

「NEXTAGE」の歩みと社会実装への取り組み ～ヒト型ロボット「NEXTAGE」による挑戦～

Development progress and social implementation of NEXTAGE

宮森 剛

カワダロボティクス株式会社技術部
技術一課 課長

藤井 洋之

カワダロボティクス株式会社事業企画室
室長

長嶋 功一

川田テクノロジーズ株式会社
基盤技術研究室 主幹

産業用双腕ロボット NEXTAGE は、電気製品の組立生産セル生産現場、化粧品・日用品・医薬品などのいわゆる3品産業や物流倉庫など、導入する業界や作業現場に合わせて形を変え進化してきた。この導入の過程でシステムインテグレーションコスト低減に対する取り組みを行い、同時に中長期的にロボットを様々な現場でユーザやパートナーご活用いただくための API 開発の取り組みも行ってきた。

本稿では、「ヒトと共存できる作業ロボット」をコンセプトに開発・展開を続けている NEXTAGE の歴史と導入事例、ユーザ拡大のための取り組みの事例を説明する。

キーワード：双腕ロボット、ヒト型ロボット、ヒューマノイド、NEXTAGE、システムインテグレーション、API

1. はじめに

「NEXTAGE」は、2009 年国際ロボット展にて、人間と協力して作業を支援するための人型双腕ロボットとして発表された。このロボットは、従来の産業用ロボットが「人間の代わりに」働くものとは異なり、人間をサポートし補完する目的で設計された、安全かつ使いやすいヒューマノイドロボットであることをコンセプトとしている¹⁾。発表以来、軽量構造と低出力なモータで性能と安全を両立する設計により、「ヒューマノイドロボットで社会やお客様に何が提供できるか」という観点の下、お客様と共に様々な取り組み・試行錯誤を行ってきた。

図 1 に NEXTAGE が導入されてきた市場分野を示す。

NEXTAGE は自動化に積極的な FA 分野において、技術面や経済面の理由などから残されてきた人手作業を対象に市場を広げてきた。近年では労働力不足などの経済環境や AI 技術・センサ技術の発展の中で、これまで自動化が進んでこなかった労働集約的な産業分野やラボラトリオートメーション分野などにもロボット導入ニーズが拡大しており、NEXTAGE はこのような分野にも対応を進めてきた。

