

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

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2024年12月1日時点で閲覧したWeb情報等を元に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/>



Chapter 0

はじめに

近年、サステナビリティへの関心・重要性は高まり続けており、サステナブル投資は主流となっています。NTT DATAでも全社・技術革新統括本部ともに様々な取り組みを実施しています。一方で、普段携わっている業務や技術がサステナビリティとどのように結びつくのか、どのように活かしていけるのか、うまくイメージしきれていない方も多いのではないのでしょうか。

本ホワイトペーパーでは、身の回りの技術とサステナビリティとの関連を知ることを目的に、「技術」観点で、テクノロジー×サステナビリティのトレンドや具体事例などを紹介します。10個のテーマを扱う予定であり、今回は「スマートロボット」に注目します。

スマートロボットは製造業などで生産工程の自動化と効率化を進め、作業の精度や生産性を向上させます。これにより、「産業と技術革新の基盤を作ろう」や「働きがいも経済成長も」などのSDGsに貢献します。しかし、運用にはエネルギー消費や資源使用が伴い、環境への配慮が必要です。再生可能エネルギーやエネルギー効率の向上、ロボットの長寿命化が重要なテーマとなります。こうした課題を考慮し、スマートロボットの概要とサステナビリティとの関連、事例を見ていきましょう。

Chapter 1

スマートロボットの概要

学び、考え、進化するスマートロボット

スマートロボットとは

「ロボット」と聞くと皆さん何を想像するでしょうか。人によっては家庭的なお掃除ロボットをイメージするかもしれませんが、工場で使われるような産業用ロボット、ドラえもんのような未来のロボットを思い浮かべるかもしれません。近年、最新の技術の活用によってロボットの機能や性能は著しく向上しています。例えば、以下のような技術が活用されています。

- ✓ **コンピュータビジョン**: コンピュータが画像データや動画データを解析し、人間のように実世界を理解する技術。障害物検知や物体の認識などが可能となる。
- ✓ **通信技術**: IoT(Internet of Things)を用いて、様々なものやロボット同士を連携する技術。データのやり取りや遠隔操作が可能となる。
- ✓ **AIと機械学習**: 既存のデータから学習、予測することで、未知の環境や状況にも対応可能となる。

上記はあくまで一例であり、他にも様々な最新技術が活用され、日々新しいロボットが開発されています。これらのロボットは当たり前のように日常に入り込み、私生活や業務で利用されています。

ロボットの中でも、上記のようなIT技術を駆使したロボット、特にAIを活用したロボットはスマートロボットと呼ばれることが多く、様々な研究や開発が行われています。その名の通り、「賢い」という意味も込められています。



スマートロボットの技術的特徴

スマートロボットの種類や活躍の場はとても広く様々です。特徴も同様に様々ですが、「スマートロボット」とセットで語られることが多い特徴をいくつかご紹介します。

- ✓ **自立性**: ロボットといえば、予め設定されたプログラムに基づいて動作するものが基本でした。近年のロボット、スマートロボットは、リアルタイムで周囲の状況を把握・学習し、最適な行動を選択します。例えば、ロボット掃除機はセンサーを用いて部屋のレイアウトなどを学習することが可能です。それによって、効率的な掃除ルートの計画や掃除スケジュールの提案まで行ってくれます。
- ✓ **柔軟性**: 従来の産業ロボットは特定のタスクに特化していますが、スマートロボットは異なる状況に適応する能力を持っています。たとえば、協働ロボット(コボット)は、製造現場で人間と共同作業を行い、タスクごとに動作を変更できます。
- ✓ **協調性**: スマートロボットは、人との連携、ロボット同士の連携が可能です。連携して作業することによって、安全性や効率性を高めています。特に、物流や製造ラインでの人との協調、ロボット間の協調作業は、労働力不足の改善に大きく貢献しています。

スマートロボットとサステナビリティ

ここまで、スマートロボットとは何かについて説明してきました。それでは、スマートロボットはサステナビリティとどのような関係があるのでしょうか。3つの観点で関係性を見ていきましょう。

(1) 労働力不足・人手不足

日本を始めとした多くの国々では高齢化社会が進んでいます。それに伴って、労働力不足・人手不足といった問題も深刻化しています。スマートロボットは、特に介護や医療、製造業や建設現場などでの活用が進んでいます。労働力不足の改善に一役買い、作業効率を向上させることができます。



