

IoT を活用したものづくり改革

Manufacturing Reform Utilizing IoT Technology

大野 勝史 ONO, Masabumi

山田 隆典 YAMADA, Takanori

成瀬 光洋 NARUSE, Mitsuhiro

富士電機は従来の生産革新活動に加えて、2009 年度からはサプライチェーン全体の流れを通す SCM（Supply Chain Management）改革活動を発展させ、販売と製造が同期して自律的に流れる仕組みを構築している。また、“生産性と品質の向上”“安全・安心と省人化”“省エネルギー”に取り組むとともに、工場ごとの製品や事業の特性に合わせた生産革新や IoT 化を進めている。IoT 化においては、IoT ソリューションベンダでもあるという特長を生かし、自社の製品やシステムを積極的に活用している。

In addition to the existing production innovation activities, Fuji Electric has developed its supply chain management (SCM) reform activity since FY2009 to build the system in which sales and manufacturing processes synchronize autonomously. We are committed to productivity and quality improvement, security and safety, labor saving, and energy saving. We also promote production innovation and the use of IoT according to each factory's manufactured items and business characteristics. Fuji Electric, an IoT solution vendor, proactively utilizes its own products and systems.

① まえがき

富士電機は従来の生産革新活動に加えて、2009 年度からはサプライチェーン全体の流れを通す SCM（Supply Chain Management）改革活動を発展させ、販売と製造が同期して自律的に流れる仕組みを構築している。

飛躍的に向上した情報処理能力や AI（人工知能）による大量データを活用したものづくり IoT（Internet of Things）を推進している。これにより、ものづくり改革を行い、自律同期化生産すなわち、富士電機生産方式（FePS：Fuji Electric Production System）を目指している（図 1）。

② ものづくり IoT のコンセプト

富士電機のものづくり IoT のコンセプトを図 2 に示す。“生産性と品質の向上”“安全・安心と省人化”“省エネルギー”を実現するため、SCM と PLM（Product

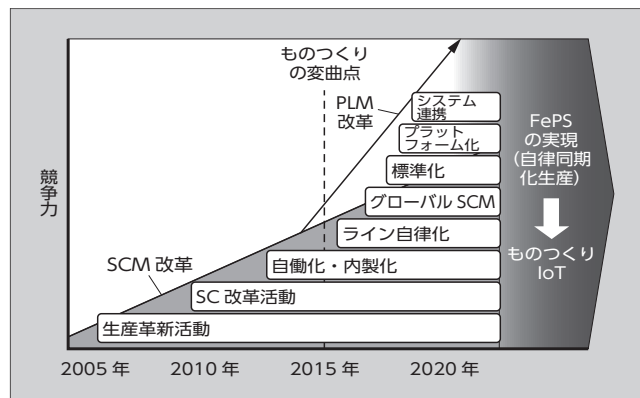


図 1 富士電機が生産革新のあゆみ

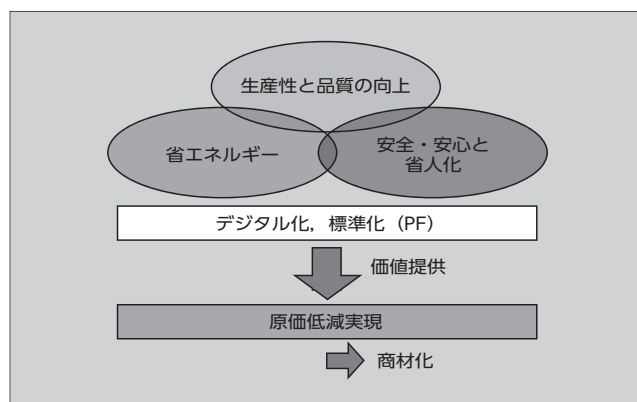


図 2 ものづくり IoT のコンセプト

Lifecycle Management）の二つの軸から IoT 化を推進している。これにより、省エネルギーも含めた工場全体最適を図る“つながるスマート工場”の実現を目指している。

SCM 軸では IoT を活用した生産設備・ラインの自動化を推進している。PLM 軸では、標準化、デジタル化、CPS（Cyber Physical System）活用を推進している。

