい変化を誘導



評価技術

臨床応用

脳に望ましい変化が起きているかをモニタリング

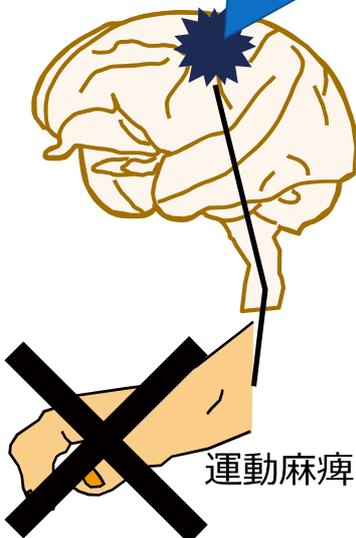
有効性が証明できた技術を患者に応用

代表的成果

： 脳損傷後に新たに形成される神経路を発見

2019年10月7日 産総研プレス発表

脳からの運動出力を担う第一次運動野 (M1) 損傷



これまでの成果

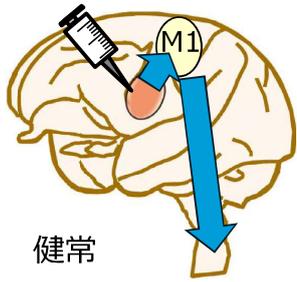
損傷周囲領域で機能代償



今回の発見

機能代償を生み出す神経路の形成

運動機能回復に関わる「運動前野腹側部」からの投射線維変化を検証



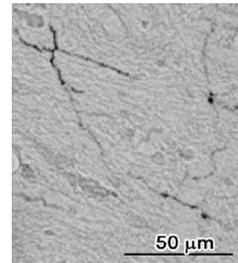
健常



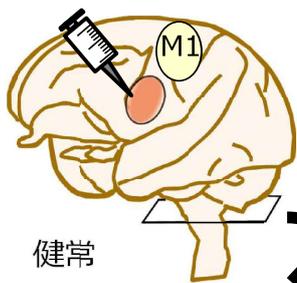
脳損傷後機能回復時

解剖学的トレーサー(Biotynilated Dextran Amine, BDA)を運動前野腹側部に注入→投射神経線維を可視化

健常個体 ⇔ 第一次運動野(M1)損傷個体
M1損傷後の回復過程で形成される投射?



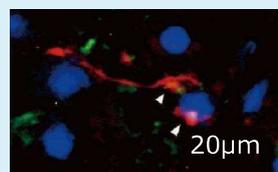
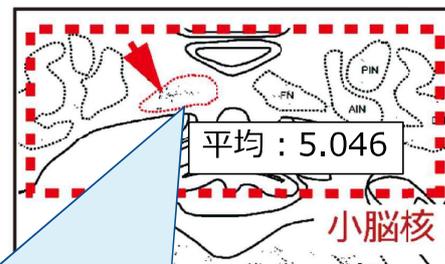
運動前野腹側部から「小脳核」に機能的結合が形成されることを発見!



健常

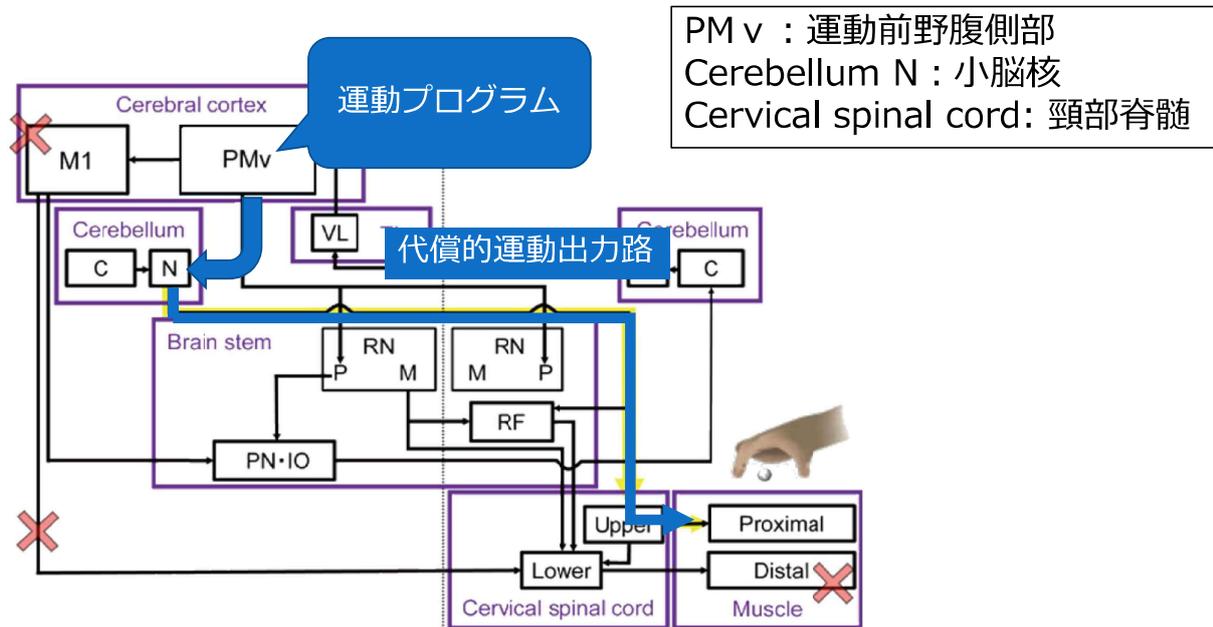


脳損傷後機能回復時



赤：BDA 陽性軸索終末
緑：シナプス構成タンパク質
青：神経細胞核

代償的経路を整備し、新たな運動出力路が確立するプロセスモデル



脳損傷後の機能回復を目指すうえで「目標とすべき脳の変化」を解明！
「望ましい脳の変化」を促進するニューロリハビリ技術の開発に不可欠な知見

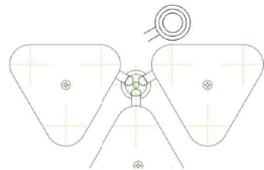
第4期に開発した脳活動計測機器： 医療応用可能な機能的近赤外分光(fNIRS)装置

体動などによるノイズを最低レベルに削減・ハイブリッドセンサにより従来機の2倍の解像度を実現
モデル動物で脳損傷後の機能回復に伴う脳活動評価に成功

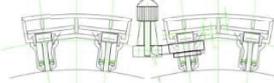
今年度: 軽量・簡便化



プレート結合方式により
固定具の数をわずか1/3に。



プレートへの回路格納により
筐体の小型化を実現。



プレート内の配線集約化により
ケーブルの軽量化を実現。

共同研究先企業と実機製作を計画中

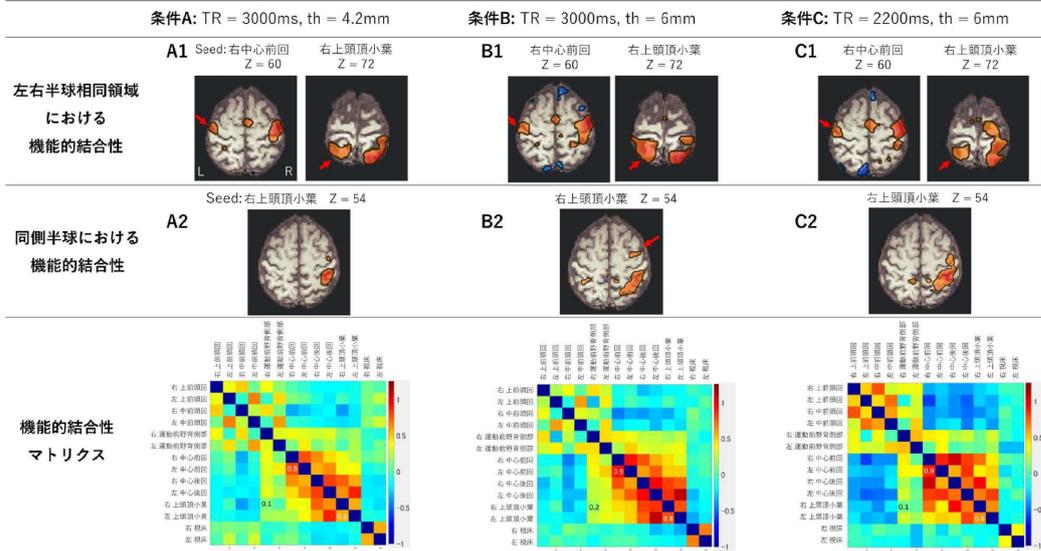


外国出願:
PCT/JP2019/050042
PCT/JP2019/050040

臨床現場に導入可能な脳活動評価装置の実現！

令和元年に医療機関で計測実現： リハビリテーションのモニタリング解析のための実験的検証 —fNIRS計測技術の臨床応用を目指して—

fNIRS計測により取得したデータを用いた運動関連領域の機能的結合解析の手法確立のために、より網羅的な既存のfMRI計測データで相関解析を実施し、結合解析の安定性・有用性を検証。



臨床現場への応用を視野に茨城医療大学との共同研究を推進中！

臨床との連携を推進

Brain and Rehabilitation 2019

第28回脳機能とリハビリテーション研究会 学術集会 産総研ニューロリハビリテーションシンポジウム2019
大会長 小笠原史 副大会長 川口マサトシ(産総研) 大会長 佐藤 洋 (産総研) 大会長 佐藤 洋 (産総研)

脳リハ研 × 産総研 コラボ企画 in お台場

テーマ 基礎・臨床研究と臨床現場～垣根を越えたチーム医療～

日時：2019年9月14日（土）10:00～17:30（受付 9:30～）
会場：産業技術総合研究所 臨海副都心センター 別館11階
参加費：無料 定員：200名

特別講演1
リハビリテーション評価技術の変遷と未来構想
講師 持丸 正明 (産業技術総合研究所 人間工学研究センター 研究センター長)

特別講演2
半側空間無視—その多様な症候と新しいアプローチを考える—
講師 石合 義夫 (札幌医科大学 医学部 リハビリテーション学専攻 教授)

企業講演：基礎・臨床研究と現場
基礎研究：脳機能後の可塑性—良い側面と悪い側面—
講師 飯塚 和行 (産総研) 人間工学研究センターニューロリハビリテーション研究グループ 研究グループ長
臨床研究：閉鎖に陥りやすくなる多様な神経症候—運動障害を伴わない行為・行動の障害—
講師 高杉 真 (産総研) 産業技術総合研究所 産業技術総合研究所 脳機能とリハビリテーション研究センター
臨床現場：意欲機能障害に対する在宅リハビリテーションの実践
講師 櫻井 薫 (産総研) 脳機能とリハビリテーション研究センター 脳機能とリハビリテーション研究センター 研究センター長

一般演説受付期間 2019年3月1日～5月30日
参加申込受付期間 2019年4月1日～9月12日

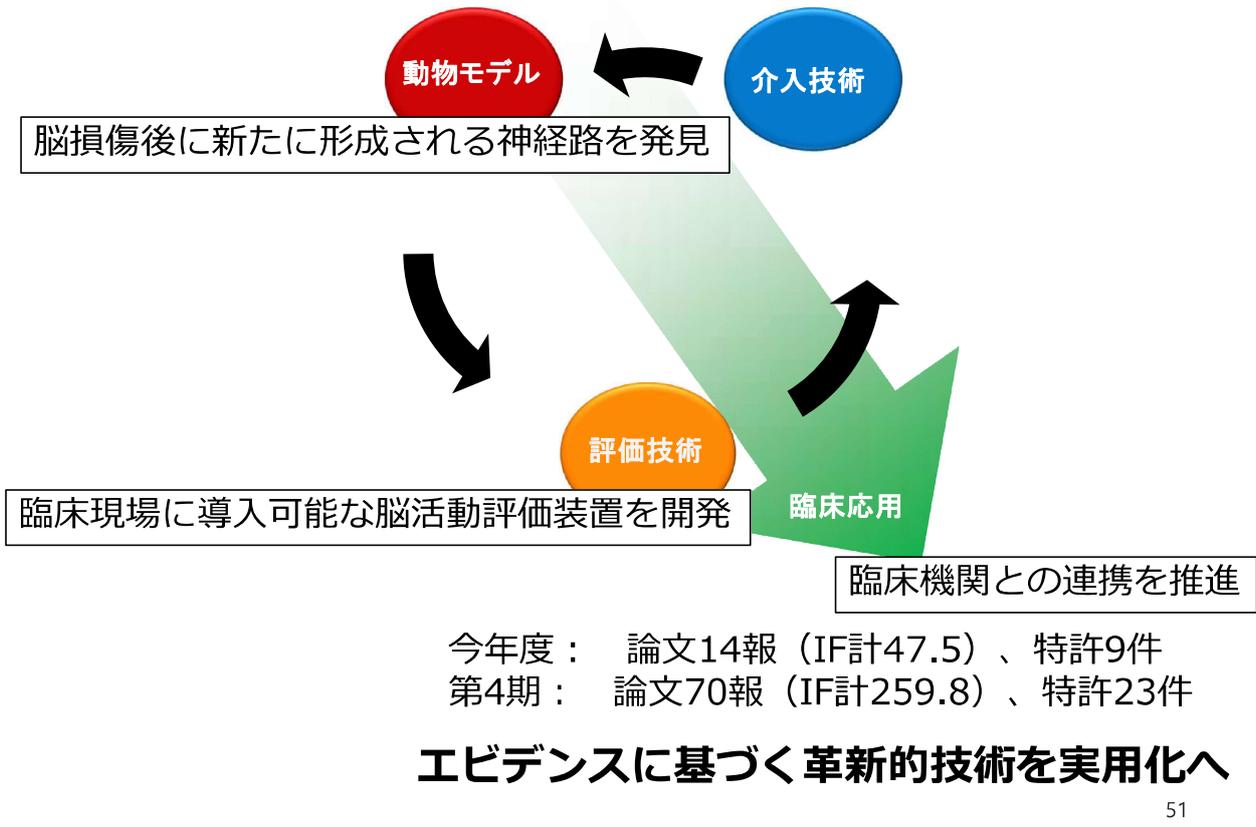
大会事務局 (お台場) 株式会社
お台場会場について: monika-sakai@oukokuu.mri.jp
お台場会場について: monika-sakai@oukokuu.mri.jp

主催 脳機能とリハビリテーション研究会/産業技術総合研究所 情報・人間工学専攻



シンポジウムを2016年以降毎年開催
2019年度は臨床研究会と共同開催
約200名の参加者(年々参加者増加)

2017年12月に茨城県立医療大学との
連携協定締結
定期的に情報交換、共同研究を推進



「橋渡し」研究前期

次世代人工知能技術の研究開発

人工知能研究センター

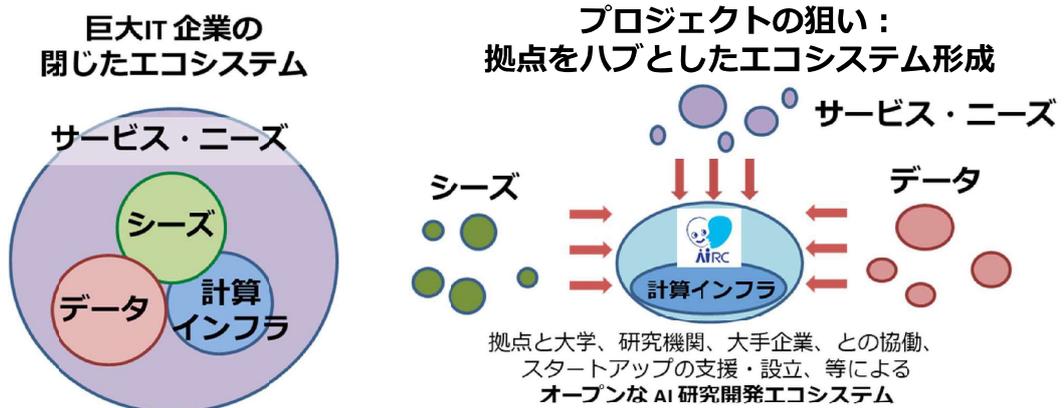
副センター長 麻生 英樹

研究開発の背景と狙い①

研究開発開始時（2015）の世界のAIと日本の現状

- 計算機の能力が指数関数的に向上。デジタルデータの量が爆発的に増大。データから機械学習する人工知能が重要に。あらゆる産業の知能化が進行すると予想。
- 米国では、巨大IT企業が優れた研究者を世界中から集め、自らのサービスで得られる巨大データと様々な技術を組み合わせた人工知能を開発。実世界での応用と基礎研究への短いサイクルでのフィードバック。
- 日本では、研究者が個別に基礎研究に従事し、シーズ、ニーズ、データが断片化。それらを統合して革新的な人工知能を開発する動きは少ない。

