

協働ロボットを用いた機械製造分野の省力化システムに関する研究

－協働ロボットによる圧入およびボルト締め作業のシステム構築－

Research on labor-saving systems in the field of machine manufacturing
using collaborative robots

－Building a system for press-fitting and bolt-tightening work using collaborative
robots－

三浦 創史、鈴木 翔一、佐々木 俊*、田嶋 真悟*

(*株式会社ササキコーポレーション)

製造業界では人手不足の解消と労働環境の改善の観点から省力化を推進する必要があるが、産業用ロボットはシステム構築の敷居が高い。このことから本研究では協働ロボットに着目し、人とロボットが混在する環境下でも省力化できるシステム構築方法を確立することを目的とした。具体的には、機械組み立ての例として「プレス機を用いたベアリング部品圧入作業」と、「組み立て工程内のボルト締め作業」を取り上げ、協働ロボットで作業可能か検討した。

ベアリング圧入作業にはアーム型協働ロボット UR10e (ユニバーサルロボット社製)、電動ハンド 2F-85 (Robotiq 社製)、電動ハンドの爪はベアリングとハウジングの両方を把持できる形状に変更した (写真1)。ロボットの接触検知機能を活用したことで、ワークの有無及び位置合わせを効率化した圧入システムを構築できた (写真2)。ボルト締め作業にはアーム型協働ロボット UR10e と双腕型協働ロボット NEXTAGE (カワダロボティクス社製) をそれぞれ用いて検討を行った。アーム型協働ロボットを用いたシステムでは、ユーザー定義座標系の生成機能を用いることで、作業位置が変更になった場合でも簡単に位置調整することを可能とした (写真3)。双腕型協働ロボットを用いたシステムでは、マーカー認識機能を用いることで、ボルト締め芯出し治具の位置の変化に柔軟に対応し、動作プログラムを変更することなく作業できた (写真4)。



写真1 ワークを把持する爪



写真2 圧入システム



写真3 アーム型協働ロボットによる
ボルト締め



写真4 双腕型協働ロボットによる
ボルト締め

1. はじめに

製造業界では人手不足の解消と労働環境の改善の観点から省力化を推進する必要があるが、産業用ロボットはシステム構築の敷居が高い。このため、本研究では協働ロボットに着目し、人とロボットが混在する環境下で省力化できるシステム構築方法を確立することを目的としている。そこで、八戸工業研究所で所有している協働ロボットを用い、機械組み立て作業の例として、ベアリングの圧入作業とボルト締め作業の2つを取り上げ、検討を行った。

2. アーム型協働ロボットによるベアリング圧入作業

2.1 実験方法

ハウジングと呼ばれる部品にベアリングをプレス機で圧入する（写真1）。使用したロボットは、アーム型協働ロボット UR10e（ユニバーサルロボット社製）と電動ハンド 2F-85（Robotiq 社製）である。電動ハンドの爪（写真2）は、ベアリングとハウジングを両方把持できる形状を考案し効率化を図った。ベアリングとハウジングは垂直の棒ストッカーに積み重ねた。ワーク把持を効率化するために、ハンド先端に物体を接触検知すると次工程に進む接触検知機能を用いた。接触検知機能を使ってハウジングを上から押し付けると水平に整えることができる（写真3）。動作プログラムは、ハウジング、ベアリングの順にプレス機へセットし、プレス機のスタートボタンを押して圧入させた。

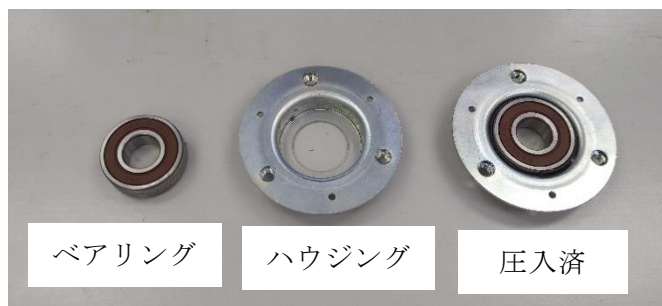


写真1 ワークの名称および圧入済の状態



写真2 ワークを把持する爪



(a) 初期状態



(b) ハンドを接触させて
ワークを水平に修正



(c) ハンドで縁を把持

写真3 接触検知機能を用いたハウジングの取り出し

2. 2 結果

本システムで採用した接触検知機能は有効に作用しており、ワークの有無の判別、ならびに実用的な精度での把持が効率よくできた。そして、8 個重ねたワークを連続でプレス機に供給できる圧入システム（写真 4）を構築できた。原理上、ストッカーの量を増やせば、更なる連続稼働が可能である。



写真 4 圧入システム

3. ボルト締め作業

3. 1 実験方法

ベアリング圧入済みのハウジングに、黒い板金製の円盤形状カバーを M6 ボルト 3 本で締結する（写真 5）。人手による作業には、芯出しのための治具を用いているが、これは日によって設置位置が定まっていないことを想定し、ロボット省力化においても治具の位置の変化に対応させることにした。使用したロボットは使用する電動ドライバーを共有できるため、アーム型協働ロボット UR10e と双腕型協働ロボット NEXTAGE（カワダロボティクス社製）の 2 台を用いて検討した。電動ドライバーは BLG4000BC2（ハイオス社製）である。BLG4000BC2 は M3 程度の十字穴付ねじを締め付けるのに適しているが、M6 の六角ボルトには対応していない。そのため、ボルトを把持するために、磁石と 3D プリンターでソケットを作製した（写真 6）。本検討では、ロボットの動作を確認することを目的としており、規定トルクの管理は行っていない。

