

因果の向きと可能性・必然性の表現に基づく 設備の故障診断手法

5H-1

武藤昭一
(東京電力㈱)

関根泰次
(東京大学)

1. まえがき

電力設備の診断に対する、一つのアプローチとして次の基礎的な方法を提案する。

診断対象を簡潔、平易に記述するため、因果の向きと可能性・必然性の関係に基づく因果ネットワークと、属性毎に階層性をもった因果ネットワークのノードによって知識を表現する。また、この知識表現を種々に解釈する推論手法を定義し、問題を絞り込む。さらに、診断の高速化等のため、この知識表現、推論手法に基づいたルールを生成、診断に利用する。

2. 知識表現

因果ネットワークは因果関係の他に、その関係の強さを共に表現する下記4通りの形式によって記述する。

- I 原因 $- \square a \rightarrow$ 結果: 「原因」が発生したならば、必ずその後に「結果」が発生する。
- II 結果 $- a \square \rightarrow$ 原因: 「結果」が発生したならば、必ずその前に「原因」が発生している。
- III 原因 $- \diamond a \rightarrow$ 結果: 「原因」が発生したならば、その後「結果」が発生する可能性がある。
- IV 結果 $- a \diamond \rightarrow$ 原因: 「結果」が発生したならば、その前に「原因」が発生していた可能性がある。

また、因果ネットワークで結ばれる原因・結果の状態表現としては、対象と現象の対の形式で表わすこととする。

- V 対象、現象 : 「対象」に「現象」が起きた。

さらに、この「対象」「現象」は、各々に階層関係を有し、この階層の表現は下記のように表記する。

- VI 上位 \leftarrow 下位 : 「下位」は「上位」の内容に属する。

ただし、ここでの「属する」という意味を、可能性・必然性の関係と対応して捉えれば、「下位属性の内容であれば、必ず上位属性の内容でもある。」という意味に対応される。

さて、上記のI~VIの表現形式に従って、変電所の保護システムに関する知識を表現すると図1のようになる。図1(a)は、因果ネットワークを、図1(b)は、その各ノードの状態表現に用いられる属性の階層関係を示す。

3. 推論手法

図1に表現された知識を用いた推論として、表現されている内容そのままを解釈する、すなわち、因果ネットワークの記述内容、属性の階層の記述内容を前節の形式に従って解釈する以外に、下記に示す推論項目が上げられる。

(1) 逆方向への推論

可能性と必然性の関係表現に基づいて、記述された関係の方向を逆向きにする場合の解釈である。例えば、「Aならば、必ずBである。」であれば、「Bであれば、Aの可能性はある。」と言える。

(2) 否定による推論

必然性の表現に基づいて行う、否定に関する推論である。すなわち、「Aならば必ずBである。」ならば、「Bでなければ、必ずAでない。」ということが言える。

(3) 複数属性の階層関係による推論

状態を構成する複数の属性毎に定義された階層関係に基づき、それらを個々に変化させ、必然性と可能性の関係に基づいた仮説を生成する。例えば、OCRリレーが表示されると、「負荷側機器で短絡事故が発生」が必然的な仮説として生成される。この時、この推論を実行することで、「変圧器内部で短絡事故が発生」「変圧器外部で短絡事故が発生」が可能性のある仮説として、「負荷側機器でせん絡事故が発生」は必然性のある仮説として生成される。

(4) 因果、階層による推論

これは、原因・結果の因果関係、上位・下位の階層関係による推論である。すなわち、因果関係について言えば、「あるAという状態が可能性のある仮説として生成されている時、その仮説を結果として生成する原因

が全て否定されている。」ならば、「Aの可能性を否定する。」というものである。また、階層関係でも同様のことがいえる。

(5) 単純事故の想定による推論

結果を引き起こす原因は、少ない程良いとするものである。

4. ルールの生成

上記した知識の表現と推論方法による診断以外に、診断の高速化、推論の検証等のために観測事象と診断結果を決定的に表現しておく方法として、冗長さを排除し、結論を特定化するための「結論判定ルール」と結論判定ルールの条件部に書込まれていない事象があったとき、それが生起してもよい事象なのか、または生起するはずのない事象で他の現象を意味しているのかを区別するための「事象説明ルール」の2つのルールによる診断方法についても検討を行った。次に、それぞれのルールの生成方法の考え方を示す。

