

人の直感的な判断,暗黙知の引き出し, 形式化を支援する生産情報ポータルの開発

— 一人を中心としたオートメーションの発展に向けて —

Development of a production information portal that assists users in making intuitive judgments while eliciting and formalizing their implicit knowledge

— Toward the development of human-centered automation —

株式会社 山武

アドバンスオートメーションカンパニー

水上 正

Tadashi Minakami

株式会社 山武

アドバンスオートメーションカンパニー

菅野 伸明

Nobuaki Kanno

株式会社 山武

アドバンスオートメーションカンパニー

村手 恒夫

Tsuneo Murate

株式会社 山武

アドバンスオートメーションカンパニー

渡邊 桂

Kei Watanabe

キーワード

生産情報,ポータル,見える化,可視化,暗黙知,形式知,直感的,製造/品質データ,メタ言語,データ連携

製造業では生産情報システムの導入により自動化は急速に進みつつあるが,これらのシステムは生産の業態の変化に柔軟に対応できていないのが現状である。製造データや生産情報,品質データなど製造に関わる情報に関し,ユーザが必要とする情報をユーザ自身で構築できる環境を提供(情報の見える化)し,データ連携や時刻連携といった機能を用いて,人が直感的に判断することにより,暗黙知を引き出し,形式化を支援する環境を実現した生産情報ポータル「Manufacturing Information Briefing」を開発したので報告する。

The introduction of production information systems has permitted rapid progress in automation in the manufacturing industry. However, those systems are not equipped to respond flexibly to changes in the manufacturing operation. We have developed a production information portal called the “Manufacturing Information Briefing” and provide details below. This portal provides users with an environment in which they can establish access to the information they need—manufacturing information such as production data, production information, and quality data—on their own (information visualization). The environment also permits users to make intuitive judgments by using functions such as data federation and time coordination, thereby improving their implicit knowledge and assisting in the formalization of that knowledge.

1. はじめに

製造業では,この何年かにわたるIT化により,様々なシステムやデータベースが導入されてきた。独立して導入されてきたこれらのシステムやデータベースから,製造部門の各ユーザが自分の業務を行うために,必要な情報をタイムリーに入手することはなかなか容易ではないのが現状である。また,オペレータから製造スタッフ,係長,製造課長,部長まで,それぞれのユーザが必要とする情報はその人が意思決定するレベルにより,情報の切り口や視点,必要となる形も異なってくる。つまり,製造に関わるすべての人がそれぞれの業務において,今現在発生している(もしくは近い将来発生しそうな)損失・ロスを極力最小限に留めたり,未然に防いだりするために,その人に必要な形で作業状態を可視化(暗黙知の形式化)する製造情報利用環境が必要なのである。こ

の製造情報利用環境は,ユーザが既に構築し運用している複数のシステムやデータベースにアクセスして実現する必要があり,散在する情報を集約したビューで操作監視するといった視点から,製造向けの情報ポータルとすることができる。今回,“製造情報ポータル”,“ビジネスダッシュボードコンセプト”,“アプリケーション間連携”を実現する製造業向けの情報インフラ・プラットフォームの提供を目的とした情報ポータル“Manufacturing Information Briefing”(以下「MI Briefing」と略す)を開発したので,ここに報告する。

2. 設計思想

MI Briefingでは,独自のフレームワーク上で生産に関連する複数のデータベースやシステムとの関係が標準的に行えるような部品を用意し,既存のシステムを有効的に生かしつつ,フレームワーク

