



日本における降雨強度の累積時間統計（東海，近畿，四国，中国，九州地方）

石田， 広史

(Citation)

神戸商船大学紀要． 第二類， 航海・機関・原子動力・理学篇, 25:1-5

(Issue Date)

1977-07

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81004302>



日本における降雨強度の累積時間統計

(東海, 近畿, 四国, 中国, 九州地方)

Cumulative Time Statistics of Rainfall Rates in Japan (Tokai, Kinki, Shikoku, Chugoku, Kyushu Area)

石 田 広 史

Hiroshi ISHIDA

(昭和52年4月11日受理)

Abstract

To design and form effectively the radio communication network of super high frequency (SHF), it is necessary for system engineers to estimate and predict the time during which SHF wave energy is absorbed and scattered by rainfall, that is, the cumulative time statistics of rainfall rates. This paper reports the results estimated by the statistics of 5-minute averaging rainfall rates at 10 points of 5 areas, mainly in the west Japan.

Although it is very hard to deal with precipitation data of 5-minute average for a long time and over a wide area, it is able to estimate good the cumulative time statistics of 5-minute averaging rainfall rates from that statistics of 1-hour precipitation data which are routinely reported by the weather service officials. The model and procedure reported here can estimate the time during which 5-minute averaging rainfall rates exceed a given value except the rainfall rates in excess of 90mm/hr.

(Received April 11, 1977)

1. はじめに

最近一般情報量の増大に伴い通信技術においてマイクロ波, ミリ波が使用されており, 海上においてもブイ等により通信網を構成し陸上の回線不足を補おうとする計画がある。又, 狭水道においても航行安全上マイクロ波, ミリ波レーダー等による航行管制システムの考察がなされている。

これらマイクロ波, ミリ波は気象現象, 特に降雨による散乱, 吸収の影響を受けて通信網の設置計画に大きな要因となり, 降雨によって生じる電波の散乱, 吸収の影響時間を推定する上で降雨強度の累積時間統計が必要となる。降雨量そのものについては気候学的立場から考察されたものや, 防災上問題となる極値等多くの調査研究がなされているが降雨強度の累積時間統計⁽¹⁾についての考察, 調査はRICEとHOLMBERG⁽¹⁾によってなされたものの他はあまり見受けられない。RICEらは世界的な規模で統計上の概算を行なっているがその方法に検討の必

要があり, 又日本における統計値についても再調査する必要がある。

本報告では通常業務として行なわれている気象観測資料からある降雨強度以上の雨が降った年間総降雨時間, すなわち累積時間を得るための推定方法を示し, 日本の5地域, 主として西日本の10ヶ所の統計結果を示す。

2. 資料収集

雨と雪とでは電波の散乱, 吸収は大きく異なるため降雪地域では雨と雪を別個に取扱う必要がある。よって本報告では降雨地域のみを取り扱った。集計地域は表1に示すように5地域, 主として西日本の10ヶ所の地点である。しかし山陰地方は日本の降雪地域の一つであるが資料収集地点の一つである境では昭和45年1月から昭和48年12月の集計期間に降雪として取扱う程のものはなかったので降雨地域のデーターとして集計した。

降雨強度は各地の气象台, 測候所等の自記雨量計自記

表1 集計地、期間、データ総数

地域	集計地	集計期間(昭和)	データ総数
東海	横 浜	44年1月～47年12月	9,986
	静 岡	45年1月～48年12月	3,626
近畿	名古屋	44年1月～46年12月	6,367
	神 戸	48年1月～48年12月	6,962
中国	広 島	45年1月～47年12月	9,585
	境	45年1月～48年12月	11,626
	下 関	45年1月～48年12月	10,865
四国	高 知	45年1月～48年12月	12,858
	宇和島	45年1月～46年12月	8,329
九州	鹿児島	45年1月～48年12月	12,196

紙を拡大して読み取った。
読み取り間隔は1分間単位
ぐらいが良いのではないかとされているが、読み取り精度の問題や統計結果からみて最小5分間単位で読み取り、又降雨強度2mm/hr以上の雨についてのみ集計を行なった。1つの5分間単位の記録を1単位とした総データ数と集計期間を同じく表1に示す。