この箇条書きは、2015年のAIRC設立シンポジウムで使われたスライドから抜き出したもの。

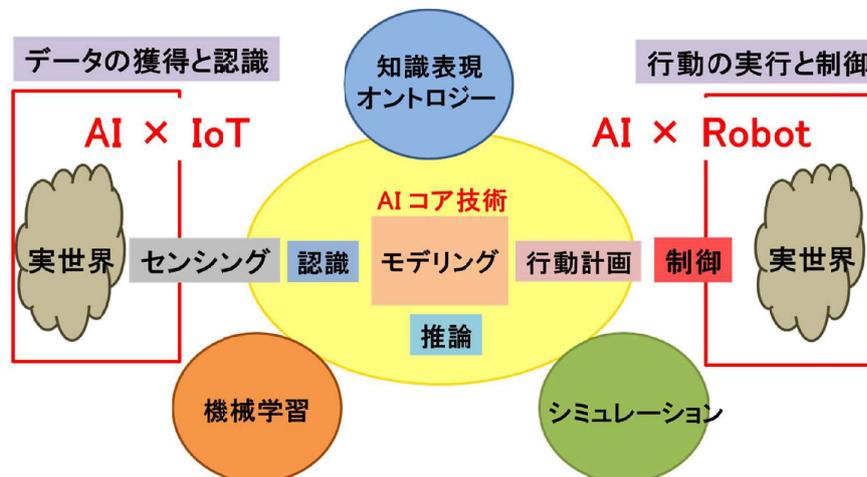


53

研究開発の背景と狙い②

AI for Society and Industry ~実世界で人と協働できるAI

- AIは社会の汎用基盤技術、Society 5.0, Connected Industryの駆動力
→ データ利活用のが、社会の競争力に直結
- IoTやロボットとの組み合わせで、ネット上のサービスから、実世界のサービス（医療、製造、移動、等）へ展開
→ 優れた企業や人材が蓄積されている日本に強味のある分野
- 多くの研究者、各分野のステークホルダが連携するオープンな拠点で実施



54

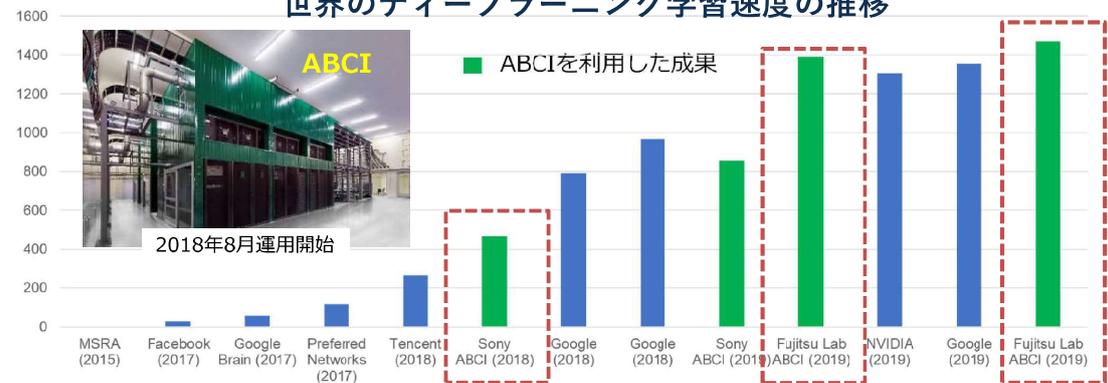
5年間の取組みの成果のまとめ 次世代 AI 技術の研究開発と社会実装のエコシステム形成



計算インフラの構築と運用：AI 橋渡しクラウド

- 産総研が設計・開発したAI用クラウドシステム（人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業）
- **スパコン速度性能で世界ランキング5位**（2018年6月）、優れた省エネルギー性能
- 並列・高速ディープラーニング、超パラメータ最適化等の**機械学習ミドルウェア整備**
- アカデミアだけでなく、産業界も使えるオープンな研究開発プラットフォーム
- ABCI を利用した企業が、**ディープラーニングの学習速度で世界最速を達成**（18年11月、19年4月、7月）

世界のディープラーニング学習速度の推移



(注) ImageNet/ ResNet-50 の学習速度。
2015年の結果を1とした相対的速度

2018年11月
世界記録更新

2019年4月
世界記録更新

2019年7月
世界記録更新

3D-Resnet : 汎用動画像認識手法

- 動画像認識の基準となる手法を世界に先駆けて確立
- 成功のカギは、独自の深層構造と大量の学習データ
- ABCIにより通常5~10年を要する学習計算を2ヶ月で完了し世界に先行
- 膨大な計算の結果を誰でもそのまま活用できる「学習済モデル」を公開し世界の動画像認識研究を底上げ

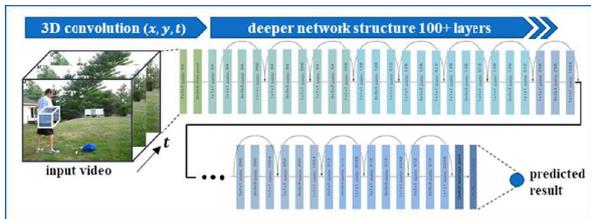


3D-Resnet : 汎用動画像認識手法

動画像認識の本命とされる時空間の3次元畳み込み法は従来良好な学習に成功せず



- 認識モデルの深さ不足 (10~20層 → 100層以上)
- 学習データ量不足 (数万動画 → 数十万動画以上) が原因であると我々は予測。

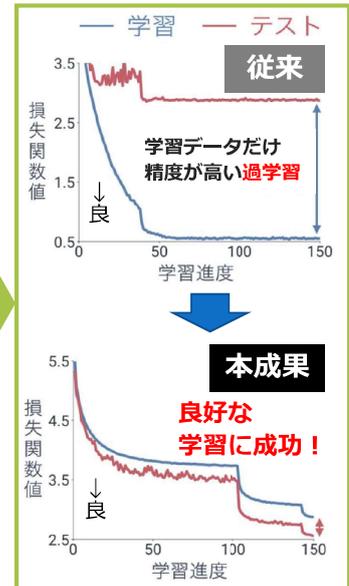


深い三次元畳み込み構造を持つ独自の3D-Resnet

数十万動画の学習を可能にする世界屈指の計算性能

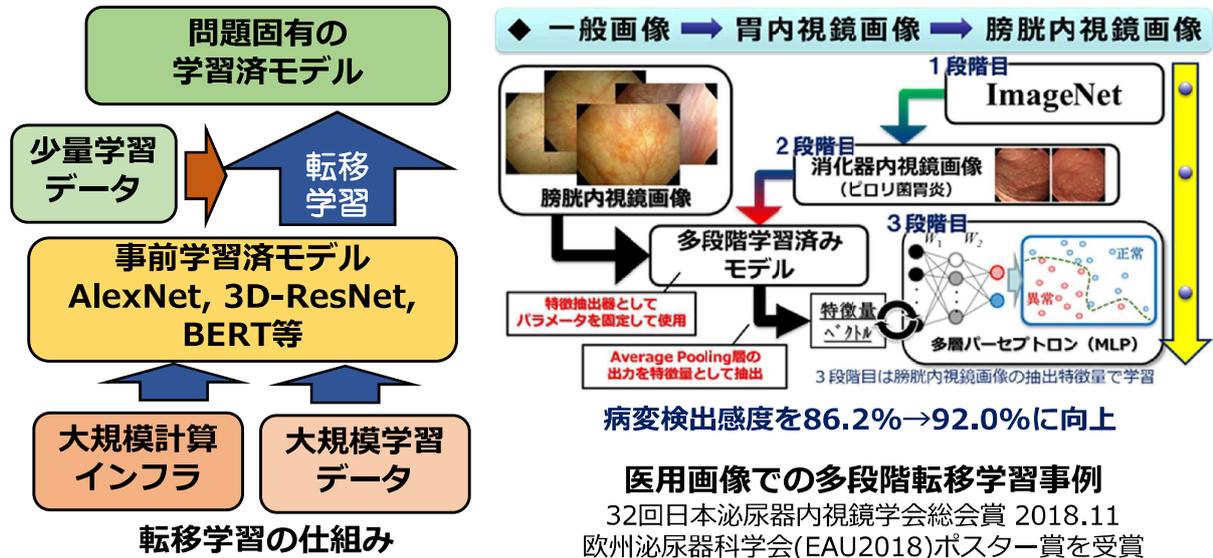
独自の深い構造 + 十分な量の学習データ (Kinetics, 30万動画) により良好な学習が可能になることを実証。

- 100+層の3次元畳み込みモデルの学習に世界で初成功
- トップ国際会議CVPR2018に採択され被引用数290+ (産総研論文賞受賞内定)
- GitHubでのお気に入り数が動画認識分野で世界1位
- 現在三次元畳み込み法が動画像認識のスタンダードに
- 動画像認識のみならず予測等にも適用可能



事前学習済モデルを使った転移学習

- 実世界の現象の観測にはコストがかかり、少量のデータしか得られないことも多い
- ABCI などの大規模な計算インフラを活用し、既存の大規模データで汎用学習済モデルを構築しておき、少量の課題に特化したデータで転移学習をすることが有望
- 画像だけでなく、動画、自然言語理解、などでも有効性が確認されている



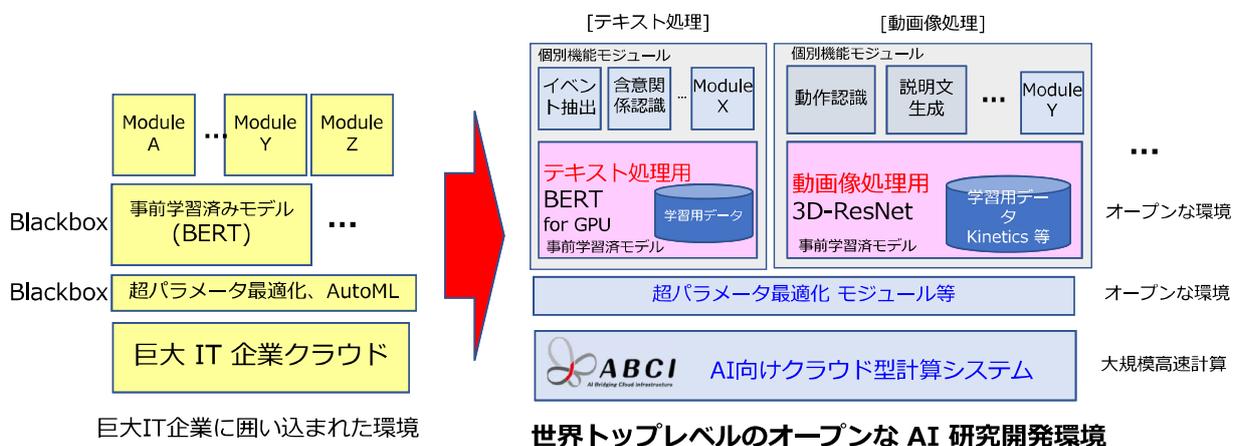
59

世界トップレベルの AI 研究開発環境の提供

NEDO/産総研 プレス発表
2019/12/10

世界トップレベルの研究開発環境を ABCI 等の上で提供

- 並列学習や超パラメータチューニングにより、学習に大量の計算が必要な事前学習済モデル（自然言語処理（BERT）、動画画像処理（3D-ResNet）など）を ABCI 上で構築可能に
- 転移学習 等の技術により個別の要素機能モジュールの構築とシステム構築を加速



60

産総研 データ収集・実証用環境の整備

- 実世界で利用する人工知能開発に必要なデータの収集等の模擬環境を含む産学官一体の研究拠点を、整備、平成31年4月本格稼働（人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業）
- 我が国の強みであるものづくり技術との融合によるAI技術の社会実装を加速

人間拡張研究センター

人間・知能機械のシステム・サービス研究



- 「人間+知能機械」というシステム構成で人間自身の能力を維持・増進できるシステム、サービスの研究

臨海センター新拠点（CPS研究棟）

人間・機械協調のAI実証



工場ロボティクス



加工（曲げ、切削等）

バイオ研究ロボティクス



創薬研究生産性の向上を実証

➡ 「つながる工場」の検証
我が国共有のテストベッド



小売店模擬環境



店舗管理の省力化

産総研 実世界で使える先進 AI 要素機能モジュール 事例

実世界⇔観測・データ収集⇔認識・モデル化・予測⇔計測・制御⇔実世界

観測・データ収集	認識・モデル化・予測	計画・制御
<p>空間の移動：を含む多様な地理空間データの計測とリアルタイム解析・認識による移動の支援</p> <ul style="list-style-type: none"> 混雑した現場でのロバスト人流計測 移動ロボットによる移動体の観測・追跡 	<ul style="list-style-type: none"> OpenVSALM: カメラで3D 地図作成 人の動きのモデル化と予測 大規模人流シミュレーション 衛星・航空画像からの物体やイベントの検知 	<ul style="list-style-type: none"> 避難誘導計画支援 自律型モビリティ オンデマンド交通
<p>日常生活支援：生活計測データに基づく日常生活現象のモデリングと適切な支援・介入の支援</p> <ul style="list-style-type: none"> リビングラボ：IoTによる生活計測 VR環境でのインタラクシオンデータ収集 	<ul style="list-style-type: none"> 顧客・商品・状況のカテゴリ化と関係づけ 日常動作動画の認識と説明文の付与 保育の場での子供の関心推定 	<ul style="list-style-type: none"> 情報提供型自販機 児童虐待対応業務の支援
<p>経験や教示から学び、環境やタスクの変化に柔軟・容易に対応するロボット</p> <ul style="list-style-type: none"> 人の動作や組み立て作業の計測 	<ul style="list-style-type: none"> 道具の姿勢や機能の認識 物の絡み方のシミュレーション 把持位置を使った日用品認識 	<ul style="list-style-type: none"> 様々な動作・作業の模倣学習 絡みやすい部品や紐の扱いの自動計画
<p>サービス現場の情報共有促進・収集</p> <ul style="list-style-type: none"> 大規模学術文献の分類・可視化 	<p>科学技術研究加速：データと知識の統合による第5の科学</p> <ul style="list-style-type: none"> 文献からの知識抽出 化合物とタンパク質の結合予測 現場知識の構造化と再利用 	<ul style="list-style-type: none"> 道具を使う作業の自動計画 実験計画作成と実験条件探索
<p>現場での簡便なセンシング</p>	<p>人体や社会のインフラの異常検知・診断支援</p> <ul style="list-style-type: none"> 正常を学んで異常を検知 	<ul style="list-style-type: none"> 使われて成長する診断支援システム
<p>計算基盤・機械学習</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界最大級・超電力・オープン AI 計算基盤 ABCI の構築と運用 高並列・高速深層学習技術 ハイパラメータの探索 超パラメータ最適探索 		

産総研 主要モジュール事例 (空間の移動)

観測・データ収集

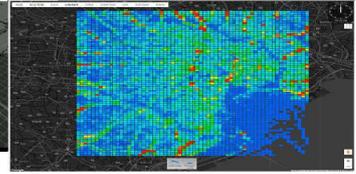
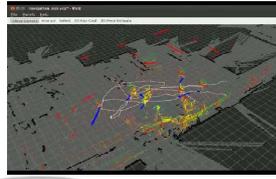
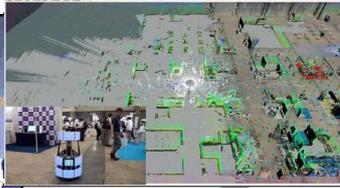
自律移動ロボットによる人の移動の観測

人の移動のモデル化と予測

認識・モデル化・予測



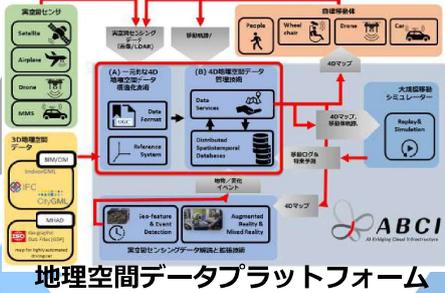
人流計測



大規模人流シミュレーション



自律型パーソナルモビリティ



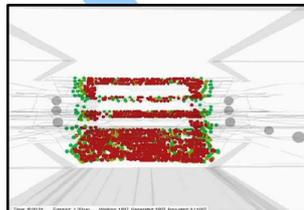
地理空間データプラットフォーム



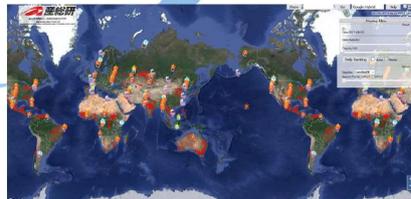
3次元点群データの解釈



計画・制御



避難誘導計画支援



衛星画像からの物体・イベント検知と分類



63

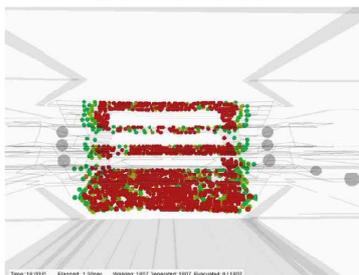
産総研 モジュール活用事例 (空間の移動) 避難誘導の支援

人流計測とシミュレーション技術の融合による避難誘導支援

- リアルタイム人流計測により、多数の人の行動を高精度計測
- 人流シミュレーションにより、適切な誘導法の立案を支援
- 新国立劇場の避難体験コンサートに協力し、避難にかかる時間を約 30% 程度削減



