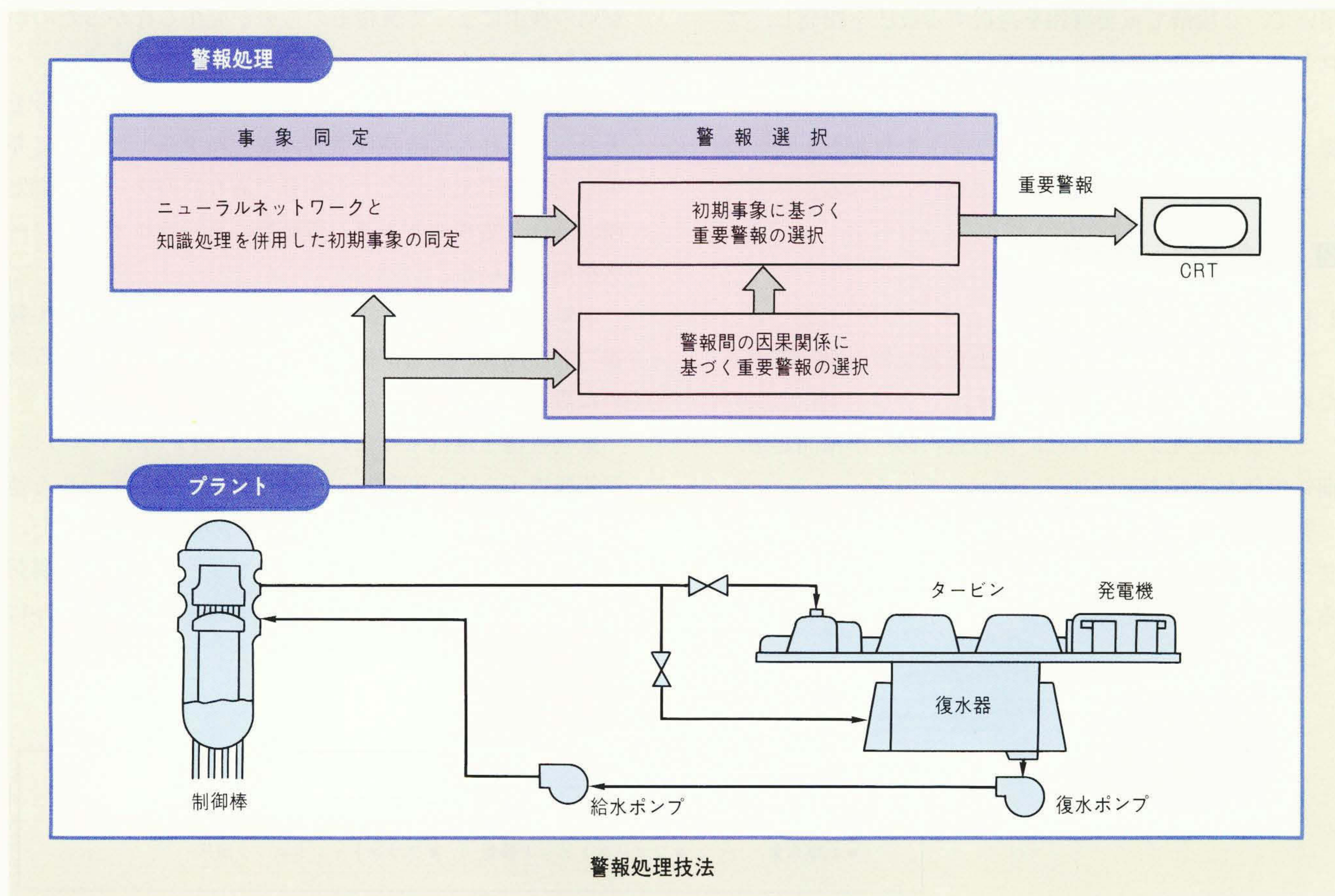


ニューロ・ルールベース応用警報選択・提示技法と原子力プラントへの適用

Alarm Handling Method and Its Application to Nuclear Power Plants

三宅雅夫* Masao Miyake 有田節男*** Setsuo Arita
大賀幸治** Yukiharu Ôga 神尾 徹**** Tôru Kamio



警報処理技法 警報間の因果関係と初期事象の同定結果を用いて、プラントで発生する警報の中から重要警報を選択する。

プラント過渡状態時の運転員の負担を軽減するためには、警報の中から監視上重要な警報を自動的に選択し、運転員に提示することが重要である。このため、プラント状態に応じて重要警報を選択提示する技法を開発した。

