

4F-1

白水 隆司 溝口 文雄  
東京理科大学 理工学部

1. はじめに

定性推論は、システムの定性的な記述から挙動を導き出すことが目的とされている。

定性推論におけるモデル化の方法として、de Kleerの構造を基にした方法[2]、Forbusの物理的プロセスを基にした方法[3]、Kuipersの制約記述[4]などがあるが、対象系のモデルと推論を対応づけるためには、構造を基にしたモデルベースのアプローチが必要である。

このような目的で開発した定性推論のためのモデル化支援システムMODELER[5]は、QSIMベースの定性推論システムに対象系の構造から推論に必要なモデルを提供する。しかし、MODELERにはモデル推論機能がなく、対象系の構造になんらかの異常が起こった場合に対応することができない。

そこで本論文では、対象系の定性的な挙動比較から、モデル修正を行なう一方法を示し、気体プロパン生成プラント[6]を例に述べる。本システムはSun3ワークステーション上にQuintus-PrologおよびGKSを用いてインプリメントされている。

2. 定性推論におけるモデル化

モデル化には結合に関する情報と、コンポーネントに関する情報を用いてモデル化される。

図1は気体プロパンの生成プラント[6]である。

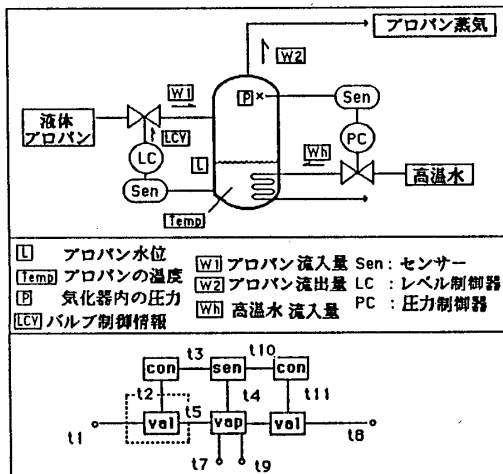


図1 気体プロパンの生成プラント

図1のプロパン生成プラントの構造を入力すると、図2のような内部的な構造表現言語に変換され、推論に必要なモデルを生成する。

```
sensor(sensor3,t4,t3,t10).
valve(val4,t8,t6,t11).
vaporizer(vaporizer5,t5,t4,t6,t7,t9).
valve(val6,t1,t5,t2).
terminal(t11,valve_resistance).
terminal(t8,hot_water).
```

図2 プロパン気化器の構造記述言語(抜粋)

推論に必要なモデルは、MODELERによって図3のように生成される。しかし、この生成されたモデルは正常時(設計時)のモデルであるので、対象系の構造的変化に対応することはできない。

```
mon_increase(P,T).
add(DW,W2,W1).
deriv(L,DW).
mul(W0,AL,W1).
mul(Wh0,AP,Wh).
mul(P,Yp,T).
mul(S,L,Y1).
add(Yp,Y1,Yt).
```

図3 生成されたモデル(抜粋)

このように生成されたモデルから定性推論すると、複数個の予測挙動からなる予測挙動集合が得られる。

もし、システムに与えた構造モデルが実際の対象系の構造と同じであれば、対象系の挙動は、この予測挙動集合の中に必ず含まれる。故に、挙動予測集合の中に対象系の実際の挙動が含まれていないならば、それはシステムに与えた構造モデルに実際の対象系とは異なる構造モデルが含まれているからである。

このような場合、構造モデル修正機構が働く。

3. 構造モデル修正法

構造モデルを修正するには、対象系に関する真の挙動が必要である。構造モデルが実際の構造と異なっている場合は以下の処理を行なう。

- (1) 実際の挙動(観測値)と挙動予測と異なるパラメータを時間ごとに求める。
- (2) 時間的に最も早く観測挙動と挙動予測の食い違いが起こったパラメータが変化したことによって、他のパラメータに関する観測挙動の食い違いが因果解析によって示すことができるかを調べる。
- (3) 異なる挙動を示したパラメータに関する制約がどの構造を元に生成されているかを調べる。

(4) モデル修正必要箇所において、原因となっているパラメータを観測挙動のように修正する。

例として、プロパン気化器のvaporizer5に入力する液体プロパンの流入量w1が通常よりも少ない挙動の際にどのように修正するかについて示す。

表1 正常挙動と異常挙動の例

qt	注目しているパラメータ						
	L	T	P	W1	W2	Wh	LCV
挙動A	1	0	0	0	-	0	0
	2	-	+	+	-	+	-
	3	-	+	+	+	+	-
	4	+	-	-	+	-	+
挙動B	1	0	0	0	-	0	0
	2	-	+	+	-	+	-
	3	-	+	+	-	+	-
	4	-	+	+	-	+	-

