

製造管理データベースにおける能動機構の利用とビュー提供機能

高田秀志 島川博光 浅野義智 竹垣盛一

三菱電機(株) 産業システム研究所

〒661 尼崎市塚口本町 8-1-1

食品や工業製品などを製造するプラントにおいては、一般に、時間につれて変化する製造工程の状態を表現する時系列データと、製造される各ロットに関する製品データが収集され、操作員に提供される。しかし、これらのデータをそのまま操作員に提供しても有用でない場合が多く、例えば、あるロットに欠陥が見つかった際に、その原因を探るためにそのロットが製造された時のある工程の状態などを必要とする場合が多い。現状では、このような場合、操作員が膨大な製品データと時系列データを対応付けるという作業を行っているため、真に必要なデータを迅速に取得できるデータベースシステムが必要とされている。

本論文では、このような要求に応えるため、能動機構を用いることによって製品の製造時に時系列データと製品データを関連付け、時系列データと製品データから合成して得られる、プラント全体・工程毎・ロット毎3つのビューを提供する製造管理データベースについて述べる。

Utilization of the Active Mechanism and View Support Functions for Manufacturing Management Databases

Hideyuki Takada Hiromitsu Shimakawa Yoshitomo Asano Morikazu Takegaki

Industrial Electronics & Systems Lab., Mitsubishi Electric Corp.

8-1-1, Tsukaguchi Hon-machi, Amagasaki, Hyogo, 661 Japan

In manufacturing management for foods or industrial products, temporal data sampled by sensors which are equipped in each manufacturing process and product data concerning about each product are collected and provided for operators. However, providing these raw data is not useful for operators. For example, when a defect is found in a product, operators want to know the status of a process at the time when the product was produced. In current systems, operators have to find the relationship between numerous product data and temporal data. Therefore, a database system which can provide required data for operators quickly is expected.

In this paper, a manufacturing database which utilizes the active mechanism for associating product data with temporal data and provides three useful views for the entire plant, each process, each lot is described.

1 まえがき

食品や工業製品などを製造するプラントにおいては、製造ラインはいくつかの製造工程から構成される。これらのプラントでは、製造管理のための単位としてロットが用いられ、それぞれのロットには、お互いを区別するためにロット番号が割り当てられる。また、最終製品が製造されるには、ロットは製造工程を順に移動し、それぞれの製造工程上で、物理的・化学的操作が加えられる。このような製造プラントを管理するためには、一般に、時間につれて変化する製造工程の状態(温度、濃度等)を表現する時系列データ、および、製造される個々のロットに関する情報(製造時刻、品質等)が収集され操作員に提供される。操作員は、蓄積されたこれらのデータから、時間やロット番号などの検索条件を指定して、目的のデータを得ている。

時間によって変化するデータを扱うデータベースとして、時制データベース(Temporal Database)[6]が研究されている。また、時間の概念を扱えるデータベース質問言語なども提案されている[5]。しかし、製造管理においては、収集された生の時系列データや製品データは操作員にとって有用でなく、例えば、ある欠陥が発見されたロットを製造したときの加熱工程の温度はどうであったかなど、時系列データと製品データを相互に関連付けて利用する機会が多い。現状のシステムでは、膨大なロットデータと時系列データを人間が対応付けるという状態であり、不良品発生時の処理に大変な手間を要している。

このような要求を満足するために、本論文では、収集されたデータを、プラント全体、各工程、各ロットの3つのビューとして提供するモデルを提案する。これらのビューはそれぞれ、プラント全体を見渡すビュー、各工程を監視するビュー、各ロットと一緒に製造ラインを移動するビューに対応し、操作員が必要とする視点からデータを利用することを可能にする。

これらのビューを提供するためには、製品データと時系列データの時刻をキーとした関連付けが必要となる。時系列データは周期的にセンサなどでサンプリングされた値を収集することによって蓄積されるが、製品データは実際の製造に合わせて生成・蓄積する必要がある。そこで、本論文では、事象の発生によってトランザクションを自動的に起動する機構である能動機構を用いてロットデータの生成・蓄積を行うことでモデル化を行う。これにより、ビュー生成に必要なデータをロット製造時に構築することができる。

本論文ではまず、製造管理データベースに対する要求を整理する。それに基づき、製造管理のための能動機構を用いたデータモデル、および、ビューを形式的に定義する。最後に、プロトタイプシステムとして実装したシステムについて紹介する。

