

スマートロボット× サステナビリティレポート 2025

サステナビリティ領域でのスマートロボット技術活用

CONTENTS

Chapter 0. はじめに

Chapter 1. スマートロボットの概要

Chapter 2. スマートロボットのトレンド

Chapter 3. スマートロボット×サステナビリティ サービス・取り組み 他社事例

Chapter 4. スマートロボット×サステナビリティ NTT DATAの取り組み

Chapter 5. おわりに

※本レポートは2026年1月5日時点で閲覧したWeb情報などを元にNTT DATAが主となって作成しています。

本レポート内の情報を引用する場合、その他お問い合わせについては以下からご連絡ください。

<https://www.nttdata.com/jp/ja/contact-us/>



はじめに

2024年は、身の回りの技術とサステナビリティの関連に着目したホワイトペーパーを公開し、大きな関心を集めました。2025年はその取り組みを継続、さらには発展させ、2024年に取り上げたいくつかの主要技術について、最新の知見や業界動向を踏まえて情報をアップデートするとともに、サステナビリティの観点からその活用方法や運用のあり方を再考していきます。2025年は、5つのテーマを扱う予定です。本ホワイトペーパーでは、そのうちの1つとして「スマートロボット」を取り上げます。

近年、ロボット技術はAIをはじめとするIT技術との融合によって社会の多様な分野で技術革新を加速させる存在となっており、環境問題や経済・社会的課題に応える技術として注目されています。2024年のホワイトペーパーで紹介したようなAI搭載型のスマートロボットはさらに高度化しており、こうした技術の進展が、より持続的な社会の実現を後押ししています。

一方で、雇用への影響、倫理的な懸念、エネルギー消費など、スマートロボットの普及に伴う課題も指摘されており、こうした側面への配慮も持続可能な技術活用には欠かせません。本ホワイトペーパーではこうした背景を踏まえながら、スマートロボットに関する最新の技術動向や先進事例を紹介し、その社会的意義と可能性をサステナビリティの観点から探っていきます。

2024年ホワイトペーパー:スマートロボット×サステナビリティレポート-サステナビリティ領域でのスマートロボット技術活用-

NTT DATAのサステナビリティ経営¹⁾

NTT DATAはサステナブルな社会の実現に向けて「Planet positive, Prosperity positive, People positive」の3つの柱で取り組んでいます。

また、NTT DATAは解決すべき社会課題と、当社の事業における重要性を評価し、サステナビリティ経営として取り組むべき優先テーマとして13個のマテリアリティを設定しました。

本ホワイトペーパーで取り上げるスマートロボットの取り組みは、マテリアリティの「気候変動への対応」「技術開発によるイノベーションの創出」「労働安全衛生の徹底」「社会のデジタル・アクセシビリティの向上」などに関連するものです。



[図0-1] NTT DATAの13のマテリアリティ

スマートロボットの概要 技術動向と社会・環境との接点

進化するスマートロボット技術の現在地

スマートロボットとは、AIやIoT、センサー技術などを活用して、作業環境や人の動きを認識しながら自律的に最適な動作を行うロボットであり、空中、地上、施設内などあらゆる環境で活躍の場を広げています。ドローンや自律型ロボットによるインフラ保全、災害対応、物流支援といった分野では、AI技術の進化に伴いより柔軟で協調的な運用が可能になってきました。

特に近年は、生成AIなどの先進AI技術との融合によって、人間の言葉や状況を理解し、自律的に判断・行動する能力が飛躍的に高まっています。さらに、協働ロボットの普及により、人とロボットが安全かつ効率的に連携できる環境が整いつつあります。

これらのロボットは、環境を理解し、状況に応じて最適な行動を選択する力を持ち、社会の安全性や持続可能性に貢献する存在として注目されています。

2024年のホワイトペーパーでは、スマートロボットの自律性・柔軟性・協調性といった技術的特徴に加え、コンピュータビジョンや通信技術、AI・機械学習の活用について紹介しました。これらの技術が、ロボットに人間のような理解力と判断力をもたらしています。

スマートロボットとサステナビリティとの関連性

2024年のホワイトペーパーでも紹介したように、スマートロボットは持続可能な社会の構築に向けて様々な分野で実践的な役割を果たしていますが、いくつかの課題も顕在化しています。スマートロボットの活用が真に持続可能なものとなるためには、こうした側面への配慮と責任ある技術運用が不可欠です。

まずは、スマートロボットの利点や社会的な貢献について整理します。スマートロボットは、環境負荷の低減や労働力不足の解消といった社会課題に対して実践的な解決策を提供しています。

主な活用分野および活用例は以下の通りです。

✓ 産業分野

2024年のホワイトペーパーで紹介した通り、物流、製造現場でのスマートロボットの導入が進んでおり、危険作業の代替や夜間・休日の無人稼働による生産性の向上、安全性の確保など、持続可能な業務運営の実現と労働力不足の解消に寄与しています。

✓ 都市インフラ分野

自動配送ロボットの導入により、ラストワンマイル配送^{※1}の効率化や高齢者支援など、地域の生活インフラの強化に向けた取り組みが進められています。

✓ 防災分野

遠隔操作ロボットによる被災地での探索・救助活動支援が進められており、また、自律航行ドローンは人的リスクを抑えつつ迅速な情報収集や安全な避難誘導に貢献しています。

✓ 農業分野

AI搭載の自動収穫ロボットと衛星データを組み合わせたスマート農業の実証などが進められており、作業の省力化や農薬使用量の削減、環境負荷の低減などの効果が期待されています。

✓ 福祉・支援分野

遠隔操作ロボットによる在宅就労の実現や、視覚障がい者向けナビゲーション支援ロボットの開発が進められており、身体的制約を超えた社会参加や移動の自由を支える新しい技術として期待されています。

✓ 観光分野

案内ロボットによる多言語対応が進められており、多様な人々へのサービス提供を通じて誰もがアクセス可能な社会の実現に寄与しています。

※1 ラストワンマイル配送

物流拠点から消費者など最終受取先までの最終区間の配送を指し、物流効率化や労働力不足、環境負荷軽減の観点から重要視されている

一方、スマートロボットの普及に伴い、いくつかの課題や懸念点も浮かび上がってきてています。特に、雇用への影響、倫理的な懸念、エネルギー消費の3点は、サステナビリティの観点から重要な検討課題となっています。

まず、雇用への影響としては、スマートロボットの導入によって、単純作業や定型業務の自動化が進む一方で、人間の仕事が置き換えられる可能性も指摘されています。特に、製造業や物流業、サービス業などでは、従来人が担っていた業務がロボットに代替されることで、雇用の減少や雇用構造の再編が進む懸念があります。一方で、ロボットの運用や保守、データ管理など新たな職種も生まれつつあり、社会全体として人とロボットの役割分担を見直した働き方の再定義とスキルの再構築が求められています。

次に倫理的な懸念です。スマートロボットはAIによって自律的に判断・行動するため、その意思決定の透明性や責任の所在が曖昧になるケースがあります。また、介護や警備など人と密接に関わる場面では、ロボットの判断が人間の尊厳やプライバシーに影響を及ぼす可能性もあり、慎重な運用が求められます。こうした課題に対しては、ELSI(Ethical, Legal and Social Issues 倫理的・法的・社会的課題)やRRI(Responsible Research and Innovation 責任ある研究とイノベーション)の観点から、技術開発と社会制度の連携を図ることが重要です。安全基準や保険制度の整備に加え、ステークホルダーとの信頼関係を築きながら、社会的価値の最大化とリスクの最小化を両立するガバナンスの構築が求められます。