例えば、介護支援ロボットは、高齢者の移動支援や見守りを行うことで介護職員の負担を軽減し、より多くの高齢者を支援することができます。また、物流業界では、スマートロボットが倉庫内でのピッキング作業や商品搬送を自動化し、作業員の作業負担を減らします。現地・現場でしかできない業務を遠隔化・自動化することで、人手不足を解消するとともに、より多くの人が多様な働き方、職種を選びやすい社会の実現を目指すことができます。

(2) エネルギー効率の向上と環境負荷低減

スマートロボットは、AIやセンサーを使って動作を最適化するため、エネルギー消費を効率化することができます。例えば製造業では、生産ラインを最適化することでエネルギー消費や廃棄物発生を削減します。また、ロボット掃除機や家電製品では、効率的な動作計画を立てることで省エネに貢献します。さらに、移動型ロボットやドローンを活用することで、輸送の効率化やエネルギー消費の削減にも繋がり、CO₂排出量の削減にも寄与します。

(3) 廃棄物とリサイクル

スマートロボットは、廃棄物の選別やリサイクルにも貢献します。例えば、ロボットによる自動分別システムを用いて、リサイクル可能な資源を効率よく回収することができます。AIやセンサー技術の活用により、廃棄物のリサイクル可否を判断することも可能でしょう。これにより、資源の無駄を減らし、持続可能な循環型社会の実現に貢献します。

このように、スマートロボットは単なる効率化ツールにとどまらず、環境への負荷軽減や社会的課題の解決に寄与する点でも重要な役割を果たしています。Chapter2では、特にスマートロボットとサステナビリティの関係性に注目しつつ、そのトレンドを紹介します。



Chapter 2

スマートロボット トレンド

マクロ動向

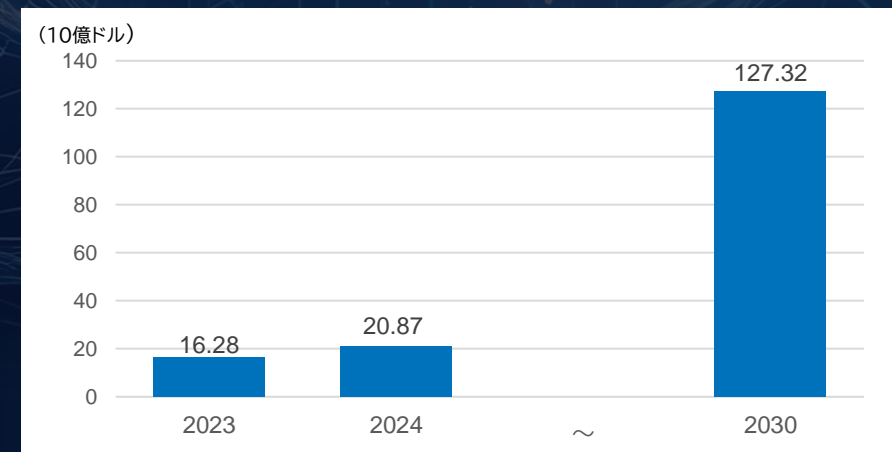
2024年のロボット市場は世界で428億2,000万ドル¹⁾、スマートロボット市場は208億7,000万ドル²⁾と試算、AIの進化にともない、様々な用途のスマートロボットが普及

ここでは、まずはロボット市場の規模を見ていきましょう。ロボット市場は世界規模で拡大傾向にあり、2024年には428億2,000万ドルに達すると予測されています(図2-1参照)。この試算では、産業用ロボットとサービスロボットそれぞれの市場規模が調査されています。この調査から、特にサービスロボットの市場の伸びが著しいことがわかります。また、サービスロボットの分野では、2024年から2028年までの年平均成長率(CAGR)が11.25%¹⁾と、安定した成長が見込まれています。それでは、スマートロボット市場はどうでしょうか。別の調査を見てみると、スマートロボット市場もやはり世界規模で拡大傾向にあることがわかります。2024年の市場規模は世界で208億7,000万ドルと見込まれています(図2-2参照)。

生成AIを始めとした各種技術の発展に伴い、ロボット市場もスマートロボット市場も今後さらに拡大していくと考えられます。



【図2-1】ロボット市場見通し(世界)¹⁾



【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

新型コロナウイルス感染症のパンデミックにより、スマートロボットの需要が拡大

ロボット市場の成長の要因の1つに、新型コロナウイルス感染症の世界的な流行が挙げられます。皆さんご存じのように、新型コロナウイルスの流行は人々の生活を劇的に変えました。人との接触の制限、リモートワークの推進、衛生観念の意識の高まり、といった生活スタイルの変容に伴って、様々な分野でスマートロボットの需要が高まりました。以下にいくつかの例を挙げます。

