

TM-1056他

第5回 人工知能学会全国大会論文集

June, 1991

© 1991, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03)3456-3191~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

TM1056	適応型モデルベース診断システムにおける診断方式	田中 みどり、藤田 喜久、 里崎 勝喜、横山 将久、 西田 哲朗 (NEC)
TM1059	適応型モデルベース診断システムの 並列化	中荃 洋一郎、田中 みどり、 古関 義幸、太田 禅、 大石 貢、田中 淳 (NEC)
TM1060	遺伝子情報処理と記述長最小(MDL) 基準	小長谷 明彦 (NEC)
TM1061	階層的モデルベース診断における診 断戦略	中荃 洋一郎、古関 義幸、 田中 みどり

適応型モデルベース診断システムにおける診断方式

A Diagnostic Method for an Adaptive Model-Based Diagnostic System

田中みどり[†] 藤田喜久[‡] 星崎勝喜[‡]Midori TANAKA[†] Yoshihisa FUJITA[‡] Katsuki SATOZAKI[‡]横山将久[†] 西田哲朗[†]Nobuhisa YOKOYAMA[†] Tetsuro NISHIDA[†][†]日本電気(株) [‡]日本電気通信システム(株)[†]NEC Corp. [‡]NEC Communication Systems, Ltd.

This paper describes a diagnostic method for a model-based diagnostic system. The diagnostic system has to do some tests to find out the failure component. In the test selection, the influence of each test on the service of the target system should be taken into account as much as the effectiveness of the test. This diagnostic system selects a test which has less influence on the service. The system uses knowledge about (1) the importance of each component, (2) the failure probability of each test, (3) the safety of each test and so on. The system can select more plausible test than the system which aims only the effectiveness of the diagnosis.

1 はじめに

従来、診断エキスパートシステムの方式として、保守熟練者の経験をルールとして記述するルールベース方式と、診断対象装置の構造、動作をもとに診断をおこなうモデルベース診断方式が提案されてきた。ルールベース方式では、効率的な診断が可能であるが、ルールに書かれていない故障の診断はできない、知識の獲得・保守が困難であるという問題点がある。一方、モデルベースの方式では、対象装置の動作のみを使って診断を行なうので、診断経験のない症状にも対処できるが、経験から得られる知識を使う場合より効率が悪くなる。

そこで、筆者らは、この問題を解決するシステムとして、適応型のモデルベース診断システムの研究を進めてきた [1, 2, 3]。このシステムでは、モデルベース診断を軸とし、診断を行なうことによって得られる経験を学習して後の診断に利用する。この中で、テストの有効度とコストを評価尺度としてテスト選択を行い、診断の効率化をめざす方式を提案した。

人間が実際に診断を行なう場合を考えると、診断の効率だけでなく、対象装置の提供しているサービスの維持や診断に利用できる資源の大きさ等を考慮している。また、内部状態をもつような装置の診断も行わなくてはならない。

これまで筆者らが提案してきた診断方式ではこれらの問題に対処できなかった。

より汎用的かつ現実的な診断システムを実現するためには、(1) 内部状態をもつ装置の記述ができるようにして、診断対象範囲を広げること、(2) 装置の構造の階層性を利用して診断の効率をあげること、(3) 診断の効率だけでなく、対象装置の行なっている稼働中サービスに与える影響、初期症状から予測される被害の大きさ等様々なファクタを考慮した診断方式を確立することが必要である。

本報告では、状態をもつ診断対象装置の記述方式と稼働中サービスを考慮した診断方式について報告する。以下、第2章では適応型モデルベース診断システムの概要を述べる。第3章では診断対象装置の表現方法について述べる。稼働中サービスへの影響を考慮したテスト選択方式については、第4章で述べる。最後に、第5章、および第6章で実現した実験システムについて述べ、考察を行なう。

2 システムの概要

本システムが対象とする装置は、複数の部品から構成され、各部品間の接続(構造)関係が記述できること、各部品の入出力関係(動作)が記述できることを前提とする。各構成部品は、内部状態をもつ場合もあり、その場合、出力値は、入力値と状態値とにより決まる。ただし、状態値