これまで「自動化から取り残された人手作業」の中で「ロボットで何ができるか」という視点の下、いわば

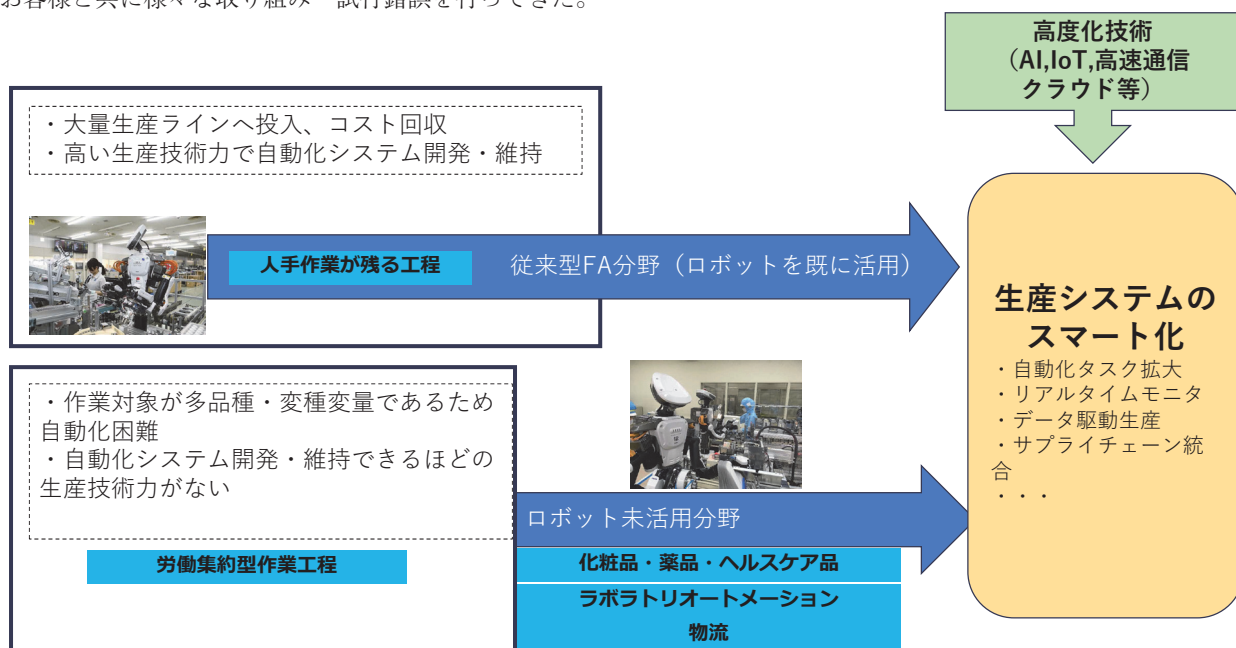


図 1 NEXTAGE の市場分野

ロボット中心のシステム開発を行ってきた。導入を進めていく上でこうした「適用可能な作業を探す」地道で時間を要する取り組みは今後も継続されると考える。

加えて、「ロボットをどう使ってもらえるか」の視点のもとで、他社とのコラボレーションによるオープンかつ柔軟でスピーディーな価値創造の活動が重要になると考えている。工場のスマート化による生産性の飛躍的向上のため、AIや高速通信技術、クラウド技術といった高度化する新たな要素技術を組み合わせた複雑なシステムインテグレーションが必要となる。その中で、ロボットが外部システムと連携し必要な機能をロボット外部から「容易に利用できる」ようになることが、今後の市場展開のために重要な価値となる。

本稿では、NEXTAGE が辿ってきた社会実装事例とオープン開発に向けた取り組みについて紹介する。

2. NEXTAGE のコンセプト

ここでは NEXTAGE についておさらいする。NEXTAGE は「ヒトと共存できる作業ロボット」というコンセプトのもとに、製造現場の安全確保と生産性の向上の両立を図って開発された双腕ロボットである（写真1、図2）。²⁾

軽量でコンパクトな設計であり、80W 以下の低出力モータを採用するなど本質的な安全性を確保し安全柵不要でフレキシブルに設置と運用が可能となっている。

首部2自由度、腰部1自由度、各腕6自由度の合計15自由度からなり、自社開発のモータドライバと制御用PCを内蔵したコントロールボックスにより独自の双腕モーション制御方式で制御される。

また、頭部のステレオカメラ、両腕のハンドカメラ含む全てのカメラに画像処理機能が組み込まれており、外

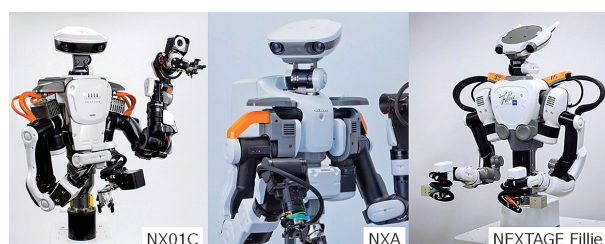


写真1 NEXTAGE シリーズ

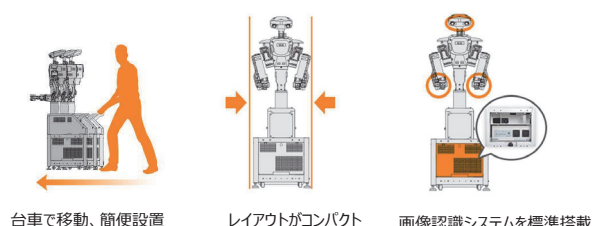


図2 NEXTAGE の基本コンセプト

部状況に応じた複雑なモーションをプログラムできる機能が標準搭載されている。

頭部に搭載された2台のカメラは、ワークや周辺装置に貼られたクロスマークの位置を立体的に計測し、対象物の識別と位置計測を行う。クロスマークの相対位置に基づいて手先をティーチングすることで、ロボットや周辺装置、ワークなどがわずかに移動しても再ティーチングする必要なく作業を続行できる（簡便設置機能）。

