

業務改善サイクルを支援するリアルタイムデータ抽出技術

Real-Time Data Extraction Technology for Effectively Supporting Work Improvement Cycles

新名 伸仁*1
Nobuhiro Niina

業務改善サイクルを支援するリアルタイムデータ抽出技術を開発した。この技術は、温度、電流値などの連続データから離散した工程データをリアルタイムに抽出する技術である。このデータを利用することで、原因調査、課題分析、解決策の実施や評価を行いやすくなり、業務改善サイクルを効率よく回すことができる。本稿では、この技術の基本的な考え方とフィルム工場に適用した例を紹介する。

Yokogawa has developed a real-time data extraction technology for effectively supporting work improvement cycles. This technology can extract in real time each process data from consecutive data such as temperature and electric current. Using these data enhances the investigation of causes, analysis of tasks, implementation of solutions, and their evaluation, thus effectively supporting work improvement cycles. This paper describes the basic concept of this technology and introduces an example of its application to a film factory.

1. はじめに

現在、連続プロセスや組立工程などの多くの製造設備にはプラント情報システムやSCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) などが導入され、製造時に発生する温度、圧力、電流などの連続データを蓄積している。しかし、そのデータが有効に活用されていなかったり、活用されたとしても分析に手間がかかったりして、製造への対策やその効果検証までできていないのが現状である。

それらの大きな理由としては、連続データはそのままでは有効活用し難いことが挙げられる。そのため、製造業務の改善に大きな労力と時間を要してしまい、業務の改善がなかなか進まないという課題を抱えている。

お客様の市場では、市場が急激に変化し、競争が激化している。そのような状況の中で、お客様はICT/IoT (Internet of Things) を活用した新たな価値を求めていることからわかるように、お客様の業務の課題を素早く発見し改善することを強く望んでいる。そこで我々は、急激な市場の変化に対応でき、かつ継続して課題を解決することができるアプリケーションをお客様に提供することが、一つの解決策と考えている。そこで、課題解決アプリケーションを素早く開発できるプラットフォームにおいて、業務改善サイクルを支援するための要素技術

を開発した。本稿では、その要素技術の基本的な考え方と、フィルム工場に課題解決アプリケーションを適用した例を紹介する。

2. 業務改善サイクル支援

2.1 業務改善サイクル支援とは

業務改善サイクルとは、プラントや工場の製造業務上、同じ処理や操作を繰り返す製造工程において、品質や安全などの課題を改善するPDCAサイクルのことを指す。

具体的には、業務上の課題に対して、「課題の認識」「原因調査」「課題分析」「解決策の立案」「解決策の実施」「結果の評価」の改善のステップを繰り返す活動である(図1)。業務改善サイクル支援は、図1の中で角丸四角形の枠のアクションに対して、ソフトウェアで支援を行う。

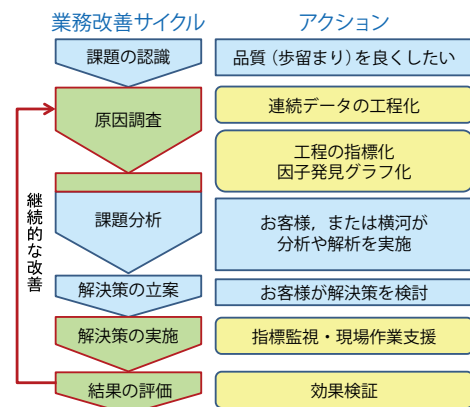


図1 業務改善サイクル

*1 IA プラットフォーム事業本部 ビジネス推進センター
ソリューション共創部

2.2 連続データの工程データへの変換

分析や解析を効率的に行うには、連続データを解析しやすい工程データに変換することが重要である。その理由は、データ解析作業は、データ抽出、並び替え、グループ化、特徴というデータ間の関係を知る流れで行われるが、その流れの中で、工程データに変換するデータ抽出が、解析の方向を大きく左右するためである。

連続データの工程データへの変換とは、連続データを意味のあるデータに区切って（工程データ化）、そのデータの特徴量（指標）と工程属性データ（工程開始終了時刻、作業員、原材料など）を組みにしたデータにすることである（図2）。

