

1. まえがき：雨の降り方の統計的特性は、治水・利水計画の策定や同施設の運用に際して、客観的な判定資料となり得るという意味で重要と考えられる。本報告は、雨の降り方の一側面である降雨継続時間と無降雨継続時間に注目し、近畿の2地点における数十年間の毎時雨量記録の統計解析により、それらの経験分布を求め、その分布形から、Failure Rateの概念を準用して降雨・無降雨両事象の確率過程的特性の検討と遷移確率の評価を試みたものであり、ごく概略的ではあるが、洪水期(6~10月)と非洪水期(11~5月)とに分けて比較している。

2. 毎時雨量記録から認識される継続時間の意味：ここでいう継続時間は毎時雨量記録から認識されたものであり、厳密な意味のものではない。図-1は瞬間雨量強度の時間変化に、1時間毎の時界を縦線で示し、その場合、毎時雨量記録で認識される状態を、雨量がゼロでない1時間をW、ゼロのものをDとして示したものである。例えば、この図の右端を見れば、実際には20分程度の継続時間の降雨でも、毎時雨量記録からは2時間と認識され、また、その直前の2時間以上の無降雨状態は、1時間としか認識されないことになる。従って、ここでいう継続時間は、正確に表現すると、降雨のものは、Wの連の長さ t_w 、無降雨のものは、Dの連の長さ t_D である。

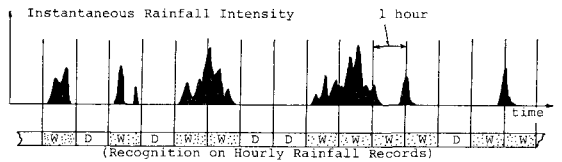


図-1 瞬間記録と毎時記録の関係模式図

表-1 資料統計概要

Observation Point		Kyoto	Iga Ueno
Record Length (year)		1929 ~ 1969 (41)	1938 ~ 1969 (32)
N _r	Flood Season (Jun. ~ Oct.)	4,558 (22.2/month)	3,645 (22.8/month)
	Non-Flood S. (Nov. ~ May)	5,259 (18.3/month)	3,582 (16.0/month)
	Through Year (Jan. ~ Dec.)	9,817 (293.4/year)	7,227 (225.8/year)
Max. of t _w		55 hr.	52 hr.
Max. of t _D		597 hr. (24.9 days)	1,099 hr. (45.8 days)
Occurrence Probability of W		0.1109	0.1111

3. 資料統計概要：観測地点は京都(気象台)と伊賀上野(観測所)の2地点で、それぞれの地点について、統計期間、洪水期・非洪水期別の連の数 N_p (WのものとDのものは等しい)、 t_w と t_D の最大値、およびWの平均的出現確率を表-1に示した。

4. Failure Rateの概念：ここでは、分布形から確率過程的特性を読みとるための予備知識として、信頼性工学の分野におけるFailure Rateの概念について簡単に説明しておく。これは、例えば、ある工業製品が故障するまでの時間 t の確率密度、

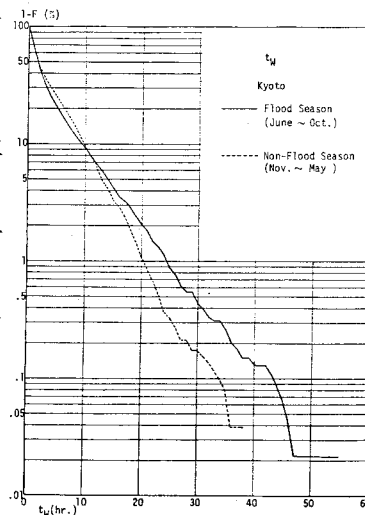
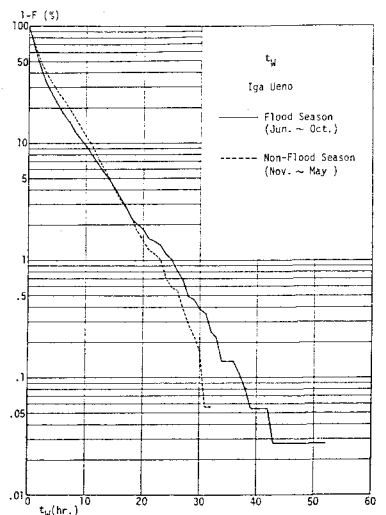
確率分布をそれぞれ $f(t)$ 、 $F(t)$ とすると、次式の $\phi(t)$ で定義される。

$$\phi(t) \equiv f(t) / \{1 - F(t)\} \quad \cdots (1)$$

これに dt を乗じたものは、 t まで故障しなかったものが次の dt 時間内に故障する確率(ある状態から他の状態への条件付遷移確率)として理解される。なお、 $f(t) = -d\{1 - F(t)\}/dt$ だから、(1)式は次のように変形できる。

$$\phi(t) = -d\{\log[1 - F(t)]\}/dt \quad \cdots (2)$$

従って、Failure Rate ϕ は、超過確率分布を右図のように片対数紙に描いた場合の接線勾配の絶対値に相当することになる。例えば、指数分布の

図-2(a) t_w の分布(京都)図-2(b) t_w の分布(伊賀上野)

