

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」 (事後評価) (2015年度～2019年度 5年間) プロジェクトの概要 (公開)

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
ロボット・A I 部

2020年11月13日

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性



II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性



III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組



IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組

IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景

我が国における社会課題

- 生産年齢人口の減少化下においても**製造業の国際競争力を維持・向上**
- 非常に大きな市場である**サービス分野の生産性向上**



事業の目的

- 人間の代替により**労働力不足を補う**
- 様々な場面において、**生活を豊かにする**機能を社会に提供する

(基本計画より抜粋)

◆政策的位置付けと技術戦略

- 2つの政策「ロボット新戦略」「人工知能技術戦略」に基づき実施
- 2つのNEDO技術戦略を反映して計画策定

■ ロボット新戦略 (2015年2月)

- データ駆動社会を勝ち抜くための研究開発を推進することが必要であり、そのための重要な要素技術等について、**革新的な次世代技術の研究開発**を推進することが必要
- 開発すべき次世代技術としては、産業や社会に実装され、大きなインパクトを与えうる重要な**要素技術**（人工知能、センサ及び認識のシステム、機構・駆動（**アクチュエータ**）及びその**制御システム**等のコアテクノロジーや基盤技術等）

■ 人工知能技術戦略(人工知能技術戦略会議 とりまとめ) (2017年3月)

- 我が国が世界をリードしていくために、我が国や世界が直面している社会課題に対して、我が国が有する現場の強みをも踏まえ、A I 技術とその他関連技術による産業化に向けたチャレンジングなロードマップを掲げて、産学官の叡智を結集し、**研究開発から社会実装まで一貫した取組を加速**していく必要がある。

■ NEDO技術戦略 ⇒ 基本計画へ反映 (2015年5月)

- 人工知能分野の技術戦略
- ロボット分野(2.0領域)の技術戦略

◆国内外の研究開発の動向と比較：ロボット

- 日本はロボット分野において、製造業分野を中心に世界をリードしてきた
- ロボット技術や活用において大きく革新させることが求められる

【日本の状況】

- 我が国のロボティクス研究は多くの先駆的成果を上げ、**世界をリードしてきた**
- **製造業分野**を中心に、生産の安定と省力化を動機とした生産プロセス自動化のためのロボット活用が主流である

【国外の状況】

- 先進国（欧米）及び中国をはじめとした新興国の双方において、改めてロボットが成長の鍵として注目を集めている。



ロボット技術やロボットを活用するためのシステムも含めて大きく**革新させる**必要がある

◆国内外の研究開発の動向と比較：人工知能 1/2

- 巨大IT企業によるリソースの寡占状態
- リソースを集約した公的な研究開発拠点によるオープンな研究開発エコシステムを構築する

【米国、中国の状況】

- 巨大IT企業が**計算環境・データ・人材**を自らのビジネスサイクルの中で**集積**し、スケール感のある研究・開発を行っている

【日本の状況】

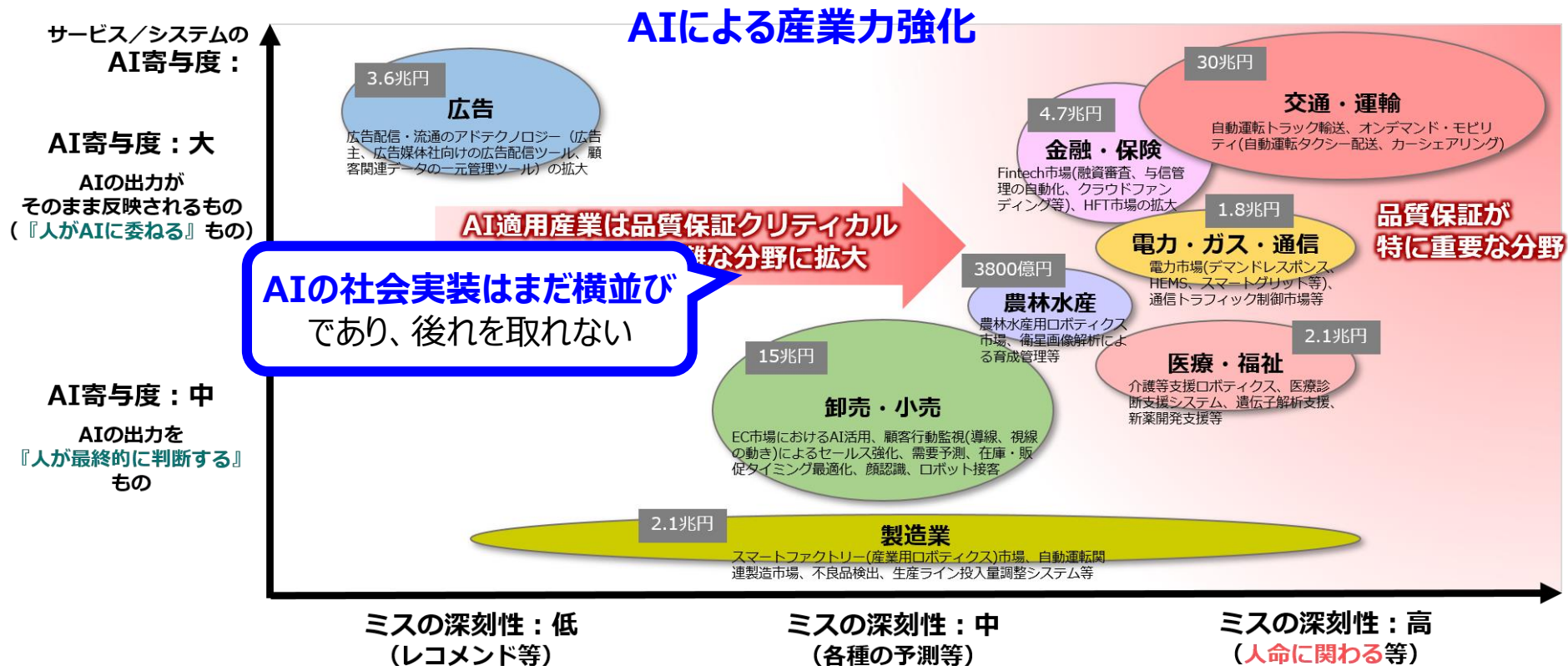
- 研究者は**個別**に基礎研究に従事し、それらを統合して革新的な人工知能を開発する動きは少ない



公的な研究開発拠点に**計算環境・データ・人材**を集約し、**オープンな研究開発エコシステム**を構築し、人工知能技術の研究開発と社会実装を加速する

◆国内外の研究開発の動向と比較：人工知能 2/2

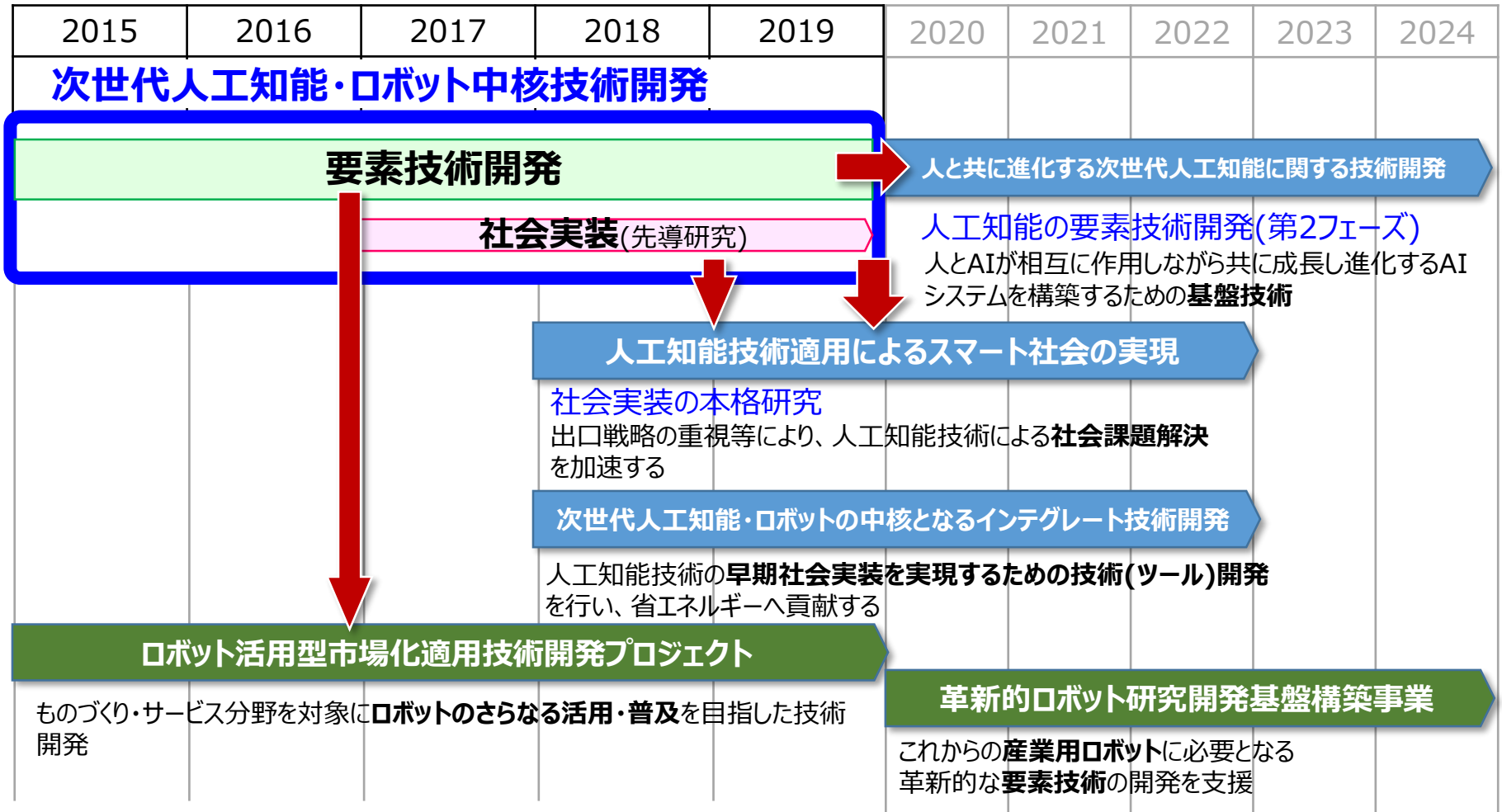
- 日本は、AI適用の対象分野で強いプレイヤーのいる社会
- 対象分野の専門家との緊密な連携体制を構築することで社会実装を加速する



出典：JST CRDS, 「戦略プロポーサル AI応用システムの安全性・信頼性を確保する新世代ソフトウェア工学の確立」にNEDO TSCが追記

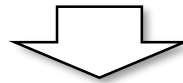
◆他事業との関係

- 本事業は、NEDOにおける人工知能及びロボットに関する事業の根幹となる



◆NEDOが関与する意義

- 次世代を見据えた人工知能・ロボット要素技術は**ハイリスク**であり、経済的合理性の観点から**個別の企業では実施が困難**
- 人工知能技術については、**研究開発拠点**に産学官の英知を結集させることで実現可能な研究開発



