

[P 30-10]

## Operation support system for the PF LINAC

Isamu Abe, Kazuo Nakahara, \*Masakatsu Mutoh, \*\*Masahiko Tanaka

National Laboratory for High Energy Physics (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

\* Tohoku University LNS

\*\* Mitsubishi Electric Service Co. Ltd.

### Abstract

An operation support system has been developed in the KEK PF Linac to meet the KEKB project. The PF Linac operation support system is composed of three categories of automated software tools. Operation macro, self learning/reuse system, and hyper link media were developed as an operation support system for the Linac operation.

## PF LINACにおける運転支援システム

### 1. はじめに

放射光実験施設入射器の2.5 GeV電子・陽電子リニアックにおいて、現在KEKB計画に向けエネルギー増強計画(1994-1998)を推進中である。それに伴い、各部の改造や増強が進められており、ビーム加速用RF源の大電力化や、モニター系の整備、のみならず各種装置(電磁石系、真空系、トリガーシステム系、)の制御系に関する部分の増設、改良も進められている。既存の加速器を運転しながら、新規増設部(Jリニアック)の建設を平行して進めていくため、新しいJ部の加速器もまた単独で、新副制御室から運転出来なければならない。最終的には、総合的な運転(単独運転及び全体運転)が一個所(既存の主制御室)から行われる予定である。

KEKB計画では、リニアックからの運転のみならず、KEKBリングからの調整・運転等も既に議論されている。これまでは、入射器の制御システムとリング側の制御システムは、直接密な接続はなく、現実的運用としては両オペレータが連絡をとり合い、ビーム入射(調整)を行ってきた。

KEKB計画における制御システムでは増強や新機能に対する要請があり、多くの要求を達成する時、最近の一般化したMacintoshやwindows95等のレベルの操作性を確保した上で、加速器運転系を構築しなければならない事は明白である。これまでのタイトルウィンドー等は、時代遅れの感が強く、最近の多機能なGUIによる操作卓の提供と高度な

加速器運転支援への要求は、極めて当然の事となって来ている。最新の確立した技術の上に加速器制御ソフトを開発して載せる必要がある事、運転者の学習コストの低下とシステム開発コストを下げる事等をベースに、加速器運転支援システムの模索<sup>1,2,3)</sup>を行って来た。本報告では、運転支援システムの第1フェーズの状況を記す。

### 2 運転支援システムへの経過

加速器制御は歴史的にみて、1)ハードワイヤー方式制御の時代、2)計算機化制御の時代、3)高度支援型制御の時代と、大きく分類して3つの世代に分ける事が出来よう。ここでは、第3の高度運転支援型システムへの取り組みを行う。ハードワイヤーの時代には、所謂運転者を支援する概念はあまり無く、加速器の各装置を個別に操作し、操作者の負担で立ち上げ・調整までを行う。大変時間がかかる、再現性が悪い等の問題を持っていた。次に、ハードワイヤー方式制御を自動化や高機能化をしようとした時代が来たが、計算機化に取り組みと、反面幾つかの問題を抱えた。1)システム開発コストや開発期間の増大、2)システムの複雑化、3)リアルタイム操作性の悪化、4)ソフト信頼性、保守の問題等に突き当たった。高機能化を計れば計るほど、前述した問題が深刻になった。これらの問題解決の為に、プログラミング手法も大きな変化を遂げ、構造化からオブジェクト指向の時代に、又は

ツール化へと加速器業界でも遅れ馳せながら取り組まれて来た。1985年をピークにした世のエキスパートシステムへの取り組みも、様々な問題を露呈した。我々のエキスパートシステムによる支援システムへの取り組み<sup>4,5,6)</sup>でも(1988年-1992年)従来型の制御システムの中では、推論を含む知識処理型制御は困難とも思われた。AIが何でも簡単に出来るとの期待を大きく持たせ、現実とのギャップがマイナスに作用したと言える。大型の加速器はコンピュータ無しでは、能率的運転が出来ない事はもはや常識になった。1992年からPCシステムでのVMEバックアップシステム計画を期に、1993年からは、新OS(Windows NT)の調査を開始した。業界のめまぐるしい進歩の中で、各種ツールや安価・高性能なPCの出現等で、運転支援システムも新しい局面を迎えたと言える。高度運転支援への期待は、益々高まって来て当然である。