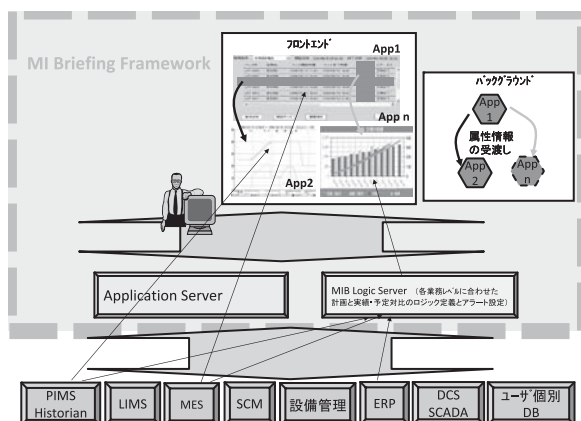


図1 MI Briefingの概念

上で統合する仕組みを提供することを設計思想としている。
PIMS(Plant Information Management System)で管理される連続ヒストリデータやMES(Manufacturing Execution System)情報などをMI Briefingのフレームワークと通信できるようにするため、アプリケーションサーバと呼ばれるコネクタを導入することにより、一つのビュー(フロントエンドの画面上)でこれらのデータや情報を表示できるようにする(ビジネスダッシュボードコンセプト)。

また、フロントエンドの画面上で属性情報の受け渡しを行う仕組みを実現し、各アプリケーションが自律的に互いの属性情報にアクセスしあうことにより、他のアプリケーション情報へ能動的にアクセスできるようにする。この結果、アプリケーションは他のアプリケーションが管理するデータも含め、各種データベースやシステムから取得した情報を有機的に結合し、総合的な情報を表示できるようにする。

これらの仕組みにより、操業状態の可視化を加速し、生産情報の解析や新たな気づきを支援する。

以降,MI Briefingの特徴を詳しく説明していく。

3. システム構成およびソフトウェア構成

MI Briefingは、Microsoftの.NET Frameworkアーキテクチャを採用して開発した。サーバ／クライアント間の通信プロトコルはHTTPを使用しており、サーバサイドのインターフェイスはWebサービステクノロジーを使用している。これにより、サーバ／クライアント間はイントラネットのみならず、ファイアウォール越えのインターネット環境でも操作監視が可能な仕組みとなっている。

以下にMI Briefingを構成する機器およびソフトウェアについて説明する。

①管理サーバ

MI Briefing専用のサーバ

以下の情報をデータベースで管理する。

- ・操作監視する画面構成情報
- ・ユーザ情報
- ・接続先のアプリケーションサーバ情報
- ・各種パーツコンポーネント情報

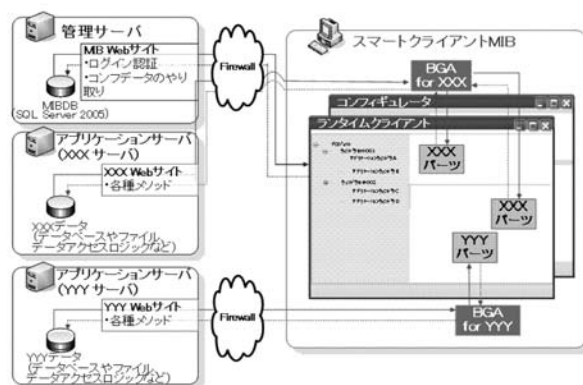


図2 ソフトウェア構成図

②スマートクライアントMIB (MI Briefing)

コンフィギュレータ、ランタイムクライアントなどのクライアントアプリケーションの総称。アプリケーションごとにパーツ／BGA (Back Ground Application) のコンポーネントを用意し、クライアントアプリケーションに組み込んで動作する。

(1)コンフィギュレータ

監視操作する画面を作成するアプリケーションである。

(2)ランタイムクライアント

コンフィギュレータで作成した画面構成情報を元に、各種アプリケーションサーバから取得したデータをグラフィカルに表示し、監視操作するためのアプリケーションである。

(3) パーツ/BGA

各種アプリケーションで管理されているデータをグラフィカルに表示するためのコンポーネントをパーツと呼ぶ。また、パーツがアプリケーションサーバからデータを取得するためのデータアクセスコンポーネントをBGAと呼ぶ。

BGAがアプリケーションサーバへのアクセスを一括して実施し、パーツにデータを転送することでWeb画面では実現不可能だったデータの効率的な収集や高度な部品間連携機能を実現することができる。

