

モデルに基づく複合系システムの故障診断(1) - モデル/シミュレーション - *

2F-3

村田 真人, 吉瀬 隆, 内藤 広志, 柵木 孝一†
 キヤノン(株) 情報システム研究所†

1 はじめに

専門家の持つ経験則をプロダクションルールなどの形式で蓄えた従来型の知識ベースシステムには、未知の事象に対しては対応できない、知識に汎用性がない、知識獲得が困難といった問題がある。この問題の一解決手法として、対象機器の構造及び機能を記号を用いて表現する対象モデルの概念^[1]が注目されている。

我々は現在、この対象モデルの概念を複写機に適用し、故障診断システムや初級サービスマン向けのCAIシステムへの応用を目的として研究を行なっている。

本論文では、プロセスモデルと呼ぶモデル化手法を提案し、試作したモデルシミュレータと、複写機への応用事例について報告する。なお、本論文で報告する研究内容はエキスパートシステム構築ツールCHORUS^[4]を拡張する形で実現されている。

2 プロセスモデル

複写機のような電気、機械、物理、光学などの様々な系が密接かつ複雑に結合することによって構成されている機器のモデル化は、部品の機能や部品間の関係を一つの枠組で表現することが難しく、Davis^[2]らが電気回路に適用したモデル化手法だけでは実現できない。この課題に対して、梅田^[3]らはモデルを系ごとに階層化し、階層間にリンクを張ることによって、機器全体をモデル化する手法を提案している。しかしながら、複写機における電気系と物理系のように、機器の中には系の切り分けを行なうのが難しいものも存在するため、系を切り分けることなく統一的な枠組で機器全体をモデル化できるような手法が望まれる。

2.1 基本的概念

本モデル化手法は、あるまとまった機能単位を一つのプロセスとして表現し、処理順番に基づいて結合された複数個のプロセスによって、機器全体の機能を表示しようとするものである。

一つのプロセスは入力媒体を x 、それに対して処理を行ない変更が加えられた出力媒体を x' 、プロセスの機能と内部状態をそれぞれ f, H として、次のように定式化できる。

$$x' = f_H(x)$$

媒体とはプロセス間の情報伝達を担う媒介物である。媒体は複数の属性を持つことが可能であり、一度に複数の情報を伝達することができる。この概念を導入することによって、媒介物がプロセスを通して変化していく様子を自然に表現することが可能となる。

内部状態はプロセスの機能を実現している部品の状態や、部品間の関係の状態によって表現される。これら内部状態を表現する状態項目のそれぞれをプロセスの要因と呼ぶ。

部品はプロセスの機能を実現するものと位置付け、その情報として、属性、動作などを持つ。部品の状態は、他の部品の状態を決定する以外に、プロセスの機能を決定する要因としても用いられる。

以上をまとめたプロセスモデルの考え方を図1に示す。

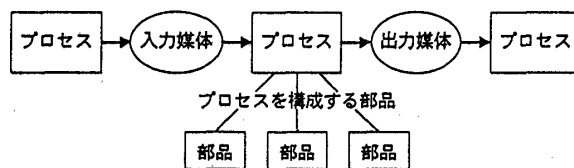


図1: プロセスモデル

2.2 表現手法

実際のモデル化に際しては、プロセス、媒体、部品の3つに関して記述を行なう。内部的には、一つのプロセス、媒体、部品がそれぞれ一つのフレームに対応している。

〈プロセスの記述〉

```

(def-process-class プロセス名
  (has-components {構成部品名})
  (previous-process {前プロセス名})
  (next-process {後プロセス名})
  (input {(入力媒体名 {<属性名>})})
  (output {(出力媒体名 {<属性名>})})
  (factor {要因})
  (behavior {動作規則}))  {}:繰り返し可
    
```

behavior スロットには、入力媒体属性の状態や要因の状態が、出力媒体属性の状態を決定する規則を記述する。これらの規則の集合がプロセスの機能を表示する。例えば次の例の1番目の規則は、要因である一次帯電部の帯電能力属性の状態が正常であれば、入力媒体ドラムの暗部帯電電位属性の状態

*Model-Based Diagnosis for Complex System(1) - Model / Simulation -
 †Makoto MURATA, Takashi KISE, Hiroshi NAITO, Koichi MASEGI
 †Information Systems Research Center, CANON Inc.

