

化学プロセスの監視診断における時間概念

5Q-4

豊永哲也
出光石油化学㈱

1. はじめに

人間の行っている推論のメカニズムを考えた場合、外界からの膨大な情報を時間や空間といった特定の概念の枠組みを利用して効率よく処理していることに気づく。多くの情報をリアルタイムで処理する必要のあるプラントの運転監視システムを構築する場合、このような知識を体系化して機能設計を行っていくのが効果的である。

本稿では、化学プラントにおいてオペレータが取り扱っている時間の概念を分析し、これをもとにして診断型リアルタイムエキスパートシステムの推論方式を改良した結果について報告する。

2. オペレータの時間概念

(1) プラント状態の認識方法

化学プラントにおけるオペレータが運転管理を行う上で得られる主な情報は、計装システムより得られる各センサの現在値と、その履歴情報であるトレンドデータである。これら进行处理してプラントの状態をチェックする場合にオペレータは、「通常の状態と比較して異常はないか」あるいは「特徴的な現象が起こっていないか」という二つの点に着目している。そして表-1に示すような処理を経て運転状態の把握を行っている。

表-1 オペレータの情報加工方法

	パターン化	イベント化	時間軸の無視
加工方法	時間的に連続なデータより特徴点を抽出	特徴的な現象を捉え現象間の関係を纏む	時間の影響を無視した状態の関連を把握
得られる情報	増減の傾向、応答性 通常時パターンとの比較 雑音成分の把握	現象間の発生順序・発生頻度・経過時間	変数間の相関関係 カブリー毎の関連性 規則性(周期性)

(2) 時間処理における「知識」

表-1に示した処理を行う上で、バックボーンとなっているオペレータの時間に係わる知識の代表的なものを以下に列挙する。

ア) 時定数の見積り：機器のインベントリー、反応速度、物質移動・熱移動速度

イ) 異常の伝播状況：プロセスによる伝播、計装システムによる伝播、変動発生時の順序関係

ウ) 変数間の相互作用：リサイクル系やフィードバックループに関する動特性

オペレータはこれらの知識を、経験的知識や定性的因果関係、あるいは化学工学的な計算の結果という定量的な知識として持っており、これらを使って情報の加工を行っている。

また、異常発生時の応答時間や変化量については、通常運転中に行われる条件変更操作の際の応答などから、その系固有の変化パターンを掴んでおり、これをベースデータ（勘どころ）として利用することもある。

3. プロセス監視診断システムの概要

本稿で報告する機能は、当社千葉工場の化学プラントに導入した診断型エキスパートシステムに組み込んだものである。このシステムは、監視処理部と診断処理部の二つで構成されている。システム内部における処理の概要を以下に示す。

- i) 計装システムから一定周期で取り込まれるプロセスの数値情報は、監視処理部で「監視確信度」に変換される。監視確信度は、プロセスの変動の度合いをセンサ毎に無次元化した値で、変動の度合いに応じて絶対値も大きくなる。
- ii) 次の診断処理部で、複数の監視確信度をもとに知識ベースを起動し、異常原因の推定を行なう。その結果として、プロセスの変動を引き起

こしている原因として考えられる仮説を「診断確信度」（推定原因の確からしさを表す値）を付けて出力する。

iii) 最終的な処理結果として、①監視／診断処理結果、②確信度の計算根拠やルールの発火状態などの推論モニター、③対応措置などのガイダンスメッセージ、がパソコンに表示される。

4. 監視処理における時間の取り扱い

(1) トレンドデータの変動認識

センサ信号のトレンドデータベースは時間的に等間隔であり、これらの情報をチェックすることでプロセスの変化状態を検出できる。すなわち、
 $|(\text{検出値}) - (\text{基準値})| \geq (\text{管理値})$
 において左辺が大きくなる場合はプロセスの増減が発生していると判断する。ここで、基準値の導出を関数化し、監視確信度を生成することで変動の度合いを数値化して表現した。この時、量的基準（管理値を複数個用意し、変動量に応じて多段階化）と応答特性（応答感度の違う複数の基準で多段階化）などを組み合わせることによって、時間的な影響を考慮した。

(2) 過去の認識結果の参照

診断処理においては、複数のセンサ情報をプロダクションルールで判定し、異常原因を特定している。しかし、プロセスの変動は様々な要因で伝播していく為、何らかの原因で異常が発生したとしても、それが観測される時点では遅れが生じてルールのマッチングが行われない場合がある。

本システムでは、プロセスデータの他に監視処理結果についてもヒストリカルデータベースを持ち、更にこれを診断処理のルール上で参照できる機能を追加した。この機能を利用して過去の変動状態の履歴を記述し、前述したようなマッチングの欠落を防げるようになった。

(3) 累積和の利用

プラントで起こる実際の異常現象の中には、極めてゆっくりとした変化で進行するものもある。このような場合、管理値を越える頃には異常はかなり進行しており発見が遅れる可能性がある。

このような異常に対しては、次式で示すような累積和を監視しておいて、これが管理値を越える状態を監視するのが有効であった。

$$\sum \{ (\text{検出値}) - (\text{基準値}) \} \geq (\text{管理値})$$

5. 診断処理における時間の取り扱い

(1) 過去の診断結果の参照

本システムでは監視処理部と同様に診断処理部においても診断処理の出力である推論結果の履歴を参照できるようにした。この機能を利用して、①診断結果の履歴のモニタリング（過去の診断結果の時系列表示および確信度の変化率表示）②推論中の確信度比較（例えば因果関係の深い計器間の診断に利用）などの処理が可能になった。

(2) 変動の発生順序情報による診断

変動の影響が伝播し、観測される現象が拡大していく状況で推論を進めていくと、プロセス上で近接した機器の故障などは極めて近い条件となり原因の特定が困難になる場合がある。このような事例を解析した結果、変動の発生する順序が原因の特定に重要な情報であることが判った。

本システムにおいては、異常原因毎に考えられる変動発生順序に関する情報を知識ベースに事前に登録しておく。この情報を使って、ルールに記述されている条件が変動の発生順序とマッチした場合には、診断確信度を補正するアルゴリズムを組み込んだ。これを利用すると、通常のプロダクションルールの記述に加えて変動の発生順序を知識ベースに登録するだけで、変動の発生順序を考慮した診断確信度の補正が自動的に行われる。

6. まとめ

これまでに記した機能を付加することによって
 ア) 変動検出感度の向上

イ) 異常の進展に応じた定量的指標としての確信度の有効性

等が確認され、診断精度の向上が可能となった。

今後の課題として、現在はシステム内部の「部品」として個々に利用されているこれらの機能を統合し、より高い次元でプラント運転管理の時間概念を処理できるシステムの構築を目指したい。

参考文献

[1] プロセスシステム工学第143委員会：化学プロセス運転管理技術のインテリジェント化、日本学術振興会、テクニカルレポート No. 2、1988