

EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF BEAM OPERATION TROUBLE

Yoshinobu SHIBASAKI, Masakatsu MUTOH, and Isamu ABE*

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

2-1 1-chome, Mikamine, Taihaku-ku, Sendai-shi, Miyagi-ken 982, Japan

*National Laboratory for High Energy Physics (KEK)

Abstract

It is sometimes difficult for the beginner operators to find the reason of beam shutdown. The Expert system can support the beginner operators in the Linac. The knowledge structure for beam fault diagnosis is discussed and the knowledge base model of a beginner operator in the Linac is simulated using expert tools.

ビーム異常時に於ける診断型エキスパートシステム

(1) 診断モデル解析

1. はじめに

加速器でビームが出ないと言う異常時の診断支援の為、エキスパートシステムの構築を計画した。今回は、ドメイン及びタスクの分析を試み、その知識構造と推論モデルを調査した。

2. 概要

核理研でのライナック運転は、起動と実験室に導かれる電子ビームエネルギーの切換えは、加速器メンテナンスグループによって行なわれているが、実験中にエネルギーを変えずにビーム電流を一定にするような運転は、その実験グループによって行なわれている。その中には、かなりの経験者もいるが、大抵の人は年に1回から数回である。そのため、何か解からない現象に出会った時に、例えばそれが非常に単純な事柄でも他の人達の手を煩わせることになる。もしそのような時、豊かな経験をもっている人達の知識を簡単に利用できるような計算機システムがあれば非常に有効である。ここ数年、この加速器の分野に於いて知識ベースを利用したシステムの有効性が指摘され、また応用に向けての報告^[1,2]がされている。この様な知識ベースシステムを構築するためには、1) 従来の手続き型やAI言語による方法、2) データベース処理用のプログラムによる方法、3) 推論エンジンを持った知識ベースを扱う専用のツール等がある。

手続き型言語によらずに知識ベース、推論部等の分離した専用のツール(第3世代型)を採用する事は、後からの知識の追加や変更などのメンテナンスなどの点で優れている。又、市販のデータベース(Hyper Card等)あるいはスプレッドシート型のソフトを使った場合は、データの追加、変更、ユーザーとのインターフェースが優れているが、推論機能を持っていないので、“知的”な処理は不可能である。しかし、最も重要な事は、これらの知識表現環境より以前に、まず知識ベースシステムの対象の知識構造を明らかにする事である。また、知識ベースシステムを組む場合には、まず小さいシステムから始めたほうが良い事が報告^[3]されている。我々は、ビームが出なくなった時に運転経験者がどの様に対処しているかという事を分析し、その知識構造を探るとともに、実際に運転経験の少ない人達の支援を目的としたシステムとして、範囲を限定した知識構造の“初心者モデル”を探索した。

3. ビーム異常時に於ける診断知識構造

<3.1 対象記述> オペレータは通常、コンソール上のビーム電流モニタを見て、所定の電流値を維持するようにマシンの調整を行なっている。他に得られる情報としては次のようなものがある。

- 1) 実験ターゲット直前でのビーム電流モニタ
- 2) ガン出口でのエミッション、加速管出口でのRF、コアモニタなどのオシロスコープの波形
- 3) 各種パルサ高圧ON、Readyの状態を示すランプ類 *
- 4) 分析電磁石の磁場、真空弁類の状態を表示する副制御卓CRT画面 *
- 6) 各パルサのシャットダウン状態を表示する副制御盤上のランプ類 *
- 7) 各電源類の電圧、電流を示す副制御盤上のメータ類 * (*は、コンピュータオンライン情報)
- 8) インターロック制御盤、真空制御盤、冷却系制御盤などの情報

等の情報を得て運転している。これらは、経験に拠らない対象記述が可能である。ブロック図や因果関係図を基に深い知識としての抽出作業を行なった。

<3.2 フレーム表現> 多くのルールはプロダクションルールで表現できる。しかし、未経験的事象診断や効率の診断に対しては、上記以外にライナックのもっと広い機器構成的な知識、運用規則的知識が必要になる。運用するビームトランスポートの分類によって、“I系の実験”、“II系の実験”、“III系の実験”などがあり、各系に(RI、 γ - π 、etc.)実験がある。また、実験の種類によって電子ビームのエネルギーが異なり、使用されるクライストロンパルサの数が決まる。以上の項目等に対しては、フレームの持っている階層構造と属性継承の機能を使って表現すれば非常にわかりやすく表現でき、知識表現をシンプルにする。

<3.3 ヒューリスティック知識の記述> 異常時診断の初見判断に使用される情報は、経験的に極く限られており、まず仮説を立て推論を開始し、問題解決を行なう。問題解決まで深い推論を必要とする時、次々に仮説が立てられ、他の情報を逐次参照し異常原因を探る。ここでは、対象記述による推論より、ヒューリスティック知識によって効率的な推論を探索する事になる。これらの知識は、専門家によってアプローチが異なる為、対象記述と異なり、複数解の存在が認められる。

