

中居雄太郎*
Yutaro Nakai
大藤友也†
Tomoya Daito
中山高宏*
Takahiro Nakayama

乗富善幸‡
Yoshiyuki Noritomi

生産現場や生産技術業務でのDX

Digital Transformation for Workshop and Manufacturing Engineering Jobs

要旨

三菱電機のモータ製造工場は、市場変動に対応するために多品種少量生産でかつコスト競争力が求められている。その中で生産性向上のために当社のFA-IT統合ソリューション“e-F@ctoryコンセプト”^(注1)に基づいてITを活用した生産現場の管理・改善を推進してきた。まずはフィード工程を対象に、①設備からの生産実績取得、②作業者の登録による生産実績取得、③製品や工具を用いた生産実績取得の仕組みを構築し、進捗管理や現場改善を加速した。しかし、次に展開した組立て工程では、作業者間の熟練具合の差や作業自体のばらつきによる生産性低下に対して、現状のITを活用した実績収集だけでは要因分析に必要な情報が不足することが分かった。そこで、生産現場や生産技術業務でのDX(Digital Transformation)として、次の二つの技術を構築した。

(1) 実績をデジタルに把握する技術

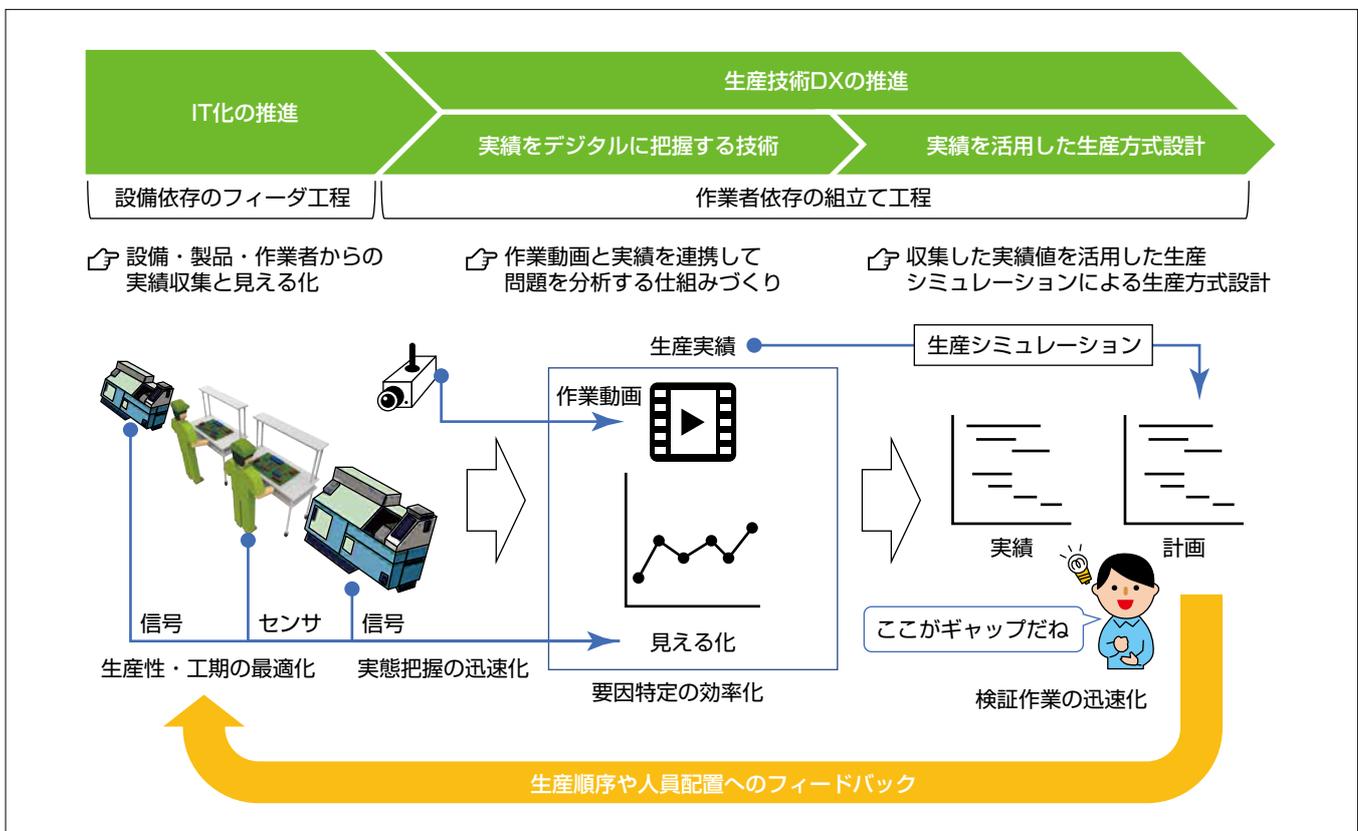
- ①要因分析で使用する作業動画と実績を連携させることで、問題を把握する箇所を抽出し、分析時間を短縮する。
- ②問題を把握する箇所のトリガーにも動画を活用する。