2 製造管理データベースに対する要求

本章では、製造管理におけるデータの利用形態について述べ、それに対するビューの提供、および、能動機構の適用性について述べる。

2.1 製造管理におけるデータの利用形態

図1に、単純化したビールの製造ラインの例を示す。最終製品は、麦、米などの原料から5つの工程を経て製造される。実際のプラントでは、発酵工程におけるタンクが50基程度、貯蔵工程におけるタンクが100基程度、一日の製造能力が数千リットル程度の規模である。

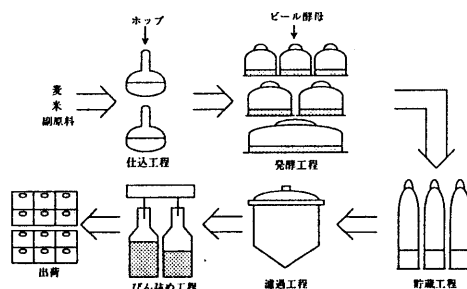


図1: ビールにおける製造ラインの例

このような製造ラインを管理するために、以下のようなデータが収集される。

- 各工程に対する時系列データ
それぞれの工程には、温度などの物理値をサンプリングするためのセンサが設置されており、工程の状態を管理するために、このサンプリング値は周期的に収集され、時系列データとして蓄積される。
- 製品(ロット)データ
製品は、ロットと呼ばれる単位で管理される。工程によって製造される各ロットを管理するため、ロット番号や量目などのデータが格納される。

これらのデータに対してアクセスするインタフェースを提供することによって、操作員は必要なデータを検索することができる。しかし、収集した生のデータを提供しても、操作員にとって有用なものではない。操作員の典型的な要求を分類すると、以下の3つに分けられる。

- 製造ライン上で製造のスケジューリングを行っている操作員は、いつどこで何が製造されているかに関するデータを必要とする。
- 製造されるロットの品質を保持するために工程を監視している操作員は、工程内の物理値が各ロット毎にどのように変化しているかの時系列データを必要とする。
- 製造されるロットの品質を検査している操作員は、それぞれのロットが各工程で製造されたときの時系列データを必要とする。

これらの種類のデータを提供するために、前もってすべてのデータを格納しておくのでは効率が悪い。このため、それぞれのデータは、時系列データと製品デー

タから合成されるビューとして提供されるべきである。製造管理データベースでは、以下のようなビューが扱える必要がある。

- 製造ライン全体に対するビュー
ある時刻にどの工程がどのロットを製造しているかを示す。
- 工程に対するビュー
ある工程において、ある時間に製造されたロット毎の時系列データを示す。
- ロットに対するビュー
製造ライン中のそれぞれの工程において、あるロットが製造されたときの時系列データを示す。

これらのデータを提供するためには、別々に収集される時系列データとロットデータを、時刻をキーとして関連付ける必要がある。ロットの製造に合わせてデータベース中にロットデータを生成・蓄積する必要がある。このため、プラントから報告されるイベントに基づいてトランザクションを起動し、ロットに関するデータを自動的に生成していく手法が有用と考えられる。

2.2 能動機構とその製造管理データベースへの適用

トリガー機構 [2] は、データベース内で自動的にトランザクションを起動する方式として非常に重要である。能動データベース (Active Databases) [1][3] は、トリガー機構の一般化である ECA 機構 (能動機構) に基づいている。E、C、A、はそれぞれ、Event、Condition、Action を示し、ECA 機構は次のように表現できる。

ECA 機構 M は、 $M = (E, C, A, K_{EC}, K_{CA})$ により定義される。ここで、 E はイベントの集合、 C は条件の集合、 A は動作の集合である。 K_{EC} は $E-C$ 結合を示し、イベント e_i が発生したとき条件 c_i が評価されることを示す (e_i, c_i, d_{1i}) の集合である。 d_{1i} は、イベントを発生させたトランザクションに対していつ条件の評価が開始されるかのパラメータである。また、 K_{CA} は $C-A$ 結合を示し、条件 c_i が満たされたとき動作 a_i が起動されることを表す (c_i, a_i, d_{2i}) の集合である。 d_{2i} は、条件 c_i が満たされたとき、その条件を評価したトランザクションに対していつ動作が実行されるかを示すパラメータである。 d_{1i} や d_{2i} には、即時、分離 (別のトランザクションとして起動)、延期 (トランザクション終了後) の 3 つのモードがある。

能動データベースで定義されるイベントには、データ操作の発生、ユーザ定義のイベント、外部からの割り込みなどが含まれる。製造管理システムにおいては、ロット製造の開始や終了といったイベントを報告することが可能であるので、このイベントを契機としてトランザクションを実行することにより、実際のロットが製造された時に製品データを生成することが可能である。このことから、製造管理データベースにおいて能動機構は非常に有用であると考えられる。

