

時系列データの記号化によるプロセス状態変化 検出システムIMARKの開発

Development of the Process Change Detecting System Marking Process Data with Significant Words

生体の視覚情報処理方式を模した、まったく新しいプラント監視システムを開発した。プロセス産業でのプラントの運転形態のCRT化、集中化は運転員の負担増大を招いており、プラントの障害の見逃し、障害に対する誤った処置を行うポテンシャルを高めている。このような背景のもとに、三菱化成株式会社と日立製作所が共同で、運転員の負担を低減する高度運転支援システムを開発した。プラントの状態監視で、時系列的なプロセス量に「ことば」を付加し、高度なレベルでのプロセス監視、運転支援を行うシステムである。インテリジェントアラームの一つとして、「ことば」の変化を状態変化としてとらえたオペレータへの報告、「ことば」によるプラント状態の解析などを可能とした。本システムにより、従来では見られない画期的なプラントの安定操業の実現を目指している。

小河守正*	Morimasa Ogawa
山中史彦*	Fumihiko Yamanaka
渡辺勝也**	Katsuya Watanabe
川口幸一***	Kōichi Kawaguchi
西谷卓史****	Takushi Nishiya
中野 浩*****	Hiroshi Nakano
清水 隆*****	Takashi Shimizu

1 はじめに

従来、プラント運転管理システムでのプロセスデータの監視は、データの値に対する上限、下限、変化率、ターゲット値との偏差などのチェックによって行っていた。この方式は、異常反応、異常挙動あるいはセンサの故障などデータが大きく変化する異常には有効であり、広く適用されてきた。しかし、センサが不安定になること、微少なレベルでの異常現象など、上下限チェックなどでは検出困難な事象変化に対しては、決して有効と言えるものではなかった。微少な異常が拡大し、上下限異常などで警報出力された時点では、処置が遅れプラントの変調を招いたり、時にはプラントを停止せざるを得ない事態に至る場合もあった。

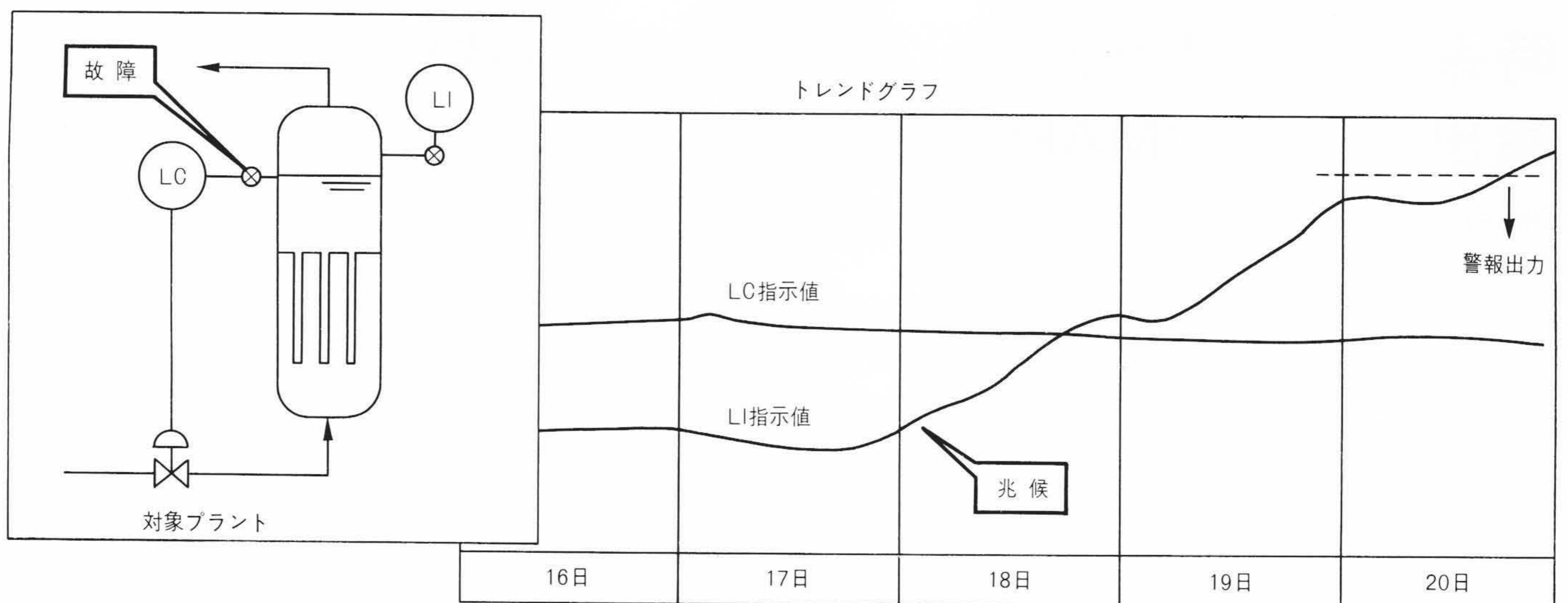
センサ故障時のプロセスデータの挙動の例を図1に示す。同図のトレンドグラフからわかるように、実際のセンサ故障は別のデータによって兆候として現れている。しかし、この兆候は警報を出力するようなものではなく、上限異常警報まで運転員は異常に気づかなかつた。警報出力時点では、すでに対応処置が手遅れの状況に至っているという例である。

