

# IoTを活用した生産技術の革新

神原一博\*  
安部潤一郎\*

## Innovation of Manufacturing Engineering Based on IoT

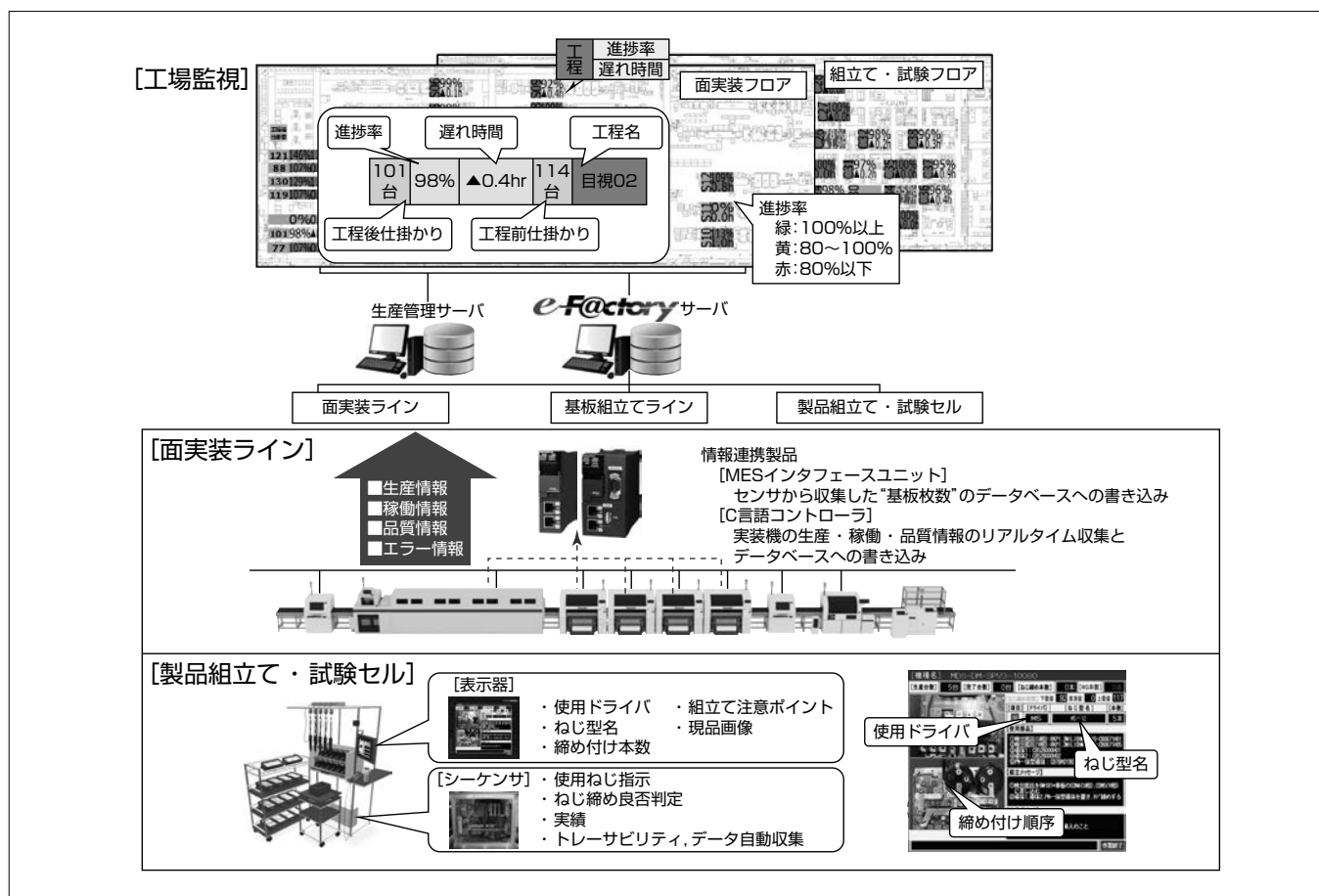
Kazuhiro Kambara, Junichiro Abe

### 要旨

近年、ますます高度化・多様化する製品ニーズに対応するため、あらゆる局面でIT・IoT(Internet of Things)の活用が注目されており、ものづくりを取り巻く業務プロセスや環境の最適化は非常に重要なものとなっている。三菱電機では、2003年から当社のFAとITの最新技術を融合したFA統合ソリューション“e-F@ctory”によって、ものづくりの将来像を見据えた生産技術の革新に取り組んでいる。