3 製造管理データベースのモデル化

本章ではまず、製造管理データベースの基本概念について述べる。その後、製造管理データベースのためのデータモデル、および、ビューを定義する。

3.1 基本概念

製造管理データベースもモデル化のための基本概念を図 2 に示す。図に示されたように、実際のプラントにおける製造ラインはいくつかの工程から構成され、製品のロットが生産が進行するに従ってこのライン上を移動する。

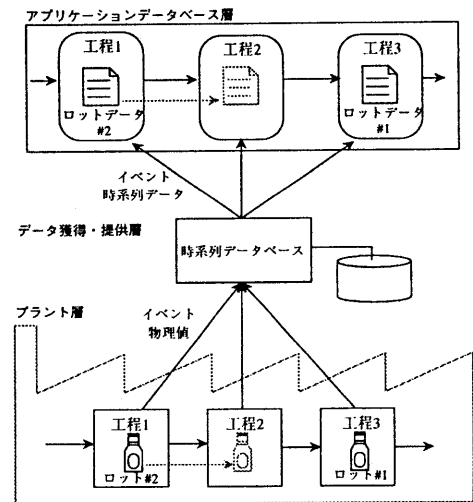


図 2: 製造管理データベースの基本概念

時系列データベースは、センサによってサンプリングされる物理値を周期的に獲得・蓄積し、アプリケーションからの要求があれば、それを転送する。また、プラントから報告されるイベントを獲得・蓄積するとともに、上位アプリケーションへも通知する。

アプリケーション層データベースでは、以下の機能が実現される。

- 製造ラインが、次章から述べるモデルに基づいてデータベース中に格納される。それぞれの工程はデータと能動機構を持つ工程オブジェクトとして定義される。
- 実際のプラントにおけるロットは、ロット管理データによって管理される。実際のプラント内で実際のロットが移動した時、時系列データベースを通じて対応するイベントが報告される。このイベントにより能動機構が起動され、このロット管理データの生成を行う。
- 製品データと時間幅によって検索可能な時系列データとの関連付けを行うために、ロット管理データには、そのロットが各工程における処理が開始された時刻と終了した時刻を格納する。

- 操作員には、時系列データと製品データから生成されたビューとして提供される。

3.2 製造工程のモデル化

3.2.1 製造ラインとロット

製造ラインにおいては、最終製品はいくつかの原材料から作られ、また、多くの中間生成物が製造ライン上の工程から生成される。原材料、中間生成物、最終製品はある量をひとまとめたロットと呼ばれる単位で管理される。このような過程を計算機上で表現するために、製造工程を以下のようにモデル化する。

定義 1: 製造ライン Λ は、 $\Lambda = (P, C)$ によって定義される。ここで、 P は工程の集合、 C は p_j が p_i の次段の工程であることを示す接続 (p_i, p_j) の集合である。また、 $IP(p_j)$ で p_j の前段の工程の集合を示し、 $IS(p_j)$ で p_j の次段の工程の集合を示す。

例えば、図 3 に示された製造工程は以下の様に表現できる。

$$\begin{aligned}
 P &= \{p_1, p_2, p_3, p_4\} \\
 C &= \{(\phi, p_1), (\phi, p_3), (p_1, p_2), \\
 &\quad (p_2, p_4), (p_3, p_4), (p_4, \phi)\} \\
 IP(p_1) &= \phi \\
 IP(p_2) &= \{p_1\} \\
 IP(p_3) &= \phi \\
 IP(p_4) &= \{p_2, p_3\} \\
 IS(p_1) &= \{p_2\} \\
 IS(p_2) &= \{p_4\} \\
 IS(p_3) &= \{p_4\} \\
 IS(p_4) &= \phi
 \end{aligned}$$

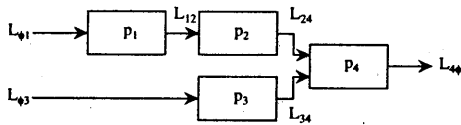


図 3: 製造ラインの例

定義 2: 工程 p_i から工程 p_j に渡される製品を L_{ij} で表現する。工程 p_j は工程 $p_i (p_i \in IP(p_j))$ から製品 L_{ij} を受け取り、工程 $p_k (p_k \in IS(p_j))$ に製品 L_{jk} を受け渡す。

図 3 の例では、 p_1 により受け取られた原材料は、 $L_{\phi 1}$ で表され、 p_1 から p_2 に受け渡される中間生成物は、 L_{12} で表される。 p_4 によって受け渡されるこのラインの最終製品は $L_{4\phi}$ で表される。

