

多品種少量生産向け 協働ロボットシステム

土手 章浩 多田 純

富岡工場は、多品種少量生産で『世界No.1』のメカトロ工場を目指し、日々生産改革を推進しながらATM、現金処理機、情報端末機器を生産している。

組立作業ナビゲーション「プロジェクトンアッセンブリーシステム(PAS)」¹⁾は2016年に開発され、現場改善で生産効率向上に適用されたが、作業内容によっては改善効果が難しい場面も出てきている。そこで、富岡工場が新たに協働ロボットを導入して、正味作業時間の大幅削減にチャレンジした取組みを紹介する。

富岡工場に適したロボット

自動車や家電では、少品種で多量生産を行う産業用ロボットの専用設備を導入されている。産業用ロボットは、動作スピードが速く、高精度であり、ロボット全体を安全柵で囲んで動作を監視するため、設備全体が高額であるが多量生産を短時間で対応できる。ロボットの作業教示は数値制御のため、作業立上げに時間がかかるが少品種のため段取替えの影響は少ない。

一方、人と協調して働く「協働ロボット」は、人に近い現場で導入され、ロボット自体の価格が安く、安全柵も不要(リスクアセスメント実施必要)である。また、協働ロボットの作業教示はティーチングと呼ばれる制御方式のため、作業立上げが短期間となり、多品種生産にメリットがある。

そこで、富岡工場は、多品種少量生産のNo.1を実現するため、協働ロボットのメリットを活かしながら、デメリットを現場改善で克服するチャレンジを実施した。



図1 協働ロボットと産業ロボットの位置付け

協働ロボットのターゲット

富岡工場は自動化²⁾を継続して推進し、比較的生産量が多く難易度の高い組立作業にまでほぼ展開が完了した。コード接続やスタイリングなどの複雑な手作業はPASと人手作業を最適に組み合わせ、低コストで高品質を実現してきた。こうした自動化と現場改善の経験から、協働ロボットと各作業要素との適正を分析し、自動化メリットが高い基本作業要素をターゲットとした。具体的には、ネジ締め、はめ込み、Eリング取付けなどである(図2)。

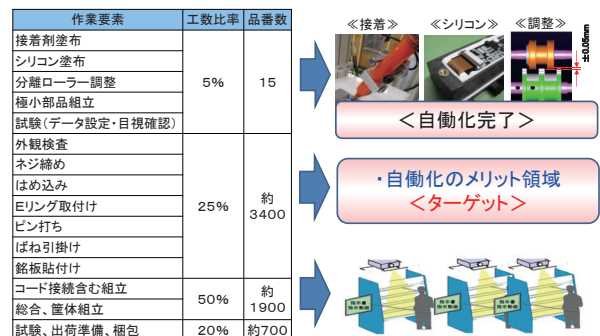


図2 協働ロボットのターゲット

TAASの実現

TAAS(Tomioka automatic assembly system)とは、富岡工場が開発した多品種少量生産向け協働ロボットシステムである。本システム全体は共通部と専用部で構成されている。共通部は2台の協働ロボットを作業者の右手と左手とし、人間が工具をもって組立て作業を行う構成である。部品点数が10点程度の組立てに対応でき、単純な組立ては片手で、複雑な部品は両手で組めるようにした。専用部は組立部品の品番ごとに必要な部材/工具を配置でき、品番切り替え時に共通部から脱着可能な構造にした。多品種少量生産では専用部を切り替え、共通部の協働ロボットが多品種な組立に対応できる(図3)。

