Ⅱ-13　筑後川流域内の降雨の推計的性格（雨の降り方と雨量の地域分布性）

九州大学工学部　水工土木学教室

篠　原　謹　爾

○池　田　　茂

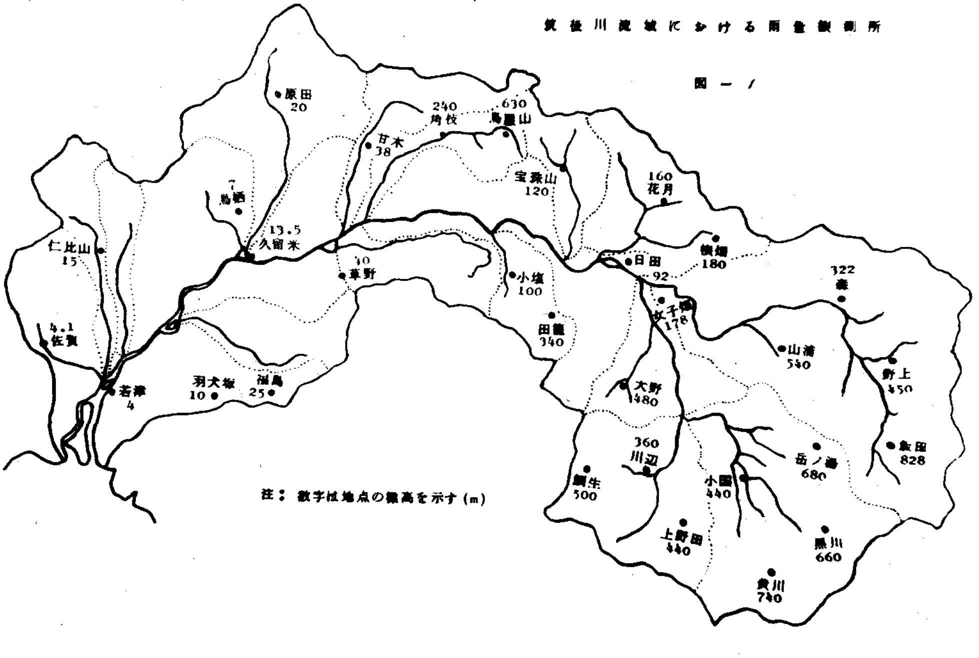
１．　筑後川流域の概要　　　筑後川は既によく知られているように，その最上流端は熊本県阿蘇郡南小國村に発し，北は朝倉郡，背振山系に，南は阿蘇外輪山及び耳納連山に囲まれて東西に流れ有明海に注いでいる。流域面積2858.9 Km²，流路延長約143 Kmの川で一名筑紫二郎と云われている。尚昭和40年3月新河川法により，大山川水系杖立川上流の阿蘇郡南小国村万願寺より筑後川と呼称されるようになったが，われわれは取扱い上従来から云われているように筑後川下流本川並びに支川，上流域を大山川水系杖立川及び津江川と，玖珠川水系と云うように呼ぶことにする。全面積2858.9 Km²の内，山地面積約2113 Km²（74%），平地面積約747 Km²（26%）となっている。大分県日田市大字夜明の狭窄地点より上流は日田を中心とする日田盆地，森を中心とする玖珠盆地を囲んで山地部を形成し，下流域は筑後，佐賀の穀倉平野地帯で稲作付面積は田地82.5%，畑地17.5%の676.7 Km²にも達している。河口より日田迄は大小の支川が羽根状に流入しているが，日田より上流は大山川水系と玖珠川水系が平行状となり，大山川流域面積は約585 Km²，玖珠川流域面積では約540 Km²とほぼ等しく，日田で合流している。

２．　雨量の資料について

(1)　　筑後川流域の雨量観測所の状況　　　筑後川全流域の雨量観測所として時間雨量，日雨量（但し不定期分は除く）の計測を実施しているのは，われわれの調査によると観測開始期の新しいものを含めて約113ヶ所あって，その所管も，建設省，気象庁，農林省，福岡，佐賀，大分，熊本の各県，国鉄，九電等があり，最近は水資源開発公団（現在では不定期観測が多いようである）にも設備されている。設置場所は，小学校，

筑後川流域における雨量観測所

図－1



注：数字は地点の標高を示す(m)

