

「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」基本計画

ロボット・AI 部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

2016年1月、総合科学技術・イノベーション会議において「第5期科学技術基本計画」が策定され、2020年度まで第5期基本計画に沿った科学技術政策を推進するとされている。当該計画では、未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組として、世界に先駆けた超スマート社会「Society 5.0」の実現を示すとともに、超スマート社会における競争力向上と基盤技術の戦略的強化について掲げ、新たな価値創出のコアとなる、ロボット等の強みを有する技術について、中長期的な視点から高い達成目標を設定し、その強化を図るとしている。

また、2019年7月、内閣府、厚生労働省、文部科学省、経済産業省により合同で開催された「ロボットによる社会変革推進会議」の取り纏め（ロボットによる社会変革推進計画）では、国内需要よりも海外需要が拡大する中、国際競争力を強化していく上で、如何に国内でキープロダクツを育て、システムインテグレート能力を強化していくかが重要な課題であるとされている。今後プレイヤーが急拡大することが見込まれる中、将来の乱立に向けて、早い段階で、産業界が協調すべき領域を特定し、大学における基礎研究を活用しつつ、産学が連携して基礎・応用研究を実施していくための体制整備が必要であるとされており、国内ロボットメーカー等の主導によりアカデミアの基礎研究を促進、支援する本事業は政策的にも極めて重要な位置づけにある。

②我が国の状況

我が国のロボットの活用状況を見ると、1980年代以降、製造現場を中心にロボットが急速に普及してきた。特に産業用ロボットについて、現在に至るまで日本のロボット産業は世界で高いシェアを保ってきたものの、近年、中国等のロボットメーカーや欧州の大学発ベンチャー等の追い上げにより、1990年代後半から約20年で30%近く低下し、現在は60%弱となっている。また、導入先に着目すると、自動車産業が最大の導入先であり、近年は電気・エレクトロニクス産業でも同様の規模まで増加しているものの、食品、化粧品、医薬品といった、いわゆる三品産業等では導入があまり進んでいないといった点も大きな課題となっている。また、製造のみならず物流配送などの

モビリティ関連や、警備ロボットやコミュニケーションといったサービス関連分野においても新たなプレイヤーの参入が拡大している。

ロボットの研究開発は多岐の分野にわたるとともに、世界における開発スピードも加速している中、厳しい競争環境に晒されている。このため、各社が単独で基礎・応用研究を実施していくのではなく、協調すべき領域では協調し、従来とは異なる分野の技術シーズなども取り込みつつ、研究開発を進めていくことが、今後もロボットの開発において日本が世界をリードするために不可欠である。

③世界の取組状況

世界の産業用ロボットの販売台数は、2013年から2017年の5年間で約2倍に増加しており、今後も年平均12%の増加が見込まれている。また、サービス関連・物流関連ロボットの市場も2026年には4兆円を超える規模となり、年平均25%以上の成長率での成長が見込まれている。

産業用ロボットの導入台数に着目すると、2012年には日本が1位であったが、2017年には中国が日本を抜いて1位となっており、6年間で約5倍に増加している。同様に、サービス関連・物流関連ロボットに関しても欧米中において様々な企業の参入拡大が続いている。

この他、欧州では、EUの「Horizon2020」において金融危機後のEU経済の土台を築くために、「研究室から産業へ、そして市場へ」を掲げ、産学連携によるイノベーション創出が進められており、ロボット分野については23のプロジェクトが実施されており、年間2億ユーロが助成されている。なかでもデンマークにおいては、オーデンセ市により技術クラスター「オーデンセロボティクス」が発足し、2019年2月時点で約120社のロボット関連企業や研究・教育機関及び投資機関・企業が参画するなど、ロボティクスに係る技術・経営を熟知したプロフェッショナル集団による基礎研究から市場参入までの一貫通貫型支援を目指した、自治体による各種支援が実施されている。

④本事業のねらい

産業用ロボットは、日本経済を牽引する自動車産業や電機・エレクトロニクス産業で数多く導入されており、その技術は日本の産業を発展させていく上でも欠かせない基盤技術である。また、近年では労働力不足を背景に、サービス分野・物流分野におけるロボットの活用についても着目されており、今後もロボットの市場は拡大が見込まれている。