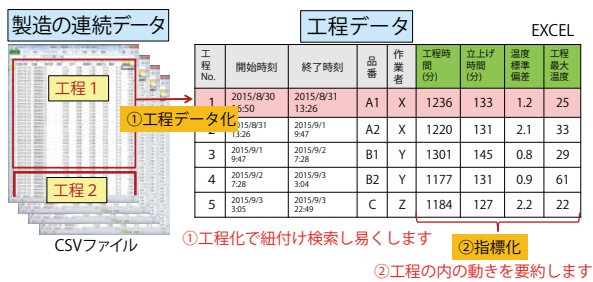


図2 連続データの工程データ化への変換

(1) 工程データ化

工程データ化とは、切替作業や樹脂製造などで同じ処理や繰り返す動きを、連続データから開始と終了間のデータに分割し、工程という単位にすることである。

(2) 指標化

指標とは、品質や効率などに影響する工程内の立ち上げ時間、区間標準偏差、最大値などの特徴量を計算した値のことである（図3）。指標化は、工程ごとに計算した幾つかの指標を付加する。

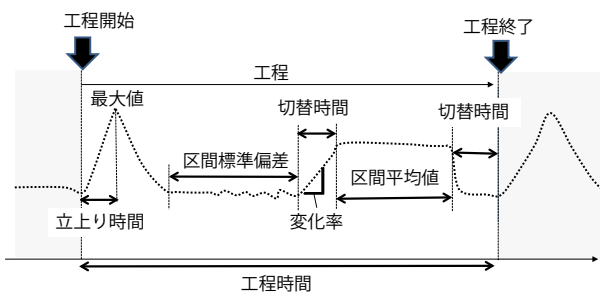


図3 工程の指標化

なお、この連続データの工程データ化は、運転効率向上支援パッケージ Exapilot によってリアルタイムで計算される。Exapilot は、条件判定や計算などを行うアイコンをフローチャート形式で組み合わせるだけでプログラムが作成できるパッケージである。その特徴を活かして、製品や工程の変更が生じた場合でも、ユーザー自身が指

標の追加や変更を容易にできるようになっている（図4）。

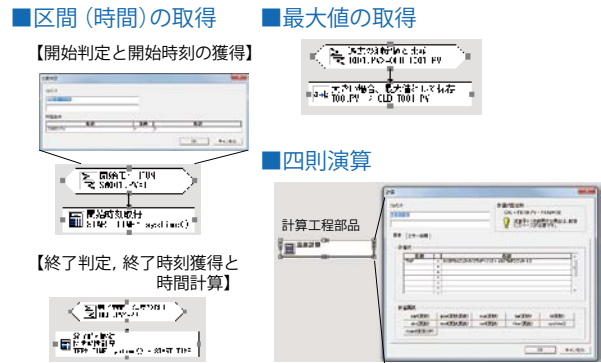


図4 Exapilot を利用した指標作成例

2.3 工程データ化の効果

工程データ化の効果について説明する。

2.3.1 分析や解析の効率化

分析や解析は、工程データごとの紐付けが重要になる。工程実績ファイルには工程開始終了時刻や、品番・銘柄、作業員、原料、工程の良・不良などの工程属性データが格納されている。それらをキーに工程データを紐付けることで、関係のある工程を素早く見付けることができる。

なお、工程実績ファイルとは、工程データが格納されたファイルのことである。

2.3.2 工程の指標による異常の早期発見

リアルタイムで演算されている指標を、分析や解析で分かった課題因子の指標として監視することで、工程が終了する前に工程異常の兆候を見付け、課題発生を未然に防ぐことができる。

2.3.3 導入効果の把握

工程時間や標準偏差などの指標を、解決策の実施の前後で比較することで、対策の効果を具体的に把握することができ、業務改善サイクルを回す次の目標を設定することができるようになる。

次に、課題解決アプリケーションについて説明する。

2.4 課題解決アプリケーションと構成

課題解決アプリケーションとその構成について説明する。

2.4.1 課題解決アプリケーションとは

課題解決アプリケーションとは、業務上の安全、品質や効率などの課題を解決するために、業務改善サイクル支援のソフトウェアを組み合わせたアプリケーションのことである。そのため、課題解決アプリケーション全てに業務改善サイクルの要素が含まれる。

