

## 協働ロボットと三次元測定機の連動による作業の自動化

狩野幹大・須田高史・小宅智史\*・小林興尚\*  
中村哲也\*・川原潤也\*\*・恩田正幸\*\*

Work automation by interlocking collaborative robots and CMMs  
KANO Motohiro, SUDA Takashi, OYAKE Satoshi, KOBAYASHI Okihisa  
NAKAMURA Tetsuya, KAWAHARA Junya, ONDA Masayuki

近年、ものづくりの現場では人手不足が深刻な問題となっており、これを解消するため協働ロボットによる軽作業の自動化が注目されている。本研究では協働ロボット活用のモデルケースとして三次元測定機と連携させ、測定業務を自動化し無人運転を可能とするシステムの構築について検討を行った。

キーワード：協働ロボット、三次元測定機、自動化

Recently, labor shortages have become a serious problem in the manufacturing industry, and the automation of light work using collaborative robots has attracted attention as a solution to this problem. In this study, as a model case for the use of collaborative robots, we examined the construction of a system that can automate measurement tasks and enable unmanned operation by linking it with a CMM.

Keywords : collaborative robot, coordinate measuring machine, automation

### 1 まえがき

近年、ものづくりの現場で深刻化している人手不足を解消するための手段として、協働ロボットが注目されている。

従来の産業用ロボットは人の作業と分離し、安全柵で囲んで設置する必要があるなど、設置スペースや導入コストの面から導入できる企業はごく一部に限られていたが、2013年の規制緩和により、国際標準化機構（ISO）が定める規格に準じた措置を講じることで、安全柵なしでロボットを設置することが可能となったことや、アプリケーション開発が進み直感的な操作で利用できるロボットが登場したこと、ロボット本体のコスト削減が進んだなどの理由から、導入や運用の負担が大幅に低減し、大企業のみならず中小企業でもロボットが導入しやすくなった。このような背景から、国内でも協働ロボットの開発や導入が進みつつある。

また、ロボットは夜間や休日も稼働すること

が可能であり、単純作業をロボットで行う仕組みづくりを行うことにより、人手不足の解消や生産性の向上への効果が期待される。

本研究では、協働ロボットによる作業の自動化のモデルケースとして、寸法や形状の精密測定に使用する三次元測定機（以下、CMM）との連携を行った。多数の同一形状のワーク測定において、ワークの設置から測定、取り外しまでの一連の作業を自動化し、無人運転を可能とするシステムを構築し、協働ロボットの効果的な活用方法について検討を行った。

### 2 方法

#### 2.1 協働ロボット

本研究では、協働ロボットとして㈱レステックス製 TM-REX5900(図1)を使用する。

本システムは TECHMAN ROBOT 社製、TM5-900 をベースとしたモデルになっており、軸数は6軸、アーム長が900mm、最大可搬質量（ハンド含む）は4kgである。

標準ハンドは電動 2 爪グリップとなっていて、グリップやフランジ部分が簡単に着脱でき、ワークや用途に応じてカスタマイズしての運用が可能である。



図 1 協働ロボット一体型システム  
TM-REX5900

## 2. 2 三次元測定機 (CMM)

ロボットと連携させる CMM は株式会社ミツトヨ製 LEGEX9106 とする。

装置の外観を図 2 に示す。本装置は門固定型の CMM であり、Y 軸移動はテーブルが移動するタイプの測定機であり、あらかじめ測定内容に応じたプログラムを作成し、実行することでワークの自動測定を行う。



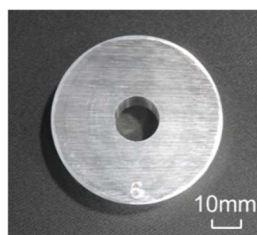
図 2 三次元測定機 LEGEX9106

## 2. 3 ワークの自動測定

測定対象ワークは図 3 のような円筒形のアルミニウム製の切削加工品とし、このワークに対して内径の輪郭形状の測定を行う。

複数のワークを指定エリアの任意の位置に配置した状態から、ロボットのカメラでワークの認識を行い、把持して搬送、CMM 上の治具に設置して測定を実施後、ワークを取

り外すまでの一連の流れを全て自動で行う。ワークの測定が完了したら自動で次のワークの測定を開始するようなシステムを構築し、測定の完全自動化を実現する。



材質	アルミニウム製
外径	60mm
内径	16mm
厚み	約20mm
質量	約140g

図 3 測定対象ワーク

## 2. 4 ハンド先端形状の検討

前述の通りロボットハンドの先端部であるグリップはワークに合わせて変更可能であるが、標準のグリップはグリップ間の最大距離がワーク外径の 60mm より小さく把持ができない。そこで既存のグリップと交換する形で装着可能な新たなグリップを設計し、作製することで対象ワークの安定した把持を行う。