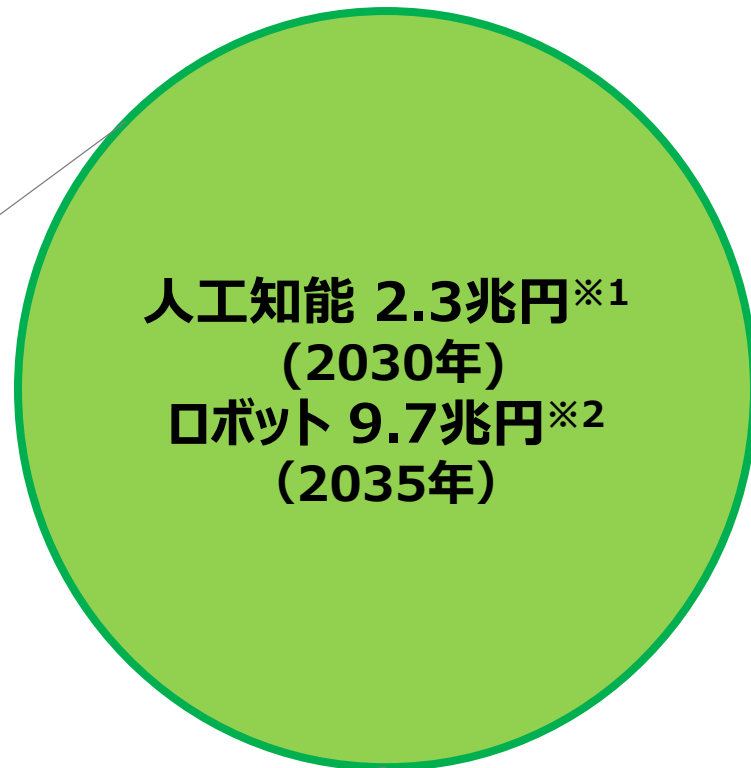
N E D Oがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

◆実施の効果 (費用対効果)

本事業の取り組み『**呼び水**』
となってアウトカムを実現する



【プロジェクト費用】



【市場予測】

※1 富士キメラ総研『2018人工知能ビジネス総調査』2018年

※2 NEDO『ロボット白書2014[第1版]』2014年

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性



II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性



III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組



IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆事業の目標

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">アウトプット目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 非連続な研究開発 <ul style="list-style-type: none"> ● ブレイクスルーを生み出す要素技術 ● 要素技術を統合するシステム化技術 ● 実用化研究を開始できる水準にまで技術を完成させる ● 2020年度：次世代人工知能を実装した6種類のロボットの実現可能性を示す。 ● 2023年度：次世代人工知能を実装したロボットの2種類以上の実用化を含む3件以上の人工知能の社会実装を目指す。
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">アウトカム目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 人間の代替えにより労働力不足を補うのみならず、生活を豊かにする機能を社会に提供する ● 2020年：IoT、ビッグデータ、人工知能、ロボットに係る30兆円※¹の付加価値創出に資する。 ● 2030年：人工知能に係る2.3兆円※²、2035年には、ロボットに係る9.7兆円※³の我が国の市場創出に資する。

※¹ 閣議決定『日本再興戦略 2016』、※² 富士キメラ総研『2018 人工知能ビジネス総調査』、※³ NEDO『ロボット白書 2014 [第1版]』

◆研究開発目標と根拠 1/4

研究開発項目	研究開発目標	根拠
<p>研究開発項目① 「大規模目的基礎研究・先端技術研究開発」</p> <p>1. 次世代脳型人工知能の研究開発</p>	<p>大規模目的基礎研究：脳型人工知能システムの概念検証システムを構築し、実世界規模のデータ・課題で定量的な評価を行い、実用可能性を確かめる。また、概念検証システムの大規模並列実行環境を構築し、一度に入力するデータのサイズや処理の複雑さが増大しても、処理に必要な時間がほぼ変わらないことを確かめる。</p> <p>先端技術研究開発：開発した手法を先進中核モジュールとして実装し、先導研究で設定した評価指標に関して、世界トップレベルの性能を達成可能なことを確認する。</p>	<p>現状のDeep Learning技術は神経科学の一部の知見を利用している段階にあり、今後より多くの知見を取入れていくことでさらに高い性能が得られる可能性がある。また、現状の技術は、個別の課題に適用されている段階にあり、人間の脳のように多種多様な情報を同時に扱い、多様な課題を総合的に解決できる状況にはない。</p>
<p>2. データ・知識融合型人工知能の研究開発</p>	<p>大規模目的基礎研究：データ・知識融合型人工知能技術の概念検証システムを構築し、ロボット等の複雑なサイバーフィジカルシステムを深く理解し、制御するような実世界規模の複数の応用課題に適用して有効性を確かめる。</p> <p>先端技術研究開発：先進中核モジュールとして実装し、先導研究で設定した評価指標に関して、世界トップレベルの性能を達成可能なことを確認する。</p>	<p>データ駆動型の人工知能技術では多くの場合、大量に収集されて静的に蓄積された単一種類のデータを扱っており、時々刻々と変化する時間的・空間的な状況や個人ごとに変化する状況依存的で動的な多種類のデータを十分に活用するものにはなっていない。また、知識駆動型の人工知能研究では、知識の多くは人手で構築されたものであり、センサ等から時々刻々得られる大量のデータと密に連携するものにはなっていない。</p> <p>こうした人工知能技術の二つの流れを融合することで、時間的・空間的に局在する実世界大規模データの深い理解ときめ細かい活用を可能にするとともに、人工知能に人間との共通言語、共通表現を持たせて従来のブラックボックス的な人工知能の気持ち悪さを解消し、人間にとって理解・制御・協働しやすい人間協調型の人工知能が実現可能になると期待されるが、未だに十分な形では実現されていない。</p>

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆研究開発目標と根拠 2/4

研究開発項目	研究開発目標	根拠
<p>研究開発項目② 「次世代人工知能フレームワーク研究・先進中核モジュール研究開発」</p>	<p>ビッグデータの活用が期待されている実社会課題の領域を対象にして、時々刻々得られる大規模なデータをリアルタイムに活用する実社会サービスの研究開発を効率的に実施し、実際の生活空間の中で、時間・空間や状況に依存した高度な判断や生活行動を支援する複数のサービスが実現可能になることを示す。</p> <p>複数の大学や企業が、開発した次世代人工知能フレームワークや先進的中核モジュールを用いて新規な次世代人工知能技術の研究開発や評価を効率的に行うことができる体制、エコシステムを実現する。</p>	<p>実世界規模のデータと新しい課題に先端的な人工知能技術を迅速に適用していくためには、時々刻々と変化する多種多様な大規模データや知識を、多様な端末、センサ、ロボット等を通して収集し、プライバシー等の観点から安全・安心に蓄積・管理し、学習や推論に利用し、適切な場所やタイミングでユーザや環境への働きかけを実現するための情報処理基盤と、それを有機的に使いこなす高度なプログラミングが必要となる。</p> <p>また、実世界規模の複雑な課題に対処するためには、複数の要素機能のモジュールを統合する必要があるが、統合の方法が悪いと、誤差の伝播による性能の低下や組み合わせ爆発による著しい効率の低下を招くことになる。</p>
<p>研究開発項目③ 「次世代人工知能共通基盤技術研究開発」</p>	<p>複数の標準的課題（タスクセット）を設定するとともに、標準的ベンチマークデータセットを構築して、研究開発項目①、②の研究開発の中で次世代人工知能技術の性能や信頼性の評価方法を確立する。</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p>「説明できるAI」の必要性が高い分野・具体事例及び有望な次世代技術を検証する。</p>	<p>人工知能技術の社会適用を進めるためには、技術の有効性や信頼性を定量的に評価し、性能を保証することが重要である。</p> <p>人工知能技術の社会適用を進めるためには、技術の有効性や信頼性を定量的に評価し、性能を保証することが重要である。しかしながら、人工知能技術はその性能や信頼性の評価・保証は容易ではない。このことは、最先端の人工知能技術の継続的な進歩と実社会課題解決への採を妨げることにもつながっている。</p>

◆研究開発目標と根拠 3/4

研究開発項目	研究開発目標	根拠
<p>研究開発項目 ⑦「次世代人工知能技術の社会実装に関するグローバル研究開発」</p>	<p>これまで実現されていなかった性能若しくは機能を提供する人工知能等の要素技術のアイデアについて、提案者が最終目標として掲げる技術課題に関する課題の明確化、その課題解決の方法を示し、想定した環境において成果物の動作を確認することで、設定した最終目標を十分に達成することを示す。</p>	<p>今後、我が国産業が欧米等とのグローバル競争に伍していくためには、人工知能技術そのものの研究開発に加えて、国内外の叡智を結集し、人工知能技術とものづくり技術との融合等をグローバルに行うことが重要である。</p>
<p>研究開発項目 ⑧「次世代人工知能技術の日米共同研究開発」</p>	<p>米国からの卓越した研究者の招聘等による新たな研究開発体制を整備し、これまで実現されていなかった性能若しくは機能を提供する人工知能技術のアイデアについて、提案者が最終目標として掲げる社会実装における技術的課題を明確にするとともに、その解決方法を提示し、その最終目標を十分に達成する見込みを示す。さらに、課題解決に応じた対応シナリオからなる後期計画を策定する。</p>	<p>日本の国際競争力を強化するため、次世代人工知能技術の進歩をより強固に加速する必要がある。</p>