(2) 実績を活用した生産方式設計

ITで収集した実績値を活用して、生産計画に合わせた生産順序や人員配置をシミュレーションし、生産性や工期を最適化する理論的な生産方式を設計する。

今後、この技術を社内工場に展開し、生産現場と生産技術業務のDX(以下“生産技術DX”という。)を推進し、更なる生産性向上を図る。

(注1) PDCA(Plan Do Check Action)サイクルを高速化できるITなどの技術活用によって、改善効果を最大化し、トータルコストを削減する考え方。



生産技術DX推進のコンセプト

e-F@ctoryコンセプトに基づいた設備、作業者、製品や工具から生産実績を取得し、進捗や生産性を見る化する仕組みの構築とフィードバック工程の生産性向上を図った。組立て工程では、作業者に依存する問題が多く、生産技術DXとして画像を用いた実績をデジタルに把握する技術や生産シミュレーションによる理論的な生産方式を設計する技術を構築して、改善サイクルを高速化し、生産性向上を図る。

1. ま え が き

当社のモータ製造工場は、市場変動に対応するために、コスト競争力を含めて、工期短縮・生産性向上が求められていた。モータ製造にはフィード工程と組立て工程があり、e-F@ctoryコンセプトに基づいて、各工程の特徴に合わせたIT化を推進し、生産性を向上させてきた。しかし、組立て工程では作業者に依存する問題に対して、IT化だけでは改善が難しいという課題が挙がった。そこで、生産技術DXとして実績をデジタルに把握する技術と実績を活用した生産設計技術を構築し、作業者が多い組立て工程の生産性向上を図っている。

本稿では、モータ製造工場でのこれまでのIT化推進と課題、生産技術DXとしての技術確立を述べる。

2. IT化推進と課題

2.1 IT化推進

当社はe-F@ctoryコンセプトに基づいて、工程の特徴に応じたIT化を推進してきた。モータ製造工場の生産性向上に対して設備の影響が大きいフィード工程と作業者の影響が大きい組立て工程を対象に、共にITを活用して作業実績を取得し、状況を可視化することで生産現場の管理・改善を推進してきた。

2.1.1 生産現場での実績収集のIT化

モータ製造工場のステータ組立てラインは、設備中心のフィード工程であり、設備のチョコ停によって生産性が低下していた。このような生産性低下を克服するため、ITを活用した実績収集から要因分析に至る改善サイクルを構築した。

IT化に当たっては、次の三つの機能を導入した(図1)。

(1) 設備からの生産実績取得機能

設備に実装されているシーケンサから稼働信号を取得し、生産実績データとした。取得に当たっては複数の設備から実績を取得するため、各設備間の信号漏れを確認するために設備ごとの起動順序をチェック機能として織り込んだ。また、この順序から標準作業か標準外作業かを判定する機能や、各設備からの実績収集のタイムラグをなくすため、設備のシーケンサ自体のカウンタを実績時間とした。

(2) 作業者の入力作業による実績収集機能

生産性が低下する要因として、設備による加工後の作業者による作業遅れも想定された。そこで、作業者がタブレットで実績を入力する機能を導入し、設備の実績と比較

できる仕組みを導入した。入力に当たっては、作業要領書の表示や試験記録登録といった作業を支援する機能を付与し、抜け漏れを防止した。

(3) 工具や製品の動きを用いた実績収集機能

作業者が入力する以上、抜け漏れを100%防止することが難しく、また登録作業自体も作業者には負担になる。そこで工具や製品の動きを用いた実績収集機能を導入した。工具の置場にリミットスイッチを設置し、工具の取り置きを実績としてカウントする機能や、製品を運搬する作業机にエリアセンサを設置し、製品通過を実績としてカウントする機能を導入した。センサは後付けできる簡易的なものであるため、測定箇所を増設したり、作業手順とセンサの信号順序を確認したりすることで、定常作業か非定常作業かを判定する等、設備に導入した仕組みを流用した。