IoT を活用したものづくり改革は、現場から取得したデータに基づき、ものづくりをコンピュータ上でシミュレーションを行い、現場にフィードバックを行って最適化を図っている。まず、センシング技術、情報収集技術および接続技術を確認するとともに“工場見える化ダッシュボード”（後述 3.2 節）を開発し、各工場に展開した。

現在は、ものづくりの標準化とともに、データ活用による生産性と品質の向上を進めている。

③ 取組み事例

富士電機は、電子デバイス・コンポーネントからプラン

ト設備まで幅広い分野のものづくりを行っている。そのため、工場ごとの製品や事業の特性に合わせた生産革新やIoT化を進めている。

富士電機はIoTソリューションベンダでもあるため、IoT化においては、自社の製品やシステムを積極的に活用している。

3.1 CPS活用による生産準備

製品機能が高度化・多様化し、かつ市場投入までの期間の短縮が求められている。このような中、富士電機では、CPSを活用した製造工程の最適化と、量産開始までの生産準備プロセスの期間短縮を進めている（図3）。

(1) 設計情報活用による工程設計の高度化・効率化

工程設計は、製品設計に基づき、製造性を検証しながら、製造方法、人員・工数、設備・治工具などを設定する。そのため、製品のQCDを左右する極めて重要な作業である。この作業において、QC工程図や作業指示書などの帳票類を作成しなければならず、時間がかかるという課題があった。

そこで、製品設計のデータを活用してコンピュータ上で製造性を検証しながら最適な製造手順を抽出し、試作回数を削減する仕組みとともに、帳票類を半自動で作成できる仕組みを構築している。

これにより、製品設計と工程設計を同時に行うことができ、製品設計にフィードバックを行いながら、生産準備の期間短縮と作りやすい工程設計が構築できるようになった。

(2) 生産ライン設計の高度化・効率化

富士電機は、効率的な生産ラインを構築するため、コンピュータ上で、人やモノ、設備の動きのシミュレーションを行うシステムも開発している。前述の製造性検証の情報を活用するライン設計ツールを用いてタクトタイムやラインの能力、工数のシミュレーションを行うことができる。さらには、作業者の動作のシミュレーションを行うことで、作業しにくい工程や製品品質に関わる工程について事前検証と課題のつぶし込みができる。このようにして、作業品質の安定化とライン立上げ期間の短縮を図っている。

(3) 自働化設備の設計品質の向上と検証期間の短縮

メカ設計、電気設計、ソフト設計などの設備設計を行った後、実際の設備を使って試作・評価を行っている。

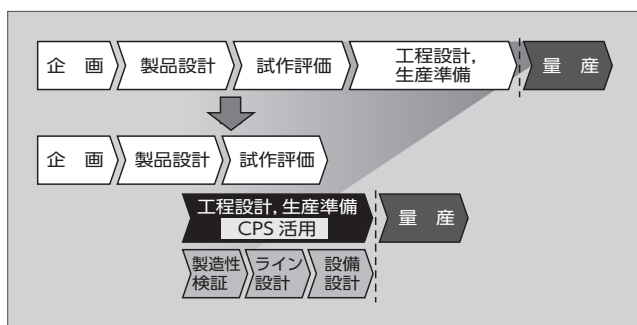


図3 CPS活用による生産準備の効率化

そのため、試作・評価は、実機を使って実施していたため、時間がかかるだけでなく、複数回の試作のための期間が必要であった。

そこで、手戻りを削減し、設計品質の向上と設備開発期間の20%削減するため、3D-CADデータを活用し、コンピュータ上に実機と同様の試作・評価を行うことができる環境を構築した。

数台のロボットを連携した製造ラインを構築する場合においても、ロボット同士あるいは人との干渉が事前に検証でき、実機検証時の安全性も確保できる。

また、グローバル拠点を含めた遠隔地の設備の量産稼働時の動作評価やソフトウェアの改良が手元のコンピュータで行うことができるという利点がある。

3.2 工場見える化ダッシュボード

以前から製造現場では、生産進捗管理板やアンドンなどを活用し、現場情報の共有と対策のスピードアップを図っている。

さらなるスピードアップのため、IoTを活用し、リアルタイムに製造現場の4M（人、機械、材料、方法）のデータを収集し、さまざまな現場情報を統合し、ものづくりのKPI（Key Performance Indicator）を一元的に可視化する“工場見える化ダッシュボード”を開発し、設置を進めている（図4）。

