

製造品質を見える化するSupply Chain Quality Management『品質トレーサビリティシステム』

Supply Chain Quality Management: A System for Visualization and Traceability of Data on Manufacturing Quality

要 旨

【キーワード】

SCQM、IoT、IoT、生産のビッグデータ、見える化、4M2S

富士ゼロックスは2002年に部品不良に起因する約20万台のリコールを経験した。大切なお客様に常に良質の商品をリーズナブルな価格で提供することを目指す中、生産に関わる4M2S(Man=人、Machine=生産設備、Material=部品や材料、Method=製造方法、Space=生産に関わる場所、System=生産を支える仕組み)の変化を見つけ、これを未然に防ぐことができなかった。それ以来、当社は生産の膨大なビッグデータを採取、整理し、活用する仕組みの改善を続けてきた。その結果として、現場で発生する4M2Sデータを時間とひもづけて集約するSCQM(Supply Chain Quality Management)を生み出した。IoT(Internet of Things)の構成要素であるセンサーやタッチパネルなどのリアルタイムデバイスを介して取得したデータを、日々の生産性向上やリソースの最適化にまで活用している。本稿ではSCQMによる改善のねらいとその展開について、導入事例を交えて紹介する。

Abstract

【Keywords】

SCQM, IoT, IoT, big data in manufacturing, visualization, 4 M's and 2 S's of manufacturing

In 2002, Fuji Xerox experienced a recall of approximately 200,000 devices due to a defective part. In our efforts to continually provide our customers with high-quality products at a reasonable price, we had failed to notice changes in the "4 M's and 2 S's" of manufacturing ("Man" = people, "Machine" = manufacturing equipment, "Material" = parts or raw materials, "Method" = manufacturing methods or processes, "Space" = manufacturing environment, and "System" = systems or structures supporting manufacturing) and prevent this defect from occurring. Since then, we continued to consider methods of improving the ways in which we obtain, organize, and utilize the vast amounts of big data generated during manufacturing. As a result, we created SCQM (Supply Chain Quality Management), a system that collects data on the 4 M's and 2 S's which is generated during manufacturing and links it with time. This data, obtained via sensors, touch panels, and other real-time devices that make up the IoT (Internet of Things), is being utilized daily to improve productivity, optimize resources, etc. This paper explains the aim of our improvement efforts using SCQM and introduces examples of how SCQM has been deployed and utilized.

執筆者

佐藤雅裕 (Masahiro Sato)
井上貴司 (Takashi Inoue)

生産本部 プロフェッショナル・アドバイザー部
(Professional Adviser, Manufacturing Group)

1. はじめに

どうすれば商品不具合がまったくない“モノ作り”を実現できるのだろうか。生産のあるべき姿である、良質の商品をリーズナブルな価格で提供することとは程遠いことが生産現場では起きている。部品や材料は日々の集積と集約がそのサイズを小さく、複雑にしている。生産設備やこれを管理するソフトウェアは高度に進化し、出力されるデータは膨大で複雑だ。ジャストインタイムや在庫を持たないオンデマンド生産は工場のあらゆる無駄と余分を取り除き、生産性の向上を追求する。日々進化するモノ作りの中で製品品質を維持するために、生産現場ではいつしか膨大な時間や工数をかけて対応する事態に直面していた。

当社は、2002年にプリンター商品で起こした部品不良に起因する事故を契機に20万台のリコールを行い、お客様に多大なご迷惑をおかけするとともに、商品の回収や修復作業に膨大なコストを費やした。「二度と不具合を起こし、お客様の信頼を失いたくない」と社内で誓う中で、生産現場では、ある大きな矛盾に直面する。再発防止のため、モノ作りのすべてを記録しようとするほど、必要となるコストと作業への負荷が増し、最終的には製品の原価を大きく押し上げてしまう。そして、何より収集された情報はすぐには活用できず、商品の出荷後でないと見ることはできなかった。そのために、情報は過去のものとして、モノ作りの瞬間には活かすことができないことが現状であった。