最後にエネルギー消費の問題です。効率的な動作や省エネ設計の開発が進んでいるものの、スマートロボットは製造・運用・廃棄の各段階でエネルギーを消費し、環境負荷を伴います。そのため、再生可能エネルギーの活用や長寿命化、資源循環設計などは引き続き課題となっています。

スマートロボットの活用が真に持続可能なものとなるためには、こうした側面にも目を向け、技術と社会のあり方を丁寧に見直していくことが求められています。Chapter 2では、こうした背景を踏まえ、スマートロボットを取り巻く市場動向や社会的要因などについて深掘りしていきます。



スマートロボットのトレンド

マクロ動向

用途の多様化とスマートロボット市場の拡大

サービスロボットの販売台数が20万台突破¹⁾、

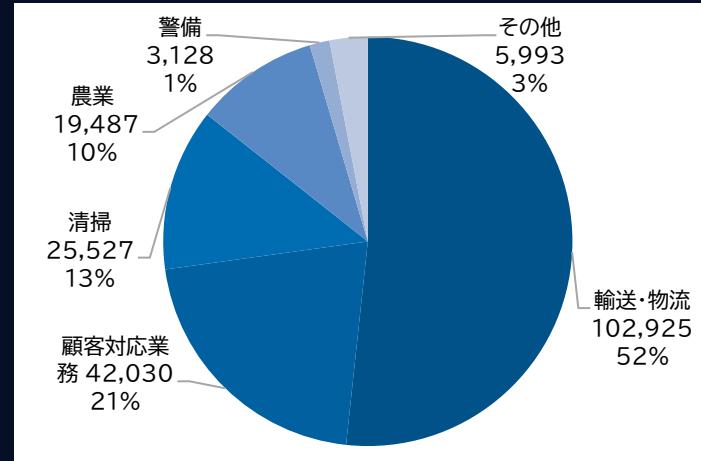
スマートロボット市場は2032年に世界で2,463億4,000万ドルの市場規模へ²⁾

2024年のホワイトペーパーで紹介した通り、ロボット市場は引き続き世界規模で拡大を続けています。

一般的にロボットは、製造現場での作業を自動化する産業用ロボットと、人や社会にサービスを提供するサービスロボットに分類されますが、特にサービスロボット分野では、物流、顧客対応業務、清掃、農業、警備など多様な領域での活用が進んでいます。国際ロボット連盟(IFR)の調査によると¹⁾、2024年の業務用サービスロボットの総販売台数は約20万台と報告されており、そのうち輸送・物流分野が半数近くを占めています。また、医療分野での活用も急増しており(前年度比91%増)、社会的ニーズの高まりが市場を牽引しています。

スマートロボットは、産業用とサービス用の両分野にまたがって活用が進んでおり、その市場も同様に拡大傾向にあります。グローバルインフォメーションの調査によると²⁾、2025年の市場規模は世界で282億9,000万ドルと見込んでおり、さらには2032年には2,463億4,000万ドルに達すると予測しています。Chapter 1でも触れたように、AIの進化に伴ってより高度な判断や自律的な動作が可能なロボットが登場しており、従来は人手に頼っていた業務の自動化が進み、業務効率化や安全性向上に貢献しています。

以上のように、スマートロボット市場は着実に拡大していますが、その背景には単なる技術進化だけでなく、社会が直面する様々な課題の存在があります。次に、こうした市場拡大の背景となる社会的要因と政策の動向について見てきます。



[図2-1] 業務用サービスロボットの販売台数の用途別内訳
 グラフは、国際ロボット連盟(IFR)のデータ¹⁾を基にNTT DATA作成



[図2-2] スマートロボット市場見通し(世界)
 グラフは、グローバルインフォメーションのデータ²⁾を基にNTT DATA作成

社会的背景と関連政策

ここでは、スマートロボットの導入が進んでいる社会的背景と、それに伴う関連政策について見ていきます。社会的背景については日本国内の状況を中心に、関連政策については国外の取り組みも含め整理していきます。

社会的背景

スマートロボットの導入が加速している背景には、深刻化する社会課題の存在があります。労働人口減少、インフラの維持・保全、災害対応などの社会課題には、人手や従来のしくみだけでは対応が難しくなっており、ロボット技術の活用が現実的な解決策として注目されています。

また、環境やエネルギーに関する課題も深刻化しており、エネルギー効率の向上や資源循環の促進、温室効果ガス排出量の削減といった取り組みが持続可能な社会の実現に向けて重要なテーマとなっています。スマートロボットでは、AIによる精密制御を活用することで作業効率の最適化やエネルギー消費の抑制を実現する取り組みが進んでおり、エネルギー効率の向上や温室効果ガス排出量の削減への貢献が期待されています。さらに、廃棄物の分別支援や、除草ロボットによる化学農薬の使用量削減など、環境負荷の低減に貢献する事例も増えています。日本では、前述のような労働力不足やインフラ維持、環境問題などへの対応が喫緊の課題となっており、こうした社会課題に対してスマートロボットのような技術が果たす役割への期待が高まっています。

関連政策

近年、米国・中国・欧州などでは、たとえば、AIとロボットを融合させたフィジカルAIの研究開発が加速しています。

- 1) NSF | U.S. National Science Foundation
- 2) 2025年9月「EU AI規則の概要」(PDF) | 欧州連合日本政府代表部
- 3) 人工知能戦略本部 | 内閣府
- 4) ロボフレ事業(革新的ロボット研究開発等基盤構築事業)の成果(施設管理・食品分野) (METI/経済産業省)
- 5) 「全国ロボット・地域連携ネットワーク(略称RINGプロジェクト)」を設立 (METI/経済産業省)
- 6) ムーンショット目標3 - 科学技術・イノベーション | 内閣府

米国では、国立科学財団(NSF)¹⁾をはじめとする公的機関が補助金を通じて基礎研究を支援しており、民間投資も活発に行われています。中国では、国家主導でヒューマノイドロボットに巨額の投資を行い、国際競争力のあるサプライチェーン構築をめざしています。欧州では、Horizon Europe^{※1}やAI規制法²⁾などを通じて官民連携と法的枠組みの整備を進め、国際標準の確立によって域内企業の競争力強化を図っています。

こうした国際的な動向に対し、日本でもフィジカルAIへの関心が高まっており、2025年9月に設置された人工知能戦略本部³⁾で策定中の『人工知能基本計画』においてフィジカルAIが重点的な開発強化分野の1つとして位置づけられています。また、政府が主導し、ロボットフレンドリーな環境の構築⁴⁾や、全国ロボット・地域連携ネットワーク⁵⁾などを通じて、特に生活支援分野を含めた社会全体へのロボット導入を後押ししています。さらに、ムーンショット目標3では、2050年までに人と共生する汎用AIロボットの実現をめざしており⁶⁾、フィジカルAIの展開とも深く関わる革新的な技術開発が進められています。

※1 Horizon Europe

European Commission(欧州委員会)が運営する、欧州連合(EU)による主要な研究・イノベーション支援プログラム
https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/horizon-europe_en