(1) 結論判定ルール

このルールの生成則としては、まず、ある決定したい仮説を誘導する観測できる状態を選択する。その場合、その誘導する状態が、その決定したい仮説だけをユニークに誘導するのであれば、まずそれが一つの結論判定ルールのベースとなる。しかし、他にも仮説を誘導する場合は、その仮説との関係を考慮した上で、その他の仮説を否定したり、また、決定したい仮説が否定されないような条件を付加する必要がでてくる場合もある。これらの点は、「必然性の関係に基づく肯定及び否定条件の付加」、「因果・階層の関係に基づく肯定及び否定条件の付加」、「単純事故の想定に基づく肯定及び否定条件の付加」によって生成される。以上の考えに従って、幾つかの仮説に対して結論判定ルールを検討すると表1のようになる。なお、否定条件は～で表わしている。

(2) 事象説明ルール

結論判定ルールによって否定されている条件は除いて可能性、必然性の区別なく、発生する可能性のある事象を条件とする。この考えに基づいて事象説明ルールを検討すれば表2のようになる。

5. あとがき

診断対象を、因果の向きと可能性・必然性の関係に基づく因果ネットワークと、属性毎に階層性をもったネットワークのノードによって表現することを提案した。また、この表現を種々に解釈し、診断問題を絞りこむ推論手法を定義した。さらに、この知識表現、推論手法に基づいてルールを別に生成、診断に利用する方法の考え方を示した。

このようにすることで、比較的簡易な知識表現に基づいて種々の推論が可能となる見通しを得た。

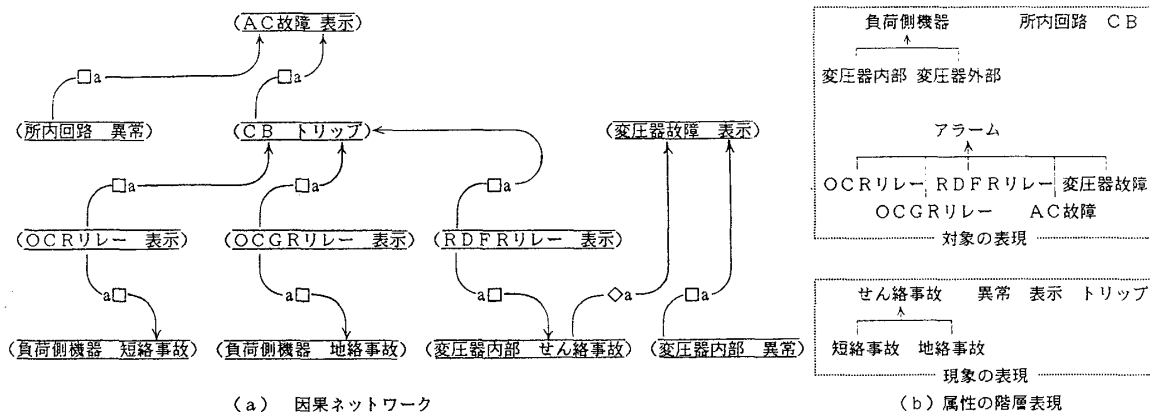


図1 知識表現

条件となる可観測な事象	結論
(RDFRリレー、表示) & (AC故障、表示) & (OCRリレー、表示)	(変圧器内部、短絡事故)
(OCRリレー、表示) & (AC故障、表示) & (変圧器故障、表示)	(変圧器内部、短絡事故)
(OCRリレー、表示) & (AC故障、表示) & ~(RDFRリレー、表示) & ~(変圧器故障、表示)	(負荷側機器、短絡事故)
(AC故障、表示) & ~(OCRリレー、表示) & ~(OCGRリレー、表示) & ~(RDFRリレー、表示)	(所内回路、異常)
(AC故障、表示) & ((OCRリレー、表示) or (OCGRリレー、表示) or (RDFRリレー、表示))	(CB、トリップ)

表1 結論判定ルール

結論	説明可能な可観測な事象
(変圧器内部、短絡事故)	(RDFRリレー、表示) (AC故障、表示) (OCRリレー、表示) (変圧器故障、表示)
(負荷側機器、短絡事故)	(OCRリレー、表示) (AC故障、表示)
(所内回路、異常)	(AC故障、表示)
(CB、トリップ)	(AC故障、表示) (OCRリレー、表示) (OCGRリレー、表示) (RDFRリレー、表示) (変圧器故障、表示)

表2 事象説明ルール