3. 統計モデル

降雨強度の累積時間統計を求める上で降雨そのものを大まかに対流積雲等による驟雨性の雨と、そうでない比較的弱い持続性の雨とに類別し、それぞれの年間降雨量を M_1 、 M_2 とする。以下驟雨性のものを M_1 モード、そうでないものを M_2 モードとする。

$$M = M_1 + M_2 \dots \dots (1)$$

ただし M は年間総降雨量。

そこで地域性及び地形影響を表わす係数として、

$$\beta = \frac{M_1}{M} \dots \dots \dots (2)$$

とおく。

R (mm/hr)以上の降雨強度のあった累積時間 $T(R)$ は次のように表わされる。

$$T(R) = T_1 \cdot q_1(R) + T_2 \cdot q_2(R) \dots \dots \dots (3)$$

T_1 、 T_2 はそれぞれ M_1 モード、 M_2 モードの総降雨時間。 $q_1(R)$ 、 $q_2(R)$ もそれぞれ M_1 モード、 M_2 モードの降雨時間の累積分布関数。

M_1 モードと M_2 モードの平均降雨強度は、

$$\bar{R}_1 = \frac{M_1}{T_1} \quad \bar{R}_2 = \frac{M_2}{T_2} \dots \dots \dots (4)$$

となる。

$q_1(R)$ と $q_2(R)$ の累積分布関数は、

$$\left. \begin{aligned} q_1(R) &= \exp(-R/\bar{R}_1) \\ q_2(R) &= 0.35 \exp(-a \cdot R/\bar{R}_1) + 0.65 \exp(-b \cdot R/\bar{R}_2) \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

と表わされるとする。ただし a 、 b は定数。

(1)、(2)、(4)、(5)式を(3)式に代入すると、

$$T(R) = M \left[\frac{\beta}{\bar{R}_1} \exp(-R/\bar{R}_1) + \frac{1-\beta}{\bar{R}_2} \left\{ 0.35 \exp(-a \cdot R/\bar{R}_1) \right. \right.$$

$$\left. \left. + 0.65 \exp(-b \cdot R/\bar{R}_2) \right\} \right] \dots \dots \dots (6)$$

となり、(6)式でもって降雨強度の累積時間統計を近似しようとするものである。以下本報告ではマイクロ波ミリ波等に大きく影響を及ぼす M_1 モードについてのみ考察し、 M_2 モードについては特に考察を加えない。

RICEらは $\bar{R}_1 = 33,333$ 、 $\bar{R}_2 = 1,755$ であって各地域、各地点で変化しないとして係数 β を求めている。しかしながら降雨強度を定量解析的に考察した礪原らに⁽²⁾によれば、降雨強度 $R(x, y, t)$ は平坦地で何ら地形影響を受けない場合の仮想的な降雨強度 $f(x, y, t)$ と地形影響のamplification factor, $k(x, y)$ との積、

$$R(x, y, t) = k(x, y) \cdot f(x, y, t) \dots \dots \dots (7)$$

と表わされると仮定している。ここで $f(x, y, t)$ を M_1 モードの $f_1(x, y, t)$ とすると、(7)式より

$$R_1(x, y, t) = k(x, y) \cdot f_1(x, y, t)$$

となり、両辺を1年間にわたって積分すると、

$$M_1 = \int_0^{1 \text{ year}} R_1(x, y, t) dt = k(x, y) \int_0^{1 \text{ year}} f_1(x, y, t) dt \dots (8)$$

(4)、(8)式より

$$\bar{R}_1 = \frac{M_1}{T_1} = \frac{k(x, y) \int_0^{1 \text{ year}} f_1(x, y, t) dt}{T_1} \dots \dots \dots (9)$$

となり、 $\bar{R}_1$ は x, y, T_1 の関数として表わされ必ずしも不変ではない。よって $\bar{R}_1$ は固定して処理するよりも通常業務として行なわれている気象観測から何らかの関係を見出し、それらから短い時間単位、ここでは5分間単位の累積時間を推定する方がより適切であると考えられる。

