

大雨の空間的分布形態と地形条件について

Spatial Distribution of Heavy Rainfall in Mountainous Area.

法政大学工学部 正員 山田啓一

1. はじめに

洪水の原因となる大雨は、一定の気象条件の下に特定の空間的分布形態を示すことが指摘されている。これらの関係を解明することは、洪水調節計画や貯水池操作上きわめて重要である。大雨の空間的分布特性に関しては、気象学・気候学において主要なテーマの一つであり、多くの研究がなされている。

その結果、地形による強制上昇や水平収束あるいは、擾乱の発生・発達に地形が関与するなど、大雨の空間分布に地形が大きな役割を果たすことが明らかになってきた。また、地形条件を考慮した降雨解析や雨量の数値予報法なども提案されている。^{1)~3)}

しかし、地形と降雨の関係は複雑であり、気象データの空間的・時間的観測密度の制約もあって、100km²以下の空間分布を解析することは困難である。また、解析対象とする降雨群は、近年のものに限られている。

一方、河川工学の立場からは、さしあたって次のようなことが求められている。すなわち、治水計画の対象となるような大洪水群に対して、洪水調節用貯水池の流域面積(100km²~1000km²程度)に対応するスケールで降雨の空間分布を解析し、一定の気象条件下での降雨分布を予測することである。

このような観点から、著者は日本の代表的な河川の大洪水時の降雨分布形態を暖湿気流流入経路図を作成して、実証的・定性的に明らかにしてきた。⁴⁾本研究では、次のような視点に立って、地形と大雨の空間分布の定量的検討を試みた。地点雨量や降雨量の絶対値を推定するのではなく、部分流域が全流域平均に対して多雨であるか少雨であるかの指標「多雨度」を採用した。また、降雨分布形態は、暖湿気流の流入方向とこれを遮ぎる地形条件より説明できると考え、その指標として「地形効果度」を提案し、利根川上流域において多雨度と地形効果度の関係を考察した。

2. 対象流域と多雨度による洪水の分類

解析対象流域として、従来より降雨分布特性が経験的に知られている利根川上流域(八斗島地点上流)における1904年~1981年の78年間における上位28洪水を選び各洪水時の3日雨量を用いた。対象流域内の雨量観測所は図-1に示す92ヶ所である。なお、解析にあたっては、さきに述べた理由から全流域を表-1に示す4つの小流域に分割し、各小流域の多雨度を次式より求めた

$$R_{ij} = (r_{ij} - r_i) / r_i \quad \text{--- (1)}$$

ここに R_{ij} ; i 洪水時の j 小流域の多雨度

r_{ij} ; i 洪水時の j 小流域の3日雨量(mm)

r_i ; i 洪水時の全流域平均3日雨量(mm)

$R_{ij} \geq -1$ で、 $R_{ij} = 0$ のとき小流域の雨量は全流域平均雨量に等しくなる。各洪水について多雨度を求めると、本川上流では全洪水時に多雨度は負の値を示している。一方、烏川流域では多雨度はすべて正の値となり、両者は際だった対照をなしている。

そこで、多雨度を用いて28洪水を以下の方法によりA~Dの4つの洪水型に分類する。

各小流域の多雨度の最大値と最小値の差が0.4以下の洪水をA型とする。A型洪水は2例ある。B~D型については、図-2により分類する。すなわち、B型は本川中流の多雨度が大きく、烏川も比較的大きな値である。C型は、吾妻川の多雨度が大きく、本川中流、烏川は小さい。さらにD型は、吾妻川・本川中流いずれも多雨度は負の値であるのに対し、烏川ではほぼ0.5以上の大きな値を示している。

各洪水型の平均多雨度を表-2に示す。これによれば、C型は吾妻川、D型は烏川に多雨となることが判る。一方、本川上流はいずれの場合も少雨である。

3. 洪水型と気象要因

対象とした28洪水は、すべて台風起因のものである。台風が途中で分裂するなどの3洪水を除いて、他の洪水時の台風経路を図-3に示す。図中の太線は、最大日雨量の生起した期間の経路である。同図から台風経路型としてT、TE、TWの3つに分類する。すなわち、T型は関東南岸を北東進する台風で、前線を伴うものが多い。TE型は、流域の東側を北進する台風である。TW型は、流域の西側を通過する台風である。

