

# 3K-5 電力システム用エキスパートシステム構築シェル — FREXS/PS —

植木芳照 福山良和  
(株)富士電機総合研究所

竹中道夫 岡山幸弘  
富士ファコム制御(株)

## 1. はじめに

エキスパートシステムは、各分野で積極的に実用化が進められている。電力分野においても、電力システムの大規模・複雑化に伴う高信頼度の電力供給が要求され、その有力な手段としてエキスパートシステムの適用が鋭意研究開発されている。本分野の主な特徴として、

- (1) 対象システムは、階層的なネットワーク構成をしており、複雑かつ大規模である。
- (2) 運用形態や不測の事故により、構造が動的に変化する。
- (3) 多種多様な要素から構成されている。
- (4) 取り扱う情報量が多大である。
- (5) 判断に必要とされる情報が得られない場合が多く、また得られる情報が冗長である。
- (6) 社会的要請からも速やかな応答が要求される。

などがあげられる。

これらの特徴に対応するためには、高速性、複数の知識表現や推論パラダイム、既存アルゴリズムとの連携、オンライン推論機構、高保守性などの仕組みをもつツールが要求され、従来の汎用ツールでは研究システムの構築は出来ても、その実用化は困難である。

著者らは、このようなシステムを対象として、そのエキスパートシステム構築に有効なツールであるドメインシェルFREXS/PS(Fuji Real-time Expert Shell for Power System)を開発したので報告する。

## 2. 本シェルの概要

本シェルの特徴を以下に概説する。

- (1) 大規模で複雑な電力システムモデルをオブジェクト指向による階層型知識表現で表し、頻繁に変更されるシステム設備に柔軟に対応できる機能をもつ。
- (2) 熟練運用者の知識(事故部位判定、システム復旧等)をパターンマッチに基づく「IF-THEN」形式のルール表現で表すことができ、これらのルールを、知識のモジュール化という観点からルールセットという単位で管理する機能をもつ。このルールセットは、階層構造を形成することが可能であるため、大規模な知識ベースの構築が可能となる。
- (3) 知識ベースをC言語に展開する機能をもつ。このコンパイラ方式によって、処理速度の高速化を実現している。
- (4) 機能、処理系は、ツールとしてクローズされた構成ではなくモジュール構成をしている。これらのモジュールは、C言語から自由に呼び出すことが可能であるため構築の自由度を高めている。

本シェルは、上記の機能を実現するために、以下に大別する3つの関数群から構成される。これらの機能は、本シェルを制御するための推論制御部の管理下で実行される。システム構成を図1.に示す。

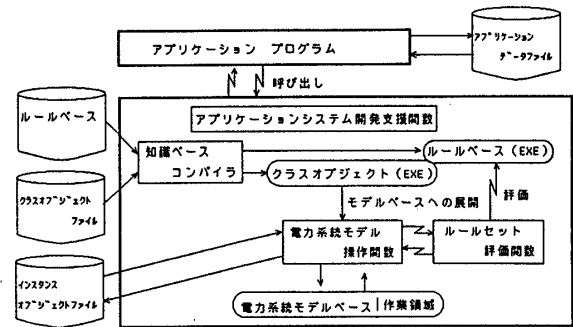


図1. システム構成図

【電力システムモデル操作関数】 電力システムをオブジェクトによってモデル化し、この電力システムモデルに対して値の設定、参照等の操作を行う関数である。また、推論時に必要とされるデータを作業領域に保存する機能をもつ。

【ルールセット評価関数】 知識ベースコンパイラによって翻訳されたルールセットの評価を行う関数である。

【知識ベースコンパイラ】 ルールベース内のルールセットと、オブジェクトファイル内のクラスオブジェクトをC言語に展開するコンパイラである。

また、アプリケーションプログラムの開発効率を向上させるために、以下の関数が用意されている。

【アプリケーションシステム開発支援関数】 アプリケーションシステム開発時に欠かすことのできない開発支援関数群であり、デバッグやドメイン用の処理関数がある。

## 3. 知識表現形式

知識ベースは、電力システムモデルを表現するための電力システムモデルベースと熟練運用者の知識を定義するルールベース、そして推論時のデータを保存するための作業領域から構成される。

### 3.1 電力システムモデルベース

電力システムモデルベースは、抽象的な概念を定義するためのクラスオブジェクトと実際の電力システムを表現するためのインスタンスオブジェクトから構成される。

図2.に電力システムモデルの構成例を示し、図3.に、クラスオブジェクトとインスタンスオブジェクトの定義例を示す。

クラスオブジェクトには、一般スロットの他にデモンとメソッドが定義できる。デモンには、スロット値が参照された時に動作するNEEDデモンの他に、値を設定、消去した場合に動作するSETデモン、DELデモンがある。

