

デジタルツインを活用した 刃具交換作業の最適化とコスト低減

Optimizing Tool Change Operations and Reducing Costs with Digital Twin Technology

山下 達也*1 石原 聡*1 山本 優子*1 松村 昭彦*1
Tatsuya Yamashita Satoshi Ishihara Yuko Yamamoto Akihiko Matsumura

*1 エンジン事業部 生産技術部

1 はじめに

近年の労働力不足の加速と労務費の増加の問題から、競争力の高いエンジン生産のために業務効率の改善が課題となっており、この課題の解決策として、エンジン事業部ではデジタルエンジニアリングの活用による業務改善に取り組んでいる。

デジタルエンジニアリングの活用を推進するため、生産技術部では、実空間のデジタル化とバーチャル検証、最適化を組み合わせることで技術の手の内化、パッケージ化を目指す2023年度のロードマップを作成した。本稿ではこのロードマップに基づき、刃具交換作業の業務改善に成功した事例を紹介する。

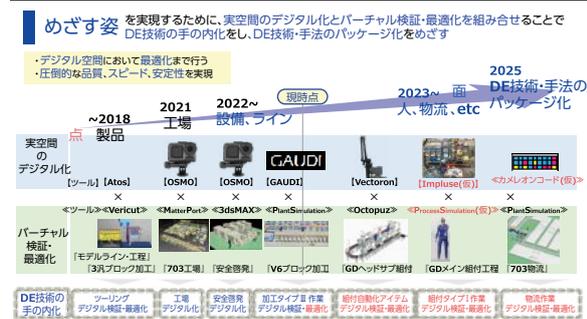


図1 2023年度 エンジン生技ロードマップ
Fig.1 FY2023 Roadmap of the Engine Production Engineering Department

2 取り組みの背景

F33A機種のエンジンプロック加工ラインでは、刃具交換を50台生産に1回の周期で実施するかんばん方式を採用している。かんばん方式は、かんばん番号ごとに刃具交換を行うツールの組合せを決めておく方式であり、成り行きで刃具交換を行うあんどん指示方式と比べて刃具交換作業を定

期作業としてスケジュール化することができる。かんばん方式では、あんどん方式で生じていた複数の刃具カウンタが同時に上がってしまい予期せぬライン停止が生じるリスクを回避でき、また刃具交換作業時間を平準化しやすい・他業務を行うまとまった時間が確保しやすいといったメリットがある。本ラインでの運用の問題点として、使用している刃具総本数が205本あり、本数の多さによる組合せが膨大であることから人による作業平準化ができず、かんばんごとに刃具交換作業時間のバラツキが生じていた。

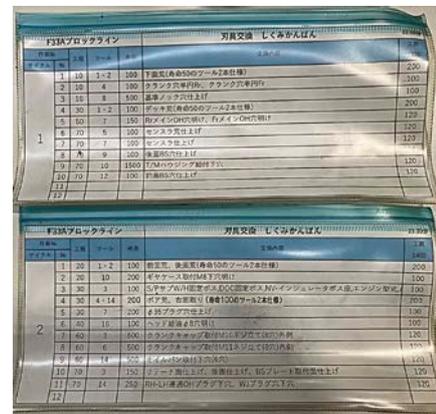


図2 かんばん表示例
Fig.2 Kanban display example

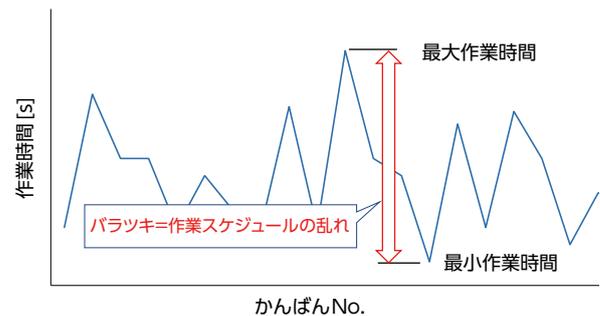


図3 かんばんごとの刃具交換時間のバラツキイメージ
Fig.3 Image of variation in tool change operation time for each Kanban

かんばんごとで刃具交換作業時間にバラツキがある状態で1日の作業をスケジュール化する場合、工数に不足が出ないように最も長い作業時間でスケジュールを組む。この時に、バラツキを吸収するための作業バッファが生じる。このバッファは他の業務に充てることができるが、毎回決まった時間を確保できないためスケジュール管理が難しく、実際は手待ち時間となるため、刃具寿命が残っている状態で刃具交換を行う、“早替え”が生じていた。この“早替え”により、生産1台当たり42円の刃具費を損失していた。

