

VI-119

シールド自動方向制御へのファジィ・ニューラルネットワークの適用

戸田建設(株) 正会員 伊藤 耕一 樋口 忠
同 上 正会員 奥村 利博 柳楽 毅

1. はじめに

ファジィ理論は感覚的な知識を活用する手段として多くの分野で適用されており、言葉あるいはモデルでは厳密には表現できないが感覚的な知識では表現できるといった分野で盛んに実用化が始まっている。シールド機の自動方向制御においても、工法、シールド機の形状あるいは土質といった施工環境が様でなくモデル化が極めて困難なことから、ファジィ制御を適用する事例が多くなっている¹⁾。ところがファジィ制御においては、ファジィルールやメンバーシップ関数の同定あるいは調整には専門家知識はもとより多大な労力が必要とされるという問題がある。とくに知識のもつアバウトネスの補償とも言うべきメンバーシップ関数の調整や同定は、ファジィ制御の成否にかかわるので専門家が苦勞して行っているのが現実である。

筆者らはこの問題を解決するためにファジィ推論にニューラルネットワークを融合（ファジィ・ニューラルネットワーク：FNN）させ、メンバーシップ関数をバックプロパゲーション（BP）による学習で自動調整するシールド自動方向制御システムを開発した。本報ではFNNによるファジィ知識の洗練化方法を中心に開発したシステムを紹介する。

2. シールド自動方向制御システム

図-1にシールド自動方向制御システムの構成を示す。システムは①データロギングシステム、②ジャイロモニタシステム、③トータルステーションモニタシステム、④制御システムの独立した4つのシステムで構成される。

制御システムはシールド計画路線との離れ、方向ずれなどからファジィ推論により最適な制御量・ジャッキパターンを決定し、計画線形通りに掘進するようシールド機を方向を制御する。図-2に制御フローを示す。

3. ファジィ・ニューラルネットワークの適用

シールド計画路線に対する制御量算定にファジィ推論を用いた場合、土質、掘進スピード、シールド機の重心等の施工環境をメンバーシップ関数に反映させる必要がある。即ちシールド機の制御結果を学習し、目標制御量と制御結果が等しくなる方向にメンバーシップ関数を調整する機能が要求される。そこでファジィ推論を多層のニューラルネットワーク（NN）で表現することにより、ネットワークの学習機能を用いてメンバーシップ関数を調整するFNNを適用した²⁾。適用したFNNの特徴を以下に述べる。また図-3にネットワークの構造のうち水平方向部分を示す。

①ファジィ前件部のメンバーシップ関数をシグモイド関数で表現し、ニューロにより学習させる

従来の三角形表現ではなく、傾き（Wg）と中心位置（Wc）で形状が表現できる連続関数を用いてい

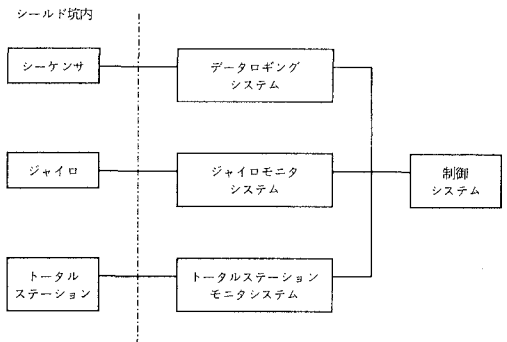


図-1 シールド自動方向制御システムの構成

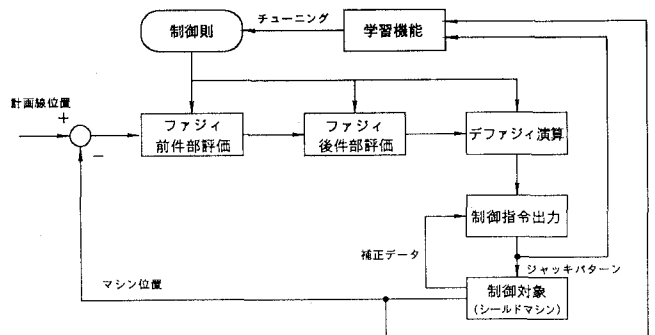


図-2 制御フロー

に述べる。また図-3にネットワークの構造のうち水平方向部分を示す。

る。そして W_g と W_c を学習対象の結合係数とし、NNの学習による結合係数の変化がメンバーシップ関数の形状変化となる。図-4にメンバーシップ関数の学習例を示す。

