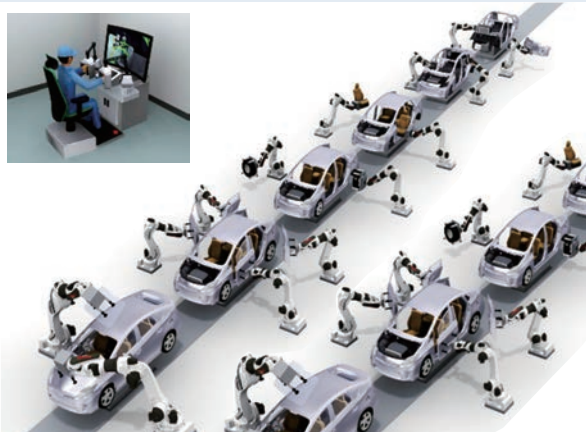


リモートでの生産・労働を実現する新ロボットシステム 「Successor」

New Robot System Successor, Realizing Remote Production and Working



掃部 雅幸^①※* Masayuki Kamon
麻川 はるか^② Haruka Asakawa
蓮沼 仁志^③ Hitoshi Hasunuma

少子高齢化の進展による労働力不足が社会問題となっている。このような状況において、経済発展を目指すにはロボットの利活用と普及率の向上が不可欠である。

これまでロボット化が困難であった作業へのソリューションを提供するシステム「Successor」は、「遠隔協調」と「技能伝承」のコア技術によって、省人化と早期の自動化を果たす。この「Successor」を塗装・研削・組立の各作業に適用して効果を得ている。

Labor shortages due to declining birth rates and population aging has become a social problem. In this situation, utilizing robots and increasing the rate of their introduction are necessary for economic development.

A new robot system, Successor, provides a solution that makes it possible to robotize operations for which it was previously difficult to deploy robotics, achieving manpower-saving and early automation based on its "remote instruction" and "skill succession" core technologies. Successor has been applied to painting, grinding and assembling operations, producing good results.

まえがき

日本が抱える社会課題に、労働人口減少への対応が挙げられる。これに、近年の働き方改革やコロナ禍の感染予防が社会現象となり、ロボットが世の中に果たす役割にも変化が求められている。

1 背景

労働人口減少があってもなお、世界標準の経済発展を目指そうとすると、ロボットのさらなる利活用は不可欠である。しかしながら、労働人口減少数に対するロボットの普及率は、目標値に対して大きな差異がある¹⁾。

この傾向は実は日本に限ったことではなく、いずれの先進国においてもロボットの普及は不十分な状況である。このことは、人々の生活やモノづくりの過程において、ロボット化できている作業がごく一部に限られていることを示している。

ロボット化可能な作業を増やすことがロボットの普及率向上につながるため、これを実現する新たなロボットシステムの開発を進めている。

2 コンセプト

ロボット化が困難な主な作業として、一品生産や少量生産などの生産回数が少ない作業、そして人間の感覚や技能の駆使が必要な作業を取り上げた。これらの作業へのロボット適用を実現するべく、戦略システムとして開発したのが「Successor」である。

「Successor」は、「遠隔協調」と「技能伝承」という二つのコア技術から構成される。

(1) 遠隔協調

従来の産業用ロボットは、動作を教えるティーチと動作を繰り返すリピートという二つのフェーズで運用されてきた。大量生産ラインで使用されるロボットの場合、リピートフェーズの期間が長く、ティーチフェーズに手間をかける価値があった。しかし、先に挙げた、一品生産や少量生産などの生産回数が少ない作業ではリピートフェーズは短期であり、人間の感覚や技能の駆使が必要となる作業ではティーチフェーズが膨大になる。すなわち、いずれもティーチ対リピートの期間割合が小さくなってしまい、ロボットの導入が敬遠されてきた。そこで、ティーチとリピートのフェーズを区切らない、新しいロボット活用のスタイル

として「遠隔協調」がある。

遠隔協調では、ロボットとは離れた場所にいる作業者が、現場の感覚を感じながら、自らの技能を駆使してロボットを操縦し、作業を実行する。これにより、従来の共存協調ロボットでは困難であった、大型ロボットの高速動作時の本質安全確保、生産効率の低下防止、さらに図1に示すように作業者の複数ロボットとの協調が可能となり、結果的に省人化を果たすことができる。