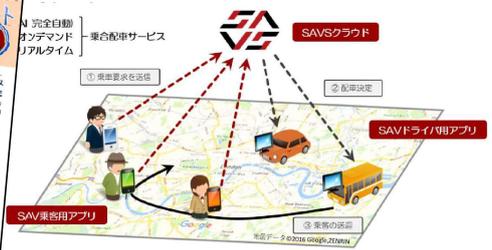
頑健な人流の計測



大規模人流シミュレーション



新国立劇場 避難体験コンサート



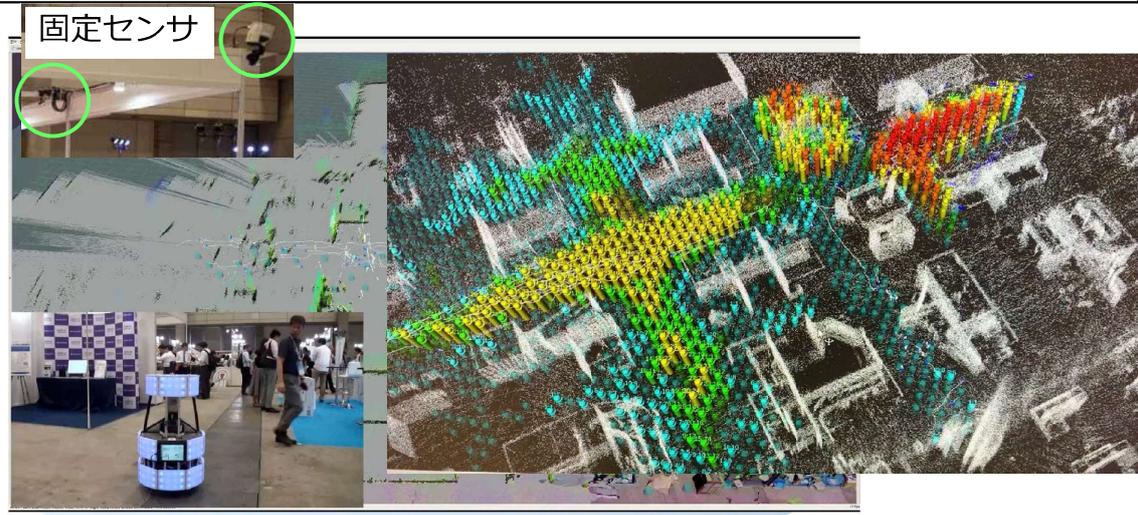
移動交通効率化支援 スタートアップ設立

- 関連報道多数(テレビ:1件、新聞:10紙 等)
- 自治体災害対応支援、鹿島アントラーズ等との共同研究、移動交通効率化支援スタートアップ(未来シェア)設立、等に展開

64

産総研 モジュール活用事例（空間の移動）
大規模イベントでの移動の支援

- 自動走行ロボットと固定センサ計測を用いて実時間で**人の流れを観測し**、**地理空間情報プラットフォームに格納して解析・予測・可視化**
- 人の誘導や自律移動ロボット・車いすの走行の**経路計画等**に利用



固定センサ 自律走行ロボット 統合歩行者データをクラウドへ送信 人の滞留解析・予測
 現在の解析結果を棒グラフ表示 混雑予測を含む移動・案内計画

地理空間情報プラットフォーム

産総研 主要モジュール事例（日常生活支援）

観測・データ収集

現場での実問題と繋がったリンクリビングラボ

実世界とリンクしたリビングラボ

リアルタイム予測

サイネージ型自販機

インタラクションデータ収集用VR環境

100種類の日常動作

千葉工業大学 STAIR Lab への再委託による成果

認識・モデル化・予測

日常生活行動の認識・説明

生活現象（ヒト・モノ・関係）の確率モデリング

子供の関心状態推定

【できなかったこと：従来法の課題】

- ・個人単位、商品単位ではデータが不足
- ・安定な関係のモデル化が困難
- ・介入に対する成功率などの予測が困難

【できるようになること：提案法による解決】

- ・顧客と商品・サービスの解釈しやすい類型化と関係のモデル化
- ・シミュレーションで介入効果などの確率的予測が可能

累計45社以上にライセンス

生活現象（ヒト・モノ・関係）の確率モデリング

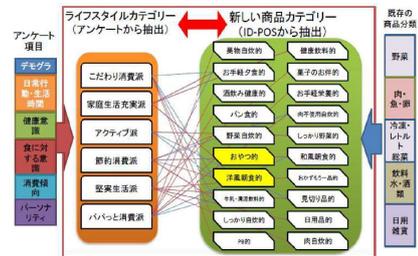
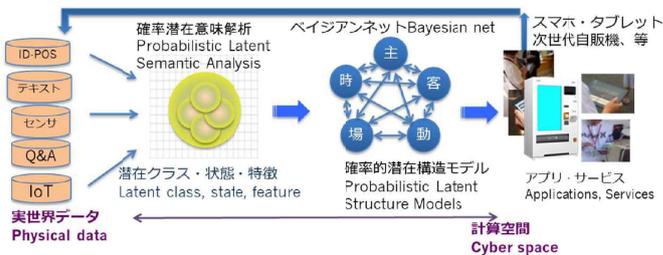
pLSA(クラスターリング)とベイジアンネットワークの組み合わせ → 解釈・説明が容易なモデリング

子供の関心状態推定

8分11秒～15分2秒(401秒間)

産総研 モジュール利活用事例（日常生活支援）顧客サービス支援

- POSデータ、アンケートデータ、回遊行動データ、等から顧客と商品・サービスを**類型化し、確率的な関係をモデル化**
- 確率モデルを使った**シミュレーションと信頼度つきの介入効果予測**が可能
- ユーザやサービスの類型化による**解釈性・説明性の向上**



pLSA とベジアンネットワークの組み合わせ

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101195.html

顧客と商品・サービスの類型化と関係のモデル化

産総研/NEDO プレス発表
2019/9/12

**有楽町マルイにて「AIタッチラリー」
実証実験を実施**
一店舗内の回遊行動と「体験した瞬間」
の感情の履歴を捉え、新たな顧客分析
を実現一

企業との共同研究・ライセンス多数

67

産総研 モジュール利活用事例（日常生活支援）児童虐待対応支援

- 虐待死亡事例が年々増加（推計年間500人）し、児童相談所の虐待受案件数は13万件を超えるが、児童相談所相談員の数がまったく足りていない
- 児童虐待対応における意思決定を支援するシステムを開発
三重県の過去 6,000件のデータを AI が学習し、重篤性などを推定
- システム活用により、効率的な情報共有、客観的な対応判断支援、相談員の効率的配置などを実現
- 2019年6月より三重県の児童相談所で実証実験中



産総研/NEDOプレス発表
2019/5/28

発表・掲載日：2019/05/28

AIを活用した児童虐待対応支援システムを開発

ー6月に三重県で実証を開始し、システムの有用性を検証ー

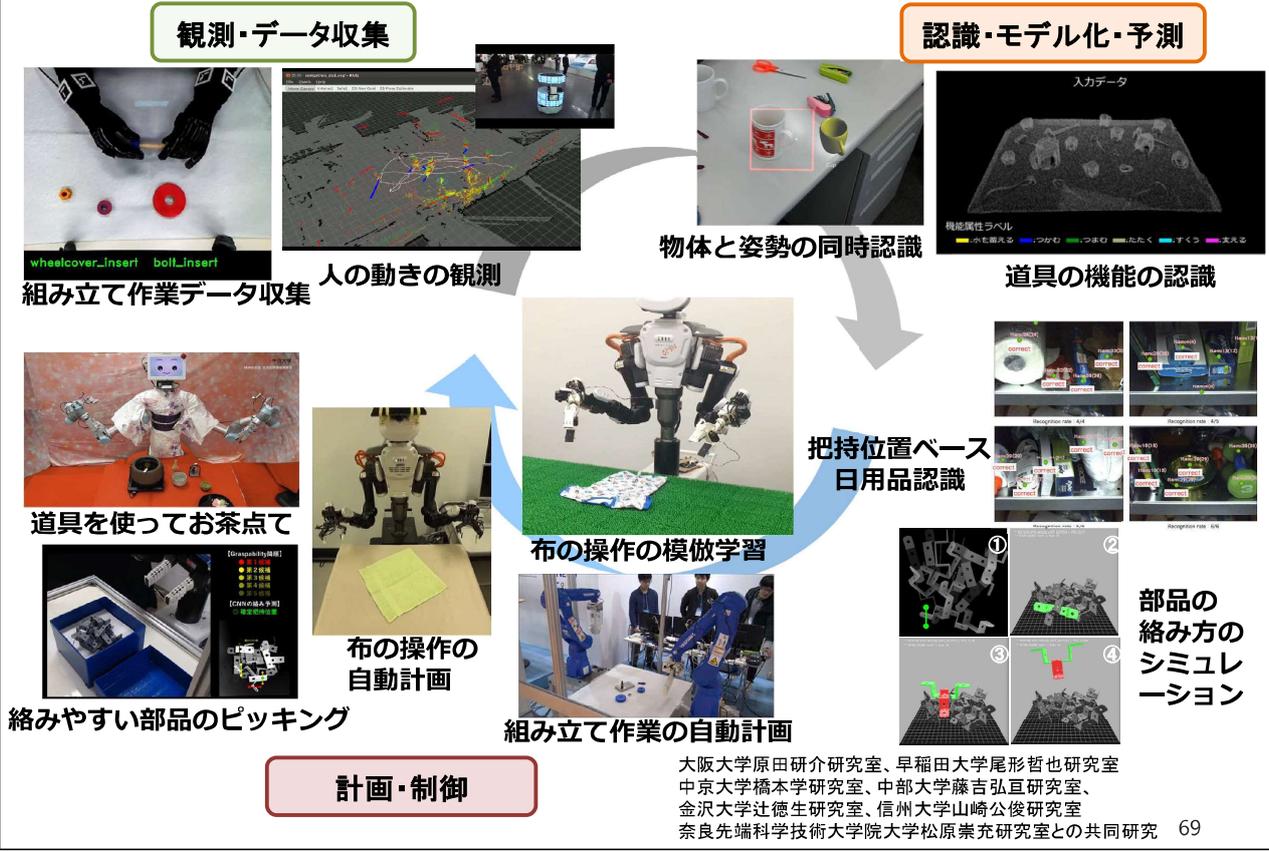
ポイント

- AIを活用し、児童相談所の虐待相談対応を支援する業務システムを開発
- AIが過去事例の分析から虐待の重篤度や再発率などを予測し、児童相談所の迅速な意思決定を支援
- 2019年6月下旬より、三重県で本システムの実証実験を開始

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190528/pr20190528.html
日経、読売、朝日、他 主要紙で報道

68

産総研 主要モジュール事例 (ロボットのための AI 基盤)



**産総研 モジュール利活用事例
経験から柔軟に学ぶロボット群の開発**

- 試行錯誤する経験や人の教示から効率良く学習
- 対象や環境、タスクの変化に、少ないプログラミングで柔軟に対応

生活の中の作業支援
(道具、柔軟物、不定形物の扱いの学習)

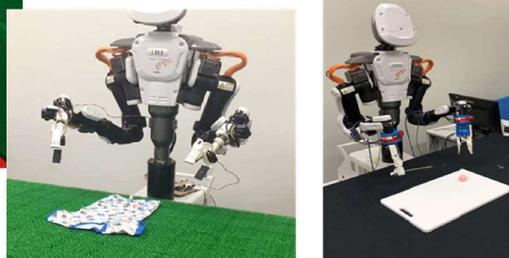


道具の機能を学習し、
道具を使いこなして点茶

大阪大学原田研介研究室、早稲田大学尾形哲也研究室
中京大学橋本学研究室、中部大学藤吉弘亘研究室、
金沢大学辻徳生研究室、信州大学山崎公俊研究室
奈良先端科学技術大学院大学松原崇研究室との共同研究



布の操作を経験から学習



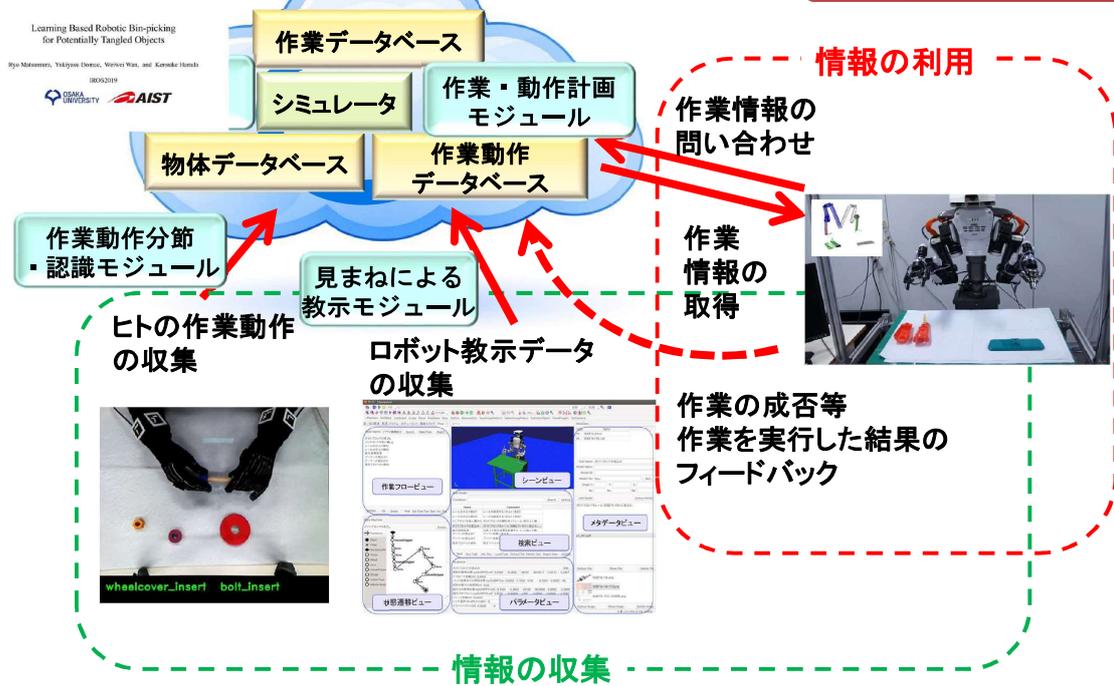
衣服を置く

串に刺す

様々な作業を少ない回数の教示から模倣学習

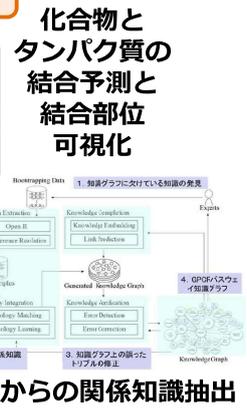
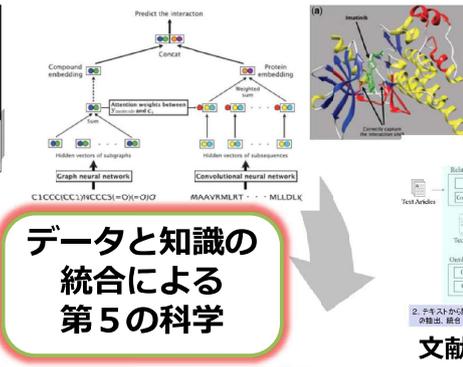
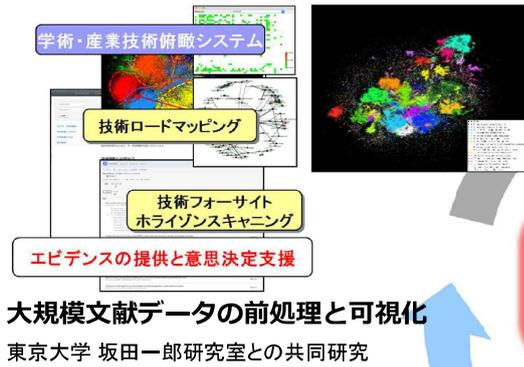
情報の蓄積・検索・学習・計画

産総研/NEDOプレス発表
2019/8/30

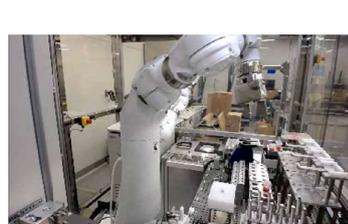


観測・データ収集

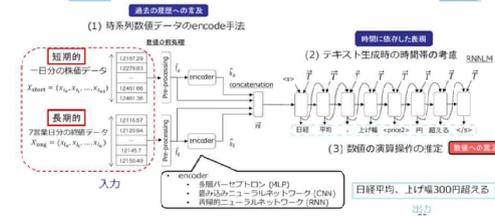
認識・モデル化・予測



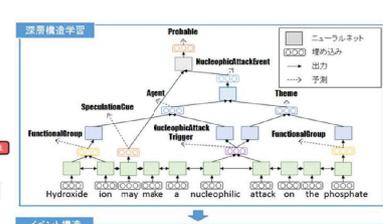
データと知識の統合による第5の科学



実験計画生成と最適実験条件探索



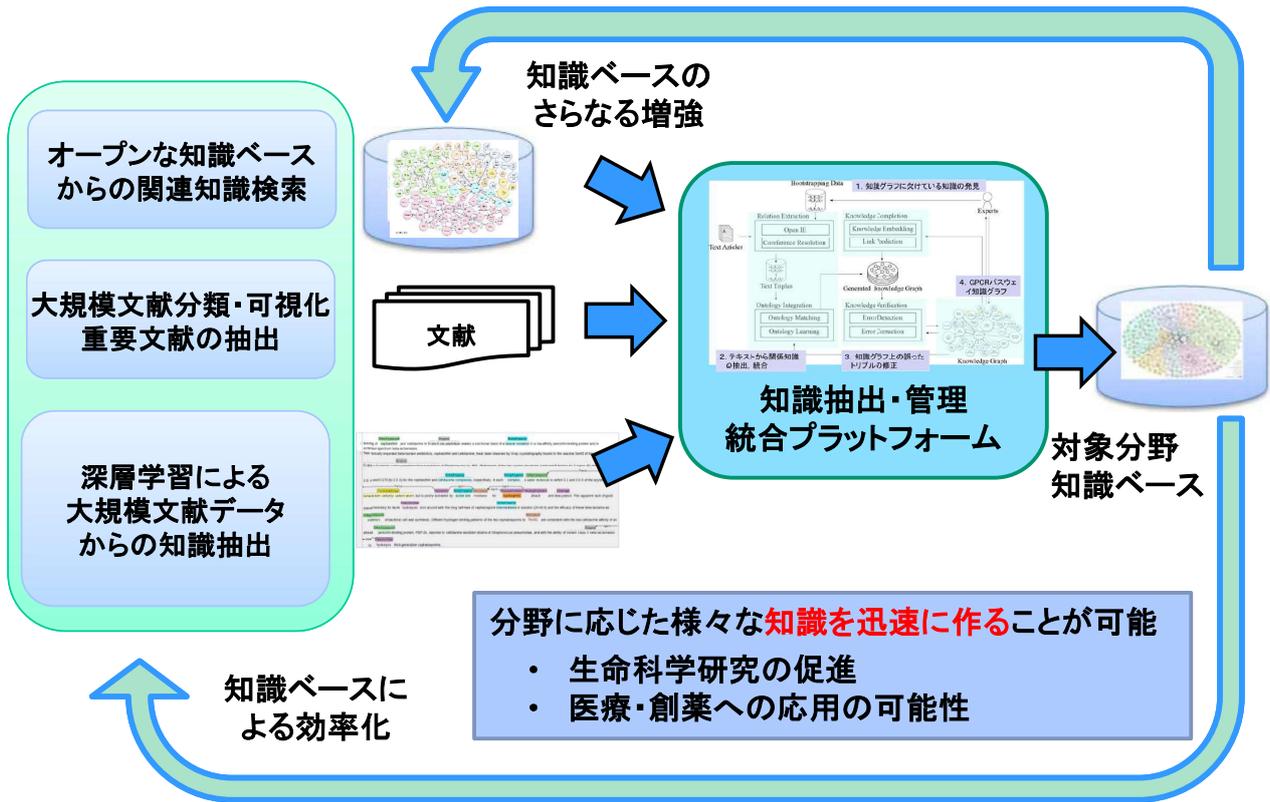
時系列データの説明文生成



文献からのイベント情報抽出

計画・制御

自然言語理解



東京大学坂田一郎研究室、マンチェスター大学 NaCTeM との共同研究

5年間の取組みの成果のまとめ（再掲）
次世代 AI 技術の研究開発と社会実装のエコシステム形成



世界トップレベルのディープラーニング性能

今後の研究開発の方向性（第5期に向けて）

- AI 技術の実世界サービスへの導入はまだ黎明期、着実に浸透させることが必要
- これまでの成果を踏まえて、研究開発の方向性として以下を抽出

今後必要な AI基盤技術

＜容易に構築できるAI＞

- ・AI開発・導入プロセスの明確化、**自動化 (AutoML)**
- ・AIのモジュール化、再利用可能化、**転移学習**
- ・AIの標準化、相互接続性の確保

