

ANN を導入した ACCO 手法による数値モデルの検定に関する研究

長崎大学工学部 学生会員○河合 裕吾 長崎大学工学部 正会員 西田 渉
長崎大学工学部 フェロー 野口 正人 長崎大学工学部 正会員 鈴木 誠二

1. はじめに

水域での流れや水質の変化を評価する手法として、数値モデルは有用である。しかし、精度よく水質変化の予測・評価を行うには、モデルパラメータを適切に評価しておく必要がある。本研究では、離散データに基づく大域的最適化手法の1つである Adaptive Cluster Covering Method (ACCO 手法) について、その処理プロセスに、ニューラルネットワーク (ANN) を導入することで、計算誤差の評価回数の低減と予測精度の改善を図るとともに、この手法の数値モデルの検定への応用を検討することとした。

2. ANN の ACCO 手法への導入と計算条件

まず、ACCO 手法の概要を述べておくと、解の探索の手続きは、

- ① 実行可能領域から試行点の抽出と目的関数の評価
- ② 細探索のためのクラスターの形成
- ③ 最良の評価結果が得られたクラスター付近における実行可能領域の再設定

の処理によって進められ、これら①～③の手続きが、計算停止の条件を満たすまで繰り返し実行される。クラスター形成は、局所解への収束を回避するために、複数個が形成されることになる。モデルの適合性は、計算結果と実測結果とから算出したエラーの二乗値の総和 (SE) として評価される。

本研究では、SE の分布を評価するために ANN を用いており、ANN から求められる極小値に関する結果が実行可能領域の絞込みに反映されることになる。具体的には、まず、ACCO 手法によって抽出された決定変数の値と数値モデルの予測誤差に関するデータを準備し、これらのデータに基づいて ANN に学習させる。続いて、ANN で評価された SE の空間分布に局所探索を行い、極小値を算出し、得られた結果を実行可能領域の決定に反映させている。

3. 数値モデルの検定条件

ここで、検定対象とした数値モデルは、三次元レベルモデルである。流体の運動は連続方程式、運動方程式を用いて評価している。また、後述のとおり、塩化

物イオン濃度を計算対象としたことから、この収支式も基礎式に含めた。各式は差分法によって離散化した。

計算対象領域は図-1 に示す諫早湾調整池である。計算にあたり、水平方向に $dx=dy=200m$ 、鉛直方向に $dz=0.2m$ の間隔で分割された。時間差分間隔は $dt=4.0sec$ とした。

検定対象となる項目は塩化物イオンの空間分布であり、平成 14 年 4 月 24 日から実施された諫早湾調整池における短期開門調査のモニタリング結果¹⁾の再現性を検討することにした。今回は、開門調査開始から 6 日間を計算対象とし、4 月 29 日のモニタリング結果をモデル検定用の値とした。

ANN-ACCO 手法の探索条件として、試行点数を 36、形成クラスター数を 3、最大計算回数を 15 とした条件が与えられ、検定用データとしては、諫早湾調整池の 4 地点で観測された塩化物イオンの鉛直分布で、データ数を 12 とした。実行可能領域が検定計算の初期に与えられた領域の 5%以下に絞り込まれた時に計算を停止させている。

4. 計算結果とその考察

SE の変化を示すと、図-2 のとおりである。最終的な解を得るまでに実行されたシミュレーション回数は 946 回であった。計算開始からしばらくの間、SE の値は大きな幅で分布しているが、最適化計算の進行に応じた領域の絞込みがなされることで一定値に収束することがわかる。最大勾配法による最終的な解の探索は、