(2) 技能伝承

遠隔協調は、作業者を3K環境から解放するなどして省人化を実現するが、無人化までは果たせない。これを可能にするのが、「Successor」のもう一つの特長である技能伝承である。

図2に示す技能伝承は、次のようなプロセスで達成される。

- ① 遠隔協調により得られる、作業者に伝えた感覚データとロボットの操縦データを蓄積
- ② 蓄積されたデータをロボットに学習させ、ロボットによる自律動作の試行と、作業者による修正動作を繰り返す
- ③ ロボット単独の自律動作を達成



図1 一人の作業者が複数台のロボットを遠隔で操縦
Fig.1 Multiple robots remotely controlled by one worker

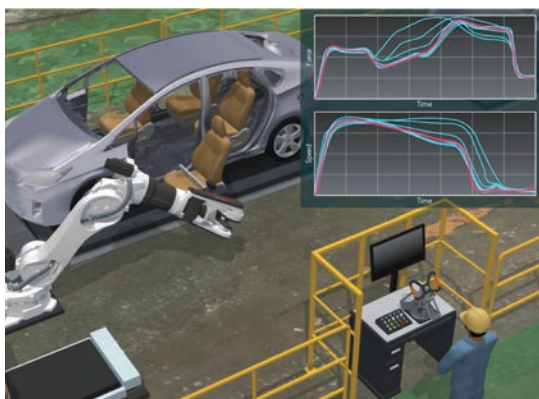
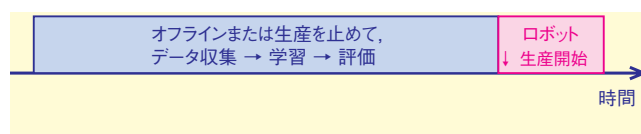


図2 技能伝承による自動操縦の達成
Fig.2 Automatic control achieved through skill succession



(a) 従来のAI活用ロボットの場合



(b) 「Successor」の場合

図3 従来型AIロボットと「Successor」の違い
Fig.3 Differences between conventional AI robots and Successor

AIは製造業においても多くの場面で見られるようになったが、それらのAIは事前に準備された大量の実験データをもとに学習が行われている。すなわち、現場投入までに多くの準備期間を要している。また、現場投入を果たしても、不具合が発生するとラインを停止して、再度学習過程を繰り返すことになる。

一方「Successor」は、実作業をしながら学習を繰り返すOJL (On the Job Learning) と称される新しいスタイルのAIロボットシステムである。図3に示すように人間の感覚・技能作業に対し遠隔協調で対応して早期にロボットを現場投入し、得られたデータを学習することで徐々に自動化する割合を増やしていく。学習が不十分な場合でも、遠隔協調で人がアシストするためライン停止などの状況を防ぐことができる。

3 適用事例

「Successor」は、2017年の国際ロボット展で発表し、これまで社内外でさまざまな要素技術・周辺装置・適用システムを開発してきた。

(1) 全身動作の直感に基づく塗装作業

「Successor」が最初に実用化されたのが、社内の塗装現場である。塗装作業は、腕だけでなく膝や腰また歩幅を含めた全身動作と、目視の直観を駆使する技能作業である。一方で、その現場は高温多湿で、作業者は全身を覆う保護服を装着して悪臭や噴霧に耐えなければならない代表的な悪環境作業である。

そこで、当社の産業用ロボットのマザー工場に、鋳物・板金部品の塗装作業用「Successor」を導入した。このシステムでは、図4に示すように、塗装ブースの外にいる作業者が、ワークの種別や噴射中の状態を目視で確認しながら快適に作業ができる。

全身を駆使する作業者の直観を損なうことがないよう



図4 塗装作業用「Successor」での塗装作業
Fig. 4 Painting operation using Successor adapted for coating