この技法では、警報間の因果関係および初期事象と警報間の因果関係に基づいて、重要警報を選択する。この技法の特徴は次のとおりである。

- (1) 重要警報の選択用知識は、知識処理による整合性確認の後、実時間処理のためのデータに変換する。これによって高速な警報処理を実現できる。
- (2) 初期事象は、プラントからのアナログ信号の変化パターンから階層型ニューラルネットワークによって同定する。さらに、知識処理によってこの結果を確認し、結果の信頼性を向上する。
これにより、プラントの状況把握がより容易になる。

* 日立製作所 大みか工場 ** 日立製作所 エネルギー研究所 工学博士 *** 日立製作所 エネルギー研究所
**** 日立製作所 原子力事業部

1 はじめに

プラント過渡状態時などに発生する警報から、プラント状態に応じて監視上重要な警報を選択し運転員に提供することは、運転員の負担軽減のために有効である¹⁾。このため、警報間の因果関係および初期事象の同定結果を用いて、2段階で重要警報を選択する技法を開発し、プロトタイプシステムによって有効性を評価した。

ここでは、プラント状態に応じて重要な警報を選択・提示する技法、および原子力プラントを対象としたプロトタイプシステムでの試験結果について述べる。

2 警報選択・提示技法

2.1 システム構成と技法²⁾

プラント状態に応じて、監視上重要な警報を選択するためのシステム構成を図1に示す。

この警報処理システムは、警報選択部、事象同定部、前処理部および表示処理部で構成している。

警報選択部は、まず前処理部の出力結果をもとに警報・プラント状態間の因果関係に基づいて重要警報を選択する。次に、事象同定部の出力である事象同定結果を用い

て、重要警報をさらに絞り込むようにしている。

また警報選択部は、事象同定結果や発生警報から判断して、当然の結果として起こるべき警報が発生しているか否かを判断し、発生していない場合には、その警報を未発生警報として表示処理部に出力する。これは、警報の表示抑制によって発生警報が表示されなかったか、何か別の理由によって警報そのものが発生しなかったのかを区別するためである。

事象同定部は、圧力や流量などの主要アナログ信号を入力し、これらの時系列信号の変化パターンによって発生した初期事象を同定する部分であり、パターン認識処理に優れ、処理速度の速い階層型ニューラルネットワークを用いている。

前処理部は、警報選択時や事象同定時に必要な発生警報の順序関係、および機器の動作状態を明らかにするために設けている。

重要警報を選択するための知識は、図2に示すように、警報属性データと抑制ルールから成る。抑制ルールを基に知識処理によって警報属性データの整合性を確認し、実時間処理のための因果関係テーブルへ変換する。警報選択部では発生警報に対して、この因果関係テーブルに