「生産現場で採取した情報をただちに活用して手を打つ（リアルタイム）、現場の作業には極力負荷を与えない」こと。これこそが私たちの目指す改善の出発点であり、SCQMの実現に求めた最初のねらいである。どの部品が何時何分に、どの工程を通過したのか、何時何分に誰によってどの設備装置や機械でどのような作業が行われたのか、すべての情報がリアルタイムにシステムに入力される。時間と場所にひもづけられた4M2S（Man=人、Machine=生産設備や機械、Material=部品や材料、Method=製造方法、Space=生産に関わる場所、System=生産を支える仕組み）のデータは、生産の現場でもバックヤードの保全や製造技術、設計などの上流工程のどこからでも、いつでも誰でも確認ができることがSCQMの特徴である。現場の作業責任者や管理者は、システムを見れば生産をリアルタイムに把握できる。そのため、異常が発生したときには即座に判断を下せる。

SCQM導入前は情報がお互いにリンクされておらず、何かの不具合や異常が発生した場合は、人手を介して個別に複数のデータをひもづけて記録したり、紙（記録表やチェックリスト）に記載したりしていた。4M2Sの情報がリンクされていなかっ

た理由は、生産現場各工程で使用されている設備装置や機器が、異なる製造元やインターフェイスを持ち、そのプラットフォームやデータの出力形式もさまざまであったためである。また、データ出力できないモニター表示のみの機器もある。さらに、当時は人が行う作業自体をデータ化できなかった。SCQMはこのような生産現場で長く解決されなかったあらゆる情報をデータにして関連づけて一元化し、見える化¹⁾するという課題を克服するためのものである。

本稿では第2章でSCQMの概要を説明し、第3章でSCQMを構成するシステムの詳細、第4章ではSCQMの導入事例と活用方法や効果、そして第5章で今後の展開について述べる。

2. SCQMの概要

2.1 富士ゼロックスプロダクションウェイ

当社では、すべての生産拠点においてトヨタ生産方式を独自に進化させた生産革新活動「富士ゼロックスプロダクションウェイ（XPW）」を推進している²⁾。XPWで目指すものは「ロスゼロ」による総原価改善と品質保証の徹底である。具体的にはお客様への迷惑ゼロと不具合ゼロを合言葉に図1に示すように「不良品を入れない」「不良品を作らない」「不良品を出さない」「類似問題を繰り返さない」という4つの「ない」を達成することを目指す。しかし、これら4つの「ない」は言うはやさしいが並大抵では実現できない。仕入先まで含めて、生産のすべてに関わる情報を把握することができなければ、不具合の原因を究明し、再発防止や予防を行うことはできないからだ。