このような異常状態の見逃しを防ぐため、運転員はプラン

トデータの時系列的な変化をトレンドグラフで監視し、異常の兆候を早期に発見できるように努めている。しかし、運転監視の集中化は、運転員が監視しなければならないデータ数を膨大なものとしているため、運転員による人的監視には限度があるという問題があった。また、プロセスの変動傾向を把握するために、データの周波数分析や回帰分析を行い、スペクトルの分布や回帰直線の傾きを求めることも行われてきた。しかし、これらの手法には、何百点という多数の計測データを処理しようとする、計算機システムに対する負荷が大きくなり、実時間での処理が難しく複雑な変化を取り扱うことが困難などの問題があった。

近年、このような背景のもとに強く求められているのがインテリジェントアラームである。すなわち、重要点データの変動監視を自動的に行い、異常が発生した時点で、的確に異常内容を運転員に知らせること、なおかつ警報出力は必要最低限の数とし、一つの異常要因に連鎖的に発生する膨大な関連警報が出力されることによって運転員の異常対応能力のオーバーフローを防止することである。このようなインテリジェ

* 三菱化成株式会社 水島工場エンジニアリング部 ** 三菱化成株式会社 水島工場製造1部 *** 日立製作所 大みか工場
**** 日立製作所 システム開発研究所 ***** 株式会社日立情報制御システム 産業システム部



注：略語説明 LC (Level Controller), LI (Level Indicator)

図1 センサ故障時のプロセスデータの例 レベル制御を行うループ(LC)のセンサ故障により、LC指示値は不変である。レベル監視(LI)には兆候が現れるが、制御ループ(LC)の監視だけでは、LIで警報出力されるまで運転員は異常に気づかず、処置が手遅れになる。

ントアラームを実現する上で重要な機能が、プラント状態変化の的確な把握である。

このようなニーズを満たすために開発したシステムが、本稿で述べるプロセス状態変化検出システム(IMARK: Intelligent Alarm System Marking the Process Data with Significant Words)である。IMARKでは、時系列的なプロセスデータを記号化して定常的な監視を行い、状態変化を「上昇し始め」などのことばを用いて運転員に知らせる、まったく新しい運転監視システムである。

2 記号化処理

IMARKは、定周期に取り込んだ時系列的プロセスデータに対し、データの挙動を示すことばを付加する記号化処理と、記号化した結果を運転員に知らせるマンマシン処理によって構成される。ここでは、時系列データの記号化処理の概要を述べる。

今回のシステムでは、時々刻々に変化するプラント計測データを高速に識別するために、生体の視覚情報処理様式を模倣した方式を開発した。生体の視覚情報処理は、外界からの光刺激からさまざまな特徴を抽出する特徴抽出の過程、抽出された特徴を統合する統合過程、および統合された特徴を記憶と照合する照合過程という三つの処理過程から成っている。開発した記号化方式も、図2に示すように、同様の三つの過程から成る。

(1) 特徴抽出

時系列的な変化パターンに対し、生体の視覚系でのフィルタと類似した2次の特徴抽出フィルタを作用させ、時系列データの凹凸を表す特徴量を抽出する。この特徴点で時系列デ

ータを分割することにより、図2に「抽出された特徴」として示したような、元のデータの変化特徴を保存した折れ線ベクトルを得ることができる。

(2) 特徴統合

特徴抽出過程で抽出された折れ線ベクトルのうち、長さが短く傾きの変化の小さなベクトルを周囲のベクトルに統合することにより、元データの大まかな変化を示した折れ線ベクトルに変換する。さらに、図2に「統合された特徴」として示すように、得られたそれぞれのベクトルに対し、「上昇」、「下降」、「平衡」という3種のいずれかの名称を与える。

(3) 辞書との照合

時系列データから抽出したい事象名は、事象名辞書として記憶されている。事象名辞書は、事象名に対応した変化パターンをベクトル列として記憶しており、その例を表1に示す。特徴統合で得られた「統合された特徴」と事象名辞書との照合は、「統合された特徴」の中の折れ線ベクトルと辞書内の変化パターンとしてのベクトル列とを比較して、同一パターンを持つ事象名の候補を検索する。次に、各候補と「統合された特徴」とのベクトル的な相関係数の計算を行う。これにより、事象名と時系列データがどれくらい似ているかを示す類似度 S と大きさの比率を示す尺度 K とを計算する。そして、類似度の最も大きな事象名を選択してことばを付加する。

この記号化方式の特長は、検出したい事象のパターンを記憶する事象名辞書記憶部分と、データを処理し辞書と比較する処理部分が分離していることにある。このために、(1)複数のデータを処理する場合でも、記憶辞書をデータごとに作成しておけばよい、(2)検出したいパターンの変更は、記憶辞書の追加・変更でよい、という効果が得られる。