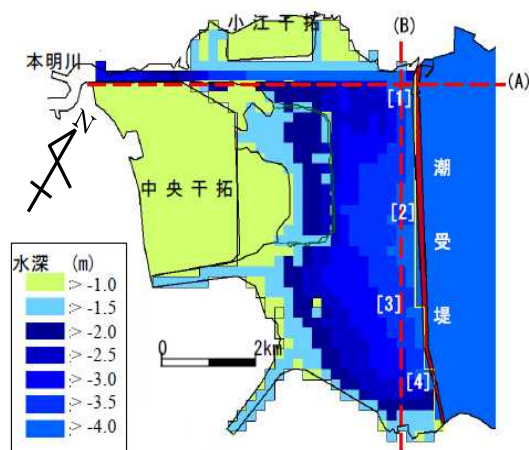


図-1 諫早湾調整池の概要図

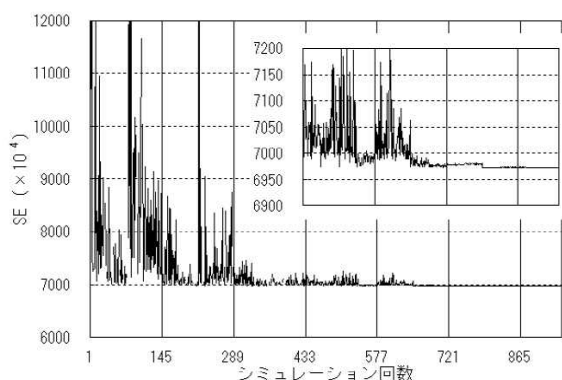


図-2 検定計算の進行と評価誤差 (SE) の変化

5 回のクラスター形成がなされた後に実行されており、僅かではあるが SE が改善されていることも示されている。

計算から求められた流速ベクトルと塩化物イオンの空間分布は図-3 のとおりとなる。これらの結果は 4 月 29 日の 13 時に相当する結果であり、図-1 に記された断面 A, B での鉛直分布である。調整池の塩化物イオン濃度は、この時刻までに 5 回の海水導入が行われたこともあり、ほとんどの地点で千 mg/l 以上となっている。塩化物イオンの空間分布は排水門操作によって発生した流れに応じて変化しており、海水導入時には排水門の開口部から流入した海水のため、底層付近での濃度が高い。また、断面 B では、北部排水門と南部排水門からの流入によって生じた流れが出会う中央付近において、底層の水塊が上層へ輸送される様子も示されている。

検定位置における塩化物イオン濃度の鉛直分布について、代表例として[1], [3]の計算結果と観測結果を示すと、図-4 のとおりである。これらの結果から、SE の評価に空間的な重みを導入したこともあり、計算結果においても濃度が上層で低く、低層で高いという定性的な傾向は再現されている。一方で、個々の濃度を観測結果と比較すると、上層部では高めに、低層部では低めに評価された。この差異に関しては、水温の観測結果には、表層で約 20℃、低層で約 16℃となることが示されており、実際にはこうした水温の鉛直分布が調整池内の物質流動に少なからず影響を与えていたことも予想される。計算結果の向上にあたっては、今後、水温の変化を考慮したモデルの構築が必要であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、ANN を ACCO 手法に併用することで、

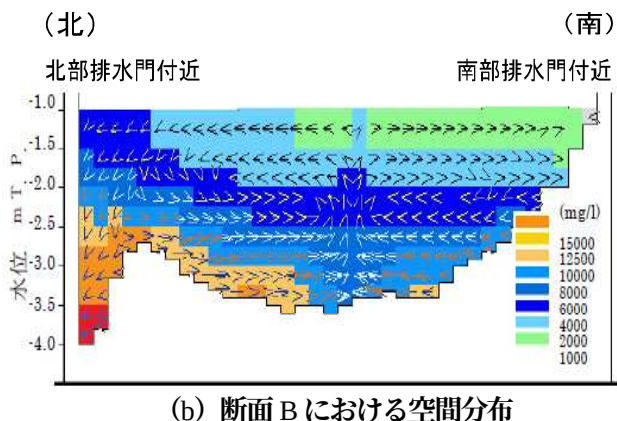
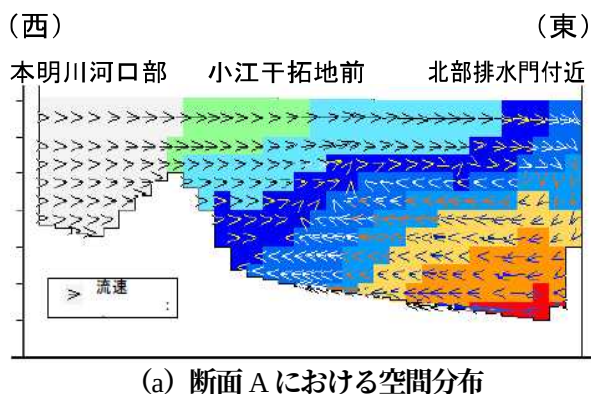


図-3 流速ベクトルと塩化物イオンの空間分布

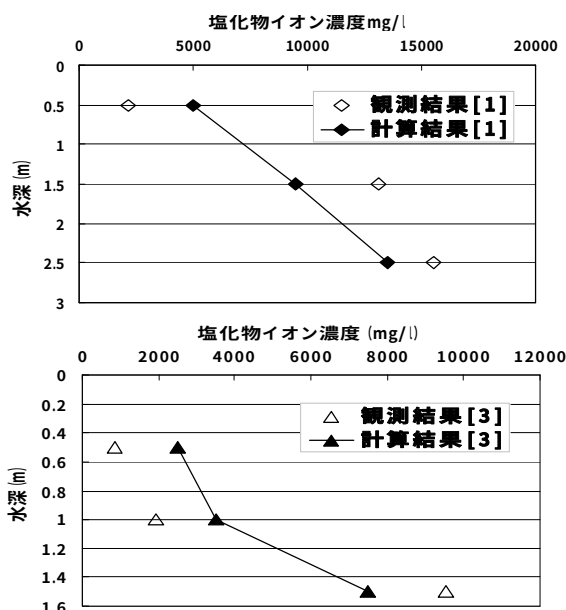


図-4 塩化物イオンの鉛直分布比較

推定結果の向上を図った。諫早湾調整池における塩化物イオンの予測結果から、本手法によって、モデルの自動検定が適切に進められたことが示された。今後、他の最適化手法との比較とともに、適用事例を増やしながら本手法の有効性を検討する必要があると考えている。

参考文献) 1) 九州農政局：ホームページ資料，2006