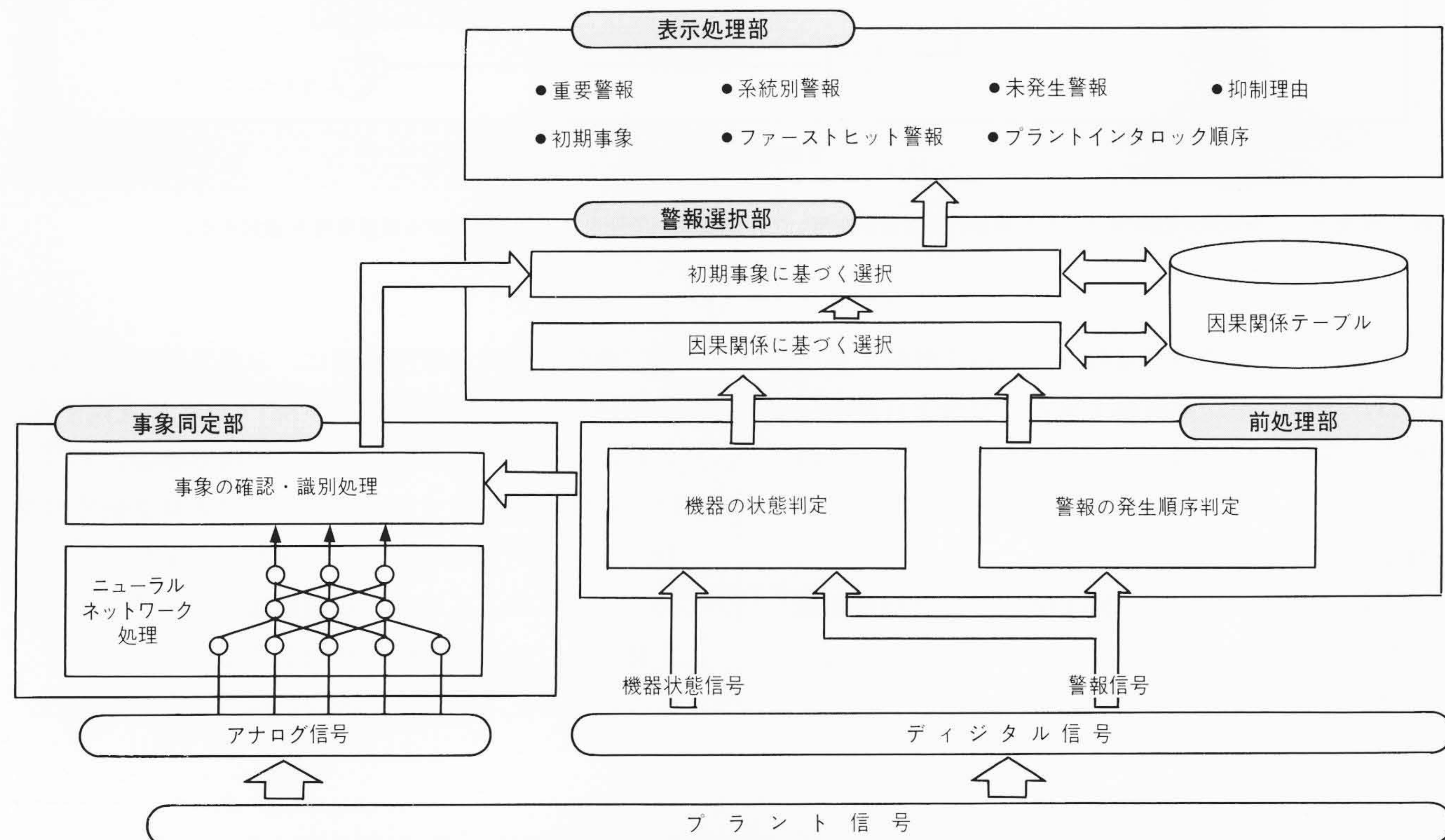


図1 警報処理システムの基本構成 システムは、前処理部、事象同定部、警報選択部および表示処理部で構成している。

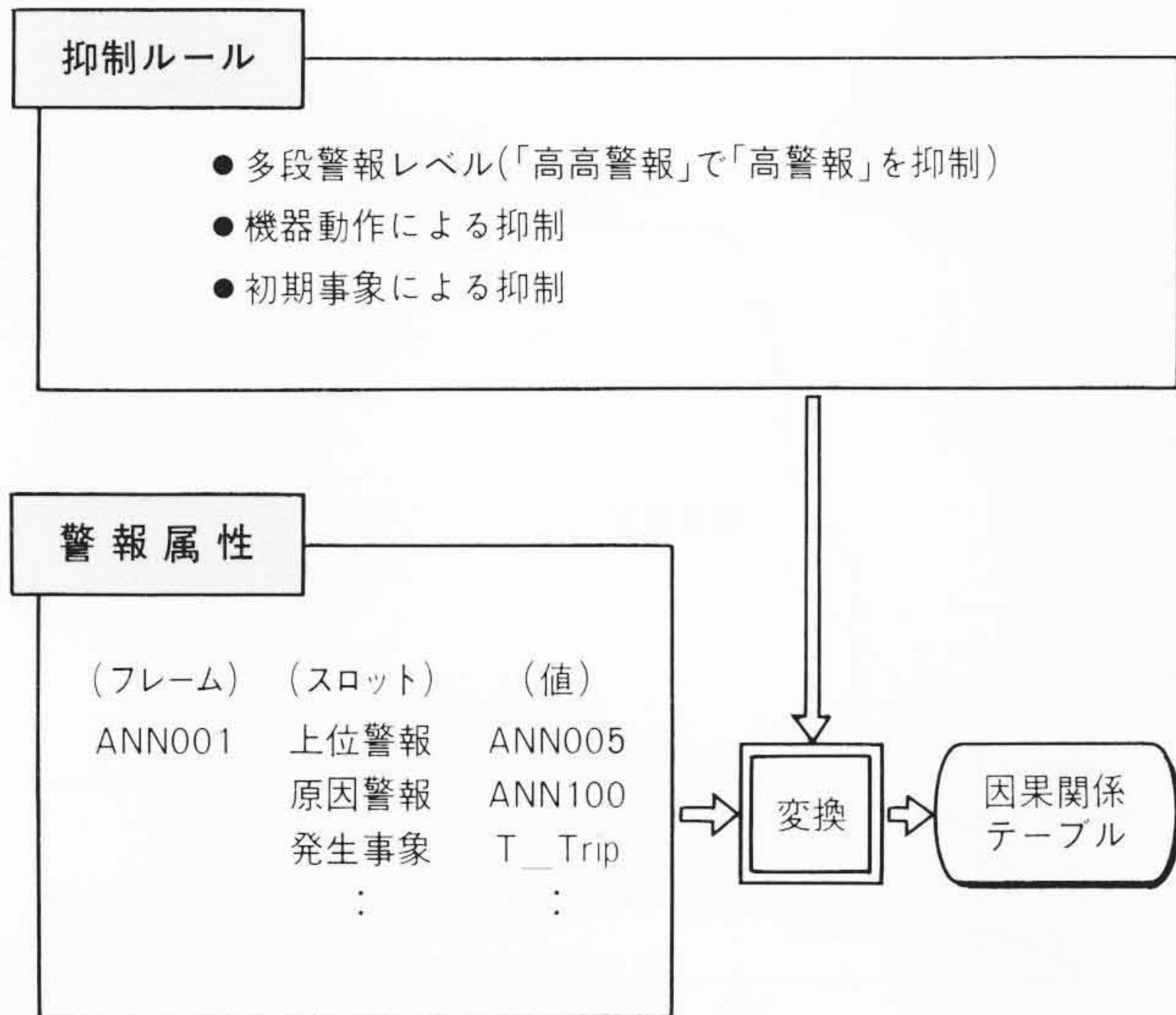


図2 因果関係テーブル作成方法 警報属性のデータと、抑制ルールから実時間処理のための因果関係テーブルを生成する。

用意されている警報の選択条件を基に、プラント状態に応じて重要な警報をテーブルルックアップ方式で選択し、副次的に発生する警報の表示を抑制する。

2.2 初期事象の同定³⁾

プラントに発生した初期事象は、図3に示すように、ニューラルネットワークと知識処理を併用して同定する。ニューラルネットワークでは、圧力、流量などについてのアナログ信号をサンプリングし、その変化パターンから初期事象の候補を出力する。知識処理部はこの結果を取り込み、弁の開閉信号などのプラント機器状態にかかわるデジタル信号を用いて、初期事象発生時の機器状態に関する知識に基づき、ニューラルネットワークの結果を確認する。また、この知識処理によってアナログ信号の変化パターンが類似して、ニューラルネットワークでは区別できない初期事象を識別することも可能である。このように、ニューラルネットワークによって高速に初期事象を同定し、この結果を異なるデータ、手法を使用して確認することにより、処理の高速化と結果の信頼性の向上を図ることができる。