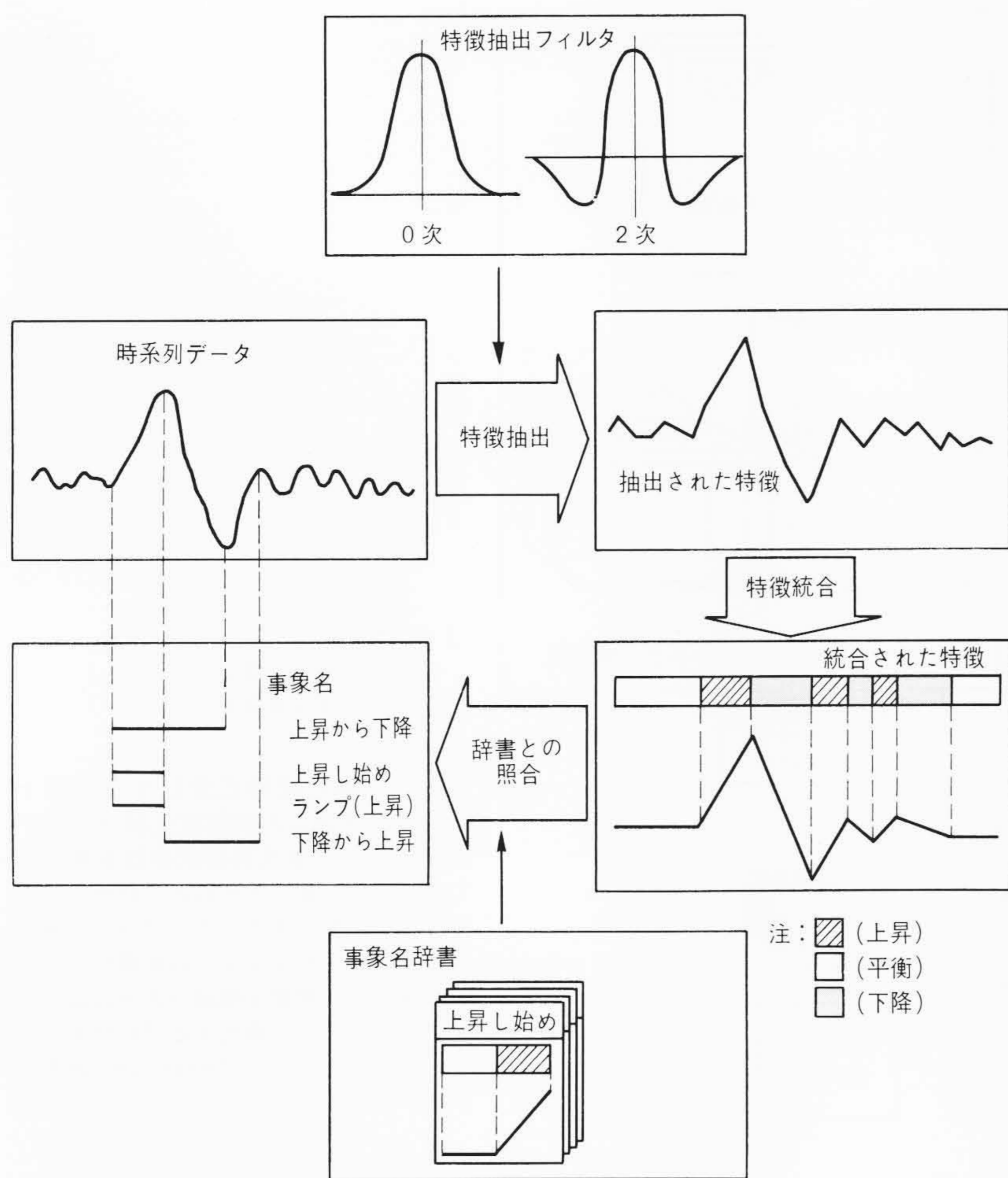


図2 記号化の過程 生体の視覚情報処理を模倣した、特徴抽出、特徴統合および辞書との照合の三つの処理過程により、時系列データを記号に変換する方式を開発した。

表1 事象名辞書 時系列データから抽出する事象名辞書の一部を示す。ベクトル系列として事象名を登録することにより、任意の事象を扱うことができる。

変化パターン	事象名
	上昇し始め
	上昇して横ばい
	上昇から下降
	ハンチング
	ステップ状に上昇
	ランブ(上昇)
	一定である。

3 システム構成

三菱化成株式会社水島工場では、石油化学工場トータル管理制御システムを構成している²⁾。今回開発したIMARKは、このトータルシステムを構成するプロセスコンピュータ内に構築した。トータルシステムおよび今回のIMARKを実現したシステム構成を図3に示す。日立製作所のプロセス用計算機HIDIC V90/45を核に、下位分散形計装制御システムとの接続装置、オペレータインタフェースのためのCRT、プリンタなどから構成される。

