

グローバル時代の多品種少量製品におけるIoTを利用した次世代生産システム

—日立製作所大みか事業所での取り組み—

鬼澤 亮
Onizawa Ryo

高村 稔子
Takamura Toshiko

田中 将貴
Tanaka Masataka

本橋 修一
Motohashi Shuichi

日立製作所大みか事業所は、社会インフラを支える情報制御システムを提供しており、顧客ごとの要求・用途に対応した多品種少量製品を扱っている。この高付加価値な多品種少量製品を迅速にかつ適正なコストで提供し続けるために、IoTを活用したスマートマニュファクチャリングの実現をめざしている。

その第一ステップとして、「生産能力把握の精度向上」および「事業所内の生産情報の連携」をコンセプトに工場見える化に取り組んだ。RFIDなどのセンサーを活用して生産の実態を正確に把握するとともに、部門間・工程間の連携、経営と生産現場間の連携を強化することで工場全体の最適化を推進している。

1. はじめに

日立製作所大みか事業所は社会インフラを支える情報制御システムを提供しており、顧客個別仕様に対応した多品種少量製品を取り扱っている。その一品一様な製品の設計・製造におけるきめ細かな対応が日立の強みである一方、グローバル時代の市場競争においてはスピード面・コスト面で課題があった。強みを守りつつグローバル市場で勝ち続けるために、以下3つの要件を掲げ、次世代生産システムの開発に取り組んでいる。

- (1) 需要変動に速やかに対応する。
- (2) 顧客要求に応えた高付加価値の製品を提供する。
- (3) 大量生産品と同等な価格競争力を持つ。

本稿では、大みか事業所におけるIoT (Internet of Things) を活用した次世代生産システムのコンセプトおよびその適用事例について述べる。

2. コンセプトとシステムアーキテクチャ

2.1 コンセプト

次世代生産システムの開発にあたり、まず大みか事業所で稼働している生産システムを評価した。日立の提案する生産システムの成熟度モデル(図1参照)を基に分析・評価したところ、個別には高い成熟度レベルを実現しているシステムもあるが、全体としてレベル1: Visualization(見える), レベル2: Connection(つなぐ)の仕組みが不十分

であることが分かった。このために真のボトルネック把握が十分にできず、生産改革活動が個別最適化になる傾向にあった。

そこで今回、次世代生産システム開発の第一ステップとして「工場見える化」システムを開発し、レベル1, レベル2の拡充に取り組んだ。そのコンセプトとして生産能力把握の精度向上と、事業所内の生産情報の連携(垂直方向連携・水平方向連携)の2つを掲げた。以下にそれぞれのコンセプトについて説明する。

(1) コンセプト1: 生産能力把握の精度向上

前述のとおり、大みか事業所で取り扱う製品は多品種少

Level	Function to be established
6	Symbiotic Symbiotic Optimization among Stakeholders
5	Prediction Mfg Condition Prediction & Proactive Measure Eng Condition Prediction & Proactive Measure
4	Measure Mfg Planning, Eng Problem-solving Eng Planning, Eng Problem-solving
3	Analysis Mfg Bottleneck Analysis Eng Bottleneck Analysis
2	Connection 4M Resource Track & Trace Eng Info Track & Trace (Dwg No., ID, ...)
1	Visualization 4M Resource Visualization Mfg Result Visualization Eng Result Visualization

注: 略語説明 4M (Man, Machine, Material, Method), Dwg (Drawing), Mfg (Manufacturing), Eng (Engineering), Info (Information), ID (Identification)

図1 | Process Maturity Metrics for FoF (Factory of the Future)

日立が提案する生産システムの成熟度モデルを示す。

量製品（オーダーメイド品）が多く、同一分野における製品群においては一定の類似度はあるが、その大半は一品一様に設計した製品である。そのため、製品ごとにリードタイムのばらつきが発生し、量産品と比べて定型的・定量的に生産能力を把握することが困難である。

そこで、生産における4M（Man, Machine, Material, Method）の状態をセンシングし、物の動態情報や作業進捗情報など、生産現場で起きている事実を正しく把握できるようにした。また、これらを分析することで現在の生産能力を精度よく認識するとともに、真に対策が必要なボトルネックを抽出可能とした。

(2) コンセプト2：事業所内の生産情報の連携（垂直方向連携・水平方向連携）

これまでの大みか事業所での生産改革活動は、多品種少量製品をそれぞれ効率よく生産するために、製品ラインアップごとに業務システムやプロセスが個別最適化する傾向にあった。また、個々の情報のつながりがまばらな箇所があることや、デジタルデータ化されておらず蓄積・利活用が困難な情報があることが、部門間・工程間の連携を阻害していた。