ねらい：ロスゼロを目指して…4つの『ない』活動を展開中

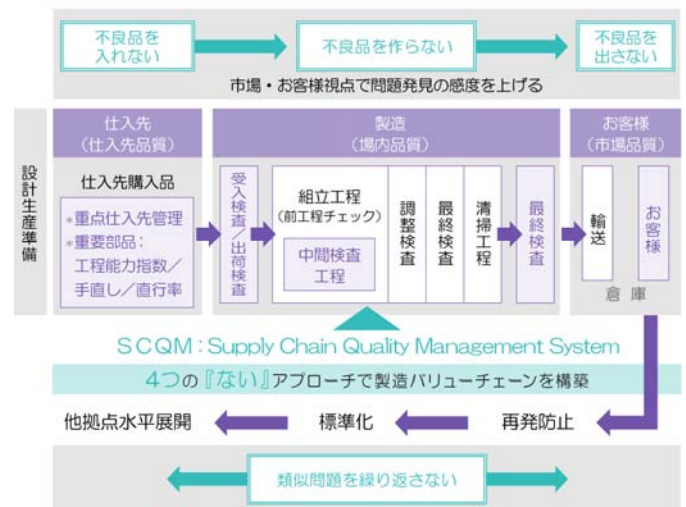


図1 富士ゼロックスプロダクションウェイが目指すところ

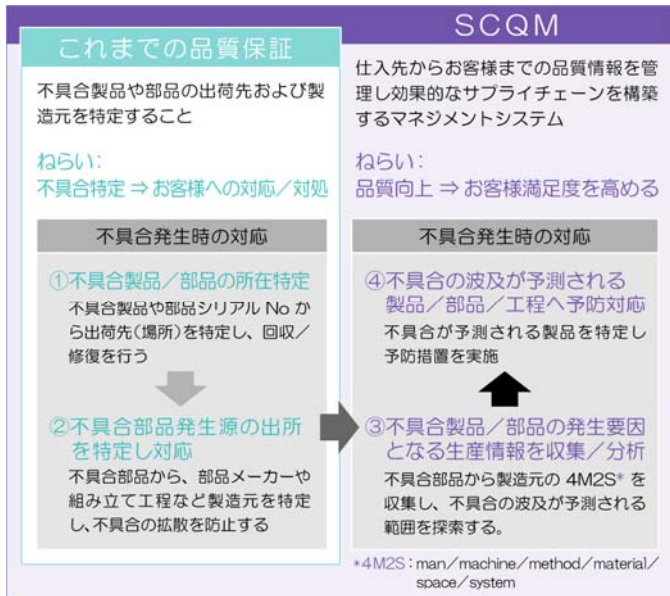


図2 Supply Chain Quality Management (SCQM) とは

2.2 SCQMとは

「現場で起こるあらゆる事象を常にモニタリングし、すぐに異常や変化に気づいて適切な指示を出す。この指示がどのように作用し、結果がどうなったかを明らかにし、その経験を後工程や次の商品に活用できるようにする」。この一連の流れを下支えするのがSCQMであり、XPWの実現に必要不可欠である。

図2に示すように、これまでの品質保証では、不具合対象品(商品や部品)が発生した場合、出荷先や製造元の特定を行い、出荷済みの商品の回収と修復を行う一方で、拡散防止の改善を行っていた。従来のねらいは、お客様への迅速な対応である。

一方、SCQMでは、不具合商品や部品の発生要因となる生産情報の4M2Sの変化から、不具合の波及が予測される製品や部品、そして工程へ予防対応や後工程への改善をねらいとする。すなわち、不具合が発生してから手を打つ後手の施策ではなく、一度発生した不具合から要因をあぶり出し、同様な不具合の発

生を予測することで再発を未然に防ぐサイクルを回し続ける。いつもと異なる4M2Sの変化が、製品品質や生産性にどのような影響をもたらしているかを日々明らかにすることで、製造品質がどのような状況でも安定し、計画通りの標準生産を実現する。そしてコストと品質を両立させることで、お客様の満足度を高めていくことをSCQMではねらっている。

3. SCQMのシステム構成と改善ポイント

SCQMの特徴は富士ゼロックスのモノ作りに起因する。複合機やプリンターの製造においてはそのキーパーツとなる部品やモジュールには「粉もの」「液もの」「練りもの」といった、個体にシリアルナンバーなどの識別子を割り振れないものがある。たとえば「練りもの」の代表である電子基板に使用するクリームはんだにはペースト状の現物に製造の素性を識別するためのバーコードやシリアルナンバーを貼付表示することができない。一般的な商品トレーサビリティや製造現場管理系のシステムが個体識別子の読み取りによって商品の所在や状態の見える化を行うのに対してSCQMでは生産現場で発生する4M2Sを時間軸にひもつけて情報を集約する(当社では「タイムバインド」と呼ぶ)。クリームはんだの使用開始から終了時間の間にその工程で作られた製品を逆引きすることで、どのクリームはんだがどの電子基板に塗られたのかを特定する。

このタイムバインドには従来のシステムと比較して大きく3つの改善のポイントがある。

3.1 タイムバインドによるシステム間接続

1つめの改善ポイントは図3で示すとおり導入時のシステム間連携の効率化にある。生産工場では多くの設備装置や機械、ソフトウェアが存在し、連携している。前述のとおり、これらは1つの共通プラットフォーム上では稼動していないことが多