②ファジィ推論統合法として代数積-加算-重心法を適用する

NNの演算課程との整合性を考え、MINI-MAXに代わる手法として取り入れた。

③学習にはBP(誤差逆伝搬学習則)を用いる
一般にBPでは出力層での誤差を最小にするためにNNを構成する全ての結合係数を修正するが、FNNにおけるBPでは上記 W_g 、 W_c のみが学習対象となる結合係数として取り扱われ、他のファジィルール部及び重心計算部の結合係数は固定値となる。また学習データによる推論値(教師データ)は制御目標に対する実制御量の過不足率を用いて算定している。

一般式は以下の通りである。

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_i (Y_{pj} - Y_{pj}^*)^2$$

$$\Delta W_{ji}^{(n)} \propto - \frac{\partial E_p}{\partial W_{ji}^{(n)}}$$

ここで、

E_p : 出力層での誤差
 Y_{pj} : 学習データによる出力値
 Y_{pj}^* : 学習データによる推論値
 $W_{ji}^{(n)}$: 結合係数

4. おわりに

本報の実証施工は4月上旬に発進予定の雨水管渠において行われる。実証施工におけるFNNによる学習効果の確認に際しては、適切な学習率の設定、一定の施工環境下での学習データの収集が重要であるとともに、ローカルミニマム的な誤差収束が発生していないかどうかの確認も必要となろう。本FNNの技術的課題については名古屋大学の古橋先生の御指導を仰いでいる。尚実証施工の結果とシールド自動方向制御へのFNN適用に関する考察については時期を改めて発表したいと考えている。

[参考文献]

- 1) 林はか：土木施工技術へのファジィ理論の応用, 日本ファジィ学会誌, Vol. 2, No. 3, 1990. 8
- 2) 古橋はか：ファジィニューラルネットワークの構成法と学習法, 日本ファジィ学会誌, Vol. 4, No. 5, 1992. 10

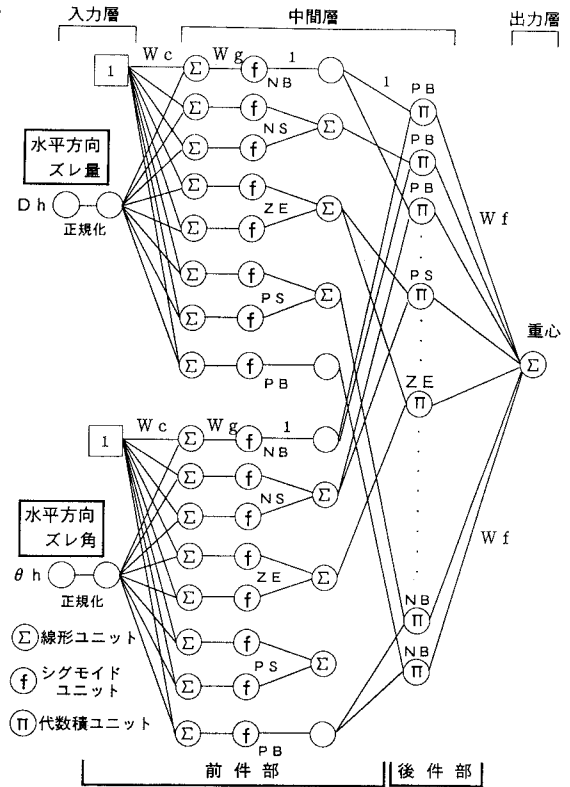
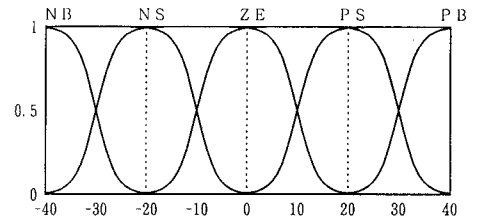
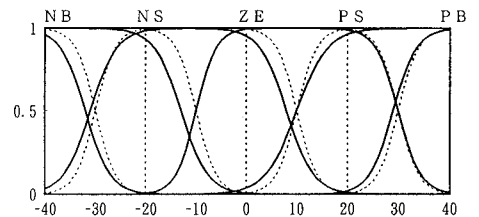


図-3 水平方向成分のネットワーク構造



a 学習前メンバーシップ関数



b 学習後メンバーシップ関数

図-4 メンバーシップ関数の学習例