は外部から制御可能なものとする。また、故障の仕方として、複数の部品が同時に故障することはないものとする。

2.1 システムの構成

本システムの構成を図1に示す。本システムは、(1) 診断対象の構造・動作を記述した設計知識、(2) テストとサービスとの関係を記述した知識や部品の壊れやすさを記述した経験知識、(3) 症状やテスト結果をうけて故障部品を絞りこむ診断モジュール、(4) 設計知識・経験知識を利用して次に行なうべきテストを生成・選択するテスト生成選択モジュール、および(5) 診断結果から経験知識を学習する学習モジュールからなる。

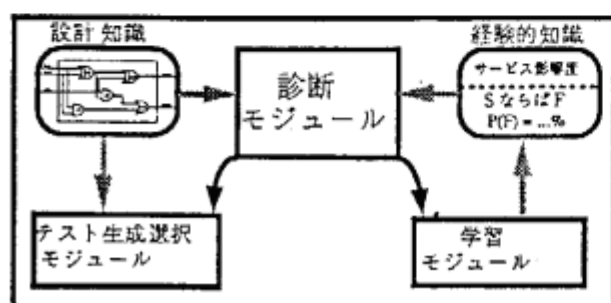


図1: システム構成

2.2 診断方式

本システムの診断方式の概要を図2に示す。システムは、装置の設計知識と観測された初期症状から被疑部品のリスト (Suspect List、以後SLと略) を計算する。 $|SL| = 1$ であれば、診断を終了する。 $|SL| > 1$ であれば、新たなテストを行ない、その観測結果から被疑部品を絞り込む必要がある。そのために、テストを生成/選択しその実行を指示する。生成されたテストの中で有効なテストを選択するために、診断経験から学習される故障確率やサービスへの影響度についての経験知識が利用される。テストが実行され観測結果が入力されると、SLの更新が行なわれる。

部品の故障確率の推定方式および故障確率を用いたテスト選択方式については[3]で述べた。また、装置の設計知識を利用した診断方式については[1]で述べた。

3 状態をもつ診断対象装置の表現

モデルベース診断では、診断対象装置の構造記述と動作記述を利用して被疑部品の絞り込みを行なう。構造記述と

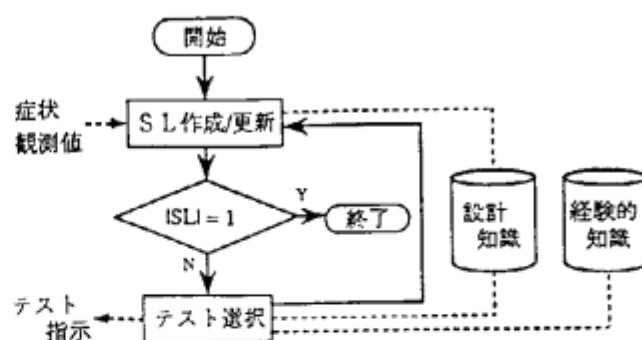


図2: 診断の流れ

は、装置を構成する部品とその接続関係を表したものである。動作記述とは、各部品の入出力関係を表したものである。ここで、部品が内部状態をもつ場合には、部品の出力値は、入力値と状態値によって決まる。

本システムでは、各部品の内部状態を外部から制御できるような装置を診断対象とする。たとえば、電子交換機のようなシステムでは、故障が起きてもサービスを継続できるように部品が二重構成になっている。通常時には、一方が現用系として動作し他方が予備系として待機状態にあり、現用系で障害が起きると瞬時に予備系に切り替えられるようになっている。この場合、各部品は、アクティブ、スタンバイ等の状態値をもち、部品の動作は状態値に依存する。ただし、各状態値はシステムの管理者が変更できる。

このような内部状態をもつ装置を表現するために、(1) 装置の構造記述、(2) 装置の動作記述、(3) 各部品の現在の状態値を記述する。(1)と(2)は、あらかじめ与えられている設計知識である。(3)の状態値は、診断を開始してから、新たなテストを行なうとき等、必要に応じて状態の変更命令が診断モジュールから出され、その内容が変更される。

図3に対象装置表現の例を示す。

状態記述が可能になったことにより、これまで筆者らが進めてきたモデルベース診断システムでは扱うことができなかった通信システム等を診断できるようになり、診断対象範囲が広がった。

