

LCM シミュレータを用いたデジタルシステムの

2H-6

故障診断システムの設計

林高太郎

上野晴樹

東京電機大学

1. はじめに

我々は、エキスパートシステムによる問題解決に、対象モデルを核とする知識ベースシステムによるアプローチを提案し、応用としていくつかの故障診断システムの開発を行ってきた(例えば, [1])。特に、デジタルシステムの故障診断においては、診断上の制約として、診断システムが必要とする全ての観測点が可観測であること、故障は単一の縮退故障であることが必要とされている。実際問題としては、可観測条件が常に満たされることはまず有り得ないと考えるべきである。可観測条件が満たされない場合に、シミュレーションを用いた故障診断の方法が多く試されている(例えば, [2][3])。基本的には、故障仮説を対象モデルに設定し、対象モデルを用いて故障シミュレーションを行い、その仮説の正当性/妥当性を検証する。この方法は、観測コストの削減という点においては寄与している。

このような問題において用いられるシミュレータの方法論の一つとして、定性シミュレーションがあり、多く用いられている(例えば, [2])。定性物理はその曖昧性のために、故障候補を必ず1つに絞り込むことが難しい、という問題が挙げられている。

我々は故障診断システムの開発と同時に、デジタルシステムの対象モデルのための論理構成モデルのシミュレータ、LCMシミュレータ[4]の開発も行ってきた。本稿では、定性物理に基づくシミュレータを用いず、その代替としてLCMシミュレータを用いたデジタルシステムの故障診断システムの設計について報告する。構成は診断システムにおける知識ベースの核をなす対象モデルの特徴をどの様に利用するかについてを2. 診断における基本概念で述べ、診断の制御について3. 診断方法で述べ、最後にまとめとして現在の問題点と今後の課題について述べる。

2. 診断における基本概念

我々が提案している対象モデルは、デジタルシステムのモデリングにおいて、階層性、構成モデル、コンポーネントモデル、フレーム表現といった特徴を持っている。今回我々は構成モデルを核として新しい診断システムの設計を行った。

設計者などデジタルシステムの専門家は、対象の概念的な構成と実現された構成の両者を適宜使い分けて対象をイメージしていると考えられるため、対象モ

デルは対象表現の概念レベルを2階層に分けることで、両者の構成をそれぞれ明示的に表現している。このような背景から構成モデルの概念が生まれてきたため、各構成モデルは異なる視点から設計される知識体系として捉えることができる。

この基本概念は図1に示す國藤の類推の図式[5]に似ており、一種の類推推論と言え。ここでいう類推の定義は以下の國藤の枠組みにおける定義に従う。

”未知の知識体系においてある事象B'が観測されたとする。既知の知識体系においてある事象B'と類似な事象Bが存在し、しかも「AならばB」が成り立っているとき、「A'ならばB'」が存在するという推測を立てる根拠があるという推論図式を類推とする[5]”。

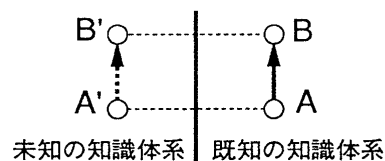


図1. 國藤の類推の推論図式

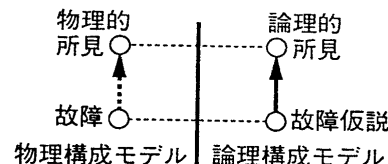


図2. 構成モデルを用いた診断

異なる視点から設計される2つの構成モデルは、図2のように國藤の図式における2つの知識体系に対応付けて考えることができる。物理構成モデルにおける故障状態を論理構成モデルを用いて説明するイメージである。実際の物理的な観測点、観測値は物理構成モデルを用いてユーザを支援し、故障候補の絞り込みは、機能を中心にモデリングされた論理構成モデルを用いる。例えば、論理構成モデルを用いたシミュレーションを行い、結果を両モデルをつなぐリンク情報を用い

て物理構成モデルの状態への投射を行う。これにより、定性物理を用いない物理的な状態を推論するための対象モデルのシミュレーションを可能とする。

ここで、定性シミュレータを併用することは無意味ではない。観測事実つまり物理構成モデルと類似事象である論理構成モデルの対応関係に含まれていない場合、2つの構成モデルのシミュレーションの結果を照合するように利用すれば、状態同定の精度向上に有効である。