## 2. 5 協働ロボットと CMM の連携

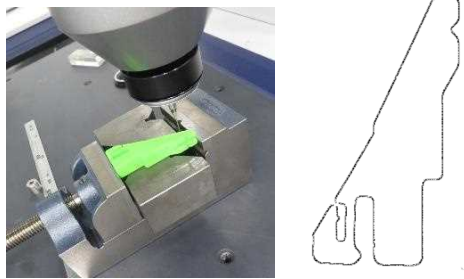
測定作業を完全自動化するためには、ロボットが CMM の状態を確認したり、トリガとなる信号を入力するなど、協働ロボットと CMM の間で何らかの形で状況に応じた信号の入出力をする必要がある。

完全な無人運転による自動測定では装置間の連携にエラーが発生した場合、測定が停止したり、誤動作による衝突等の事故を引き起こす可能性もある。ロボットと測定機間の同期は極めて重要であることから、確実性が高く、可能な限り簡単に実現できる連携手法について検討を行う。

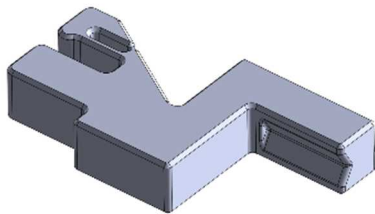
## 3 結果

### 3. 1 専用ハンドの作製

標準グリップの輪郭形状を CMM で測定し、得られたデータを基に先端の開いたグリップを 3D CAD で設計した。測定の様子と測定結果、設計したグリップの 3D モデルを図 4 に示す。このモデルを熱溶解方式の 3D プリンタを利用して ABS 樹脂による造形を行った。造形の様子と造形したグリップを図 5 に、ロボットハンド先端に装着した写真を図 6 に示す。



(a) CMMによる形状測定



(b) 設計したグリッパ

図4 グリッパの測定と設計

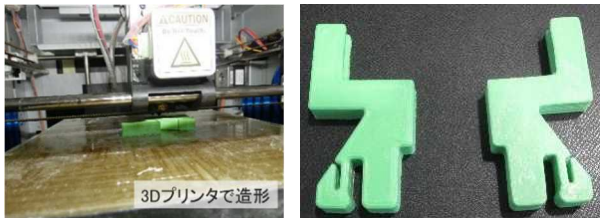


図5 グリッパの造形

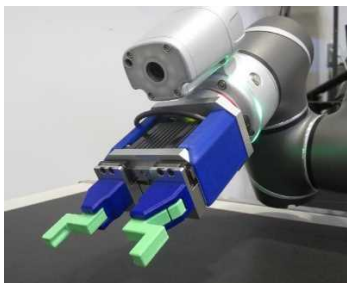
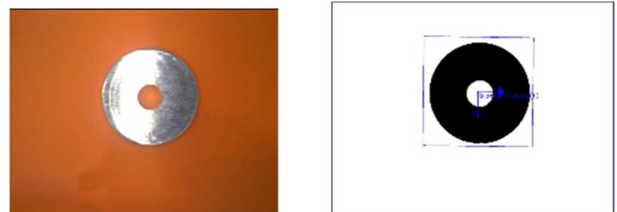


図6 対象ワーク用ハンド

### 3.2 ワークの認識と把持

ワークを把持するためにはワークの位置を正確に認識する必要があり、安定した画像認識を実現することが重要である。

対象ワークは光沢のあるアルミニウム製のため、室内の照明など外乱光の影響を受けやすい。そこで、背景に彩度の高い色を採用することで、ワークと背景との境界を鮮明にし、影響を受けにくくしたところ、安定してワークの中心座標を認識可能な画像認識のアルゴリズムを構築することができた。実際のワークを撮影した入力画像とその認識結果を図7に示す。



(a) カメラ画像

(b) 認識結果

図7 ワークの認識

### 3.3 協働ロボットとCMMの連携

協働ロボットとCMMの各装置について、全自動で動作するプログラムの作成を行った。全体の簡単な制御の流れを図8に示す。

協働ロボット側にはデジタル信号の入出力機能が備わっている一方、CMMには外部信号の入出力の機能がないことから、装置間の連携を確実にするためのトリガ信号をどのようにやりとりするかについて検討を行った。