スマートロボットの分野別貢献と導入面での課題

スマートロボットは多様な分野で活用が進んでおり、それぞれの現場で社会的な価値を生み出しています。

一方で、導入にあたっては様々な課題や懸念も存在しています。以下に、主要な活用分野を中心に、スマートロボットの主な貢献と課題を整理します。

[表2-1] スマートロボット導入による貢献と課題

分 野	貢 献	課 題・懸 念
製 造	✓ 危険作業や単純作業の自動化による安全性、生産性向上 ✓ 教示作業の省力化(自律学習や協働ロボットの導入)	✓ 教示や保守などを担う人材の確保 ✓ 労働環境や雇用への影響
物 流	✓ ピッキング・搬送・配送の自動化による効率化 ✓ ラストワンマイル配送などの省人化	✓ 走行・航行インフラや通信環境の整備 ✓ 法規制(自動走行・ドローン配送など)への対応
災 害	✓ 被災地での探索・救助活動支援 ✓ 被災者の心理的サポート ✓ 災害情報の迅速な収集・分析	✓ 災害発生現場での運用に耐えうる高信頼性の確保
農 業	✓ 環境を配慮した持続可能な農業の実現 ✓ 食糧生産の安定維持	✓ 多様な作物や環境条件に対応できる柔軟性の確保
ケ ア	✓ 身体介助や移動支援による介護負担の軽減 ✓ 心理的サポートやウェルビーイングの維持・向上	✓ 文化的・心理的な抵抗 ✓ プライバシーや倫理的な懸念
医 療	✓ 遠隔診断・治療・手術支援 ✓ 医療従事者の負担軽減	✓ 安全・堅牢性の維持 ✓ 法規制への対応 ✓ データセキュリティおよび責任所在の明確化
建 設	✓ 危険作業の代替・省人化による安全性向上 ✓ 作業効率化と施工精度の向上	✓ 現場環境(粉塵・振動・温度変化など)への耐久性の向上 ✓ 標準化や相互運用性の整備

スマートロボットの導入は、人間の安全確保・効率化・生活支援という観点で極めて有用である一方で、倫理・雇用・制度面での課題が今後の発展を左右する鍵になります。特に、AIやIoTとの融合によりロボットの「知的判断力」と「自律的行動性」が高まっているため、単なる技術開発にとどまらず、社会制度や倫理との整合が求められています。

主な企業の動向

ここではスマートロボット分野における主要企業の動向をご紹介します。

以下に、注目すべき企業をいくつかピックアップして取り上げます。

- 1) 米国ユニコーン企業Dexterity向けのロボットアームを開発 | プレスリリース | 川崎重工業株式会社
- 2) モバイルロボットの特長 | ロボティクス | オムロン制御機器
- 3) インテュイティブジャパン | ダビンチロボット支援手術システム
- 4) 自律ロボット MOTOMAN NEXT | 株式会社安川電機
- 5) 大規模な行動モデルとアトラスが新たな基盤を見つける | Boston Dynamics

[表2-2]具体的なロボットの例

表は、各社ページのデータを基にNTT DATA作成

	川崎重工業株式会社 ¹⁾	オムロン株式会社 ²⁾	Intuitive Surgical, Inc. ³⁾	株式会社安川電機 ⁴⁾	Boston Dynamics, Inc. ⁵⁾
ロボットの例	Mech	モバイルロボット (LD/MD/HDシリーズ)	ダビンチサーボカルシステム	MOTOMAN NEXT	Atlas(ヒューマノイドロボット)
概要	Dexterityと共同開発したAI荷積みロボットで、物流施設でトラックへの自動荷積みを実現する。8軸アームとAIにより効率的かつ省人化を支援する。	最大100台の自律走行ロボットを統合管理し、障害物回避や搬送マップの自動生成に対応できる。可搬重量60kg~1.5トンまで幅広く、工場の搬送効率を最適化する。	患者の体への負担を最小限に抑える低侵襲手術を支援するロボットで、世界69カ国で導入されている。1つの切開部から複数器具を操作できる技術により、医師と患者に新たな治療選択肢を提供している。	自律性を備えた産業用ロボットで、周囲の状況を判断し最適な作業を実行する。複雑で変化の多い工程など、これまで自動化が難しかった作業領域にも対応できる。	単一のAIモデルにより歩行や物の操作、障害物回避、状況判断など多様な動作を自律的にこなし、未学習のタスクにも柔軟に対応できる。
ロボットのイメージ (画像は各社ページより)					

各社は、製造・物流・医療・サービスなど様々な分野で活躍する高精度なスマートロボットの開発を進めており、応用範囲はさらに広がりを見せています。Chapter 3以降では、こうしたスマートロボットを実際に活用した具体的な取り組み事例を紹介します。

Chapter 3

スマートロボット×サステナビリティ サービス・取り組み 他社事例

人材不足解消に挑む多言語AIロボット
～Osaka Metro梅田駅、夢洲駅での社会実験¹⁾²⁾～



【1. 事例概要】

企業名: 大阪市高速電気軌道株式会社、NTT西日本グループ、
NTTドコモビジネス株式会社、ugo株式会社

地域: 国内

サステナビリティに対する効果: 人手不足の解消とインクルーシブな社会の実現

【2. 背景・目的】

日本では少子高齢化に伴う人口減少が進行しており、人材不足が深刻な課題となっています。一方で、外国人観光客の数はコロナ禍以前の水準を超えて増加しており、サービス業や交通機関の現場では多言語対応が必要な機会が増えています。多言語で個別のニーズに応えるには限界があり、新たなテクノロジーを活用した解決策が求められています。

こうした社会的背景を踏まえ、大阪市高速電気軌道(以下、Osaka Metro)、NTT西日本グループ、NTTドコモビジネス、ugoの4社は、将来の人手不足の解消と、より質の高いサービス提供の両立の実現を目的に社会実験を実施しました。

- 1) Osaka Metro御堂筋線梅田駅で多言語対応の案内ロボット「ugo」と生成AI「tsuzumi」等を使用した社会実験を行います | NTTドコモビジネス
- 2) 多言語対応の対話・案内ロボット「ugo」が夢洲駅へ！生成AI「tsuzumi」等を使用した社会実験を夢洲駅で継続します | Osaka Metro

【3. 事例詳細】

(1) 内容

4社は生成AIと案内ロボット「ugo^{※1}」を組み合わせ、多言語での駅案内を検証しました。2025年1月から3月に梅田駅構内の「Metro Opus梅田店」に「ugo」を設置し、日本語・英語・中国語・韓国語で来訪者への挨拶や商品案内を実施しました。期間中に6,000件を超える利用が確認できたと同時に、「駅構内放送に反応してしまう」「お客様のリクエストへの対応品質の向上」などの課題も明らかになりました。これらを踏まえバージョンアップを行い、2025年4月から10月まで大阪・関西万博の玄関口となった夢洲駅に「ugo」を再配置し、より多くの人が利用する駅環境下で多言語対話が適切に機能するかを検証しました。

✓ 各社の役割

Osaka Metro: フィールド提供

NTT西日本グループ:

通信環境の提供、導入・保守サービスの提供、プロジェクト統括

NTTドコモビジネス:

「ugo」上で動作する生成AIを活用したサービスの開発

ugo: 「ugo」の提供および技術サポート

(2) 効果

この取り組みにより、駅構内での多言語対応が実現し、訪日外国人観光客を含む多様な利用者への利便性が向上しました。さらに、駅をサービス拠点化するOsaka Metroのプロジェクトにおいて、駅の新たな価値提供や魅力向上に寄与しました。



[図3-1]多言語対応の
案内ロボット「ugo」

※1 案内ロボット「ugo」は、遠隔操作と自律移動が可能な多機能ロボットで、人手不足の解消や業務効率化を支援し様々な業界で活用が期待されている。
<https://ugo.plus/>