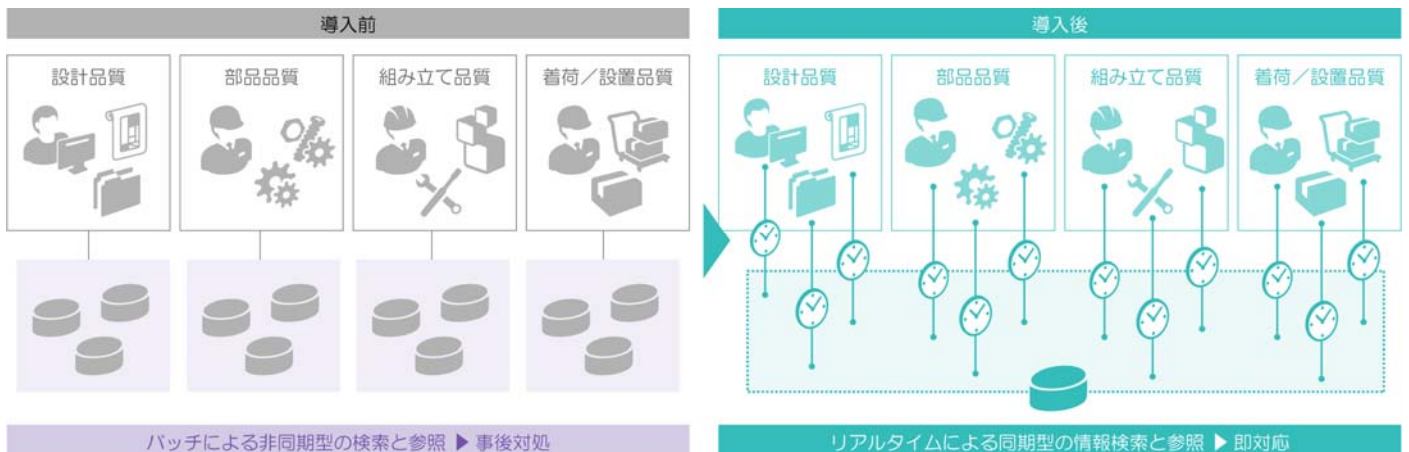


図3 SCQM導入前後における生産活動の違い

い。ネットワークで同じセグメントにない場合や生産そのものに影響があって容易にインターフェイスを構築できないもの、また、ソフトウェアの開発そのものが個別で共通化したときにデータをそのままでは集約できない場合などが多い。SCQMでは接続するシステムや設備装置の時間軸を合わせる（タイムサーバーに同期する）ことですべてのモノの流れを同じ時間軸でひもづける。連携するシステムの接続は参照系に絞り込むことで導入のスピードと接続する相手側システムとのインターフェイス開発工数を大幅に削減することができる。当社でもSCQMに情報を提供する必要があるシステムや設備装置が各工場ラインに数十から百数十あるが、接続して情報を統合するための工数は従来の半分以上で済んでいる。

3.2 多種多様な入力デバイス

2つめの改善ポイントはリアルタイム性を追求するために多様なデバイスの接続を実現した点である。SCQM導入前は工程やラインごとにパソコンでデータ収集するか、紙の帳票に起票することで記録を取っており、情報を統合するのにタイムラグが生じていた。モノ作りの違いを超えて、入力手段と接続できる主な入力デバイスは多種多様のまま、データを共通化するために「SCQMデータ登録クライアント」を介してデータをサーバーに集めることでデバイス個々の影響を受けない対応を進めた。

具体的には図4のSCQMシステムの全体像に示すようにバーコードリーダー、ICカードリーダー、無線ICタグリーダー、タッチパネル、センサー、カメラや音声レコーダー、スキャナー、PLC（Programmable Logic Controller）などのいわゆるIoTデバイスを早くから生産現場に取り込んだ。しかしながら、僅かな手番増も許さない生産現場では、リアルタイム性だけでは新たなデバイスを活用してもらえない。IoTデバイスが浸透するには、現場の作業員や管理者にとって具体的な効果があると認められなければならない。現場の作業員や管理者にとって、

負荷を軽減し、膨大な情報の中でも、正確なモノ作りを担保することができるという安心感が得られる仕組みこそが、生産現場のIoT活用の肝と考える。SCQMの導入により、筆者らは単にIoTデバイスを導入するのではなく、紙帳票へのバーコードを組み込むことや撮影した動画に変化点をひもづけることや管理図にパトランプを連動させることなどで、従来の情報記録手段を部分的かつ段階的に電子化およびネットワーク化することが有効であることを実証した。IoTデバイスを導入して生産現場をつなぐことが目的ではなく、生産現場の負荷や困りごとを改善することで、生産現場がつながることがSCQMの目的である。

3.3 リアルタイムな情報表示の仕組み

3つめの改善ポイントは変化に着目したアプリケーションの豊富さにある。「生産は生き物、いつ何時どのような理由で乱れが生じるかわからない」と言う、工場は標準生産を実施していないように聞こえるが、モノ作りの変化は毎日必ず発生する。同じ設計、同じ部品に同じ材料、同じ設備装置をもってしても良品条件にあった瓜二つの製品ができないことがある。SCQMでは現場で起きる事象の変化に着目し、生産ラインの稼働状況を時間の経過に沿って表示する「リアルラインモニター」を生産の特徴に合わせて提供している。図5で示したものはその代表的なシステムだ。写真左側の現場に向いているモニターは「4M2Sあんどん」と呼ぶものである。通常設備装置のあんどんやパトランプだけでは判断ができない現場の変化点を時間軸に並べて警告表示させることで、変化の発生をいち早く現場に知らせる。写真右側に示した鉄道のダイヤグラムのような折れ線が表示されたモニターは社内ネットワークに接続されたコンピューターのWebブラウザでどこからでも参照できる。時間の経過に沿って製品の流れと設備停止や作業ミス、検査結果の不合格などが色別に表示され、生産の乱れや異常に誰もがすぐ気がつくことができる。