に、操縦機（コミュニケーター）として、VR機器を利用した「Wizard」を開発した。同じワークが再び流れてくる場合には、リピート動作に切り替えることもできる。

(2) 力覚制御技術を利用した研削作業

組立や加工などワークの接触を伴う作業の場合、その感覚を遠隔作業者に伝達するためには、視覚だけでなく力覚の伝達が必要となる。特に、研削は粉塵・振動・騒音・苦渋作業を伴う劣悪環境作業であるが、人の手の感覚により作業品質が大きく左右されるため自動化が困難であった。そこで、研削作業用に図5に示すような「Successor-G」を開発した。

研削ツールと大型ロボット手先の間に力覚センサを搭載し、作業中の力覚を遠隔操縦者に伝え、ロボットを操縦して作業ができる。このシステムは、5G通信を活用し、距離の離れた異なる工場間で操縦する試みも進めている。

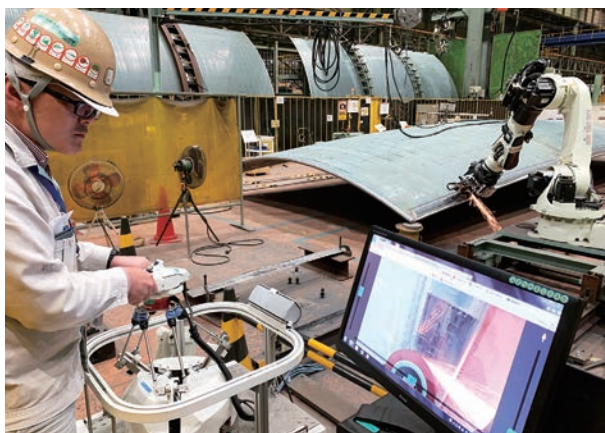


図5 「Successor-G」での研削作業
Fig. 5 Grinding operation using Successor-G

(3) AI制御技術による組立作業

当社の精密機械工場では、油圧機器のマルチコントロールバルブの組立に「Successor」の技能伝承の導入を試みている。

本組立作業では、ケーシングに設けられた数ミクロンのクリアランス穴に、長さや形状の異なるスプールと呼ばれる棒状の部品を挿入する。作業者は、接触状態を目視できないため手に感じる力覚で挿入状態を確認しながら挿入する。加えて、クリアランスが小さいため組立には熟練が必要となる。技能伝承機能として、図6に示すような熟練者が操縦した作業と同等の作業性能を実現した。

技能伝承機能で自律動作を実現するために、まずは遠隔協調機能で人と同等の作業性能での組立作業を行い、作業で得られた数回の操縦データを用いて学習させた。これにより生成した自律動作で、90%以上の成功率での挿入ができた。一方で、想定外の状態になり一定時間以上が経過しても挿入できないときは、別作業をしている作業者が遠隔協調に切り替えて作業を継続する。図7に示す技能伝承機能のOJLでは、作業者が継続した作業データを活用して、

