

設計と診断を融合したシェルの構成

7K-2

—設計対象モデルの生成—

田岡 直樹 山口 高平 溝口 理一郎 豊田 順一 角所 収

大阪大学 産業科学研究所

1. はじめに

現在のCADシステムで考えられている設計対象モデルは、製造に必要な図面情報に重点が置かれて記述されており、診断型エキスパートシステムへの利用[1]はあまり検討されていない。本稿では、『診断ルールの自動生成を可能にするために必要な情報は何か』という観点から設計対象モデルを定め、その後に診断というタスクにおける深い知識の整理・検討を行う。

2. 設計対象モデル

設計対象モデルとは、設計者が与えられた要求仕様を満たすように設計したモデルである。しかしながら、従来の図面情報(部品の寸法、形状、配置など)を設計対象モデルに持たせるだけでは、診断ルールの生成には十分ではない。後述するように、診断ルールは設計対象モデルの様々な状態に物理式を順次適用していくことによって生成されるため、設計対象モデルには適切な物理式を選択するために、装置の状態を記述する物理パラメータに関する情報が必要である。この情報には、設計者がどのような目的で装置にその部品を組み込んだか、換言すれば『設計者が意識して部品に持たせた機能』に関する情報(設計者の意図:intention)、およびその部品の使用環境に関する情報が考えられる。

設計者の意図に関する情報としては、部品の役割(role)がある。部品の役割とは、装置を構成する各部品を独立に考えた場合の一般的な機能(function)を指すのではなく、設計者がその対象において各部品に意図的に持たせた機能を指す。例えば、エンジンの冷却系のサーモスタットの場合、一般的な機能は温度が上がれば弁を開くことであるが、冷却系内での役割はエンジンを適温に保つために冷却水の流量をコントロールすることである。また、部品の重要性(importance)にも設計者の意図が含まれる。

一方、部品の使用環境に関する情報とは、設計者が意識していない部品の副作用的なふるまい、およびその部品が受ける様々な作用に関する情報(動作環境:environment)を指す。また、部品の属性(attribute)、観測容易性(observability)、および耐久性(durability)も部品の使用環境に含まれる。

3. 深い知識

前節では、診断ルールの生成に必要な情報を設計対象モデル

と関連づけて整理したが、装置の構造(structure)、役割(role)、属性(attribute)、および動作環境(environment)をDevice Worldと呼び、他の情報をControl Worldと呼ぶ。これら2つのワールドは、装置の設計時に設計者から獲得される深い知識である。本節では、これらの深い知識について詳述するとともに、システムに予め備わるべき2種類の深い知識(Physical World, Interpretation World)についても検討する。

3.1 Device World

Device Worldは、構造などの知識を利用して装置の状態を遷移させたり、装置のある状態(ある物理パラメータの値)に対して、どのような物理式を適用して状態遷移させ(他の物理パラメータの値を決定すれ)ば良いかの決定を行うために参照するためのワールドであり、部品の役割(role)、属性(attribute)、動作環境(environment)、および図面情報(structureなど)を含んだ診断対象(object)のdeep-levelのモデルである。これは、設計の結果得られた設計対象モデルそのものである。図1にこのワールドの知識の例を示す。

3.2 Control World

Control Worldは、生成されたルールを診断に適用するときの優先順位(priority)を決めるためのワールドであり、各部品の観測容易性(observability)、耐久性(durability)、重要性(importance)の3つからなる。

観測容易性(observability)は、診断の段階で観測の容易な徴候からチェックしたいので、条件部に書かれた徴候のチェックが容易なルールの優先順位を高くし、チェックが困難なルールの優先順位を低くするために用いる。例えば、自動車のエンジンの場合、観測が容易な冷却水の量をチェックするルールは優先順位が高くなり、観測が困難なウォーターポンプの動作をチェックするルールは優先順位が低くなる。

耐久性(durability)は、耐久性の低い部品の方が壊れやすいので、結論部で耐久性の低い部品をチェックするルールの優先順位を高くし、耐久性のある部品をチェックするルールの優先順位を低くするのに用いる。例えば、耐久性の低い定期交換部品であるファンベルトの状態をチェックするルールの優先順位は高くなり、耐久性の高いウォーターポンプの状態をチェックするルールの優先順位は低くなる。