この問題を以下に示す垂直・水平の2つの観点から解決し、全体最適化を促す情報のつながりを導出した。

(a) 生産現場の個々の取り組みがどのように経営数値に直結しているかを可視化する（垂直方向連携）。

(b) 受注から現地まで4Mの流れをつなぎ、部門や工程をまたいで情報・状況を共有する（水平方向連携）。

これらの観点から、部門ごと・工程ごとに散在する個別情報を一元化し、他の情報とつないで新たな価値のある情報に変えた。また、過去の不良事例・ノウハウのデジタルデータ化により、人手を介さずに事業所内の情報を利活用可能な形式に変えて収集・蓄積した。

次節でこれらのコンセプトを実現するシステムアーキテクチャについて述べる。

2.2 システムアーキテクチャ

情報の利活用に関する収集と蓄積の考え方について述べる。

まず、工場見える化のための情報収集にはIoTの考え方を導入した。大みか事業所の考えるIoTとは、これまでに開発・適用してきた各種情報システムに蓄積されたデジタルデータをつなげて利活用することで、全体の品質や効率を向上させるとともに、新たな付加価値を創造するものである。

次に、工場見える化のための情報蓄積にあたっては、データ協調場の考え方を導入した。従来、個別に存在して

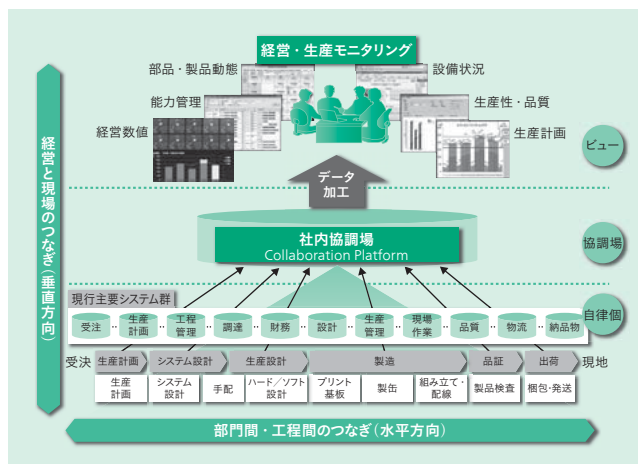


図2 | 社内協調場を用いたデータ収集・蓄積のためのアーキテクチャ
データ協調場に社内情報システムのデータを蓄積し、データを加工・ビジュアライズするシステムアーキテクチャの概要を示す。

いた情報システムを「自律個」と定義し、それらの持つデジタルデータを共有する「協調場」に格納するとともに、目的の分析軸に合わせて加工を実施する（図2参照）。データ格納時に、複数の情報システム間のコード体系やデータ型のマッチング、重複データや欠損データのクレンジングが必要となるが、既存の情報システムには原則修正を加えずにデジタルデータを取得し、協調場から各種見える化画面「ビュー」を通して情報を提供する。

3. 開発手法

工場見える化の画面開発では、従来のウォーターフォール型開発ではなく、仮説構築・実装・軌道修正を迅速に繰り返すリーンスタートアップによる開発を採用した。見たい情報についての全要求仕様を初めから定めることは難しく、要求は状況に応じて変化する。現状把握が可能になると、「次は別の切り口でも見える化・分析をしたい」という追加要求が発生するためである。そこで、仮説検証のために機能を特定したシステムを短期間で開発し、ユーザーの反応を素早くつかんでフィードバックするサイクルを回した。

リーンスタートアップによる開発を進める手段の一つとしてOSS（Open Source Software）のBI（Business Intelligence）ツールPentahoを導入した。従来の社内システム開発では、要求仕様に応じて一から設計・製作することが多かった。そのため開発期間が長くなり、初期投資および維持保守費も発生していた。

Pentahoには、情報可視化のための部品の組み合わせによる画面開発ツールと、デジタルデータ加工のためのETL（Extract/Transform/Load）ツールPDI（Pentaho Data Integration）が備わっている。また、オープンソースポリシーに従ってソースコードが公開されているため、各種プ

ラゲインによる拡張性も高い。これらの特徴を持った Pentaho の導入により、短い期間で、初期投資および維持保守費を抑えた開発を実現した。

本稿 4.3 に、Pentaho を利用して開発した画面を紹介する。

4. 実現事例

工場見える化の事例として、センシングによって取得された情報および各種情報システムに蓄積された情報の利活用について説明する。これまで有機的につながっていなかったこれらの情報をデータ協調場に集め、見る人にとって価値のある形に変換して提供した。これにより、従来は複数の情報システムを参照して取得・考察していた情報を一度に俯瞰（ふかん）できるとともに、その組み合わせによる新たな切り口での分析が可能となった。

