



平成30年度
研究評価委員会
(情報・人間工学領域)
評価報告書

令和元年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 ）	51
5. 評価資料（年度末確定値）	103
6. 評価委員コメント及び評点	105

¹ 平成31年3月15日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成 30 年度 研究評価委員会（情報・人間工学領域）
議事次第

日 時：平成 31 年 3 月 15 日（金）10:00-16:55

場 所：柏の葉カンファレンスセンター

現場見学会（90 分） 国立研究開発法人産業技術総合研究所柏センター 10:00-11:30

- 見学 1) 柏センター、人間拡張研究センター概要説明（12 分）
人間拡張研究センター長 持丸 正明
- 見学 2) 介護ロボット導入による生活機能拡張（15 分）
人間拡張研究センター 生活機能ロボティクス研究チーム長 松本 吉央
- 見学 3) 超人スポーツ「超人ペナルティキック」（12 分）
人間拡張研究センター 共創場デザイン研究チーム 主任研究員 村井 昭彦
- 見学 4) ABCI（15 分）

情報・人間工学領域長 関口 智嗣

昼食・休憩（45 分） 11:30-12:15

開会挨拶	理事／評価部長	加藤 一実	12:15-12:20
委員等紹介・資料確認	評価部研究評価室	高橋 直人	12:20-12:25

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 12:25-13:25
（説明 30 分、質疑・評価記入 30 分） 理事／情報・人間工学領域長 関口 智嗣

- ・第 4 期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果
- ・平成 30 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） 13:25-14:05
（説明 20 分、質疑・評価記入 20 分）

歩行・走行の計測評価技術とランニング義足開発（10 分）
人間拡張研究センター長 持丸 正明

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（10 分）
知能システム研究部門長 河井 良浩

- ・第 4 期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果
- ・平成 30 年度の実績・成果

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発 14:05-14:45
（説明 20 分、質疑・評価記 20 分）

人工知能の品質保証に関する研究開発（10 分）
サイバーフィジカルセキュリティ研究センター長 松本 勉

大規模 AI クラウド計算システム「ABCI」の構築と運用（10 分）
人工知能研究センター 産総研・東工大 RWBC-OIL 副ラボ長 小川 宏高

- ・第 4 期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果
- ・平成 30 年度の実績・成果

休憩（15 分） 14:45-15:00

(3)「橋渡し」研究後期における研究開発 (説明 20 分、質疑・評価記入 20 分)		15:00-15:40
人工知能とシミュレーションの融合 (10 分)		
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	
深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知 (10 分)		
人工知能研究センター パナソニック - 産総研先端型 AI 連携研究ラボ長	小澤 順	
・第 4 期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果		
・平成 30 年度の実績・成果		
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)	
総合討論 (領域等への質疑を含む) (25 分)		15:40-16:05
評価委員討議 (領域等役職員 退席) (20 分)		16:05-16:25
評価記入 (領域等役職員 退席) (20 分)		16:25-16:45
・第 4 期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果		
・平成 30 年度の実績・成果		
委員長講評 (領域等役職員 着席) (5 分)		16:45-16:50
閉会挨拶	理事/評価部長 加藤 一実	16:50-16:55

評価委員

情報・人間工学領域

	氏名	所属	役職名
委員長	横塚 裕志	一般社団法人 情報サービス産業協会	会長
	稲垣 敏之 (欠席)	筑波大学	副学長・理事
	小松 文子 (欠席)	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	株式会社 日経BP社	日経Robotics編集長

所属・役職名は委員会開催時

研究評価委員会 評価資料

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

平成 30 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を提供することを目指して人間に配慮した情報技術の研究開発を実施する。

<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）ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発（人工知能技術）

（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（サイバーフィジカルシステム技術）

（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（人間計測評価技術）

（重点課題 4）産業と生活に革命的变化を実現するロボット技術の開発（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」研究後期を実施している。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。（平成 30 年 11

月新設)

人間拡張研究センターは、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およ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。(平成30年11月新設)

<領域のロードマップ、ポートフォリオ>

平成31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(AI)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。

<領域全体として特筆すべき取り組み、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り組みの概要を、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 Proceedings 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 サブカテゴリ Top 20 に含まれる Top Proceedings 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： 94報(12月末時点)。(140報)
平成31年度： 150報(見込)

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： 1,912回(12月末時点)。(1,500回)
平成31年度： 2,000回(見込)

Top Proceedings 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： 106 報 (12 月末時点)。(110 報)
平成 31 年度： 110 報 (見込)

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。平成 30 年 12 月末時点の論文発表数が平成 30 年度目標値にまだ届いていないものの、平成 30 年 12 月末時点の論文の被引用数は平成 30 年度目標値を上回っており、質の高い論文を発表してきたことが示されている。また Top Proceedings 発表数についても、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。平成 30 年 12 月末時点での発表件数 106 報で、目標値には達していないが第 4 四半期に開催される国際会議に期待している。平成 31 年度に関しても 110 報の発表を見込んでいる。

「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）を設定している。

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： 243 件 (12 月末時点)。(200 件)
平成 31 年度： 240 件 (見込)

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。平成 30 年度は目標値を 200 件に上げたが、12 月末時点で目標値を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。平成 31 年度は 240 件の実施契約を見込んでいる。

「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）を設定した。

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： 15.6 億円 (12 月末時点)。(14.5 億円)
平成 31 年度： 16.8 億円 (見込)

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アドボカシー・マーケティングにより、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・プランおよ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た。平成 30 年度も 12 月末時点で目標を達成している。平成 31 年度は、連携研究室・ラボの契約を更新し 16.8 億円の獲得を見込んでいる。

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さら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、大企業と中堅・中小企業との研究契約件数の比率（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： 132 件（12 月末時点）
平成 31 年度： 140 件（見込）

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： 38 件（12 月末時点）
平成 31 年度： 40 件（見込）

従って、大企業と中堅・中小企業の研究契約件数の比率は以下の通り。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： 22.4 %（12 月末時点）
平成 31 年度： 22.2 %（見込）

大企業と中堅・中小企業の研究契約件数の比率については、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、研究戦略部に所属するイノベーションコーディネータ (IC) 3 名（内 1 名は民間企業経験者）、連携主幹 8 名（内 1 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。（人数は平成 31 年 1 月 1 日時点）

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 38 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： 9,300 万円（12 月末時点）
平成 31 年度： 1 億円（見込）

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、その成果として産総研 AI クラウド (AIST Artificial Intelligence Cloud(AAIC)) が、平成 29 年 6 月に省エネ性能スパコンランキングで世界 3 位を、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。海外についても、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 年度にはインドインド工科大学ハイデラバード校等との連携協定、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) を設定した。

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： 128 名 (12 月末時点)。(70 名)
平成 31 年度： 140 名 (見込)

様々な大学との連携をさらに進めることで、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、平成 30 年度の受け入れ人数は平成 27 年度の約 4 倍に増加している。

<平成 29 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、民間資金獲得額は平成 30 年 12 月末時点で平成 30 年度の目標を達成している。

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、平成 30 年度の受け入れ人数は平成 27 年度の 4 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。平成 31 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・経験を活用する。

<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平

成 30 年度までに 68 件（うち平成 30 年度実施の件数：19 件）であり、平成 31 年度は 25 件の見込である。また、これらの事業化の実績として、知的財産の譲渡契約および実施契約は平成 30 年度までに 20 件（うち平成 30 年度契約の件数：9 件）で平成 31 年度の見込は 8 件、製品化は平成 30 年度までに 6 件（うち平成 30 年度製品化の件数：4 件）で平成 31 年度の見込は 2 件である。

【成果の意義・アウトカム】

平成 30 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、平成 30 年 12 月末時点で 15.6 億円と、平成 30 年度目標（14.5 億円）を達成したのみならず、平成 23 年度から平成 25 年度の実績値の平均 4.8 億円の 3 倍（14.4 億円）を既に超えており、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り組み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およ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元、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、そのため、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、産業界へのインパクトは大きい。橋渡し研究の契約規模も増加しており、産総研の役割はより重要なものとなっている。

平成 30 年度の、論文の被引用数（1,912 回、目標値 1,500 回の約 1.3 倍）が目標を大きく上回っていること、また、論文発表数および Google Scholar のサブカテゴリ上位 20 位内のプロシーディングスの採択件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（平成 30 年度 243 件、目標値 200 件）に関しては、平成 30 年度を含む第 4 期中長期の過去全年度に渡り、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、仏モンペリエ大学、タイタマサート大学等）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。

平成 30 年度には、目標の 1.8 倍強、第 4 期中長期開始当初の 4 倍強を達成している 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、業務横断的な取り組み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研究の推進、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 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、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、研究業務と連携業務を半々で行う研究者の連携主幹兼務の適用等、人材確保に向けた多様な取り組みも進めている。今後も企業連携を推進するためのリソースの最適配分や工夫を進めていく。

〔2〕技術的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ている。

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：	9,300 万円（12 月末時点）
平成 31 年度：	1 億円（見込）

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。平成 30 年度は 12 月末までで、技術相談 240 件と技術コンサルティングを 38 件実施した。

。

【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】

(1) 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・プランおよびその導入支援サービスを提供している。

(2) 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、研究戦略部に所属するイノベーションコーディネータ(IC)3名(内1名は民間企業経験者)、連携主幹8名(内1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ている。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、平成30年度は12月末までに企業共同研究158件を成立させた。

(3) 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。展示会としては、産総研主催のテクノブリッジ in つくばや地域でのテクノブリッジの他、CEATEC JAPAN(千葉、平成30年10月16日~19日)、World Robot Summit(東京、平成30年10月17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、「人間情報研究部門シンポジウム(主催:情報・人間工学領域 人間情報研究部門、場所:千葉県柏市、平成30年10月1日)」、「ニューロリハビリテーション・シンポジウム2018」(主催:情報・人間工学領域、場所:東京都港区、平成30年11月17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。いずれも多く企業の関係者、学術関係者に対して、最先端の研究成果の発信と産総研のプレゼンスを強化した。

【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)および1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取っており、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1つであった。このため、イノベーション推進本部と連携し、平成30年11月に実施した第2回拡大技術マーケティング会議にて産総研内に当領域の活動を周知した。

(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ポイントメント制度を積極的に活用し、平成30年度は大学より特定フェロー9名(平成29年度から3名増)、企業から特定集中研究専門員46名(平成29年度から14名増)、招聘研究員29名(平成29年度から8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)として上述の通り受け入れ、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。

(1) 大学等との連携の実績

東京工業大学（東工大）と連携・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ー（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、人工知能研究および実応用に活用するための取り組みを平成 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。

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。

(2) 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（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。平成 30 年 5 月には英国リーズ大学と、同 6 月には仏モンペリエ大学と、10 月にはインド工科大学ハイデラバード校（IITH）と MOU を、同 11 月にはタイのタンマサート大学と LOI を、同 12 月にはイスラエル工科大学と LOI 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。

(3) 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、さらに展開することで、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、特に知財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さらに推進していく。

(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（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：	128 名（12 月末時点）。（70 名）
平成 31 年度：	140 名（見込）

と、平成 30 年度の受け入れ人数は平成 27 年度の約 4 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毎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、参加者は 46 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 29 年度までは平均 2.5 名の採用に留まっていた女性研究職員の採用数を平成 30 年度は 6 名に増加させることができた。

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り組みは、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り組みは、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、入所後の業務手続き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およ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）

【背景・実績・成果】

第4期におけ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ている。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ー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・機能支援技術を実現した。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、タンパク質の性質を従来より20倍以上高い効率で改変する方法を予測する成果を得た。平成31年度は、これまでに構築したモデルをより大規模な実データで評価し、公開をより一層進める。「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。平成31年度は、企業との連携を通じて秘匿計算の実装技術者の育成に貢献する。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。平成31年度はこの計測評価技術を適用して2020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する。「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年度に世界で初めて機能回復に向けて目指す脳の変化を実現する測定技術を開発し、平成31年度にはリハビリ中の脳卒中患者に対してfNIRSによる脳活動計測を試行する。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年度には動画像処理による車載画像からのニアミス検出を行う新手法を開発した。平成31年度は、これらの技術の橋渡し研究前期への移行を目指す。「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11kg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、平成31年度には、環境との接触状態の推定に基づくロバストな移動・作業を実現する。

・人工知能技術の化学・生物学分野への適用

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、科学者の豊富な経験に頼る部分が大きかったが、近年、人工知能技術を応用すること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、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、タンパク質の配列の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。これにより、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も学習データにすることができると、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、平成31年度には、薬学部や製薬会社などと共同研究を実施し、現場の実データへ適用する見込みである。

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、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）、PRISM（内閣府官民研究開発投資拡大プログラム）、SIP（内閣府戦略的イノベーション創造プログラム）の大型プロジェクトに繋がった。平成31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する見込みである。

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。

・汎用的なデータ処理秘匿化技術に関する研究

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、実社会で活用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ており、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り組みとその理論的根拠付けに関する研究を通して、すでに核となる要素技術の開発に成功している。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31年度開始の科学技術振興機構-戦略的研究推進事業(JST-CREST、加速フェーズ、3億円/3年)に採択されている。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、生体情報を用いた電子署名方式の安全性を証明に関する共同研究を平成29~30年度に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受賞を受賞している。

本研究は、平成28年度において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)に採択され、平成30年度まで推進さ

れた。現時点までに、すで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、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ミリ秒以下での実行を可能とした。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、Google サブカテゴリ Top20 の国際会議論文集、査読付論文誌に多数採録されており、平成 30 年度においては、暗号理論分野のトップレベル国際会議 Eurocrypt 2018 や情報セキュリティ分野のトップレベル国際会議 AsiaCCS 2018 を含め、Google Scholar サブカテゴリ Top 20 国際会議において 10 件、IF 付論文誌に 4 件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、CSS 2018 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、平成 31 年度以降はより大規模に社会展開を推進することが決まっている。

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。最近、NTT および NEC により、それぞれ秘匿計算技術の実用化が進められているが、これらの技術は、いずれも、単一のサーバを複数に分散することによる情報の漏えいリスクの低減のみを主眼においており、本研究で想定されているような、一般的な利用者-サービス提供者間における秘匿計算を捉えていない。そのため、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)、Google Scholar サブカテゴリ Top20 国際会議論文採録 16 件 (下記の平成 30 年度分も含む)、IF 付論文誌採録 6 件 (下記の平成 30 年度分も含む) となっている。また、平成 30 年度の主な業績としては、JST-CREST 加速フェーズ採択 (平成 31~33 年度・3 億円/3 年・研究代表者：花岡)、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 (花岡、清水、縫田)、CSS 2018 最優秀デモンストレーション賞 (照屋、浅井、花岡他)、Google Scholar サブカテゴリ Top20 国際会議論文採録 10 件 (暗号理論分野トップ会議 EUROCRYPT 2018, PKC 2018、情報セキュリティ分野トップレベル会議 AsiaCCS 2018 等)、IF 付論文誌採録 4 件 (IET Information Security 等) などが挙げられる。

・歩行・走行の計測評価技術とランニング義足開発

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り組みが必要である。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 10 年間ほとんど増えていない (3 割程度)。本研究開発では、誰もが抵抗なく始められる歩行や、走

行に焦点を絞り、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転倒予防や傷害予防、美容などの効果を評価できる技術を開発し、そ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、平成 32 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ついて、実験室で計測した高齢者データを 50 例及び現場で計測した高齢者データを 50 例拡充した。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：五城目町、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、人の運動を変容させるメカニズムを明らかにし、運動変容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デザインを行った。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た。

本研究では、世界トップクラスのデータ数である（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米軍研究所に次ぐ規模）健常歩行、義足歩行のデータベースを構築した。健常歩行データベースの利用は年間 300 件以上であった。ランニング義足の設計において、義足単体だけでなく、身体側まで含めた系でのシミュレーション最適化をしている事例は、国内外でも他に例がない。

以上の研究成果に対して、IF 付き英語論文 33 本（平成 30 年度 8 本、平成 31 年度見込み 7 本）に採録され、海外 2 件を含む 7 つの賞を受賞した（バイオメカニズム学会論文賞、転倒予防学会誌論文賞など平成 30 年度 3 件）。招待講演・基調講演として 35 件（うち、国際会議 10 件以上。平成 30 年度国内 3 件、海外 4 件）発表し、新聞報道・TV 報道は 100 件以上（うち、海外 30 件。平成 30 年度国内 4 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（マイクロストーン、花王）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、平成 31 年度に発売される見込みである。

・ニューロリハビリテーション技術の開発

脳卒中は現在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。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を目指した。これらの研究開発を緊密な連携の元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、脳卒中患者の生活の質（Quality of Life: QOL）に深くかかわる一方で、回復が難しい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。これまでは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、平成 30 年度にはリハビリ中の脳活動変化を計測できる近赤外脳機能計測法（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。平成 31 年度にはリハビリ中の脳卒中患者に対して fNIRS による脳活動計測を試行する予定である。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 edonergic 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。

・コンピュータビジョン技術に関する目的基礎研究

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。コンピュータビジョン技術は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。様々な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に研究を進めた。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、従来技術では実現できなかった直射環境下における高速形状計測を平成 29 年度に世界で始めて実現した。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、インターネット上の情報処理で特に重要となる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、実世界において作業を行うロボット等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。そこで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、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、平成 29 年度に同技術に基づき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、2 部門（大規模 CAD モデル検索部門および RGBD データからの物体の CAD モデル検索部門）で優勝し、平成 30 年度には論文が世界的にコンピュータビジョンや

ロボティクスの分野でトップレベルと位置付けられている国際会議（以降、「トップ国際会議」）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、本命とされていた時空間を同時に畳み込む「三次元畳み込み法」が従来良好な性能が得られていない問題があったが、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平成 30 年度に世界で初めて明らかにし、論文がトップ国際会議に採択された。また、動画像認識処理を応用し、車載画像からのニアミス検出する新手法を平成 30 年度に提案し論文がトップ国際会議に採択された。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で論文賞を受賞した。平成 31 年度に関しては、引き続き目的基礎研究における成果のトップ国際会議での論文採択を目指すとともに、これまでの成果を可能なものから橋渡し前期フェーズへと移行させることを目指す。

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、直射日光下での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ものを、約 10 万ルクスという直射日光下においても安定に動作することを世界で始めて可能にした。また認識技術に関しても、単純な静止画像認識が深層学習の導入によりその認識精度が飽和しつつあるのに対し、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。更に、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。

・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

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が最も多かったピーク時に比べて 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。これら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が目標である。

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。身体として、サイズ 1.82 x 0.91 m、重量約 11 kg の石膏ボードの持ち上げ、ハンドリング、運搬が可能な身体能力を備えた身長 182 cm、体重 101 kg、37 自由度（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）のヒューマノイドロボット試作機 HRP-5P を平成 30 年度に開発した。知能として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（平成 29 年度）、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で、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 %向上させることが可能な多点接触運動機能（平成 30 年度）等の知能機能を開発した。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た。その学術的成果は平成 27 年度～平成 30 年度の間に Google Scholar サブカテゴリ Top20 の国際会議論文 29 報（内平成 30 年度 9 報）、国際論文誌論文 8 報（内平成 30 年度 2 報）、特許登録 3 件（内平成 30 年度 0 件）として報告した。平成 31 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、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・作業を実現する。その学術的成果は Google Scholar サブカテゴリ Top20 の国際会議論文 7 報、国際論文誌論文 3 報として報告する見込みである。

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、本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 以外の米国、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える。

[本項目の各種指標の達成状況]

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： 94 報 (12 月末時点)。(140 報)
平成 31 年度： 150 報 (見込)

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： 1,912 回 (12 月末時点)。(1,500 回)
平成 31 年度： 2,000 回 (見込)

Top Proceedings 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： 106 報 (12 月末時点)。(110 報)
平成 31 年度： 110 報 (見込)

【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。特に、歩行・走行の計測評価技術やニューロリハビリテーション技術については、健康維持や QOL の向上に資することを通じ、数千億に上る医療費・介護費に対して数 100 億円規模の削減につながることを期待されている。

・人工知能技術の化学・生物学分野への適用

薬剤とタンパク質に対する高精度（既存手法比で 3 %～10 %の向上）の相互作用予測手法や、従来手法の 20 倍以上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、科学者の豊富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の発見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 (椿が筆頭著者)。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。

・汎用的なデータ処理秘匿化技術に関する研究

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、特に個々人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、平成 32 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

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 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起きれば、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(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2030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。

以上の研究成果について、IF付き英語論文33本(平成30年度8本、平成31年度見込み7本)を発表した。また海外2件を含む7つの賞を受賞した(バイオメカニズム学会論文賞、転倒予防学会誌論文賞など平成30年度3件)。招待講演・基調講演として35件(うち、国際会議10件以上。平成30年度国内3件、海外4件)発表し、新聞報道・TV報道は100件以上(うち、海外30件。平成30年度国内4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(マイクロストーン、花王)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、平成31年度に発売される見込みである。

・ニューロリハビリテーション技術の開発

脳機能回復に関わる脳活動変化の解明、およ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は患者にとって大きな福音であり、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2021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プレスリリースを行った結果(平成27年度)、3日間のアクセス6,000件、国内新聞主要7誌で報道、欧米や中国など国外の多くのサイトに掲載される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(平成30年度:185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

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においてもコンピュータビジョン技術を良好に適用可能になると考えられる。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へも、今後広く展開することが可能にな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ものであると考えられる。更に動画像認識技術は、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、顧客行動の分析に基づくマーケティングなど広く産業での応用が期待できる。

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、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検討することが可能になり、生産コストを下げ、品質を向上させることが期待される。

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 International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2017; Google Scholar サブカテゴリ 1位、Google h-5: 188) に採択され、関連技術がロボット分野のトップ国際会議 International Conference on Robotics and Automation (ICRA2017; サブカテゴリ 1位、Google h-5: 75) にも採択された。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 が、CVPR2018 に採択された。また、この技術により三次元物体検索の国際コンペティション (SHREC2017) において、2部門で優勝した。動画像認識に関して、三次元畳み込みに基づく新手法、および車載画像からのニアミス検出に関する新手法を提案し CVPR2018 に2報および ICRA2018 に1報採択された。更に、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。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 International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS2017) で、Long-Term Demonstration Experiment of Autonomous Mobile Robot in a Science Museum として発表し、Best Paper Award を受賞した。これらを含め第4期において、Google Scholar サブカテゴリ Top 20 の Journal および Proceedings に約50報（うち平成30年度17報）の論文が採択された。

