

平成29年度  
研究評価委員会  
(情報・人間工学領域)  
評価報告書

平成30年6月



国立研究開発法人  
産業技術総合研究所 評価部



## 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 <sup>1</sup> ）	5
4. 説明資料（委員会開催時 <sup>1</sup> ）	35
5. 評価資料（年度末確定値）	105
6. 評価委員コメント及び評点	107

---

<sup>1</sup> 平成30年3月9日



**国立研究開発法人 産業技術総合研究所**  
**平成 29 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 30 年 3 月 9 日（金）10:00-16:55

場 所：国立研究開発法人 産業技術総合研究所 臨海副都心センター 別館 会議室 1

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

領域による説明（質疑含む） （議事進行：横塚 裕志 評価委員長）

1. 領域の概要と研究開発マネジメント（説明 20 分、質疑・評価記入 25 分）	10:10-10:55
理事・情報・人間工学領域長	関口 智嗣

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）（説明 30 分、質疑・評価記入 30 分）		
実世界に埋め込まれる人工知能の研究開発（20 分）		
人工知能研究センター長	辻井 潤一	
世界最速の格子問題解読アルゴリズム（10 分）		
情報技術研究部門長	田中 良夫	

昼食・休憩（45 分） 11:55-12:40

（2）「橋渡し」研究前期における研究開発（説明 40 分、質疑・評価記入 40 分）	12:40-14:00
道路構造物ひび割れ検出サービスの研究開発（10 分）	
知能システム研究部門長	河井 良浩
AI の社会実装を推進する大規模人工知能クラウドの構築（10 分）	
人工知能研究センター 人工知能クラウド研究チーム長	小川 宏高
生産・サービス現場を支援する屋内での人間・車両測位技術（10 分）	
人間情報研究部門長	持丸 正明
安全な運転引き継ぎのためのドライバー状態評価指標に関する研究（10 分）	
自動車ヒューマンファクター研究センター長	北崎 智之

現場見学会（65 分） 14:00-15:05

見学 1) 生活密着型人工知能—リビングラボ（15 分）	
人工知能研究センター 首席研究員	西田 佳史
人工知能研究センター 生活知能研究チーム 研究員	金崎 朝子
見学 2) 生体力学による切断リハビリテーションの基礎および応用研究（15 分）	
人間情報研究部門 デジタルヒューマン研究グループ 主任研究員	保原 浩明
見学 3) 人工知能技術を用いた日常生活支援ロボット（15 分）	
人工知能研究センター 副研究センター長	麻生 英樹

休憩（15 分） 15:05-15:20

（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）	15:20-16:00
ロボット介護機器基準策定評価事業（10 分）	
ロボットイノベーション研究センター長	比留川 博久
企業連携の推進（10 分）	
情報・人間工学領域 研究戦略部長	横井 一仁

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）	（15 分）	16:00-16:15
評価委員討議（領域等役職員 退席）	（15 分）	16:15-16:30
評価記入（領域等役職員 退席）	（15 分）	16:30-16:45
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

委員長	氏名	所属	役職名
○	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	筑波大学	副学長・理事
	小松 文子	長崎県立大学 情報システム学部 情報セキュリティ学科	教授
	澤谷 由里子	東京工科大学 コンピューターサイエンス学部/ 大学院 アントレプレナー専攻	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





**国立研究開発法人 産業技術総合研究所**  
**平成 29 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**

**【実績・成果】**

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。また、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。本研究課題の実施体制を下記に示す。

- ・ 研究戦略部
  - 領域全体の研究戦略の統括
- ・ 人工知能研究戦略部（新設）
  - 人工知能分野に特化した研究戦略の統括
- ・ 自動車ヒューマンファクター研究センター
  - 安全で楽しい運転を実現するための人間研究：担当課題（重点課題 3）
- ・ 人間情報研究部門
  - 人間機能計測とモデルによる人間生活視点でのモノ・コトづくり：担当課題（重点課題 1、2、3）
- ・ 情報技術研究部門
  - 産業競争力の強化と豊かで安全な社会の実現に寄与する情報技術開発：担当課題（重点課題 1、2）
- ・ 人工知能研究センター
  - 実社会の多様な課題に適用可能な人工知能フレームワークの研究開発：担当課題（重点課題 1）
- ・ 知能システム研究部門
  - 環境変化に強く自律的に作業を行う知能システムを実現：担当課題（重点課題 4）
- ・ ロボットイノベーション研究センター
  - ロボット技術を用いた社会課題解決によるイノベーションの研究：担当課題（重点課題 4）

ロードマップとしては、人工知能技術では、平成 29 年度以降、機能の高度化・モジュール化を進めるとともに、大規模応用課題での実証を行う。サイバーフィジカルシステム技術では、平成 30 年度までに、完全準同型暗号の高安全高効率化・安全性証明とその高信頼化を進め、平成 31 年度以降の実システムにおける実証につなげる。人間計測評価技術では、平成 30 年度までに、脳機能回復の鍵となる脳内変化を解明し、運動アシスト介入装置開発及び評価技術の検証に繋げ、国際標準化を目指す。ロボット技術では、引き続きロボット介護機器の社会実装を進める活動を実施するとともに、人工知能技術とロボット技術の融合を進める。

「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）に関しては、論文発表件数が 89 件（12 月末現在）と目標値（120 件）に届いていないが、論文の被引用数は既に 1,992 回と目標値 1,000 回の約 2 倍となっており、質の高い論文の発表が行えている。また、高いインパクトファクター（IF）の査読付き Proceedings のランキングである Google Top 20 の Proceedings 採択件数は既に平成 29 年度 76 件で平成 28 年度実績 69 件を上回っている。

「橋渡し」研究前期における研究開発に関しては、知的財産創出と展開を推進し、実施契約件数は 209 件（12 月末時点）と目標値 170 件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研究開発成果を目標以上に創出できた結果といえる。

「橋渡し」研究後期における研究開発に関しては、平成 28 年度開始した 4 件の大型の民間共同研究の連携研究室（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）においてプロジェクト型任期付職員を雇用するなど人的リソースの強化も進めつつ、研究開発を推進した。平成 29 年度の情報・人間工学領域の民間資金獲得額の目標値は 12.1 億円であった。情報・人間工学領域では、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・事業・ビジネスモデルの拡充（持続的発展進化あるいはトランスフォーメーション）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、民間資金獲得額は約 15.5 億円（12 月末現在）と目標値比 128%、平成 28 年度比 116%を達成しているのみでなく、平成 23 年度から平成 25 年度の実績値の平均 4.8 億円の 3 倍超を達成している。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。

大企業と中堅・中小企業の研究契約件数の件数および比率については、大企業 136 件、中堅・中小企業 42 件（中堅・中小企業比率 23.6%、12 月末現在）と大企業との連携割合が増加した（平成 28 年度 中堅・中小企業比率 31.8%）。

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）4 名（内 2 名は民間企業経験者）、連携主幹 7 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の実施につなげた。

技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施については、有償技術コンサルティングを 40 件実施（12 月末現在）し、7,270 万円（平成 28 年度最終実績 対 12 月末現在 比 144%）（12 月末現在）の民間資金を獲得した。

CEATEC JAPAN、国際ロボット展、The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC17)等の展示会出展、人工知能技術コンソシアムの地域支部展開、各種シンポジウム開催など、アウトリーチ活動に関しても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）が省エネ性能スパコンランキングで世界 3 位を獲得した。海外についても、フランス CNRS との AIST-CNRS ロボット工学研究ラボに加え、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

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、大学との連携も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（Research Assistant、RA）の雇用にかかる経費を領域が負担することで、RA雇用を奨励した結果74名（平成28年度比161%）のRAの受け入れを実現することができた。

#### 【アウトカム】

平成29年度に重点的に進めた、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、世界レベルの人工知能研究を加速することに繋がると期待できる。得られた成果を企業との連携の中で活用することで、いち早く日本で技術展開可能となり、産業へのインパクトは大きい。研究契約の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。

#### 【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、知財登録、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。ICによるコーディネーション（企業連携活動）や領域内情報の集約は進展しており、50%エフォートの連携主幹勤務の適用等、人材確保に向けた多様な取り組みも進めている状況である。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

#### 【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、無償技術相談45件（12月末現在）と有償技術相談タイプの技術コンサルティングを40件実施（12月末現在）し、7,270万円（12月末現在）の民間資金を獲得した。

#### 【アウトカム】

産総研の知財（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・事業・ビジネスモデルの拡充（持続的発展進化あるいはトランスフォーメーション）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する技術コンサルティング（デジタル・トランスフォーメーション・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ポテンシャルが低下することが課題である。対応策としては、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。産総研内で保有していない技術に関しては、他の大学・研究機関を紹介することも行う。

### (3) マーケティング力の強化

#### 【実績・成果】

平成 29 年度はマーケティングに関して下記 3 項目を実施した。

#### (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た。研究戦略部では、企業・事業・ビジネスモデルの拡充（持続的発展進化あるいはトランスフォーメーション）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。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 29 年度は、平成 28 年度に立ち上げた 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において、大型連携研究および大型共同研究を推進した。

#### (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）4 名（内 2 名は民間企業経験者）、連携主幹 7 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 29 年度は企業共同研究 178 件（12 月末現在）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 29 年 10 月 3 日～6 日）、国際ロボット展（東京、平成 29 年 11 月 29 日～12 月 2 日）、SC17（米国デンバー、平成 29 年 11 月 13 日～16 日）等、国内外で領域と関連が深い展示会に出展し、人工知能や計算機、ロボット技術のデモや発表を行った。また、「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 30 年 2 月 14 日）、領域シンポジウム「IoT とセキュリティ 2017 - Connected Industries のセキュリティ -」（主催：情報・人間工学領域 情報技術研究部門、場所：東京都千代田区、平成 29 年 12 月 20 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強化を達成した。

#### 【アウトカム】

共同研究の大型化を進めることで、産総研の技術をより効率的、効果的な形で社会還元することが可能となる。また、アウトリーチを通じ、多くの企業に参加いただいております、今後更なる共同研究を通じて技術の社会実装が進むことが期待できる。

#### 【課題と対応】

当領域では、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課題の 1 つである。産総研全体のマーケティング力のより一層の強化のために、産総研内に当領域の活動を伝えていくとともに、イノベーション推進本部と連携しながら、IC、連携主幹のスキルアップを検討する。

### (4) 大学や他の研究機関との連携強化

## 【実績・成果】

大学との連携により産総研内の研究ポテンシャルの充実に努め、その結果として未来における産業界への技術提供に繋げることが重要であると考えている。そのため、多数の大学や、国内外の研究機関と、幅広い研究テーマにおいて、連携協定、共同研究を締結した。また、平成 27 年度から始まったクロスアポイントメント制度を積極的に活用し、大学より特定フェロー 9 名（平成 28 年度から 3 名増）、企業から特定集中研究専門員 46 名（平成 28 年度から 14 名増）、招聘研究員 29 名（平成 28 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 74 名受け入れ、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（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。

その他、茨城県立医療大学との連携協定を締結し、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、2 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。

### (3) 三省連携の実績

理化学研究所（理研）と産総研は平成 27 年度の連携協定に基づき、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。

## 【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今後進めていく。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ユニットとの連携を前提としたテーマを設定し、さらなる大学や他の研究機関との協業を推進していく。

#### (5) 研究人材の拡充、流動化、育成

##### 【実績・成果】

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（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。その結果、平成29年度は74名のRAの受け入れを実現することができた。

ポスドク（PD）については、まず産総研イノベーションスクール生としてPD 3名を受け入れた。採用及び処遇等に関わる人事制度の整備状況については、冠ラボ等大型共同研究、NEDOプロジェクト等で、新たな人材を積極的に確保するため、総務本部（人事部）と連携し、プロジェクト型任期付研究員を通年公募とすることで、優秀な人材を採用する機会を年2回から月1回に増加させた。さらに、毎月1回採用委員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新規に女性1名を登用した。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。国内トップの女子大であるお茶の水女子大学と連携した活動が、平成28年度に引き続き、順調に進展していることを示している。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（中部センターおよびつくばセンターにて、参加者は14名および53名）も企画運営した。後者の懇談会の様子は11月28日付の読売新聞に掲載された。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。これらの実績は、当領域における女性の活用の増大、およびそのための環境が着実に整備されていることを示している。

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てきている。

##### 【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PD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制度を検討し、導入する。海外人材の受け入れも推進しているが、報酬の扱い等、手続き面の課題が存在するため、既存事例の分析も踏まえ、進めていく。

リーダーの役割を担えるような女性研究者、女性管理職の割合を今後更に増やすことも課題であり、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）

（総括）

#### 【実績・成果】

領域の平成 29 年度計画に設定した、「安全なサイバーフィジカルシステムに向けた高機能クラウド暗号化技術の研究」、「世界最速の格子問題解読アルゴリズムの研究」、「画像センシングおよびパターン認識による高度な空間情報取得・理解技術の構築」、「ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の研究開発」および「ニューロリハビリテーション技術の開発」において、開発目標を達成することができた。

特に特筆すべき成果としては、「世界最速の格子問題解読アルゴリズムの研究」では、産総研によって開発された大規模並列計算機向け格子問題求解アルゴリズムの高速性について初めて理論的な裏付けに成功した。「画像センシングおよびパターン認識による高度な空間情報取得・理解技術の構築」では、複数カメラ画像を用い、麦や稲などの農作物に隠れる人物にリフォーカスすることにより、人間による検出精度（誤検出率 2.2%）を超える誤検出率 0.2%での人物検出に成功した。また、スペクトラム拡散変調技術を画像計測に応用し、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た。「ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の研究開発」では、時系列データ（経済データや IoT センサ情報）を説明する文章を自動生成する新たな手法に基づく人工知能モジュールのプロトタイプを構築し、実世界から収集した株価データに適用し、世界トップレベルの性能を有することを確認した。「ニューロリハビリテーション技術の開発」では、ヒトに近い脳を持つサルを対象に局所脳卒中を作成し、この脳卒中後の痛みの病態を再現することに世界で初めて成功した

このようにインパクトの高い研究成果が数多く創出されており、過去の研究成果も合わせて論文の合計被引用数は目標を大幅に上回る 1,992 回（12 月時点の値、平成 29 年度最終目標値は 1,000 回、平成 28 年度の最終実績値は 1,675 回、目標比：199%）を達成することができた。平成 29 年度の論文数（IF 付論文誌のみ）は、89 報（平成 29 年 12 月末時点の値、平成 29 年度最終目標値は 120 報、平成 28 年度の最終実績値は 152 報、目標比：82.5%、平成 28 年度比 65%）であるが、査読中の論文もあるため年度末に向けて積み増しされることを期待している。情報・人間工学領域独自の目標値である Google Scholar のカテゴリー上位 20 位内のプロシーディングスが 76 報（平成 29 年 12 月末時点の値、平成 29 年度最終目標値は 100 報、平成 28 年度最終実績値の 69 報にすでに到達済み）である。

テーマ設定の適切性については、社会的ニーズと当領域の技術ポテンシャルを鑑みて、労働人口減少と少子高齢化社会の到来、および急速に進む IoT 社会におけるセキュリティ技術の安全性担保という喫緊の社会問題の解決にむけたテーマ設定を行った。上述の論文の被引用数や論文数の大幅な増加が示すように、適切なテーマ設定のもと世界トップレベルの成果を上げることができた。

大学、他の研究機関との共同研究件数は、120 件に達し、大学、他の研究機関と連携した人材交流、研究推進に繋がっている。特に、平成 28 年度末に東工大と合同で設立した研究ラボであ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）においては、既に 3 報の Proceedings 発表を行うなど、連携の効果が現れて始めている。

#### 【アウトカム】

平成 29 年度達成した研究成果は橋渡しにつながることを期待されているほか、論文数等の着実な伸びは世界トップレベルの研究拠点に向けて体制強化がなされていることの証左である。

#### 【課題と対応】

いずれの研究テーマにおいても、民間企業や大学を巻き込み、更には世界の研究者との共創を強力に推進できる研究実施体制を構築することが課題である。例えば、ニューロリハビリテーション分野では、平成 29 年 12 月に茨城県立医療大学とリハビリテーション・介護・医学系研究分野における連携・協力の推進に関する協定を締結した。今後、患者の機能回復を促進する介入技術の研究等において、産総研単独での推進が難しい臨床研究を推進できる体制を構築する予定である。

また優秀な人材の持続的な確保が課題である。これに対しては、クロスアポイントメント制度などを利用し人材を広く外部に求めるなど体制の拡充に努めている。例えば、東工大と合同で設立した研究ラボであ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) においては、クロスアポイントメント制度を利用してラボ長として迎えた東工大の教授が組織運営と研究推進において指導的な役割を果たしており、他の事例においても適用を検討する。

## ① 安全なサイバーフィジカルシステムに向けた高機能暗号技術の研究

### 【実績・成果】

安全なサイバーフィジカルシステムを実現することで、個人のプライバシー情報をはじめとする膨大な機微情報を解析し、我々の生活を格段に便利にすることが可能であると期待されている。しかしながら、RSA 暗号等の従来の暗号技術を単純に適用するだけでは、サイバーフィジカルシステムの安全性を保証することは困難である。たとえば、従来の暗号技術で機微情報の暗号化を行い、通信路上での覗き見を防いだとしても、データ解析を行う際は暗号化状態から復元する必要があるため機微情報の暴露につながる恐れがある。また、収集された膨大な機微情報をクラウド上に保管したとしても、従来の暗号技術を用いた場合、復号鍵を持つ特定少数の利用者しかこれらの情報にアクセスすることができず、情報の広範な活用を行うことができない。そのため、暗号化状態のままデータ解析やアクセス制御等が可能な、従来技術にはない機能をもつ高機能暗号技術が必要となっている。そこで、産総研ではそのような実用的な高機能暗号技術の実現に向けた目的基礎研究を進めている。

ID ベース暗号は、基本的な高機能暗号であり、これを拡張することで、特定の属性を持つ利用者のみで復号を許す関数暗号等を実現することができる。平成 29 年度に開発した ID ベース暗号は量子計算機に対して耐性があり、一定の条件の下で、公開鍵サイズをほぼ理論限界まで削減可能な世界初の手法となっている。たとえば、ある典型的なパラメータ設定において、提案技術により公開鍵サイズを千分の一程度に削減できる。本成果は、暗号理論分野トップ会議である CRYPTO 2017 に採録された。

また、格子問題の困難性が、上記 ID ベース暗号を含め、多くの高機能暗号の安全性の根拠となっている。平成 29 年度においては、平成 28 年度までに産総研によって開発された大規模並列計算機向け格子問題求解アルゴリズムの高速性について初めて理論的な裏付けに成功した。このアルゴリズムは、格子問題の求解に関して従来を大幅に上回る記録を達成した画期的なものである。本成果は、公開鍵暗号分野トップ会議である PKC 2018 に採録された。詳細は後述する。

これらを含め、高機能暗号の構成や安全性評価に関する一連の成果により、平成 29 年度は、IF 付きジャーナルにおいて 15 件、Google Scholar サブカテゴリ Top 20 国際会議において 13 件の発表を行った(平成 30 年 1 月 25 日現在)。

### 【アウトカム】

ID ベース暗号の成果は、暗号化状態のままでのデータ処理やデータ共有を可能とすることにつながる。サイバーフィジカルシステムの安全な高度利活用に資する成果である。また、格子問題の困難性に関する成果は、将来量子計算機が実用化されたとしても高度な安全性を提供可能とする技術につながる。エッジデバイス等によって収集された膨大な機微情報をクラウド上に保管して広範な利用を行ったとしても、暗号化状態のままデータ処理やデータ共有を行うことができる。漏えいのリスクが大幅に削減され、安心して我々の生活の利便性向上に役立てられるものと期待される。



### 【課題と対応】

サイバーフィジカルシステムに適用可能な高機能暗号技術の実用化に向けては、①効率化、②機能拡張、③安全性評価が課題となっている。①については、具体的な安全レベルにおいて従来暗号技術の公開鍵サイズと同等程度のサイズを実現できるよう効率化に取り組む必要がある。また、将来的には非力なエッジデバイス上で計算処理を行うことを想定し、より一層の効率化に取り組む必要がある。②については、これまでに提案がなされている高機能暗号においては、暗号化状態でのデータ処理とデータ共有のうち、どちらか一方しか行うことができないため、これらの両方を同時に達成する新たな技術の開発を行っていく。また、既存手法においては、信頼できるサーバの存在を仮定し、これが各利用者の秘密鍵を正しく発行しながら、これらの鍵を悪用しないことが前提となっているが、そのような仮定を取り除き、さらに安全性を高めていく。③については、新たに開発を目指す高機能技術の機能が複雑となるため、その安全性についての厳密な定式化を行い、このもとで数学的な安全性証明を行っていく。また、その際、格子問題が十分に困難であることを前提とした安全性証明を行うことになるため、格子問題の困難性を引き続き綿密に評価していく。

### ②（イチ押し研究成果）世界最速の格子問題解読アルゴリズムの研究

#### 【実績・成果】

実用的量子計算機が完成すると、RSA 暗号や楕円曲線暗号などの従来の暗号技術の多くが解読なされてしまうことが知られている。そのため、量子計算機に対しても安全な暗号技術の候補として格子暗号の研究開発が進んでいる。しかし、その厳密な安全性は十分に検証がなされていないため、実用化にはまだ時間がかかると考えられている。平成 28 年度、我々は、格子暗号の安全性の根拠となる格子問題（SVP: Shortest Vector Problem）に対し、並列処理に適した解読アルゴリズムを世界で初めて実現している。実際に大型並列計算機に適用することで、ダルムシュタット工科大学（ドイツ）が主催する SVP 解読コンテスト「SVP Challenge」において従来の記録を大幅に更新する世界記録を達成した。この記録は平成 30 年 1 月現在でも破られていない。

平成 29 年度においては、平成 28 年度までに産総研が開発した大規模並列計算機向け格子問題求解アルゴリズムの高速性について、初めて理論的な裏付けに成功した。このアルゴリズムは、格子問題の求解に関して従来を大幅に上回る記録を達成した画期的なものである。本成果は、公開鍵暗号分野トップ会議である PKC 2018 に採録された。

#### 【アウトカム】

本研究成果は格子暗号の安全で効率的な実装を可能にするものであり、将来登場するとされる量子計算機に対しても破られない、安全な公開鍵暗号技術の実現につながるものである。また、本研究において解読がなされた困難性レベルを参考にすることで、高い安全性と効率性を両立するための実用的な格子暗号のパラメータ選択が可能になるものと期待される。現在の技術で解読できる安全性レベルよりも必要十分に高い安全性レベルを採用することで、計算量を抑えつつ十分な安全性を実現できる。格子暗号を安全で効率的に機能させるパラメータ設定法を確立することは、量子計算機が完成後においても安全で効率的な通信を実現するうえで極めて重要である。

#### 【課題と対応】

上記成果により、格子暗号における安全で効率的なパラメータ設定法がかなり明らかとなり、量子計算機に対しても安全な暗号技術の実用化に一層近づいたものと考えられる。しかしながら、格子暗号の実用化には、以下の 3 つの課題が考えられる：①革新的な手法によって、より高速な格子暗号解読アルゴリズムが考案できる可能性がある。②上記成果は危険なパラメータ設定を明らかにするものであり、これよりも高い安全性レベルであれば実用上必ず安全になるものとは限らない。そのため、実際にはある程度のセキュリティマージンを設定する必要があるが、具体的にどの程度に設定すればよいのかはよくわかっていない。③本成果は正確には格子暗号の解読で

はなく、SVP の求解であるため、本成果を踏まえた格子暗号の具体的な構成については別途検討を行う必要がある。特に、暗号化状態のままデータ処理やアクセス制御が可能となるように高機能化を試みる際は、効率的な実装が可能となる設計方法について特に慎重な検討が必要となる。

上記の課題①～③への、産総研における対応は以下の通りとなる。①に対しては、悪意ある攻撃者によって高速な格子暗号解読アルゴリズムが発見されて実用システムに深刻な被害がでる可能性を排除するため、引き続き産総研において格子暗号解読アルゴリズムのさらなる高速化の可能性に関して研究を行い、各時点における解読限界を明らかにしていく。②に対しては、危険とされる安全性レベルの上界が既知の場合におけるセキュリティマージンの厳密な設定法を与える新たな理論を構築していく。③に対しては、これまで知られている格子暗号の具体的な構成やその拡張方式を元に、本研究によって得られる具体的な実用的パラメータ設定において効率的に機能する新たな方式を設計していく。

### ③ 画像センシングおよびパターン認識による高度な空間情報取得・理解技術の構築

#### 【実績・成果】

空間を的確にセンシングし、実空間（フィジカル空間）の情報を的確にサイバー空間に汲み上げる技術は、我が国で内閣府が中心となって推し進めている Society 5.0 の概念の中でも非常に重要な位置づけとなっている。これを背景に、既に産総研が有する画像センシングおよびパターン認識に関する技術を核とし、高度な空間情報取得・理解技術を構築するための目的基礎研究を行った。また、目的基礎研究のみに留まることなく、橋渡しを見据えた応用展開についても積極的に検討を行った。平成 29 年度の主要な業績は以下の 2 点である。

- ① 従来の単純な可視光画像の枠を超え、ハイパースペクトルデータおよびライトフィールドデータを取得・処理するためのソフトウェアフレームワークを構築した。ライトフィールドデータに関しては、既に圃場環境中の農業用機械と人との接触事故防止のための人物検出処理へ応用展開し、麦や稲などの農作物に隠れる人物にリフォーカス（複数カメラの合成開口によりソフトウェア的に任意の奥行きにフォーカスする処理）することで、深層学習による検出精度を高めるという新しいアイディア（精密工学会論文誌掲載済、画像応用技術専門委員会 若手奨励賞受賞）で、人間による検出精度（誤検出率 2.2%）を超える誤検出率 0.2%を達成した。
- ② 計測対象に照明を当てカメラで撮影することを照明とカメラ間の通信と見立てる、という斬新なアイディアに基づき、携帯電話通信に耐ノイズ性、高秘匿性といった特性をもたらし、その普及に大きく貢献したスペクトラム拡散変調技術を画像計測に応用し、これまで実現されていなかった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た。

以上の成果は、Google Scholar サブカテゴリ Top 20 に含まれる国際会議論文 11 報に再録されるなどの成果を得た。特に②の成果については、プレスリリースを行った結果、企業等からも多くの反響があったほか、分野のトップカンファレンスである CVPR (Google h5-index:158) にスポットライト発表（上位 8%）として採択された。

#### 【アウトカム】

画像センシングおよびパターン認識に関する技術を核とした空間情報取得・理解技術は、社会に対する波及効果が非常に広範にわたる。例えば、上記①に関しては、これまで困難とされていた圃場環境での人物検出を高精度で行うことを可能にすることにより、農業用機械と人との接触事故を防止することが可能になり、我が国でも重要な課題となっている農作業の自動化に大きく貢献出来ると考えられる。②に関しても、ロボット、製造、計測、検査などを含むあらゆる分野における 3次元センシングの能力を広く底上げするものであり、我々の生活空間で共存する自律移動ロボットの普及や、これまで困難とされていた高炉や溶接装置内などの過酷環境における状態把握・異常検知への展開など広く産業に貢献出来ると考えられる。

#### 【課題と対応】

多様な産業ニーズを解決するための共通の核となる「多次元情報を的確にセンシングする技術とその認識技術」の開発が急務であり、上記で述べた既に世界に先行しているシーズを核として今後研究を加速する。また、目的基礎研究を順調に進める一方で、既に企業から極めて多数の共同研究依頼をいただいております、これらに対応するためにも人材の確保が課題である。外部人材に対して産総研の働く職場としての魅力を積極的にアピールしていくとともに、クロスアポイントメント制度、リサーチアシスタント制度なども活用し、人材確保をし、研究開発を推し進める予定である。

#### ④ ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の研究開発

##### 【実績・成果】

現在の主流であるデータ駆動型人工知能は、大量のデータから学習を行い、高度な予測・識別・分類を実現しているが、その理由の説明などはできない。そうしたブラックボックス性が、人工知能に対する不安や脅威に結びついており、人間の知能により近い人工知能技術が必要とされている。そこで、人間の脳のモデルに基づく脳型人工知能や、テキストなどで表現された知識と、画像などの大量のデータとを融合して学習・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っている。脳型人工知能については、主に、人間の主要な認知機能である、物体認識にかかわる高次視覚野までに至る脳の視覚情報処理のメカニズムの解明と、それに基づいた新たな視覚認知モデルの提案に取り組んだ。主要な成果として、猿の側頭連合野のニューロン活動と深層ニューラルネットワークの出力を比較し、脳の視覚野においては、現在の深層ニューラルネットワークには欠けている時間的な構造を持つ情報処理が行われていることを明らかにした。その知見に基づいて、時間構造を持つ情報処理を実現する新たな非線形なシステム同定法を開発した。これらを含む成果について、国際原著論文誌に6報（IF 総計 18）の論文成果を上げている。

データ知識融合人工知能については、テキストや画像などの多様なデータを統合するための手法の研究開発を進め、主要な成果として、時系列データ（経済データや IoT からのセンサ情報）を説明する文章の生成手法を提案し、モジュールのプロトタイプを構築した。実世界から収集した株価データなどを学習・評価用データに適用して評価・検証を実施し、世界トップレベルの性能を実現した。これらを含む成果について、ACL、EMNLP、EACL 等の分野トップレベル（Google Scholar サブカテゴリ Top20）国際会議において4件の発表を行った。この他にも、機械学習や確率モデリングの高度化に関する研究開発に関して、テンソル構造やグラフ構造を持つデータに関する、従来手法より高精度な新たな学習手法の提案などを中心として、ICML(International Conference on Machine Learning)、IJCAI(International Joint Conference on Artificial Intelligence)、NIPS(Annual Conference on Neural Information Processing Systems)等の分野トップレベルの国際会議において5件の発表を行うなど、多くの成果をあげた。

##### 【アウトカム】

現在の深層ニューラルネットワークによる視覚情報処理は、静止画像の認識を中心に高い性能をあげて多くの分野に応用されているが、平成 29 年度の成果である脳における視覚情報処理のメカニズムの理解、特に、時間的構造を持つ情報処理メカニズムの理解とそれに基づく視覚情報処理方式の提案は、動画の認識や、表情一個体のように階層構造をもった概念の認識など、より複雑な認識課題への対応をはじめ、視覚情報処理の応用分野をさらに拡大することに貢献することが期待される。また、同じく時系列データを説明するテキスト生成手法は、今後増え続ける IoT などのセンサからの時系列情報の処理に活用され、実世界において人間と相互理解し、協力しながらタスクを実行する人工知能の実現に貢献することが期待される。

##### 【課題と対応】

脳型人工知能については、脳の高次情報処理機能のさらなる解明と、そこから得られた知見を機械学習研究にフィードバックしていくことが課題である。そのために、より詳細な脳活動の計測と解析を行い、提案している時間構造を持つ情報処理モデルの洗練を行っていく。データ知識融

合型人工知能については、より一層の性能向上を目指すとともに、扱うデータの種類を増やしていき、より統合的な情報処理を可能にしてゆくことが課題である。そのために、必要な学習・評価用データセットの構築を含めた取り組みを行っていく。

#### ⑤ (イチ押し研究成果)「ニューロリハビリテーション技術の開発」

##### 【実績・成果】

脳損傷によって身体機能が低下した患者の機能回復訓練において、脳内に代替神経回路網が適切かつ効率よく形成できるように、個人の脳状態をモニタリングしながら訓練、介入を行う「ニューロリハビリテーション技術」の研究開発を行っている。ここでは、機能回復に繋がる脳内の良い変化を促進する研究と、回復訓練の妨げとなる脳内の悪い変化を抑制する研究を推進している。平成 29 年度は、回復訓練の阻害要因である「脳卒中後の痛み」に関する研究に大きな進展が見られた。

脳卒中後に生じる痛みは、治療技術が確立しておらず、従来の鎮痛薬もあまり効果がないことから、人間が直面する“最悪の痛み”と呼ばれ、機能回復訓練の阻害要因となっている。痛みの抑制の実現には、痛みのメカニズム解明と抑制技術開発に資するモデル動物が必要となる。平成 29 年に、ヒトに近い脳を持つサルを対象に局所脳卒中を作成し、この脳卒中後の痛みの病態を再現することに成功した。そして、本動物モデルでミクログリアと呼ばれる神経炎症に関わる細胞の活性化が見られたことから、この細胞が痛みの発症に関わる可能性を提唱した。さらに、本モデルの開発と並行して「動物の脳の痛みを可視化する脳活動計測技術」、すなわち最適な麻酔薬を最適濃度で持続投与し不動化した状態で fMRI 計測を行う実験系を開発した。

ラットなどの齧歯類を対象として、脳卒中後の痛みを再現する動物モデルはこれまでに開発されてきたが、ヒトと同じ霊長類であるサルを用いたモデルは世界初であり、大きな反響を得て大学医学部（脳神経外科）や企業との共同研究につながった。本テーマに関して、平成 29 年度、査読付き国際原著論文 14 報（IF 総計 36）、総説 2 報の論文成果を上げている。論文発表以外にも公的資金獲得（科研費など 7 件）、共同研究および大学との連携 12 件、特許 7 件、招待講演 7 件など、多くの成果を上げた。

##### 【アウトカム】

現在介護や支援が必要な人は日本国内で 600 万人を超えるが、その最大の原因が脳卒中であり全体の約 2 割を占めていることが報告されている。「ニューロリハビリテーション技術の開発」では、脳卒中によって生じる運動機能障害と機能回復訓練の阻害要因である痛みの問題を克服する治療技術を開発し、現状で 100 万人を超える「脳卒中の後遺症による要介護者」を大幅に減らせられると期待できる。平成 29 年度開発した「脳卒中後の痛みを再現する動物モデル」は、脳損傷患者の大きな苦しみとなっている痛みの問題の克服に不可欠なモデルである。また「動物の脳の痛みを可視化する脳活動計測技術」は、これまで難しかった動物の痛みの客観的評価を飛躍的に高度化するため、脳卒中後の痛みのみならず幅広い分野の痛みを緩和するための技術開発に応用可能である。