- ✓ **ヘルスケア:** ウイルスの感染を避けるため、医療現場を中心にロボットが使われました。投薬、病室の消毒、リモート診療など、様々な用途で活躍しました。
- ✓ **製造とサプライチェーン:** コロナウイルスの流行に伴うステイホームの広がりにより、製造工程の自動化が進みました。また、オンラインショッピングの需要が高まったことにより、倉庫や配送にもロボットの導入が加速しました。これらのロボットは人との接触が制限される中での物流に大きく寄与しました。
- ✓ **配膳・清掃等:** ホテルやレストランなどでは、料理を届けたり掃除をしたりするロボットが登場しています。



日本でも様々な分野で多種多様なロボットが活躍

新型コロナウイルスの影響による需要拡大に限らず、様々な分野で多種多様なロボットが登場し、活躍しています。

以下にいくつかの例を紹介します。

[表2-1] 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

	ファナック株式会社 ¹⁾	三菱電機株式会社 ²⁾	清水建設株式会社 ³⁾	アイロボットジャパン合同会社 ⁴⁾	本田技研工業株式会社 ⁵⁾
ロボットの例	協働ロボットCRX	MELFA	Robo-Buddy	Roomba Combo 10 Max	ASIMO
概要	CRXは、設置や操作が簡単な協働ロボットです。工場などで活用され、安全や効率化に貢献します。人に接触すると軽い力で安全に止まり、簡単に操作可能・ロボットが初めてでもすぐに使える点が特徴です。	MELFAは、工場での生産工程の自動化を図るFactory Automationのためのロボットです。高精度・高効率を実現し、高生産・高品質な次世代のものづくりの実現に貢献します。	建築工事現場の生産性向上等のために用いられるロボットの1つがRobo-Buddyです。2本のロボットアームを搭載した移動ロボットであり、天井や床材を施工することが可能です。	Roombaは主に家庭で用いられるロボット掃除機です。AIやスマートナビゲーション技術、スマートホームとの統合など多彩な機能を有しており、ユーザーはより効率的かつ手軽に掃除を行えるようになっています。	ASIMOは人型ロボットであり、周囲の人の動きに合わせて自ら行動するための知的能力・身体能力を備えています。これらの歩行補助ロボットなどの開発を通じて、スマートロボット分野での革新、技術開発を進めています。
ロボットのイメージ (画像は各社ページより)					

Chapter1でも説明した通り、スマートロボット市場の拡大は生産性の向上や業務の効率化を促進し、環境負荷の削減、エネルギー効率の最適化、資源循環の強化など、サステナビリティの目標達成に貢献しています。また、高齢化社会における介護支援や、労働力不足の解決にもつながり、社会全体の持続可能な発展を支える重要な要素となっています。Chapter3で具体的な取り組みの事例をご紹介します。

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

自律型ロボットの連携システムで 建設現場の省人化を実現¹⁾



【1. 事例概要】

企業名：清水建設株式会社

地域：国内

サステナビリティに関する効果：生産プロセス改革

【2. 背景・目的】

働き方改革が進む中、建設業界では生産性向上と将来の担い手確保が課題となっています。こうした中、清水建設は建設現場の省人化と効率化を目指し、最先端技術を搭載した自律型ロボットが連携するシステム「シミズ・スマート・サイト」を本格導入しています。このシステムは、建設現場での実稼働経験を基に改善を重ね、搬送や溶接、仕上げ作業などの過酷な条件下での作業をロボットが代替することで、省人化を進めています。

【3. 事例詳細】

(1) 内容

シミズ・スマート・サイトは、BIM^{※1}と連動させた自律型ロボットが現場で人と共に建物状況に合わせた作業を行うシステムです。このシステムは重労働や繰り返し作業を軽減し、生産性を向上させるとともに魅力的な現場づくりを目指しています。開発されたロボットには資材搬送ロボットや溶接ロボットなどがあり、いずれも自律的に移動し対象物を認識して作業を行い、複数のロボットが連携して作業を進めることもできます。これらのロボットは「Robo-Master」と呼ばれるクラウド管理システムで統合され、同時に8000台を400カ所の異なる場所で制御できます。このシステムにより現場での効率化と精度の向上が実現されます。