さらに、カメラは両腕の手先にも装備されており、ネジ穴位置の計測など、各作業工程に特化した画像処理も行える。（図3）

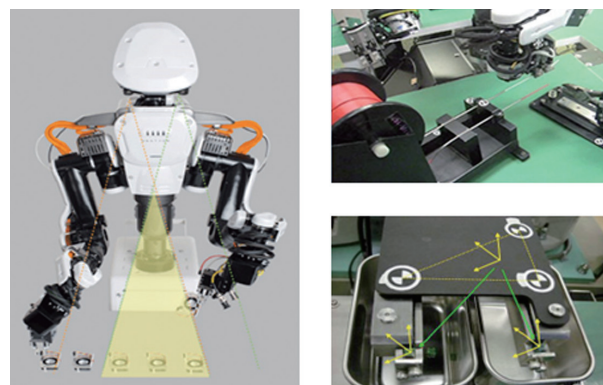


図3 ステレオビジョンによる周辺認識

ソフトウェアは「NxProduction」と呼ぶ独自開発ソフトウェアを標準搭載しており、操作・ティーチング・生産まで一つのソフトウェアで実行できる環境を提供する（図4）。

NxProduction によるティーチングは、ロボット言語等の専用言語を使用することなく日本語で入力・操作することができる。表計算のようなグラフィカルなインターフェースで直感的に操作でき、現場オペレータによる修正・調整が容易となっている。

NxProduction を用いると、計画した作業手順に従って、ティーチングポイント・視覚処理・外部入出力（I/O）がGUI上の表の各項目に登録している「ワークフロー」形式で行うことができるため、プログラミングスキルがなくても画像処理を取り入れた作業を容易に作成することができる（図4）。

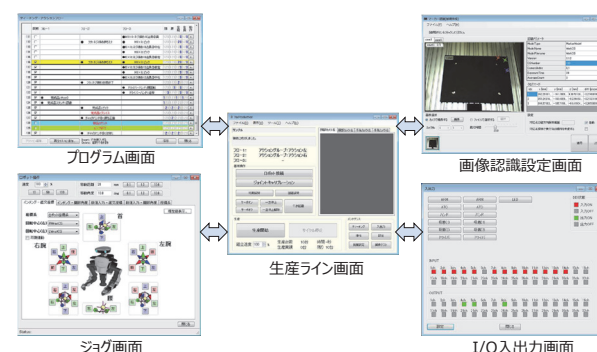


図4 NxProduction の構成

機能合理性のみならず、ヒトサイズで人間に対して安心感や愛着を与える親和性のある意匠も NEXTAGE シリーズの大きな特長である。2013 年には NEXTAGE がグッドデザイン賞金賞を、2022 年には NEXTAGE Fillie（ネクステージ フィリー）が世界 3 大デザイン賞の 1 つであるレッドドット・デザイン賞をそれぞれ受賞している。

3. NEXTAGE の社会実装事例

(1) 既存 FA 分野

NEXTAGE は既存 FA 分野を中心に導入が進んだ機械・自動車を中心とした大企業がメインプレーヤーとなってロボット導入を進めている。

この分野では生産技術を競争の源泉としており、ロボット導入含む自動化に精力的で、そのための人員・体制を工場内に有している。自動化は進んでいるものの、組立工程に代表される比較的難しい工程が自動化から取り残されていることがこの分野の特徴である。この分野では従来からアーム型の産業用ロボットの導入が進んでいたが、最近では協働ロボットの導入も一般化している。

協働ロボットは柵を必要としないためスペースを有効に活用できること、および人との協働作業における人的リソースの最適活用などの点で、人手作業工程の置き換え・省力化を目的として、近年、需要が高まっている。

協働ロボットについては国際規格 ISO10218-1、ISO/TS 15066 等の設計ガイドラインが整備され、市場が活性化され競争が激化している状況にある。

ここでは、市場投入初期においてグローリー㈱様と共同で開発した、グローリー埼玉工場内の通貨処理機（釣銭機）の組立工程の事例を紹介する。

安全柵を必要とせず好評を博したこの工程は、セル生産用のカラクリ治具を活用し、フレキシブルさや機動性、マルチタスク能力を実現した（写真 2³⁾）。

通貨処理機の生産においては、部品点数が多く細かい組立作業が求められるため、グローリー㈱様はこれに対応する新しい生産ラインを構築する必要があった。ここで、「NEXTAGE」というヒト型ロボットを活用することで、セル生産方式でヒトの作業をロボットに引き継ぐ可能性を追求した。NEXTAGE の導入により、多様な品種の生産に柔軟に対応すると同時に、製品品質の安定化を実現する画期的な生産ラインが実現された⁴⁾。