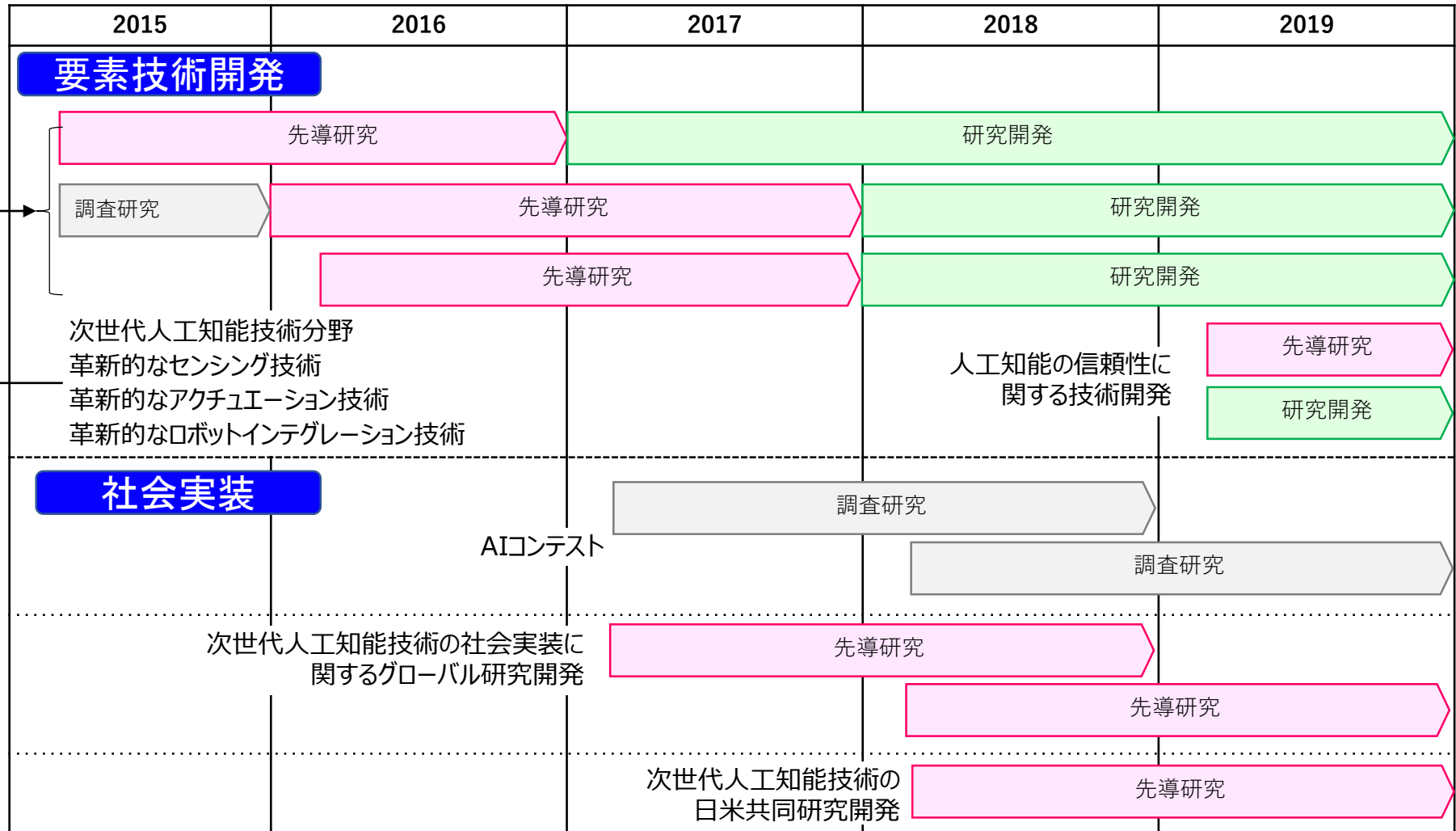
◆研究開発目標と根拠 4/4

研究開発項目	研究開発目標	根拠
研究開発項目④ 「革新的なセンシング技術（スーパーセンシング）」	<p>これまで実現されていなかった性能若しくは機能を提供する要素のアイデアについて、先導研究完了時に策定する後期計画の実行を通して、当該技術の応用例を提案して機能・性能を動作確認し、その実用化研究開発のシナリオを策定する。</p>	<p>噴火、地震等の災害に見舞われることの多い我が国においては、災害時にいち早く生存者の位置を確認し、救出することがより一層重要となる。このため、遠隔操作でロボットを災害現場に派遣し、がれきや土砂等に埋もれてしまって見えない生存者・心肺停止者の早期の発見を可能にするなど、自由に操れる遠隔操作が可能なロボットが必要である。さらに、センシング技術の活用により、生存者・心肺停止者を認識できるロボットの開発が期待される。</p>
研究開発項目⑤ 「革新的なアクチュエーション技術（スマートアクチュエーション）」	<p>これまで実現されていなかった性能若しくは機能を提供する要素のアイデアについて、先導研究完了時に策定する後期計画の実行を通して、当該技術の応用例を提案して機能・性能を動作確認し、その実用化研究開発のシナリオを策定する。</p>	<p>人と協働し補完し合うロボットにおいては、外部に働きかけを行うための装置に関する技術が必要となる。また、人工筋肉を中心とした「軽量でソフトな」アクチュエータの開発が必要となる。</p>
研究開発項目⑥ 「革新的なロボットインテグレーション技術」	<p>これまで実現されていなかった性能若しくは機能を提供する要素のアイデアについて、先導研究完了時に策定する後期計画の実行を通して、当該技術の応用例を提案して機能・性能を動作確認し、その実用化研究開発のシナリオを策定する。</p>	<p>ロボットと人が同居したり、自然が支配するなどの複雑な実空間で真に効果的に稼働したりするためには、従来にない革新的なロボット技術が必要である。</p>

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆研究開発のスケジュール

- 時代の要請に合わせ、**毎年新規研究開発項目を追加**
- 政策「人工知能技術戦略」を受け、2017年度より**社会実装の研究開発項目を追加**



2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

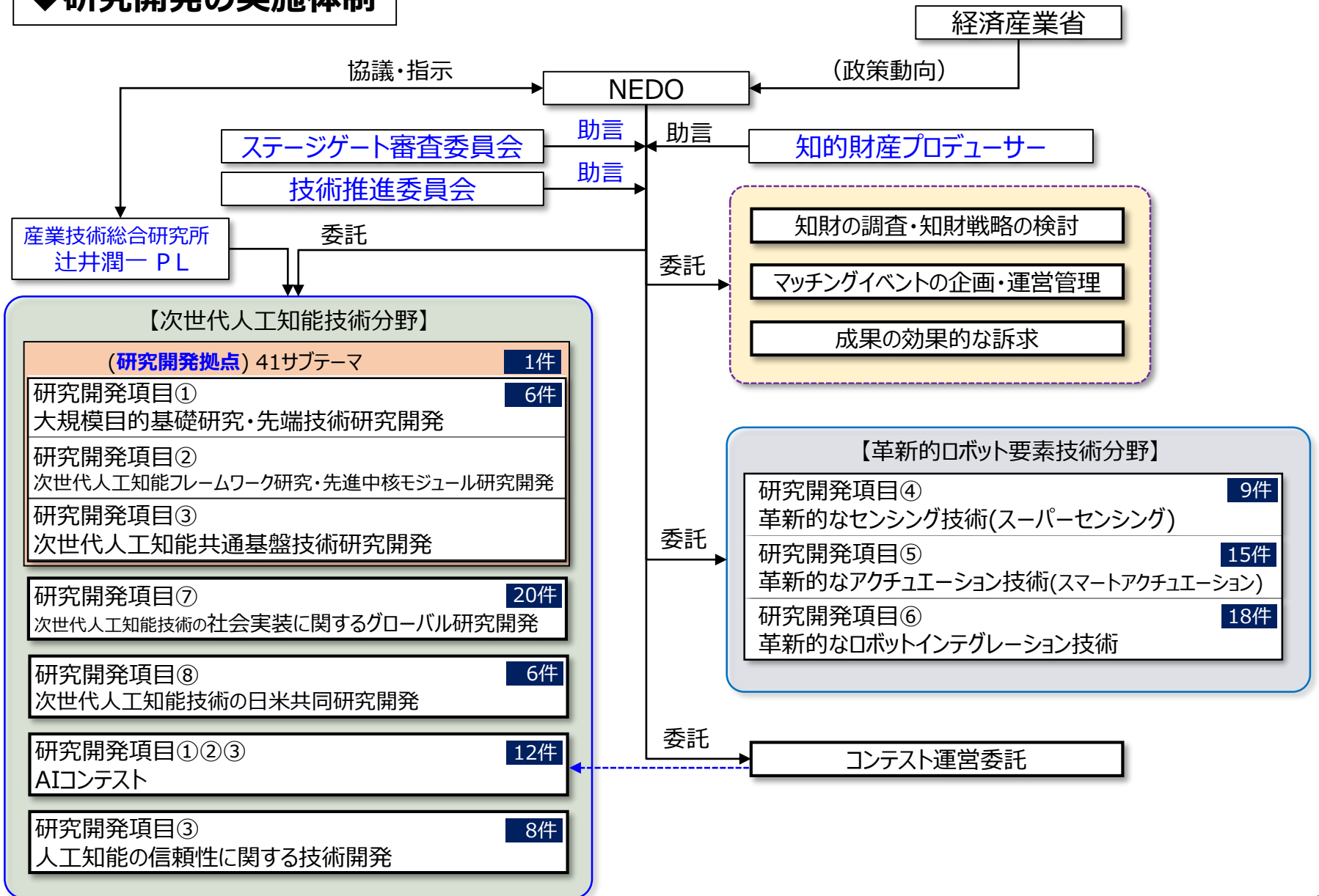
◆プロジェクト費用

- 5年間(2015年度～2019年度)で **163億円**

(単位：百万円)

研究開発項目	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	合計
①②③次世代人工知能技術分野	562	1,796	1,860	1,362	1,291	6,871
④革新的なセンシング技術(スーパーセンシング)	70	280	364	305	336	1,354
⑤革新的なアクチュエーション技術(スマートアクチュエーション)	189	393	435	404	415	1,835
⑥革新的なロボットインテグレーション技術	125	476	558	409	372	1,940
③人工知能の信頼性に関する技術開発【先導研究のみ】					361	361
①②③AIコンテスト			80	168	113	362
⑦次世代人工知能技術の社会実装に関するグローバル研究開発【先導研究のみ】			1,197	1,167	430	2,794
⑧次世代人工知能技術の日米共同研究開発【先導研究のみ】				289	305	594
企画・運営・知財調査等(プロジェクト推進費)		20	58	60	70	207
合計	945	2,965	4,551	4,164	3,692	16,318

◆ 研究開発の実施体制



◆技術推進委員会、ステージゲート評価委員会の役割

- 年2回の技術推進委員会による評価や助言に基づき、開発促進財源の投入
- ステージゲート評価委員会による研究開発テーマの絞り込み

技術推進委員会

- 技術開発の進展が早いため基本**年に2回の開催**
- テーマ毎の研究目標と達成度、残課題とその対策、実用化・事業化の見込みを確認し、**目標達成に向けた評価や助言**を行う
 - 評価や助言を参考に、タイムリーに**開発促進財源の投入**を行う

ステージゲート評価委員会

各研究開発テーマ：

評価基準に照らし合わせ、対象となる**68テーマを43テーマに絞る**ことで、成果が期待できるテーマへ研究予算の優先配分を行った

研究開発拠点：

評価基準に照らし合わせ、サブテーマの統廃合を行った

(例) 研究開発項目③ 6つのサブテーマを4つサブテーマに統合

◆技術推進委員、ステージゲート評価委員の構成

・47名の委員：実用化・事業化に向けて大学等研究者に加え企業経営層が参画

(大学等の研究者 60% 企業経営層等：30% 適用分野の専門家等：10%)

革新的ロボット要素技術分野

採択審査委員長



小松崎 常夫 氏
セコム(株)

ステージゲート評価委員長



渡辺 裕司 氏
(株)小松製作所

技術推進委員長



三平 満司 氏
東京工業大学

AI信頼性

採択審査委員長 /
技術推進委員長



浦本 直彦 氏
(株)三菱ケミカルホールディングス

次世代人工知能技術分野

採択審査委員長 /
ステージゲート評価委員長 /
技術推進委員長



浅田 稔 氏
大阪大学

グローバル研究開発

採択審査委員長 /
ステージゲート評価委員長 /
技術推進委員長



武田 晴夫 氏
(株)日立製作所

日米共同研究開発

採択審査委員長 /
ステージゲート評価委員長 /
技術推進委員長



萩谷 昌己 氏
東京大学

AIコンテスト

採択審査委員長 /
技術推進委員長



川上 登福 氏
(株)経営共創基盤

◆ 動向・情勢の把握と対応 1/2

- 時代の要請に合わせ、毎年対応を行った

情勢	対応
<p>1. ロボットのみならず、人工知能の社会実装や次世代人工知能研究開発の推進を明確にする必要があった。</p> <p>2. 各種施策や社会ニーズの具体化に伴い、有用物質探索、ドローン・自動運転等に係る要素技術開発の必要性が判明。また、2015年度の採択テーマでは実施していない、社会課題に対応した新たなロボット要素技術の発掘と研究開発が求められた。</p>	<p>2016年3月</p> <p>1. 事業名称を「次世代ロボット中核技術開発」から「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」に変更</p> <p>2. 人工知能分野/ ロボット分野において 新規公募により研究開発を開始</p>
<p>1. 人工知能技術戦略会議において策定された「人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップ」における当面の検討課題のうち、(1) 生産性、(2) 健康、医療・介護、(3) 空間の移動の3 領域を踏まえ、社会実装に向けた本格的な研究開発に繋げるべく、産学官連携による研究開発を行うことが定められた。</p> <p>2. 人工知能技術戦略会議にて、人工知能の社会実装のためにはベンチャーを活性化することが必要という結論に達した。</p>	<p>2017年3月</p> <p>1. 人工知能分野 [研究開発項目⑦](社会実装)の開始</p> <p>2. 人工知能分野 [研究開発項目①②③](AIコンテスト方式)の開始</p>
<p>1. 日本の国際競争力を強化するため、米国からの卓越した研究者の招聘等などによる研究開発体制により次世代人工知能技術の進歩をより強固に加速することが求められた。</p> <p>2. 省庁連携による研究開発の加速や出口戦略の重視等により、社会実装の一層の加速が見込まれるテーマについては、本プロジェクト体制の枠にとられない、府省・分野を超えた横断型な体制に基づいたマネジメントにより推進することが効果的であるとされた。</p>	<p>2018年3月</p> <p>1. 人工知能分野 [研究開発項目⑧](日米共同研究開発)の開始</p> <p>2. 次世代人工知能技術分野で実施する一部テーマの「人工知能技術適用によるスマート社会の実現」プロジェクトへの移行</p>

