

京都大学防災研究所 正夏 ○早瀬吉雄
角屋 睦
岡 太郎

まえがき 低平水田地帯の流出現象を不定流計算で再現しようとする場合、排水路が数多く分岐しているため分合流点の数値計算法が問題となるので始めにこの点を検討し、次に雨水が水田→末端→支線→幹線排水路へと流下する現象を再現しようとする場合、モデルを実用上どのように単純化できるかを検討した。すでに別報¹⁾でポンプ排水が主体となった低平地について検討したのでここでは中小河川に直接開口して自然排水形態をとっている低平地を対象に下流端で非定常性の強い水位条件を与えた場合について検討した。

1. 分合流点の数値計算法について

従来、分合流計算は連続式あるいは運動式のみを用いており、他の計算点に比べて精度がある。そこで運動、連続式を用いて計算できるように工夫をした。図1、2に示すように本川の上流及び支川区間で運動、連続式ともに片側差分で近似をする。たとえば、本川の下流区間では慣用記号を用いて表わすと次式となる。

$$(H_i^{n+1} - H_i^{n-1}) \cdot \Delta t + (Q_i^n - Q_{i-1}^n) / B_i \cdot \Delta x = 0, \quad \Delta x = x_i - x_{i-1},$$

$$\left(\frac{1}{g A_i^n} \right) \frac{Q_i^n - Q_{i-1}^n}{\Delta t} - \left(\frac{2Q}{g A^3} \right)_i \frac{A_i^n - A_{i-1}^n}{\Delta t} + \frac{H_i^n - H_{i-1}^n}{\Delta x} + \frac{n^2 Q_i^n |Q_i^n|}{(A^2 R^{4/3})_i^{n+1}} = 0,$$

本川の上流、支線区間でも同様の式が求められ、 $H_i^n = H_{i+1}^n = H_j^n$, $Q_i^n = Q_{i+1}^n + Q_j^n$ の条件より未知量 H_i^n , Q_i^n 等を消去することによって合流点の水位、流量が求められる。いま図3に示すように本川の下流端1で水位、上流端及び各支川の上流端で流量条件を与えて本川の下流端流量を求めると実線の解が得られる。連続式だけでは解いた場合（黒丸）は、単純な系では上述解と同値を得るが、図3のように複雑な系では、境界条件の急変する所でハイドログラフがゆるめかになり若干の差がみられる。ここに提案した方法の計算時間は従来の方法と大差ない。

2. 雨水流出モデルの単純化 — 自然排水の場合 —

1) 支線排水路系におけるモデル化 図4に示すように支線排水路に末端排水路5本が合流し、各末端排水路の両側に水田20筆が開口している場合（水田数は100筆）を考える。この段階で水田100筆を20筆にまとめることを種々の地形勾配

、下流端水位条件を与えて検討した結果、この単純化が可能であることがわかった。その一例を図5に示す。しかし末端排水路下流端の流量ハイドログラフを比較すると全般的に再現性が悪く、末端排水路系でのモデルの単純化は大きな誤差を伴うといえる。なお、支線排水路を貯水池とみなすモデルはポンプ排水の場合可能であったがこの場合も検討すると下流端流量の再現性はあまりよくなかった。

次に、図6に示すように末端排水路10本が、支線排水路に合流したモデルを原型として末端排水路を5本にまとめることを検討した。ポンプ排水の場合と同様、原型モデルの水面積を確保するように末端排水路巾を広げた場合の再現性は全般的

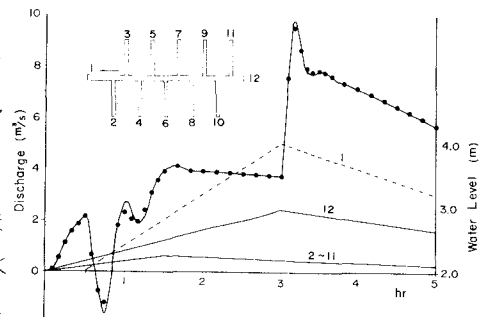
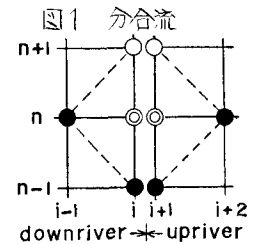
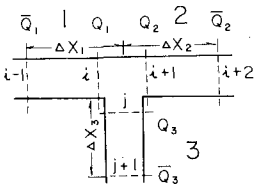


図3 分合流の計算結果

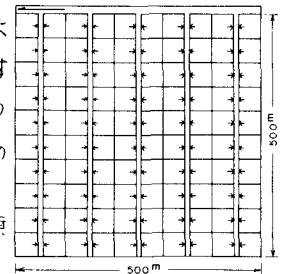


図4 支線排水路系のモデル

によくないが(図7黒丸), 原型モデルの末端排水路の通水能を等置するように末端排水路巾を広げると再現性は良好である(図7白丸)。このことは、非定常性が比較的強いときの末端排水路の省略は、原型モデルの貯留効果よりも通水能を重視すべきことを意味している。