グローリー㈱様は、高度な生産技術を有する企業であり、われわれは先進的なロボット技術を保有する企業として、密接な協力関係を築いた。この協力関係の下、両社の強みを結集することで、日本国内において協働ロボットの利活用について模範的な道筋を示した。この連携により、ヒト型ロボット NEXTAGE を活用したフレ

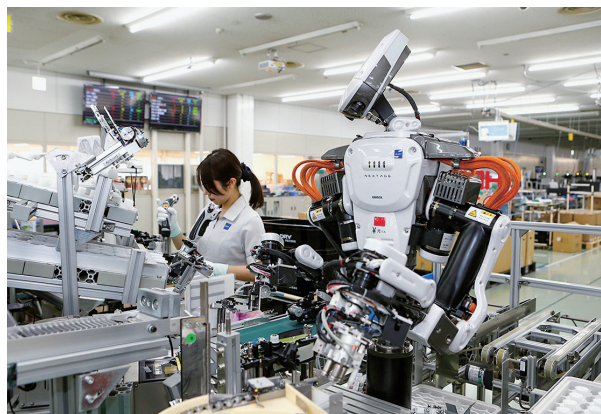


写真 2 グローリー埼玉工場

キシブルな自動組立ラインが実現され、その成果として第 5 回ロボット大賞の「次世代産業特別賞」を共同で受賞した。

(2) 三品分野への挑戦

生産性向上への社会的な要請により、これまでコストの面でロボットの活用が進んでいなかった分野における自動化の気運が高まっているが、その代表的な分野として化粧品、ヘルスケア、薬品など三品と呼ばれる日用品分野が挙げられる。

この分野の特長は、お客様の多様な好みに対応し、多品種少量生産を実現するモノづくりが求められることである。

多くは製品ライフサイクルが短く、パッケージや個箱等のデザインが頻繁に切り替わることから複数の商品に対応させるために装置が複雑化する等、投資コストに見合った設備導入に困難が伴う。例えばチューブ等の個別部品を充填機等の自動機にセットする工程や箱詰め等の出荷工程が、分野に共通する代表的な人手工程である。また、労働集約的な工場であるがゆえに自動化に必要な生産技術を工場内に持っていない場合が多いことも、ロボットの導入の障壁となっている。したがって導入の取組には、投資効率の高い設備であることに加え、段取り替え等において現場が使いやすい点が重要となる。

ここでは、資生堂㈱様とシステムインテグレーターとしてのグローリー㈱様が共同で開発した、メーキャップ製品の生産ラインの事例（写真 3⁵⁾）を紹介する。

このラインでは、NEXTAGE は単純で繰返しの多い機械的な工程を担当し、人は感性を必要とする検査工程に集中できるようにすることで、効率的な生産体制を構築する試みが行われた。複数の生産ラインを一人で管理・検査・判断するなど、人の能力を最大限に引き出し、柔軟に生産に対応することが狙いである。

労働力不足などの環境変化に対処する一方、市場変動にもより迅速に適応できる新たなモノづくりを目指した開発は、人とロボットの協働による効果的なモノづくり

が実現される可能性を示す事例となった。

こうした事例を重ねつつ、システムインテグレーションの生産性を飛躍的に高める目的で、一連の作業をパッケージ化（アプリケーションパッケージ）する開発に着手した。次項でこのパッケージ化開発について説明する。



写真3 人とロボットの協働作業

(3) 「Nx-Solution」の開発

作業が同じ、もしくは類似の工程であれば、アプリケーションパッケージの構成やティーチングを流用・カスタマイズすることで、一から工程を作るのに比べて、より容易に作業を自動化できる。その結果として、工程立ち上げまでのリードタイム短縮と開発工数削減を実現、安価にアプリケーションが構成できる。アプリケーションパッケージ「Nx-Solution」⁶⁾ はこのようなコンセプトで開発された。