##### 【課題と対応】

適切な脳内の代替神経回路網と、痛みなどの阻害要因を明らかにするための動物モデル開発は主要症例から中心に研究を進めている。今後も他の症例を再現するモデルが必要である。回復訓練中の代替神経回路網形成の度合いを計測、評価する技術では、動物と人との併用でき、臨床適用も可能な脳機能計測技術が必要である。現在、このための脳機能計測技術（fNIRS）のノイズ除去、実用性向上技術研究を進め、企業と連携して製品化研究を推進している。回復を促進する介入技術は、現時点では、もっとも研究が遅れている。これは、介入技術の多くが臨床研究であり、産総研単独での推進が難しいことによる。そこで、平成 29 年 12 月に茨城県立医療大学とリハビリテーション・介護・医学系研究分野における連携・協力の推進に関する協定を締結した。介入技術には、医療的手段の他に VR を用いた視覚介入とロボットアシストも有効であると考えてお

り、これらについては他部門との連携研究を新たに開始した。さらに、ニューロリハビリテーションを世の中に広め、実装していくために、民間企業、医療機関を巻き込み、更には世界の研究者との共創を強力に推進できる研究実施体制を構築することが課題である。そのための一つの施策として、他分野の研究者、企業、医療機関が集うニューロリハビリテーションシンポジウムを平成30年度も開催し、関連研究者のハブ機能を実現する予定である。

## (2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

(総括)

### 【実績・成果】

領域の平成29年度計画にて設定した、「ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の研究開発」、「道路構造物ひび割れ検出サービスの研究開発」、「ヒューマノイドロボットによる航空機組立作業への応用技術の開発」、「ラストマイル自動走行交通システムの開発」、「自動走行中のドライバー状態の評価指標の開発」および「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、開発目標を達成することができた。

特に特筆すべき研究成果としては、「AIの社会実装を推進する大規模人工知能クラウドシステムの構築」があげられる。AI・IoT専用のクラウドシステムとしては国内最高水準の処理性能を達成し、計算システムの電力性能ランキングにおいて世界3位（空冷のシステムとしては世界1位）を獲得した。この計算機プラットフォームの上で、人工知能に関する先進的な研究開発成果が次々と生まれている。また、「道路構造物ひび割れ検出サービスの研究開発」においては、ひび割れの特徴量を効率的に検出するAI技術により、誤検出の大幅な削減に成功した。また、「実世界に埋め込まれる人工知能」の研究開発として、世界トップレベルの物体の三次元認識AI技術の開発に成功した。さらに、「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、GNSSに頼らずに車両の位置を高精度に特定する技術の開発に成功した。車輪の振動データを用いることで、測位誤差を移動距離の1%以下に抑えることができる世界初の技術である。さらに、「コンクリート構造物のAI打検システムの開発」および「大規模音楽連動制御プラットフォーム Songle Syncの開発」においても、社会的インパクトの大きい独自技術を開発することができた。

知的財産創出の質的量的状況として、実施契約件数は209件（12月末時点）であった。実施契約件数の目標値170件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研究開発成果を目標以上に創出できた結果といえる。

戦略的な知的財産マネジメントの取組状況としては、知的財産を協調領域と競争領域とに明確に区別して取り扱った。協調領域における知的財産は産総研が集約・管理し、共通基盤的な技術として全ての企業が使えるようにした。企業との共同研究により創出される競争領域の知的財産は、独占実施を推奨し、企業の競争力強化につなげるとともに、産業界全体の技術水準の底上げに寄与している。

研究テーマの設定は、いずれの研究テーマにおいても政府系競争的資金などを原資とした研究開発により顕著な成果を上げており、研究終了後には民間企業との受託研究・共同研究に結びつけることが十分に可能である状況にある。このことは研究テーマ設定が適切であることの証左と考える。

### 【アウトカム】

政府系競争的資金などを原資として、民間企業との本格的な連携に結びつけることができる社会的インパクトの大きい技術を創出できており、それらの技術はいずれも橋渡し後期（社会実装期）の研究を通じて喫緊の社会課題の解決に大いに役立つと期待している。

### 【課題と対応】

「橋渡し」研究前期における研究開発成果を、スムーズに民間企業との共同研究につなげ社会実

装していくことが課題である。この対応策としては、技術開発のほか、法制度の整備、地域の社会課題をよく理解した上での事業化戦略が重要であり、関係省庁や企業等のプロジェクト参画機関との密な調整を行い、各々の役割に応じた対応を即時に行える体制を構築する。また、プログラムマネージャー(PM)のイノベーション指向の研究開発マネジメントにより、技術的成立性の証明・提示(Proof of Concept: POC)および適切な権利化を推進することで、企業やベンチャー、他事業などへの研究開発、技術の橋渡しにつながるよう、研究推進体制を構築していく。

## ① ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の研究開発

### 【実績・成果】

「実世界に埋め込まれる人工知能」は、IoT やロボット等を用いた実世界のサービスから生み出されるデータから学習し、実世界で人間と協調しながら困難な社会的課題を解決する人工知能の研究開発と社会実装の好循環の実現を目指すコンセプトである。NEDO 委託事業「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」における、16 の大学の 22 の研究室、3 つの研究所、10 以上の企業と連携した研究開発を中核として、上記のコンセプトに基づく人工知能の先端的な要素技術をモジュール化した先進中核モジュールと、それらを統合し、人工知能の多様な応用に迅速に適用するための次世代人工知能フレームワーク・データプラットフォームの研究開発を実施している。平成 28 年度までに先導的な研究として、アルゴリズムの開発やモジュール、ベンチマークデータセット等の小規模での実装・構築を進めた。平成 29 年度は、より大規模なデータセットの構築や、そのデータで学習した要素機能モジュールの構築を開始している。主要な成果は以下のとおりである。

第一に、「観測・データ収集」、「認識・モデル化・予測」、「行動計画・制御」、「自然言語理解」の 4 つの要素機能カテゴリーについて、日常生活現象の観測、人流の計測、生活現象の確率モデリング、日用品の 3 次元的認識、日常動作の認識、異常検出、自律移動ロボットの行動計画と周囲の人間の計測、テキストの意味表現への変換、等の要素機能モジュールのプロトタイプを 10 種類以上構築した。

第二に、人工知能・IoT 処理向けの大規模計算プラットフォームとして産総研 AI クラウド(AIST AI Cloud : AAIC) を構築し、平成 29 年 6 月より利用サービスを開始した (AAIC については後述する)。また、これまで決定的な方法のなかった、大規模 AI 計算システムの性能評価ベンチマークセットとして、世界初の AI 処理の絶対性能指標 (AI-FLOPS) を提案した。

第三に、「地理空間情報プラットフォームと空間の移動のスマート化」、「生活現象モデリング」、「AI に基づくロボット作業」、「科学技術研究加速のためのテキスト統合」の 4 つのプロジェクト内での共有タスクを設定し、タスクに必要とされる学習・評価用のデータセットとして、航空写真からの津波による建物被害推定用データセット (AIST Building Change Detection Dataset)、衛星画像からの地上構造物の検出用データセット (Multiband Satellite Imagery for object Classification Dataset) を構築し公開を開始した。また、今後の他の研究機関、企業での AI 研究促進を目的とし、12 種 132 個、21,120 枚の日用品画像データセットを、公開に向けて作成した。こうしたデータセットを用いて上述の要素機能モジュールや次世代人工知能フレームワークの有効性を評価・検証し、有効性を確認した。

以上の成果において、日用品の 3 次元的認識 (形状と姿勢の同時認識) 技術は、40 クラスで 92% 以上という世界トップレベルの認識精度を達成し、国際的コンペ SHREC (3 次元 CAD モデルの検索) の 2 部門で優勝、自律移動ロボットの行動計画と人間計測技術は、IEEE 5th International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS 2017) の Best Paper Award を受賞、AAIC は平成 29 年 6 月に公表された計算システムの電力性能ランキングである Green500 において 12.681 GFLOPS/W で世界 3 位 (現在は 7 位)、空冷のシステムとしては世界 1 位 (現在は 2 位) を獲得、テキストの意味表現への変換技術は分野トップレベルの国際会議で発表、など、上記の成果はいずれも、国際的にも高い技術レベルを達成している。また、人流の計測とシミュレーションの技術は、平成 29 年 9 月 7 日に新国立劇場において実施された避難体験オペラコンサートでの、避難時の人流計測に用いられ、テレビ 1 社、新聞 10 社で報道されるな

ど、社会的に注目を集めた。さらに、SIP（内閣府戦略的イノベーション創造プログラム）/インフラ維持管理・更新・マネジメント技術において、異常検知技術を重要な社会インフラであるコンクリート構造物の打音検知に適用した AI 打検システムのプロトタイプを構築するなど、多様な実社会の応用において有効性が示されている。

#### 【アウトカム】

AAIC は、本研究開発以外にも、産総研・DMP・東大・NEC が受託した NEDO「IoT 推進のための横断技術開発」を始めとする複数の公的プロジェクト、NEC-産総研人工知能連携研究室、パナソニック-産総研 先進型 AI 連携研究ラボ、その他実施中の民間企業との共同研究の研究開発・実証のための共用プラットフォームとして幅広く活用が進んでおり、情報通信研究機構との共同研究を通じた機械翻訳の性能向上をはじめ、外部研究機関、企業での更なる活用が期待される状況である。こうした活動を通じて、ビッグデータを活用した AI 向けのプラットフォームの構築と運用の経験とノウハウが蓄積されている。また、AI 処理の絶対性能指標(AI-FLOPS)は、国内外の大規模システムの公平な調達（産総研が構築中の次世代プラットフォーム・AI 橋渡しクラウド(AI Bridging Cloud Infrastructure: ABCI)や台湾 NCHC が調達中の新システム) に貢献した。

人工知能戦略会議による人工知能技術の産業化ロードマップでは、「空間の移動」、「生産性向上」、「健康、医療・介護」が重点分野として取り上げられているが、本研究の 4 つの共有タスクは、これらの分野に貢献するものであり、今後、幅広い産業分野において、人工知能技術の研究開発と社会実装の好循環が加速される。

#### 【課題と対応】

モジュールおよびフレームワーク・データプラットフォームの開発については、要素機能モジュールの性能改善、機能追加、利用性向上をしていくことが課題である。そのために、機械学習アルゴリズムやモデルの研究開発や学習・評価用のデータセットの追加構築、モジュールを動作させる環境であるフレームワーク・データプラットフォーム上への実装、実証などを進めている。また、人工知能の性能・安全性の保証といった、実世界に埋め込まれる人工知能技術の社会実装を促進するための課題についても、他ユニットと連携して検討を開始する。

また、多数のステークホルダーに分散しているデータを統合して利活用するような、有効なユースケースを探索することも課題である。そうしたことを可能にするニーズとシーズのマッチングの場として「人工知能技術コンソーシアム」を設立し、現在までに約 150 社の参画を得て、WG 活動、セミナーやコンペティションの開催など活発な活動を行っている。

## ② ヒューマノイドロボットによる航空機組立作業への応用技術の開発

#### 【実績・成果】

「空間的制約の厳しい環境におけるヒューマノイドロボットの全身作業技術の開発」（平成 28 年ー平成 31 年）では、エアバス、CNRS とヒューマノイドロボットによる航空機組立作業の実現可能性を調査する共同研究を行っている。本研究において、作業を遂行可能な目標姿勢をどのようにみつけるか、モデル化誤差をどのように補償するが主な課題となっており、平成 29 年度は両者に共通な最適化手法の数値解の高速化とロバスト性の向上に重点を置いた。

平成 29 年度は、複数の姿勢を考慮した動作計画に適用可能な高速でロバストなアルゴリズムを開発した。市販のライブラリでは 25%しか解を求めることができなかった問題群を、開発したアルゴリズムは全て解が得られ、より複雑な環境と体の複数の部位で接触する多点接動作の生成が期待できるロバストなアルゴリズムであることを示した。また、優先度付きタスクや重み付きタスクなどの異なるタスクを目的に応じて切り替え可能な多点接触動作制御のフレームワークを開発し、航空機組立作業に見立てたモックアップを作成し、ユースケースであるトルクレンチを用いた垂直や角度のついたナット締めを平均 6 分 30 秒、90%の成功率で実現した。航空機の組立作業にヒューマノイドを適用した例は世界初であり、この成果は 2017IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS)にて採択された。また壁で自重を支える

ことにより安定性を向上させ、3x4のグリッドに配置されたブレーカのスイッチの点検作業を94%以上の成功率を達成した。本成果は2017 IEEE Conference on Automation Science and Engineering (CASE)にて採択され、Best Student Conference Paper Awardを受賞した。またケーブル取り付け作業を行うための柔軟物体の接触による変形を含めたモデル化手法を開発し、2017 IEEE Robotics and Automation Letter (IF付のshort paper)に採択された。これらの成果により、ヒューマノイドロボットの組立作業への適用の可能性を示すことができた。

#### 【アウトカム】

現在、航空機の組立作業は、作業領域が広く作業量が膨大である一方で作業環境内の空間的な制約も大きく、産業用ロボット・車輪型ロボット・多脚ロボットといったロボットではアクセスすることが困難な場所が多い。そのため大部分の組立作業が人によって行われている。これらの作業は無理な姿勢での繰り返し作業が多く、作業者をこれらの単純作業から解放することが求められている。ヒューマノイドロボットは人に近い形状を有していることから、既存の製造工程を大幅な変更なく様々な人の代替作業を行うのに適している。平成29年度では、これまでヒューマノイドロボットで実現されていなかったmmオーダーの高精度な作業を実現し、ヒューマノイドロボットの航空機の組立作業への実現可能性を示したが、ヒューマノイドロボットが人の代替作業を担えれば、高度な技能を持つ作業者をより付加価値の高い作業に振り向けることで、製品の品質向上や製造競争力の向上に貢献することが期待される。また本共同研究で取り組んでいる多点接触動作制御技術は、住宅建築、船舶の製造といった大型構造物における製造工程全般に適用可能な技術である。これらの作業現場では少子高齢化社会に伴う労働力不足が深刻化しており、今後これらの分野の民間企業との共同研究につながる技術である。

#### 【課題と対応】

平成29年度の実証実験では、ロボットがタスクを失敗したときに人が補助的に指示することによってタスクが成功した事例が含まれる。このため、人が介在せずにタスクの成功率を上げる自律性の向上が課題である。今後、こうしたエラーリカバリー技術を開発していく予定である。また、平成29年度の実証で用いた航空機内環境に見立てたモックアップは、実際の航空機組立環境と比較すると制約の少ない環境であった。そのため、より複雑で制約の多い実作業環境での技術実証が課題である。今後、ヒューマノイドロボットの実作業環境での適用に向けて段階的に難易度を上げて実証していく予定である。

### ③ (年間計画に対する成果) (イチ押し研究成果) ラストマイル自動走行交通システムの開発

#### 【実績・成果】

「高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業」(平成29年度、経済産業省・国土交通省)では、「専用空間における自動走行等を活用した端末交通システムの社会実装に向けた実証」を幹事機関として受託し(年間3.1億円)、民間6企業や1大学等とともに必要な技術開発、事業性(ビジネスモデル)や社会受容性、社会制度の検討等を行っている。平成29年度は、昨年に公募・選定した4つの実証地域(観光地モデル:沖縄県北谷町、市街地モデル:石川県輪島市、過疎地モデル:福井県永平寺町、コミュニティバス:茨城県日立市)における現地での技術実証や事業性検討、環境整備を進めた。特に小型電動カートを応用して遠隔監視・操作技術と自動走行技術を組み合わせた遠隔型自動走行システムを開発し、6月には北谷町の非公道での国内初の実証実験を開始し、さらに12月には輪島市の規制をかけない一般公道における国内初の車両内無人による遠隔型自動運転の実証を開始した。公道での遠隔型自動走行に必要な国土交通省の車両に対する基準緩和に関する技術審査と、警察庁による実験のための道路使用許可の走行審査を受け、研究機関として国内初の認可を得ている。

システムの特徴は、事業化の最先端であることを重視し、コストや受容性、実証地域を考慮し、実績のある技術を用いて実用性、実現性の高い技術の構築と実道での検証に耐えうる実装を実現していることである。また、実環境での実走行から得られる様々な気づきやデータに基づき、遠



隔ドライバの操作負担を軽減する支援や自動化する技術として、環境認識や状態推定に対する AI 技術を遠隔監視システムに活用するなどの新たな取り組みを行った。具体的には、遠隔監視と操作における通信速度の変動や低下(15Mbps～1Mbps)や画質変化に対応できる障害物認識や、発進の判断に必須となる乗降者の状態推定技術などを開発した。小型バスを応用する日立市においては、事業性の調査や環境の整備を進めた。各実証地域において、上述した 2 件の実証のプレス発表を行うなど、次年度の本格的な実証評価にむけて必要な技術開発と制度などへの対応を順調に進めている。

#### 【アウトカム】

ラストマイル自動走行システムは、基幹交通システム（鉄道やバス等）と自宅や目的地との間、地域内といった短中距離を補完する新たな交通システムであり、この実現により地域の活性化、少子高齢化に伴う交通弱者への安心な交通手段の提供、労働力不足やコスト低減などの課題解決に貢献するものとして社会的意義が高い。また、世界各国で研究開発や実証が進んではいるが、まだ持続可能なサービス事業への移行例はなく、高齢過疎地等の進む課題先進国の日本での事業化が期待されている。本事業は、自動走行技術の確立だけでなく、事業性の明確化や社会制度と社会受容性の確立を包括的に実施し、本格的な事業化に向けた社会実装を世界に先駆けて実現しようとするものである。平成 29 年度において、実地域における端末交通システムの構築と先行的な実証評価の開始は、先進事例の構築に大きく貢献している。産総研が掲げる技術の橋渡しを軸とした事業化に向けての企業や実証地域等との連携推進や実証評価による先進事例は、今後の自動走行システムの社会実装と拡大に大きく寄与するものである。

#### 【課題と対応】

端末交通システムは、ステークホルダが多く、その調整と導入地域の受容性の確立と共に事業性の明確化が課題である。そのため、自治体、交通事業者、地域関係者、利用者等と、参画機関との密に検討調整のできる体制を構築し、スピード感をもって研究開発を進める。また、関係省庁との連携による制度整備、標準化、国際的な情報発信等にも積極的に関与することで、社会実装の加速を図る。

#### ④（年間計画に対する成果）(イチ押し研究成果) 道路構造物ひび割れ点検支援システムの開発・試験公開

##### 【実績・成果】

「道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発」（首都高技術株式会社、東北大学、産業技術総合研究所）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において、コンクリートのひび割れの定量的把握および経過観察を精密かつ効率的に行う実用に耐え得る技術を実現することを目的として実施している。従来のひび割れ検出技術は、ひび割れをその光学的性質や形状モデルにもとづき判定する技術が主で、様々な環境下で年月を経たコンクリート構造物の多様性に広く対応できるものはなかった。開発したひび割れ自動検出技術は、先端の特徴抽出技術と AI を組み合わせることにより、様々なコンクリート表面に対応可能となった。具体的には、ひび割れを微小領域でとらえたときに突出して検出可能で、汚れや型枠跡とは異なる特徴を見出し、これを効率的に表現する特徴抽出法を開発した。そして、抽出された特徴量を識別する AI を構成して学習させ、自動検出機能を実現した。平成 29 年度までに道路橋の主要なコンクリート部位を対象に収集した約 4,000 枚のひび割れ画像から約 700 枚の教師用データを作成して構成した実験システムを用いたところ、幅 0.2 ミリメートル以上のひび割れを 82.4%の精度で検出できた。この数字は、見落としと見誤りの両方を勘案した計算方法(Mean Average Precision)により算出したもので、検出率 80%以上とされる市販システムでは同じ計算方法での結果は 12%であった。さらに、これをどこからでも利用可能とするため、ネットワーク経由でのデータ交換方法および API の整備を行った。これにより、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 秒余りで結果が得られるシステムを開発した。本システムは

点検事業者を主な対象に試験公開している。

#### 【アウトカム】

開発した技術は、点検作業の省力化をもたらし、今日大きな問題となっている道路インフラ老朽化による点検作業の増大、点検作業従事者の減少、点検ルールの厳格化による作業の増大の解決に貢献する。また、今日においてもひび割れ形状の記録は手書きで行われているため、点検毎の定量的比較ができず、伸展や劣化傾向の把握が困難であった。本技術は、これまでの点検作業でも現況記録に用いられているカメラ機材を変更することなく高精度なひび割れ自動検出が行え、汚れや型枠跡などの誤検出が少ないために後修正の負担を軽減しながら精度の高いデータを得ることができる。点検作業の効率化・省力化に貢献するとともに、インフラ維持更新の正確な判断を下支えする信頼できるデータを供給する技術である。さらにクラウド上に開発した自動検出サービスは、従来型の点検作業体制に容易に取り込むことが可能でありながら、今後実用化されるであろうドローンや点検ロボットとの機能連携が容易であり、他の点検技術の進展に合わせた形態での利用が可能である。

#### 【課題と対応】

現在は点検時に近接目視が義務化されており、専門技術者の代替として本技術を導入することはできない。本技術を専門技術者の代替として使用できるようにするための環境整備が課題である。対応として、当面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、点検制度変革のための実績づくりとアピールを行う。省力化の実証評価として、従来5時間程度要していた一連の点検作業を10分の1にすることを目標に、実橋を対象に実証実験を行う予定である。

#### ⑤ (イチ押し研究成果) 自動走行中のドライバー状態の評価指標の開発

##### 【実績・成果】

「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)自動走行システム/大規模実証実験/HMI(Human Machine Interface)」(平成28-30年度、平成28年度：内閣府、平成29-30年度：NEDO)では、株式会社デンソー、東京都ビジネスサービス株式会社、筑波大学、慶應義塾大学とコンソーシアムを組み、(A)自動走行システムの機能・状態・動作の理解(筑波大学担当)、(B)ドライバーの状態の評価と状態維持のHMI(産総研担当)、(C)自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーション(慶應義塾大学担当)の研究開発を推進している。産総研担当の(B)では、平成28年度にドライビングシミュレータ実験を実施し、自動走行中のドライバー状態を実用化レベルで評価可能な指標として、“まばたき頻度”、“車載ディスプレイへの視認割合”、“サッカード(5~8度)の生起頻度”を見出した。さらに、自動運転中の異なるドライバー状態(脇見、意識の脇見、覚醒度低下)によって、自動から手動運転へ切り替え後に低下する運転行動指標が異なることを発見した。実装担当のデンソーにて、本指標を検出可能なプロトタイプシステムを開発した。

平成29年度は、平成28年度の成果の妥当性を実環境にて検証すると共に、適切なドライバー状態を保つための方策や、自動から手動への切り替え情報の提示タイミングを検討した。さらに、OEMを中心とした企業10社の参加による実証実験(東京都ビジネスサービス担当)を実施し、ドライバー状態検出システムの精度を公道で検証し、実用化に向けて解決すべきハード面・ソフト面の課題を明確化した。

##### 【アウトカム】

自動運転社会の実現に向けて、そのヒューマンファクター研究開発課題に対する国の政策的ニーズは大きい。現在開発が進められ、市場化の見通しが立ちつつある部分的な自動運転システムでは、自動走行システムからドライバーの手動運転に権限委譲が行われる場面が必ず発生するため、それらの間の適切な切り替えのために、自動走行中のドライバー状態の評価は必要不可欠な技術となる。平成28年度の研究予算に対し、平成29-30年度は、それぞれ2倍以上の予算が割り当

てられていることも、自動運転のヒューマンファクター研究への期待の高さを裏付けると共に、認知・生理・行動という3側面からの評価指標を世界で初めて見出したという初年度の成果の質の高さを示していると考えられる。本研究テーマの成果は、国内企業からの製品化を促進させるべく、日本自動車工業会と連携しながら研究開発を推進している。さらに、自動車技術会と連携してISO化も並行して推進している（ISO/TC22/SC39/WG8、Terms and DefinitionsをPart1として審議済、Experimental GuidanceをPart2として平成31年度に審議予定）。研究成果としての知見が本業界における世界標準として確立されることを目指している。

#### 【課題と対応】

自動運転システムの一般道展開に関しては、雑多な環境に対応するための検証課題を残している。また、本SIP事業ではスコープ外ではあるが、自動走行システムのユーザにとっての価値創出や社会受容性の評価手法の確立等の研究開発が不可欠であり、今後、社会学等との共創を考えている。さらに、自動走行システムの研究開発・商品化は世界的に競争が激化しており、そのスピードに遅れないよう、国内外の様々な機関との連携を推進している。

#### ⑥（イチ押し研究成果）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

##### 【実績・成果】

生産現場、生活場面での人間行動センシング技術と、それを通じて得られる実世界ビッグデータを集約、分析し、製品の価値向上、サービスの生産性向上に繋げる統合クラウド技術を開発している。衛星測位（GNSS）が適用困難な屋内での測位を実現し、人間行動センシングの適用範囲を拡大するための技術として、29年度は、歩行者自律測位技術（PDR：Pedestrian Dead Reckoning）の研究開発で培った自律航法に関する知財群を活用し、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。具体的には、車輪の回転時で発生する振動に着目し、移動速度と高い相関性を示す特徴量を抽出して、PDRの要素技術と組み合わせることでVDRを実現した。台車やカート、フォークリフトにおいては、その測位誤差を移動距離の1%以下に抑えることに成功した。またPDR実装技術に基づいて計算コストを低く抑えることで、組み込みMPUによる動作も可能としている。VDR技術及び知財に関して、情報開示契約1件（見込み2件）、実施契約1件、製品化1件、特許出願：2件（予定）、FS連携契約1件（見込み1件）、国際会議1件採択といったアウトプットが得られた。

製造・サービス現場での従業員の作業内容の詳細把握を実現するために、PDR、全身姿勢推定、機械学習に基づいた作業動作認識技術を開発した。まず、センサモジュール17個を全身に装着し、実際の製造現場での実証において91%の作業動作認識精度を得た。さらに、動作特徴抽出や認識結果補正手法の開発・導入により、センサモジュールを5個まで減らしても87%の精度で作業動作を認識することができた。

移動距離比2%以下の測位性能の実現については来年度の課題となったが、PDR国際競技会（PDR Challenge in Warehouse Picking）をJST OPERAプロジェクトで実施することができ、PDR特有の評価指標として誤差累積勾配（EAG：Error Accumulation Gradient）の提案につながった。本指標は今後PDRベンチマーク標準化委員会やISOにおいて標準化を進めることとした。

歩行時のPDRと車両移動時のVDRとを組み合わせたxDR（Dead Reckoning for x）及び動作認識技術、さらにそれらにより得られたピアデータ（ビッグデータ+ディープデータ）に基づくサービスシミュレーションクラウド基盤に関して、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）「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」（先導事業）において「物流サービスの労働環境改善と付加価値向上のためのサービス工学×AIに関する研究開発」（代表：産総研大隈、6,500万円）、及び「人・機械協働生産のための人工知能を活用した作業モデル構築に関する研究開発」（代表：三菱電機、3,700万円）が、戦略的基盤技術高度

化支援（サポイン）事業において「高精度な人間センシングを低コストで実現するためのウェアラブル IoH センサの開発」（代表：ゴビ社、900 万円）が採択され、それぞれ、物流分野、製造現場での応用、小型デバイス開発への展開がなされた。また、企業共同研究 3 件（住友電装、住友電工、鹿島建物）、技術コンサル 1 件（キヤノン）、情報開示契約 1 件、国内招待講演 2 件、国際招待講演 1 件、国際会議 2 件等のアウトプットも得られた。

#### 【アウトカム】

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、PDR 単体よりも多様な状況での人の屋内測位を、GNSS 等の常時アシスト無しに可能とすることで、製造・サービス現場での従業員や顧客の網羅的な行動把握とそれに基づく生産性やサービス品質向上支援、法令遵守支援、人材育成支援、安心安全応用等への展開が見込まれている。

製造・サービス現場での従業員の作業内容の詳細把握についても、xDR と作業動作認識技術の双方を導入することによりその実現性や精度・品質を向上させることができる。このように作業動作認識と xDR に基づく人間行動センシング技術によって、COCN で提言された QoW (Quality of Working) の定量的な指標設計に貢献することができ、その指標を用いることで働き方改革の実装の具体化への貢献も期待できる。

また、当初は人間行動センシングの適用範囲を拡大するために開発した VDR であるが、それに限らず、車両側に焦点を当てた応用展開、例えば、物流センターや工場等の 15 年程度の寿命がある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網羅的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。

#### 【課題と対応】

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が、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という課題がある。この課題への対応として、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・学習する仕組みを研究開発する計画である。

xDR においては、現状はまだ歩行状態であるか車両に搭乗している状態であるかを自動判別しているわけではない、歩行ではなく二足走行時の測位も対象外となっている、といった課題がある。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。

PDR と全身姿勢推定に基づいた移動距離比 2%以下の測位性能の実現も課題として残った。その対応としては、まず、標準化を計画している EAG 指標を用いて同等の目標を再設定し、サポインで開発を進めている IoH (Internet of Human) センサ装置等を適用することで、再設定された目標を達成していく計画である。

### ⑦ (イチ押し研究成果) AI の社会実装を推進する大規模人工知能クラウドの構築

#### 【実績・成果】

ビッグデータから価値を創造する AI を誰でも簡単に利用可能にし、AI 応用の開発効率と生産性を向上させるために、膨大な情報処理の需要に応える新しい大規模計算インフラが必要とされている。こうした大規模計算インフラを実際に構築・運用するとともに、計算インフラの効率的利用に資する AI ワークロードを支援するモジュールベースのアプリ配備・実行機構、データフローに着目したビッグデータ処理ミドルウェア、人工知能データのためのデータプラットフォームの研究開発を行っている。

平成 27 年度政府補正予算「人工知能・IoT の研究開発加速のための環境整備事業」の一環として、平成 28 年 2 月より人工知能・IoT 処理向けの共用計算プラットフォーム、産総研 AI クラウド (AIST AI Cloud : AAIC) の開発を進めてきた。平成 29 年 6 月にサービス提供を開始した。

システムの主な技術的特徴としては、NVIDIA 社の最新 (納入時) GPGPU である Tesla P100 SXM2

を 400 基搭載し、ディープラーニングを始めとする機械学習計算を高速(半精度計算で 8.6PFLOPS)に実行可能であり、AI・IoT 専用システムとしては現時点で国内最高水準の性能を誇る。また、4PiB 超の大容量ストレージシステムを有し、ビッグデータ処理用の分散フレームワークから透過的かつ高スループットで大規模データを利用可能である。最大消費電力 150kW の省電力設計である。平成 29 年 6 月に公表された計算システムの電力性能ランキングである Green500 において 12.681 GFLOPS/W で世界 3 位、空冷のシステムとしては世界 1 位を獲得した。リアルタイムの電力モニタリングデータによってシステム全体の消費電力を最大で 150 kW に抑える省エネ運用が可能となる。電力あたりの計算性能を維持しつつ、特殊な冷却システムを必要とせず、一般的なサーバールームでの運用を可能とした。

ユーザの利用環境としては、コマンドラインベースでの計算リソース自動割当・ジョブ実行を支援するインタラクティブ環境と、仮想マシンや分散フレームワークを起動して利用するポータル環境を提供し、ユーザが各種の機械学習ワークフローを、ローカル環境や他の商用クラウド環境等とシームレスかつ高速・大規模に実行することを可能にしている。サービス開始以来、すでに 180 名、30 チームを超える産学官のユーザが利用を開始している。

### 【アウトカム】

AAIC を活用して AI に関する様々な研究開発が進められている。たとえば、人工知能研究センターが拠点として受託している NEDO 委託事業「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」において、大量の地球観測衛星データからのディープラーニングによる熱源の検出と分類、化学物質の分子式グラフからのグラフニューラルネットワークによる特徴表現学習手法、ディープラーニングの実応用において重要となるハイパーパラメータのチューニング手法などの研究開発に AAIC が活用されている。機械学習用のデータセットとして構築された航空写真からの津波による建物被害推定用データセット (AIST Building Change Detection Dataset) や衛星画像からの地上構造物の検出用データセット (Multiband Satellite Imagery for object Classification Dataset) の公開に結びついている。また、大規模 AI 計算システムの性能評価ベンチマークセットとして、世界初の AI 処理の絶対性能指標 (AI-FLOPS) を考案するためにも AAIC が活用された。さらに、総務省の情報通信研究機構とのニューラルネットワーク機械翻訳に関する共同研究でも AAIC が活用され、機械翻訳の性能向上に寄与している。この他にも、産総研・DMP・東大・NEC が受託した NEDO「IoT 推進のための横断技術開発」を始めとする複数の公的プロジェクト、NEC-産総研人工知能連携研究室、パナソニック-産総研 先進型 AI 連携研究ラボ、その他実施中の民間企業との共同研究の研究開発・実証のための共用プラットフォームとして幅広く活用が進んでいる。

こうした活動を通じて、ビッグデータを活用した AI 向けのプラットフォームの構築と運用の経験とノウハウを蓄積してきている。また、AI 処理の絶対性能指標 (AI-FLOPS) により、大規模システムの評価を可能とし、国内外の大規模システムの公平な調達 (産総研が構築中の次世代プラットフォーム・AI 橋渡しクラウド (AI Bridging Cloud Infrastructure: ABCI) や台湾 NCHC が調達中の新システム) にも貢献した。今後、AAIC の構築、運用、活用の中で蓄積したノウハウは、現在、産業技術総合研究所が東京大学 (東大) 柏 II キャンパスに現在構築中の世界最大規模の人工知能処理向け計算インフラである ABCI の構築と運用、および人工知能に関するグローバル研究拠点での研究開発の中で活用されることが期待される。さらに、こうした活動を通じて大規模データの集約・活用、要素技術の研究開発・応用実証のエコシステムを構築することで、ビッグデータから価値を創造する AI が誰でも簡単に利用可能になり、AI 応用の開発効率と生産性を向上させ、幅広い産業への社会実装を促進することが期待される。