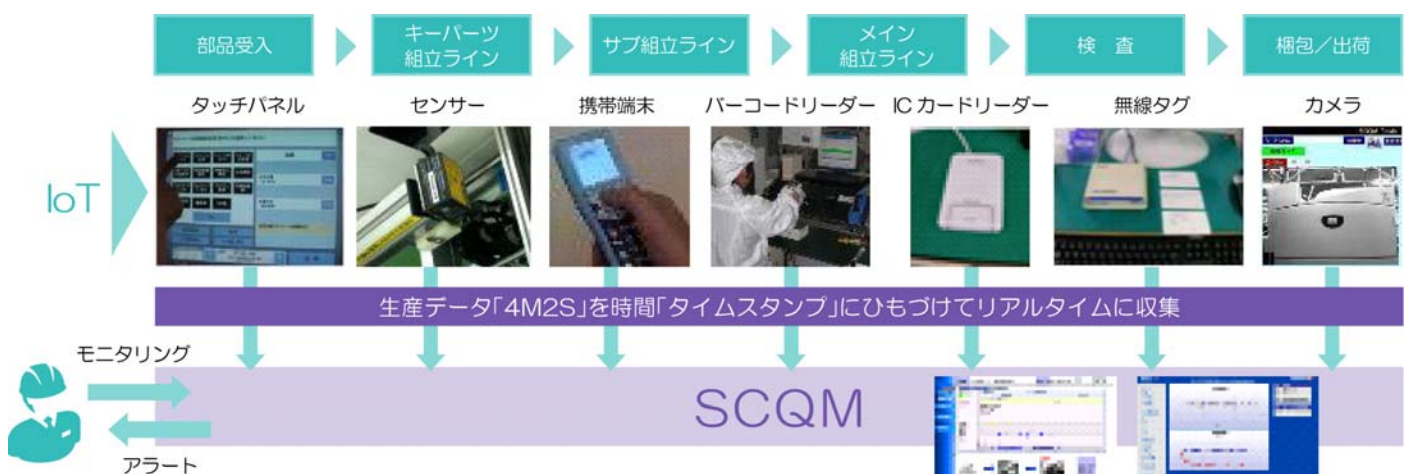


図4 SCQMのシステム全体像



図5 製造現場で監視するシステム

4. SCQMの導入事例と効果

本章では、タイプの異なる3つの生産現場へのSCQM導入事例について紹介する。

4.1 部品種／点数が多く設備依存が高い製造事例

当社の関連会社である富士ゼロックスマニュファクチャリング株式会社鈴鹿事業所の電子基板製造ラインの特徴は部品種と部品点数の多さであり、その管理が課題であった。主要部品のマザー工場である鈴鹿工場がカバーする電子基板製造ラインの部品種は約11,000種類、常時約25,000点（荷姿）の部品が保管され、多いものでは1基板あたり3,000点以上の部品が実装され数千の電子基板が毎日国内外の組立工場に出荷される。部品一つひとつを正確に実装するだけでなく、部品の素性や保管にも注意を払いながらのモノ作りは膨大な情報量である。

電子基板製造におけるSCQMの適用目的は、①入荷した部品の行く末を荷姿単位で最後まで追いかけること、②部品実装を行うマウンターと呼ばれる部品実装設備の稼働率を上げるこ

