

双腕型ロボット「NEXTAGE」の 新市場開拓に向けた API 拡張

Double-armed robot "NEXTAGE" API expansion for new market development

野口 祐喜 *1
NOGUCHI Yuki

近藤 哲 *2
KONDO Satoru

チャンドラ ハディ *3
TJANDRA Hadi

伊東 高明 *3
ITO Takaaki

足達 哲也 *3
ADACHI Tetsuya

川角 祐一郎 *4
KAWASUMI Yuichiro

近年、ファクトリーオートメーション（FA）以外の市場でもロボット活用が新たな広がりを見せている。従来の FA 市場では、あらかじめ教示した動きを再生するティーチングプレイバック方式が定着している。一方、労働人口の減少や非接触ニーズなどの新しい職場環境や働き方への対応などの新市場においては、ティーチングプレイバック以外の遠隔操作や AI などを活用した新たな教示方式や、非技術者でもロボットを利用可能にすることが求められる。新たなニーズに対応するためには、ロボットメーカーだけでなく関連するパートナー企業と共同研究、共同開発を進めることが必要となる。これには教示方式だけではなく、サードパーティのアプリケーション開発の容易化、他ベンダー開発機器との連携を容易とする API（Application Programming Interface）の標準規格対応が重要である。このため、新市場開拓に必要なロボットプラットフォームに求められる要素を探求するために、双腕型ロボット NEXTAGE に API を拡張する。本稿では、NEXTAGE の API 拡張および遠隔操作を利用した教示方式に関する研究開発の取り組みについて紹介する。

キーワード：NEXTAGE, API, 遠隔, ORIN

1. はじめに

産業用双腕型ロボットとして NEXTAGE が世に出たのは 2009 年である。この約 14 年間で、多くの工場や研究所などで活用されてきた。

NEXTAGE は一般的な産業用ロボットと同様、あらかじめ決められた動作を実行するティーチングプレイバック方式で動作するが、他のロボットにはない特徴として、環境条件の変化や異常時に対する適応性を有していることが挙げられる。

NEXTAGE は頭部と手先に搭載したカメラの画像による動作点の補正を行い、周辺機器や対象物の位置ずれに柔軟に対応できる。この機能を利用して、予め想定した異常に対する復旧動作をティーチングすることが可能である。これにより、異常発生時の生産ラインの停止時間を最小限に抑えることができるため、異常時の要因となりやすい人が近くで働く環境であっても、長期間安定して稼働できる。多品種少量生産現場で省力化を望まれる顧客から高く評価を受けているのは、NEXTAGE の持つこの適応性にある。

一方で、更なる展開の拡大に向けては次の 2 つの課題への対応が必要と考えている。一つ目は、ティーチング

コストである。あらかじめ予測できない条件や、ロボットだけで解決できない問題が生じた際にロボットが停止する。全ての条件下でティーチングすることは不可能であり、条件が増えるほど、ティーチングの期間と費用が必要となる。

二つ目は、これまでロボットが活用できなかった新市場に対して機能が不足している点である。近年、労働人口の減少や非接触ニーズなどの新しい職場環境や働き方に対応することが期待されている。NEXTAGE のようなヒューマノイドロボットには、産業分野だけでなく他の市場においても活躍できる場面はある。例えば、分身ロボットカフェ DAWN ver. β では NEXTAGE を遠隔操作して、店舗でコーヒーを淹れることを実現している。しかし、こうした新市場においては、非技術者でもロボットが利用できるシステムが求められており、それを実現可能なロボットプラットフォームが必要となるが、NEXTAGE には外部連携機能が不足していると考えられる。

これらの課題を解決するために、川田テクノロジーズ(株)基盤技術研究室では、カワダロボティクス(株)と共同研究開発に取り組んでいる。ティーチングコストに対しては、AI や遠隔操作などを活用したティーチングプレイ

*1 川田テクノロジーズ(株)基盤技術研究室 係長

*2 川田テクノロジーズ(株)基盤技術研究室 主任

*3 川田テクノロジーズ(株)基盤技術研究室

*4 川田テクノロジーズ(株)基盤技術研究室 主幹

バック以外の新たな教示方法を模索している。例えば、国際ロボット展 2022 では、空中ジェスチャ操作による NEXTAGE のセミオート操縦システムを実現している²⁾。セミオート操縦とは、ロボットの腕の大まかな動作を操作者の腕の動きで操縦して、細かい位置決めが必要とされる作業はティーチングプレイバック方式の自動動作に切り替える操縦方式である。新市場開拓に向けてはロボットプラットフォームに求められる要素を探求すべく、NEXTAGE に API を拡張して新たな教示方法の研究開発に取り組んでいる。本稿では、これらの事例について紹介する。

