

II - 40

七北田川感潮域における塩分変動への外力の影響

東北大学大学院 学生員 ○遠藤 健

東北大学大学院 正会員 田中 仁

東北大学大学院 正会員 山路 弘人

1. はじめに

感潮域は多種多様で独特な生態系を有している。感潮域において、何らかの人間活動や自然外力の影響により海からの侵入塩水量が変化すると河口部の生物・環境に大きなインパクトとなることが予想される。宮城県の七北田川では近年河川改修工事により感潮面積が増加することで、隣接する蒲生干潟において底生生物の優占種が耐塩性の高い種に変化したという報告がある。蒲生干潟は近年様々な環境の悪化がみられることから、「自然再生事業」の対象地区となりその検討が始まっている。このような背景から、七北田川感潮域において塩分変動特性を調査する必要がある。そこで本研究では、七北田川感潮域の塩分変動に対する外力の影響を定量的に評価することを目的とし、その手法としてニューラルネットワーク（以下 ANN）を用いた。

2. 対象地域の概要

本研究の対象河川は仙台市北部をながれる七北田川である（幹線流路長 45km, 流域面積 229km², 二級河川）。その中で平常時における塩水模遡上の上限である河口から約 4km 上流までを感潮域として着目している（図 1）。これより上流は河床が急に浅くなることで塩分の侵入が少なくなっている。

3. 観測データ

i) 塩分データ

河口から約 3km の地点に塩分計（（株）アレック電子, MDS-T）を河川内の上層と中層に設置しデータを取得している。今回は上層のデータを用いている。

ii) 風速データ

風速は河口から約 0.5km 高さ TP.3m の地点に設けてある気象計によって測定している（DAVIS Weather monitor II）。風速の値は 30 分平均の値を用いている。

iii) 潮位・波浪データ・河川流量

これらのデータは外部より取り寄せており、潮位・波浪は仙台港の実測潮位と有義波高、流量は泉区市名坂における観測水位を流量へと換算して用いている。

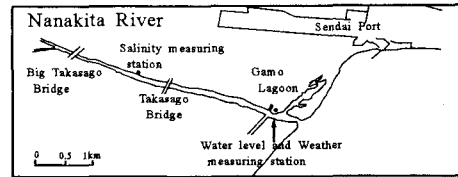


図1 七北田川感潮域

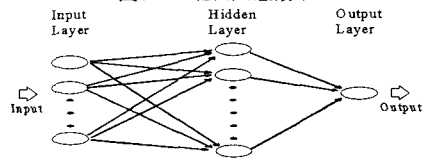


図2 ニューラルネットワークの構造

4. ニューラルネットワーク

ANN とは脳の中で行われている情報処理作業を模擬し、その神経回路を数理的にモデル化したシステムである。その最大の特徴は、非線形な連続関数を近似することができ、自らのパターン認識能力を高められることである。自然現象を対象とする場合入出力間の関係は非線形関数で表現する方が望ましい。その構造は、図 2 に示されるように 3 層から成る。この ANN は学習期間で教師データを与えて学習するうちに教師が示す振る舞いと似た振る舞いをする ANN になる。

自然の変動メカニズムを因果関係をベースとして理解するのは難しいとされているが、今回は学習という操作と感度分析により塩分変動の特徴抽出を試みる。今回は塩分を出力データ、塩分に影響を与えている外力（風速・潮位・波高・流量・潮位積分値¹⁾）を入力データとし、各データは 1 時間間隔で使用している

5. 塩分の感度分析

5.1 ANN によるシミュレーションの精度

まず始めにこれまでに取得した各種データを約 1 ヶ月単位に分割して、それぞれの期間でシミュレーションをおこなう。その評価指標として、相関係数と式(1)に示す式で実測値と出力値の平均誤差を求めた。

$$\text{誤差} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(S_{n_i} - S_{o_i})^2} \quad (1)$$

ここで S_n :出力塩分値, S_o :実測塩分値である。

求まった出力塩分と実測塩分の相関係数と誤差を表 1 に示すが, すべての期間に置いて良好な結果が得られている。よって入出力の関係を正しく学習しているといえるので, 次節の感度分析にも ANN を用いることができる。ここで期間を短く区切っているのは, ANN が平常時の塩分変動と外力のパターンを学習しすぎることで, 他パターンに対するネットワークの適応性が弱くなってしまいう過学習を考慮したものである。