FA機器を製造している当社名古屋製作所では、国内・海外市場に適応した多様な製品開発と需要変動に対応した

変種変量生産の状況下でも高い品質と生産性の両立が必要となっている。この状況下では、変動要因(生産機種・生産量の変動)に対して生産ラインをいかに即応させるかが重要であり、従来の生産ラインの個別最適化から全体最適化への移行が必要となっている。e-F@ctoryでは、生産現場での人の作業や設備の稼働状況などの各種データをリアルタイムに収集することで、生産現場のPDCA(Plan Do Check Action)サイクルを効率的に高速で回しており、高い品質と生産性の確保や、改善活動に対して蓄積されたデータを即時分析・活用することが可能である。



### FA機器製造の全体e-F@ctoryの構成

工場監視では、各種設備で使っているFA機器やセンサを駆使して工場全体の生産進捗をリアルタイムで監視している。面実装ラインでは、設備データを収集し、可視化・分析を行い設備停止ロス最小化や最適サイクルタイム維持を目的とした“面実装稼働管理システム”を実現した。また、製品組立て・試験セルでは、作業ミスの防止と作業教育の効率化のためのデータ収集・分析を活用した“ねじ締め作業支援システム”を実現した。

\*名古屋製作所

## 1. ま え が き

近年、消費者ニーズは多様化しており、製造業は進歩の著しいIT・IoTを活用し、消費者ニーズにいかに対応していくかが重要になってきている。こうした動きに対し、欧米、そしてアジアでも国を挙げての取組みが盛んになってきている<sup>1)</sup>。

本稿ではこれらの動向を踏まえ、当社が考えるものづくりの将来像及びその実現に向けた取組みであるe-F@ctoryについて具体例を交えて述べる。

## 2. ものづくり環境とe-F@ctoryの取組み

### 2.1 ものづくりの将来像

将来のものづくりでは、あらゆる局面でIT・IoTの活用が進む(図1)。市場の情報分析による需要予測や生産設備から収集したビッグデータの活用による予防保全等の実現、生産ラインシミュレータによる機械と人の最適配置や、3Dプリンターによる試作品製作の活用等が挙げられ、各工程の効率化や期間短縮が劇的に進む。

これらの技術が進化し、これまで以上にデータ活用の重要性が増していく中で、ものづくりを取り巻く業務プロセスの最適化は非常に重要なものとなる。昨今ではAI(Artificial Intelligence)を用いた製造工程の自動化や最適化も劇的に進みつつある。しかしながら、シミュレーションの結果と、現実世界のあらゆる環境の変化やばらつきを含めた結果は必ずしも一致しない。結果の是非の判断やルールの検証で“人”の知見とのすり合わせは必須であり、これらを抑えた上で理想を追求することが必要と考える。

そのような状況の中、最新の技術やデータをうまく活用しながら、業務プロセスのPDCAをいかに効率的に高速で回し、ものづくりの工程を最適化していくか、その基盤技術や標準化を含め、仕組みを構築していく必要に迫られている。

当社はものづくりの将来像の実現に向け、2003年からFAとITの最新技術を融合したFA統合ソリューションe-F@ctoryによって、ものづくりの革新に取り組んでいる。