2. NEXTAGE API

我々は、双腕型ロボット NEXTAGE の API を拡張した「NEXTAGE API」を新たに開発した。NEXTAGE は標準アプリケーションの「NxProduction」から操作することが多いが、NEXTAGE API を活用することで、ユーザが準備したプログラムからでも NEXTAGE を操作できる。NEXTAGE API の構成を図 1 に示す。また NEXTAGE API のオブジェクトと、NEXTAGE の主要なリソースの割り当てを図 2 に示す。このように、各 API オブジェクトにアクセスすることで、NEXTAGE の構成要素の状態取得や操作が可能となっている。

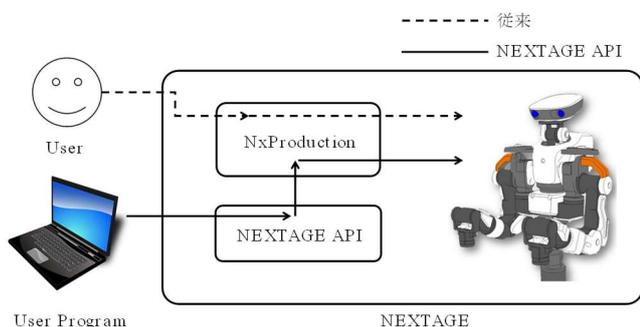


図 1 NEXTAGE API

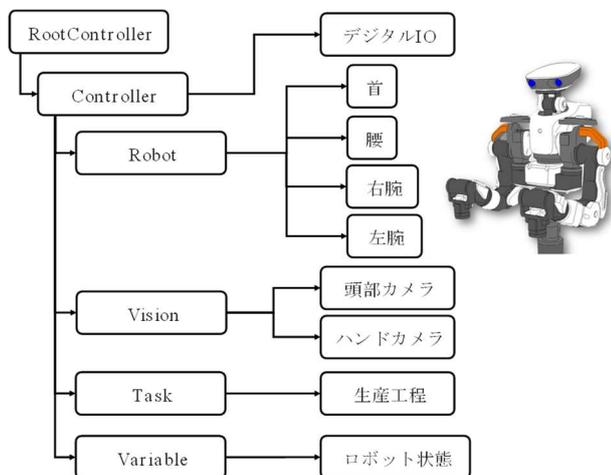


図 2 API オブジェクトと主な NEXTAGE のリソース

さらに NEXTAGE API では、通信規格の壁を越えた「ORiN³⁾」という ISO 20242-4 に規定された標準規格に準拠することを目指した。

ORiN は、標準的なロボットアプリケーションプラットフォームを開発するために、ロボットや FA 機器をはじめ、データベースやローカルファイルなど幅広いリソースを統一的に扱うことのできるアプリケーション向けのフレームワークである。これを活用することで、メーカーや機種に依存しないアプリケーションを開発することが可能となる。NEXTAGE API は、専用の CAO プロバイダを通して ORiN に対応している。これにより、これまで NEXTAGE を活用してこなかったシステムインテグレータでも標準的なフレームワークに則った開発が可能となる。NEXTAGE API は、オブジェクト構造を ORiN に模倣させることで、迅速に ORiN 連携を実現することができた。NEXTAGE API と ORiN のオブジェクト構造を図 3 に示す。ORiN のオブジェクト構造は、ルートに Controller オブジェクトが存在しており、その下に Robot や Task などの主要要素に対するオブジェクトが存在する構造となっている。NEXTAGE API においてもその構造を踏襲した同様の構造を採用している。

生産工場においては、ロボットを単独で利用するのではなく、工場全体の生産を管理するために上位システムと連携して使われることが想定される。上位システムは、例えば生産台数や品質を監視し生産性を管理するシステムなどがある。従来の NEXTAGE においても FA 市場向けの通信プロトコルである Modbus に対応した外部連携機能を提供している。しかし、ロボットメーカーが各プロトコルに個別に対応しようとすると、開発費が増大してしまう。今回の開発により NEXTAGE の外部との接続性がより向上した。