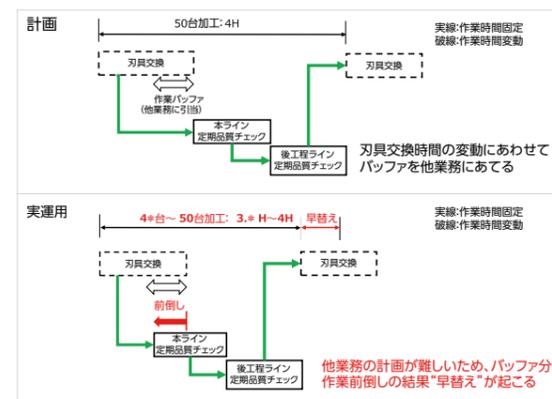


図4 作業バラツキによる“早替え”発生メカニズム
Fig.4 Mechanism of “early change” caused by work variation

また、紙かんばんを約2か月分の120枚で運用しており、寿命延長の反映によるかんばん更新時は、120枚分のかんばん印刷が必要であった。120枚分のかんばんを再印刷・棚に整列する工数が8Hと大きく、容易に寿命延長の効果を反映できない問題点があった。

これらの課題の解決策として、下記の2テーマに着眼し開発に取り組んだ。

- 作業時間バラツキが平準化されたかんばん計画の作成
- 紙かんばんデジタル化

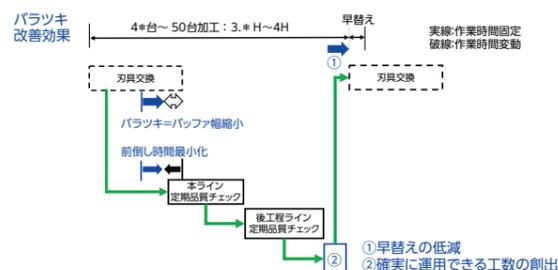


図5 刃具交換作業バラツキ改善による効果
Fig.5 Effect of improving variability in tool change operation

3 主な開発内容

3.1 作業時間バラツキが平準化されたかんばん計画の作成

“早替え”の要因となっている、刃具交換作業時間のバラツキを平準化するために、下記のプロセスにより“最適化かんばん計画”を作成するシステムを開発した。

1) 作業データの創出

刃具交換作業時間のバラツキを平準化するにあたり、かんばんごとの実作業時間を取得する必要があった。しかし、利用可能なデータは各要素作業単体の時間データしかなく、歩行時間などの付帯作業と組み合わせた時の正確な時間データが不足していた。不足データの取得を目的として、実作業者の動画から作業データを確認しようとしたが、刃具交換作業が約4時間ごとの作業であり、作業データを創出する十分なデータを取ることが難しかった。そこで、シミュレーションソフトにて刃具交換作業を再現し、実際の設備稼働データとシミュレーションの動きを一致させることで、刃具交換作業時間の計算モデルを開発した。

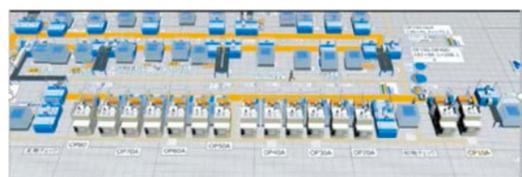


図6 実空間作業をシミュレーション化した画面
Fig.6 A screen showing a simulation of real-world work

2) 最適化スケジュールの作成

シミュレーションで作成した刃具交換作業時間の算出モデルをベースに、毎回の刃具交換作業時間が平準化されるように設計探索ツールを用いた。刃具交換作業は刃具交換を行っている時間と初物チェックを行っている時間があり、全かんばんでこれら両方の作業時間バラツキを最小化することを目的変数として、各刃具寿命の現在カウンタ値を操作した。この時、運用上同じタイミングで交換必要な刃具は、作業が分れないことを制約条件としている。15,000通りの刃具交換の組合せを計算させ、刃具交換作業時間のバラツキが最も小さくなる組合せを“最適化かんばん計画”として採用した。

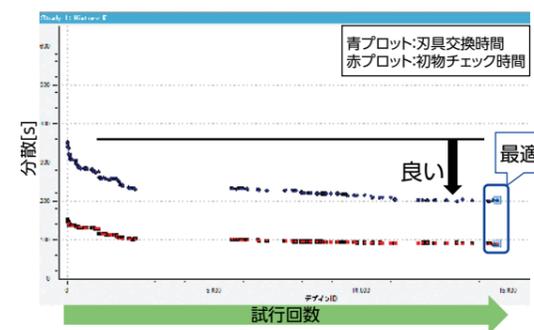


図7 最適化計算結果
Fig.7 Optimization calculation results

この“最適化かんばん計画”にて、再度刃具交換作業のシミュレーションを行い、刃具の“早替え”による刃具費の損失を、生産1台当たり5.2円(▲36.8円)まで低減し、また、確実に運用できる工数を16.2分(0.07人工)確保できる効果を見込めた。