また、洪水型と台風経路との関係は表-3のようである。同表によれば、B-T、C-TW、D-TEの各洪水型と台風経路が対応している。

ここで、各洪水時の暖湿気流の流入状態を検討する。図-4に前橋地方気象台における毎時の風向・風速・雨量の代表例を示す。

TW型では、ESE方向の強い卓越風が認められ、その時降雨ピークも現れている。

TE型では、N~ENE方向の卓越風が認められ、降雨は前橋では2つのピークがあるが、この洪水時に多雨となった烏川のハイドログラフから推定すると、流域全体ではENEの強風が卓越した後半部分に降雨ピークが現れたと判断される。一方、T型では風向は一定せず、風速も小さい。T型では、地上天気図上に前線が認められる場合が多く、降雨分布形態はこれらの気象擾乱により大きく支配されていると考えられる。

4. 多雨度と地形効果度の関係

前節で述べたように、C型はESE、D型はENE~Nの強風が数時間続き、その時降雨ピークが現れている。すなわち、特定方向の暖湿気流の流入が推定され、多雨域はこれと地形形状によって形成されると判断できる。そこで、以下の方法で地形効果度Tを算定する。

$$T = (Aw - Al) / A \quad - (2)$$

$$A = Aw + Al + Af \quad - (3)$$

ここにAw；風上斜面面積

Al；「かげ」面積

Af；Aw，Al以外の面積

Alは図-5に示す水越の方法⁵⁾を用いる。すなわち、特定の暖湿気流の流入方向に対して、それぞれ22.5°ずつ傾いた気流が一定高度以上の山体によって遮ぎられる部分を作図する。ここでは、標高400 m、1000 m、2000 m以上の山体によって遮ぎられる「かげ」の部分の総和をAlとする。さらに、「かげ」以外の標高400 m以上の部分をAw、「かげ」でない400 m未満の低地をAfとする。すなわち、Awは風上斜面で地形性上昇により多雨となる地域、AlはAwの背後で少雨になる地域、Afは地形の影響の小さい地域と考えられる。さて、 $-1 \leq T \leq 1$ であって、Tが大きいほど地形性降雨が大きくなると推定される。SE~NEの暖湿気流流入方向に対する各小流域の地形効果度を図-6に示す。同図によれば、E~ESEでは吾妻川の地形効果度が0.68と最も大きく、E~ENEでは吾妻川の地形効果度は急激に減少する一方、烏川の地形効果度は0.5で最大となっている。前節で述べたようにC型洪水ではESE方向の卓越風があり吾妻川が多雨度が最大となり、D型洪水ではENE方向の卓越風で烏川が多雨度が最大となった。図-6は上記の事実とよく符合している。

多雨度と地形効果度の関係を見るために、烏川流域を3分し、吾妻川流域を2分して合計7つの小流域に分け、各々についてC型の多雨度とESE方向の地形効果度、D型の多雨量とENE方向の地形効果度の関

係を図-7に示す。多雨度と地形効果度の間にはかなりよい相関が見られる。なお、図中の△印は本川中流吾妻川下流・烏川下流でAfの大きい地域であり、Afの地形効果度に対する評価の方法をさらに検討する必要がある。

5. まとめ

利根川上流域を4つに分割し、雨量の相対的大きさを示す多雨度を28洪水について求めた。多雨度を用いて4つの洪水型に分類し、一方28洪水を台風経路から区分すると、多雨度による分類とよく符合することを示した。

各洪水型について、風向・風速・雨量の関係から、C型はESE、D型はENEの顕著な暖湿気流の流入を推測した。地形による影響の指標として地形効果度を提案し、多雨度との関係を明らかにした。

複雑な現象をマクロに捉え、比較的計測の簡単な地形効果度で多雨度を推定できる手掛りとなったことは重要な意味があると考え。洪水型への分類、地形効果度の算定法などには今後の問題が残されている。他流域への適用とあわせて研究をすすめていく予定である。

なお、資料の提供をしていただいた建設省関東地方建設局河川計画課の諸氏、資料整理・解析の協力をし ていただいた松田浩一氏に謝意を表します。

参考文献

1) 保科正男；台風に伴う雨量の数値計算，電力と気象，Vol. 21, pp. 53～65, 1974。
2) 立平良三；雨滴成長を考慮した地形性降雨の計算，天気，Vol. 23, 2, pp. 27～32, 1976。
3) H. Sakakibara, and T. Takeda；Modification of Typhoon 7002 rainfall by orographic effect；J. Meteor. Soc. Japan, 51, pp 155～167, 1973。
4) 山田啓一；日本における洪水の地域的特性に関する実証的研究（I）～（VI），水利科学，№ 135～141, 1981。
5) 水越允治；梅雨前線活動に伴う降水量の分布，地理学評論，Vol. 35, pp. 35～44, 1962。

TABLE-1 Tone river and its tributaries.