・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

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両輪とし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、新たな課題設定を行って研究開発を推進し、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。既に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／中である。

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（2025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産総研チャンネルの動画は105万回（平成31年1月時点）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。

以上の実績・成果のうち、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た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（11kg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。

【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、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。開発した技術のユーザとして想定される対象者や企業への中長期的な展開を見据え、次のステップである「橋渡し」研究前期に向けたプロトタイプ実装や実証実験、企業を巻き込んだ公的プロジェクト等への発展を目指す。

・人工知能技術の化学・生物学分野への適用

人工知能を用いることで新薬・新材料の効率的な「探索」は可能となるが、その一方で、本当の意味で未知の薬・材料を「発見」することは未だ困難である。しかし、この困難をこれまで達成してきたのは人間である。今後は創薬や材料の科学者たちと密に連携することで、人工知能の適用範囲を広げ、革新的な新薬・新材料の発見に貢献する。

・汎用的なデータ処理秘匿化技術に関する研究

理論的には概ね完成に近づいているが、理論を正しく理解したうえで理論を高速に実行できるプログラミングが可能な研究者の絶対数が不足している。研究の完成に向けては、その点を特に考慮して開発を進める必要がある。平成 31 年度は、暗号技術の社会展開に関して実績のある民間企業と連携のもと、同企業と秘匿計算の実装に関するノウハウを共有することで、そのような理論に対する深い理解と高い実装技術を併せ持つ研究開発者の絶対数を増大させる。第 5 期においては、そのような研究開発体制のもと大規模な社会展開を推進していく。

・ニューロリハビリテーション技術の開発

第 4 期最終年度である平成 31 年度およびそれ以降の中長期的な課題として、確立した技術の脳卒中患者への試行とエビデンスの蓄積がある。現状では倫理審査に時間がかかっており、患者に対する研究を開始する前段階にとどまっている。産総研ニューロリハビリシンポジウムにおいて臨床分野と交流し、平成 29 年度にはリハビリ病院を有する茨城県立医療大学と連携協定を締結し、今後、倫理審査を通過次第患者に対する研究を開始する予定である。

・コンピュータビジョン技術に関する目的基礎研究

第 4 期中長期目標の達成に関しては、概ね課題は解決されたと考えているが、それ以降の中長期的にはまだ課題が多く存在する。例えば、数ルクス程度の超低照度環境や、鏡面成分を含む物体など、画像取得が困難な対象は産業界に依然として数多く存在する。また、3 次元センシングを 1mm 以下程度の精度で 30 fps 以上の高速で行う手法は依然として確立しておらず、精度と速度が要求される応用分野の要求に十分応えられていない。これらの画像取得方法を確立することで、産業界の特に製造業において生産能力および生産品質を大きく向上できると考えられ、今後課題を解決していく必要がある。また、画像認識技術に関しても、今後は動画像認識処理が研究の中心となっていくと考えられるが、データのスケールが静止画像と比較して飛躍的に大きくなる（例えば現存する Youtube-8M データベースでさえも 500 TB のオーダー）ため、スパコンなどの計算資源に関しても計画的に確保していくことが重要となると考えられる。

・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

第 4 期中長期目標の達成に向けては、作業環境の一部が変形する、可動するといった環境変化に対するロバスト性を向上させることが課題である。これらを平成 31 年度の研究課題として設定し、目標達成に取り組む。中長期的には、将来ロボットハードウェアの販売、メンテナンスを行う企業、ロボットによる組立作業サービスを構築、導入する企業等を含めた実用化の体制作りが課題である。これらの候補となる企業との共同研究について現在協議中であり、共同研究を通じて体制を構築していく。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

【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ている。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」開発など、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、ひとのからだの機能の測定と、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、「自動運転小型電動カートを運用する遠隔型自動運転技術」を開発し、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と検査の日コストを半分に減少させる人工知能モジュールを開発した。平成 31 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り組みをより一層進める。「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。平成 31 年度は、ガイドライン案の公開や国際規格への提案を進め、産業界での人工知能の実用事例でその有効性の評価を行う。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。平成 31 年度は、音楽推薦技術に基づくサービスを公開して実証実験を実施する。「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」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、多数の車輪型の移動車両の測位を可能とする世界初の移動体自律即位技術 (VDR) に発展させた。平成 31 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の実現を目指す。「自動運転小型電動カートを運用する遠隔型自動運転技術」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、平成 31 年度は小型電動カートを用いた自動走行システムのより長期 (約 6 カ月程度) の実証を行う。

・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

2020 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雑が生じる現象が数多く発生している。

これに対し ICT 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、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できた場合正解とした場合に正答率 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。特にカメラとレーザを併用することで、従来は 10 m 程度の距離からであれば追跡できていた人流を、40 m 程度の距離からであって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本研究と同程度の人の計測システムは存在するが、混雑する環境（0.5 人/㎡以上）においても精度が下がら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り組みは他では行われていない。

・インフラ構造物のスマートメンテナンス

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。現状の近接目視点検は作業者によって、ひび割れや析出物等を対象とする目視検査、浮き・剥離を対象とする打音検査が主に行われているが、膨大なインフラ構造物への対処や容易に近接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に、情報・人間工学領域では、人工知能およ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、その定量的把握および経過観察を精密かつ効率的に行う応用技術を実現した。独自の特徴抽出技術と人工知能を組み合わせることにより、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可能で、見落としも誤検出も少ない技術を開発した。平成30年12月23日時点では、幅0.2mm以上のひび割れを82.4%の精度（見落としと見誤りの両方を勘案したMean Average Precision（MAP）で算出）で検出可能とした。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、その中でも代表的な検出精度80%以上を謳っているパッケージの出力結果の精度を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、実務においてはこれ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。これに対し、開発技術は見落としと見誤りの両方を低く抑えることを当初より目標として研究開発を行っている。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API（Application Programming Interface）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ている。

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平成31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。

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、50 m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操作支援システムを開発した。点検用マルチコプタ（3つ以上のローターをもつ回転翼機）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 0.05 mm 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。平成 31 年度は、種々のタイプの橋梁点検に対するマルチコプタの操作を簡便化するために、飛行経路設定の自動化、経路追従飛行の自律化などを達成する見込みである。

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、現状ではその作業者の判断結果の記録も手作業で行われている。現状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が、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 30 m 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。

・人工知能の品質保証に関する研究開発

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、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。

これまで、通常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情報・人間工学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具体的に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、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（平成 31 年 3 月見込み）。平成 31 年度にはプロジェクトの大型化を進め、具体的な品質管理プロセスを設計し、既存の安全性・品質規格などと整合したガイドライン案を公開するとともに、ISO/IEC JTC1 SC42 への国際標準提案に向けた作業を開始し、さらに産業界での人工知能の実用事例を用いてその有効性の評価を行う見込みである。

・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

人がシステムと協働するサービス・製造現場の生産性向上には、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。現場の多くは屋内であり、従来の GPS や通信基地局の電波による行動計測に変わる技術が必要である。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[EAG(Error Accumulation Gradient)]3cm/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・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、磁気の各 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(PDR: Pedestrian Dead Reckoning)を開発し、GPS が使えない屋内で相対測位誤差[EAG] 3 cm/sec の相対測位を実現した。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 %以上の精度で高さ(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、ピックアップカート、鉄道など)の測位に特化した VDR (Vibration-based Vehicle Dead Reckoning) 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 QoW (Quality of Working) 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。平成 31 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の実現が見込まれるとともに、10 軸センサと IC タグリーダーを備えたゴビ社製身体装着型センサの製品開発協力及び高精度測位・動作認識機能の身体装着型センサシステムが実現できる見込みである。

9 軸 PDR に含まれる進行方向推定手法が、平成 27 年に仏 IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux) 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 xDR (xDR: Cross Dead Reckoning) 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。

・次世代メディアコンテンツ生態系技術

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産業界は、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)を獲得した。次世代メディアコンテンツ生態系技術として、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平成 30 年度までに、インパクトファクター付き国際論文誌 4 報(平成 30 年度にインパクトファクター 7.451 の論文誌を含む 4 報)、国際会議プロシーディングス(Google Scholar のサブカテゴリ上位 20 位内) 24 報(平成 30 年度に 14 報)の学術成果を挙げた。

また、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)については、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。

なお、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。

平成31年度は、音楽推薦技術に基づくサービスを公開して実証実験を実施し、複数の企業との資金提供型共同研究も実施して、学術論文発表等の基礎研究と社会実装に取り組む応用研究をバランス良く推進する予定である。

[本項目の各種指標の達成状況]

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：	243件	(12月末時点)。(200件)
平成31年度：	240件	(見込)

【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は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利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げている。「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。

・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

平成29年9月に新国立劇場の大劇場に実際に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、前回行った避難訓練（平成26年8月に実施）に比べて避難人数が1.5倍増加しても避難時間は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。それ以外には、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ている。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ている。

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ったことから大規模な計測・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のが、ABCIのような大型の並列計算機が利用できるようになったことで最適化処理のリアルタイム化が近づいてきた。

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」、福岡県で人気ランキング8位（ジョルダン調べ・前年のアクセス数に基づく）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、実証実験の取り組みを含めれば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平成31年度以降も継続予定である。

・インフラ構造物のスマートメンテナンス

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、これにより、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し、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り、ひび割れ検出機能を点検ロボットに実際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、すで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人日に短縮した。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、日経新聞、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。

試験公開しているひび割れ自動検出サービスには平成30年12月現在で350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。

・人工知能の品質保証に関する研究開発

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。平成 30 年度にガイドラインの検討を行い第一次案を策定したほか、平成 31 年度までに実用事例での有効性の確認を行いガイドラインを公開する見込みである。また、本ガイドラインの要件に対応した具体的な品質確認ツールなどを合わせて公開する。

これにより、民間企業などが開発する人工知能を利用する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。

更に産業施策として、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基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

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。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。具体的には、(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）。

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、GNSS (Global Navigation Satellite System) 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。また、人よりも車両側への応用展開、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さら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。また、2022 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り組みでもある。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 の定量化の具体的対策に関する議論が可能となり、働き方改革への貢献も期待できる。

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、ライセンス契約15件(2件交渉中)、特許出願7件(平成31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、国際論文誌4件(1件掲載予定)、和文論文誌2件、国際会議28件、国際招待講演7件、国内招待講演30件、受賞5件である。

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官学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。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、平成30年12月時点で、加入組織数は42に増加した。

・次世代メディアコンテンツ生態系技術

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)および「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。

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・イベント会場でのスマートフォンを用いた従来にない演出などで活用されており、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。

以上の実績・成果のうち、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て検出する、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、すで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。

【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。これらの課題については、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、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。

・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

「水と安心はタダ」と言われる日本においてこのような技術をどのように収益化していくかを検討することが今後の課題であり、産総研だけではなく、広く知見を有する関連する企業との共同研究などによって解決を目指す。また、実用的な運用の課題としてはリアルタイム処理を可能にすることなどがあげられる。これについては、過去の結果にもとづき、探索範囲を限定して処理を高速化することなどで解決を目指す。

・インフラ構造物のスマートメンテナンス

ひび割れ検出の実用化については、点検員による近接目視点検が義務化されている現状では点検員そのものの代替が制度的に出来ないことが課題であるが、この間はひび割れの記録の自動化が主要な用途になると考え、記録を担当する作業者の代替を目指すこととし、点検制度変革に備えた実績づくりとアピールを行う。

点検用ロボットの実用化については、特にドローンを用いた橋梁における橋脚、床版の点検において、平成 30 年度から橋梁施工メーカーと実用化に向けた共同研究を実施している。課題としては、①非 GPS 下において強風の中安定かつ自動で飛行しながら高精細画像を取得し、②多数の撮影画像をつなぎ合わせたパノラマ画像を作成し、③産総研ひび割れ自動検出人工知能を用いて報告書に利用可能な点検調書を自動生成する、の 3 作業をシームレスに実現することがあげられる。

これらの課題に対して、まず①では、風などの外乱に対して安定に飛行させるために、複数のセンサを用いた高速・高精度な位置同定、外乱に対する感度を低減できるロボスタ制御、ならびに未知外乱をオンラインで推定し抑制する予測制御の開発を行う。また②では、単色で平坦な壁面の撮影画像から複数の微視的な特徴点を抽出して高速にパターン照合して結合する技術を開発する。さらに③では、産総研ひび割れ自動検出システムとパノラマ画像生成システムとを連携するインターフェイスを開発し、上記の統合システムで出力された点検調書に関して点検コンサルタント等を交えて実用性の評価を行う。

打音解析の実用化については、誰にでも簡単に使えるようにするための技術開発が課題で、GUI の設計や打音解析パラメータ設定の自動化などを現在共同研究において行っている。

・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

VDR においては、乗り物ごとに振動特性が質的・量的の観点で異なることが分かっており、事前にその特性を取得する必要がある。多くの利用シーンにおいては、前もって振動特性を取得できないため、GNSS や監視カメラ等の外部測位手段との連携により、動的に振動特性を取得・学習する仕組み（動的校正）の研究開発が必要である。また、xDR の対象を動的に切り替えていくには、歩行状態であるか、車両に搭乗している状態であるか等の状態判別を行う必要がある。これらの課題に対しては、機械学習に基づく手法等を適用することにより対応していく。さらに、xDR 技術とビッグデータ分析、可視化技術からなる統合クラウド技術を発展させ、単に従業員の作業効率を向上させるだけでなく、従業員の健康維持やエンゲージメントを同時に向上させる QoW 支援システムに展開する。このためには、作業活動の健康維持への寄与度の評価、サービスにおける従業員満足度の定量評価が必要であり、バイオメカニクス、心理学、サービス工学との連携で開発を進めていく。

・次世代メディアコンテンツ生態系技術

本研究開発により実現した技術の産業上の有用性を、産業界との連携を深めて確認することが課題であり、社会実装・実証実験を促進するためのプラットフォーム・API を整備して対応する。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

【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ている。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 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実現の特筆すべき成果として「コネクテッドカーのためのセキュリティリスク評価法の研究」により、安心して利用できるサイバーフィジカルシステムを実現する技術を構築した。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を開発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 を使い、演算処理装置などを外気に近い温度の水で直接冷却することでエネルギー損失を低減し、世界トップクラスの実運用される省電力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。平成 31 年度は、外部の機関や企業と協力を強化し、大規模なデータに基づく学習とその応用を実現する。「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で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。平成 31 年度は、平成 30 年度の成果を適用した大規模化学プラント等の社会インフラの運転が見込まれる。「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。平成 31 年度は、解剖学的構造で囲まれる領域に対する異常検知アルゴリズムを開発し、異常症例約 100 症例に対して性能を評価する。「コネクテッドカーのためのセキュリティリスク評価法の研究」では、平成 30 年度は、車載ネットワークのセキュリティ設計ガイドラインを、開発現場で適用する手順として具体化した。平成 31 年度は、セキュリティ設計プロセスを実際の開発現場で実行できるよう、支援ツールやガイドラインなどを整備する。「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、東大、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。平成 31 年度は、この成果を、認知症を含む高齢ドライバー対策に関するプロジェクトに発展させる。「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」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。平成 31 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する。「高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発」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。平成 31 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て実際の試行を行い、妥当性を確認する。

・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

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、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（平成 31 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用部品メーカーにはなく、また複数疾患の発症時データを体系的に取得するには、企業 1 社では行うのは困難であり、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、東大、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、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）を平成 28 年 11 月に設立した。コンソーシアム設立においては、情報・人間工学領域による提案、調整のもと、産総研 C 型共同研究の仕組みを活用した。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、血圧低下、脳血流の低下、および非侵襲的に計測できる脈波形状の変化を明らかにした。これらの結果を用いて重篤な不整脈発生を検出できる可能性を得た。得られた成果をもとに、平成 30 年度中に特許 2 件を出願予定である。平成 31 年度期待される成果として、国交省が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、AMECC で得られた知見が活用されることが期待される。

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や技術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。

・大規模 AI クラウド計算システム「ABCI」の構築と運用

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が大きい。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。さらには、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にますます期待が膨らむ。

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 GAF A 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、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、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

術を活用して、大規模 AI クラウド計算システム「ABCI」を開発、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 GPU (Graphics Processing Unit) を 4352 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直接冷却することで、世界トップクラスの実運用される省電力クラウド型計算システムを実現している。その性能は、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。これらの指標で世界トップ 10 に入るシステムは現在 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いえる。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いえ、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。

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。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 11 月時点で、利用プロジェクト数 68 (内部：39、大学：12、企業：14、国立研究所：2、財団等：1)、利用者数 328 (内部：130、大学：67、企業：121、国立研究所：9、財団等：1) であり、第 4 期中長期末までに利用プロジェクト数 100、利用者数 1,000 を見込む。

・人工知能とシミュレーションとの融合

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する。

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。

本研究は、「第 4 期中長期目標期間において重点的に推進する研究開発等」として情報・人間工学領域の掲げる、「ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発」というテーマに込めるものとして位置づけられる。

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。

我々は、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 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、最適な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略を生成できた。これにより、従来は実質不可能であった、大型プラント装置の復旧操作手順の機械学習を数日で実現できた。

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。平成 31 年度は、平成 30 年度の成果を適用した大規模化学プラント等の社会インフラの運転が見込まれる。

・コネクテッドカーのためのセキュリティリスク評価法の研究

サイバーフィジカルシステム分野では、機器が常時ネットワーク接続されることを前提として、機能の拡大や高度化が進められている。自動車分野では、こうした車両はコネクテッドカーと呼ばれ、車載システムへの侵入や操作の遠隔乗っ取りといったサイバー攻撃への懸念が増大している。こうした状況のもと、産総研は住友電気株式会社と住友電気 - 産総研 サイバーセキュリティ連携研究室を設立し（平成 28 年度）、サイバーフィジカルセキュリティに関する研究開発を続けてきた。システムのセキュリティを保つ有効な手段の一つとして、起こりうるセキュリティの脅威を開発初期の段階から網羅して、危険度を識別した上で適切な対策を取ることが挙げられる。そのためのセキュリティ評価分析手法やガイドラインが提案されているが、抽象的な記述にとどまっているのが現状である。これらの手法を、分野に応じて効果的に具体化し適用する取り組みが求められている。

公益社団法人自動車技術会が発行した自動車の情報セキュリティ分析のためのガイドライン文書 JASO TP15002 をもとに、開発現場で適用可能な具体的な分析手順を定義した。そして、橋渡し先である住友電気が開発・提供しているセントラル・ゲートウェイ製品（車載ネットワーク間の通信を仲立ちする中核的な機器）や、将来に向け検討中のコネクテッドカーのアーキテクチャーを対象に分析を行い、起こりうるサイバー攻撃のシナリオとその深刻度を明らかにした。ガイドラインの具体化においては、セキュリティの脅威を簡潔に記述し、かつその深刻度を機械的に分析できるようにすることで、従来手法と比べて、分析の網羅性を維持しつつ、作業にかかる人的なコストを抑制することができた。具体的には、従来手法では 5W（Where, When, Who, Why, What）の 5 因子で脅威を記述していたところを、Where（攻撃の入り口）、Asset（保護資産）、At（保護資産の場所）の 3 因子で記述すれば十分であることが明らかになった。

以上に関して、平成 29 年度に査読付き国際会議で発表し、平成 30 年度には他手法との定量的な比較を行った結果を査読付き国際会議で発表した。また、これらの研究成果を総合的に整理した内容を、国際ジャーナル論文として平成 30 年度に出版している。このほか、住友電気の発行する技報や国内会議で、上記の結果や進捗の一部を発表している（計 6 回）。

コネクテッドカーの開発においては、設計段階からセキュリティの分析・検討を行うことが重要と考えられている。しかし、現状ではプロジェクトでの実施結果や手法などが公開されているものの、広く一般に用いることができる手法は確立していない。

現在、提案されている分析・検討手法としては、EU の FP（Framework Programme）7 の中で、平成 20 年から平成 23 年の間に実施された EVITA（E-safety vehicle intrusion protected applications）プロジェクトのアタックツリー分析や、米国カーネギーメロン大学が平成 13 年に発表し発展させてきた情報システムのリスク分析手法 OCTAVE Allegro などがある。これらの手法は米国自動車技術会により作成された自動車のサイバーセキュリティに関するガイドブック SAE J3061 で分析・設計の代表的な手法としてあげられている。

EVITA プロジェクトでは、コネクテッドカーのセキュリティの検討に関する分析手法・設計手法が論じられている。本領域の手法と同じような観点からリスク評価を行っているが、リスク評価の基準や指針は明確にされておらず、その品質は評価者に大きく依存する。また、脅威に対する対抗策の導出方法は規定されておらず、本領域の手法よりも狭い範囲しかカバーしない。本領域の手法では、リスク評価の基準を明確化しており、属人性を排した機械的な分析も可能にする

という点で優位性を持つ。

一方、OCTAVE Allegro では、情報資産に対する脅威（攻撃）を導出し、そのリスク評価と対抗策の検討までを行う。しかしながら、OCTAVE Allegro は一般的な情報セキュリティの分析・設計を目的としているため、「走る」、「止まる」といった自動車の機能などについては考慮されていない。また、導出された脅威（攻撃）を詳細化するのではなく、シナリオとして拡張リスクを評価するため、脅威の根本原因を分析する目的には適していない。分析・設計の実施については、チームによるブレインストーミングを重要としており、その網羅性については求められていない。本領域の手法は、コネクテッドカーに特化しつつ、分析の網羅性を検証しており、より質の高い分析結果が得られるという点で優れている。

本連携研究室の活動が住友電工から評価され、当初予定より設置期間が延長される予定である。論文等の発表としては、IF 付き国際論文誌 1 件（平成 30 年度）、査読付き国際会議 2 件（平成 29 年度 1 件、平成 30 年度 1 件）、技報や国内ワークショップなど査読なしの発表 6 件がある。

平成 31 年度は、上記で具体化したセキュリティ設計プロセスを実際の開発現場で実行できるようにすることを目的として、支援ツール開発やガイドライン策定などに注力する予定である。