③アプリケーションサーバ

各種アプリケーションが保持する様々なデータをスマートクライアントMIBからアクセスするためのコネクタである。

各パーツはBGAを経由して対応するアプリケーションサーバと直接データをやり取りする(図2参照)。この仕組みにより、システム構成としては個々のアプリケーションが疎の関係で存在し、あるアプリケーション機能のメンテナンス中にも他のアプリケーションに影響を与えず監視操作が可能となる。

一方、スマートクライアントMIB上での各種パーツ間においては、クライアント上で独自にデータ連携機能を実現し、アプリケーションデータ間の関係を密にすることでユーザを支援している。

つまり、システム的には疎の関係でシステム構築を容易にし、データの扱いに関しては密の関係でデータ間の隠れた関係を見つけやすくしている。

4. MI Briefingの特徴

4.1 直感的な画面操作

画面体系として左右に分割された画面構造を持ち、左サイドでは画面階層（メニュー階層）を表示し、右サイドではメニュー階層で選択された画面の内容を表示するファイルエクスプローラスタイルの表示方式を採用している。

右サイドでは複数の分割画面（アプリケーションウインドウ）が表示可能であり、各々の分割画面では異なるアプリケーションを起動できる。

画面操作はマウスを使用し、クリック、ダブルクリック、ドラッグ&ドロップ操作で基本操作ができる。

左サイドのメニューで項目をクリックすると、その内容が右サイドに表示されるが、メニューから項目をドラッグして右サイドの表示領域にドロップすることで、分割画面中の任意の位置に画面を表示させるといったことも可能であり、直観的で自然な操作方法に統一されている。

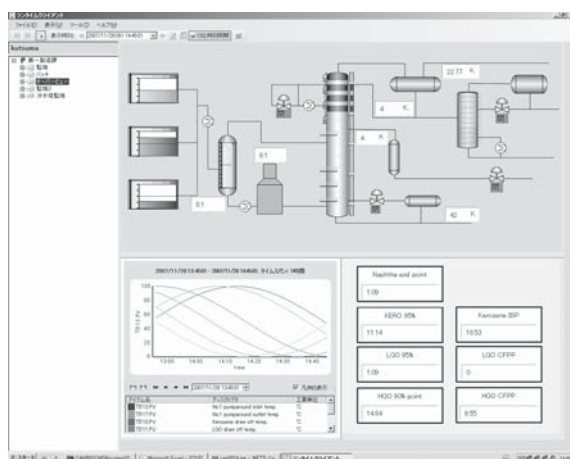


図3 画面体系

4.2 グラフィック画面の作成環境

製造データや生産情報、品質データなど製造に関わる情報に関し、ユーザが必要とする情報を表示するための画面構成をユーザ自身で容易に構築できるグラフィック作成環境を開発した（情報の見える化）。画面のレイアウトや描画はMicrosoft Visioを使用し、Visual Basicやスクリプトなどの特別な知識を必要とせずに画面作成できる。また、プロジェクト（画面群）をサーバで

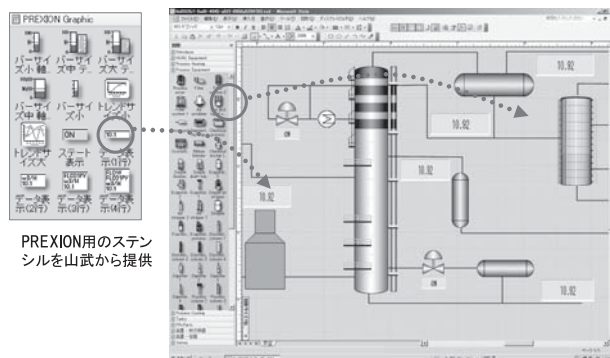


図4 グラフィック画面の作成例

管理し、複数ユーザで画面情報を共用できる。

例えば、あるユーザが作成したプロジェクトを複数ユーザに登録し、どのユーザも監視操作に同一プロジェクトを使用することができる。また、あるユーザが作成したいくつかの画面を再利用し、自ユーザ用の別のプロジェクトを簡単に作成することができる。