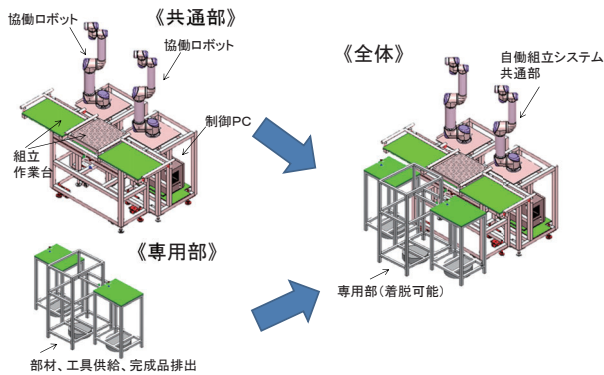


図3 TAASのシステム構成図

協働ロボットのパフォーマンスを高めた現場改善の取組を紹介する。

(1) ネジ締め作業の自動化

ネジ締め作業を人と同じ動きで自動化した場合、人手作業の約2.5倍の作業時間になった。協働ロボットの組立時間を長くしている動作を分析し、現場改善の施策を検討した。ネジ締め付けまでに時間が掛かる、片方のロボットが動作していない、ムダな動作が多い、などの動作は全て有線式電動ドライバーを人手作業と同じように協働ロボットに使用させたことが要因で発生した(図4)。したがって、共通部の2台の協働ロボットに最適な電動ドライバーの開発にチャレンジした。世の中に市販されているものが無いため、無線化、低価格化、高速化の三つの観点から機能開発を実施した(図5)。

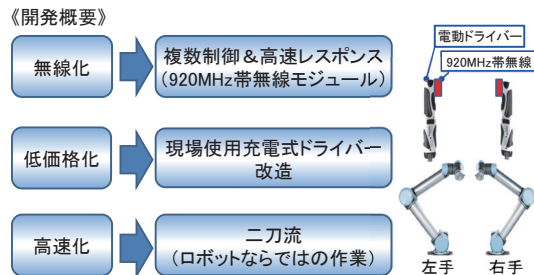


図5 ネジ締め自動化の機能開発

無線化は、920MHz帯無線モジュールを電動ドライバーに取り付け、複数制御で高速レスポンスを実現した。そしてトルクアップ信号を無線で制御PCに送信する構成にした。低価格化は、現場で既に使用している充電式電動ドライバーに無線モジュールを取り付けて実現した。

高速化は、共通部の2台の協働ロボットにそれぞれ無線式電動ドライバーを実装し、部品を治具で抑えることで両腕同時使用(二刀流)をできるようにし、作業時間の短縮を実現した(写真1)。当初は片方の腕で部品を押さえ、もう一方の腕でネジ締めをしたため、作業時間が長くなっていた。