ここではシミズ・スマート・サイトで活躍中のロボットのうち2つを取り上げてご紹介します。

✓ 溶接ロボット「Robo-Welder」

現場溶接作業では、溶接技能者の不足と高齢化が課題で、全国のAW有資格者は約1000人、40代を中心に60代や70代の技能者も活躍しています。また建物の高層化に伴い、板厚や柱サイズが大型化し、溶接長が増加しています。自動化の需要は高いものの、作業環境が機械に適しておらず、床耐荷重の制約や横向き姿勢での溶接の難しさ、また柱サイズや建方精度によって機械作業がうまくいかないこともありました。

これらの問題に対処して開発された溶接ロボット「Robo-Welder」には次のような特徴があります。

- ・6軸ロボット
- ・超高精細インラインプロファイル測定器
- ・高精度で自由なウィービング動作
- ・1パス毎に狙い位置修正、溶接条件の計算

※1 BIM: Building Information Modeling

建物の3Dモデルを作るためのプログラム。建物を立体的に見て情報を集約することにより、設計・工事など建築に関わる様々な人の情報共有が容易になる。

専用の走行台車上にセットされたロボットを所定の位置まで誘導すれば、作業員の介在なく完全自動溶接を行うことができます。

例として、ロボット4台、オペレータ2名で作業した結果、溶接技能者1名で作業するのと比較して作業効率(1日に実施できる溶接長)が64%向上しました。

✓ 耐火被覆吹付ロボット「Robo-Spray」

半乾式吹付ロックウール工法は粉塵の飛散などによって作業環境が悪く、苦渋作業となっています。生産性が上がり、将来的な人員不足も懸念されていることから、これらの改善を目的に耐火被覆吹付ロボット「Robo-Spray」が開発されました。

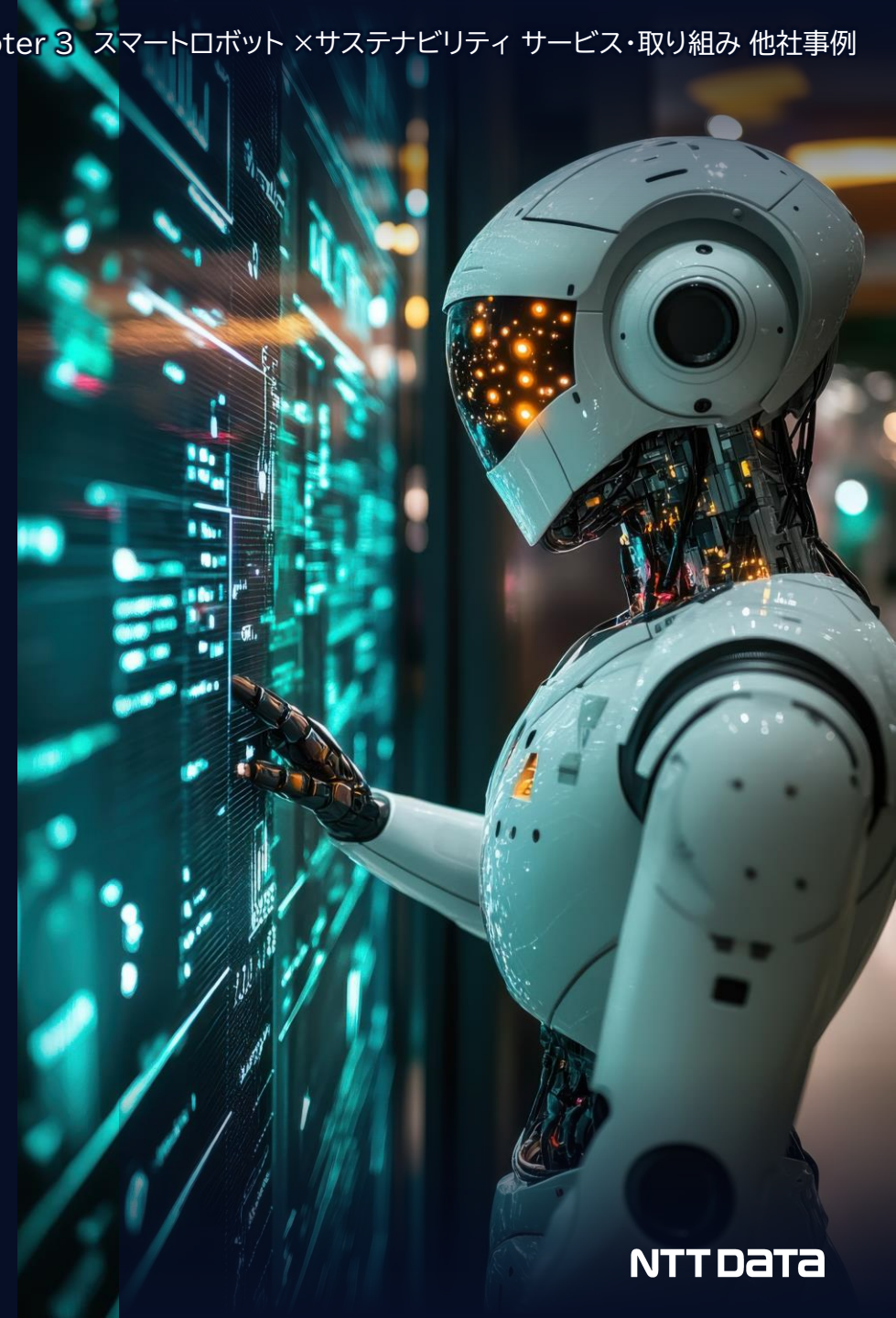
タッチパネルから鉄骨梁の断面図形状、梁天端の高さ、吹付ノズルの作動速度、吹付角度などを設定することで、ロボットアームがノズルの角度や鉄骨梁との相対位置、作動速度を適正に保ちながら吹付を行い、梁の両脇、梁下に吹付を行います。鉄骨梁には設備配管用の貫通孔が、骨梁には設備配管用の貫通孔が設けられていますが、径や位置情報を入力することで回避した吹付が可能となります。