・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

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、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平成 28 年 10 月に設立し、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な、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（SLAM：Simultaneous Localization and Mapping）、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（AR：Augmented Reality）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も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。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およびそのための測定手法を構築した。

今後、物流作業の自動化・省力化のために必要である、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する中で効率のよい作業手法を構築し、これらの成果について特許申請するとともに、平成 31 年度に技術移転を行う。

レーザー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、カメラ 1 台のみで複数カメラと同様な精度で自己位置を推定する技術開発に成功し、物流倉庫における移動機器の自動制御の導入のコストを低減できる。

- ・高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発

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、2025 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。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することを目的とした。

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、ICF(International Classification of Functioning, Disability and Health, 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に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世界で初めてまとめるとともに、ロボット介護機器の分野ごとに国際安全基準の原案をまとめた。また、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。

- ・深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知

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およ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に対して、領域抽出用の深層ニューラルネットワークの 1 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、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 を確認した。なお、従来、これらの部位に対し

て評価されたものは存在しない。

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。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、異常症例数十症例に対して性能を確認する。本性能に関しては、未発表である。

平成 31 年度には、解剖学的構造の近傍領域、または、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、異常症例約 100 症例に対して性能を評価する予定である。

胸部 X 線画像 CAD に関する要素技術を開発し、最終的な診断システムにおいては、実用レベルのスペックとして、診断経歴 10 年以上の放射線科医 10 人以上による 100 症例の診断結果と、95 %以上の同等の診断結果を出力するシステムの構築を目指す。

[本項目の各種指標の達成状況]

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：	15.6 億円 (12 月末時点)。(14.5 億円)
平成 31 年度：	16.8 億円 (見込)

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：	9,300 万円 (12 月末時点)
平成 31 年度：	1 億円 (見込)

【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する一方、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、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り組みを実施することで、新しい人工知能産業応用を持続的に生み出す枠組みとである「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、その成果は国交省が取り組む第 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。「コネクテッドカーのためのセキュリティリスク評価法の研究」、「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」はそれぞれ住友電工、豊田自動織機との連携研究組織で実施され、世界シェアの 1/3 を占める車載ネットワーク製品のリスクアセスメント工程の 40%効率化、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、公開したロボット介護機器開発ガイドラインは、機器の利用促進と高齢者等の自律性の向上を通じ、平成 29 年度の介護保険給付費の総額 9 兆 4,328 億円 (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。

・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

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、てんかん発作を検知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に盛り込まれる予定である。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することにより、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）紹介、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1500万円/1社の資金提供を受け、その期間の成果を踏まえた平成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

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年度に以下の施策を実施し、平成31年度も継続の予定である。

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年度はワークロードデータを活用したデータセンタ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ている。平成31年度は民間企業との資金提供型共同研究に展開する予定である。

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回実施し、各回2課題程度採択した。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。平成30年10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利用者への開放により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、ABCIユーザを対象とした需要調査、オープンデータ・衛星データを対象にデータ整備を開始した。平成31年度に運用開始を予定している。

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、輸出管理手続き、利用料徴収を含む利用制度を整備した。また、民間企業ではクラウドサービス利用にあたり厳格なセキュリティ要件が設けられており、ABCI のセキュリティ基準を明確化することが企業利用拡大には不可欠であるため、ABCI セキュリティホワイトペーパーを整備し、平成 30 年 12 月に公開を開始した。

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。平成 31 年度以降については、2 億円規模の資金提供型共同研究を行うための交渉を進めている。その他、合計 10 社以上との連携交渉も継続しており、一層の利用拡大を見込んでいる。その他、JAXA、NICT とも ABCI 上での衛星画像解析などで連携を進めており、平成 30 年度中のデータ解析作業開始を予定している。

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 30～31 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ている。

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見込んでいる。

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はじ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。

研究成果は積極的な公表を行い、平成 30 年度は国際会議における招待講演 2 件、口頭発表 7 件、以下に示す 4 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/pr2018/pr20180626/pr20180626.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/pr2018/pr20181113/pr20181113.html

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。

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 2018), <https://www.top500.org/lists/2018/11/>

・Green500 List (November 2018), <https://www.top500.org/green500/lists/2018/11/>

・HPCG (November 2018), <https://www.top500.org/hpcg/lists/2018/11/>

・人工知能とシミュレーションとの融合

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いる。

人工知能は囲碁将棋等で飛躍的な進歩を遂げた。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。

設計問題においても制御問題においても、大幅な学習時間の短縮が実現できた。特に、設計では実際の光学製品の設計に供している。多数のレンズ等からなる光学系は、稀な条件でしか出現しないが問題を起こす欠陥があり、その撲滅が設計現場での大きな課題であったが、本研究の成果を用いて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からゆえである。

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。従来の人工知能応用は情報分野に限られがちだったが、本研究は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。

日本の産業現場では熟練者の不足が深刻化している。本技術は、熟練者の知識を人工知能に取り入れ、それをさら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。

平成 30 年度は、人工知能のトップ国際会議 IJCAI (採択率 25 %)，ICML (採択率 25 %) 等において論文採録、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。

・コネクテッドカーのためのセキュリティリスク評価法の研究

製品開発初期からセキュリティに関するリスクアセスメントを組み込むことで、セキュリティ

品質を維持しつつ、製品開発を効率良く進めることが出来る。

セキュリティ設計の手順が製品開発に組み込まれることにより、製品開発におけるセキュリティ意識が向上し、セキュリティ技術が現場に定着する。このことにより、橋渡し先である住友電工における高セキュリティ製品の製造開発、ならびに事業の信頼度向上が期待できる。住友電工は、自動車部品としてのワイヤーハーネスの世界市場で約3割のシェアを獲得しており、本領域での研究開発成果が当該製品に展開された場合には、国内で年間生産される自動車の約300万台のセキュリティ向上に寄与すると見込まれる。

・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

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・自動化の研究を進め、ビジュアルSLAMおよび高精度ARマーカの技術移転を進め、実用化を目指している。

また、株式会社豊田自動織機の現場データを対象とした様々なデータを活用し、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することができた。

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する。

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（平成32年7,405万人、平成52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、およびビジュアルSLAM技術によるキーカート（トヨタL&Fの積載・潜込みけん引用無人搬送機）の自動制御について既に実際に技術移転を行っている。2年に1回日本で開催される最も大きい物流に関わる展示会である国際物流展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

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等の文書にまとめ、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、国際標準案をISO/TC173に提案した。成果となるロボット介護機器としては、18機種が製品化されて上市された。

ロボット介護機器重点5分野について、安全基準や効果評価基準が明確になり、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、すでに上市された18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、2020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。

- ・深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知

放射線科医および従来型の胸部 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。即ち、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。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。また、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を向上させ、例えば、肺癌の見逃し率の低下を防止することが可能になる。

平成 30 年 11 月に、平成 29 年度に実施した成果を、RSNA2018（放射線画像診断に関する世界最大の国際会議）で発表した。なお、平成 30 年度の成果に関しては未公表の内容である。

※RSNA: The Radiological Society of North America（北米放射線学会）。

以上の実績・成果のうち、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、画像分類データセットを利用した深層学習の学習速度の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 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。「コネクテッドカーのためのセキュリティリスク評価法の研究」、「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」も通常の共同研究を超える成果が期待できる企業との一体型連携研究組織で実施し、車載ネットワークのセキュリティ実現とフォークリフトの自動化による物流効率化という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。

【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組織、コンソーシアムを通じて、実問題を解決可能な形でパッケージ化が進んでいるが、大規模な製品への展開に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組織で取り組んでいる課題については、より大規模・複雑な課題への適用や、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を行う。AI クラウド計算システムやロボット介護機器の評価技術は、産総研が公的研究機関として人工知能やロボット技術の社会への一層の浸透に貢献するプラットフォームとしての役割を持続的に果たしていく枠組みであるエコシステムを確立する。

- ・人工知能とシミュレーションとの融合

制御対象である産業システムの IoT 化の急速な進展により、機械学習に利用できるデータも激変しており、機械学習すべきこと、不要となったこと、実現可能な制御が、日々変化している。研究テーマ設定の確認と見直しが常に必要である。

やみくもにセンサをばらまく IoT 化ではなく、人工知能の本領を発揮する IoT の在り方を明ら

かにすべきだが、それは高度な人工知能技術を使う者以外にはなしえない。また、現場に応用するからといって既存技術の適用で足りるほど平易な題材ではなく、高度なデータ分析・意思決定人工知能技術の研究開発が求められる。

連携研究室は、理論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組織である。最新の人工知能技術を、いち早く多様なユーザ企業の現場に、高度な人工知能技術を導入すべく、組織の長所を活かして取り組みたいと考える。

- ・コネクテッドカーのためのセキュリティリスク評価法の研究

本研究は自動車を主な対象としているが、産業制御システムなど一般のサイバーフィジカルシステムにも適用可能な部分が多い。他の対象向けのセキュリティ設計評価手法の定式化や事例の作成により、汎用的な技術として確立していくことが課題となる。

- ・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

実現場での実証を行い、市場化につなげる。

- ・深層学習を用いた胸部 X 線画像異常検知

胸部 X 線 CAD システムの事業化に向けたビジネスモデルを構築する課題に対し、医療関係の既存事業者との連携が必要であると考ええる。

4. 前年度評価コメントへの対応

- ・「実績ある若手人材の不足」は大きな課題だが対策が不足している。特に AI 領域など資金力のある巨大民間企業と人材獲得競争の発生する領域では、人事・評価制度や給与体系で大胆な改革が必要ではないか。

→特に AI 領域などにおいて人材を確保するため、AI 領域のみならず適用される特例制度を設ける方向で所内の関係部署と検討を進めている。具体的には、国内外の若手人材を積極的に活用するための制度、産学官の外部人材を積極的に活用する制度、採用された研究者の研究を推進するための環境整備などについて検討をすすめている。

- ・優秀で流動的な転身を前提とする若手の「自らの技術を社会に役立てたい」という動機をかなえられるよう、スピンアウトを促進するようなインセンティブのある人事制度の導入なども検討に値するのではないか

→上記の連携インセンティブの検討に加え、産総研としてベンチャー支援制度を整備している、ベンチャー立ち上げの支援、休職出向などの制度を整備している。

- ・世界レベルと比較した自己レベルの把握が必要。世界トップクラスとのベンチマークをもっとやるべきではないか。

→人工知能研究のベンチマークの対象として、GAF A のような巨大人工知能企業よりは、DFKI (ドイツ人工知能研究センター) 等の公的機関を考えており、これらの各国の先端研究機関と実際に連携を進めている。

また、人工知能に関連するコンペへの参加により、世界での立ち位置を検証しており、物体の認識や自己位置同定の手法で上位を獲得している。

情報・人間工学領域が運営している ABCI も、省エネ計算や最適化計算でスパコンランキング世界上位に入っており、深層学習計算で世界最高速を記録するなど、人工知能研究のプラットフォームとして研究のベンチマーキングに活用されている。

- ・論文以外の評価軸として、プラットフォームやフレームワーク、標準でのリードを、論文と同等もしくはそれ以上と位置づけてはどうか？

→ご指摘の通りであり、知財の移転や標準化への貢献など多様な評価軸で評価を行っている。

・AIクラウドでデータを収集する場合、うまくエコシステムを構築しないとすぐに古いデータセットになってしまうのでは？

→平成30年度はJAXAやNICTと協定を締結し、JAXA保有の衛星観測データ、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、人工知能研究および実応用に活用するための取り組みを開始している。このように、ABCiを新たな人工知能産業エコシステムの基盤となる計算インフラとして位置付け、その他のデータについても拡充を図っていく。

・サイバーフィジカルシステム（CPS）の要素技術での成果を融合し、サービス創出やシステムデザインなどの観点で新たなモデル創出へチャレンジするとよい

→新たに構築した柏センターに人間拡張研究センターを設置し、新技術を街全体で活用し、新たなサービスの創出を可能とする生活知識集約型産業の拠点形成を進めている。具体的には、柏市や三井不動産の協力による社会実証環境、サービスの質と効能を判断しデータ提供を行う住民文化の醸成、産総研による横断的人材育成のためのデザインスクールの設置などの取り組みを進めている。

・領域が目標数値を大幅にクリアしたことは非常に良いことだが、一方で目標設定が控えめ過ぎないかも検討すべき（なぜ大幅にクリアしたのか、一時的なものなのかなどの分析が必要）。

→民間資金獲得額に関しては、個々の研究者ではなく、情報・人間工学領域研究戦略部が、企業への共創コンサルティングや共同研究の実施に取り組んできたことが結果として目標を大幅に上回る民間資金導入につながった。

目標を上方修正し、より高い目標について取り組みを続けている。

国立研究開発法人産業技術総合研究所 平成30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. 産業と生活に革命的変革を実現するロボット技術

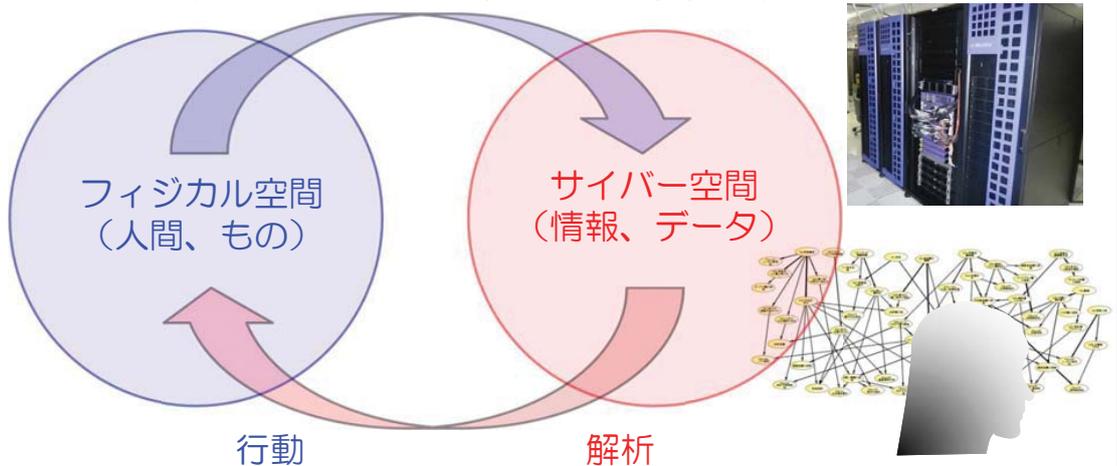
2. 「橋渡し」のための研究開発

- (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

IoT (Internet of Things) 社会実現には
人間と共存する情報技術の分野横断的活用が必要



人間の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が鍵となる。

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变化を実現するロボット技術

情報・人間工学領域 重点4課題

4. 産業と生活に革命的变化を実現するロボット技術



物理世界への干渉

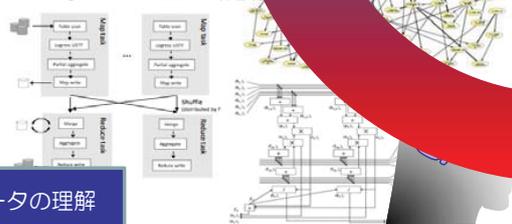
3. 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術



人間計測およびモデル化

重点4課題を連携させ、Society5.0の実現を目指す

1. ビッグデータから価値を創造する人工知能技術



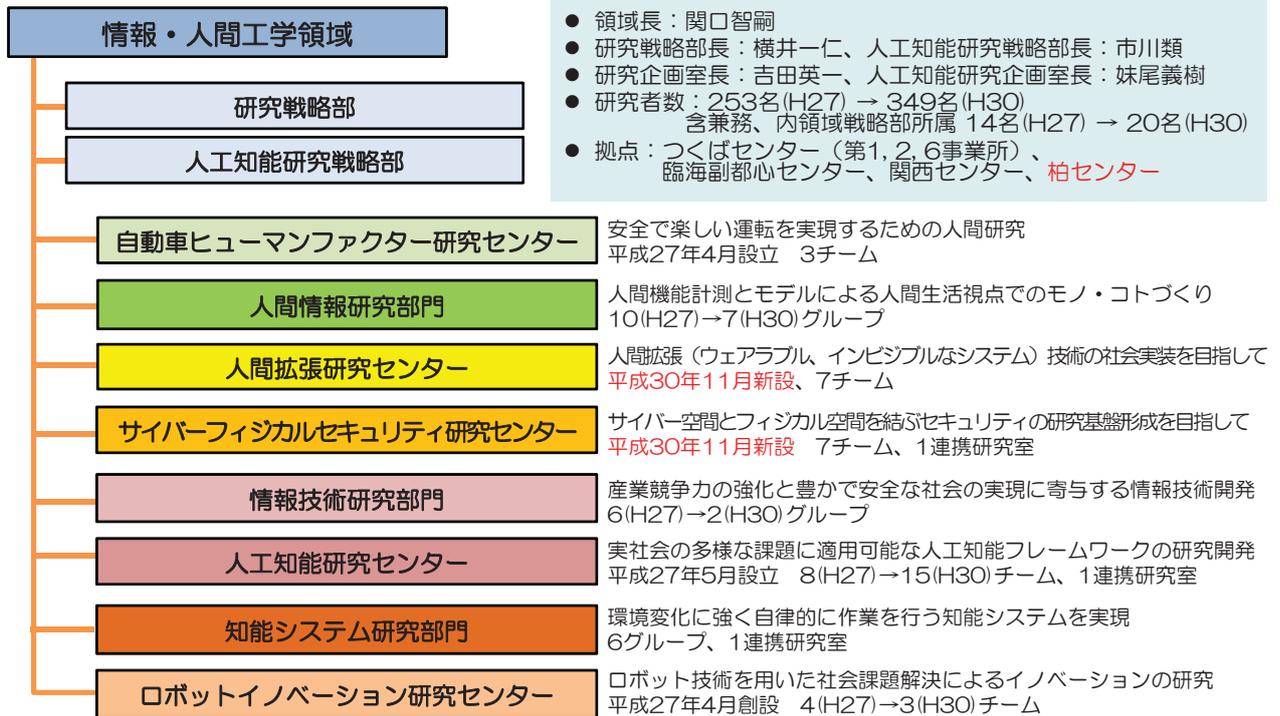
データの理解

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

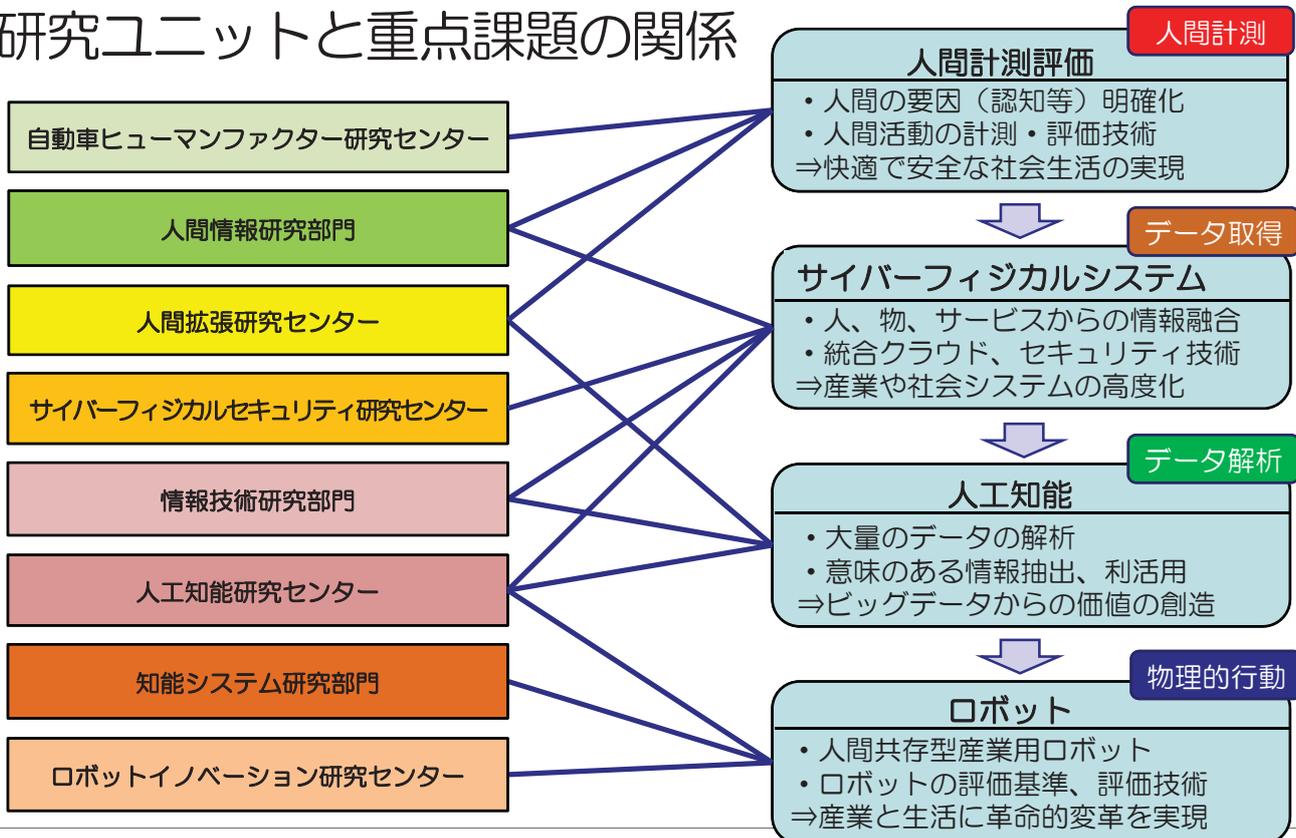


データ収集

情報・人間工学領域の概要・戦略：研究実施体制

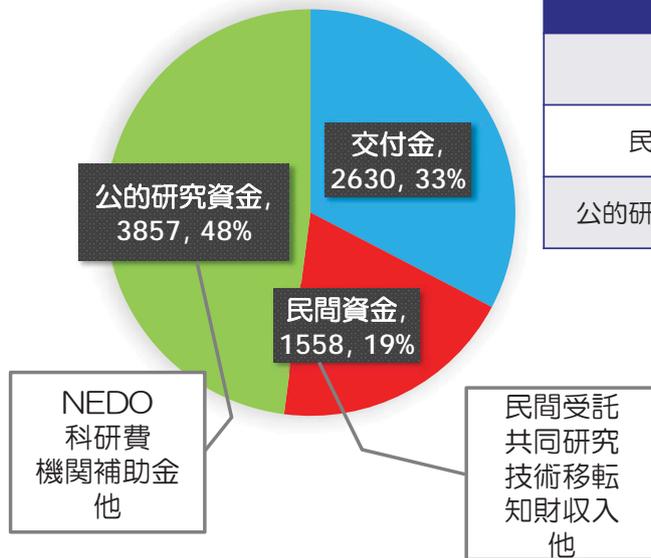


研究ユニットと重点課題の関係



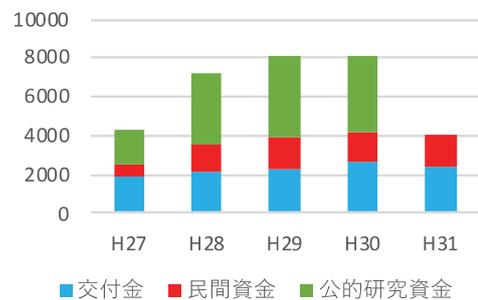
1-(2) 研究開発マネジメント： 領域予算内訳

H30年度領域予算：8,045百万円（補正予算等含まず、H30年12月時点）



	H27	H28	H29	H30	H31
交付金	1,910	2,150	2,297	2,630 (114%)	2,400
民間資金	570	1,340	1,660	1,558 (101%)	1,680
公的研究資金	1,780	3,765	4,172	3,857 (92%)	