### 3 運転支援とその条件

大型化する加速器では、運転の高信頼性化(含安定化)が、またランニング・コストの高さから稼働率向上等が重要である。従って、加速器運転に於いて、何をどの様に支援して、加速器性能・能率を上げるかが問題になる。加速器運転システムを構築する時、重要な項目を列記する。

- 1) 基本的操作の確実性と信頼性の確保
- 2) リアルタイム性(装置間の必要な速度での運転及び人間の操作感覚を満足させる事)
- 3) 自動化、高機能化、操作性向上
- 4) 加速器操作学習コスト、保守コストの低減

\* 5) マルチメディア支援と分散支援  
 運転支援システムでは、1, 2)の項目を基本的に満足した上で、3)の項目に重点がある。また最近不可欠になって来てるものに4)の運転操作支援と運転学習支援、また保守を支援する事等がある。運転支援システム構築時に、利用可能で有効な技術として注目されるのが5)である。高度運転支援システムと呼ぶ時、表層知識等の知識ベースや推論機能を持つシステムが相応しい。

### 4 運転支援システムの具体化

自動化の促進や高機能化、操作性の改善を進めるに当たり(前章3.3項)、具体的には次の様な項目に分類して、運転支援システムの実用化を段階的に取り組んだ。

- 1) デバイスレイヤでのローカルなフィードバックによる自動化(含ハード、ソフトレベル)

- 2) 定型処理の計算機化(自動化、高機能化)
- 3) 非定型処理の(学習)抽出と再利用化
- 4) ハイパーリンク、マルチメディアによる、テキスト、写真、画像等のコンソールへの提供等に分類し、1, 2)は自動化や高機能化として、3, 4)は加速器操作性の改善に寄与する項目として位置づけられる。上述項目に対し、現実的に可能な技術の総合で(市販汎用ソフト、ツールで使えるものを応用)システム構築した。以下5, 6章に於いては、言語プログラミングを不要にしたツール・レベルで達成出来る様にした。

### 5. 定型処理の運用ツール

加速器制御体系が一般的な3層構造として、下位層(デバイスレイヤ)を除いた、中間層と上位層(ヒューマン・インターフェース・レイヤ)に於いて処理されるものの中から、定型処理機能を抽出した。幾つかの例を記す。

- 1) 加速器立ち上げ操作、立ち下げの定型処理
- 2) ビーム調整時の定型処理
- 3) 保守時における各種点検の定型処理

これらの細目を分析すると、多くの定型処理操作運転がある。抽出された処理は、言語でプログラムされるより、簡単なツールレベルで処理される方が便利で、柔軟性、保守性が向上する。それによって、開発コスト・開発期間を下げる事が出来る。これら定型処理を簡単に取り扱う為に構築されたシステムの例を下(図1)に示す。

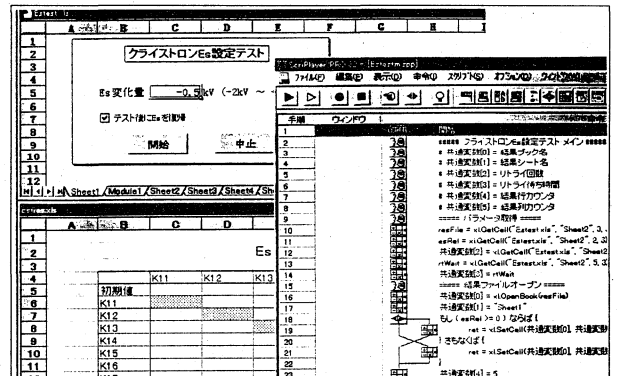


図1 定型処理ツールと運用例

### 6 非定型処理の学習と再利用

前述5章の様に予め抽出可能な処理以外でも、運転者が行った操作を、自動記録して置き簡単迅速にグラフィカル・エディターで汎化を行い再利用を可能とする為のシステムを開発した。例えば、ある特定の実験の加速器調整で、専門家がその時々判断で行った操作を記録し、後で見直し再利用可能な様に汎化する。ステップとしては、1) 加速器運転段階

