

# TQMS-uniによる稼働情報活用メンテナンス

高野 昌泰, 古川 茂広

近年、TQC (Total Quality Control の略、以下 TQC と称す) の普及などにより、メーカーにおける「工場出荷品質」は一般的に向上し差別化要因とはなくなりつつある。またブロードバンドを中心とした高速データ通信インフラの普及や大容量のデータ蓄積装置等周辺技術の進歩によって安価にリモートデータ転送および蓄積が実現できるようになった。このような状況の中で新たな差別化として製品の「稼働品質」をいかに把握し、得られた情報を活用するかが重要となっている。TQMS-uni (Trace Quality Management System-uni の略、以下 TQMS-uni と称す) は「どのような検査結果で出荷されたか」だけではなく、お客様先で製品が「どのように使われ」、「どのような状況にあるのか」を知り、その情報をメンテナンスで活用するためにデータマイニング技術を導入し、構築したシステムである。

キーワード：リアルタイム状態監視, データマイニング, リモートメンテナンス

## 1. 背景

現在、多くの分野でのメンテナンスにおいて、機器の状態を遠隔から監視する技術が導入されている。初期の監視技術としては防犯カメラに代表される画像をビデオテープなどに残すことで、再現の難しい事象の発生を保存し、後から活用あるいは検証を行うことが一般的であった。このような防犯カメラの技術は自動車のドライブレコーダーのように小型で安価な方向に進化するとともに、リアルタイムで映像中の人を見分けるなどインテリジェントな進化を見せ始めている。かつて日本のメーカーは TQC などを活用した圧倒的な「工場出荷品質」によって他国のメーカーを差別化してきた。しかし現在では「工場出荷品質」向上の多くのノウハウが体系化され、水平展開された結果、メーカー間での顕著な差は存在しなくなった。このような状況において品質の差別化を実現するためには、製品の「稼働品質」をいかに把握し、得た情報を活用するかが重要となっている。「稼働品質」を把握し、情報を活用するためには単に画像をモニターするのではなく、どのようなデータを取得し、どのような処理（データマイニング）を行うべきかを考えていかなければならない。最近のブロードバンドを中心とした高速データ通信インフラや大容量のデータ蓄積装置、クラウド技術の進歩によって、安価にリモートデータ転送および蓄積が実現できるようになったこともこのような技術の普及が加速する要因となっている。

## 2. 相互連携システムの必要性

従来一般的なメーカーの情報システムは図1の上段に示すようにそれぞれの機能部門ごとに最適化を目指したシステムとして構築されてきた。この場合それぞれの機能部門ごとに部分最適化できるメリットはあるもののメーカーとして機能部門ごとの相互連携がされず、上位から俯瞰的に情報を把握・分析するには不向きというデメリットがある。図1中段に示すとおりメーカーの機能部門ごとの開発、評価、生産、保守などのワークフローは品質という切り口においては相互に関連している。たとえば生産工場における部品精度や出荷検査などの「工場出荷品質」はお客様先の「稼働品質」との関連が強く、部品精度や出荷検査が十分でなければお客様先でのトラブルにつながり、お客様に迷惑をかけてしまう。それを避けるために過剰な部品精度・性能を要求、あるいは必要以上に厳しい出