また、安全上の事由により、ロボット制御を一つの制御源に限定する単一制御点を実現するために、Controller の上に RootController を配置して制御源管理をする構造とした。RootController は、API を利用する制御源からの要求を受けて Controller オブジェクトの生成を行う。RootController が個々の Controller オブジェクトの制御権限を管理することで、同時に複数の制御源からのロボット操作を防ぐ仕組みとしている。

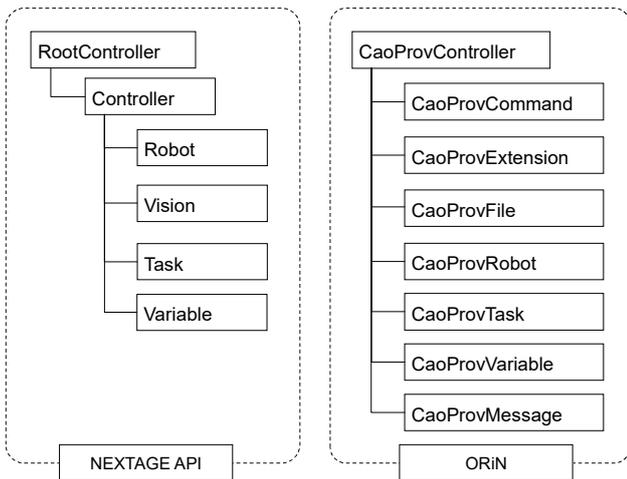


図3 NEXTAGE API オブジェクト構造

3. API 活用事例

NEXTAGE API の活用事例として、新たに開発したデモシステムをいくつか紹介する。

(1) 遠隔運用システム

従来の使用方法では、NEXTAGE の日々の生産管理の運用に「NxProduction」を利用いただくケースが多い。NxProduction のメイン画面では、実行中のフロー情報、生産台数や生産実績などの情報を可視化することで、現在の生産状況を現場の運用者に提示している。また、サーボ ON/OFF や生産開始/停止などの生産実行に必要なボタンも用意しており、メイン画面のみで通常運用が実現できる仕様となっている。

一方で、異常発生時にはロボットの近くまでエンジニ

アが足を運んで作業する必要がある、工場の省人化や在宅勤務などの利便性を向上するには、遠隔からの監視と異常時の復旧を行える遠隔運用システムが必要になると考え、PoC として開発した。遠隔運用システムの構成図を図4に示す。遠隔運用システムには、運用監視画面と異常時操作画面の2画面を用意した。

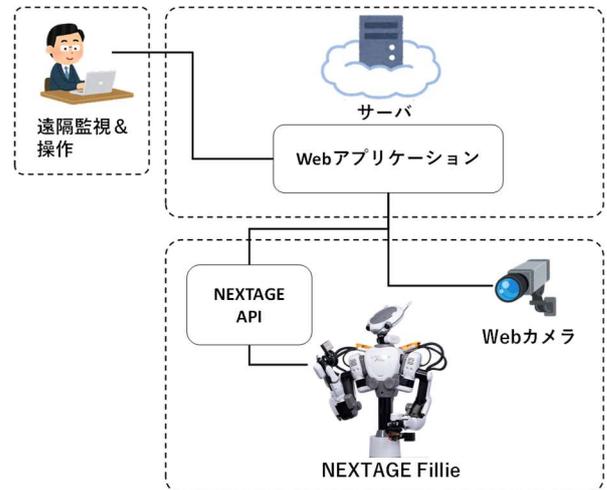


図4 遠隔運用システム 構成図

a. 運用監視画面

運用監視画面は、NxProduction のメイン画面と同様の情報に加えて、ロボット近傍に配置した WEB カメラの画像を表示することで、遠隔からでもロボットおよび周辺環境を確認できるようにしている。運用監視画面を図5に示す。



図5 運用監視画面

b. 異常時操作画面

NEXTAGE の標準アプリケーション「NxProduction」では、異常時にエラーダイアログを表示して運用者もしくは管理者に対処方法を委ねることができる。今回の遠隔運用システムでは、復旧作業者が現場にいないことによる情報量の不十分さを補うために、新たな画像処理機能や基本動作を導入することとした。ユースケースとしては、取り扱うワーク上に障害物が混入して画像認識が失敗し、ロボットが停止した場面を想定している。