＜人間と協調できるAI＞

- ・**説明できる AI**
- ・人間の知識の機械学習への組み込み
- ・人間と対話し、学習するAI
- ・熟練・暗黙・社会知のAI化

＜実世界で信頼できるAI＞

- ・AIの有効範囲の検証手法
- ・**AIの信頼性評価**
- ・**AIの品質評価・品質保証**

産総研人工知能研究戦略部 https://www.airc.aist.go.jp/info_details/docs/180523/ai_strategy180523.pdf を改変

75

まとめ：次世代人工知能技術の研究開発

- 世界トップレベルの AI 研究開発用クラウド ABCI の構築・運用
- データ収集・実証用環境の整備、HCMI コンソによる利用促進
- 50以上の実世界で使える次世代 AI 要素技術モジュールの開発と公開、ライセンス
- 人工知能技術コンソーシアム 250社と新たなユースケースの発掘
- 資金提供型共同研究延べ 100件以上、スタートアップ設立
- 人材育成の取組み

次世代人工知能技術の研究開発と社会実装の
オープンなエコシステム構築
今後の研究開発の方向性の提示

76

「橋渡し」研究前期

次世代メディアコンテンツ 生態系技術

情報・人間工学領域

情報技術研究部門

首席研究員 後藤 真孝

77

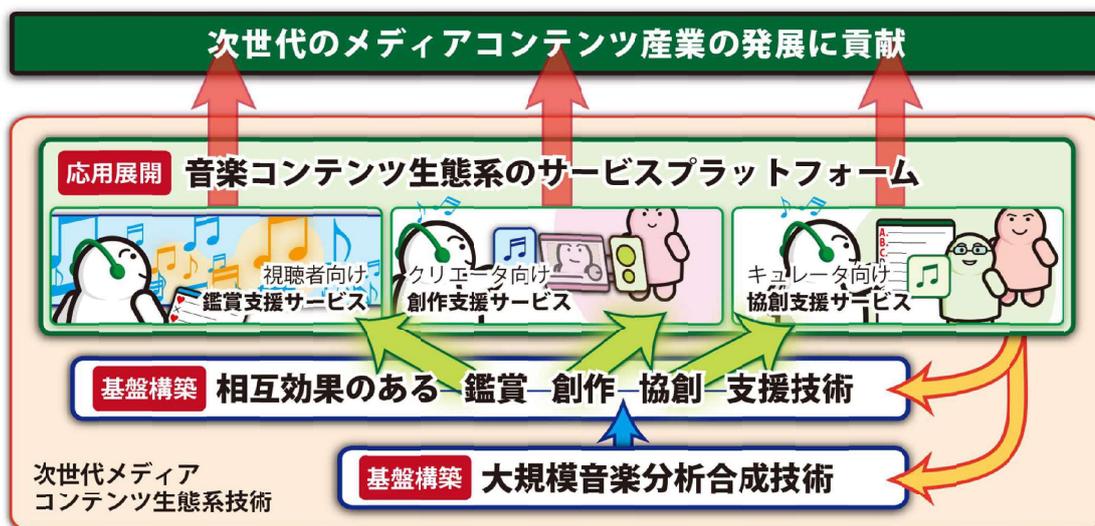
「橋渡し」研究前期：大型公的外部資金

- **科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業 ACCEL**
 - 2016年度 採択研究課題
「次世代メディアコンテンツ生態系技術
の基盤構築と応用展開」
 - **OngaACCELプロジェクト** 2016/08～2021/03
研究代表者：後藤 真孝
 - 「橋渡し」前期研究としての位置づけ
 - 将来のコンテンツ産業・クリエイティブ産業を切り拓く
 - 基礎研究と応用研究（社会実装）をバランス良く推進

78

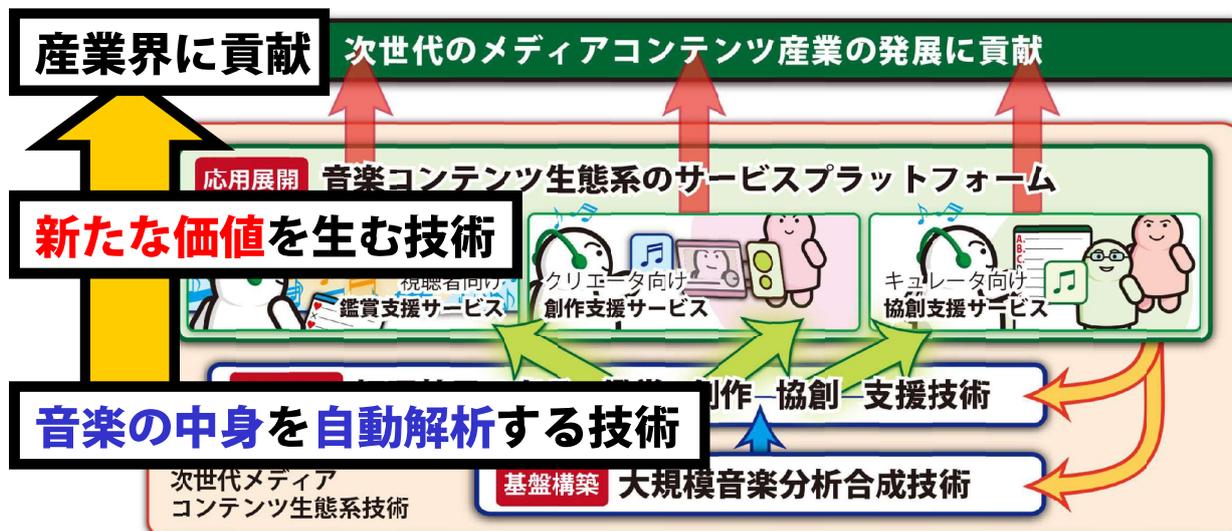
OngaACCELプロジェクト

- 音楽の中身を自動解析する技術により、
新たな価値を生み出し、**産業界に貢献**する



OngaACCELプロジェクト

- 音楽の中身を自動解析する技術により、
新たな価値を生み出し、**産業界に貢献**する



歌詞を表示できる 次世代型スピーカー Lyric Speaker

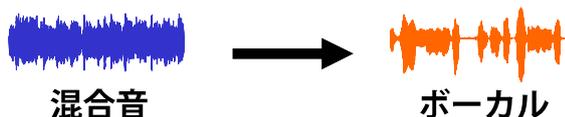
Lyric Speaker

- 産総研の音楽理解技術によって**音楽と同期して**
歌詞が表示される次世代型スピーカー製品
[株式会社COTODAMAと共同開発]
 - 1号機「Lyric Speaker」 2016/11 に販売開始
 - 2号機「Lyric Speaker Canvas」 2018/11 に販売開始
- 「Lyric Speaker Canvas」の
「Saint Laurent (サンローラン)」 コラボモデル
 - 2019/06 にパリで店頭販売開始
- コア技術
 - 自動歌詞同期技術・音楽印象推定技術
従来は困難だった音楽と歌詞との**自動同期**・**自動演出選択**が可能

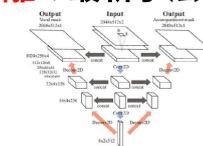
音楽理解技術：歌詞同期

□ 歌声分離手法

- メロディ音高推定手法 **PreFEst** によって
様々な楽器音が含まれる混合音から**ボーカル**を抜き出す

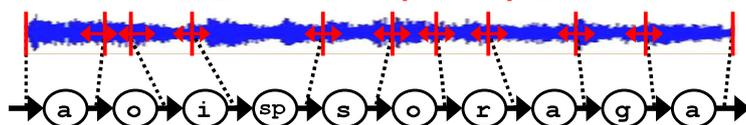


IEEE WASPAA 2019
にて深層学習に基づく
歌声分離の最新手法を発表



□ 歌詞同期手法

- 抽出した**ボーカル**中の各音素の位置を
歌声用音響モデル(HMM)を用いて**Viterbi**アラインメント



音楽理解技術：音楽印象推定

□ 人間が音楽を聴いて感じる**印象**を自動推定

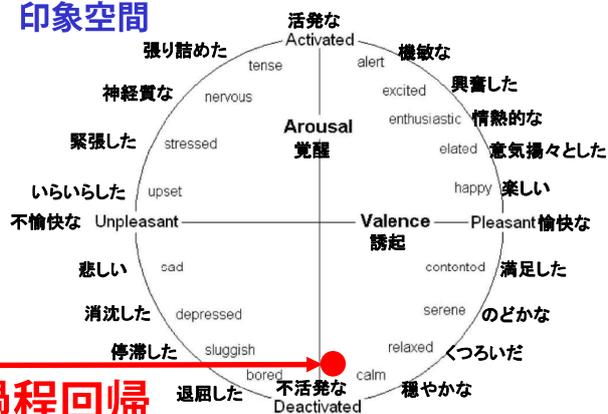
- 高次元ベクトル** (6000次元) から**特徴量**を自動抽出



高次元
音響特徴量

ガウス過程回帰

印象空間



OngaACCELプロジェクト

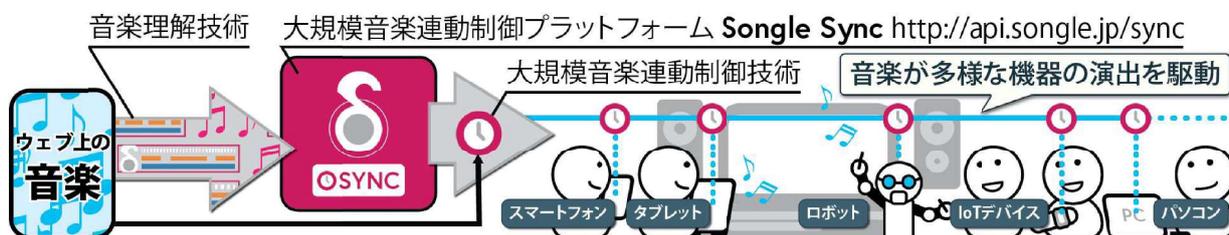
- 音楽の中身を自動解析する技術により、
新たな価値を生み出し、産業界に貢献する



音楽に合わせて
多様な機器を制御できる
プラットフォーム
Songle Sync

Songle Sync <https://api.songle.jp/sync>

- 大規模音楽連動制御プラットフォーム「**Songle Sync**」
 - 2017/08/02 にプレス発表 & 一般公開開始をして実証実験中
音楽の再生に同期して多様な機器を制御をすることで
一体感のある演出ができるプラットフォーム
音楽に連動させて、描く、光らせる、動かすことが可能
 - 2019/07/25 にプライベート楽曲機能を公開



87

Songle Sync <https://api.songle.jp/sync>

- 大規模音楽連動制御プラットフォーム「**Songle Sync**」
 - 2017/08/02 にプレス発表 & 一般公開開始をして実証実験中
音楽の再生に同期して多様な機器を制御をすることで
一体感のある演出ができるプラットフォーム
音楽に連動させて、描く、光らせる、動かすことが可能
 - 2019/07/25 にプライベート楽曲機能を公開
- **コア技術**
 - **大規模音楽連動制御技術**
従来は困難だった**非同期断続通信**に基づく
汎用性・拡張性の高い**大規模な音楽連動制御**が可能
 - **音楽理解技術**
曲を選ぶと**即座に自動制御**できる優位性

88

音楽と物理空間を融合した総合体験

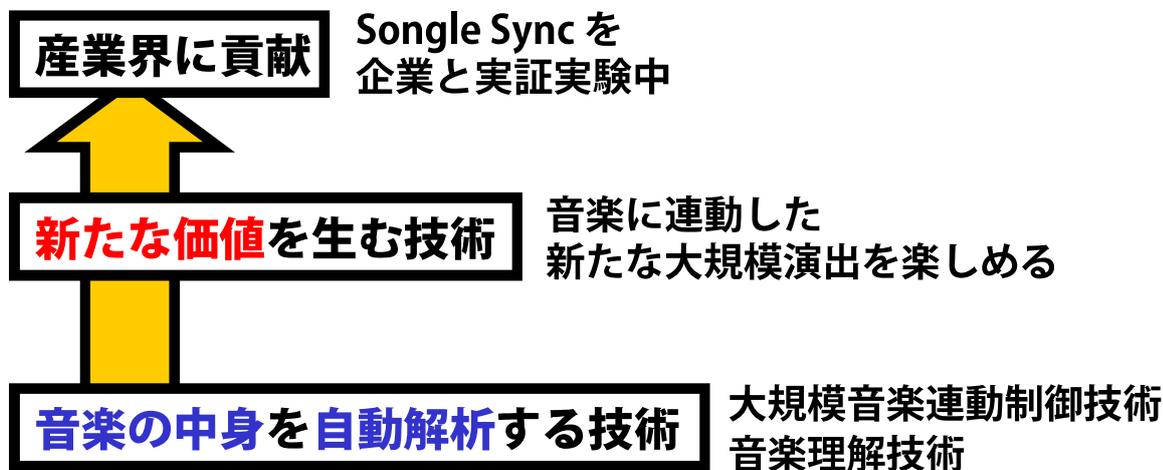
- **Songle Sync: バースデーイベント** (幕張メッセ) **で実証実験**
 - 2019/08/31 マジカルミライ2019 企画展
 - スマホに**バースデーメッセージ**と共に
音楽に同期した映像演出が表示される実証実験が成功

- **Songle Sync: 花火大会** (国営滝野すずらん丘陵公園) **で実証実験**
 - 2019/08/25 LIGHT UP NIPPON HOKKAIDO feat. 初音ミク
 - **音楽に合わせて打ち上がる花火**と連動し、
スマホから**音楽**が流れて
映像が一斉に変わる演出が成功

89

OngaACCELプロジェクト

- **音楽の中身を自動解析する技術**により、
新たな価値を生み出し、**産業界に貢献**する



90

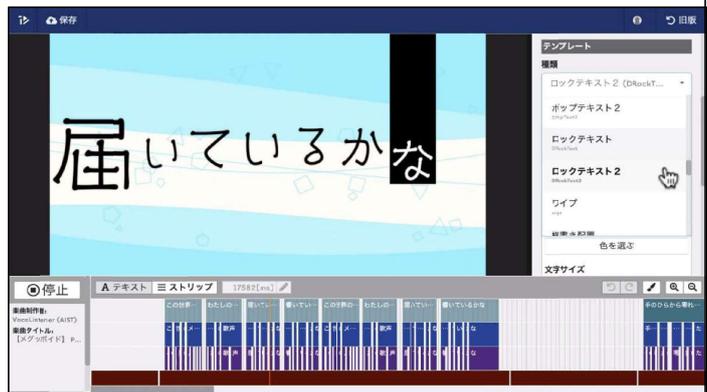
歌詞アニメーション 制作支援サービス TextAlive



2019年度 新機能追加

TextAlive <https://textalive.jp>

- 歌詞アニメーション制作支援サービス「TextAlive」
 - Webブラウザから利用できるサービスを公開して実証実験中
産総研の音楽理解技術（歌詞同期、ビート検出）によって
歌詞の文字のタイミングを指定する膨大な手間をかけずに
歌詞アニメーション動画を制作できるツール



92

TextAlive <https://textalive.jp>

- 歌詞アニメーション制作支援サービス「TextAlive」
 - Webブラウザから利用できるサービスを公開して実証実験中
産総研の音楽理解技術（歌詞同期、ビート検出）によって
歌詞の文字のタイミングを指定する膨大な手間をかけずに
歌詞アニメーション動画を制作できるツール
- コア技術
 - 自動歌詞同期技術
従来は困難だった音楽と歌詞との自動同期が可能
 - 音楽理解技術
従来は困難だった音楽の中身に基づく演出が可能
 - プログラミング環境技術
従来は困難だった歌詞アニメーションの自動生成・拡張が可能