加えて、MI Briefingのユーザ管理機能に含まれるプロジェクト編集フラグの設定やユーザレベルの設定により、複数ユーザで画面を編集する場合の画面編集権限の制御ができ、また同一プロジェクトにおいても、監視操作時にユーザレベルに応じて画面展開の可否を制御できる。

4.3 アプリケーション間の柔軟なデータ連携

ランタイムクライアントは、パーツ間でのドラッグ&ドロップ操作による柔軟なデータ連携機能を持つ。例えばロットをキーに計画、実績、レシピ、トレンド、検査、点検、引き継ぎ、警報、オペレータ操作、指図まで一連の情報を手繰り寄せることができる。

図5にデータ連携操作の一例を示す。ロット実績リストから実績項目をトレンド上にドラッグ&ドロップすることで該当パッチ製造時のトレンドを表示したり、実績項目をグラフィック画面上にドラッグ&ドロップすることでロット開始時や終了時の製造情報を確認することができ、合わせて、これらグラフィックやトレンドの時刻に連動したアラームとイベントジャーナルを表示することができる。

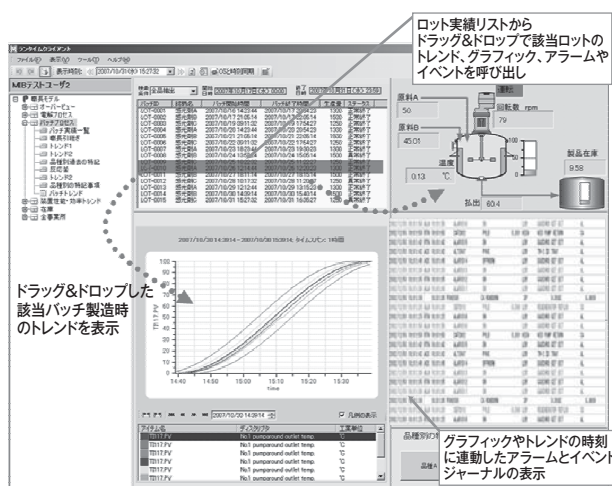


図5 ドラッグ&ドロップによるデータ連携操作

加えて、データ連携機能では以下の特徴を持つ。

- ・同一パーツでもドラッグを開始する位置により連携するデータを変化させることができる
- ・パーツへのドロップ時にコンテキストメニューをユーザが選択することにより、連携時の振る舞いを状況に応じて制御できる
- ・パーツを配置している土台（ウインドウ）上にドロップすることにより、複数パーツと同時にデータ連携することができる