以下、コンセプト 1 の生産能力把握の精度向上事例を 4.1 に、コンセプト 2 の水平方向の情報連携の事例を 4.2 に、垂直方向の情報連携の事例を 4.3 にそれぞれ述べる。

4.1 生産現場の動態見える化

生産現場の動態を網羅的に把握するために、RFID (Radio-frequency Identification) を導入した。現在約 450 台の RFID リーダを設置し、約 8 万枚の RFID チップを運用している (2015 年 10 月現在)。生産現場を流れる荷札や指示書に RFID のタグをつけることで、生産現場における進捗状況の情報収集を機械的に実現した。例えば、工場に着荷した部品に「荷札タグ」を付加し、その動態を追跡可能とした。また、「作業指示票タグ」および「製作指示票タグ」により、製品仕様に応じた適切な作業手順指示を可能

にした (図 3 参照)。

これにより、生産現場の 4M の動態を正確に捉え、製造ライン全体における生産能力を高精度に把握できるようにした。高精度な生産能力把握により、以下の効果が得られた。

- (1) 製品原価，リードタイムの見積もり精度向上 (収支管理の精度向上)
- (2) 生産現場における作業量山積みの精度向上 (生産現場稼働率の最適化)
- (3) 突発案件などの受け入れ可否の判断精度向上 (受注機会の拡大)

4.2 ハードウェア設計における不良製品の見える化

大みか事業所では製品の品質向上をめざし、不良製品を作り込まないさまざまな努力をしてきた。しかし、過去の経験によって蓄積されたノウハウや失敗事例といった情報は、個人や部門の中で閉じられている場合が多く、経験や知識の不足による不良発生を完全になくすのは困難であった。また、担当者の入れ替わりや世代間の技術伝承も十分ではなかった。

そこで、設計部門と製造部門がそれぞれで持っているルールやノウハウ、過去の不良事例をデジタルデータ化し、部門間・工程間での共有を可能とした。さらに、このデジタル化した情報を構造設計 CAD (Computer-aided Design) システム上で参照できるようにすることで、不良作り込みのリスクを設計段階で抽出するための仕掛けを構築した (図 4 参照)。