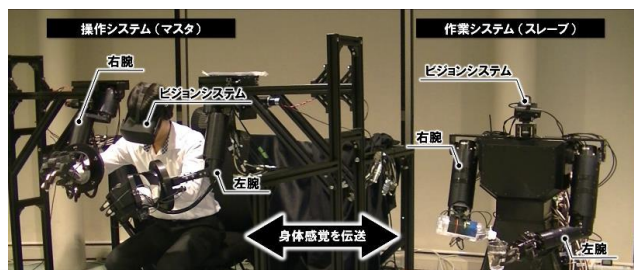
◆ 動向・情勢の把握と対応 2/2

情勢	対応
<p>1. ディープラーニングなどを使った“判断過程を追いきれない人工知能システム”を社会実装する場合、説明がつかないものはリスクであるとの議論が広がってきた。</p>	<p>2019年3月 1. 人工知能分野 [研究開発項目③]において、AI信頼性に係る研究テーマを先導研究より開始</p>
<p>「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」の開始時に設定した要素技術開発は予定通り終了し、当初目標を達成した。</p> <p>1. 人工知能技術の社会実装に向けた本格的な研究開発をより効果的に行うことが求められた。</p> <p>2. 人工知能の信頼性に関する先導研究の結果を踏まえ、第2フェーズの次世代人工知能の要素技術(基盤技術)開発を新たに開始することが求められた。</p>	<p>2020年3月 1. 研究開発項目⑦及び研究開発項目⑧を「人工知能技術適用によるスマート社会の実現」への移行 2. 研究開発項目③の一部のテーマを「人と共に進化する次世代人工知能に関する技術開発事業」への移行</p>

◆ 開発促進財源投入実績の例 1/2

- 高い成果が期待できるものにタイムリーに予算を追加して**研究開発を加速**
- 2つの研究開発テーマの成果の**融合**による課題の解決

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
支援・被支援双方にやさしい汎用人工手の研究開発	2018年度	10.3	汎用人工手のコア技術である力センサレスでの力制御技術において重要なバックドライブリリティを、本プロジェクトの他テーマで研究開発した低損失ギアを組込むことで小型化と操作力の低減を計る。	汎用人工手の小型多自由度化と操作力の低減を実現するとともに、力制御モジュールを開発し力制御および力触覚伝送の実証実験に成功した。



2つの課題

- 駆動部が大きい
- 操作負担が大きい

融合
+



高い動力伝達効率



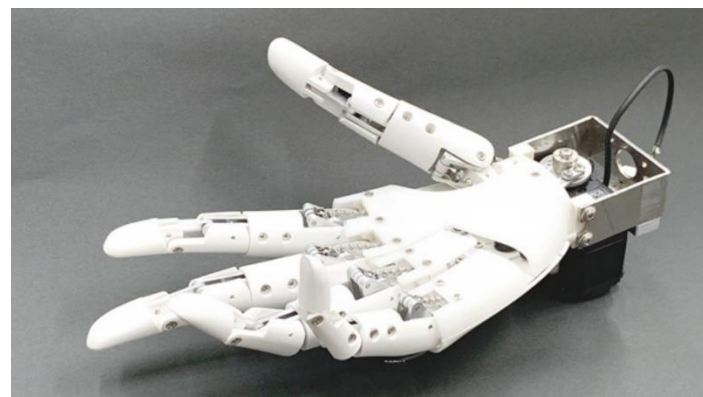
駆動部の小型化・操作負担の低減

支援・被支援双方にやさしい汎用人工手の研究開発 (学校法人慶應義塾)
 高効率・高減速ギヤを備えた高出力アクチュエータの研究開発 (国立大学法人横浜国立大学)

◆ 開発促進財源投入実績の例 2/2

- 高い成果が期待できるものにタイムリーに予算を追加し**実用化を促進**
- **市場ニーズの導出**のために、評価機の製造と**無償貸与**

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
人の手に近い高性能で堅牢性を併せ持つロボットハンドの開発	2018年度	15.7	市場ニーズ導出、改良ポイント等のフィードバックを得ることを目的に、評価機製造を行った。	研究者、研究機関に評価機を 無償貸与 した。評価の結果、50%の研究者がハンドに ポジティブな評価 を持ち、92%の研究者から今後も機会があればハンドを使用したいという回答と共に、今後の 改善点についてのフィードバック を得た。プロジェクト終了後、速やかに事業化が可能な状況を早期に構築する予定。



◆ 中間評価結果への対応 1/2

指摘		対応
1	<p>アウトプット、アウトカム目標が漠然としているので、後半に向けて出口イメージを明確にすべきである。</p>	<p>各研究開発テーマについては、先導研究目標、最終目標として明確となっている。</p> <p>プロジェクトのアウトプット目標である、「次世代人工知能を実装した 6 種類のロボットの実現可能性を示す」については、専門対応チームを設置し、月例のPM/PL会議で議論した。さらに、技術推進委員会にてアドバイスを受けながら推進した。</p> <p>これらの取り組みを元に各研究開発テーマとの関連性を定義しながら、出口イメージを明確にした。</p>
2	<p>研究開発成果がアウトプット目標、アウトカム目標にどう近づいているかが明確でなく、残課題とその対策を示す必要がある。</p>	<p>各研究開発テーマのNEDO担当者による管理に加え、PM/PLおよび技術推進委員会により定期的に下記の項目を確認しながらプロジェクトを進めた。これにより目標に対する状況を明確にしながら、残課題とその対策を示した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・要素技術開発のテーマにおいては、ステージゲート等により途中で研究を中断したテーマを除き基本的に課題をすべて解決した状態で終了した。 ・社会実装のテーマにおいては、先導研究を終え現在「人工知能技術適用によるスマート社会の実現」プロジェクトにて、課題管理を行いながら社会実装に向けた研究開発を実施している。

◆ 中間評価結果への対応 2/2

指摘	対応
<p>3</p> <p>次世代人工知能は、内容がソフトウェア、アルゴリズムにかかわる案件が多く特許出願はこれからだと思われるが、国際競争が激化していく分野であり、特許、著作権対策に引き続き注力することが望まれる。</p>	<p>独立行政法人工業所有権情報・研修館（INPIT）からの常駐派遣である専任の知的財産プロデューサーを2018年4月より1名追加し、人工知能分野の知的財産権対策を強化した。特許に加え著作権を考慮した人工知能分野の知財戦略に基づくプロジェクト推進により、特許権、著作権対策に注力した。結果として、人工知能に関する特許を33件、著作権を138件取得した。</p>
<p>4</p> <p>全体目標としてのアウトプット目標・アウトカム目標に繋がる実用化に向けた戦略がまだ見えていない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 各実施内容の具体的な成果物と事業との関連性をつけるために、採択やステージゲート審査時に実用化・事業化計画を評価基準として使用した。また、実用化・事業化に向けて、技術推進委員会等に企業経営者層等を参画させた。 要素技術開発の研究開発項目においては、初期実施体制として企業が参画していないことが多いため、ビジネスマッチングおよびスタートアップ設立の推進を、実用化・事業化に向けた取組みを行った。

◆ 知的財産権等に関する戦略 1/3

- **各研究開発テーマ**：権利化した上で、**情報のオープン・クローズ戦略**に基づき 実用化・事業化に取り組む
- **研究開発拠点**：必要に応じて権利化したうえで、**普及促進のため情報をオープン**にする

		権利 (ライセンス)		権利 (フリー)
		クローズ	オープン	オープン
情報	クローズ	[コア領域] ノウハウ(隠し通すもの)	None	
	オープン	[コア領域] 特許	[普及促進領域] 特許、著作権等	[普及促進領域] (仕様書、手順書など)

各研究開発テーマ



- **特許創成マップ**に基づく知財戦略
- 企業による実用化・事業化

研究開発拠点 (人工知能分野)



- **特許・著作権**を合わせた知財戦略
- 人工知能技術コンソーシアム等を活用した実用化・事業化

◆知的財産権等に関する戦略 2/3

・研究開発テーマごとに知的財産権戦略を立案

【目的】
 実用化・事業化に向けて

- ・ 障害となる**第三者特許の対策**を講じる
- ・ 革新的な要素技術に対する**強い特許を確保**する

【背景】
 大学や研究機関においては、知的財産権の対応を実施しているものの研究重視の傾向がある

委託による特許調査に基づく知的財産権戦略立案

1. 広域特許マップ (技術 vs 用途、目的、応用分野等)

研究開発テーマの内容より広い概念で調査し、研究開発テーマの位置づけを俯瞰する

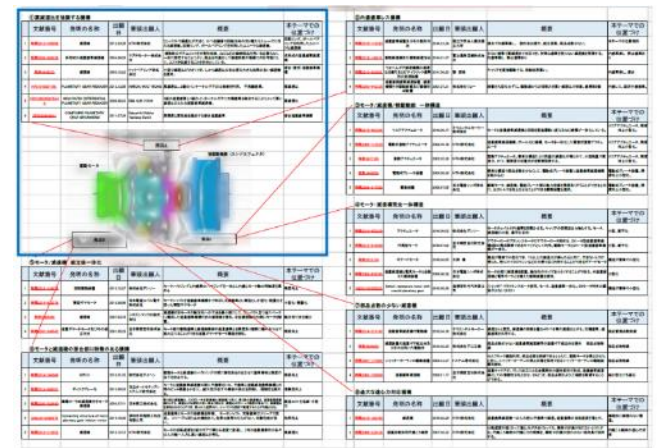
2. 自者・他者重要特許マップ

広域特許マップの中で、抽出された特許の中で、特に重要と考えられる自者・他者特許と開発技術との関係を、図を用いて俯瞰的に表し、**第三者特許対策**等に利用する

3. 特許創成マップ

課題の連鎖とその課題を解決するためのアイデアを一覧表にまとめ、**特許創出**につなげる

広域特許マップ



◆知的財産権等に関する戦略 3/3

・研究開発拠点(人工知能)においては、特許権に加えて著作権を考慮



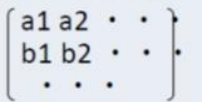
- ・学習用データセット、学習済みモデルについては著作権を活用する
- ・**学習（プログラム）は特許権に著作権を合わせて活用**

・特許侵害行為を発見・解明することは容易ではない

・ソフトウェア関連特許においては、サーバを海外に置くなどして特許権の行使を回避することが容易

・同一の目的を達成するための選択肢の幅が広く、迂回する方法を見つけるのが比較的容易であるため、簡単に特許を迂回

【出典】福岡 真之介, 平尾 覚, 菅野 百合, 松村 英寿, 仁木 寛志, 鈴木 悠介, 片桐 秀樹, 沼澤 周, 北條 孝佳, “株式会社商事法務, AIの法律と論点, AI関連特許の留意点”, 第2編, 第1章, IV, 6.