他方で、欧州や中国の追い上げにより、日本のロボット産業は極めて厳しい競争環境に晒されており、中長期的視点に立った、企業が投資しづらい

スクの高い基礎・応用研究を支援する必要がある。また、現状、日本の産業用ロボットメーカーにロボットのみを手掛ける企業はなく、数多くあるセグメントの一つがロボット分野となっているに過ぎず、基礎・応用研究に割くリソースは極めて限定的であるというのが実態である。そこで、これまで直接関わることの少なかった、ロボティクスとは異なる分野も含めた幅広い大学研究者等との連携を図りつつ、産学が連携した研究体制を構築し、産業界における協調領域について検討を進めながら研究開発を実施する必要があるが、これには、国の関与が不可欠である。

本事業では、中長期にわたり、産業用ロボットにおける重要技術について世界をリードし続けていくことを目指し、既存技術の改良・改善のアプローチのみならず、サイエンスの領域に立ち返った技術開発や、異分野の技術シーズの取り込み等によるイノベーションの創出、延いては国際競争力の強化をねらいとする。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

本事業では 5 つの研究開発項目（汎用動作計画技術、ハンドリング関連技術、遠隔制御技術、ロボット新素材技術、自動配送ロボット）を定め、検証・評価を行う。各研究開発項目において、多品種少量生産現場や配送事業をはじめとするロボット未活用領域においても対応可能なロボットの実現に向け、ロボットメーカー等が自社の製品開発に適用可能となる要素技術を 8 件以上確立することを目標とする。研究開発項目ごとの最終目標及び中間目標については別紙 1 を参照。

さらに、各研究開発項目で得られた成果を統合したロボット試作機を製作し、実現場を模した環境での実証試験を行い、いずれも従来のロボットと比較して、「自動化率 30%向上」、「システムインテグレーションコストの 50%削減」を実現し、ロボットの更なる普及に資することを目標とする。

②アウトカム目標

本事業により得られた要素技術が活用されることで、ロボットの小型化・軽量化が進み、ロボット動作における消費電力削減を実現することを目標とする。また、最適なロボット動作計画を用いることで、無駄な動きを省いた効率的なロボットの動作を実現し、ロボット導入における省エネ化に寄与する。測定指標として、エネルギー効率について、現状（事業開始時）と比較して 1.5 倍とすることをアウトカム目標に掲げる。

③アウトカム目標達成に向けての取組

各研究開発項目において、国内ロボットメーカー等主導のもと、大学における基礎研究を活用しつつ、産学が連携して基礎・応用研究を実施する。その際、従来のアカデミアの分野に囚われることなく、異分野の技術シーズを積極的に取り込んでいくことに加えて、ロボット関連企業、大学や研究機関との間で人材交流等を行いながら、産学の連携体制で実施することにより、本事業で得られた研究成果の社会実装の確度を高める。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙2の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。

研究開発項目①「汎用動作計画技術」

研究開発項目②「ハンドリング関連技術」

研究開発項目③「遠隔制御技術」

研究開発項目④「ロボット新素材技術」

研究開発項目⑤「自動配送ロボットによる配送サービスの実現」

なお、研究開発項目①～④についてはロボット産業における共通基盤となり得る協調領域の基礎・応用研究開発を支援するものであり、主として大学等研究機関が実施するものであるため、従来であれば、委託事業で実施すべき研究開発内容である。しかしながら、早期の実用化と普及を確実なものにするため、民間企業の積極的な関与を初期から得て推進することを目的に、助成事業として実施する（NEDO 負担率：2/3）。

研究開発項目⑤については、配送分野に向けた応用研究開発及び実証を支援するものであり、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であるため、助成事業として実施する（NEDO 負担率：大企業 1/2、助成、中堅・中小・ベンチャー企業 2/3 助成）。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下、「PMgr」という。）として、研究開発項目①～④についてはNEDO ロボット・AI 部 細谷 克己を、研究開発項目⑤についてはNEDO ロボット・AI 部 鶴田 壮広を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

NEDO は公募により研究開発実施者を選定する。研究開発実施者は、企業や

大学等の研究機関等（以下、「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

また、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、研究開発項目①～④については、NEDO はプロジェクトリーダー（以下「PL」という。）として大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻 教授 原田 研介氏、サブプロジェクトリーダー（以下「SPL」という。）として国立大学法人神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻 教授 横小路 泰義氏及び国立大学法人東京工業大学工学院 教授 遠藤 玄氏を委嘱し、PMgr の指示の下、プロジェクトに参画する実施者の研究開発を主導する。

（２）研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

①研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、PL や SPL、研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、テーマ間連携による相乗効果や相補的技術要素の整理等についても実施者含め検討を行う。

②技術分野における動向の把握・分析

プロジェクトで取り組む技術分野について、国内外の技術開発動向、政策動向、市場動向、自動配送ロボットの社会実装促進のための調査、事業成果の周知・普及業務等を行う。なお、調査の効率化の観点から、必要に応じて本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

