

THE DIAGNOSTIC SYSTEM OF KLYSTRON MODULATOR USING NEURAL NETWORK

Masakatsu MUTOH, Tadahiro OONUMA and Yoshinobu SHIBASAKI

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University
1-2-1 Mikamine, Taikaku-ku, Sendai-shi, 982, Japan

Abstract

The diagnostic system of klystron modulator using neural network has been developed. The large changes of voltage and current of a main circuit in a klystron modulator were observed just before a few ten milli-seconds when the modulator became in trouble. These changes formed a peculiar pattern which depended on parts in trouble. The diagnosis was possible by means of pattern recognition. The recognition test of patterns using the neural network has shown the good result. Now the various tests have been continued for the practical use.

ニューラル・ネットワークを応用した クライストロン・モジュレータの診断システム (2)

1. はじめに

昨年のリニアック研究会で、我々はニューラル・ネットワークを使ったクライストロン・モジュレータ診断システムの予備的なテスト結果について報告したり。この診断システムは故障直前の各部の電圧、電流の変動が故障箇所に応じた特有の変化を示すことに着目し、予めニューラル・ネットワークに学習させてある故障原因毎の変動パターンと照合して、故障箇所を推定しようとするものである。システムの有効性を高めるためには多くの故障事例データを収集し、ニューラル・ネットワークの学習レベルを向上させることが最も重要である。我々は1年以上にわたって、事例データの収集に努めてきたが、思うように多くの事例データは得られなかった。そこで、今までの得られた少ない事例データだけで、とりあえず2台のクライストロン・モジュレータで実用化のための評価試験を行ないながら、同時に事例データを継続的に収集できるシステムを構築した。更にこの1年間、データ収集回路の製作、この診断システムをリニアック制御系と一体化して運用出来るようにするための作業、1台のニューロ・コンピュータで複数のクライストロン・モジュレータを診断するためのソフトウェアの開発なども行なってきた。今回はこれらについて報告する。

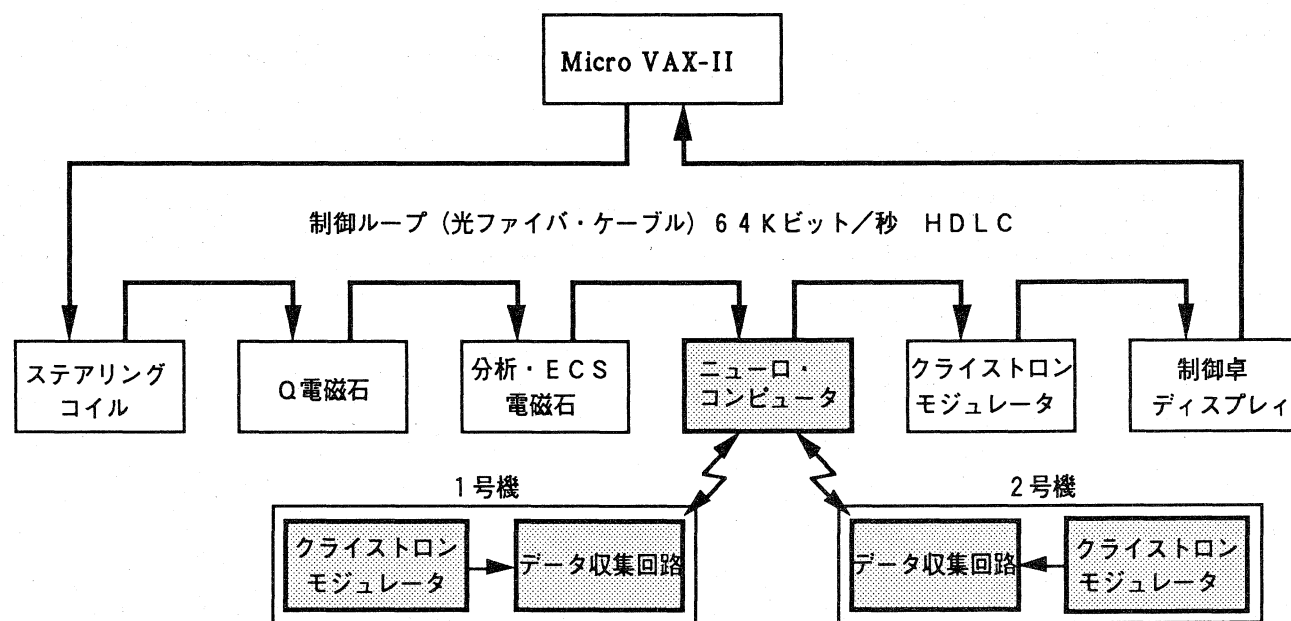
2. システムの構成

核理研のリニアック制御系²⁾に組み込んだ診断システムの構成を第1図に示す。リニアックを制御するコンピュータと、各機器を直接制御するためのVMEバスの制御装置との間は、制御ループで結ばれている。ニューロ・コンピュータ(富士通製FMR-70+ニューロボード+シミュレータ)もこのループにつながり、ノードのひとつとなる。

故障データの収集については、クライストロン・モジュレータのIVR直後の交流電圧、電流、直流平滑回路直後の電圧、電流の4箇所の信号を常時測定している。データ収集回路には、テスト段階ではVMEバスを採用した回路を使っていたが、今後診断対象とするモジュレータの台数を増やすことも考え、クライストロン・モジュレータに組み込める専用の回路を製作した。データ収集回路はアイソレーション・アンプ、マルチプレ

