

## 雨水流の伝播特性

神戸大学工学部 正員 神田 徹  
 神戸大学大学院 学生員 ○元木沢知紀  
 神戸電鉄 正員 前田 徹哉

### 1. まえがき

実流域における洪水流出解析においては、流域規模が非常に大きくない限り、降雨量としては流域平均雨量を流域全体に用いて、降雨の空間的分布の影響は考慮されない。本研究は、単一斜面流域にKinematic waveモデルを適用して、単純な空間的分布形状の降雨に対する洪水到達時間を主として数値シミュレーションによって求め、空間的に一様な降雨に対する洪水到達時間との差異について検討を行ったものである。

### 2. 降雨分布

流域は長さ $b$ の単位幅斜面とする。降雨の空間的分布形状としては、図-1に示すような台形分布および三角形分布を考える。ここで、台形分布の場合は、 $\alpha = -1$ のとき斜面上流端および下流端での降雨強度がそれぞれ $2r_{m,x}$ および $0$ であり、 $\alpha = 1$ のときそれぞれ $0$ および $2r_{m,x}$ である。三角形分布の場合は、 $\beta = 0$ のとき同様にそれぞれ $2r_{m,x}$ および $0$ であり、 $\beta = 1$ のときそれぞれ $0$ および $2r_{m,x}$ である。

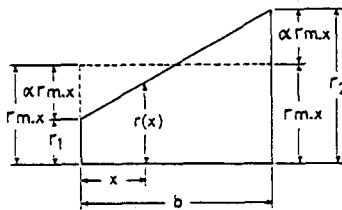


図-1(1) 台形分布降雨

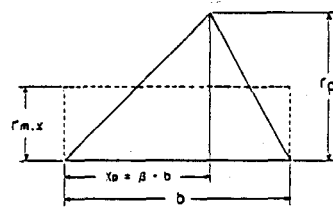


図-1(2) 三角形分布降雨

### 3. 洪水到達時間について

#### (1) 台形分布降雨

斜面長 $b$ ，空間平均降雨強度 $r_{m,x}$ ，斜面流定数 $k$ （ここに、 $h = k q^p$ ）の種々の値と $\alpha = -1 \sim 1$ ， $p = 0.3 \sim 1.0$ の組み合わせについて数値計算を行った。空間的に一様な降雨に対する洪水到達時間 $t_{p.o.}$ は(1)式で与えられ、台形分布降雨に対する洪水到達時間 $t_p$ とこの $t_{p.o.}$ の比を $\varepsilon_t$ とする。

$$t_{p.o.} = k r_{m,x}^{p-1} b^p \quad (1)$$

$$\varepsilon_t = t_p / t_{p.o.} \quad (2)$$

$\varepsilon_t$ は $b$ ， $r_{m,x}$ に関係せず， $\alpha$ ， $p$ のみに関係し，その関係は図-2のようである。 $\alpha < 0$ のとき $\varepsilon_t < 1$ ， $\alpha > 0$ のとき $\varepsilon_t > 1$ となる。また， $\alpha$ の増加とともに $\varepsilon_t$ は増大し， $\alpha$ が1に近づくほど著しく増大している。これは， $\alpha$ が1に近づくほど，上流域での流量が小さくなるので雨水擾乱の伝播速度が遅くなり，上流域での降雨の流出が遅れる

ため、この遅れは下流端に到着するまで回復することはない。また、 $\alpha$ の値による $\varepsilon_t$ 値の変化は $p$ 値の減少とともに、すなわち流出の非線形性が強くなるほど大きくなっている。いま、 $\varepsilon_t$ を $\alpha$ と $p$ の関数として表わすと、 $-1 \leq \alpha \leq 0.8$ の範囲において回帰分析より次式が得られる。

$$\varepsilon_t = p^{-0.5\alpha} \quad (3)$$

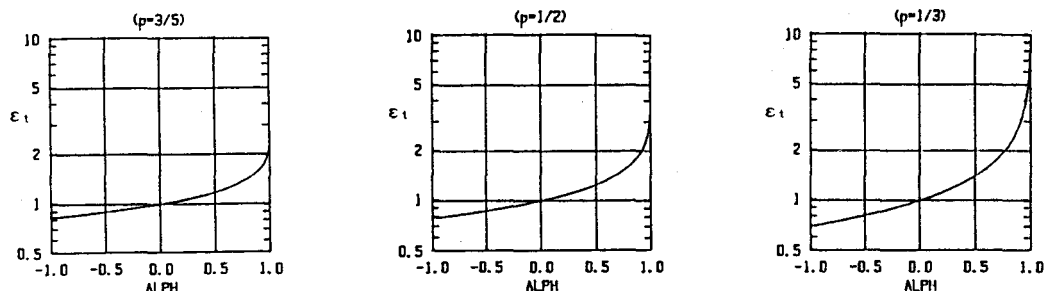


図-2  $\varepsilon_t \sim \alpha$ の関係

## (2) 三角形分布降雨

同様の数値計算を行った結果、 $\varepsilon_t$ と $\beta$ との関係は $p = 3/5$ に対して図-3のようである。 $\beta$ が0付近では $\varepsilon_t$ は1より小さくなり、これは台形分布降雨の場合の $\alpha = -1$ と同じことである。この $\beta = 0$ の付近を除けば、 $\varepsilon_t$ は1より大きく、 $\beta$ の増加とともに増大する。すなわち、三角形分布降雨に対する洪水到達時間は、ほとんどピークの位置によらず一様降雨に対する洪水到達時間より大きい。これは、既に述べた斜面上流域での降雨の流出の遅れが非常に大きく影響しているためである。

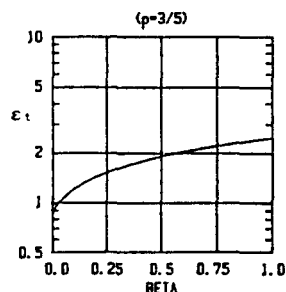


図-3  $\varepsilon_t \sim \beta$ の関係

## 4. 流出ハイドログラフについて

台形分布降雨におけるハイドログラフは、 $p = 3/5$ に対して図-4のようである。図において、 $q_{p.o.}$ は一様降雨に対するピーク流出量であり、次式で与えられる。

$$q_{p.o.} = r_{m.x} b \quad (4)$$

$\alpha = 1$ の場合は、 $\alpha = -1$ の場合に比べてピークの発生時刻は遅れるが、ハイドログラフは早く立ち上がり、その上昇時には流出量は大きくなっている。降雨継続時間が洪水到達時間を上回るときは、ピーク流出量の値は降雨の空間的分布によらず一定であるが、 $t/t_{p.o.}$ が1に達する前に降雨が止んだ場合には、 $\alpha$ の値によってピーク流出量の値に差異が生じることがこの図からわかる。

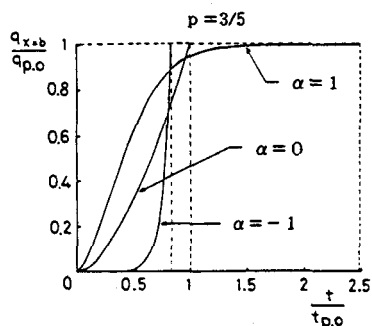


図-4 ハイドログラフ