

深い知識に基づく知識コンパイラの評価

3H-1

小澤稔弘¹ 山口高平² 溝口理一郎² 野村康雄¹ 角所収²
¹関西大学 ²大阪大学産業科学研究所

1. はじめに

筆者らはタスクドメインを機械の故障診断に限定して、ドメインモデルに相当する4種類の深い知識(対象知識, 物理原理, 解釈知識, 制御知識) [1] と, タスク(故障)モデルに相当する深い知識(故障メカニズム汎化知識)を整理することにより, これら5種類の深い知識から複合起回事象(一つの起回事象から始まった事故シーケンスによって, 他の起回事象が誘起されるケース)まで取り扱える故障木を自動生成する知識コンパイラ ([1] の知識コンパイラと区別するために以下KC II と略記する)を開発してきた [2]. 本稿ではKC II が自動生成した故障木と専門家の作成した故障木を比較することによりKC II の評価を行い, その有意性と限界について検討すると共に, KC II の推論停止条件と故障対策案の提示との関連について考察する.

誘起したプロセスを追求する. このプロセスで, 故障概念のリダクションの知識が用いられると, 物理状態が生成され再びドメインモデルの知識が適用可能となる. このようにドメインモデルと故障モデルの知識を交互に用いることによって, 複雑な複合起回事象(より深い真の故障原因)の追求が可能になる.

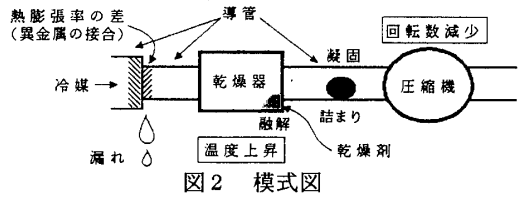


図2 模式図

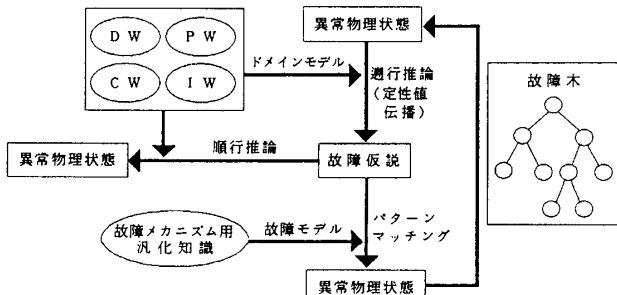


図1 KC II の構成図

表1 故障メカニズム汎化知識の例

	結果	原因
状況	(物質)が存在 (物質)が移動	←(物質)が生成 ∪ (物質)が移動 ←(物質)が存在
故障概念	詰まりの発生 潤滑不良の発生 破損の発生	←気体の存在 ∪ 液体の存在 ∪ 固体の存在 ←流入不良の発生 ∪ 油膜破壊の発生 ∪ 成分不良の発生 ←オーバーストレスの発生 ∪ 融解の発生 ∪ 電気の発生 ∪ 腐食の発生
一般概念	流入不良の発生 オーバーストレスの発生 曲げ応力の発生	←流量減少の発生 ∪ 気泡の発生 ←引っ張り応力の発生 ∪ 曲げ応力の発生 ∪ 捻り応力の発生 ∪ 残留内部応力の発生 ←振動の発生 ∪ 熱膨張率の差の発生

2. KC II の構成

図1にKC IIの構成を示す. ドメインモデルの知識としては, 対象の構造と機能(DW), 物理原理(PW), 物理状態を故障概念に対応付ける解釈知識(IW), 深い知識の生成過程を制御する制御知識(CW)の4種類であり, 故障モデルの知識としては, 表1に示したような故障メカニズム汎化知識がある. 故障メカニズム汎化知識を細分化すると, 状況のリダクション, 故障概念のリダクション, 一般概念のリダクションを行う知識に分けられる. KC IIの推論は, 最初に初期徴候として与えられた異常物理状態に対してドメインモデルの知識を用いて故障仮説を生成する. そして, 生成された故障仮説に対して故障モデルの知識を用いてその故障仮説を