重要性(importance)は、装置内で重要な部品は、その故障が装置全体に対して非常に大きな損害を与える可能性があるので、重要性の高い部品をチェックするルールは適用の優先順位を高くし、重要性の低い部品をチェックするルールの優先順位を低くするのに用いる。

以上の3つの評価基準の他に、故障原因として装置のどのレベルまで調べればよいかを示す部品の階層性(hierarchy)が考えられるが、これはDevice Worldのstructure情報から得られる。

3.3 Interpretation World

Interpretation Worldは、ルールを生成するプロセスで停止条件となるワールドであり、装置のある状態を故障の徴候および故障仮説に対応させて解釈するための知識からなる。実際には、Device Worldの知識をアクセスして初めて解釈が成立する形式で書かれている知識と直接状態を解釈できる形式で書かれている知識が存在する。図2にこのワールドの知識の例を示す。

3.4 Physical World

Physical Worldは、装置の状態を遷移させる時に使用されるワールドであり、装置のふるまい(behavior)を説明する様々な物理式から成立している。物理式は、適用されるための条件と共に、値が元来与えられるべき変数(原因を表す変数)が右辺、その式を計算することによって値が求まるべき変数(結果を表す変数)が左辺という形式で記述されている。また、変数の値は定量値ではなく、+ (基準値以上)、0 (基準値)、- (基準値以下)という3つの定性値をとる。図3にこのワールドの知識の例を示す。

4. ルール生成への深い知識の利用

本節では、診断ルール生成プロセスにおける4つの深い知識の適用法について述べる[3]。

まず、与えられた徴候からDevice Worldの知識とPhysical Worldの知識を使って装置の状態を遷移させる。

```
TEMPメータ
Role:
  冷却水の温度を測定
冷却水
structure:
  シリンダとXで接続
  ラジエータとYで接続
Role:
  Xから熱(Qin)を吸収
  Yに熱(Qout)を放出
Environment:
  力(F)を受けて循環している
Attribute:
  液体: l
  流量: f
  温度: T
  比熱: c
```

図1. Device Worldの例

次に、Interpretation Worldの知識からその状態が故障に対応することが分かれば、その時点で故障仮説が立てられて状態遷移は停止される。そして、徴候と故障仮説を結び付けた不完全な診断ルールが生成される。また、このワールドの知識によって状態遷移が停止されなかった場合は、さらに状態遷移が続けられる。(深い前向き推論)

この推論が全ての枝で停止した後に逆向きに推論を進めることにより、診断ルールを完成する。(深い後向き推論)

Control Worldの知識は、生成された診断ルールに適用優先順位(priority)を付けるために用いられる。

以上のようなプロセスを通して、優先順位のついた診断ルール(浅い知識)が深い知識から生成される。

5. おわりに

本稿では、診断ルールの生成という観点から設計対象モデルに必要な情報を検討した後に、システムが診断ルールの生成プロセスで利用する4種類の深い知識について考察した。しかしながら本設計対象モデルは、まだ設計という観点からは十分に考察されていない。今後、本モデルを設計の立場から検討し、設計対象モデルの獲得支援システム、即ち設計支援システムについて検討を行う予定である。

参考文献

- [1] William G. Beazley: "Expert System Rules from CAD Databases", Proc. of Amer Control Conf. (1986)
- [2] 山口、溝口、元田、豊田、角所: "設計と診断を融合したシェルの構成-基本構想-" 情報処理学会第33回全国大会、7K-1 (1986-10)
- [3] 小高、山口、溝口、野村、豊田、角所: "設計と診断を融合したシェルの構成-診断ルールの生成-" 情報処理学会第33回全国大会、7K-3 (1986-10)

```
(状態) 計器Xが測定する物理パラメータYの値が
        基準外である
(徴候) 計器Xの示す値が基準外である
(状態) 部品Xの役割(role)が否定されている
(故障仮説) 部品Xが故障している
(状態) 経路Xの断面積が基準値以下
(故障仮説)
  1. 経路Xに物が詰まっている
  2. 経路Xが細くなっている
  3. 外力によって経路Xが細くなっている
  4. 経路Xの構成物質が変形している
```

図2. Interpretation Worldの例

```
物理原理

$$T2 = \frac{Q}{c \cdot f} + T1$$

適用条件
流体: l
吸収する熱量: Q
流量: f
比熱: c
温度変化: T1 → T2
```

図3. Physical Worldの例