

(Ⅶ-20) 配水管網における残留塩素濃度変化過程の推定モデルに関する一考察

東京都立大学大学院

正会員

稲員とよの

東京都立大学大学院

フェロー

小泉 明

東京都立大学大学院

学生員

○栗田 昌寛

1. はじめに

我が国の水道普及率は平成 12 年度末で 96.4%に達し、水道の維持管理では水量、水圧の確保に加え、水質管理が重要な問題としてクローズアップされている。特に、水道水源の水質劣化に伴い、安全性確保の観点から行われる浄水過程での過剰な塩素注入は、水道水に異臭味を与える要因となるほか、配水管の腐食を促進し、錆による赤水の原因にもなっている¹⁾。このため、配水管網内における残留塩素については消毒効果を残しつつ、必要最小限とする管理が求められている。そこで本稿では、水道水の安全性を確保すると同時に、残留塩素濃度の低減化を検討するため、ニューラルネットワークモデルによる残留塩素濃度シミュレーションを試みる。

2. 対象配水管網と使用データについて

残留塩素濃度シミュレーションには、多数考案されたニューラルネットワークモデルの中で一方向のみへの情報伝達機構を表すことができ、入力情報を有する入力層、出力情報を有する出力層および入力層と出力層の中間に存在する中間層の階層構造で構成される「階層型ニューラルネットワーク」を適用する。また、モデル化において入出力データを関係付け、モデル式を作成するプロセスを「学習」、モデル式の汎用性を確認するプロセスを「検証」と呼ぶ。本稿では配水管網をブラックボックスと見做し、その有用性を示す。なお、モデル化は図 1 のフローによって行う。

対象地域は、図 2 に示すように流入地点を配水池 50 とし、38 ヶ所の地区に給水する配水管網である。入力地点には配水池の流出部、出力地点には管網末端部を選択する。管網内における各地点の時間配水量については八王子市で計測されたデータを参考とし、各地区の特性、水需要のランダム性を考慮した上で作成する。また、残留塩素濃度の時間データには水量、水圧、水質変動のシミュレーションが可能な EPANET²⁾ による管網解析結果を実測値と見做し使用する。これより、対象となる EPANET 出力データの内訳は 2 日目から 8 日目までの 168 データ（7 日間）を学習期間、9 日目から 13 日目までの 120 データ（5 日間）を検証期間とし、初日のデータは学習に必要な時間遅れ予備期間とした。

3. 時間遅れの検討とモデル構造の決定

入出力地点における残留塩素濃度の相互関係を相互相関分析により定量的に明らかにする。図 3 に示す相互相関コレログラムは収束の遅い緩やかな曲線を描いているが、これは流入残留塩素濃度の自己回帰的な変動によるものと推察される。そこで、同時点の相関係

キーワード：ニューラルネットワーク、残留塩素濃度、配水管網

連絡先：東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 0 4 2 6-7 7-2 7 8 8

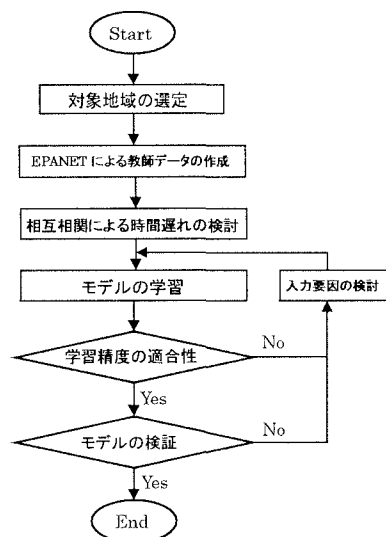


図 1 モデル化のフロー

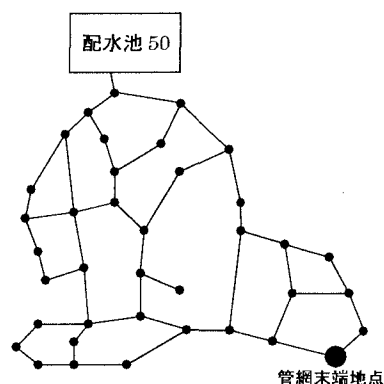


図 2 対象配水管網

数に基準を設けたところ、出力地点は4時間前迄の影響を強く受けていると判断でき、これを時間遅れとした。また、モデルの入出力構造においては、入力ユニットに入力地点の残留塩素濃度と流量、出力ユニットに出力地点の残留塩素濃度の各種時間データを適用し、中間層構造には過去の研究³⁾により十分な精度が確認されている2層の中間層で、各層のユニット数が入力ユニットの半分程度のものを使用した。