### 【課題と対応】

AAIC 及び ABCI に代表される次世代計算インフラを活用して、人工知能技術開発を強化するには、大規模データの集約と活用、及び要素技術の研究開発と応用実証・実用化を可能にする、エコシステムの構築が必要である。このためには、(1) ツールやモジュールの整備、(2) データセットの整備、(3) エコシステムを促進するサービス設計・運用が課題である。また、莫大な演算能力

によってはじめて可能になる人工知能分野の重要課題に取り組み、(4) 次世代計算インフラだからこそ解決した課題事例の創出も重要である。

(1) については、これまでに GPGPU 向けライブラリ、最新の各種ディープラーニングフレームワークを始めとする様々なツール群を整備・提供する他、NEDO 委託事業「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」の一部で開発したコンテナ技術を統合することにより Docker を含むコンテナイメージ (モジュール) を簡便に利用できる環境も提供しており、今後はモジュールの拡充を進める。(2) については、これまでに NEDO 委託事業で作成したデータ等の集約が進んでおり、今後は ABCI 上でデータセットの集約と活用を促進するデータプラットフォームをサービスし、データセットのさらなる拡充を図る。(3) については、AAIC 及び東工大 Tsubame の構築・運用経験を活かし、要素技術開発から応用サービス実証にいたる広範なユースケースに対応できるサービス設計・構築を行い、AI におけるナショナルフラッグシップに相応しいサービス運用を進める。(4) については、グランドチャレンジプログラムを立ち上げ、人工知能分野の最重要課題への挑戦を促進し、事例の創出に努める。

## ⑧ (イチ押し研究成果)「実世界に埋め込まれる人工知能」の研究開発

### 【実績・成果】

「実世界に埋め込まれる人工知能」、すなわち、IoT やロボット等を用いた実世界のサービスから生み出されるデータから学習し、実世界で人間と協調しながら困難な社会的課題を解決する人工知能の研究開発と社会実装の好循環を実現するために、目的基礎研究、次世代人工知能フレームワーク・データプラットフォームとその上で実行される先端中核モジュール群の構築、人工知能技術の性能を評価するための標準的なタスクやベンチマークデータの構築を一体として進めている。NEDO 委託事業「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」を中心として、平成 28 年度までに先導的な研究として、アルゴリズムの開発やモジュール、ベンチマークデータセット等の小規模での実装・構築を進めてきた。平成 29 年度は、より大規模なデータセットの構築やそのデータで学習した要素機能モジュールの構築を開始している。以下に、平成 29 年度の成果の中から代表的な 3 つを挙げる。

第一に、深層学習を用いた実世界の物体検索・操作のための認識モジュールを開発した。物体の認識と姿勢推定を同時に行う新たな深層学習手法 (RotationNet) を提案し、日用品を 360 度あらゆる角度から視点の方向も含めて高い精度で認識 (3 次元認識) することに成功した (40 種類の日用品の認識に対して 92% 以上という世界トップレベルの認識精度を達成)。開発した技術を使って国際的コンペ SHREC (3 次元 CAD モデルの検索) に参加し 2 部門で優勝した (2017 年 3 月)。また、認識学習用の 12 種 132 個 21, 120 枚の日用品画像データセットも構築した。具体的な応用形態の一つとして、AR デバイスであるホロレンズと組み合わせた実世界での物体認識のデモを構築して、CEATEC2017 の AI パビリオンでデモ展示を行った。

第二に、自律移動ロボットによる長期間にわたる人間行動計測を通して、人間とロボットの移動特性を明らかにした。日本科学未来館での連続デモ走行をしながら、来館者の移動軌跡のデータを収集した。延べ 20 日間、228, 472 本の移動軌跡データを収集、分析した結果である。この成果について IEEE 5th International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS 2017) で発表を行い、Best Paper Award を受賞した。

第三に、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を開発した。人の流れの計測を行うモジュールとシミュレーション (予測) を行うモジュールを融合することで、平常時の混雑緩和、賑わい創出、災害時の避難誘導の支援等への応用を行っている。平成 29 年 9 月 7 日に新国立劇場において実施された実証実験 (避難体験オペラコンサート) において、避難支援技術の有効性を評価した。平成 28 年度の実験時よりも大幅に短時間で (8%程度少ない人数が 35%減の時間で) 避難完了するという高い有効性を達成した。社会の興味も高く、多くの報道機関の取材を受け、毎日新聞や日刊工業新聞で大きく報道されるなど、テレビ 1 社、新聞 10 社で報道された。

### 【アウトカム】

RotationNet による物体の姿勢も含めた 3 次元的認識は、ロボットによる物体操作や、ロボットの位置推定のための認識モジュールとしての有効性が高い。今後、移動ロボットへの搭載なども含めて、地理空間情報プラットフォーム構築や AI に基づくロボット作業への適用が可能な技術であり、更なる社会的な有効性が期待できる。

自律移動ロボットによる長期間にわたる人間行動計測のデータについては、収集したデータを用いて人間行動のモデルを構築し、行動予測を行うことにより、人混みの中でも安定して動くことのできる自律移動ロボットやパーソナルモビリティを実現することを目指している。それによって、搬送サービス、案内サービスへのロボット導入に貢献することが期待できる。

人流計測技術を用いた避難体験オペラコンサートは、ビルのマネジメントシステムなどと組み合わせ、避難誘導システムへの展開を検討している。また、同じ技術を用いて、鹿島アントラーズ等との共同研究（スタジアムでの人流誘導）も開始している。今後、イベントや災害時の避難誘導計画の策定の支援、市街計画、等のより安全で効率の良い移動の実現に幅広く貢献することが期待できる。

### 【課題と対応】

実世界に埋め込まれる人工知能の研究開発と社会実装の好循環を実現するために、要素機能モジュールの性能改善、機能追加、利用性向上をしてゆくことが課題である。そのために、機械学習アルゴリズムやモデルの研究開発や学習・評価用のデータセットの追加構築、モジュールを動作させる環境であるフレームワーク・データプラットフォームの上への実装、実証などを進めてゆく。また、人工知能の性能・安全性の保証といった、実世界に埋め込まれる人工知能技術の社会実装を促進するための課題についても検討を開始する。

## ⑨ （イチ押し研究成果）コンクリート構造物の AI 打検システムの開発

### 【実績・成果】

近年、インフラ構造物の老朽化が進み、その維持管理方法が喫緊の社会課題となっている。特に、国土交通省により橋梁などの総点検が平成 26 年に打ち出され、今後インフラの点検需要は急増する。この問題を解決するために、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」（4 年間全体で 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。本プロジェクトの体制として、高速道路管理者 2 社（首都高速グループ、NEXCO 東日本グループ）が参画しており、ユーザーニーズや評価結果を密に技術開発にフィードバックできる体制を構築した。

平成 29 年度には、プロジェクト最終年度として、平成 28 年度までに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 AI 打検システムのプロトタイプを完成させた。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、日経コンストラクション誌、日刊工業紙、Web 系記事などで多数取り上げられた。また、実構造物（7 橋）で評価実験を行い、打音の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。プロジェクト参画社は、開発したシステムの 2 年後の実用化を計画しており、プロジェクト終了後の体制（橋渡し後期）についても協議中である。

### 【アウトカム】

インフラ老朽化に伴い急激に増加する点検作業において、AI 打検システムの開発により、点検員の技術に左右されず高い精度で損傷の検出が可能となった。点検作業を省力化することは、高齢化と労働人口の減少により熟練点検員の確保が難しい地方で特にその社会的意義が高い。プレスリリースの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、工業製品の打音による官能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り、SIP プロジェクト終了後に共同研究等につながる可能性が高い。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。

### 【課題と対応】

本研究成果の地方への普及に関しては、打音解析パラメータの設定を自動化し、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ある。これについては、今後の橋渡し後期研究で課題解決を目指す。またユースケースの詳細化も必要であり、これについて富山市などと連携を開始しており、AI 打検システムの製品開発と並行して、プロジェクトメンバーの首都高技術社が SIP 地域実装支援チームの支援を得ながらユーザーヒアリングやシステム実演行う予定である。

## ⑩ (イチ押し研究成果) 大規模音楽連動制御プラットフォーム Songle Sync の開発

### 【実績・成果】

JST 戦略的創造研究推進事業 ACCEL に採択された課題「次世代メディア コンテンツ生態系技術の基盤構築と応用展開」において、平成 29 年度、音楽の再生にインターネット経由で同期して多様な機器を制御することで一体感のある演出ができる大規模音楽連動制御プラットフォーム「Songle Sync (ソングルシンク)」を開発した。音楽と物理空間を融合した総合体験を生み出すことができるサービスである。産総研独自の音楽理解技術と今回新たに開発した大規模音楽連動制御技術を融合させることで、音楽に連動した演出を容易に利用・開発可能にした。実際に 100 台以上のスマートフォン・パソコン・IoT デバイス (ロボット・照明等) を、自動解析したビートやサビ等を用いて一斉に音楽連動制御することができる。平成 29 年 8 月 2 日にプレス発表を行い、一般公開と実証実験を開始した。その結果、高い社会的関心を得て、NHK2 番組、新聞 7 紙 (日本経済新聞、朝日新聞等)、オンラインニュース 22 件 (インプレス Watch、ITmedia News、マイナビニュース等) と多数報道された。6 社以上の多様な業種から問い合わせが入り、ACCEL で関連している企業も含め、複数企業との連携・実証実験に至る可能性がある。

さらに、平成 29 年 9 月 2 日に幕張メッセで開催された音楽ステージでの実証実験も成功させた。QR コードが書かれたポストカードを来場者に配布し、各来場者がその QR コードをスマートフォンから開くと、ステージの音楽に同期して画面の CG 映像が一斉に変わる演出を提供した。その結果、40 分間の演奏中に数百人が同時アクセスしても支障なく楽しめることを確認した。

### 【アウトカム】

音楽は、多様なコンテンツや場面と組み合わせることで感動・一体感等を増し、印象を効果的にするために活用されることが多い。音楽と物理空間を融合した一体感のある演出が可能になる提案技術は、今後、音楽関連産業だけでなく多様な産業で新たな価値を生むことが期待される。その波及効果は大きい。例えば音楽ステージに限らず様々なイベント会場で、会場設置スピーカーから流れる音楽の再生に合わせて、来場者のスマートフォンの画面に変化に富んだアニメーションが表示するような新たな演出が可能になる。さらに、会場ディスプレイや登壇者の衣装を発光させる演出もできる。ショッピングモール・店舗では、BGM に合わせて通路や店舗の壁面や床などで演出可能になる。大型ディスプレイや照明機器などを連動させた演出でモールや店舗全体に一体感を出し、来場者のスマートフォンも連動させると効果的である。カフェ・飲食店では、BGM に間接照明やディスプレイを連動させることで、楽曲に合わせてムードを変えたり、店舗ごとに異なる印象を与えたりするなどの空間演出が可能になる。街中・屋外イベントでも、照明やプロジェクションマッピングに来場者のスマートフォンを組み合わせた従来困難だった演出が実施でき、イベントの価値を高められる。

以上の多様な展開も見据え、インターネット経由で音楽に連動制御される端末・デバイス群によって構成されるネットワークを、音楽版の Internet of Things (IoT) の意味を込めて「Internet of Musical Things (IoMT)」と名付け、音楽と物理空間を融合した利用事例の開拓を狙っている。

### 【課題と対応】

産業界等と連携しながら、ライブ・イベントや、ショッピングモール・店舗、カフェ・飲食店、街中など多様な利用シーンに応用展開するためには、外部の開発者が Songle Sync プラットフォ



ームを利用したコンテンツ・イベント制作を容易にし、さらにスケーラビリティを検証することが課題となる。そこで、整備を進めている開発キット（API、サンプルプログラム、チュートリアル）を、利用機会を増しながらアジャイル開発的に改善して充実させていく必要がある。また、設計上は数千台～数万台に対応可能だが、現状では数百台規模の実証実験しか実施していない。より大規模な実証実験を行い、その際に起きる障害等を分析して解決していく必要がある。

### (3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

(総括)

#### 【実績・成果】

領域の平成 29 年度計画に設定した、「健康起因交通事故撲滅に向けたドライバーの体調急変検出技術の開発」、「ロボット介護機器基準策定評価事業」および「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」において、十分な開発成果および事業成果を得ることができた。特に顕著な成果として、「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」においては、産総研、筑波大学附属病院、東大、企業 11 社とでコンソーシアムを設立し、民間企業からの提供資金をもとに、健康起因交通事故撲滅に向けてドライバーの体調急変の検出技術の確立に取り組んでいる。運転中のでんかん、脳卒中、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く、自動車メーカーやサプライヤー企業が社会実装する上で貴重なデータとなる。また「ロボット介護機器基準策定評価事業」における、有効で安全なロボット介護機器の設計を支援するプロトコルの開発は世界でも例がなく、生活支援ロボットの安全規格 ISO 13482 の適合認証を発行したのは本事業によるもののみである。

民間資金獲得額は、平成 29 年度目標値 12.1 億円に対し、実績値は 15.5 億円（12 月末時点、平成 29 年度目標値 12.1 億円を大幅に上回って達成、平成 28 年度最終実績値 13.4 億円もすでに到達）となった。民間資金獲得額においては、産総研と企業が合同で平成 28 年度設立した連携研究室（NEC-産総研 人工知能連携研究室、住友電工-産総研 サイバーセキュリティ連携研究室、豊田自動織機-産総研 アドバンスト・ロジスティクス連携研究室）および連携研究ラボ（パナソニック-産総研 先進型 AI 連携研究ラボ）が大きく寄与している。また、コンソーシアム型共同研究である「健康起因交通事故撲滅のための医工連携研究開発コンソーシアム（AMECC）」の寄与も大きい。この結果は、共同研究のプレ活動としての技術コンサルティングやマーケティングなどの戦略的な橋渡し後期への取り組みの成果である。

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。

#### 【アウトカム】

産業界において顕在化している課題において民間企業が単独で取り組むのが困難なものについて、産総研が研究開発や安全性実証において中心的な役割を果たして解決を図っている。企業の競争領域を底上げし、産業の加速的な発展に寄与することが期待される。

橋渡し後期において、大きな研究プロジェクトが実施されていることは産総研が持つ技術に対する企業からの大いなる期待を表しており、産総研の技術が事業化へのキーテクノロジーであることを示している。今後、単なる事業化に留まらない、新たな研究分野の創出など、革新的な研究成果を生み出していくことにもつながるであろう。

#### 【課題と対応】

人工知能分野やセキュリティ分野など、社会ニーズが高い分野での、研究開発を実施する人材の不足が大きな課題である。これらの分野では優秀な研究人材がそもそも少ないことから、国内外

の企業や研究機関との人材獲得競争となっている。この対応策として、新規採用者の入所動機の調査とそれに基づいた周知方法の検討、積極的な海外研究者の採用も想定した、1年間を通じた継続的な研究者公募を行っている。その効果を継続的に分析するとともに、必要があればさらなる充実を図ることが課題となる。

① (イチ押し研究成果) 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  
【実績・成果】

産総研、筑波大学附属病院、東大、企業 11 社とでコンソーシアム (Automotive and Medical Concert Consortium: AMECC) を設立し、民間企業からの提供資金をもとに、健康起因交通事故撲滅に向けてドライバーの体調急変検出を目指した研究開発を行った。

健康起因事故の上位原因疾患であるてんかん、脳卒中、心疾患の患者を対象に、てんかんと脳卒中についてはドライビングシミュレータ運転時の生体信号、顔・姿勢画像データ、運転操作データを収集し、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収集した。約 30 症例の脳卒中患者データをもとにハンドル操作、アクセル・ブレーキ操作、身体姿勢などを解析した結果、脳卒中麻痺による特徴的な運転行動や生体信号を見出し、これらの指標を用いて脳卒中の麻痺発症を検出できる可能性を得た。心疾患については約 40 症例のデータをもとに不整脈時の循環生理応答を解析した結果、非侵襲生体計測指標を用いて、重篤な不整脈発生を検出できる可能性を得た。平成 29 年度の成果をもとに次年度継続に向けての計画立案と議論を実施し、対象とする三疾患のデータ収集継続を目的としたコンソーシアム継続を提案した。2 月中に継続可否を決定する予定。

【アウトカム】

ドライバーの健康起因交通事故が増加する中、平成 27 年度開始した第 6 期先進安全自動車推進計画 (ASV-6) においてドライバー異常時対応システムについて議論が行われており、AMECC の成果も一部活用してガイドラインが作成される予定である。ASV ガイドライン、および AMECC で得られたデータおよび知見をもとに、AMECC 参加企業等がドライバーのてんかん、脳卒中、心疾患発症検出システムを開発することで健康起因交通事故が減少することが期待される。非侵襲計測手法や顔・姿勢画像など、運転中のてんかん、脳卒中、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く、自動車メーカーやサプライヤー企業が社会実装する上で貴重なデータとなる。

【課題と対応】

社会実装する上で、運転中に計測可能、あるいは車載可能な手法につなげることが課題である。そのため、てんかんについてはドライビングシミュレータ運転中の発作時データを取得することを目指したが、患者数が少なく、かつ運転した場合に発作時データを取得することが難しいことが明らかとなった。病院内他科や他病院に対して、該当患者がいる場合に研究協力者として参加の打診依頼を行うとともに、入院中の病室内での発作データを活用できるよう対策を行っている。

② (イチ押し研究成果) ロボット介護機器基準策定評価事業

【実績・成果】

有用で安全なロボット介護機器を設計するためのプロトコルを開発した。具体的な成果物として、ロボット介護機器開発ガイドブック (150 ページ)、ロボット機器開発のための安全ハンドブック (240 ページ)、実証試験ガイドライン (30 ページ)、倫理審査申請ガイドライン (10 ページ)、開発導入指針 (16 ページ) 等の開発支援文書、力学設計支援ツール、簡易モーションキャプチャシステム、効果評価 IoT システム等の設計支援ツール群を開発した。平成 25 年から 5 年計画で実施してきた AMED プロジェクトの最終成果物である。

有効で安全なロボット介護機器の設計を支援するプロトコルの開発は世界でも例がなく、唯一無二の成果といえる。生活支援ロボットの安全規格 ISO 13482 が平成 26 年 2 月 1 日に発行され

て以来約4年が経過したが、ISO 13482への適合認証を発行したのは世界でも本プロジェクトの成果を活用した7件のみである。力学設計ツールの開発では、高齢者のデジタルヒューマンモデル、高齢者を模擬するアクティブダミー、および介護者を模擬するヒューマノイドロボットを開発した。いずれもこれまでに例のない世界初の開発成果といえる。

#### 【アウトカム】

プロジェクト実施期間中に15機種程度が製品化されて数千台が市場に投入され、50-100億円規模の市場を創生した。今後、開発したガイドライン類と支援ツール群を活用することにより新製品を開発し、市場が成長していくことが期待される。

策定した安全基準や性能指標を盛り込んだ国際規格案の準備は既に出来ており、これらをISO TC299 および TC173 に提案して、国際標準化していく計画である。これらの成果に基づき、ISO 13482の国内認証成果を活用して欧州医療機器指令(MDD: Medical Device Directive)の適合認証実績を上げている。

我が国は、介護保険総費用が9兆円を超え、平成37年(2025年)には20兆円程度になると予想されている。また、介護者不足も深刻で、31万人が不足すると予測されている。本研究成果により、高齢者の自立支援により介護保険総費用を抑制し、介護者の負担軽減により介護者不足を解消することが期待される。国民誰もが人生の最後まで自立して幸せに生きられる社会の実現が目標である。

#### 【課題と対応】

ロボット介護機器のさらなる市場拡大および介護現場への普及が課題である。そのために、ロボット介護機器の効果に係る評価を実施するとともに、今後の海外展開につなげていくための環境整備を行う予定である。

### 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

#### 【実績・成果】

高齢者の残存機能の増進に関しては、次世代人工知能・ロボット中核技術開発事業(平成29年度、NEDO)において、「健康増進行動を誘発させる実社会埋込型AIによる行動インタラクション技術の研究開発」を受託し(年間5,000万円)、民間企業や大学とともに研究開発を推進した。本事業では、健康な高齢者もしくは中高年を対象に、行動を変容させるための行動インタラクション技術と健康モニタリング技術を連携させることで、「健康以外の動機づけによる個人の身体活動の持続」と「結果としての個人の健康増進」を両立させるシステムを開発中である。ユーザの心理行動属性に応じて適切なインタフェースで介入する研究は、まだ世界的にも例のない分野横断研究である。平成29年度は、5企業との研究プロジェクトを推進し、このうち2社(花王、マイクロストーン)と歩行特徴評価技術を用いた実証実験を行い、1社(ミズノ)と実証試験を進めている。利用者側でセンサの取り付け方が異なると、データのコンタミネーションになることが分かり、このクレンジング技術の必要性和、その技術開発仕様が明らかになった。また、下肢切断者用の義足に関しては、デザインのブラッシュアップを進めると共に、ルール変更に関する議論を行った。平成29年度は、2社と連携することで板バネとアダプタの開発を推進し、フィールドでの実計測を通じた機能評価を行なった。義足のバネ、ダンパ特性がパフォーマンスに与える影響が明らかになった。また、国際パラリンピック委員会と世界パラ陸上連盟との会議を実施し、クラス分類の妥当性、両側切断者の義足長制限、そして義足の力学特性の許容範囲に関する議論を行なった。1点目については、障害クラスの再編成に結びつき、また2点目については、複数の研究機関で制限値の再検証を実施することが決定した。

#### 【アウトカム】

高齢者の残存機能の増進においては、高齢者の心理行動属性の多様性を理解した上で、効果的な行動インタラクションを行う研究を推進している。これは、いままでの単なる状態可視化と目標提示だけでは機能増進行動を起こさない高齢者の支援に繋がるもので、厚生労働省の調査で日常

的な機能増進行動の習慣を持たない7割の人の行動を変えることを目指している。その社会的・経済的効果は大きい。世界に先駆けて超高齢社会に突入した我が国が、世界をリードするために率先して取り組むべき課題である。NEDOプロジェクトで連携している2企業、1大学を足掛かりとして、スポーツ、日常生活、就業といった様々な現場に適用することを目指している。また、下肢切断者用の義足において行なっているデザインのブラッシュアップは、日常的に義足を使用する人々のスポーツ活動への参加を実現するものであり、下肢切断者のQOL向上に大きな意義を持つ。更に、産総研が主催したスポーツ用義足の国際研究フォーラムにおいて、国際パラリンピック委員会と世界パラ陸上連盟とルール変更のための議論が実施できたことは、産総研の義足研究の国際的なプレゼンスの高さを表すものである。

#### 【課題と対応】

アウトカムの達成には、研究室ベースでの基礎研究だけでなく、企業や地域と連携した社会実証研究が不可欠である。これについては、新たに整備される柏拠点の活用を想定している。義足研究も、トップアスリートの記録向上だけでなく、広く下肢切断者のQOL向上に役立てるためには、レンタルビジネスも含めた普及体制の整備と効果的なトレーニング手法の研究が不可欠である。これらについては、現在、企業共同研究等を通じて推進している。

#### 4. 前年度評価コメントへの対応

- コメント：

研究評価を内部でどのように実施しているのか？論文数だけでは不十分だと思われる。(複数意見)

対応：

論文については、数に加え、質的な評価の指標として被引用数、および、高いインパクトファクターの査読付きProceedingのランキングである、Google Top 20にカウントされた数、も指標として用いている。また、世界における当該研究のレベル、知財登録、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評価を実施している。

- コメント：

(「橋渡し」につながる基礎研究) コンソーシアム設立による病院の現場知収集としての仕組みの早期構築の可能性もあるのでは？

対応：

病院の現場知収集のための枠組みとして、平成29年度新たに、茨城県立医療大学とリハビリテーション・介護・医学系研究分野における連携・協力の推進に関する協定を平成29年12月に締結した。ニューロリハビリテーション研究の中核部分をなす、機能回復を促進する介入技術開発における進展が期待される。自動車ヒューマンファクター研究センターでは、設立したコンソーシアム(Automotive and Medical Concert Consortium: AMECC)により、運転中の疾患発症検知に役立つデータ収集が進展し、結果の一部が国土交通省のガイドラインに活用される予定となるなど、社会的な意義の大きい研究が推進されている。引き続きこれらの枠組みを活用して、現場と密接に連携した研究を迅速に展開する。

- コメント：

企業との連携を推進するのは好ましいが、知財の扱いについて慎重にならざる負えないと考

えます。

業界領域についての特性を柔軟に考えて知財についてのポリシーを確立していくとよいと思います。(複数意見)

対応：

企業との連携研究について、領域研究戦略部で把握する体制としている。企業での開発や営業、経営の経験がある領域 IC (7 名、上席 2 名を含む) が、知財の取り扱いについても、企業との議論や交渉に慎重に対応している。



# 国立研究開発法人産業技術総合研究所 平成29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

### 1. 平成29年度の目標と代表的成果

#### (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

- 膨大なデータから規則性を学習する機械学習技術、および、意味理解・推論技術との融合に基づいた、人工知能の先端的な要素技術の開発、およびそれらを統合して多様な応用に適用するための、次世代人工知能フレームワークの開発

#### (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

- IoT社会におけるセキュリティ問題を解決するための高機能クラウド暗号化技術の開発、その安全性および高速性の検証
- 産業・社会システムの高度化のため、人間行動センシング技術の適用範囲を拡張した車輪ベースの移動体センシングシステムの開発

#### (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

- 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
- 自動運転システムの実用化に向けた、自動から手動運転への遷移におけるドライバー状態の評価
- 健康起因交通事故撲滅のための医工連携研究開発

#### (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

- 介護支援のため、安全なロボット介護機器を設計するためのプロトコルの開発
- 画像センシングおよびパターン認識技術に基づいた高度な空間情報取得・理解技術の構築

#### (特筆すべき成果1) 実世界で生成されるデータに基づいて学習し、困難な社会問題を解決するための人工知能技術群を開発

■ ロボットプラットフォーム Deep Learning Robot

**物体認識技術**  
新たな深層学習手法により、高精度な物体認識技術を開発  
(国際コンペで**世界第1位**)

**行動計測技術**  
ロボットによる人の移動軌跡収集技術を開発  
(IEEE国際会議で**最優秀論文賞**)

**人々の行動制御技術**  
人流計測およびシミュレーション技術を開発  
(避難誘導の**実証実験に成功**)

従来手法	識別率 90%	観測画像数 80枚
新手法	識別率 92%	観測画像数 20枚以下

汎用的な要素技術として**社会実装へ貢献**

NEDO委託事業「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」による成果

#### (特筆すべき成果2) 有用で安全なロボット介護機器を設計するためのガイドラインや支援ツールを開発

**世界初の**  
ロボット介護機器開発ハンドブック  
ロボット機器開発のための安全ハンドブック  
実証実験や倫理審査のためのガイドライン  
有用で安全なロボット介護機器市場創出に貢献

カ学モデルに基づく**設計支援ツールの開発**

デジタルヒューマン ↔ ロボット

15機器以上の**製品化**

生活支援ロボット**安全規格取得**  
4製品

CYBERDYNE株式会社    株式会社イノフィス    RTワークス (株)

## 2. 特筆すべき成果

### 【目的基礎】

- ・実世界で生成されるデータに基づいて学習し、困難な社会問題を解決するための人工知能技術群を開発。物体認識技術（**国際コンペで世界一位**）、ロボットによる人の移動軌跡収集技術（**IEEE国際会議で最優秀論文賞**）、人流計測およびシミュレーション技術（**実証実験が、テレビ1社、新聞10社で報道**）などの開発で世界を牽引。人工知能産業化ロードマップにおける重点分野の推進に貢献。
- ・産総研初の世界最速の格子暗号問題解読アルゴリズムに対して、理論的裏付けに成功。**公開鍵暗号分野トップ会議に採録**。  
高い安全・効率性を備えた暗号技術の実用化が期待。
- ・IF論文発表数：89報（目標達成率74.2%、12月時点）。Google Scholar のカテゴリ上位20位内のプロシーディングス：76報。
- ・論文被引用数：**1,992（目標達成率199.2%）**。

### 【橋渡し前期】

- ・インフラ構造物の点検作業支援システム、**作業時間を1/10に短縮し**、効率化・省力化に貢献。**プレス発表へのアクセス数 830件、掲載紙7件、試験公開して実証実験中**。インフラ維持更新の正確な判断を下支えする技術として有望。
- ・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。
- ・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。NTTドコモアプリで採用。

### 【橋渡し後期】

- ・AMEDプロジェクトの最終成果として、有用で安全なロボット介護機器を設計するための**世界初のガイドラインや支援ツールを開発**。**15件以上の製品事例、50-100億円規模の介護機器市場の創生に成功**。
- ・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）で人工知能の社会実装に関する大型連携研究を推進。
- ・健康起因交通事故撲滅のための、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（AMECC: Automotive and Medical Concert Consortium）で、企業との大型共同研究を実施。
- ・**民間からの資金獲得は目標の128%（総額15.5億円、12月時点）で前年度比116%**。
- ・企業との共同研究：136件（大企業）、42件（中小企業）。知財実施契約等件数：209件（目標達成率123%）。

### 【マーケティングカ】（目標の128%、前年度比116%の民間資金獲得）

- ・IC、PO、チームによる連携活動、ユニットとの密接な情報交換、共創コンサルティング手法の導入等の成果。

## 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

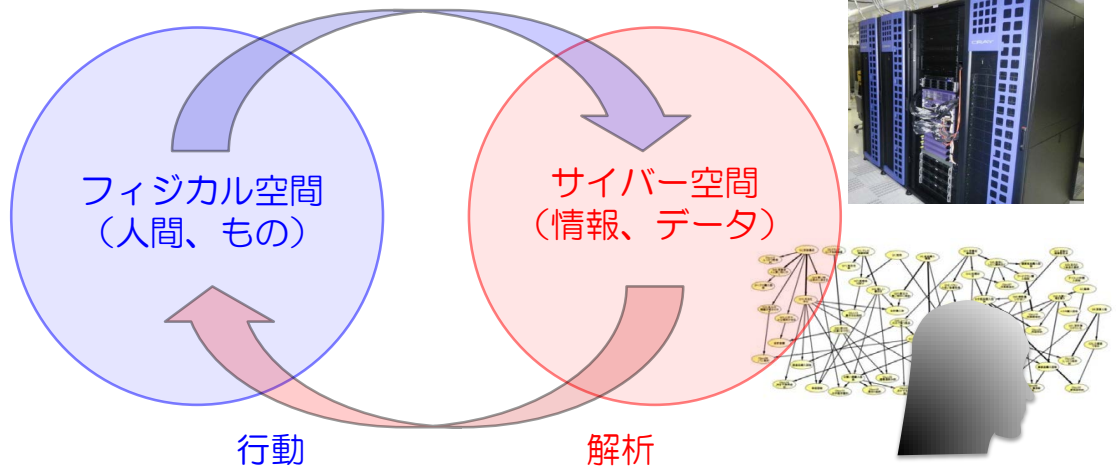
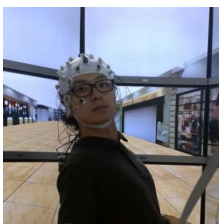
- (1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）
- (2) 「橋渡し」研究前期における研究開発
- (3) 「橋渡し」研究後期における研究開発



# 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

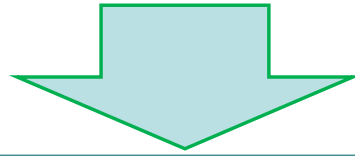


人間のフィジカル空間と情報のサイバー空間の  
相互の知的情報の融和が鍵となる。

# 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要変革を実現するロボット技術

### 4. 産業と生活に革命的要変革を実現するロボット技術



物理世界への  
干渉

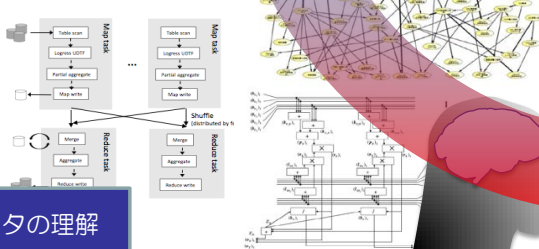
### 3. 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術



人間計測  
およびモデル化

**重点4課題の関係：  
それぞれが連携することでIoT社会の実現が可能**

### 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

- 領域長：関口智嗣
- 研究戦略部長：横井一仁、人工知能研究戦略部長：市川類
- 研究企画室長：渡邊創、人工知能研究企画室長：市川類
- 研究者数：308名（含兼務、内領域戦略部所属22名）