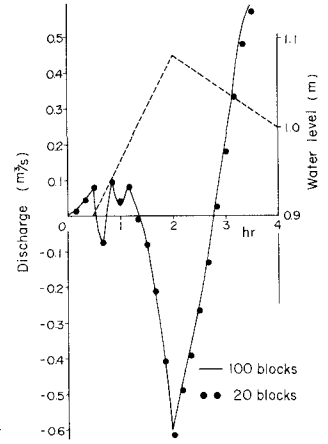
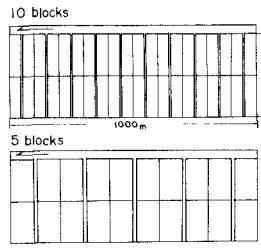


図5 支線排水路の下流端流量

2) 幹線排水路系におけるモデル化 図8に

示すように水田-末端-支線-幹線排水路系のモデルについて検討する。地形勾配 1/5000, 通水能約 20 mm/h, 降雨条件 60 mm/h を 2 時間, 幹線排水路下流端で水位条件を与える。ここで i, 全水路とも不定流計算を行った厳密解, 末端排水路を貯水池として扱った単純化モデル i, さらに一本の末端排水路の支配する水田を 1 区画の水田にあきぐえ, 支線排水路に末端排水路の水面積を含ませる形で末端排水路を省略した単純化モデル ii について検討した。下流端の水位条件のピーク値を流域中央部の水田標高に等しくした場合, 幹線排水路の NO. 2 地点の流量ハイドログラフを比較すると厳密解と単純化モデルの間には大差なく, これより上流域ではかなりの単純化ができるが, 下流では水位変化の非定常性が大きく影響して再現性がよくない。そこで末端排水路の水面積を水田内に含めて末端排水路を省略し, かつ水田欠口奥の水位条件が原型に近くなるよう, 支線排水路の粗度係数を簡単に摩擦項比 (0.045/0.03), また水路長比 (0.0675/0.03) を考慮して変えた単純化モデル iii を採用すると図9に示すように下流端の流量ハイドログラフの再現性がかなりよくなることがわかった。同図は下流端の水位条件のピーク値が流域上流部の水田標高に等しくした場合である。

図6 末端排水路の省略

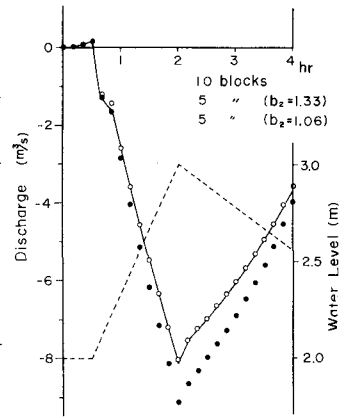


図7 支線排水路の下流端流量

3. ポンプ排水量が多い地区のモデル化

水田地帯ではポンプ排水量は 3 mm/h が標準であるが, 図8のモデルで排水量を 3 mm/h から 10 mm/h に変え, 100 mm/h の降雨を 2 時間の条件を与え, 全水路とも不定流計算を行った厳密解 (実線) と 3) の単純化モデル ii (白丸) と単純化モデル iii で粗度係数を 0.045 とした場合 (黒丸) 下流端の水位と比較すると厳密解は後者の単純化モデルでかなり再現できることがわかった。

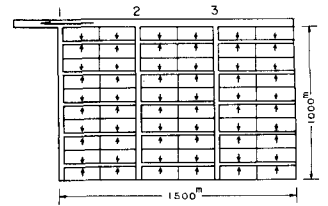


図8 幹線排水路系のモデル

あとがき 強度の非定常条件が与えられた場合は, 非定常性のゆるやかな場合に比べて, 極端な単純化はむづかしいようである。しかしこれらの検討によつてはんらんを含む低平水田地帯の流出計算に有力な手掛りを得ることができた。

1) 早瀬, 角屋, 図: オ18回水理講演会講演集

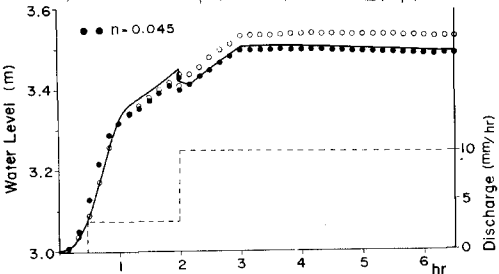


図10 幹線排水路の下流端水位

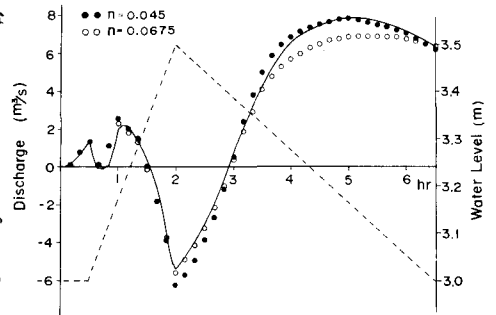


図9 幹線排水路の下流端流量