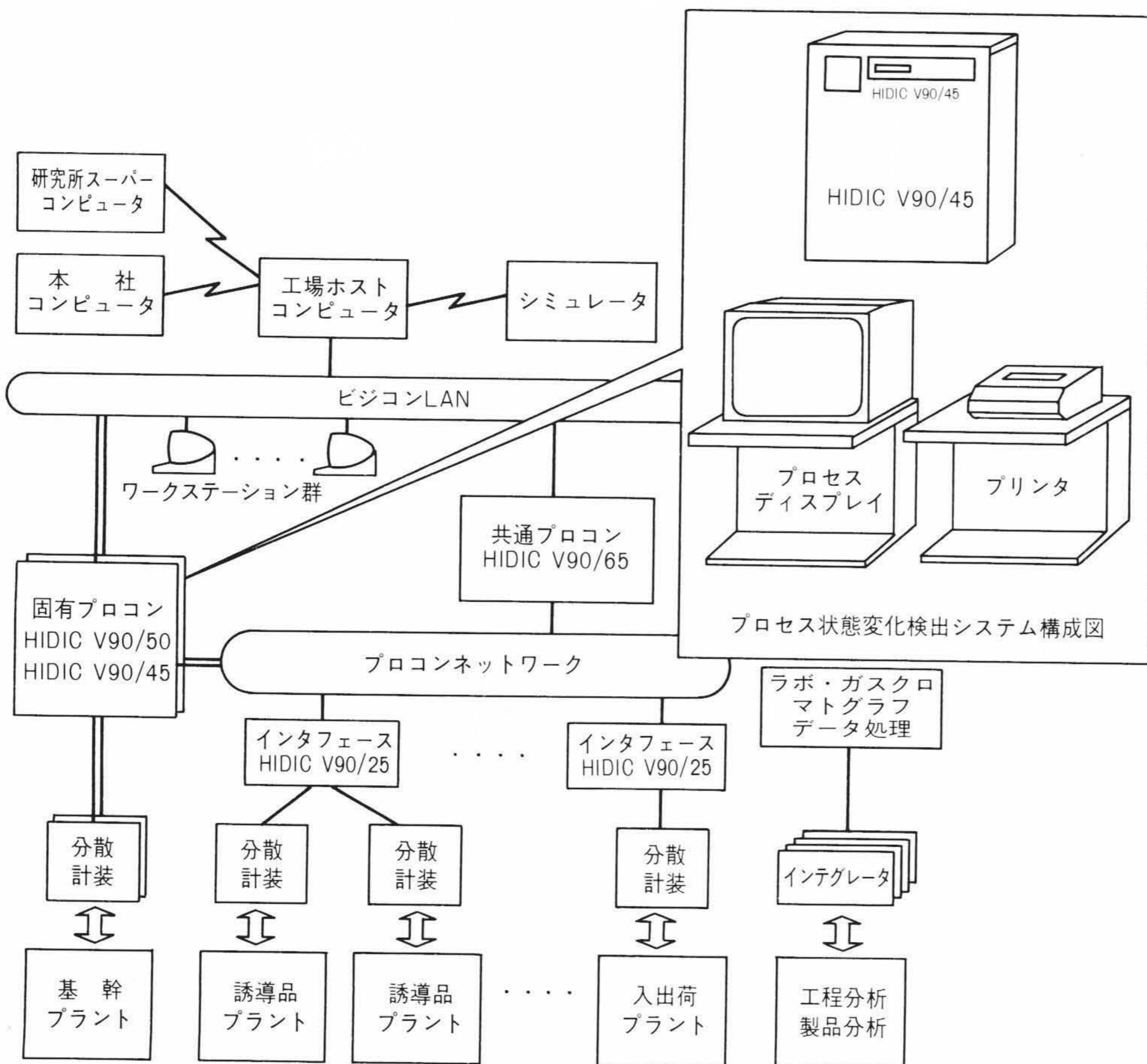
また、このシステムのソフトウェア機能構成を図4に示す。プロセス管理制御用パッケージであるHIDACS (Hitachi Standard Process Data Acquisition and Control System)³⁾を核に、プロセス制御用エキスパートシステム構築支援システムAPOS (Advanced Plant Operation System)⁴⁾をも組み込んだシステムとしている。状態変化検出システムは、リアルタイムで状態監視を行う処理と、ヒストリカルデータから長期的な変化の検出を行う処理によって構成される。

リアルタイム状態変化検出処理は1分周期で動作し、プロセ

スデータが「一定状態」から「上昇し始め」、「ランブ(上昇)」から「下降し始め」のように異なったことばが付くと、状態変化とみなして運転員にメッセージで報告する。このため、運転員はプロセスの挙動変化を逃すことなく把握することができる。