4. 診断例

<4.1 ビームダウン時の診断例> ビームモニタの値がゼロになった時、オペレータの対応処理例を示す。

- 1) オシロスコープ上で常に監視している波形
(エミッション、加速管を通った後のRF波形、コアモニタの波形)を見る。
- 2) 電子銃グリッド高圧の確認、
- 3) 電子銃カソード高圧の確認
- 4) クライストロン高圧の確認
- 5) ビームロスモニタの確認

これらの情報と経験的診断手順を基に推論を行なう。そしてある結論を導き出し、それが最終の結論にならないければ、次の仮説を立て、それを証明する。ここでは、事実や情報にもとづいて結論を導き出す為に前向きな推論を行ない、また、ある仮説を立て、それを証明するため後ろ向きな推論を行なっている。時には、非単調推論の必要性がある。

<4.2 パルサ異常時の診断例> クライストロンパルサがシャットダウン・インターロックで落ちた場合の処理例を記述する。ひとつは、通常の手続きに沿って、順次機器の状態を確認して行く場合がある。これは、各々のパルサの高圧を確認し、落ちていたパルサのシャットダウンインジケータを見るという作業になる。もうひとつは、最初にシャットダウンインジケータ確認する場合である。これは、その人の運転経験から、一番可能性のある出来事として、特定のパルサが落ちやすいという最新知識をもっている時に起こる。仮説として“あるパルサが落ちた”とし、確認のためインジケータを見るということになる。どちらの場合も結論としては同じ結果が出るが、2つめの方がより効率的である。

5. 最適推論

< 5.1 事例ベース推論の有効性 > 同時に全てのクライストロン高圧、ガンカソード高圧が落ちた場合には、経験者であれば、とっさに”立ち入り禁止区域のドアインターロックが異常”という仮説を立てる。しかし初心者の場合には、限られた情報だけでは、複数の原因が考えられる為、結果を得るまでに時間がかかるか、その知識がない場合には結論を得ることができない。この様に同じ情報から複数の仮説が成り立つ場合には、過去の、出現回数が多いか、より重要な仮説から証明するようにする必要がある。これらの問題は加速器の運転では数多く見うけられる。事例ベース推論が最も適しているが、その最適解法は、まだ必ずしも確立していない。

< 5.2 一般推論 > 前例に比して、”ガンカソード高圧だけが落ちた”という、単一情報から考えられる仮説としては、前述した”ドアインターロック系の異常”の他に、”ガンカソードバルサの異常”、あるいは”オペレーションの異常”などがあり、複数の仮説の中からひとつに決定するためには、証明するために必要な事実の入力を促す必要がある。そのためには、後ろ向きの推論をさせる事が必要となる。

前向き推論と後ろ向き推論を組み合わせる事で、効率的な推論を行なわせる事が可能である。

< 5.3 コンテクストリンク > 前述の知識をまとめる為には、まず故障診断の手順をAND/OR探索木によって表すことが必要である。しかし、探索木が独立している場合、弱いコンテクストリンクによって、第六感による診断に流れを模倣させることが可能である。

< 5.4 推論戦略 > 複数の仮説がある場合、全て同じ重要度をもつわけではない。より可能性の高い原因について最初に調べる等の推論戦略や、フレーム、プロパティ継承等におけるマッチング、推論を効率的に行なう為各種の戦略を施し、問答の回数を減らすこと等のインテリジェント化を計って行く必要がある。

6. 結論

”ビームがでない”という事に着目し、特定ドメインの調査により、初心者モデルとしての知識構造を解明してきた。その知識表現として、ほとんどは、プロダクションルールで表す事が可能である。しかし効率のよい推論を行なわせるためにはフレームによる階層的構造をもった知識表現が有効である事を記述した。これらを組合せることによって”初心者モデル”という極めて限られた範囲ではかなり有効なプロトタイプを作ることは可能である。その洗練化によって複雑な推論を行なわせる可能性もある。しかし、これらの作業を通じて一番問題になった点は、人間の持っている経験的な知識というものは非常に断片的であるという事である。今回は、知識を提供する者と実際にコンピュータ上に構築する者が同一であるため、知識獲得に関してはそれほど問題はなかった（それでも一番時間のかかった作業ではある）。フィールドの専門家とKE（知識工学者）が別人である場合の知識獲得ボトルネックについては難しい問題が残されている。簡単な操作で、対話しながら知識を獲得できるようなシステムが出来れば望ましい。

7. 今後の予定

今後は、パーソナルコンピュータでのツールを使用し、これまでの知識処理構造を最適表現するとともに知識ベースの洗練化を探求していく事が必要となってきた。また、問答数を減らす為に、現在制御用のコンピュータに構築されているマシンのデータベースとリンクさせることも検討している。

参考文献

- [1] Isamu ABE, Expert system for Diagnosis of Klystron Modulator
Proc. of the 13th LINAC conference 1990 in LosAlamos USA
- [2] 古川宏、北村正晴、阿部勇、他 大型加速器運転支援用知識ベースシステムの設計
計測自動制御学会 1990 資料番号122-10
- [3] Isamu ABE, 診断型エキスパートシステム(KMTS), 第2回ハドロンワークショップ 東大核研