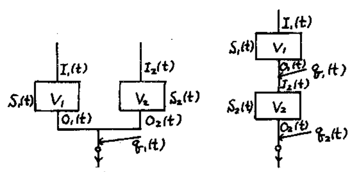
Ⅱ－6　　　　　　　　DP利用によるダム群利水操作について

京都大学工学部　正　員　池渕　周一
京都大学大学院　学生員　八木　高司
京都大学大学院　学生員○小尻　利治

1．はしがき　　近年の水需要の増大に対処するために，さまざまな方策が考えられている。著者らは，河川表流水の利用率を高度化するため，貯水池群の統合管理の重要性を認識し，貯水池の操作法にD.P理論を適用してきた。[1] 本研究では，利水計算においてとくに問題となっていた次元の節減化を重点に行ない，ダム群による最適利水操作方式を確立しようとするものである。

2．目的関数と評価関数　　著者らは利水操作を数理計画における最適制御問題と解釈し，D.Pによる定式化を行なった。また，目的関数を $J=\sum_{i=1}^{m}\sum_{t=1}^{T}D_i(Q_i(t))$ ……(1)　と定義し，評価関数を $D_i(Q_i(t))=(mT_0)^{b-a_iQ_i(t)}$ ……(2)　とした。ここにmは評価地点の総数，T_0は$T_0\geq T$なる自然数，a_iは $a_iQ_{id}=C$ $(i=1,2,\cdots,m)$ なる自然数である。（ただし，Q_{id}は評価地点iにおける確保流量である。）最適評価関数として(2)式が成り立つのは，その必要十分条件として，すべての自然数xにおいて $D(x)>mT\,D(x+1)$ ……(3)　を満足すればよく，それは数学的に立証可能である。したがって，(3)式を満足する評価関数は数多く存在するが，そのなかでどれが最適であるかは，実用的な側面から決められよう。

3．空間基準　　複数の貯水池をもつ流域の水系一貫した利水操作は，D.Pの式をそのまま解けば求まるが，計算時間が急激に増加し，実用が不可能となる。ゆえに，複数ダムを単ダムにおきかえたり，単ダムの組み合わせによって最適解を求めることが必要であることは言うまでもない。Fig－1(a)(b)の場合には，単ダムへおきかえることは理論上可能である。しかし，制約条件が $0\leq S_1\leq V_1$, $0\leq S_2\leq V_2$　から　$0\leq S_0\leq V_1+V_2$　と変化するため，求めた解が複数ダムによる解と必ずしも一致するとは限らない。したがって，空間基準を定義するとつぎのようになる。すなわち，空間基準とは，複数ダムによる最適制御方式を単ダムとして求め，その解（貯留量，放流量）を各貯水池の制約条件をみたすように配分する方法である。さらに，複数ダムによる最適解と一致しないときは，すばやくそれを見出す手段でもある。なお，配分過程において各制約条件を満たすことができなくなれば，放流量を増加 $(O_0(t)=O_0(t)+1)$ して各制約条件を満足させ，その時点における貯留量を初期値として，以後の期間について，再びD.P計算をすればよい。ここで用いた S_0，O_0は，単ダムにおきかえたときの貯留量，放流量である。Fig－1(a)は　$I_0=I_1+I_2$，$V_0=V_1+V_2$　なる単ダムにおきかえることができ，空間基準としては，従来より用いられている The Harvard Water Program で提起されたものが使用できる。任意の流況に対する適用結果はかなり良好で，この空間基準による配分が，複数ダムによる解とほとんど等しいことを示している。つぎにFig－1(b)の場合であるが，単



Fig－1

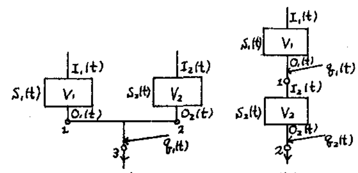
ダムにおきかえるには　$I_0 = I_1 + q_1$, $V_0 = V_1 + V_2$　とすればよく，$S_1 + S_2 = S_0$, $O_2 = 0$。がその解となる。空間基準としては，複数ダムによる最適解が，一般に下流側のダムを満水の状態にする傾向があるので，つぎのように定める。

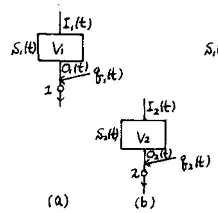
i) $S_0(t) > V_2$　ならば　$S_2(t) = V_2$　$S_1(t) = S_0(t) - V_2$　…………(4)

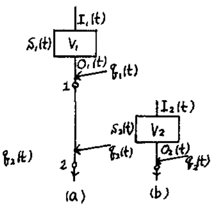
ii) $S_0(t) \le V_2$　ならば　$S_2(t) = S_0(t)$　$S_1(t) = 0$　…………(5)

この場合問題になるのは，空間基準に，本川流入量 I_1 と残流域の流入量 q_1 とが個々に影響を与えないということである。それゆえ，残流域の流入量が支配的な流況においては，この空間基準による配分では，複数ダムによる最適解よりかなり悪い結果になる場合もある。

4．近似解法　　Fig−2(a)(b) のような場合は，単ダムにおきかえることができない。したがって，許容できる範囲内の誤差をもつ近似解を求めることが必要となろう。Fig−2(a) では，すでに治水で用いられている逐次近似法[2]を利用する。この方法によって解が収束することは明らかであり，また，若干の適用の結果，1次あるいは2次で収束し，かつ，複数ダムによる解と一致しているので，極めて有効な近似解法であると思われる。Fig−2(b) のような場合は，つぎの2通りの近似解法を提案する。まず，Fig−3 に示す単ダムの連続であるが，この方法の欠点は，ダムの操作に，すぐ下流にある評価地点しか考慮されていないことである。その点を改良するために Fig−4 の方法がある。これは，まず，Fig−4(a) で示すように，上流側のダムと評価地点 1, 2 よりなる単ダム2評価地点で制御を行ない，放流量 $O_1(t)$ を決定する。つぎに，下流側のダムに関して，$O_1(t)$ と $q_1(t)$ より流入量 $I_2(t)$ を求め，評価地点2をもつ単ダム1評価地点で制御を行ない，放流量 $O_2(t)$ を決定するのである。この2つの近似解法は，流況によって最適系列に相異があり，どちらが優れているかは現在のところ決定できない。したがって，利水計算においては，空間基準や近似解法をあわせて行ない，そのなかで最も利水目的を満たしているものを，その流況における最適解とすべきであろう。


Fig−2


Fig−3


Fig−4

5．あとがき　　本研究では，D.P 利用による貯水池群の利水操作に関して，とくに，実用的な面からの要請として次元の節減化を行なってきた。今後は数多くの適用を行なって，各節減化の方法の限界を把握することが必要である。また，こうした利水計算による計画が，一層，有効であるためには，実際のダム運営において長期間にわたって無効放流を0とする操作をしなければならず，長期間流出予測が必要であり，広範な研究を期待するものである。

参考文献　1) 石原藤次郎　池淵周一：利水計画における限界供給量算定の一手法，第26回年次学術会講演概要 II-136　昭46.10.

2) 高棹琢馬　横田穣二　：DP による洪水調節方式の決定に関する2,3の考察，46年度関西支部講演概要 II-6　昭46.5.