これにより、手戻り作業を防止して無駄なコストの発生

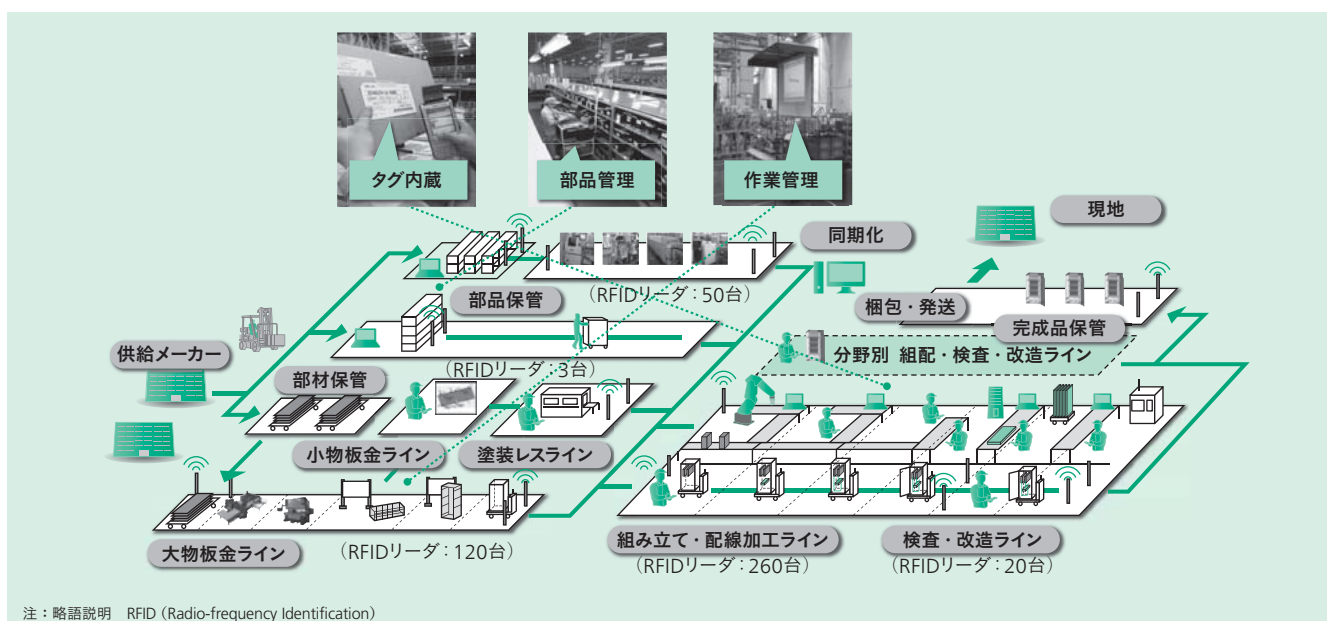


図 3 | RFIDによる生産現場の動態管理

部品や作業指示票にRFIDを付加し、生産現場における4Mの動態や作業進捗をセンシングしている。

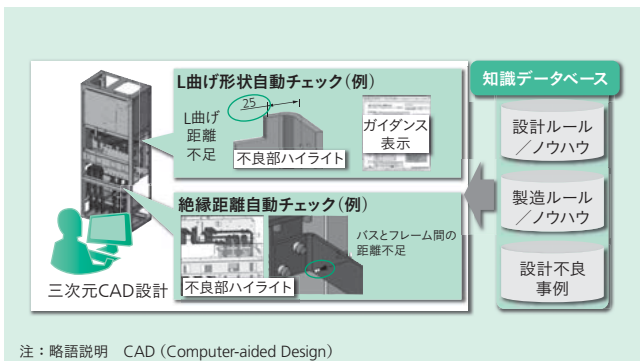


図4 設計者気づき支援CADシステムによる構造設計(板金)の自動チェック

三次元CADによる設計段階でチェック処理を実行する。事業所の基準、ノウハウ、過去の事故事例をデジタルデータ化し、不良作り込みリスクを抽出できる。

を抑えつつ、顧客個別要求仕様に応えた高品質な製品を実現可能とした。

4.3 経営情報からの問題点見える化

従来、業績の情報は経理システムで集計され、経営層による業績確認や経営判断に使われてきた。しかし、各生産現場の情報が集計されるまでには時間がかかり、迅速な状況把握や意思決定の弊害となっていた。そこで、業績の情報の基となる生産情報を整理し、データ協調場に日々格納することで、速報値がタイムリーに提供可能となった。

また、見える化においては情報の表現方法も重要であると考え、経営層の意思決定・判断プロセスに寄り添ったユーザーインターフェースを開発した。ヒートマップと呼ばれる全体を容易に俯瞰できる表現手法の採用、気になった部門についての詳細情報表示、四半期ごとの推移および過去5年間の年度ごとの推移などの表示情報の切り替えなど



図5 部門別業績の見える化画面例

Pentahoをベースに開発したヒートマップと積み上げバーチャートによる部門別業績の見える化画面の例を示す。経営層のユースケースに沿ったユーザーインターフェースをデザインした。

を、BIツールの活用によって短期間で容易に実現した(図5参照)。

4.4 取り組みの成果

RFIDによるセンシングや既存の情報システムから事業所内の情報を収集し、データ協調場を用いた情報利活用手法を実現した。また、OSSの導入により、初期投資を抑えた短期間での開発技術を検証し、その開発サイクルを確立した。

5. おわりに

本稿では、事業所内の情報利活用に着目した次世代生産システム開発の取り組みを紹介した。

今後は、カメラを用いた画像処理による情報活用や、多品種製品対応を考慮したロボット、AR (Augmented Reality) などの要素技術を導入した生産手法のエンハンスを推進する。また、日本で実績を積んで評価し、海外拠点も含めた情報の利活用・可視化へと適用範囲の拡大を図る。

参考文献など

- 1) 総務省：情報通信白書平成27年版、
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h27.html>
- 2) OpenStandia：Open Source Technology Pentaho最新情報、
http://openstandia.jp/oss_info/pentaho/
- 3) 針谷：設計者気づき支援システム、日本機械学会誌、Vol. 114, No. 1113, 649 (2011)
- 4) 情報制御システム、日立評論、96, 6 (2014.6)
- 5) 豊村、外：RFIDの最新動向とUHF帯RFIDを活用したシステム構築事例、日立評論、89, 7, 542~545 (2007.7)
- 6) E. Ries (著)、井口 (訳)：リーンスタートアップ、日経BP社 (2012)

執筆者紹介



鬼澤 亮
日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所
モノづくり統括設計部 所属
現在、社内向け情報システムの設計・開発による業務プロセス改革に従事



高村 稔子
日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所
モノづくり統括設計部 所属
現在、社内向け情報システムの設計・開発による業務プロセス改革に従事
情報処理学会会員、プロジェクトマネジメント学会会員



田中 将貴
日立製作所 研究開発グループ 生産イノベーションセンター
生産システム研究部 所属
現在、生産システムの研究開発に従事



本橋 修一
日立製作所 情報・通信システム社 ITプラットフォーム事業本部
サービスイノベーション統括本部 ビッグデータ本部
ビッグデータソリューション部 所属
現在、ビッグデータ利活用ソリューションの開発・提案活動に従事