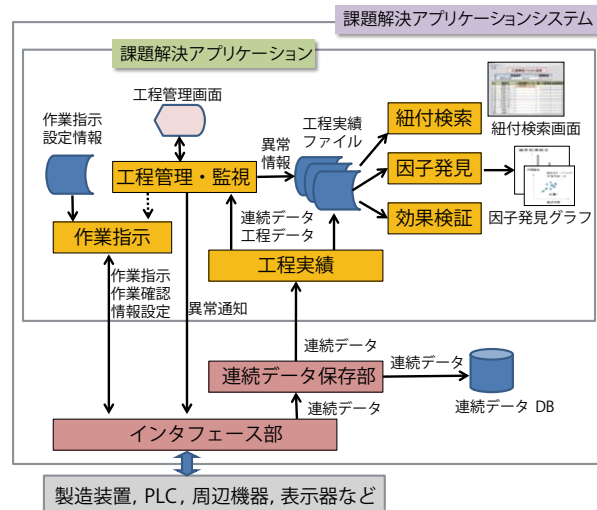


図5 ソフトウェア機能構成

2.4.2 システム構成

課題解決アプリケーションのシステムは、製造装置、機器、表示器などと接続するインタフェース部と解析のために使用する連続データ保存部との組み合わせで構成される。

この構成は、対象装置や設備が、連続プロセス、バッチプロセス、加工・成型製造、組立て製造など幅広く対応することができるように、ソフトウェアやハードウェアの組み合わせを柔軟に変えることができる。

2.5 ソフトウェア機能構成

課題解決アプリケーションのソフトウェアは、工程実績、紐付検索、因子発見、効果検証、工程管理・監視と作業指示の機能で構成されている（図5）。

製造の連続データは、インタフェース部と連続データ保存部を経由し、課題解決アプリケーションの工程実績機能に送られる。工程実績機能は製造装置などから収集された連続データの工程データ化を行い、指標を工程管理・監視機能に送信し、工程終了時に工程データを工程実績ファイルに保存する。作業指示機能は、工程管理・監視機能からの指示を受けて、インタフェース部を介して現場への指示を行う。また、工程実績ファイルの工程データから紐付検索機能で関連の連続データで分析や解析を行い、効果検証機能で結果評価を行う。

なお、課題解決アプリケーションは、アプリケーションを容易に開発することができる Exapilot をベースに作成されている。

3. フィルム工場への導入イメージ

3.1 対象工場と設備

ここでは、フィルム工場の製膜装置を例に、製造効率、品質確保やムダ削減などの課題を解決するアプリケーション

について説明する。製膜装置は、サイロの原料を押し出機で熔融・混練し、Tダイ形成にてフィルムにする延伸工程を経て巻取機でロールにするフィルム製造ラインとする。

3.2 システムの構成

工程見える化・作業支援システムは、工程見える化・作業支援サーバとインタフェースボックスの組で構成（図6）され、インタフェースボックスに製造装置、付帯機器や表示器などがサーバと接続される。