2020 年度から 2024 年度までの 5 年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO は技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価を 2022 年度、終了時評価を 2025 年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他重要事項

(1) 「プロジェクト基本計画」の見直し

PMgr は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

(2) 根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第三号及び第九号に基づき実施する。

(3) 標準化施策等との連携

得られた研究開発成果については、標準化等との連携を図ることとし、標準化に向けて開発する評価手法の提案、データの提供等を積極的に行う。

(4) その他

本事業の実施を通じて、イノベーションの担い手として重要な若手研究員及び女性研究員の育成を支援することとする。

6. 基本計画の改定履歴

(1) 2020年6月 制定

(2) 2021年11月 改定：プロジェクトマネージャーの変更

(3) 2022年2月 改定：「自動走行ロボットを活用した新たな配送サービス実現に向けた技術開発事業（P20018）」を本事業の研究開発項目⑤として統合

(4) 2022年9月 改定：プロジェクトマネージャーの変更

(5) 2023年3月 改定：技術分野における動向の把握・分析内容の修正

(6) 2024年2月 改定：プロジェクトマネージャーの変更。使用する文言の修正。

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目①「汎用動作計画技術」

1. 研究開発の必要性

現状の産業用ロボットでは、一連の動作をプログラミングする「動作計画(ティーチング)」が必要であり、作業員の大きな負担や導入コストの増につながり、ロボットの導入拡大の障壁になっていた。この負担軽減は、多品種少量生産用途など従来導入が進んでいない産業分野でのロボット活用のためには必要不可欠である。

そこで本項目では、これまでロボットの導入が進んでこなかった分野へのロボットの導入を容易にすべく、ロボット作業に関わるデータベースの構築や、自動的かつ汎用的なロボットの動作計画技術に関する研究開発を行い、ロボット導入コストの削減を目指す。

2. 具体的な研究内容

- ① 産業用ロボットの把持動作、組立ノウハウ等に関するデータベースや、把持対象物の形状に関する画像データや重さ、触覚データといったロボットの作業対象物についてのデータベースを構築する。
- ② ①で構築するデータベースを活用して、作業計画の最適化に向けたロジックやアルゴリズムの開発を行い、ロボットシステム構築の実証を行う。実証に当たっては、併せてロボットシステムの評価方法についての検討を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

各種データベースの構造を検討し、必要なデータの洗い出しを行う。また、ロボットシステムの評価方法を1件以上確立し、検証を行う。

【最終目標】

ロボット動作に関するデータベース及び作業対象物に関するデータベースを構築し、各種データベースを活用した最適化ロジックやアルゴリズムを1件以上構築する。さらに、インテグレーションコストの50%削減について検証を行う。また、ロボットシステムの評価方法について、規格化に向け着手する。

研究開発項目②「ハンドリング関連技術」

1. 研究開発の必要性

日本の人口減少等に伴う労働力不足を解消するために、産業用ロボットの導入が進んでいない分野にも裾野を広げることが求められている。しかしながら、三品産業（食品・化粧品・医薬品）や物流・サービス分野では、人手不足が深刻となっているにもかかわらず、少量生産への対応や不定形物の取り扱いが必要となるため、人手による作業をロボットが代替することは困難であり、これまでロボットの導入が進まなかった背景がある。

こうした課題の解決に向け、本項目では、把持・搬送できる対象物を増やし、ロボット適用範囲を拡大することを目的に、柔軟で汎用性のある、新たなハンドリング技術の開発を行う。

2. 具体的な研究内容

- ① 研究開発項目①と連携し、ロボットの把持対象物等のデータを計測できるよう、各種センシング技術を搭載したエンドエフェクタ等を開発する。
- ② 多品種少量生産への対応を見据え、研究開発項目①で構築するデータベースと連携して、各種対象物を安定的に把持することの可能なロボットハンドの要素技術開発を行う。さらに、対象物が不定形物であることも想定したハンドリング関連技術を開発する。

3. 達成目標

【中間目標】

把持対象物の情報計測を行うことの可能なセンシング機能を有するエンドエフェクタ等を開発し、10件以上の定型物・不定形物サンプルに対し、把持するモノの情報計測を実施する。さらに、定形物を把持する汎用ロボットハンドの基幹部品となる要素技術を1件以上確立する。

【最終目標】

研究開発項目①で構築するデータベースと連携し、不定形物を把持することの可能な汎用ロボットハンドの基幹部品となる要素技術を1件以上確立する。さらに、開発したロボットハンドを搭載した産業用ロボットを用いて、実現場を模した環境での実証試験を完了し、自動化率の30%向上について検証を行う。