単位：百万円、()内は前年同月比



情報・人間工学領域のPDCA

領域ミッション：産業競争力の強化と豊かな社会の実現
人間に配慮した情報技術の研究開発



平成29年度 情報・人間工学領域のPDCA

評価

C

- 目標値は達成 民間資金獲得額は目標値の137%
- 企業連携におけるリソースの不足

▶▶▶ ・ 企業連携推進活動は研究戦略部のIC、連携主幹が対応する。

- 若手研究人材の不足

▶▶▶ ・ 特に研究能力に秀でている者は、若くてもパーマネント採用する。
 ▶▶▶ ・ プロジェクト型任期付研究員を通年公募とする。

平成30年度 目標・改善テーマ

A

- 4重点課題の推進
- マネジメント整備とマーケティング力の強化
 - ・ 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転換する。
 - ・ 企業の立場に立って適切な提案をする
- 国際連携の推進

平成30年度 情報・人間工学領域のPDCA

当初目標

P

- 4重点課題の推進
 - ・ 論文数 目標(IF付) 140件
 - ・ 論文被引用数 目標1500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70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14.5億円
 - ・ 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

取組

D

- 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（東工大）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、企業の価値を創造するアプローチの導入
- 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

平成30年度 情報・人間工学領域のPDCA

評価

C

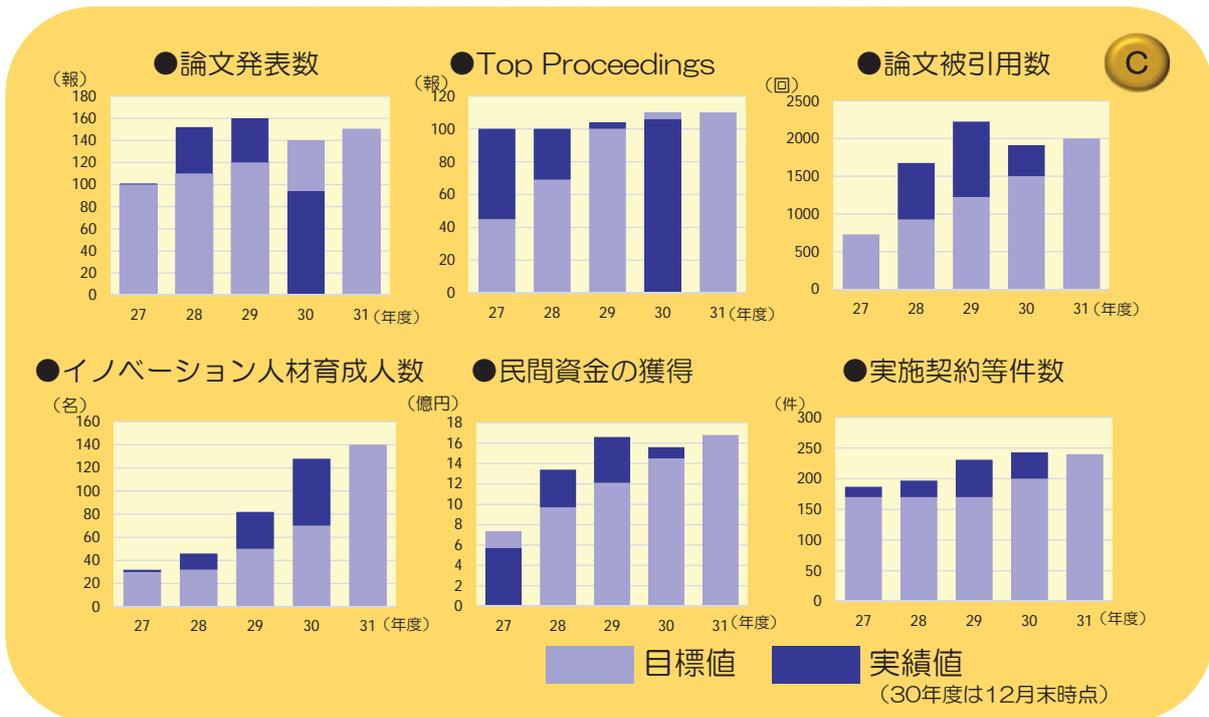
●目標達成状況

項目	目標値	実績値（12月末時点）	評価
論文発表数（IF付）	140報	94報	○
Top Proceedings発表数	110報	106報	○
論文被引用数	1500回	1912回	◎
イノベーション人材育成人数	70名	128名	◎
民間資金獲得額	14.5億円	15.6億円	◎
実施契約等件数	200件	243件	◎

●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**

●4重点課題の研究開発と、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

第4期中長期 KPIの推移



平成30年度 情報・人間工学領域のPDCA

C

●外部研究機関との連携推進

- 東工大との連携による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)



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

●国際連携の推進

- 人工知能分野において大きく進展したことにより、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。

●企業連携におけるリソース不足

- 研究業務と連携業務を半々で行う研究者の連携主幹兼務の適用等、人材確保に向けた多様な取り組みを推進

第4期中長期 情報・人間工学領域のPDCA

A

平成31年度 目標・改善テーマ

- 第4期中長期目標の達成
- 第5期中長期の重点課題・目標の設定
- マネジメント方針

引き続き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、民間企業の持続的なパートナーとなる活動に取り組む。

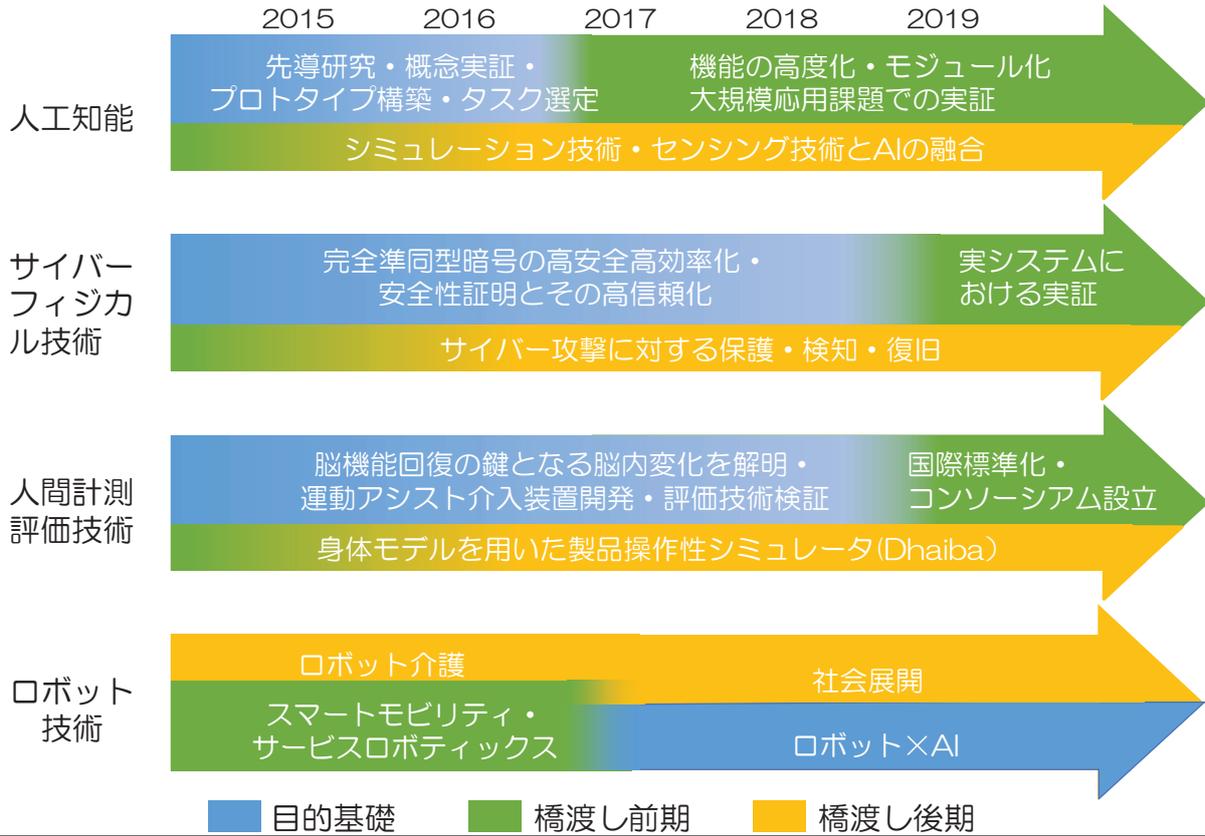
●国内・国際連携の推進

これまで推進してきた国内・国際連携をさらに強化する

●人工知能技術の社会普及と産業競争力の強化を加速

人工知能研究と製造、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・民間企業との連携をさらに推進する

ロードマップ



H29年度 評価コメントへの対応（1）

人材不足問題への対策が不十分。資金力のある私企業との人材獲得競争であり、人事評価制度や給与体系で大胆な改革が必要ではないか（複数意見）

- 特にAI領域などにおいて人材を確保するため、AI領域のみに適用される特例制度を設ける方向で所内の関係部署と検討を進めている。具体的には、国内外の若手人材を積極的に活用するための制度、産学官の外部人材を積極的に活用する制度、採用された研究者の研究を推進するための環境整備などについて検討をすすめている。

優秀で流動的環境を是とする若手には「自らの技術を社会に役立てたい」という動機をかなえられるよう、スピンアウトを促進するようなインセンティブのある人事制度の導入なども検討に値するのではないか？

- 連携インセンティブの検討に加え、産総研としてベンチャー支援制度を整備していて、ベンチャー立ち上げの支援、休職出向などの制度を整備している。

H29年度 評価コメントへの対応 (2)

論文以外の評価軸として、プラットフォームやフレームワーク、標準でのリードを、論文と同等もしくはそれ以上と位置づけてはどうか？

- ご指摘の通り。知財の移転や標準化への貢献など多様な評価軸で評価を行っている。

AI研究を世界レベルと比較してどのようなレベルにあるのかを把握していく必要がある。世界トップクラスとのベンチマークをもっとやるべきではないか。

- AIに関連するコンペへの参加により、世界での立ち位置を検証しており、物体の認識や自己位置同定の手法で上位を獲得している。領域が運営しているABCiも、省エネ計算や最適化計算でスパコンランキング世界上位に入っており、深層学習計算で世界最高速を記録するなど、AI研究のプラットフォームとして研究のベンチマーキングに活用されている。

領域が目標数値を大幅にクリアしたことは非常に良いことだが、一方で目標設定が控えめ過ぎないかも検討すべき（大幅にクリアした理由、一時的かどうかなどの分析が必要）

- 領域として戦略部が民間出身のイノベーションコーディネータや連携人材により、企業への共創コンサルティングや共同研究の実施に取り組んできたことが結果して目標を大幅に上回る民間資金導入につながった。
- 目標を上方修正し、より高い目標について取り組みを続けている。

1-(3) 研究開発の概要



1. 第4期中長期目標期間の計画とロードマップ

(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。

(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。

(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。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。

(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

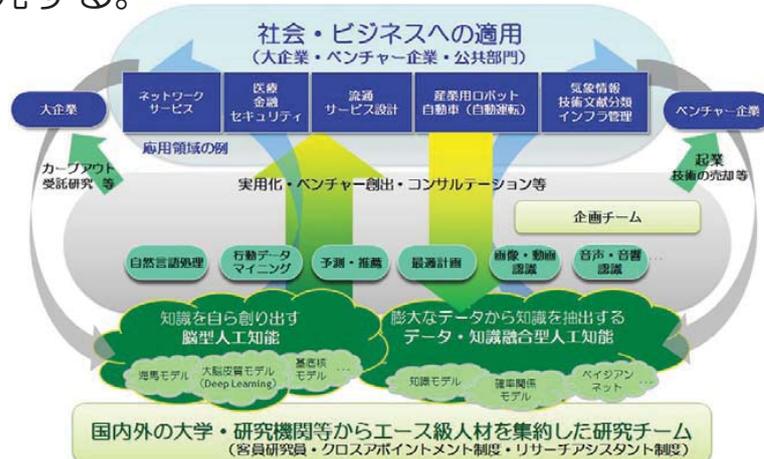
介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発する。また、環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術を開発する。

	第4期					第5期		産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現
	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度以降		
(1)	脳型人工知能・データ知識融合 共有AIプラットフォーム技術 (Nairobi → AAIC → ABCI)					共進化AI ・説明可能なAI ・AIの品質保証	・人とAIが共存共栄できる社会の実現 ・ミッションクリティカルな分野へのAI展開	
(2)	次世代メディアコンテンツ生態系技術 汎用的なデータ処理秘匿化技術 人工知能の品質保証、コネクテッドカーのためのセキュリティリスク評価法					・新しい価値・サービス創出技術 ・セキュアなデータ処理 ・セキュリティ評価分析	・次世代のコンテンツ/クリエイティブ産業の養成 ・産業や社会システムの高度化・高安全化	
(3)	ニューロリハビリテーション技術 ドライバー状態の評価、健康起因事故撲滅への医工連携 歩行・走行の計測評価とランニング義足 人間拡張技術					・脳卒中患者の回復支援 ・自動車の人間中心設計 ・介護、健康、就労支援	・人の能力・生活の質を向上 ・自動運転社会の実現 ・医療費等の社会コスト低減、IoT化による産業拡大	
(4)	生活支援ロボット等の効果安全基準策定評価事業 介護ロボット技術 自動走行を活用した端末交通システム 災害対応・インフラ維持管理・大型構造物作業でのロボット作業技術					・高齢者・介護者支援技術 ・端末交通システム ・過酷環境対応ロボット技術	・高齢者の機能と活動を向上 ・ドライバ不足の解消・コスト抑制 ・過酷環境での作業改善	

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

概要

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

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

- 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。

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
H27-29年度	<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。 	<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。
H30年度 (今年度成果)	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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)
H31年度 (成果見込み)	<ul style="list-style-type: none"> 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"> 公的かつオープンで、AI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、莫大な演算能力によりはじ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、国際競争力のあるトップノッチ成果の創出とその普及推進、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、に取り組む。

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

概要

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

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

- 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・安心を保证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
H27-29年度	<ul style="list-style-type: none"> 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」、H28年度から5年間実施）を獲得。 音楽理解技術とそれに基づく音楽連動制御技術を研究開発し、H30年度までにIF付き国際論文誌3件、国際会議（Google Scholarのカテゴリ上位20位内）24件の学術成果を挙げた。 「Songle Sync」と「Lyric Jumper」（歌詞配信事業者と連携）について平成28年度と29年度にプレス発表を実施。実証実験等の成果が108件報道された。 「Lyric Speaker」の製品発売（H28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のIFSTTARの国際比較で最高評価獲得。 	<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。 暗号分野のトップ国際会議PKC 2018に採録。解読アルゴリズムの理論的根拠付けに成功。前述の世界記録達成と解読アルゴリズムの正当性が学術界で正式に認められた。 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 (今年度成果)	<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 Canvas」の製品発売（H30年度）。 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"> JST-CREST加速フェーズ採択（H31-32年度・3億/3年・研究代表者：花岡） 関数暗号、IDベース暗号、匿名認証等の高機能暗号について、安全性と効率性を両立するパラメータ設定手法等を明らかにし、厳密な性能評価および安全性評価を実施。暗号理論分野トップ会議、人工知能分野トップ会議NIPS 2018に採録、その他ESORICS 2018, AsiaCCS 2018等に採録。CSS 2018 最優秀デモンストレーション賞、PWS 2018優秀論文賞。 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。
H31年度 (成果見込み)	<ul style="list-style-type: none"> 音楽推薦技術に基づくサービスを公開して実証実験を実施予定。 複数の企業との資金提供型共同研究を実施予定。 	<ul style="list-style-type: none"> AI品質保証のプロジェクトの大型化を進め、具体的な品質管理プロセスを設計し、既存の安全性・品質規格などと整合したガイドライン案、品質確認ツールを公開予定。産業界でのAI実用事例でその有効性の評価を予定。

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

概要

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

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

- 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。

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
H27-29年度	<ul style="list-style-type: none"> 健康起因交通事故撲滅のためのドライバー体調急変検出技術の開発 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（PDR: Pedestrian Dead Reckoning）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。 	<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、陸上パラ協議のルール変更に貢献 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（インパクトファクターの総計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
H30年度 (今年度成果)	<ul style="list-style-type: none"> 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、てんかん発作を検知できる可能性を得た。 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"> 企業共同研究、8か所での実証実験を実施 リハビリ中の脳活動変化を計測できるfNIRS（近赤外線機能計測法）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（インパクトファクターの総計109）等多数の論文成果
H31年度 (成果見込み)	<ul style="list-style-type: none"> 取得データをもとに企業が、疾患検知システムを開発し、実装することが期待される。 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の実現、10軸センサとICタグリーダを備えたゴビ社製IoHセンサの製品開発協力及び高精度測位・動作認識機能のIoHセンサシステムへの実装等 	<ul style="list-style-type: none"> リハビリ中の脳卒中患者に対してfNIRSによる脳活動計測を試行し、エビデンスを蓄積

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

概要

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。



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

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

- 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。

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
H27-29年度	<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 	<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
H30年度 (今年度成果)	<ul style="list-style-type: none"> 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"> 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
H31年度 (成果見込み)		<ul style="list-style-type: none"> 世界トップレベル会議での論文採択を目指すとともに、これまでの成果を橋渡し前期フェーズへと移行させることを目指す（コンピュータビジョン） 熟練作業者の知見を定式化する作業認識技術を構築し、特許申請とともに技術移転を行う

2. 「橋渡し」のための研究開発



2. 第4期中長期目標期間の特筆すべき成果（見込みを含む）

【目的基礎】

- ・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、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**（H28年度）、産総研で**1年以上記録を保持**し、H30にはTOP8を産総研で独占
- ・暗号分野の**トップ国際会議PKC 2018**に採録。解読アルゴリズムの理論的根拠付けに成功。前述の世界記録達成と解読アルゴリズムの正当性が学術界で正式に認められた
- ・汎用的なデータ処理秘匿化技術に関する研究について、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）
- ・義足研究の知見を生かし、**陸上パラ競技のルール変更に貢献**
- ・運動機能回復に関わる研究で国際原着論文**59報**（IF総計218）等多数の成果を発表し、**新聞7誌で報道**
- ・RotationNetにより三次元物体検索の国際コンペ SHREC 2017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 IRIS 2017で**Best Paper Award**を受賞

【橋渡し前期】

- ・人流計測技術を用いた新国立劇場の避難訓練が**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**
- ・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を**実用化**（H31年度）
- ・音楽理解技術とそれに基づく音楽運動制御技術を研究開発し、H30年度までに**IF付き国際論文誌3件、トップ国際会議24件**の学術成果。
- ・一体感のある演出ができる大規模音楽運動制御プラットフォーム「Songle Sync」とWebブラウザ上で様々な歌詩に出会える歌詩探索ツール「Lyric Jumper」についてH28年度とH29年度に**プレス発表**を実施、**108件報道**
- ・歌詩を魅せる新感覚のスピーカー「Lyric Speaker」の**製品発売**（H28年度）
- ・音楽推薦技術に基づくサービスを公開して**実証実験を実施予定**（H31年度）
- ・**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（H29年度）

【橋渡し後期】

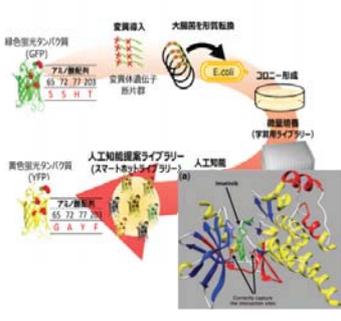
- ・車両位置測位技術が歩行者自律測位技術ベンチマーク標準化委員会のIFSTARの国際比較で**最高評価獲得**
- ・健康起因交通事故撲滅のためのドライバー体調急変検出技術の開発、筑波大学付属病院、東大、企業11社を含む**医工連携研究開発**のコンソーシアムで、企業との大型共同研究を実施（民間企業からの提供資金合計約**2億14百万円**）
- ・ロボット介護機器18機種が上市され、**累計販売額は50-100億円規模**を達成
- ・ロボット介護機器の安全基準、効果性能基準に関する国際標準案をISO TC173に提案
- ・工場での生産前に必要となる生産準備作業を大幅に効率化するAI技術を開発、プレスリリースは発表後**初動3日間で1,000件を突破**



3. 平成30年度の代表的成果と特筆すべき成果

バイオ分野への人工知能技術適用

- 新薬や機能素材などの有用物質を短時間で発見、合成するための人工知能技術を開発
- 2種類の深層ニューラルネットを組み合わせ、薬剤とタンパク質に対する高精度（既存手法に比べ3%~10%向上）の結合予測手法を開発
- 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