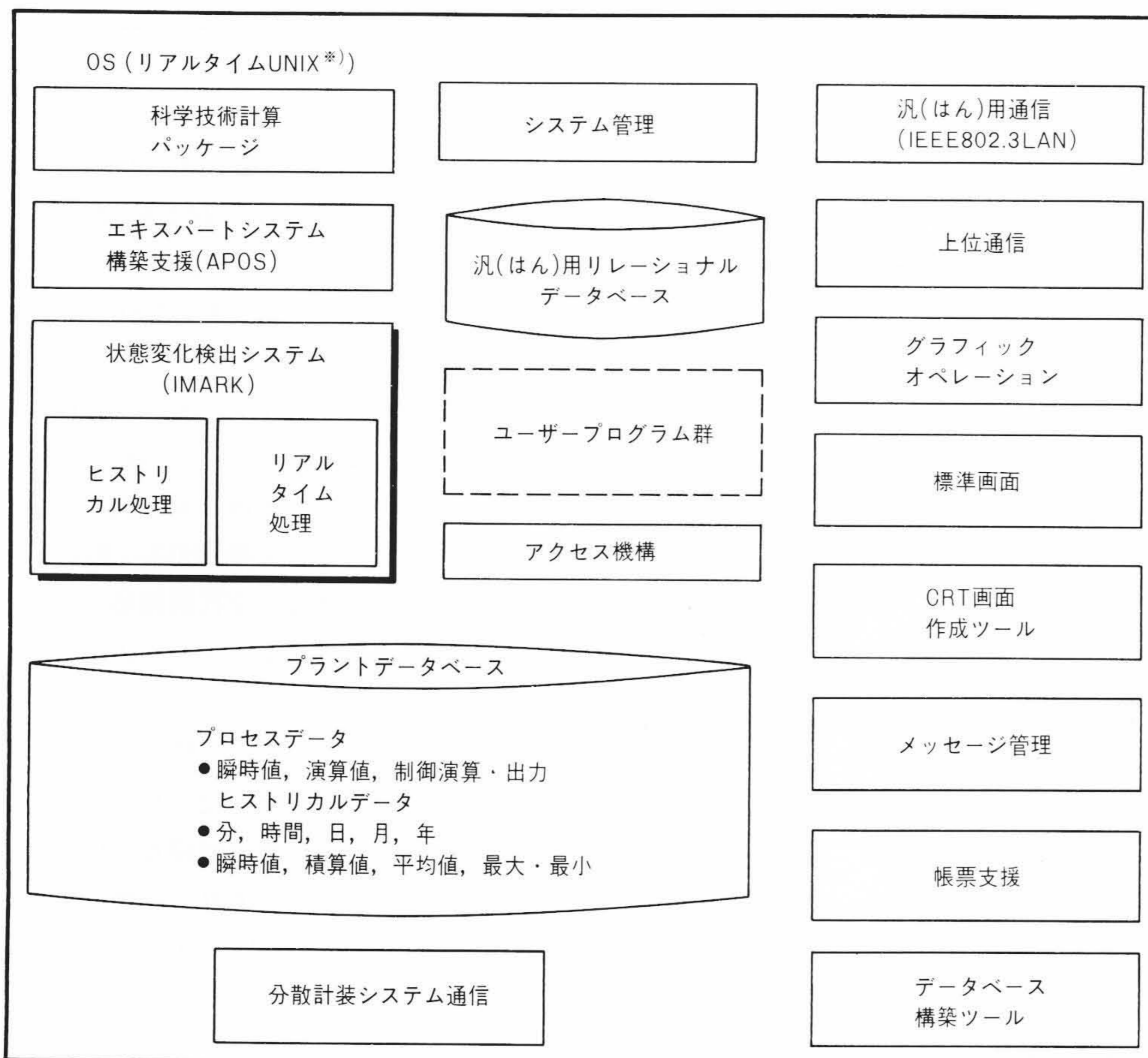
また、ヒストリカル状態変化検出処理は、すでにプラントデータベース内に構築されたヒストリカルデータから長期的な状態変化を検出する機能である。リアルタイム処理が1分周期で動作するのに対し、ヒストリカル処理は8時間周期、24時間周期または運転員の要求に対応して動作する。特に、運転員の要求に対応して動作する機能は、交代制職場の引き継ぎ業務でのプラント状態の最終確認を支援するものとして有効である。

また、プロセス制御用エキスパートシステム構築支援システムであるAPOSとの連動では、知識記述で「ことば」を用いた表現を可能としている。このため、従来は回帰などに頼っていたデータの傾向判定がきわめて容易であり、高度なエキスパートシステムの構築が可能となるという効果が得られる(図5)。



注：略語説明
 プロコン (プロセスコンピュータ)
 ビジコン (ビジネスコンピュータ)

図3 三菱化成株式会社水島工場トータルシステムと状態変化検出システム構成 三菱化成株式会社水島工場では、分散計装システムとプロセスコンピュータを有効活用して、プラント運転のためのトータルシステムを構成している。今回の状態変化検出システムは、トータルシステムを構成するプロセスコンピュータの一つとしてのHIDIC V90/45を用いたシステムである。



注：略語説明
 APOS (Advanced Plant Operation System), IMARK (Intelligent Alarm System Marking Process Data Significant Words), IEEE (米国電気電子学会)

※) UNIX : UNIXオペレーティングシステムは、UNIXシステムラボラトリーズ社が開発し、ライセンスしている。

図4 ソフトウェア機能構成図
 プロセス管理用パッケージHIDACSを核としたソフト構成としている。IMARKは毎分実行するリアルタイム処理と、ヒストリカルデータから長期間の変化を検出するヒストリカル処理によって構成される。変化検出結果は、メッセージ管理および標準画面で運転員に報告される。

4 状態変化検出例

実際のプラントデータに対して、記号化を行った例を図6に示す。同図(a)に示す時系列データに対しては、「上昇から下降」、「上昇し始め」、「ランプ状に上昇」といった事象名が与えられている。一部のもう一つの記号化例では、同図(b)の時系列データに対し、「下降から上昇」、「瞬間的に上昇」といった事象名が与えられている。

図6は、データベースなどに蓄えられたヒストリカルデータを一括して記号に変換した例であるが、特徴抽出フィルタ

```

IF ( P1001の @測定値が 上昇 である )
  ( F1000の @測定値が 下降 である )
  ( F1000の @操作量が 一定 である )
  ( T1001の @測定値が 45℃ より大きい )
THEN
  ( F1000の センサが 故障中 である )
    
```