写真1 両腕同時使用によるネジ締め作業

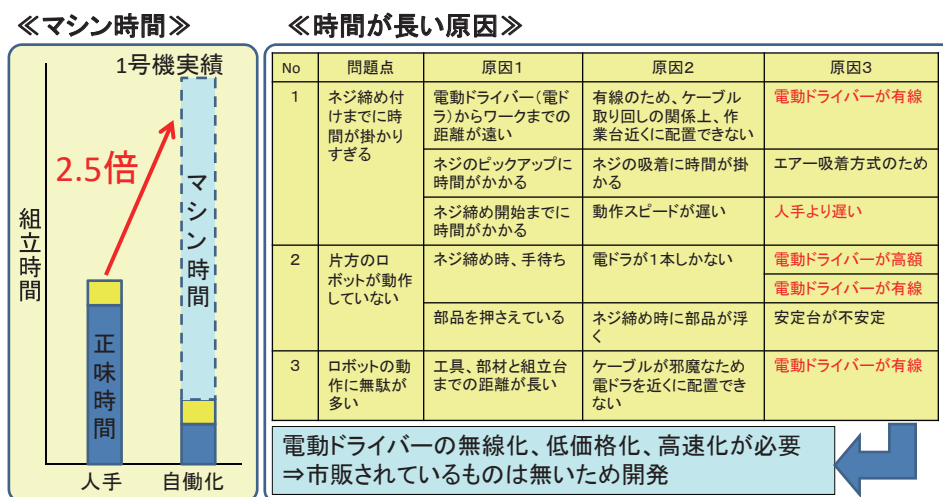


図4 作業時間短縮のための要因分析

(2) 良否判定作業の自動化

協働ロボットの自動組立と同時に、作業の途中でネジ締めトルクを判定(トルクアップ信号有無)するなど、不良を流出させない仕組みを開発した。ロボット単体で検出できない部分は画像認識を活用した良否判定システムを開発・導入した。図6はネジ固着剤をネジ部の所定範囲に塗布する工程である。ネジ締め前にネジ固着剤の塗布範囲を画像処理で認識し塗布量の良否判定を実施した。当初は、PASで確立した「色の3原色(R・G・B)」を強調し合成する画像処理方法を採用したが、ネジ固着剤の青色を精度よく抽出できなかった。試行錯誤の結果、「色の3属性(色相・彩度・明度)」の彩度を強調する画像処理方法が最も安定してネジ固着剤の青色を抽出でき、良否判定の自動化が実現できた。

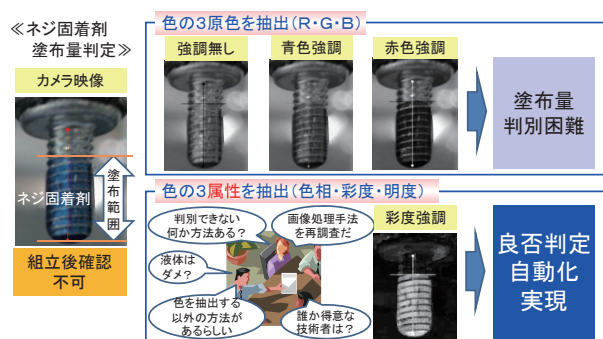


図6 ネジ固着剤塗布量の自動良否判定

(3) はめ合い作業の自動化

ベアリングをシャフトに挿入する「はめ合い作業」の自動化では、目視をベースにティーチングを行った後、連続運転を行い、最後は数値制御で微調整しながら、位置決め精度の不具合を改善させるが、安定稼働までに1品番1ヶ月と膨大な時間がかかっていた。そこで、目視で決めた位置を微小に変化させながら挿入動作を繰り返して、加重が低いポイントを探る自動ティーチング方法を開発することで、1ヶ月かかっていた立上げ時間を3日に短縮できた(図7)。

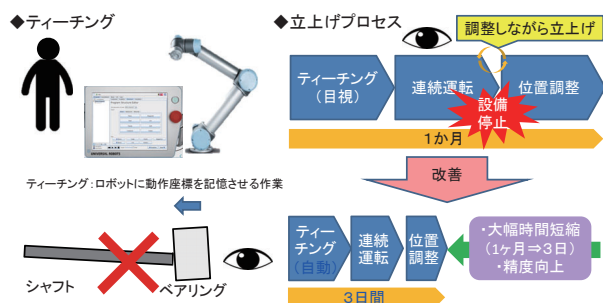


図7 はめ合い作業の時間短縮

(4) 部品ピッキング作業の自動化

協働ロボットが定位置で部品を把持するためにキットを使用している(写真2)。キットの部品は人手で整列されるため、多品種に対応できるが作業時間がかかる。



写真2 キットによる部品供給

キット以外では、部品を自動で整列するパーツフィーダーを使用する方法があるが、整列する部品が1種類に限定されてしまう。また、山積み状態の部品をカメラで撮影し、位置と姿勢を画像で認識して、部品をピックアップするシステムが市販されているが、高価であり、カメラのセッティングで認識精度が変動する場合がある。

そこで、協働ロボットのオプションでアーム先端に固定されたカメラと、同カメラに組み込まれた画像認識ソフトを利用した部品ピッキング作業を開発した。同画像認識ソフトは平積み状態の部品を認識できるため、山積み状態の部品の塊を協働ロボットで平積み状態へほぐしてから部品を認識する。認識結果から把持(はじ)する部品の位置が分かれば、協働ロボットは同位置で部品を把持できる。(図8)。部品の塊をほぐした後に部品をつかむためのハンドは試行錯誤を繰り返しながら形状の最適化を実施した。最適形状は3Dプリンターを用いることで製作時間の短縮と投資の抑制を実現した。