1) 農業の自動化を支える2大技術としてのドローンセンシング・ロボット自動化 | NTT技術ジャーナル

2) みどりの食料システム戦略トップページ | 農林水産省

スマートロボットで支える持続可能な農業¹⁾



【1. 事例概要】

企業名: 株式会社NTTドコモ

地域: 国内

サステナビリティに関する効果: 農業の省力化と環境負荷低減

【2. 背景・目的】

日本の農業は、農業従事者全体に占める65歳以上の割合が70%以上であり従事者の急速な減少と深刻な高齢化という課題に直面しています。これにより、従来人手に頼ってきた作業の維持が困難になりつつあります。一方で、農林水産省が推進する「みどりの食料システム戦略²⁾」では、化学農薬や化学肥料の使用量削減、温室効果ガス排出削減など、環境負荷を低減した持続可能な食料生産システムの構築が求められています。このように、農業の現場では人材不足への対応と、環境負荷低減という2つの課題を解決する必要があります。

こうした背景を踏まえ、NTTドコモは「AI×データ分析」と「AI×ロボット」の技術を融合させることで、農業プロセス全体にわたるトータルソリューションの創出をめざしています。特に労働負荷が大きい「除草」と「病害虫対策」に焦点を当て、省力化と環境負荷低減を両立する持続可能な農業の実現に向けた開発を進めています。

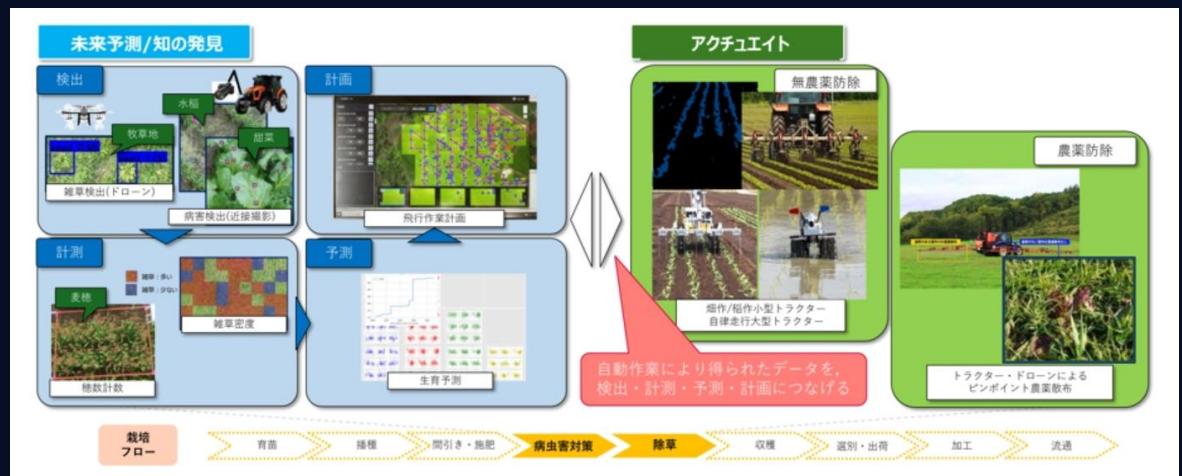
【3. 事例詳細】

(1) 内容

NTTドコモは農業の自動化に向けて、アプローチを大きく2段階に分けて展開しています。第1段階は圃場の状態を「検知・計測」し、得られたデータから「未来予測・知の発見」を行うものです。第2段階は「アクチュエイト」と呼ばれ、立てられた計画や圃場状態に応じて物理的な作業を自動で実行するものです。

この2段階の枠組みのもと、具体的な事例が展開されています。牧草地では、ドローンによる広域空撮と画像認識AI解析を組み合わせ、雑草の位置を検知してピンポイントで除草剤を散布するまでを自動化しました。じゃがいも圃場では、ドローンが圃場全体を撮影し、その画像をAIで解析することで病害株を検出し、位置情報と画像を作業者に通知するしくみを構築しました。

さらに、自律走行型の小型除草ロボットの開発を進め、リアルタイム画像認識と精密走行制御により、化学農薬を使わない物理的除草の実現をめざしています。



[図3-2] 農業ソリューション開発のアプローチ

(2)効果

✓ 牧草地の雑草管理

- ・作業員の経験に頼らず客観的データで効率化
- ・ピンポイントで除草剤を散布し使用量を削減

✓ じゃがいもの異常株認識

- ・病害株を効率的に検出し、人員約50%、作業時間約30%削減

✓ 自律除草ロボット

- ・作物を傷つけることなく自律走行し、除草作業を効率化

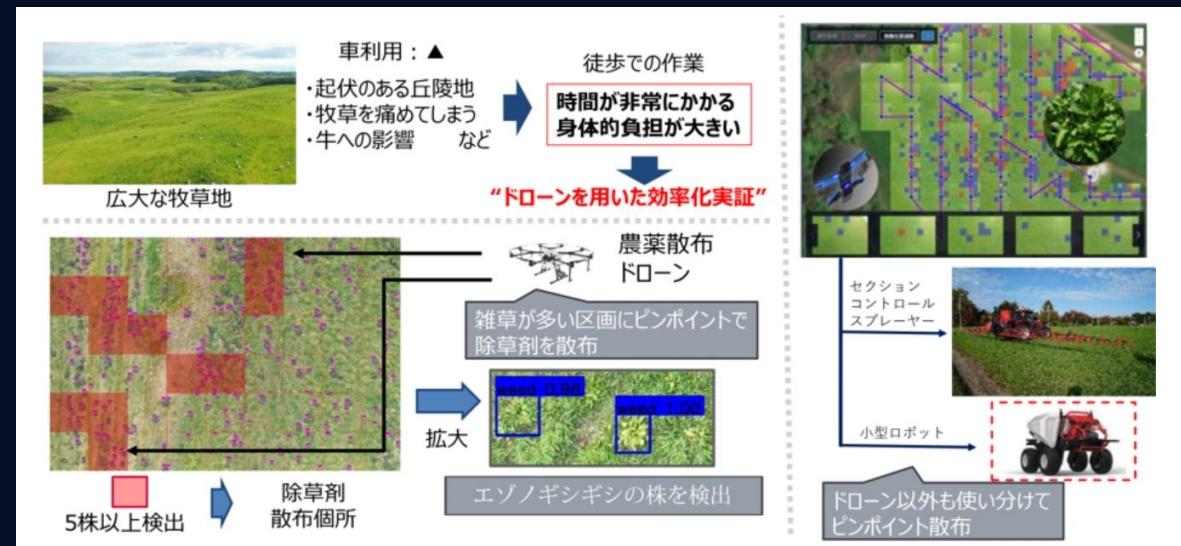
これらの取り組みは、高齢化や人手不足が深刻化する日本農業において、生産者の負担軽減と効率化を実現するものです。また、ドローンによるピンポイント散布により化学農薬の使用量を抑え、環境への負担を軽減しています。