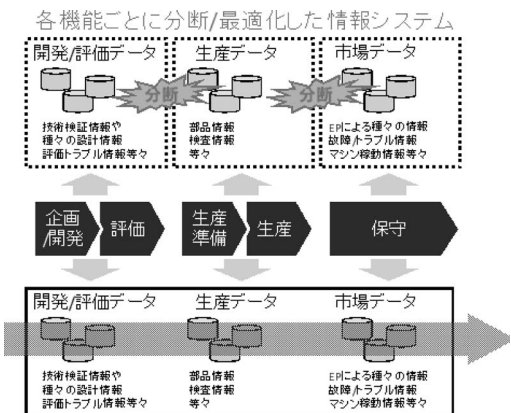


図1 各機能ごとに分断/最適化した情報システム

たかの まさやす, ふるかわ しげひろ  
富士ゼロックス株式会社  
〒 259-0157 神奈川県足柄上郡中井町境 430

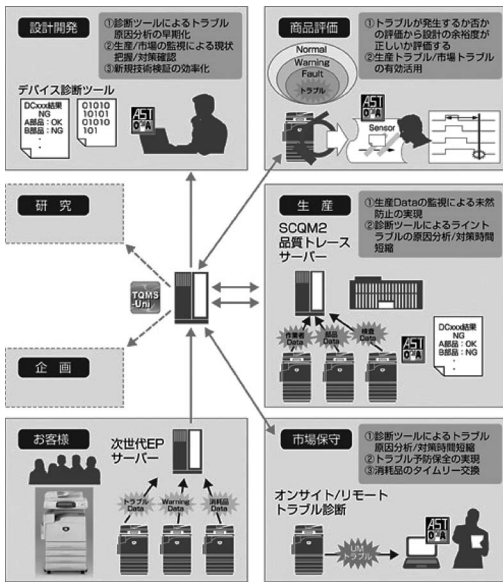


図2 TQMS 構成図

荷検査を行えば製品コストの上昇を招き市場での競争力がなくなってしまう。このような相互の関連性を考えるとお客様先の「稼働品質」と「工場出荷品質」をうまく連携し全体最適化を進めていくことがメーカーとして有効であることがわかる。

図2に示すとおりメーカーの品質データベースを一元化しそれぞれの機能部門におけるワークフローに合わせてデータベース上のデータを処理し、それぞれの機能部門の判断に必要な情報として提供するシステムが理想である。お客様先においても、その製品の生産データと関連づけることでトラブル予兆などの効率的なメンテナンスを実現できる。TQMSはこのように目的で構築されている。

### 3. 生産における監視システムのデータ処理

生産でのトラブルの特徴として、トラブル発生件数は少ないが、発生した場合のインパクトが大きいことがあげられる。例をあげると不良部品のトラブルが市場に流出してしまった場合に、その不良部品が装着された全生産台数の対策が必要となるため、1件の流出で数千万円単位のコストが発生する場合もでてくる。さらに、市場に設置され稼働している機械の場合、トラブル対応時にお客様先の機械を止めなければならず、お客様に多大な迷惑をかけるなどその影響は非常に大きい。このような生産工程での品質監視システムを考えるうえで重要なことは、日々の変化をとらえることである。一見変化の少ない生産ラインも日々変化してお

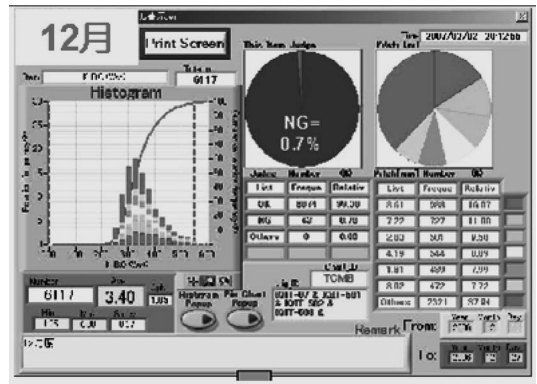


図3 特性値の分布を現した測定器具の画面例

り安定した品質を毎日維持していくことは容易ではない。工程の作業者が変わったり、仕様変更の部品が新しく投入されたり、部品の仕入れ先が変わったり、さまざまなものが日々変化している。生産工程において取得できる品質データの属性も多岐にわたり、画像、機械のログ、検査器具の測定値などアナログデータが多く存在する。ここで生産工程の機械の各種データは、市場で設置されている機械と異なり、経時変化や周辺環境の影響を伴わないため機械間のばらつきが少なく、日々同一レベルで比較ができ、統計処理しやすいという特徴がある。

このようなアナログデータを監視するための一つとして閾値によるデジタル処理と発生率を組み合わせた方法が存在する。

図3は画像関係の1カ月分の特性値の分布を現した測定器具の画面である。専門分野の情報は豊富に表示されているが、表示が示す情報の理解・分析に時間がかかり、異常の発生を誰でも瞬時に把握できるシステムとなっていない。また他のデータとの連携も考慮されていない。

