

堰ゲートの流量係数を考慮したセルフチューニングコントローラー
による開水路ゲートの実時間制御について

九州大学工学部 学生員 ○小野 源一郎
九州大学工学部 学生員 押川 光宏
九州大学工学部 正員 河村 明
九州大学工学部 正員 神野 健二

1. はじめに

著者らは、河口堰ゲート制御問題に対してセルフチューニングコントローラー（以下STCと記す）の適用を試みている¹⁾。前報²⁾ではゲート開度を制御するにあたり、まずSTCで最適な流量を求めた後、これを流量係数は既知としてゲート開度に変換して制御を行った。本報では流量係数は未知とし、直接ゲート開度を制御するようにSTCを拡張することを試みる。即ち、まず流量係数が未知で直接ゲート開度を算定するようにSTCの定式化を行い、次いで本STCを模擬発生データに対して適用しシミュレーションを行い、本STCによる直接ゲート開度を制御することの有用性及びその特性について検討を行っている。

2. 河口堰ゲート制御に対するSTCの定式化

連続の式より河口堰の貯水池水位 y (cm) と河口堰ゲートからの放流量 Q (cm^3/sec) の関係が次式で表されるところとする。 $y(k+1) = h_0 y(k) + b_0' Q(k) + c_0 I(k) + d_0 L(k) + v(k+1) \dots (1)$ ここに、 k : 時点 I : 貯水池への流入量 (cm^3/s) L : 貯水池からの取水量 (cm^3/s) $v(k+1)$: 平均値0分散 σ_v^2 の正規性雑音 h_0, b_0', c_0, d_0 : システムパラメーターである。なお、ここでは後にSTCの開水路による室内実験を行うことを念頭におき、それぞれの単位をm系ではなく、cm系に統一している。本報では自由流出について考えることとする。この場合放流量 Q とゲート開度 a との間に次の関係式が成り立つ。 $Q(k) = a(k) C(k) B \sqrt{2gy(k)} \dots (2)$ $C(k)$: 流量係数, B : 水路幅, g : 重力加速度 ($=980 \text{cm}/\text{sec}^2$)。そこで、式(2)を式(1)に代入するとゲート開度 a 貯水池水位 y の関係が次式のように得られる。 $y(k+1) = h_0 y(k) + b_0' a(k) C(k) B \sqrt{2gy(k)} + c_0 I(k) + d_0 L(k) + v(k+1) \dots (3)$

次に、STCでは制御の目標となるコスト関数 $J(k)$ を次式で定義する。 $J(k) = E\{[y(k+1) - y^*(k+1)]^2 + \lambda' [a(k) - a(k-1)]^2\} \dots (4)$ ここに、 $E\{\cdot\}$: 期待値演算 y^* : 目標水位 λ' : 操作変化量に対する重み定数ここで式(3)を最小にするような最適ゲート開度 a を求めると次式となる。 $a(k) = -[h_0 y(k) - b_1 a(k-1) + c_0 I(k) + d_0 L(k) - y^*(k+1)] / b_0 \dots (5)$ ここに $b_1 = -\lambda' / b_0' C(k) B \sqrt{2gy(k)} \dots (6)$ $b_0 = b_0' C(k) B \sqrt{2gy(k)} - b_1 \dots (7)$ ここで、式(5)の最適ゲート開度 a には未知パラメーター h_0, b_0, b_1, c_0, d_0 が含まれるため、これらをカルマンフィルターを用いて各時点毎に同定しながら、式(5)を計算することにより最適ゲート開度を求める¹⁾。

3. 適用例

以上述べたSTCを以下の模擬発生データに適用し検討してみることにする。まず、シミュレーションに用いた流入量 I は、遠賀川河口堰で得られた実測データを考慮して図-1(a)の点線に見られるように模擬発生させた。また、取水量 L は一定とし図-1(a)の一点鎖線のように設定した。

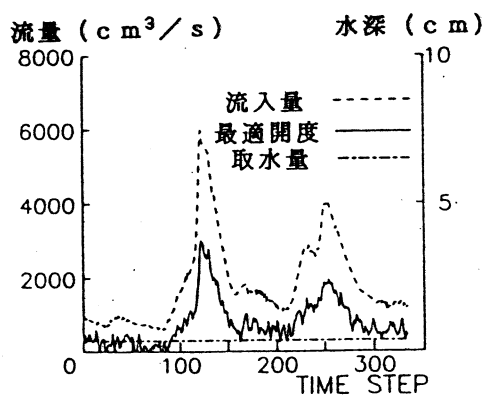


図-1(a)

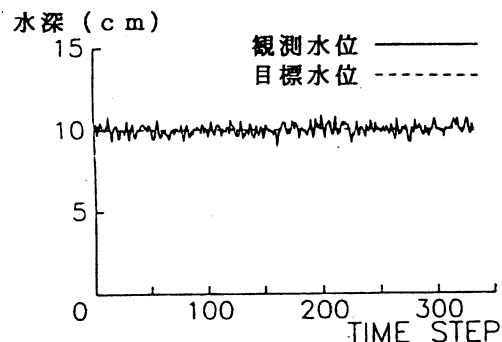


図-1(b)