図2に示すように、取得した実績をライン内の端末にリアルタイムに表示し、生産遅れを見える化することで遅れに迅速に対応できるようにした。また、機種ごとのラインバランスや新人作業者と熟練作業者の作業時間の差を分析し、作業指導するポイントを明確化した。これらの改善によって、新人作業者の作業時間を5%削減した。

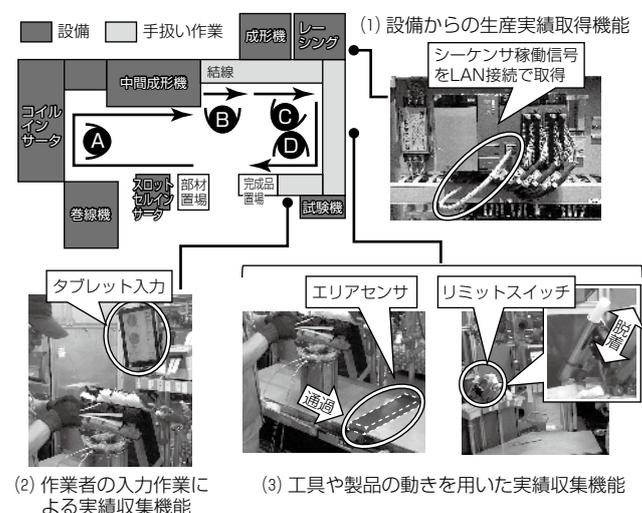


図1. 設備や作業に応じたIT化機能

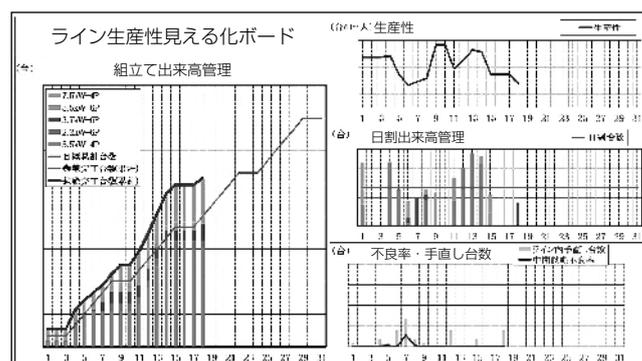


図2. 進捗や生産性見える化

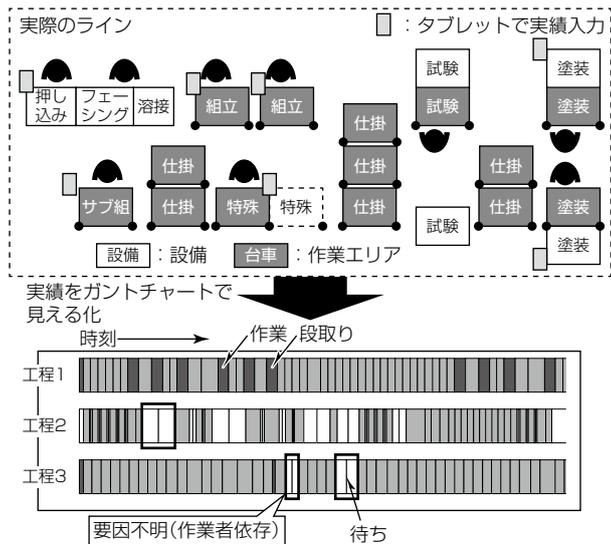


図3. 組立てラインの実績管理と要因分析

2.2 IT化の課題

設備に依存するフィード工程に対して、ITを活用した生産実績の取得で、生産状況のタイムリーな把握や作業時間の細分化が可能になったことによって、生産遅れに対する迅速な対応や、新人作業者の作業時間の改善が可能になった。

次に、多品種少量生産のモータ組立て工程にもタブレットや工具による実績を取得する仕組みを導入したが、フィード工程に比べて生産性が向上しなかった。ここでIT化を進める上での課題が浮き彫りになった。

フィード工程は設備依存であるため、IT化推進による生産実績を取得しやすく、問題発生時の要因分析もしやすい。しかし、組立て工程は作業員依存のため、作業員間の習熟度や作業自体のばらつきによって生じる生産性低下の影響が大きく、取得した実績だけでは、図3に示すように要因不明の待ち時間が残って、要因分析や改善施策につなげるまで時間を要した。

そこで、このIT化推進の課題を解決するための技術を生産技術DXとして検討した。

3. 生産技術DX

3.1 生産技術DXに必要な機能

作業時間のばらつきが大きく、多品種を混流生産する職場では、IT化で作業実績だけを収集しても問題点の把握が困難である。要因は、①作業時間の差を発生させる現象が多く、実績だけでは分からない②多品種少量生産のため混流生産による問題と作業ばらつきによる問題が混在し、主要因が絞りづらいという二つの点である。

