

TM-1101

第五世代計算機における火力プラント
自動化エキスパートシステム

神谷 昭基、大橋 秀郎、五嶋 安生
松浦 泰則、末田 直道 (東芝)

September, 1991

© 1991, ICOT

ICOT

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

(03)3456-3191~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

第五世代計算機における火力プラント 自動化エキスパートシステム

(株) 東芝 発電計算機システム部* 重電技術研究所**

火力制御システム部*** システムソフトウェア研究所****

○ 神谷 昭基* おおはし ひで お ごとう やすお まつうら やすのり すえだ なおみち
大橋 秀郎* 五嶋 安生** 松浦 泰則*** 末田 直道****

1. はじめに

計算機技術の進歩にともない、火力プラントの運転は、現在かなり高度な自動化が行われている¹⁾。しかし、現在の計算機自動化システムは、経験的知識、すなわち「プラント状態がXである時、Y操作をせよ」と言う様な「条件-操作」からなるルール形式の知識により構築される（ここではこの様な知識を浅い知識と呼ぶ）。この様な自動化システムでは、事前に準備された経験的知識（ルールの条件）を満足しないような事態（不測事態）が発生したときには対応できない。この様な不測事態においても、その時の状況に対応した適切な操作を生成できる、より一層柔軟な自動化システムを構築するためには、操作を設定するときの基礎となるプラントの構造の知識、各機器の仕様知識、運転原則の知識などの、いわゆる深い知識の利用が考えられる。

我々は、火力プラント自動化システム対象分野における深い知識の表現、推論技術及び自動化システムに要求されるリアルタイム性を確保するための推論の並列化処理に関する研究検討を行い、給水系統、海水復水器系統を対象にシステムを試作評価した。ここではその成果について紹介をする。

2. システム概要

図1は本自動化エキスパートシステムの機能及びその検証用のプラントシミュレータの構成を示す。

図2は本システムのハードウェア構成を示す。自動化エキスパートシステム及びプラントシミュレータを実現するハードウェアとして、それぞれ並列計算機Multi-PSI²⁾及びプロセス計算機TOSBAC G8050を使用している。Multi-PSIは第5世代コンピュータプロジェクトにより、高度知識情報処理を実現するために、開発された並列ソフトウェアの開発・研究用の計算機である。PE(Processing Element)、すなわち要素プロセッサは並列計算機の処理機構の構成要素であり、Multi-PSIは最大64PEの構成であるが、本実験システムは16PE構成である。

以下本自動化エキスパートシステムの知識表現、機能及びその並列処理について説明をする。

3. 異常時推論機構

3. 1 深い知識表現 深い知識は大別して、モデル知識と運転原則知識に分けられる。モデル知識は制御対象の構造、特性について、モジュール性に優れるフレーム形式で表現し、対象機器・装置単位ごとに記述するものである。図3は、循環水ポンプに関するモデル知識例を示す。運転原則知識は、最高効率、最短時間など、プラント運転上、守らなければならない基本的な事項について、記述するものである。現状では原則毎に手続き言語で表現している。

3. 2 故障仮説生成 異常が検出されたパラメータ値、及びプラントにおけるパラメータ間の因果関係に関するモデルに基づき、異常（または故障）の原因を推論する。モデル

構築の容易性を考慮して、定性的因果モデルを利用して、微候から原因側に定性伝播する推論手法を骨子としている。

3. 3 制御操作生成 故障仮説生成部で得られた故障仮説がプラントに与える影響を評価し、これを回避するためのプラント操作を生成する（一般的に複数操作となる）。そのために、機器・装置の接続関係や階層関係、各プラント構成機器に課せられた制御目標値とその充足条件、各機器の取り得る状態定義、プラント運転上の原則条件などを記述したモデルを利用する。

3. 4 操作条件生成 制御操作生成部で生成されたプラント操作に対して、プラント構成、操作による主要パラメータへの影響、パラメータ間の（定性的な）関係式などを記述モデルに基づいて、操作に必要な条件を生成する。図4は、生成された循環水ポンプに関する制御知識の操作条件を示す。

3. 5 シミュレーション検証部 知識構築と推論機構設計の容易さのため、制御知識生成過程において使用されるプラント機器・装置に関する知識は定性的な知識や静特性的な知識が中心となっている。この様な不完全な知識により生成される制御知識を検証評価するため、シミュレーション検証部はプラント機器・装置の動作特性に近い、プラントの動特性を含んだ数値モデル知識を使って制御知識の検証評価を行う。

4. 正常時推論機構

正常時推論機構は、予め知識ベースに格納された、または異常時推論機構により生成されたルール形式の制御知識を用いて、トリガアクション³⁾と呼ばれる推論メカニズムに基づいた、プラント状態のリアルタイムの変化に応じたプラント操作を推論・実行する機構である。

5. 並列化

リアルタイム性確保のため、並列化（タスク並列化、並列探索、パイプラインにより、推論の高速化を図る（表1））。並列化によりその処理速度の増加（並列化効果）は約2-3倍であることが確認された。