「作業が同じ、もしくは類似の工程」、いわゆる、汎用工程と呼ぶパッケージ化の対象とする工程は、システムインテグレーション事例や顧客ニーズ分析等から抽出した。現在、梱包箱組み立て・箱詰めシステム「Cobako（コバコ）」（写真4）、バラ置きされたワークから頭部のカ



写真4 梱包箱組み立て・箱詰めシステム「Cobako（コバコ）」



写真5 ワーク供給作業自動化システム「Pump（ポンプ）」

メラの画像認識でワークをピックアップし自動機に整列供給するワーク供給作業自動化システム「Pump（ポンプ）」（写真5）などをラインアップした。

今後、導入ユーザ様からのフィードバックを下に各アプリケーションの改善を継続的に実施していくと共に、アプリケーションパッケージのバリエーションを増やしていくことで、より多くの現場でのNEXTAGE導入を目指している。

(4) ラボラトリオートメーションへの挑戦

ラボラトリオートメーションと呼ばれる研究室の自動化もロボット導入が進んでこなかった分野である。

この分野では、生命科学研究や工学的研究における実験を行うが、再現性や効率性、安全性が求められる複雑な手順を要するがゆえに、本来、分析や研究に注力すべき高度な知識を有する人材が実験作業に従事せざるを得ない状況にあることが特徴である。

そのため、実験の自動化が強く求められる分野であるが、

- ・多種多様な試料を扱う複雑な手順を有する工程
- ・ベンダーの異なる多種多様な機器や器具を扱う
- ・実験装置等が狭い室内に配置されており、頻繁な短距離移動が求められることが多い

などが障壁となっていて、これまでロボット導入が進んでこなかった。

この分野に関しては、国立研究開発法人理化学研究所様の SPring-8（スプリングエイト）に導入された事例を紹介する。

SPring-8 は、兵庫県にある大型放射光施設であり、高度な X 線放射光を利用して物質の構造や性質を研究するための大型加速器施設である。

材料科学、生命科学、医学など幅広い研究において、

国内外の研究者や産業界に幅広く利用され、基礎研究から応用研究まで多くの分野で重要な役割を果たしている。

写真6は物質の単結晶構造の解析を行う装置オペレーションへ適用された事例である。単結晶の試料運搬、装置の開閉、実験装置への試料充填作業を担当することで、安全で人に依存しない実験環境を実現した。

ラボラトリオートメーション分野には、人手で行っている実験や計測作業が無数にある。自動化による研究者の負担軽減や効率的なデータ収集等を通じて、研究の高度化に貢献していく。



写真6 SPring-8の単結晶構造解析システム

(5) 物流分野への挑戦

オンラインショッピングやeコマースの普及による需要増加や、DXによる効率化や生産性向上を目的とした、物流分野では自動化が急速に進んでおり、自動倉庫は代表的な自動化の一形態である。この分野の特徴は、扱う品目の種類が多く、倉庫内の移動が求められる点にある。

この分野に関しては、(株)牧野技術サービス様に導入された事例を紹介する。

(株)牧野技術サービス様は、工作機械メーカーである(株)牧野フライス製作所様の一部門として設立され、主にメンテナンスサービスを提供している。経営資源のリバランスを図る中で、環境変化や高度なサービスニーズに応じ、社内設備の自動化やロボット化を進める方針を採用している。そのため、同社は神奈川県愛甲郡に位置するグローバルパーツセンタにおけるNEXTAGEを採用し自社でシステムの統合を行った(図5)。

グローバルパーツセンタは約12,300m²のエリアに保守部品の約40,000点を扱う物流倉庫である。自動走行の棚や小型無人搬送ロボットを用いた自動化が既に導入されていたが、そこにNEXTAGEを組み込んだシステムが構築された。NEXTAGEは自動走行の棚から保守部品のピッキング作業を担当しており、作業工程を3つのステップに分けてシステムを構築した。