に関係なく、出力媒体ドラムの暗部帯電電位の状態が Vd となることを示している。

```
[ 複写機の一次帯電プロセスにおける動作記述の一例 ]
(behavior
  (ドラム<暗部帯電電位>
    (rule (一次帯電部<帯電能力> ドラム<暗部帯電電位>)
      ((正常 *) → Vd)
      ((過多 *) → Vd+δ))))
```

〈媒体の記述〉

```
(def-media-class 媒体名
  (attribute {属性定義}))
```

媒体は、複数の属性を持つことができる。

〈部品の記述〉

```
(def-parts-class 部品名
  (super-classes {上位クラス部品名})
  (component-of {所属プロセス名})
  (part-of {親部品名})
  (has-parts {子部品名})
  (attribute {属性定義})
  (connection {接続関係})
  (behavior {動作規則}))
```

part-of, has-parts スロットにより、機器の実構造を表現する。attribute スロットには、部品の状態を表現するための属性を定義する。behavior スロットには、属性の状態が、他の属性の状態を決定する規則をプロセスの場合と同様の形式で記述する。connection スロットには、電気部品の接続に加えて、力学的接続や温度的な接続関係など、情報の伝達が行なわれる接続関係全てを記述する。

2.3 モデルシミュレーション

モデルシミュレータは、記述されたモデルからシミュレーションルールを自動生成し、CHORUS の推論エンジンを用いて、シミュレーションを行なう。

モデルシミュレーションには以下の2つのレベルがある。

1. 部品レベルシミュレーション
部品の状態設定にしたがって、部品間の情報の伝達や、部品動作のシミュレーションを行なう。このシミュレーションにより、プロセスの内部状態(要因の状態)が決定する。
2. プロセスレベルシミュレーション
プロセスの内部状態設定にしたがって、媒体を介した情報の伝達をシミュレーションする。

機器全体のシミュレーションを行なう場合には、まず部品レベルシミュレーションを行なってプロセスの内部状態を決定し、次にその内部状態にしたがってプロセスレベルシミュレーションを行なう。

2.4 複写機への適用

我々がモデル化の対象としている複写機は、基本的に図2に示すような8つの処理ステップによって、複写画像を形成して

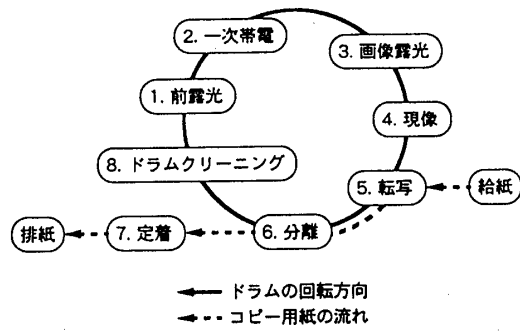


図 2: 複写画像形成処理の流れ

いる。各処理ステップは流れてきたドラムやコピー用紙に対して処理を加えて、次の処理ステップに渡している。そこでモデル化は、図2の各処理ステップをプロセスに、ドラムとコピー用紙を媒体にそれぞれ対応させることによって行なった。

今回のモデル化では正常時の機能だけでなく、「一次帯電線が切れていたら放電しない」のような設計時に既にわかるような不良時の動作についても記述した。従って、不良動作のシミュレーションが可能であり、例えば一次帯電線の状態を”切れ”に設定して全体シミュレーションを開始すると、一次帯電処理において感光ドラムが帯電しないために複写画像は形成されず、出力画像が”真白”という結果が出力される。

本モデルシミュレーションを実際に複写機のサービスマンに見てもらった結果、故障原因がどのように各処理に影響を与え、不良画像がどのような理由で出力されるのかが理解し易いとの評価を得ることができた。

3 おわりに

複合系システムをモデル化するために、プロセスモデルと呼ぶモデル化手法を提案し、モデルシミュレーションと複写機への適用事例について述べた。プロセスモデルは正常時の知識ばかりではなく、不良時の知識についても記述できる枠組を持っている。本手法はまだ複写機のモデル化にしか適用していないが、プロセス、媒体などの特徴により従来のモデル化手法に比べて、モデル化の対象を拡大できたと考える。

今後の課題としては、ユーザインタフェースを充実し、グラフィカルな手法を用いてモデルを構築する環境を実現することがあげられる。

参考文献

- [1] 上野, “対象モデルの概念に基づく知識表現について— 深層知識システムへのアプローチ—”, 信学技法, AI86-4, 1986.
- [2] R.Davis and W.Hamscher, “Model-based Reasoning: Troubleshooting”, *Exploring Artificial Intelligence: Survey Talks from the National Conferences on Artificial Intelligence, Chapter 8*, pp.297-346, 1988.
- [3] 梅田ほか, “対象モデルに基づく定性物理を用いた故障診断”, 第3回人工知能学会全国大会論文集, 6-9, 1989.
- [4] 飛鳥井ほか, “エキスパートシステム構築ツール CHORUS (1)-(3)”, 情報処理学会第37回(昭和63年後期)全国大会講演論文集(II).