とにある。荷姿単位である理由は、部品メーカーの製造履歴単位であり、万一、部品品質問題が発生した場合、荷姿単位でその波及範囲を追跡する必要があるからである。図5に示した電子基板製造ラインの部品実装履歴から検索することで、実装された対象商品の波及範囲を即時に特定できる。部品は製造途中で分割されたり、結合（スプライシング）されたりするが、その場合は仕入先の部品の素性もひもづけて継承していく。SCQMでは部品荷姿ごとに時間と場所情報からなるIDを付与し、そのIDを追跡することで、従来は作業者が追跡不可能だった膨大な部品の素性の行く末を管理できる。一方、部品実装設備の稼働は設備装置単体の停止を捕らえられたとしても、真の要因を特定し、記録することは難しい。図6のモニター画面は、生産ラインが標準生産で安定しているときと、異常によりラインが乱れている状態を表している。表示はX軸が時間、Y軸は工程または設備装置の状態を示している。モニター最下段のフレームにある縦の棒線が、製品個々の生産開始から完了出荷までを表し、その長さが製造時間を示す。異常時にはY軸に赤い点（停止）が散在する。一度設備装置の停止が起きたラインでチョコ停（ちょこちょこ停止すること）が頻発し始めると、状況は一変する。同じ作業の繰り返しのはずなのに、製造時間がバラつき、縦の棒線は乱高下の軌道を描き出し、棒線の間には隙間が目立つようになる。ライン停止の個々の原因はさまざまだが、異常や改善の余地があることは明らかになる。

4.2 検査など人に依存する負荷が高い製造事例

当社の関連会社である富士ゼロックスシンセンの大和工場は、主力複合機やプリンターの最終組立を担っている。組み付け後の検査工程は画質や機能に関する複数の検査を行うため、作業時間も長く工程は需給変動により渋滞や待ちを余儀なくされることが多い。現場では、多能工を育成する傍らで、検査台や検査要員を調製しやすい工夫をして変動に対応してい