ニューラルネットワークへは、連続的に変化するアナログ信号をサンプリングして取り込む。このサンプリングは、プロセス量の大きな変化の原因となる主要機器の動作信号の発生時刻を基準点として実施する。これにより、サンプリングのずれによって事象ごとの変化パターンの入力値が変化することを防止している。さらに、プロセス値の変化特性に応じてサンプリング周期を変更す

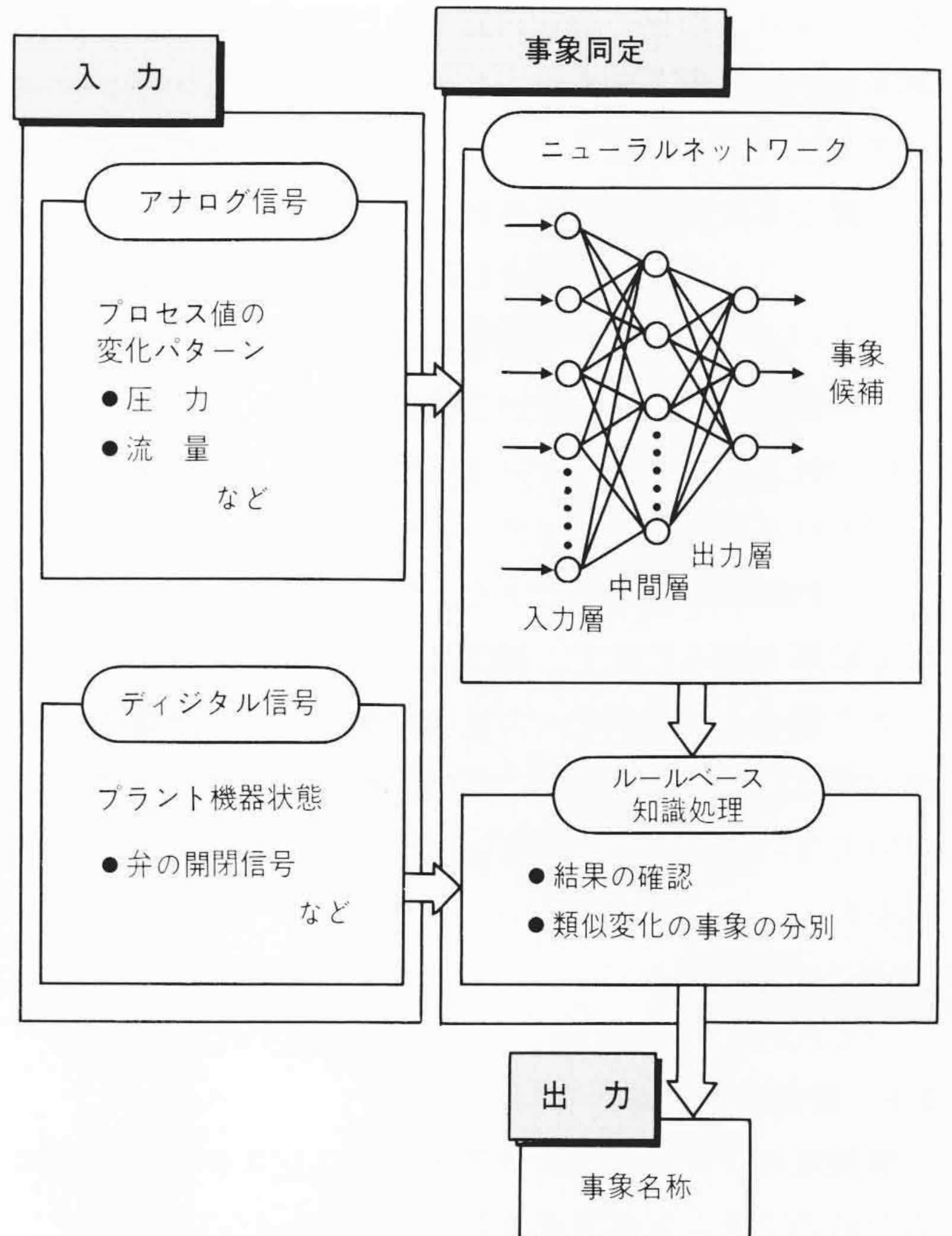
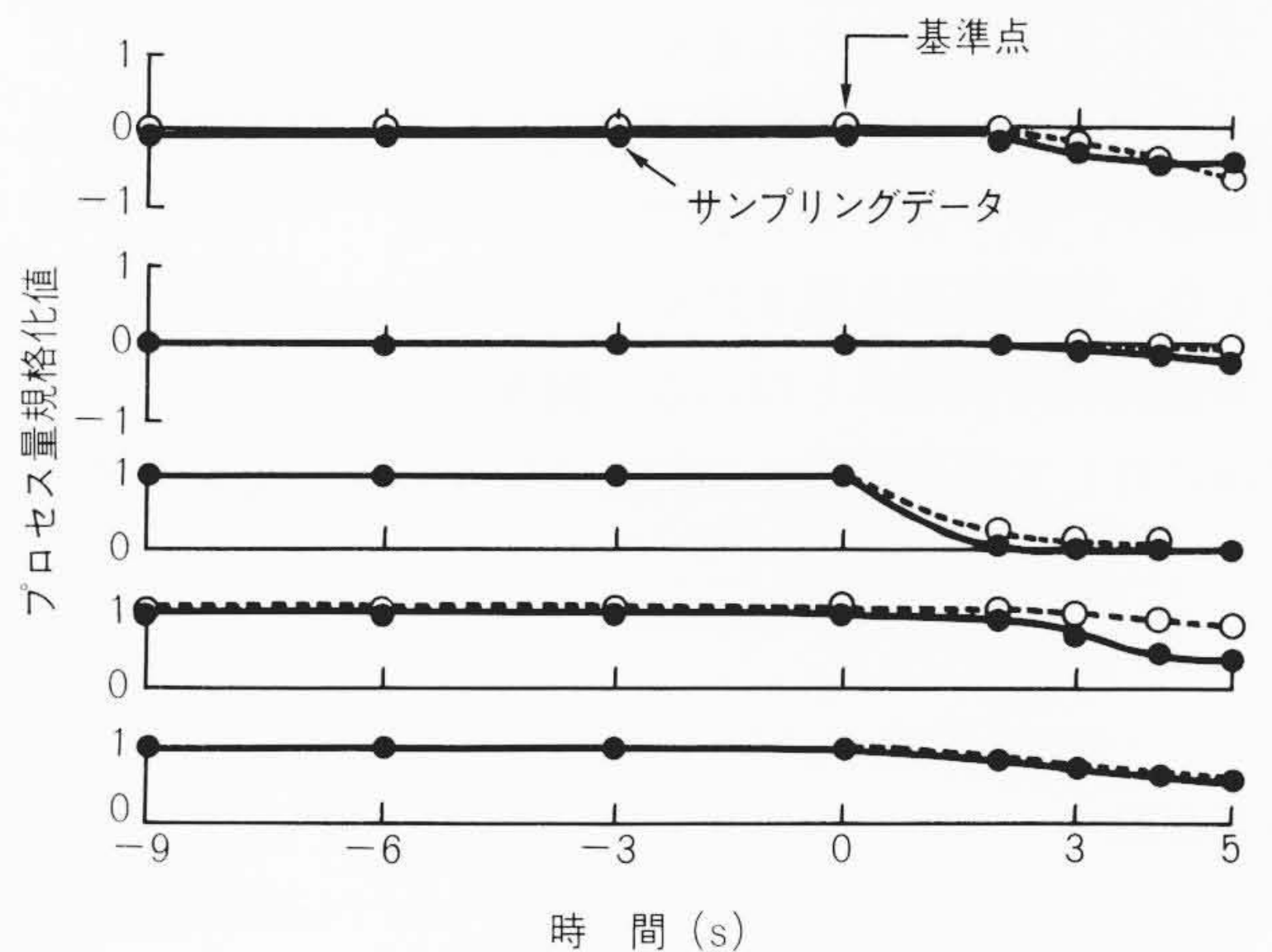