次に、式(3)におけるシステムパラメータを $h_a=1.0$, $b_a'= -0.0008$, $c_a=0.00008$, $d_a=-0.0008$ とし、式(4)の $\lambda'=1.0$, 式(2)の $B=20\text{cm}$, 式(3)の正規性雑音 $V(k+1)$ の分散 $\sigma_v^2=0.3$ と設定する。ここで、式(6), (7)の流量係数 $C(k)$ については、 $y(k)/a(k)$ の関数であるが、自由流出においては数値の変動の影響は余り大きくなかったため、今回のシミュレーションでは $C(k)=0.55$ と一定とした。

以上のパラメータを真値として、まず、パラメータの真値が既知であるとした理想的な制御の場合に式(5)より求まる最適ゲート開度と、その時の目標水位 y^* 及び観測水位 y をそれぞれ図-1(a), (b)に示す。また、図-2(a), (b)には、初期のパラメータの値を50%として与え、STCによりパラメータを逐次同定して求められた最適ゲート開度と、そのときの y^* と y を示している。また図-3は、STCによるパラメータの同定過程を示している。

4. 考察

図-1(a)と図-2(a)を比較してみると、最適ゲート開度はSTCを用いた方が若干動きが激しいが、ほぼ等しい動きをしており、図-1(b)と図-2(b)においても、STCを用いた場合の水位の変動は、システムパラメータが同定されるまでは最初に水位が下がるものの、30時点以降は理想的な制御の場合と同様にほぼ安定して制御できていることがわかる。また、図-3よりSTCにより同定されたパラメータについても収束しており、精度よく真値が同定されていると言える。これらのことよりSTCを用いることによって期待どおり開度 a が制御されているといえる。

また、 $\lambda'=0$ とした場合すなわち式(4)において最適ゲート開度の変化を考慮しない場合は、 a はかなり小刻みに変動するものの、観測水位 y は目標水位 y^* に非常によく追随していた。これらは $\lambda'=0$ のため、評価関数に a の変化量が考慮されないためであると考えられる。更に、STCは目標水位が一定でなく、変化する場合でも同程度のゲート制御が行えた。

5. おわりに

今回のシミュレーションにより、流量係数 $C(k)$ を考慮することにより、直接ゲート開度を算定し制御することが可能であることが示された。また、STCによる制御についても理想的な数値シミュレーションとほとんど一致しており、STCの有効性が確かめられた。今後は、実験により本STCの有効性を検討し、更にもぐり流出の場合についてもSTCを適用できるよう拡張していきたい。

参考文献

- 1) 河村 明・神野健二・上田年比古：セルフチューニングコントロール理論を用いたダムゲート開度の最適制御に関する研究、昭和63年度化学研究費補助金(一般研究(C))研究成果報告書、平成元年3月。
- 2) 押川光宏・河村 明・神野健二：実験水路を用いたセルフチューニングコントローラーによる開水路ゲートの実時間制御について、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.310~311, 平成2年。

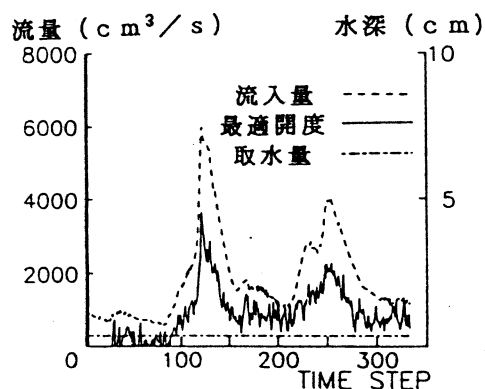


図-2(a)

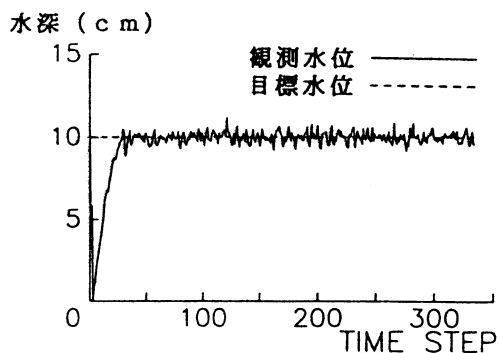


図-2(b)

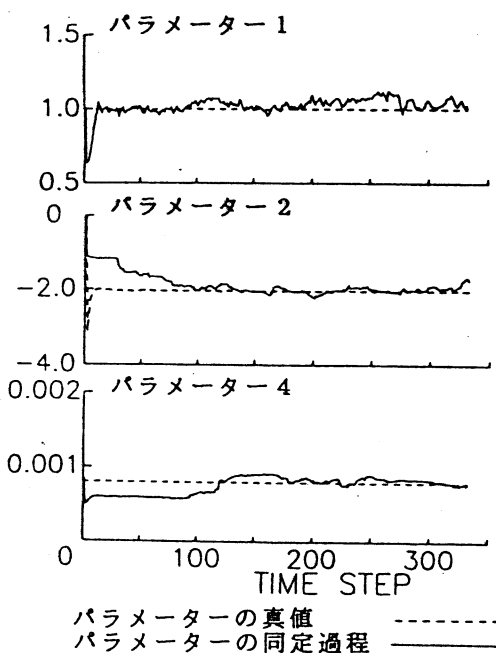


図-3