4 サービスへの影響を考慮したテスト選択

装置に故障が起きると、迅速に故障部品を見つけるために、候補部品の絞り込みに有効なテストを選択することが必要である。しかし、診断対象が実際に稼働中の装置であ

(1) 構造記述

```
ba(1,0).
ba(1,1).
llc(1,1).
.....
conn( ba(1,0), to_llc(0), llc(1,0), from_ba(0) ).
conn( llc(2,0), to_ccp, ccp(2), from_llc(0) ).
.....
```

(2) 動作記述

```
function( ba(N,0), normal, [ln, _ _], to_llc(0), ln ).
function( ba(N,X), bypass, [ln, _ _], to_sb, ln ).
.....
```

(3) 状態記述

```
state( ba(1,0), act ).
state( ba(2,0), bypass ).
.....
```

図 3: 対象装置の表現

るときには、稼働中のサービスをできるだけ低下させずに診断を進めなければならない。本章では、サービスへの影響を考慮したテストの選択方式について述べる。

4.1 テスト選択のための知識

まず、例として、二重化されたシステムバスとそれにつながる複数の端末から構成される通信システムを考えてみる。端末間の通信には、いつでもシステムバスが介される。したがって、サービスを提供する側からみると、端末よりもシステムバスの方が重要度が高いと考えられる。このシステムで障害が見つかった場合、システムバスの正常確認テストが端末のテストよりも優先される。また、システムバスのテストとして複数のテストが実行可能な場合には、システムバスの中で故障の可能性のある部分をサービスから切り離してしまいうようなテストが優先される。なぜならば、被疑部分を予備系と交換することによって、障害の再発やサービスの低下・停止を防止できるからである。

このように、対象装置の提供しているサービスを低下させずに診断を進めるためには、

- 優先的にテストすべき被疑部品の選択
- 実行テストの選択

が必要である。

部品の評価では、各部品のサービスにおける重要性、各部品の状態、各部品の故障確率などが評価ファクタとなる。また、テストの評価では、テスト実行中のサービスへの影響度、テスト実行中のシステムの安全性、テスト実行によ

る被疑部品の予備系への切り替え達成度、テストの準備・実行・復旧時間などが評価ファクタとなる。

本システムでは、各部品に対して、1 から 10 の間の整数値で、部品評価ファクタの評価を行ない、それを知識ベースに記述した。また、テストの評価については、あらかじめ実行可能なテストを知識ベースに登録しておき、各テストの評価を各ファクタに対して行なった。

4.2 テスト選択方式

本システムでは、『診断の迅速さよりもサービスへの影響を優先的に考慮して診断する』という診断方針でテスト選択を行なっている。一般に、観測された障害があまり重大でない場合には、このような方針で診断が進められる。

テストの選択は、前節で述べたように、2 段階の選択で行なわれる。まず、被疑部品の中で、稼働サービス上、優先的に注目してテストすべき部品を決定する。次に、その注目部品を調べるために実施可能なテストリストの中から稼働中サービスへの影響の少ないものを選択する。

各段階での部品及びテストの評価は、それぞれの評価関数 F_1 、 F_2 によって行なう。各関数には、 $n_i (i = 1, 2)$ 個の評価ファクタとその重み係数が与えられている。 j 番目の評価ファクタの値を f_j 、その重み係数を w_j として、各部品（あるいは各テスト）に対し、

$$F_i = \sum_{j=1}^{n_i} f_j \cdot w_j \quad (i = 1, 2)$$

を計算し、その値のもっとも大きいものを選択する。

4.2.1 注目部品選択

注目部品選択では、各部品の

- サービスにおける重要度
- 状態
- 故障頻度

を評価ファクタとする。なぜならば、利用頻度の高い部品や、現用系に接続されている部品が故障していると多くのサービスが低下・停止してしまうので優先的にテストする必要があるからである。また、よく壊れる部品を注目するようにすれば、効率的な診断が実現できる。なお、故障頻度は、診断経験により獲得される経験知識である。