図5 ことばを用いたルール記述例 ルール記述で、値だけでなく記号化された「ことば」を用いた記述が可能のため、エキスパートシステムの構築がきわめて容易となっている。

を変更することにより、プロセスから時々刻々と得られるデータをリアルタイムで記号に変換することもできる。図7は、プロセスの状態が(a), (b), (c), (d)の順に変化したことを示している。時刻T1では、計測データは徐々に上昇を始めており、「上昇し始め」あるいは「ランプ状に上昇」といった事象名が与えられている。時刻T2でデータが減少を始めると、「上昇から下降」という事象名が与えられ、同様に、時刻T3では、「下降から上昇」、T4では、「緩やかに上昇から下降」といった、そのときの状態を表現する事象名が得られている。

実際のプラントデータでの状態変化検出結果は、以上のとおり良好なものが得られた。ここでは、このような結果を得るためにくふうした項目を以下に示す(図8)。

(1) フィルタリング処理

プラントデータには時定数の大小がさまざまであり、またデータの変化幅も種々にわたる。そこで、IMARKではフィルタリング処理で時間軸とデータ軸の両者にスケールファクタを設け、さまざまなデータに対応できるようにした。

(2) 状態変化検出抑止

連続プロセスでも、生産条件の変動による事前にわかる変化が発生する場合がある。このような場合に、単純に状態変化を報告することは無意味であり、メッセージを増やすことになってしまう。そこで、あらかじめ予想される状態変化が

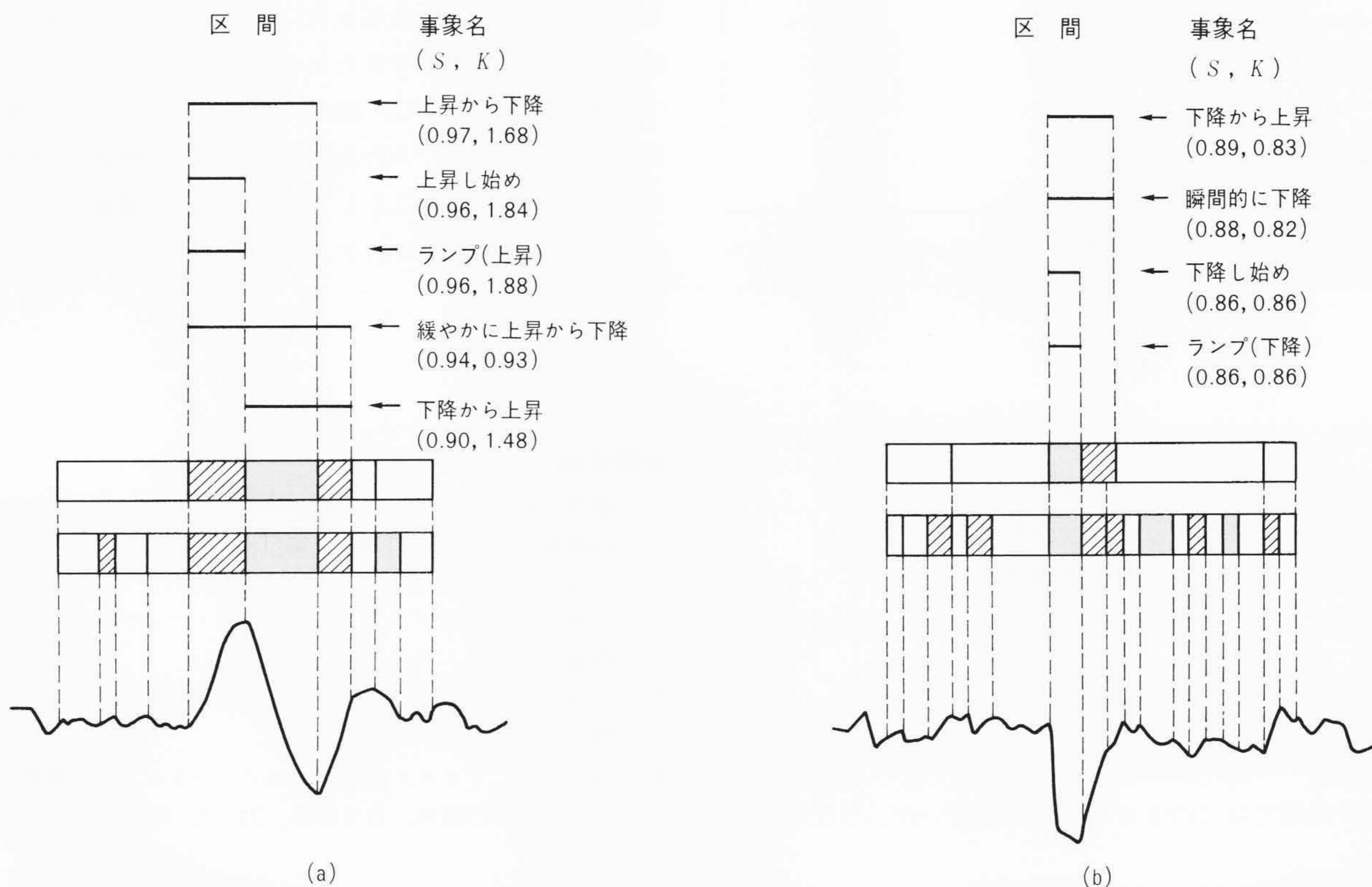


図6 記号化例(ヒストリカル処理) バッチ的にデータを一括して処理をした例である。直の引き継ぎの際、掌握範囲内の全データを対象に処理させることにより、全体の状況確認が容易にできる。なお、S(類似度)、K(尺度)は事象名辞書との比較結果を示す。

