

遺伝的アルゴリズムを用いた水質モデルのパラメータの推定

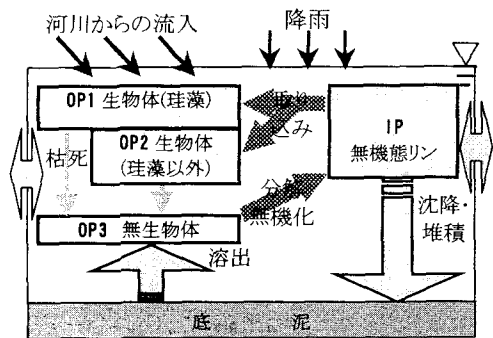
長崎大学工学部 学生員 ○松田 良寛 長崎大学工学部 正会員 西田 渉
 長崎大学工学部 フェロー 野口 正人 長崎大学大学院 学生員 松下 紘資

1. はじめに

数値モデルの信頼性並びに、予測精度を高めるには、実現象の適切なモデル化と共に、モデルに含まれる各種のパラメータの適切な評価が不可欠である。本研究では、とくに後者の問題について、観測値と計算値との差を最小化させる最適化問題とみなして、その解決を図ることとし、ここでは、代表的な大域的最適化手法である遺伝的アルゴリズム (GA) を用いたパラメータの自動推定を行った。

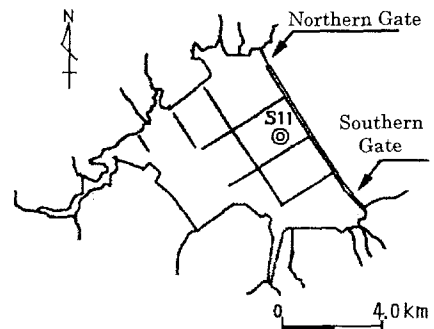
2. 水質モデルの概要と計算条件

本研究で取り上げる水質モデルは、本研究室で開発してきたリンの循環型モデルであり、その概要は【図-1】のとおりである。このモデルでは、水中のリンは、有機態リン(OP)と無機態リン(IP)に大別されており、OPは懸濁態物質、IPは溶存態物質とされている。さらにOPについては、珪藻類(OP1)、その他の藻類(OP2)、無生物体(OP3)の3種類に分類したモデル化がなされている。なお、各成分の収支式は紙面の都合上ここには記さないが、同図に描かれた循環が生成項として考慮されている。



【図-1】水質モデルの概念図

上述の水質モデルを用いたシミュレーションは、諫早湾調整池を対象に実施しており、計算領域については、鉛直方向には単層として取り扱い、水平方向には【図-2】に示されるように、9つの水域に分割して取り扱った。計算値と比較される観測値は調整池のほぼ中央部(S11地点)での値であり、1997年4月から2002年4月までの期間に計測されたIPとOPについて各々253個である。推定の対象となるモデルパラメータは14個であり、【表-1】に示される上・下限値が制約条件として与えられた。



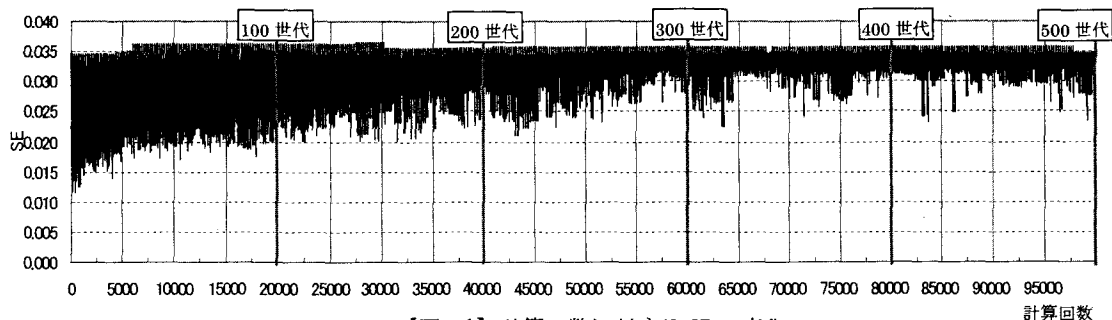
【図-2】調整池の分割とS11地点の位置

【表-1】初期制約条件

min	φ	max
0.05	k _{ss} (ssの半飽和定数)	0.7
0.75	α_0 (増殖速度)	2
0.02	D (光の減衰係数)	0.75
0.001	K _p (リンの半飽和定数)	0.075
0.005	ω_p (リンの沈降速度)	0.04
0.6	R (IP摂取速度)	1.2
0.02	k (反応速度)	0.125
0.0075	R _p (リンの溶出に関わる係数)	0.03
1.50E-04	τ_p (リンの無次元掃流力)	2.50E-04
1.00E-04	P _r (巻き上げに関わる係数)	1.00E-03
1.00E-07	w ₀ (ssの沈降速度)	1.00E-06
3.00E+00	A (沈降に関する定数)	1.00E+01
8.00E-01	U* (ssの限界沈降速度)	1.20E+00
7.7247E-05	τ (ssの無次元掃流力)	2.00E-04