図4は画像関係の1カ月分の複数の種類の特性値について閾値によるデジタル処理を施し、発生率を縦軸に発生日時を横軸に取ったものである。4種類の特性値に関するグラフであるが、どれも異常を検知するにあたって、定常状態とは異なる、変化点のポイントが明確になっている。変化点が明確になることによって、その変化点近傍の時期に何が変わったかを調べることで、異常の原因を調べることができる。このように生産におけるシリアルナンバーごとの品質履歴のデータベースを活用することによって対象となる機械の特定が容易になり、メンテナンスを効率的に行うことができる。現在は生産監視機能と稼働品質監視機能の連携

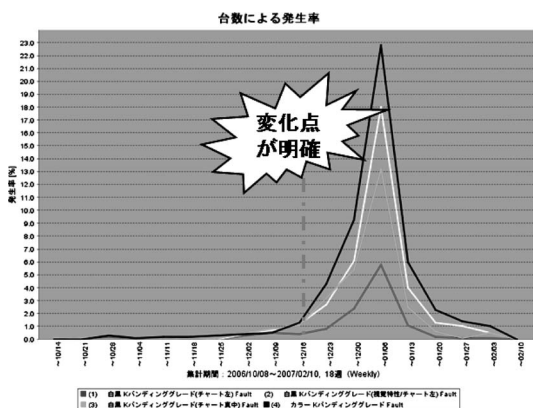


図4 4種類の特性値を閾値によってデジタル処理化したグラフ

について新たな検討を開始している。

#### 4. お客様先のトラブル情報監視

お客様先の機械でトラブルが発生すると、サービスエンジニアが処置して機械を復旧させるまでの間、お客様は機械を使用することができず、業務に多大な支障をきたす。したがって、保守の分野では、お客様先機械の稼働情報を監視してトラブルや消耗品のライフを予測し、お客様からの訪問要請をいただく前にトラブル修復したいという要望があった。また、設計者からは、市場導入した製品から稼働品質情報を抽出し分析することで、次期製品の設計品質を向上させたいという要望があった。

生産工程に比べて市場の機械から収集される稼働品質情報は数十万台分と膨大なデータ量となるが、ブロードバンドを中心とした高速データ通信インフラや大容量のデータ蓄積装置の進歩によって安価にリモートデータ転送および蓄積が実現されており、稼働品質情報の取り回しができるようになった。

市場導入された機械には、新品のものもあれば設置後数カ月を経たものもあり、さらに設置環境によってトラブルの現れ方はさまざまであり、生産工程でのトラブルの現れ方のように一様ではない。

フェーズIでは、まず設計者が稼働品質を検証する機能として、トラブル監視用に用意されたフェイルコード種別ごとに発生件数の全国平均を算出し、設置後の所定期間ごとに全国平均との比較結果を表示する機能を実現した(図5)。全国平均を算出することで設置環境のばらつきを吸収し、設置後の所定期間ごとの発生率を監視することで市場での実績値を基に設計の狙いどおりの動作をしているかを検証でき、次期製品の設

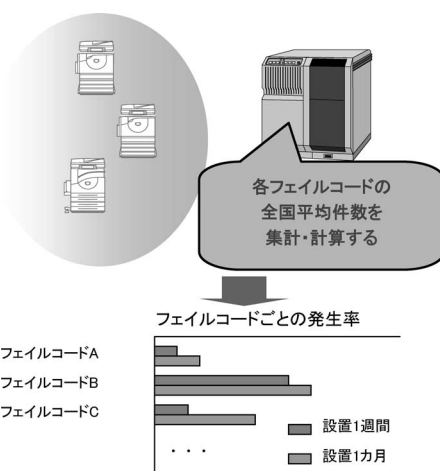


図5 設計品質検証機能の仕組み

計へのフィードバックが可能となった。

次に、この機能をフィールドサービスにも活かすため、サービスエンジニアがどのようなシステムであればワークフロー改善に役立つか、ヒアリングを実施した。その結果、生産のように全体の傾向ではなく、担当している機械の中から状態の悪い機械だけを抽出したいなど、サービスエンジニアの視点から要望があり、生産工程監視機能とは異なった情報形態が望まれていることが新たにわかった。そこで、先に述べた設計者の稼働品質検証機能をベースにフィールドサービス向けの機能を検討し、機械ごと、種別ごとのフェイルコード発生累積値を基に訪問すべき機械を抽出・表示するフィールドサービス向け故障予兆検知画面を構築して、お客様からクレームが発生する前に機械の異常を事前検知できるシステムを実現した。

