

京都大学 防災研究所 ○岡 太郎・角屋 睦・早瀬 吉雄

まえがき 低平地域の雨水流は下流条件・氾濫水の影響を強く受け、その流出形態は複雑であるため、流出解析上残された問題は少なくない。ここでは、このような複雑な流出系を定量的に表示しうる一数理モデルと計算例を示し、若干の考察を行なう。

1. 低平地域の雨水流出モデル 内水現象は大小の氾濫現象を伴ない氾濫後は平面二次元流と考えられるが、このような取扱いは解析上きわめて困難であるので、ここでは低平地域内の雨水流を、水田を貯水池として河道内の流れを不定流と考え、この水田と河道を1つで連結する貯水池-dynamic wave系によりモデル化を行なう。

1.1. 河道不定流 不定流の運動方程式および連続方程式を慣用記号を用いてあらわせば(1)(2)式であり、ここではLeap-Frog法により数値的に解析するものとする。なお分合流点においては運動方程式を(1)式左辺の2,3項を無視した形で取扱い、一般に採用されている手法により計算を行なうが、河道部と水田との連結点では水田からの流水を強制流入(出)として取扱っている。

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{f|Q|Q}{A^2 R^{4/3}} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

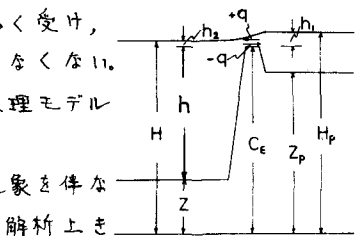


図1 水田からの流出

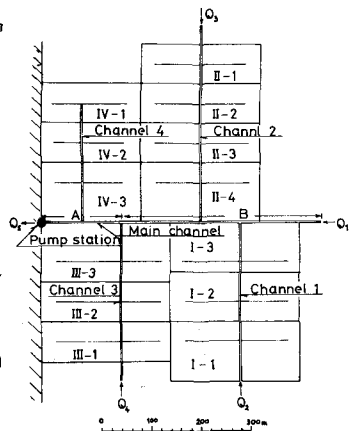


図2 流域概要図

1.2. 水田・宅地域からの流出 末端排水路が支配する領域を単位の水田域とみなし、この水田域からの雨水は二次の支川へ欠口を介して流出するものとする。ここで欠口からの流出(入)量を(3),(4)式の1つを用いて計算し(図1参照)、部分的に宅地が存在することを考慮して、このlumpingされた水田域内の水位を(5)式で求める。

表1 河道勾配

Main channel	Section		Slope
	A	B	
	1	2	0
Channel 1	3	1	1/3000
Channel 2	4	1	1/1846
Channel 3	5	1	1/2334
Channel 4	6	1	1/2785
			1/4000

$$\text{完全越流の場合 } \pm q = m \times C_b \times \Delta H \times \sqrt{2g \Delta H} \quad (3)$$

ここで $\Delta H = H_p - C_e, H - C_e$ or $|H - H_p|$

$$\text{不完全越流の場合 } \pm q = m \times 2.6 \times C_b \times h_a \times \sqrt{2g(H_p - H)} \text{ or } m \times 2.6 \times C_b \times h_a \times \sqrt{2g(H - H_p)} \quad (4)$$

$$H_p(t+\Delta t) = \frac{(R \times P_a + e_f \times R \times U_a) \times \Delta t}{P_a} - \frac{Q_b \times \Delta t}{P_a} + H_p(t) \quad (5)$$

ここで R: 降雨強度, P_a : 水田面積, U_a : 宅地面積, m: 越流係数, e_f : 流出係数
1つ幅(C_b)として水田域内に存在する水田の欠口幅の和, 越流係数(m)として一般に用いられている値をもとに採用する。なおこの水田域が完全に宅地化された場合($P_a = 0$)には、