### 2.2 FA統合ソリューションe-F@ctory

IT・IoTの進展によって、生産現場では、機器から収集されるデータを活用した生産の最適化が求められている。e-F@ctoryでは、生産現場とITシステム(MES(Manufacturing Execution System)やERP(Enterprise Resource Planning)を含む上位情報システム)を連携する製品群と、センサレベルからITシステムレベルまでシームレスに接続するネットワークを提供し、生産現場の可視化と、収集データのリアルタイムな分析に基づいた改善(フィードバック)を実現してきた。これによって、生産現場での“生産性”“品質”“環境性”“安全性”“セキュリティ”の向上と、顧客の

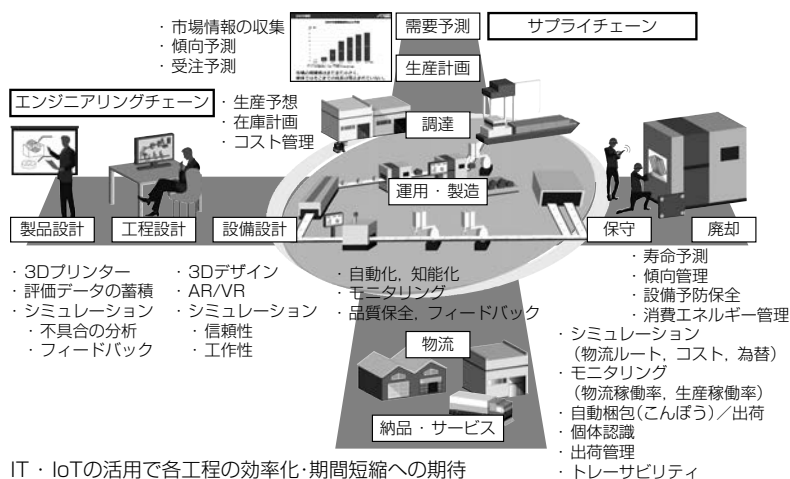


図1. IT・IoTを活用したものづくり

TCO(Total Cost of Ownership)削減を推進してきた。加えて、機種間連携による制御の高速化、ITシステムと生産現場の情報連携、パートナーとの連携“e-F@ctory Alliance”を通じ、一歩先のものづくりを支援するトータルソリューションの実現にも取り組んでいる。

また、FA-IT間の中間層はシームレスな連携だけでなく、システム全体の最適化の役割も担っている。当社はこの中間層を“エッジコンピューティング”と呼び、e-F@ctoryの大きな特長として位置付けている。

このアーキテクチャの下、FAとITの連携及びデータの活用によって、ものづくりの進化と企業価値を向上させるソリューションが“e-F@ctory”である。

## 3. e-F@ctoryの適用事例

国内・海外市場に適応した多様な製品開発と需要変動に対応した変種変量生産の状況下でも高い品質と生産性の両立が必要となっている。この状況下では、変動要因(生産機種・生産量の変動)に対して生産ラインをいかに即応させるかが重要であり、従来の生産ラインの個別最適化から全体最適化への移行が必要となっている。

e-F@ctoryでは、生産現場での人の作業や設備の稼働状況などの各種データをリアルタイムに収集することで、生産現場のPDCAサイクルを効率的に高速で回しており、高い品質と生産性の確保や、改善活動に対して蓄積されたデータをすぐさま分析・活用することが可能である。

ここでは、当社のFA機器の製造現場を対象に変種変量生産に対応したフレキシブル生産を実現する取組み事例について述べる。

### 3.1 工場監視

FA機器の1つであるシーケンサの生産は、主に基板実装(面実装、基板組立て)、製品組立て・試験の工程からなり、約3,000種類ある製品機種が、各工程にある複数の設備や試験機をわたって生産される。

その中で、製品の高い品質と生産性を維持するためには、決められた生産方法を遵守し、定められた品質基準を満たす必要があり、常に同じ作業を一定の間隔で繰り返すことが最良である。しかし、日々の生産の中では、緊急オーダーや、設備トラブル、作業遅れなどに起因した生産変動が少なからず発生し、これら変化点に対しすみやかな対応が必要となる。シーケンサ工場では、工場全体の生産進捗のリアルタイムな監視(図2)と、設備稼働情報や試験直行率など変動要素を一元的に可視化し、分析・評価できる体制を構築している。また、これら生産情報は各工程、設備の生産スケジュールの立案・調整にも活用し、生産進捗や設備稼働情報に、部材の在庫情報、人員配置など生産リソースの制約を組み合わせ、精度の高い生産スケジュールを作成している。その結果、生産遅れや、品質トラブルが発生したとしても、迅速な生産リソースの組み替えが可能となり、ライン停止時間を最小限に抑え、高い生産性と品質を確保している。

