

定性推論に基づく故障木作成方式

2H-7 一構造情報と部品動作記述から導いた定性モデルの利用一

秋吉 政徳 西田正吾
三菱電機(株) 中央研究所

1. はじめに

近年、電力システムなどのように複雑化する大規模システムにおいては、設備に異常が発生した場合にいか迅速かつ正確に異常箇所を同定して対処するかが重要な問題となっている。この際の故障診断において、まず故障原因候補を故障木という形で網羅し、その後観測事象などを用いて原因候補を絞り込むFTA(Fault Tree Analysis)が専門家によって行なわれている場合がある。このような故障木作成を計算機に実行させる際に、専門家の知識だけを利用するのは別に、対象の構造や機能を表現したモデルをもとにした推論によって実行する研究が行なわれている¹⁾。

本稿では、電力設備の保護リレーを例にして対象モデルを生成し、それに対する定性推論の制約伝播を実行することによって故障原因候補を列挙した故障木を作成する方式について述べる。

2. 方式概要

対象の構造や機能を表現したモデルをもとに、与えられた兆候から故障原因候補を生成する枠組みにおいては、二つの点を考えなければならない。すなわち、対象モデルの表現およびその構築方法とそのモデルを用いた推論方法である。モデルの表現については、対象を構成する機器ごとにその接続情報や動作状態を示す変数を用意し、それら変数間の関係を記述することによって機器の動作および他の機器への影響を表現し、また推論方法としては、兆候の観測された機器からその原因を探る際にこれらの変数の値を推論して求めていくことによって、兆候から故障原因を求める方法が行なわれている²⁾。実際、定性変数を用いたモデルによって行なわれるこのようなやり方は、専門家が故障木作成を行なう作業の特徴を反映している。

本稿でも、モデルの表現として機器ごとの接続情報や変数表現による動作モデルに基づき、推論における変数の値を決定する際には定性推論の制約伝播を利用する。さらに、保護リレーの場合には、次の点がモデル構築に利用できる。

- ・機器の接続情報は、展開接続図と呼ばれる設計情報から得られる。
- ・機器の動作モデルは、機器ごとに整理してモデルライブラリとして準備できる。

このような考えに基づく方式の概要は図1のようになる。まず、展開接続図とモデルライブラリから定性的動作モデルを自動生成する。この結果、計算機内部で変数ネットワークを作成する。次に定性的動作モデルに観測兆候を与えることによって、変数ネットワーク上で変数の値を求めていく。この際の伝播の方向は接続情報から決められ、変数ネットワーク上に反映されている。この決定過程で、あらかじめ故障の想定される機器に対して故障状態を記述しておくことにより、故障原因候補を求める。次に得られた故障原因候補ごとに影響を再び変数ネットワーク上で伝播し、観測事象と矛盾するものを刈り込むことによって、最終的な故障木を導出する。

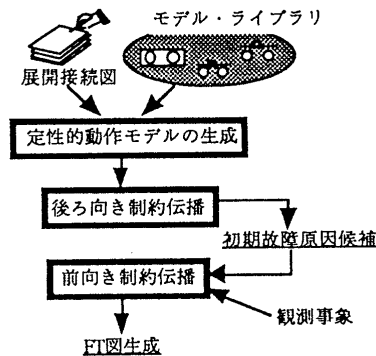


図1 故障木作成方式

方式としての特徴は、モデルライブラリの利用によって、対象の規模が大きい保護リレーシステムにおいてもモデル構築が容易に行なえ、また変数ネットワークに対して定性推論の制約伝播を利用できる点である。

3. モデルの表現および生成

本節では、展開接続図の接続情報およびモデルライブラリを反映するデータ構造と定性的動作モデルの生成について述べる。

3.1 モデルを表現するデータ構造

図2に示すように接続図は階層性のある複数のシートから構成され、またそこに記述される機器は信号線で結ばれている。これらの機器の入出力側を信号電流が伝わり、正常時にはそれぞれの

Fault Tree Generator based on qualitative models

Masanori Akiyoshi, Shogo Nishida

Central Research Lab., Mitsubishi Electric Corp.