研究開発項目③「遠隔制御技術」

1. 研究開発の必要性

生産現場では、工場内外にあるロボットを、快適・自在に制御できる技術が求められている。従来、工場内でロボットの配置換えを行う際、ロボットを制御する有線通信回線の敷設変更作業のため、長時間にわたり稼働停止する必要があった。

そこで、次世代無線通信技術等を活用した遠隔制御を導入することにより、ロボットの配置換えに伴う回線敷設作業を省略し、稼働停止時間を短縮することが可能となり、メンテナンスの高効率化、システム立上げ・段取り替え時間の短縮に貢献する。また、労働人口の減少に伴う人手不足、特に熟練工不足に対応する必要がある中、遠隔制御によるロボットの集中操作が求められており、高臨場感が得られる遠隔制御技術や遠隔操作支援技術の確立を目指す。

2. 具体的な研究内容

- ① 視覚、力覚、音声等を含む制御データに関し、通信遅延や擾乱があっても安心安全に制御できるよう、5G通信等に対応した遠隔操作を安定的に可能とする信号伝達規格の開発を行う。
- ② 遠隔制御によるロボットの集中操作が求められることを見据え、操作遅延が人の感覚に与える影響を定量的に評価し、操作者の疲労が少ない通信方法の開発を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

次世代の通信技術を活用したロボットの実現に必要な規格の検討を行い、5G通信等に対応したロボットの遠隔制御に必要な基幹となる要素技術を1件以上確立する。また、ロボットの遠隔操作による遅延が人の感覚に与える影響の定量化に必要な指標を検討する。

【最終目標】

ロボットの遠隔作業の領域に応じた通信仕様の検討を行い、通信の多重化や通信断に強い仕組みを有する高度な遠隔制御技術を1件以上開発する。また、ロボット操縦者の身体疲労等を考慮したロボットの遠隔操作による人への影響に対する対応方針を1件以上確立する。

研究開発項目④「ロボット新素材技術」

1. 研究開発の必要性

現状、ケースやカバーといったロボットの外装部については樹脂化等による軽量化が実現できているものの、駆動部や構造部の軽量化の実現については、強度・剛性・耐熱性・耐久性の確保の点から技術的に実現できていない。

そこで本項目では、複合材料化や樹脂化等により重要素材の軽量化を実現し、ロボット新素材技術による省エネルギー化や導入コストの低減に貢献する。さらに、新たなセンサーデバイスの実装等に関する研究開発を実施し、信頼性向上、制御性能の付与、安全性能の向上等を図る。

2. 具体的な研究内容

- ① 駆動部（減速機・モータ・連結など）及び構造部（アームなど）それぞれについて、強度・剛性・耐熱性・耐久性など、ロボットとして主に必要な仕様を設定し、CFRP を含めた樹脂化や複合素材をベースにした複合材料化を進め、候補素材について駆動部及び構造部への適用可能性をシミュレーションや試作モデルで評価・検討する。
- ② 圧力・振動・温度などのセンサー材料をロボットに組み込む技術を開発するとともに、無線給電や自己発電を実現するための技術を開発する。

3. 達成目標

【中間目標】

ロボットの駆動部若しくは構造部のうち、ロボットの消費電力削減に寄与する項目を 2 件提示し、軽量化・高性能化に資する軽量素材や複合材料の探索を行い、適用可能性を検証する。その上で、ロボットの軽量化・高性能化による性能を評価する指標を 1 件確立する。

【最終目標】

駆動部及び構造部の軽量化・高性能化に資する軽量素材や複合材料を 1 件以上開発する。また、ロボットの信頼性向上や制御性能の付与、安全性の向上に資するセンサーデバイスについて、基幹部品となる要素技術を 1 件以上確立する。さらに、開発したロボット新素材やセンサーデバイスを適用したロボット試作機を用いて、実現場を模した環境での実証試験を完了し、消費電力の 30%減少について検証を行う。

研究開発項目⑤「自動配送ロボットによる配送サービスの実現」

1. 研究開発の必要性

新型コロナウイルス感染症による影響で、ラストワンマイル物流において、宅配要望の急増、配達員の感染等による影響により、ドライバー不足や配送の一時的な停滞が発生している。引き続き、国内においても新型コロナウイルス感染症による影響が懸念されており、ラストワンマイルにおける「遠隔・非対面・非接触」での配送ニーズ増加や配達員不足が見込まれる中での対応策として、自動走行ロボットを活用した新たな配送サービスの早期実現が求められている。