93

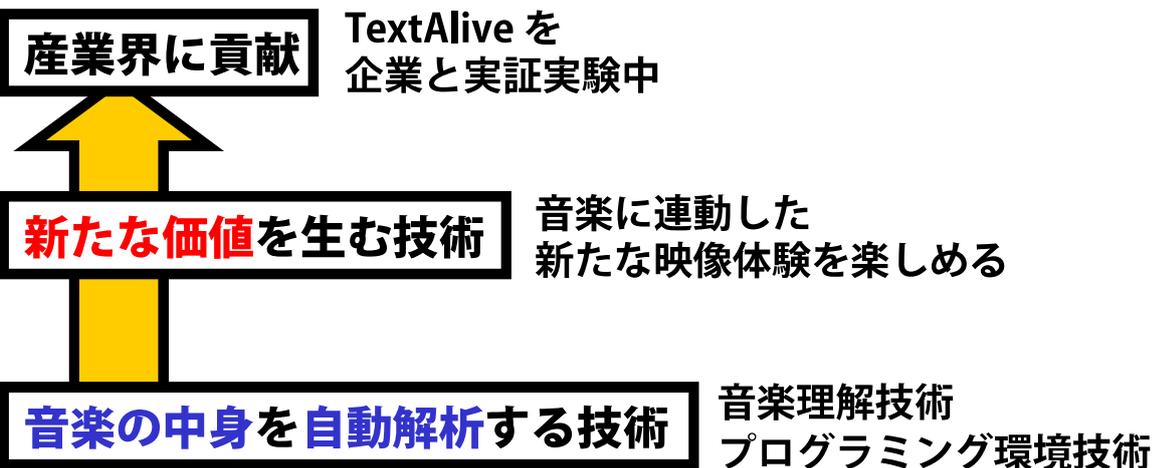
音楽の価値を引き出す音楽連動体験

- TextAlive: ライブステージ（東京国際フォーラム）で実証実験
 - 2019/06/17 アーティスト「ジュリアナの祟り」
 - ライブ中の2曲の紗幕映像でTextAliveの映像が登場
アーティストがTextAliveを使いこなして歌詞アニメーション制作
- TextAlive: ライブステージ（インテックス大阪、幕張メッセ）で
実証実験
 - 2019/8/10-11, 30-31, 9/1 マジカルミライ2019ライブ（9公演）
 - 「初音ミク」ライブ中の1曲の背景映像として
TextAliveで生成した映像が加工されて登場
ライブ制作側がTextAliveを使いこなして歌詞アニメーション制作

94

OngaACCELプロジェクト

- 音楽の中身を自動解析する技術により、
新たな価値を生み出し、産業界に貢献する



新たな楽曲と出会える
音楽発掘サービス
Kiite

Kiite <https://kiite.jp>

□ 音楽発掘サービス「Kiite (キイテ)」

- **2019/08/30 にプレス発表&一般公開開始**をして実証実験中
膨大な歌声合成楽曲の中から好みの楽曲を
効率よく探索して出会うことができるサービス
[クリプトン・フューチャー・メディア株式会社と共同開発]

音楽印象分析・音楽推薦を駆使して

楽曲と出会える音楽発掘サービス「Kiite」を公開

— 視聴者の音楽への関心と音楽情報処理技術の力を結びつけて好みの楽曲を見つけ出せる —

2019年8月30日

クリプトン・フューチャー・メディア株式会社

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

国立研究開発法人 科学技術振興機構

97

Kiite <https://kiite.jp>

□ 音楽発掘サービス「Kiite (キイテ)」

- **2019/08/30 にプレス発表&一般公開開始**をして実証実験中
膨大な歌声合成楽曲の中から好みの楽曲を
効率よく探索して出会うことができるサービス
- 従来の音楽視聴サービスとは違い**音楽発掘**に特化
高度な**可視化・検索・推薦**機能を持つUIを設計してユーザに提供



98

Kiite は何が便利なのか

1. 音楽発掘用プレーヤー機能

- 多数の楽曲を次々と試聴しながら
プレイリストを作成・共有可能
サビ区間検出技術で自動検出したサビを
効率よく試聴してボタン一押しでリストに追加

2. 音楽レーダー機能

- 音楽印象分析に基づく探索・絞り込みが可能
音楽印象分析技術で自動分析した印象に基づいて配置し、
印象や属性フィルターで試聴候補を柔軟に絞り込み
類似楽曲検索技術で曲調の似た楽曲を一覧表示

99

Kiite は何が便利なのか

3. 音楽推薦エンジン選択機能

- 複数の音楽推薦エンジンを使い分けて
新たな楽曲に出会うことが可能
視聴者毎に違う「お勧め楽曲のプレイリスト」を自動生成
各自が「カスタム推薦エンジン」を育てて、みんなで利用

100

Kiite <https://kiite.jp>

□ 音楽発掘サービス「**Kiite** (キイテ)」の**コア技術**

- **音楽理解技術**

従来は困難だった多数の楽曲の**サビ**を
次々と試聴してプレイリストを作成・共有することが可能

- **音楽印象分析技術と類似楽曲検索技術**

従来は困難だった**楽曲の音響信号の中身**に基づいて
探索的に音楽に出会うことが可能

- **音楽推薦技術 (カスタム推薦エンジンの育成・共有手法)**

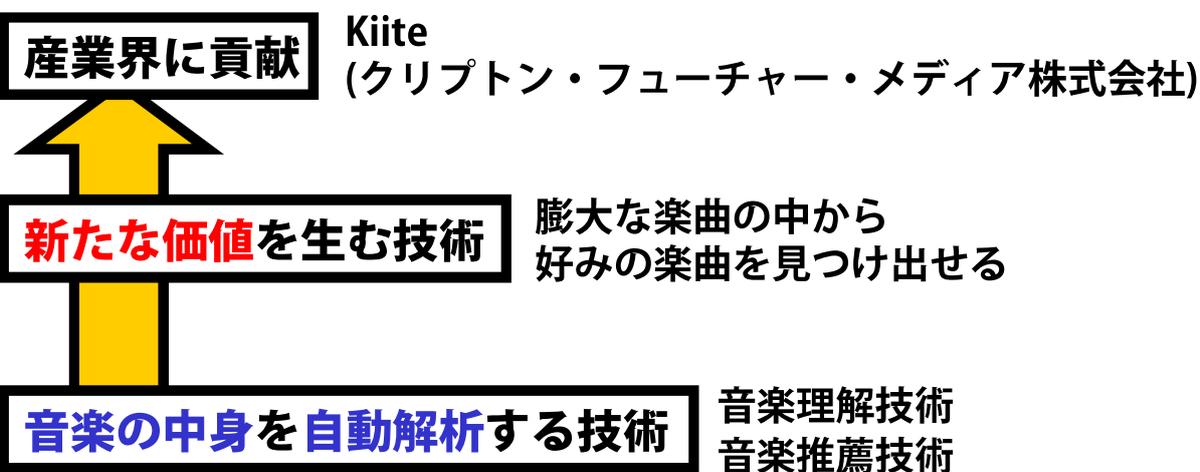
従来は困難だった複数の**音楽推薦エンジンの振る舞い**を
視聴者が意図的に**カスタマイズ**することが可能

101

OngaACCELプロジェクト

□ 音楽の中身を自動解析する技術により、

新たな価値を生み出し、**産業界に貢献**する



102

今後のビジョン

- **メディアコンテンツ産業が抱える本質的問題を解決**
 - ・ **未来のコンテンツ産業**を切り拓く

未来

**膨大な蓄積が土壌となって
新たなコンテンツ生態系を生み出し
価値を創出する**

コンテンツ
生態系

次世代メディアコンテンツ
生態系技術

コンテンツの
膨大な蓄積

従来

**コンテンツの膨大な蓄積という
宝の山を活かせてない**

103

第4期中長期目標期間での実績

- **OngaACCELプロジェクトでの
2016/08～2019/12の産総研成果**
- **学術成果**
 - ・ インパクトファクター付き国際論文誌 **5件** (2019年度 1件)
 - ・ 国際会議プロシーディングス
(Google Scholarのカテゴリ上位20位内) **37件** (2019年度13件)
- **社会的インパクト**
 - ・ プレス発表 **3件**
 - ・ 報道 **125件以上**
 - ・ 企業連携、様々な実証実験を実施

104

「橋渡し」研究後期

生産プロセス設計の 人工知能による 高速高品質化

人工知能研究センター

NEC-産総研人工知能連携研究室

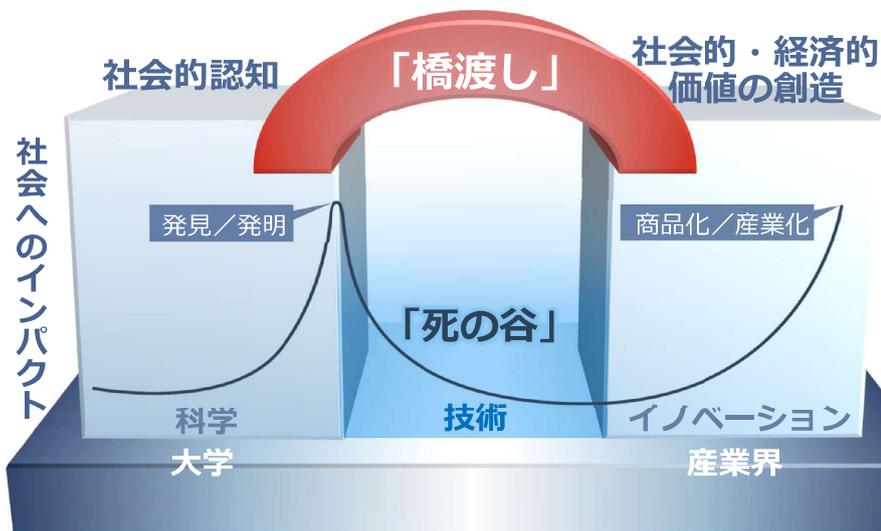
副室長 中田 亨

105

NEC-産総研連携研究室

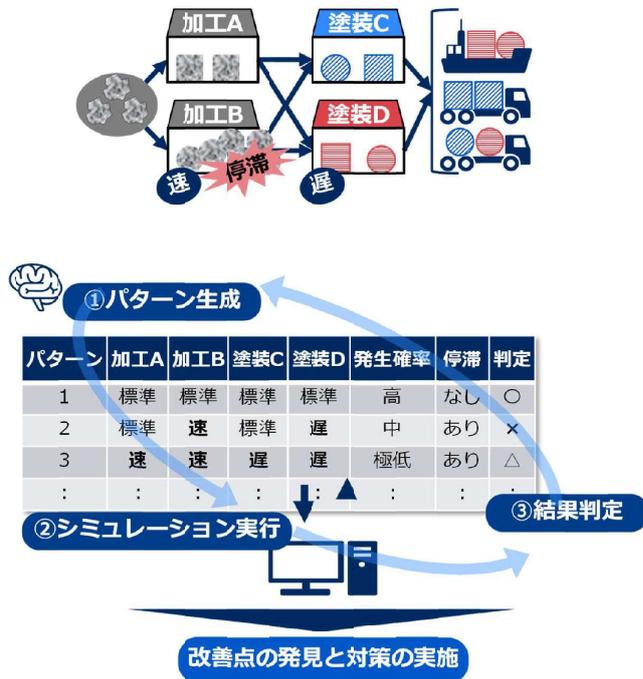
- 2016年にNECと産総研により設立
- 産総研最初の連携研究室

産総研は、基礎
研究から商品化・
産業化研究まで
切れ目なく、
産業界へ橋渡し
する研究を推進



106

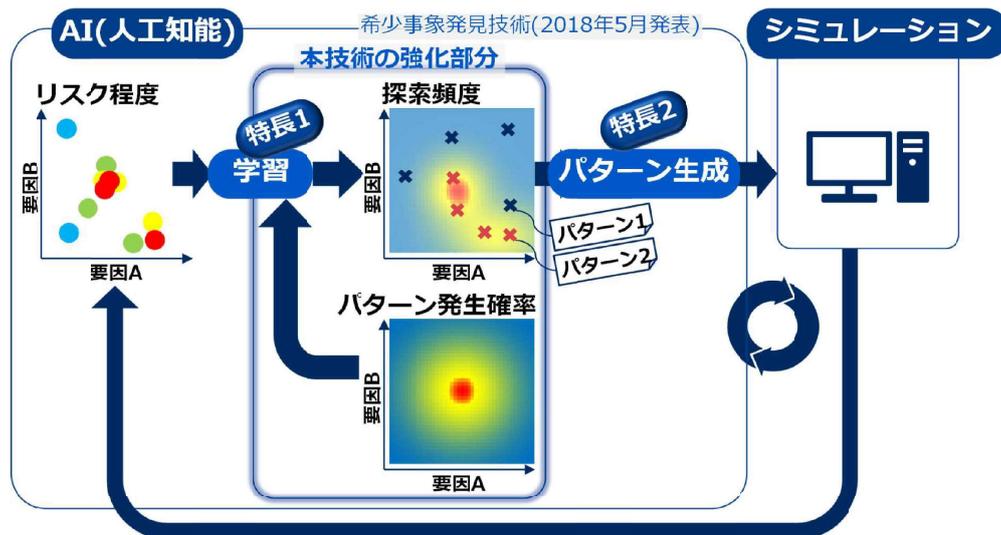
題材：生産プロセスの設計



- 絡み合う工程
- 局所の小さな変動が、全体の思いがけない遅滞を生む。下手な設計は大問題
- 従来：人間が、シミュレーションをして、リスクを洗い出すが
 - 時間がかかる
 - 想定漏れが多い

107

隠れたリスクを効率よく洗い出す技法



- どこをシミュレーションするか？：被害と発生確率の両者が高い所に集中する⇒ 高速化
- 想定漏れをどうするか？：あえて手薄な部分のシミュレーションも適宜加える ⇒ 想定漏れ低減

108

実例への適用 (2019/5/30 産総研プレスリリース)

- 実験対象：神戸製鋼所の多品種混流生産シミュレータ
- 実験目的
 - 工程処理速度のばらつきによって発生する、中間在庫の置場容量超過のパターンを発見せよ
- 実験結果
 - 従来手法（全格子点探索法） vs 本手法で約2,000パターンを探索
 - 探索時間=1日半
 - 専門家でも想定しにくいパターン数を比較
 - 従来手法 1~2個 （探索の範囲と細かさで異なる）
 - 本手法 25個 大漁！ 約10倍の効率化。
 - 従来の工場ラインの設計で、人間が1週間かかっていた作業を1日に短縮できるペース

109

まとめ

生産プロセス設計の人工知能による高速高品質化

- 技術の意義
 - 設計の落とし穴を見つけるのは、人間には大変
 - 人工知能が、どのシミュレーションをすべきかを学習
 - 無駄な設計検証をしない→設計評価の高速化→生産ラインの早期立ち上げ→コストの削減
 - 考え漏らしを減らす→設計品質の向上→トラブル抑制
→これからの生産の主流である「少量多品種混合生産」の能力向上
- 実用への展開
 - 本技術を利用する共同研究を推進

