

論文紹介
GMDH による
水質予測モデルの構成

中市新太

富山県立大学
`u020025@st.pu-toyama.ac.jp`

May 26, 2023

本研究の背景と目的

2/10

背景

現状の物理モデルではパラメータが可視化されない
また、現実の複雑な要因が除外されてしまう。

目的

流水の溶解物質や浮遊物質の伝播拡散過程を表現する。
水質変化の予測モデルを線形予測モデルとして GMDH により構成する。

移流分散方程式

$$\frac{\delta c}{\delta t} + u \frac{\delta c}{\delta x} = \frac{\delta}{\delta x} E \frac{\delta c}{\delta x} + \phi - \psi$$

$$E = E_D + K_x + D$$

初期条件: $c(t, a) = c(t, b) = 0, c(0, x) = 0$

c : 流路断面について平均化した水質濃度

u : 平均流速

$\phi(t, x) = f(t) * g(x)$: 排 出項 (時間項と空間項の積)

$\psi = h(x) * c$: 自浄作用等による反応項

E : 混合拡散に関するパ ラメーター

E_p : 分散係数

K_x : 乱流拡散係数

D : 分子拡散係数

放物形偏微分方程式

特定の地点 $x = d$ における水質濃度の時間的变化を $c(t, d) = y(t)$ とすれば, 基本解 $U(t, x, \xi)$ より,

$y(t) = \int_0^t d\tau \int_a^b U(t - \tau, x, \xi) f(\tau) g(\xi) d(\xi)$ と基本解が導かれる.

しかし, 基本解を得ることは困難であるため, $f(t), y(t)$ を観測し, 積分核 $K(t, \tau) = \int_a^b U(t - \tau, d, \xi) g(\xi) d\xi$ を逐次求めて予測を行う.

$y(t) = \int_0^t K(t, \tau) f(\tau) d\tau$

線形予測モデル

$y(t) = \int_0^t K(t, \tau) f(\tau) d\tau$ を離散的な形に変換すると,

k 時刻の水質濃度 Y_k は,

$Y_k = \sum_{i=0}^N K_i^k * C_{k-i}$ 上式は線形予測モデルの形をしており,

$y_k = a_0^k + \sum_{i=1}^N a_i^k * x_i$

と表現できる.

よって水質濃度の観測値を用いてモデル構造やパラメータ値を決定することにより,

将来の水質濃度を予測するモデルが構成できた.

GMDH

トレーニングデータ (T.D) において, 部分表現式

$$y_k = f(x_i, x_j) = a_0 + a_1x_i + a_2x_j$$

$k = 1, 2 \dots m(m-1)/2$ の係数値を最小二乗法で決定し,
チェックングデータ (C.D) に対する y_k を求める.

GMDH を適用するにあたっての問題は,

- 1) T.D と C.D の分割法
- 2) 各層で選択する中間変数の個数
- 3) 部分表現式の形
- 4) 入力変数の入力方法

実験方法

長さ 21.6m, 幅 50cm, 勾配 1/1000 の水路を使う。

水路の端から 10m の地点, それと離れた地点に濃度測定器を中央, 1/2 水深に設置. 上流から 1.5 %の塩水を流す. T.D:C.D=20:30

Ex.No	流 量 l/s	平均水深 cm	流下距離	路床条件
1—(1)	4.99	4.85	200.	金網張り
1—(2)	"	"	300.	"
1—(3)	"	"	400.	"
2—(1)	9.03	6.24	200.	"
2—(2)	"	"	400.	"
2—(3)	"	"	600.	"
3—(1)	6.95	6.22	200.	砂利敷
3—(2)	"	"	400.	"
4—(1)	9.13	7.0	200.	"
4—(2)	"	"	400.	"

図 1: 実験条件

実験結果

Model-1 $f(x_k, x_{k-1} \dots x_{k-11})$

Model-2 $f(x_k, x_{k-1} \dots x_{k-11}, y_{k-1})$

データ No.		固定精度	予測精度	相関係数	G
モデル 1	1—(1)	6.873×10^{-6}	1.637×10^{-5}	0.991	0.944
	1—(2)	7.067×10^{-5}	3.368 "	0.979	0.957
	1—(3)	1.910 "	1.729×10^{-4}	0.980	0.868
	2—(1)	5.553 "	1.006 "	0.986	0.839
	2—(2)	3.316 "	1.738×10^{-5}	0.992	1.001
	2—(3)	2.320 "	4.761 "	0.931	0.884
	3—(1)	1.223×10^{-6}	8.567 "	0.990	0.963
	3—(2)	7.136×10^{-5}	4.652 "	0.942	1.058
	4—(1)	5.493 "	2.188 "	0.989	1.024
	4—(2)	3.481 "	5.493 "	0.975	1.018
	5—(1)	9.700×10^{-6}	1.835×10^{-5}	0.990	0.952
	5—(2)	3.238×10^{-5}	1.681 "	0.990	0.960
モデル 2	1—(3)	1.967 "	6.014 "	0.989	0.910
	2—(1)	3.167 "	4.515 "	0.992	0.925
	2—(2)	1.507 "	2.383 "	0.990	1.001
	2—(3)	1.932 "	1.639 "	0.974	0.949
	3—(1)	9.559×10^{-6}	2.877 "	0.996	0.969
	3—(2)	1.118×10^{-5}	1.649 "	0.982	1.061
	4—(1)	3.789 "	3.378 "	0.983	1.002
	4—(2)	1.640 "	2.777 "	0.989	1.029

図 2: 予測精度

実験結果

model1 と 2 を比較すると、一般に 2 のほうが精度が良い。
特に測点間の距離が長いほど優れている。
濃度変化の上昇部より低減部について予測の改良がなされるため。

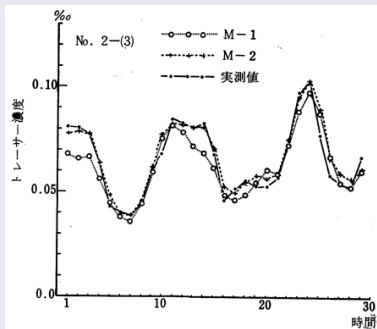


図 3: 一例

結果

流れの分散過程の物理的な表現しいから導かれる
線形予測モデルが有用であることが示された.

GMD Hは数値をベースにして情報を予測に役立つように集約することにより良好な結果を得る.

今後の展開

流れの非定常性や非一様性への配慮
= ϵ 構造とパラメータの非定常性への配慮