大規模AIクラウド計算システム「ABCI」の構築と運用

- 人工知能処理向けの大規模・省電クラウド基盤として、AI 橋渡しクラウド (ABCI) を構築
- 省電力のGPUを4352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直接冷却することで、実運用される中で世界トップクラスの省電クラウド型計算システムを実現
- 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
- 企業と共同で深層学習モデルの学習速度の世界記録を更新



【目的基礎】

- ・タンパク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**）
- ・関数暗号、ID ベース暗号、匿名認証等の高機能暗号について、厳密な性能評価および安全性評価を実施。暗号理論分野**トップ会議**（IACR主催国際会議）に計7件、**人工知能分野 NIPS 2018**に各採録。**CSS 2018 最優秀デモンストレーション賞**、**PWS 2018優秀論文賞**
- ・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** 「高度機能暗号およびその秘匿検索技術への応用に関する研究」受賞

【橋渡し前期】

- ・一体感のある演出ができる大規模音楽運動制御プラットフォーム「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
- ・歌詩を魅せる新感覚のスピーカー「Lyric Speaker」が**日本最大級の広告賞**にてACCゴールドを受賞

【橋渡し後期】

- ・ABCIにおいて**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）
- ・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、車載/IoT機器にて比較評価。IF付き国際論文誌に採録 **関西センター**
- ・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
- ・工場での生産前に必要となる生産準備作業を大幅に効率化するAI技術を開発、プレスリリースは発表後**初動3日間で1,000件を突破**

2.-(1) 「橋渡し」につながる基礎研究 (目的基礎研究)

目的基礎研究 歩行・走行の計測評価技術と ランニング義足開発

健康維持のために「歩く」ように仕向ける



健康寿命は平均寿命より12歳も短い¹⁾

されている。このような転倒予防法による転倒の発生に関連する身体属性や運動機能を中心とした危険因子を抽出してゆくことは、今後の転倒予防対策への貴重な提言になるものと思われる。

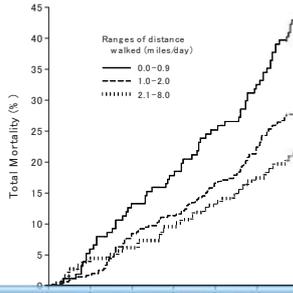
5年間の追跡調査から527名中108名(20.5%)の複数回転倒経験者(F)が確認された。この108名と1回以下の転倒者(419名;NF)との間で初回項目のうち、有意水準が1%のレベルで差の認められたものは、自由歩行速度、最大歩行速度、握力、総合的運動能力得点、および老研式活動能力指標総得点であって、いずれもNF群に比べて劣っていた。

地域高齢者における転倒を歩行能力との関連についての報告はこれまでもいくつもなされている²⁾が、なか

歩行速度が転倒リスクの予測因子である³⁾

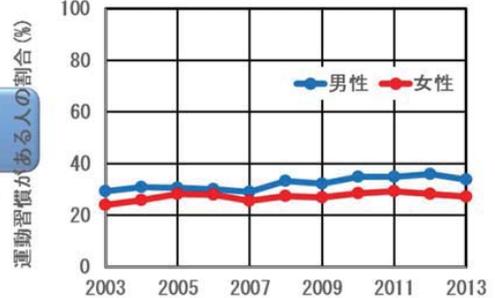


歩けなくなることが大きな要因²⁾



日常的な歩行習慣が運動機能維持に貢献する⁴⁾

それでも、3割の人しか運動していない



運動習慣のある人の割合

残り7割の人が、歩き始め、歩き続けるようにするための支援技術

1) 平均寿命：厚生労働省「平成25年簡易生命表」健康寿命：厚生労働省「平成25年簡易生命表」「平成25年人口動態統計」「平成25年国民生活基礎調査」総務省「平成25年推計人口」より算出。2) 平成25年厚生労働省 国民生活基礎調査より (ロコモチャレンジWebサイトより転載 (https://locomo-joa.jp))
3) 鈴木隆雄(ほか)：地域高齢者の転倒発生に関連する身体的要因の分析的研究 - 5年間の追跡研究から、日本老年医学会雑誌, 36(7), 472-478,(1999)
4) Hakim, A. A., et. al: Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men, The New England J. of Medicine, 338(2), 94-99, (1998).

健常者歩行DBと分析、再構成技術



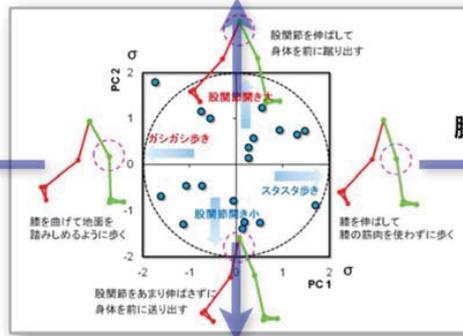
500名分以上の歩行データ

- 年齢, 性別, 身長, 体重, 運動経験, 転倒歴, etc
- 300件以上のDL実績

和文誌、論文賞受賞 (2018)

主成分行列による歩行特徴分類と歩容再構成

腰回りの筋を使うドシドシ歩き



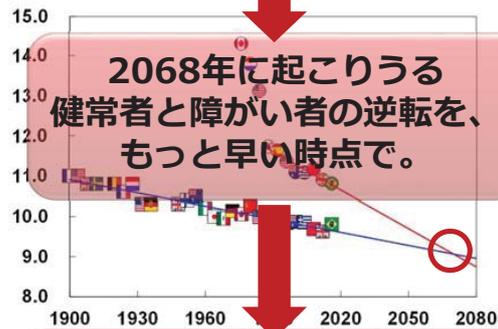
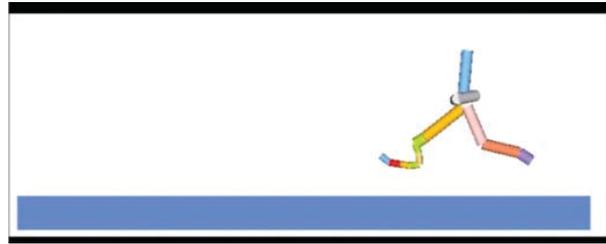
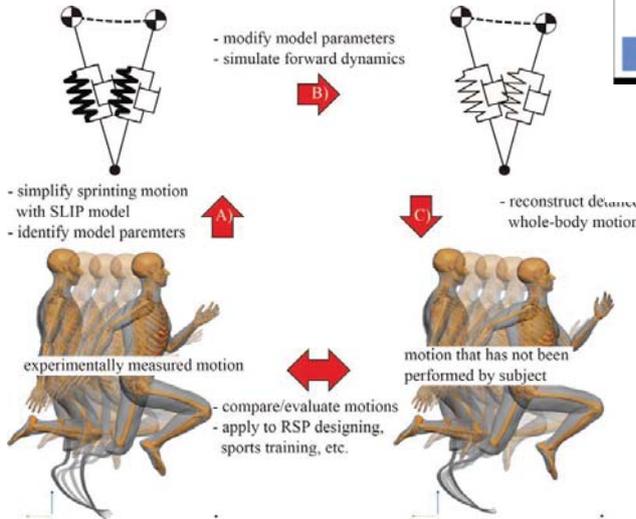
膝の衝撃吸収が大きい
ガシガシ歩き

膝の衝撃吸収が小さい
スタスタ歩き

腰回りの筋を使わないチョコチョコ歩き

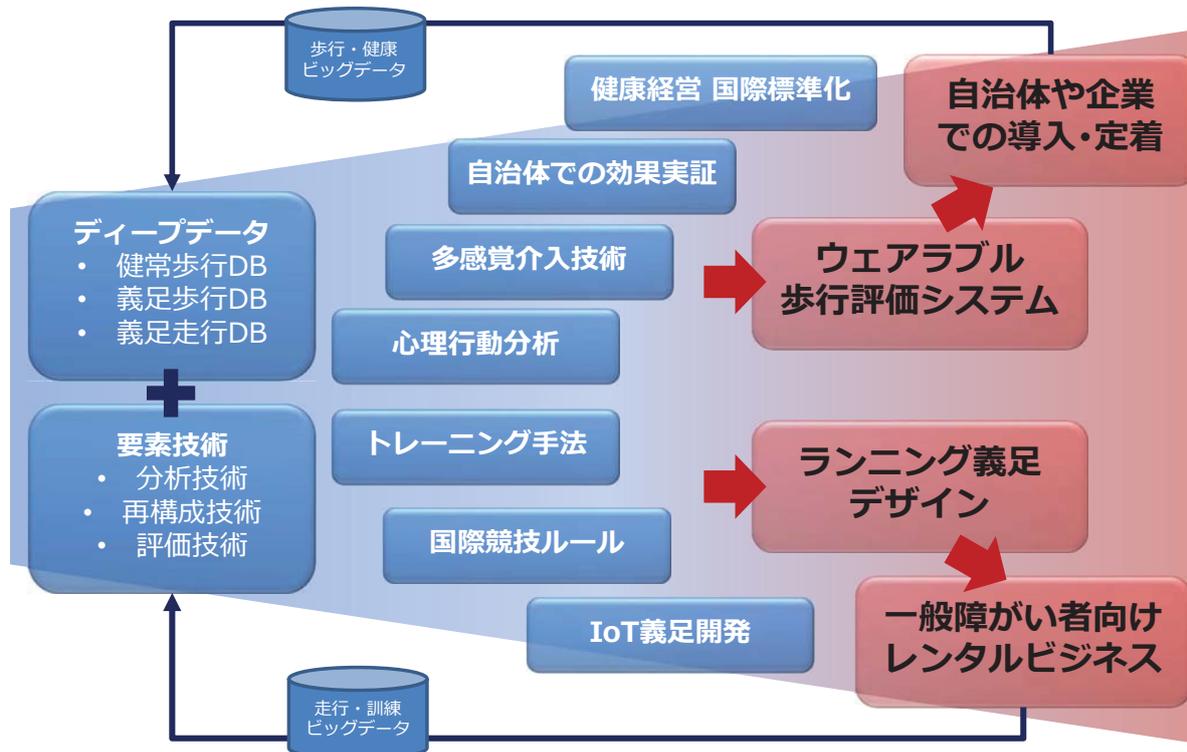
パラリンピックに向けた義足開発

倒立バネ振子モデルを用いた
シミュレーションと
義足デザインシミュレーション

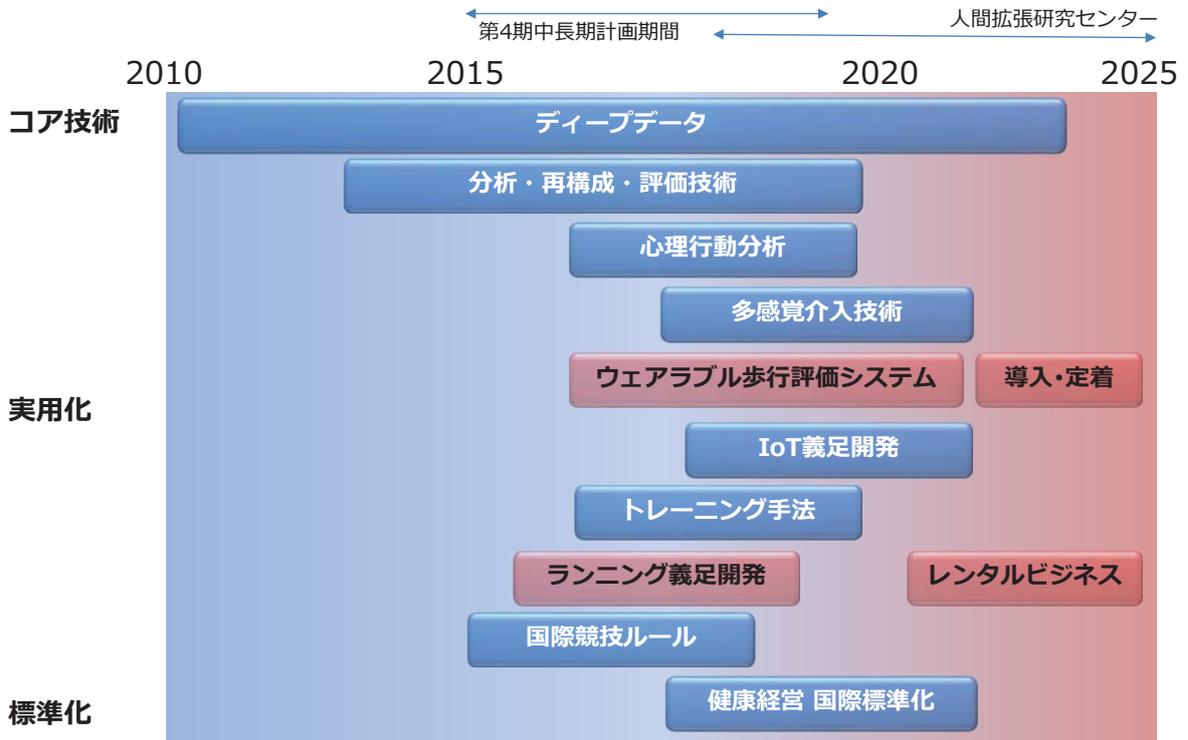


障がい者が、走ってみたい
なる契機と産業を。

目的基礎から橋渡しへ



研究開発ロードマップ



平成27～30年度の研究成果実績

- IF付き英語論文：26本
- 受賞：6件（うち、海外2件）
- 招待講演・基調講演：35件（うち、国際会議10件以上）
- 新聞報道・TV報道：100件以上（うち、海外30件）

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

大型構造物組立現場の課題

- 航空機や住宅などの大型構造物組立現場は、組立途中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、既存のロボットの導入が困難で自動化が進んでいない
 - ✓ エアバス社の航空機組立は70%が人手作業
 - ✓ 住宅建築の工程の内、車輪型を適用可能な工程は45%
- 人が行うことが不適切な作業の自動化、技能労働者不足の解消が求められている
- 建設業就労者数が最も多かったピーク時に比べて30%以上減少という深刻な人手不足

リベット打ちのような
単純繰り返し作業

人間工学的に不適切な上向き、下向き作業

重負荷作業

高所などの
危険作業

組立によって刻々と
変化する環境

物体の見え方や
照明条件も一定でない



狭隘な空間での作業

組立途中のため、
車輪では移動できない

赤字：人が行うべきでない作業
青字：既存のロボットが導入できない要因

課題解決のアプローチと技術課題

これまでのアプローチ

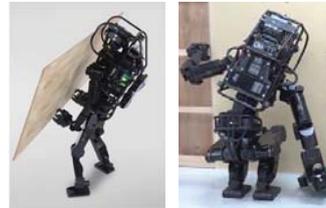
アシストロボットによる軽労化や
専用ロボットによる自動化



積水ハウスプレスリリースより

本課題のアプローチ

人に類似した身体構造を有するヒューマノイド
ロボットによる自動化及び技能労働者不足解消



技術課題



- ① 悪条件（見え方、照明条件、背景等）でもロバストな物体検出
- ② 組立途中の非整備で狭隘な環境での移動や作業
- ③ 物理世界で活動するロボットにも適用可能なソフトウェア高信頼化手法
- ④ 実作業を遂行可能な能力を備えた身体の実現

Boston Dynamics社Atlasとの違い

Atlas

走る、ジャンプするなど究極の運動能力を目指した「アスリートロボット」

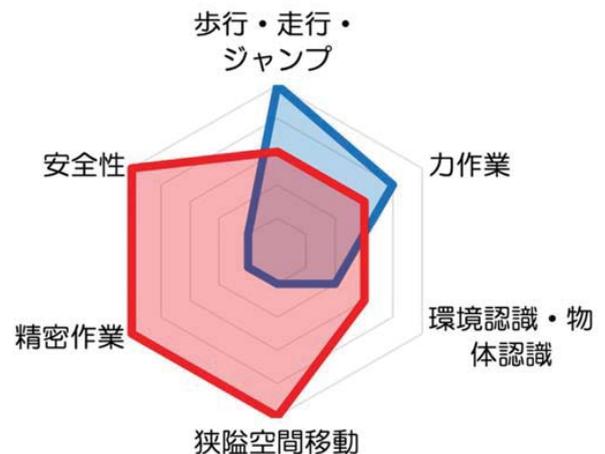


Boston Dynamics社のYouTube動画より

本課題で目指すロボット

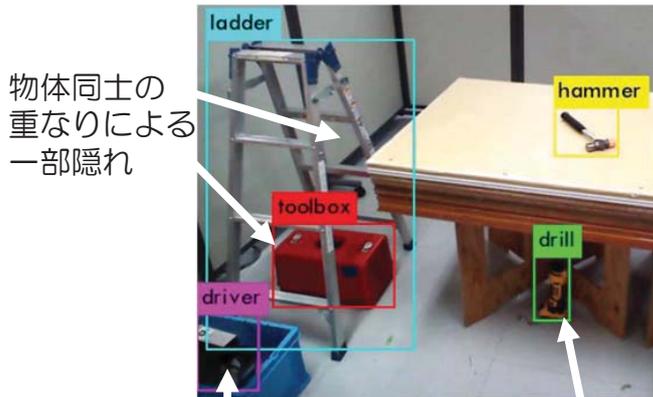
非整備環境において移動、複雑・精密作業ができ、人と一緒に働ける「頼れる同僚ロボット」

■ Atlas ■ 本課題で目指すロボット

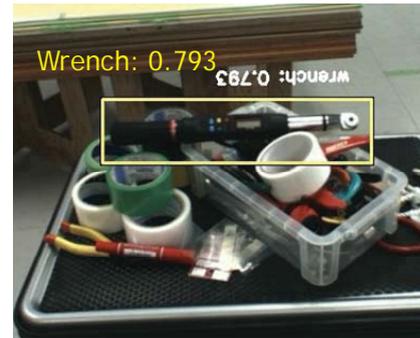


① 環境計測・認識技術

- 課題：物体の見え方、照明条件、背景等の条件が一定でない非整備環境において、物体の位置と種類を検出する
- 手法：作業現場に適した画像DBを構築、深層学習を適用



視野端に写ったことによる一部隠れ 悪照明条件



複雑背景

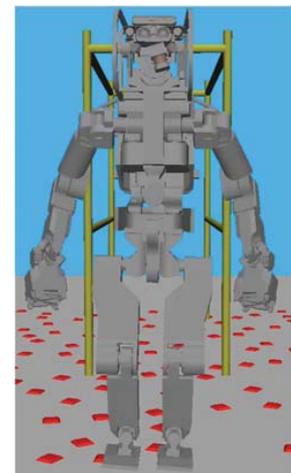
→ これらの条件においても90%以上の高精度で対象物体を認識

② 環境計測データに基づいた ロボスト多点接触運動技術

- 課題：誤差を含む環境計測データに対して、ロボストに動作を実行する
- 手法：接触状態に応じて動作時間を伸縮可能な高速な動作生成と制御

オンライン多点接触動作生成アルゴリズム

- 重心高さの変動を考慮した高速3次元重心運動生成アルゴリズム(1.6s未来の軌道を5msのサンプリングで逐次生成するのに60us)
- 接触状態に応じた動作時間の伸縮による適応動作



③ ロボットシステム高信頼化技術

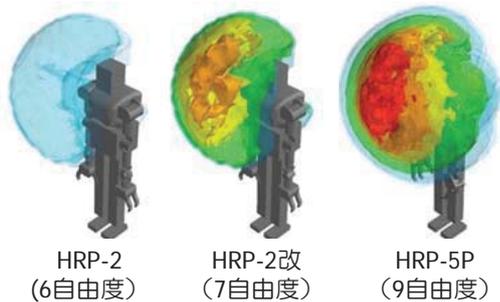
課題：大規模（25万行程度）なソフトウェアを搭載し、**実世界で動作する**ロボットシステムが対象

手法と成果：

- シミュレーター上で定期的にロボットタスクを自動実行させ結果を記録・確認
 - 実行時監視ツールと連携し多くの不具合を同定・修正
- 大規模プログラム（Java, C++）の回帰エラー原因を自動同定可能に
 - オブジェクト指向言語特有の依存性をルール化
 - 効率と精度を大幅に向上させるとともに、パッチ抽出も可能に
- メモリ破壊や浮動小数点例外を実行時に捕捉するツールを開発
 - 検査対象を選択的に指定できるようにし、原因の特定を効率化

④ ロボットシミュレータChoreonoidを用いたロボット設計

腕部軸構成の検討

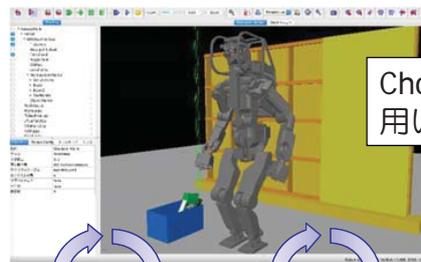


HRP-2
(6自由度)

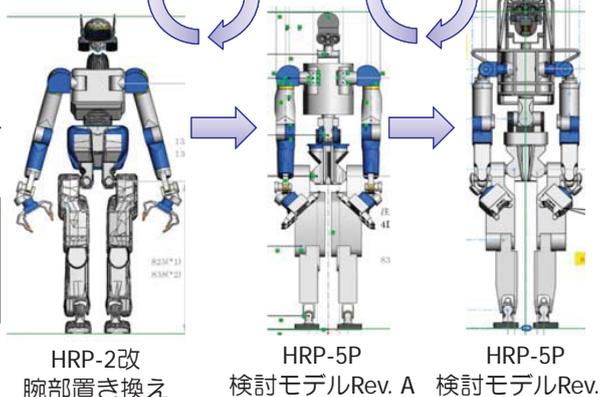
HRP-2改
(7自由度)

HRP-5P
(9自由度)

搭載コンポーネントの検討、重量、ボリュームの試算、形状、可動範囲検討等



Choreonoidを用いた性能検証



HRP-2改
腕部置き換え

HRP-5P
検討モデルRev. A

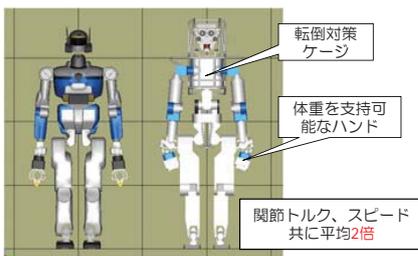
HRP-5P
検討モデルRev. I

④ 人間と同じ重労働が可能な 人間型ロボット試作機 **HRP-5P**



- 建築現場や航空機・船舶など大型構造物組立での人間型ロボットの実用化に向けた研究開発を加速するための **産学連携プラットフォーム**
- ハイパワー、多自由度、広い関節可動範囲により、**HRPシリーズ最高の身体能力**を持ち、**畳大の重量物**（例：1.82x0.91m, 約11kgの石膏ボード）をハンドリングできる身体

