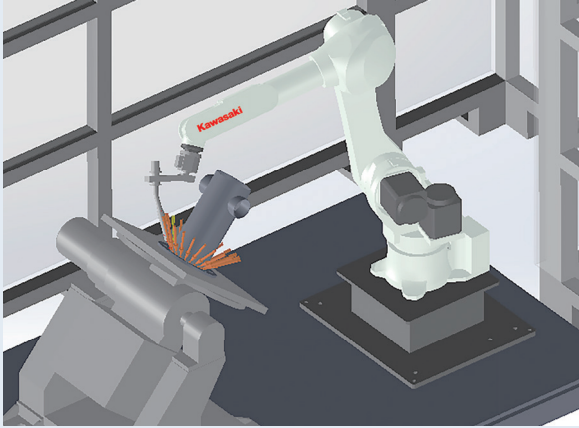


適用拡大に向けた教示作業自動化への取り組み － 3次元CADを活用したオフライン教示ソフトウェアの高度化－

Efforts for Automated Teaching in Order to Expand Applications: Increasing the Sophistication of Offline Teaching Software Utilizing 3-dimensional CAD



吉村 高行① Takayuki Yoshimura
 渡邊 雅之② Masayuki Watanabe
 北嵐 勝志③ Katsushi Kitaarashi
 川端 純一④ Junichi Kawabata
 藤森 潤⑤ Jun Fujimori
 二之湯 秀幸⑥ Hideyuki Ninoyu

これまでロボット化できなかった適用分野への対応が求められる一方で、生産する製品はますます複雑化・多様化している。そのような中、簡単な操作でロボットへの動作の教示作業ができるオフライン教示の要望が高まっている。

適用拡大に向けて、3次元CADを活用したオフライン教示ソフトウェアの高度化に取り組んだ。

While more support for fields of application where robots could not be used previously is being demanded, products to be produced are also becoming more complicated and diversified. In these circumstances, demands for offline teaching where robots are taught using simple operations are increasing.

To expand the applications, we have worked on increasing the sophistication of offline teaching software utilizing 3-dimensional CAD.

まえがき

少子高齢化による作業者の不足や、人手による生産の品質のバラツキを改善するために、産業用ロボットを導入する企業が増えている。ロボット周辺の技術革新も伴ない、これまではロボット化できなかった分野への適用拡大も期待されている。

1 背景

製造業の現状を見ると、製品の形状は複雑かつ多品種、生産量は変量といった顧客個々の要求に対応するマス・カスタマイゼーションへの動きがある。そこで、複雑化・多様化する製品を生産する上で、いかに簡単な操作でロボットを動かすことができるかがロボット適用拡大への課題の一つとなっている。

このようなロボットの操作性の課題に対して、3次元CADを活用したオフライン教示ソフトウェアを利用する顧客が増えている。オフライン教示ソフトウェアは、パソコン上で3次元CADデータを基にロボットや周辺機器の配置検討やロボット動作プログラムを生成することができるものである。複雑な形状でもロボット動作プログラムを自動的に作成することができ、作業による品質と作業時間のバラツキも少なくなる。

2 オフライン教示システムによる教示の簡易化

当社では、ロボット導入を支援するためのオフライン教示ソフトウェアとして、ロボット動作プログラム自動生成ソフトウェア「KCONG」およびロボット配置検討シミュレータ「K-ROSET」を開発し、これらを使い分けて最適な構成のロボットシステムを顧客に提供している。

ここでは「KCONG」について説明する。

3 ロボット動作プログラム自動生成ソフトウェア「KCONG」

(1) コンセプト

「KCONG」は、製品の3次元CADデータ上で、作業箇所を選択して作業条件を指示するという直観的な操作で、自動的にロボット動作プログラムを作成することができるオフライン教示ソフトウェアである。

(2) 概要

「KCONG」は、3次元CADを搭載しているオフライン教示ソフトウェアである。そのため、製品の設計段階から利用することができる。すなわち、図1に示すように、製品の形状設計とロボットによる加工のための製品の作業教示とをシームレスに実施することができる。