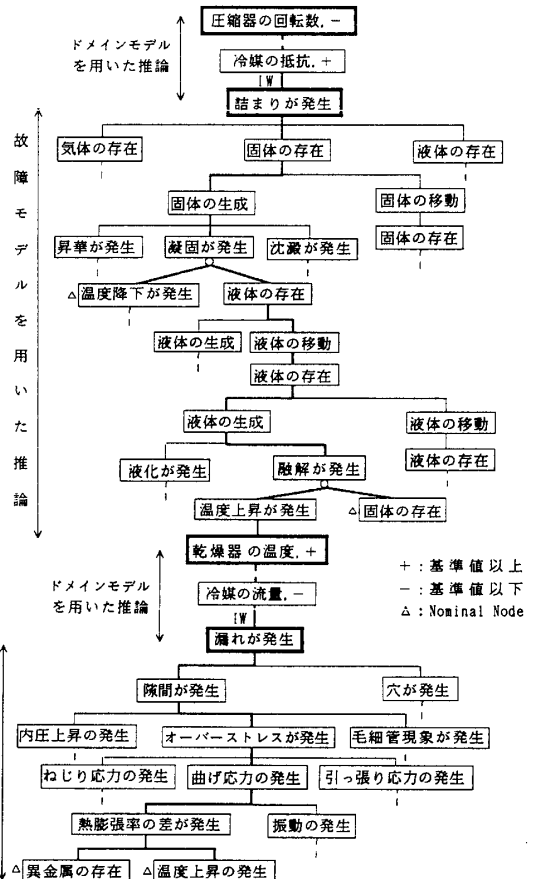


図3 故障木生成プロセス1

3. 複合起回事象の解析例

図2は, エアコンの圧縮機と乾燥器を取り出して簡略化した模式図で, 『導管の接合に異金属を用いていたために熱膨張率の差が発生し, 隙間が生じて冷媒が漏れ, このために乾燥器がオーバーヒートを起こし, 乾燥器の中にある乾燥剤が融

解して経路に流れ出し、経路を流れている冷媒に冷却されて凝固して詰まりを起こし、この詰まりが原因となって圧縮機の回転数が減少した』という故障シーケンスを表しており、このような複雑なメカニズムで起こる故障は専門家でも診断が困難であったと聞いている。しかしK C IIを用いることにより『圧縮機の回転数減少』という異常徴候から、ドメインモデルと故障モデルの知識を交互に用いて推論することにより図3のような故障木が生成され、この故障木の太線のパスをたどることによって図2に示したような故障メカニズムが推論できる。

4. K C IIの評価

専門家の作成した故障木とK C IIの自動生成した故障木を比較した結果、K C IIの長所は以下の通りである。

①物理の因果関係を故障レベルで捉えている

図4はこれを示す例で、実際に専門家が用いている故障木では『圧縮機が始動しない』から『オイル漏れ』までを5ステップで推論しているのに対して、K C IIでは13ステップで推論しており、より詳細な物理レベルでの推論が行われ、推論のジャンプがなく理解が容易なものとなっている。