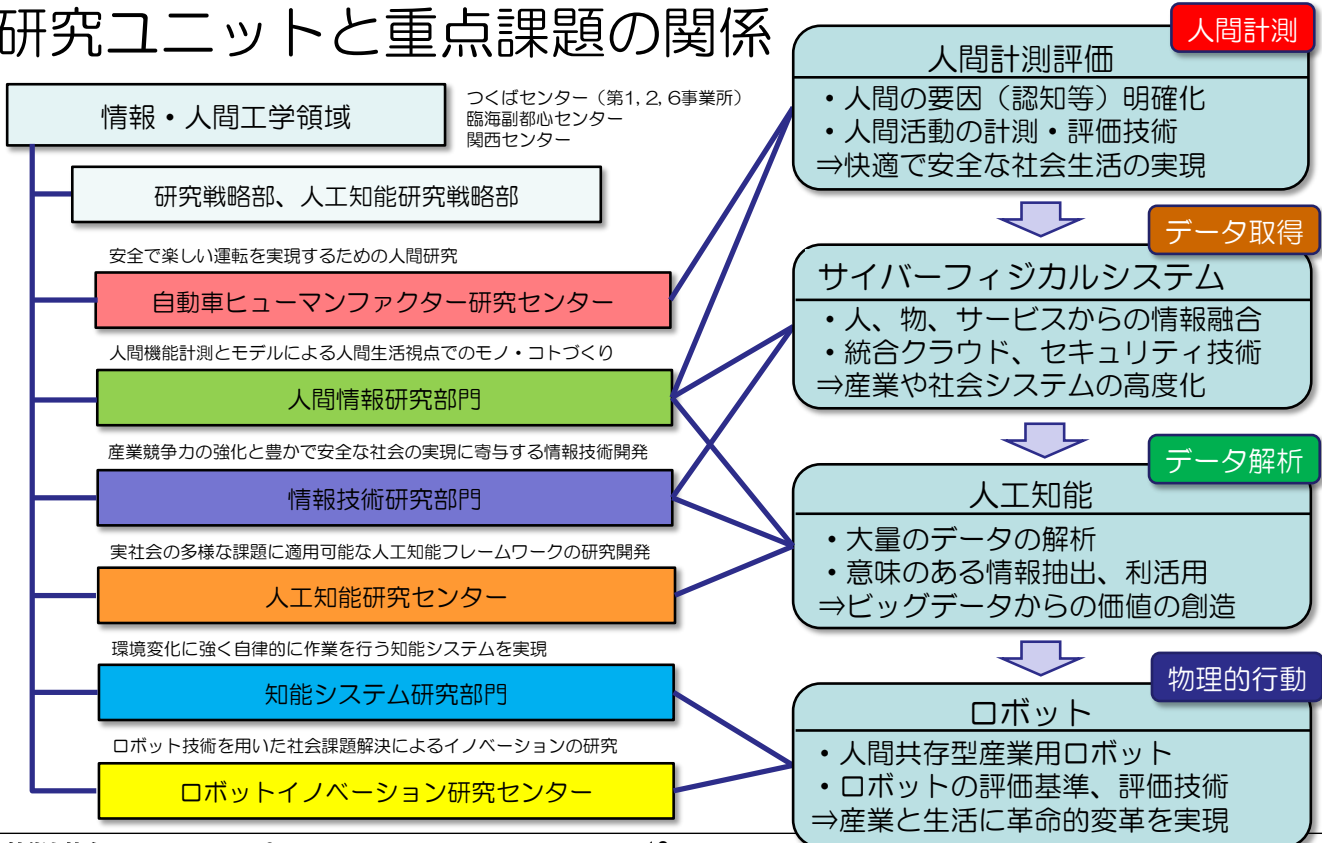
## 研究センター (Research Center)

自動車ヒューマンファクターRC 北崎智之 3チーム 18名（昨年度16名）	ロボットイノベーションRC 比留川博久 4チーム、 (1研究ラボ) 26名（昨年度25名）	人工知能RC 辻井潤一 12チーム、1連携研究室 99名（含兼務、昨年度92名）
--	---	---

## 研究部門 (Research Institute)

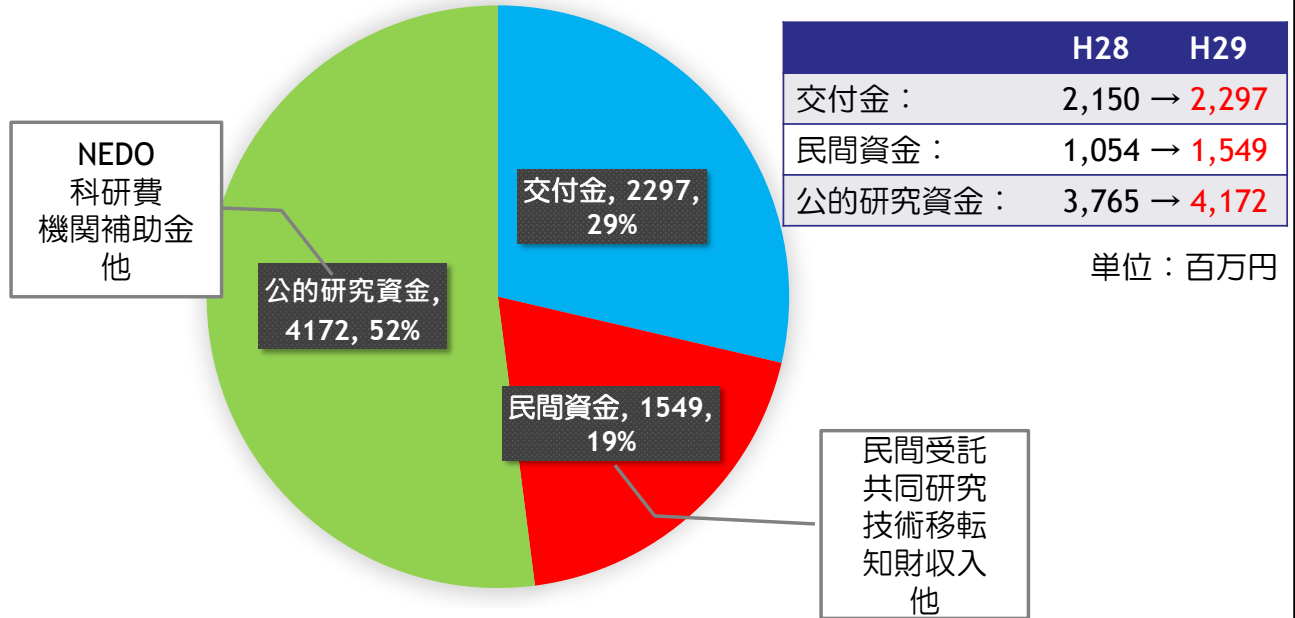
人間情報RI 持丸正明 10グループ 73名（昨年度75名）	知能システムRI 河井良浩 6グループ、1連携研究室、 (2研究ラボ) 47名（昨年度48名）	情報技術RI 田中良夫 6グループ、1連携研究室 47名（昨年度44名）
---	---	---

# 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

H29年度領域予算：8,018百万円（補正予算等含まず、2017年12月時点）



## 研究開発マネジメント：交付金配賦方式

- H29年度領域予算（交付金）2,297百万円  
（2017年12月時点）



## H29年度 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

### H29年度 当初目標

- 4重点課題の推進  
基礎研究・橋渡し研究前後期
- 民間資金の獲得  
獲得目標 12.1億円

P

### 取組

- 4重点課題の推進
- 民間資金の獲得  
(具体的取組みは後述)

D

### H30年度 目標・改善テーマ

- 4重点課題の推進
- 民間資金の獲得
- 第4期終了時に骨太組織になっているためのマネジメント整備  
(更新予定)

A

### 評価

- 4重点課題の推進
- 民間資金の獲得 (別表参照)

C

### 問題点(気づき事項)

- 企業連携におけるリソース不足
- 若手研究人材の不足

## H29年度 情報・人間工学領域のPDCA

### H29年度 当初目標

- 4重点課題の推進
  - ・論文数 目標  
(IF付)120件  
(Google Scholar)100件
  - ・論文被引用数 目標1000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42名
  - ・外部機関との連携強化
- 民間資金の獲得
  - ・民間資金獲得 目標12.1億円
  - ・共同研究のデザインフェーズとしての技術コンサルティング

P

### 取組

- 4重点課題の推進
  - ・外部研究機関との連携推進  
東工大とのRWBC-OIL本格始動  
独DFKI、英マンチェスター大、  
米UCSD等とのMOU締結  
三省連携の推進(理研、NICT)  
外部人材受入(特定フェロー9名、  
特定集中研究専門員 46名、  
招聘研究員 29名 他)
  - ・論文投稿・RA雇用費を領域で負担
  - ・人工知能研究戦略部の設立
- 民間資金の獲得
  - ・技術コンサルティング  
ニーズ発掘(技術相談)45件  
有償コンサル 40件
  - ・マーケティング力の強化  
領域長補佐配置、企業別チーム編成

D

## H29年度 情報・人間工学領域のPDCA

C

### 評価 (数値は12月時点のもの)

#### ● 4重点課題の推進(基礎研究・橋渡し前後期)

目標値	達成(見込)値	評価
論文数 (IF付)120件 (Google Scholar)100件	論文数 (IF付)89件→(見込み)120件 (Google Scholar)78件	○
論文被引用数 1000件	論文被引用数 1992件	◎
RA人員 42名	RA人員 74名	◎
外部研究機関との連携強化	前述のとおり	◎

#### ● 民間資金の獲得

目標値	達成(見込)値	評価
獲得額 12.1億円	獲得額 15.5億円	◎
技術コンサルティング	前述のとおり	◎

## H29年度 情報・人間工学領域のPDCA

C

### 参考：ユニット別の論文数・被引用数(数値は12月時点のもの)

ユニット名	IF付き論文数	被引用数
情報技術研究部門	15	202
人間情報研究部門	27	431
知能システム研究部門	6	200
自動車ヒューマンファクター研究センター	5	77
ロボットイノベーション研究センター	6	33
人工知能研究センター	34	1052
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	0	0
情報・人間工学領域研究戦略部	2	64

## H29年度 情報・人間工学領域のPDCA

C

### 問題点

#### ●企業連携におけるリソース不足

- ・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
- ・研究者に企業連携推進活動を実施させると研究時間が削減



研究者のコミットメントを共同研究と技術移転に限定し、それ以外はIC、連携主幹が対応する

#### ●若手研究人材の不足

- ・研究成果面で十分な実績を伴う若手研究人材は全般的に不足
- ・海外人材の受け入れも推進しているが、必要な手続きや採用条件面の整備が不足



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職員には高額給与を提示。海外人材採用の手続き整備等の対応を進める。

## H29年度 情報・人間工学領域のPDCA

A

### H30年度 目標・改善テーマ

- 4重点課題の推進 各KPIは今後設定
- 民間資金の獲得 獲得目標14.5億円
- 第4期終了時に骨太組織となっているためのマネジメント整備（更新予定）



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。

- ユニットとリソース情報を共有する仕組みの検討
- 長期的視野で外部連携を推進する仕組みの検討

常に協創を意識し、便利屋さんで終わらない



顧客により早く、より価値のある提案をするため、案件発生から課題抽出までの時間を短縮。また内部の情報連携を密にする。

- スピードアップによる機会損失削減のための仕組みの検討
- 顧客と持続的な関係を構築するための仕組みの検討

スピード感をもって、顧客と点ではなく面で付き合う



## H28年度 評価コメントへの対応 (1)

研究評価を内部でどのように実施しているのか？論文数だけでは不十分だと思われる。(複数意見)

- 論文については、数に加え、質的な評価の指標として被引用数、および、高いインパクトファクターの査読付きProceedingのランキングである、Google Top 20にカウントされた数も指標として用いている。また、世界における当該研究のレベル、知財登録、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評価を実施している。

企業との連携を推進するのは好ましいが、知財の扱いについて慎重にならざるをえない。業界領域についての特性を柔軟に考えて知財についてのポリシーを確立していくとよい。(複数意見)

- 企業との連携研究について、領域研究戦略部で把握する体制を構築している。知財の扱いについては、研究開発する技術が共通基盤領域か、競争領域かを領域PO (3名、兼務含む) も交えて判断しつつ、それに応じた契約形態を取っている。



## H28年度 評価コメントへの対応 (2)

（「橋渡し」につながる基礎研究）コンソーシアム設立による病院の現場知収集としての仕組みの早期構築の可能性もあるのでは？

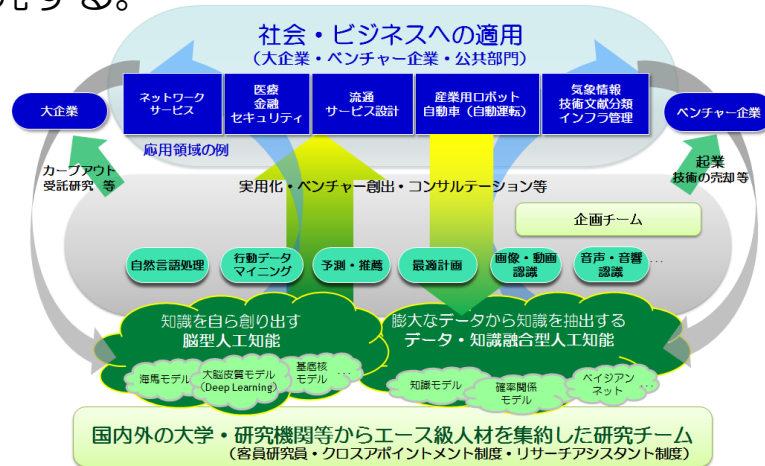
- 病院の現場知収集のための枠組みとして、今年度新たに、茨城県立医療大学とリハビリテーション・介護・医学系研究分野における連携・協力の推進に関する協定を平成29年12月に締結した。ニューロリハビリテーション研究の中核部分をなす、機能回復を促進する介入技術開発における進展が期待される。
- 自動車ヒューマンファクター研究センターでは、筑波大学病院と連携し設立したコンソーシアム（Automotive and Medical Concert Consortium : AMECC）により、運転中の疾患発症検知に役立つデータ収集が進展し、結果の一部が国土交通省のガイドラインに活用される予定となるなど、社会的な意義の大きい研究が推進されている。引き続きこれらの枠組みを活用して、現場と密接に連携した研究を迅速に展開する。

### 1-(3) 研究開発の概要

# 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。

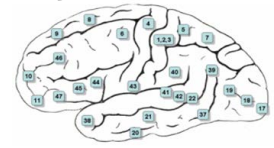


# 重点課題 1. ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

## 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. ビッグデータから価値を創造する 人工知能技術の開発



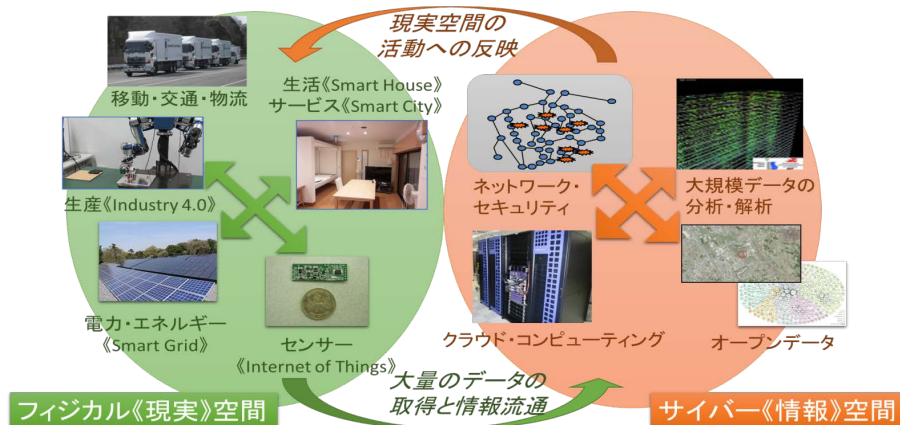
## 代表的な成果

- 実世界に埋め込まれる人工知能の研究開発  
(目的基礎・橋渡し前期) 【人工知能研究センター】
  - 日用品の3次元認識技術が国際的コンペの2部門で優勝
  - 自律移動ロボットの行動計画と人間計測技術が国際シンポで最優秀論文賞
  - 避難時の人流計測技術がテレビ1社、新聞10社で報道
- AIの社会実装を推進する大規模人工知能クラウドの構築  
(橋渡し前期) 【人工知能研究センター】
  - 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)
- NEC-産総研人工知能連携研究室 (橋渡し後期)
  - 企業との大型連携においてシミュレーションとAIとの融合技術を開発中
- パナソニック-産総研 先進型AI連携研究ラボ (橋渡し後期)
  - 企業との大型連携においてより良いらしと社会の実現に貢献する先進型AI技術を開発中

# 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・安心を保證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. 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

### 代表的な成果

- 格子暗号問題解読コンテストで世界記録を達成  
(目的基礎研究)【情報技術研究部門】
  - 暗号の安全性評価コンテスト「格子暗号解読コンテストSVP Challenge」で世界一位を獲得した技術を理論的に解明
  - トップ国際会議で発表。
- 生産・サービス現場を支援する屋内での人間・車両測位技術  
(橋渡し前期)【人間情報研究部門】
  - 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
  - NTTドコモアプリで採用
- 住友電工-産総研 サイバーセキュリティ連携研究室  
(橋渡し後期)
  - 企業との大型連携においてサイバー攻撃への対策技術を開発中

## 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. 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

### 代表的な成果

- ニューロリハビリテーション技術の開発  
(目的基礎)【人間情報研究部門】
  - 動物の脳の痛みを可視化する脳活動計測技術を開発
  - 国際原著論文14報 (IF総計36)、総説2報等、多数の論文成果
- 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  
(橋渡し後期)【自動車ヒューマンファクタ研究センター】
  - 筑波大学附属病院、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 (AMECC: Automotive and Medical Concert Consortium) で、企業との大型共同研究を実施中
- 快適で安全な社会生活を実現する人間評価計測技術の開発  
(橋渡し後期)【人間情報研究部門】
  - 下肢切断者用義足のデザイン改良を継続
  - 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

## 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. 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

### 代表的な成果

- 画像センシングとパターン認識による高度な空間情報取得・理解技術の開発  
(目的基礎) 【知能システム研究部門】
  - 直射日光下でのパターン投影による高速形状計測 (世界初)
- インフラ構造物の点検支援システムの開発  
(橋渡し前期) 【知能システム研究部門】
  - AIを活用して、コンクリートのひび割れ検出を自動化し、作業時間を1/10に短縮
  - プレス発表へのアクセス数 所内第2位 (830件)、掲載紙7件
- ロボット介護機器基準策定評価事業  
(橋渡し後期) 【ロボットイノベーション研究センター】
  - AMEDプロジェクトの最終成果として、有用で安全なロボット介護機器を設計するための世界でも唯一無二のプロトコルを開発
  - 15件以上の製品事例、50-100億円規模の市場を創生した
- 豊田自動織機-産総研アドバンスト・ロジスティクス連携研究室  
(橋渡し後期)
  - 企業との大型連携において物流ソリューション革新に向けた研究開発

## 重点課題に対する代表的な研究成果

重点課題	目的基礎	橋渡し前期	橋渡し後期
<p>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</p> <p>【研究課題】知的なサービスを創造する人工知能技術の開発</p> <p>【研究課題】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</p>	<p>日用品の3次元的認識技術が国際的コンペの2部門で優勝</p> <p>自律移動ロボットの行動計画と人間計測技術が国際シンポで最優秀論文賞</p>	<p>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) 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)</p>	<p>NEC-産総研人工知能連携研究室</p> <p>パナソニック-産総研先進型AI連携研究ラボ</p>
<p>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</p> <p>【研究課題】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</p> <p>【研究課題】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</p>	<p>格子暗号の安全性評価コンテスト「格子暗号解読コンテストSVP Challenge」で世界一位を獲得した技術を理論的に解明し、トップ国際会議で発表。</p>	<p>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</p>	<p>住友電工-産総研 サイバーセキュリティ連携研究室</p>

## 重点課題に対する代表的な研究成果

重点課題	目的基礎	橋渡し前期	橋渡し後期
<p>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</p> <p>【研究課題】ひとのこころやからだを計測・評価する技術の開発</p> <p>【研究課題】人間の運動・感覚機能を向上させる訓練技術の開発</p>	<p>動物の脳の痛みを可視化する脳活動計測技術を開発</p> <p>国際原著論文14報 (IF総計36)、総説2報等、多数の論文成果</p>		<p>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</p> <p>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を実施</p>
<p>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</p> <p>【研究課題】高齢者の機能と活動を向上させるロボット技術の開発</p> <p>【研究課題】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</p>	<p>直射日光下でのパターン投影による高速形状計測 (世界初)</p>	<p>AIを活用して、コンクリートのひび割れ検出を自動化し、作業時間を1/10に短縮</p>	<p>有用で安全なロボット介護機器を設計するための世界でも唯一無二のプロトコルを開発</p> <p>豊田自動織機-産総研アドバンスト・ロジスティクス連携研究室</p>



## 2. 「橋渡し」のための研究開発

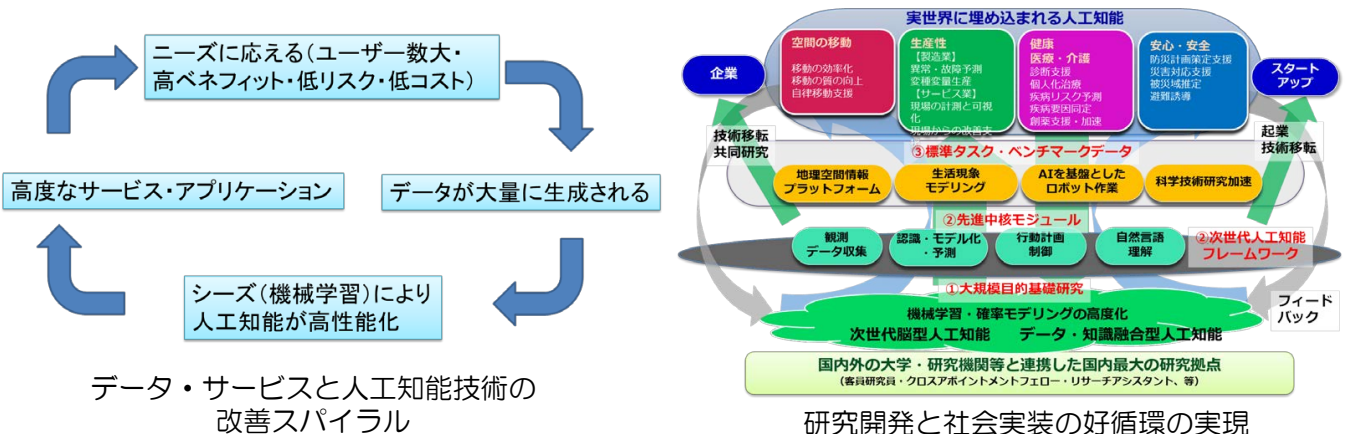
### 2.-(1) 「橋渡し」につながる基礎研究 (目的基礎研究)

# 目的基礎研究 実世界に埋め込まれる 人工知能の研究開発

背景

## 実世界に埋め込まれる人工知能

- 人工知能技術の社会実装には、サービスと人工知能技術の改善スパイラルを回すことが重要
- これまで：インターネットサービスとそこで生成されるデータを源泉として技術が発展
- これから：IoT やロボットを用いた多種多様な実世界サービスで生成されるデータを源泉とした人工知能技術（実世界に埋め込まれる人工知能）が重要になる（多様なサービス=多様なニッチ）
- そのための汎用性のあるアルゴリズム、要素機能モジュール、フレームワーク、学習・評価用ベンチマークデータセットの構築を進めている
- 実社会で人間と相互理解し、協働して重要な社会課題を解決する人工知能の実現を目指す



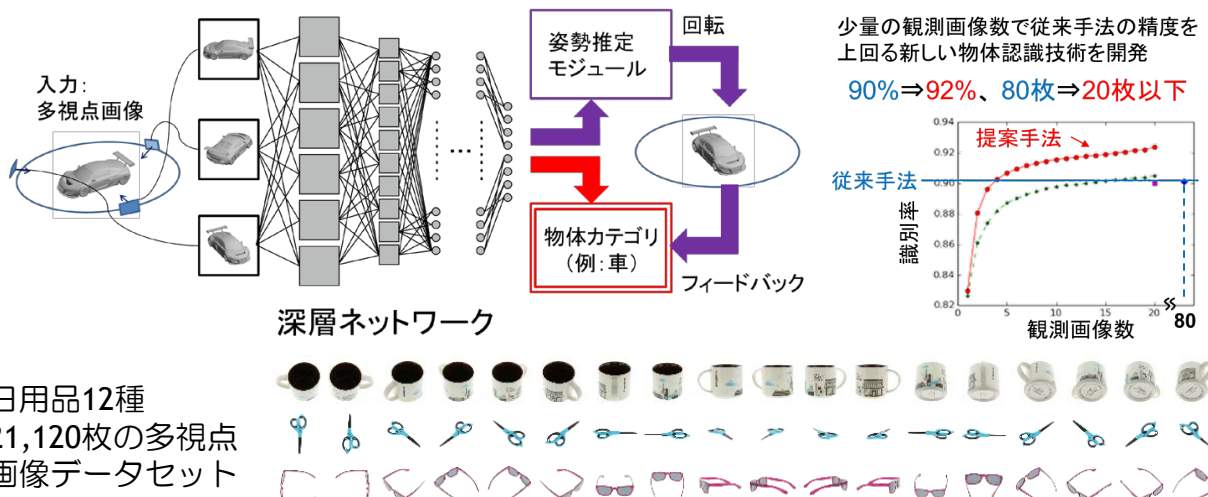
## 計画と進捗

- H28年度までは先導研究的にタスクや必要な要素機能の策定と小規模な試験的実装を行った
- H29年度計画：観測・データ収集、認識・モデル化・予測、行動計画・制御、自然言語処理、の各要素機能モジュールのプロトタイプを構築する。4種類以上のタスクに適用して評価・検証を実施する
- H29年度進捗：日常生活現象の観測、人流の計測、生活現象の確率モデリング、日用品の3次元的認識、日常動作の認識、異常検出、自律移動ロボットの行動計画と周囲の人間の計測、テキストの意味表現への変換、等の要素機能モジュールのプロトタイプを10種類以上構築した。地理空間情報プラットフォーム構築、生活現象モデリング、ロボット作業、科学技術研究加速、の4種類の共有タスクに適用して評価・検証を実施した
- 以下では、3つの成果事例を紹介

成果実績

### 成果事例(1)：深層学習による日常生活環境の物体認識技術

- 深層学習を用いた実世界の物体検索・操作のための認識モジュールを開発
- 日用品を360度あらゆる角度から認識、視点の方向も同時に認識（3次元的認識）
- 姿勢推定モジュールを持つ新たな深層学習手法（RotationNet）を提案
- 国際的コンペSHREC（3次元CADモデルの検索2部門）で優勝
- 認識学習用の12種132個21,120枚の日用品画像データセットも構築



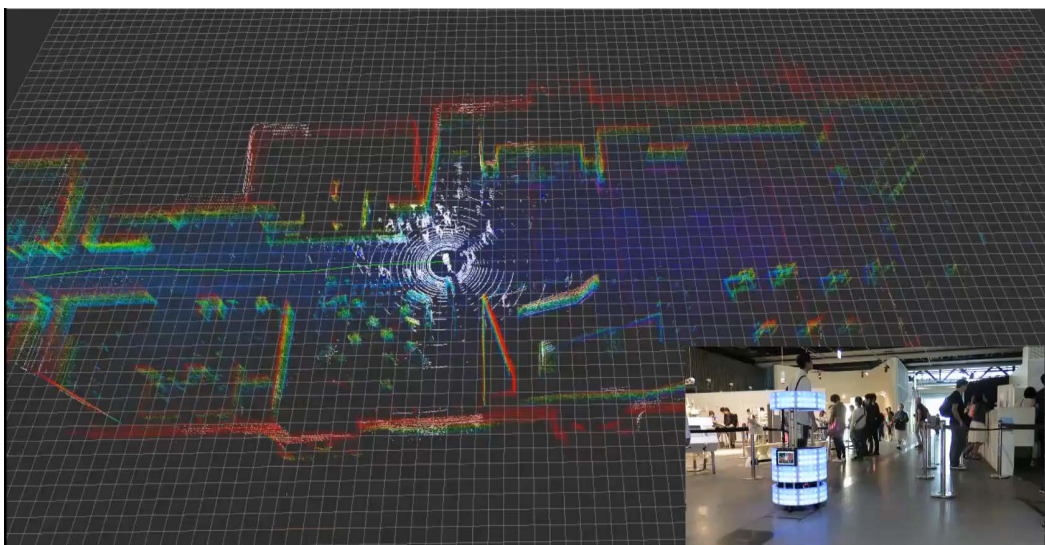
## RotationNet x HoloLens による実世界認識のデモ

- ユースケースのひとつとして  
実世界認識・検索を想定
- AR デバイス「ホロレンズ」の  
入力画像に RotationNet を適用
- ホロレンズの撮影画像から  
矩形枠の中の物体と姿勢を  
認識（3次元的認識）して  
結果をリアルタイムで提示
- CEATEC 2017 で  
デモンストレーション展示
- 今後の展望  
認識精度・安定性の向上  
フレームワーク上での実装  
他のタスクへの応用と橋渡し



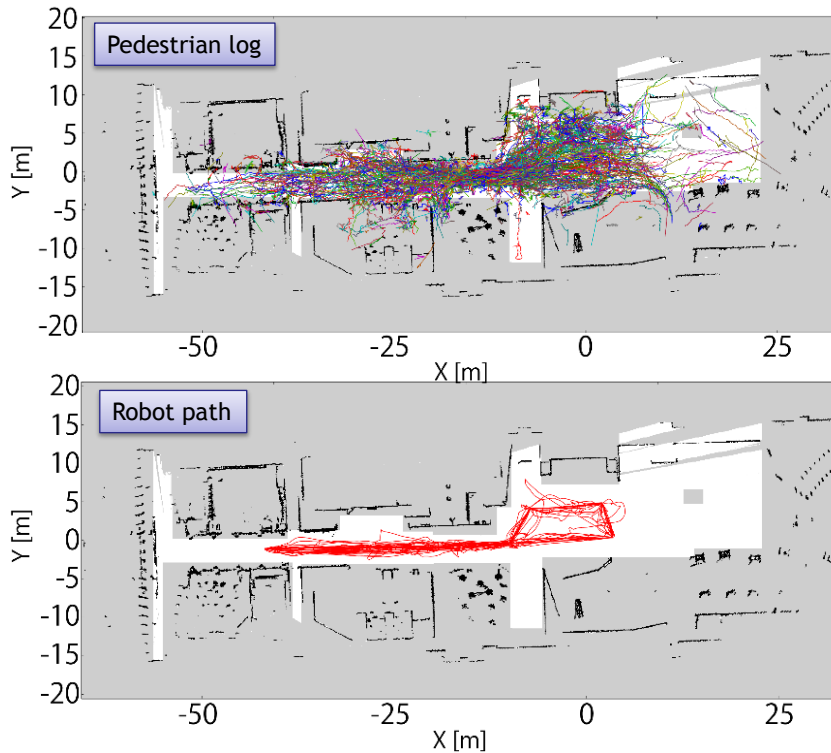
## 成果事例(2)：自律移動ロボットによる長期間の人間行動計測

- 日本科学未来館での連続デモ走行をしながら、来館者の移動軌跡データを収集
- 延べ 20日間、228,472本の人の移動軌跡データを収集、分析
- IEEE 5th International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS 2017)  
Best Paper Award



成果  
実績

## 計測データの例

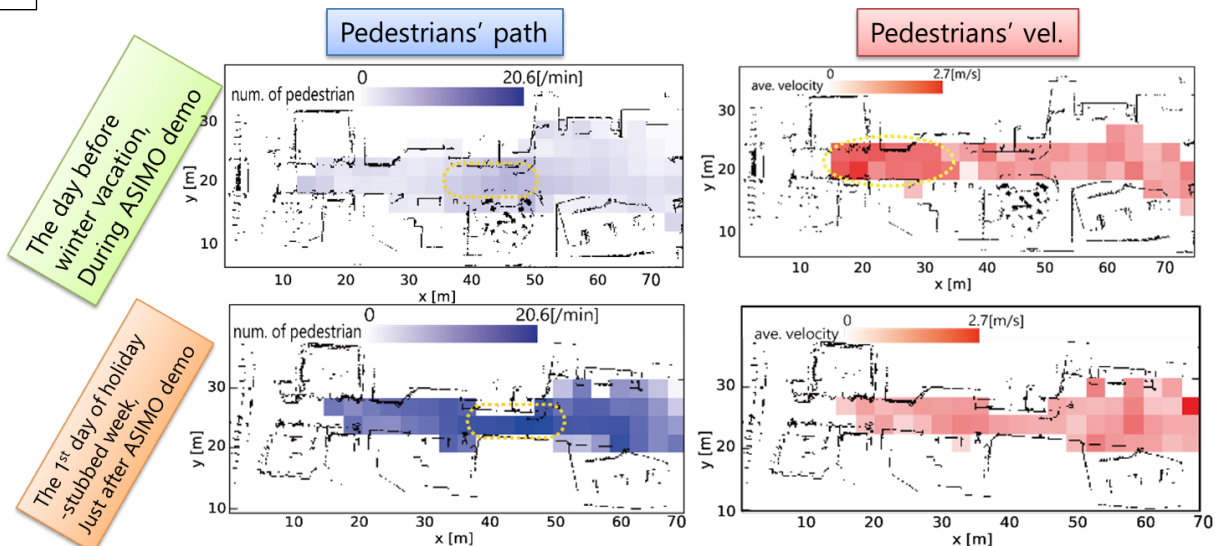


来館者の  
歩行軌跡

ロボットの  
走行軌跡

成果  
実績

## 計測データの分析事例

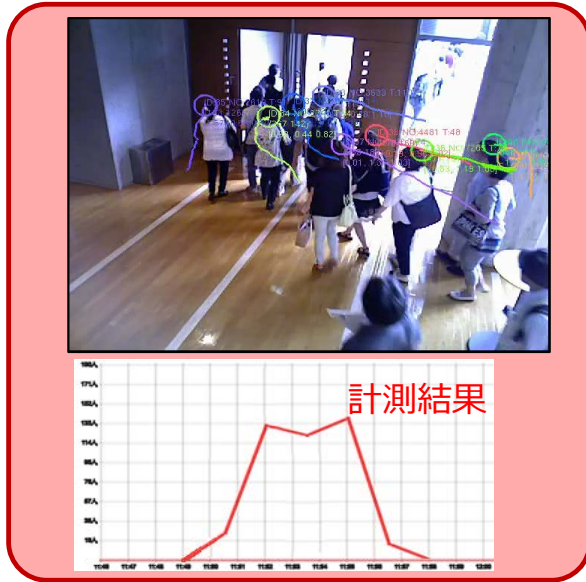


- 最も空いていた日と混んでいた日の比較（人の数と歩行速度の分布の可視化）
- 最も混んでいる場所は同じ傾向がある
- 混雑度による移動速度の違いを抽出可能
- 今後の展望：人の動きのモデル化と、人の動きの予測や理解に基づいたより円滑で自然な移動の実現