に自動記録、2) 操作記録の汎化編集、3) 再利用段階に分類できる。1) を具体化するのに、1] ヒューマンインターフェース・レイヤーで記録する方法と、2] ミドルレイヤーで、データベースに操作コマンドを自動記録(学習)する方式の2種類を可能とした。GUIにおける操作コマンドの自動記録は、制御卓画面での(マウス、キーボード)操作も記録され、一つのコマンド・ファイルとして残し、後で再利用可能にする。後者に於いては、予めデータベースとGUIからのコマンド体系を標準化し、操作コマンドにインデックスを付けられるよう構築した。これらは自動的に再利用可能なコマンド・ファイルとして残せる。次に、編集段階では、何れも便利な専用グラフィカル・ツール又は、簡単なWindows 95, Windows NT上のエディター・ソフトで容易に編集可能である。特定の値を変数に置き換え、繰り返し運転や抽象化マクロに仕上げる事も簡単である。再利用段階では、実行形式に落として、一つの運転マクロとして登録して置き、加速器運転メニューの中から起動かける事を可能とした。これらのツールによって、非定型な運転操作でも汎化して再利用が可能となった。

## 7. ハイパーリンクによる支援

加速器操作者へ各種(データ、写真、図面、音声、説明文章等)の情報を操作画面で快適に提供する事は、加速器運転支援システムの一部として重要な位置づけとなる。従来のシステムに特化したヘルプシステムから最近極めて一般的になったWWWブラウザに手を加え、加速器運転支援システムの一部として組み込んだ。これによって、加速器運転時に必要な情報を高速に取り出す事がPCレベルで十分可能になり、オペレータには大変便利である。WWWの特徴は列記するまでも無いが、今後は、動画対応や各種のデータベース・エンジン等、様々な機能・操作性が、加速器運転支援への更なる応用として注目される。

### 7.1) ブラウザとアプリのリンク

マルチタスクOSの下で複数のウィンドウを開き、加速器の必要な操作表示と共に、有効な情報提供がハイパーリンク画面で同時に表示可能になった。ブラウザとVisual Basic, SQL-data base, Excel, Access等の間にリンク(OLE等)を張り、アプリ間の渡りをスムーズにした。ブラウザから運用可能なものとして、1) 加速器の各種データが検索エンジンでデータベースから取り出せる。2) 各自が作成しているExcelデータ等もブラウザに

表示可能、3) 加速器操作画面から必要なブラウザのページへリンク可能。4) 画像データ等をデータベース又はファイル・マネージメント・ツールから取り出せる等の機能を構築した。これによって、ダイナミックにテキスト・画像情報などの検索表示が可能になり、加速器運転支援システムの一部として実用的になった。GUIとしてWindows 95やWindows NTを現在運用しているが、1996年度末にはWindows NTに統一の予定で整備している。

## まとめ

加速器(放射光入射器リニアック)の運転支援システムとして、簡単で便利な定型処理達成ツール、非定型処理の汎化ツールとハイパーリンク・マルチメディア等をシステム化し、実加速器にて構成の動作確認と運用を試みた。これまでの加速器分野で弱かった運転支援システムの体系を見直した事で、定型(非定型)処理パターン抽出方法確立、再利用の促進、また有効情報の提供が出来るようなシステムが確立した。

今回は、推論エンジン等を装備していないレベル(フェーズ1)での加速器運転支援システムとして、先ずは実用化を進めたが、加速器装置の各種モニターや、デバイス層制御の整備が進めば、加速器総合運転が可能になる時から、運転の知識ベース構築に着手でき、上位層側での更なる高度運転支援(フェーズ2)システムへの取り組みが可能になるであろう。

## 参考文献

- [1] 阿部、武藤、柴崎、中原「オブジェクト指向PFリニアック制御用コンソール(1.プロトタイプ試作)」  
17th Linear accelerator meeting in Japan 1992
- [2] I.Abe, 「Class analysis and the Object model in the KEK PF Linac console」 ICALEPCS 95
- [3] 阿部、中原、武藤、柴崎、「ヒューマンインターフェースに於る運転支援 Hyper Link System」分子研研究会 '96
- [4] 阿部 et al., 「診断型エキスパートシステム(KMST)」  
14回リニアック研究会 1990
- [5] 阿部、北村「電子銃運転支援・診断型知識ベースシステムの設計(知識獲得表現)」技術研究会(分子研) 1991
- [6] 柴崎、武藤、阿部「ビーム異常時に於る診断型エキスパートシステム(2.プロトタイプの構築)」  
17回リニアック研究会 1992