定義 3: 原材料、中間生成物、最終製品は工程によってある量を単位として受け取られたり受け渡されたりする。この単位をロットと呼び、工程 p_i から工程 p_j に受け渡されるロットを、 τ_i を p_i から受け渡されるロット番号として $I_{ij}^{\tau_i}$ で表す。

3.2.2 工程の基本要素

ある工程は、一つのロットを受け取るか、複数ロットを受け取ることができる。複数のロットを受け取る場合には、異なった種類のロットを並列に受け取るか、同じ種類のロットを直列に受け取ることができる。同じように、ある工程は、一つのロットを受け渡すか、複数のロットを受け渡すことができる。複数のロットを受け渡す場合には、異なった種類のロットを並列に受け渡すか、同じ種類のロットを直列に受け渡すことができる。このことから、製造ラインを構成する工程は、図 4 に示すように、次の 5 つの基本要素に分類できる。

- (1) 加工工程
一つのロット $I_{ij}^{\tau_i}$ を受け取り、一つのロット $I_{jk}^{\tau_j}$ を受け渡すような工程 p_j 。
- (2) 混合工程
複数のロット $\{I_{ij}^{\tau_i} | p_i \in IP(p_j)\}$ を受け取り、一つのロット $I_{jk}^{\tau_j}$ を受け渡すような工程 p_j 。
- (3) 蓄積工程
複数のロット $I_{ij}^{\tau_i}, I_{ij}^{\tau_i+1}, \dots, I_{ij}^{\tau_i+(n-1)}$ (n は受け取られるロット数) を受け取り、一つのロット $I_{jk}^{\tau_j}$ を受け渡すような工程 p_j 。
- (4) 分離工程
一つのロット $I_{ij}^{\tau_i}$ を受け取り、複数のロット $\{I_{jk}^{\tau_j} | p_k \in IS(p_j)\}$ を受け渡すような工程 p_j 。
- (5) 分割工程
一つのロット $I_{ij}^{\tau_i}$ を受け取り、複数のロット $I_{jk}^{\tau_j}, I_{jk}^{\tau_j+1}, \dots, I_{jk}^{\tau_j+(n-1)}$ (n は受け渡されるロット数) を受け渡すような工程 p_j 。

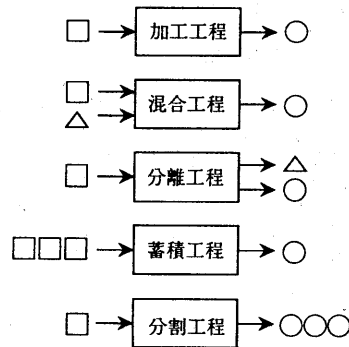


図 4: 工程の分類

この分類では、複数のロットを受け取り複数のロットを受け渡すような工程は含まれていないが、このような工程は上記の基本要素の組合せで表現可能である。

3.2.3 製造モデル化の例

図5は、アイスクリーム製造における簡単な例である。それぞれの工程は、以下の様に分類できる。

- p_1 は、卵黄と卵白を生成し、それらは並列に受け渡されるので、分離工程である。
- p_2 は、卵黄と牛乳から原液を生成し、卵黄と牛乳は並列に受け取られるので、混合工程である。
- p_3 は、原液の複数ロットを受け取り、後の加工のために蓄積するので、蓄積工程である。
- p_4 は、甘味料などの添加物を原液に加えるので、加工工程である。ここで、添加物はロットとして管理されないので、混合工程には分類しない。
- p_5 は、加工された原液をいくつかのカップに分けるので、分割工程である。
- p_6 は、それぞれのカップを冷却し、最終製品を生成するので、加工工程である。

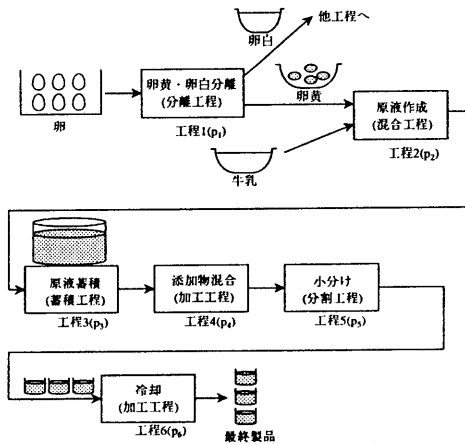


図 5: 製造の例と工程の分類

3.3 製造管理データベース

本節では、前節で述べた製造のモデルに基づいて、製造管理データベースを構築するためのデータモデルについて述べる。このモデルでは、製造ラインはオブジェクトの集合として定義され、ロット管理データがこの工程オブジェクトで生成される。ロット管理データは、実際のプラント内のロットの動きに合わせて工程オブジェクトによって受け取りや受け渡しが行われる。以下、これについて詳しく述べる。