【4. 今後の展開】

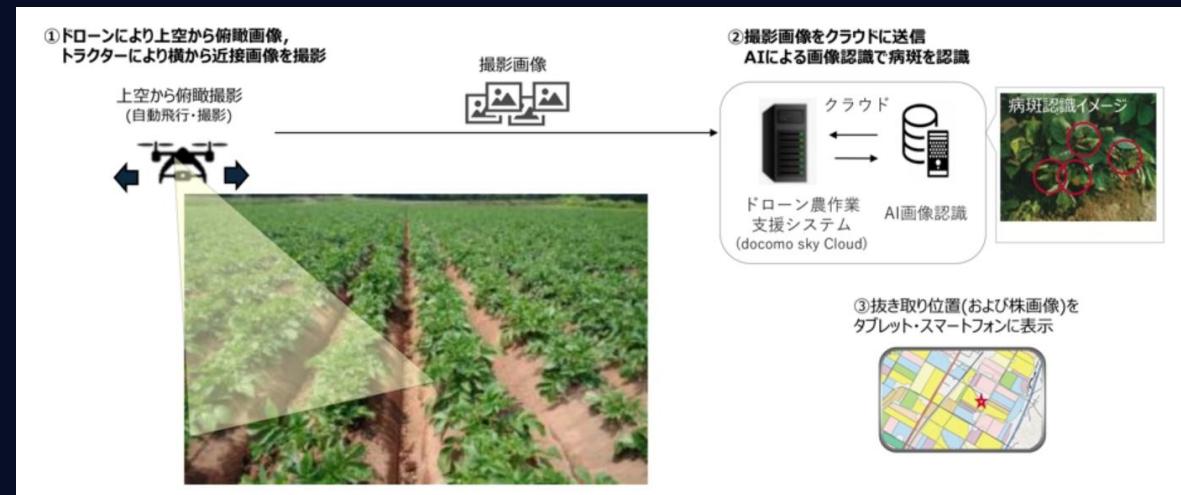
NTTドコモは、開発中の小型除草ロボットを今後実用化し、製品やサービスとして提供していくことをめざしています。さらに、その開発で培った技術を、精密な制御が求められるロボットトラクターなど他の農業機械へ応用することも視野に入れています。

ドローンセンシングについては、対応できる作物や病害虫の種類を拡充し、多様なニーズに応えられるソリューションを展開していく方針です。

これらの技術が広く普及するためには、導入コストや安定動作、操作性などの課題が残されていますが、現場での実証と改善を繰り返し、持続可能な農業を支える実用的なソリューションとして社会実装を進めていく予定です。



[図3-3] ドローンを活用した雑草検出とピンポイント除草



[図3-4] じゃがいもの異常株認識システム

Chapter 4

スマートロボット×サステナビリティ NTT DATAの取り組み

NTT DATAの取り組み①:持続可能な働き方を支えるスマートメンテナンス

～IOWN APN※1を活用した遠隔操作型ロボットによる工場設備点検を検証¹⁾～

NTT DATAでは、人手不足が課題となっている製造業の現場にロボットを導入することで業務効率や生産性を改善し、働く人にとってより良い環境を提供したいと考えています。たとえば、人の作業の一部をロボットが代替することで現場の省人化、省力化を図り、人による対応が不可欠な作業に効率的な人員配置が可能になります。ソフトウェアで制御されたロボットを用いれば、人材育成の期間やコストを省くことができるうえ、作業中の見落としや記録漏れといったミスを防ぐこともできます。また、ロボットは危険な場所での作業や、人にとって負荷の大きな作業を代替する手段としても有効です。そこでNTT DATAは、ロボットを導入して作業者の身体的、精神的負担を軽減することで職場環境を改善し、働く人の満足度向上にも貢献することをめざした取り組みを行っています。

2024年のホワイトペーパーでは、三菱ケミカルグループ株式会社との共創による大型ロボットを活用した工場設備点検の取り組みを紹介しました。配管の振動検知など、ロボットによる異常検知の可能性を検証したものです。その後取り組みをさらに発展させ、NTTドコモソリューションズ株式会社、伊藤忠テクノソリューションズ株式会社を加えた4社共同で新たな検証を実施しました。前回は内部検証中心だった取り組みが、今回は遠隔環境での実用化水準に到達した点が大きな進展です。

4社はIOWN APNやAIの活用によるスマートメンテナンスを実現することで、工場設備を点検する作業員の負担軽減をめざしています。今回、APNを活用したロボットの遠隔操作とAIを活用した映像解析による、工場設備の遠隔点検の検証を行いました。検証の結果、工場壁面上のパイプの亀裂をリアルタイムに検知し、劣化の兆候であるパイプの振動を精密に解析するなど、映像の遅延や画質の観点で、実用化が可能となる高い水準の数値結果を得ることができました。



[図4-1] 本取り組みがめざす工場設備点検の省力化イメージ

※1 APN:All-Photonic Network

日本国内にIOWN構成する主要な技術分野の1つとして、端末からネットワークまで、すべてにフォトニクス(光)ベースの技術を導入し、エンド・ツー・エンドでの光波長パスを提供する波長ネットワークにより、圧倒的な低消費電力、高速大容量、低遅延伝送の実現をめざすもの。

背景

4社は、持続可能な社会の実現に向けて、IOWN Global Forum^{※1}(以下、IOWN GF) の活動に参画しています。4社は、ロボットを遠隔操作して、設備点検を代行する機能や要件を含む Remote Controlled Robotic Inspectionユースケースのリファレンス実装モデルをIOWN GFパートナー企業と一緒に開発してきました。

検証の概要

工場などの製造現場では、設備保全のための定期的な点検が不可欠で、施設規模が大きいと、点検に多くの手間がかかります。また、転落などの危険が伴う高所点検もあります。こうした現場作業員の負担を減らすため、高速かつ超低遅延、広帯域の通信を可能とするIOWN APNの強みを生かした遠隔地からロボットを巡回させるしくみや、リアルタイムな映像を用いたパイプの異常を検知するしくみを検証しました。具体的には、お台場 – 五反田間^{※2}を120km離れたAPN環境として構築し、複数のデバイスから高画質な映像を低遅延で遠隔地に送信し、AI解析による設備の異常検知を検証しました。