中学校,建設省各事務所,気象台観測所,郵便局,警察官駐在所,民家等あるが,緯度,経度,標高が明示してある所も最近ではかなりある。管理者即ち雨量計直接取扱者が各所管官公庁の係官である時は,その計測資料は充分に信頼しうるものと思われるが,民間委託もかなりあって,不時の計器器具の損傷や,取扱いの不備が予想されるので,このような場合の雨の資料には注意する必要がある。

(2)　使用した降雨資料の範囲及びその観測所について　　使用した資料は建設省及び気象庁のものを主とし,欠測地点を除いて,日田を境として下流域に15地点,上流域大山川水系に7地点,玖珠川地域に4点,計26地点とした。図-1に示すように日田より下流域では支川隈の上川の上流田竜観測所の標高は340m,佐田川上流角枝は240mで割合に高い標高を示しているが,その他は日田が92mで,大体それより以下の高さとなっている。日田より上流域では,玖珠川水系の横畑が180m,玖珠盆地の中心森が322で飯田の828mが最も高い標高である。大山川水系津江川の上流川辺は360m,杖立川の上流小国が440mで更に上流の黒川地点が660mの高さとなっていて,所謂山地部の形状を形成している。用いた雨の資料の期間は昭和32年より41年までの10年間の分で,いわゆる洪水流出を生じるような大きな雨をとりあげた。降雨期間により,(1) 梅雨性の雨（6～7月）,(2) 台風性の雨（8～10月）,(3) 一般の雨（(1),(2)以外の期間の雨）と区別し,小国を基準として梅雨性,台風性の雨は日雨量100m/m以上を選び,一般の雨については85m/m以上をとることにした。雨の量は,最大日雨量をはさんで前後日の3日雨量,連続雨量の各年の最大値を降雨の量の検討に,時間関係の検討については時間雨量の自記資料を用いた。雨の観測は9～9時となっているので9時前後に大きい時間雨量が集中した時,雨の性格や継続時間の長短を考へて日雨量でなくて3日雨量をとることにしたのである。

3.　全流域内の降雨量のばらつきについて　　一般にある地域における雨の量が他の地域に比較して多いと思われる地域では降雨強度が大きく,山地部と平地部では降雨の状態が本質的に異るものであって,山地では強い雨が降り時間も長く,平地に於ては雨も少ないが降る時間も短かいと云われている。

故に先ず筑後川全流域内で雨の降り方が一様であるかどうかと云うことを調べてみる。検定方法としては推計学的に少しでも合理的ならしむる為に各地点間及び各期間の平均に対する二元配置分散分析によることにした。

検定規準値としてはR. A. FisherのF−値を用いた。　即ち　$F = variance\ ratio = \frac{u^2}{v^2} = \frac{\text{標本平均間の平均平方}}{\text{個体の平均平方}}$

故に今　観測地点の数 $= m$ ∴ 自由度 $= (m-1) = n_1$,　降雨期間の数 $= k$ ∴ 自由度 $= (k-1)$,　$n_2 = (m-1)(k-1)$

$(F^{n_1}_{n_2})_0$ = 観測値により計算されたF−値,　$F^{n_1}_{n_2}(\alpha)$ = FisherのF−値で α = 信頼度　とすると,

$(F^{n_1}_{n_2})_0^{**} > F^{n_1}_{n_2}(\alpha = 0.99)$　　この時は各降雨の資料は推計的に分散が同一の母集団からの資料であると云う仮説を棄却する。即ち雨の降り方には,ちらばりがあり信頼度は99%。

$(F^{n_1}_{n_2})_0^{*} > F^{n_1}_{n_2}(\alpha = 0.95)$　　やはり雨の降り方は,ばらつきがあってその信頼度は95%である。

(1)　流域を3地区に,雨の種類も4種に分類したときの検討　　雨の取扱い方の区分は,綜合的な性格を知る為に前にも述べたように小国を基準として各年の最大連続雨量と,他地点のこれに対應する連続雨量を資料としたが,全地点とも,この値が昭和32～昭和41迄の10年間で各年の最大連続雨量を示している。つまり降雨の量の検討は各年の最大連続雨量,梅雨性,台風性,一般の雨の4種の降雨についてした。時間関係の検討については,自記資料不備の為13ヶ所の地点についておこなった。

次に観測所を下記のように3地区に分割した。　　i) 下流域：7地点　<u>原田</u>　鳥栖　<u>佐賀</u>　<u>久留米</u>　福島　朝犬塚　仁比山　　ii) 中流域：8地点　日田　<u>横畑</u>　<u>花月</u>　<u>宝珠山</u>　<u>鳥屋山</u>