故障予兆検知機能のフェーズIは、実際に使用する現場との協業を通して寄せられた、ユーザーインターフェースなどへの改善要望を取り入れるなど改良を重ねた結果、主要ユーザーであるサービスエンジニアのアクセス数も急増していった。アクセスの増加に伴い、現場では故障予兆検知機能を取り込んだワークフローの検討が進められたが、検討を進める中で「発生件数等の表示のみでなく、訪問の必要性を判断しやすくしてほしい」という、新たな要望が寄せられた。フェーズIでは、収集されたフェイルコード情報から、機械ごと、種別ごとの発生累積値を算出後、発生頻度の高いものから順に並べたリストを生成し、リストで上位に位置づけられる機械を抽出する方法を採用していた。しかし、この方法は機械のイレギュラーな状態を検出するため、特に設計者にとっては有用であったが、後述す

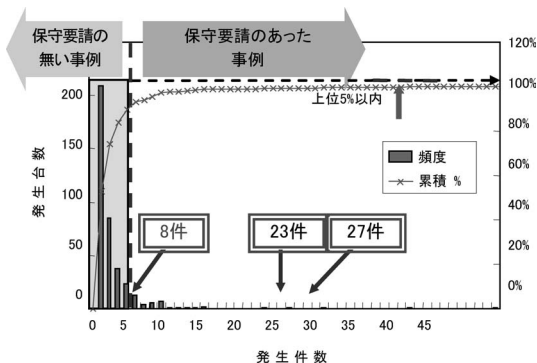


図6 8-XXXの機械ごとの累積発生件数ヒストグラム

るようにフェイルコードの種別ごとに重要度が異なっている点について考慮できていなかったため、保守の緊急性を判断するには不十分であった。そこで、フェーズIIでは稼働品質監視結果によって、保守の必要性を判断するための情報提供を主眼にした開発を実施した。

市場に設置された機械から収集されるフェイルコードは、ただちには保守要請につながらない警告レベルから、機械が稼働不能状態にある異常検知レベルまで、さまざまな種類・レベルのものが割り当てられており、その重要度はまちまちである。フェーズIでは、このフェイルコード種別ごとに異なる重要度を、フェイルコードの種別によらず一律の重み付けで行っていたため、重要度が低くとも発生頻度が高ければ抽出される傾向が高く、重要度が高くとも発生頻度が低ければ抽出され難い傾向にあった。この課題を解決するために、各機械から収集された情報をフェイルコードごとに設定された重み付けによって補正することを検討した。

フェイルコードごとの重み付けは、机上での予測・設計者側の一方的な判断ではなく、実際にお客様から訪問要請のあった事例・保守実績を基に設定することとした。

具体的には保守実績情報を蓄積しているデータベースからの情報と、市場に設置されている各機械から収集した、遠隔地にある機械の「現在」の状態情報を蓄積するデータベースからの情報を、データマイニングによって有機的に関連づける。これによって、どのような状態時に保守を要請されるのかを、市場で機械を利用されているお客様による保守要請判断基準に、より近い基準で判定することが可能となる。

システムを開発するにあたり、まずは実稼働している市場の機械から収集したフェイルコード情報と、保守情報として記入される訪問要請要因となった具体的なトラブル情報とから、フェイルコード種別ごとに、保