工場見える化ダッシュボードを使って、経営層や工場管理者層、ライン監督者層というそれぞれの階層が日常管理に必要なKPIを定量的かつリアルタイムに把握している。これにより、的確かつスピーディーな対応と全体最適化を行っている。

なお、ダッシュボードは、工程やライン構成の変更に応じて、表示内容が容易に編集できるように、Web画面で構成している。また、ネットワークはセキュリティおよびアクセス負荷の分散を考慮した構成としている。

稼働情報の出力機能を持たない旧型設備については、稼働状況表示灯の信号から稼働情報を収集する方式が一般的である。しかし、この方式では、正常や異常、停止などの数種類の情報しか得られない。そこで、設備の制御線から

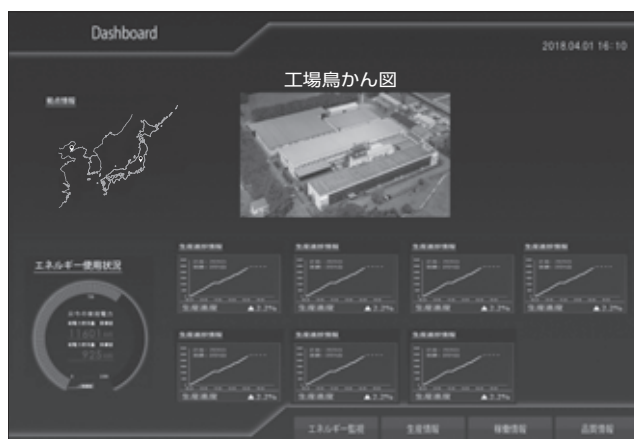


図4 工場見える化ダッシュボード

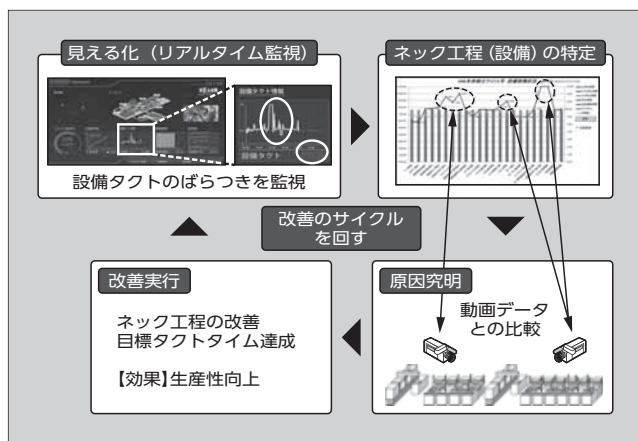


図5 ダッシュボード活用による改善事例

稼働情報を読み取り、ダッシュボードに詳細な稼働状況を表示する仕組みを構築し、稼働の見える化を図っている。

量産品の一貫自動化ラインでは、図5に示すように各設備の稼働状況やタクトタイムを一元的にダッシュボードに表示している。これにより、タクトの乱れが発生している箇所をいち早く特定することができた。さらに、Webカメラの映像を活用して原因を究明し、改善対策を施せるようになった。

今後は、このダッシュボードを進化させ、アナリティクス・AIの連携による解析力の強化を図っていく。

3.3 多変量解析による品質改善・予兆保全

富士電機が多変量解析ツール「MainGATE/MSPC」を使うと、個別データだけでは監視できない複数要因による異常の検出や品質と製造要因の関係から最適な製造条件が抽出できる。このツールを製造現場に適用し、品質改善と設備稼働の向上に取り組んでいる。

(1) 半導体製造における品質改善

富士電機の圧力センサは、Siウェーハの裏面をプラズマエッチングによってセンサ部の厚さを数十 μm と非常に薄く加工している。この厚さが規格範囲を逸脱すると感度不良となるため、高精度の加工が要求される(図6)。