角枝 小塩 草野　　iii) 上流域：日田より上流全域2後 小国 黒川 岳の湯 上野田 川辺
鯛生 大野 飯田 野上 森 山浦　　under line の地点は自記資料により時間関係の検定に用いた。

(2)　全流域内で雨の降り方のばらつきについての検定結果

第1表　二元配置分散分析による雨の降り方のばらつきの検定結果

	各年の最大連続雨量	梅雨性の雨	台風性の雨	一般の雨	降雨の継続時間
i) 下流域	$1.35<2.27\ (\alpha=0.95)$	$3.06^{*}>2.23\ (\alpha=0.95)$	$3.13^{*}>2.51\ (\alpha=0.95)$	$2.86^{*}>2.42\ (\alpha=0.95)$	――――
ii) 中流域	$3.71^{*}>2.64\ (\ =0.95)$	$0.45<2.37\ (\ =0.95)$	$0.82<2.71\ (\ =0.95)$	$1.15<2.61\ (\ =0.95)$	――――
iii) 上流域	$16.87^{**}>2.64\ (\ =0.99)$	$6.37^{**}>2.49\ (\ =0.99)$	$1.41<2.08\ (\ =0.95)$	$5.86^{**}>2.83\ (\ =0.99)$	――――
全流域	$9.70^{**}>1.99\ (\ =0.99)$	――――	――――	――――	$3.26^{**}>2.94\ (\alpha=0.99)$

第1表に検定結果を示しているが，これから推計的に判定できることは次の通りである。　(1). 雨の降り方は各年の最大連続雨量，季節的に分類した雨量共に流域内では一様な降り方をしていないで，ばらつきがあると云ふことができる。　(2). 継続時間についても山地部と平地部で雨の降り続く時間が違う。　(3). 但し以上は定量的にその相違値を示しているものではない。

4. 雨の降り方の性格について　　筑後川の流域で雨が一様な降り方をしていないことが知られたので次にどのような降り方をするものかを調べてみた。雨の降り方といってもいろいろの性格が考えられるが，その一つとして先に分類，分割した資料について，山地では雨は多いが時間も長く，平地部では雨も少なく時間も短いと云われる特性を対象としてみる。

(1)　検定方法について　　この検定手法として母集団についての平均値とか分散等の数値を使わない，所謂 non-parametric な方法として，順位の相関性（Rank correlation）と云うものを考える。
例えば筑後川流域に於いて河口附近より次第に観測地点を上流域山地部に遡るに従って，降雨の量，継続時間，雨の終始時刻がどのように変化してゆくかを判定しようとするものである。検定数値は順位相関係数（Rank correlation coefficient）をもとめて t－値による検定を行なう。t－値とは W.S. Gosset による t－分布の値である。r_s（相関係数）の計算法は C.Spearman が提唱した Spearman－法と，M.G. Kendall が発表した Kendall－法との2つあるが，ここでは C.Spearman の順位相関係数についておこなう。r_s で検定する時，唯単なる順位と云う non-parametric な数値で計算をするので，計算が簡単であるにもかかわらず，検定効率は約91％であり，異常 data を含む場合もその影響はあまり受けないと云われている。尚 Spearman の順位相関係数 r_s は，順位 x_i，y_i を計量値と考えて計算した普通の相関係数と同じである。計算手順は河口附近の平地部より上流域に，又河川沿いより山地部に向かうに従って観測地点に $x_i=1,2,3,\cdots$ と順位をつけ，この観測所の雨量，或は時間関係の数値の小さいものより大きいものに順位をつけて $y_i=1,2,\cdots$ とし，n を資料数としてそれぞれ対応させると，

$$r_s=1-\frac{6\sum_{i=1}^{n}(x_i-y_i)^2}{n(n^2-1)}$$

尚観測地点 x に甲乙つけがたく，y の値に同じ数値がある場合は，

$$r_s=\frac{n(n^2-1)-\frac{\sum T_x+\sum T_y}{2}-6\sum(x-y)^2}{\sqrt{\{n(n^2-1)-\sum T_x\}\{n(n^2-1)-\sum T_y\}}},$$