定義 4: 製造管理データベース D は $D = (L_d, P_o, H_d)$ で定義される。ここで、 L_d はロット管理データ $d_{i,j}$ の集合、 P_o は工程オブジェクト o_{p_i} の集合、 H_d は時系列データ h_{p_i} の集合である。

次節以降で、製造管理データベース D の各要素について述べる。

3.3.1 ロット管理データ $d_{i,j}$

ロット管理データは、実際の製造ラインにおけるロットの動きに応じて生成される。ロット管理データは、次の様に定義できる。

定義 5: ロット管理データ $d_{i,j}$ は、 (s_i^T, e_i^T, r_i^T) により定義される。ここで、 s_i^T はロット $I_{i,j}^T$ が生成され始めた時刻、 e_i^T はロット $I_{i,j}^T$ が生成し終わった時刻、 r_i^T は、ロット $I_{i,j}^T$ が生成される元になったロットに対するロット管理データへの参照である。

例えば図5の例で、工程 p_2 が二つのロット I_{12}^{405} と I_{23}^{503} を時刻 9:15:20 に受け取り、一つのロット I_{23}^{1001} を時刻 9:20:10 に受け渡したとする。この場合、ロット管理データ d_{123}^{1001} の s_2^{1001} は 9:15:20 となり、 e_2^{1001} は 9:20:10 となる。また、 r_2^{1001} は二つのロット管理データ d_{12}^{405} と d_{23}^{503} への参照となる。

一般に、ロット管理データ $d_{i,j}$ は一つのインスタンスとしてデータベース中で管理される。しかし、ロット $I_{j,k}^T$ が加工工程 p_j によって $I_{i,j}^T$ から生成されるときは、二つのロット $I_{i,j}^T$ と $I_{j,k}^T$ に対するロット管理データは、一つのインスタンスで管理可能である。

図5に対する製造管理のためのスキーマ定義の例を以下に示す。

• L_{23} (原液)

```

TYPE RAW_LIQ {
    INT    LOT_NO;      // ロット番号
    TIME   P2_START;   // 工程 2 の開始時刻
    TIME   P2_END;     // 工程 2 の終了時刻
    INT    MILK_LOT;   // 原料の牛乳ロット
    INT    YOLK_LOT;   // 原料の卵黄ロット
}
    
```

この定義では、 $P2_START$ が s_2^T を格納し、 $P2_END$ が e_2^T を格納する。ロット管理データへの参照はロット番号で実現することになると、 LOT_NO は L_{23} のロット番号であり、 $MILK_LOT$ と $YOLK_LOT$ はそれぞれ $L_{\phi 2}$ と L_{12} のロット番号である。

• $L_{56}, L_{6\phi}$ (最終製品)

```

TYPE ICE_PRODUCT {
    INT    LOT_NO;      // ロット番号
    TIME   P5_START;   // 工程 5 の開始時刻
    TIME   P5_END;     // 工程 5 の終了時刻
    INT    PLIQ_LOT;   // 加工原液の通し番号
    TIME   P6_START;   // 工程 6 の開始時刻
    TIME   P6_END;     // 工程 6 の終了時刻
}
    
```

この定義では、 L_{56} と $L_{6\phi}$ のロットに対するロット管理データが一つのインスタンスとして定義されている。これは、工程 6 (加工工程) においては、受け取るロットと受け渡すロットが 1 対 1 対応であるため、同じロット番号で扱うことができるためである。

3.3.2 工程オブジェクト o_{p_i}

製造ラインを構成しているそれぞれの工程は、その性質を表すためのデータと、受け取ったロットを処理するための操作から成るため、オブジェクトとみなすことができる。工程は、以下の様に定義される。

定義 6: 工程オブジェクト o_{p_i} は、 (d_{p_i}, A_{p_i}) により定義される。ここで、 d_{p_i} は p_i に対するデータの集合、 A_{p_i} は p_i に対する能動機構の集合である。

d_{p_i} は、工程番号や処理状況などのような工程 p_i 自身に関する情報を格納する。 A_{p_i} は、ロットの受け取りや受け渡しなどの指定されたイベントが実際のプラントから報告されたときの動作を行う能動機構を記述する。イベントにより起動される典型的な動作としては、ロット管理データの更新や生成などがある。プラントからイベントが報告された時は必ずロット管理データの操作を行うので、能動機構中の条件は、恒真となる。工程 p_j に対するこれらの動作は、プロセスの基本要素により、以下の様に分類できる。