障害物は、タオルを採用する。タオルのような柔軟物は形状が安定しないため、自動で処理するためには画像モデルを多数用意する必要があると同時に表面の皺や模様などにより画像認識が成功しにくいという課題がある。これに対して、遠隔でタオルの把持位置を指示することで、事前のモデル作成を省略する試みを実証した。

図 6 に示す画面構成により、操作者は、ロボットの両眼画像に表示されるピック点を、障害物の把持位置に移動し障害物のピック動作を実行する。ロボットが手で障害物を掴んで（ピックして）取り除く。障害物の除去に成功したのを確認したら、通常運用の指示を出して作業を再開する。このように、障害物の把持位置は作業者が指示し、それに基づいてロボットが動作することで、モデル化しにくい柔軟物の除去にも対応できる。将来的には、AI 学習により柔軟物のピッキングポイントの判別ができ、ロボットが障害物除去できるのが理想である。

実際にタオルをピックしている様子とタオルを取り除いて作業を再開した様子を写真 1 と写真 2 に示す。



図 6 異常時操作画面



写真 1 遠隔復旧によるタオルピッキング



写真 2 障害物除去後の組立工程への復旧

(2) 遠隔操作システム

二つ目の活用事例は、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を使った遠隔操作システムである。図7に、遠隔操作システムの構成図を示す。

従来の GUI およびゲームパッド操作の代わりに、HMD コントローラを活用して直観的な操作方法を提供する。また、ロボットの頭部カメラの画像を HMD のディスプレイに表示させることで、作業領域を見ながら両腕で作業をさせることができる。ロボットの軸構成が人間の関節と異なるため、ロボットの姿勢操作についてはコツを要するが、人によっては数時間のトレーニングによりある程度操作慣れすることが確認できた。一方、約10分以上の連続操作は、操作者に疲れを感じさせる結果となった。

