

Haar Wavelet を用いたタンクモデルの最適化 Parameter Optimization of Tank Model by Using Haar Wavelet

酒井 一人、吉永 安俊
SAKAI Kazuhito, YOSHINAGA Anshun

1.はじめに

近年、PCの高速化やGISの整備などにより、分布型流出モデルが目覚ましい発展を遂げている。しかし、分布型流出モデルは煩雑なプログラミングやGISデータ準備の労力などが必要であり、現在でも集中パラメータ型流出モデルの需要も少なくない。集中パラメータ型流出モデルの適用においては、観測データによりモデルパラメータを同定する必要がある。タンクモデルの場合、10以上のパラメータを持ち、試行錯誤によるパラメータ同定は困難である。汎用性が高く強力なパラメータの同定法として、SCE-UA法がある。SCE-UA法は、目的関数を最小にするようなパラメータ群を大域的に探索する方法である。藤原ら(2004)は、目的関数として7つの誤差評価関数を用いてタンクモデルを同定し、それぞれの誤差関数によって得られる同定結果の違いについて考察している。それに寄れば、相対誤差(RE)は低水部に強く、RMSEは高水部に強いことが述べられている。

本研究では、流量時系列をHaar Wavelet(HW)を用いて分解し、ウェーブレット成分と近似関数についての誤差評価関数により、パラメータ同定を行った。そして、他の誤差評価関数による結果と比較することにより、Haar Waveletを用いてタンクモデル同定を行った場合の特徴について考察した。

2.対象流域

対象流域は、多目的ダム管理年報(1969～1973)から、降雪の影響が無く、上流にダムが無く、各種用水の影響が少ない流域とし

て鶴田ダム流域を選んだ。鶴田ダムは鹿児島県北部に位置し川内川水系川内川に建設されている。集水面積は805km²である。

蒸発散量は測定されているものが無いため、鹿児島での推定値を用いた。

3.本研究でのタンクモデル

本研究のタンクモデルは、下図のような直列4段タンクモデルである。

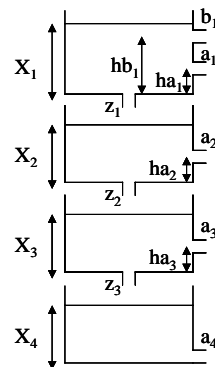


図-1 タンクモデル

パラメータの同定に際して、下のような制約条件を設けた。

$$a_i + b_i + z_i \leq 1.0 \quad (1)$$

ただし、 i はタンク番号、 b は1段のみ

$$a_i \geq a_{i+1}, z_i \geq z_{i+1} \quad (2)$$

4.Haar Wavelet

Haar Waveletは最も単純なマザーウェーブレットで、次式で表される。

$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & (0 \leq t < 1/2) \\ -1 & (1/2 \leq t < 1) \\ 0 & (\text{other}) \end{cases} \quad (3)$$

図-2にHWを示す。

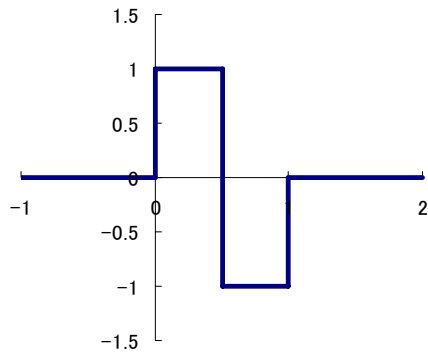


図-2 Haar Wavelet

データ数が 2^n の時、HW によりレベル m まで分解した場合、元の時系列 f は次式で表される。

$$f = \sum_{i=1}^m g^{(i)} + f^{(i)} \quad (4)$$

ここで、 $g^{(i)}$ はレベル i のウェーブレット成分、レベル i の $f^{(i)}$ は近似関数である。

i が大きいほど近似関数 f は粗い近似となり、 2^i 個のデータの平均値となる。そこで本研究では、低水部については近似関数の相対誤差を、高水部についてはウェーブレット成分の絶対誤差を評価することにより、よりよい同定結果が得られるのではないかと考え、HW を用いた時の誤差評価関数を次のように定義した。

$$F_m = \frac{|f_{ob}^{(m)} - f_{cal}^{(m)}|}{f_{ob}^{(m)}} + \sum |g_{ob}^{(i)} - g_{cal}^{(i)}| \quad (5)$$

ここで、 ob は観測値、 cal は計算値を表す。

5. タンクモデル同定結果と考察

7つの誤差評価関数およびレベル4までのHWによる誤差評価関数を用いてタンクモデルパラメータの同定を行った。表-1に各誤差評価関数により同定したパラメータを用いて計算した時系列における各誤差評価関数の順位を示す。(各誤差評価関数の詳細は、藤原ら(2004)に詳しい。) ここで、1826日(5年)のデータのうち1日~1024日を同定期間、1025日~1826日までを検証期間とした。

同定期間において、目標関数とした誤差

評価関数が、順位1位になるはずであるが何らかの理由で収束性が悪い場合にはそうならないことがある。ここでは、LOG、KAI、REにおいてはHWを用いた場合が1位となる結果を得た。また、どの場合でもHWを用いた場合が上位に位置している。

検証期間においては、REが優秀である結果を得た。また、HWを用いた場合にはL4が比較的優秀であった。

以上より、本研究の結果の範囲では、タンクモデルのパラメータ同定にHWを用いることにより、目的関数の違いによる結果の極端な違いを解消できる可能性があることが認められた。

しかし、適用が1流域だけであること、他の誤差評価関数も検討する必要があることなどから、本結果が普遍的な結果であるとは言えない。今後、多くの流域への適用により、結果について検討する必要がある。

表-1 それぞれの目的関数を用いたタンクモデルの同定結果における誤差評価関数値の順位

a) 同定期間

順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RMSE	RMSE	MAE	KAI	L4	RE	LOG	L3	KAI2	L2	L1	RR
MAE	MAE	KAI	RE	L2	L3	L1	L4	LOG	KAI2	RMSE	RR
LOG	L2	KAI	L1	L3	RE	MAE	LOG	L4	KAI2	RR	RMSE
KAI	L2	KAI	MAE	RE	L1	L3	L4	LOG	KAI2	RR	RMSE
KAI2	KAI2	L2	KAI	MAE	RMSE	L3	L1	RE	LOG	RR	RMSE
RE	L1	RE	L2	KAI	L3	MAE	L4	LOG	KAI2	RR	RMSE
RR	RR	L1	L2	KAI2	L3	L4	RE	KAI	MAE	LOG	RMSE

b) 検証期間

順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RMSE	KAI2	MAE	L2	KAI	LOG	L3	L4	L1	RE	RMSE	RR
MAE	RE	MAE	KAI	LOG	L3	L4	L2	L1	KAI2	RMSE	RR
LOG	LOG	RE	L4	L3	KAI	MAE	L1	L2	RR	KAI2	RMSE
KAI	RE	L4	MAE	KAI	LOG	L3	L2	L1	RR	RMSE	KAI2
KAI2	KAI2	L1	MAE	L2	KAI	L4	LOG	L3	RE	RR	RMSE
RE	RE	L4	LOG	KAI	L3	MAE	L2	L1	RR	RMSE	KAI2
RR	L1	LOG	L4	MAE	KAI	L3	KAI2	L2	RE	RR	RMSE

引用文献

藤原洋一他(2004)流出モデル定数の最適同定における誤差評価関数の選択に関する研究, 農土論集