図3 初期事象の同定方法 ニューラルネットワークとルールベース知識処理を併用し、プラントに発生した初期事象を同定する。

プラント状態の異なるデータ入力時：0.002, 0.006, 0.999
教師データ：0.0, 0.0, 1.0
□ 同じ事象として同定可



注：— (学習済みデータ)
- - (プラント状態変化時)

図4 プラント状態変化時の認識結果 プラント状態が学習時と異なっても、初期事象が同定できる。

る。つまり、変化の激しい基準点以降のサンプリング周期を基準点以前よりも短くしている。これらのサンプリング方法のくふうにより、ニューラルネットワークによる正確な事象同定が実現された。

ニューラルネットワークには、プラント状態変化に伴う入力パターンの変化の影響、および入力に含まれる雑音の影響を受けにくいという特徴がある。これにより、運転の経過に伴ってプラント状態が変化し、事象に対するアナログ信号の変化パターンが学習したものと異なっても、初期事象が同定できた。原子力プラントでの事象同定結果を図4に示す。同図に示すように、学習したデータと異なるデータが入力された場合にも、事象の同定が可能である。このほか、信号に雑音が含まれる場合についても、初期事象の同定は同様に可能であることを確認した。

3 機能評価

3.1 評価システム

警報処理プロトタイプシステムと、システムを評価するためのプラント信号発生装置を開発した。

このシステムは、重要警報を選択するための知識処理機能や豊富なグラフィック表示機能などを利用するために、ワークステーション2台で構成した。

プラント信号発生装置は、シーケンスコントローラを用いた。この装置は、警報処理に必要な警報信号、機器状態信号およびプラントの主要状態量についてのアナログ信号を模擬的に発生する。

3.2 重要警報選択結果

プロトタイプシステムを用いて機能確認試験を実施した。この試験では、所外電源喪失を初期事象とする一連の事象で、原子力プラントの場合を模擬したデータを使用した。試験結果を図5に示す。