このように、パーツ間でのドラッグ&ドロップといった直感的な操作により暗黙知の形式化を支援し、ユーザが思考に集中できる環境を提供する。

4.4 時刻連携機能

シングルウインドウ上の画面をタイル状に自由に分割し、それぞれの画面において独立して表示時刻を管理できる仕組みを持つ。

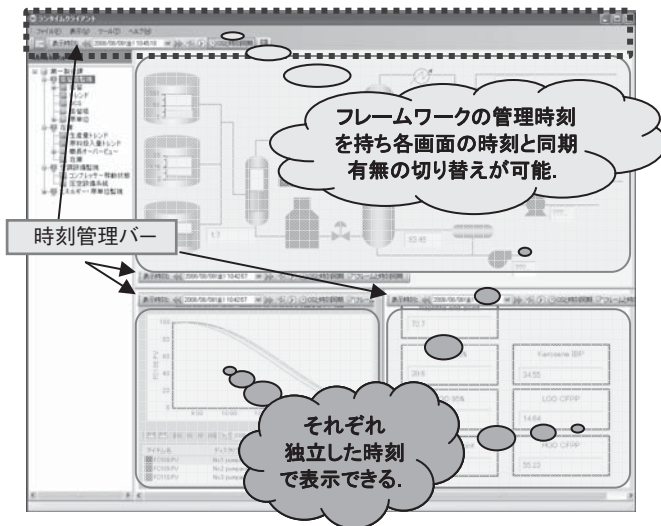


図6 時刻管理範囲の概念図

また、フレームワーク(ランタイムクライアントアプリケーション本体)も時刻を独立して管理する仕組みを持ち、それぞれの画面は個別にフレームワーク時刻との同期有無を切り替えることができる。例えば、各画面に同一監視情報を表示させ、異なる表示時刻を設定することで過去の生産情報との比較が容易にできるため、ゴールデンバッチと任意のバッチの操業情報の比較などへの利用が可能である。

4.5 リプレイ機能

ランタイムクライアントは過去のプロセスの挙動を把握し、問題点などを可視化することを目的としたリプレイ機能を持つ。

リプレイ機能は、過去にさかのぼってビデオのように再生ができる機能であり、加速再生も可能である。リプレイ機能は、同時に関係者間で共有できる仕組みを持っているので、状況の早期確認、障害発生時の要因分析などが短時間でできる。

4.6 アプリケーション・プラグイン

既存システムとの融合などで対応するアプリケーションを増やす場合、既存システムやMI Briefingのフレームワーク(コンフィギュレータやランタイムクライアント)を変更する必要はなく、コンポーネントを追加するのみで完了する。

追加コンポーネントの開発は、提供されるベースコンポーネント(基底コンポーネント)を継承する形式で行い、開発者は開発指針を理解しやすく、また最小のコードで開発できる。

5. 既存システムとの融合

MI Briefingを導入する場合、既存のユーザシステムとMI Briefingを融合する方法として以下の二つの仕組みで対応することが可能である。

5.1 既存Web画面の統合

MI Briefingから既存システムのWeb画面を呼び出すことが可能である。これは、MI Briefingで標準に用意されているWeb表示用のパーツやURLを指定してブラウザを起動するためのパーツを使用する。複数のWeb画面を並べて一つの画面に統

合し、情報の一元管理ができる。この形態の場合、画面の連係は可能であるが、データ連携はできないため、MI Briefingとは疎結合となる。

5.2 アプリケーションコンポーネント開発キット

既存のユーザシステムからのデータを取得し、MI Briefingのアプリケーションコンポーネントとしてデータを表示可能とするために、SDK(Software Development Kit)を提供する。SDKには、標準コンポーネントのクラスライブラリ(基底となるコンポーネント)、開発ガイド、テンプレートプログラム、テストツール/テストベンチなどが含まれ、ソフトウェア認証システムによりMI Briefingに準拠したかをチェックする仕組みを用意する。SDKを使用しアプリケーション固有の最低限の仕組みを実装することでMI Briefingに準拠したアプリケーションコンポーネントが容易に作成できる。

この形態では、MI Briefingとの密結合が可能であり、MI Briefingが提供するすべての機能を利用できる。

6. MI Briefingの開発技術

6.1 ディスプレイビルダの開発

グラフィック画面の作成機能として、ディスプレイビルダを開発した。ディスプレイビルダはコンフィギュレータの一部として機能し、画面の背景やアプリケーションのレイアウトを設定する。アプリケーションごとのプロパティ情報の設定はコンフィギュレータで行う。ディスプレイビルダのアーキテクチャは、Microsoft VisioおよびMicrosoft Visioのラッパーで実現しており、コンフィギュレータとディスプレイビルダはシームレスに動作する。

また、シームレスな編集作業を実現するために、MI Briefing専用のステンシル(Visio画面部品)を作成した。各ステンシルには、アプリケーションオブジェクトと紐づく共通な内部プロパティ(カスタムプロパティ)を用意した。プロパティ情報としては、アプリケーションオブジェクトのクラス名や最小サイズ、GUID(識別ID)などを含む。

