

## プロセス監視システムのルール構築手法

3D-8

○富田昭司 藤村 茂 鈴木 明  
(横河電機株式会社)

## 1. はじめに

我々は、知的システム構築用シェルAUK<sup>1)</sup>の評価として、蒸留塔運転訓練用ガイダンスシステム<sup>2)</sup>を作成してきた。ここでは、その知識ベース構築過程の解析を行うことにより、プロセス監視システムの1つのルール構築手法を提案する。

ガイダンスシステムは、プラント(シミュレータ)の状態に応じて、オペレータが必要とするであろう情報や対処法を、適時、推論し提示する機能をもっている。この情報を提供する機能は、プロセス監視機能(通常監視)によって実現されている。

通常監視の基本方針は、必要最小限の指示である。“この状態が進めば、やがては異常になる”ということを判断し、そのためにどのような対処が必要か推論する。この推論を実現するルールの記述は、次の理由より難しい。1)プラントの全データを収集して解析するにはあまりにもデータが多すぎる。2)たとえ解析できたとしても、それが次にどのような状態になるのかを定量的に予測するのは難しい。1)に関しては、プラントの状態遷移モデルを構築して、状態に応じた注視点の切り換えを行うことで解決している。しかし、2)に関しては、定性的に扱う手法が必要である。

## 2. 蒸留塔運転訓練用ガイダンスシステム

図1にシステムの概観を示す。計器類を表わすウィンドウをマウス操作することにより、蒸留塔スタートアップ操作の訓練を行うことができる。ガイダンス機能として次の4つの機能をもっている。

- 1) オペレータが成すべきことをしなかった場合のガイド
  - 2) オペレータの誤操作に対するガイド
  - 3) オペレータからの操作手順の問い合わせに対するガイド
  - 4) 緊急状態でのオペレータの対処法のガイド
- システムは、まず、上述の機能に応じてモジュール化を行い、さらに、プラントの状態に

じてモジュール化を行っている。知識ベースはモジュール単位で構築しているため、容易かつ簡潔に記述できる。

## 3. 通常監視ルールの構築過程の実際

## &lt;3.1&gt; 知識の抽出・整理の実際

監視ルールの抽出の難しさは、1)注視点の選択、2)異常の予知、3)対処法の決定の複雑さにある。1)は、多くのプラントデータから必要最小限のデータを選択しなければならない。2)は、注視点の状態における異常を推定しなければならない。3)は、対処法が複数ある場合にどれを優先させるか決定しなければならない。これらは、次のようにして解決している。

- 1) プラント状態に応じてモジュール化を行う。
- 2) 注視点の取り得るすべての状態を考え、その中から重要な状態を抽出する。各状態でどのような場合に操作要となるかを実際にシミュレータを操作して見つけ出す。
- 3) 選択の優先順位を決定する戦略を決める。

ここで、還流のみによる平衡状態を作るステージを例に、2)、3)の場合を考える。注視点は塔底レベルL101とRefluxDrumレベルL102であり、操作端は、還流バルブF102とスチーム流量バルブF103である。

## ①異常の予知

2つのレベル計の取り得る状態変化の場合分けを行い重要な組合せを抽出する。その組合せを1つのプラントの状態とし、このとき、どのような場合に操作要となるかを抽出する。図2a)の状態が重要な組合せの1つであり、図2b)