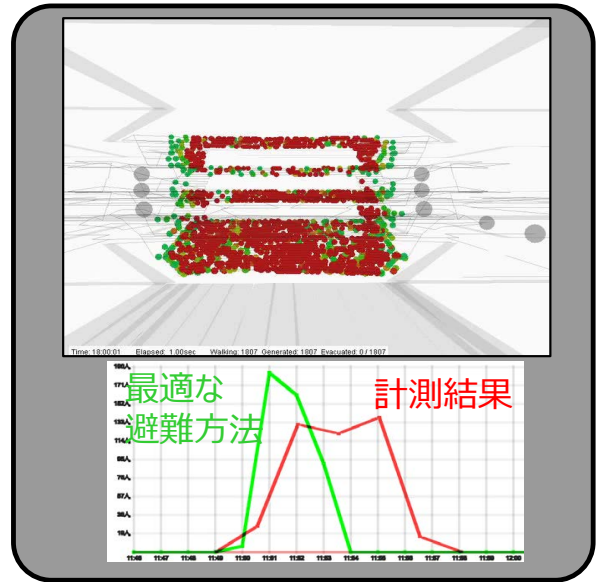
### 成果事例(3)：人の流れの計測とシミュレーションの融合

- 人の流れの計測とシミュレーション（予測）を融合・可視化
- 平常時の混雑緩和、賑わい創出、**災害時の避難誘導の支援**

#### 混雑環境での人の流れの計測技術



#### 人の流れの高速シミュレーション技術



### 避難体験オペラコンサート@新国立劇場

- コンサート中に震度5の地震によって火災が発生する想定
- 避難完了後に再びコンサートの続きを鑑賞

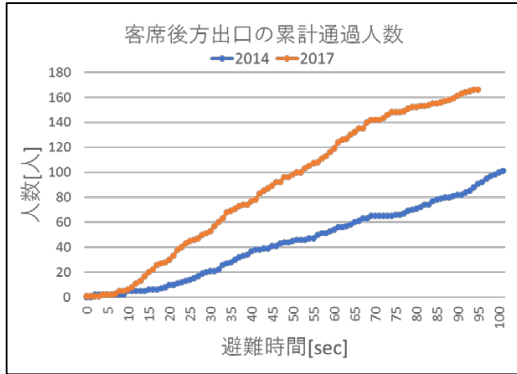
- 第1回目
  - 日程：2014年8月31日（日）11:30開演
  - 会場：新国立劇場オペラパレス
  - 参加人数：1300人
- 第2回目
  - ※1回目の分析結果からの知見を避難方法に反映させて効果を評定
  - 日程：2017年9月7日（木）15:00開演
  - 会場：新国立劇場オペラパレス
  - 参加人数：1100人



## 2014年の結果からの施策の効果評価

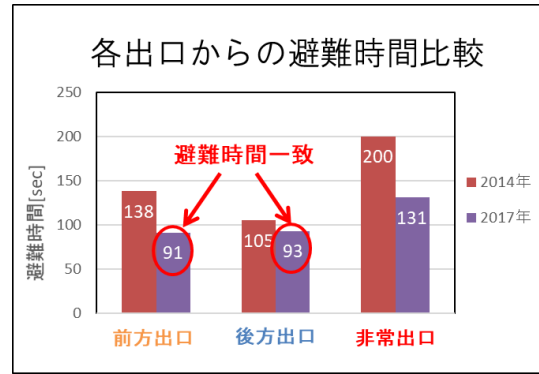
- 施策①：避難中は扉が開いた状態を維持

- 流量が1.5倍から2倍程度に



- 施策②：特定（前方）の扉に集まらないように誘導

- 前方に集まりすぎることなく各扉からの避難時間が均一に



2014年に比べて、8%程度少ない人数が35%減の時間で避難完了

- ・ テレビ：1件（日本テレビ）、新聞：10社（毎日新聞等）報道多数
- ・ 鹿島アントラーズとも共同研究へ

## 今後の課題と対応

- 要素機能モジュールの性能改善
  - 要素機能モジュールの性能を改善するための新規アルゴリズムを検討する
  - 学習・評価用データセットを増やす
- 要素機能モジュールの機能追加
  - 共有タスクに必要な機能モジュールを追加する
  - そのための学習・評価用データセットを構築する
  - 既存技術のモジュール化を進める
- 要素機能モジュールの利用可能性向上
  - 現在のタスク以外への適用を促進するために要素機能モジュールをフレームワーク上でパッケージングして利用可能性を向上させる
- 性能評価や安全性の保証
  - モジュールやそれを組み合わせたシステムの性能評価、安全性の保証について、理論的・実的に検討を進める

# 目的基礎研究

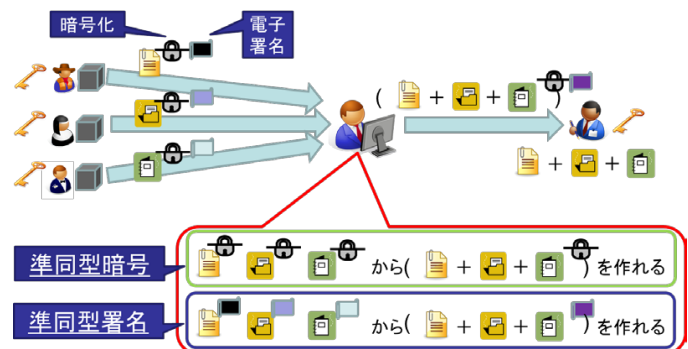
## 世界最速の格子暗号解読アルゴリズム

### 高機能暗号

暗号化だけではなく **高度な機能** を備えた暗号

**高機能暗号の例 1：関数暗号**

**高機能暗号の例 2：準同型暗号**



復号化の相手を条件により指定できる  
(復号可能な者を動的に指定可能)

データを暗号化したまま処理できる

従来の暗号

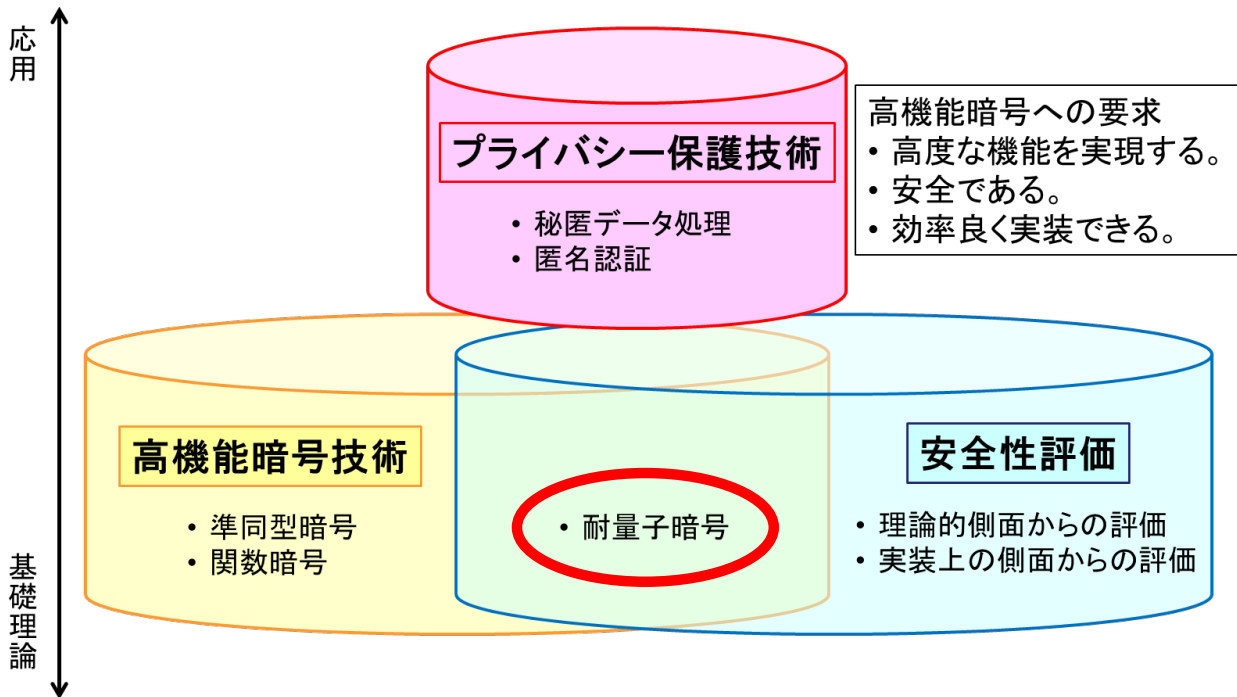
復号化できるのは「復号鍵を持っている」者のみ (暗号⇔復号の関係が固定的)

従来の暗号

データは復号しないと処理できない



## 高機能暗号研究の3本柱



## 高機能暗号の研究戦略

### 暗号研究の特徴

- ・ 新しい技術の理論が提案されてから実用化まで20~30年かかる
- ・ 暗号強度は計算機性能の発展に応じて強化する必要がある一方で、量子コンピュータのように非連続的な進化への対応も求められる。
- ・ 成果（技術の良し悪し）の見える化が難しい。

### 高機能暗号研究の特徴

- ・ 高機能暗号はRSA暗号など現在共通インフラで利用されている暗号を置き換えるものではなく、個別サービスに取り込まれていくもの。
- ・ 対象とするデータや提供するサービス等によって適切な技術が異なる。
- ・ 基礎研究がそのまま事業に貢献できる（安全性証明等）。

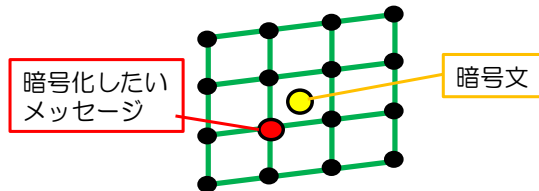
### 研究戦略

- ・ サービスに応じた適切な技術を提供し、相談相手から信頼される実績を示すために、世界最先端の成果を達成・蓄積する。
- ・ 要素技術から応用技術まで網羅的に取り組む体制をとる。

# 世界最速の格子暗号解読アルゴリズム（1）

## ○背景と目的

- 量子計算機に対しても安全な暗号技術として**格子暗号**が注目されている
  - RSA暗号等の従来技術は量子計算機によって解読可能
  - 格子暗号は安全だけでなく、幅広い種類の機能の追加も可能
- 実用化に向けて、**厳密な安全性解析**と**実用的かつ効率的な実現**が必要



- 図は二次元だが、実際には数百次元の空間を利用
- から ● の復元は困難  
= **暗号方式は安全**

## ○研究アプローチ

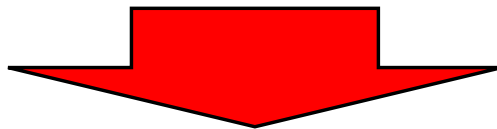
- 大規模並列計算機向け格子暗号解読アルゴリズム**の開発
- さらに実際に解読実験を行い、**解読限界を解明**

これにより安全性と効率性を両立するパラメータ設定が可能に！

# 世界最速の格子暗号解読アルゴリズム（2）

## ○従来の解読アルゴリズムの問題

- 並列化しても、並列数に応じた高速化は困難…
  - ∴ 大規模並列計算機による解読限界はよくわからなかった…
  - ∴ どのようなパラメータ設定を行えば安全かよくわからなかった…



## ○本研究による新解読アルゴリズム

- 並列数に応じた高速化が可能**な解読アルゴリズムを実現
  - ∴ 並列プロセス間における**中間解読結果の共有手法**を開発
  - ∴ **暗号理論に関する産総研の幅広い知識**により初めて可能に
- 本アルゴリズムにより実際に大規模並列計算機により解読実験を実行

# 世界最速の格子暗号解読アルゴリズム (3)

## ○昨年までの成果

- **SVP Challengeで世界一達成**
  - 格子暗号解読の世界的なコンテスト
  - 現在**Top 8を独占**(1位は2017.01.11登録)

Position	Dimension	Condition	Best	Contributors	Solution Algorithm	Submission Date	Source
1	345	2176	0	Kenji Kashiwabara and Tadanori Teruya	Other	2016-01-11	0.0012
2	345	2176	0	Kenji Kashiwabara and Tadanori Teruya	Other	2016-01-11	0.0012
3	345	2176	0	Kenji Kashiwabara and Tadanori Teruya	Other	2016-01-11	0.0012
4	345	2176	0	Kenji Kashiwabara and Tadanori Teruya	Other	2016-01-11	0.0012
5	345	2176	0	Kenji Kashiwabara and Tadanori Teruya	Other	2016-01-11	0.0012
6	345	2176	0	Kenji Kashiwabara and Tadanori Teruya	Other	2016-01-11	0.0012
7	345	2176	0	Kenji Kashiwabara and Tadanori Teruya	Other	2016-01-11	0.0012
8	345	2176	0	Kenji Kashiwabara and Tadanori Teruya	Other	2016-01-11	0.0012

<https://www.latticechallenge.org/svp-challenge/halloffame.php>

## ○本年度の成果

- **解読アルゴリズムの理論的根拠付けに成功。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。**
  - 暗号分野のトップ国際会議PKC 2018 (2018.3.25-28, リオデジャネイロ開催) に採録。
  - **世界初の大規模並列計算機向け格子暗号解読アルゴリズム**として認知。
  - 150次元空間における格子問題 (SVP) を世界で初めて解読。
- 2017.01.11に達成した世界記録は、破られないまま**1年以上経過**

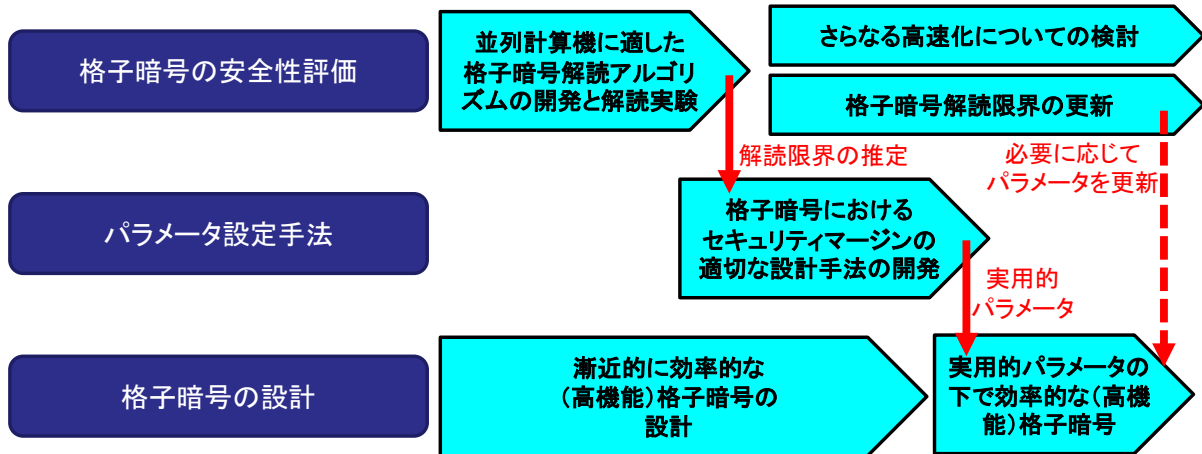
● Tadanori Teruya, Kenji Kashiwabara, Goichiro Hanaoka, *Fast Lattice Basis Reduction Suitable for Massive Parallelization and Its Application to the Shortest Vector Problem*, PKC 2018, to appear.

## 今後の課題

- ① 革新的な手法によって、より高速な格子暗号解読アルゴリズムが考案できる可能性がある。
  - 格子暗号解読アルゴリズムのさらなる高速化の可能性に関して研究を行い、各時点における解読限界を明らかにしていく。
- ② 実際にはある程度のセキュリティマージンを設定する必要があるが、具体的にどの程度に設定すればよいのかはよくわかっていない。
  - 危険とされる安全性レベルの上界が既知の場合におけるセキュリティマージンの厳密な設定法を与える新たな理論を構築していく。
- ③ 本成果は正確にはSVPの求解であるため、本成果を踏まえた格子暗号の具体的な構成については別途検討を行う必要がある。
  - これまで知られている格子暗号の具体的な構成やその拡張方式を元に、本研究によって得られる具体的な実用的パラメータ設定において効率的に機能する新たな方式を設計していく

# 格子暗号の実用化に向けたロードマップ

H.27      H.28      H.29      H.30      H.31      以降



東芝、北海道教育大、九州大と共同で量子計算機でも解読が困難な新しい原理に基づく公開鍵暗号を開発し、NIST主催の耐量子計算機暗号の公募へ提案。

## H.30.2.7時点までの論文業績 (GoogleサブカテゴリTop20)

- GoogleサブカテゴリTop20国際会議論文 (15件)
  - 高安他, Eurocrypt' 17
  - 石田他, AsiaCCS' 17
  - 品川, Schuldt, AsiaCCS' 17
  - 山田(翔), CRYPTO' 17
  - 清水他, NIPS' 17
  - 山田(翔)他, CCS' 17
  - 勝又, Asiacrypt' 17
  - 勝又他, Financial Cryptography' 18
  - 照屋, 柏原, 花岡, PKC' 18
  - 松田, Schuldt, PKC' 18
  - 北川他, PKC' 18
  - 北川他, PKC' 18
  - 勝又他, PKC' 18
  - ○王, 松田, 花岡他, Eurocrypt' 18
  - ○北川他, Eurocrypt' 18
- その他、有力国際会議論文
  - 山田(古), Attrapadung, 花岡他, ESORICS' 17
  - 橋本, 品川, 縫田, 花岡他, ICITS' 17
  - 高安, 渡邊, ACISP' 17
  - 村上, PETS' 17
  - 清水, 縫田他, GIW' 17
  - 縫田, 花岡他, SAC' 17

**学生**

○ : 来年度出版予定

## H.30.2.7時点までの論文業績 (IF付きジャーナル)

- IF付きジャーナル論文 (21件)

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 山田(翔), 花岡他, Algorithmica</li> <li>- 花岡他, Pervasive and Mobile Computing</li> <li>- 渡邊他, Design, Codes, Crypt.</li> <li>- 森田, Schuldt, 松田, 花岡他, IEICE Trans.</li> <li>- 石田, 坂井, 花岡他, IEICE Trans.</li> <li>- 花岡, 山田(翔) 他, IEICE Trans.</li> <li>- Attrapadung, 花岡, 山田(翔), IEICE Trans.</li> <li>- 品川, Schuldt, 縫田, 花岡他, IEICE Trans.</li> <li>- 花岡, Schuldt, IEICE Trans.</li> <li>- 王他, IEICE Trans.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 山田(翔), Attrapadung, 松田, 花岡, IEICE Trans.</li> <li>- 辛, 古原, IEICE Trans.</li> <li>- 勝又他, IEICE Trans.</li> <li>- 村上他, IEICE Trans.</li> <li>- ○石田他, IEEE Trans. on Dep. and Sec. Comp.</li> <li>- ○清水, 縫田他, IEEE/ACM TCBB</li> <li>- ○縫田他, Proc. of the London Math. Society</li> <li>- ○花岡, 縫田, 松田, 山田(翔) 他, Design, Codes, Crypt.</li> <li>- ○坂井, Attrapadung, 花岡, IET Inf. Security</li> <li>- ○Schuldt他, Cryptography and Communications</li> <li>- ○高安他, J. Cryptography</li> </ul> |
|--|--|

学生

○：近日出版予定

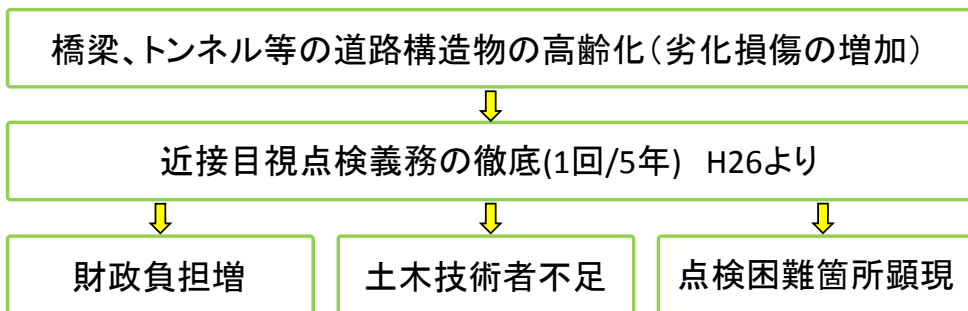
## 2.-(2)

### 「橋渡し」研究前期における研究開発

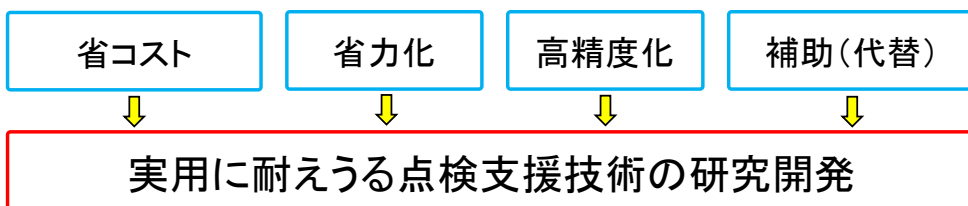
# 「橋渡し」研究前期 道路構造物ひび割れ検出サービスの 研究開発

## 道路構造物点検における課題

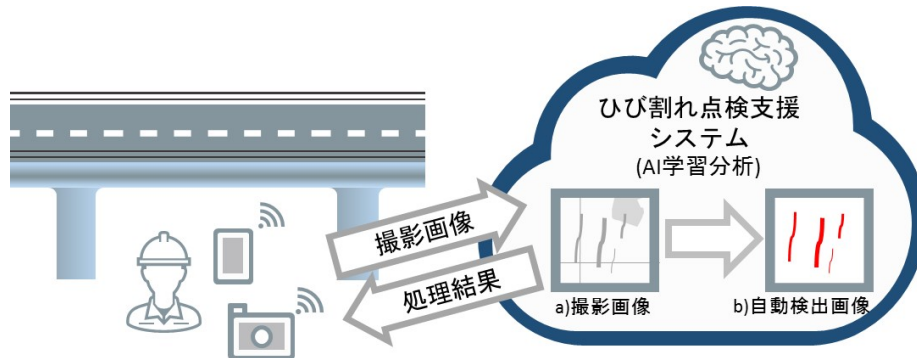
### 背景



### 課題



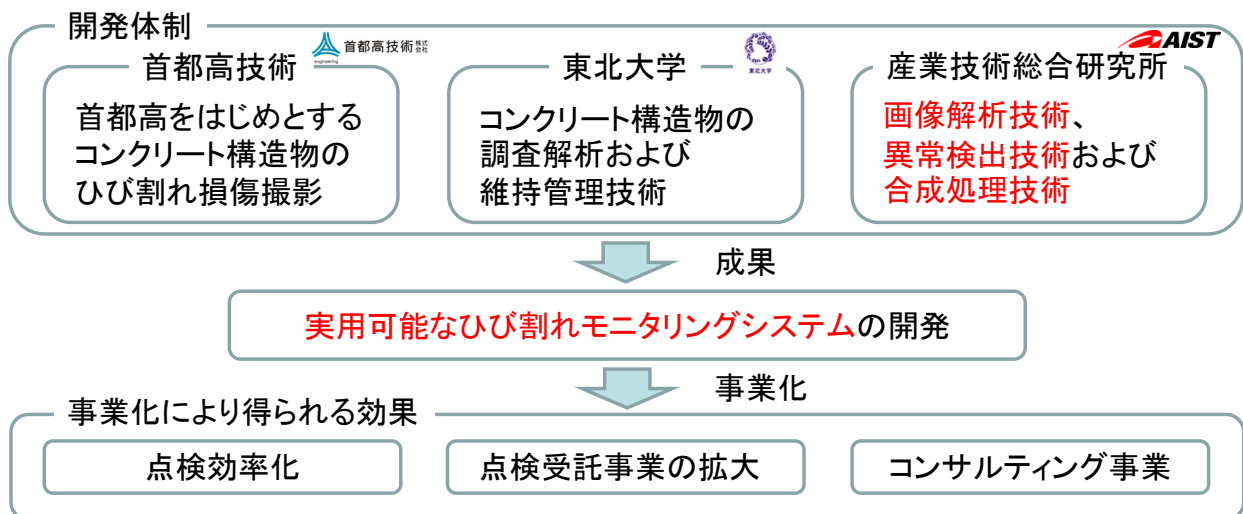
# 本課題が開発する技術の活用イメージ



- 【現場】**点検作業の効率化、(点検の代替技術)**  
現場作業員、現場作業(損傷記録など)の削減、損傷位置を高精度に記録
- 【事務所】**損傷図作成の効率化、高精度化**  
損傷図作成の効率化、損傷位置を高精度に記録
- 【計測】**新たな「ひび割れ進展抽出手法」の確立**  
高精度に進展を捉えられれば、新たな計測手法が確立できる

# 研究開発体制

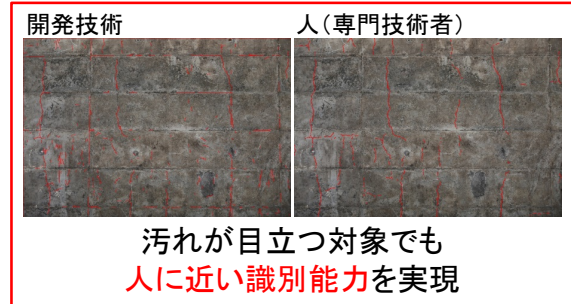
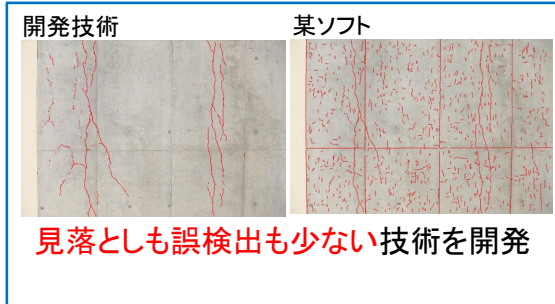
NEDOインフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト  
 ②イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発  
**道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発**



## 開発技術の現状

性能:

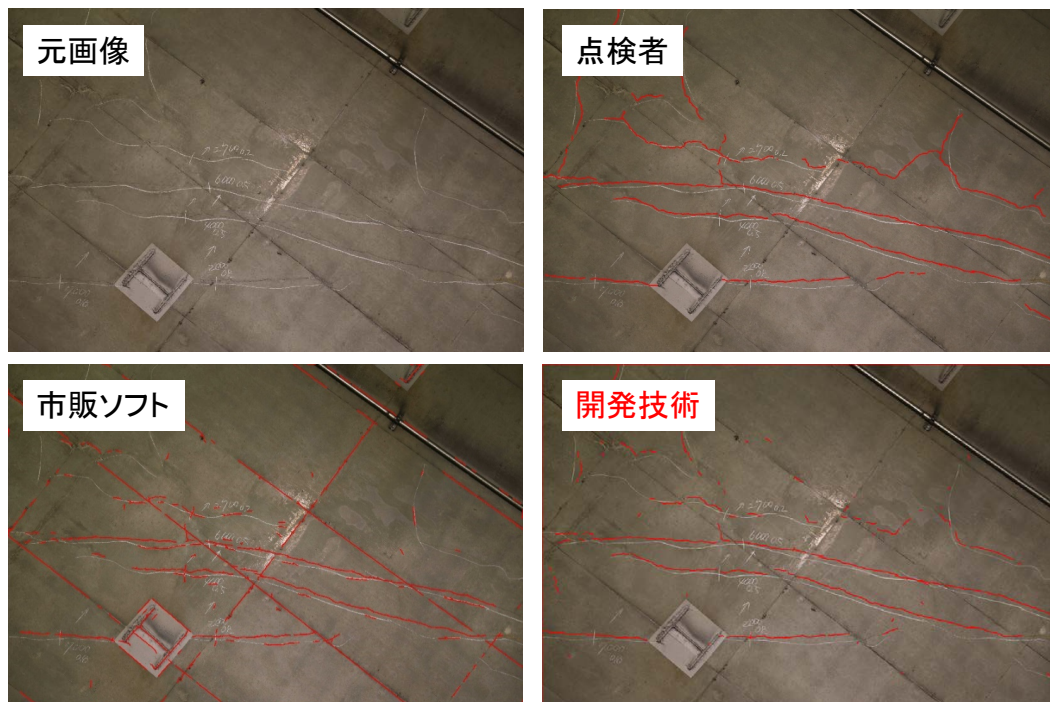
道路橋の各部位を対象にした実験で、**検出精度82.4%、速度20.6秒/枚**



機能:

- いつでもどこからでも利用可能  
ひび割れ検出機能をWebサービスとして実装
- 処理が集中しても遅滞なく安定した結果出力が可能  
スケールアウト可能なシステム構造

## 検出結果の比較





# ひび割れ検出技術の開発アプローチ

## 1. 従来のモデル計測アプローチ

人が設定したモデルに基づき多数のルールを適用する

- ・ひび割れは黒い → 二値化
- ・ギザギザの線からなる → 線分検出
- ・長い直線はひび割れではない
- ...



### 特徴抽出

・物理的な量や幾何学的情報を読み取る  
輝度値の二値化、微分、etc..