	特許権	著作権
①データ 	× (情報の単なる提示に該当するため、発明成立性を満たさない(特許法29条柱書・審査基準第三章))	△ (著作物性が認められる場合は保護されるが、生データそれ自体は通常創作性が認められない。)
②学習用データセット 	× (情報の単なる提示に該当するため、発明成立性を満たさない(特許法29条柱書・審査基準第三章))	○ (情報の選択又は体系的な構成によって創作性を有するものはデータベースの著作物として保護される(著作権法12条の2))
③学習 	○ (特許法上の「プログラム等」に該当する場合、コンピュータ・ソフトウェア関連発明として保護される)	○ ※プログラムそのものを保護 ※リバースエンジニアリングによって同一のものが作成された場合は著作権侵害を問えない
④学習済みモデル 	△ (プログラムに準ずるもの(「モデル」がコンピュータによる情報処理を規定するもの)に該当する場合は保護対象となるが、通常、「開数自体、行列自体」には発明成立性が認められない)	△ ※学習済みモデルが「データベースの著作物」もしくは「プログラム著作物」として著作物と認められる場合があるかは不透明 ※リバースエンジニアリングには対応不可
⑤利用 	○ (アプリ等のソフトウェアやシステムはコンピュータソフトウェア関連発明として保護される)	○ (著作物性が認められる場合) ※リバースエンジニアリングには対応不可

◆知的財産管理

- ・ 知財マネジメント基本方針の策定とそれに基づく運用

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」における知財マネジメント基本方針に基づき、「**知財合意書**」を全委託先間（再委託先含む）で締結してもらい、**知財運営委員会**の設置、秘密保持、知的財産権の帰属・実施・実施許諾、等を規定。

研究データの公開等を行う委託先とは、研究開発データの種類・公開レベル等を記入する「データマネジメントプラン兼簡略型データマネジメントプラン」を提出してもらうことで、データの提供・利活用の範囲を把握。(2018年度以降公募したものが対象)

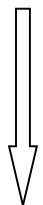
I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性



II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性



III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組



IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆研究開発項目毎の目標と達成状況(人工知能分野) 1/6

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
研究開発項目① 「大規模目的基礎研究・先端技術研究開発」 1. 次世代脳型人工知能の研究開発	<p>大規模目的基礎研究：脳型人工知能システムの概念検証システムを構築し、実世界規模のデータ・課題で定量的な評価を行い、実用可能性を確かめる。また、概念検証システムの大規模並列実行環境を構築し、一度に入力するデータのサイズや処理の複雑さが増大しても、処理に必要な時間がほぼ変わらないことを確かめる。</p> <p>先端技術研究開発：開発した手法を先進中核モジュールとして実装し、先導研究で設定した評価指標に関して、世界トップレベルの性能を達成可能なことを確認する。</p>	<p>大規模目的基礎研究：世界初 (特許出願とトップジャーナル論文採択)の脳型人工知能の研究における最大248億シナプス規模のスパイクニューロン全脳モデルとヒト型ロボット身体の統合実験により実用可能性の確認と、複雑さが増大しても処理時間に大きな変化がないことを確認した。</p> <p>先端技術研究開発：開発した手法である海馬-嗅内皮質等のモデルをサービスロボットとして統合して、ロボカップ@ホームリーグ2019世界大会3位入賞、2018年World Robot Summit サービスロボット部門Partner Robot Challenge優勝という、世界トップレベルの性能の達成可能性を示した。</p>	◎	<p>プロジェクト終了後も、実用化等に伴うプレスリリースを含め引き続きフォローを行う。</p> <p>また、NEDOではプロジェクト終了後の実用化状況、成果の活用状況等の追跡調査を行っている。</p>

◆研究開発項目毎の目標と達成状況(人工知能分野) 2/6

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
<p>研究開発項目① 「大規模目的基礎研究・先端技術研究開発」</p> <p>2.データ・知識融合型人工知能の研究開発</p>	<p>大規模目的基礎研究：データ・知識融合型人工知能技術の概念検証システムを構築し、ロボット等の複雑なサイバーフィジカルシステムを深く理解し、制御するような実世界規模の複数の応用課題に適用して有効性を確かめる。</p> <p>先端技術研究開発：先進中核モジュールとして実装し、先導研究で設定した評価指標に関して、世界トップレベルの性能を達成可能なことを確認する。</p>	<p>大規模目的基礎研究：画像、動画、時系列データをテキストと結びつける技術：株式市場や画像の美しさを説明する研究などの応用課題に適用しその有効性を確かめた。また、これらの研究は国際的にも類似研究がなく、自然言語処理やマルチメディア処理のトップカンファレンスにおいて論文が採択され、国際的にも評価を得ている。</p> <p>先端技術研究開発：深層ニューラルネットワークの3値技術およびFPGA 上での実装：ハードウェアへの実装は世界初（FPL2019に採録）。小型AIコンピュータであるMobile GPU(Jetson Nano)と比較して、約4倍高速、5分の1の消費電力を実現しており、世界トップレベルの性能を達成可能であることを示した。</p>	◎	<p>プロジェクト終了後も、実用化等に伴うプレスリリースを含め引き続きフォローを行う。</p> <p>また、NEDOではプロジェクト終了後の実用化状況、成果の活用状況等の追跡調査を行っている。</p>

◎大きく上回って達成、○達成、△一部達成（事後）、×未達

◆研究開発項目毎の目標と達成状況(人工知能分野) 3/6

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
<p>研究開発項目 ② 「次世代人工知能フレームワーク研究・先進中核モジュール研究開発」</p>	<p>ビッグデータの活用が期待されている実社会課題の領域を対象にして、時々刻々得られる大規模なデータをリアルタイムに活用する実社会サービスの研究開発を効率的に実施し、実際の生活空間の中で、時間・空間や状況に依存した高度な判断や生活行動を支援する複数のサービスが実現可能になることを示す。</p> <p>複数の大学や企業が、開発した次世代人工知能フレームワークや先進的中核モジュールを用いて新規な次世代人工知能技術の研究開発や評価を効率的に行うことができる体制、エコシステムを実現する。</p>	<p>新規な次世代人工知能技術の研究開発や評価を効率的に行うための体制と、モジュール、データ、およびインフラを中心としたエコシステムを実現した。これを利用した複数のサービスが実現可能となる。</p> <p>モジュール：複数のサービスを実現可能にする、要素技術を99のモジュールとして実現し、そのうち55を公開し共同研究で利用されている。</p> <p>データ：Google の Kinetics に先立って公開した、日常動作認識のためのデータセット STAIR Actions (は、2020年2月末時点までに累計 23,580回以上ダウンロードされ、国際的に広く研究開発で活用されている。</p> <p>インフラ：モジュールの開発や利活用に資する世界トップレベル性能(深層学習のベンチマーク問題での世界最速の達成)のAI研究開発用クラウドを構築して運用を行い、AIスタートアップから総合電機メーカーまで幅広いユーザ(延1700名以上、外部利用機関140以上)によって活用されている。</p> <p>多様で大規模な時空間データを統合的に処理できるデータプラットフォームおよび、多様なデータセットと要素機能モジュールを横断的に活用するためのAI研究資源ハブシステムを開発した。また、地理空間情報の標準化に取り組む非営利団体である Open Geospatial Consortium: OGC においてデータアクセス APIが標準仕様として採択された。</p>	<p>◎</p>	<p>プロジェクト終了後も、実用化等に伴うプレスリリースを含め引き続きフォローを行う。</p> <p>また、NEDOではプロジェクト終了後の実用化状況、成果の活用状況等の追跡調査を行っている。</p>

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況(人工知能分野) 4/6

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
研究開発項目 ③ 「次世代人工 知能共通基盤 技術研究開 発」	複数の標準的課題（タスクセット）を設定するとともに、 標準的ベンチマークデータセットを構築 して、研究開発項目①、②の研究開発の中で次世代人工知能技術の性能や信頼性の 評価方法を確立 する。	4つの典型的な課題（生活現象、空間の移動、ロボット、科学技術研究）を設定し、その中の各タスクにおいて、3次物体の元データセット、文献データセットなどの 標準的ベンチマークデータセットを構築 した（データセットは研究開発項目②の成果であるデータセットも含む）。これらのデータセットを用いて、研究開発項目①②の 評価 を行った。	○	プロジェクト終了後も、実用化等に伴うプレスリリースを含め引き続きフォローを行う。また、NEDOではプロジェクト終了後の実用化状況、成果の活用状況等の追跡調査を行っている。
	「説明できるAI」の必要性が高い分野・具体事例及び 有望な次世代技術 を検証する。	健康・医療 における発がんリスクの説明、画像診断の判断根拠の説明、 空間の移動分野 における自動運転における判断根拠の視覚的説明と言語的説明、道路画像の誤認識の原因説明等、必要性の高い分野と 具体事例 があげられ、そこでの人工知能技術の検証を行い、 技術の優位性と今後の課題を整理した 。	○	実世界での検証した次世代技術を参考にし、「人と共に進化する次世代人工知能に関する技術開発事業」プロジェクトにて新規公募により研究開発を実施する。

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況(人工知能分野) 5/6

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
研究開発項目⑦ 「次世代人工知能技術の社会実装に関するグローバル研究開発」	これまで実現されていなかった性能若しくは機能を提供する人工知能等の要素技術のアイデアについて、提案者が最終目標として掲げる技術課題に関する課題の明確化、その 課題解決の方法を示し 、想定した環境において成果物の動作を確認することで、設定した 最終目標を十分に達成 することを示す。	空間の移動 における交通信号制御や革新的ドローン、 医療・介護 における製剤処方設計など、幅広い課題に対し人工知能技術を用いて解決する方法を提示した。先導研究終了前に ステージゲート審査 により、目標達成度、研究開発期間の実施計画、最終目標の達成見込み、成果の実用化の見込み等を総合的に審査し、研究開発を行うテーマを決定した。	○	最終目標に向けて設定した技術課題の解決、社会実装の実現に向けての研究開発は、「人工知能技術適用によるスマート社会の実現」に移行し実施する。
研究開発項目⑧ 「次世代人工知能技術の日米共同研究開発」	米国からの卓越した研究者の招聘等 による新たな研究開発体制を整備し、これまで実現されていなかった性能若しくは機能を提供する人工知能技術のアイデアについて、提案者が最終目標として掲げる社会実装における 技術的課題を明確 にするとともに、その 解決方法を提示 し、その最終目標を十分に 達成する見込みを示す 。さらに、課題解決に応じた対応シナリオからなる 後期計画を策定 する。	米国大学との共同研究等の体制 を構築し、 生産性 向上のためのデータ解析技術、 空間の移動 のための判断根拠を言語化する技術、 医療・介護 におけるスマートコーチングと分子標的薬創出など、幅広い課題に対し人工知能技術を用いて解決する方法を提示した。先導研究終了前に ステージゲート審査 により、目標達成度、最終目標の達成見込み、研究開発期間の実施計画、成果の実用化の見込み等を総合的に審査し、研究開発を行うテーマを決定した。	○	

◎大きく上回って達成、○達成、△一部達成(事後)、×未達

◆研究開発項目毎の目標と達成状況(ロボット分野) 6/6

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
研究開発項目④ 「革新的なセンシング技術（スーパーセンシング）」	これまで実現されていなかった性能若しくは機能を提供する要素のアイデアについて、先導研究完了時に策定する後期計画の実行を通して、当該技術の応用例を提案して機能・性能を動作確認し、その 実用化研究開発のシナリオを策定 する。	<ul style="list-style-type: none"> ロボット皮膚センサ・曲面感圧センサのほか高温配管の超音波非破壊検査用素子などの用途に向けた事業化・社会実装するためのスタートアップを設立。 世界初の新たに開発した人工甘味料用センサ、うま味センサ、苦味センサ、塩味センサについても従来型の味認識装置のみならず生産ロボットに導入を計画。 	○	研究テーマの約70%の実用化が見込まれる。プロジェクト終了後も、実用化等に伴うプレスリリースを含め引き続きフォローを行う。 また、NEDOではプロジェクト終了後の実用化状況、成果の活用状況等の追跡調査を行っている。
研究開発項目⑤ 「革新的なアクチュエーション技術（スマートアクチュエーション）」		<ul style="list-style-type: none"> 100:1の減速比でも逆駆動可能なギヤ(革新的要素技術)を日本電産シンポが試作品を出荷。 e-Rubberを用いた医療シミュレータ「SupeR BEAT」の発売を開始。 	◎	
研究開発項目⑥ 「革新的なロボットインテグレーション技術」		<ul style="list-style-type: none"> 自律移動ロボット技術を用いたスタートアップを設立。自動警備サービスを開始。 さまざまな形状を把持する可変剛性機構付き3本指ロボットハンドの受注生産開始。 高速で長距離飛行が可能な新産業用ドローンを販売開始。 	◎	