Watershed	Drainage area - (km ²)
Upper Tone R.	1787
Agatsuma R.	1334
Middle Tone R.	640
Karasu R.	1726
Total	5487

TABLE-3 Storm types and typhoon track patterns.

storm type	Typhoon track pattern		
	T	TW	TE
A	2	0	0
B	4	0	0
C	3	7	1
D	2	0	5

TABLE-2 Rainfall index for each storm type

Watershed	Storm type			
	(A)	(B)	(C)	(D)
Upper Tone R.	-0.13	-0.29	-0.25	-0.31
Agatsuma R.	0.05	-0.14	0.25	-0.14
Middle Tone R.	-0.11	0.33	-0.25	-0.10
Karasu R.	0.08	0.29	0.17	0.47

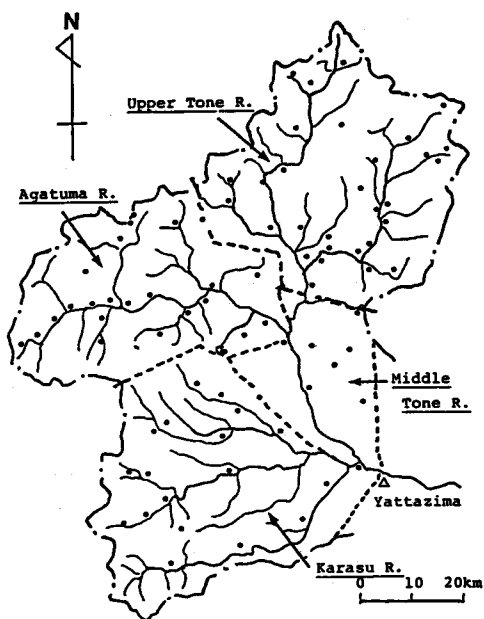


FIG.1-Tone river basin and location of raingauges.

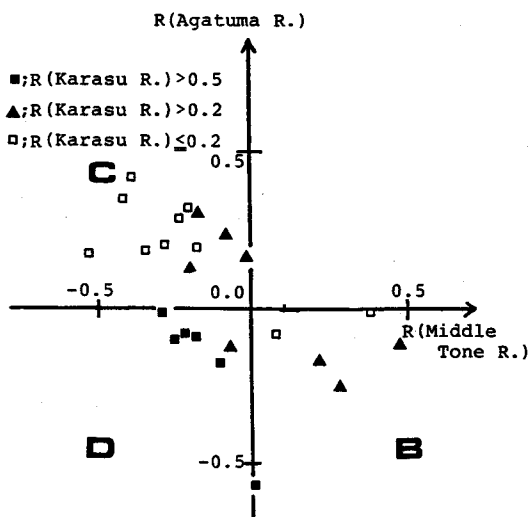


FIG.2-Classification of storms by Rainfall index

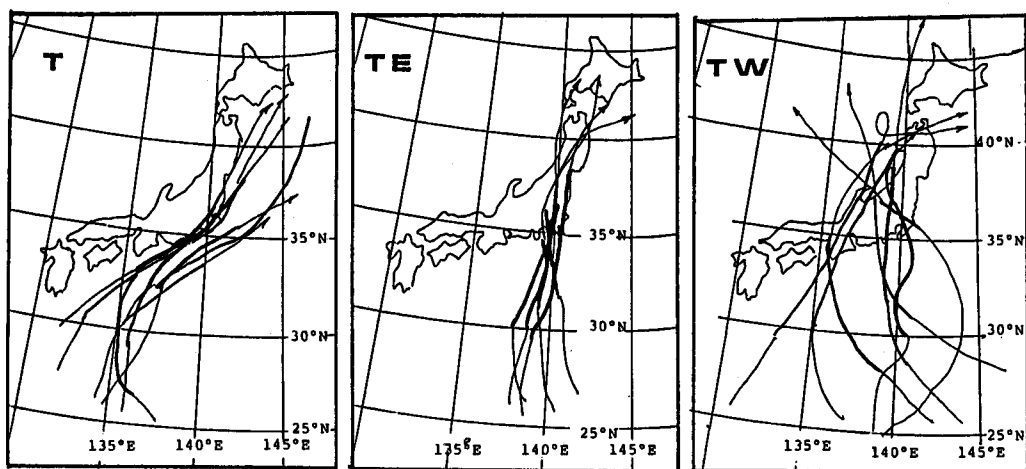


FIG.3-Typhoon tracks patterns.