機器が作動する。

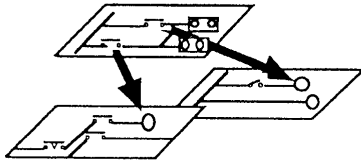


図2 展開接続図

このような機器を記述したモデルライブラリとして、例えば制御シーケンスを構成する即動即放りレーはその入力端と出力端と接点の3変数で表現され、入力端に信号電流があり接点がONであれば出力端は信号電流を接続する機器に伝えるというような3変数の間に成立する関係を含む。信号電流が通電している状態を+、そうでない状態を0などと表現すると、先ほどの関係は(+, +, +)と表される。また、想定される故障に対応する変数の値も故障モードという形で整理することができ、例えばレーの動作がロックしている場合には接点は+の値をとることはない。このような情報を表現する構造型データを図3に示す。

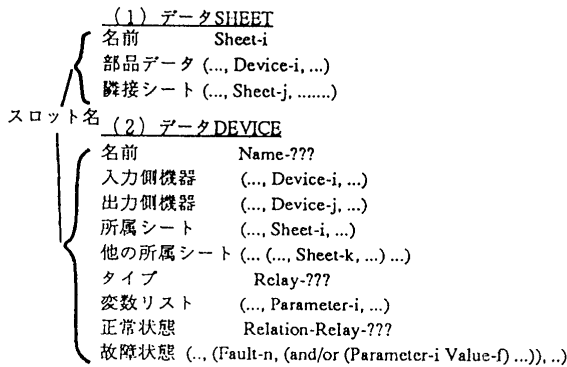


図3 シートおよび機器のデータ構造

3. 2 定性的動作モデルの生成

展開接続図とモデルライブラリから定性的動作モデルは、次の手順で作成される。

- (1) 展開接続図に従って生成した機器のオブジェクトとそのタイプ記述に基づいて必要な変数のオブジェクトを作成する。機器オブジェクトの各スロットに接続情報とタイプ記述から求めたものを格納する。
- (2) 機器オブジェクトの変数リストの中の入出力変数を調べて、伝達するもの(例えば電流)が同じ変数間に関係[=]を作成する。(関係[=]は定性的に等しいことを表す。)

この結果得られる変数オブジェクトと関係オブジェクトからなるものが、変数ネットワークであり、機器の入出力情報や機器内部の変数間の関係記述から値の伝播に因果があるものは方向が付けられ、それ以外の値の伝播は双方向である。なお、展開接続図のシートと同様に変数ネットワークも階層性を持ったものとなる。

4. 制約伝播による故障原因候補の導出

定性推論では変数間に定義される関係をもとに、それぞれの変数の値を求める制約伝播という処理がある。例えば、先ほどのリレーの場合には出力端が+で入力端、接点の値が求められていない場合には、関係記述を参照してそれぞれ+であると求められる。この処理において、後ろ向き制約伝播とは変数ネットワーク上で因果の向きを結果から原因にたどることであり、前向きとはその逆である。

この後ろ向き伝播の過程で、変数の値が機器の故障モードに記述された値に等しい場合には、故障原因候補として列挙する。次に単一故障仮説に基づいて、列挙された故障原因候補のそれぞれに対して前向き伝播を実行し、観測事象と矛盾するものを刈り取る。例として、図4に展開接続図を単純化した部分に対応する変数ネットワークを示し、兆候としてリレー1だけが誤動作した場合を与える。

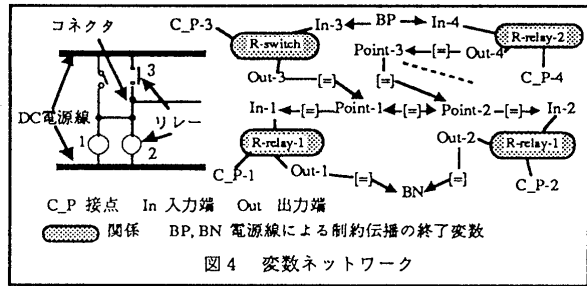


図4 変数ネットワーク

この場合はOut-1の値が+であり、[In-1, C_P-1, Point-1, Out-3, C_P-3, In-3, Point-2, Point-3, Out-4, In-4, C_P-4]の変数に制約が伝播し、それらの機器の故障モードを調べることで初期故障原因候補、例えばリレー3の短絡を導出する。次に、その短絡に基づいてOut-4に+を設定し、前向きに制約伝播するとリレー2の作動が導かれ、観測事象と矛盾するのでこの原因候補は刈り取られる。

5. おわりに

対象を構成する機器の接続情報とモデルライブラリを準備することのできる場合に、対象モデルから作成する定性変数ネットワークに対して制約伝播を実行し、単一故障仮説に基づく故障木作成方式を述べた。なお、制約伝播とともに状態予測(時間に関して前向き/後ろ向き)を行なう処理を組み入れることによって、対象が定性微分値を含む場合にも対応したいと考えている。

参考文献

- [1] 山口, 他: 対象モデルと故障モデルに基づく知識コンパイラIIの構築と評価, 人工知能学会誌, Vol.7, No.4, 663-674(1992)
- [2] 岩政, 他: 制御用エキスパートシステム一定性的モデルに基づく診断機構一, 第41回情報処全国大会(1990)