

技術紹介

多能工組立ロボットを活用した自動組立ラインの構築

宇賀神 佑太 ・ 山口 稔 久

1 はじめに

カヤバ相模工場では、重筋作業や多くの作業を覚えなくてはならないことによる負担・不満・不安（3F）がある。これに加え、少子高齢化の影響で人員確保が困難となり、生産停止のリスクが問題となっている。また生産性の高い複雑な構造の設備が増え、設備故障によるライン停止のリスクが高まっている。対応策として、社内革新工場プロジェクトで掲げられている、自動化とデジタル技術を軸にした異常予知開発が効果的である。本報はその技術開発を盛り込んだライン構築報告である。

2 背景

相模工場で生産している機械質量5.0ton以下の油圧ショベル用走行モータ（図1）は、協力会社から減速機（図2）を調達している。その後、相模工場の走行モータ組立ラインで減速機にモータ部を組立て、完成品としている。



図1 減速機付き走行モータ

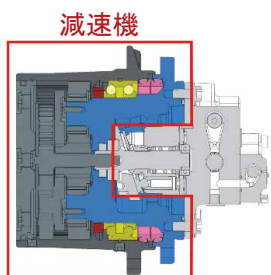


図2 走行モータ断面図

今後、走行モータの生産量が増加する計画があり、減速機の供給が間に合わない見通しである。

このため、減速機を内製化（表1）し、生産量増加対応する計画を立てたが、相模工場に空きスペースが少なく、組立ラインスペースの制約が厳しい状況であるため、小スペースな自動組立ラインを構築しなければならない。

表1 組立内外作一覧

油圧ショベル	減速機	モータ
～5.0ton	協力会社 + カヤバ	カヤバ
5.0～8.0ton	カヤバ	カヤバ
12.0～35.0ton	カヤバ	カヤバ

3 目的

機械質量5.0ton以下の油圧ショベル用走行モータの生産量増加対応と、作業者の3F軽減による働きやすい組立ラインの構築。

4 目標

目標値を表2に示す。

表2 目標値

項目	目標（従来比）
スペース	20%低減
出来高生産性	30%向上

5 要件

- ①組立自動化に繋がる新技術の開発
- ②“ものづくり”がとまらないラインを目指した予知保全（異常予知）機能の開発

6 ライン概要

減速機組立ラインは部品洗浄，組立，検査の各工程から構成されている。出来高生産性を向上すべく，これらの工程のうち前半部分を全自動で組み立てるライン構成（図3）とした。

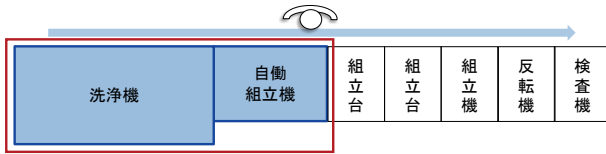


図3 組立ラインブロック図

前半部分に導入した自動組立機を図4に示す。コンベア上を流れるワークに対して，6軸ロボットを使用して周囲に配置されたハンドや治具を駆使しながら，様々な組立作業を効率的に進めていく構成とした。

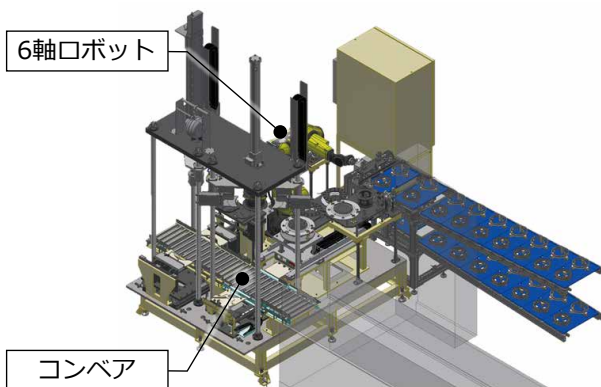


図4 自動組立機

7 実施内容

7.1 重量部品の自動組立技術確立

相模工場の組立の歴史として，2021年以前は手作業による組立がメインで，13kgのワークを手で持ち上げる重筋作業（写真1）を行っていた。



写真1 重筋作業¹⁾

その後2022年に改善のSTEP 1として，半自動化を進めた。具体的には重量物の組立にはシリンダを使用（写真2），軽量物の組立には手作業を採用する半自動機を導入した。ここでロボットではなくシリンダを採用した理由としては，重いワークを持ち上げることができるロボットは大型となり，設置スペース大となるためである。