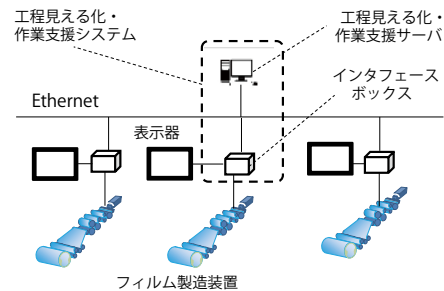


図6 システム構成例

3.3 システム導入のステップ

本システムは、3つのステップにおいて利用され、各ステップでは次の機能を実現する。

【導入ステップ1】：連続データ収集

【導入ステップ2】：(1) 工程見える化 (2) 指標化
(3) 紐付け (4) 原因因子の発見

【導入ステップ3】：製造の改善

3.4 導入ステップ1（製造の連続データの収集）

製造の連続データの収集は、フィルム製造ラインの張力、回転数、電流値、温度、圧力、異常信号などや、作業データ、フィルムの厚み、偏差、レンジRなどの品質デ

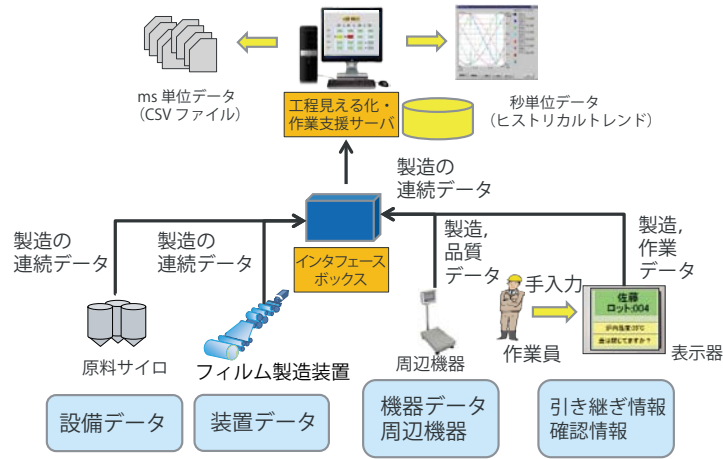


図7 製造の連続データの収集

ータおよび品種名やロット番号、ロール番号などのデータを、秒単位とミリ秒単位の2種類で収集し保存する(図7)。

3.5 導入ステップ2

導入ステップ2について説明する。

3.5.1 工程見える化

工程の見える化は、製造の連続データを工程ごとにリアルタイムに計算した指標を、工程実績ファイルの1行に工程開始時刻、工程終了時刻、ロット番号や品番などを組にして、工程データとして保存する。

例えば、図8で説明すると、従来のデータベースの開始時刻から終了時刻までのデータが、Microsoft Excel(以下Excelと呼ぶ)の工程実績ファイルの1行に工程データとして書き込まれる。

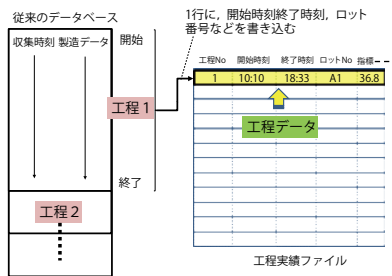


図8 収集データと工程実績ファイル

具体的に、ロールの工程データが工程実績ファイルに保存される動きを、図9で説明する。

ロットAの製品の生産が開始される(①)。①と②の間の製造の連続データは指標に変換され、生産開始時のロス(ロス)の工程データが、工程実績ファイルのNo.1として格納される。製品になった時点(②)からロールが切り替わった時点(③)の間の工程データがNo.2として格納される。このように、工程の終了時点で工程データが工程実績ファイルの1行に保存される。

製膜(ロール)			工程実績ファイル														
①	②	③	No.	開始時刻	終了時刻	工程時間	生産速度	巻長	品種	ロット番号	ロール番号	温度偏差	速度偏差	平均張力	製品可否	担当	
①	②	③	1	①	②	20	1500	X	A	1	2.0	0.3	51	X	〇	〇	〇
③	④	⑤	2	③	④	25	100	2500	X	A	1	2.0	0.3	50	〇	〇	〇
④	⑤	⑥	3	④	⑤	40	100	4000	X	A	2	1.8	0.3	50	〇	〇	〇
⑤	⑥	⑦	4	⑤	⑥	15	100	1000	X	B	3	1.8	0.3	50	X	〇	〇
⑥	⑦	⑧	5	⑥	⑦	60	50	3000	X	B	3	1.8	0.3	50	〇	〇	〇
⑦	⑧	⑨	6	⑦	⑧	20	50	1000	Y	C	4	3.0	0.3	40	X	〇	〇
⑧	⑨	⑩	7	⑧	⑨	60	50	3000	Y	C	4	2.5	0.3	40	〇	〇	〇

図9 ロールと工程実績ファイルの関係

3.5.2 紐付け

工程の紐付けとは、装置ごとに生成された工程実績ファイルを、紐付け検索画面によって、ロット番号や品番などのキーワードで検索しヒットした工程実績ファイルを見付けることである。

