

モデルに基づく複合系システムの故障診断(2) — 診断法 — *

2F-4

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

従来のエキスパートシステムによる専門家の経験的知識をルール化した故障診断法では、知識が完全でない場合にうまく動作しないという問題があった。症状から原因を導く診断ルールの形式で完璧な知識を構築するのは難しい上に、それを保守するのも困難である。そこで設計時の知識である装置のモデルに基づいて診断を行なう方法が提案されている^[1]。

しかし、複写機のモデルは複雑で、電気回路の様に部品の動作規則と部品間の接続関係だけでは記述できない。そこで、我々はプロセス、媒体、部品の3つの概念からなるプロセスモデルを考案し、動作規則を属性間の因果関係で定義することにより複写機のモデルを記述した^[2]。

モデルに基づく故障診断の一般的な特徴として、不完全な知識でも記述の範囲内では動作するという長所の半面で、計算の量が大きいという欠点が指摘されるが、ここに提案する本診断法では部品の信頼性と検査コストの両方を考慮することにより計算量をなるべく抑えながら可能性の高い候補を生成し、バランスの良い診断を行なうことができる。

2 モデル

我々のモデル記述の特徴は、次のようなものである。

1. プロセスモデル(図1)により装置を記述する。

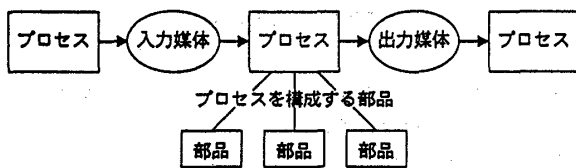


図1: プロセスモデル

プロセス 装置全体の機能はプロセスの機能の組合せで実現される。プロセスは入出力媒体、所属部品、そしてそれらの属性の間の影響関係を示す動作規則を持つ。複数のプロセス間には順序関係がある。

媒体 装置全体の機能を果たすためにプロセス間で情報を伝達するもの。媒体は属性を持つ。

部品 部品はそれぞれいくつかのプロセスに所属する。部品は属性、部品の親子関係、動作規則を持つ。

2. Davis^[1] では、正常な入出力値の対応関係で部品の動作規則を記述するが、我々のモデルでは動作規則を属性間の因果関係で定義する。入出力は属性の1つと考えることができるので、より広い範囲の装置をモデル化できる。

3 診断法

故障診断はモデルに記述された動作規則(属性間の因果関係)を逆にたどって、症状を根とし結果から原因へ枝をのばす因果関係木の展開を行なうことと考えることができる。まず、故障の症状を説明できるような故障原因候補を生成し、検査により候補の絞り込みを行ない、故障原因を特定する。

優れた診断方法として望まれるのは、可能性の高い故障原因候補を先に生成し、効率の良い検査によって早く絞り込むことである。そこで、次の2つの評価尺度を定義する。

部品の信頼性 部品の設計・製造で定まる信頼性を数値(5~1)で表現する。数値の低い方が故障し易い。また、個々の装置の使用状況データを管理し、耐久保証期間を越えた部品の信頼度は0とする。

検査コスト 検査項目実施の手間をコストの低い方から、確認/測定/交換/困難で定義する。装置によってはコストとして金銭的な費用を採用することも考えられる。

3.1 診断手順

本診断では症状を入力すると診断結果として故障原因候補と検査項目が表示される。そして更に検査結果の入力により診断結果が更新される。この繰り返しで診断が進められる。具体的な診断手順は次のようになる。

1. 正常時のシミュレーションを行ない、媒体/部品の属性の正常値とその信頼度を求める。
2. 故障の症状を入力し、診断レベルを0に初期設定する。
3. 症状から原因に遡って因果関係木を展開するが、診断レベルと等しい信頼度の属性だけを対象に故障原因候補、検査項目を生成する。
4. 故障原因候補がなければ診断レベルを1増やして、
 - (a) 診断レベルが5を越えていなければ Step 3 へ。
 - (b) 診断レベルが5を越えていれば診断失敗。
5. 生成されたうちでコストが最小の検査項目と、故障原因候補を全て表示する。
6. 入力された検査結果に従い、因果関係木の更新を行なう。
7. 故障原因が特定されていなければ、Step 4 へ。

*Model-Based Diagnosis for Complex System(2) — Diagnosis —
 †Takashi KISE, Hiroshi NAITO, Koichi MASEGI
 ‡Information Systems Research Center, CANON Inc.