守が要請される場合の発生件数を集計・比較する実検証を行った。

図6はフェイルコード(8-XXX)の発生した396台分の累積発生件数をヒストグラムで示したものである。同一機種でも累積発生件数の多いフェイルコード種別と少ないフェイルコード種別とは20倍以上の発生頻度の差異がある。しかし、図6に示すように発生頻度の高い同一フェイルコード種別でも訪問を要請された事例は累積発生件数の多い機械に集中していることがわかる。他のフェイルコードについても同様に検証した結果、そのフェイルコード内で累積発生件数が多い機械の上位5%以内に訪問要請が集中していることがわかった。

この検証結果から、機械ごと一定期間ごとに、発生頻度の異なるフェイルコード種別それぞれ累積発生件数を集計した結果と保守要請実績とを関連づけることにより、フェイルコードごとに、過剰な抽出もしくは取りこぼしを抑制した、保守実績に基づいた抽出閾値を設定することが可能であると判断できる。すなわち、適切にフェイルコードごとに設定された抽出閾値を用いることによって、訪問要請が発生する可能性が高い機械を抽出することが可能となる。

精度の良い抽出閾値を設定するためには、より多くの具体的かつ正確な保守実績情報を収集する必要がある。したがって、市場から容易に保守実績情報を収集できる仕組みを導入するとともに、これと並行して具体的な保守実績情報の入力手順を全国展開した。また、入力された保守実績情報と市場にある機械から常時採取されるフェイルコード情報とを関連づけ、新たに開発したデータマイニングエンジンによって自動的に適切な抽出閾値を算出する仕組みを構築した。

## 5. お客様先の消耗品情報監視

複写機・プリンター装置において、消耗品として代表的なものにトナーがある。トナーをタイミング良く交換するために、精度の良いトナー残量予測の提供が必須であった。

一般的にトナー残量予測は、機械内部の代用特性(トナー供給モータの回転数や累積時間など)に基づいて予測している。具体的には、トナー残量が少なくなるにしたがって、Level 2(トナー残量少)、Level 1(トナー残量極小)、Level 0(トナー残量ゼロ)の順にアラートが発行されるように設計されている。また、Level 2は、Level 0の前に新しいカートリッジの手配などの期間を見込んで発行されるように設計されている。Level

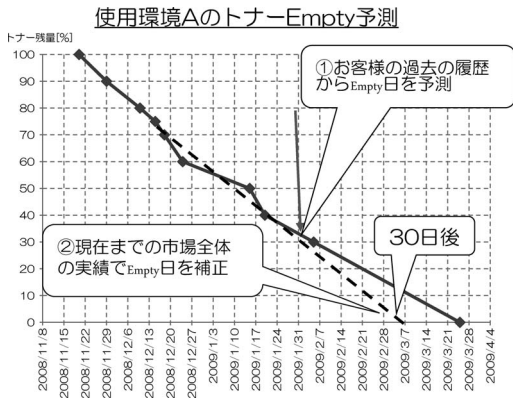


図7 機械Aのトナー残量データの直線近似と補正した直線近似による予測日

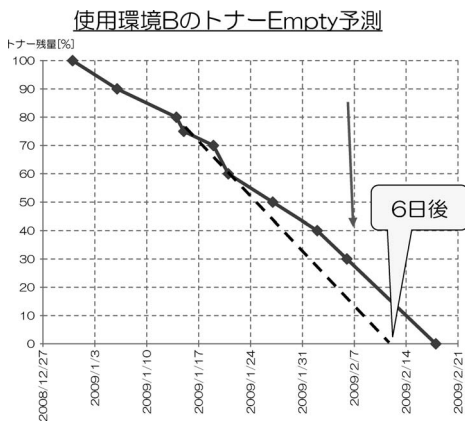


図8 機械Bのトナー残量データの直線近似と補正した直線近似による予測日

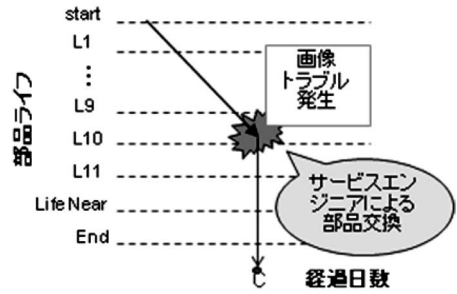
1は、機械内部に設けられたセンサーの出力に基づいて、Level 0直前に発行される。しかし、実際の運用では、Level 2が発行後にトナーカートリッジの交換準備を進めるが、Level 2の予測精度が悪く、ほぼ同時にLevel 1が発行される場合もあり、適切なタイミングで交換することが難しい状況にあった。