なお、装置ごとに工程実績ファイルが分かれていることから、装置を追加した場合でも、容易に検索範囲を増やすことができる。

3.5.3 原因因子の発見

ユーザーの課題分析を手助けするために、原因因子を見付けるための因子発見グラフが提供されている。因子発見グラフは、工程実績ファイルのExcelマクロで作成された画面で、グラフの軸に列を指定することで、容易にグラフ表示させることができる。

(1) 指標関連グラフ

本グラフは異なった指標を相関図上に相関係数と回帰直線を表示する。例えば、図10に示すように、良品と不良品の温度と速度の相関図を表示し、相関係数の違い(バラツキ)や、回帰直線の相対位置の違いによって、因子を見付けることができる。

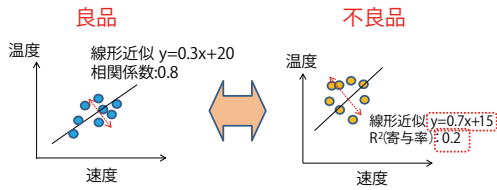


図 10 指標相関グラフ例

(2) 指標標準偏差棒グラフ

本グラフは、指標の標準偏差を縦軸に、指標を横軸にして棒グラフを表示する。例えば、図 11 のように、良品と不良品の複数の温度の標準偏差を比較して、温度 3 だけがバラついている場合、それが品質悪化の因子ではないかと予測する。

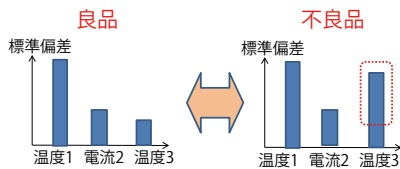


図 11 指標標準偏差棒グラフ例

(3) 時系列指標折れ線グラフ

本グラフは、指標を縦軸、工程を横軸にして折れ線グラフを表示する。例えば、図 12 のように、良品と不良品を折れ線グラフで表示し、不良品が発生した工程 4 以降に変化が見られる温度が因子ではないかと予測できる。

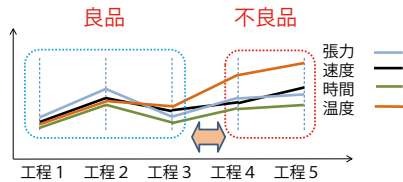


図 12 時系列指標折れ線グラフ例

(4) 工程内指標折れ線グラフ

本グラフは、工程内の指標値を縦軸、工程を横軸にした折れ線グラフを表示する。例えば、図 13 のように良品と不良品の複数の温度のポイント値を折れ線グラフで表示する。その時、同じパターンになっていない温度 20 分の箇所の指標が因子ではないかと予測する。

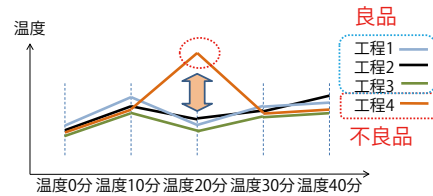


図 13 工程内指標折れ線グラフ例

3.6 効果検証

効果検証は、導入前と導入後を比較し導入効果を数字やグラフによって効果を確認する機能である。例えば、導入前の工程の標準偏差や切替時間と導入後を比較することで、工程のバラツキ度合や切替時間短縮の効果を確認できる (図 14)。