クサ、サンプルホールド、ADC(8ビット)とこれらを制御するマイクロプロセッサで構成されてる。信号の測定は1mSec間隔で常時行なわれていて、各100点(100mSec)分のデータがマイクロプロセッサのメモリ上に蓄積されている。モジュールがシャットダウンすると、直前までの4信号×100点の測定データは、診断のためにクライストロン・ギャラリから制御室に置かれたニューロ・コンピュータへ、光ファイバケーブルで送られる。

ニューロ・コンピュータでは、各モジュール毎に既に学習してある変動パターンをもとに認識作業をおこない、診断結果は制御ループを通じて制御用コンピュータMicroVAX-IIへ送られる。MicroVAX-IIでは、制御卓にあるディスプレイに診断結果を表示してリニアック運転者に知らせると同時に、他のシャットダウン情報などと共に運転記録に残している。

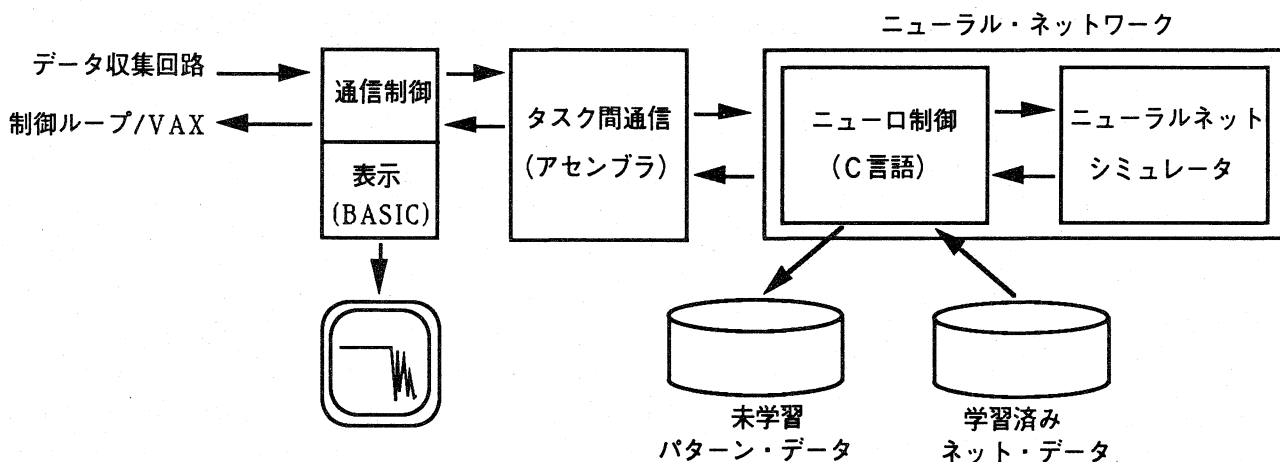


第1図 リニアック制御系に組み込まれた診断システム。

3. 学習と認識

学習を行なうためには、予め指定されたフォーマットに従った学習用のデータを用意しておく。学習データは認識用のデータと同様に、データ収集回路で得たデータから診断に必要な波形の特徴部分だけを抽出し、更に若干の編集を加えたものである。学習はニューロ・コンピュータ上で専用のツールを使って行なう。この診断システムで使われたニューラル・ネットワークは3階層型の構成で、学習方式はネットワークの出力値と期待する出力値(教師信号)との誤差が小さくなるようにニューロン間の結合の重みを調整するバックプロパゲーション学習方式である。学習に必要な時間は、学習条件を適当に選べばこの例の場合には数分以内に終了した。しかし、一連の学習工程は人間がツールをつかっての作業であるため、全体としては数時間にも及ぶ。

学習済みのネットワークを使った認識作業はリアルタイム処理であるため、人手を介在せずに行なわなければならない。第2図に認識のためのニューロ・コンピュータのプログラム構成を示す。まず、起動の際には学習済みのニューラル・ネットワークのデータがディスクからロードされ、コンピュータ上に各クライストロン・モジュール毎のニューラル・ネットワークが形成される。診断は、データ収集回路から送られたデータから特徴部分を抽出する前処理を行ない、ニューラル・ネットワークの入力層に加えられるようなデータ形式にし、それぞれのクライストロン・モジュールに対応したネットワークに与え診断を開始する。得られた診断結果はMicroVAX-IIへ送られるが、学習済みの変動パターンに該当するものがない場合には、新しい事例データということで、後でニューラル・ネットワークを再学習させるため、他に必要な情報と共にディスクへ格納される。



第2図 ニューロ・コンピュータのプログラム構成。

プログラムの主要な部分はC言語で作られ、データ収集回路からのデータをモニタのため表示させる部分と、データ収集回路、MicroVAX-IIと通信する部分だけがBASICで作られている。C言語プログラムとBASICプログラムはそれぞれ独立したマルチタスク構成になっていて、両者の間でのデータの受け渡しにはアセンブラで作ったプログラムが介在し、データの流れの円滑化を図っている。このためBASICプログラムの一部に変更を加えるだけでEthernetの環境でも使うことが可能となり、今後この診断以外の加速器制御への応用を考えて工夫してある。

4. 最後に

今後はこのシステムの評価試験とあわせて、変動パターンデータの前段処理方法、クライストロン・モジュレータの中より適切な信号の測定箇所、測定方法についても検討したいと考えている。

最後に、この作業を進めるに当たっていろいろ議論していただいた高エネルギー物理学研究所・放射光実験施設の阿部勇氏、中原和夫氏に感謝いたします。又、核理研・加速器グループの方にも協力していただいた。

参考文献

- 1) M.Mutoh et al., Proc. 15th Linear Accelerator Meeting Japan 1990, p.251.
- 2) M.Mutoh et al., Proc. 7th Symposium on Accelerator Science and Technology Japan 1989, p.240.