### 検出(識別)

閾値判定の積み重ね

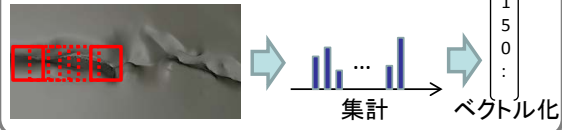
## 2. 統計的パターン認識+AI

微小領域内の画素どうしの関係性を、適切に設計した特徴空間でベクトル化し、これに学習型識別器を構成して適用する

- ・「ひび」そのものが特徴空間上で集まる
- ・集まった部分を精度良く分類する → AI

### 特徴抽出

・近傍との関係性を表現した統計量  
ひび割れの局所的な形状特徴をパターンとして抽出



### 検出(識別)

機械学習によるパターン(ベクトル)識別

# ひび割れ検出精度の考え方

精度評価の観点: 見落としと過検出

赤色: ひび割れを正しく検出した部分  
 白色: ひび割れだが検出されなかった部分 = 見落とし  
 黄色: ひび割れではないのに検出された部分 = 過検出

Recall (再現率)

$$\frac{\text{正しく検出したひび割れ}}{\text{検出すべきひび割れ部位}} = \frac{\text{赤}}{\text{赤} + \text{白}}$$

Precision (適合率)

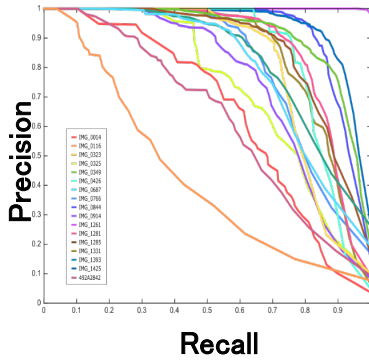
$$\frac{\text{正しく検出したひび割れ}}{\text{検出した全部位}} = \frac{\text{赤}}{\text{赤} + \text{黄}}$$

従来、見落とさないことを重視するあまり、Recallの観点から性能が示されていた  
 しかし、実用上はPrecisionの観点も不可欠  
 一般的にRecallとPrecisionはトレードオフの関係にあり、両者を含んだ評価が必要

# ひび割れ検出精度の評価指標

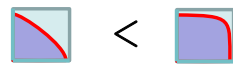
RecallとPrecisionの両方を考慮した検出精度の評価

トレードオフの関係を定量化



17サンプルのPrecision Recall Curveの例

右肩が張っているほど精度が高いといえる



MAP(Mean Average Precision)

サンプル毎に各Recall値でのPrecisionの平均を算出し、さらに全サンプルについてこの値の平均を算出

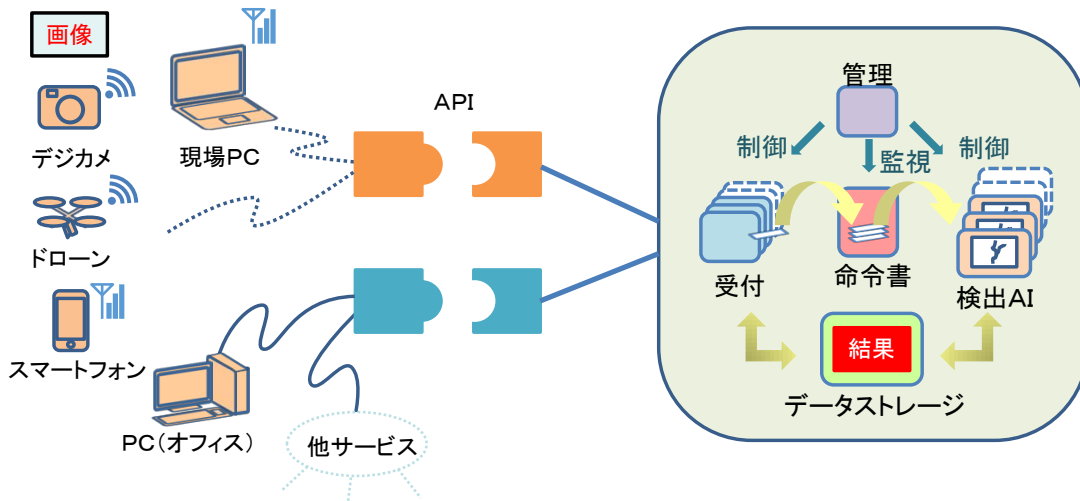
これは各グラフの面積比の平均に等しい

$$\frac{\text{面積比}}{\text{面積比}} = \text{検出精度}$$

# ひび割れ自動検出サービスの構成

ユーザー(現場)

クラウドサービス(インターネット上)

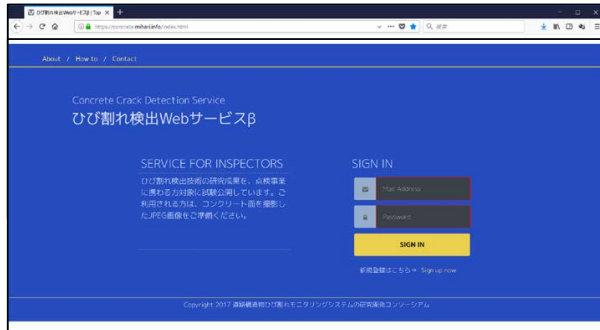


# ひび割れ自動検出サービスの試験公開

プレスリリース(2017.8.3)

「コンクリートのひび割れ点検支援システムを試験公開

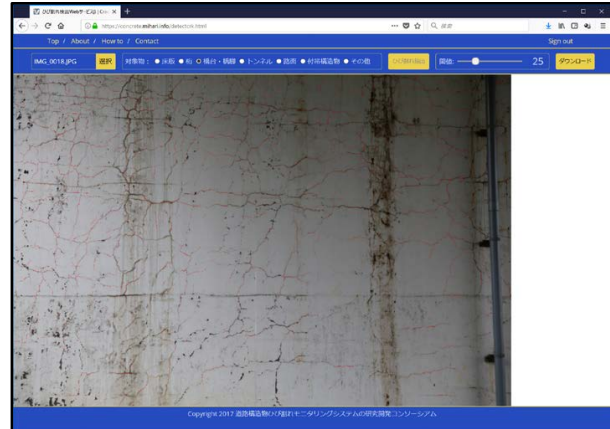
—AIを活用した高精度システムで作業時間の1/10を目指す—



<https://concrete.mihari.info>

- ・NHKほか、一般紙等7紙に記事掲載
- ・1月末時点で73社が登録利用

News Release  
2017.8.3



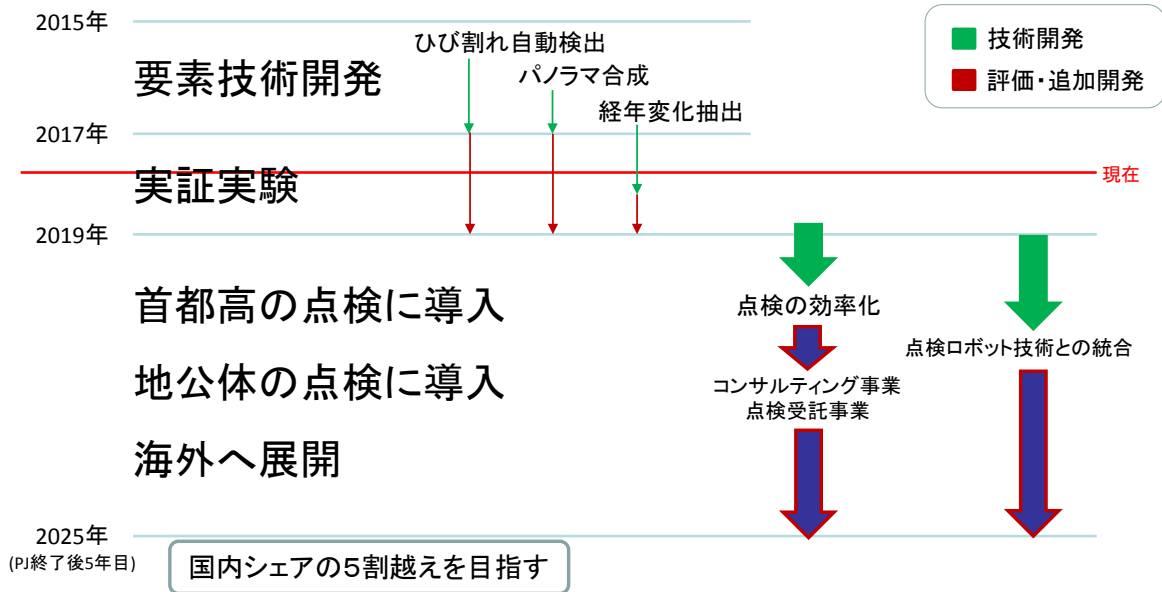
開発技術の実証実験の一環

# 本プロジェクトを起点にした展開

- ・ 民間資金提供型共同研究を実施
  - ・ 損傷推定に関する研究 (道路事業者)
  - ・ 管理支援システムに関する研究 (土木コンサルタント)
  - ・ 異常監視に関する基礎研究 (鉄道事業者)
- ・ 技術移転の打診

道路事業者、土木コンサルタント、電機メーカー等8社

# ひび割れモニタリング技術ロードマップ

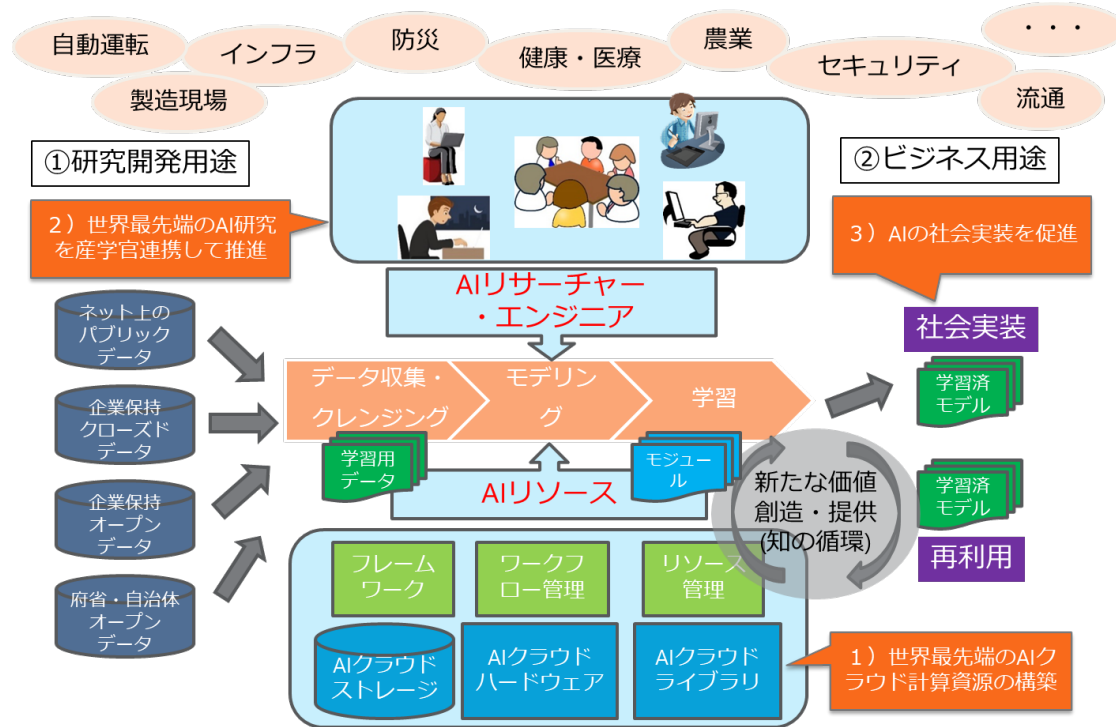


## 橋渡しし前期研究

# AIの社会実装を推進する 大規模人工知能クラウドの構築

背景

ビッグデータ人工知能技術の研究開発と社会実装のためには、大規模データの集約・活用、要素技術の研究開発・応用実証のためのエコシステムが必要



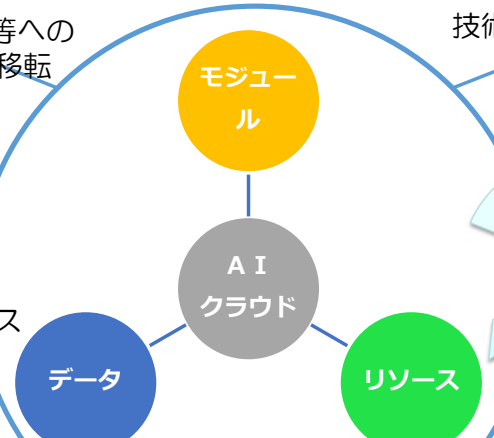
課題  
方策

- 研究開発・実証に幅広く利用可能な計算インフラの構築・運用
- エコシステムを実現する上で必要な要素技術開発、共有タスクによる実証

個人情報を含む生活支援



産総研・人工知能RC  
オープン&パブリック  
研究開発・実証



医療情報向け



- オープン&パブリックな参照モデルを構築、連携・技術移転・模倣を容易に
- これにより、自社サービスを通じてデータ、シーズ（モジュール）、リソースを統合できる（それが強みでもある）巨人に対抗

## 産総研AIクラウド (AAIC)

- FY27補正「人工知能・IoT研究開発加速のための環境整備事業」の一環
- 人工知能・IoT研究開発のための共用プラットフォーム
- 複数の産・学・官のユーザがすでに利用を開始
  - NEDO次世代人工知能PJ/IoT横断PJ等での利用
  - NICT、JST/CREST、パナソニック-産総研 先進型AI連携研究ラボ、東工大OIL、等
- ABCIのテストベッドとして要素機能・ベンチマーク開発
- 2017/3/31納品→4/19試験運用開始、6/1より本運用、**Green 500において世界3位獲得**



ディープラーニングを含むAI処理の高速実行を可能に  
 →NVIDIA社の最新GPU (Tesla P100)を400基搭載したサーバを高速ネットワークで結合

ビッグデータの収集・蓄積、高度なビッグデータ分析を可能に  
 →4.5PBの高速共有ストレージと、最新のビッグデータ処理環境を提供

省電力設計(150kW)、次世代ファイアウォールによる安全な利用環境を提供

## Green500 List (June 2017)

2017/06/19プレスリリース

東工大TSUBAME3.0と産総研AAICが省エネ性能スパコンランキングで世界1位・3位を獲得！

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2017/pr20170619/pr20170619.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2017/pr20170619/pr20170619.html)

TOP500			Power				
Rank	Rank	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Power (kW)	Efficiency (GFlops/watts)	冷却方式
1	61	<b>TSUBAME3.0</b> - SGI ICE XA, IP139-SXM2, Xeon E5-2680v4 14C 2.4GHz, Intel Omni-Path, NVIDIA Tesla P100 SXM2, HPE GSIC Center, Tokyo Institute of Technology Japan	36,288	1,998.0	142	14.110	液冷
2	465	<b>kukai</b> - ZettaScaler-1.6 GPGPU system, Xeon E5-2650Lv4 14C 1.7GHz, Infiniband FDR, NVIDIA Tesla P100, ExaScaler Yahoo Japan Corporation Japan	10,080	460.7	33	14.046	液浸
3	148	<b>AIST AI Cloud</b> - NEC 4U-8GPU Server, Xeon E5-2630Lv4 10C 1.8GHz, Infiniband EDR, NVIDIA Tesla P100 SXM2, NEC National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Japan	23,400	961.0	76	12.681	空冷

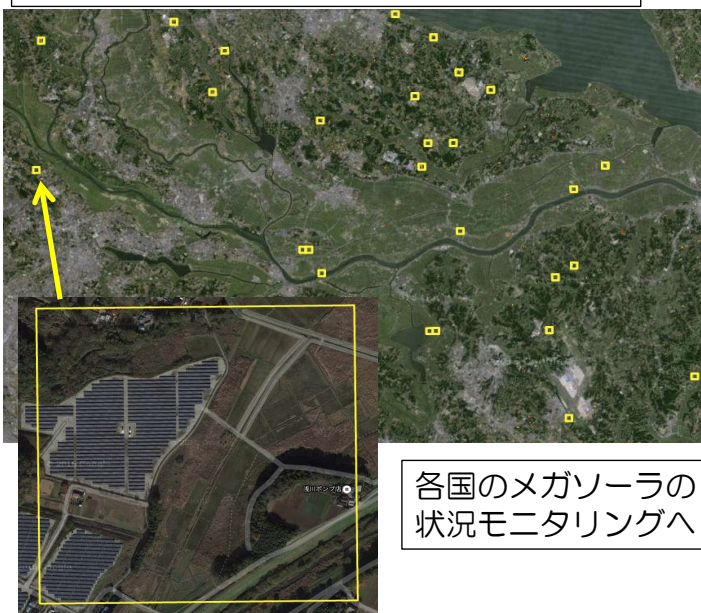
上位はいずれも  
NVIDIA Tesla P100を採用

活用事例：深層学習による地上物体や変化の検出モジュール

- 複数の観測波長の衛星画像をセルに分割し、深層ニューラルネットワークによってセル内の物体や変化を検出
- 例：メガソーラーの検出
  - 日本のメガソーラーで学習した結果を、全地球データに適用し、各国のメガソーラーの状況モニタリング等が可能
- 例：地上の熱源の検出と分類
  - 同様の手法で地上の熱い場所を検出し、画像を、火山、火事、工場に分類
  - 山火事の早期検出など、衛星画像ビッグデータを用いて地球を見守る AI への展開

メガソーラー検出の地球全体データへの適用例

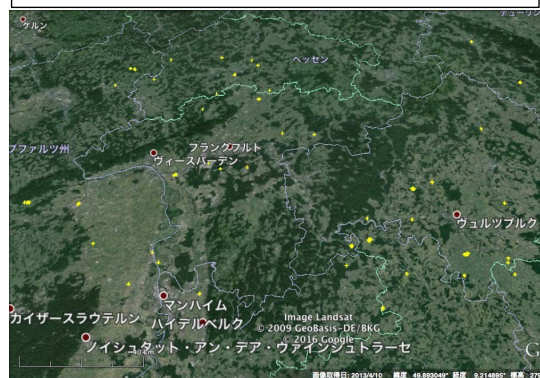
日本のメガソーラーで学習し、霞ヶ浦・利根川周辺のメガソーラーを検出



各国のメガソーラーの状況モニタリングへ

©2016 Digital Earth Technology, Digital Globe

同じ学習結果を地球全体に適用可能 (南ドイツでの探索結果)



## データセットの構築と公開

- AIST Building Change Detection (ABCD) データセット
  - 東日本大震災の前・後の画像と建物被害度ラベルのペア
  - 被災域推定モデルのための学習・評価用データ
  
- MULTiband Satellite Imagery for object Classification (MUSIC) データセット
  - 衛星画像から地上の構造物を検出・分類するための学習・評価用データ
  - 第1弾はメガソーラーの検出
  - 今後、検出・分類の対象を追加してゆく予定

## 活用事例：DNN の超パラメータ調整の自動化モジュール

- DNN の複雑化に伴い超パラメータ数も増加
  - 超パラメータ：ネットワークの構造、学習率など
  - 人間が予め設定する必要のある定数
  
- DNN の性能は超パラメータに依存
  - 従来は手作業やグリッドサーチで決定
  
- DNN の各層に超パラメータが存在
  - 探索空間はパラメータ数の指数オーダーで拡大

最適化アルゴリズムによるDNNの超パラメータ調整の自動化



## 大規模計算実験

- DNNの超パラメータを以下のブラックボックス最適化手法で最適化
  - ランダムサーチ
  - ベイズ最適化
  - CMA-ES
  - Coordinate-search 法
  - Nelder-Mead 法

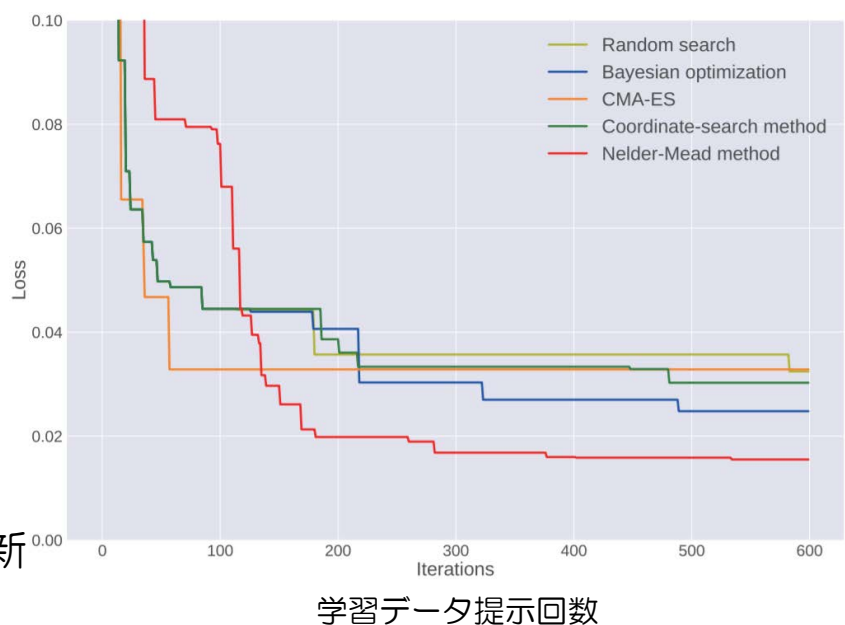
32基のGPUで約1ヶ月の計算

## 実験結果例：超パラメータ数 24の場合

タスク：  
顔画像からの年齢推定

全ての実験において  
これまであまり  
使われていない  
Nelder-Mead 法が  
最小のLoss を達成

最終的な認識率も  
state-of-the-art を更新



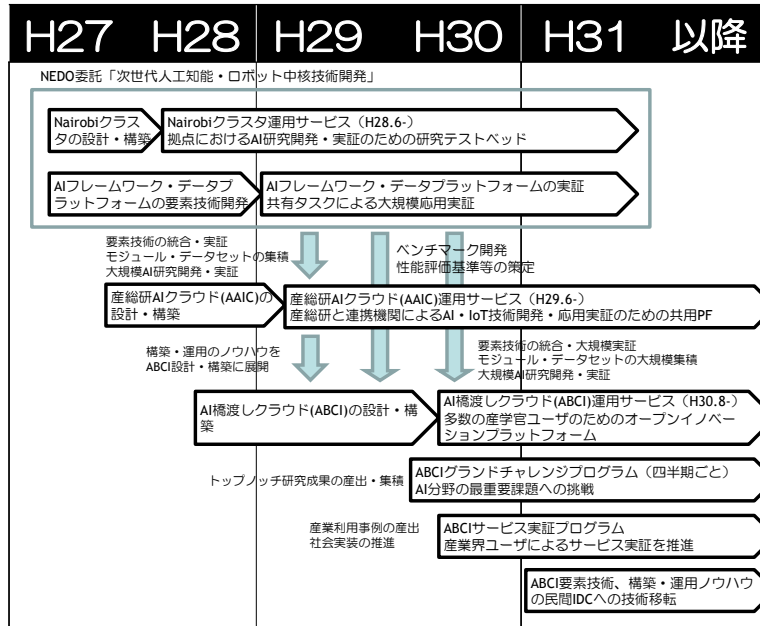
## AI 計算用ベンチマーク (AI-FLOPS) の開発

- 人工知能に特化した大規模インフラの公正な評価のためのベンチマークセットを世界に先駆けて開発
  - 従来のスパコン向けベンチマークではAIの処理能力を測れない、ベンダ主導のベンチマークでは再現性・公平性に疑問、といった課題を解決
  - 複数の有識者からヒアリングを行い、AAICを用いた包括的な実験を通して決定
  - その過程で計測したデータにより、Green 500で世界3位獲得 (17/06)
- AI-FLOPS値の実測
    - 現状：各ベンダが低精度の理論ピーク演算性能ばかり競う→カタログ値では実際の処理性能は見積もれない
    - CNNの計算カーネルの処理スループットと、その処理の質の指標の積として新しいメトリックを定義
  - CNNの処理性能
    - 現状：各ベンダが公表するImageNetの処理性能は、使用するネットワークやパラメータが不明確で、複数の製品、複数のDLフレームワーク間の比較が困難
    - ResNet論文に準拠する計算仕様を明確化し、その処理スループットと検証精度で評価
  - 大規模メモリ実効性能
    - 現状：既存のベンチマークは、大きなデータセット、モデルでの評価を対象としていない
    - GoogLeNet V1の拡張モデルを用いて、syntheticに生成した大きなデータセットの学習性能を計測して評価
  - RNN/LSTMの処理性能
    - 現状：CNNと同様
    - RNNベースの機械翻訳アプリケーションOpenNMTを用いて、各種パラメータ要件を定義した上で、学習処理の実効性能を計測して評価

## 課題と対応

- 大規模データの集約と活用、及び要素技術の研究開発と応用実証・実用化を可能にする、エコシステムの構築に向けた課題
  - (1) ツールやモジュールの整備  
これまでにGPGPU向けライブラリ、最新の各種ディープラーニングフレームワークを始めとする様々なツール群を整備・提供する他、NEDO委託事業「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」の一部で開発したコンテナ技術を統合することによりDockerを含むコンテナイメージ(モジュール)を簡便に利用できる環境も提供しており、今後はモジュールの拡充を進める。
  - (2) データセットの整備  
これまでにNEDO委託事業で作成したデータ等の集約が進んでおり、今後はABC1上でデータセットの集約と活用を促進するデータプラットフォームをサービスし、データセットのさらなる拡充を図る。
  - (3) エコシステムを促進するサービス設計・運用  
AAIC及び東工大TSUBAMEの構築・運用経験を活かし、要素技術開発から応用サービス実証にいたる広範なユースケースに対応できるサービス設計・構築を行い、AIにおけるナショナルフラッグシップに相応しいサービス運用を進める。
  - (4) 次世代計算インフラだからこそ解決した課題事例の創出  
グランドチャレンジプログラムを立ち上げ、人工知能分野の最重要課題への挑戦を促進し、事例の集積に努める。

# ロードマップ



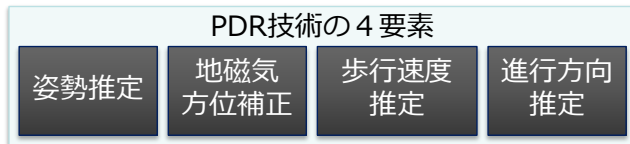
## 橋渡し前期研究

生産・サービス現場を支援する  
屋内での人間・車両測位技術

## 屋内での人間測位技術 -PDR-

### ● PDR (Pedestrian Dead Reckoning)

- 環境側に測位インフラがなくても相対測位を継続可能
- 点の集合ではなく、線状の軌跡を取得可能
- 運動の種類や大きさも計測可能
- H/W化で省電力化も加速
- UWB、AoAなどの高精度測位と統合可能
- マップ・ルート情報による高精度化も可能



- 10軸センサー
- ・ 加速度センサ
  - ・ ジャイロセンサ
  - ・ 磁気センサ
  - ・ 気圧センサ

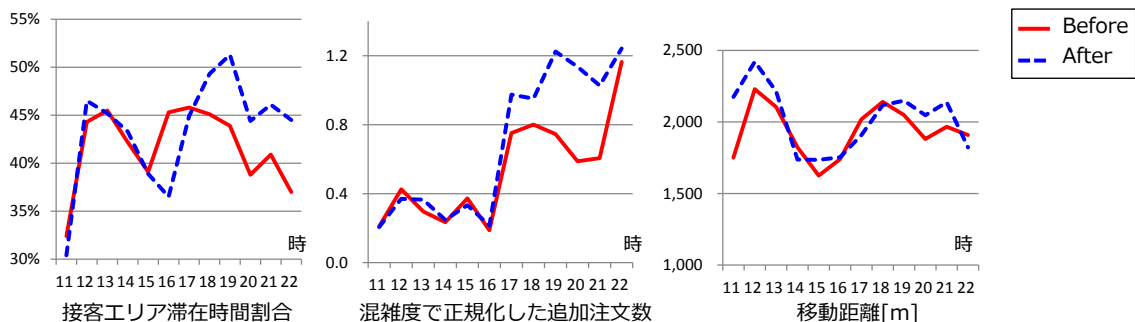
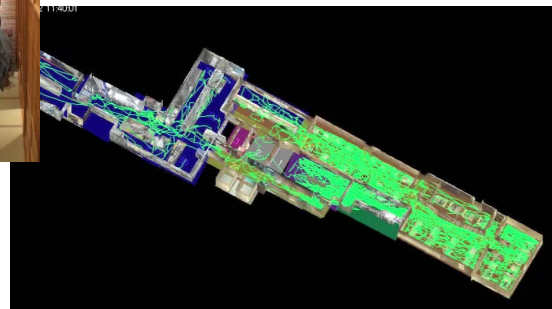


## サービス現場測位と生産性向上



### ● 飲食店での従業員測位と可視化

- 従業員とフロアマネージャによるQC活動に活用
- サービスプロセス改善に
- 結果として追加注文増
- しかし、移動距離（従業員負荷）は変わらず



## 屋内での車両測位技術へ -VDR-

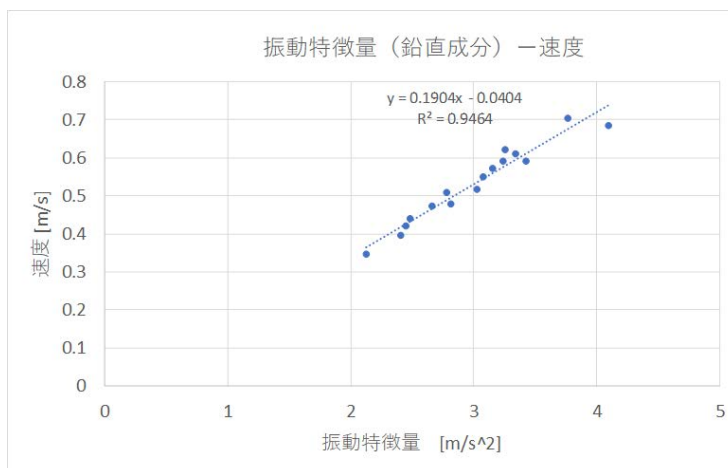
### • VDR (Vibration-based Vehicle Dead Reckoning)

- 車両に特化した測位技術（PDRの歩行速度推定の代わりに振動に基づく車速推定手法を開発）
- 計測実績：普通乗用車（GPS測位の補完目的）5車種、フォークリフト（動線・稼働状況解析目的）50車種以上、鉄道（都心地下鉄、モノレール含む）6路線（路線距離：200km以上）、台車 15種類、ショッピングカート（小売店内での動線追跡）4種類、ラジコンカー（玩具）3種類



## VDRを構成する要素技術

- 車両（車輪のある移動体）の速度は、新たに開発した振動特徴量と高い相関性を示す

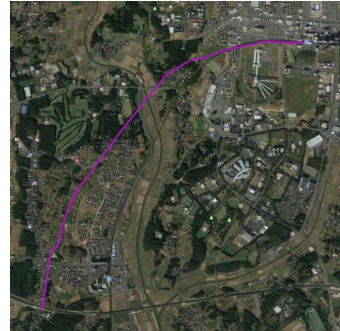


加速度・角速度センサの出力に基づいて得られる振動特徴量から速度を精度良く推定できる

車両（車輪のある移動体）に共通して、この振動特徴量が適用可能であることを確認した

## VDRの適用対象

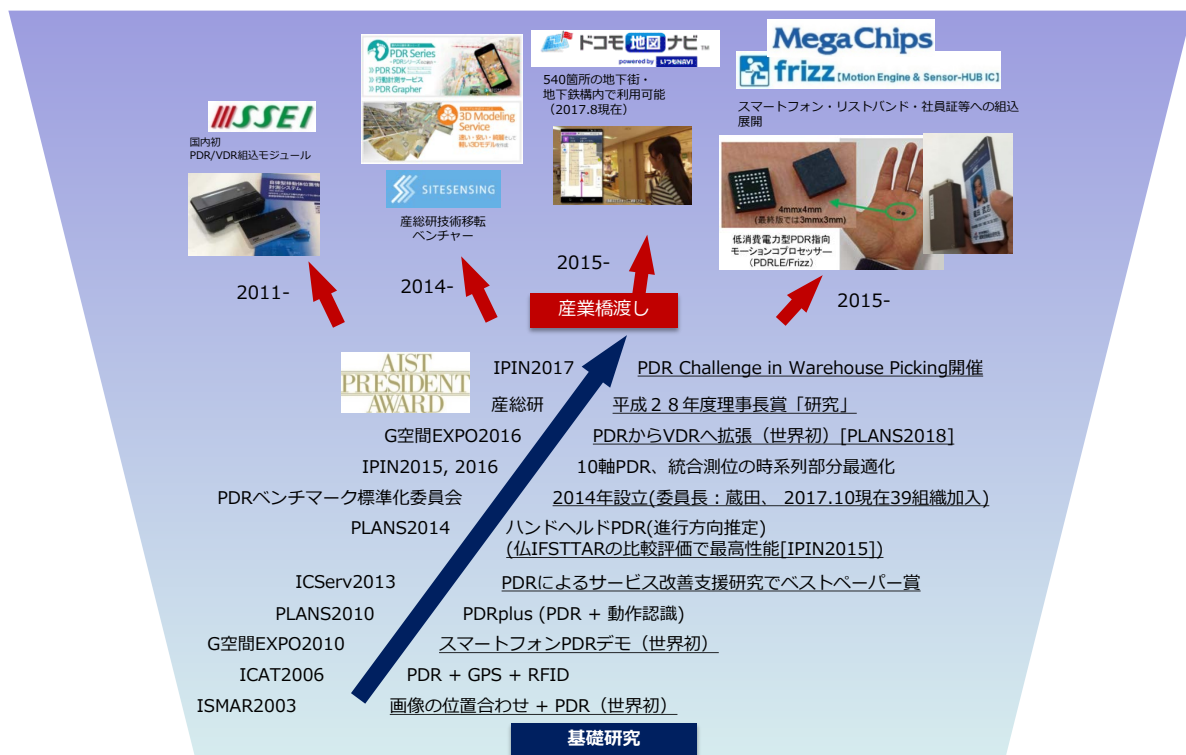
- 自動車やフォークリフト、バス、ピッキングカートから鉄道まで、幅広い車両（車輪のある移動体）に適用可能



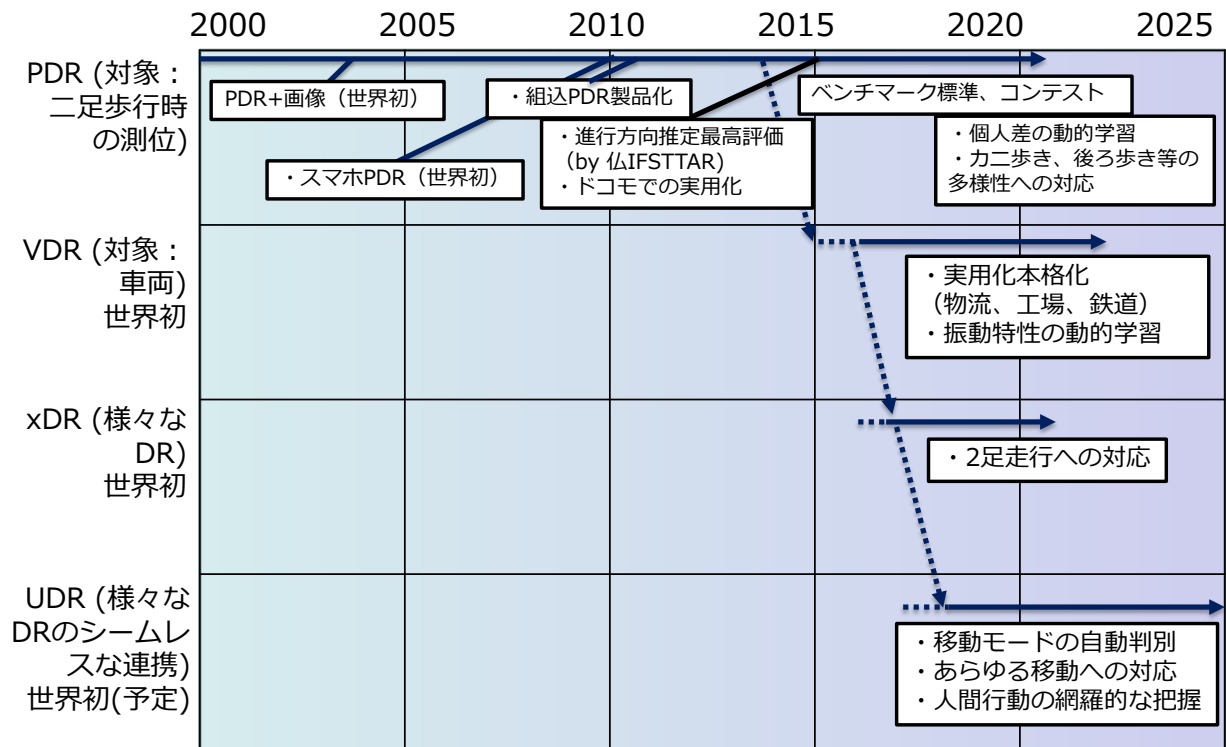
- ローラコンベヤ上を運搬される荷物にも適用可能



## 目的基礎から、産業橋渡しへ



## 研究開発ロードマップ



## 平成29年度の実績

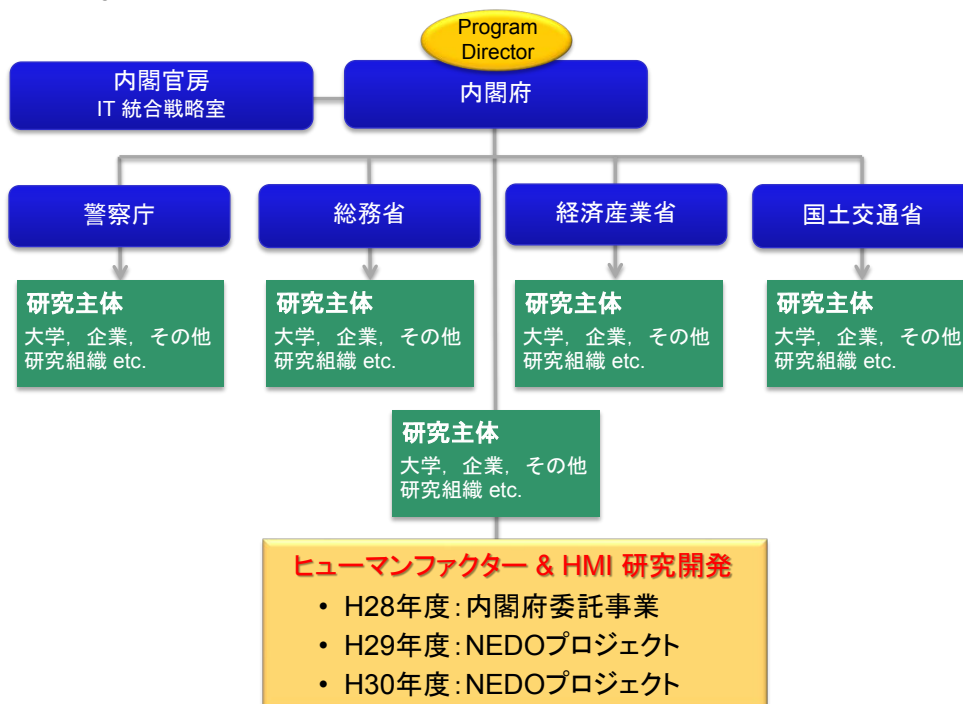
- 情報開示契約：2件（＋見込み2件）
- 実施契約：1件
- 製品化：1件
- **FS**連携契約：2件（＋見込み1件）
- 企業共同研究：3件
- 特許出願：2件（予定）