④ 多自由度化、可動範囲拡大による 人動作模擬能力の拡大



HRP-2改		HRP-5P
170cm	身長	182cm
65kg	体重	101kg
32 (脚6、腕7、腰2、首2、ハンド1)	関節数	37 (脚6、腕9、腰3、首2、ハンド1)
36 (股、膝ツイン駆動)	モータ数	47 (腰、股ツイン駆動、膝 トリプル 駆動)

HRP-2改 との比較



90度以上の前屈



前後180度開脚



腰高さ程度の台への乗り上げ



HRP-5Pによる 石膏ボード壁面施工の自律実行

- 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



研究・広報成果

- 平成27年度～平成30年度
 - Google Scholar サブカテゴリ Top20の国際会議論文:29報
 - 国際論文誌論文:8報（平成30年度:2報）（平成30年度:9報）
 - 特許登録:3件
- 平成31年度予定
 - Google Scholar サブカテゴリ Top20の国際会議論文:7報
 - 国際論文誌論文:3報
- HRP-5Pプレス発表（平成30年9月27日）
 - YouTube産総研チャンネルでの動画再生回数:105万回
 - 新聞・Webニュース等:19件以上
 - 国内外の主に建設業の企業からの問い合わせ:12件

（平成31年1月末時点）

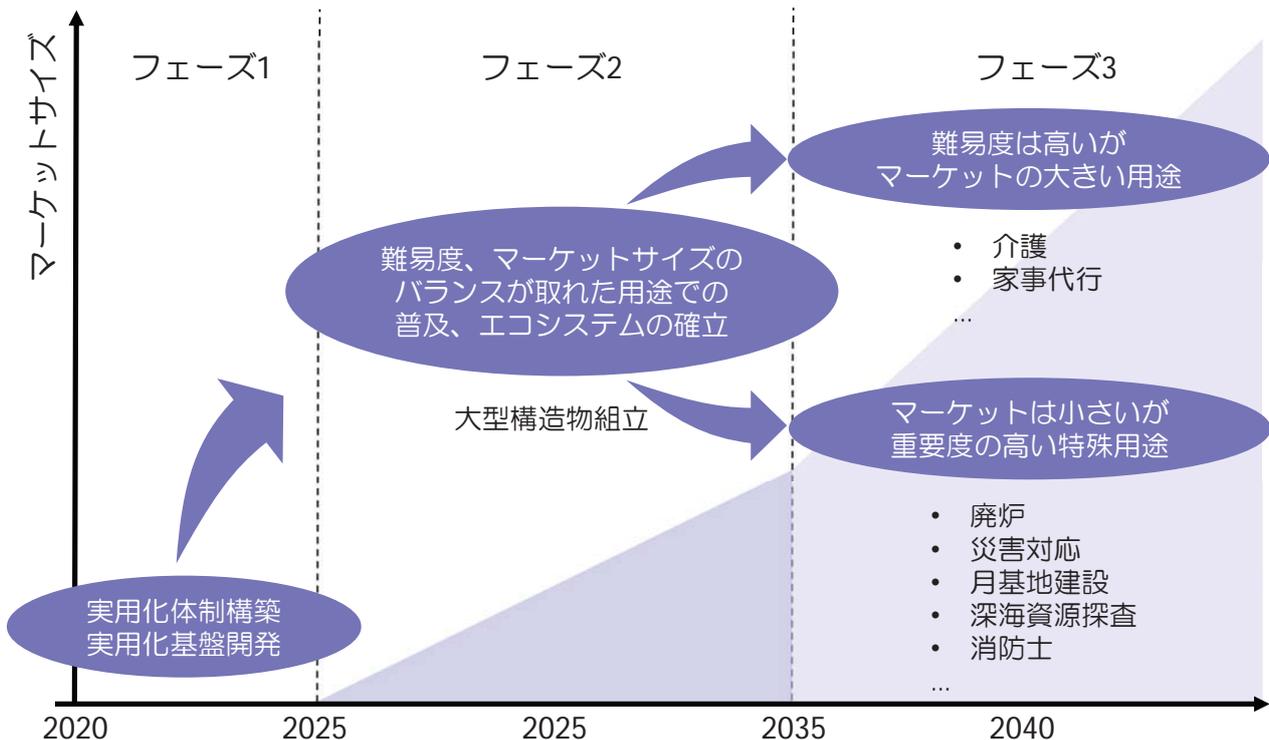
研究開発体制



戦略予算
身体と知能の開発

CNRS, Airbus	民間共同研究JRP 狭隘空間での全身マニピュレーション技術
CNRS, Airbus, DLR他	H2020 COMANOID 狭隘空間での全身を用いた移動技術
竹中工務店	民間共同研究 建設足場へのヒューマノイドの適合性検証
NEDO	次世代人工知能・ロボット中核技術開発 物体検出、多点接触運動、高信頼化技術
日本学術振興会	科研費 狭隘空間での全身を用いた移動技術

ロードマップ

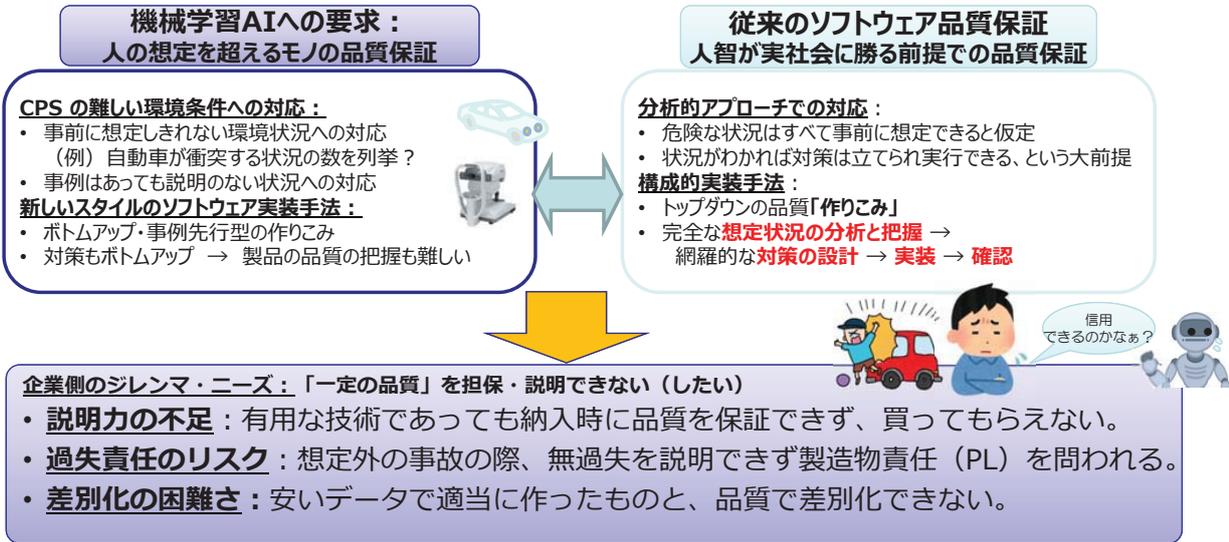


2.-(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

「橋渡し」研究前期 人工知能の品質保証に関する研究開発

機械学習AIの品質にまつわる課題

- 従来のソフトウェア工学の品質管理手法が通用しない。
- ビジネス活用、サプライチェーンへの大きな課題。



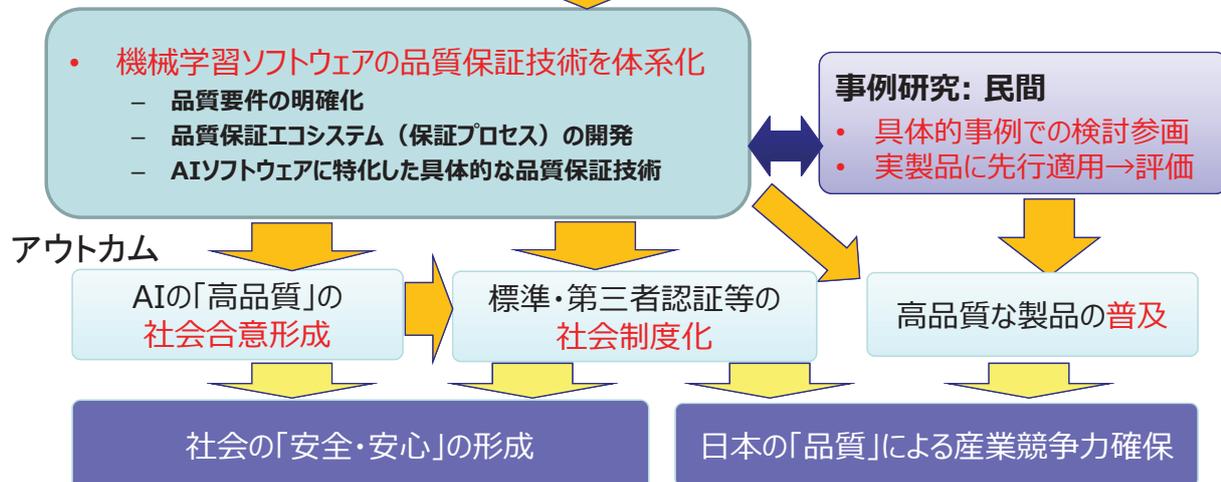
機械学習AIの品質保証

背景

企業側のジレンマ・ニーズ：「一定の品質」を担保・説明できない(したい)

- **説明力の不足 過失責任のリスク 差別化の困難さ**

我々の取り組み

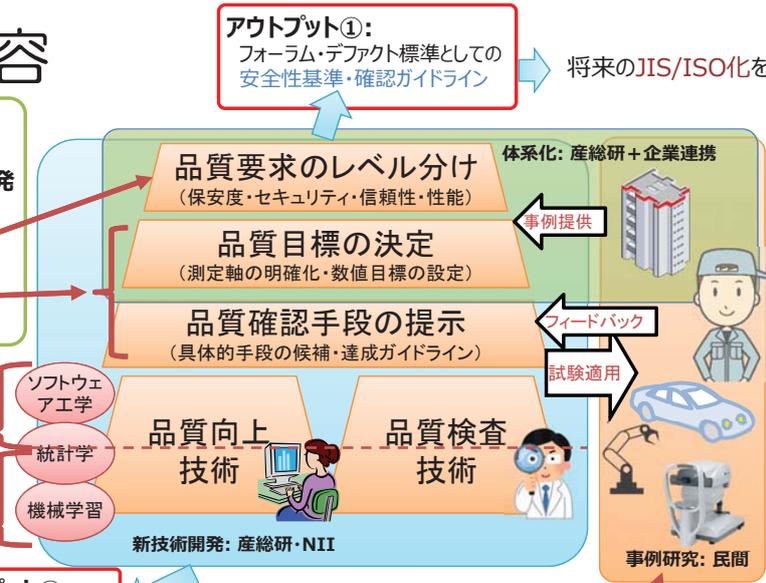


研究開発内容

実施項目1:
品質要件の明確化に関する研究と
品質保証エコシステム（保証プロセス）の開発

- 1-1: AI利用製品の品質要件の明確化と
レベル分けに関する研究
- 1-2: AI利用製品の品質保証のための
実装プロセスに関する研究

**AIソフトウェアに特化した
具体的な品質保証技術**
実施項目2: AIの品質を実装時・検査時・
実用時それぞれで管理し担保する
技術の研究開発（短期）
実施項目3: 高品質AIシステムのための
AI基礎技術の研究開発（中長期）



アウトプット①:
フォーラム・デファクト標準としての
安全性基準・確認ガイドライン

将来のJIS/ISO化を想定

アウトプット②:
具体的技術・ツール

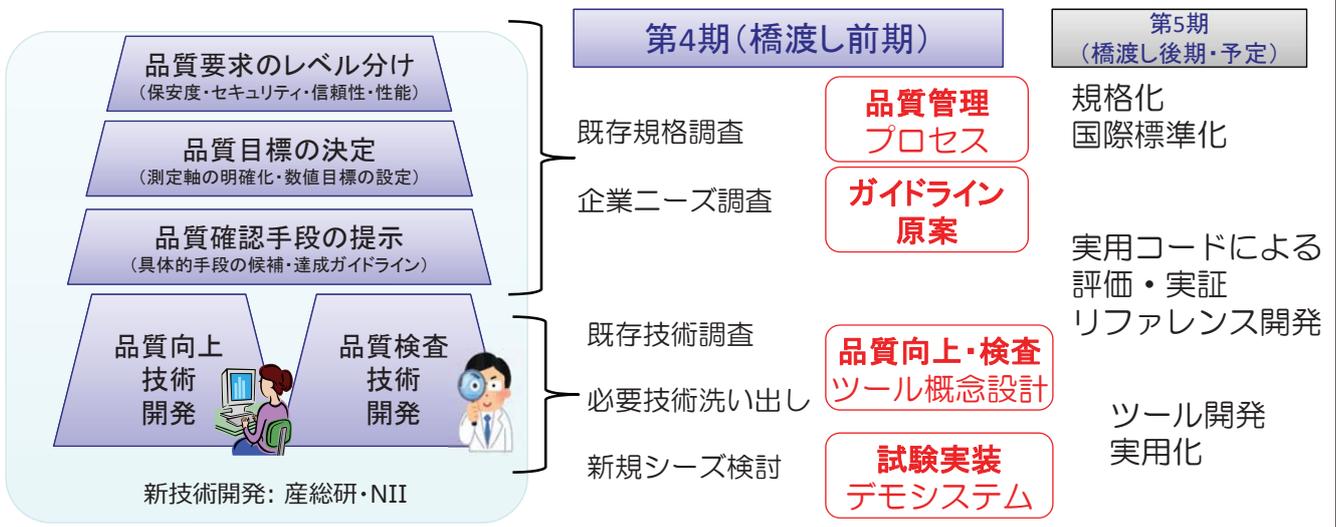
実施項目4: 製品レベルでの品質保証実証研究
グランドチャレンジを設定し、実応用を研究として実施

アウトカム③:
産業界の技術力・
国際競争力強化

- ・ 社会基盤としての基準作りと、それを実現する技術をセットで並行開発
- ・ 産業界との密接な連携
- [先導研究から] 企業との連携による実事例分析・基準作りへの反映
- [本格研究から] 実事例での実際の技術適用とフィードバック

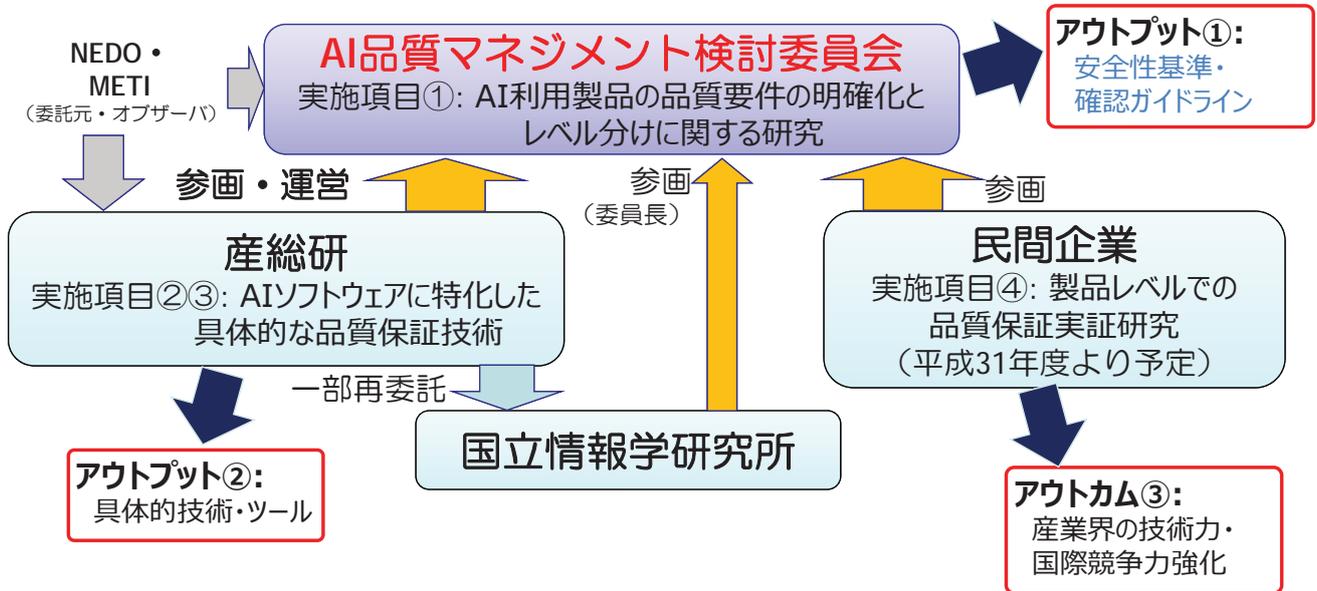
研究開発目標

平成30～31年度: 品質管理プロセスの設計、ガイドライン原案の作成、
品質確認のための技術要素洗い出し、技術シーズの創出
平成32年度以降: (橋渡し後期フェーズ) ガイドライン原案の標準化、
品質管理ツールの研究開発、実用ケースを用いた有用性検証と実用化



研究開発体制

NEDO「次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野」
 ⑦「次世代人工知能技術の社会実装に関するグローバル研究開発」
 研究開発テーマ「機械学習AIの品質保証に関する研究開発」



品質マネジメント検討委員会メンバー（参考）

氏名(敬称略)	所属
中島 震	国立情報学研究所 教授 (委員長)
岡本 球夫	パナソニック(株) プロダクト解析センター 電気ソリューション部 システム安全設計課
土屋 哲	富士通(株) AIプラットフォームサービス事業部 事業部長
中川 雄一郎	(株)日立製作所 システムイノベーションセンタ システム生産性研究部 ユニットリーダー
福島 真太郎	(株)トヨタIT開発センター ソリューション研究部 データ解析G シニアリサチャー
誉田 直美	日本電気(株) ソフトウェアエンジニアリング本部 主席品質保証主幹
鈴木 知道	東京理科大学 理工学部 経営工学科 教授
妹尾 義樹	産業技術総合研究所 人工知能研究企画室 室長 (副委員長)
大岩 寛	産業技術総合研究所 サイバーフィジカルセキュリティ研究センター ソフトウェア品質保証研究チーム長

開発技術の現状

平成30年度の成果:

- ガイドライン文書第1案の策定
 - 品質管理フレームワーク設計
 - 品質分類・レベル分け第一次案
 - 品質確認フレームワークの草案
- 既存技術の品質保証適用マップ
 - 技術分野ごとの充実度
 - 既存技術の応用可能性調査
 - 不足技術・技術ニーズの抽出
- 実証研究準備
 - 企業ニーズ調査完了
 - グランドチャレンジ候補選定

平成31年度の見込み:

- ガイドライン文書の策定・公開
 - 品質管理フレームワーク設計・品質分類・レベル分けに関する規格案文書の公開
 - 必要な品質要件と技術セットの提示
 - 一部応用についての具体的な設計指針・検査指標の設定
 - 実用AI応用事例に基づくガイドライン評価と精緻化
- 品質保証ツール群の整備開始
 - 既存ツールのカバレッジ評価
 - 不足分についての新規ツール群のプロトタイプ設計・実装
- 長期研究のロードマップ策定
- 実証研究開始

本プロジェクトを起点にした展開

- 国際標準化
 - ISO/IEC JTC1 SC42 でAI技術の信用性 (trustworthiness) に関する議論が開始。
 - 31年度初頭よりWGへのインプットを開始する見込み。
 - 海外機関(ドイツDFKI等)と連携して標準化を目指す。
- 国内での実用展開体制の構築
 - 民間企業と共同で**実用を前提とした基準・ガイドライン**を策定。
 - 31年度より産業界の実事例を用いた評価研究を並行して行い、ガイドラインの内容に反映する。
 - IPAなどと連携して、国内の基準作りや認証・サポート体制の構築を進める。
- 革新的な技術開発・技術イノベーションの創出
 - 「信頼できるAI」の研究を「研究の出口の創出」により加速。
 - 新たなAI研究分野の創出により技術開発を加速する。

ABCI

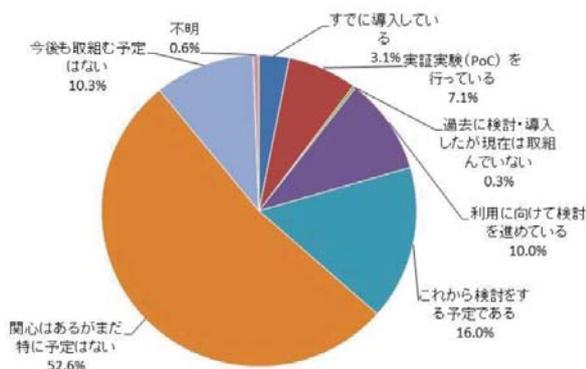
橋渡し研究前期

大規模AIクラウド計算システム「ABCI」の構築と運用

課題：AI技術開発・導入におけるにわとりたまご問題

AIへの関心と導入状況：

「既に導入している」はまだ3.1%。
「実証試験を行っている」7.1%を合わせて1割程度。



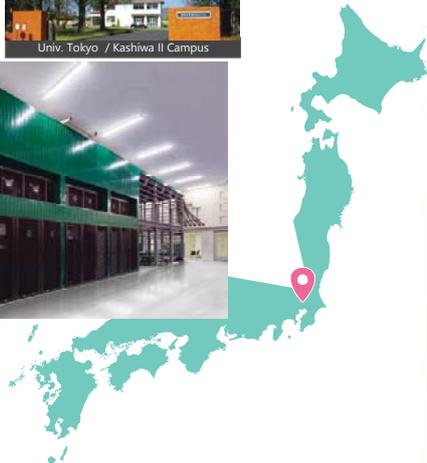
(出典) 情報処理推進機構「AI社会実装推進調査報告書」
(2018年6月19日) より作成