ロボットを使うことで一人あたりの生産性が約30%向上しました。今後電動走行機能を付加することで、生産性の更なる向上が見込めます。

(2) 効果

これらのロボットの連携により建設作業の生産性向上と効率化を実現し、次世代建築生産システムの実現に向けて着実に前進しています。さらに、これらの技術は持続可能な建設業の実現をサポートしています。ロボット技術の導入により、建設現場の効率化はもちろんのこと、省人化、安全性の向上なども実現できると考えられます。

(1) サービス内容



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

AIロボットによる働き方改革－最新施設点検の事例から¹⁾

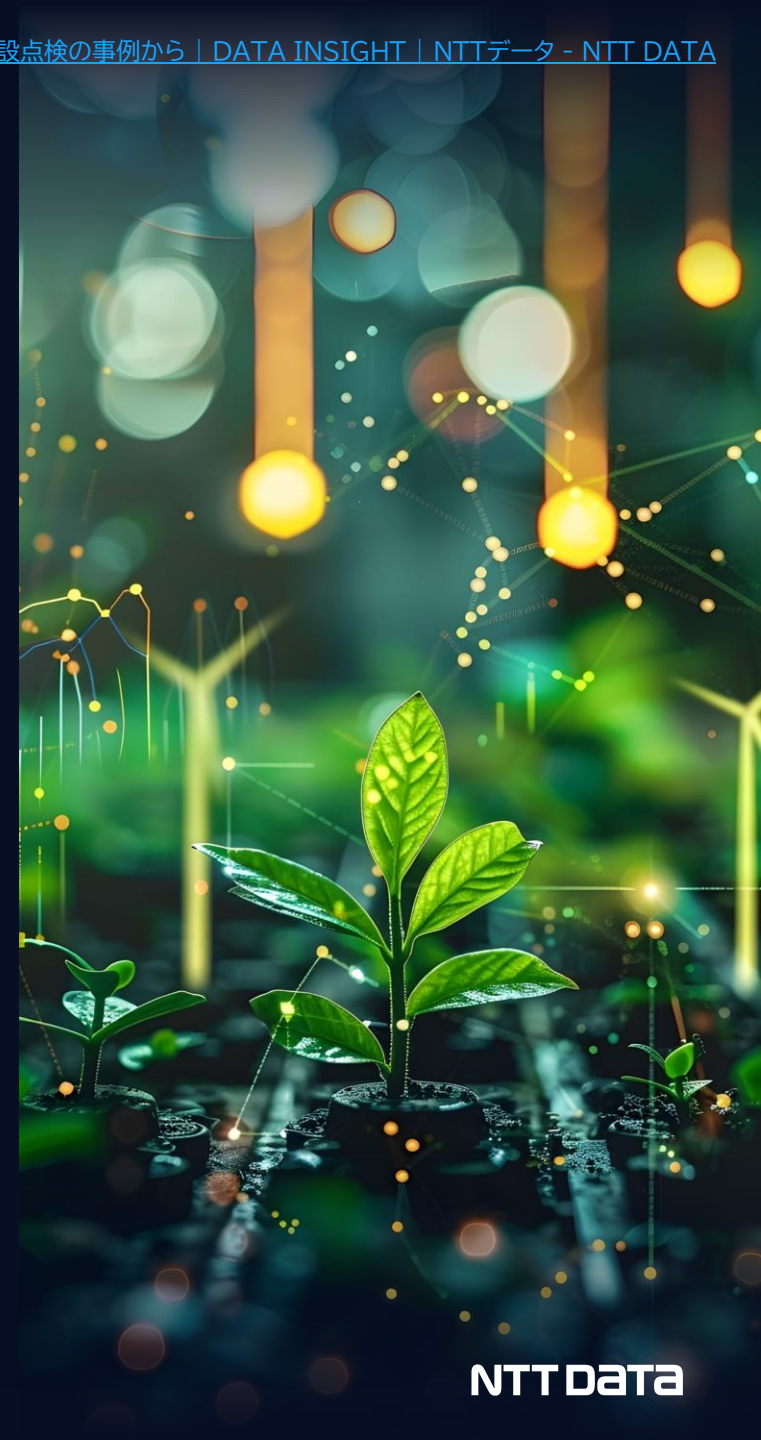
ロボットとAIの進化

ここまでご紹介してきたように、近年、最新のAI技術を活用することでロボットの機能や性能が著しく向上しており、様々な分野でスマートロボットは活躍しています。NTT DATAでも、様々な取り組みを実施しています。その一例として、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紹介します。ここまでも見てきたように、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なのです。

ロボットによる施設の異常検知

NTT DATAでは、Smart Roboticsを活用した工場の設備点検、および異常検知の自動化に取り組んでいます。製造現場では、設備の維持のため定期的な点検が不可欠です。しかし施設の規模が大きくなれば点検対象が増え、対応により多くの手間や時間がかかります。また、高所や低所、狭い場所は点検がしづらく、転倒や転落などの危険が伴う場合もあります。