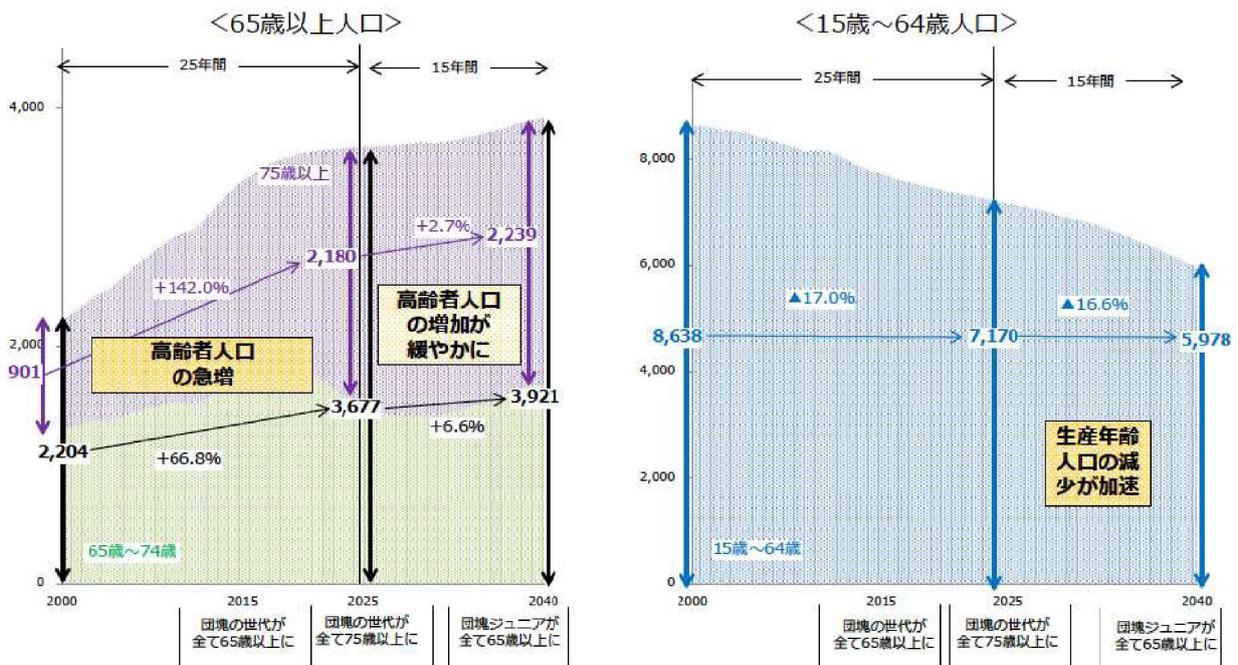
110

「橋渡し」研究後期

高齢者支援ロボット技術

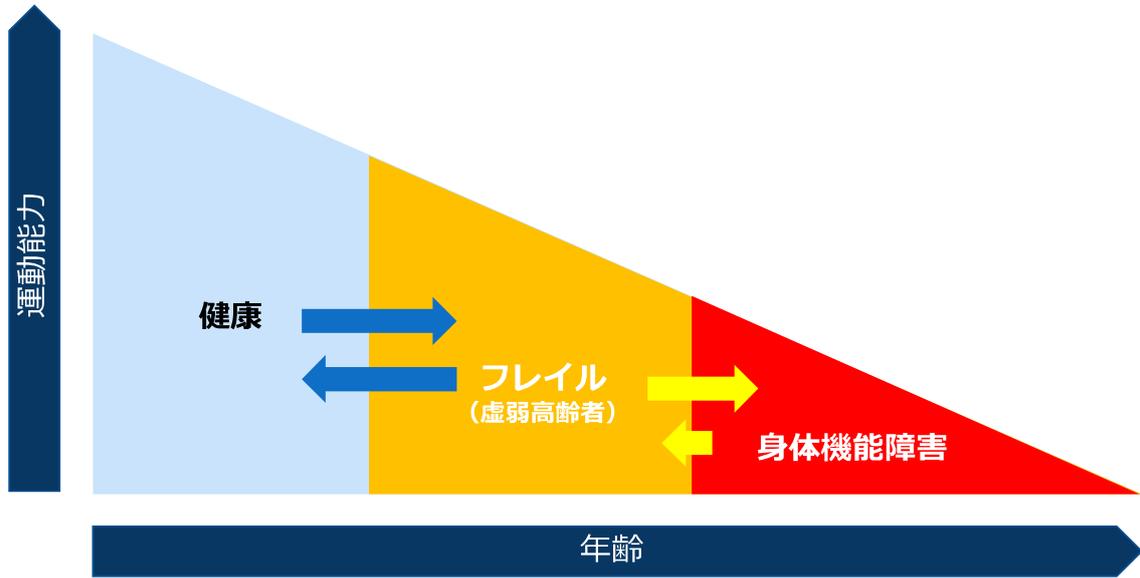
ロボットイノベーション研究センター

研究センター長 比留川博久



[出典: 総務省「国勢調査」「人口推計」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口平成29年推計」]

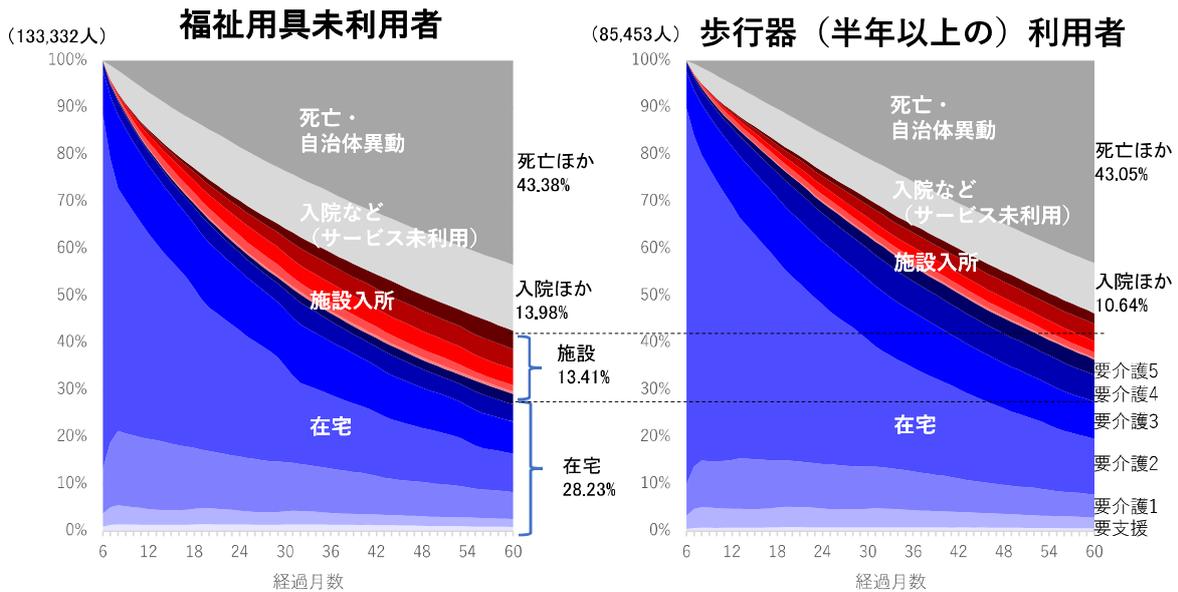
社会背景—早期に介入すれば運動機能は回復する



[出典：葛谷雅文]
113

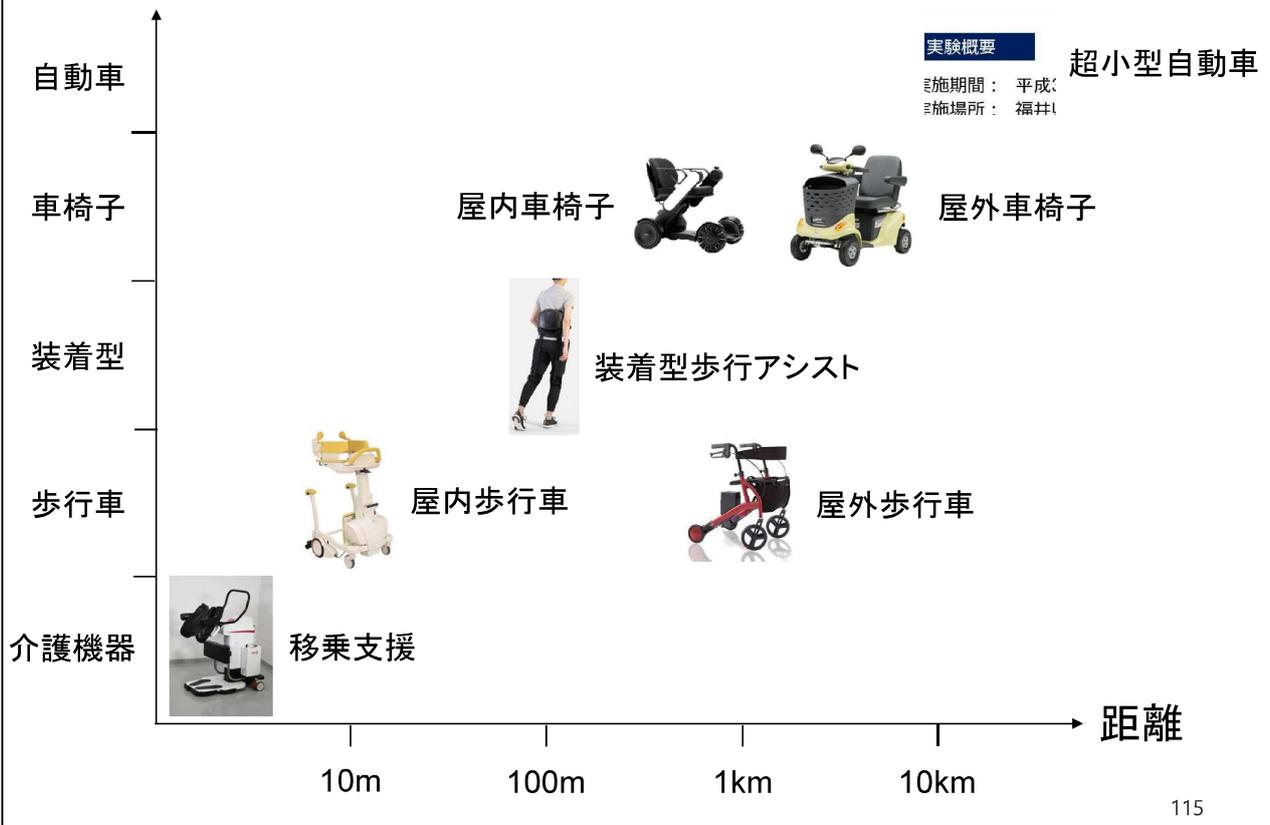
福祉機器を利用する効果

2007～2011年度に要介護2で歩行器の利用を開始し、半年以上利用した在宅高齢者全員を追跡



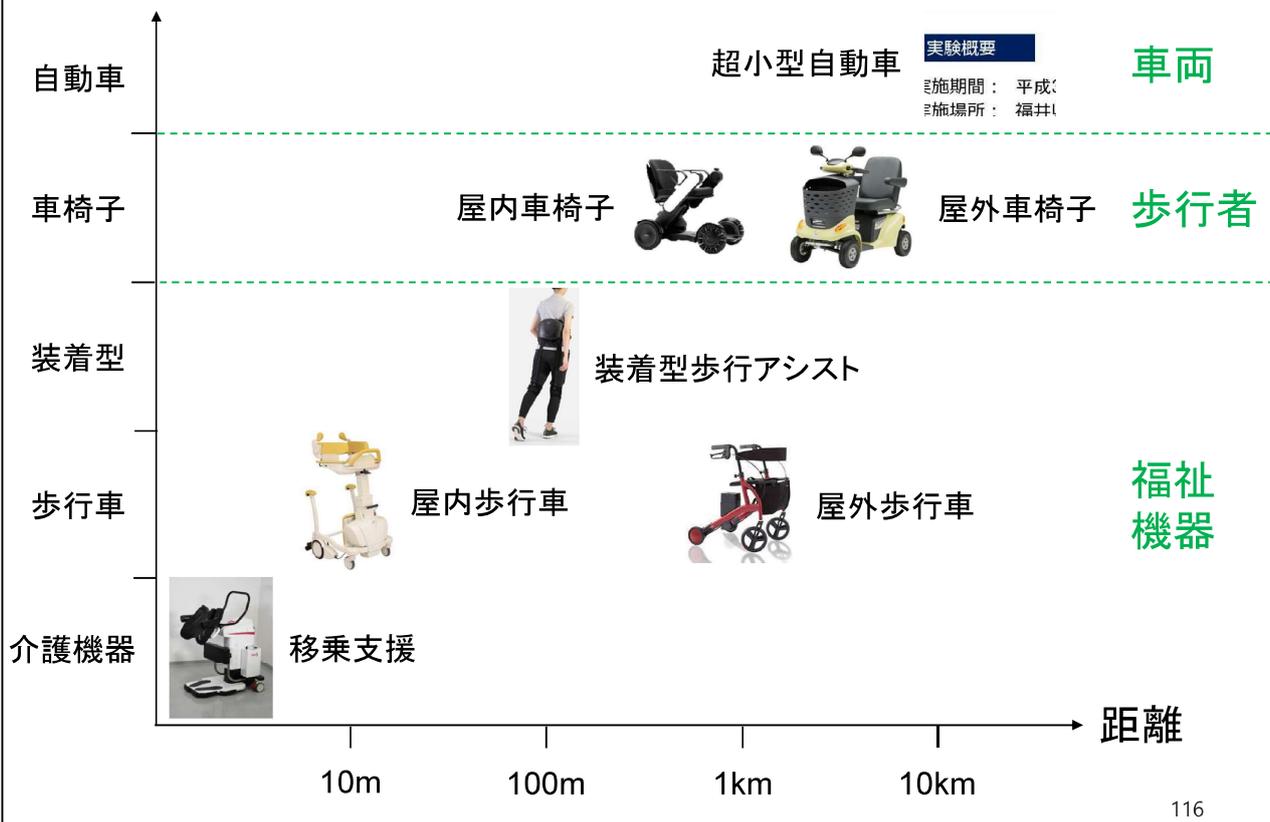
歩行器の利用経験がある高齢者 ⇒ 5年後の **入院率低い(0.76倍)**
在宅維持率高い(1.36倍)
要介護度を維持割合高い(1.15倍)

高齢者のモビリティアシスト



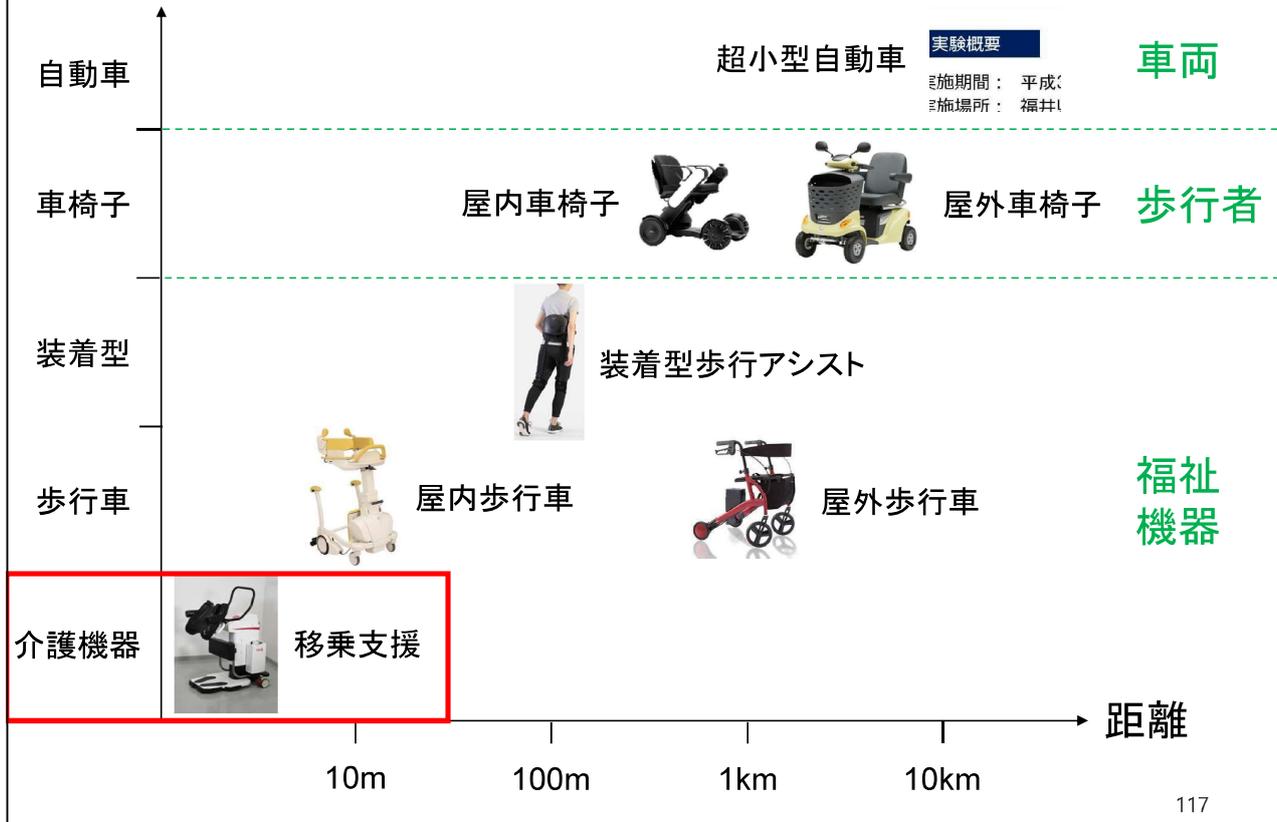
115

高齢者のモビリティアシスト



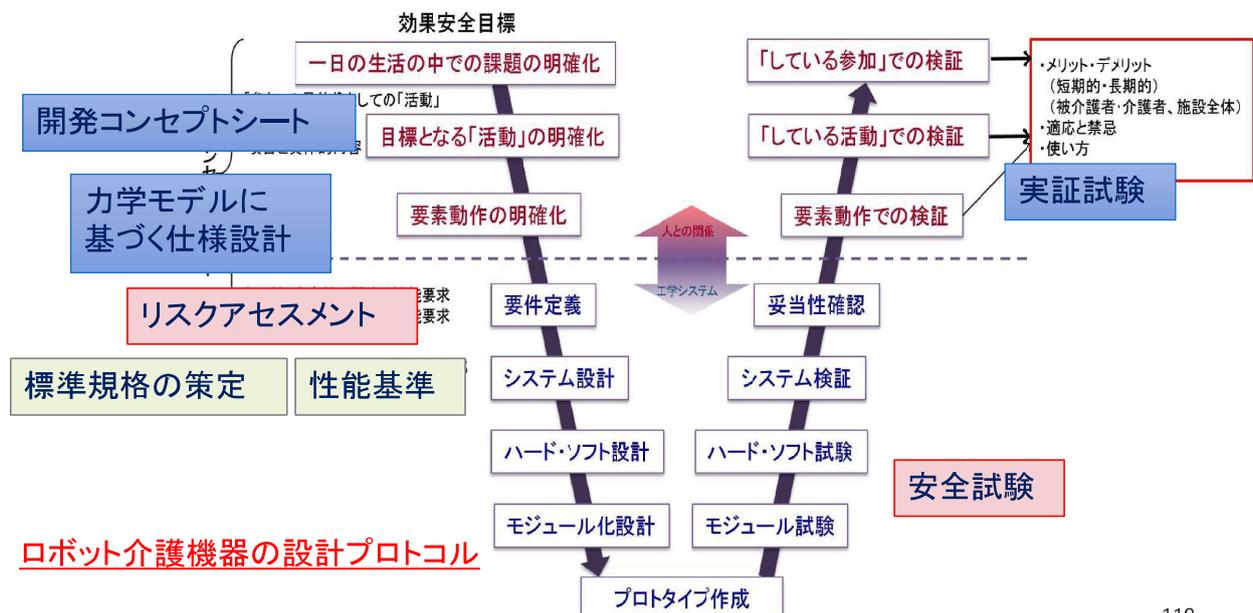
116

高齢者のモビリティアシスト



ロボットイノベーション研究センターの研究目標

ロボット技術の適用対象業務の分析・投資効率の算定、ロボットの仕様設計を支援するための**効果・安全評価プロトコル**、運用効果を評価するための**ログデータ**の取得・解析技術を確立し、ロボットによるイノベーションを実現すること。このため、新しいロボットを**10種類以上実用化**すること。