このような中、政府では成長戦略（2019年6月21日フォローアップ）において、具体的な政策として、「宅配等への活用が期待される自動走行ロボットの社会実装を目指し、2019年度内に道路使用許可の申請に対する取扱いの基準を策定するなどして実証のための枠組みの構築を行い、自動走行ロボットの公道上での実証を実現する。加えて、本格的な社会実装に向け、2019年度内に官民による協議会を立ち上げ、同協議会における議論も踏まえながら、ロードマップの策定及び社会受容性の向上のために必要な措置、必要なルールの在り方、求められる安全性等についての検討に着手する。」ことを掲げている。

さらに、内閣が設置した「新しい資本主義実現本部」による緊急提言（2021年11月8日付）では、「低速・小型の自動配送ロボットは、現行制度（道路運送車両法、道路交通法）には位置付けられていないが、自動配送サービスを早期に実現するため、道路運送車両には該当しないこととした上で、配送サービスの提供エリアや事業者の連絡先等について事前の届出を求め、安全管理義務に違反した場合には行政機関が措置を行えることとし、機体の安全性・信頼性の向上が図られるよう、産業界における自主基準や認証の仕組みの検討を促すこと等を前提に、次期通常国会に関連法案を提出する。」とあり、自動配送ロボット実現に向け、官民一体となり進めていく体制が構築されてきている。

自動走行ロボットの実用化を早期に実現し、有事においても物流サービスの維持を可能とすることで、サプライチェーンの強靱化を図るとともに、関連するビジネスエコシステムの醸成を図る。さらに、自動走行ロボットを活用した新たな配送サービス実現の観点から、社会受容性向上に向けた取組の在り方等の分析・検討を実施する。

2. 具体的な実施内容

2-1 研究開発業務（助成）

- ① 自動走行ロボットが屋外環境を安全に走行するための遠隔監視・操作シス

テムの開発を行う。オペレータが少ない訓練時間で対応可能な監視操作システムの開発、同時に複数台のロボットを監視できるシステムの開発、安定し遅延の少ない通信環境構築等を行う。

- ② 自動走行ロボットの自律移動機能開発を行う。GNSS や SLAM を用いた高精度な自己位置推定技術や走行に必要な事前準備の簡略化等を行う。
- ③ 安全・安心を示すエビデンスの収集、協調領域の整理（地図、メーカー・サービス者をまたいだ集中管理・遠隔制御システム等）を行う。

2-2 調査業務等（委託）

配送能力の高い機体に係る調査や自動配送ロボットの社会実装促進のための調査、事業成果の周知・普及業務等を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

開発成果を組み込んだ自動配送ロボットや遠隔制御システム等を用い、適切なリスクアセスメントを行った上で自動配送実証試験を行い、下記のうち 2 つ以上の目標を達成すること。

1. 2 台以上のロボットを遠隔監視・操作可能なシステムの開発
2. 月平均 100km 以上、あるいはのべ 400km 以上の走行
3. 限りなく実際のサービス実施環境に近い場所で、ロボットによる配送サービスのコンセプトが、実際に事業として顧客価値を提供するのかを検証するため、週 1 日以上、3 か月以上継続した荷物の配送・受領に相当する作業を実施。以下は例示であり、特定の地域や用途において以下の条件の下回っても継続的な事業化が可能となる場合はこの限りではない。
 - ① 都市部の人口密集地域：月あたり 100 件～170 件程度（2 台同時運用、週 3 日稼働時）
 - ② 郊外の低人口密度地域：月あたり 50 件～100 件程度（2 台同時運用、週 3 日稼働時）

【最終目標】

開発成果を組み込んだ自動配送ロボットや遠隔制御システム等を用い、適切なリスクアセスメントを行った上で自動配送実証試験を行い、下記の 1～3 うち 2 つ以上の目標を達成すること。

1. 10 台以上のロボットを遠隔監視・操作可能なシステムの開発
2. 月平均 400km 以上、あるいはのべ 1600km 以上の走行
3. 実際にサービスインをする環境で、サービスとして実運用（プレ運用）し、

事業としての運用可能性を検証するため、週3日以上、6か月以上継続した荷物の配送・受領に相当する作業を実施。以下は例示であり、特定の地域や用途において以下の条件を下回っても継続的な事業化が可能となる場合はこの限りではない。

- ① 都市部の人口密集地域：月あたり300件～500件程度（2台同時運用、週3日稼働時）
- ② 郊外の低人口密度地域：月あたり150件～300件程度（2台同時運用、週3日稼働時）

(別紙2) 研究開発スケジュール

