

機械学習法の変電所機器構成の設計への適用

1 D-7

小林正明¹, 山田直之¹, 伊藤順子¹ (株日立製作所)
 吉澤純一², 矢部邦明², 松田聖² (東京電力(株))

1. はじめに

知識処理システムに学習機能を付与し、問題解決の事例から知識を獲得する機械学習法の研究が注目されている。これは大きく演繹的学習法と帰納的学習法とに分類でき、その代表的なものとして、前者には「説明に基づく学習」(EBL)、後者には「類似に基づく学習」(SBL)がある。現在までにその応用研究が盛んに行われてきたが、SBLに関しては獲得する知識の正当性が保証されないため、厳密な最適解を要求する設計問題に対してこれを適用した例は見当たらない。

本研究では、事例からの学習法の適用対象として変電所機器構成の設計を取上げ、実用的な知識獲得手法の開発を進めている。その一環として、生成検査法によって最適解を求める問題において、解候補の生成にEBL、検査の手順の決定にSBLおよびEBLを用いて、解の厳密性を損なわずに問題解決の効率化を図る手法を開発した。

2. 変電所機器構成設計問題と

知識獲得のニーズ

変電所機器構成の設計においては、電力の供給信頼性の確保、及び設備費用最小化の両基準の下で、最適な機器の構成を決定する。図1は機器構成の設計例である。従来は専門家が、経験的な知識に基づいて最適解の候補を複数推定し、その中から設備費用最小の構成を解として求めていた。そこで、専門家の負担を軽減し最適解を求めるために、変電所の機器構成の設計を計算機によって支援するというニーズが高い。その方法は、考えられる全変電所構成に対して、評価すべき全事故ケースについて母線の区間毎の潮流を計算し、全ての事故に耐えられるように母線や遮断器の容量を決定してコストを算出

するという網羅的な生成検査法がベースとなる。しかしこの方法では、事故ケースの評価件数の組合せ爆発という問題がある。例えば、各種線路が3本ずつの条件では、網羅的な組合せで 6.25×10^9 回の事故ケース評価が必要である。

そのため、無駄な計算を削減するための知識を用いた設計の効率化が不可欠となる。そこで、設計を支援する計算機システムに効率化のための知識の獲得機能を持たせ、さらにその適用によっても厳密性が損なわれないような問題解決の枠組みを与える必要がある。

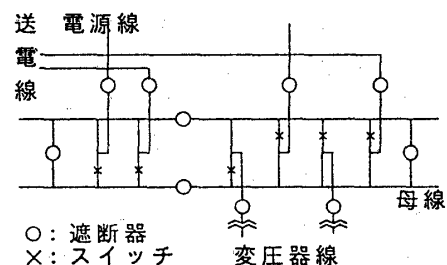


図1 変電所機器構成の例

3. 問題解決の効率化のための知識と獲得手段
 問題の分析により、以下のような問題解決の効率化のための知識を獲得できる見通しを得た。

(1) 構成絞り込み用知識

この知識は、線路の接続箇所が部分的に異なる構成群のうち、コスト最小の構成を与える。ある共通の構成上の特徴を持った複数の構成のなかで、コスト最小の構成を求めた例を訓練事例とし、電気回路に関する物理法則から導かれる知識を領域理論として、EBLを適用することで獲得できる。

(2) 事故ケース絞り込み用知識

(a) 複数の事故ケースにおいて、一つを評価すれば他のケースについては評価する必要のないような条件を与える知識

ある事故ケースにおける潮流値が、全ての区間で他の事故ケースにおける潮流値以上であるような2つのケースを訓練事例とし、電気回路における物理的な知識を領域理論として、EBLを適用することで獲得できる。

(b)コスト評価のための事故ケースの評価回数を最小にするための、事故ケースの評価順序を与える知識

コスト評価においては、一般に母線に流れる潮流値の大きな事故ケースから評価した方が少ない事故評価件数で済むので、評価順序を変えることによって、評価すべき事故ケース数を削減できる。多数の事故ケースデータについて潮流値の大きさを判定し、これらを分類することで、潮流値が大きい、または小さいための条件をSBLにより学習する。分類には、遮断した線路の種類、電源線と送電線の並び順などの属性を用いる。これによって、(i)優先的に評価すべき厳しい事故ケースを選択する知識、(ii)後回しにして評価すべき影響の小さな事故ケースを選択する知識を獲得できる。図2に(i)の知識の例を示す。

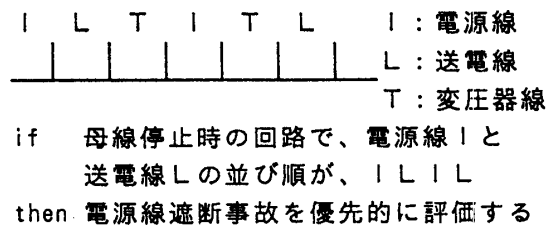


図2 事故ケース絞り込み用知識の例

4. 問題解決の効率化のための知識を適用した変電所機器構成の設計と適用の効果

以上のような知識を適用した変電所機器構成の設計は、図3のような手順で行う。即ち、ある変電所構成Pのコスト評価を、最適解候補である構成P₀の各母線区間の最大潮流値の和C(P₀)と、構成Pについての和C(P)との大きさを比較することによって進める。構成Pのコスト評価は、1事故ケースを評価する度にC(P)

の値を更新し、構成Pが最適解となり得ないこと、つまり $C(P) \geq C(P_0)$ が確認できた時点でこれを終了する。したがって、変電所の母線に流れる潮流値の大きな事故ケースから評価した方が、事故の評価件数は少なくて済む。SBLによって獲得する事故ケース絞り込み用知識は、影響の大きな事故ケースまたは小さな事故ケースの特徴を与えるものである。これらは物理的に正当な根拠を持たないが、事故ケースの評価順序の決定に利用するため、仮に獲得した知識が不正確なものであっても、評価件数の削減効率が向上しないだけで、最適解を見落とすことはない。

以上の手法による知識の適用により、事故ケースの評価件数を網羅的な生成検査法に比較して3桁以上削減できる見通しを得た。

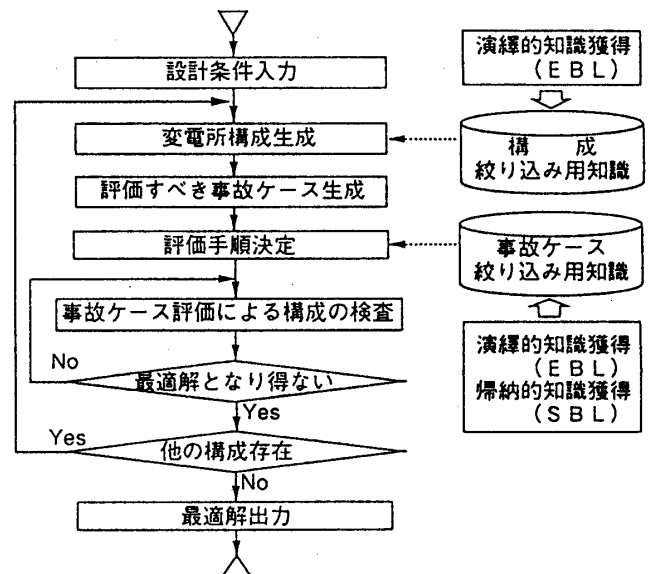


図3 変電所機器構成設計の処理フロー