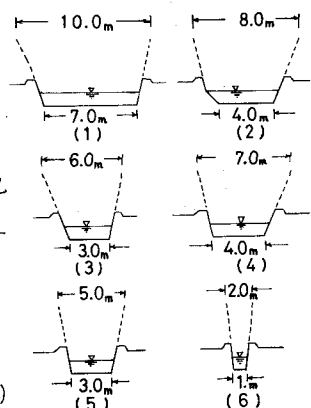


図3 河川断面

降雨の有効成分のみが流出するものとする。この lumping には今後検討せねばならぬ問題があるが、これまでの若干の数値実験結果からは特に支障は生じていない。

2. 計算例と考察 2.1. 計算条件

図2に示す系について計算を行なうことにする。表1には幹線、各支川水路の河道勾配、および図3に示す河川断面形状と各河川とを対応させる番号を示す。なお不定流

計算では、通水断面(A)、径深(R)、河川幅(B)と水深(h)との関係をし

水が水の断面についてあらがじめ(6)式の級数近似式を求めておき、この断面形状を計算に反映している。例えば、通水断面(A)について書

$$A(h) = a_0 + \sum_{n=1}^{n=5} (a_n \times h^n) \quad \dots\dots (6)$$

表2には水田域特性として、このモデルに必要な諸定数を示す。

図4には計算に用いた降雨条件および支川4を除く各支川と幹線排水路の流入(出)量ハイドログラフを示す。他にこの計算に用いた定数は次のとおりである。 $\Delta X = 40m$, $\Delta t = 2sec$, $m = 0.43$, $e_f = 0.8$ $H_{x=0} = 11.0m$, $Q_{x=0} = 0.0 m^3/sec$.

2.2. 計算結果と考察

表2に示すケースについて水田、宅地

面積比を変えて計算を行なった。すなわち Case Aは宅地が存在しな

い状態、Case B, Cはそれぞれ表2に示す区域が

宅地化され、全面積の1/3, 1/2が宅地となった場

合に相当する。各ケースの計算結果を揚水機場

から120m上流地点の水位について図5に示す。

この計算は実測データに基づいていないため、

現象について詳細な議論を行なうには不十分で

あるが、図5から水田域の減少に伴ない下流部の

氾濫は増大すること、および特に Case B, C では、

宅地域からの雨水流出と下流域での氾濫の競合

のため二つのピークが認められる点は興味深い。ただ Case Aの計算では、中流部の水田にお

ける欠口の状態が変化し、氾濫量が急増したため、4時頃には10分間に17cm程度の水位が

低下しているのが認められる。この事例からも認められるようにこのモデルの適用上の問

題点は少なくなく、実測データを用いた検証が必要であるが、低平地域の流出、特に都市化

の影響を論ずるためにはかなり有用な手法の一つと考えられよう。なおこれは、科学研究費

自然災害特別研究(2)の補助を受けて行なった研究成果の一部であり、計算には京大大型計

算機センター FACOM 230-75 を使用した。

参考文献1)土木学会編：水理公式集，土木学会，昭46，pp.185-187.

2)例えば，早瀬・角屋・岡：低平地域水田地帯の雨水流出モデル，第10回災害科学シンポジウム講演論文集，1973，pp.243-246.

表2 水田域特性

水田 記号	水田 標高(m)	田間 水位(m)	田間 標高(m)	田間 幅(m)	Case A 水田面積 (ha)	Case B 水田面積 (ha)	Case C 水田面積 (ha)
I-1	12.10	12.15	12.20	6.2	3.12	0.0	3.12
I-2	11.86	11.91	11.96	5.2	2.60	0.0	2.60
I-3	11.61	11.66	11.71	5.2	2.60	0.0	2.60
II-1	12.26	12.31	12.36	3.8	1.92	0.0	1.92
II-2	12.03	12.08	12.13	3.8	1.92	0.0	1.92
II-3	11.80	11.85	11.90	3.8	1.92	0.0	1.92
II-4	11.56	11.61	11.66	5.8	2.88	0.0	2.88
III-1	11.78	11.83	11.88	4.2	2.08	0.0	2.08
III-2	11.56	11.61	11.66	4.2	2.08	0.0	2.08
III-3	11.52	11.57	11.62	6.2	3.12	0.0	3.12
IV-1	11.76	11.81	11.86	3.2	1.60	0.0	1.60
IV-2	11.54	11.59	11.64	3.2	1.60	0.0	1.60
IV-3	11.52	11.57	11.62	4.8	2.40	0.0	2.40

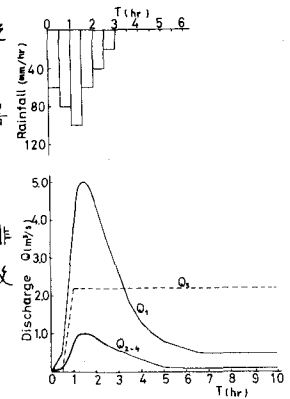


図4 降雨と流入(出)量

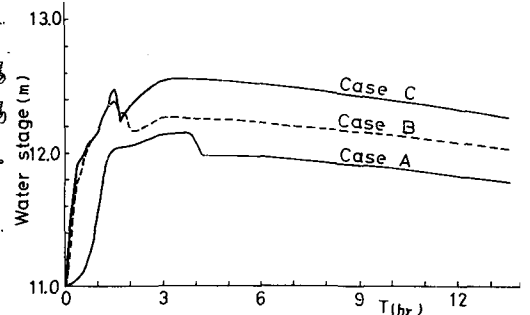


図5 計算結果(下流部の水位)