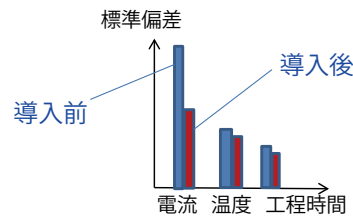


図 14 効果検証グラフ例

3.7 不良製造の原因分析の流れ

不良製造の原因分析の流れを、図 15 で説明する。品質異常がロット番号 1 で発生すると、紐付け検索画面にロット番号 1 を入力し、装置ごとに作成されている工程

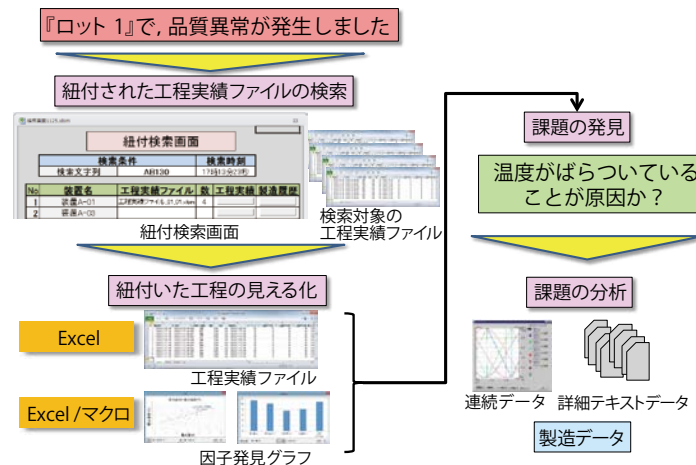


図 15 異常発生から分析までの流れ

実績ファイルの中から、ロット番号が格納されている工程実績ファイルを見付け出す。次に、4つの因子発見グラフを利用して、原因因子を見付ける。それらの情報から、ユーザーが課題の原因を想定し、必要に応じて製造履歴データを利用して分析を行う。

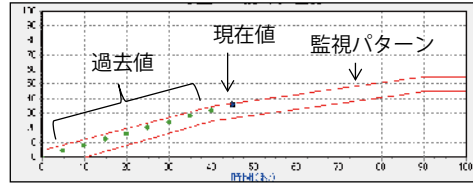


図 17 時系列動作パターン監視例

3.8 導入ステップ3（製造の改善）

本ステップは、品質異常の兆候を作業員へ通知し、作業指示を行うことで、直接歩留まりの改善を行う。

3.8.1 リアルタイム異常通知

本通知の手段は、指標監視と時系列動作パターン監視の2種類がある。

(1) 指標監視

本監視は、指標（温度、張力など）が異常判断のしきい値を超すと異常の兆候を見付けたとして、フィールドインタフェース経由で表示器などに異常を通知する。例えば、分析の結果、ある時間帯の温度のバラツキが品質異常の原因になることが判明した場合、区間温度の標準偏差を計算し、しきい値異常になると最終製品が不良になることを、フィールドインタフェースを介して表示器に異常を通知する（図 16）。

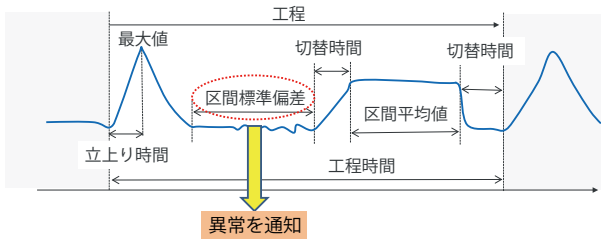


図 16 指標監視例

(2) 時系列動作パターン監視

本監視は、監視している点の動作が、時間の経過に沿ってパターンの範囲内に収まっているかを監視し、範囲から外れるとフィールドインタフェースを経由し表示器などに異常を通知する（図 17）。

3.8.2 作業指示

現場への作業指示は、表示器を通し現場作業員と対話形式で行う。装置の立ち上げや品種の切替時の作業員への操作ガイドにより、作業漏れやミスを防止する。このことにより、ヒューマンエラーの削減や品質安定化を行う。

また、操作ガイドやトラブル対処マニュアルを Exapilot のフローチャートで記載し、作業指示を行うことで、ベテラン作業員と同じような対応を実現する。

3.9 導入効果

本システムの導入効果は、装置の立ち上げ・立ち下げや品種切替の時間短縮による原料ロスの削減と、短縮された時間による増産を実現する。また、リアルタイム監視による不良の発生防止により、上流工程で早期に不良を取り除くことで、歩留まり改善を実現する。その他、生産技術などのスタッフに対しては、品質トラブルの原因把握や改善の効率化など、作業負担の軽減を行う。

4. おわりに

連続データの工程データ化の考え方は応用範囲の広い技術である。例えば、石油では油種切替、石油化学では銘柄変更、化学では反応槽の反応工程、組立て生産では組立作業時間などの幅広い業種での応用が考えられる。

我々はこの技術を基に、多くのお客様と共に業務の課題を解決するアプリケーションを開発し、お客様と新しい価値を創造して行く。

なお、ここで紹介した内容は、現在特許出願中である。

* Exapilot は、横河電機株式会社の登録商標です。

* その他、本文中で使用されている商品名は、各社の登録商標または商標です。