3.2 特徴

本診断法の特徴を以下に示す。

1. 前述の2つの評価尺度を用いて効率の良い診断を行なう。
すなわち、故障原因候補の生成では信頼性の低い部品を先に行なう。また、検査コストが低いものだけを表示することでユーザの認知的負荷を軽減する。
2. 検査の実行を保留して先に診断を進めることも出来るので、ユーザの自由度が高いシステムになっている。
3. たとえ、原因候補がなくなり診断が失敗しても故障原因の存在範囲やモデルの不完全な部分を割り出せる。

4 事例 (複写機)

複写機のシミュレーション^[2]で作成したモデルに、診断で必要になった部品の信頼性、検査コストの情報を付加したモデルを用いて、画像不良の診断システムを作成した。

4.1 インプリメント

モデルに基づく診断システムを新たに作成するよりは、既存のエキスパートシステム構築ツール CHORUS^[3]を利用するのが便利であると判断して、モデルから故障診断ルールを生成するトランスレータを作成し、CHORUSの推論部と接続して、モデルに基づく故障診断を実現した。(図2)

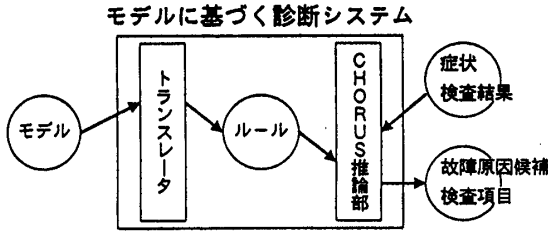


図 2: システム構成図

4.2 故障診断例

図3に因果関係木の展開例を示す。定着プロセス終了後のコピー出力画像が真白であるという症状から診断レベル3までの故障原因候補を全て展開したものである。プロセスレベルでは下に、部品レベルでは左に原因の枝がのびている。属性値を示す箱の左上の数字は、その属性が正常である信頼度を示す数値である。

図4は診断の実行例である。初めに正常値の信頼度が低いノードが展開され、検査結果により因果関係木が絞られた上で信頼度の高いノードが展開されている。

5 おわりに

複写機という複雑な装置へモデル推論の技術を適用し実用的な故障診断システムの実現可能性を示すことを目的とした。時間的な制約から、複写機全体の詳細な部品のモデルは作成

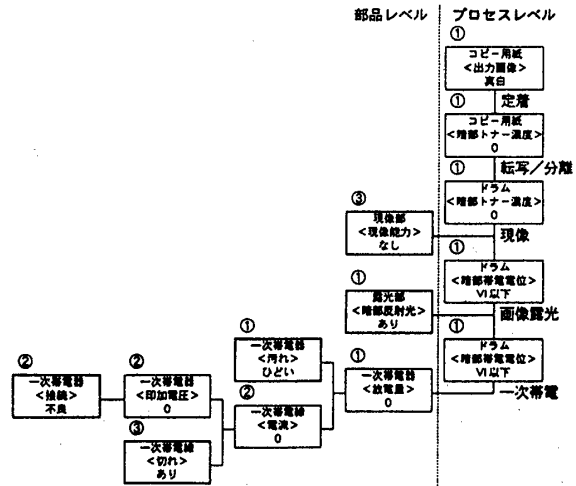


図 3: 因果関係木の展開例

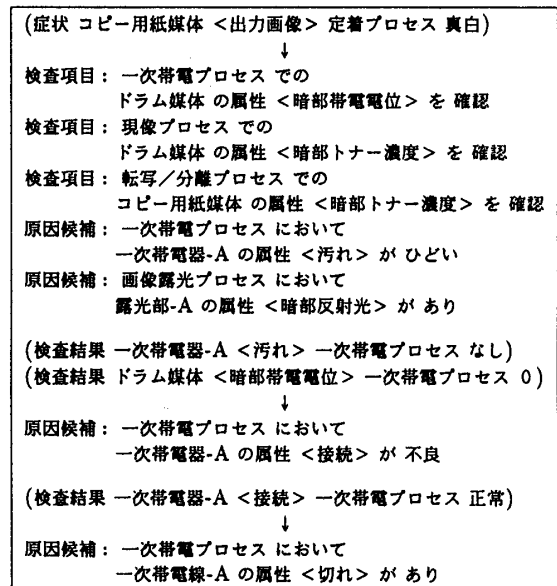


図 4: 診断実行例

しなかったが、このように完全なモデルでなくても診断できるというモデルに基づく故障診断の利点も確認した。

今後、ユーザインタフェースを重視してグラフィカルな診断システムを作成することも必要である。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 村田ほか, "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 —", 情報処理学会第42回全国大会講演論文集.
- [3] 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).