場合、 ϕ は一定であり、定率独立過程と判定されるといったわけである。

5. 降雨・無降雨事象の確率過程的特徴

特性：図2は t_W の、図3は t_D のそれぞれ超過確率分布を片対数表示したもので、(a)が京都、(b)が伊賀上野で、それぞれ実線が洪水期、点線が非洪水期の場合である。両地点、両期さらに t_W と t_D 共に、定性的に類似した分布形をしている。即ち、 $t_W(t_D)$ が小さい初期の接線勾配は急で、それが徐々に緩やかになり、その後ほぼ一定の期間が続いた後、さらにまた緩やかになる期間を経て、最後に再び急になるという形

をしている。(ただし最後の急は統計的に不安定な部分であり、あまり確かでない)従って、4.に述べたことから、降雨・無降雨事象は共に履歴性を有する複雑な過程であるといえよう。

なお、信頼性工学の分野では、 ϕ が初期

に減少する期間を初期故障期、次に ϕ が一定になる期間を偶然故障期、最後に ϕ が増加する期間を磨耗故障期と称しており、工業製品の故障過程の典型的なものであるが、それと t_W 、 t_D の場合が似ていることは興味深い。

6. 遷移確率の評価：ここでは、(1)式に dt を代入して得られる条件付遷移確率を、 $dt=1(\text{hr})$ として求めてみた結果を示し、若干の検討を加える。図4がその結果で、(a)が京都、(b)が伊賀上野のものであり、丸印がWからDへの遷移確率、四角印がDからWへのものであって、いずれも黒いのが洪水期のものである。これらの遷移確率は、1時間単位の連のFailure Rate ϕ でもあり、従って、定性的変化傾向は5.で述べたのと同じであるが、ここでは定量的にどの程度になるか見るために示したわけである。なお、WからWまたはDからDへの遷移確率は $1-\phi$ になることは明らかであり、同図から読みとれよう。この図で、例えば京都の洪水期の $t_D=23\text{hr.}$ のように、 ϕ に顕著なピークが認められるが、この場合、もとの資料を調べてみると、真夏の雷雨が連日同じ時間帯に発生することがあったためであることがわかった。このことから、統計的に不安定な後尾の急は別として、 ϕ のピークあるいは初期の ϕ が大きいところは、降雨とそのIntervalの周期性と関連があるとも考えられよう。

7. あとがき：以上、たった2地点の毎時雨量記録の統計解析によって、WまたはDだけの連について、先行する連の長さによって遷移確率がどのようになるかを、気象原因等による区別もしないで概率的にみてきたので、色々問題が残されているが、雨の降り方の統計的特性についての理解がいくぶんか深まったと思われる。

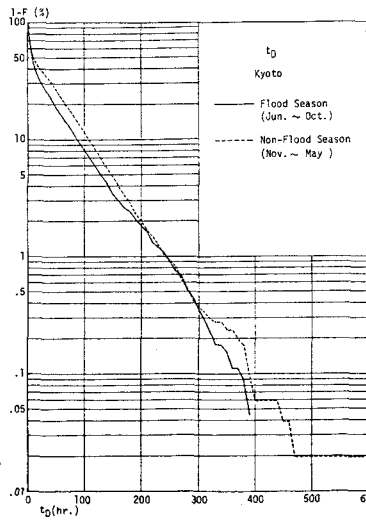


図3(a) t_D の分布(京都)

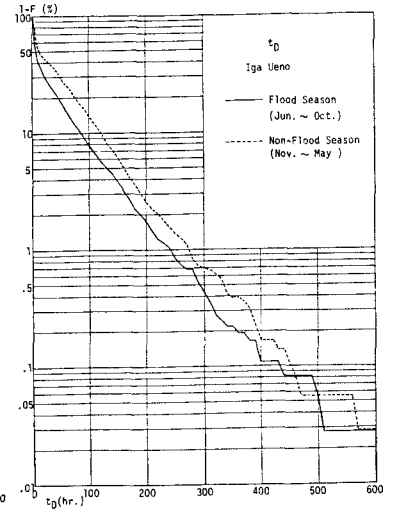


図3(b) t_D の分布(伊賀上野)

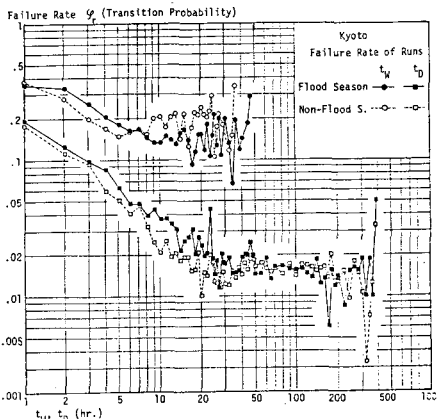


図4(a) 遷移確率(京都)

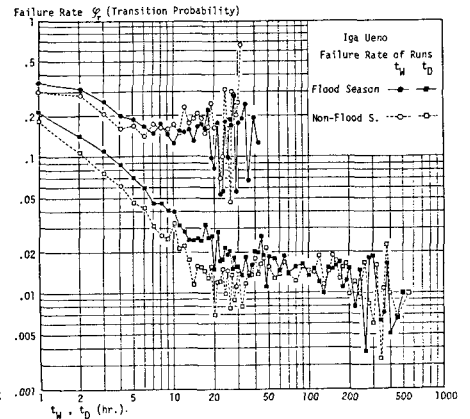


図4(b) 遷移確率(伊賀上野)