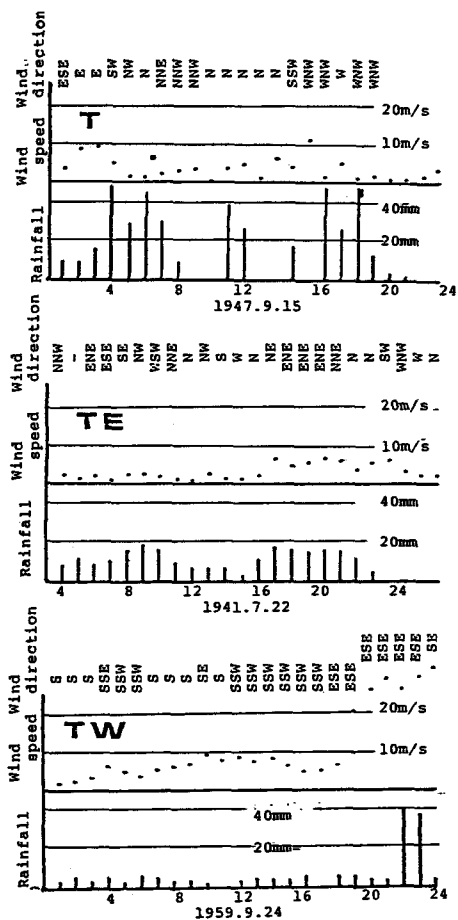


FIG.4-Hourly wind direction, wind speed and rainfall.

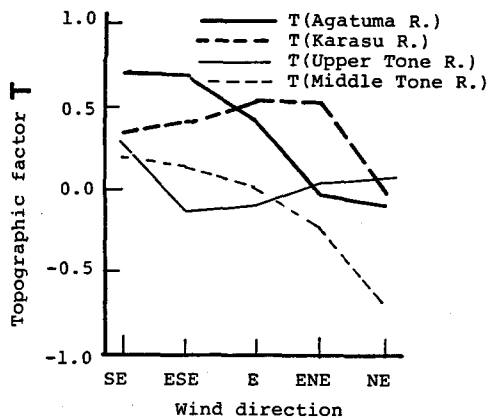


FIG.-6 Topographic factor for each wind direction.

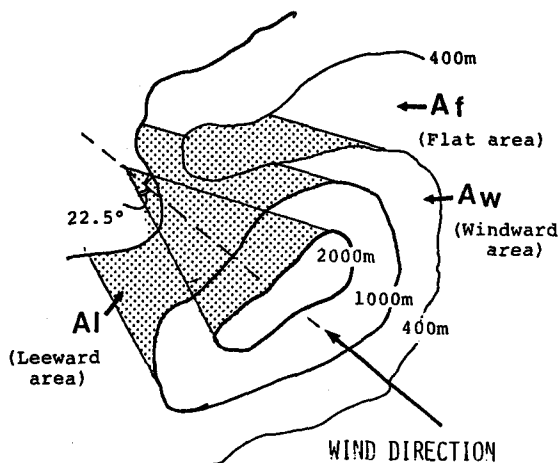


FIG.-5 Windward and Leeward area.

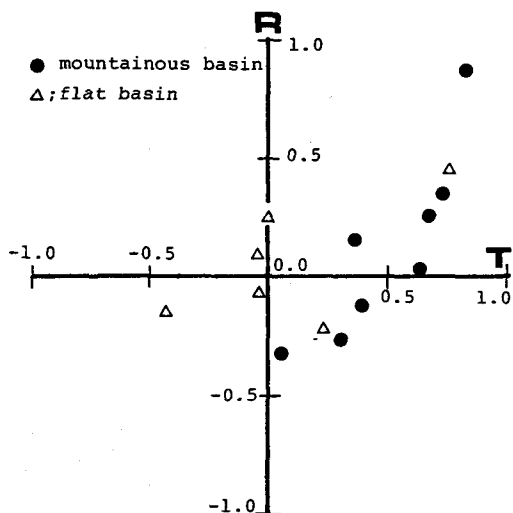


FIG.7-Relation between Rainfall index(R) and topographic factor(T).