6.2 アプリケーション間連係を行うためのデータ構造

アプリケーション間でデータを連携するために、画面を表示するプログラムや送り手/受け手プログラムなどがそのデータ構造を意識せず、プログラムごとの仕様に応じて必要な箇所のみデータを設定/解読し表示できるためのデータ構造をシステムで定めた。そのためのメカニズムとして、メタ言語であるXML(eXtensible Markup Language)を用いた。

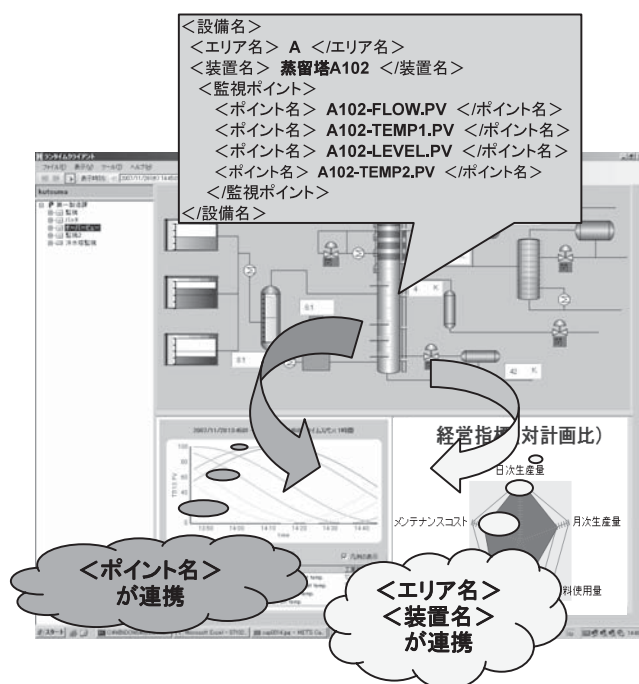
メタ言語とは基本構造のみが規定されたものであり、その範囲内で構造を自由に決めることができる。その中でもXMLは従来のCSVファイル等とは異なり、データそのものにデータの意味とその関連性を表すタグが同時に記述されている。つまり、データがそれ自体の意味を表現する自己記述型であることが特長であり、データの内容を参照すれば必要なデータを探しだして取得することが可能である。

XMLのこの特長を生かし、プラグインにより新規アプリケーションを追加した場合も従来機能との連係を可能にしている。

共通タグ名には、時刻、ポイント名、エリア名、設備名、装置名、銘柄名、工程名、ロットID、アイテムIDなどが考えられる。

データ連携時のイメージを以下に示す。

同一画面内に3分割されたアプリケーション・ウインドウで動作する別々のアプリケーション(系統図画面上に追加された蒸留塔の設備監視パーツ、エネルギー使用量を表示できるトレンド画面パーツと保全コスト情報を管理する保全コスト管理パーツが存在しているものとする。



<データ連携:1>

系統図画面の中の蒸留塔の設備監視パーツが持っているデータは、パーツがプロパティとして所有するエリア名、装置名、複数の監視ポイントであり、メタ言語で記述すると以下のようになる。

--- メタ言語定義 1 ---

```
<設備名>
<エリア名> A </エリア名>
<装置名> 蒸留塔 A102 </装置名>
<監視ポイント>
  <ポイント名> A102-FLOW.PV </ポイント名>
  <ポイント名> A102-TEMP1.PV </ポイント名>
  <ポイント名> A102-LEVEL.PV </ポイント名>
  <ポイント名> A102-TEMP2.PV </ポイント名>
</監視ポイント>
</設備名>
```

また、エネルギー使用量を表示できるトレンド画面パーツが処理できるデータはメタ言語で定義すると以下のようになる。

--- メタ言語定義 2 ---

```
<エネルギー使用量トレンド>
  <表示ペン>
    <ペン番号/>
    <ポイント名/>
    <ペン色/>
    <上限値/>
    <下限値/>
    <工業単位/>
  </表示ペン>
</エネルギー使用量トレンド>
```