そういった現場の負担を減らすため、NTT DATAはアクティブセンシングを活用したロボットによる設備点検の仕組みを検討、開発しています。ロボットが自律的に施設内を移動し、点検対象を撮影した動画データをもとに分析を行い、異常を検知した場合には作業者に通知する仕組みを構築しようとしているのです。

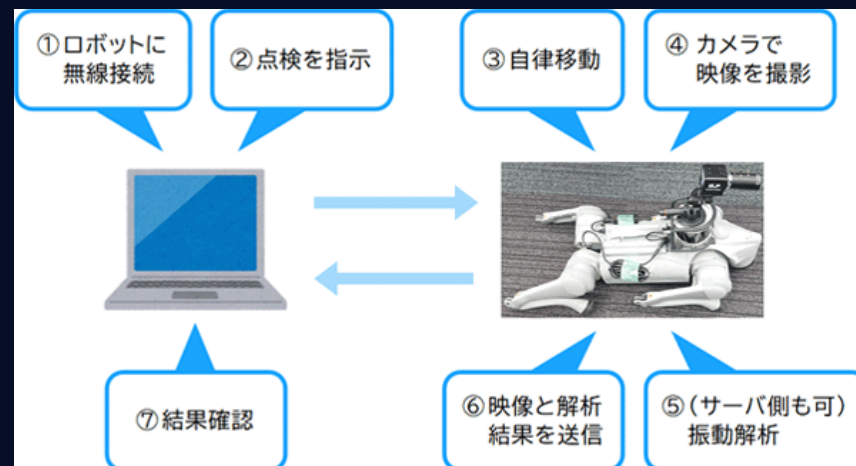


なお、この取り組みは、製造現場の働き方改革をめざす三菱ケミカル株式会社(以下、三菱ケミカル)との共創活動によるもので、三菱ケミカルの生産技術者の方々が持つ工場の異常検知・予測に関する知見と、NTT DATAのロボット・コンピュータビジョンにおける技術力をもとに、AIを活用したロボットのコンピュータビジョン、およびロボットの制御技術の開発を進めています。本検討では、軽量で安定した運動性能を持ち、高度なセンシング機能を有する4足歩行の犬型ロボットを選定し、実証に向けた内部検証を進めています。

ユースケースとして施設内の設備を構成する「配管の点検業務」を設定し、配管に異常な振動が発生していないかどうかをロボットが自律的に点検する仕組みを構築しました。また、配管を模したパイプを複数用意し、一部のパイプにわずかな振動を発生させることで固定されたパイプとの解析結果の違いを検証しました。点検対象のパイプにあらかじめIDや位置座標の情報を組み込んだARマーカを設置しておくことで、作業者がPCから指示を出すだけでロボットが自律的に対象物の位置を推定し、点検作業が実行できるようになります。ロボットは、自動で検証エリアを巡回し、搭載されたカメラで読みとったマーカの情報からパイプの位置を調整し、撮影した動画データをもとに解析を行います。解析はロボットの背中にある小型のPCで実行され、最終的に点検時の映像と解析結果が点検の指示を出したPCへ送信されます。