4. 時間遅れを考慮した学習と検証結果

入力地点における残留塩素濃度と流量の各種時間データに対し時間遅れを考慮した入力ユニットを構築し、前述のモデル構造を用いて学習を行ったところ、適合性の良いモデル式を作成できた。検証においても残留塩素濃度の時間変動を非常によく追従しており、モデル式の再現性の高さも示されている(図4)。

なお、図中の平均相対誤差[%]とは、推定出力値から相対誤差を求め、その平均値を計算したものである。

5. 学習期間の検討

学習期間の変更に伴い、モデル式の再現性がどの様に変化するかを検討する。なお、検証期間は5日間、評価指標には平均相対誤差[%]を適用する。学習期間5日間までは期間の増加につれて検証精度の上昇が見られ、再現性の高いモデル式が作成されていたが、それ以降は変動が落ち着き、学習期間によらず検証精度は5%程度とほぼ一定値を示した(図5)。これより、本稿では学習期間に7日間を適用したが、5日間としてもモデル式の精度に問題がない点も明らかとなった。

6. おわりに

本稿では、配水管網末端地点に至る流下過程において、時間の経過とともに残留塩素濃度がどの程度減少するかを、提案したニューラルネットワークモデルにより高い精度で予測可能であることが示された。今回提案したモデルは、将来の高水準水道を構築するに当たり、配水管網内における残留塩素濃度の適正管理に有益な情報を与える手段として利用可能であると考えている。

【参考文献】

- 1) 水道技術研究センター：管路内残留塩素濃度管理マニュアル、水道技術研究センター、pp.1-2、1999
- 2) L.A.Rossman Drinking, "EPANET2 Users Manual," United States Environmental Protection Agency(2000)
- 3) 稲員とよの・小幡晋・小泉明：ニューラルネットワークによる水質管内残留塩素濃度のモデル化に関する一考察、土木学会第53回年次学術講演会講演概要集CS部門、pp.148-149、1998

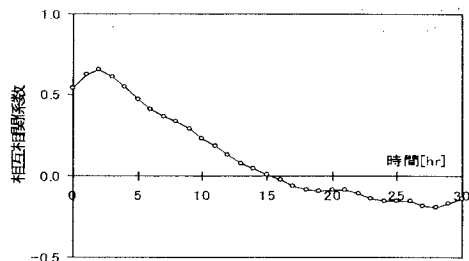


図3 時間遅れの検討

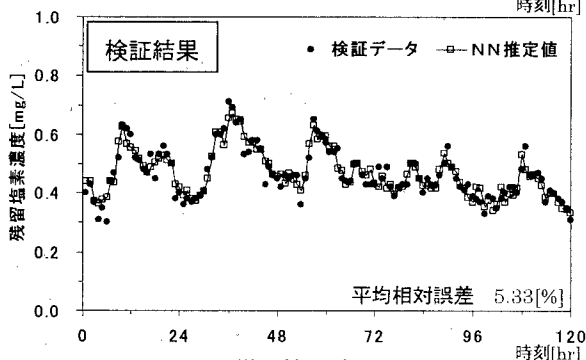
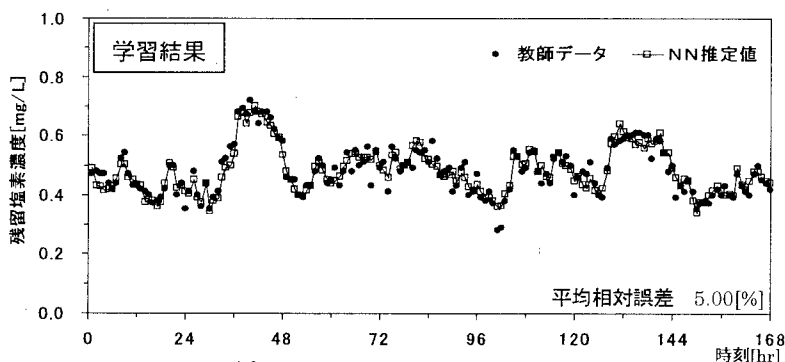


図4 学習検証結果

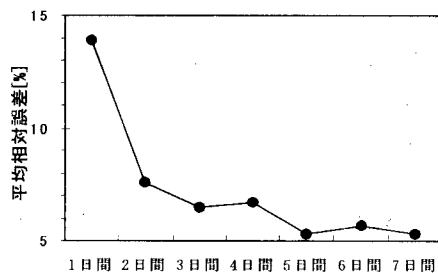


図5 学習期間の検討