また、対象モデルの階層性は応用における実行効率などに対して有用性が認められつつあるように見える。大道ら[6]は、大規模問題において再帰的な故障診断を可能とするため、ユニットを使った階層的な対象モデルを用いている。各ユニットには、ユニットの取り得る全ての状態の組み合わせの中から正常に動作するもののみを導出するような挙動推論が行われ、そのユニットのもつ物理的性質に関する知識として蓄えられる。正常な動作のみに注目するのは、ユニットのとり得る全ての状態を予め導出するときの効率の悪さを考えてのことである。

我々は、これらデジタルシステムのモデリングにおける対象モデルの特徴を有効に活用し、合理的な知識の利用と実行効率の向上を図っている。

3. 診断方法

診断制御は、大きく以下の3つのフェーズに分けられる。

- a) 物理構成モデルを用いた観測と論理構成モデルを用いた故障候補の絞り込み
- b) 物理構成モデルを用いた故障候補の順序づけ
- c) 論理構成モデルを用いた故障仮説の検証と結果の物理構成モデルへの投射

診断において観測のためのコストは考慮に入れるべきであるという立場から、診断開始と同時に観測コストについてユーザから許容レベルを得る。これにより、物理構成モデルに記述してある観測容易性についての知識を用いて必要最低限の観測点のみを選択し、ユーザからその観測値を得ることが可能となる。基本的な診断の流れは、対象の全体／部分階層に基づいた観測と故障候補の絞り込みが再帰的に行われる。

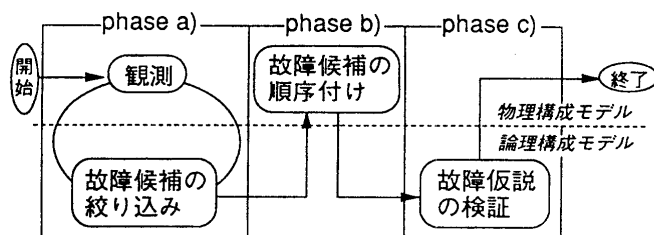


図3. 故障診断における3つのフェーズ

物理構成モデルを用いて得られた観測情報は論理構成モデルへ投射される。この投射された観測情報から、対象の挙動の正常／異常をシミュレーションやテスト

パターンの適用により検証する。こうして検証された注目したオブジェクトはコンポーネントモデルを用いてブラックボックスモデルとしての故障候補をグレーボックスモデルとしての機能経路へと展開し、機能経路の重ね合わせにより故障候補を絞って行く（重ね合わせに関する詳細は文献[1]参照）。観測コストを越える観測点が出た時点での故障候補を物理構成モデルに記述された故障生起確率に基づき、故障候補の順序付けを行う。順序づけされた物理構成モデルにおける故障候補を論理構成モデルに投射し、論理構成モデルの対応する故障仮説をシミュレーションにより正当性／妥当性を検証する。正当性／妥当性を確認された故障仮説は投射された元の物理構成モデルにおける故障仮説候補が正しいとして、故障原因が決定される。

4. おわりに

LCMシミュレータを用いたデジタルシステムの故障診断システムの設計について述べた。現在の問題点、今後の課題として、以下の2つを挙げる。

- 対象モデルの論理構成モデルのシミュレータと物理構成モデルのシミュレータを適当に組み合わせることにより、対象モデルの状態をより正確に把握できる、つまり状態同定の精度が上がると期待できる。診断の精度と実行時間はトレードオフとなるが、これは応用の種類、対象の規模、ユーザの要求などにより決定されるべきであろう。また、この決定についてシステムがある程度の助言をできることは、実際問題として有用であろう。
- 故障仮説の検証方法の提示、故障事例を用いた診断能力の向上を目的として、事例ベース推論の併用、並びに、診断ルールの生成と獲得などを応用とする知識獲得の枠組みについて現在検討中である。

参考文献

- [1]山本 他：キーボードユニットの対象モデルとそれを利用した故障診断システムの設計，第4回人工知能学会全国大会，16-9，pp507-510，1990
- [2]梅田，佐藤，富山，吉川：対象モデルに基づく定性物理を用いた故障診断，1989年度人工知能学会全国大会，6-9，pp263-266，1989
- [3]吉瀬隆，村田真人：モデルに基づく故障診断システム，1991年情報処理学会人工知能研究会資料，AI91-50，1991
- [4]林，上野：対象モデルに基づく故障シミュレーションシステムの開発，第44回情報処理学会全国大会，5Q，2-23，1992
- [5]國藤進：演繹・帰納・発想の推論機構化を目指して，知識の学習メカニズム，知識情報処理シリーズ2，pp1-22，1986
- [6]大道憲哉，梅田靖，富山哲男，吉川弘之：大規模問題を対象とした故障診断，第6回人工知能学会全国大会，18-2，pp669-672，1992