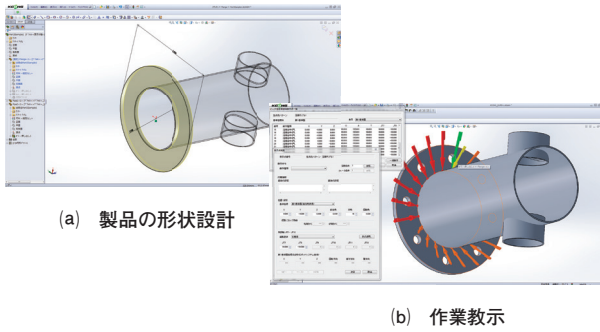


図1 シームレスな設計と作業指示
Fig.1 Seamless design and teaching

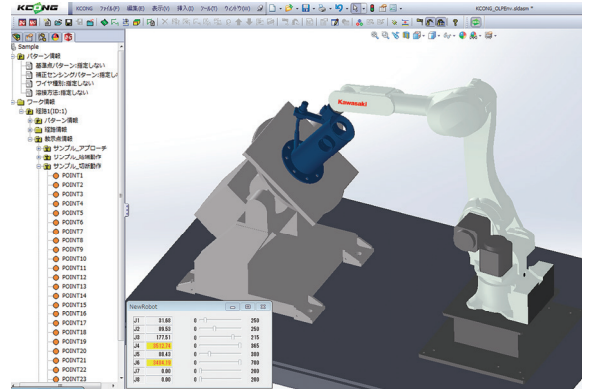


図3 干渉チェックを備えたロボットシミュレーション機能
Fig.3 Robot simulation function with interference check

ユーザーは製品に作業を施すとき、最良な品質となる作業方法を模索する。その際「KCONG」では、教示位置の作成方法および作業条件を施工ルールとしてデータベースに保存して活用できるため試行錯誤によって得られたデータをノウハウとして蓄積できる。さらに、使用頻度が高くなるごとに、より最適な加工方法へ進化させることができる。「KCONG」を使用する際の手順を図2に示す。

また、図3に示すように、干渉チェックを備えたロボットシミュレーション機能を有しており、設備導入前に検討や動作確認を実施できるため、現場適用時の垂直立ち上げにも貢献する。

(3) 特長的な機能

(i) 外部軸を含めた自動姿勢決定機能

「KCONG」は開発当初から、アーク溶接／切断／面取り作業などにおいて機能を発展させることで、ユーザーニーズに対応してきた。複雑な形状の製品の場合は、ロボッ

ト単体の動作範囲だけではカバーすることが難しくなるので、ロボットを移動させたり製品を回転させたりする外部軸を伴うシステムが必須になる。「KCONG」は、ロボットの基軸以外の外部軸の動作制御も自動で決定する機能を有しているため、図4に示すような複雑な形状の部品の溶接の作業教示も容易に実施できる。

(ii) Gコード変換機能

「KCONG」は、NC工作機で使用するCAMソフトウェアが出力するGコードと呼ばれる業界標準フォーマットを、当社ロボットの動作プログラムに変換する機能を搭載している。これにより、NC工作機と同様の作業をロボットで実施できる。ロボットはNC工作機ほどの剛性がないため同等の精度を得ることはできないが、加工対象が大きくなるにつれて高額になるNC工作機に比べると安価で購入できる。さらに、システムの変更に柔軟に対応できる利点もある。これらの長所は、近年発展している3次元プリンタと比較しても、十分な差別化ができています。この長所により、図5に示すような大型の造形物を人手で製作している企業に導入できている¹⁾。