- 加工工程

- ロット受け取りのイベントが報告されたとき、ロット管理データ $d_{i,j}^s$ の s_j^i に開始時刻を書き込む。
- ロット受け渡しのイベントが報告されたとき、ロット管理データ $d_{i,j}^e$ の e_j^i に終了時刻を書き込む。

- 混合工程

- ロット受け取りのイベントが報告されたとき、 s_j^i に開始時刻を書き込み、 r_j^i に受け取ったロットに対するロット管理データへの参照を書き込む。
- ロット受け渡しのイベントが報告されたとき、 e_j^i に終了時刻を書き込む。

- 蓄積工程

- ロット受け渡しのイベントが報告されたとき、 r_j^i へ受け取ったロットに対するロット管理データへの参照を書き込む。

- 分離工程

- ロット受け取りのイベントが報告されたとき、 s_j^i に開始時刻を書き込み、 r_j^i に受け取ったロットに対するロット管理データへの参照を書き込む。
- ロット受け渡しのイベントが報告されたとき、 e_j^i に終了時刻を書き込む。

- 分割工程

- ロット受け渡しのイベントが報告されたとき、 r_j^i へ受け取ったロットに対するロット管理データへの参照を書き込む。

3.3.3 時系列データ h_{p_i}

定義 7: 工程 p_i に対する時系列 (履歴) データ h_{p_i} は、 (v_{p_i}, t) の集合で定義される。ここで、 v_{p_i} は時刻 t における工程 p_i の物理値である。

例えば、9:00 から 10:00 まで 10 秒おきに獲得された時系列データ h_{p_i} は次のように表現できる。

$$h_{p_i} = \{(32, 09:00:00), (33, 09:00:10), \dots, (36, 10:00:00)\}$$

3.4 製造管理データベースにおけるビュー

これまでに述べたように、収集された時系列データやロット管理データは、生のまま提供するのではなく、有用な形でのビューとして提供する必要がある。本節では、これらのデータに対する 3 つのビューを定義する。

3.4.1 プラント全体ビュー

プラント全体ビューは、ある時間においてどの工程がどのロットを製造していたかを表し、以下のように定義される。

定義 8: プラント全体ビュー $V_c(t_s, t_e, t_p)$ は、ある時刻 $t(t_s \leq t \leq t_e)$ において、各工程が製造していたロットのロット番号を表す組の集合である。 t_p はビューの粒度であり、ビュー中の組の数は、 $(t_e - t_s)/t_p$ である。

3.4.2 工程ビュー

工程ビューは、ある工程のある時刻において、その間に製造した各ロットに対する時系列データを表し、以下のように定義される。

定義 9: 工程 p_i のビュー $V_{p_i}(t_s, t_e, t_p)$ は、時系列データ $h_{p_i}(I_{ij}^r)$ の集合で定義される。ここで、 $h_{p_i}(I_{ij}^r)$ は、時系列データ h_{p_i} に対して、ロット I_{ij}^r が工程 p_i によって製造された時間 $[t_s, t_e]$ の間の部分集合である。また、対象となるロット I_{ij}^r は、 $[s_i^r, e_i^r] \subset [t_s, t_e]$ を満たすものである。 t_p はビューの粒度である。

3.4.3 ロットビュー

ロットビューは、ある最終製品のロットに対して、そのロットが各工程で製造された時の各工程における時系列データを表し、以下のように定義される。

定義 10: ある最終製品のロット I_{np}^n のロットビュー $V_i(I_{np}^n)$ は、時系列データ $h_{p_i}(I_{ij}^r)$ ($1 \leq i \leq n$) で表される。ここで、それぞれのロット I_{ij}^r は、最終製品のロット I_{np}^n からの関連を持つものである。

定義 10 において、 I_{np}^n から参照 r_k^t を推移的に辿って I_{ij}^r へ到達できるとき、 I_{ij}^r は最終製品 I_{np}^n からの関連を持つとする。

4 製造管理データベースのプロトタイプシステムの実現

本章では、製造管理データベースのプロトタイプシステムの紹介を行う。この章で挙げられる例は、図3に示される製造ラインに対するものである。

4.1 システムの構成

前章で述べたモデルに基づく製造管理データベースのためのシステム構成を図6に示す。システムは、時系列データベース、製品データベース、製造管理DBMS、および、ユーザインタフェースの4つの部分から構成されている。これらの要素のうち、製造管理DBMSが製造管理のための主な機能を実現しており、以下の4つのマネージャから構成される。