6. おわりに

より柔軟なプラントの制御を可能にするために、深い知識の利用に着目し、制御知識生成及びその処理の高速化を図るための並列処理に関して、給水系統、海水復水器系統を対象にシステムを開発した。今後は適用対象範囲の拡大及び運転支援システムへの適用検討をする予定である。

本研究は新世代コンピュータ技術開発機構（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”の研究として行われたものである。この研究の機会をいただいたICOT第7研究室の新田室長に感謝致します。

参考文献

- 1) 鈴木 寛、他：最近の火力発電所の全自動化、計測と制御、22、12、pp.1021-1028(1982)
- 2) 瀧 和男：大規模汎用並列処理の実現に向けて、ICOT、TR616、pp.1-16(1991)

表1 各処理機能の並列化形式

機能名	並列化形式	並列化効果
正常時推論	タスク並列化	3 倍
故障仮説生成	並列探索 パイプライン	2 倍
制御操作生成	並列探索	2 倍
操作条件生成	並列探索	2 倍
ミシレーション評価	パイプライン	2.5 倍

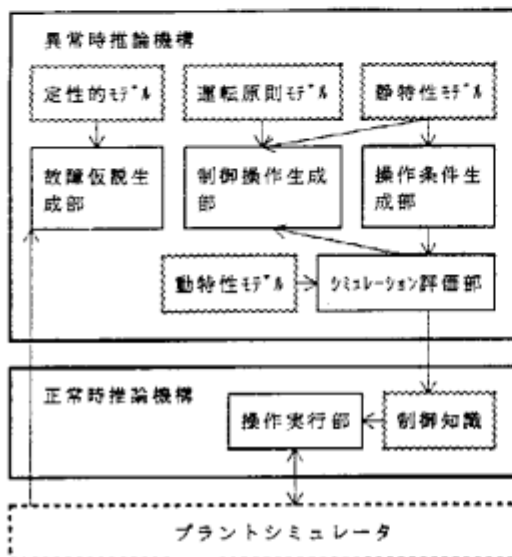
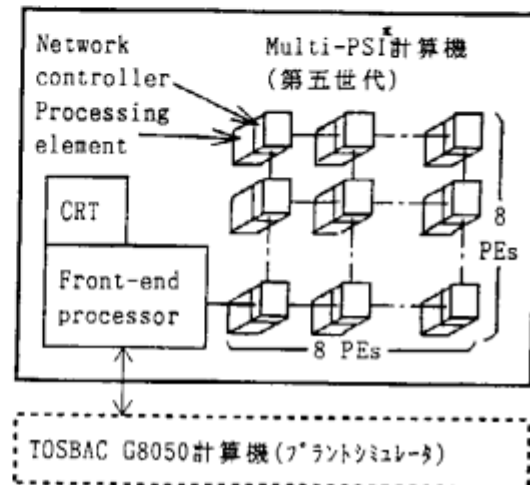


図1 自動化エキスパートシステム機能構成



* Personal Sequential Inference Machine

図2 自動化エキスパートシステムハードウェア構成

```

[c_cwp,
[status.off],
[parameter,[[c_cwpif,5],...],
[flow_in,[[[c_cwpif],c_cwp_screen],
[[c_cwpif],c_cwp_ps]],
[flow_out,[[[c_cwpif],c_cwp_valve]],
[system,[[[c_cwp_unit]]],
[comp, []],
[caps,[[c_cwpif.situation]],
[operation,[[[off,on],5,[δ c_cwpif,+]]],
[[on,off],5,[δ c_cwpif,-]]]],
[situation,[[on,[[c_cwpif,615]],
[off,[[c_cwpif,0 ]]]]],
[maximum,[[[]]],
[minimum,[[[]]],
[quantity,[[c_cwpif,[equ,c_cwpif]]],
[quality,[[δ c_cwpif,[equ,δ c_cwpif]]]]

```

図3 循環水ポンプの対象モデル

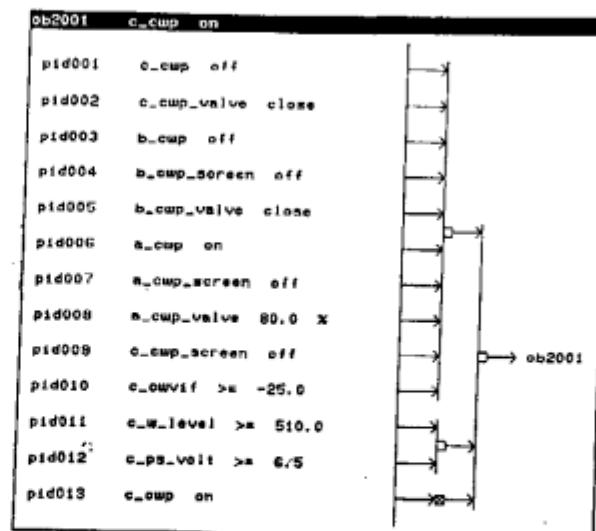


図4 生成された循環水ポンプ制御知識例