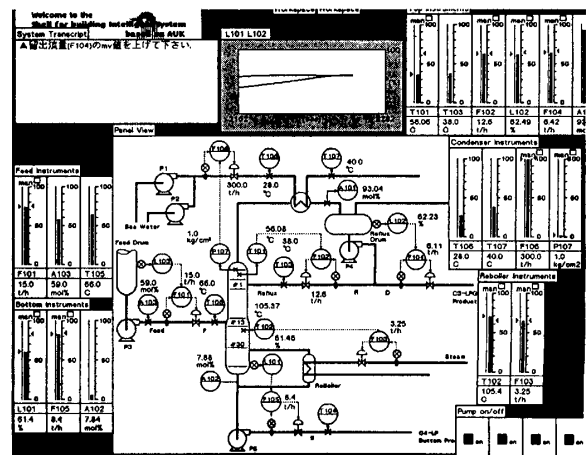


図1 ガイダンスシステムの外観

## A Method of Rule Construction for Process Observation System

Shoji Tomita, Shigeru Fujimura, Akira Suzuki  
Yokogawa Electric Corporation

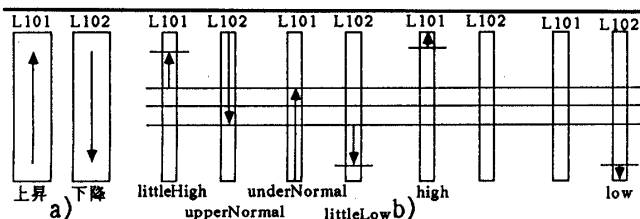


図2 注視点の状態と操作要状態

が考えられる操作要状態である。

### ②対処法の決定

操作要状態に対する対処法の決定に対して、次の戦略を用いる。

#### [戦略]

- 1) ある注視点が危険状態を示している場合は他に優先する(機器の選択)。
- 2) ある注視点が過渡状態にあり正常値に向かっている場合は他を優先する(機器の選択)。
- 3) 操作しなければならない計器の状態により操作価値の高い計器を優先する(操作の選択)。(1つの操作で両方を調節できる操作は優先する:例)還流バルブF102)

### ③.2) ルールの実装

実際にルールを作成する。レベル計の現在の定量値から2種類の定性値への変換を行う。まず、レベル値から、high, littleHigh, normal, littleLow, Lowへ変換し、次に、変化の方向から、upperNormal, underNormalへ変換する(図3参照)。変換後の定性値を使って推論を行い、異常の予知と対処法を判断する。例えば、図2b)、図3より、L102がどのような場合でもL101が80%を越えていれば、L101を減らす操作をしなければならない(戦略1))。そのため、F102を閉めるか、F103を開けるかする。戦略3)に従うとF102の操作を優先することになる。図4のようなルールが獲得できる。

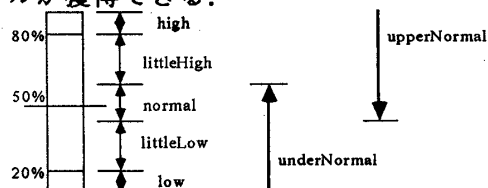


図3 定性値への変換

```
A. if (name:#L101 level:level) [level >= 80.0]
  then (name:#bottomLevel value:#big)

B. if (name:#bottomLevel value:#big)
  then (name:#infer value:#bottomLevelsUp)

C. if (name:#infer value:#bottomLevelsUp)
  (name:#F102 mv:mv) [mv > 50.0]
  after [Transcript show:'F102のmv値を下げてください';cr]
```

A: 定性値への変換。

B: 塔底レベルが高いことについて推論。

C: 還流バルブF102の開度が半分を越えていればバルブを閉める

メッセージの出力。図4 ルール例

### 4. ルールの自動生成へのアプローチ

通常監視ルールは、実際にシミュレータを操作して得られた定性的な結果を基にルール化した。その定性値を利用した推論により、異常の予知と対処法を決定した。そこで、現在の定量モデルから定性モデルを構築し、定性モデルの定性シミュレーションによるルールの自動生成を考える<sup>3)</sup>。定性シミュレーションから次のことを獲得する。

1) ある調節計の操作(複数同時可)により、レベル計はどのような状態になるのか。

2) レベル計をある状態にしたいとき、どの調節計をどのように調節すればよいのか。

1)のシミュレーションの結果、調節計とレベル計の因果関係を知ることができ、その結果を踏まえて逆を辿り、レベル計の状態をある状態に保つにはどの調節計をどのように調節すればよいのかを抽出する。さらに、調節計の調節によるレベル計の考えられる状態の発見を行うことにより、状態遷移モデルの構築を行うことができる。

### 5. おわりに

通常監視ルールの構築過程の実際を中心に述べてきた。この構築過程より、プロセス監視システムの一般的ルール構築法を考察する。まず、プラントの各状態での注視点の決定をする。次に、注視点の組合せを考え、その中で重要な組合せを抽出する。操作要となる場合を見つけるためにシミュレーションで確認する(→定性シミュレーションによる獲得へ)。対処法が複数存在する場合は[戦略]に従う。

以上の一連の作業からルールを獲得してゆく。この手法は蒸留塔プロセスに限らず、他のプロセス監視システムの構築に際しても有用である。今後は、定性モデルを利用した定性シミュレーションによるルールの自動生成の試みを行ってゆくつもりである。

### 参考文献

- 1) 藤村他: オブジェクト指向知識表現を用いた知的システム構築用シェル, 第37回情報大全(1988)
- 2) 富田他: 知的システム構築用シェルAUKによる蒸留塔運転訓練用CAIシステム, SICE第9回知識工学シンポジウム(1989)
- 3) 石田: 定性的推論を利用したプロセス診断知識獲得-定性的シミュレーションによる診断ルールの生成, 信学会論文誌, Vol. J72-D-II (1989)