ここに　T_x，T_y = x，y の同順位に対する処理　η = 同順位の個数とすると，$T=\eta(\eta^2-1)$

(2)　順位と地域の分割について　　南北に巾をもち東西に広がる筑後川全流域に点在している雨量観測所に河口附近平地部から上流，山地部に向って各地点毎に順位をつけることは，困難であるので，検討の対象が河口附近から次第に離れ上流，山地部に向うに従って雨の降り方がどう変るかと云うことであるから，この点を考えて同一の順をもつであろうと思われる地域に分割した。この時の順位はその地域に含まれる地点番号の mid-value とする。下記にこれを示す。　i) 下流域で本川に近い平地部3地点　鳥栖 久留米 佐賀

番号1～3 ∴ $x_i=2$　　ii) 下流域で本川より離れた地点又は山地部4地点　仁比山　福島　荆大塚　梨田　番号4～7 ∴ $x_i=5.5$　　iii) 中流域日田附近3地点　日田　横畑　花月　番号8～10 ∴ $x_i=9$
iv) 中流域の山地部又は本川より離れた4地点　宝珠山　角枝　小塩　草野　番号11～14 ∴ $x_i=12.5$
v) 玖珠川の中流及び大山川の支川赤石川流域3地点　大野　森　山浦　番号15～17 ∴ $x_i=16$
vi) 玖珠川の最上流域2地点　野上　飯田　番号18～19 ∴ $x_i=18.5$　　vii) 杖立川，津江川の最上流域を支配する6地点　小国　黒川　上野田　川辺　鯛生　岳の湯　番号20～25 ∴ $x_i=22.5$　under-line の地点は時間関係の検定に用いたもの。以上の x_i とこれに対する y_i より r_s がきまると，$n>10$ の時は，

$t_0=r_s\sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}}$　を計算し，t-分布の値：$t(\phi=n-2,\alpha)$，[ϕ=自由度，α=信頼度] と比較して，

$t_0^{**\ or\ *}>t(\phi,\alpha=0.99\ or\ 0.95)$ に依って信頼度99%で，或は95%で相関がある即ち順位があるとする。尚 $n\leqq10$ の時は t-値よりも M.G. Kendall が発表している $\Sigma d_i^2=\Sigma(x_i-y_i)^2$ による検定の為の規準値 $\frac{1}{6}n(n^2-1)\left(1-\frac{K_\alpha}{\sqrt{n-1}}\right)-1=\xi_\alpha$ を用いた方が検定効率が高いと云われている。ここに K_α は信頼度 α に対する定数で $K_{\alpha=0.95}=1.645$，$K_{\alpha=0.99}=2.33$，故に資料の数が少なく10以下の時は，

$\Sigma d_i^2<\xi_{\alpha=0.95\ or\ 0.99}$ であれば 95%或は99%の信頼度で順位の相関があると判定する。

(3) 検定の結果

第2表　順位相関による雨の降り方の検定結果

	各年の最大連続雨量	梅雨性の雨	台風性の雨	一般の雨	降雨の継続時間	雨の降り始めの時刻	雨の降り終りの時刻
信頼度99%で順位の相関がある	7	9	5	4	3	4	6
〃 95%で 〃 〃	1	1	0	0	10	11	5
順位相関がない	2	3	0	2	5	3	7
検定した雨の数	10	13	5	6	18	18	18

検定の結果を第2表に示す。これより次のようなことが知られる。

(1) 各年の最大連続雨量，梅雨性の3日雨量，台風性の3日雨量，一般の雨の3日雨量はいずれも95～99%の信頼度で，河口附近下流域の平地部より上流域の山地部に向うにつれて多くなってゆき，降る雨の継続時間も長くなる。

(2) 雨の降り始めの時刻については上流域,山地部の方が下流域,平地部より早く降り始め，又降り終りの時刻については逆に平地部の方が早く降り止む。

(3) 以上によって筑後川に於いては,上流域，山地部は河口附近の下流域，平地部に比て降る雨も多いが，早くから降り始めて,おそく降り止み，継続時間が長く，平地では雨も少ないが継続時間も短いと云う推計的特性が得られた。

5. むすび

以上求めた筑後川流域内の降雨の推計的性格は,すべて定性的に求められたものである。大山川水系の小国と日田では経験的に小国の方が日田よりも1.5時間位雨が早く降り始め，2.5時間位おそく降り止み，平均一降雨に4時間位長く降るなどと云われているが，このような問題も定量的に推計的方法で処理する必要があり，降雨の特性にも検討すべきことが数多くあるものと考える。

本研究は，文部省科学研究費の援助を受けたことを附記する。