実際に本、ケーブル、タオルをピックしている様子を写真3と写真4と写真5に示す。

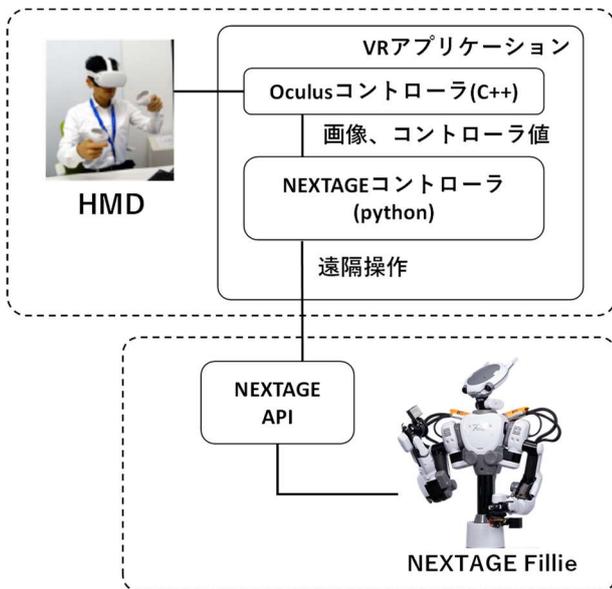


図7 遠隔操作システム 構成図



写真3 遠隔操作による本ピックアップ



写真4 遠隔操作によるケーブルピックアップ

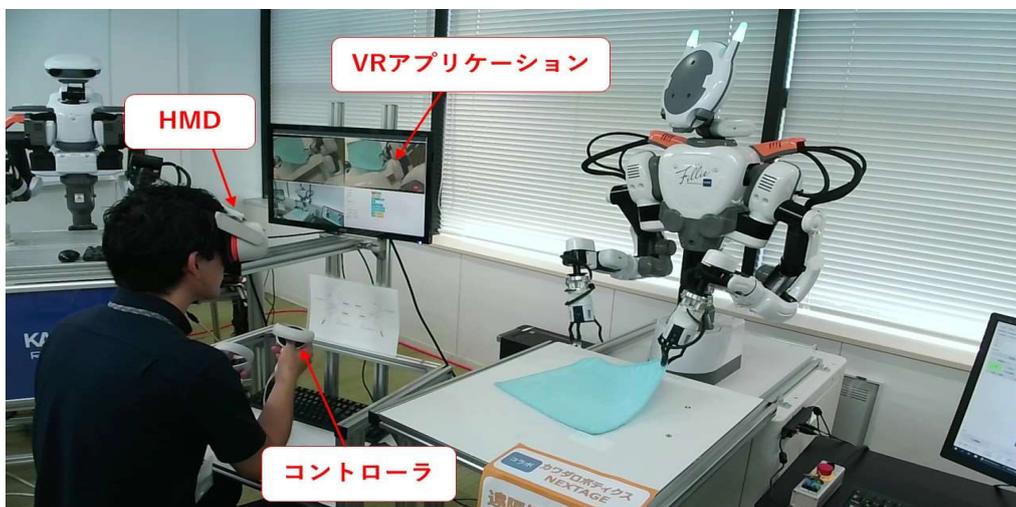


写真5 遠隔操作によるタオルピックアップ

(3) 協調作業のためのティーチングシステム

最後に複数ロボットの協調作業を実現した事例を紹介する。協調作業のためのティーチングシステムの構成図を図 8 に示す。ロボットは、左から NXA, 初代, Fillie とここでは呼称する。

このシステムは、カワダロボティクス㈱の設立 10 周年記念のデモ動画⁴⁾のために開発した。デモ内容は、(1)Fillie が机からピックアップしたグラスを Fillie から初代へ受け渡し、(2)人から NXA に渡されたワインボトルを NXA から初代が持つグラスにワインを注ぐ動作を実現している。本デモは、ティーチングプレイバック方式でティーチングを進めており、2 台のロボットが協調作業を実施する部分に、このティーチングシステムを活用した。

協調作業のためのティーチングシステムは、操作対象となるロボットをフットスイッチで切り替えられるようにした。これにより、コントローラを持ち替えることなく複数ロボットを切り替えながら操作することが可能となった。また、コントローラをそれぞれ別々のロボットの腕に割り当てることで、初代の左腕と NXA の右腕を協調して操作可能である。

実際にワイングラスを持って乾杯している様子とワインを注ぐ動作をしている様子を写真 6 と写真 7 に示す。

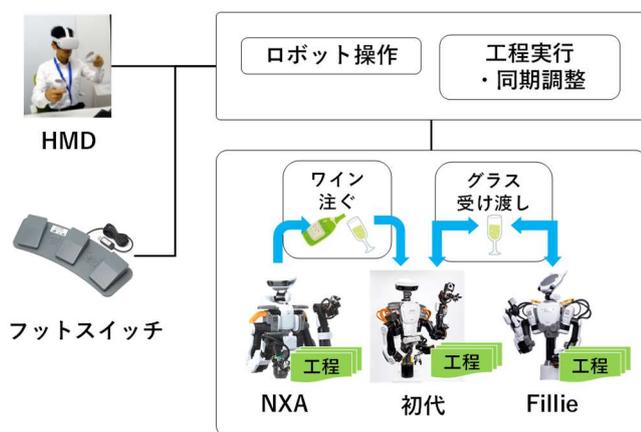


図 8 協調作業のためのティーチングシステム



写真 6 10周年記念デモ



写真 7 ワインを注ぐ動作

4. おわりに

NEXTAGE の API を拡張した「NEXTAGE API」の機能説明およびその遠隔システムや新市場開拓に向けた活用事例を紹介した。ロボットの新たな活用例を通して、API 拡張の有用性を示すことができたと考えている。

実運用の課題として、通信遅延への対策や、操作側の臨場感の向上が挙げられる。また他ベンダーに「NEXTAGE API」を活用していただくためには、更なる魅力向上が必要となる。このため、OPC-UA や ROS などの他の標準的なフレームワークへの対応や、ファイル管理やログ機能などの機能拡充が必要だと考える。

今後は現場の声を聴き、新市場で実用化が可能なシステムの実現を目指し、そこに必要な API 拡張の機能追加やロボットプラットフォームの拡充に取り組みたい。

参考文献

- 1) 平井, 星野, 立山: 分身ロボットカフェにおける NEXTAGE によるテレパリスタシステムの実現, 川田技報, Vol.42, 技術紹介 2-2, 2023
- 2) 村井, 高野, 大谷: NEXTAGE の操縦体験デモ, 川田技報, Vol.42, 技術紹介 3-2, 2023
- 3) ORiN 協議会: ORiN2.1 仕様書, Version 2.1.0, 2008
- 4) The 10th anniversary of KAWADA ROBOTICS, <https://youtu.be/0zPjU9guVFA/> (2023/09/14 閲覧)