◎大きく上回って達成、○達成、△一部達成(事後)、×未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義 1/2

	目標	成果	達成度
アウトプット目標	<p>既存の技術やそのアプリケーションとは非連続な、いわゆる未踏領域の研究開発を実施する。このためのブレイクスルーを生み出す要素技術、あるいは、それらを統合するシステム化技術を研究開発し、実用化研究を開始できる水準にまで技術を完成させる。</p> <p>なお、次世代人工知能技術とロボット要素技術の有機的な連携を図ることで、2020年度には、次世代人工知能を実装した6種類のロボットの実現可能性を示す。</p> <p>また、「人工知能技術戦略」を踏まえ、「生産性」、「健康、医療・介護」、「空間の移動」分野における人工知能について、2023年度には、次世代人工知能を実装したロボットの2種類以上の実用化を含む3件以上の人工知能の社会実装を目指す。</p>	<p>世界発で唯一、味を測ることのできる味覚センサ、世界コンテスト2部門で優勝したDeep Learning による、多視点の画像からカテゴリと姿勢の同時認識技術などの、世界初を含む革新的な要素技術を生み出した。</p> <p>要素技術と、それらを統合化するシステム化技術を用いて、実用化できる技術を完成した。代表的な例として、次世代人工知能を実装した11種類のロボットの実現可能性を示した。(目標達成度:183%)</p> <p>早期(2020年)に、11件の実用化・事業化を実現した。具体的には、実用化:3件(ロボット要素技術:2件、人工知能:1件)、事業化:8件(ロボット要素技術:3件、人工知能を搭載したロボット:3件、人工知能:2件)である。</p>	◎

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義 2/2

	目標	成果の意義	達成度																				
アウトカム目標	<p>人間の代替により労働力不足を補うアプローチに留まるのではなく、従来に比べて非連続なロボット技術がどのように社会から評価されるか、どのようなアプローチであれば人々に受容されるかを、心理学、社会工学や社会受容性の観点から考察・考慮した上で、様々な場面において、直接的あるいは間接的な複合的ロボットサービスとして、人類の生活を豊かにする機能を社会に提供する。</p> <p>開発した次世代人工知能技術及び革新的なロボット要素技術を応用して、2020年には、IoT、ビッグデータ、人工知能、ロボットに係る30兆円の付加価値創出に資する。</p> <p>2030年には、人工知能に係る2.3兆円、2035年には、ロボットに係る9.7兆円の我が国の市場創出に資する。</p>	<p>各テーマが革新的要素技術の研究開発であることから、新規市場創出に向けて、取り組みとその成果の社会的意義は大きい。</p> <p>本事業が影響を与える市場規模は90.7兆円である。</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>医薬品</td> <td>43.0兆円</td> </tr> <tr> <td>AI技術</td> <td>14.0兆円</td> </tr> <tr> <td>医療</td> <td>14.0兆円</td> </tr> <tr> <td>センサ・アクチュエータ</td> <td>4.5兆円</td> </tr> <tr> <td>新素材</td> <td>3.9兆円</td> </tr> <tr> <td>介護</td> <td>3.6兆円</td> </tr> <tr> <td>産業用ロボット</td> <td>2.8兆円</td> </tr> <tr> <td>移動</td> <td>2.2兆円</td> </tr> <tr> <td>福祉</td> <td>1.5兆円</td> </tr> <tr> <td>食品</td> <td>1.2兆円</td> </tr> </tbody> </table>	医薬品	43.0兆円	AI技術	14.0兆円	医療	14.0兆円	センサ・アクチュエータ	4.5兆円	新素材	3.9兆円	介護	3.6兆円	産業用ロボット	2.8兆円	移動	2.2兆円	福祉	1.5兆円	食品	1.2兆円	◎
医薬品	43.0兆円																						
AI技術	14.0兆円																						
医療	14.0兆円																						
センサ・アクチュエータ	4.5兆円																						
新素材	3.9兆円																						
介護	3.6兆円																						
産業用ロボット	2.8兆円																						
移動	2.2兆円																						
福祉	1.5兆円																						
食品	1.2兆円																						

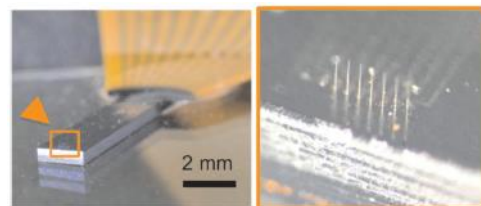
◎大きく上回って達成、○達成、△一部達成（事後）、×未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義(具体例) 1/2

・複数の革新的な要素技術の創出

世界初を含む革新的な要素技術

- ・ **世界最細**の針電極
- ・ スーパーコンピュータ省電力性能ランキング**Green500**で**世界1位**
- ・ 次世代人工知能フレームワーク【**ディープラーニングの分散学習の世界記録の達成**】
- ・ 3次元物体認識モジュール【国際コンペティションSHREC 2017の**2部門において世界一位**】
- ・ キャプション数、動画数ともに**世界最大**の動画キャプションデータセット
- ・ **不定形物操作システム**
- ・ 知能を「実世界と身体とのインタラクション」として捉える**認知発達ロボティクス**
- ・ **世界初**、煙の先を見ることができる高速デジタルスキャン視覚システム
- ・ **世界初**100：1の減速比でも逆駆動可能なギヤ
- ・ **世界初**単純制御でさまざまな物をつかむロボットハンド
- ・ **世界初**の味を測る唯一の味覚センサ
- ・ スパイキングニューロン全脳モデル【**世界に先駆けて効果を発見**】



細胞の大きさよりも細い
針電極



単純制御でさまざまな物をつかむロボットハンドの「からくり」

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義(具体例) 2/2

- 「次世代人工知能を実装したロボット」の実現可能性の提示
- これまでは困難であった領域において、ロボットによる人間の代替が実現

「次世代人工知能を実装したロボット」の実現可能性

- これまで実現できなかった領域において、**人間の代替による労働力不足の解決**等の社会課題が、革新的な要素技術により解決される

1. 道具の機能を認識するロボット
2. 人の動作から布のたたみ方を自動で学ぶロボット
3. 不定形物の操作を短時間の試行錯誤で獲得するロボット
4. 人の動作から組立動作を自動で学ぶロボット
5. バラ積みピッキングロボット
6. 作業を行うヒューマノイドロボット
7. 実環境、実時間で学習・動作するロボット
8. 脳型人工知能搭載レストランのウェイターロボット
9. 状況を判断しながら自律移動する警備ロボット **事業化**
10. 人間の操縦技能を模倣するロボット
11. 粉体を正確に計量するロボット **事業化**



◆成果の普及 1/3

・数多くの論文等と受賞実績

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	計
論文(査読付き)	5	95	185	192	169	646
研究発表・講演	64	452	608	730	630	2,484
受賞実績	5	16	41	40	47	149

(2020年10月16日現在)

論文の例

- A Hand Combining Two Simple Grippers to Pick up and Arrange Objects for Assembly, IEEE Robotics and Automation Letters, 4(2) p.958-965, 2019/01/16
- Distinct mechanisms of temporal binding in generalized and cross-modal flash-lag effects, Scientific Reports, 9 Article number:3829, 2019/03/07
- RotationNet for Joint Object Categorization and Unsupervised Pose Estimation from Multi-view Images, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2019/06/14 など

本事業の成果を人工知能学会誌特集号として掲載 (22本の論文)

国際学会 / コンペティションでの受賞の例

- The **Most Influential Paper over the Decade Award**, IAPR Conference on Machine Vision Applications, “A Cloth Detection Method Based on Image Wrinkle Feature for Daily Assistive Robots” Kimitoshi Yamazaki and Masayuki Inaba
- The **First Prize** at Task 1 in the SHREC2017 Large-scale 3D Shape Retrieval from ShapeNet Core55 Challenge
- The **First Prize** at the SHREC2017 RGB-D Object-to-CAD Retrieval Contest など

◆成果の普及 2/3

・ NEDOでも成果を積極的に発信

24件の NEDO ニュースリリース

- 2020年06月30日 機械学習品質マネジメントガイドラインを公開
- 2020年02月26日 神奈川県二宮町内の中学校でドローンを使った人命救助の体験授業を開催
- 2020年01月27日 ナノスケール構造体を手で操作できるネットワーク型VR環境を開発
- 2020年01月14日 ポリ塩化ビニール (PVC) ゲルアクチュエーターを搭載した腰サポートウェアを開発
- 2020年01月09日 人間のやわらかな動きを再現できる関節モジュールを開発
- 2019年12月12日 世界初、HDR力覚センサーを搭載した組み立てロボットを開発
- 2019年12月11日 人工筋肉の寿命を最大100倍にすることに成功
- 2019年12月10日 AIの動画認識やテキスト理解の基盤となる事前学習済みモデルを構築・公開
- 2019年12月05日 さまざまな形状を把持する可変剛性機構付き3本指ロボット手を開発
- 2019年10月17日 小売店の防犯カメラ映像から来店客の行動や商品を検索・分析するサービスを開発
- 2019年10月10日 人の皮膚感覚と同等の性能を有するロボット皮膚センサーを開発
- 2019年10月08日 小型・高効率・高出力なロボット用アクチュエータを開発
- 2019年09月12日 有楽町マルイにて「AIタッチラリー」実証実験を実施
- 2019年08月29日 製造現場でのロボットの自律的な作業を実現するAI技術を開発
- 2019年08月26日 世界初、360度方向に連続的に移動可能な円形断面型クローラーを開発
- 2019年08月07日 複数の企業・機関が保有するデータを統合解析できるAI技術を開発
- 2019年07月29日 単純制御でさまざまな物をつかむ5本指ロボット手「F-hand」を無償貸与
- 2019年05月28日 AIを活用した児童虐待対応支援システムを開発
- 2019年03月13日 世界最長10mの超長尺多関節ロボットアームで、水平方向10kg保持を達成
- 2019年02月06日 世界初、顔データまで含めたコミュニケーション解析用データセットを公開
- 2019年01月30日 世界初、100 : 1の減速比でも逆駆動可能なギヤを開発
- 2018年01月11日 単純制御でさまざまな物をつかむロボット手の「からくり」を開発
- 2017年09月28日 身体感覚を伝送する双腕型ロボットの開発に成功
- 2017年09月06日 SNSを活用して業務マニュアルを更新する方法を開発



紹介ハンドブック
(2019年度版)
(212ページ)



Focus NEDO 77
特集
(8ページ)

◆成果の普及 3/3

・新聞・雑誌以外にTVでも放映

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	計
新聞・雑誌等への掲載	21	78	115	119	101	434*
展示会への出展	5	18	21	26	34	104

(2020年4月28日現在)