### 3.2 面実装ラインの全体最適化

面実装ラインは、プリント基板の表面に電子部品を高速に実装するために自動化した生産ラインであり、高い生産性を期待される。変種変量生産で、常に化する生産機種や生産量に対して効率的な生産をフレキシブルに行う必要がある。これを実現するために設備データを収集して可視化・分析を行い設備停止ロス最小化や最適サイクルタイム維持を目的とした“面実装稼働管理システム”を導入している(図3)。

主要設備である実装機では、設備の稼働状況や部品単位での実装情報をFA機器によってリアルタイムに収集し、集中監視している。この機能の主要4項目について述べる。

#### 3.2.1 稼働率向上

リアルタイムに設備停止要因の見える化を実施し、段取り時間、実装時間(設備停止ロス)のどこに問題点があるかを見える化している。段取り時間短縮には工場内の部品所在管理と各ラインの段取り進捗状況を見える化することによって、生産計画に対して機種切替のタイミングを割り出し、複数ある面実装ラインに対する段取りの優先付けを行っている。作業者はこの優先指示に基づき、段取り台車に部品をあらかじめセットすることで、最小限のライン停止の中で機種切替えが可能となっている。段取り作業の進捗はリアルタイムに可視化され、作業遅れに対しては他作業者の応援を指示し、早期対応を促すことで、計画どおりの作業遂行を可能としている。

#### 3.2.2 設備停止ロス削減

稼働中の設備停止を未然に防止するため、生産計画と部品装着機内の部品残数をリアルタイムで収集し、補充部品の事前準備を実施している。また、定期的な設備メンテナンス(治工具、設備パラメータ)が必要な箇所には、リアルタイムに収集した設備情報を用いた傾向管理によって予防保全を計画的に行う体制を構築している。

#### 3.2.3 設備タクトバランスの向上

面実装ラインを構成する設備間のタクトバランスが均衡となるよう工程設計しているが、生産プロダクトミックスの変動によって、タクトバランスが崩れ、スループットの低下を招くリスクがある。そこで、設備ごとのタクトバランス率を統計的に管理し、例えば、複数ある実装機間のバランスが崩れていることが分かれば、設備間が受け持つ部品配置を見直すことで、部品搭載数の設備間分散によるサイクルタイムの維持・向上を図っている。

