

動的感度分析法の内水問題への適用

近畿大学理工学部 正員 江藤 剛治  
 近畿大学大学院 学生員 西村 克己

1. 要旨

本研究は、分布定数システムに対する動的感度分析法の低平地都市河川内水問題に対する実用性の検討を行ったものである。

筆者の一人は、さきに寝屋川水系を例にあげ動的感度分析法<sup>1)</sup>の提案を行ったが、ここではその同定部にカルマンフィルター理論を用いてシステムパラメーターの同定を行った場合の計算結果とその問題点を示す。

2. 動的感度分析法

システムの状態量、たとえば河口潮位・降雨・河道各点の水量が河道に沿う各防御点の水量にどのように影響をおよぼすかを、時々刻々のデータより動的に感度分析するための手法として筆者らが提案したものである。その概要を以下に示す。

i) 分布定数システムとしての不定流シミュレーションを2系統行う。その一方に対象とする人為的操作(たとえばポンプ排水)にガウス雑音を加える。その雑音を入力信号とする。

ii) 各洪水防御点の水量(たとえば水位)について2系統の計算結果の差を出力信号とする。

iii) i)の入力信号がどのような変換によりii)の出力信号として現われるかを動的なシステム分析の手法を用いて分析する。

換言すれば、人為的に加えた入力雑音と出力雑音に着目して分析することにより、問題を集中定数システムに置きかえ、これに対して適当な制御工学の手法を適用して、時々刻々の感度分析を行なおうというわけである。

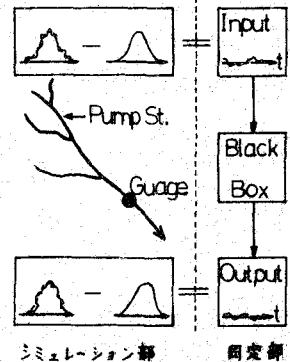


図-1. 動的感度分析法概念図

本研究においては、この動的システム分析法(感度の同定部)にカルマンフィルター理論を適用してみた。また、不定流シミュレーション部に対しては筆者らの提案した Modified One-Step Lax-Wendroff法<sup>2)</sup>を用いた。

3. パラメーター同定法

入力信号がどのような変換により出力信号となって現われるかを動的に分析するため、ここではカルマンフィルター理論を用いた。まず、カルマンフィルター理論の水文流出系への適用法<sup>3)</sup>に関する日野の取り扱いについて述べる。

$$\begin{cases} \mathbf{X}_{k+1} = \Phi \mathbf{X}_k + \mathbf{w} & \mathbf{v} : \text{観測誤差} \\ \mathbf{Z}_{k+1} = \mathbf{M} \mathbf{X}_{k+1} + \mathbf{v} & \mathbf{w} : \mathbf{X} \text{の推定誤差} \end{cases}$$

ここで  $\mathbf{X}_k$  : 同定すべきパラメーター、 $\Phi$  :  $k$  から  $k+1$  ステップへ遷移時の  $\mathbf{X}_k$  の変換行列、 $\mathbf{Z}_{k+1}$  : 観測量ベクトル、 $\mathbf{M}$  :  $\mathbf{X}_{k+1}$  から  $\mathbf{Z}_{k+1}$  への変換行列

参考文献 3) では人為的に作った誤差をもたない定常入出力時系列に対して計算しているのでつぎのような仮定を用いている。

- i)  $X_k$  の変換行列  $\Phi = I$  としている。
  - ii)  $v$  の分散行列  $R = o$  ,  $w$  の分散行列  $Q = o$  としている。
- 当然ここではこのような仮定は成立しない。

#### 4. 計算例

本研究では以上の長所・問題等をできるだけ明確にするためにモデルを簡略化した。すなわち一つのポンプ排水を有する一本の河道を計算対象とした(図-2)。また、入出力雑音についてはつぎのような条件で計算を行った。

i) 入力雑音はポンプ排水のみとした。出力雑音は河道に沿う数点を考えた。

ii)  $X$  (パラメーター) を求める時間単位は実際のポンプ操作の時間単位を考慮して仮に20分とした。差分計算の時間差分単位は  $\Delta t = 100$  秒としたから連続する12個の雑音の平均値あるいは標準偏差を入力あるいは出力信号とした。

iii) 現在の計算時間より1時間前までの人為操作が各点水位に影響するとして、0~20分、20~40分、40~60分の3つの入力を用いた。

iv) 入力雑音  $\Delta Q_n$  において、あまりに高周波成分が卓越すると、不定流シミュレーション部における流体力学的減衰効果および数値減衰効果が影響するので、適当な自己相関係数  $\rho$  をもたせた。

#### 5. 計算結果について

これまでの計算でつぎのようなことが明らかになっている。

- i) 前報<sup>1)</sup>の結果と比較すると、今回の計算結果(カルマン・フィルターを用いた場合)の方がパラメーター同定効率が低い。
- ii) 入力雑音の特性(絶対値と自己相関係数)の同定効率に与える影響が強い。
- iii) 同定部で仮定するシステムの同定誤差の分散行列  $Q$  の絶対値も同定効率に影響する。ここで同定効率とは i) パラメーター同定精度、および ii) 非定常性に対するパラメーターの時間追従性の二つを示す。

現在これらの諸量の最適な組み合わせを決定するために計算継続中である。結果は講演時に発表する予定である。

〔参考文献〕

- 1) 江藤剛治：動的感度分析法の提案と低平地洪水防御への適用、第20回水理講演会講演集、1976年2月
- 2) 室田明・神田徹・江藤剛治：都市河川の洪水追跡手法について、第17回水理講演会講演集、1973年2月
- 3) 日野幹雄：水文流水系予測へのカルマン・フィルター理論の適用、土木学会論文報告集、第221号、1974年1月

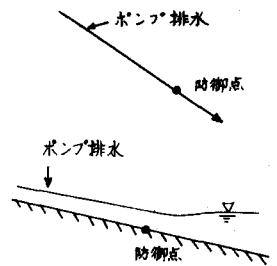


図-2. 計算例概略図