[図4-1]点検に向かうロボット¹⁾



[図4-2]ロボットとPCのやり取り

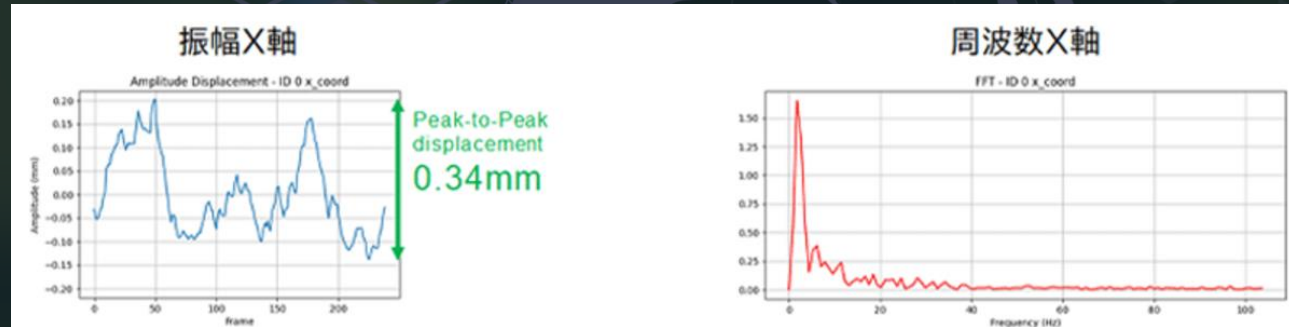


次に、実際の解析結果の一部を紹介します。ここでは「振動しているパイプ」と「振動していないパイプ」において、計測値である振幅と周波数の値にどのような違いが生じるかを検証しました。なお、振幅は波形の最大値と最小値の差を表すpeak to peakの値(以下、P-P値)により変化を確認しました。

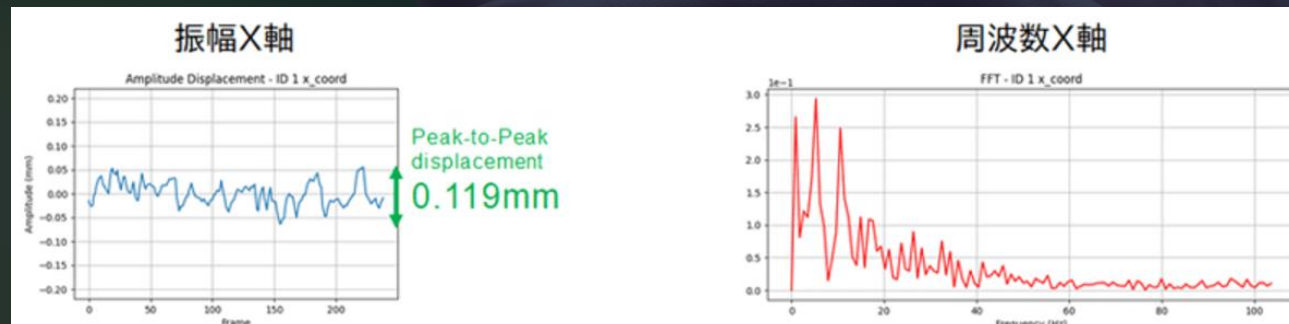
1つめの点検エリアでは、縦のパイプは左右に揺らし、横のパイプは固定した状態で点検を行いました。水平方向の振幅のP-P値が、振動しているパイプでは0.34mm、振動していないパイプでは0.12mmとなり、計測データからも振動しているパイプの左右の揺れが確認できました。振動しているパイプの水平方向の周波数成分は5.27Hzに大きなピークが見られ、1秒間に5回程度の揺れが多く発生していたことがわかります。

2つめの点検エリアでは、パイプ全体を上下に大きく揺らした状態で点検を行いました。その結果、垂直方向の振幅のP-P値が0.25mm、また同方向の周波数成分のピークが6.15Hzとなり、発生させた揺れに対して想定通りの結果を得ることができました。