※1 IOWN Global Forum

IOWN構想を実現することをめざして設立された国際団体。現在、150を超える企業・団体が参画している。

<https://iowngf.org/>

※2 直線距離は5km程度だが、本検証では、複数拠点を経由したネットワークとして総距離120kmにて通信させた。



[図4-2] 本検証のイメージ

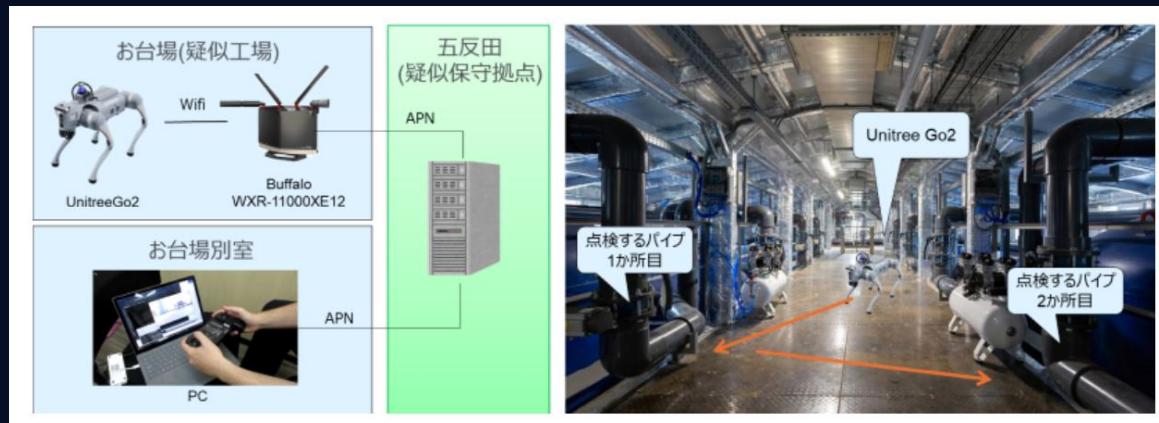


[図4-3] 検証で使用したロボット

(左上)NTTドコモソリューションズが利用したHBA社製
HBA SMART ROBOT
(右下)NTT DATAが利用したUnitree製犬型ロボット

検証内容と結果

NTT DATAはこれまで蓄積してきたコンピュータービジョンに関する技術と、最新のロボットを組み合わせることで、遠隔地にある設備を自動点検・監視する構想の実現をめざしています。今回の検証では、Unitree製の犬型のロボットUnitree Go2を遠隔操作し、ロボットに備え付けられているカメラから撮影された映像をもとに、検査対象物であるパイプの振動をAIで解析しました。パイプの異常振動は、劣化や破損の兆候を示す重要なデータです。これまで作業員が目視や音で判断していた点検作業は、作業員の熟練度に依存しており、見落としや誤判断のリスクの軽減を進める必要があります。本検証では、人工的に発生させたパイプの振動が、ロボットが撮影した映像から精度高く解析されるかの検証を行い、遠隔操作と映像解析共に設定していた目標値を達成する結果となりました。



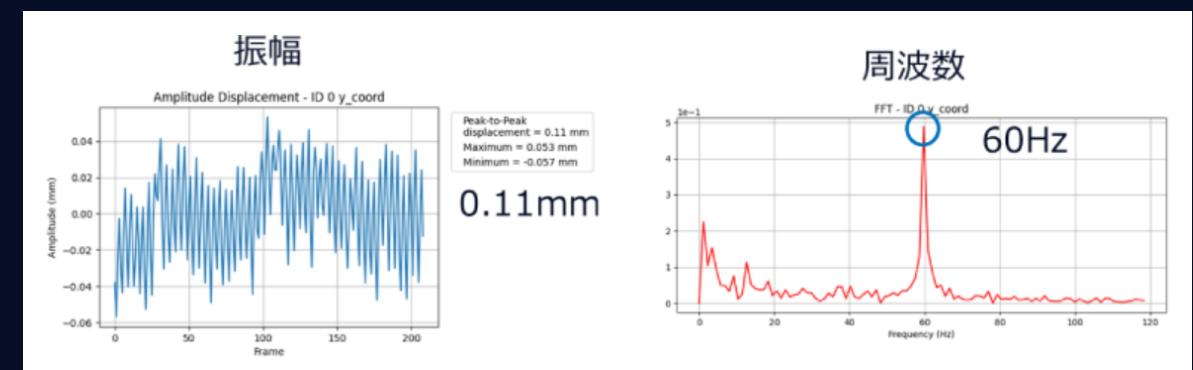
[図4-4] NTT DATAの検証イメージ

✓ 遠隔操作

拠点間のAPNにロボットは問題なく接続できました。また、ロボットのカメラからオンデマンドに配信される映像は、遠隔地のPCに作業者が遅延を感じることなく操作でき、作業者が映像を見ながらPCのキーボードやリモコンでロボットを遠隔操作できることを確認しました。

✓ 映像解析

ロボットのカメラが認識・撮影した、パイプの映像から振動の有無を解析しました。ロボットは、マーカーから解析対象のパイプを認識しており、パイプの認識違いはありませんでした。また、映像解析からパイプの振動振幅と周波数を取り出すこともできました。ロボット自体もモーターなどで振動している中ではありますが、問題なく映像からパイプの振動を解析でき、パイプが振動している時間を特定することができました。この結果を受けて、実用レベルの参考値として指定した振幅0.1mm、周波数60Hzを解析できることを、三菱ケミカルと確認しています。



[図4-5] パイプの振動解析の結果

1) ロボットを活用した工場での異音検知技術の現在地 | DATA INSIGHT

その後のPoC¹⁾

4社共同検証では、遠隔操作や映像解析の有効性を確認し、工場設備点検の高度化に向けた技術的な成果を得ました。得られた成果を踏まえ、NTT DATAは三菱ケミカルの製造現場においてPoCを実施し、リアルタイム音響検知・定位技術を用いたモーター異常音の検知にも取り組みました。

まず、正常なモーター音の発生有無と方向を推定できるかを検証し、平均誤差19.3度という精度で音源方向を特定できる結果を得ました。続いて、正常音と異常音を聞き分け、それぞれの発生有無と方向を推定する検証を行い、平均誤差17.2度、F値83.5%、recall値90.3%という成果を確認しました。これにより、人間の耳では判別が難しい音の違いを捉えられることを示し、従来人の経験や五感に依存していた点検作業を高精度かつ安全に代替できる可能性を確認しています。

今後について

今回の成果を踏まえ、ロボットの遠隔操作や解析の高度化、さらなる遠距離環境でのシームレスな映像配信の実現に向けた検討を継続します。複数のロボットやデバイスを用いた映像・音・振動などの環境情報を同時に取得し、マルチモーダルAI^{*1}解析を行うことで、遠隔地現場の様相を高精度かつリアルタイムに把握できる世界の実現をめざしています。これにより、点検作業における作業員の負担を大幅に軽減できる他、危険を伴う高所作業での安全性向上など、製造事業者が抱える課題の解決へつながります。

NTT DATAは最新のロボットとAI技術をベースにした「Smart Robotics」を強みとして、化学事業者をはじめ、製造・インフラ事業者との協業をさらに拡大し、課題解決に貢献していきます。

※1 マルチモーダルAI

実現したい内容に応じて、様々な種類の入力情報を利用して統合的に判断ができるAI



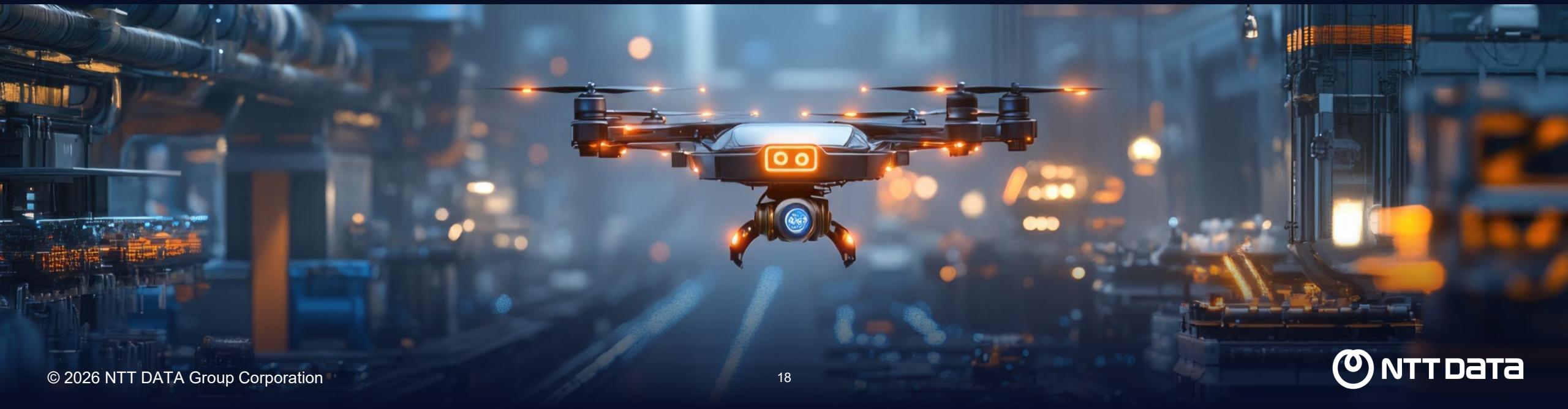
NTT DATAの取り組み②:スマートロボット技術を活用したドローンによる災害対応