品質の向上を図るため、製造プロセスのデータにバッチプロセス向けMSPCを適用して、厚さのばらつきの原因を究明した。

その結果、数十あるパラメータの中で、特定の二つのパラメータがQ統計量〔診断対象データの正常モデルから

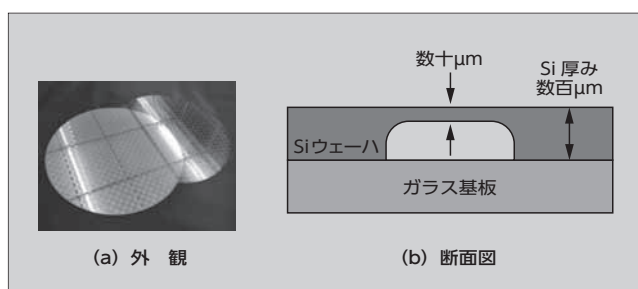


図6 ウェーハの外観と断面図

の乖離(かいり)度合い)への寄与度が高く、ばらつきの主要因であることが判明した。

この二つのパラメータを一定範囲に入るように制御することにより、厚さのばらつきを半減することができた。

(2) プレス加工における設備異常の予兆解析

プレス加工においては、抜きかすがパンチに付着しダイ穴から出てしまう“かす上がり”が大きな問題となっている。工具の摩耗、クリアランス量、加工油の粘度、金型の帯磁、パンチとダイの間に発生する吸引作用など、さまざまな発生要因が想定され、予兆検出が困難であった(図7)。

そこで、温度、電流・電圧、3軸加速度、ひずみなどの各種センサのサンプリング周期をそろえ、測定データを一元管理する機能を持つ、富士電機の「診断センサHUB」をプレス設備に装着し、モニタリングを行った。

正常運転時のデータを基に正常モデルを作成し、次いでかす上がりが発生した時点の前後のデータを解析した。その結果、かす上がりの発生前にセンシングデータのQ統計量が上昇することが分かり、予兆検出ができるようになった。現在、かす上りを防止するため、データの蓄積を進め詳細解析を行っている(図8)。

今後は、MSPCを使ったりリアルタイム解析を行って、かす上がりの兆候を捉えた時点で設備を停止させるか、アラームを発生させ、品質改善とともに設備の多台持ち化を図っていく。

3.4 熟練溶接作業のデジタル化による溶接品質の向上

溶接作業は、熟練技能者の高い技能に支えられたカン・

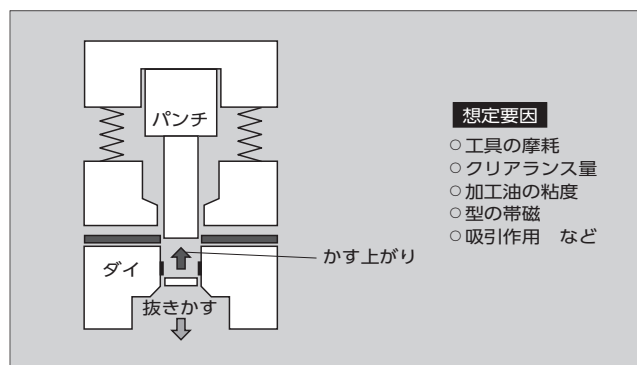


図7 かす上がりの発生

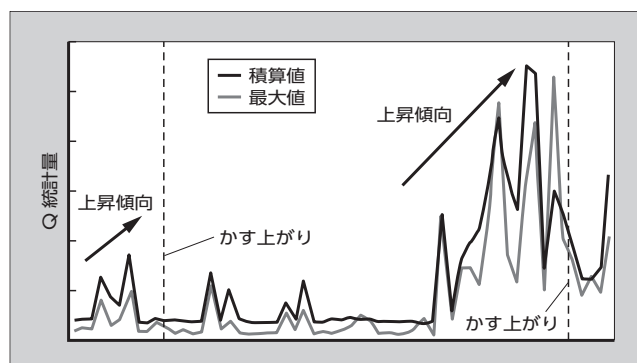


図8 かす上がりの兆候

コツ・ノウハウが必要であり、作業のばらつきが生産性や品質に大きな影響を及ぼす。

また近年、熟練技能者の高齢化に伴い、技能伝承が課題となっている。さらにグローバル拠点では、指導できる熟練技能者も不足している。現地技能者の育成は国内以上に困難であり、技能者育成のための教育も課題となっている。