#### 3.2.4 品質向上

各設備で発生する不具合情報の傾向管理によって原因を

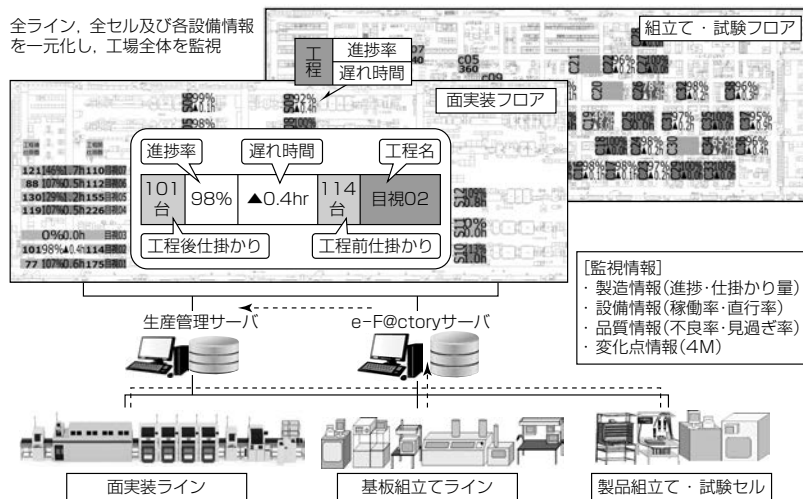


図2. 工場まるごと見える化

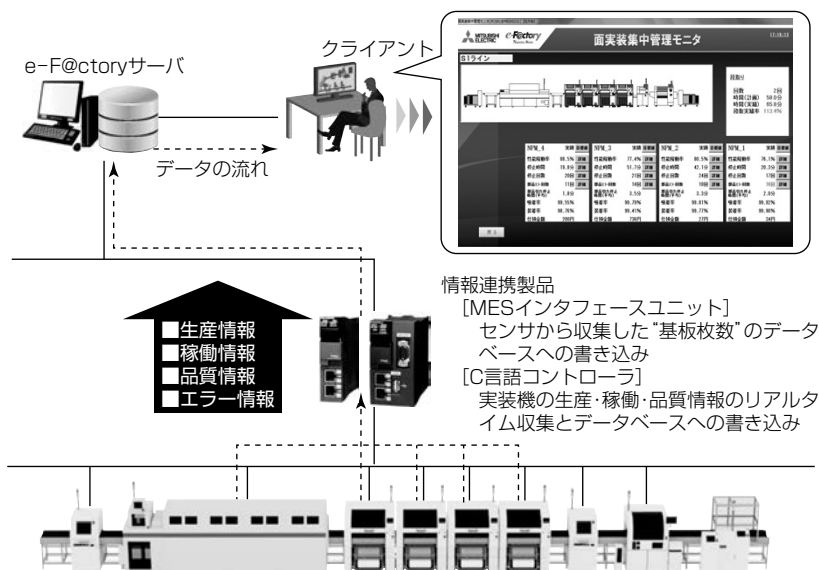


図3. 面実装稼働管理システムの構成

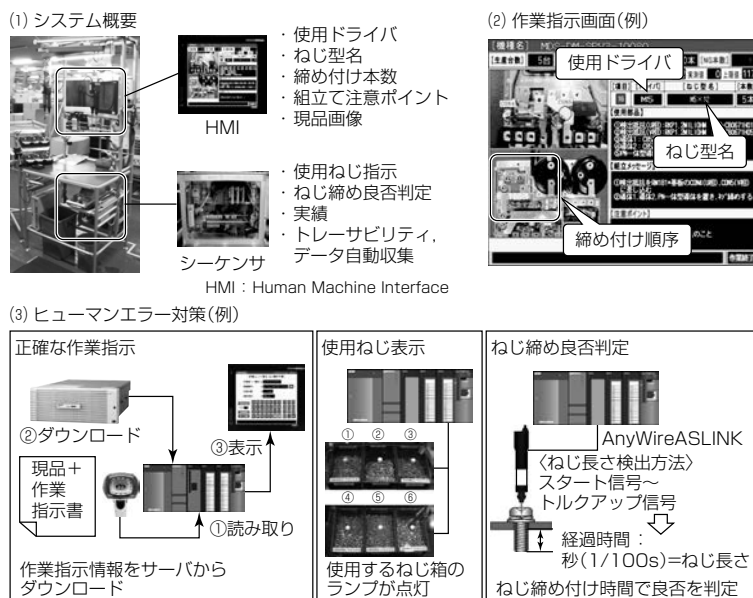


図4. ねじ締め作業支援システム

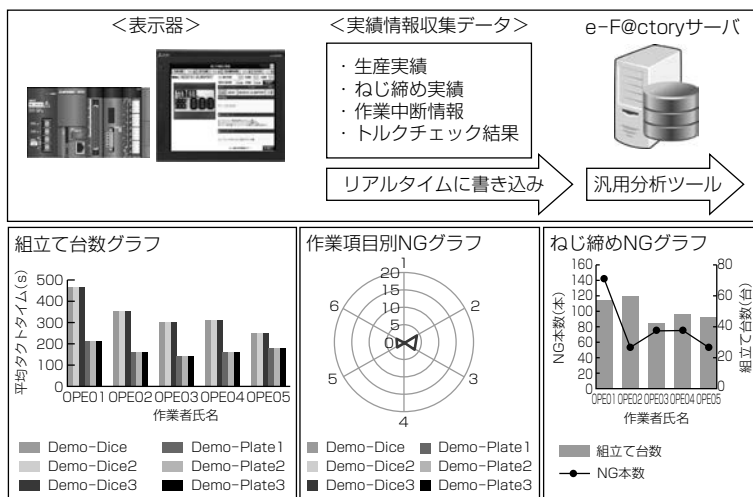


図5. 作業分析ツール

追究し、品質の作り込みを実施している。外観検査機では、目視検査で収集した実不良実績結果を分析し、検査判定式を見直すことで見過ぎ率を改善させ、真の不良を早期に捉える取組みを実施している。また、はんだ付け検査機では、不良検出結果を分析し、各設備の生産条件へフィードバックすることで作り込み品質の向上を図っている。さらに、製造トレーサビリティとして基板に印字した製品シリアル番号と部品・基板の生産ロット、検査・試験結果のひも付けを実施し、生産履歴と変化点管理の体制を構築している。

### 3.3 製品組立てセルにおける作業支援システム

シーケンサを組み立てる生産現場では、多品種を短納期で生産するため、小ロット多サイクルに対応しやすい人によるセル組立て生産方式(人セル)を用いている。人セルでは生産性や品質が作業者の習熟度に依存する 경우가多く、作業ミスの防止と教育の効率化が課題となっている。

“ねじ締め作業支援システム”では、システム制御用シーケンサが各作業手順を表示器に示し、表示内容に従って人

が部材組み付けやねじ締め作業を行うシステムとなっている。ねじ締め作業では、ねじ締めを行う位置、ねじの種類、及び使用する電動ドライバーなどの情報が表示器上に示されるため、指示どおりに作業を行うことができる。電動ドライバーの作動状態はシーケンサで常時監視されており、指定どおりのドライバーを用いて必要数量のねじを締めたか、ねじは合っているかなどが自動チェックされ、作業ミス防止となっている(図4)。