気候変動の影響により自然災害の頻度と規模は年々増加傾向にあり、社会全体としてのレジリエンス強化が急務となっています。

NTT DATAでは、こうした社会的課題に応えるべく、総合防災ブランド「D-Resilio¹⁾」の名の元、グループ一体となって全国各地の様々な業種の災害対応を行うお客さまを支援しています。D-Resilioは、災害の予防・事前対策から初動対応、応急対応、復旧・復興まで、あらゆるフェーズに対応可能なデジタルソリューションを提供しています。

その中で、スマートロボット技術を活用したドローンによる災害対応支援も行っております。防災ドローン自動航行システムにより、「ワンストップでの航路設定・自律飛行制御」、「取得映像の統合・解析」、および「マルチプラットフォームによる機体の有効活用」などを実現し、被災状況調査を「安心・安全」かつ「最低限の人的負担」での実施をサポートしています。

ここでは、初動対応から応急対応のフェーズにおけるドローン活用の取り組みを紹介します。前提となる自動監視システムの概要を踏まえつつ、そのしくみを活用した具体的な事例として、河川巡視と原子力発電所周辺巡回の取り組みを取り上げます。



災害対策のための自動監視システム

大規模な災害が発生した際には、被災地域の被害を最小限に抑えるため、迅速かつ正確な状況把握が不可欠です。しかし、人による現地調査は危険が伴い、被害の影響を受けやすく時間もかかるため、効率的かつ安全な代替手段が求められています。

D-Resilioの自動監視システムは、防災・減災を目的とした被災状況調査ソリューションです。複数のドローンの自律飛行による広域監視とリアルタイム映像伝送により、迅速な状況把握と対応判断を支援します。

✓ 主な特徴

- ワンストップでの経路設定と自律飛行制御(airpalette UTM^{※1}搭載):

運用管理システムにより複数のドローンを飛行制御し、3D地図上で最適なルートを計画することが可能です。風速などの気象情報と連動したリアルタイムデータを反映し、また、防災ヘリコプターなどの有人機との衝突を回避しながら、安全な運航を実現します。

- ドローン搭載カメラで撮影した映像の統合管理、解析:

LTEや無線通信によるリアルタイム映像伝送により現場状況を即時に把握でき、また、AIアルゴリズムにより画像・映像から異常検出や物体検出などの高度な解析を自動で行います。さらに、レポートの自動生成や災害評価に必要な情報抽出などを通じて、より精度の高い状況把握と的確な意思決定が可能です。

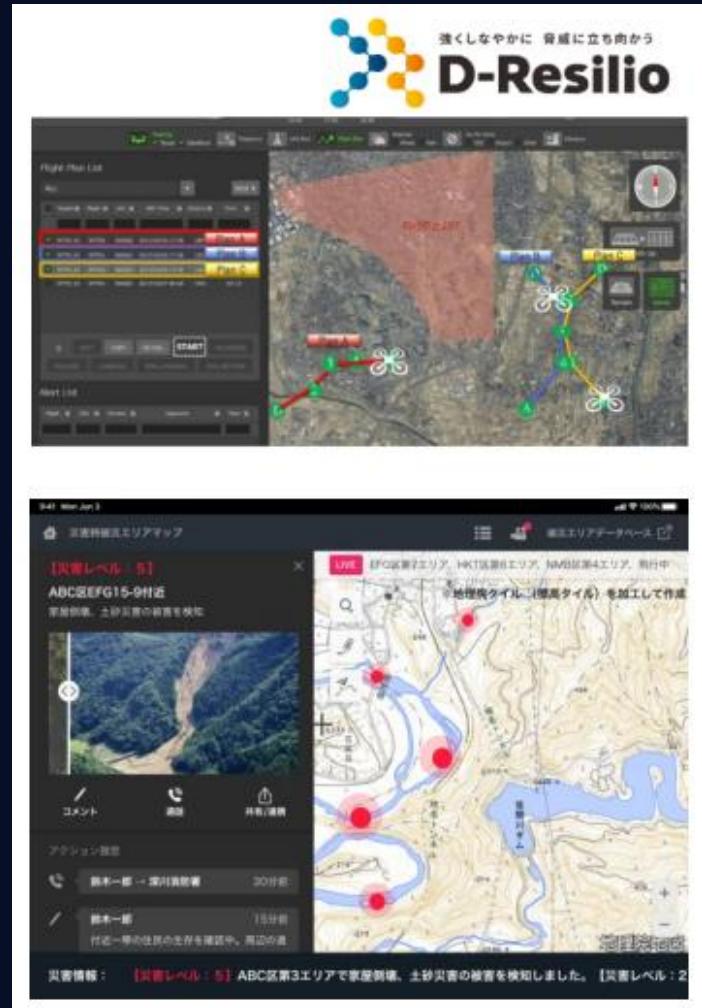
- 幅広いドローンの機種に対応:

産業用ドローンから小型機まで幅広い機種に対応しており、既に所有しているドローンを活用した無線操縦飛行から遠隔自律飛行への展開も可能です。防災、減災に関する利用者の要望に応じて、柔軟に機能を組み合わせニーズに合ったソリューションを提供します。

これにより、安全・安心で人的コストを最小限に抑えた被災状況の把握を支援します。

※1 airpaletteUTM®

日本国内におけるNTT DATAの登録商標である、ドローン運航管理システム



[図4-6] 自動監視システムのデモ画面

【事例①：河川巡視・点検におけるドローン活用¹⁾】

河川の巡回に2種類のドローンを用いた、国土交通省北海道開発局の事例を紹介します。

✓ 状況と課題

災害時には、河川施設や周辺地域の被害状況を迅速かつ安全に収集することが求められます。しかし従来の車両による巡回では広域調査に時間がかかり、詳細な確認との両立が難しいという課題がありました。

✓ 取り組み

NTT DATAは国土交通省北海道開発局の「第4回 現場ニーズと技術シーズのマッチング事業」に採択され、2023年10月に石狩川・千歳川において自律飛行ドローンを用いた災害時などの河川巡視・点検の実証実験を実施しました。

石狩川では、広域調査への活用を想定して長距離・高速で飛行可能なドローンであるVTOL^{※1}、千歳川では、詳細調査への活用を想定して回転翼ドローンの実証飛行を行いました。

- ・事前に設定した飛行ルートに従って河川上空においてVTOLを自律飛行させ、河川関連施設などの状況を迅速に確認する技術の有効性を検証しました。
- ・ドローン運航管理システム(airpaletteUTM[®])による、異なる種類・メーカーのドローンを離れた場所で同時に自律飛行させる際の、ドローンの運航管理などに対する有効性を検証しました。

※1 VTOL(Vertical Take Off and Landing)