5.2 感度分析の結果および考察

感度分析はシミュレーションによりネットワークを構築した後, 学習時の外力データのうちある特定の外力のみをその変域内で一定値に変化させ再びネットワークに入力させることで, その要因と出力との関係を近似的に得るという方法でおこなった。

5.2.1 流量

図 3 は横軸に変化させ入力した流量, 縦軸に S/S_o (出力塩分の平均/実測塩分の平均)をとっている。マークの横の数字は表 1 の No.と対応している。この図から塩分の観測点では流量が $15\text{m}^3/\text{s}$ を超えるあたりから大きく塩分が減少し始め, $50\text{m}^3/\text{s}$ のあたりでほぼ 0psu となるのが見て取れる。

5.2.2 風速

仮想風速を入力することで得られた結果を図 4 に示す。この図から, 平均塩分が低い期間では風速が大きくなると塩分濃度が上昇し, No.11, No.12 のような平均塩分が高い期間では減少していくのがわかる。よってこの図は, 感潮域において風による混合作用がおこると, 上層と下層の間に存在する密度層が破壊され鉛直混合が起こり, 塩分が一樣化されるのを表現しているといえる。

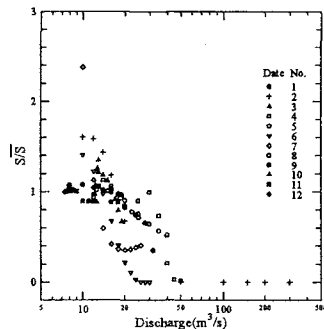


図 3 流量と塩分の関係

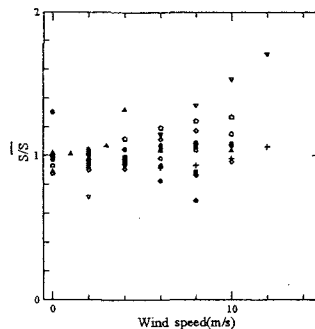


図 4 風速と塩分の関係

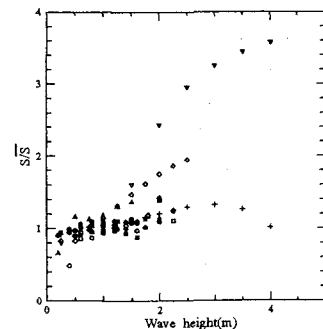


図 5 波高と塩分の関係

5.3.3 波高

図 5 では入力波高が 2m 程度に達するまでは全体的に塩分は緩やかに増加をしている。しかし, 2m を過ぎるあたりで大きく塩分が上昇している期間がある。この上昇の理由としては wave set-up による影響が考えられる。七北田川の河口内では以前から wave set-up が観測されている²⁾。この期間でも wave set-up が観測されており, この効果により海から平常時よりも多くの塩水が入り込んだと考えられる。ただし, No.2 でも波高が 4m に達しているが, この時には流量も卓越したためその影響を受けて高い塩分は出力されなかった。

6. まとめ

ANN を用いることで, 入出力間の関係を非線形かつ定量的に表わすことが出来た。

参考文献: 1)遠藤 健・田中仁・山路弘人: 七北田川感潮域における塩分変動の支配要因, 東北支部技術研究発表会, pp.148-149, 2003.

2)田中仁・長林久夫・山内健二: 河口感潮域における wave set-up 高さに関する研究, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp.436-440, 1998.

表 1 相関係数と平均誤差

No.	期間	平均塩分(psu)	相関係数	誤差(psu)
1	01/11/24~12/31	18.99	0.85	3.04
2	02/01/01~01/31	12.94	0.94	2.34
3	02/02/01~02/28	14.61	0.92	2.90
4	02/03/01~03/31	15.29	0.91	2.58
5	02/04/01~04/30	12.74	0.90	3.08
6	03/01/01~01/31	8.59	0.88	2.97
7	03/02/01~02/28	6.52	0.94	1.71
8	03/05/01~05/31	13.83	0.88	2.80
9	03/06/01~06/15	18.44	0.92	2.60
10	03/07/10~07/19	8.33	0.99	0.76
11	03/10/03~10/30	26.15	0.95	1.36
12	03/11/01~11/10	25.73	0.93	0.72