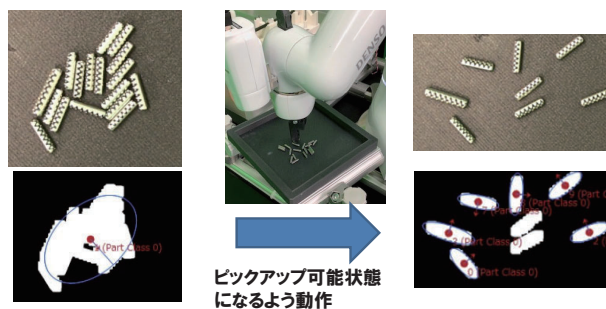


図8 ロボットアームによるほぐし作業

(5) 稼働監視作業の自動化

従来から、自動化設備の稼働率を上げるために、設備の稼働状態を見える化し、改善点を見つけて、アクションを起こす活動を継続してきた。TAASでは、図9のように、縦軸を

「時」、横軸を「分」とし、1マス1分として、協働ロボットの1日の稼働状況(稼働中、投入待ち、エラー、メンテナンス中)を表示している。協働ロボットのチョコ停時間(ちょっと動いては停止している時間)をなくして、無駄なく自動化を実行できるように、日々現場改善を推進している。

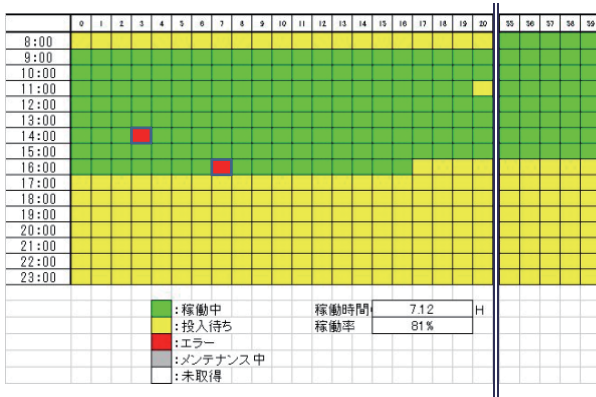


図9 ロボット稼働状況の見える化

導入効果

協働ロボットのメリットは活かし、デメリットを克服することで、多品種少量生産向け協働ロボットシステム(TAAS)を開発することができた。従来3人だった作業を1人で実施できるようになり、2人/年の省人化を実現することができた。また、協働ロボット向け電動ドライバー、山積みを平積みへほぐして行う部品ピッキング、3Dプリンター製造のツールなど、現場視点の改善創意で自動化の設備投資を1/20に抑制できた。

今後の展開

富岡工場では、多品種少量生産のNo.1を目指して、生産技術メンバーと現場作業メンバーとが一体となり、社内外の先進技術を積極的に活用しながら、自動化のレベルを高める活動を推進中である。

また、TAASで取り組んだ課題はどこの工場でも存在するため、自動化の成果をグループ企業含めた他工場へ水平展開し、更にモノづくり力の向上に向けて今後とも継続して現場改善に取り組んでいく。◆◆

参考文献

1) 柏倉裕、多田純:生産効率向上を実現する新組立てナビゲーションシステム、OKIテクニカルレビュー第228号、Vol.83 No.2、pp.54-57、2016年12月

2) 磯辺和彦:世界No.1のメカトロニクス工場を目指して、OKIテクニカルレビュー第225号、Vol.82 No.1、pp.20-23、2015年5月

● 筆者紹介

土手章浩:Akihiro Dote. OKI富岡マニファクチャリング株式会社 生産本部 製造技術部

多田純:Jun Tada. コンポーネント&プラットフォーム事業本部 生産統括本部 先端生産技術開発部

TIP 【基本用語解説】

PAS (Projection Assembly System)

プロジェクションアセンブリーシステム

プロジェクターによる作業ナビゲーションと、高度なセンシングを活用した作業履歴のデジタル化を実現、作業結果のデジタルデータ化(可視化)により、品質向上と生産効率向上を支援する。

<https://www.oki.com/jp/esc/pas/>

キット

作業1台分のすべての部品を一つの箱に集めること。