↓ 様々なレベルで問題

- 目的基礎：
 計算機パワーや大量データに支えられて先行してきた米中の技術開発に対抗できない
- 橋渡し：
 培ってきた要素技術はあるが、「試す場」がなく、実社会規模の問題にスケールできない
- より一般には参入障壁が高く、そもそも試したことがない

世界最大級・超省電力・オープン A I インフラストラクチャ



ABC I AI Bridging Cloud Infrastructure

- 経産省「人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業」（H28二次補正）の一環として整備
- 我が国における産学官共同によるA I 研究開発を加速するオープンイノベーションプラットフォーム
- 高い計算能力を活用した人工知能技術の研究開発・実証、社会実装の推進、A I 分野の最重要課題への挑戦が目的

理論ピーク性能：
550 PFLOPS (半精度)
37 PFLOPS (倍精度)

実効性能：
19.88 PFLOPS (TOP500 5位, 国内1位)
14.423 GFLOPS/W (GREEN500 4位, 国内2位)
508.85 TFLOPS (HPCG 5位, 国内2位)

使用電力(最大) : 2.3 MW
 年間平均PUE : 1.1以下 (推定値)

2018年8月1日運用開始

世界トップクラスの実運用される 省電力クラウド型計算システム

Top500 (Nov 2018) Linpack性能

Rank	System	Rmax
1	Summit (米)	143.5PF
2	Sierra (米)	94.6PF
3	Sunway TaihuLight (中)	93.0PF
4	Tianhe-2A (中)	61.4PF
5	Piz Daint (瑞)	21.2PF
6	Trinity (米)	20.2PF
7	ABC I (日)	19.9PF
8	SuperMUC-NG (独)	19.5PF
9	Titan (米)	17.6PF
10	Sequoia (米)	17.2PF

HPCG (Nov 2018) 共役勾配法性能

Rank	System	HPCG
1	Summit (米)	2.9PF
2	Sierra (米)	1.8PF
3	K computer (日)	603TF
4	Trinity (米)	546TF
5	ABC I (日)	509TF
6	Piz Daint (瑞)	497TF
7	Sunway TaihuLight (中)	481TF
8	Nurion (韓)	391TF
9	Oakforest-PACS (日)	385TF
10	Cori (米国)	355PF

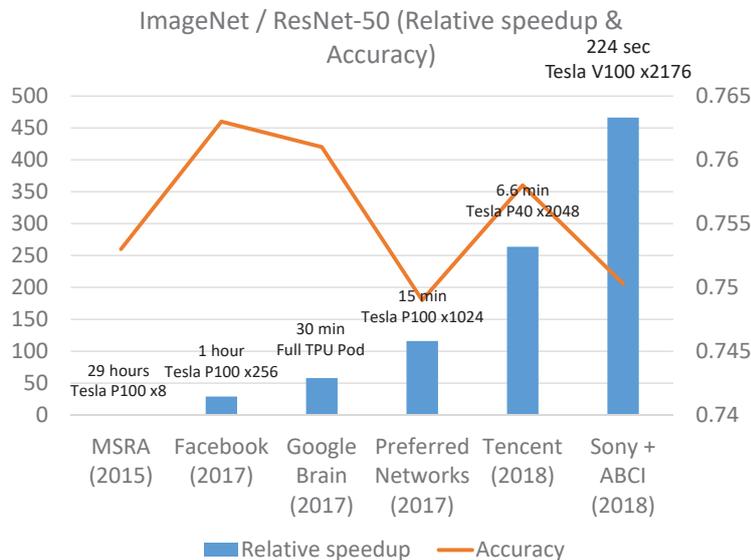
Green500 (Nov 2018) 省エネ性能

Rank	System	GF/W
1	Shoubu system B (日)	17.6
2	DGX SaturnV Volta (米)	15.1
3	Summit (米)	14.7
4	ABC I (日)	14.4
5	TSUBAME3.0 (日)	13.7
6	Sierra (米)	12.7
7	AIST AI Cloud (日)	12.7
8	MareNostrum P9 (西)	11.9
9	PreE (中)	11.4
10	Taiwania 2 (台)	11.3



3指標でトップ10に入るのは現在ABC I、米国DOEのSummit、Sierraのみ
 実性能と省エネ性能を世界トップレベルで両立
 公的かつオープン、A I 技術開発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

ディープラーニングの学習速度の世界記録を大幅に更新



【プレスリリース】×2 (+ソニー1、富士通1)



【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), 2018.11.15
をはじめ97件、うちH30年度は91件。

【H30年度の研究成果】
国際会議における招待講演2件、口頭発表
7件、その他国際会議論文を複数準備中



その後Googleによってさらに記録を塗り替えられたものの、
ABCIにより、Google、Tencentなど先行する技術開発への対抗が可能に

A I インフラストラクチャ for everyone

Expert



- ABCIグランドチャレンジ：学術的・産業的に画期的な成果が見込まれる**最重要課題への挑戦**にABCIの全システムを最大24時間提供
- ABCIデータチャレンジ：オープンデータを用いた**オープンサイエンス**を推進、コンテスト開催

Advanced & Intermediate



- 最大512ノードまでの計算リソースを誰でも利用可
- すぐ使えるソフトウェア、データセット、学習済みモデル等を提供
- 高い計算能力を活用した**A I 技術の研究開発・実証を加速、社会実装を推進**

Beginner



- ディープラーニングの初学者にも使いやすいWebUIベースの開発環境を開発・提供
- B2B2Cの実証プラットフォームとしても利用可

データセンター事業者

- ABCIをリファレンスアーキテクチャとして事業検討

「AIを試す場」
人工知能産業エコシステムの形成
最先端のAI研究から
誰でも試して使えるAIまで



数百の研究機関・大学・企業の利用・協業、
数千の研究者・エンジニアによる利用を促進

AI インフラストラクチャ by co-design

シーズ

実社会ビッグデータ活用OIL
+ 東工大GSIC

省エネ型高性能計算
プラットフォーム構築技術

人工知能研究センター

AIクラウド構築・運用技術

データプラットフォーム
構築・運用技術

スクラッチから超高密度データセンターを設計

- ・ 低コスト、軽量の「倉庫」を作り、その中に「やぐら」を組む二重構造を設計
- ・ 通常のデータセンターの20倍の熱密度を実現

超省電力

- ・ スパコン向けの冷却システムの民生利用
- ・ 温水冷却と空冷の併用により冷却に要する電力を削減、ラックあたり70kWの冷却を可能に

デファクトHW&SWアーキテクチャの採用

- ・ デファクト&コモディティのHW、AI向けアクセラレータを採用
- ・ 最先端のHPC・AIソフトウェア資産の活用、迅速な技術移転を可能に

ソフトウェアエコシステムの活用

- ・ コンテナによるソフトウェア資産の蓄積・利用、グローバルコミュニティでの相互活用を促進

データの安全な活用の促進

- ・ マルチペタバイトスケールの高速ストレージを提供
- ・ データの安全な保管・共有・公開を可能にするセキュアデータ基盤を提供（開発中）



コデザインによる先進的AIインフラストラクチャ
ソフト・データのエコシステムによるコデザインを促進

AIデータセンター棟 “1ラック70kW級スパコンのコモディティ化を可能に”



クーリングポッド

サーバ室: 19m x 24m x 8m

UPS

18ラック (UPSバックアップ)

72ラック

将来の拡張用

一般の商用データセンターと比べて
10倍以上省スペース、高密度



屋外設備置場

高圧受電設備 (3.25MW)

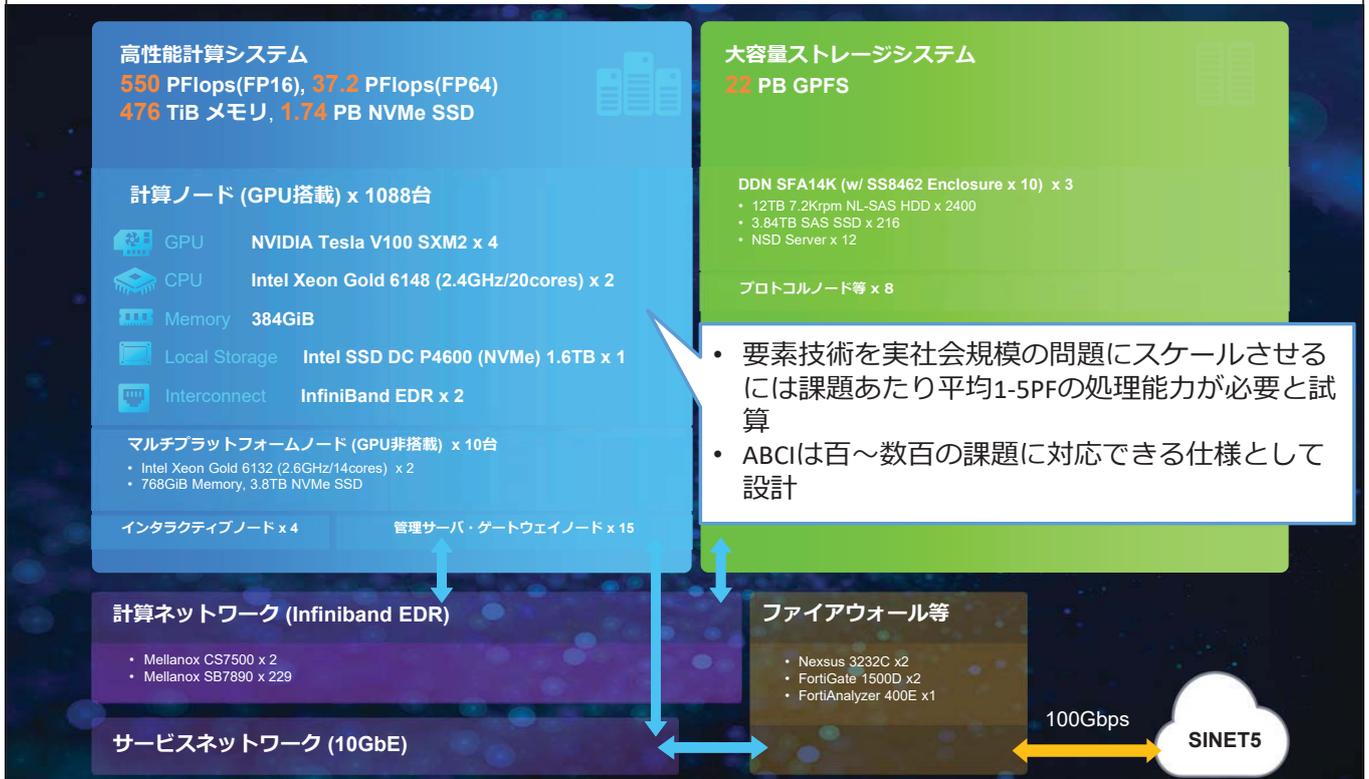
アクティブチラー
冷却能力: 200kW

パッシブ冷却塔
冷却能力: 3MW

将来の拡張用

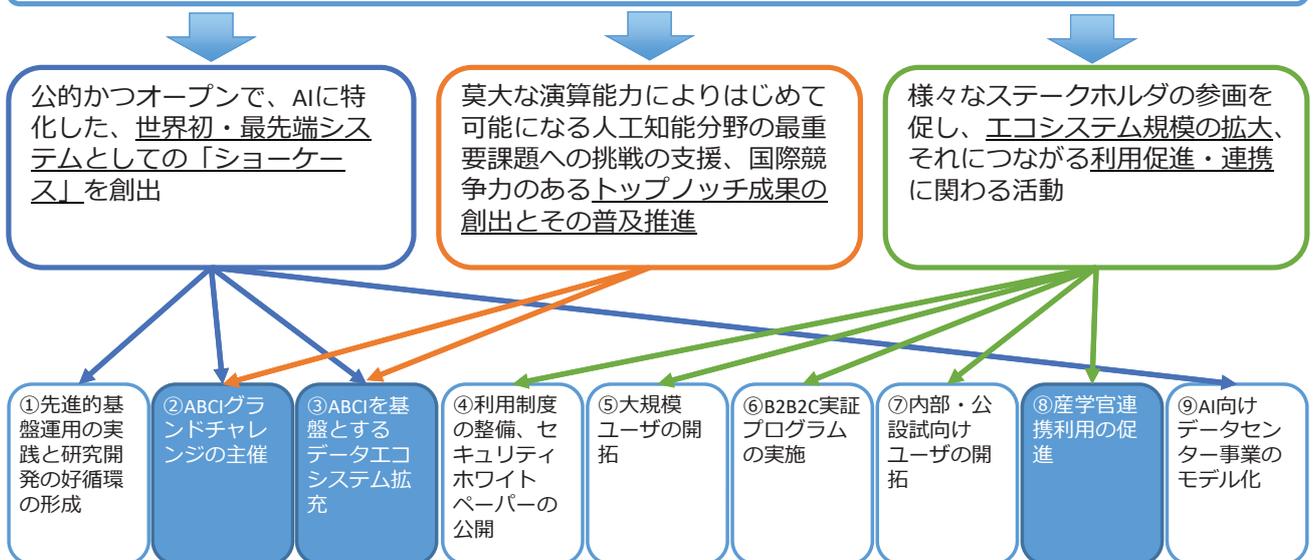
- 低コストで軽量の建物
- 耐荷重2トン/m²のコンクリートスラブ上にクーリングポッドとラックを直接設置
- ラック数
 - ・ 初期: 90 (ABCIは41台使用)
 - ・ 最大: 144
- 電力容量
 - ・ 3.25 MW (ABCIは最大2.3MW使用)
- 冷却能力
 - ・ 3.2 MW (夏季の最小値)
 - ・ ラックあたり水冷60kW + 空冷10kW

ABCIシステムの構成概要



アウトカムとそれに向けた活動

ABCIを基盤(中核)とした人工知能産業エコシステムの形成



② ABCIグランドチャレンジの主催



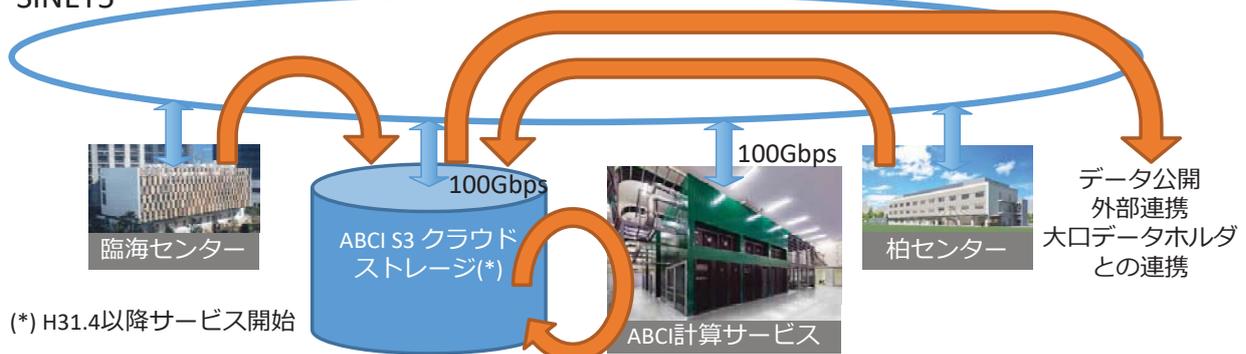
- 人工知能分野の最重要課題への挑戦を促進するため、ABCIの全系を無償で24時間占有利用する公募型プログラムを年3回実施（各回2課題程度採択）。
- 前述のディープラーニングの学習速度の世界最速記録は採択課題の1件として実施されたもの。
- 成果報告会を開催して成果普及に務めるとともに、成果ソフトウェア、データのABCI利用者への開放により利用拡大を見込む。
- H30年度：H30.7、H30.10、H31.1の3回、計8課題を実施。成果報告会を開催（H30.10）。
- H31年度以降：年3回を定例実施。半系利用の中型チャレンジの新設を予定。

③ ABCIを基盤とするデータエコシステム拡充

■ 「データの価値化」を「実践」するためのデータプラットフォームを構築

- 安全なデータ管理を必要とするデータの保管・利用、ユーザ間での共有、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のエコシステムの拡充のため、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。
- オープンデータを中心としたデータ整備、臨海・柏両センターで収集されるデータ蓄積・民間企業連携による利用を図るとともに「⑤大口ユーザの開拓」と連携して大規模データを呼び込む。コンペ形式等での利用促進を予定。
- H30年度：データ基盤開発、ABCI利用者に対して需要調査、オープンデータ・衛星データを対象に整備を開始。

SINET5



(*) H31.4以降サービス開始

100Gbps x20の広帯域を利用して加工・学習・解析、ユーザ間共有

<OILの目的>

個人から社会の
挙動を表す
実社会ビッグデータ



ビッグデータを高度に解析する
ためのハード・ソフトウェアの
研究開発



企業との連携拠点の形成

【東工大の強み】ハードウェア構築技術

- 世界トップクラスの大規模スーパーコンピュータ構築技術、TSUBAME 2x & KFC (Kepler Fluid Cooling) などの省電力計算機技術と豊富な運用実績
- 高速深層学習基盤の構築技術、大規模シミュレーション技術、統計物理に基づくモデリング技術、生命情報解析技術

【産総研の強み】
ビッグデータ活用ソフトウェア開発

- 機械学習などデータ処理用計算機と高性能計算機をつなぐシステム連携技術
- 大規模環境計測データの解析技術、サービス設計技術、確率モデリング技術、多次元データ分析と可視化

産総研が産業界との連携・開発技術の実用化を主導

産総研・東工大 OIL
実社会ビッグデータの活用基盤の構築

1. ビッグデータ処理オープンプラットフォームの確立



2. ビッグデータを活用するデータ処理技術の開発



企業等

構築したビッグデータ活用基盤の利用を
産業界に広く提供し、保有する実社会
ビッグデータからの価値創造

自社サービスの
向上に利用
ヘルスケア、eコマース

新サービスの
創出に利用
プロバイダ、シンクタンク

他企業へ売却
銀行・証券・保険、不動産、製造業

2.-(3)

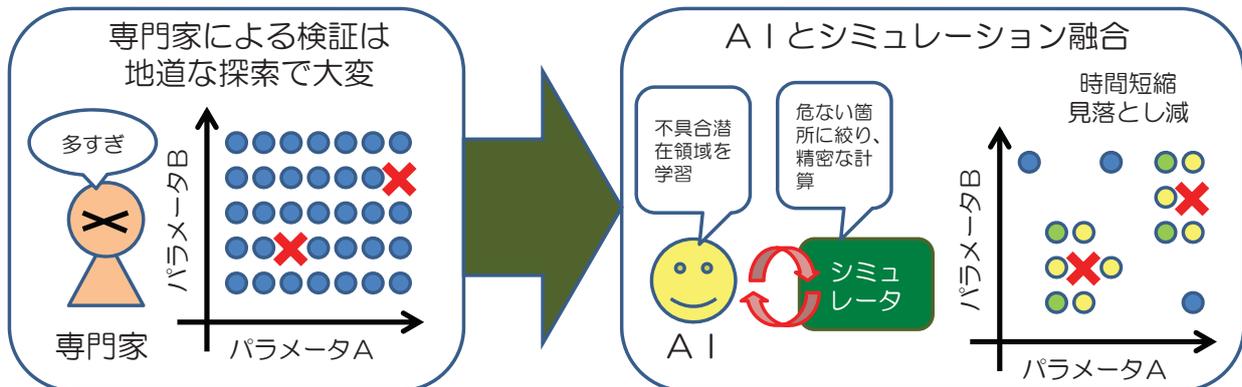
「橋渡し」研究後期における研究開発

「橋渡し」研究後期 人工知能とシミュレーションの融合 (NEC産総研人工知能連携研究室)

AIとシミュレーションの融合

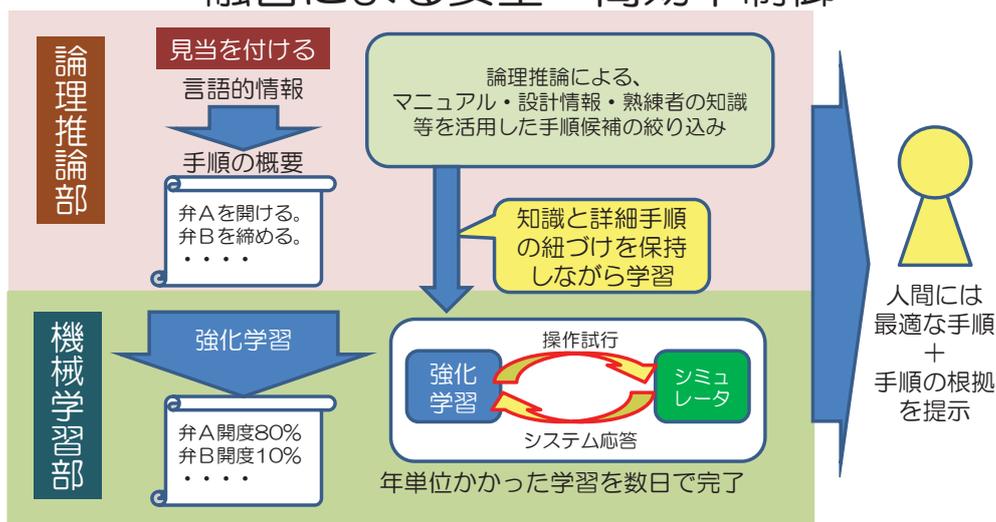
- 今の人工知能（AI）が苦手な題材
 - ⊗ データが少ない・取りにくい現象
 - ⊗ 未経験の事態、過去データを越えた意識決定
 - この2つでは機械学習が進まず、AIは意思決定ができない。
- 本研究の対策
 - 精密なシミュレーションにより、学習用データを大幅に増やす
 - 人間が意思決定に使ってきた定性的な知識もAIに取り入れる
- 冠ラボの特色：AIビジネスの先陣を切る
 - 最新の高度に学術的な知見を実用に供しながら研究する
 - 骨太の大型テーマに挑戦
 - 設計：高次元設計空間における希少不具合条件の発見
 - プラント制御：論理推論とシミュレーション強化学習との融合による安全・高効率制御