ヘリコプターのように垂直離着陸ができ、かつ固定翼機のような高速巡航も可能な航空機

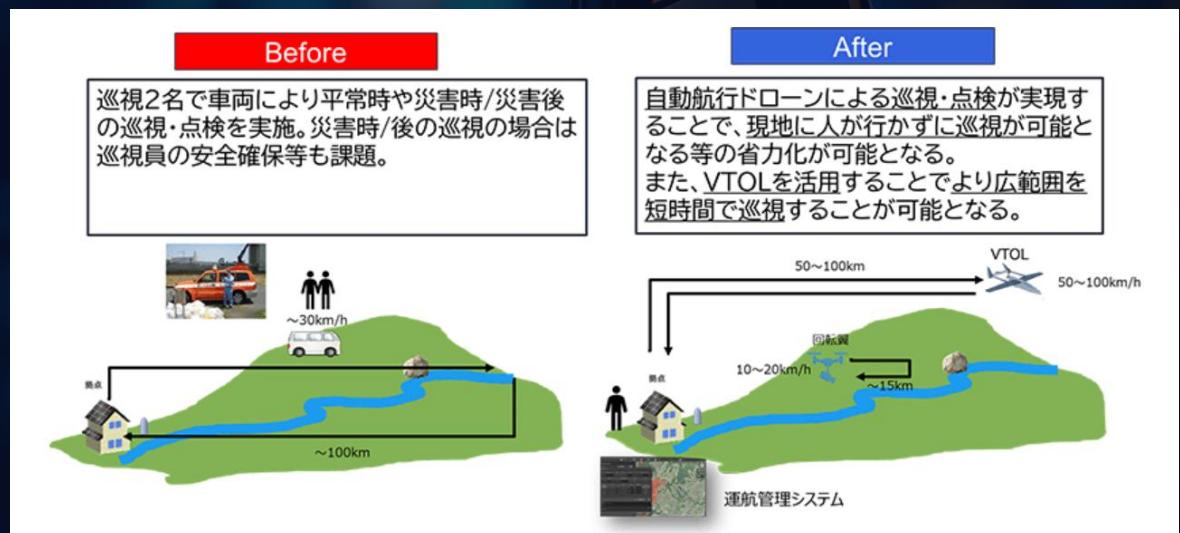
1) ドローン2機の同時自律航行に成功、河川巡視・点検における広域調査を実現 | NTT DATA

✓ 実証結果

北海道石狩川の美原大橋から垂直離陸したVTOLは、たっぷり大橋まで飛行し折り返し、離陸場所へ戻るまで、延べ約30kmの行程を正確に自律飛行することができました。また、河川施設の動画・静止画を取得し、それらが災害状況の把握に有効であることも確認されました。

加えて、airpaletteUTMにより、同時に異なる場所を自律飛行するVTOLおよび回転翼ドローンの把握・管理などができることも実証されました。

さらに、広域調査にVTOLを活用することで河川30kmのパトロール時間を従来の車両による1~2時間から約30分へ大幅に短縮することが可能になりました。



[図4-7] ドローン活用により期待される効果

【事例②：原子力発電所巡回システム】

地震などの災害時に原発周辺住民の避難経路計画を支援するソリューションとして、愛媛県の事例を紹介します。

✓ 状況と課題

原子力発電所周辺で災害が発生し異常が検出された場合、自治体は住民を迅速かつ安全に避難させる必要があります。しかし、避難経路計画のために道路の被害状況を車両で確認するには多くの時間がかかり、避難誘導の遅れにつながる恐れがあります。こうした課題に対応するため、愛媛県では、原子力災害時の住民の円滑な避難に資する体制の構築をめざしています。

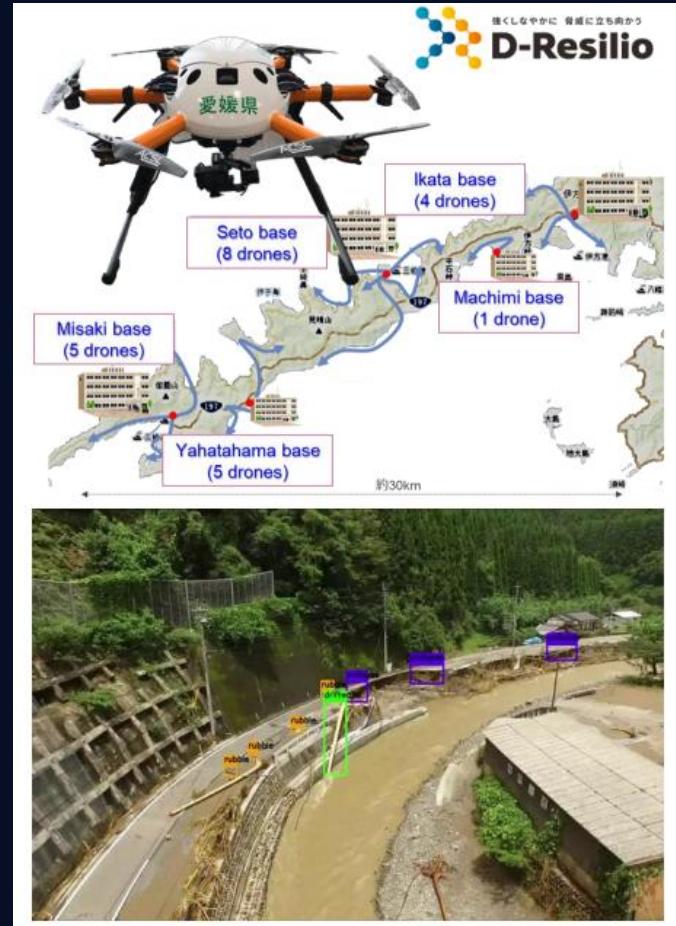
✓ 取り組み

NTT DATAは、オペレーターが複数の緊急用ドローンをリモートで管理・操作し、無線ネットワークやLTEを通じて送信される映像を分析できるソリューションを提供しました。

- ・飛行制御:airpaletteUTMによるワンストップでの経路設定と自律飛行制御
- ・データ収集・解析:ドローン搭載カメラで撮影した動画を一元管理し、AIが被害状況を迅速に評価
- ・避難支援:道路被害の把握を効率化し、住民の避難経路計画を支援

✓ 効果

愛媛県内の5拠点に23台のドローンを配備することで、約120kmの避難経路を1時間以内に巡回できる見込みです。従来の車両によるパトロールと比較すると、ドローンの活用により20%の時間と労力を削減でき、住民の安全な避難を支援する効果が期待されています。



〔図4-8〕原子力発電所巡回システムのデモ画面

以上のように、NTT DATAは、スマートロボット技術を活用したドローンにより、災害対応における迅速な状況把握と、安全かつ適切な対応を支援するしくみを実現しています。また、これらの取り組みは、気候変動に起因する自然災害へのレジリエンス向上にも寄与しています。今後も技術革新と社会実装を推進し、持続可能で安全な社会の実現に寄与していきます。

おわりに

本ホワイトペーパーでは、スマートロボット技術の進化と社会的意義について整理しました。スマートロボットは、製造・物流・防災・農業・医療・サービスなどの多様な分野で活用が進んでおり、労働力不足や災害対応といった現代社会が抱える複雑な課題に対しても、柔軟かつ持続可能な解決策を提供する存在として注目されています。近年では、AI技術などの進化に伴い、ロボットはより高い自律性と協調性を備えるようになっています。一方で、スマートロボットの活用には、導入段階での制度整備やコスト面の課題に加え、雇用、倫理、環境負荷といった社会的課題への対応も求められます。

Chapter 3、4で紹介した取り組みは、スマートロボットの社会実装に向けた実践的なアプローチであり、技術が社会にもたらす価値を具体的に示すものとなっています。

スマートロボットは未来の社会インフラとしての可能性を秘めており、今後さらに多くの領域で活用が進むことで、より豊かで持続可能な社会の実現に貢献していくことが期待されます。



NTT DATAは先進のテクノロジーで、先見の事業変革をお客さまとともに実現します



※本レポートは2026年1月5日時点の情報を元にNTT DATAが主となって作成しています