図7、8に示したのは同じ日にトナー残量30%になった2台の機械についてのその後の残量の推移を示している。Aの機械では残量30%を検知してから30日後にトナーが0%になったのに対してBの機械では30%を検知してから6日後にトナーが0%になっているのがわかる。お客様の使用枚数や画像密度の違いによって0%の時期は大きく変化する。新品のトナーが装着されてからの代用特性を使った残量を定期的にモニターして直性近似することによってある程度補正を行うことができる。

またこれらのグラフの点線は実線の上にある代用特

■故障予知機能がない場合

C点で画像欠陥発生した場合、顧客コールによるサービスエンジニアの訪問となる。



■故障予知機能がある場合

A点でC点の画像欠陥発生を予知し、C点の手前B点で新ライフニアを設定。定期訪問による部品交換を指示。

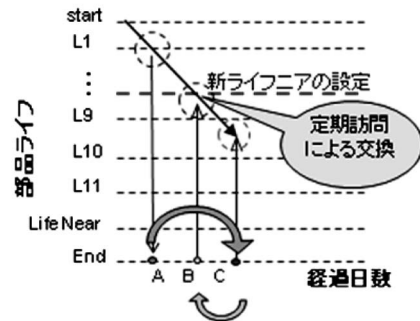


図9 トラブルに対する故障予兆検知

性による定期的なトナー残量のポイントにおいて求められる説明変数を使った重回帰補正の結果である。この処理により代用特性による見かけのトナー残量を真の残量に近づけることができる。

トナーのような消耗品残量予測機能については、消耗品の残量予測にとどまらず、複合機の使用状況情報とトラブルなどを関連づけることで、故障予兆の検知に結び付けることが可能かどうか検討を進めている。

図9は、トラブルに対するライフという考え方を導入したトラブルの事例である。現状のように故障予知機能がない場合は、トラブルが発生しお客様からの連絡でサービスエンジニアが訪問することになる。一方、故障予知機能がある場合は、複合機の使用状況情報によりトラブル発生時の余裕度の予測を行い、その予測結果からトラブル発生時の予兆が設定されて、トラブル発生時の予兆検知後に、お客様には定期訪問として部品交換などを実施できる。従来の突発的なトラブル対応ではなくあらかじめ計画されたメンテナンスとしてトラブル対応が可能となる。

## 6. 今後のメンテナンスの動向

複写機・プリンター装置においてはメンテナンスコストの削減のために、トラブル発生による緊急対応訪問の比率を下げ、トラブル予兆監視による計画訪問の比率を上げていくことでメンテナンス工数の削減や効率的な訪問を増やすアプローチが加速すると予想される。そのためには重回帰、クラスタ分析などのデータマイニング技術や各種統計学の重要性が増していく。リモートでのデータ取得インフラの進歩によって、従来はマーケティング分野での活用が主軸であったこれらの技術がメンテナンスの分野で活用されメーカーとし

ての競争力の大きな差別化につながるのではないかと

### 参考文献

- [1] 清嶋直樹, 川又英紀, 島田優子 (2011): 特集スマートな「神経」を作れ! 富士ゼロックスのリモート監視システム「TQMS-uni」, 日経情報ストラテジー 2011年4月号, pp. 32-35.
- [2] 高野昌泰, 金子敏彦, 安川薫, 古川茂広, 上床弘毅 (2011): TQMSによる機能連携品質マネジメント Quality Management by Functional Collaboration Using TQMS, 富士ゼロックステクニカルレポート, No. 20, pp. 46-55.
- [3] 鈴木和幸, 椿広計 (2010): 次世代信頼性・安全性情報システム (I) —ICT活用による総合状態監視—, 第14回 IS シンポジウム「信頼性とシステム安全学」予稿集, pp. 8-15.