NEXTAGEが選ばれた理由は、双腕の協働ロボットであり、人と同じように作業を行うためのデザインがあるからである。部品を取り出す際には、人であれば片手

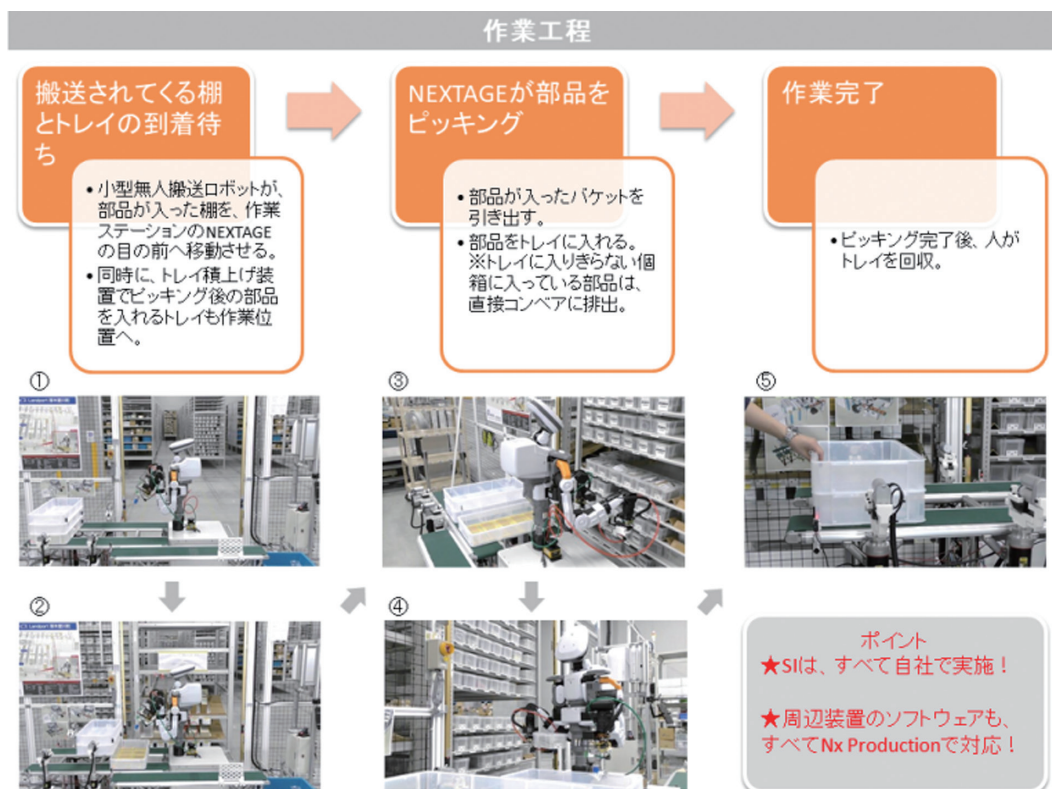


図5 牧野技術サービス様のNEXTAGE活用事例⁷⁾

でバケットを引き出し、もう片方の手で中身を取り出す動作を行う。NEXTAGE も双腕を有しているため人と同じ作業を容易に実行することができる。また、保守部品を扱う倉庫では、作業の中断が許されない。このため、機械トラブル時にも人が代替できるシステムが求められる。NEXTAGE は元々ヒト型のデザインを持つため、人との交代を考慮したシステムを構築することが可能となった。

システム構築における課題として、自動走行の棚の位置誤差があったが、NEXTAGE のハンドカメラを活用し、バケットの座標を基準にピックできるような調整が行われ、課題が解決された。

NEXTAGE の導入効果は実際の運用において確認されており、今後も効果的な活用法を検証し続ける予定である。

4. オープン化の潮流への対応

近年の AI や IoT の急速な進化により、自社でこれらの技術を開発することはコストと人材の制約から困難であり、オープンイノベーションを通じた外部との連携による開発加速化がシステム開発の潮流となっている。

そのため連携先のシステムと NEXTAGE の連携を可能にするため、「NEXTAGE OPEN」と「NEXTAGE API」の2種類のソフトウェアを開発し、インタフェースやアクセス手段を提供できるようにした。