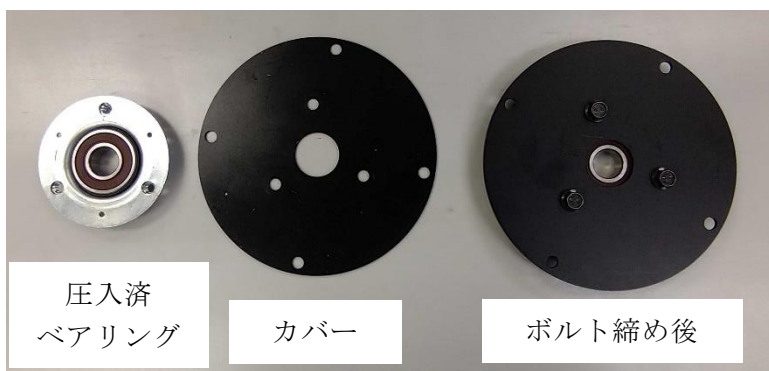


写真 5 ワークの名称およびボルト締め後の状態



写真 6 ボルト把持用ソケット

3. 1. 1 アーム型協働ロボット UR10e によるボルト締め作業

先の芯出し治具の位置が固定されていない制約を克服するため、アーム型協働ロボット UR10e を用いたシステムでは、ユーザー定義座標系の生成機能を活用した。この機能は、任意の 3 点を測定することによって作業原点を設定できる。そのため、芯出し治具は、3D プリンターを用いて 3 つの

座標測定用のくぼみを設けた（写真7）。そして、動作プログラムは、作業原点を補正（写真8）できる芯出し用治具を用いて作成した。

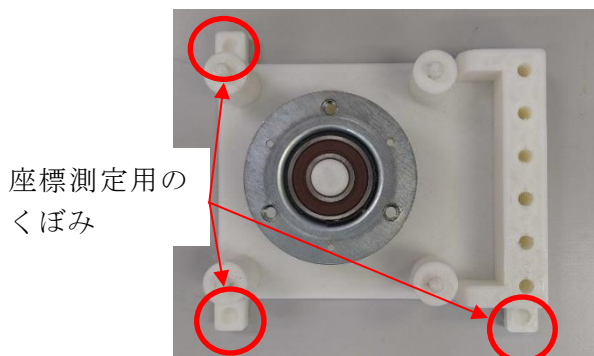


写真7 3D プリンター製の芯出し用治具

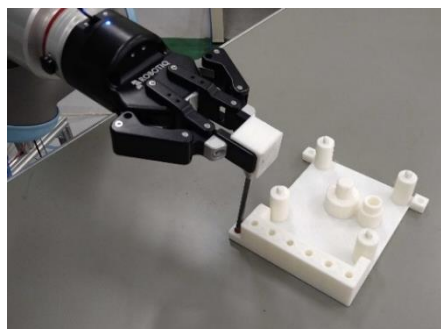


写真8 プローブを用いた座標補正

3. 1. 2 双腕型ロボット NEXTAGE によるボルト締め作業

双腕型協働ロボット NEXTAGE を用いたシステムでは、マーカー認識機能を使用した。動作プログラムは、芯出し治具にマーカーを貼り（写真9）、頭部のステレオカメラで認識させること（写真10）で作業台に置かれた治具の位置補正を試みた。



写真9 マーカー付き芯出し用治具

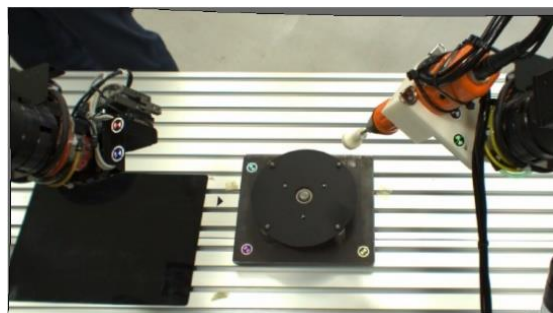


写真10 頭部のステレオカメラによる認識

3. 2 結果

アーム型協働ロボット UR10e および双腕型協働ロボット NEXTAGE にそれぞれ実装した異なるアプローチの治具位置の補正機能はいずれも有効に作用し、ねじ締め作業を自動化することができた（写真11, 12）。そして、今回構築したシステムは、芯出し治具の位置が意図的に変化した場合でも、各ロボットの有用な機能を用いることで柔軟に位置補正でき、作業を自動化できた。



写真11 アーム型協働ロボット UR10e によるボルト締め



写真12 双腕型協働ロボット NEXTAGE によるボルト締め

4. まとめ

本研究では、機械組み立て工程の例として取り上げたプレス機へのワーク供給、ならびにねじ締めについて、協働ロボットを用いて省力化システムを構築した。特にボルト締めにおいては各協働ロボットに備わっている様々な位置補正機能を活用することで、作業位置の変更にも柔軟に対応できることがわかった。これにより現場での省力化効果を推定できるようになった。今後は実アプリケーションに好適な電動ドライバーの選定や、より安定したワークの供給方法の検討など、周辺機器を含めたシステム全体のブラッシュアップを図っていく。