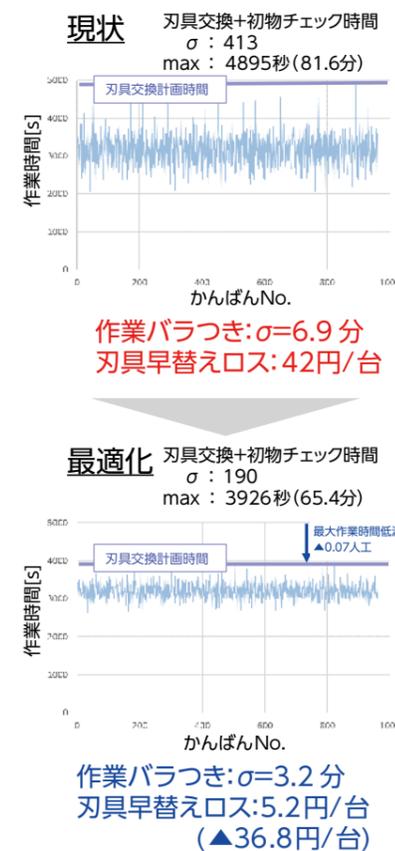


図8 最適化かんばん計画の適用による効果予想
Fig.8 Expected effects of applying optimized Kanban planning

3.2 紙かんばんデジタル化

作業時間バラツキ以外の要因として、次回刃具交換作業までの設備の停止時間が見えないことが、設備停止リスクへの心理的プレッシャーとな

り“早替え”を行う一因となっていた。そこで、作業者の持ち歩くハンディデバイスにかんばん計画と刃具交換作業までの残り時間を表示させる画面を開発した。刃具交換作業までの残り時間は、全刃具の残り寿命値を設備のカウンタ情報から取得し、最も残り寿命の小さい刃具から交換までの時間を計算するようにし、設備停止のリスクを最小限にすることで、刃具交換作業者に心理的プレッシャーを与えないように工夫した。

また、デジタル化により、紙かんばんで必要であった印刷や棚に整理する作業が不要となり、刃具寿命変更の反映も即座に行えるようになった。



図9 デジタルかんばん写真
Fig.9 Photo of digital Kanban

4 刃具費の損失改善効果予測と導入効果の比較

最適化データでシミュレーションをした結果、刃具の“早替え”損失費は5.2円/台の予測となり、36.8円/台の原価低減効果が期待できた。実際に最適化かんばん計画を導入後、約1か月の刃具使用状況から刃具損失費を算出すると損失費6.1円/台、原価低減効果35.9円/台となっており、ほぼ予測通りの改善結果が得られた。

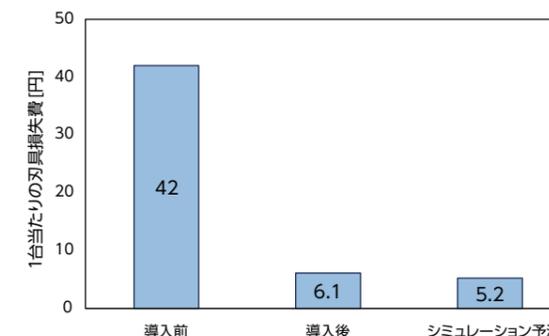


図10 刃具損失費の改善結果
Fig.10 Results of improvement in cutting tool loss costs

5 紙かんばんデジタル化による副次効果

刃具準備、刃具交換は従来までは作業者本人の確認のみの人に依存する作業であり、時折準備・交換の忘れが生じていた。今回ハンディデバイスの導入により、刃具についているQRコードを読み取ることで、刃具準備、刃具交換の間違いをシステムが検出するダブルチェック機能を設けた。また、設備のカウンタ情報とシステムが連携しており、作業者が設備のカウンタ値をリセットし忘れても、システム側で寿命が切れそうな刃具を表示し、予想外の設備停止が発生しない機能も設けた。これらの機能追加により、人に依存しないよりユーザフレンドリーなシステムを構築できた。

6 まとめと今後の計画

今回生産技術部のロードマップに基づき、デジタルツインによる実空間のデジタル化・最適化を内製することで、技術の手の内化と刃具交換作業の業務改善による原価低減を達成できた。また、開発した刃具交換作業最適化システムは、加工生産を行っている他ラインにも適用可能なため、一連の業務プロセスをパッケージ化し、同機種のF33A機種エンジンのクランクシャフトおよびシリンダーヘッド加工ラインを皮切りに、今後は順次横展開を進める。

■著者紹介■



山下 達也

石原 聡

山本 優子

松村 昭彦