そこで、溶接プロセスをデジタル化することで定量化し、技能伝承に活用することを推進している。

また、将来的には国内の労働力不足は確実であり、溶接プロセスの自動化も必要である。次に、溶接作業の自動化に向けた三つのステップと取り組み事例について述べる。

(1) 溶接プロセスのデジタル化

溶接品質は、溶接部分の強度が重要である。溶接部の強度を確保するには、溶け込み深さや溶け込み状態を管理する必要がある。

溶接プロセスと溶接状態をデジタル化して定量化することにより、溶接品質の維持と向上につなげる。

(2) デジタル化の技能教育への活用

これまで、溶接技能者の育成はOJT（On the Job Training）が主体であり、経験の積重ねで技能レベルの向上を図ってきた。しかし、感覚的な指導や伝達のため、技能向上には長い期間が必要であった。そこで、早期育成ができるようにするため、センシング技術を活用して技能レベルの定量評価ができる技能診断システムを開発して適用を進めている（図9）。

溶接作業中、作業者は、視覚、聴覚、触覚などの五感から得られる情報で状態を判断している。中でも、大きさや形状など溶融状態の変化に応じて、溶接トーチを制御している。

技能診断システムは、溶接時の電流、電圧、送り速度、トーチ角度のデータのほか、画像センサで取得した溶融状態の計測結果をPC画面上に一覧表示する。溶接後に作業者自身が作業を定量的に振り返ることで、技能改善のポイントを明確にできる。

各工場の溶接現場のほか、新人技能研修教育に技能診断システムの運用を進めて、資格認定による品質の維持・向

上に活用する。

(3) 溶融状態のセンシングによる難溶接作業の自動化

複雑な製品構造の場合、その構造に応じた溶接条件設定が必要である。そのため、ロボットによる自動化が難しく、手動による溶接が行われている。特に肉厚変動が大きい構造物の場合、安定した溶接ビードの状態を確保するため、技能者は溶融状態を目視確認しながら溶接トーチの送り動作を制御している。

富士電機では、このような溶接が難しい構造物に対し、溶融状態センシング技術を応用したロボット制御による自動溶接技術の開発を進めている。

ロボットハンドに装着した画像センサで溶融状態の変動を検出し、その情報をロボット動作にフィードバックを行う。これにより、常に安定した溶融状態を維持するように溶接トーチの送り速度を制御する。

本技術により、熟練技能者が目視で行っていた確認や判断の自動化が可能となり、肉厚変動が大きい構造物に対しても安定した溶接ビードの状態を確保できる。

今後、富士電機の各製品の溶接工程への自動化適用に向けて推進するとともに、溶接品質のさらなる維持・向上を強化していく。

4 あとがき

IoTを活用したものづくり改革について述べた。この革新をさらに推し進めていくには、生産技術とICT技術の融合、データサイエンティストをはじめとするIoT人材の育成、そして源流である設計との連携が重要となる。引き続き、富士電機のIoT製品・システムを積極的に活用するとともに関係部門と連携を密に取り、ものづくり改革を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 松井哲郎ほか. プラント制御におけるデータ分析技術. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.1, p.33-37.

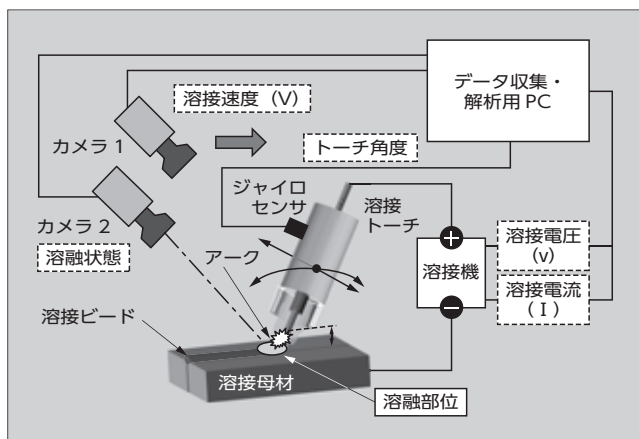


図9 溶接作業の技能診断システム



大野 勝史

設計・生産プラットフォームの構築、設計標準化活動に従事。現在、富士電機株式会社生産・調達本部生産技術センターものづくりIoT推進部主席。



山田 隆典

生産技術・製造技術の開発に従事。現在、富士電機株式会社生産・調達本部生産技術センター設備技術部。



成瀬 光洋

生産技術・製造技術の開発に従事。現在、富士電機株式会社生産・調達本部生産技術センター設備技術部主任。精密工学会会員。





＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。