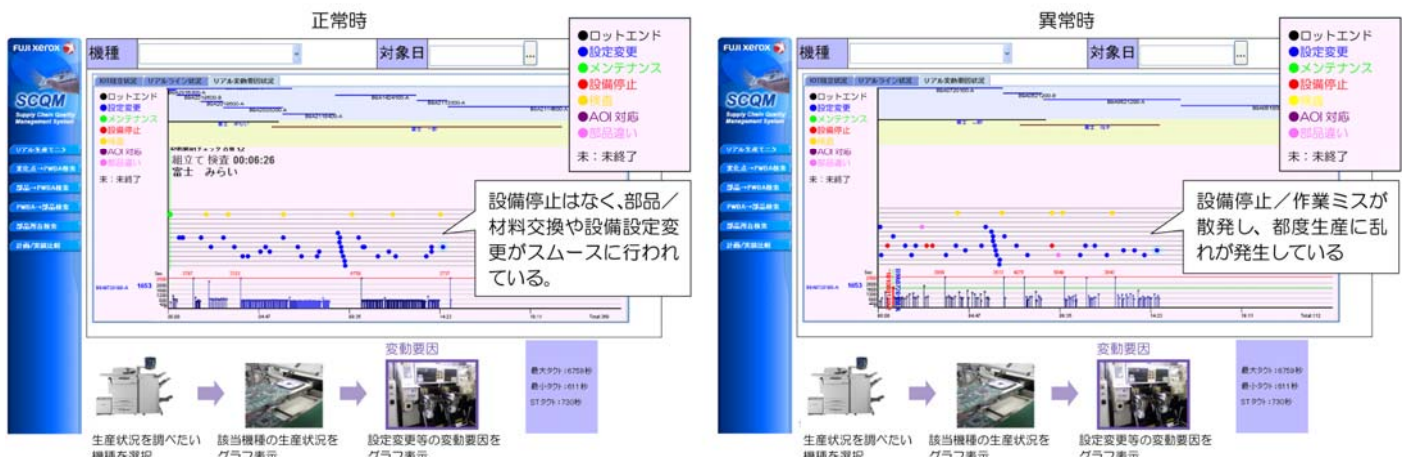


図6 電子基板製造のSCQMによる「見える化」

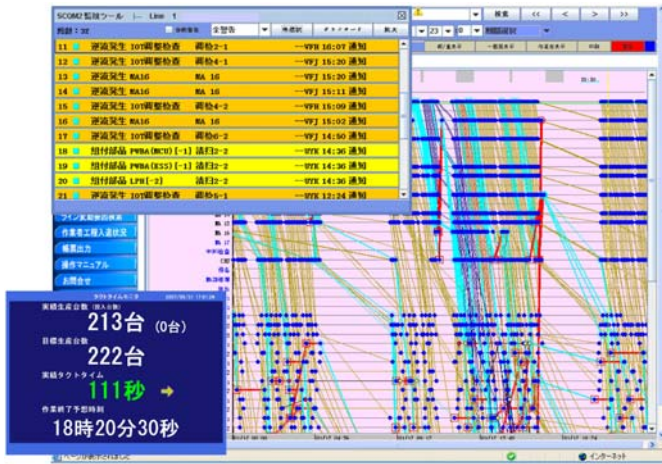


図7 SCQMによる見える化（異常を診る）

るが、一見何が影響して生産ラインの乱れが発生するのかわかりにくいという課題がある。作業者の習熟など人に依存する検査工程には図7のような製品の工程間の渋滞やロールバック（前工程へ戻ること）を可視化してその正確な進捗や工程ごとの直行情報を明らかにすることが有効な対策となる。製品モデル（型式やオプション）や部品ロットの変わり目など、現場作業に影響を与えている因子を早く見つけ出し、具体的な影響を定量化することで作業者の教育や検査の効率化による非稼働時間のゼロ化を目指している。

4.3 お客様自動車エンジン組み立て適用事例

筆者らは、2013年から「言行一致活動」として、お客様のご要望に対して当社の工場に実装したSCQMを提供して改善

をお手伝いする活動を開始した。自動車エンジンの組立工場では加工、組み立て、検査がサブラインで行われ、最終的にメインラインの組み立てや検査を経て、次工程となる複数の車体組み立て工場に出荷される。自動車のエンジン製造では当社の倍以上の設備装置と検査がありその設備装置のメーカーや導入をサポートする商社やシステムインテグレーション企業は数多く、その結果、設備装置の出力結果や検査のデータは個別に集めて活用されることが多かった。また、これらの情報と製品や部品の前工程や仕入先の品質情報はつながっていないことが多く、後工程で異常や検査不合格が発生してもその要因となる情報を読み解くことに時間がかかっていた。そこには以前の当社と同じような製造現場での品質に関わる情報を記録収集するタイムラグや、あとから影響や波及範囲がわかると言う、対応遅れの問題があった。お客様と共同のプロジェクトを実行する中で、現場の実情に合わせた課題の見極めを経て、SCQMの導入とその改良が現在も続いている。図8は導入した設備データと検査の傾向値の見える化と改善の仕組みの全体像を示している。現在は出荷する前に機種やモデル別に設備や検査の結果をチェックすることができ、さらにその傾向を事前に確認できることでトレーサビリティを攻めの道具として活用している。過去に経験のある出荷後の不具合をなくすことができたことに加え、影響範囲を調べる時間が大幅に短縮されたとの評価を頂いている。