*TV放映37本を含む

- ・ 超嗅覚!驚異の生物センサー **NHK** サイエンス ZERO / NHK World(Web)
- ・ The Leading Edge: Biosensors on the Scent of Progress NHK World(Web)
- ・ がん検査をより手軽に 進む早期発見の研究 がん検査を自宅で NHK「おはよう日本」(TV)
- ・ 生活を変える脳科学」にて脳波で ロボット制御など **テレビ東京「ワールドビジネスサテライト」**
- ・ トレンドたまご テレビ東京「ワールドビジネスサテライト」
- ・ “家電ショー”が変貌 ロボット技術驚きの進化 テレビ東京「ワールドビジネスサテライト」
- ・ 児童虐待対応支援について テレビ東京「ワールドビジネスサテライト」
- ・ 味と匂いの不思議を探查! RKB毎日放送「世界一の九州が始まる!」
- ・ 朝イチスクープ「福岡発!味覚研究の最先端」九州朝日放送「アサデス.KBC」
- ・ 「サタデープラス」毎日放送
- ・ 「文無しアカデミー」**日本テレビ**
- ・ 「未来の起源」TBS
- ・ 出川哲朗のアイ・アム・スタディー (出演) 日本テレビ

- ・ NHK土曜時代劇ドラマ「アシガール」「アシガールスペシャル」 / **NHK朝の連続テレビ小説「半分、青い」** / **TBSドラマ「インハンド」** テレビ番組製作協力 (本事業で開発したロボットハンドの貸与、資料提供、技術協力等)

◆知的財産権の確保に向けた取組

・人工知能分野は特許に加え著作権を考慮した知的財産権の確保

	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	計
特許 (うち国際出願)	4	37 (4)	57 (10)	58 (16)	41 (10)	197件 (40件)
ロボット分野 (うち国際出願)	4	37 (4)	51 (10)	44 (15)	28 (7)	164件 (36件)
人工知能分野 (うち国際出願)			6	14 (1)	13 (3)	33件 (4件)
著作権						138件

(2020年11月6日現在)

特許の例 (実用化したもの、スタートアップ設立したものの例)

PCT/JP2017/021022 遊星歯車装置及び遊星歯車装置の設計プログラム 横浜国立大学

PCT/JP2018/034660 エラストマー製圧電素子、及びエラストマー製圧電素子の製造方法 豊田合成

特願2016-237060 噴射システム 熊本大学

特開2019-120597 甘味料用センサ膜及び甘味料用センサを用いた甘味度を検出する方法

九州大学 / 株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー

特願2019-221611 両親媒性物質を含むセンサの洗浄液 九州大学 / 株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー

特願2019-088151 児童相談所などにおける情報処理方法及び装置 産業技術総合研究所

特開2019-126668 アシスト装置の制御方法及びアシスト装置 中央大学

など

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の普及
- (3)知的財産権の確保に向けた取組

IV. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

- (1)成果の実用化に向けた戦略
- (2)成果の実用化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化の見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る技術を活用した試作品・サービス等の関連事業者により実証・利用が開始されることを**実用化**という。
さらに、当該研究開発に係る技術を活用した商品、製品、サービス等の販売や利用により企業活動(売り上げ等)に貢献することを**事業化**という。

◆実用化・事業化に向けた戦略

- 採択やステージゲート審査において、実用化・事業化計画を評価基準として使用
- 事業化体制確立のために、ビジネスマッチングやスタートアップ設立推進を行う

実用化・事業化計画

- 各実施内容の具体的な成果物と事業との関連性をつけるために、採択やステージゲート審査時に**実用化・事業化計画を評価基準**として使用
- 実用化・事業化に向けて、技術推進委員会等に企業経営者層等を参画

要素技術開発：

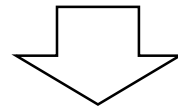
- 初期実施体制として企業が参画していないことが多いことから、事業化を行う体制を確立する支援を行う
 - **ビジネスマッチング**：実用化・事業化を行う企業の参画を促進するためのビジネスマッチングを実施し、結果に応じた体制変更を行う
 - **スタートアップの設立**：先進的な技術を実用化・事業化に結び付けること企業にとってリスクがため、研究者が自らスタートアップを設立することも推進

◆**実用化・事業化に向けた具体的取組 1/4**

- 6回のマッチングイベントを開催し、マッチング確度を上げるための工夫により、マッチング成果を得た

ビジネスマッチング

- 研究開発テーマ間の連携を含む**6回のビジネスマッチング**を実施
- ビジネスマッチングの**確度を上げる**ために下記の工夫を実施
 - 革新的要素技術の意義をビジネス視点に立ったわかりやすいプレゼンテーションを行うためのアドバイス会を事前に実施
 - 事前に技術分析から想定される適用分野を設定し、その分野からの企業を参加者として招待。



連携先企業候補 25 件(内 12 件は連携高確度)

◆実用化・事業化に向けた具体的取組 2/4

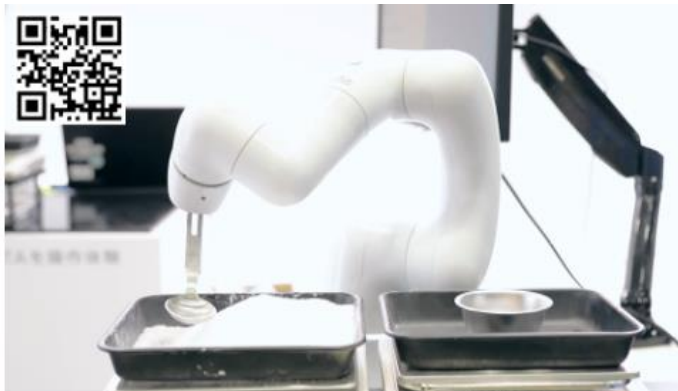
- 様々な領域に横展開できるロボット制御技術が製品として販売開始

ビジネスマッチング企業等による事業化の例

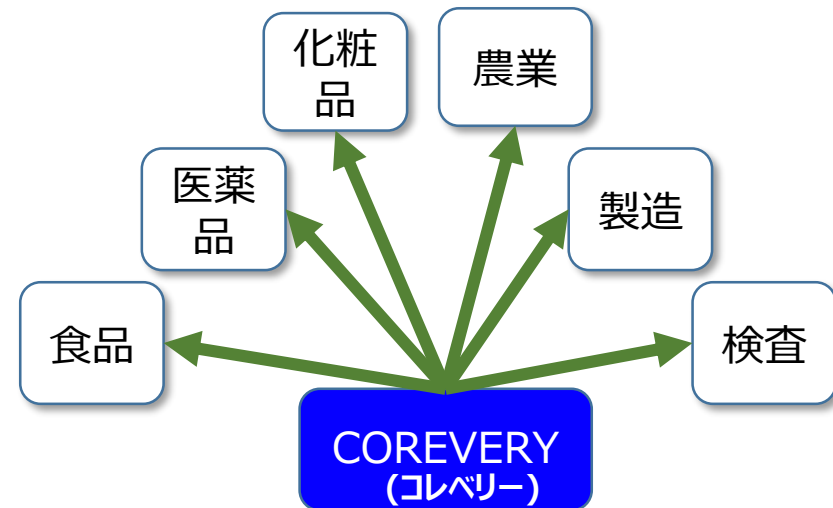
- 成果：状況・状態・物性等に適応した動作を実現するAI
- 事業化：**ロボット制御を行うソフトウェア製品**
- 意義：プログラムでは実現できなかったロボット制御を、プログラミンレスで手動でもロボットに動作を学習させることが可能となる

事業化

- 2019年6月より株式会社エクサウィザーズが **COREVERY (ソフトウェア)** として販売開始



様々な領域に横展開可能



◆実用化・事業化に向けた具体的取組 3/4

13件のスタートアップ^oが設立。企業評価額の総額は約85億円。

1	 MIRAI SHARE	株式会社未来シェア (2016年7月設立)	公立ほこだて未来大学発ベンチャー	1,582百万円 (2019-02-28) シリーズA (JTBと資本提携)
2	 SEQSENSE	SEQSENSE株式会社 (2016年10月設立)	明治大学発ベンチャー 2017-04-21 約2億円を調達 / シリーズA (2018-06-15 約10億円を調達)	4,990百万円 (2018-06-15)
3	 SteraVision	株式会社 SteraVision (2016年12月設立)	産総研発ベンチャー (シード) (2018-12-05 第三者割当増資にて1.5億円を調達)	
4	 AssistMotion	AssistMotion株式会社 (2017年1月設立)	信州大学発ベンチャー	—
5	 MOTION LIB	モーションリブ株式会社 (2017年4月社名変更※) ※2016年4月 合同会社運動設計研究所	慶應義塾大学発ベンチャー シリーズA (2019-06-24 第三者割当増資にて1.8億円を調達)	1,020百万円 (2019-05-31)
6	 SoLARIS	株式会社ソラリス (2017年9月設立)	中央大学発ベンチャー シリーズA (2020-01-30 第三者割当増資にて2.1億円を調達)	890百万円 (2019-11-15)
7		株式会社Neuralgorithm (2018年11月設立)	電気通信大学発ベンチャー	—
8	 CAST	株式会社CAST (2019年9月設立)	熊本大学発ベンチャー	—
9		株式会社Quastella (2019年12月設立)	名古屋大学発ベンチャー	—
10	 REISense	レイセンス株式会社 (2020年1月設立)	東北大学発ベンチャー	—
11	 AiCAN	株式会社A i C A N (2020年3月設立)	産総研発ベンチャー	—
12	 TOKYO ARTISAN INTELLIGENCE TAI	トウキョウ アーチザン インテリジェンス 株式会社 (2020年3月設立)	東京工業大学発ベンチャー	—
13		合同会社分子ロボット総合研究所 (2020年4月設立)	東京工業大学発ベンチャー	

◆実用化・事業化に向けた具体的取組 4/4

- 社会課題を解決するためのAIシステムが事業化

スタートアップ設立による事業化の例

- 成果：児童虐待対応における意思決定を支援するシステム
- 事業化：**児童虐待対応支援システム**
- 意義：**社会的意義**「児童虐待による痛ましい事故」を防ぐ

背景

- 児童福祉司一人当たりの相談対応件数の増加傾向
- 「1件1件の事案に対して適切な判断が下されること」が重要
- 先輩や上司など経験者が担っていた役割をAIが補完

