

Expert System for Diagnosis of Klystron Modulator

I. Abe, M. Kitamura*, H. Hanaki, S. Anami, K. Nakahara, M. Mutoh**

Photon Factory, National Laboratory for High Energy Physics(KEK)

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305, Japan

* Department of nuclear Engineering, Tohoku University

** Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

Abstract

A diagnostic expert system KMTS(Klystron Modulator Trouble Shooting system) was developed for the Photon Factory 2.5GeV electron/positron linac. This project has been undertaken in an attempt to reduce linac operator's duties in diagnosis and explore AI technologies.

診断型エキスパートシステム (KMTS)

KEY Word :

KMTS Klystron Modulator Trouble Shooting system

AI Artificial Intelligence

ES Expert System

FCS First Change Status

KE Knowledge Engineer

< 1. はじめに > 従来、加速器制御は遠隔操作、データロギング及び手続き的処理を主として計算機システムが構築されてきた。そこではプログラムの役割は極めて大きい、多くの問題を含んでいた。プログラムの生産には、多くの人員を要する場合も多く、組織力、人員の少ない所では、プログラムの生産性、品質管理、文書化等の点で問題が起こる事も多い。一方、ハードウェアの進歩や、計算機が多くの人に広く理解されると共に、加速器に対する機能的な要求も高まってきた。特に、知識処理の必要性が加速器制御/運転において着目されてきた。

加速器は先端技術分野で実験装置的性格から専門家を結集して運転される。ある専門家が不在の時でも困らないで支援(つまり専門家の知識を計算機に載せる)できる制御が有効である。これ以外の潜在的な需要(運転/保守等知識のオンライン化)も多い。今後、知識処理機能を付加する事で加速器の高機能運転を可能にし、運転/保守の省力化にも役立てたい。知識処理システムの構築には、これまでの計算機は必ずしも適してなく基本的解決方法が必要である^[1]。

知識処理が可能な最近の人工知能(AI)技術を用い、領域を特定して、専門家に代わって迅速に診断を支援できるエキスパートシステム(ES)の構築を模索する事が重要である。しかしまだ問題が多いため、第一歩として次の取り組みをした。知識の保守性確保の追及から、開発言語文法を離れ、シェルを使用して、知識ベースを分離する形のESを構築した。ESは多

くの場合、従来の計算機を用いた限定的ドメインの知識処理系に対する一つのプログラム手法、及び知識工学的処理システムと言える。産業分野に於ては、知識処理のニーズに加えて、ツールとして生産性が高いと言われている事から、ESの応用/運転事例は数多いが、その程度は様々であり、研究テーマが残されている。特に、知識の獲得/表現については計算機言語ほど標準化したものは無く、関係学会等で盛んに議論されている段階である。世界の加速器分野に於ては、数年前から多少の報告例^[2]がある。これからの加速器において、計画デザイン型、故障診断型、運転支援型のESは必要不可欠なものになって行く事は必須である。本文ではKMTS構築^[3]の経験から、診断型ESの問題点を指摘し、方策を報告する。

< 2. KMTS構築 > 今回のターゲットとしたのは、年間5000時間もの稼働時間をもって実験に供している放射光実験施設の大型加速器2.5 GeV電子/陽電子リニアック^[4-6]に用いられているクライストロンパルス電源である。クライストロンパルス電源では、復帰可能な一時的シャットダウンが48台で月720回程度である。一旦異常がおきると、現場のマイクロプロセッサが故障の第一因(FCS)を保持し、他のステータスやアナログ値と共に上流のコンピュータにデータを送る。そのFCSによりESはトリガーされ推論を開始する。推論は既に学習している知識を基に行なわれ、故障箇所を特定を行ない、その対応についてコンピュータ画面上でアドバイスを与える。これらはワークステーションの特長とするグラフィックスを有効に利用し、オペレータが視覚的に容易、且つ迅速に情報を理解できるように様々な画像が表示できる様にした。

運転においては、2種類のモードを設けた。リニアックからネットワーク経由でデータ電文を受け取ると自動的に推論を開始するオートモードと、運転者が条件、パラメータを設定して推論、デバッグ、シミュレーションを自由に行なう事ができるマニュアルモードを作成した。必要な時に、古いデータについても前後処理のステーションから必要なデータを引き出し推論、診断を行うことが出来る。各種の電気図面や推論結果の統計表示等も可能である。