Event Manager: 時系列データベースを通じて製造ラインからイベントを受け取り、製品データ(ロット管理データ)を生成する。Event Managerは、3.2.2で述べられた工程の基本要素を組み合わせで定義された製造ライン構成を保持しており、この構成に基づいて、能動機構が報告されたイベントに対応するトランザクションを起動する。

Temporal Manager: 時系列データベースに質問を発行し、時系列データを得る。

Product Manager: 製品データベースに対してロット管理データの生成や検索のための質問を発行する。

View Manager: ユーザインタフェースから要求を受け取り、その要求に従ってビューを生成する。

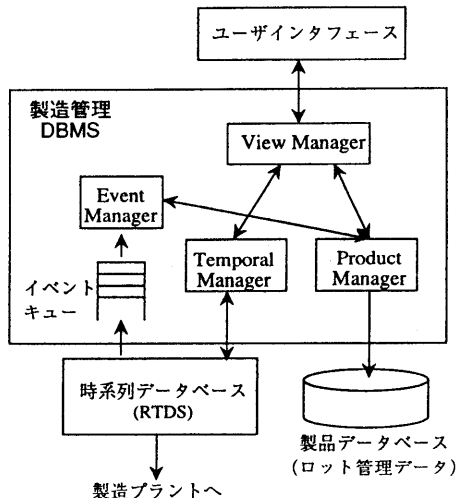


図6: 製造管理データベースの構成

4.2 プラントから収集されるデータの例

(1) ロット管理データ

ロット管理データの一部の例を図7に示す。これらのデータは、プラントから報告されるロット製造の開始・終了イベントに基づき、Event Managerにより生成される。例えば、図中の最初のテーブルの2番目の組は、ロット1002が工程1により8:00に製造が開始、8:20に終了、その後、工程2へ渡され、8:20に開始、8:40に終了したことを表している。またこの時、工程1へ受け渡された原料の識別番号12を持たせることで、同じ最終製品を作る上でのロット番号の付け換えに対応している。

L ₁₂ L ₂₄	p ₁		p ₂		L _{φ1}
	Start	End	Start	End	
1001	8:00	8:20	8:20	8:40	11
1002	8:20	8:40	8:40	9:00	12
1003	8:40	9:00	9:00	9:20	13
1004	9:00	9:20	9:20	9:40	14
1005	9:20	9:40	9:40	10:00	15

L ₃₄	p ₃		L _{φ3}
	Start	End	
3001	8:20	8:40	101
3002	8:40	9:00	102
3003	9:00	9:20	103
3004	9:20	9:40	104
3005	9:40	10:00	105

L _{4φ}	p ₄		L ₂₄	L ₃₄
	Start	End		
4001	8:40	9:00	1001	3001
4002	9:00	9:20	1002	3002
4003	9:20	9:40	1003	3003
4004	9:40	10:00	1004	3004
4005	10:00	10:20	1005	3005

図7: ロット管理データの例

(2) 時系列データ

時系列データの一部の例を図8に示す。それぞれのテーブルの左側の列(8:00, 8:10, ...)は時刻を表し、右側の列(a₁, a₂, a₃, ...)は温度や圧力などのサンプリングされた値を示している。これらのデータは、時系列データベースによって獲得・蓄積される。また、時系列データベースは、それぞれの工程に対して、指定された時刻幅に対応するサンプリング値を検索・提供する機能を持つ。

4.3 提供されるビューの例

上に挙げたロット管理データや時系列データから生成されたビューの例を図9に挙げる。図中、工程ビューは工程p₁のものを挙げ、ロットビューはロット4001のものを挙げた。ここで挙げたビューは説明のためテーブル形式で表記したが、実際のシステムにおいては、グラフやチャートなどを用いて図的に表す必要がある。

(1) プラント全体ビュー

3.4.1章で定義されたように、このテーブルは、時

p1		p2		p3		p4	
8:00	a1	8:20	b1	8:20	c1	8:40	d1
8:10	a2	8:30	b2	8:30	c2	8:50	d2
8:20	a3	8:40	b3	8:40	c3	9:00	d3
8:30	a4	8:50	b4	8:50	c4	9:10	d4
8:40	a5	9:00	b5	9:00	c5	9:20	d5
8:50	a6	9:10	b6	9:10	c6	9:30	d6
9:00	a7	9:20	b7	9:20	c7	9:40	d7
9:10	a8	9:30	b8	9:30	c8	10:00	d8
9:20	a9	9:40	b9	9:40	c9	10:20	d9
9:30	a10	9:50	b10	9:50	c10	10:40	d10
9:40	a11	10:00	b11	10:00	c11	11:00	d11