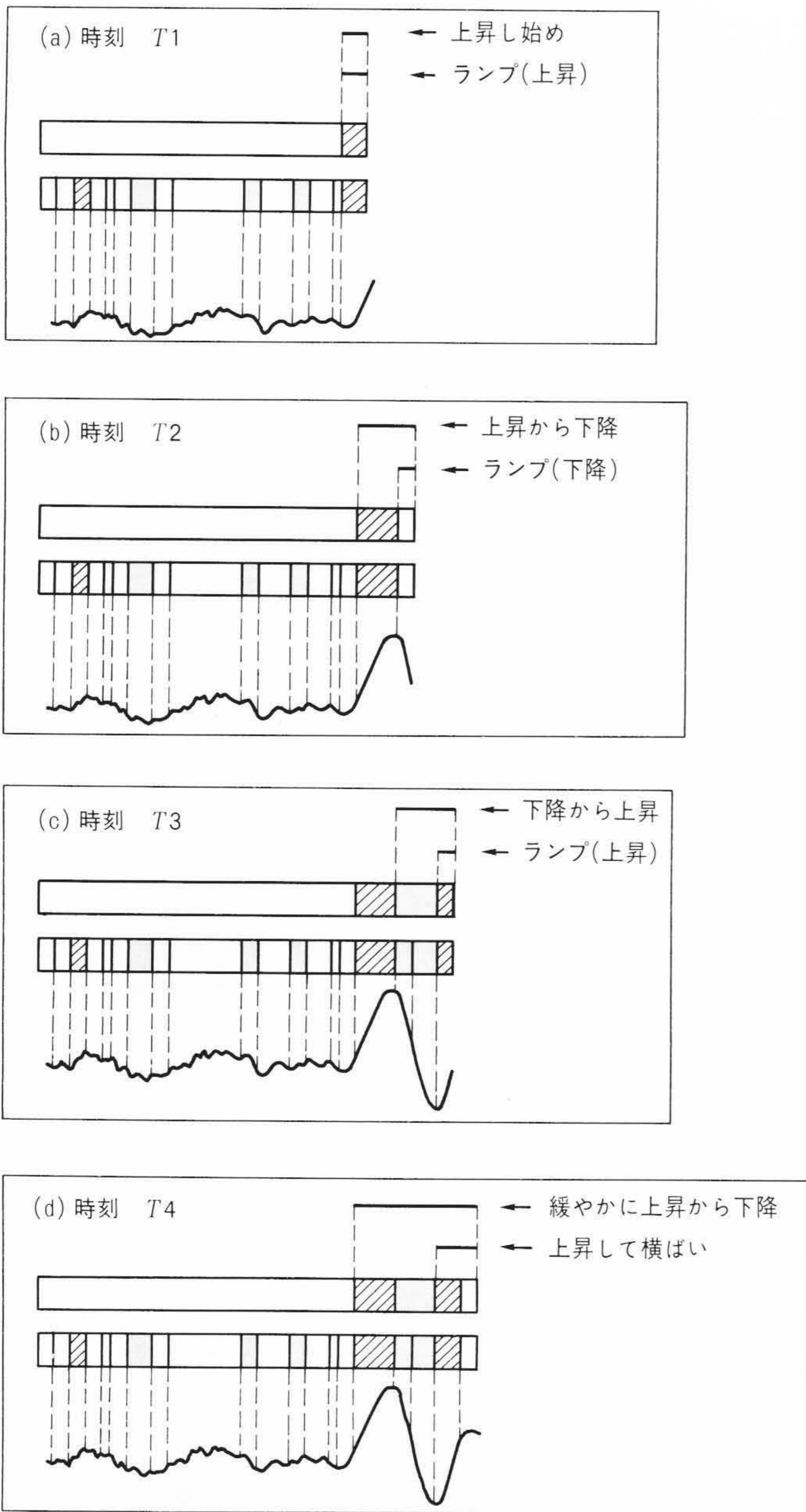


図7 記号化例(リアルタイム処理) 時々刻々に変化する計測データを処理した例である。プラントの状態変化の検出などに有効である。

発生する際には、該当データに対する状態変化検出をしないようにし、運転員の負担低減を実現した。

(3) リアルタイム処理とヒストリカル処理

記号化のための辞書の例を先の表1に示したが、リアルタイム処理では、データが一定から上昇し再び一定になるような変化をした場合、「上昇し始め」、「ランプ(上昇)」、「上昇して横ばい」、「ステップ上に上昇」、「一定」と多数のことばが付加されるとい現象が発生した。全体の状況を確認するヒストリカル処理ではこのままだもかまわないが、リアルタイ