製品化されたロボット介護機器 (20種類)

移乗支援



歩行支援



排泄支援



入浴支援



見守りセンサ



生活支援ロボット安全規格 ISO13482 認証取得製品



リショ-ネ(パナソニック、2014/4/1)



ロボットアシストウォーカー (RTワークス、2015/7/14)



Honda歩行アシスト (Honda、2015/7/21)



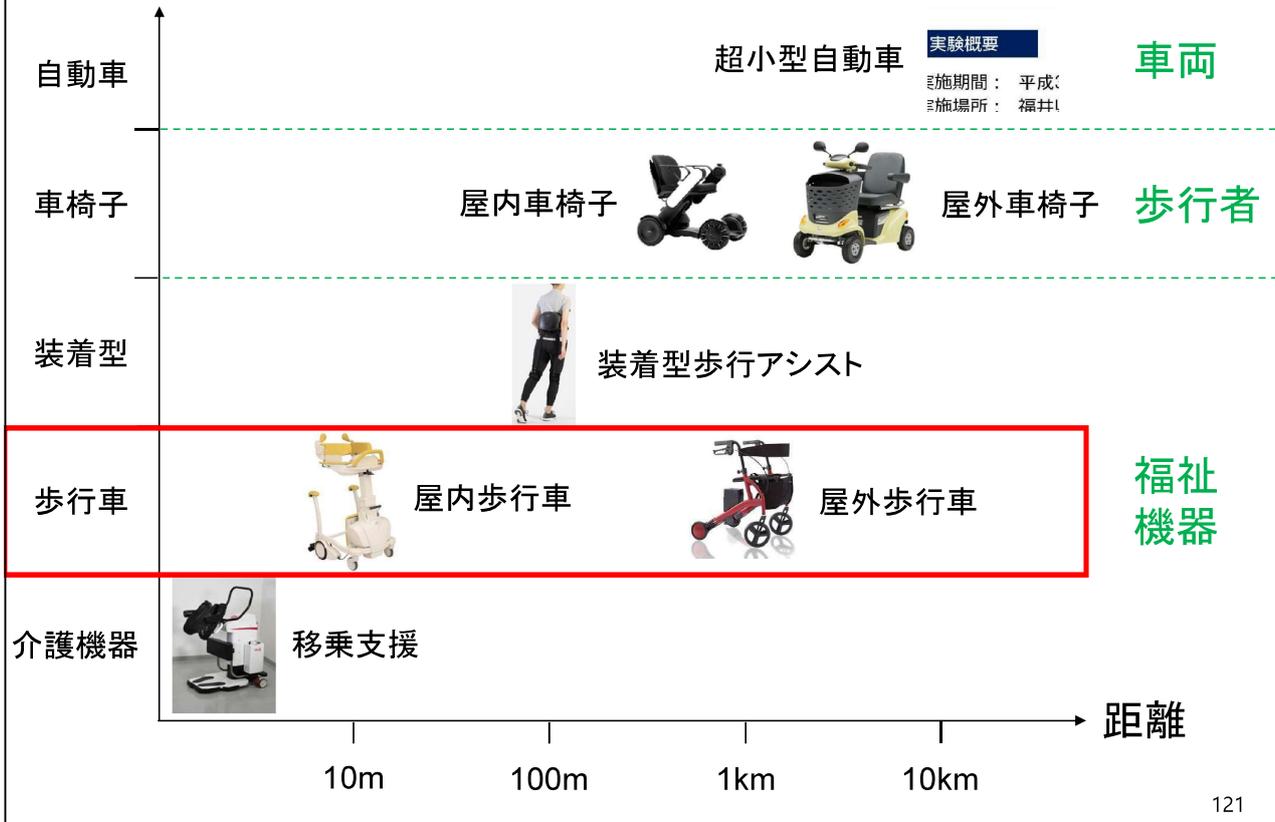
作業支援用HAL (サイバーダイナ、2014/9/30)



SASUKE (マッスル、2016//12/14)

これまで**7機種**が**安全認証**を取得

高齢者のモビリティアシスト



屋内用歩行車

多くの介護施設
では、転倒予防
のために歩行能
力があっても車
椅子で移動させ
る



転倒しない歩行器
があれば、作られた
寝たきりを防止可能

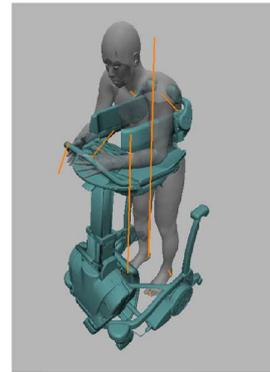
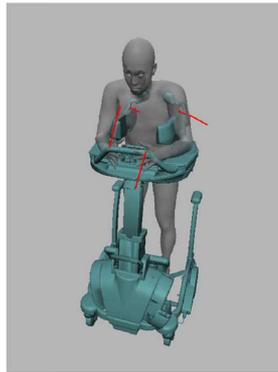


転倒防止機能を備えた歩行器
を幸和製作所と産総研で開発
[サポイン事業, 2018-2019FY]

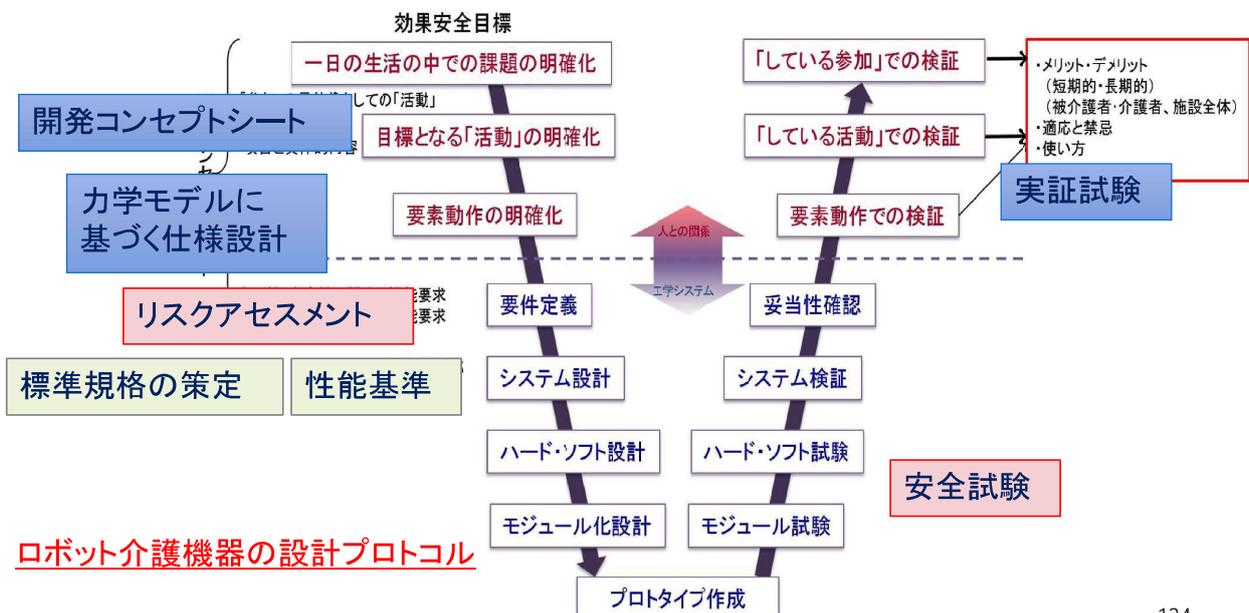
《設計データを用いた検証シミュレーション》



- ・ 歩行車のデジタルモデル作成
- ・ 歩行車との干渉点、使用者の重心位置を元に姿勢生成
- ・ 使用者の関節トルクを考慮した歩行車との接触力解析
- ・ Contact Wrenchにより安定性評価



ロボット技術の適用対象業務の分析・投資効率の算定、ロボットの仕様設計を支援するための効果・安全評価プロトコル、運用効果を評価するための**ログデータの取得・解析技術**を確立し、ロボットによるイノベーションを実現すること。このため、新しいロボットを10種類以上実用化すること。

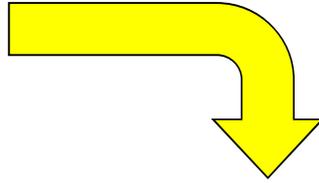


生活センシングを行うための介護ロボットのIoT化

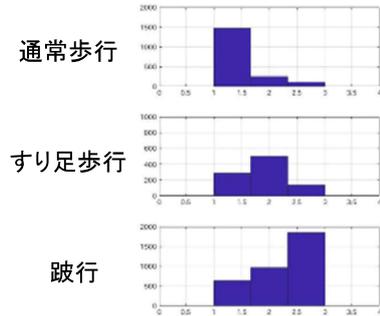
歩行アシスト



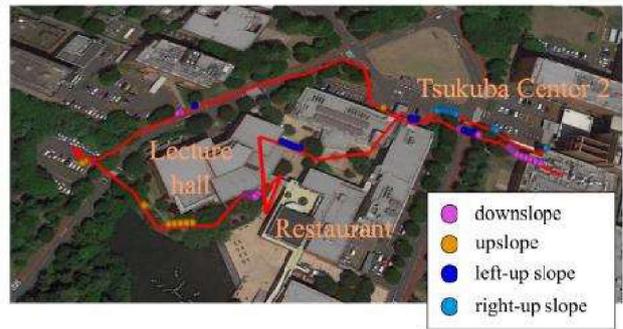
歩行活動の記録



②歩行パターンの推定



①歩行環境の推定

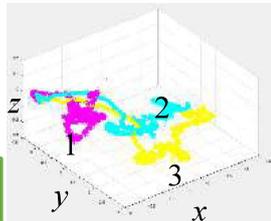


加速度センサ搭載

積分

3次元の速度データ

多クラス線形判別分析



高齢者のモビリティアシスト

アシスト

自動車

超小型自動車

実験概要

実施期間：平成28年
実施場所：福井県

車両

車椅子

屋内車椅子



屋外車椅子

歩行者

装着型



装着型歩行アシスト

歩行車



屋内歩行車



屋外歩行車

福祉
機器

介護機器



移乗支援

距離

10m

100m

1km

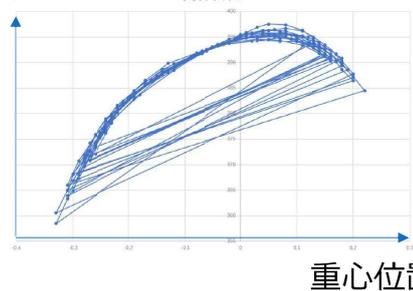
10km

装着型歩行支援



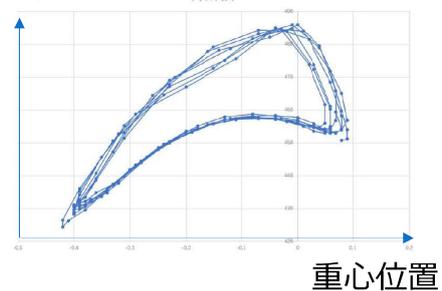
- 慣性センサにより関節角度を計測、歩行周期を推定
- 股関節の屈曲／伸展をアシスト
- 歩行の代謝量が減少する
- AMEDロボット介護機器開発標準化事業[2018-2020FY]で、株式会社ATOUNと産総研で開発中

エネルギー



アシストなし

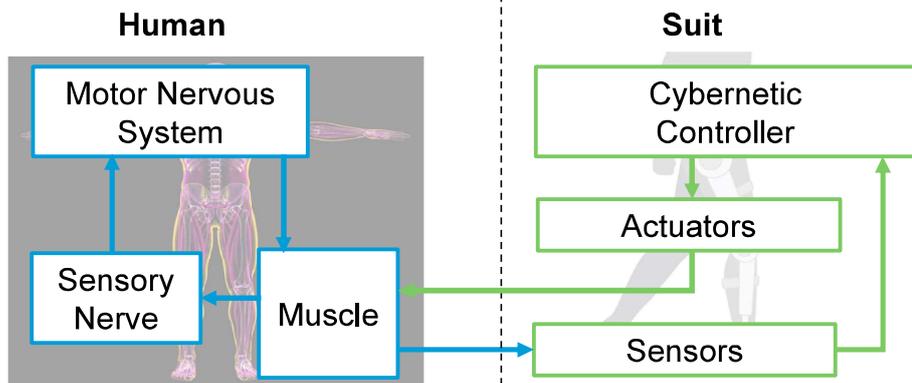
エネルギー



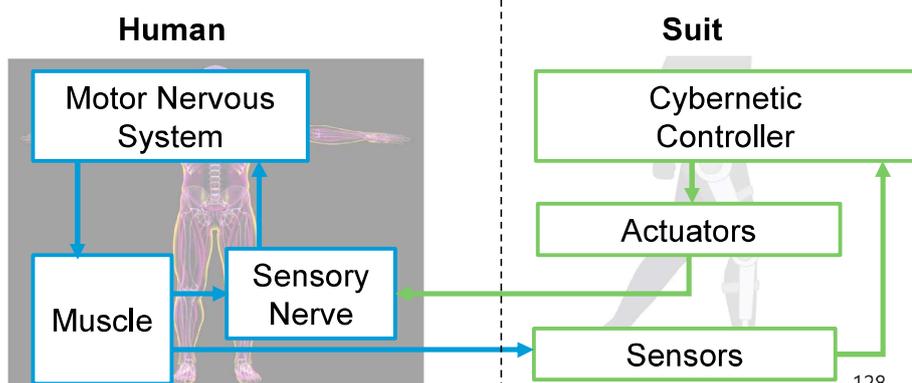
アシストあり

運動制御アシストウェア

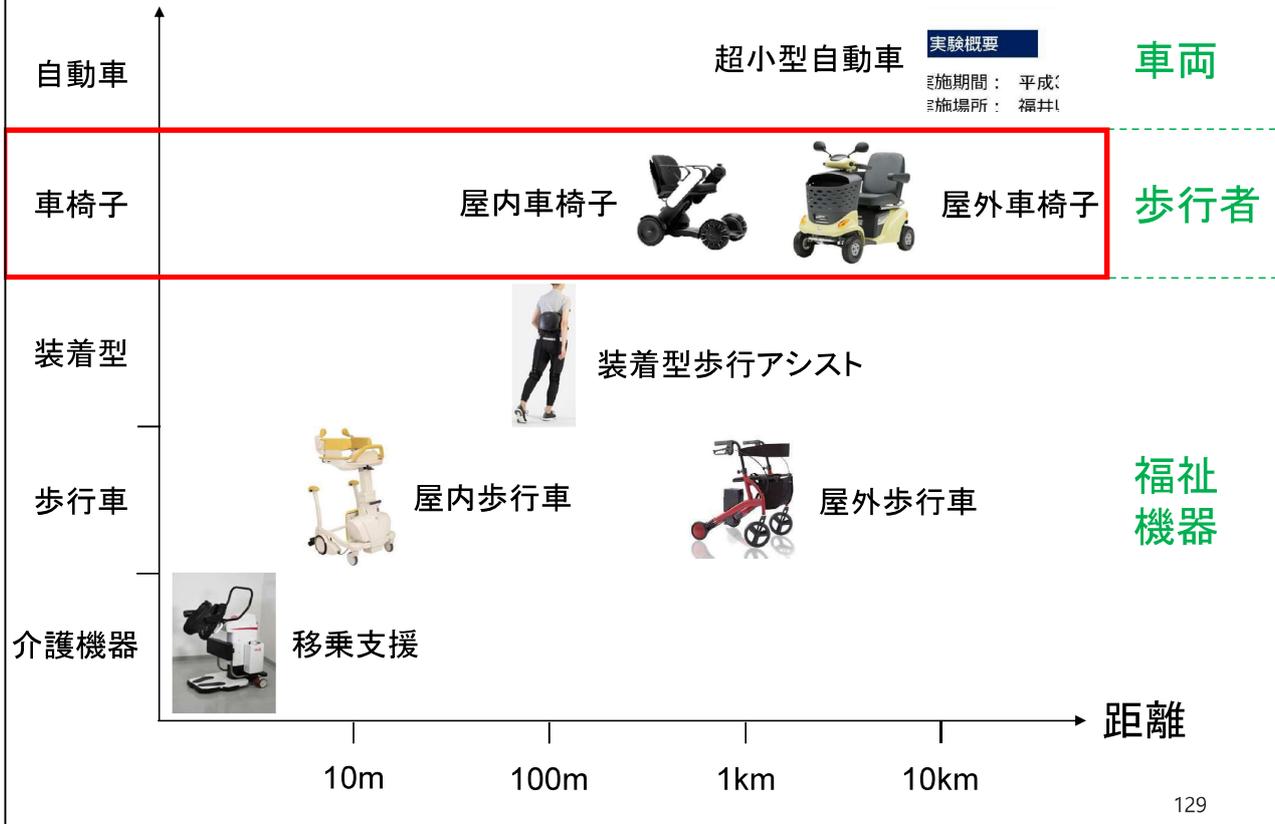
パワーアシスト



制御アシスト



高齢者のモビリティアシスト



屋内外を移動する自動運転車椅子

【第2期 SIP】(H30~)