なお、ロボットの計測精度を検証するため、パイプに取り付けた加速度計の計測結果との比較も実施しており、両者が同様の結果となることを確認しています。



[図4-3] 1つめの点検エリア 縦向き配管 解析結果



[図4-4] 1つめの点検エリア 横向き配管 解析結果

ロボット活用のメリット

設備点検にロボットを活用するメリットとして、点検効率の向上が挙げられます。人が作業を行う場合、その都度施設内の点検対象まで移動し、必要な機器を設置して実行するため多くの時間と手間がかかります。例えば配管の点検作業では、撮影を行うために作業者がカメラを持ち込み、各対象との距離を測り、向きや傾きなどを調整しながらカメラやレンズを設定する必要があります。

一方、ロボットを使った場合では、撮影した動画データからAIが対象の傾きを調整したり、振動の大きさを自動で算出したりするため、煩雑な事前設定なしに解析ができます。

ロボットではなく、施設内に設置したセンサやカメラを用いて点検を行う方法もありますが、その場合は、通信やメンテナンス上のコストが増大する懸念があり、また、設備上の制約によってセンサが設置できないこともあります。ロボットはメンテナンスなどのコスト面で優位性があり、特に今回選定した犬型ロボットは、機敏性に優れていることから、狭い場所や奥まった場所など制約の多い場所での活用も期待されています。

人の目では見逃してしまうような事象の検出や迅速な対応が可能となることもロボット活用のメリットの1つです。配管が振動する様子を正確に捉え小さな信号を増幅させて可視化したように、ロボットは事故や故障につながりかねない特定の事象を早い段階で検知することができます。さらに、過去の点検データと比較して通常とは異なる事象を検知できる可能性もあります。異常値を検知した際には、作業者に緊急アラートを送信し、発生場所や計測データと共に動画データなど事象を明らかにした情報を送信することで、短時間での状況把握や対策検討に役立てることができます。



今後の展開と期待

今後の展開として、ロボットの遠隔操作の高度化や、ロボットからのリアルタイムでの映像配信の実現が期待されています。これらが実現すると、設備点検において作業者が遠隔地から現地の様子を確認しながらロボットを操作し、設定されていないエリアの点検も実行できるようになります。

NTT DATAは、このようなロボットを活用した円滑な遠隔作業の実現をめざし、NTTの近未来のコミュニケーション基盤「Innovative Optical and Wireless Network」(以下、IOWN)とも連携を行っています。遠距離でもシームレスなロボット映像を配信できるIOWNの導入に向けた現場との意見交換や実証実験を行いながら、課題の解決や新たな機能開発を進めています。また、NTTグループが一丸となつてのIOWNの通信設備を利用したソリューション創出にも取り組んでいきたいと考えています。

ロボットに高画質カメラや各種センサ、計測器を搭載することで検知可能な事象を増やすことができます。例えば、より微細な振動を解析するために、振動をスローモーション動画として記録できる高fps(フレームレート)のハイスピードカメラや、微小な振動音を捉えることができる指向性マイクを搭載したロボットの活用が考えられます。他にも、温度センサを利用した熱検知やガス検出器によるガス漏れの検知などがあります。ロボットの種類も、犬型ロボットの他にドローンや人型ロボットなど様々な形態の製品があり、実施目的や環境に合ったものを選択することができます。

NTT DATAは、「Smart Robotics」を技術的な強みとして、振動検知の他にもアクティブセンシングの仕組みのバリエーションを増やしていくことも構想中です。化学事業者様をはじめ、製造事業者様やインフラ事業者様との新たな協業も視野に入れ、引き続き三菱ケミカルの生産技術者の方々との検証を進めていきます。



Chapter 5

おわりに

本稿では、スマートロボットの概要から、サステナビリティとの関連やそのトレンド、他企業やNTT DATAでの具体的なスマートロボット取り組み事例を見てきました。紹介した事例以外にも、様々な分野でスマートロボットは活用されており、主に生産性向上や業務効率化に寄与しています。これによって、サステナブルな世界、SDGsの「働きがいも経済成長も」を始めとした多くの目標にも貢献すると考えられます。

一方で、Chapter0でも記載した通り、スマートロボットの利活用には環境負荷の問題も伴うことに注意が必要です。Chapter3、4で紹介した事例を含め、スマートロボットの利用には、操作や学習のための大量のデータ処理や通信インフラが必要です。そのため、サステナビリティの観点では、再生可能エネルギーの利用やエネルギー効率の向上が重要となります。スマートロボットの効率化などのメリットだけでなく、環境負荷などのデメリットについても理解しながら技術を活用し、「持続可能な社会」を目指すことが重要です。

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



NTT DATA

※本レポートは2024年12月1日時点で閲覧したWeb情報等を元に
NTT DATAが主となって作成しています