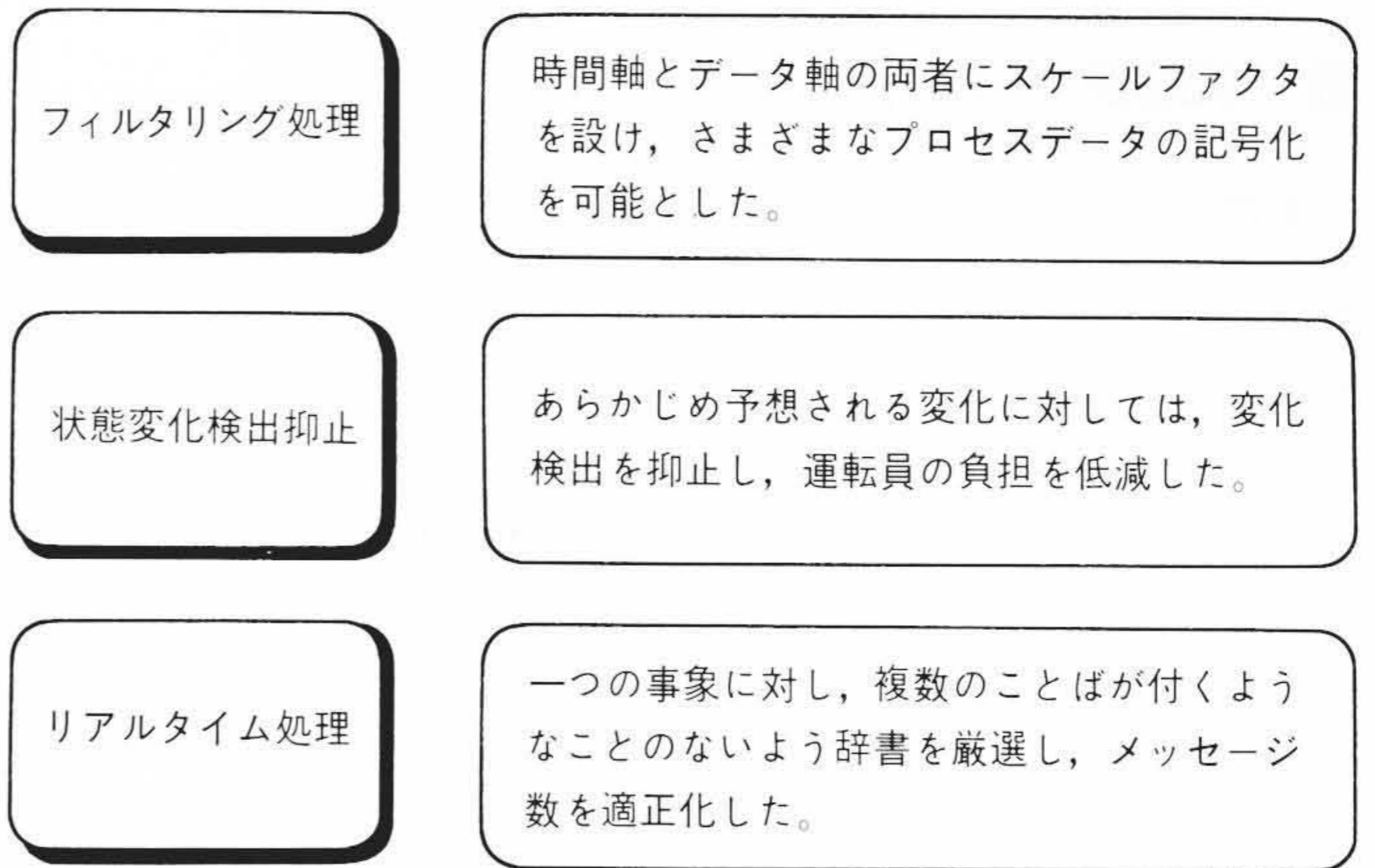


図8 実プラントデータの処理における付加機能 実プラントの処理では、さまざまなデータの記号化、無用のメッセージの抑止などに対し、くふうをして実用化した。

ム処理ではメッセージが多過ぎるという問題となった。リアルタイム処理の位置づけより、一つの事象に対しては一つのことばとすることを原則に、「上昇し始め」、「上昇して横ばい」など他のことばと必ず重複することばは、辞書から削除することによってメッセージ数の適正化を図った。

5 おわりに

プロセスデータに対して「ことば」を付加して、高度なレベルでのプロセス監視、運転支援を行うシステムの開発が可能となった。インテリジェントアラームのひとつとして、運転監視の集中化、小数運転員による安定操業を実現する画期的なシステムが実現できたと考える。

今後の課題としては、種々のプロセスデータと辞書照合を行うためのパラメータの自動チューニング機能の開発、インテリジェントアラームとしてのいっそうの機能向上による知的プラント運転支援システムの実現などがあげられる。

参考文献

- 1) 西谷, 外: 時系列データの記号化によるプロセス状態識別方式の提案, 計測自動制御学会第11回知識・知能システムシンポジウム(1990)
- 2) 小河, 外: 化学プラントの計装ソフトウェア—その機能と開発の動向, 計装, Vol.31, No.2(1988)
- 3) 川口, 外: 装置産業における計算機制御システム, 日立評論, 70, 5, 513~519(昭63-5)
- 4) 小山, 外: プロセス制御用エキスパートシステム構築支援システムAPOSの開発, 日立評論, 71, 8, 717~723(平1-8)