そこで、①実績をデジタルに把握すること②混流生産と作業ばらつきの問題点を分けるための理論的な生産方式の設計を課題として、解決技術を構築した(図4)。

3.2 実績をデジタルに把握する技術

以前から問題把握のために作業を動画で記録していたが、問題がいつ発生するか分からないために、観測者が現場に張り付く必要があった。また、定点カメラによる連続的な動画撮影をする場合は、観測作業は軽減されるが、問題発生時の動画を探す手間が発生していた。

そこで、図5に示すような実績と動画を連携して保存する仕組みを構築し、問題が発生した前後一定期間を短時間に抽出することで、改善サイクルを高速化した。

この仕組みの特徴は、次のとおりである。

(1) 問題発生を特定するトリガーを複数準備

設備信号やタブレットの入力タイミング、画像等のトリガーを複数準備し、トリガーから動画記録する。

(2) トリガーから一定期間遡った期間の動画を記録

トリガー発生後の動画では、原因を特定できない場合を想定し、発生から一定期間遡った動画を記録する。

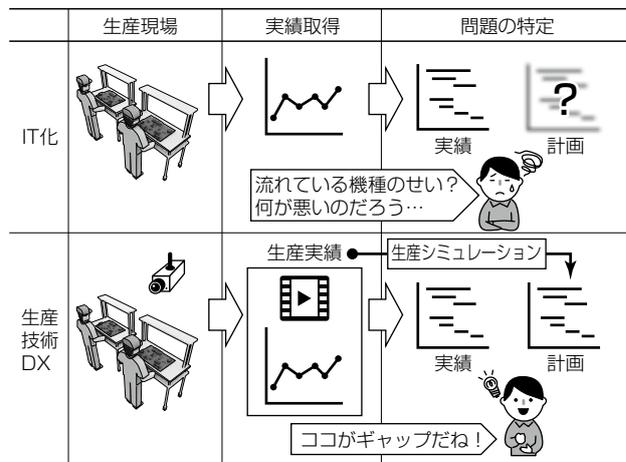


図4. 生産技術DXの仕組みと必要な機能

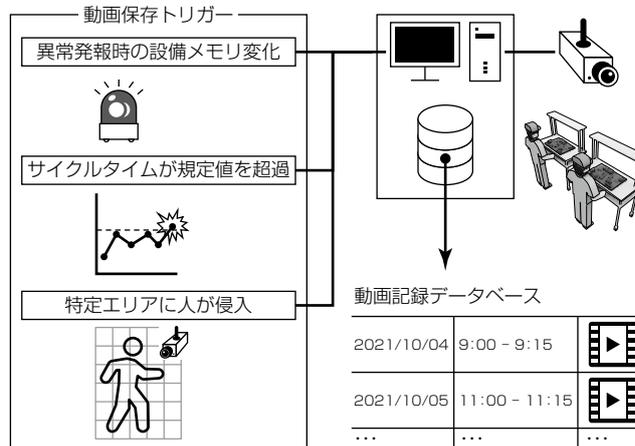


図5. 実績と動画を連携して記録する仕組み

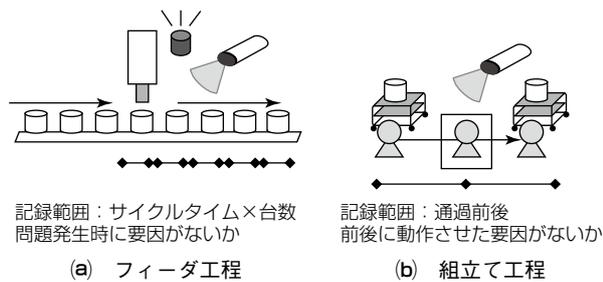


図6. トリガーに応じた記録期間

図6に示すように設備が多いフィーダ工程であれば設備信号と設備内の稼働状況の動画を確認し、作業者が多い組立て工程であれば、タブレットや作業者の動きを画像判定したトリガーで動画を記録する。また、画像設定期間も、設備であればサイクルタイムと台数で記録する時間を設定し、作業者を対象にした場合は作業の流れを確認するために、トリガー前後の一定期間や再度トリガーが発生するまでの時間を設定する。