移動空間デジタルデータのエッジ処理とクラウド連携による安心・安全・安価な複数台自動走行パーソナルモビリティの社会実装

(パナソニック、スズキ、産総研、東大)

【目標】

道の駅等から自宅までの屋外移動や大型商業施設(空港等)での屋内移動を支援する低速(6km/h)・近距離(1km)・低コスト(100万円/台)での安全な自動運転車椅子の開発

■ 移動に不自由のある高齢者：約1000万人^{※1}



※1：平成17年全国都市交通特性調査より歩行可能距離500m以下を算出

■ 2km未満を自動運転で移動する試みはなく真のラストマイルの移動サービスが必要



屋内



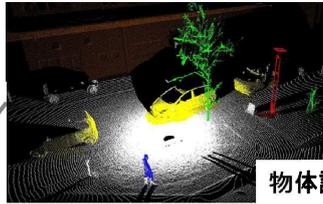
屋外





自己位置推定

LiDARによる30万点/秒の点群情報のリアルタイム処理による5 cm以内の点群位置推定



環境変化の激しい屋外を安定して自律移動する基盤技術

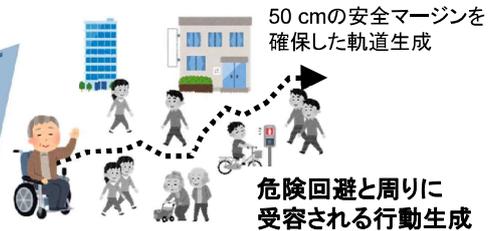
点群データにおいて識別率85%以上のオンライン認識誤差1 m以内の位置推定

物体認識・位置姿勢推定



周辺人物の1 m以内、20°以内の位置姿勢推定

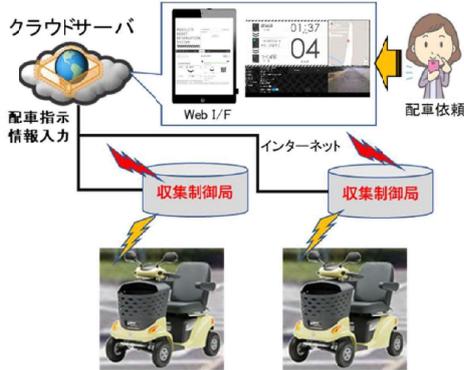
人の動きや姿勢, 相互関係に基づく移動経路予測



50 cmの安全マージンを確保した軌道生成

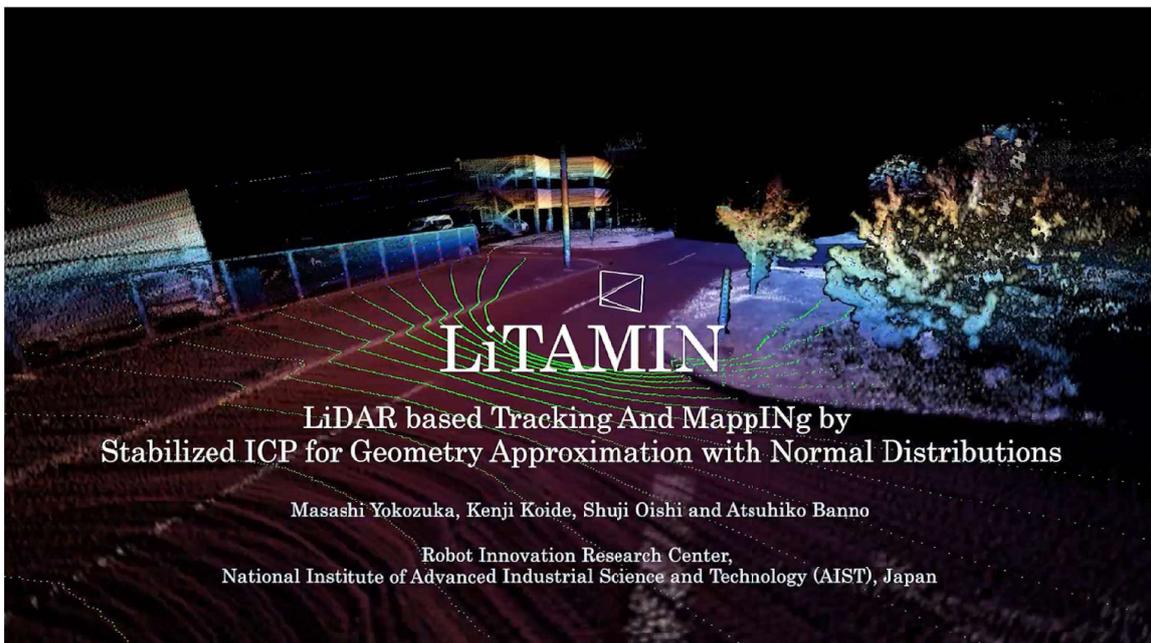
危険回避と周りに受容される行動生成

全体最適化・通信・ユーザI/F



交通ルールを遵守しつつ, 周囲の人に配慮した自律移動が可能な共生型モビリティの社会実装

環境マップ作成と自己位置推定



まとめ

- ロボットの設計を支援するための効果・安全評価プロトコル、運用効果を評価するためのログデータの取得・解析技術を、ロボット介護機器を対象として開発した
- 開発を支援したロボット介護機器が20機種製品化された
- 転倒防止歩行車は早期の実用化を目指す
- 装着型歩行支援、屋外自動運転車椅子は開発を継続
- 高齢者のモビリティアシストに貢献 (Mobility for Senior)

主な指標の情報

	平成 27年度 実績	平成 28年度 実績	平成 29年度 実績	平成 30年度 実績	令和元 年度 12月末 実績	令和元年度	
						3月末見 込	目標値
民間資金獲得額（億円）	5.7	13.4	16.6	16.9	18.7	21	16.8
論文の合計被引用数（回）	728	1675	2224	2163	2635	2650	2000
論文発表数（報）	101	152	160	165	103	150	150
リサーチアシスタント採用数（名）	32	46	79	130	153	160	140
イノベーションスクール採用数（名）	0	0	3	1	2	2	
知的財産の実施契約等件数（件）	187	197	231	254	289	295	240

評価委員コメント及び評点

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

【第4期全体に対して：期間実績評価】

(評価できる点)

- ・組織を柔軟にリフォームし、AI 戦略部、人間拡張研究センター、サイバーフィジカルセキュリティなどを新設したことは高く評価できる。
- ・民間資金獲得額、論文被引用数は顕著に増加していることも評価できる。
- ・デザインスクールは素晴らしい試みなので、ぜひ発展させて欲しい。
- ・設定された KPI に対して、期待される以上の成果をあげている。さらに、それにとどまらず、計画以外にも必要ならば、積極的に施策を実施している。それが成果に結びついている。
- ・民間資金を取得し産業界によりそう姿勢
- ・人材育成に大きな成果を出していること
- ・重点4課題の設定が適切であった。
- ・民間資金獲得が目標を大きく上回った。

(改善すべき点及び助言)

- ・心理学、教育学、社会学、経営学などの社会科学の人材を積極的に採用すべきである。
- ・人材を終身雇用的に囲い込むのではなく（とくに AI 領域では）産総研をステップにして民間企業に転出したり、起業したりする流れができれば、安い給与でよい人材がとれるのではないか。
- ・設定された KPI に加えて、インパクト評価も取り入れられないか。研究者の数は限られており、この中でより大きな成果を出し、スケールアップするために、評価システムのイノベーションも必要ではないか。
- ・基礎研究は、すぐには成果が出ないことから成果の評価方法に検討が必要と考えます。
- ・産業界との連携では、試作だけでなく製品化までのフォローが必要と考えます。
- ・産総研の発信量を多くすることで、そのブランド力をさらに上げてほしい。

【とくに令和元年度に対して：令和元年度評価】

(評価できる点)

- ・さまざまな指標で過去4年にさらに上積みした成果が得られている。
- ・論文は季節性があるため、年度末に向けて論文採択数が向上することを考えると、本年度も十分に成果をあげている。
- ・ほとんどの指標に対して目標をクリアしている点
- ・人工知能の領域で更なる拡充があった。

(改善すべき点及び助言)

- ・技術の進歩・社会の変化は加速しているので、「期」が長すぎるのではないか。計画を立ててから研究が終わるまで5年も経ってしまう。次期は3年計画にするか、途中で計画変更を柔軟に行うようにすべきである。
- ・「橋渡し前期」「橋渡し後期」という区分は意味がない。産総研の役割はそもそも「橋渡し」にあるのであって、一つの研究テーマが基礎から始まり、前期、後期と展開して行くべきものである。それを全体として評価しなければならない。
- ・広報戦略をよりデジタルに実施してはいかがでしょうか。紙媒体や報道媒体だけでなく媒体を検討していくと、さらに内容の周知が可能となると考えます。
- ・産総研の発信量を多くすることで、そのブランド力をさらに上げてほしい。

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

【第4期全体に対して：期間実績評価】

(評価できる点)

- ・ニューロリハビリ技術の開発等、先端的科学研究に基礎をおく応用可能性の高い研究プロジェクトが成果をあげていることは高く評価できる。
- ・茨城県立医療大学と連携協定を締結して、臨床応用に向けた協力体制を確立したことも評価できる。
- ・論文数・特許数共に限られた研究者で出している。
- ・基礎研究であっても、現実の課題を解決していく観点から積極的に他組織などと連携し、研究を推進しているところ

(改善すべき点及び助言)

- ・他の産総研の研究グループとの連携や、海外との共同研究によって、より一層の加速化を期待する。
- ・最後の実用化までのプロセスを想定するとさらに効果的と考える。
- ・基礎研究とはいえ、社会課題が時間的にも切迫してきているので、研究のスピードを妨げるハードルがあれば、どんどん声を出して助けを求めてほしい。

【とくに令和元年度に対して：令和元年度評価】

(評価できる点)

- ・上記1のプロジェクトで、脳損傷後に形成される神経路を発見したこと、運動機能回復に関わる投射線維変化を検証したこと、fNIRS装置を開発して外国出願したこと、など優れた研究成果を上げたことを評価したい。
- ・5月にOpenVSLAMを公開し、10月にオープンソースコンペで世界1位を獲得したことは高く評価される。
- ・病院等の関係者との連携を含め進めている。
- ・基礎研究であっても、現実の課題を解決していく観点から積極的に他組織などと連携し、研究を推進しているところ
- ・世界的にも先進的な取り組みである。

(改善すべき点及び助言)

- ・最後の実用化までのプロセスを想定するとさらに効果的と考える。

(2)「橋渡し」研究前期における研究開発

【第4期全体に対して：期間実績評価】

(評価できる点)

- ・次世代人工知能開発について、オープンなエコシステムという考えで作られた計算インフラを構築し、それを利用したさまざまな研究が成果を上げていることは評価できる。
- ・自動車の自動走行に関連する技術開発に優れた成果をあげたことも評価できる。
- ・着実に人工知能の基盤提供を進めている。
- ・社会の変革に資する研究を世界的に高いレベルで進めている。
- ・このための人材獲得や育成を積極的に実施していることは間接的に産業界に役立つ。
- ・人工知能の分野での進展はめざましい。

(改善すべき点及び助言)

- ・今後の取り組みとして、基盤構築と同時にメッセージ性のある big bets, moon shot 的なプロジェクトもトライするとより成果が注目されるのではないか。
- ・技術(研究)の将来を推定しつつ研究してください。AIは常に全体として広い視野の目標を想定しつつ、研究を進めるべきと考える。ひとつひとつが小さな目標になっているように見えます。
- ・日本全体の人工知能活用レベルがまだ低い。民間企業での理解度がまだまだ低いので、教育・研修にも力を注いでほしい。

【とくに令和元年度に対して：令和元年度評価】

(評価できる点)

- ・上記1に関連する三重県の児童相談所で実証実験中の児童虐待対応支援システムの開発は、社会課題を解決することを目指したよい試みだ。

- ・ラストマイル自動走行も社会的に重要な研究課題であり、日本各地の公道で実証実験を行ったことは高く評価できる。
- ・社会の変革に資する研究を世界的に高いレベルで進めている。
- ・このための人材獲得や育成を積極的に実施していることは間接的に産業界に役立つ。
- ・多くのモジュールの開発が進み、これからの活用が楽しみ。

(改善すべき点及び助言)

- ・早稲田大学のスマートエスイーの取り組みと組んで AI 教育も実施したらどうか。このプログラムではオンラインで IoT+Data の教育を実施している。<https://smartse.jp/curriculum/>
- ・産総研だけで実現できない制度や実装、標準化は、産業界だけでなく他の組織などとの連携で実現していく強いリーダーシップがあるとさらによいと思います。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

【第4期全体に対して：期間実績評価】

(評価できる点)

- ・大規模 AI クラウド計算システム ABCI の構築と運用は優れた成果として評価できる。
- ・実装に関する多様な問題に積極的に取り組んでいる点が素晴らしい。
- ・産業界との連携を深め、その課題解決のための研究を進めているところ
- ・民間企業と共同でのプロジェクトが目標を超えている。

(改善すべき点及び助言)

- ・仮説検証的に実施して、進捗度を評価し、変更・停止・受け渡し等のステップが確立できると良いと思う。
- ・実用化もしくは一歩手前の研究であるが、最終的な実用化に何が必要なかを明示することが必要と思います。
- ・課題の設定が難しい。研究者の目線というより、エンドユーザー目線での課題を設定することで、より効果的な研究につながると思います。

【とくに令和元年度に対して：令和元年度評価】

(評価できる点)

- ・説明していただいた例では、複雑な生産管理を高度な技術を持たない現場がうまく活用できるとよいと思います。

(改善すべき点及び助言)

- ・生産プロセスの設計に AI を使った研究は興味深いですが、工程処理速度のバラツキのマイナス面だけを捉えるのではなく、人間の作業によるレジリエントな調整が、場合によっては、品質不良や労働災害のリスクを防ぐのに有用だった可能性もあることを考慮に入れるべきではないか。そのようなレジリエンスを AI によって実現、あるいは助言できるよう研究を進めて欲しい。
- ・実用化もしくは一歩手前の研究であるが、最終的な実用化に何が必要なかを明示することが必要と思います。

3. 領域全体の総合評価

【第4期全体に対して：期間実績評価】

(評価できる点)

- ・情報分野では ABCI の開発、運用、それを使った応用において顕著な成果をあげていると評価できる。
- ・研究フェーズを通して、問題設定と研究アプローチを明確にして、仮説検証的に研究を進めていくと良いのではないかと。仮説を設定して、検証結果によって、ピボットして、よりインパクトの出る研究にしていくと良い。また、問題解決にとどまらず、外部のデザイン創造型企業等と組んで未来創造的なビジョン設定、問題設定から入るプロジェクトがあってもいいのではないかと。
- ・Society5.0 と親和性が良いと思う。産業界のスキルの底上げのために、外部の取り組み、オンライン教

育を活用して行くといいのではないか。

- ・目標指標をクリアしていること。やや問題を包含する組織の目標であるが、これを十分クリアできる実力がある。
- ・新たな環境に対応し柔軟に組織を改革し、目標達成していること
- ・民間での投資が慎重になっている中、民間資金の獲得が大きく目標を上回ったのは素晴らしい。関係者のご努力に敬意を表したい。

(改善すべき点及び助言)

- ・今後、気候変動や大規模災害に情報科学や人間工学（+心理学）のシーズを活用する研究プロジェクトを立ち上げることを検討して欲しい。
- ・研究においても多様性が重要であり、研究管理者レベルの多様性を強化することを戦略的に実施してはどうか。
- ・研究と実用化について、従来のウォーターフォール的なプロセスによる目標設定をしていた。実用化からの研究へのフィードバックを柔軟にできるプロセスを考慮した評価システムが望ましい。
- ・民間企業も同じ問題を持っているが、「課題」の設定の仕方に変革が必要だと思う。エンドユーザー目線での課題を設定するための考え方の変革が必要な時期が来ていると思う。それは、研究者だけでは難しく、デザイン思考の手法を取り入れること、社会学者や心理学者の参加を得たチームで検討する方法、など次期以降、模索していただきたい。

【とくに令和元年度に対して：令和元年度評価】

(評価できる点)

- ・それぞれの研究が世界レベルを探求し努力されていることがよくわかりました。

(改善すべき点及び助言)

- ・情報社会が物を売る時代ではなくなっていることを想定した研究課題設定を検討できるとさらによいかと思います。
- ・実用化までのあと一步の研究が多いように思います。最後の1歩が何なのかを研究のなかで考慮していくとよいかと思います。

4. 評点一覧

【第4期全体に対して：期間実績評価】

評価委員 (P, R, S, T) による評価

評価項目	P	R	S	T
領域の概要と研究開発マネジメント	A	A	S/A	S/A
「橋渡し」のための研究開発				
「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）	S	S/A	A	A
「橋渡し」研究前期における研究開発	A	A	S/A	A
「橋渡し」研究後期における研究開発	A/B	A	A	A
領域全体の総合評価	S/A	A	A	S/A

【とくに令和元年度に対して：令和元年度評価】

評価委員 (P, R, S, T) による評価

評価項目	P	R	S	T
領域の概要と研究開発マネジメント	A	A	A	S/A
「橋渡し」のための研究開発				
「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）	S	S/A	A	A
「橋渡し」研究前期における研究開発	S	A	S	A
「橋渡し」研究後期における研究開発	B	A	A	A
領域全体の総合評価	A	A	S/A	S/A

令和元年度 研究評価委員会（情報・人間工学領域） 評価報告書

令和2年6月26日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 評価部

〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1 中央第1

つくば中央1-2棟

電話 029-862-6096

<https://unit.aist.go.jp/eval/ci/>

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

