

北大工学部 正員 中 辻 隆
北大工学部 正員 加 来 照 俊

1 まえがき

第4世代の動的交通マネジメントシステムにおいては、制御方式だけでなくその制御方針も交通状況に応じて自律的に変化させることができる「自己組織化制御」がその基本的理念となっている¹⁾。ニューラルネットワークモデルは、過去の経験を自律的に学習する自己組織化能力に1つの特色を有している。ここでは、ニューラルネットワークモデルを基本とした制御システムの提案と一部解析例を示す。

2 自己組織化制御システム

ニューラルネットワークモデルを用いた自己組織化制御システムの概念図を図1に示す。交通状況分類サブシステムは、車両感知器データをもとに交通状況のパターン分類を行う。これによって交通状況に応じた制御目的を変えることが出来る。感知器データを入力変数、制御モードを出力変数とする多層階層型のニューラルネットワークモデルとする。このシステムにおいては、数理的モデルによる判別や管制官の判断等を教師信号として与えることによってシナプス係数の調整を行う。学習アルゴリズムは逆伝搬法を用いる。

最適制御サブシステムは、各制御モードごとに設定された制御目的を実現するルーチンである。ここでは、全流入部における行列長を最小化することを目的としたシステムを例として説明する。このシステムは、さらに2つのサブシステムから構成される。1つが各交差点における動特性を記述するとともに最適スプリットを求めるシステム(図2)である。制御変数を入力変数、各流入路における待ち行列長を出力変数とする多層階層型のモデルにより表わす。他方が交差点間の拡散現象を表現するためのものであり、流出交通量を入力変数、次交差点における流入交通量を出力変数とする多層階層型のモデルを用いる。

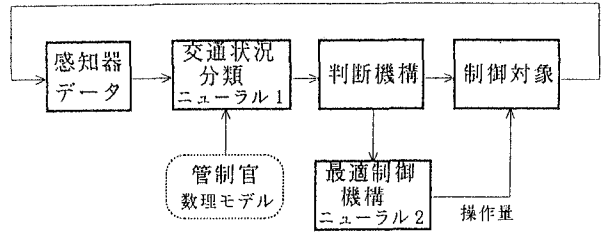


図-1 自己組織化交通制御システム

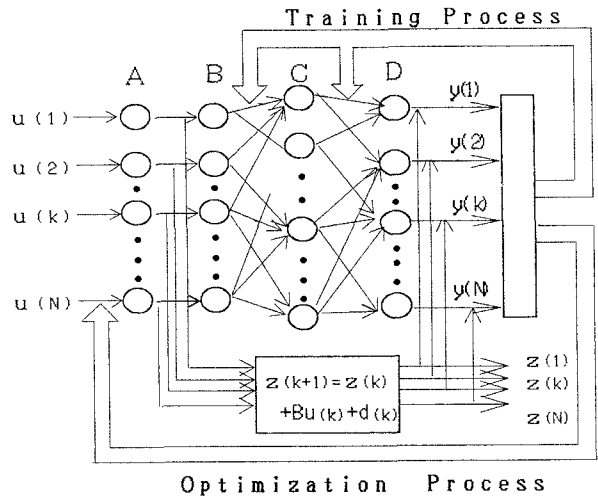


図-2 最適制御サブシステム

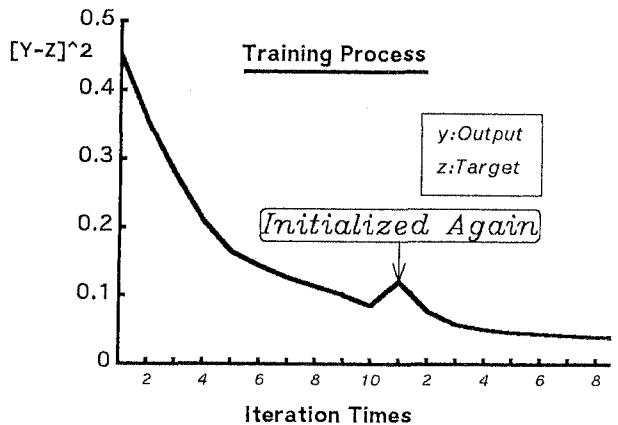


図-3 最適制御学習プロセス

各交差点におけるシステムは、その機能から学習プロセスと最適化プロセスに分けられる。学習プロセスは、与えられた制御変数に対して適切な待ち行列長を出力するよう各層間のシナプス係数の大きさが逆伝搬原理に基づいて調整される。待ち行列長が直接計測されている場合には、その計測値を教師信号として、計測されていない場合には、流入交通量および飽和交通流率から規定される動特性方程式の解を教師信号として用いる。図2には後者の例を示している。図3は、制御変数・スプリットがランダム設定された後、逆伝搬法によってシナプス荷重が調整され、出力変数と教師信号の偏差自乗和の値が学習の繰り返しによって減少していく様子を示している。途中、入力変数の初期化を何度か行うことによってシステムの頑強性を高めることが出来る。

