

TM-0889

火力発電プラント制御
エキスパートシステム
—動特性を用いたモデル推論—
五嶋安生，神谷昭基，安藤利子，
田岡直樹，小沼千穂(東芝)

May, 1990

©1990, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191-5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

火力発電プラント制御エキスパートシステム

— 動特性を用いたモデル推論 —

正員 五嶋安生 (東芝)

小沼千穂 (東芝)

田岡直樹 (東芝)

正員 神谷昭基 (東芝)

安達利子 (東芝)

Thermal Power Plant Control Expert System

- Model-based Reasoning Using Dynamic Characteristics -

Yasuo Gotoh, Member, Chiho Konuma, Naoki Taoka, Akimoto Kamiya, Member, Tosiko Adachi (Toshiba)

キーワード: 火力発電, エキスパートシステム, ファジィ, 定性推論, 動特性, シミュレーション

1. まえがき

火力発電プラントの制御は、経験則による制御知識に基づいて行われているが、予め制御知識が準備されていない不測の事態発生時に対しては無力である。我々はこの問題に対してAI技術を適用して、制御用エキスパートシステムの検討を行ってきた。(1)(2)(3)

これらの研究では、深い知識に基づいて制御知識を新たに生成しているが、静特性に着目したもので時間的な概念は直接取り扱っていない。火力発電プラントの制御に於いては静特性が重要であるが、状態遷移を取り扱うためには時間概念を考慮した動特性が必要となる。

本論文では、動特性を取り扱う定性推論の一手法であるFUZZY化定性推論の適用について具体例を用いて説明する。

2. システム概要

ここではシステムについての簡単な説明とその問題点について述べる。

システムの構成としては正常時推論機構と異常時推論機構に大別できる。前者はプラントの状態が正常の場合に予め準備された制御知識(浅い知識)に基づいて制御を行なう機構である。後者は不測の事態発生時に起動され深い知識に基づいた推論を行い、プラントの各機器に与えられた出力要求を満足するような目標状態を推論し、現在の状態から目標状態への遷移に必要な操作を導出して制御を行う機構である。

この異常時推論機構では現在の状態と目標状態にのみ着目して推論を行なうため、プラントの状態が過渡

的に変化するような場合には対応が困難であるという問題があげられる。

そこで我々は動特性を考慮するために、通常の定性推論の適用を検討したが、生成される状態数の爆発という難解な問題に直面した。この難解な問題を解決する方策の一つとして定性推論にファジィ論理を導入したFUZZY化定性推論の適用可能性を検討した。

3. FUZZY化定性推論

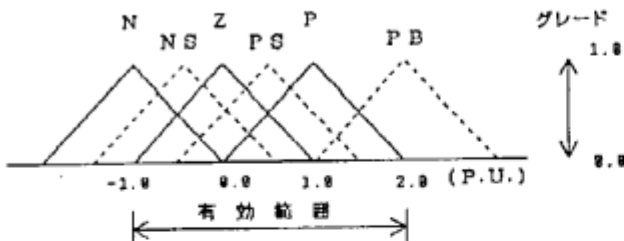
〈3-1〉 概要 FUZZY化定性推論とは定性推論にFUZZY論理を導入したものであり、現実的で詳細な挙動を導出できる有用な手段として提案されている(4)。定性推論と比較すると、モデルの記述が容易であるという点では一致しているが解が発散することなく一意に決定できるという利点がある。更に、係数の大きさを考慮すると、制御に必要なある程度の精度の定量的な情報が獲得できる。

〈3-2〉 基本演算 本システムでは定性的モデルの動特性(パラメータ間の関係)を以下の5種類の演算式を用いて記述している。

(I) integ(X, X0, Y0)	積分関係	$X = \int Y dt$
(II) minus(X, Y)	符号反転関係	$Y = -X$
(III) add(W, X, Y)	加算関係	$W = X + Y$
(IV) coef(W, a, X)	係数関係	$W = a \cdot X$
(V) equal(W, X)	等号関係	$W = X$

〈3-3〉 メンバシップ関数 FUZZY推論に用いたメンバシップ関数は、[N, NS, Z, PS, P, PB]の6種類で図1に示すとおりである。

図1 メンバシップ関数



4. 適用例

火力発電プラントの給水系では、図2に示したように矢印の方向に水（蒸気）が循環している。復水ポンプシステム、給水ポンプシステムは各3台のポンプからなり、夫々、脱気器、ボイラーに水を供給する。