高次元設計空間における希少不具合条件の発見



- 機器設計では、設計パラメータが多数であり、高次元すぎて検証しきれず、ごくまれに生じる不具合条件は専門家でも見落とす。
- AI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し、そこを重点的に検証できる。
- 実用化事例：NEC製品の光学機器の設計に適用。発生確率が1億分の1程度の「迷光」不具合を1日で発見できた。（専門家でも1週間要した作業）。
- さらなる展開：建築構造設計、流体構造設計にも

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



- プラント異常に対する最適な復旧操作手順を、その根拠も合わせて提示。経験の浅い運用者でも、手順の妥当性の判断が可能。論理推論が学習すべき範囲に見当をつける。その中から強化学習が最適解を発見する。学習時間を大幅短縮。
- AIのトップ会議JCAI2018にて発表。大規模化学プラント等、社会インフラの運転に、実用化研究実施中

AIシミュレーション融合実用化ロードマップ

	アプローチ	技術要素	2018	2019	2020	2021	2022～	
AIシミュレーション融合	高次元問題の求解	質の良いデータを作る、データ同化技術	基本技術開発	光学機器設計に実用化	IoTとシミュレーションの協調による高精度化	人間-AI間、AI同士間での、干渉解決用交渉最適化技術	社会規模システムへの適用	
		高次元探索		適用				
	最適解導出と、対人説明能力	シミュレーション内強化学習	基本技術開発	プラント運転に実用化				
		論理推論結果の可読化						

「橋渡し」研究後期 深層学習を用いた胸部X線画像異常検知

背景

- 画像診断精度向上と医師の負担軽減のため、
コンピュータ支援診断(Computer-Aided Diagnosis: CAD)に期待

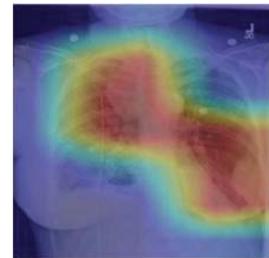
- 胸部X線(Chest X-Ray; CXR) :
装置が安価で普及。胸部診断の第一選択検査

→ X線照射方向に体内構造(病変)が重なり、読影が難しい



- 従来の CXR CAD : 疾患画像を機械学習
e.g. ChexNet [Rajpurkar et.al '17]: 121層CNNで14病変を検出

→ 学習させた疾患以外に対応できる保証はない
対象は明らかな異常を呈する疾患
無気肺, 心拡大, 胸水, 浸潤影, 腫瘍, ... 等



アプローチ

「本来見えるべき正常構造が見えない」→「近くに病変が潜む」
という医学知見を利用

異常



下行大動脈陰影が
見えない

正常



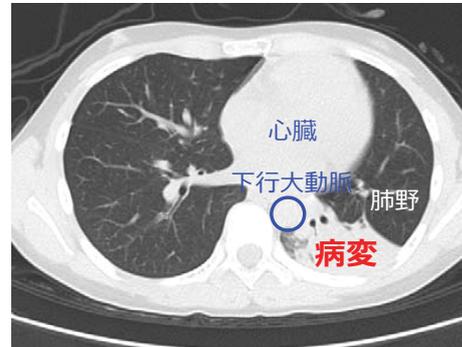
見える

前ページの異常症例についてCT撮影すると



下行大動脈陰影が見えない

CT撮影

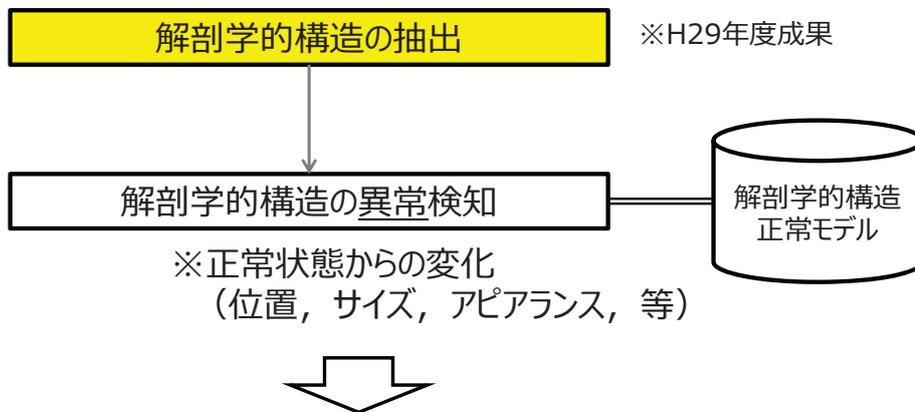


心臓の裏に病変あり

↓
正常ならば生じる、
下行大動脈－肺野 コントラスト が消失

取組

解剖学的構造の正常状態に基づくCXR CADシステムの開発



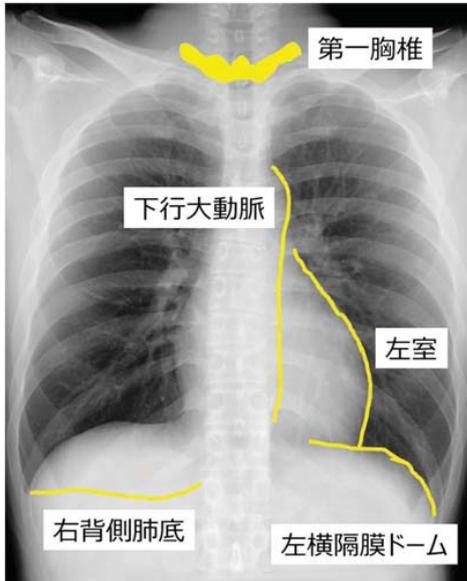
※H29年度成果

病変が明確に見えない症例であっても, 異常検知が可能

<平成29年度成果>

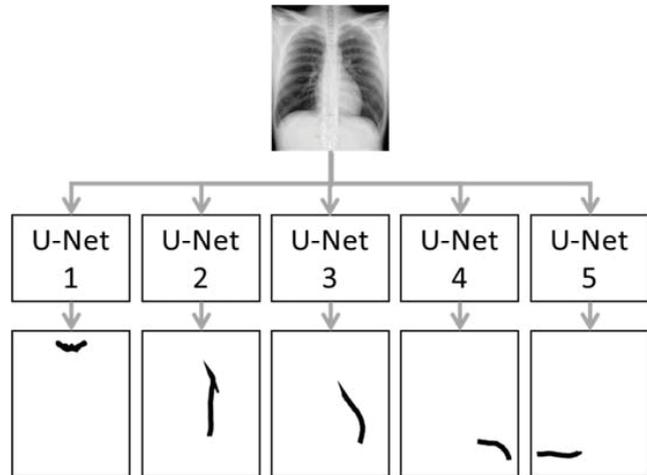
U-Net の深層学習モデルを用い、5つの解剖学的構造に対する Semantic segmentation を実施

<評価に用いた解剖学的構造>

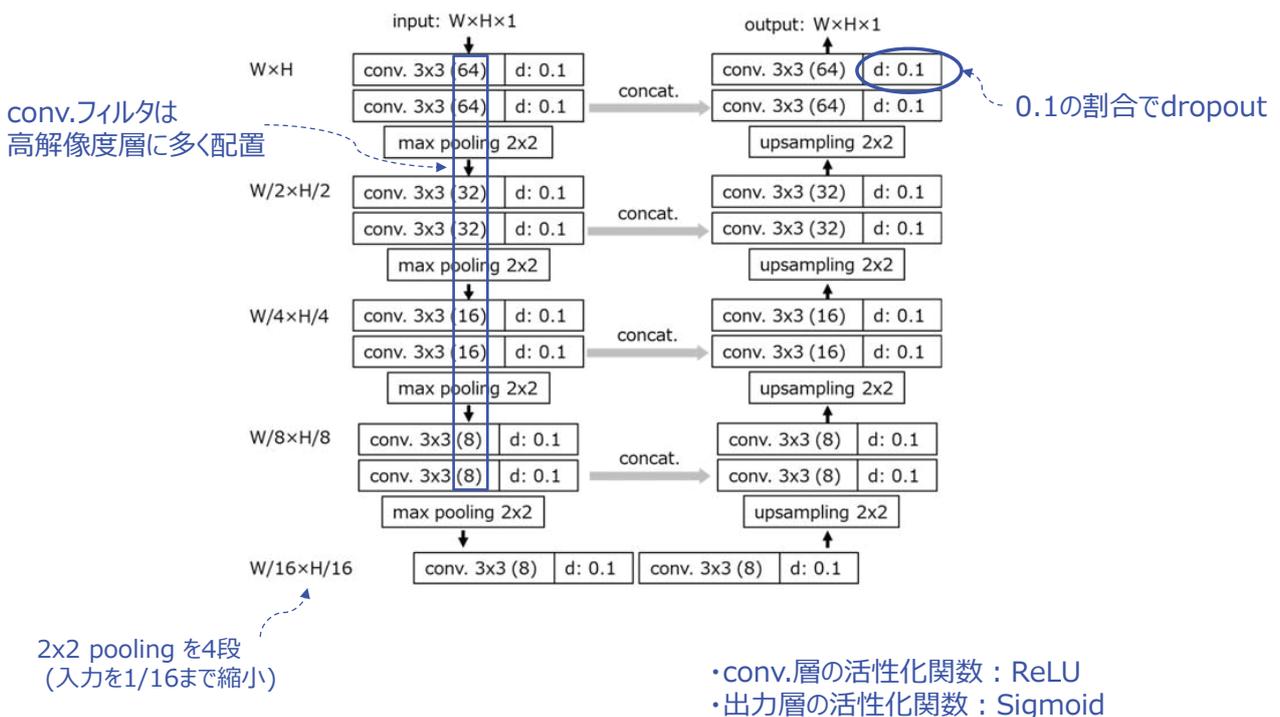


<解剖学的構造毎のU-Net※で処理>

※領域抽出用の深層ニューラルネットワーク
single-class segmentation

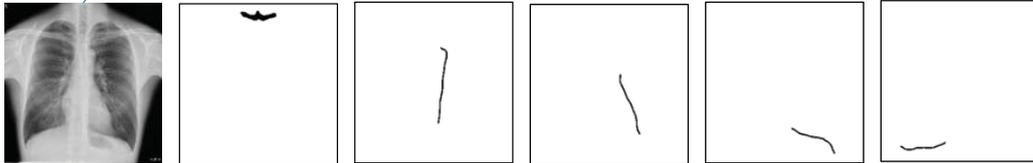


<U-Net構造 (学習用ネットワーク構造) >



<評価データ>

大学病院の正常胸部X線画像 (DICOM)

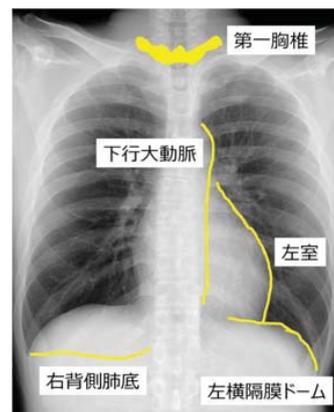
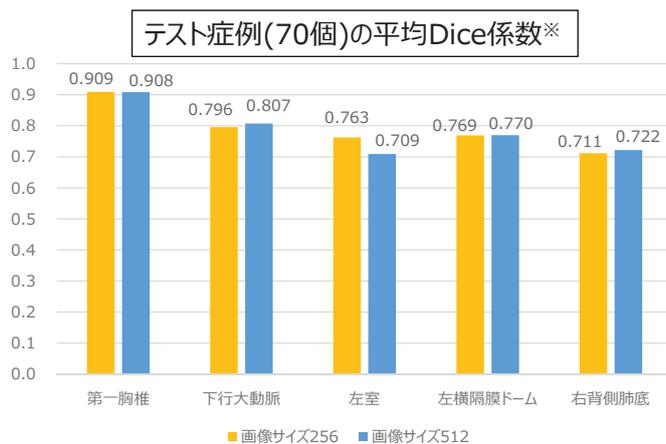


解剖学的構造の領域マスク 5部位
※診療放射線技師が手作業で作成

697セット ⇒ 訓練用 : 627 (9割) 評価用 : 70 (1割)

<定量評価>

熟練した放射線技師でしか検出できない陰影を抽出できる学習モデルの構築に成功



<第一胸椎>

・目視にて良好な抽出結果が得られ, Dice係数は0.9を超えた。

<他部位(境界線)>

・目視では, ほとんどの症例で凡そ正しい位置を抽出できていたが, Dice係数0.7~0.8となった。

※Dice係数とは

- ・2つの集合の平均要素数に対する共通要素数の割合
- ・抽出された領域の類似度の評価指標として使用

<成果の意義・アウトカム>

実績・成果の概要

・放射線科医および従来型の胸部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。即ち、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。

得られた実績・成果によって直接的に実現が期待されるもの

- ・従来型の胸部X線CADの補完機能の提供。
- ・あるいは、従来型の胸部X線CADの完全置換。

最終的な社会的・経済的なインパクト

- ・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向上（例、肺癌の見逃し率低下）。

評価資料（年度末確定値）

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

各種指標（単位）	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
論文発表件数（報）	87	165	
論文の被引用数（回）	1,912	2,163	
Google Scholar サブカテゴリ上位 20 以内のプロシーディングス採択件数（報）	106	125	
知的財産の実施契約件数（件）	243	254	
民間資金獲得金額（億円）	15.58	16.88	
研究契約件数(大企業)（件）	132	144	
研究契約件数(中堅・中小企業)（件）	38	39	
中堅・中小企業の研究契約件数の比率（%）	22.4	21.3	
技術コンサルティング収入（万円）	9,300	9,300	
イノベーション人材育成人数（名）	128	131	
無償技術相談件数（件）	240	353	
技術コンサルティング件数（件）	38	50	

評価委員会での説明以降、年度末までに追加された主な実績・成果・アウトカム

- ・ 民間資金獲得額が目標値比 116%を達成
- ・ 知的財産の実施契約等件数が目標値比 127%を達成
- ・ 論文発表件数が目標値比 118%、被引用数が目標値比 144%、Google Scholar サブカテゴリ上位 20 以内のプロシーディングス採択件数が目標値比 114%を達成

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）

各種指標（単位）	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
論文の被引用数（回）（再掲）	1,912	2,163	
論文発表件数（報）（再掲）	87	165	
Google Scholar サブカテゴリ上位 20 以内のプロシーディングス採択件数（報）（再掲）	106	125	

評価委員会での説明以降、年度末までに追加された主な実績・成果・アウトカム

- ・ 論文発表件数が目標値比 118%、被引用数が目標値比 144%、Google Scholar サブカテゴリ上位 20 以内のプロシーディングス採択件数が目標値比 114%を達成

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

各種指標（単位）	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
知的財産の実施契約件数（件）（再掲）	243	254	

評価委員会での説明以降、年度末までに追加された主な実績・成果・アウトカム

- ・ 知的財産の実施契約等件数が目標値比 127%を達成

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

各種指標（単位）	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
民間資金獲得金額（億円） （再掲）	15.58	16.88	
技術コンサルティング件数（件） （再掲）	38	50	
技術コンサルティング収入 （万円）（再掲）	9,300	9,300	

評価委員会での説明以降、年度末までに追加された主な実績・成果・アウトカム

- ・民間資金獲得額が目標値比116%を達成

【総括表】

（一部再掲、目的基礎、「橋渡し」前期、「橋渡し」後期の重複なし）

評価指標/モニタリング指標	年度実績（確定値）	領域としての目標値
民間からの資金獲得額（億円）	16.88	14.5
論文の合計被引用数（回）	2,163	1,500
論文発表数（報）	165	140
リサーチアシスタント採用数（名）	130	70
イノベーションスクール採用数（名）	1	
知的財産の実施契約等件数（件）	254	200

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（見込を含む）に対して：見込評価】

（評価できる点）

- ・民間資金の獲得は大変難しいテーマであるが、目標を達成している。社会生活の課題解決から研究を始めていく姿勢が成功の基だと思えます。
- ・現在の活動計画において、十分に目標が達成できると思われる。柏の葉に実証の場を設け、エコシステム創出の推進活動に対して期待する。
- ・実績は目標値を上回っており、国の研究機関としての役割を十分果たしている。

（改善すべき点及び助言）

- ・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。
- ・人によるマーケティングだけではなく、デジタルなどを活用した問題を持つ企業との協業の可能性も考えてみ良いのではないかと。
- ・情報・人間工学領域は産総研の中でも、最も民間との人材獲得競争が激しい領域と思われる。引き続き今の施策・改善策を拡充していただきたい。

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

（評価できる点）

- ・民間資金の獲得は大変難しいテーマであるが、目標を達成している。社会生活の課題解決から研究を始めていく姿勢が成功の基だと思えます。
- ・十分に目標を達成したと考える。特に民間資金の獲得、論文被引用数の達成について評価する。
- ・若手人材の獲得、特に獲得が激化しているAI領域で、人事制度面での特例など具体的な施策の検討を始めており、非常に評価できる。

（改善すべき点及び助言）

- ・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は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。

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（見込を含む）に対して：見込評価】

（評価できる点）

- ・成人病の予防、障がい者の支援、構造物の建築、という課題からスタートしているので面白い成果が出ている。
- ・実施されている研究開発を進められて、データを蓄積することによって、これまでにない新しい社会インパクトを与えるイノベーション創出をリードしてほしい。
- ・基礎研究段階から、竹中工務店やAirBusなど民間の声を取り入れて研究を進めている点は評価できる。

（改善すべき点及び助言）

- ・目的基礎、とか、橋渡しとのフレームワークは古くて使えないモデルとなっている。
- ・データを活用した研究開発をどんどん推進してほしい。
- ・現在はロボットブームと言われているが、ブームが下火になるフェーズもまたやってくるだろう。基礎研究の領域では、国の研究機関として世の中のブームに振り回されることなく、人材育成含め、長期的視野で取り組んでほしい。

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

（評価できる点）

- ・成人病の予防、障がい者の支援、構造物の建築、という課題からスタートしているので面白い成果が出

ている。

- ・研究成果だけではなく、研究マネジメントのイノベーションも実施し、成果を上げている。
- ・今年度はヒューマノイドで HRP-5P という成果があった。すぐに出口がある領域ではないと思われるが、先を急ぎすぎず着実に進めていただきたい。

(改善すべき点及び助言)

とくになし

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

【第4期全体（見込を含む）に対して：見込評価】

(評価できる点)

- ・順調に進んでいる。
- ・産業界へのインパクトを視野に入れた研究計画が進められている。目標の実現に向けて進めていってほしい。
- ・AI の品質保証、AI の計算インフラ、いずれもホットなテーマ。特に後者については世界的な成果を出しており、素晴らしい。

(改善すべき点及び助言)

- ・もう少しPR活動をしていただいて、日本産業界をリードしてほしい。
- ・成果や今後の計画に対する外部への情報発信をもっと行ってもいいのではないか。
- ・ABC I は Preferred Networks の MN-1/2 などを除けば、日本国内では貴重な計算インフラだ。ぜひ民間企業による外部利用を促して、生かして行ってほしい。

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

(評価できる点)

- ・プロジェクトの立ち上げが行われてきている。これからの成果に期待する。
- ・ABC I はソニーの ImageNet 学習の高速化など世界的な成果を出しており、非常に評価できる。まさに産総研のような公的研究機関として取り組むべき事業だろう。

(改善すべき点及び助言)

- ・AI の品質保証については、国内でも MLSE（機械学習工学研究会）や QA4AI など同様の趣旨の活動・コミュニティが立ち上がっている。適宜、連携しながら進めていただきたい。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

【第4期全体（見込を含む）に対して：見込評価】

(評価できる点)

- ・レベルの高い研究になっている。
- ・企業との連携研究の仕組みが構築され、着実に成果が出てきつつある。意思決定の違いに対する研究に期待する。
- ・来年度以降は、連携研究室の数も現状の4個からさらに増えるとのことで、外部資金獲得の努力が実りつつあるのだろう。大いに評価できる。

(改善すべき点及び助言)

- ・NDA 等もあり難しい面もあると思うが、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。

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

(評価できる点)

- ・問題の解決をきっちり実施している。プロジェクトによって、研究の位置付け（先進的な研究あるいは研究成果の適応など）が多様であり、それぞれが進捗している。
- ・冠研究室の成果については、個別企業のニーズに基づいていると思われるため、昨年度は外部からは評

価しにくかったが、今年度は一部論文等もオープンになってきているようで、成果が出てきているのは良いことだ。

(改善すべき点及び助言)

- ・冠研究室の活動は、個別の研究成果の評価については顧客企業側が満足していればそれで良いと思われる。

3. 領域全体の総合評価

【第4期全体（見込を含む）に対して：見込評価】

(評価できる点)

- ・目標対比では順調に進んでいる。
- ・これまでの研究開発の実績と経験を活かし、研究開発、研究所内に収まらないエコシステム構築を計画している。頑張ってもらいたい。
- ・産総研はベテラン研究者も多く、論文数など定量的な KPI については今期も安定した実績を出しているといえる。

(改善すべき点及び助言)

- ・ブランド化、テーマの設定の仕方、など工夫が必要。
- ・目的基礎とか橋渡しとかのフレームワークが通用しなくなっている。
- ・マネジメントの項でも述べたが、若手人材の獲得・流出防止についてはぜひ継続的に取り組んでいただきたい。

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

(評価できる点)

- ・目標としていた研究開発が着実に進んでいる。それだけではなく、トップコンファレンスへの論文投稿など、目標を超える成果を出した。
- ・研究員がスピアウトし、スタートアップを設立する際の支援策なども充実しつつあるようで、評価できる。

(改善すべき点及び助言)

- ・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) やや陰りが見受けられるように外部からは感じる。

4. 評点一覧

【第4期全体（見込を含む）に対して：見込評価】

評価委員 (P, R, S) による評価

評価項目	P	R	S
領域の概要と研究開発マネジメント	S/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	S/A
「橋渡し」研究前期における研究開発	A	A	S
「橋渡し」研究後期における研究開発	S/A	A	S/A
領域全体の総合評価	S/A	S/A	S/A

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

評価委員（P, R, S）による評価

評価項目	P	R	S
領域の概要と研究開発マネジメント	S/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	S/A
「橋渡し」研究前期における研究開発	A	A	S
「橋渡し」研究後期における研究開発	S/A	A	S/A
領域全体の総合評価	S/A	S/A	S/A

平成30年度 研究評価委員会（情報・人間工学領域） 評価報告書

令和元年6月14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

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

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

AIST16-X00003-4