(1)研究開発用プラットフォーム NEXTAGE OPEN

NEXTAGE OPEN は多くの研究者研究機関で利用が広まっている世界標準的なオープンソースのロボット用

ミドルウェアである ROS (Robot Operating System) や、国内の研究者に広く採用されている OpenRTM-aist に対応した。システム構成を図6に示す。

両ミドルウェアとも、ロボットの制御やセンサーデータの取得など世界中のユーザがオープンソースとして公開するソフトウェア資産を無料で利用できる等、ロボット研究者に広く利用されている。

多様な大学や研究機関の研究者が ROS や Open-RTM-aist などのオープンソースソフトウェアを活用して様々な応用研究を行うなかで、FA 品質の作業性・可搬重量・制御精度や、ヒト型によるインタラクションの親和性が評価されている。

(2) NEXTAGE API

インダストリー 4.0 に代表される近年のモノづくりの革新においては、生産財である産業用ロボットも様々なアプリケーションによって制御されたり、ネットワークを介して情報をやりとりしたりすることが求められる。

大学発ベンチャーなどでは ROS を下敷きとしたシステム構築を行うケースが多いようであるが、バージョンアップが頻繁に行われる ROS に対して、品質保証しつつ追隨していくのには多くの労務を必要とし、ロボットをコンポーネントとして提供するビジネスモデルでは規模が大きくなると開発費が回収できない。

そのため NEXTAGE では、現行の NxProduction を外部から操作できる API (NEXTAGE API) を用意し、ROS 等とのインタフェース部分は個別対応として品質保証し、製品開発と用途開拓に取り組んでいる⁸⁾(図7)。NEXTAGE API は ORiN (オンライン)⁹⁾ と呼ぶインタフェースへのアクセス手段等に関する標準化された規格

