

ニューラルネットによる空気式制御弁故障診断

5R-7

野上たけき¹、横井良秀²、笠井雅夫³、河合勝則³、高浦勝寿³

¹(株)四国総合研究所、²徳島大学、³三菱原子力工業(株)

1. 序

防爆等の利点からプロセス制御装置の操作部に多用されている空気式制御弁の運転中の健全性確認は、操作信号、弁開度、排気音、圧力信号等の観測量をもとに点検員の知識・経験レベルに応じて直観的に診断されることが多く、専門家レベルの診断を簡便に行える支援技術の開発が望まれている。そこで、空気式制御弁の故障を部品単位で診断できる手法の確立を目的として、約十種類のセンサ信号とニューラルネットワークを用いた故障診断システムの試作を行い、診断性能を評価したので、その概要を以下に示す。

2. 故障データの作成および特徴抽出

故障データの収集:

実システムにおける空気式制御弁の故障データを得ることは困難なため、空気式制御弁の各部品に対し20数種類の故障を実験的に模

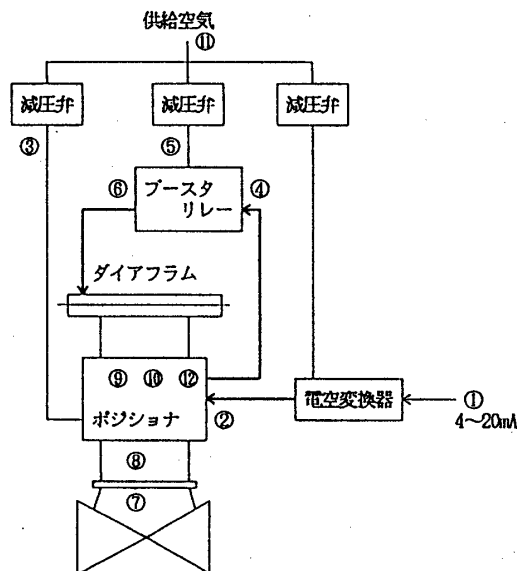
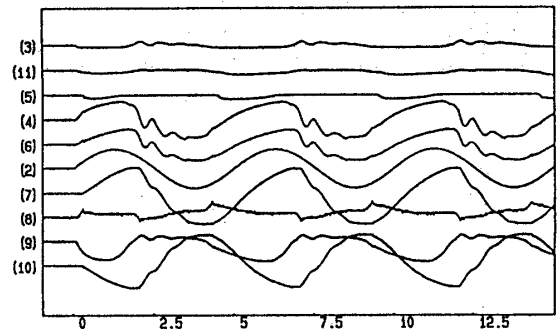


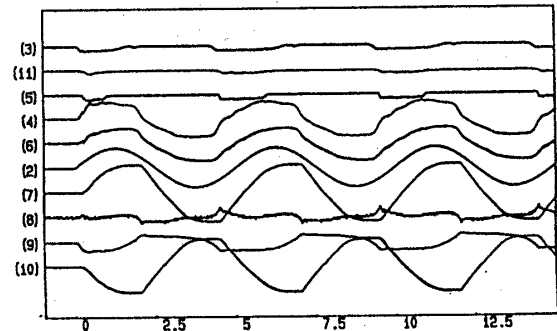
図1 実験システム概念

擬し、弁をサイン状に作動させたときに得られる約10種類のセンサの時系列データを収集した。本実験設備の系統概念を図1に示す。

こうして得られた正常時および異常時のセンサ信号(②~⑪)の例を図2に示す。



センサ信号の時系列データ (異常時)



センサ信号の時系列データ (正常時)

図2 センサ信号時系列データ例

センサ信号の処理:

診断には各センサ信号の時系列波形パターンを利用することとし、各センサ信号の波形パターンをデジタルフーリエ変換し、各フーリエ係数の絶対値を正規化してニューラルネットワークへの入力信号とした。図2からも解るように、各センサ信号の波形にみられる特徴的な高次モードの振動周期は基本モードのおよそ10分の1程度と判断されるため、

Failure Diagnostic System on Air-Operated Control Valves by Neural Network

¹Takeki NOGAMI, ²Yoshihide YOKOI, ³Masao KASAI, ³Katsunori KAWAI, ³Katsuhisa TAKAURA