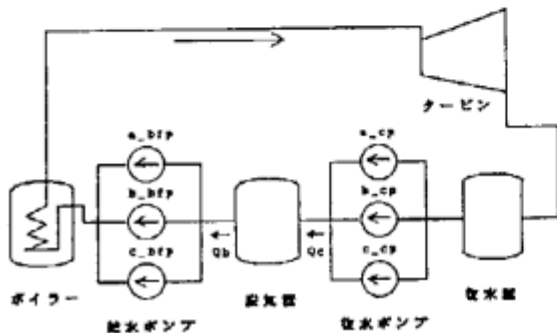


図2 火力発電プラントにおける給水系統図

a_{bfp} と a_{cp} が正常な運転状態にある時、 a_{bfp} に故障が起きて不測の事態が発生すると異常時推論機構は目標である出力要求を満足する操作として b_{bfp} 起動、 a_{bfp} 停止というポンプ切替の操作を導出する。

本システムではFuzzy化定性推論を利用して時間に関する流量変化を解析することにより過渡的に変化する流量を推論した。このモデルのブロック線図を図3に、又、推論結果を図4に示す。

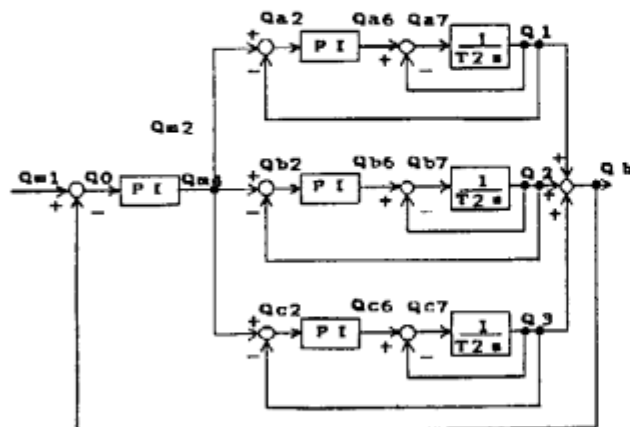
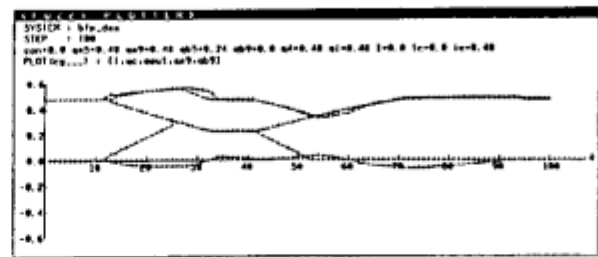


図3 給水流量制御システムのブロック線図



初期値 $L = L_0 = 0.0$ (p.u)
 $Q_b = 1$ $c = 0.48$ (p.u)

図4 推論結果

この結果は、実際の給水系の応答とよく合っておりFuzzy化定性推論の妥当性を示している。

5. むすび

Fuzzy化定性推論が、火力発電プラントの給水系に於いて、異常時の過渡的变化を推論できることが検証された。

このことにより従来の推論機構では対応できなかった一時的に必要な操作を導出することができ、より柔軟な制御が期待できる。

今後は、適用範囲の拡大、および不測の事態に対応できるモデルのダイナミックな生成について検討する必要があると思われる。(5)(6)

本研究はICOTからの委託テーマである「制御用エキスパートシステム」の研究の一部として行われたものであり、研究の機会を与えて頂いたICOT研究部 生駒部長代理、第7研究室 新田室長に感謝の意を表します。

文献

- (1) 酒井正義、他：深い知識に基づく制御用エキスパートシステムの開発—機器構成— 第38回情全大(1989)
- (2) 田岡直樹、他：深い知識に基づく制御用エキスパートシステムの開発—制御操作の生成— 第38回情全大(1989)
- (3) 山本久志、他：深い知識に基づく制御用エキスパートシステム 電学会 システム・制御研究会 SC-89-8-16 (1989.8)
- (4) 堀尾 隆、他：定性推論のファジー化の試み 第5回知能工学シンポジウム pp.147 (1987)
- (5) 小沼千穂、他：不測事態に対応するプラント制御エキスパートシステム—定性推論を組み込んだ推論機構の開発— 第48回情全大(1998)
- (6) 鈴木孝三、他：深い知識に基づく制御用エキスパートシステム—深い推論機構と詳細検証機構との融合— 計測自動制御学会 第11回 知能・知能システムシンポジウム(1998)