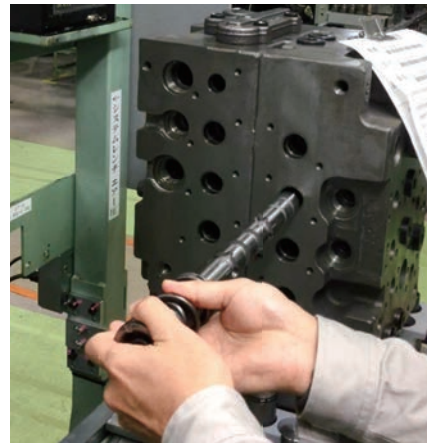


図6 人手によるスプール挿入
Fig. 6 Inserting a spool manually

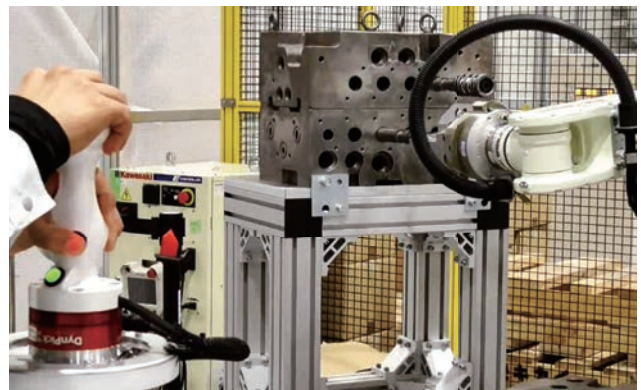


図7 OJLの様子
Fig. 7 On the Job Learning

想定外の状態への対処を追加で学習することで、作業の成功率を99%にまで向上することができた。

4 安全安心リモート社会の実現に向けた次の取組み

労働人口の減少は深刻な社会問題である。特に危険を伴う職場においては、より働き手が減少して後継者不足の状態となっている。昨今のコロナ禍により、オフィスワーカーにおいてはリモートワークの普及が進んできた。一方で、たとえばエッセンシャルワーカーやモノづくりにおけるスキルワーカーなどの現場でしか作業ができない人々は、いまだリモートでの作業が困難な状況にある。

当社では、図8に示すような「eRoboWork」という、リモートロボット技術により、あらゆる作業者にリモートワークを可能とする、新しい働き方を提案する取組みを進めている。さらにソニーグループと当社で、このリモートロボット操作システムのプラットフォームサービスを提供する新会社を設立し、それぞれの親会社の保有する技術を生かして、働き方改革の推進を加速させていく計画である。当社では、この「eRoboWork」を実現する図9に示すような汎用ロボットプラットフォーム「Nyokkey」を開発した。「Nyokkey」は、①当社製産業用双腕スカラロボット「duAro」の人との共存技術²⁾、②「Successor」の遠隔操縦技術やAIを利用したコミュニケーションシステム、③等身大ヒューマノイドロボット「Kaleido」の昇降胴体、④当社独自開発の汎用ハンド、⑤当社製モーターサイクル「Ninja」／オフロード向け四輪車「TERYX」の移動走行技術が結集されている。制御ソフトウェアは、プロフェッショナル向けの産業用ロボットソフトウェアを排除し、ロボット用のソフトウェアプラットフォームであるROSをベースとしたアカデミア／ベンチャーフレンドリーな独自ソフトウェアを搭載している。

あとがき

労働人口減少が進む中、ロボットの利活用方法が変化するだけでなく、人々の働き方も多様化して新たなワークスタイルが求められるようになる。

一方、産業用ロボットは製造業における大量生産という限られた条件において人間を悪環境や単純繰り返し作業から解放してきた。今後は、リモートワークを可能にするロボットシステムにより、人間の身体的能力や居住地などの労働条件によらず人々に労働の機会を与えることで、従来のワークスタイルからの解放が進むと考えられる。

人がロボットを助けて育てていき、人間とロボットが共存共栄する社会システムが新たな時代に必要とされる。そ



図8 「eRoboWork」のイメージ
Fig. 8 Image of eRoboWork

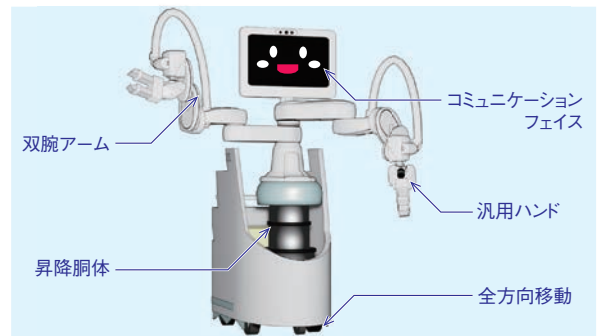


図9 汎用ロボットプラットフォーム「Nyokkey」
Fig. 9 Platform robot, Nyokkey

れらを可能にするのが「Successor」、そして「eRoboWork」である。

これらのシステムを実現・実用することで、世界の人々に、安全・安心なリモート社会を提供していく。

参考文献

- 1) IFR統計局：World Robotics 2017（製造業従業員1万人あたりの産業用ロボット利用台数）（2017）
- 2) 平田，鈴木，村上，日比野，竹林，神原：“人共存双腕スカラロボット「duAro」による人とロボットが共存する生産システム－開発コンセプトと適用事例－”，No.178, pp.6-9（2017）



掃部 雅幸



麻川 はるか



蓮沼 仁志