『サービスへの影響重視』の診断方針では、前者 2 つの重み係数が大きくなる。

4.2.2 実行テスト選択

注目すべき部品が決まると、テストリストの中から各部品の動作を確認するために実行可能なテストが選ばれる。この実行可能テストの中から実際に実行するテストをひとつ選択する。テスト選択の評価ファクタとして、各テストの

- サービスの質への影響
- サービス継続への影響
- 被疑部品の現用系からの切り離し達成度

を考える。なぜならば、テスト実行のための装置の状態変更やテスト実行の負荷が、サービス低下や停止に影響しないようなものを選ぶ必要があるからである。

『サービスへの影響重視』の診断方針では、いずれの重みもほぼ等しくなる。

5 実験システム

本システムは、並列 Prolog マシン Multi-PSI の上で開発している [4]。図 4 に、実行画面例を示す。診断対象として、バケット交換機を例題とし、各部品の重要度、テストがバケット交換サービスに与える影響の度合い等の知識を利用している。

モデルベースの診断方式に稼働サービスへの影響を考慮したテスト選択を取り入れることによって、サービスへの影響の小さいテストを行ないながら診断を進めることが可能になり、テストの効果のみを考慮した場合に比べ、保守熟練者の実際の診断により近い処理が行なえるようになった。また、経験知識として学習される部品の故障頻度を利用することにより、故障確率の高い部品を優先的にテストできた。

6 今後の課題

本報告では、モデルベースの診断方式における (1) 内部状態をもつ装置の記述と、(2) 稼働中サービスへの影響を考慮したテスト選択方式について述べた。本診断方式を用いることにより、診断可能な装置の範囲が広がった。また、部品の重要度やテストのサービスへの影響度をテスト選択の評価ファクタとして取り入れたことにより、診断の効率化を目標とした従来のシステムに比べ、より現実的な診断が可能になった。

以下に、今後の課題をあげる。

1. 稼働サービスを考慮した診断と、効率化をめざした診

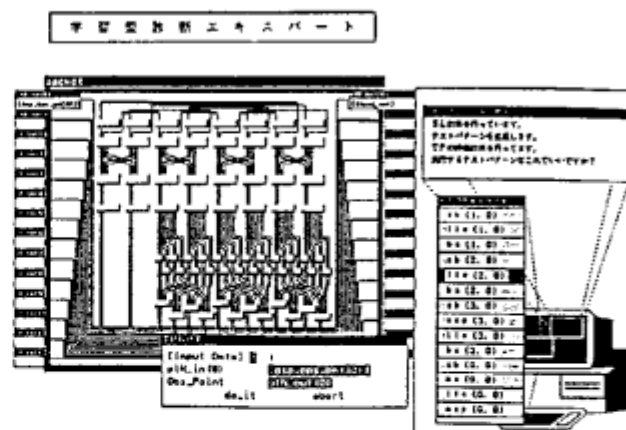


図 4: 実行画面例

断との融合

今回のテスト選択方式と、これまでに筆者らが研究を進めてきた推定故障確率に基づくテスト選択方式の併用を検討し、より多くのファクタを考慮できるような診断システムの実現をめざす。

2. 障害の大きさによる診断戦略の変更

今回は、『サービスへの影響優先』という方針でテスト選択をおこなったが、サービス停止などの大きな障害の時には『診断、復旧の迅速性』が優先される。このように、障害の大きさによって診断戦略が変更できることが必要である。

謝辞

本研究は、第5世代コンピュータプロジェクトの一環として行なったものである。日頃お世話になっている(財)新世代コンピュータ技術開発機構新田室長に感謝いたします。

参考文献

- [1] Koseki, Y., "Experience learning in model-based diagnostic systems," *Proc. IJCAI-89*, Vol. 2, pp. 1356-1361, 1989.
- [2] 古関義幸、中堂洋一郎、田中みどり「適応型モデルベース診断システムとその学習方式」人工知能学会第4回全国大会 pp. 503-506 1990.
- [3] Koseki, Y., Nakakuki, Y., and Tanaka, M., "An adaptive model-Based diagnostic system," *Proc. PRICAI'90*, Vol. 1, pp. 104-109, 1990.
- [4] 太田 輝 他「適応型モデルベース診断システムの並列化」人工知能学会第5回全国大会