インスタンスオブジェクトは、主として推論時に動的

に生成されるが、電力系統モデルが予めファイル上に定義されている場合には、推論時に主記憶上にロードすることも可能である。

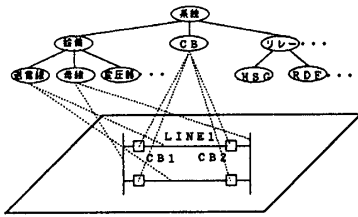


図2. 電力系統モデルの構成例

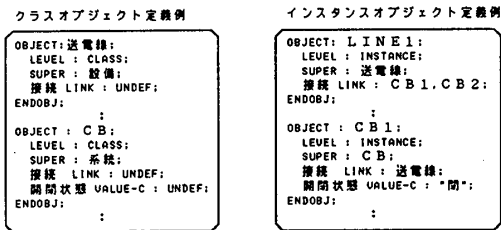
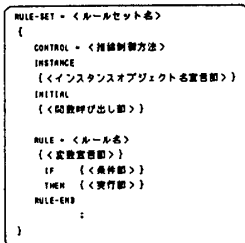


図3. 電力系統モデルの定義例

電力系統における設備間の接続関係は、オブジェクト間のリンク関係で実現できる。これらの関係は常に双方向であるので、本シェルでは、双方向リンクを自動的に定義できる機能を備えている。この機能によって、複雑な電力系統のモデル化が容易に実現できる。

### 3.2 ルールベース

ルールベースには、複数のルールセットが定義される。ルールセットの概略を図4. に示す。



ルールセット内のルールの記述能力は、電力系統モデルへのパターンマッチングを効率良く行うために変数が使用できる。また、電力系統モデルベースや作業領域への操作が可能であり、これらの値をもとにした四則演算、関数呼び出し等ができる。

図4. ルールセット概略

図5. にルールセットの簡単な記述例を示す。

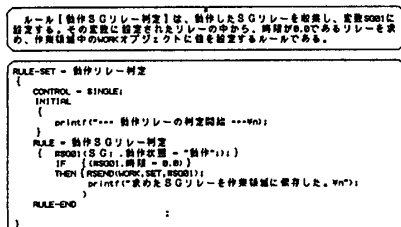


図5. ルールセットの簡単な記述例

### 3.3 作業領域

推論時に得られた途中結果や外部インタフェースから送られてきたデータをオブジェクトの形式で保存する領域が作業領域である。この領域に途中結果やデータを展開することによって、効率の良い推論が可能となる。

### 4. 推論処理

本シェルの推論処理には、メッセージ送信によりオブジェクト内のメソッドを実行することによって行う推論方法と、ルール主動型による推論方式がある。さらに、ルールセット単位での推論が可能であるため、知識のサブルーチン的使用が可能である。このことによって、熟練運用員の知識をより柔軟に表現し、効率よく処理することが可能となっている。

これらの一連の処理は、制御プログラムをC言語で記述することで実現できるため、目的にあった推論処理を実現することが可能である。

### 5. 開発支援環境

電力用処理関数（潮流計算、負荷計算等）やデバッガにより、アプリケーションシステムの開発効率の向上を図っている。電力用処理関数は、電力系統モデルに対して処理を行う関数であり、汎用のもとと系統に依存した関数とがある。

デバッガは、ルールセットのトレース機能やオブジェクトへの操作などを行う機能をもつ。このデバッガは、関数として起動できるためアプリケーションプログラム内やルールセット内からの呼び出しが可能であるため、システムの動的デバッグに有効である。

### 6. おわりに

大規模かつ構造が変化するネットワークを対象とした、エキスパートシステム構築用ドメインシェルPREXS/PSについて報告した。

電力システムでは、特に高速推論が要求されるが、系統復旧支援問題へ適用した場合、本シェルは類似機能を持つESHELL/Xに比較して、数十倍～数百倍の高速性が実測されている。

また、オンラインシステム構築には重要な要素であるプログラムサイズは、同問題の場合には約170KB程度であり、従来のツールに比較してコンパクトなエキスパートシステム構築が可能であり実用性が高い。

今後、更に開発支援環境の充実を図っていく予定である。

### 参考文献

- [1] L. JOHNSON: EXPERT SYSTEMS TECHNOLOGY, ABACUS PRESS, 1985
- [2] Forgy, C. L.: 人工知能用言語 OPS83, 日経工業社, 1986
- [3] 上野晴樹: 知識工学入門, オーム社, 1986
- [4] 新田克己: エキスパートシステムにおける知識表現と推論, 情報処理学会 Vol. 28 No. 2, pp. 158-167, 1987
- [5] 小川均: フレーム理論表現の有効利用, システム総合研究, 1987
- [6] D. T. Pham et al. (ed.): EXPERT SYSTEMS in ENGINEERING, IFS, 1988
- [7] 木村, 他: 保護装置動作シミュレーションを用いた事故部位判定エキスパートシステム, 平成元年電気学会全国大会
- [8] 柴崎, 他: 77KV系統故障時復旧支援エキスパートシステムの開発, 平成2年電気学会全国大会
- [9] 藤田, 他: 77KV系統故障区間判定エキスパートシステムの開発, 平成2年電気学会全国大会