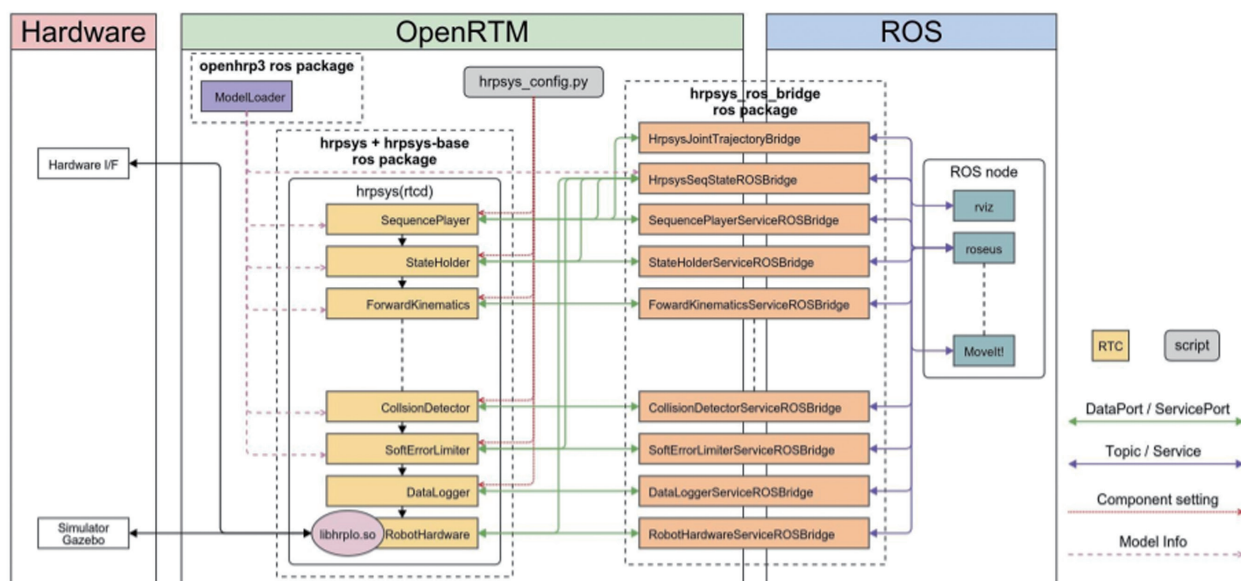


図6 NEXTAGE OPEN のシステム構成

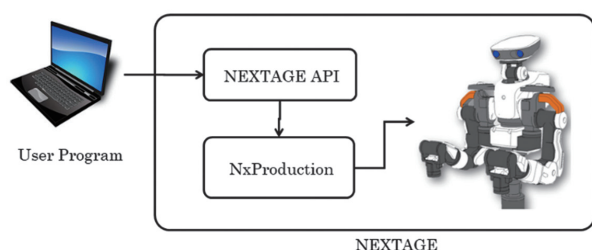


図7 NxtProduction を外部から操作できる NEXTAGE API

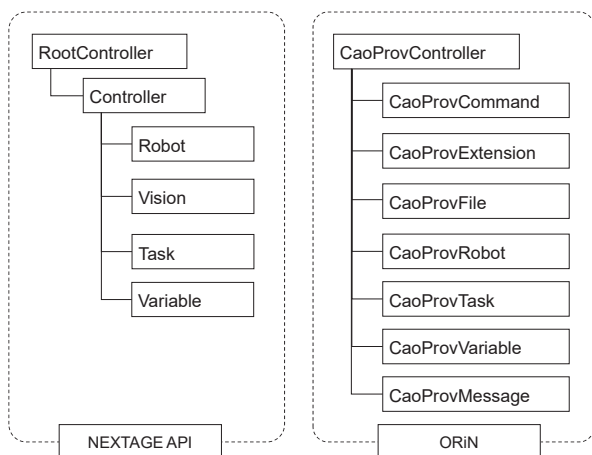


図8 ORiN 準拠の NEXTAGE API

に準拠させることで、API の呼び出し元であるユーザのもつソフトウェア開発資産の再利用性やモジュール交換性を向上させることができる仕様となっている（図8）。

5. おわりに

今回の特集では、2009 年に市場投入した NEXTAGE の歴史と導入分野や事例を振り返るとともに最新の開発状況を説明した。

「顧客とともに進化する」は、ヒト型ロボット技術の特徴的な側面を捉えた、NEXTAGE のキャッチフレーズである。ヒト型ロボットの使用方法は、その能力や潜在的な適用分野を追求し、探求し続ける過程で広がってきた。技術進歩は、ヒト型ロボットの適所を見つける旅を支え、その適用領域を拡大させるための不可欠な要素となっている。

今後、ヒト型ロボットの発展はパートナーシップとオープンイノベーションのコンセプトによってさらに加速されると考える。産業界や研究機関、顧客との連携が、新たなアイデアと可能性を開拓し、ヒト型ロボットの実用的な適用に向けた進展を促進する。この継続的な協力体制により、ヒト型ロボットの革命的な社会実装が加速することが期待される。

参考文献

- 1) 五十棲, 中畑: “次世代産業用ロボット「NEXTAGE」への取り組み”, 川田技報 Vol.30, pp.12-14, 2011
- 2) 長嶋, 石崎, 宮森, 金平, “次世代産業用ロボット「NEXTAGE」の開発概要” 川田技報, Vol.30, 2011
- 3) グローリー(株): 工場の自動化コラム
<https://www.glory.co.jp/robot/column/detail/id=1765>
- 4) 圓尾, 尾上, “ヒト型ロボットを活用したフレキシブルライン構築による「ものづくりイノベーション」の取り組み” 第15回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 (SI2014) 講演論文集, 2014
- 5) (株)資生堂 発表資料: 2017年3月23日
<https://corp.shiseido.com/jp/news/detail.html?n=00000000002150>
- 6) 寺崎, 菊池, 力石, “アプリケーションパッケージ「Nx-Solution」の取組みと梱包箱組立て・箱詰めシステム「Cobako (コバコ)」” 川田技報 Vol.42, 2023
- 7) カワダロボティクス(株)
<https://www.kawadarobot.co.jp/news/1078/>
- 8) 野口, 川角, 近藤, チャンドラ, 伊東, 足達, “双腕型ロボット「NEXTAGE」のソフトウェア API 拡張による新市場開拓” 川田技報 Vol.43, 2024
- 9) ORiN 協議会, “ORiN2 入門”
https://www.orin.jp/orinAdmin/wp-content/uploads/2022/10/ORiN2_Intro_ja.pdf, 2013