¹Shikoku Research Institute Inc., ²The University of Tokushima, ³M A P I

第2次モードから第16次モードまでの15モードを利用することとした。

例として図3に、弁の正常時とある故障モード時におけるセンサ信号④のフーリエ係数の違いを示す。

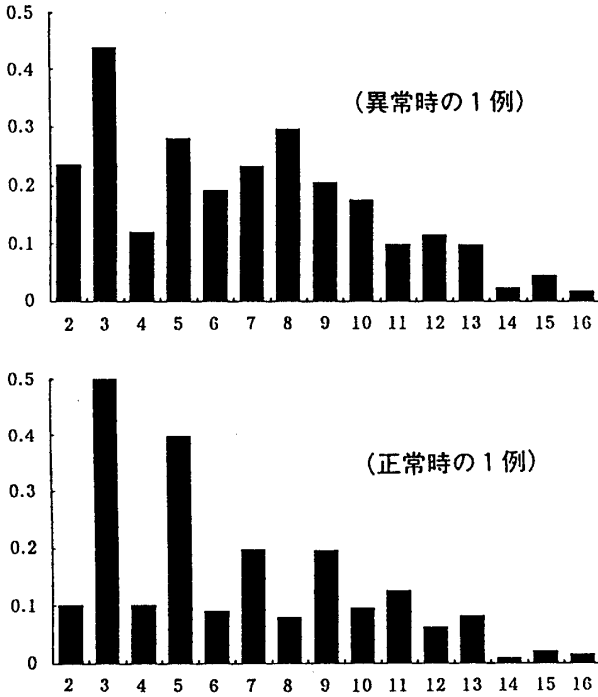


図3 正常時と異常時のスペクトル比較

3. ニューラルネットワークの構築

20種類の故障モードと7種類の正常モードの総計27種類のモードを対象としたニューラルネットワーク診断システムを試作した。

本診断システムは、多数のセンサ信号から得られる時系列データを総合して診断するシステムとなる。そのためのニューラルネットワークとして、図4に示すような、階層型ニューラルネットワークを階層的に組み上げた複合ニューラルネットワークシステムを開発した。各時系列データ処理用ニューラルネットワークは各センサ信号のフーリエ係数から情報を圧縮して主ニューラルネットワークに入力する。

時系列データ処理用ニューラルネットワークの出力層ユニット数はセンサ信号の波形パターン数を十分表現できる数でよいが、ここでは主成分分析の手法を用い、寄与度の大きな3つの成分で波形パターンを表現すること

とした。出力ユニットの教師信号には各成分の固有ベクトルと入力フーリエ係数との相関係数を0～1の値に規格化した値を用いた。

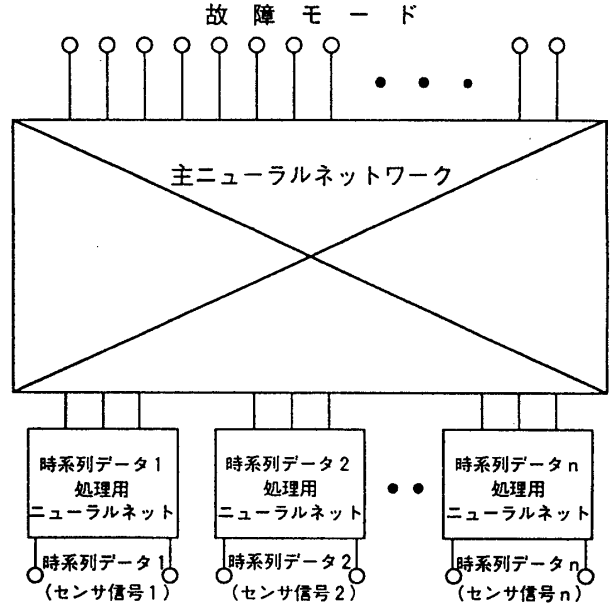


図4 空気式制御弁故障診断ニューラルネットワーク構造

4. 結果および今後の課題

ニューラルネットワークの学習に用いたセンサ信号は、弁を50%の開状態から、周期5秒、振幅20%で駆動した場合のものである。

このようにして試作した診断システムは、学習データに関してはほぼ100%の認識率を示しており、ニューラルネットワークの優れた適合性が確認できた。また、学習通りではない入力データ（学習データを一部変形して作成）、あるいはセンサ故障を想定した入力データに対しても、センサの種類によっては比較的良好な認識率を得ることができた。このことは、本診断システムが故障診断にとって重要なセンサを選別するのに使用できる可能性を示していると言えよう。

今後は本システムの実用化に向け、今回のシステムでは使用しなかった、①弁操作信号と各センサ信号との位相差、②各センサ信号の振幅、③各センサ信号の初期値、等も利用するシステムに拡張するとともに、より多くの実験データあるいは実故障データを用いて学習し、故障診断能力を確認していく必要がある。