写真2 半自動化¹⁾

そして今回，2023年に改善のSTEP 2として，STEP 1で半自動化した設備を全自動化した。具体的には重量物の組立には引き続きシリンダを使用，軽量物の組立にはロボットを使用した（図5）。軽量物である治具や小物ワークにのみロボットを使用することで，ロボットの可搬重量を軽減し，小型のロボットを採用することができた（図6）。

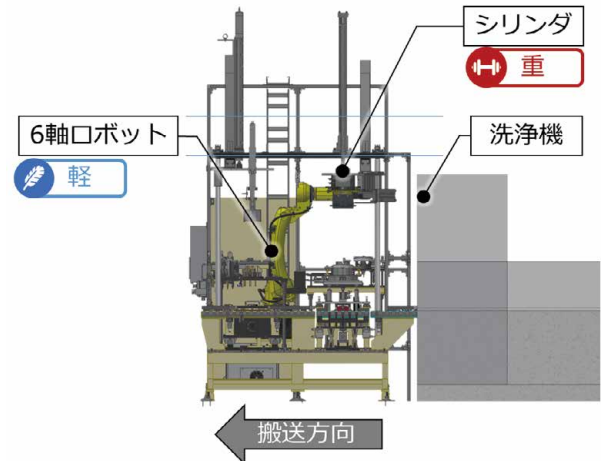


図5 自動組立機（正面図）

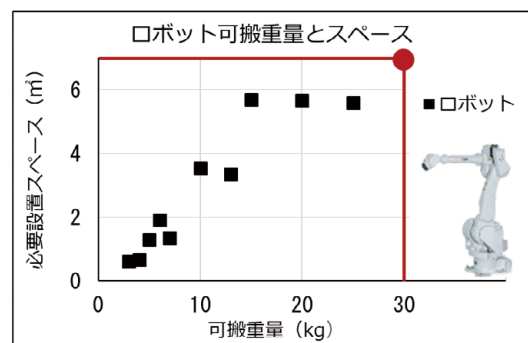


図6 ロボット可搬重量とスペース

7.2 軽量で多種多様な治具・ワークに対応できる ロボット多能工化技術開発

自動化の対象は27工程であり、工程それぞれに対応した27ユニットの機器で設備を製作すると、設備が複雑になり、設備費・設置スペース大となる。

そこで、ロボットを多能工化し、27工程中17工程を1台のロボットで行うことで、装置数を最小限に抑えた。多能工化の方策としては4種類のハンドと7種類の治具（図7、8）を1サイクル中に何回も変更して使い分け、これにより設備費の抑制と小スペース化を実現した。

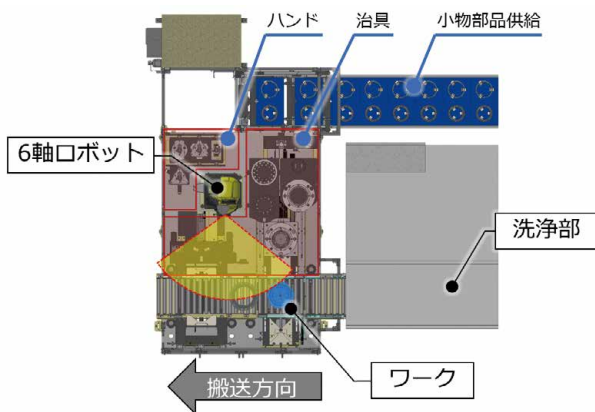


図7 自動組立機（上面図）



図8 ロボット ハンド・治具一覧

また、熟練作業者の経験と勘に基づく作業をロボットで行うために、事前検証に苦労した。特にリングナット^{注1)}の締付作業においては、リングナットが薄いために傾いた状態で締付けられることがあり、その結果、かじりが発生する（図9）。