他にも、産業機械の試作金型の消失模型、カメラやプリンタ模型、さらには木材の加工などにおいても活用されている。

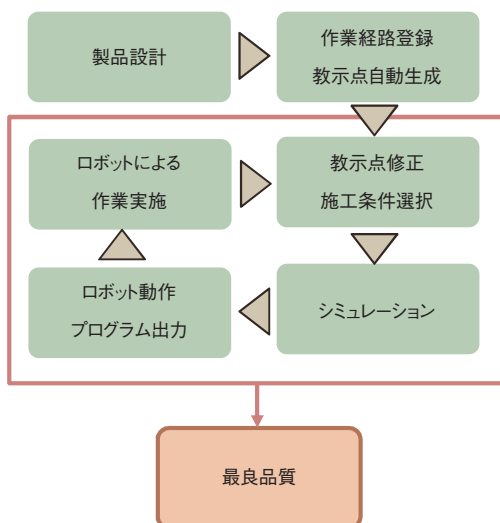


図2 「KCONG」を使用する際の手順
Fig.2 Procedures for KCONG is used

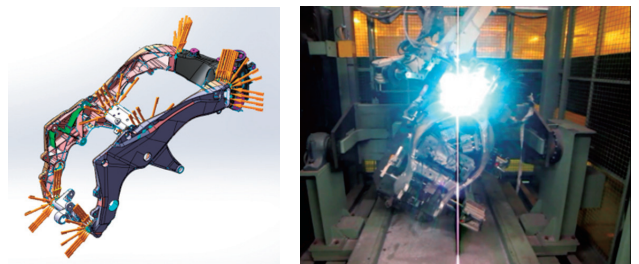


図4 オートバイのフレーム溶接
Fig.4 Motorbike frame joining



図5 テーマパーク用の立体造形切削
Fig. 5 Tridimensional formative cutting for theme park

4 新たな適用拡大に向けた取り組み

従来、ロボット導入の際には、作業の精度が問題となることや面に対する作業の教示に手間がかかるという課題があった。また、顧客によっては、ロボット導入に際してすでに利用しているDMU（Digital Mock-UP）ツールを活用したいというニーズが高まっている。

(1) 速度低減機能（精度対策）

Gコードを利用できるようになったことで、加工メーカーからのロボット化の要求が増えているが、精度が課題となることがある。この解決にはロボットの剛性だけでなく動作特性の改善も有効である。たとえば、作業の折り返しや、加工曲面の角度が大きく変わるような場合に、動作特性が原因となり精度が低下しやすい。特に、一定の速度でこのような動作をさせると精度が下がってしまう。そこで、速度を自動的に減速する機能を加えることにより改善した²⁾。

(i) 特長

速度を低減する範囲を設定することができる。品質に影響するような姿勢に変化する場合に、速度を落とす指令を自動的にロボットの動作プログラムに記述することで、動作速度を変更する。

(ii) 効果

CAMから出力したGコードに速度低減機能を適用した結果を図6にカラーマップで示すが、直線部分とコーナー部分で速度が変化していることがわかる。この機能によ

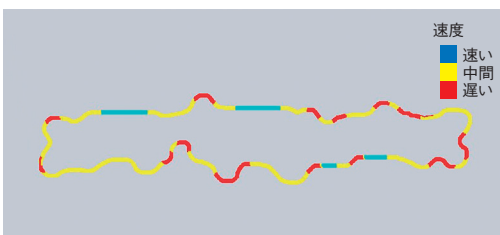


図6 速度低減機能の適用結果
Fig. 6 Result of application of speed reduction function

て、NC工作機用に出力されているCAMデータであるGコードを、必要な精度を保ったままロボットに転用することが可能となった。

(2) 表面加工機能

近年、力覚センサを低価格で入手できるようになったことで、位置制御だけでは困難だったロボットによる研磨などの表面加工が現実的なものになってきた。従来は、研磨のように面を対象にした作業に対しては、高度なCAD操作を駆使することで対応してきたが、その操作を簡易化する機能を新たに開発した。

(i) 特長

ユーザーは3次元CAD上で作業する範囲を選択する。そして、作業条件として作業経路上の教示点間の距離などを入力することで、ロボット動作プログラムを作る。加えて、作業速度や押し当て量のような表面加工作業の調整に必要なパラメータを設定する。なお、教示点間の姿勢変化が大きくなるようにスムーズに調整することができる。また、製品面からのオフセット距離を設定することができるため、研磨だけでなく塗装などの用途にも応用できる。

この機能は、汎用的なSTL（Standard Triangulated Language）フォーマットの形状データにも対応しているため、3次元CADで設計していない製品に関しても、3次元スキャナでデータを取り込むことで利用することができる。

(ii) 効果

適切な押し当て量にはワーク自体の個体差の影響があるが、ロボット先端に力センサを取り付けて計測した力をフィードバックしながら、本機能により加工速度や押し当て量を調整することで、図7のように所望の研磨が行われる。