< 3. 知識獲得 > KMTSでは、現場の専門家のヒューリスティックな知識(思考/手続き)をインタビューによって引きだし(ランダムでよい)、知識工学者(KE)によって整理するという一般的な形で知識の獲得/ESの構築を行なった。ここがES構築上、最も重要な分野である。知識はプロダクションルール、フレーム、オブジェクトの表現をもって推論戦略を決定し、計算機にシミュレーション/蓄積した。ここではFCSに関する知識のみが約100程度知識ベースに載せられた。ESの場合、小さな仕様から始める事が可能であり、それによって生産性、保守性を良くする。以上、KMTSの構築について記した。

< 4. 問題点 > 本章ではKMTS構築の経験で得た問題点のいくつかを指摘する。

- 1) ドメインが広範囲で、知的作業が多様である事から、マルチパラダイム等によってESの有効性が上がる事が指摘できる。
- 2) この種の実験装置(クライストロン電源)に於て、一般にある種の故障傾向を呈するが、絶えず対応策(修理/改善)を施していくので、その傾向が変わり知識の後追い現象が起

きる。 加速器の分野では、知識の逐次追加、洗練化、保守性等が特徴的且つ問題である。

3) 加速器は先端技術であるため、KEが加速器を学習するより、現場担当者をKEにする方が速い。 その為には、ツールに知識工学的処理等、出来るだけ十分な機能を持たせ、計算機習熟/操作の負担を軽くするシステム構築を目指す事が必要となる。 2) に関しては、知識の透過性を上げる事がまず必要で、その上で知識の拡大を計っていく。 知識の拡大はESの宿命的課題とも言えるため、技術の確立が望まれる。

< 5. 対応策 > これまでの経験から、ESを器としての環境作りと、知識獲得/表現に工夫を加える事が必要不可欠になった。 第二バージョンに於ては、これらを主眼として開発作業を進めている。 以下代表的な点をいくつか上げる。 まず、推論部にはESの特徴である強力な説明機能、及び知識決定木表示機能を巧く使うことや、絵を含む画面、自然画の作成/表示を簡単にするツールを接続して現場担当者に解かり易いものとした。 次に、知識獲得段階で表層知識の簡便な表現/獲得カードをハイパーカードによって作成した。 これによって表層知識獲得段階で必要なドメイン分析が可能になり、推論戦略以前の知識獲得及び表現の透過性を向上させる事が出来た。 現在ハイパーカードからシェルへの知識展開、推論戦略決定は人間が行なっている。

ドメイン分析段階ではタスク(知識活動)の分類まで行なう。 ESの有効性を上げる為、1) プロダクション、オブジェクト、等の表現/推論処理に加えて、2) 事例照合(故障にはある種の傾向を示している事から、ログブック参照診断の為のハイパーログの提案を実現させている)、3) 波形情報等の診断機能^[7]、4) 回路モデル等の知識ベース化、5) 非オンライン計測情報収集等々の環境整備を進めている。

< 6. まとめ > 以上、診断型としてターゲットを絞り、KMTSの限定使用を狙う事によってESの有効性を確認し、今後の方向を見いだした。 また加速器分野に於ける問題点を指摘し、方策を述べた。 診断によって更に各種のパラメータを最適化(高圧印加値の変更等)して運転支援を行えば、月平均700回のシャットダウンも減少させる事が可能である。

参考文献

- [1] 阿部勇 プラズマ研 技術研究会 1987 年 加速器制御 Expert System の検討
- [2] W.F.S.Poehlman "Integrating Knowledge-Based Systems into Operations at MacMaster Univ. FN Tandem Accelerator laboratory" IEEE Transactions on Nuclear Science Vol36 No5, 1989
- [3] 阿部勇、花木博文、他 大型ハドロンワークショップ研究会 1990 年 診断型エキスパートシステム (KMTS)
- [4] Kazuo NAKAHARA, Isamu ABE, Roger P. BISSONNETTE, Atsushi ENOMOTO, Yuji OTAKE, Takao Urano and Jiro TANAKA Nucl. Instr. and Meth. A251(1986)327-336
- [5] Kazuo NAKAHARA et al., Nucl. Instr. and Meth. A247(1986)153-158
- [6] Isamu ABE, Masasi Fujieda Proceeding of the 6th symposium on Accelerator Science and Technology(1987)
- [7] 本研究会 武藤正勝 et al., 1990 年 The diagnostic of klystron modulator using neural network