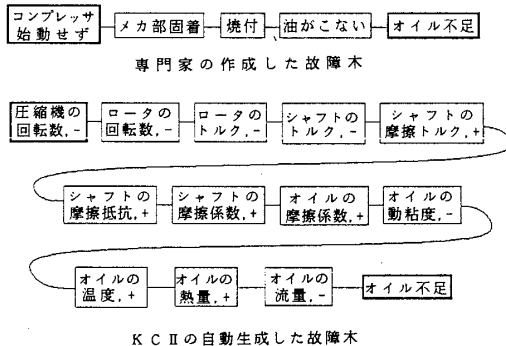


図4 専門家の故障木との比較

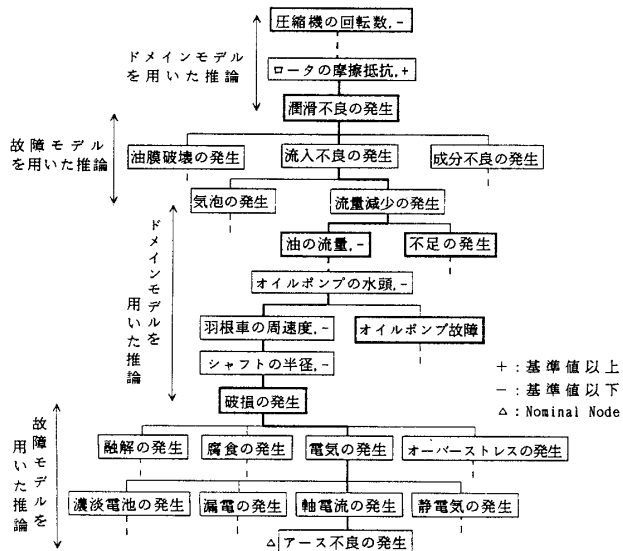


図5 故障木生成プロセス2

②ドメインモデルと故障モデルの知識を相互作用させることにより、専門家にとって予期しにくい故障シーケンスが推論できる

深い知識に基づくエキスパートシステムの特徴として、「不測の状況に対処できるようにする」ことが挙げられるが、この特徴に対しては、人間がシステムに知識を与えているのだから「与えられた知識を越えた未知の状況にシステムが対

処できるはずはない」といった議論がよく聞かれる。この議論をK C IIに置き換えると、ドメインモデルと故障モデルの知識を与えて、専門家が予期しにくい故障シーケンスを推論できるかという問題に帰着される。しかしながらK C IIでは、故障モデルの知識が特定の故障シーケンスを言及するものでなく、一般化された抽象度の高い知識であるため、実際のドメインに適用されて生成された故障シーケンスは、専門家から見れば不測の故障シーケンスになる可能性がある。さらにドメインモデルと故障モデルの知識の相互作用の回数が増えれば増える程、複雑な複合起因事象となり、生成される故障シーケンスは不測度の高いものとなる。すなわちK C IIでは、故障モデルの抽象度、及びドメインモデルと故障モデルの知識の相互作用により、専門家の予測が及ばない故障シーケンスを生成する可能性があるといえる。例えば、前節で述べた故障事例と同じ初期異常徴候から別のメカニズムとして『オイルポンプの動力軸であるモータ軸のアース不良が原因で軸電流が発生して軸破損をおこし、それによりオイルポンプが故障し、オイルの流量が減って潤滑不良が発生し、焼付を起こして圧縮機の回転数が減少した』(図5の太線)という故障シーケンスが生成されるが、これは専門家にとってかなり予測しにくいものである。

5. 推論停止条件と故障対策

K C IIの推論停止条件には、適用される知識が存在しない場合と、異常状態と推論されたノードが設計情報通りの正常な振舞いと対応している場合がある。後者の停止条件は故障対策を考える上で重要であり、このノードは設計ミスと言及し、このノードの存在を否定することが故障対策をたてることになる。そこで、K C IIによりノードが生成されるたびに設計情報と照合して、そのノードが設計通りの振舞いをするノード(Nominal Node)かどうかチェックしNominal Nodeであれば推論の停止を行う。例えば、図5の推論例で設計情報として軸をアースしていないという知識をもっていれば『アース不良』がNominal Nodeになり、そこで推論を停止して、故障対策をたてる。ところがこの例のように、Nominal Nodeはいつも1つしか存在しないとは限らず、図4の例では、図中に示した4つがNominal Nodeとなる。したがって故障対策をたてるにあたっては、Nominal Nodeのセットを考え、他の故障への波及効果、コスト等を考慮した適切なNominal Nodeを選択する枠組みが必要であり、これは今後の課題である。

6. おわりに

現在、SONYのEWS NWS-830上でオブジェクトの概念が記述できる論理型言語OB-PROLOGを用いてK C IIを構築している。3節で述べたドメインモデルによる推論で『圧縮機の回転数減少』から『異金属の存在(温度上昇の発生)』までの推論時間は約75分で、約370個の推論ノードを生成する。今後は、故障モデルの知識の洗練化を行うと共に、故障対策案を提示するのに必要な知識とその枠組みについても検討する。また、オブジェクト指向型言語ESPを用いてPSI II上にK C IIを移植する予定である。

謝辞

専門家の故障木との評価に関して御討論下さったダイキン工業株式会社CAEセンター、平野徹氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 山口, 溝口, 田岡, 小高, 野村, 角所: 深い知識に基づく知識コンパイラの基本設計, 人工知能学会誌, 2, 3, 77-84(1987).
- [2] 小澤, 山口, 溝口, 野村, 角所: エキスパートシステムにおける深い知識-故障診断型に関する考察-1, 情報処理学会, 第36回全国大会講演論文集, 2, 1569-1570(1988).