既存工程では、かじり対策として、締付工具による本締め前に作業者が手で仮締めを行っている。しかし、この仮締め作業は非常に難しく、熟練を要する作業となっている。

注1) M130程度の大型のナット

そこでリングナット水平挿入治具（写真3）の試作を重ね、開発に成功した。試作にあたっては3Dプリンタによるラピッドプロトタイピングを活用す

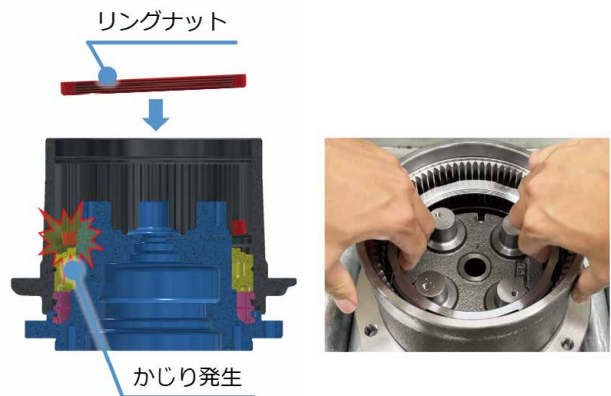


図9 リングナット締付時のかじり

ることで、有効な解決策を安価かつスピーディに模索できた。

本治具がリングナットのガイドとして機能し、リングナットを傾けずに正確にセットすることが可能となった。これにより、仮締め無しで締付工具による本締めが可能となり、熟練作業をロボットで行うことに成功した。



写真3 水平挿入治具（試作品）

また、傾きだけが課題ではなく、治具の組込時には回転方向の位相合わせが必要であった。この問題を解決するために、特殊ハンド（図10）を考案した。この特殊ハンドで、ロボットの力覚センサなどの高度な制御を行わず、位相合わせが可能となった。



図10 特殊ハンド

7.3 予知保全機能の開発による生産停止リスク低減

自動化を進めるとアクチュエータ、センサの数が多くなり、突発故障のリスクが高まる。また保全に関しては一部予防保全を実施しているが大部分が事後保全となっている（表3）。

表3 現状の保全状況

設備機器	設備保全
ロボット	予防保全 ※年1回のメーカーによるメンテナンス
毎回壊れる部品	予防保全 ※定期的に部品交換
その他部品	事後保全

対策として、アクチュエータの動作時間を監視し、管理値から外れたらアラームを出す機能を組み込んだ（図11）。また、設備は社内LANにて事務所PCと接続し、動作時間の推移をグラフで確認することが出来る。これにより設備作動部の傾向管理が可能となり、予知保全を実現し、突発故障時間を低減した。

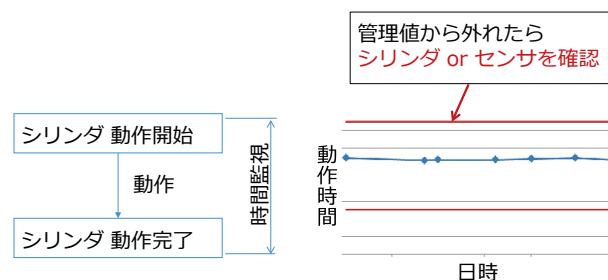


図11 予知保全

8 結果

実施結果を表4に示す。

表4 実施結果

項目	目標	実績	判定
スペース	20%低減	27%低減	○
出来高生産性	30%向上	30%向上	○

9 まとめ

機械質量5.0ton以下の油圧ショベル用走行モータの生産量増加対応と、作業者の3F軽減による働きやすい組立ラインの構築を実現した。

また今回のライン構築にあたって、仕様検討時から生産技術と工機センター^{注2)}で週一の仕様検討会を実施。さらに、設備の図面作成から製作、調整までを、生産技術から工機センターへ社内留学し、共に立ち上げを行うことで密に連携してライン構築ができた。また、留学により今後の設備投資で自動化を進めるために必須となるロボット技術を習得できた。

今後は社内の研究部門、工機センターと協力して高難易度作業の要素トライを進めていく。

注2) 当社の設備内製化部門

10 おわりに

本ラインの構築に御協力頂いた関係部署並びに御指導御支援を頂いた方々へ、この場をお借りして厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 陳：MAG小型A2ラインの構築，カヤバ技報第68号，（2024年4月）。

著者



宇賀神 佑太

2007年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部相模工場生産技術部。ピストンポンプ・モータの工程設計に従事。



山口 稔久

2015年入社。生産本部工機センター設計室。生産設備の機械設計業務に従事。