平衡状態よりも大 ..... +, 挙動変化   
 平衡状態よりも小 ..... -, qt: 定性時間  
 平衡状態と等しい ..... 0

挙動Aは、パラメータw1が正常値よりも少ないという外乱に対して、対象系がどのようにふるまうかを示した予測挙動である。一方挙動Bは、同じ外乱に対しての観測挙動である。

この表1の挙動A、Bを比較すると、定性時間3におけるw1において、予測と異なった挙動が観測されている。そして、このw1が低下したことから因果解析を用いることによって、定性時間4で起こった異常挙動を説明することができる。(図4参照)

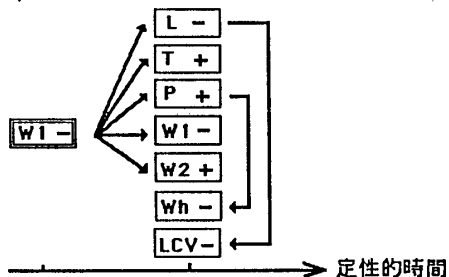


図4 異常パラメータの因果解析

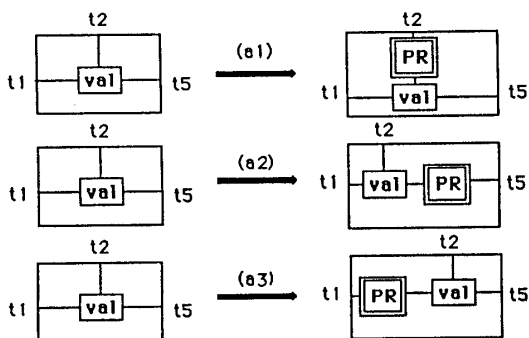


図5 コンポーネントモデルの修正

ここで、w1に関する制約式を生成した構造は、図2の構造表現言語におけるvalveのvalve6とこのvalveがvaporizerと接続しているターミナルt5である。

valveに関する構造修正は図5のように修正することができる。ここで、図中のPRは正の抵抗を意味する。

正の抵抗PRを入れているのは、パラメータw1を修正前のモデルよりも小さくするには”流れ”に対して正の抵抗をいれることによって実現できるからである。

さらに、ターミナルt5に対する”流れ”に関する法則に対して構造修正すると図6のようになる。ただし、ターミナルに関する修正は、ターミナルの前後で、新たなコンポーネントPRが存在するという構造変更を行なう。

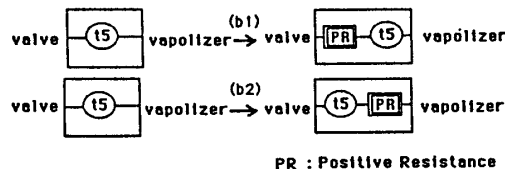


図6 ターミナルにおける流れ則に関する修正

図5および図6のような構造修正を行なうことで、挙動に合致した構造モデルとすることができる。この修正モデルは、一般に複数生成され、重複する修正モデルは除かれる。修正モデルを基に定性シミュレーションを行なうと、この例では、すべてのモデルに関して、表1における挙動が挙動予測集合の中に含まれている。挙動予測集合の中に含まれていないのであれば、その修正モデルは除くようになっている。

#### 4. まとめ

対象系の挙動から構造モデルの修正必要箇所を求め、それを挙動に応じたモデルに修正する一方法について示した。これは、Weld[1]の比較解析のように、対象系の正常予測挙動と観測挙動を比較することによって実現している。

また、故障診断等にこの方法を応用する場合には、構造異常を起こしている箇所に関する物理的知識と過去の故障発生に関する知識などが必要である。

#### 5. 参考文献

[1]Daniel S.Weld : Comparative Analysis,Artif. Intell., Vol. 36, pp. 333-373(1988).  
 [2]de Kleer, J. and Brown, J. S. : A Qualitative Physics Based on Confluences, Artif.Intell., Vol. 24, pp. 7-83(1984).  
 [3]Forbus, K. D., Qualitative Process Theory, MIT Ph. D Thesis, 1984.  
 [4]Kuipers, B. J., Qualitative Simulation,Artificial Intell., Vol. 29, pp. 289-338(1986).  
 [5]溝口, 白水, 大和田, 定性推論のためのモデル化支援システムの開発, 人工知能学会第2回全国大会予稿集pp.65-68(1988).  
 [6]T.Umeda and T.Kuriyama: A Graphical Approach to cause and effect analysis of chemical process ing systems, Chanical Eng. Science, Vol. 35, pp. 2379 -2388(1980).