

広域最適化手法を用いた水質モデルの検定に関する研究

長崎大学工学部 学生員○土富 玲 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 IHE Delft Dimitri P. Solomatine

1. はじめに

水質の変化機構を精度良く評価・予測するには、妥当な形で物質収支のモデル化がなされると共に、モデルに含まれるパラメータが実際の水質変化を表現できるよう適切に求められておかねばならない。

ここでは、とくに後者について、各種のモデルパラメータの同定手続きを制約条件下で観測値と計算値との差を最小化させる最適化問題の一つと見なし、広域最適化手法を用いて水質モデルの自動検定を試みると共に、その適用性について検討した。

2. 最適化手法と水質モデルの概要

水質変化のシミュレーションモデルの検定にあたっては、幾つかの最適化手法の適用が考えられるが、本研究では Adaptive Cluster Covering Method (ACCO)¹⁾ を適用することにした。

この手法は、基本的に I)Clustering、II)Covering shrinking sub-regions、III)Adaptation、IV)Periodic randomization の4つによって構成される。すなわち、各パラメータの取り得る範囲が与えられ、その範囲から抽出された一定個数のパラメータセットを用いてシミュレーションが実施される。そして、計算結果と実際に収集されたデータとを比較してモデルの適合性が評価される。ここで、単純には適合性の高いパラメータセットの周辺のみで解の探索を試行するエリート戦略を適用すれば良いが、局所解に収束してしまう危険性を回避するために、幾つかのクラスターを探索領域に形成させ、それぞれの適合性が評価される。以上の手続きは収束条件を満足するまで実施される。以下に示される適用例では、パラメータセットは任意に抽出されており、適合性の評価関数は、計算結果と実測結果との差の二乗値の総和とされた。

検定された水質モデルは著者らがこれまでに開発してきたものであり²⁾、その中の浮遊懸濁物質(SS)の変化に関するモデルの検定が行われた。このモデルでは、流水中のSSは土粒子の再懸濁と沈降によって生じるものとされ、Pickup rate、無次元限界掃流力、沈降速度などの評価式に含まれる4つのパラメータがある。

各パラメータの最適化計算開始時の抽出範囲は表-1に示されるとおりである。また、検定に用いた実測結果の数はSSの時間変化に関するデータ37個である。

表-1 パラメータの初期抽出範囲

	λ_0	τ_c	w_{SS0}	R_{wu}
min.	0.0005	0.0001	0.0648	0.0
max.	0.0050	0.0010	0.8640	10.0

3. モデル検定の結果と考察

図-1には、ACCOによって検定された水質モデルの計算結果と実測結果とが示されている。

実際に観測されたSSの時間変化の特徴は、100mm/day以上の降雨が観測された後に、濃度が数日間高くなり、それ以外の期間にほぼ一定の濃度となっていることである。計算から求められたSSの変化を実測結果と比較すれば、やはり両値には多少の差が現れており、降雨直後の算出濃度が過剰に評価されている傾向が強いが、先に記した降雨とSSの関係については、ある程度再現されていると考えられる。

さて、本手法でパラメータはランダムに抽出されることになっている。これは適合度の高いパラメータセットを効率的に探索するために採用された方法であるが、その一方で、場合によってはそれを見落としてしまう危険性もある。そこで、最適化の計算条件として与えられる探索領域からの抽出個数の違いが、モデルの検定結果に与える影響について調べることにした。すなわち、抽出個数の異なる4つの条件(25個、50個、100個、200個)を与えて計算結果の違いを計算した。

表-2には、計算終了時の値と計算回数とが記されている。また、図-2には、各条件から算出された適合性の評価結果が示されている。

いずれの計算条件においても、最適化計算の初期段階では、シミュレーション結果の平均的な適合性は低いが、計算が進展するに伴って次第に改善されていることが分かる。これはパラメータセットの探索空間が最適値の近傍に絞り込まれ、適合性のばらつきが小さくなったことに依っている。以上4つの結果を考慮すれば、いずれも適切

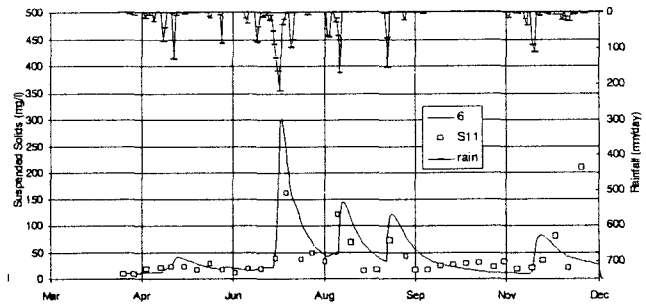


図-1 計算結果と実測値

表-2 抽出個数と適合性評価関数の結果

抽出個数	25	50	100	200
最適化計算の繰り返し回数 (全シミュレーション回数)	9 (225)	12 (600)	8 (800)	5 (1,000)
適合性の評価結果	544.50	536.63	536.38	539.87

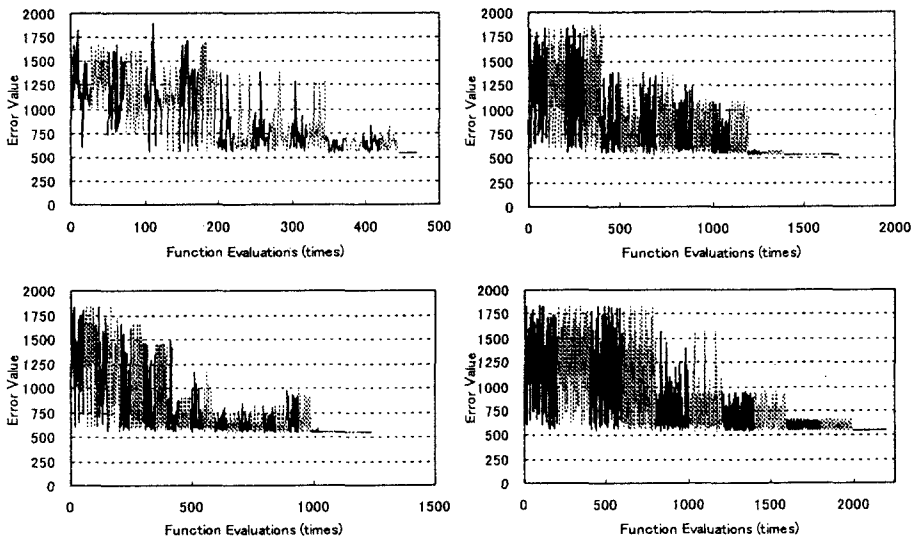


図-2 各計算から得られた評価結果の変化

(上左: 25点、同右: 50点、下左: 100点、同右: 200点)

に検定が進められたものと判断でき、適用した最適化手法の有効性が窺われる。例として取り上げたモデルの検定にあつては、パラメータの抽出個数は25個とすることで、十分効果的な最適化がなされるものと推察される。

4. おわりに

本研究では、広域最適化手法の一つである ACCO を使って水質モデルの自動検定を試みた。その結果、検定モデルが一種類であり、また限られた観測結果に対してのみ検討がなされたが、この手法の有効性がある程度が示されたものと考えている。今後は、パラメータ抽出の方法や局所探索の導入を含めてモデルの自動検定の効率化を図ると共に、GA や ES など、他の手法と最適化効率を比較しながら更に検討を進めたいと考えている。

参考文献) 1)Solomatine,D.P.(1999),J.Global Optimiz.14(1),pp.55-78, 2)Noguchi,M. & Nishida,W. (1999), Proc. XXVIII th Int.of Cong.IAHR,pp.344.