3. 結果と考察

今回の計算のように、モデルパラメータが多数存在する場合、手動によって最適パラメータの感度解析を行うとすると、その時間と労力は莫大なものになることが推測される。一方、本研究で1回の計算に要した時間は、ほぼ3日間であった。このこ



【図 - 3】 計算回数に対する SE の変化

とから、GA を用いてパラメータの推定を行うことで、手動による方法よりも、短時間で広範囲からの効率的なパラメータの推定が可能になると考えられる。

ここで、計算回数に対する SE の変化、及び、算出された IP と OP の計算値と観測値の比較を示すと【図 - 3, 4】 のとおりである。

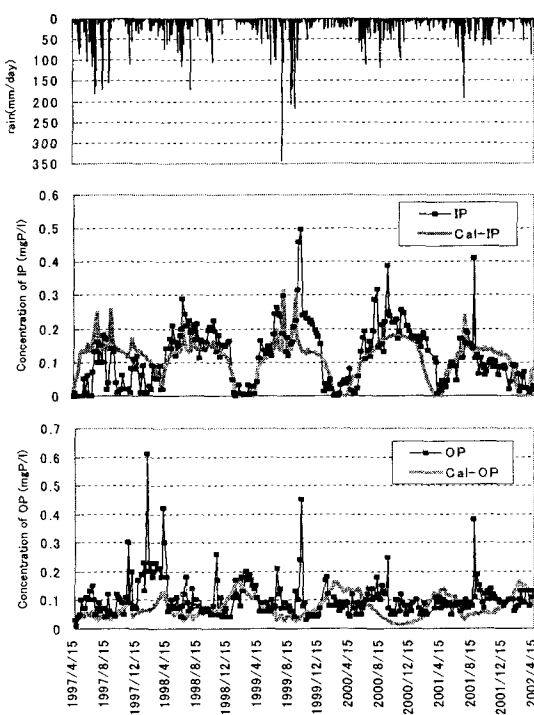
まず、【図 - 3】 を見てみると、計算の開始当初、SE の値は、上下にばらつきがあり、0.01 以上の大きな差が生じている。しかし、その後、計算が進むにつれて、各個体の SE は高い値に向けて収束が進み、突然変異による大きな値の変化を除けば、その差は 0.005 程度に減少している。このことから、計算が進むにつれて、GA における淘汰、交叉、突然変異、の進化プロセスでの各手続きが、的確に進められたと考えられる。

つぎに、【図 - 4】 の計算値と観測値の比較を見てみると、IP における計算値は、観測値と同様の推移を示しており、冬に減少して春に再び増加する傾向や、強い雨が降った直後に濃度が一時的に増加する傾向などが概ね再現されており、モデルパラメータの推定が、的確に進められたと考えられる。ただ、OP に関しては、計算値と観測値の差が大きい期間がいくつかあり、IP に比べると予測精度が低いようである。これは、2つの水質指標のエラーを同時に評価したことで、OP のエラーが IP のそれよりも全体的な適合度の評価に反映され難かったこと、シミュレーションに関して言えば、計算期間に行われた調整池内の工事に伴う地形変化が十分考慮されていないこと等が原因として考えられる。そのため、今後は、地形変化の影響を計算条件に組み込むことに加え、双方の物質の適合度が均等に評価されるよう、評価関数に重みづけを図る等の対策が必要であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、遺伝的アルゴリズムを用いて水質モデルのパラメータの推定を試みた。その結果、遺伝的アルゴリズムの水質モデルにおけるパラメータ推定への有効性がある程度示されたものと考えられる。今後は、交差確率や突然変異確率等の GA パラメータの検討や、最大勾配法等の他の最適化手法との比較を行いながら最適化効率の検討などに取り組んでいきたいと考えている。

参考文献) 西田渉, 野口正人, Solomatine, D. P., 水工学論文集, 第 47 巻, pp1267-1272, 2003.



【図 - 4】 計算値と観測値

(上: 降雨, 中: IP, 下: OP)