(3) 組立手順指定機能

家電メーカーの製品は比較的ライフサイクルが短い。そのため、ロボットで生産を行うより人手作業の方が応用が利き効率が良いという理由から、自動化に至っていないことが多い。

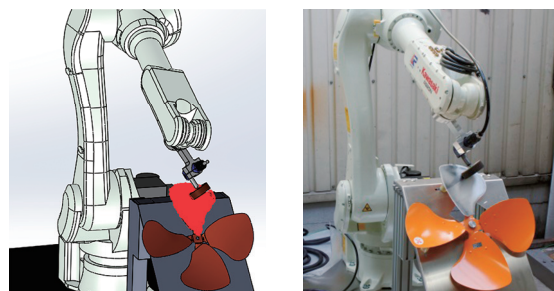


図7 研磨動作
Fig. 7 Polishing operation

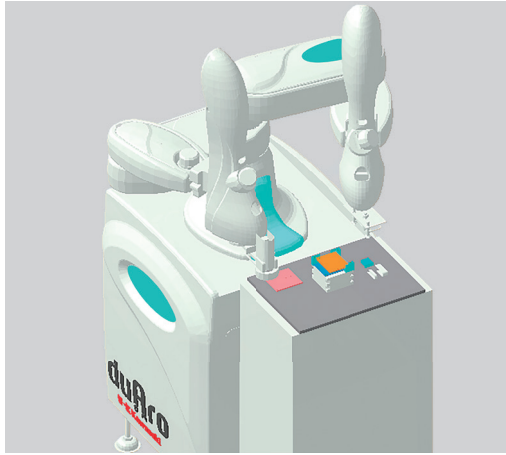


図8 「duAro」での組立動作
Fig. 8 Assembly using duAro

最近、複数の部品を組み立てる際の品質問題を設計の上流工程で解決することを目的として、DMUツールを利用するユーザーが増えてきている。DMUツールは、部品の配置や組立順序および使用する工具を設定することで、3次元CADを使用したアニメーションで組立手順の確認を行うことができる³⁾。このDMUツールで設定した組立情報をロボット動作プログラムの作成に活用することで、ロボットによるシステム立ち上げ時間を低減することができる。

(i) 特長

DMUツールは人の作業の効率化を主な目的として考えられているため、ロボットによる自動化で必要となる工具情報や製品の組立位置を指定する機能を開発した。

作業の流れを次に示す。

- ① 製品の3次元CADデータを準備する
- ② DMUツールにCADデータを読み込んで、組立手順を設定する
- ③ 組立手順をシミュレーションで確認する
- ④ 工具情報と製品の組立位置を指定する
- ⑤ 組立手順を出力する
- ⑥ 組立手順を基に、干渉を含めたロボット動作のシミュレーションを実施する
- ⑦ 検証したロボット動作プログラムを実機へ転送する

(ii) 組立動作の確認

組立作業は、製品を固定しながら部品を組み立てる工程

に分解して考える。DMUツールから出力したロボット動作プログラムを、ロボット2台を使用したシステムで運用する場合、人共存型双腕スカラロボット「duAro」は2台のアームを備えており、互いの動作に協調させて動かすことができるため、組立作業のような加工に向いている。「duAro」を使った動作確認結果を図8に示す。

あ と が き

近年はタブレットなどパソコンに代わる新たな入力媒体が普及して活用されている。さらに、このような技術を取り入れながら、オフライン指示技術が発展していき、新たにロボットが使われる分野が広がっていくと考えられる。当社は、オフライン指示ソフトウェアを他社のロボットメーカーとの差別化要素として、今後も市場のニーズに応えながら指示の自動化を高度化していく。そして、ユーザーがロボットを意識せずに使用することができる指示作業の自動化を進めていく。

参 考 文 献

- 1) 藤森, 家中, 堀内, 久保田, 高木, 山, 脇坂, 川端:“精密加工ロボットシステム”, 川崎重工技報, No.172, pp.44-47 (2012)
- 2) 特開2015-123517, “動作プログラム作成方法およびロボットの制御方法”
- 3) 特開2016-31724, “ロボット制御プログラム生成方法および装置”



吉村 高行



渡邊 雅之



北嵐 勝志



川端 純一



藤森 潤



二之湯 秀幸