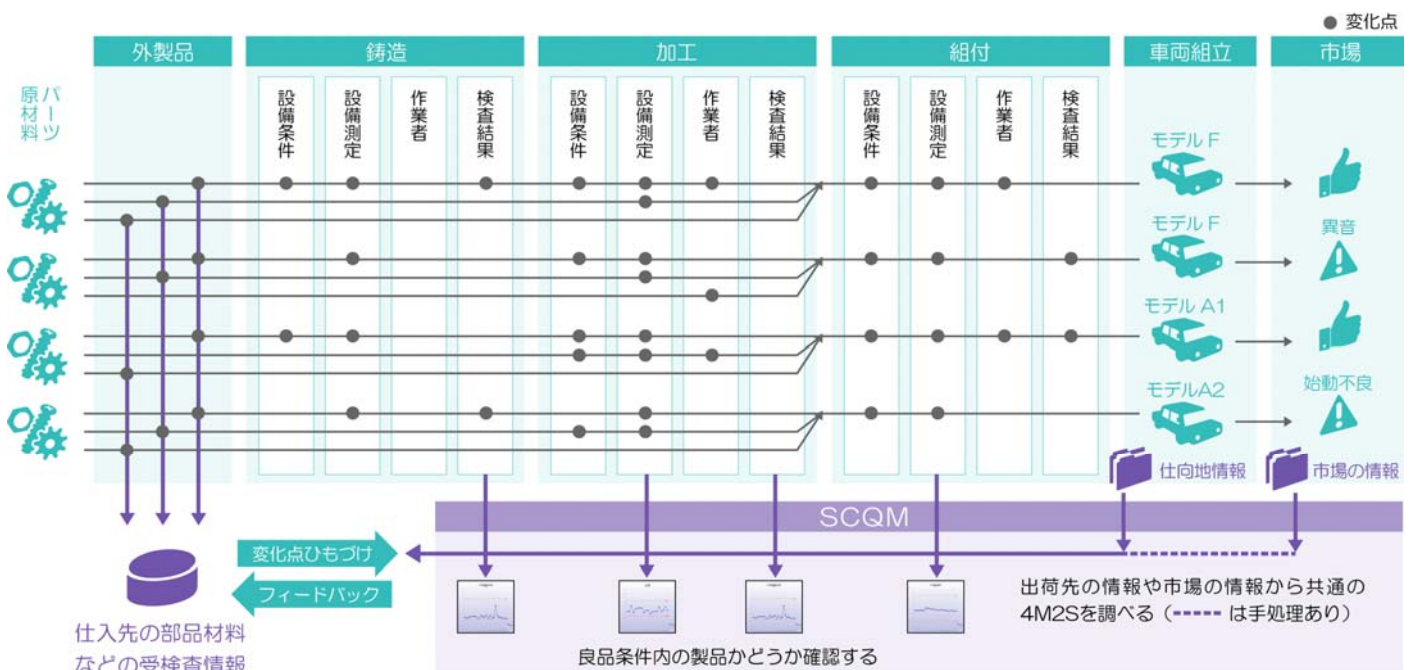


図8 自動車エンジン組立工場の導入事例

5. SCQMの今後の展開

SCQMが当社の製造現場で産声を上げてから11年が経過した。現在、問題が発生して波及範囲を特定し、要因をつきとめるための情報収集と整理に要する時間は格段に改善された。3,000点の部品の素性を一気に調べ、実装したすべての部品種と同じ部品ロットを含む電子基板を組み付けた商品の数と所在を調べるのは5分もかからない。一方で、不具合そのものの発生を根絶することは実現できていない。リアルタイムを目指して実装した仕組みは、発生した瞬間からあとの時間を短縮することを実現したに過ぎない。原因の追究と対策は人の判断に依存することには変わりはない。時間の軸は未来に対しても情報のひもづけを作用させることができる。発生した過去の情報から同じ4M2Sの変化点を見つけることで、未来に対して警告や指示を出すことができると考える。また、最も効率が悪かった4M2Sのひもづけから、何がほかと異なるのかを明らかにすることができる。さらに、SCQMを活用した予防保全や未然防止は、従来の設備装置データの評価や検査の傾向値管理に、イノベーションをもたらす可能性がある。たとえば、この商品はその部分をしっかり検査してほしいとか、この商品から部品や材料のロットが変わりましたといった、仕入先や前工程の変化に関するきめ細やかな情報を次工程に伝えることで、人にとって優しく、かつ人の適切な判断や知恵を最大限に引き出すモノ作りの支援につながると考えられる。SCQMの導入により、現場の視点でITと人が協調し、良品条件に合ったより良い製品をリーズナブルなコストで生産する新たなモノ作りへのチャレンジは、今後もさまざまな製造現場に広がっていくことが期待される。

6. おわりに

本稿の冒頭で説明した生産現場での矛盾の解消をねらいに、Industrie 4.0やインダストリアル・インターネットなどに代表されるグローバルなモノ作りの変革が進んでいる。しかし、すべてのモノ作りを一気に最新の設備装置や工場に置き換えることはできない。SCQMは、そのような課題を現実的に解決する鍵となり得る。また、SCQMは、IoTやそれらを活用した取り組みによって生まれる新技術を積極的に取り入れることで今後益々進化する。そのような中で、最も大切なことは、それが現場に向き合ったモノ作りの仕組みであるかどうかである。IoTなどの技術進化を最大限活用しつつ、SCQMにより常に現場に向き合った仕組みを提供し、人に優しいモノ作りを実現していきたい。

商標について

- SCQMは、富士ゼロックス株式会社の日本およびその他の国における登録商標または商標です。
- その他の商品名、会社名は、一般に各社の商号、登録商標または商標です。

参考文献

- 1) 遠藤 功: 見える化-強い企業をつくる「見える」仕組み, 東洋経済出版, (2005).
- 2) 富士ゼロックス生産方式(Fuji Xerox Production Way)ノウハウを活用した生産管理ソリューション
<https://www.fujixerox.co.jp/company/technical/production/fxdww/> (参照日: 2017.03.31)

筆者紹介

佐藤雅裕

生産本部 プロフェッショナル・アドバイザー部に所属
専門分野: 生産技術、RFID、アプリケーション設計開発

井上貴司

生産本部 プロフェッショナル・アドバイザー部に所属
専門分野: 生産工程設計、生産品質