また、多品種化に対応するために作業指示手順書の作成時間の短縮が必要となるが、製品設計時に作成する設計データの活用及び専用の手順書作成ツールの活用によって、作成時間短縮を実現している。

電動ドライバーの作動情報は作業記録として、データベースに自動収集されている。作業記録は汎用分析ツールを用いて可視化し、組立てセルの工程ごとの作業手順や作業者ごとの作業時間を容易に分析することができる(図5)。作業時間の变化から、部品間違いの検知、部品に起因する品質不具合の未然防止につなげている。また、作業者ごとの時間分析からは、作業習熟度合いの確認や不得意作業の抽出が可能で、指導ポイントを的確に把握することができるため、作業者の教育期間は従来の約50%に削減できる。

## 4. むすび

製造現場でのITを活用した生産革新をテーマに、当社が考えるものづくりの将来像と、e-F@ctoryを適用した面実装ラインと製品組立てセルの取組み事例について述べた。いずれも製造現場から収集・蓄積した増大なデータをひも付け、分析することによって従来では検知できなかったデータ間の相関関係を見だし、一段高い生産技術の革新を目指した取組みである。

今後の活動でも、製造現場に潜在化する問題をデータ解析技術によって事前に顕在化させることは重要であり、未然防止と再発防止を兼ねた予防管理型のものづくりへと積極的な変革を進めていく。まだ独立して存在している各種データを有機的に結び付け、従来の三現主義を軸とした現場の知恵と、最新のIT技術を融合させて改善したPDCAサイクルを効率的かつ短期的に回すことで、止まらない、不良を出さない信頼性の高い製造現場の実現を目指していく。

## 参考文献

(1) 経済産業省製造産業局：IoTによるものづくりの変革(2015)  
<http://www.nisc.go.jp/conference/cs/kenkyu/dai01/pdf/01shiryuu0604.pdf>