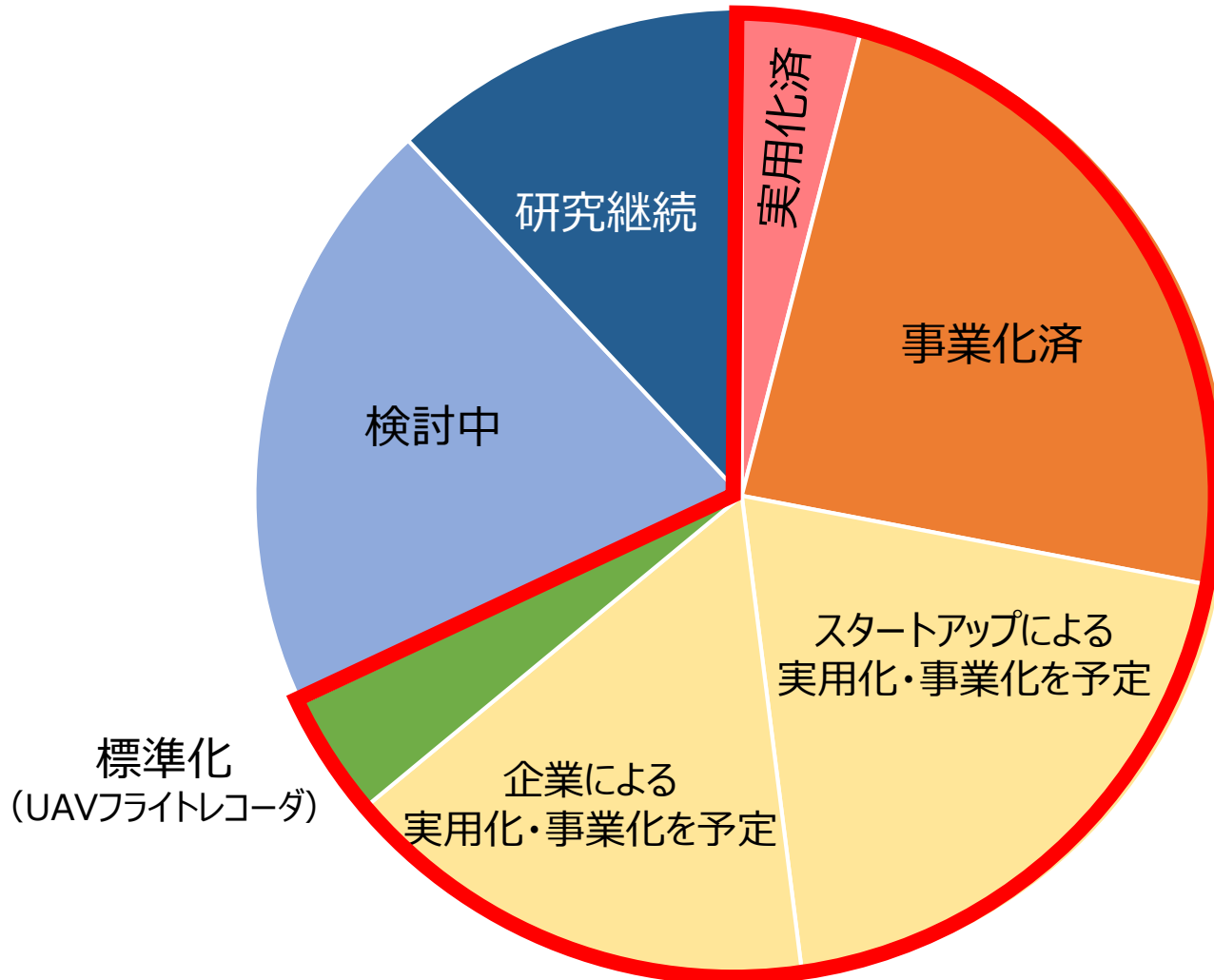
事業化

- 2019年6月より三重県の児童相談所で実証実験
- 2020年3月に**産総研ベンチャー 株式会社AiCAN**を設立
- 2020年7月より三重県のすべての児童相談所で本番実務開始



◆成果の実用化・事業化の見通し 1/3

ロボット要素技術のテーマ25件のうち、**約70%**が実用化・事業化に向けて進んでいる



◆ 成果の実用化・事業化の見通し 2/3

- 研究開発拠点で構築されたオープンなモジュール、学習用データ、計算環境を活用した実用化・事業化が期待される

機械学習の様々なアルゴリズムとモジュール

アルゴリズム開発・モジュール構築

観測・データ収集

- ・人流計測
- ・現場での情報収集
- ・生活埋め込み型 IoT センサ設計、等

認識・モデル化・予測

- ・顧客の行動モデル化
- ・地上の物体や3次元物体認識
- ・画像、動画、時系列の異常検知、等

計画・制御

- ・複雑な動作の模倣学習
- ・道具の機能の認識
- ・複雑な組立作業計画の自動生成、等

自然言語理解

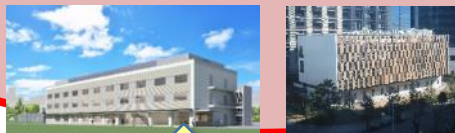
- ・動画や経済時系列データの説明文生成
- ・文献からの知識抽出
- ・文献の可視化、等

脳型人工知能 データ・知識融合型人工知能

AI研究者・エンジニア等 600名以上を拠点に結集
国内外の産・学との連携

データ

10種類の学習・評価用データ構築
データ収集 / 実証環境の整備
民間企業と連携によるデータ利用



学習用のデータ

計算インフラ

AI 研究開発用計算基盤
AAIC/ABCI の構築と運用



世界トップレベルのデータ プレーニング性能

短時間で機械学習が可能な環境

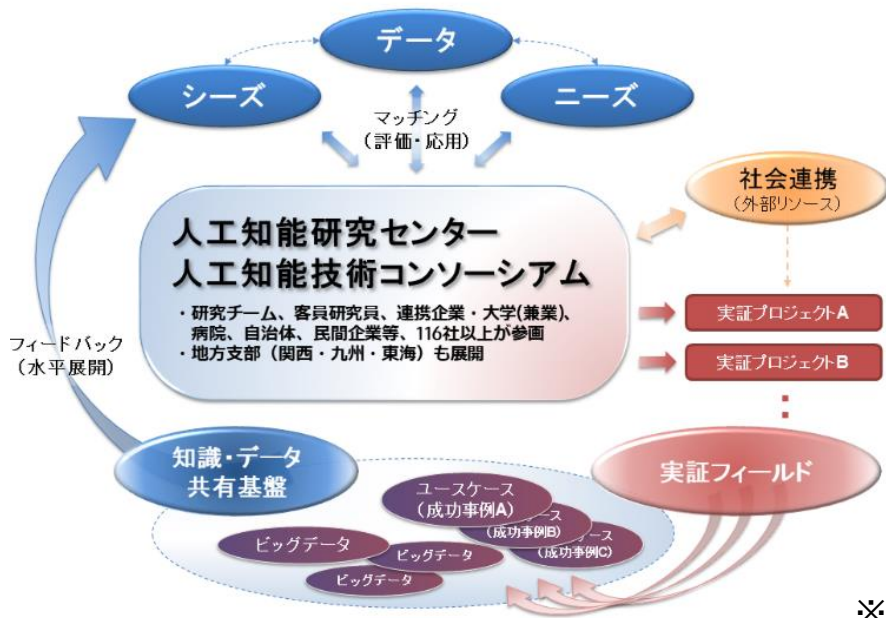
◆成果の実用化・事業化の見通し 3/3

- ・ コンソーシアムでの技術や環境のユースケースの探求による実用化・事業化が期待される

研究開発拠点の成果を実用化につなげる仕組み

産総研人工知能研究センター 人工知能技術コンソーシアム

- ・ データ活用の共創的価値創出をより加速させ、成功事例を多く創出する
 - 課題や強みを共有し、ベストマッチングを模索していく場の形成
 - データ活用の知識やノウハウ、最新情報の獲得を促進させ、データ活用力を強化
 - コンソーシアムの活動成果はシンポジウムなどを通じて外部発信し、普及を促進



会員の業種別内訳

情報通信業	40.0%
製造業	23.3%
専門サービス業	12.7%
サービス業	8.7%
広告業	5.3%
教育, 学習支援業	4.0%
建設業	2.7%
電気・ガス・熱供給・水道業	2.0%
医療, 福祉	0.7%
運輸業, 郵便業	0.7%

(スタートアップの比率は7.3%)

※ 2020年4月時点約200社が会員として参画
業種別内訳はホームページ会員一覧よりNEDO作成

◆波及効果 1/3

- 当初想定していなかった、新たな需要を創出

新たな市場の創出

研究開発目標：
様々な形状を有する**ロボット**の表面に密着し、
被覆する**皮膚センサ**の実現



フレキシブルで耐熱衝撃性に
優れる特長



実用化・事業化



熊本大学発
スタートアップ

ロボット皮膚センサ
曲面感圧センサ 他

高度成長期に建設された
プラントの配管の老朽化に
伴う点検(**非破壊検査**)

(非破壊検査市場規模:1兆7000億円)

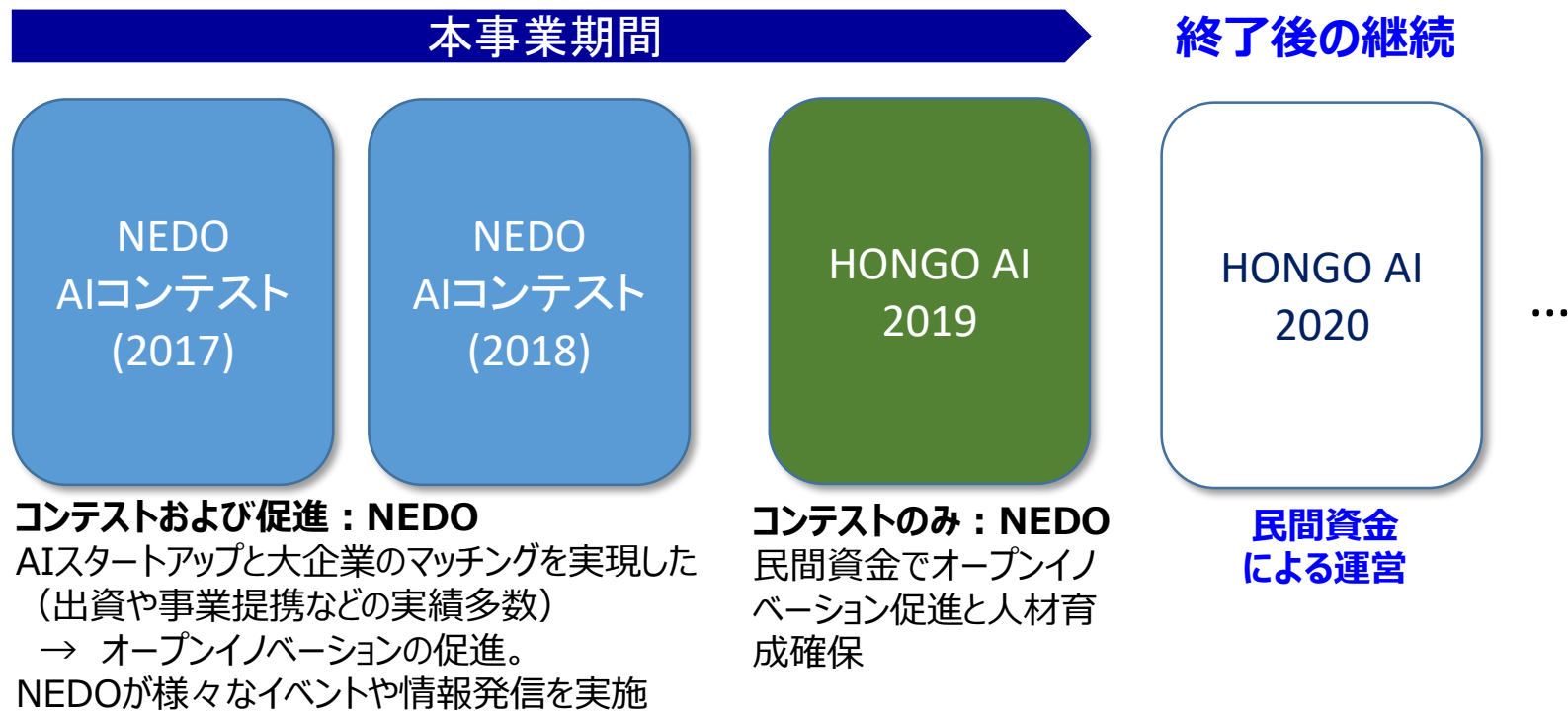
ロボットの全身を被覆する皮膚センサの確立と応用開発 (国立大学法人熊本大学)

◆波及効果 2/3

- AIコンテストによるイノベーションと人材発掘
- 民間資金による運営への移行

AIスタートアップ支援により下記の2つを実現する

- ① オープンイノベーションが活発に行われている状況
- ② AIスタートアップに優秀な人材が集まる状況



◆波及効果 3/3

- 育成講座やセミナーによる人工知能技術者の育成

人材育成

育成講座

- NEDO/AIRC=東京大学 人工知能先端技術人材育成講座
受講者:**185名**
- NEDO/AIRC=東京大学 人工知能基礎技術人材（データサイエンティスト）育成講座
受講者:**900名以上**
コンテンツを「**東京大学のデータサイエンティスト育成講座**」として**出版**。
当該分野の**ベストセラー**(Amazon)

セミナー

- 産総研人工知能研究センター **人工知能技術に関するセミナー**
41回
受講者:**5,000名以上**