# 橋渡しし前期研究

## 安全な運転引継ぎのための ドライバー状態評価指標に関する研究

### SIP自動走行(SIP-adus)とプロジェクトの位置づけ

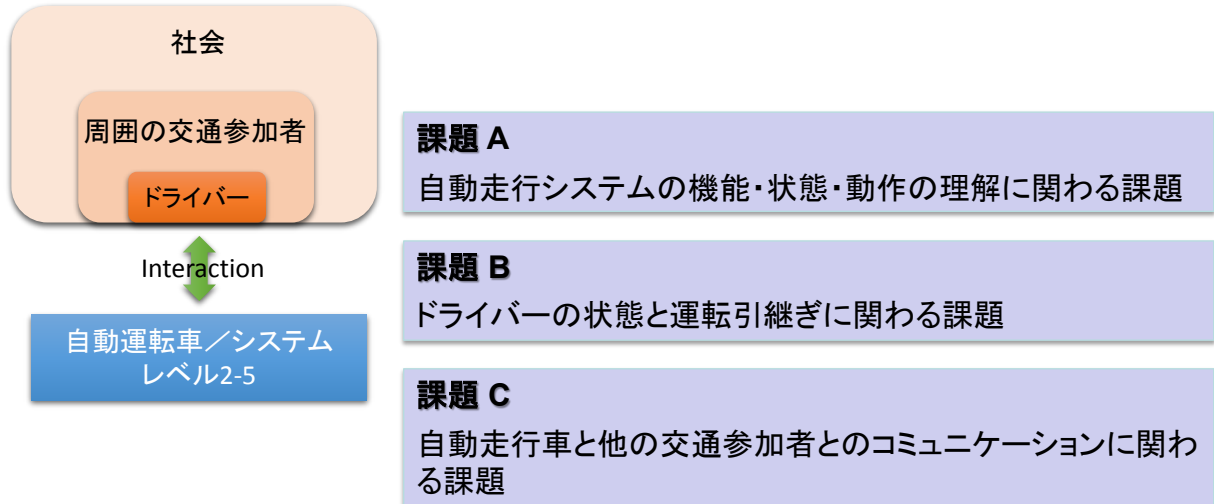
Cross-Ministerial Strategic Innovation Promotion Program  
Automated Driving for Universal Services (SIP-adus)





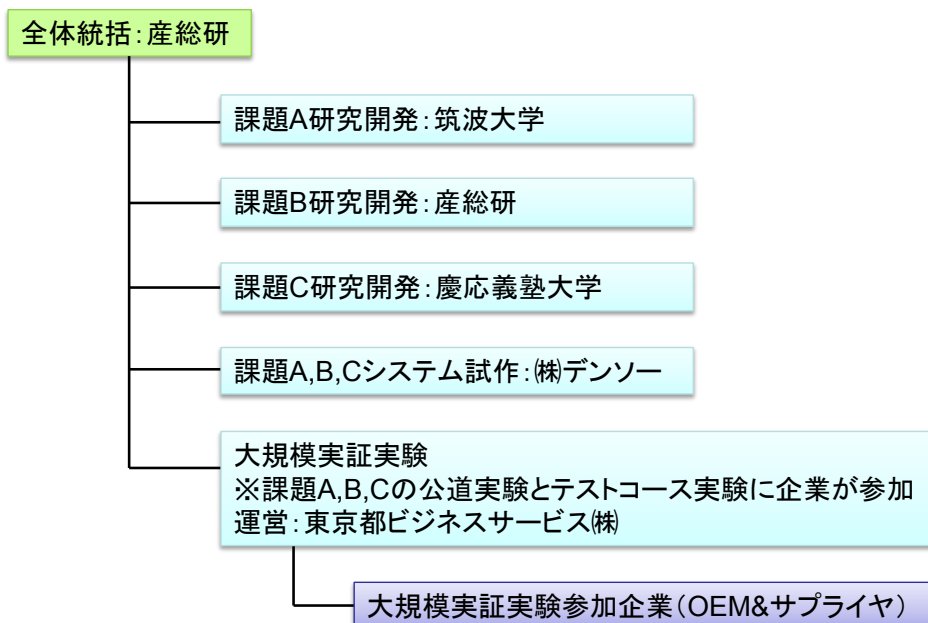
## 取り組み課題

自動走行システムと、ドライバー、周囲の交通参加者、および社会との3つのインタラクションにおけるヒューマンファクター課題を抽出。その中で協調領域に属し、かつ優先度の高い3つの課題を取り組み課題として設定



## 研究開発組織と分担

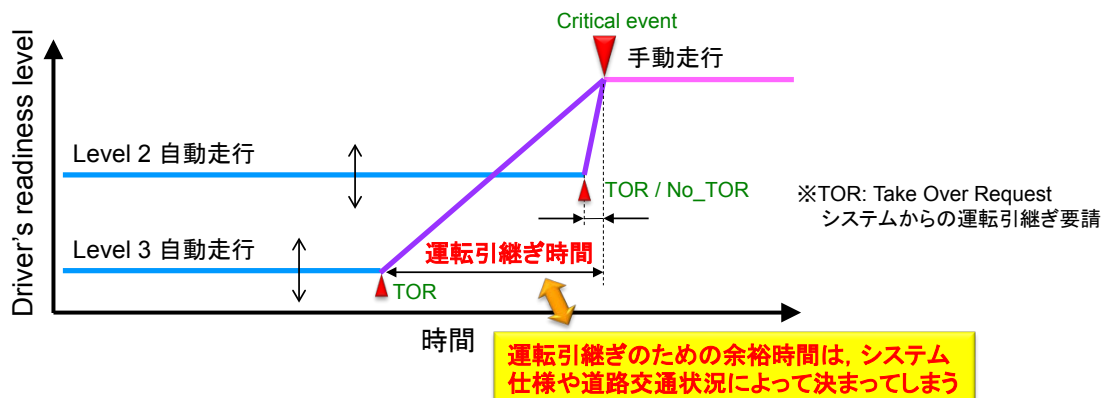
### 産学連携コンソーシアム



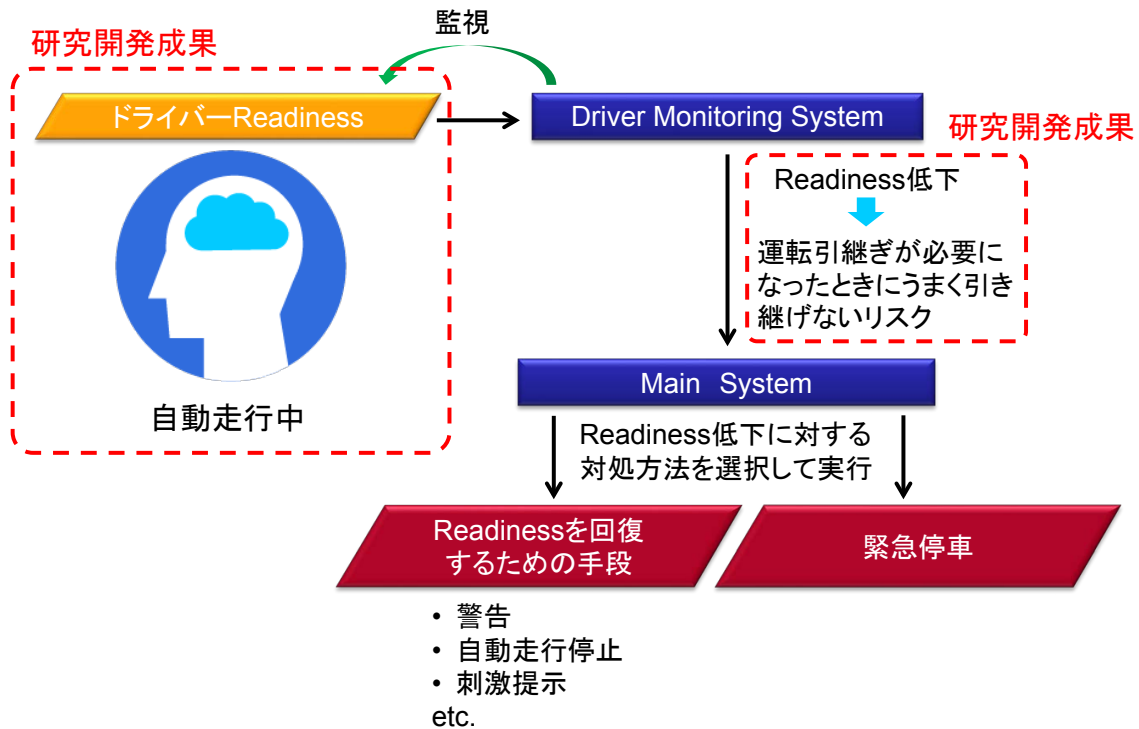
## 課題B取り組みと成果(2018年2月末時点)

### 目的

レベル2および3自動走行中のドライバー状態が、自動走行から手動走行への切り替え時にドライバーの運転引継ぎ行動に及ぼす影響を明らかにすること。そして運転引継ぎ行動に影響を及ぼすドライバー状態(Readiness)を監視可能な指標を抽出すること。(H28年度DS実験→H29年度TC実験→H30年度公道実験)

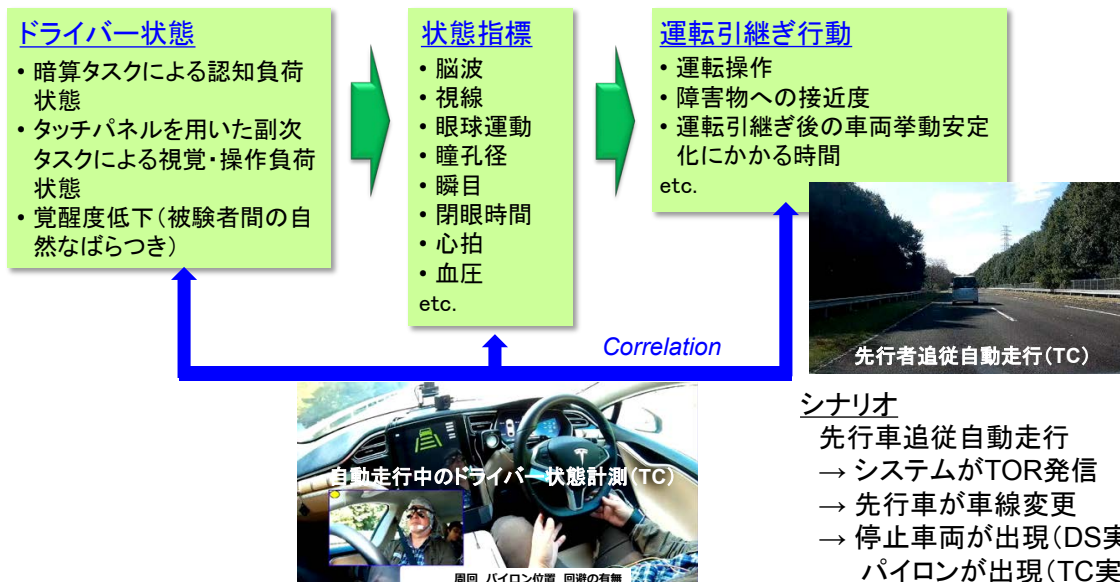


## 研究開発成果のシステムへの組み込みイメージ



## 実験方法 (H28年度DS実験, H29年度TC実験)

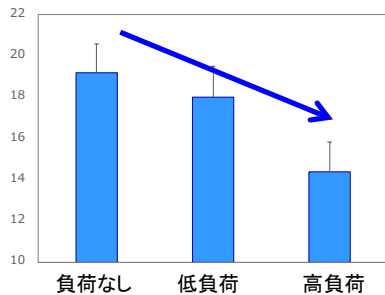
(1) 自動走行中の被験者に暗算タスクおよび視覚・操作タスクを付加することにより、認知負荷状態(意識のわき見)および視覚・操作負荷状態(わき見)を作り出す。覚醒度については、被験者間の自然なばらつきに任せる。(2) ドライバー状態を様々な生理・行動指標で計測する。(3) シナリオに設定されたシステム要請(TOR)に対する運転引継ぎおよび危険回避行動を計測。(1)(2)(3)の相関関係を抽出する。



## 参考: 実験結果 (H28年度DS実験)

### ■ ドライバー状態が運転引継ぎ行動に及ぼす影響

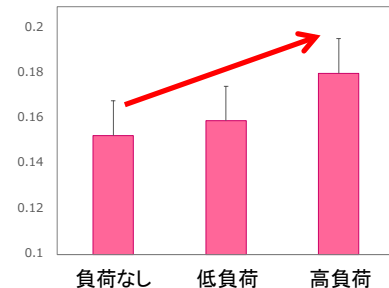
車線変更時の障害物までの最小距離 (m)



認知負荷により視覚情報処理速度が低下し、障害物回避行動の反応時間が低下。その結果障害物により接近



車線変更完了5秒後の操舵のばらつき

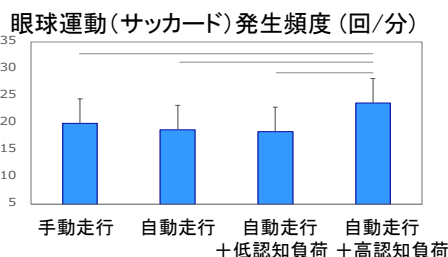
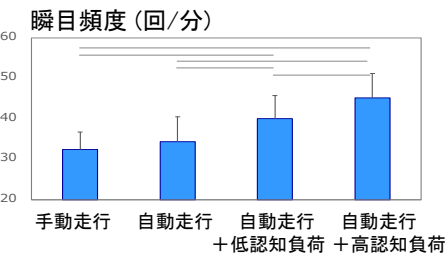


視覚負荷により状況理解 (situation awareness) レベルが低下。その結果障害物回避行動の精度が低下 (急ハンドルによる車線変更) し、車両安定化により時間がかかる。

## 参考: 実験結果 (H28年度DS実験)

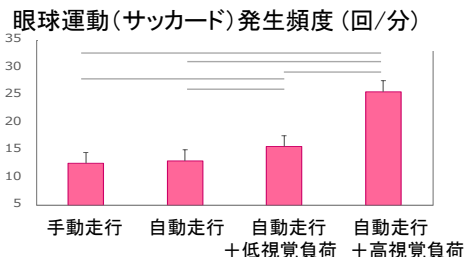
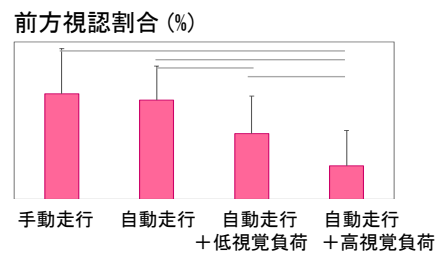
### ■ ドライバー状態を監視可能な指標 (Readiness指標)

認知負荷状態



ドライバーの意識のわき見状態は、瞬目頻度、サッカード発生頻度に反映される

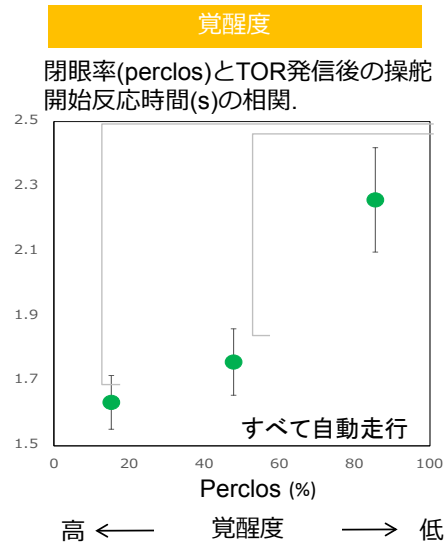
視覚・操作負荷状態



ドライバーのわき見状態は、前方視認割合、サッカード発生頻度に反映される

## 参考: 実験結果 (H28年度DS実験)

### ■ 覚醒度低下が運転引継ぎ行動に及ぼす影響と覚醒度監視可能な指標



覚醒度低下により、運転引継ぎ要請(TOR)に対するアクションの開始が遅れる。ドライバーの覚醒度低下状態は閉眼率(Perclos)に反映される

## 課題Bまとめ

1. 自動走行時のドライバーの意識のわき見、わき見、覚醒度低下は、運転引継ぎが必要な場面において、その引継ぎ行動にそれぞれ異なった悪影響を及ぼすことが、H28年度のDS実験結果に続いて、H29年度のTC実験により再び検証された(覚醒度のTC実験データについては解析中)。
2. H28年度のDS実験において、上記運転引継ぎ行動に影響を及ぼすドライバー状態(Readiness)の監視指標として、車載機器により計測可能性の高いものを抽出した。H29年度のTC実験データ解析を継続し、年度末までにこれらの指標のテストコースでの有効性検証を終了する。
3. H29-30年度に計画されている企業参加による大規模実証実験により、これまでに得られた結果を公道走行にて検証する。

## H30年度の全体計画

1. H30年度は3年計画の最終年度であり、A, B, C課題のすべてのまとめを行い、プロジェクトを終了する。
2. 日米欧三極連携(国交省, SIP)および日独二極連携(内閣府, SIP)による研究成果の海外発信と連携を継続するとともに、第2回SIPヒューマンファクター研究開発成果発表シンポジウムを開催し、成果を国内に広く発信してゆく(7月に開催予定、約300人の来場を計画)。
3. 国際標準(ISO/TC22/SC39/WG8)については、すでに成果を反映したドキュメント TR21959 Part1を近日に発行予定。Part 2については4月のPragueでのISO会議でのキックオフを経て、2019年末の発行を目指す。Part 1, Part 2ドキュメントの作成はともに産総研主導で行っている。

ISO TR21959

Road Vehicles: Human Performance and State in the Context of Automated Driving

Part 1 - Terms and Definitions

Part 2 - Experimental guidance to investigate human takeover

4. 国際基準(UN-ECE/WP29/R79)については、引き続き自工会に向けて成果を発信する。

## 2.-(3)

### 「橋渡し」研究後期における研究開発

## 橋渡し後期研究 ロボット介護機器基準策定評価事業

## 経済産業省ロボット介護機器開発・導入促進事業

### ■ 目的

高齢者の**自立支援**, 介護者の**負担軽減**に資するロボット介護機器の開発・導入を促進すること. 次の2事業を実施.



移乗支援

### ■ 開発補助事業

介護現場のニーズを踏まえてロボット技術の利用が有望な分野を**重点分野**として特定し, 開発企業に対し補助を行う.



移動支援

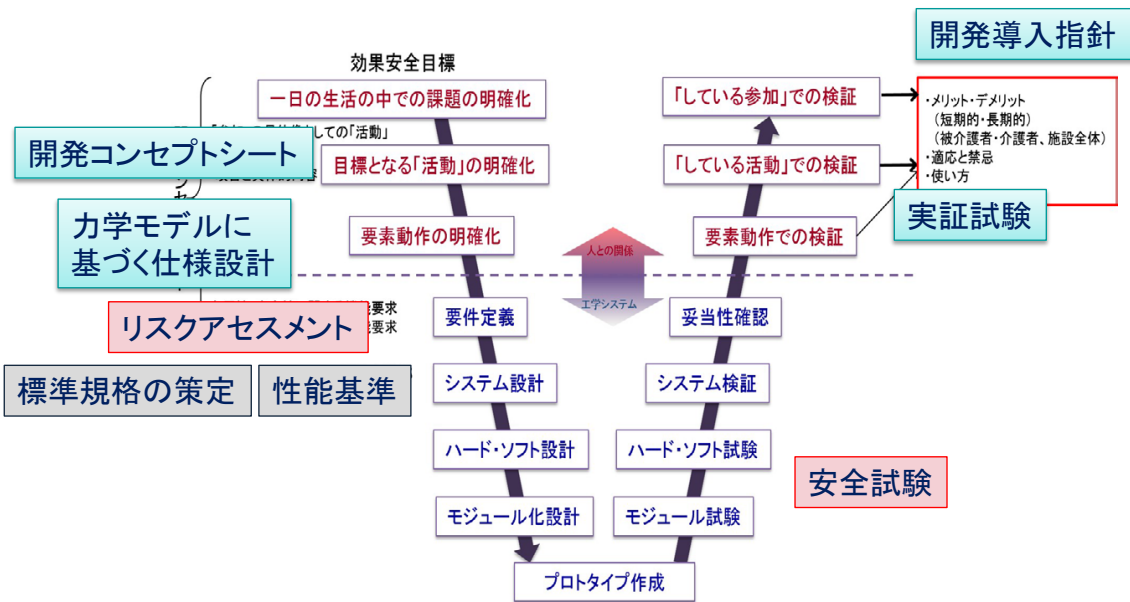
### ■ 基準策定・評価事業

機器の開発に必要な安全性と効果の**アセスメント手法・検証方法、倫理審査等の「実証プロトコル」**を確立する.



排泄支援

見守り支援



- ロボット介護機器開発ガイドブック
  - ICFに基づく開発コンセプトシート
  - カ学モデルに基づく設計支援ツール
  - 高齢者動作模擬装置
  - 簡易動作計測・評価システム
  - 効果評価IoTシステム
- ロボット介護機器開発のための安全ハンドブック
  - リスクアセスメント雛形シート
  - 本質安全設計支援ツール
- ロボット介護機器実証試験ガイドライン
- 倫理審査申請ガイドライン
- ロボット介護機器開発導入指針



- 基準策定評価事業の成果を開発プロトコルとしてまとめたガイドブック(150ページ)
- 目次
  1. 開発コンセプトの明確化: 開発コンセプトシート
  2. 力学モデルに基づく仕様設計
  3. リスクアセスメント
  4. ロボットの設計と製作
    1. 性能基準
    2. 安全要求事項
  5. 安全試験
  6. 実証試験
  7. 標準規格の策定
  8. 開発導入指針

## 力学モデルに基づく設計支援ツール



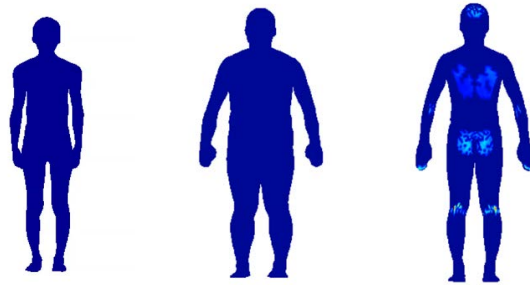
シミュレーションソフトウェアは利用コンソーシアムに加入すれば利用可能(有料)

# 圧力分布の推定



©マッスル(株)

スリングリフト：  
ベッドからの移乗を支援

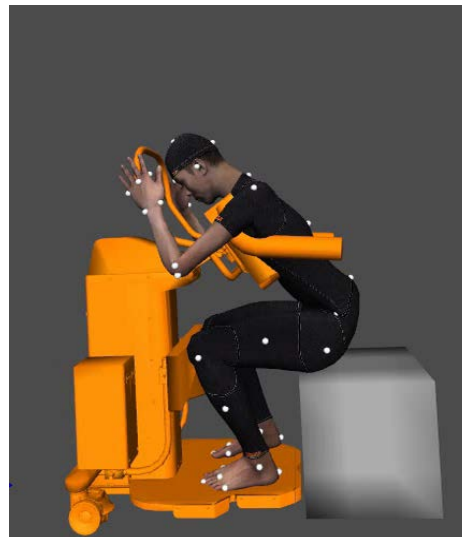
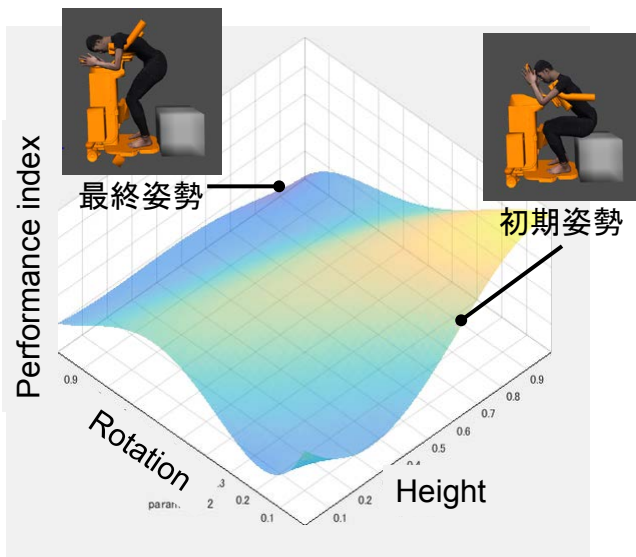


高齢者を含むさまざまな属性の人に合わせた人体シミュレーションと機器評価

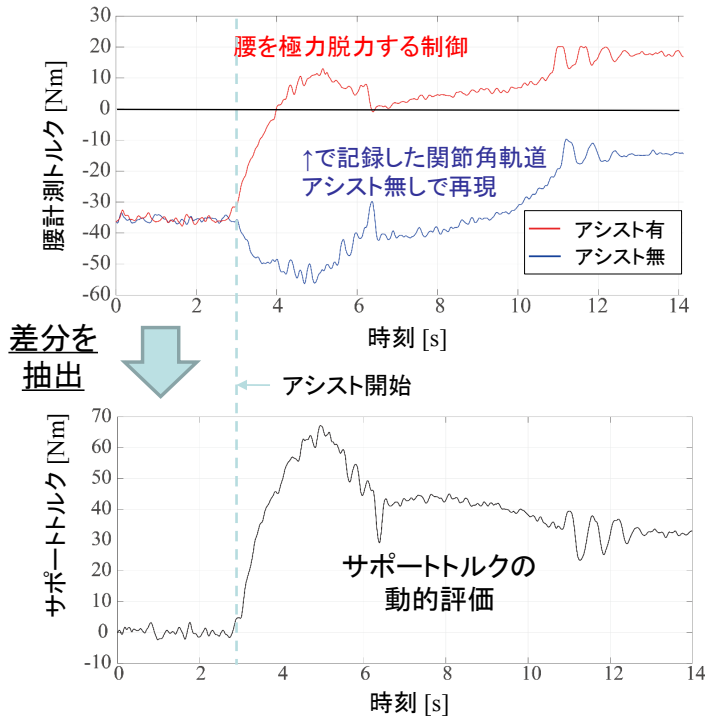
# 人の負担を指標とした 移乗支援機器の立ち上がり軌道設計

設計例

- 膝関節トルクと脇の下への接触力を低減



# 支援機器のサポートトルクの抽出



# 高齢者模擬装置(アクティブダミー)

## 使用時の危険動作の生成

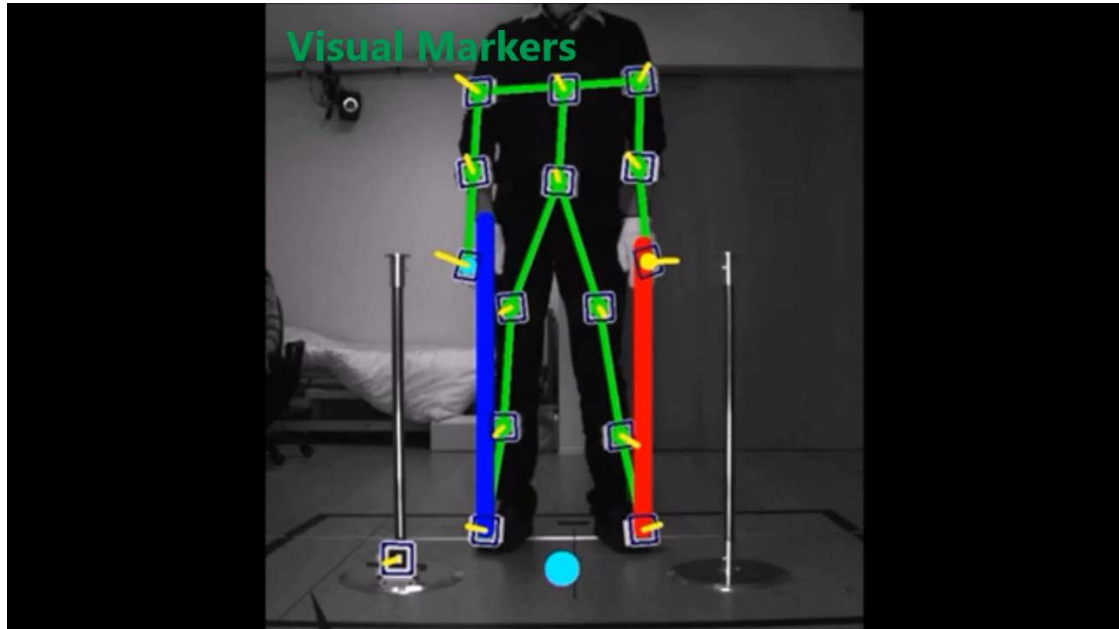


With side rail



Without side rail

# 簡易動作計測・評価システム 手先・足先反力推定



## ロボット介護機器開発のための安全ハンドブック

- リスクアセスメント手法、安全基準、安全試験法などの安全に関する成果をまとめたハンドブック(240ページ)
- 目次
  1. 序章
  2. リスクアセスメント
    1. リスクアセスメントの基礎とRAシート雛形説明
    2. リスク要素の見積もり判断指標とリスク評価方法
    3. ロボット介護機器設計のための保護方策事例
    4. リスクアセスメントシート作成支援
  3. 安全検証事項と検証計画
    1. ロボット介護機器の安全検証事項
    2. 安全性評価項目
  4. 安全試験方法(抜粋)
    1. 電気安全、EMCに関する検証手法
    2. 安全関連制御回路
    3. 装着型移乗支援機器の動力喪失の基準
    4. 非装着型移乗支援機器の昇降速度・静的強度・安定性試験方法
    5. 屋外移動支援機器の速度抑制・片流れ抑制試験法

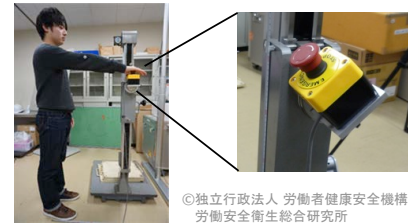
# 安全評価試験装置



静的安定性試験装置

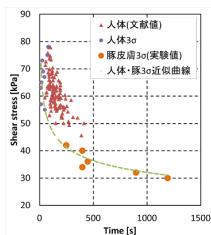


速度抑制試験装置プロトタイプ

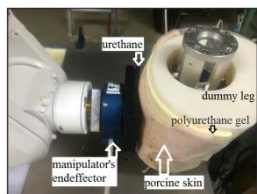


停止性能試験装置

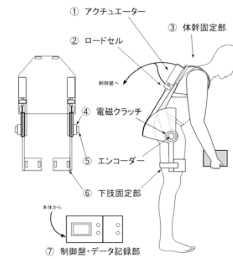
©独立行政法人 労働者健康安全機構  
労働安全衛生総合研究所



創傷リスク評価試験装置



©国立大学法人 名古屋大学



©一般財団法人 日本自動車研究所

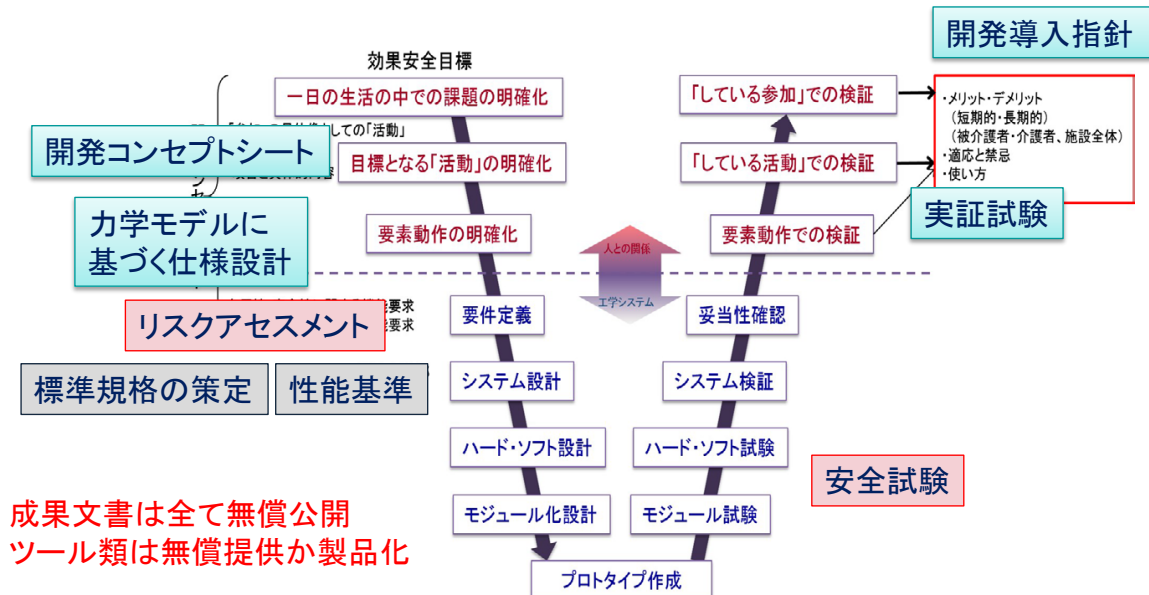
装着力喪失試験装置



©一般社団法人 日本福祉用具評価センター

高齢者人体ダミー

# ロボット介護機器開発V字モデル



ロボット介護機器を含む生活支援ロボットを開発するための有効性と安全性の基準、設計支援ツール、開発ガイドライン・安全ハンドブック等の文書を体系的に開発したのは**世界初**