複数の方法を検証した結果、CMMから協働

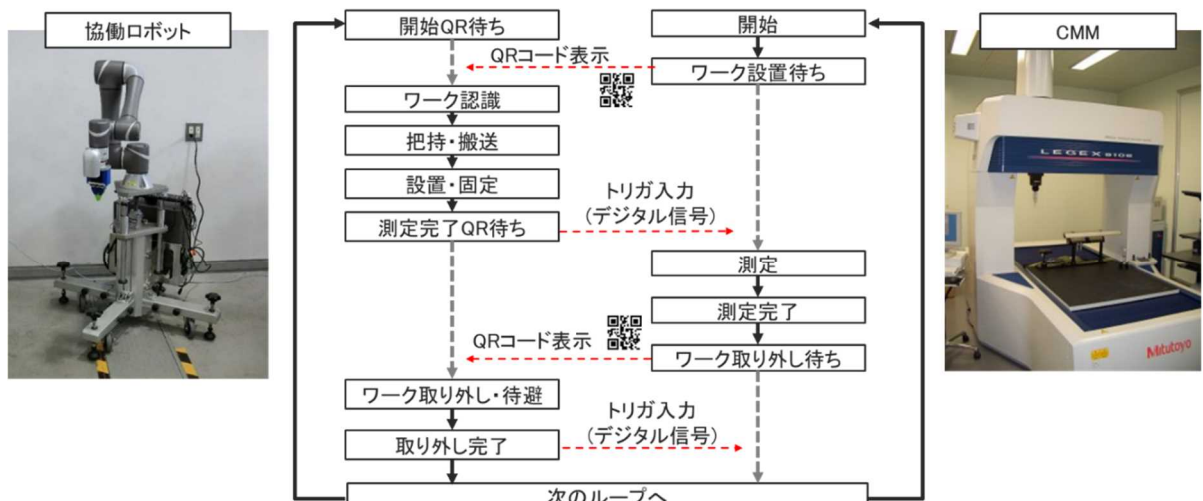


図8 協働ロボットとCMMの連携フロー

ロボットへの入力は CMM 側のモニタ上に QR コードを表示したものをロボットに認識させる方法、協働ロボットから CMM への入力はデジタル信号出力をキーボード入力に変換し入力する方法が装置間のトリガ信号を簡単かつ確実に入出力できるという結果が得られたため、これらの方式を採用することにした。

### 3. 4 動作検証実験

協働ロボットと CMM を図 9 のように配置してシステムを構築し、動作検証を行った。

複数のワークを配置し、構築したシステムについて動作検証を実施したところ、ワークの認識、把持、搬送、設置、測定、取外しまでの一連の流れについて安定した動作が得られた。動作検証の様子を図 10 に示す。以上により、協働ロボットと CMM を連携させた測定作業の完全自動化を実現することが

できた。

## 4 まとめ

本研究では協働ロボットと CMM を連携し、ワークの設置、測定および取外しまでの一連の動作の自動化について取り組みを行った。

協働ロボットは汎用性が高く、ハンド先端（エンドエフェクタ）やプログラムを変更することで、異なる形状のワークや測定機、作業に適用することも可能である。

当センターではロボットの制御に加え、計測機器との連携や、簡易なハンドや治具の作成もワンストップで対応可能であることから、今後は本研究で得られた知見を活用し、県内中小企業への協働ロボット導入支援を進めていく予定である。

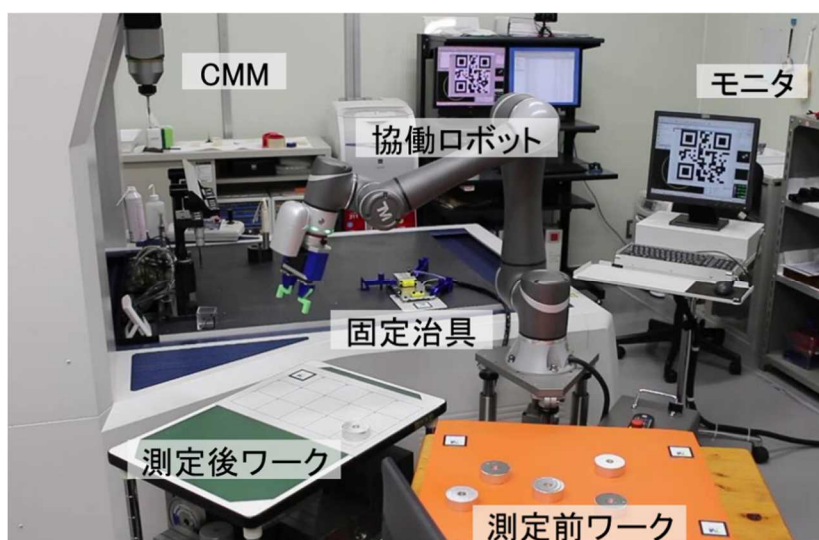
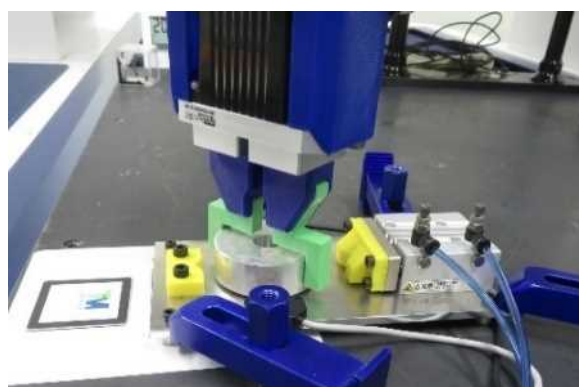


図 9 協働ロボットと CMM の連携システム



(a) ワークの把持と CMM への設置



(b) 測定の様子

図 10 システムの動作検証