警報間の因果関係を用いると図5に示すように全発生警報に対して重要警報を約20%に絞り込むことが可能で

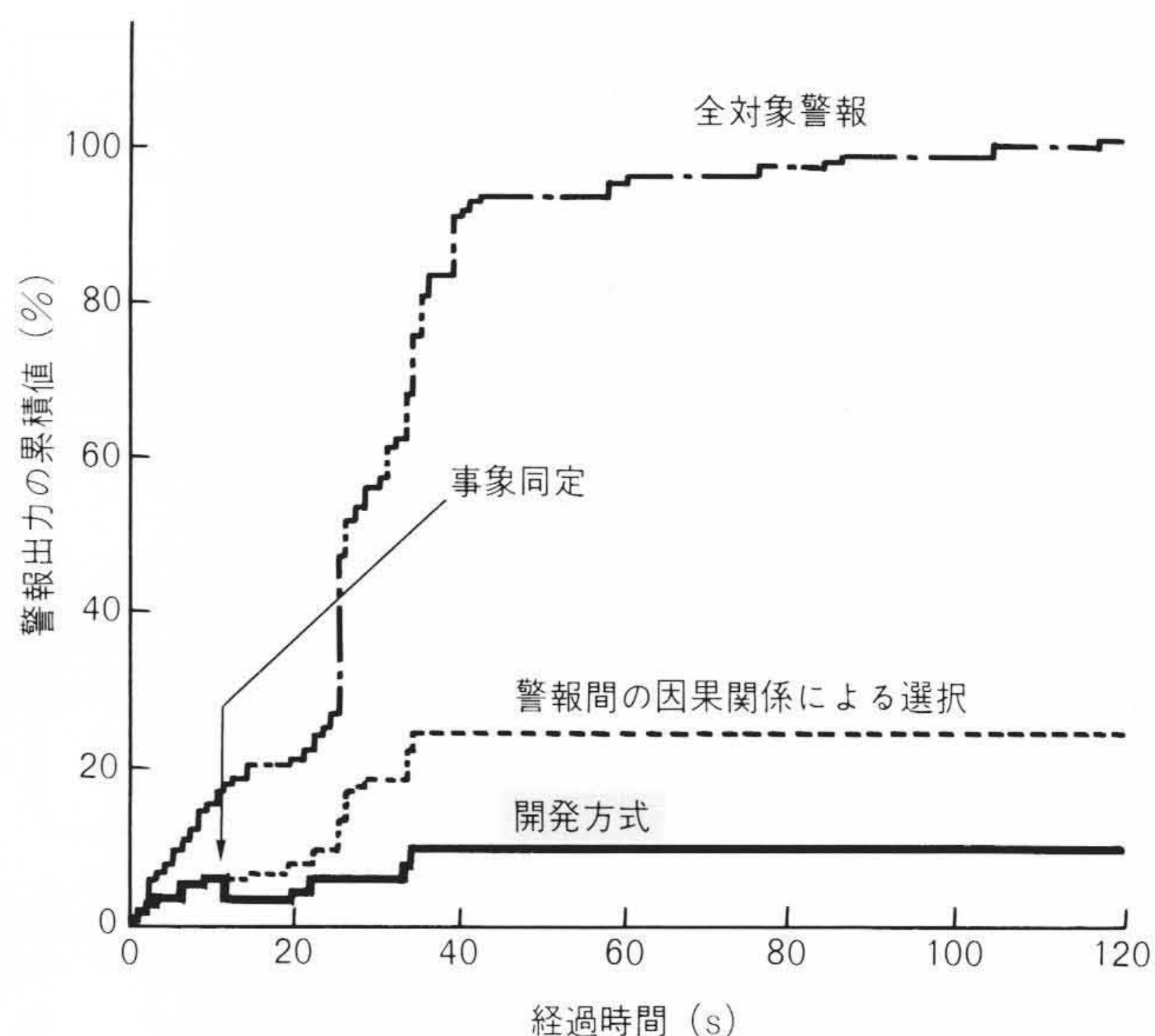


図5 開発方式による警報処理結果の例 開発方式によって、発生警報の中から監視上重要な警報を選択できる。

ある。これに加えて初期事象の同定結果を用いると、重要警報をさらに約10%までに絞り込むことができる。これは、初期事象の同定結果により、原因にかかわる重要警報を代替できることによる。表示された重要警報は、プラントの主要パラメータや重要機器の状態にかかわる警報であり、しかも、その数は絞り込まれているためにプラントの状況を容易に把握できる。

4 おわりに

プラント過渡状態時などに発生する警報のうち、プラント状態に応じて監視上重要な警報を選択して運転員に提示する技法、および原子力プラントを対象としたプロトタイプシステムでの試験結果について述べた。

この方式は、汎(はん)用的な警報の選択・提示技法として、一般産業プラントなどに対して適用する検討も進めている。

参考文献

- 1) E.M.Rinttilä, et al.: Handling and Presentation of Alarms During Nuclear Plant Operation, Nuclear Safety, Vol.27, No.3, 343~350, July-September(1986)
- 2) 有田, 外: ニューラルネットワークと知識工学的手法を

用いた警報抑制方式, 日本原子力学会, 1991年春の年会, E41(1991)

- 3) 関, 外: ニューラルネットワークと知識処理を用いた事象同定方式, 日本原子力学会, 1991年春の年会, E40(1991)