図 8: 時系列データの例

刻幅 [8:00, 10:20] の間にそれぞれの工程で製造中であったロット番号を 10 分の粒度で示している。例えば、8:40 においては、工程 p_1, p_2, p_3, p_4 はそれぞれ、ロット番号 1003, 1002, 3002, 4001 を製造中であったことを示している。このビューの形式的な表記は $V_6(8:00, 10:20, 10min)$ である。これにより、製造チャート図などを描き、操作員に有用な形で提供することができる。

(2) 工程ビュー

3.4.2 章で定義されたように、このテーブルは、指定された時刻幅に製造されたロットに対して、それぞれのロットに対する時系列データを示している。例えば、ロット 1001 を製造していた時にはサンプリング値が a_1 から a_2 に変化し、ロット 1002 を製造していた時には、サンプリング値が a_3 から a_4 に変化したことなどを示している。このビューの形式的な表記は、 $V_{p_1}(8:00, 9:30, 10min)$ である。これをグラフなどで表現し、操作員に有用な形で提供することができる。

(3) ロットビューの例

3.4.3 章で定義されたように、これらのテーブルは、最終製品ロットへの関連を持つ各ロットが、各工程で製造された時の時系列データを示している。例えば、ロット 4001 は、原材料が工程 p_1 に投入された後、サンプリング値が a_1 から a_2 に変化し、その後、工程 p_2 に渡されてサンプリング値が b_1 から b_2 に変化し、工程 p_2 に平行して工程 p_3 に原材料が投入され、サンプリング値が c_1 から c_2 に変化し、最終工程 p_4 で二つのロットが混合され、サンプリング値が d_1 から d_2 に変化した後、最終製品となったことを示している。このビューの形式的な表記は、 $V_1(I_{4001}^{4001})$ である。これを、グラフや製造ライン図などで表現することによって、操作員に有用な形で提供することができる。

5 あとがき

本論文では、製造管理データベースにおける能動機構の利用と、操作員に対して有用なデータを提供するためのビュー提供機能について述べた。また、簡単な製造ラインを例題に、提供されるビューの例を示した。今後の課題として、本モデルを実際の種々のプラントへ適用し、拡張などを行っていく予定である。

プラント全体ビュー

	p1	p2	p3	p4
8:00	1001			
8:10	1001			
8:20	1002	1001	3001	
8:30	1002	1001	3001	
8:40	1003	1002	3002	4001
8:50	1003	1002	3002	4001
9:00	1004	1003	3003	4002
9:10	1004	1003	3003	4002
9:20	1005	1004	3004	4003
9:30	1005	1004	3004	4003
9:40		1005	3005	4004
9:50		1005	3005	4004
10:00				4005
10:10				4005
10:20				4005

工程ビュー

p1	1001	1002	1003	1004	1005
0:00	a1	a3	a5	a7	a9
0:10	a2	a4	a6	a8	a10

ロットビュー

4001	p1	p2	p3	p4
0:00	a1			
0:10	a2			
0:20		b1	c1	
0:30		b2	c2	
0:40				d1
0:50				d2
1:00				

図 9: 製造管理ビューの例

参考文献

- [1] U.Dayal, et al.: The HiPAC Project: Combining Active Databases and Timing Constraints, *SIGMOD Record*, Vol.17, No.1, Mar. 1988.
- [2] K.P.Eswaran: Specifications, Implementations, and Interactions of a Trigger Subsystem in an Intergrated Data Base System, *IBM Research Report*, RJ1820, Aug. 1976.
- [3] D.R.McCarthy, U.Dayal: The Architecture of an Active Data Base Management System, *Proceedings of International Conference on Management of Data*, pp.215-224, June 1989.
- [4] H.Shimakawa, et al.: Acquisition and Service of Temporal Data for Real-Time Plant Monitoring, *Proceedings of the Real-Time Systems Symposium*, pp.112-119, Dec. 1993.
- [5] R. Snodgrass: The Temporal Query Language TQuel, *ACM Transactions on Database Systems*, Vol.12, No.2, pp.247-298, June 1987.
- [6] A.Tansel, et al.: Temporal Databases: Theory, Design, and Implementation, *Benjamin / Cummings Publishing Co.*, 1993.
- [7] 高田, 他: 能動機構を用いた製造工程管理データベースモデル, 情報処理学会第 50 回全国大会, 7G-6, Mar. 1994.