最適化プロセスは、目的関数を最適化するために制御変数を調整する。今、行列長の自乗和を最小化することを目的関数として採用すると、学習プロセスにおける逆伝搬法と同様に最急勾配原理に基づいて制御変数の調整量を定式化出来る。²⁾

$$\delta u = \eta \sum_k y_k^2 (1 - y_k) \sum_j W_{jk} (1 - y_j)$$

すなわち、上式はシナプス結合 W_{ij} 、 W_{jk} が微調整されることによって制御変数の調整システムも自動的に変化することを表している。図2に示すように、制御変数の調整は、シナプス荷重の調整とは異なり逆伝搬されることはないので、ここではフィードバック法と名付ける。ローカルミニマムへの収束は、ニューラルネットワークモデルにおいても大きな課題である。ローカルミニマムへの収束を避けるためにステップワイズ法を提案する。すなわち、最初にコーシーマシン³⁾と呼ばれる確率的手法によって制御変数の調整を行った後、先に述べたフィードバック法の適用を行う。図4はステップワイズ法の基本的フローを示す。図5は、1交差点におけるモデルを例として、ステップワイズ法とフィードバック法における収束状況を比較したものである。解析解(山登り法)による結果も併せて示している。フィードバック法のみを用いた場合には、最適解に至らずローカルミニマムに陥っている。ステップワイズ法においては、コーシーマシンを導入したことにより最適解への収束も早めることが出来る。行列長もほぼ解析解と一致した。

参考文献

- 1) OECD, Dynamic Traffic Management..., 1987
- 2) Nakatdsuji, 11th ISTTT, 1990(in press)
- 3) Wasserman, Neural Computing, Van Nostrand

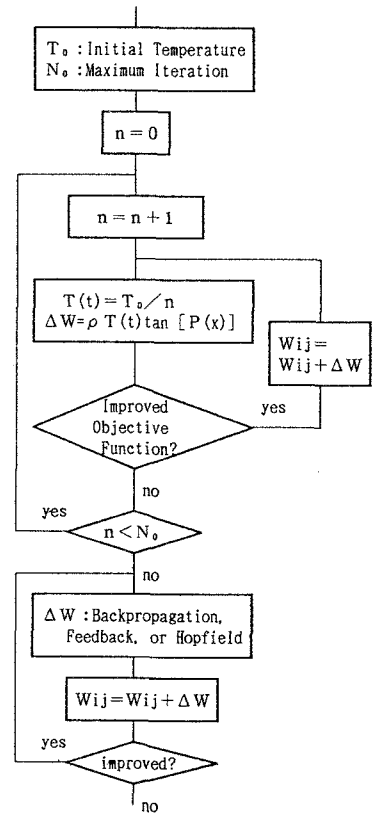


図-4 ステップワイズ法

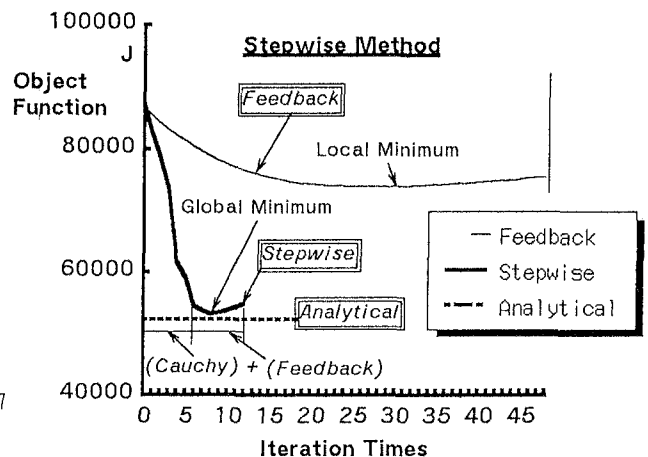


図-5 ステップワイズ法による最適解