この例の場合、系統図画面の蒸留塔の設備監視パーツをマウスで選択し、マウスをドラッグした状態でエネルギー使用量を表示できるトレンド画面パーツにドロップした場合、メタ言語定義1で定義された情報がデータセットとして受け渡される。

トレンド画面パーツはこのデータセットの中で、メタ言語定義2で定義された<ポイント名>を共通タグ定義として理解できるため、トレンドは4つのポイント名をトレンドの表示ペン1から4に自動的に割り付け、現在時刻でのトレンドを表示する。

設備監視パーツから渡されたデータセットのうち、ポイント名以外はトレンド画面パーツでは定義されていないタグであるので、処理には関係しない。

<データ連携:2>

別の保全コスト管理パーツでは、保全コスト情報として、装置の保全コスト履歴をプロパティとして定義している。このパーツで処理できるデータはメタ言語で定義すると以下のようになる。

--- メタ言語定義 3 ---

```
<保全情報>
  <設備名>
    <エリア名/>
    <装置名/>
    <保全コスト履歴>
      <メンテナンスコスト/>
      <日次生産量/>
      <月次生産量/>
      <原料使用量/>
    </保全コスト履歴>
  </設備名>
</保全情報>
```

この例の場合、系統図画面の蒸留塔の設備監視パーツをマウスで選択し、マウスをドラッグした状態で保全コスト管理パーツにドロップした場合、メタ言語定義1で定義された情報がデータとして受け渡される。

保全コスト管理パーツはこの情報の中で、メタ言語定義3で定義された<エリア名>や<装置名>を共通タグ定義として理解できるため、保全コスト管理パーツはエリア:A、装置名:蒸留塔 A102の現在時刻までの保全履歴を表示する。

6.3 ドロップ時のフィードバックデータロジック

データ連携の基本動作は,ドラッグ元アプリケーション(送信元)で連携するデータを作成し,ドロップ先アプリケーション(送信先)で連携データを解読し振る舞いを行う。これに加え,ドロップ後にドロップ先アプリケーションでフィードバックデータを作成し,ドラッグ元アプリケーションでフィードバックデータを解読し振る舞いを行う仕組みを実現した。

この機能をアプリケーションのデータ連携機能に実装することで,より高度で柔軟なデータ連携機能が実現できる。

データ間の相関性を,より多角的に検討することが可能になり,様々なデータや情報に隠れた「知」を見える化することで,熟練者の暗黙知を業務として定型化することも可能である。

6.4 時刻制御のための仕組み

時刻制御のための内部オブジェクトとして,時刻管理オブジェクトがある。時刻管理オブジェクトは,フレームワーク全体を管理する「フレームワーク管理時刻」オブジェクトと,分割された画面ごとに存在する「画面管理時刻」オブジェクトの2種類がある。また,時刻管理オブジェクトを制御するためのユーザインターフェイスとして,時刻管理バーがそれぞれ存在する。

これら仕組みを利用し,分割された画面ごとに異なる時刻のデータを表示したり,フレームワーク管理時刻と同期させてデータを表示したりすることで,操業データの可視化を強力に支援する。

7. おわりに

今回は,製造業向けの情報インフラ・プラットフォームの提供を目的とした情報ポータルMI Briefingのフレームワークについて解説した。

今後は,既存のユーザシステムを含め,サードパーティシステムやデータベースに対応したアプリケーションを増やし,MI Briefingとの融合を進め,暗黙知を引き出し,形式化が図れる環境を充実させることによって,ユーザを支援していきたい。

商標

Microsoft Visioは,米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標です。

Visual Basicは,米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標です。

Manufacturing Information Briefingは,株式会社 山武の登録商標です。

PREXIONは,株式会社 山武の登録商標です。

著者所属

水上 正	アドバンスオートメーションカンパニー ソリューション開発部
村手 恒夫	アドバンスオートメーションカンパニー ソリューション開発部
菅野 伸明	アドバンスオートメーションカンパニー ソリューション開発部
渡邊 桂	アドバンスオートメーションカンパニー ソリューション開発部