## 移乗支援



©サイバーデザイン(株)



©(株)イノフィス



©パナソニック(株)



©富士機械製造(株)



©マッスル(株)

## 歩行支援



©RT.ワークス(株)



©(株)幸和製作所



## 排泄支援



©アロン化成(株)



©日本セイフティー(株)

## 見守りセンサ



©ノーリツプレジジョン(株)



©キング通信工業(株)



©(株)イデアクエスト



©ワイエイシイエレクトス(株)

プロジェクト実施期間中に**50億-100億円**の事業を創出



リシオーネ(パナソニック、2014/4/1) ©パナソニック(株)



ロボットアシストウォーカー (RTワークス、2015/7/14)



Honda歩行アシスト (Honda、2015/7/21)



作業支援用HAL(サイバーデザイン、2014/9/30) ©サイバーデザイン(株)



SASUKE (マッスル、2016/12/14) ©マッスル(株)

これまで**7機種**に安全認証を発行

# 欧州医療機器指令の適合認証を取得



ISO 13482を活用し、TÜV NORD CERT GmbHによって審査・承認された初めての医療機器のCEマーキング（欧州MDD）の認証（2017/12/18）

## ロボット介護機器実用化ロードマップ

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025
ロボット介護機器開発	見守り(施設/在宅)				改良/実証	コミュニケーション			
	屋外移動/屋内移動					装着型移動			
	移乗支援					排泄動作支援			
	排泄/入浴支援					排泄予測			
開発プロトコル開発	開発ガイドブック/開発支援ツール					新重点分野対応			
	ISO 13482発行		ISO TC173提案準備			ISO TC173規格化			
						利用データ分析			
ロボット介護機器普及				15機種製品化/上市			新分野製品化		
介護保険改革				屋外移動給付		見守りインセンティブ化			
政府目標	経産省								500億円市場
	厚労省					生産性向上		自立支援	
社会問題	人手不足								31万人不足
	介護保険総費用					9兆円		20兆円	

# 「橋渡し」後期研究 企業連携の推進

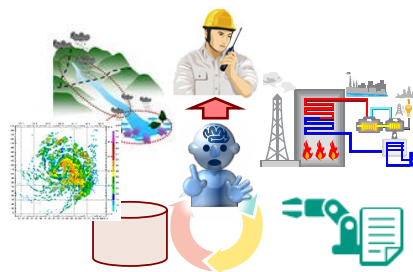
## NEC-産総研 人工知能連携研究室



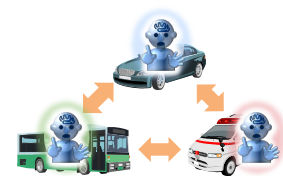
NEC-AIST  
AI Cooperative  
Research Laboratory

室長  
鷺尾 隆(阪大)

十分なデータの蓄積がない  
課題にシミュレーションで  
対応



AI間の挙動調整



未知の状況での  
意思決定支援

### 研究内容

- 1) シミュレーションと機械学習技術の融合
- 2) シミュレーションと自動推論技術の融合
- 3) 自律型人工知能間の挙動を調整

H28.6.1設立



# 住友電工-産総研

## サイバーセキュリティ連携研究室

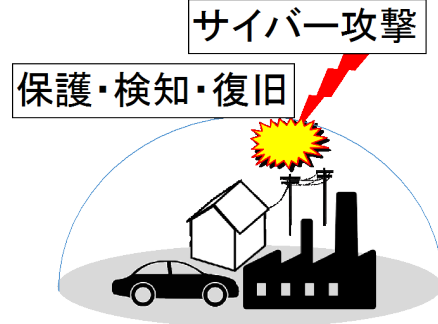
### I o T製品や設備に対するサイバー攻撃

- ◎車載システムの乗っ取りと遠隔操作
- ◎製造設備やインフラへの妨害

#### 研究内容

### サイバー攻撃を被害を防ぐための技術開発

- ◎攻撃シナリオの同定と対策技術の実装
- ◎実際の製品・設備を対象とした実証



室長 森 彰

H28.6.1設立

# 豊田自動織機-産総研

## アドバンスト・ロジスティクス連携研究室



室長

西牟田 武史  
(豊田自動織機)

#### 研究内容

- 1) 次世代物流ソリューション事業のための研究
- 2) 車両や機器の自律作業実現のための研究
- 3) サービス提案のための研究

高性能化／高効率化



H28.10.1設立

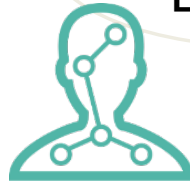
# パナソニック-産総研

## 先進型AI連携研究ラボ

ラボ長  
小澤 順

人工知能技術  
人間計測技術  
ロボット技術

家電・住宅  
車・産業



先進型AI技術



### 研究内容

- 1) AI分野のアルゴリズムの高度化に関する研究
- 2) ロボット分野のAI応用に関する研究
- 3) 健康・介護分野のAI応用に関する研究
- 4) AIを用いた対話技術に関する研究

H29.2.1設立

135

## ワイヤ型歩行アシストスーツによるヒト股関節への 力学的支援効果 (SSI2017\* 最優秀発表賞を受賞)



### 特徴

- 拘束性：小
- 軽量・柔軟
- 評価困難

### 研究目的

- 逆動力学シミュレーションによりワイヤアシストの力学的効果を評価する

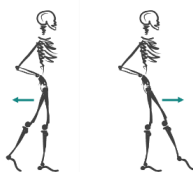


### 手法

- DhaibaWorks(産総研)を使用し三角形メッシュにより表皮形状を表現
- **ワイヤの走行経路を再現したワイヤ動作モデルを構築**

### 結果

- 立脚期 (伸展トルク発揮) : 股関節伸展トルク**最大約44%減少**
- 立脚期 (屈曲トルク発揮) : 股関節屈曲トルク「アシスト無」より増大



伸展

屈曲

\*SSI2017: システム・情報部門学術講演会2017

# CNNを用いたロボットによる 梱包物の抽出方向制御

## 研究目的

- 小売店物流倉庫におけるピッキングのロボット化
- 対象物は充填状態で梱包されている
- 取り出すべき対象物の位置(把持位置)は既知である
- 対象物に付けられている角度は未知



実験装置

## 手法

充填状態をロボットのカメラで観測し、  
観測結果から適切な取り出し方向を機械学習で習得する



傾斜0度



傾斜20度

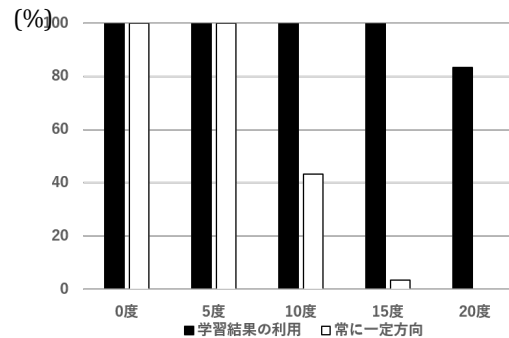
観測結果

# 動作学習方法・結果

- ① ロボットが所定位置から把持対象の真上10cmに到達するまでの対象物の状態をカメラで撮影
- ② 外箱の傾斜は0度から20度までを5度刻みで、ロボットは取り出し方向を-25度から20度までを5度刻みで変化させ、それぞれの取出し動作の成否を記録 (10cm持ち上げられれば成功と判定)
- ③ ①、②を対応させたデータセットを作成し、GoogLeNETを用いて学習 (ノイズ付与と並行移動によりデータ数を拡張、学習時に画像はグレースケールに変換)

データid	入力画像	取り出し角度 φ					
		-25	-20	-15	...	20	25
1		×	×	○		×	×
2		×	○	○		×	×
...							
2594		○	○	×		×	×

データセットの例



水平面に対し垂直に取り出す手法(白)に比べ、  
学習モデル(黒)は高い成功率を示した

# 手のひら認証・決済サービスの実証実験を開始

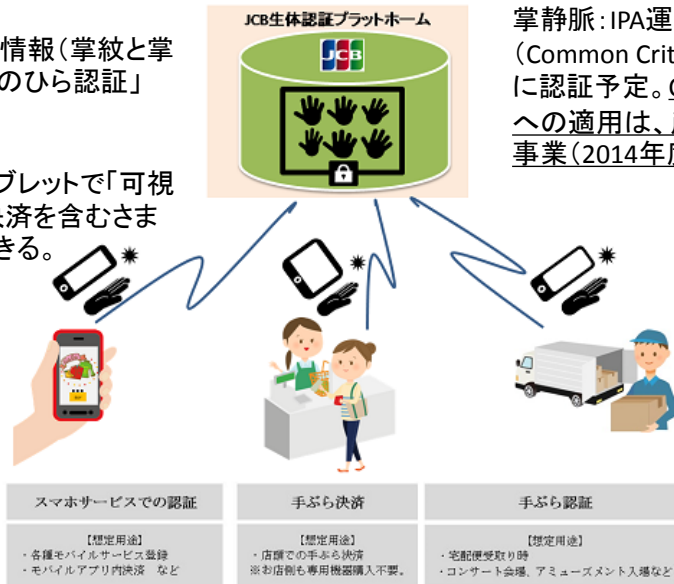
- ジェーシービー(JCB)、ユニバーサルロボット(UR)、産総研の共同研究
- 可視光手のひら静脈認証技術を用いたサーバー型マルチサービスの実証実験を平成30年2月からJCB青山本社で開始

**登録:**

自分のスマホで手のひら情報(掌紋と掌静脈)をJCBの「可視光手のひら認証」サーバに登録する。

**認証:**

自分のスマホ、店舗のタブレットで「可視光手のひら認証」して、決済を含むさまざまなサービスを利用できる。



掌の紋検索技術: 2016年共同研究成果  
 掌静脈: IPA運営の国際的製品認証制度 (Common Criteria(CC) 認証)で今年度中に認証予定。CC認証のバイオメトリクスへの適用は、産総研による経済産業省事業(2014年度~2016年度)の成果。

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	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
論文発表件数	89 件	160 件	
論文の被引用数	1,992 回	2,224 回	
Google Top 20 の Proceedings 採択件数	76 件	104 件	
知的財産の実施契約件数	209 件	231 件	
民間資金獲得金額	15.5 億円	16.6 億円	
研究契約件数（大企業）	136 件	152 件	
研究契約件数（中堅・中小企業）	42 件	45 件	
中堅・中小企業の研究契約件数の比率	23.6%	22.8%	
技術コンサルティング収入	7,270 万円	7,425 万円	
RA 受け入れ人数	74 名	79 名	
無償技術相談件数	45 件	240 件	ユニット別対応件数の合計（複数ユニットで対応した場合は、それぞれのユニットでカウント）。
技術コンサルティング件数	— ※	38 件	※ 評価委員会で報告した「40 件」は重複集計等を含む。

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

・論文発表件数 160 件（目標比：133%）、論文の被引用数 2,224 回（目標値 1,000 回の約 2.2 倍）、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 104 件（平成 28 年度実績 69 件、平成 28 年度比 148%）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	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
論文の被引用数（再掲）	1,992 回	2,224 回	
論文発表件数（再掲）	89 件	160 件	
Google Top 20 の Proceedings 採択件数（再掲）	76 件	104 件	

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

・論文の合計被引用数は目標値の 2 倍を超え 2,224 回（平成 29 年度最終目標値は 1,000 回、目標比：222%）を達成することができた。  
 ・平成 29 年度の論文数（IF 付論文誌のみ）も、160 報（平成 29 年度最終目標値は 120 報、目標比：133%）と目標値を大幅に超えた成果となっている。  
 ・情報・人間工学領域独自の目標値である Google Scholar のサブカテゴリ上位 20 位内のプロシーディングスは 104 報（平成 29 年度最終目標値の 100 報に到達、平成 28 年度最終実績値は 69 報）である。  
 ・平成 29 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰、若手科学者賞を受賞した（Attarapadung Nuttapong、情報技術研究部門、「複合条件を自由に指定可能な高度アクセス制御暗号の研究」）。  
 ・平成 28 年度末に東工大と合同で設立した研究ラボである RWBC-OIL においては、既に 22 報の査読付きプロシーディングス発表を行う

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

各種指標	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 (再掲)	209 件	231 件	

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

・平成 29 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰において科学技術賞を受賞した (江渡 浩一郎、知能システム研究部門、「イノベーションを共創する市民参画型研究の普及啓発」)。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

各種指標	委員会説明	年度実績 (確定値)	備考
民間資金獲得金額 (再掲)	15.5 億円	16.6 億円	
技術コンサルティング件数 (再掲)	— ※	38 件	※ 評価委員会で報告した「40 件」は重複集計等を含む。
技術コンサルティング収入 (再掲)	7,270 万円	7,425 万円	

【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	16.6 億円	12.1 億円
論文の合計被引用数	2,224 回	1,000 回
論文発表数	160 報 (264 報※)	120 報 (220 報※)
リサーチアシスタント採用数	79 名	50 名
イノベーションスクール採用数	3 名	
知的財産の実施契約等件数	231 件	170 件

※ インパクトファクター付き専門誌での発表数に Google Scholar のカテゴリ上位 20 位内にランクされたプロシーディングスでの発表数を合計した数値。

## 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

(評価できる点)

- ・計画されたことに対して、十分に成果を出している。それだけでなく、より大きなインパクトを出すための仕組み（部門間横断、外部との連携に関する戦略的な取り組み）を実施している。
- ・情報・人間工学領域の目標が、「産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現を目指して人間に配慮した情報技術の研究開発」であることを明確化したうえで、「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」ための重点4課題を定め、研究開発を推進している点。
- ・PDCAを適時・的確に回すことにより、上記の領域ミッションを着実かつ確実に達成している点。
- ・重点4課題によって生み出される研究成果がインパクトの高いものにするために、目標の定め方に細やかな工夫（IFの高い論文誌に投稿すればよいとの誤解を生じさせないようにしている、等）を凝らしている点。
- ・研究力強化のスローガンのもと、若手研究者にはテニユアトラック制を適用しようという時代の趨勢の中で、「特に研究能力に秀でている者は、若くともパーマネント採用する」道を設け、若手研究者を大切にしようとしている点。
- ・外部資金によるプロジェクト型任期付職員についても、一般公募のもとでの審査は経るものの、優秀な人材に対してパーマネント雇用への道を設けている点。
- ・本来ならば「論文投稿・RA雇用」にかかる費用は該当グループが負担すべきところ、本領域ではそれらを領域が負担する方式を採用し、研究現場の研究費の取得状況にいたずらに左右されることがないように配慮している点。
- ・民間からの資金獲得額が対前年で増加しており、自助努力による資金獲得の面で評価できる。また、「実績ある若手人材の不足」という重要な課題について適切に認識し、対処しようとしている点は素晴らしい。
- ・研究テーマの設定が優れている。技術ありきではなく、「快適で安全な社会生活」など意味のある価値を目指しており、優れていると思う。
- ・人工知能に力を入れていることは、世界レベルの観点で妥当と考える。
- ・数値上の目標については、すでに達成しており、今後も伸長が期待できること
- ・人工知能領域に重点的な組織化がされていると理解しました。このように、重点的領域を決めることは研究の進展に重要と思われます。

(改善すべき点及び助言)

- ・今後、個別の研究成果や技術を統合するアーキテクチャやプラットフォーム、それを人間中心設計で実装するための研究開発分野においても、リーダーとしての役割を期待する。
- ・特段、改善すべき点は見当たらない。むしろ、評価できる点として挙げた各点は、他の研究・教育機関等における人事戦略ならびに研究開発マネジメントに参考になるものと考えている。
- ・評価できる点に挙げた「実績ある若手人材の不足」という課題については、抜本的な対策がまだ不足している。特にAIの領域では、GoogleやDeepMind、Facebookといった資金力のある巨大民間企業と、公的研究機関は直接、人材獲得競争をしなければならない状況にある。例えば、AIRCだけはAIST全体とは独立の人事制度・評価制度・給与体系とするなど、マネジメントの観点で大胆な改革が必要と思われる。
- ・テニユアのパーマネント職の用意も効果はあると思うが、今の本当に優秀な若手人材というのは、「自らの技術を社会に役立てたい」という意識が非常に強いものである。一生、同じ研究機関で過ごそうなどと思っている人材は、若手になればなるほど少ない。そういう意味では、若手人材が持つ「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、起業・独立・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と思われる（既にあるのかもしれないが）。
- ・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。例えば、AIについては、中国が急激に活動している情報もあり、劣後したくない。
- ・人材の不足は重要な課題であり、より深く検討していくことが必要。特に、人事制度の改定を目指すべき。
- ・民間資金での連携研究所の評価は、他の研究領域と変わりはないのでしょうか。民間領域の特性により

変更はあるのかと考えます。連携研究所の要望が増えることが想定されていることから、設置を決定する基準を明らかにしてほしい。

- ・ Connected Industry における要素技術の研究だけでなく、それぞれの融合についての研究があるべきではないかと思われる。

## 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）

（評価できる点）

- ・ AI の取り組みでは、研究成果のモジュール化、全体のアーキテクチャ、モジュールを組み合わせしていくベースとなるプラットフォーム化に取り組んでいる点を評価する。さらに、そのもととなるデータを集積し、それらの活用例を社会に広めていくことを実施している。素晴らしい取り組みだと評価する。
- ・ 昨年から引き続き世界の研究者を引きつけるセキュリティ部門の位置を形成している。プロキュアメントの世界との連携のために、日本におけるフレームワーク開発のリードをされていることはまさに産総研に期待されることだ。素晴らしい。
- ・ AIST Big Bets, Grand Challenge を設定して、研究された技術モジュールや、データ活用のコンテストなどを行なっている。
- ・ 「実世界に埋め込まれる人工知能」という捉え方を明確に意識し、「実世界で人間と相互理解し、協働して重要な社会課題を解決する人工知能の実現」を目指している点。これは、産総研における人工知能研究の大きな特徴である。
- ・ タスクに必要な要素機能モジュールを同定し、各要素機能モジュールの性能改善・機能追加・性能限界同定・利用可能性向上というシステムティックなアプローチを採っている点。このことにより、基礎理論にかかる研究実績を基盤に、着実かつ効果的・効率的に汎用力（さまざまな実世界問題の解決能力）を高められていくものと思われる。
- ・ 「世界最速の格子暗号解読アルゴリズム」研究に見られるように、難度がきわめて高い課題に挑戦しながらも、楽しんで研究をしていることが明確に伝わってくる点。このことが評価委員にすら感知できるということは、当該分野を専門分野とする若手研究者にも伝わるはずであり、外部から優秀な人材を呼び寄せる原動力になっているものと思われる。
- ・ 高機能暗号（格子暗号）の成果は素晴らしい。エース研究者がいて、その魅力にひかれて次々と人材が集まってくるというのは研究機関としては非常に理想的な形態だろう。ぜひこの方向性で進めていただきたい
- ・ 人工知能：実世界と基礎技術を階層的・構造的にアーキテクチャを形成しており、優れている。また、個別の具体的テーマで（避難とか）実例を研究・実証実験している点が評価できる。
- ・ 暗号：世界トップレベルの研究実績。
- ・ 人工知能における要素機能モジュールの成果。実用（応用）への検討を進めていること。
- ・ 耐量子暗号の論文数等の実績

（改善すべき点及び助言）

- ・ 評価指標として、優れた論文と同等、あるいはそれ以上の評価として、プラットフォームやフレームワーク、標準でのリードを位置づけたらどうか。
- ・ 産総研の AI プラットフォームが産業個別で進む場合、AIST の WW エコシステムを作っていくのはどうだろうか。個別で検証したベストプラクティスを、抽出した部分を世界に向けて公開していく感じ。オープンソースか、だれにも使わせるエストニアモデル。
- ・ 実に気持ちの良い状況であり、改善を求めたいという点は見当たらない。
- ・ 人工知能研究センター長のおっしゃっていた、Google や Facebook がやらない領域（製造業での AI、医療や創薬での AI）はまさに、ものづくりが強い日本にある研究機関ならではの方向性であり、素晴らしい戦略だと思う。今後、そうした領域の研究を、個別企業との連携研究も拡大させながら実らせていただきたい。
- ・ 人工知能：技術をさらに公開して、民間のデータやアイデアやリソースを生かしていくチャレンジを期待。
- ・ 暗号：サイバー攻撃でデータを盗まれても暗号化されているから被害なし、という状況を日本中の中小企業まで広く作ってほしい。
- ・ 暗号技術は、国が主体となって進める領域だと思うので、細く長く地道に進めてほしいと思います。（発



表であるとおりに、新発見から30年～40年かかって実用化できる技術であるので)。適切な規模の組織の維持でよいかと思う。

## (2)「橋渡し」研究前期における研究開発

(評価できる点)

- ・研究成果が実際のビジネスに結びついている点を評価します。
- ・道路構造物ひび割れ検出」を高精度で効率よく実行できる手法に対する社会的ニーズがきわめて高いなか、NEDOの研究資金を獲得しながら、ひび割れの特徴量を効率的に検出する人工知能技術を開発し、作業時間ならびに誤検出の大幅な削減に成功しており、民間資金提供型共同研究に結びつけている点。
- ・「AIの社会実装を推進する大規模人工知能クラウドの構築」では、政府補正予算「人工知能・IoTの研究開発加速のための環境整備事業」の一環として、「ビッグデータから価値を創造するAI」を実装するための大規模計算インフラを構築し、産・学・官のユーザーに提供するとともに、Green 500において世界3位(空冷のシステムとしては世界1位)という快挙に結実させている点。
- ・「生産・サービス現場を支援する屋内での人間・車両測位技術」では、NEDOの研究資金や戦略的基盤技術高度化支援事業の研究資金を得ながら、歩行時のPDRと車両移動時のVDRを組合せたxDRとその動作認識技術の開発に成功しており、それらを基盤にして複数の企業共同研究やFS連携契約などを実現している点。
- ・「自動走行中のドライバー状態の評価指標の開発」については、SIP「自動走行システム」の研究資金を得ながら、自動走行システムを利用しているドライバーが、万一、自動走行モードから手動運転への切り替えが必要な折に適時に対応できる状態にあるか否かを実用化レベルで評価する多様な指標を考案し、ドライビングシミュレータによる実験のみならず、公道走行を含めた大規模実証実験によって集大成へ向けて研究を加速させている点。
- ・自動車分野でのドライバー状態評価の取り組みは、まさにAISTらしい産業界と密に組んだ活動であり素晴らしい。ISOでの国際規格化まで漕ぎ着けているのは、まさに「研究の橋渡し」と呼ぶにふさわしい成果だろう。PDR/VDRの取り組みも、ベーシックな理論面での成果が、人の歩行やさまざまな車両など広い用途に役立っていることの好例で素晴らしい。
- ・道路構造物：社会課題を解決する旬なテーマで精度も高い。
- ・AIクラウド：世界水準の取り組み
- ・人減測位：応用範囲が広い
- ・それぞれの研究が、実用化を進めている点。
- ・インフラ維持管理については、開発体制として、得意分野をそれぞれ発揮した体制を作れたこと。このような、体制を他の領域でも、構築できると、実用化により効果が出ると考える。

(改善すべき点及び助言)

- ・産業界へよりスケールアップした展開をするための仕組みが今後出てくることを期待します。
- ・AIST以外への要望：民間側のより一層のIT化、デジタル化、省庁間の連携が、産総研の研究や若い研究者のモチベーションを高揚するような関係が求められる。AISTがもっとやりたいことができるように、省庁などがいかにサポートをしていくかが今後の課題だと感じる。また、産業領域ごとのプラットフォーム化を進めていくためには、企業・省庁間の連携が必要になる。省庁が人の営みに応じて連携し業務を再編することで、より社会的なインパクトのある施策がうてるようになるのではないかと。例えば、健康について、経産省や関連する省庁が連携することを評価する評価システムを省庁で導入することなど。
- ・以下は、改善を求めるものではなく、研究開発成果をより一層、社会にアピールしていただくためのヒントにいただければという意図のもとに記したものである。1. 道路構造物等のひび割れ検出は、社会的ニーズがきわめて高い課題であることから、さまざまな組織で独立に研究開発が進められている。関連するプロジェクト間で適切な情報交換の機会があれば、プロジェクト間の相補性などが見出されるなどして、総体として社会により一層の貢献ができるようになるのではないだろうか。2. 産総研による「自動走行中のドライバー状態の評価指標の開発」は、ドライバーモニタリングに関する先導的な取組であることから、レベル2の自動運転とレベル3の自動運転において、評価指標/判定基準をどのように使い分ければよいか、また、判定を高精度で行うためには、個人差による影響をどのようにして緩和すればよいか、などの知見も合わせて公表していただけると、世界的にリーダーシップをとることができる取組みになるものと考えます。
- ・PDR/VDRの取り組みについては、動線分析の計測だけで1000万円もの費用を要すると聞いた。PDRの技

術が高コストというよりは、ベンチャーで事業化していることによる人件費/サービス費との回答だったが、原理的には非常に安価にできる技術だと思うので、より低コストにして普及させるなどの工夫を期待したい。

- ・ 商用サービスをするときの事業体をどう考えるのか、重要な課題。
- ・ 商用サービスを受ける業者の課題が大きい。
- ・ AI クラウドですが、データを収集することに関し、うまくエコシステムを構築しないと、一時的なデータセットにすぎなくなってしまう（古いデータセット）と考えます。
- ・ サービスビジネス化について、データを知識・価値化することにリソースを投下してはいかかかと思えます。

### (3)「橋渡し」研究後期における研究開発

(評価できる点)

- ・ 評価プロセスだけではなく、海外認証まで含めた効率化を行っている点を評価する。企業との連携研究については、大企業と着実に成果を出し始めている。
- ・ 「ロボット介護機器基準策定評価事業」では、高齢者の自立支援、介護者の負担軽減に資する有効で安全なロボット介護機器の設計を支援するプロトコルの開発に成功しており、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ブック、等のドキュメントを作成・公開している点。
- ・ 生活支援ロボットの安全に関する国際標準規格 ISO 13482 の適合認証の発行を実現しただけでなく、ISO 13482 を活用した欧州 CE マーキングの取得の簡単化・低コスト化にも成功している点。
- ・ 産総研と企業が合同で設立した3つの連携研究室および1つの連携研究ラボの貢献もあって、目標値を大幅に上回る民間資金獲得に成功している点。
- ・ 欧州の MDD 認証を取得するに当たって、日本の認証機関である JQA が一部とはいえ、関与できるようになったことは大きな進歩だろう。欧州のどの認証機関と組むべきかといった点についての民間企業側へ助言・提言があったとのこと。日本国内にいかにも認証ノウハウを蓄積していくかという意味で重要な貢献だと思う。まさに「橋渡し後期」らしいノウハウだ。また、本日の AIST 側からの説明にはなかったが、装着型ロボットの性能指標の「JIS B 8456-1」の規格化で AIST が CYBERDYNE などと協力して規格化しており、これらも今年度の成果として評価できる取り組みだと思われる。
- ・ ロボット介護機器：製品化が進んでいる。
- ・ 企業連携：多くのプロジェクトが動いている。
- ・ 介護支援 高齢社会を迎えるにあたって、このような研究テーマは税金が投入される国の研究所として成果を出していただきたいところと思う。研究成果をなるべく安価に使い、普及していただきたいと考えます。

(改善すべき点及び助言)

- ・ アウトリーチの方法をもっと高度化できないか。例えば、評価プロセスを Web サイトで pdf 文書で提供するだけでなく、ビデオやインプットできるフォームで簡易評価など、もっとインタラクティブな方法もあるのではないか。
- ・ 改善を求めたい点はない。あえて付言するなら、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等は、それぞれ 150 ページ、240 ページといった大部の文書であるが、これらを正確かつ容易に理解し活用できるようにするための啓蒙活動が、今後の展開において重要な役割を演じるのではないかと考える。
- ・ 個別企業との連携研究については、先方との NDA 契約もあるかと思うので、こうした評価会議の場で公開できない事情は十分理解できるが、我々外部の評価委員としては考察する材料が少ないように思える（課題というほどではないが）。
- ・ ロボット介護機器：もう少しマーケットに商品が出てきてもいいのではないか。
- ・ 企業連携：社会問題解決のにおいが薄い。
- ・ 連携研究室の設置については、単にお金で買われないように、国として実施しなければならないかなどをよく考慮して進めていただきたいと思えます。例えば、成果をオープンにできない、などの制約があるように見えました。

### 3. 領域全体の総合評価

(評価できる点)

- ・着実に研究マネジメントやより大きなインパクトを出す仕組みが導入されている。
- ・領域における研究開発マネジメントは、領域独自の工夫がさまざまに凝らされたものになっており、各研究ユニットのアクティブティの向上に有効に機能していると判断した。
- ・「橋渡し」につながる基礎研究(目的基礎研究)、「橋渡し」研究前期における研究開発、「橋渡し」研究後期における研究開発は、評価委員会の会場において説明を受けたものもとより、現場見学会で説明を受けたもの、さらには、評価資料(配布資料4)のみから情報を得ることができるもの、いずれについても、各々の当初目標を上回る成果を挙げていることが資料(配布資料4、配布資料5)から確認できた。
- ・領域長からのご説明には含まれていなかったが、配布資料4から、「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」が推進されていることが確認できた。このようなダイバーシティ推進の取組みも高く評価されるべきものである。
- ・情報・人間工学領域は、AIのようなソフトからロボットのようなハード、さらにはITインフラまで多様な分野を抱えており、全体としてのマネジメントは骨の折れる仕事かと思われる。そうした中、基礎的なアカデミック領域、国際規格化、事業化など多くのフェーズで一定の成果を出しており、国立の公的な研究機関として果たすべき役割を果たしていると思われる。
- ・目標を上回る活躍をいただいている。
- ・人間に焦点を当て、社会課題を解決していこうとするスタンスが素晴らしい。
- ・見学のときに感じましたが、研究者が楽しそうところが素晴らしい。
- ・各テーマとも、目標などの数値を達成していること。
- ・人間計測、人工知能など世界的に誇れる研究内容・成果を出していること。

(改善すべき点及び助言)

- ・経済的な価値だけではなく、社会的な価値(業界横断のプラットフォーム構築、スタートアップなどの事業化による雇用の創造、専門家コミュニティの創生、民間のスキル工向上など)の評価を導入したらどうか。イノベーションは、その両方がないと成り立たない。
- ・すでに記載したものの以上のコメントはない。
- ・高機能暗号の研究グループのように、ヒーローとなる人材が核となり、その個人の業績・魅力によって国内外から優秀な人材が次々と集まってくるというサイクルは、公的研究機関か、民間企業かを問わず、研究組織として理想的な姿だと思われる。高機能暗号の研究グループにはそうした雰囲気と自負を感じたが、それ以外の分野については、そこまでの良いサイクルが回る状態までには至っていないように見受けられた。領域長がおっしゃっていた、若手人材の不足と言う説明にその一端が現れているように思える。今後は、若手人材が憧れ、「何としてもあそこであの人と働きたい」と社会全体から思われる組織になっていただきたいと思う。AIのように国際的な人材獲得競争が激化している分野については、AISTの研究員個人の業績・成果を云々する以前に、人事制度の面で世界的に競争力のある仕組み・制度を構築することが急務と思われる。
- ・研究を受けて、事業化する側の民間側の事業化能力の劣後が目立つ。民間企業が、例えば、AIをよく理解し、新しいビジネスモデルを創造していく力がないので、研究が生かされない。民間企業の事業化能力を何とかしないと、せつかくの産総研の研究が日本の競争力向上につながらない、という危機を感じる。
- ・GPSの世界での要素技術については、成果を出しているように見えるが、そのコネクティビティ(融合)について、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のチャレンジをしていただければと思う。
- ・目標数値を大幅にクリアしていることは喜ばしいことだが、目標設定が控えめ過ぎないかを検討すべき。なぜ、大幅にクリアしたのか、これは一時的なものなのか、などの分析をお願いします。

#### 4. 評点一覧

評価委員 (P, Q, R, S, T) による評価

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

#### 5. その他のコメント

記入なし

**平成 29年度 研究評価委員会（情報・人間工学領域） 評価報告書**

平成30年6月19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-X00003-3