この仕組みを活用することで、問題特定までの調査負荷や時間を低減し、従来に比べて迅速に改善を検討・実行できるようになった。

3.3 実績を活用した生産方式設計

多品種少量生産の組立てラインでは、機種間の作業時間差が大きく、作業時間もばらつくため、適正な投入順序や各工程での着手完了時間を設計することは難しい。そこで、混流生産の理論的な生産方式を設計するため、組立てラインをモデル化し、生産順によるラインバランスや作業待ち時間の変化をシミュレーションする技術を構築した。

シミュレーションの手順は、次のとおりである(図7)。

(1) ラインのモデル化

連続した工程を1工程にまとめることや工程間仕掛かりポイントを簡素化するという結果を分析しやすい形に整理した。

(2) 機種ごとの作業時間の設定

ITを活用して収集した実績と基準時間の2種類のデータを使用することで理論と現実の比較も可能にした。

(3) 生産順パターン化とシミュレーション評価

実際の生産順でのシミュレーションのほかに、後半工程がネックになる機種や特殊工程がある機種といった生産性への影響が大きい機種の生産順を先頭や最後にするパターンごとに行い、評価する。

(4) 理論的な生産方式設計と現実の比較・問題点抽出

評価指標は出来高のほかに、手待ち時間や段取り時間、工程別の稼働率や仕掛かり台数を用いることで、理論的な生産方式設計を判断する。評価指標は数値だけでなく、ガントチャート形式で見える化し、手待ちの発生時間や頻度

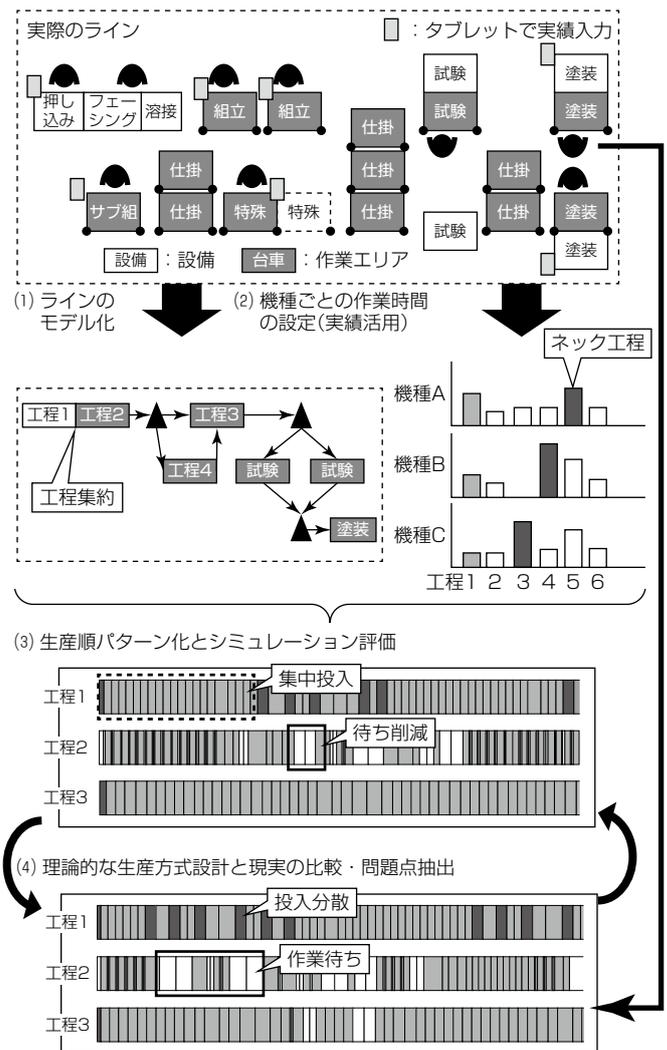


図7. 理論的な生産方式設計手順

を可視化し、生産順の見直しと再シミュレーションの要否を判断した。

組立て工程で、理論的な生産方式設計と実際の実績を比較することで、混流生産による問題点と作業者に依存する問題点を層別し、作業者に依存する問題点は画像を用いた分析、混流生産による問題点には生産順の見直しによって、生産性向上を図る。

4. む す び

モータ製造工場の事例を基にこれまでのIT化推進と課題及びその課題を解決するための生産技術DXの技術について述べた。

ITを活用した実績収集だけでなく、この生産技術DXの技術に基づいて、動画を用いた作業分析やシミュレーションを用いた理論的な生産方式設計と実績の比較によって、改善活動がより加速していくと考えている。

今後、更に進化していくIT技術を活用し、DXを推進して、生産現場と生産技術業務の効率化を図っていく。