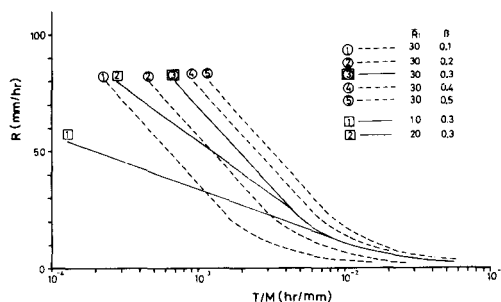
4. 統計結果と考察

(6)式の両辺を M で割り、

$$T/M = \frac{\beta}{\bar{R}_i} \exp(-R/\bar{R}_i) + \frac{1-\beta}{\bar{R}_i} \left\{ 0.35 \exp(-a \cdot R/\bar{R}_i) + 0.65 \exp(-b \cdot R/\bar{R}_i) \right\} \dots\dots\dots (10)$$

とする。(10)式の左辺 T/M を対数目盛で横軸に、降雨強度 R を縦軸にとり、例として $\bar{R}_i$ を $30(\text{mm/hr})$ と固定させて β を $0.1 \sim 0.5$ と変化させ、又 β を 0.3 と固定させて $\bar{R}_i$ を $10 \sim 30(\text{mm/hr})$ と変化させたのが図1である。図から判るように β が大きくなると全体に右に移動し、 $\bar{R}_i$ が大きくなると傾きが大きくなることが判る。このように地域的、気候学的に特徴のある β 、 $\bar{R}_i$ 、 M 等によって降雨強度 R 以上の雨が降る総降雨時間、すなわち累積時間 $T(R)$ が推定される。

各地の統計結果を $\bar{R}_i$ が $16(\text{mm/hr})$ 以上と未満とに分けてそれぞれ図2、3に示す。高知で $\beta=0.39$ 、 $\bar{R}_i=21.7(\text{mm/hr})$ 、鹿児島で $\beta=0.47$ 、 $\bar{R}_i=15.3(\text{mm/hr})$ という値を得た。この結果から南四国の雨は南九州に比べて総降雨量に対する M_i モードの降雨量の割合が小さいが、驟雨性は強いと言える。下関、広島、神戸ではほぼ β は 0.3 、 $\bar{R}_i$ は $16 \sim 18(\text{mm/hr})$ という値をとり、同一驟雨特性地域とみなせ、これらの値をもって瀬戸内海の他の地点もほ

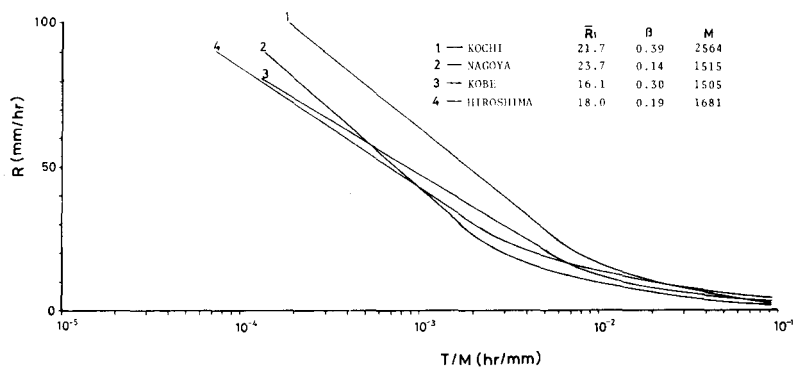


○印の破線グラフは $\bar{R}_i=30$ と一定にして β を変化させた場合。

□印の実線グラフは $\beta=0.3$ と一定にして $\bar{R}_i$ を変化させた場合。

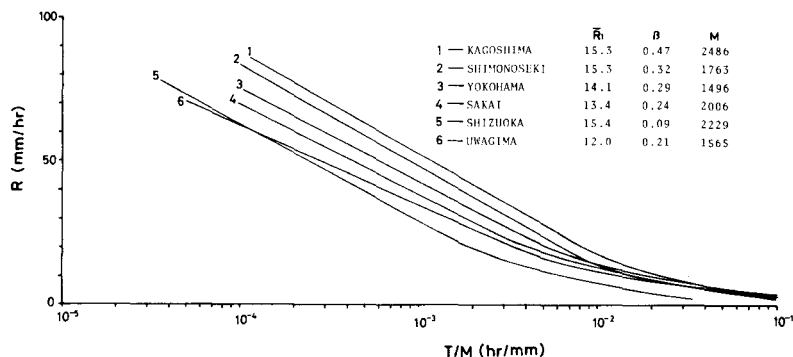
ただし③は $\bar{R}_i=30$ 、 $\beta=0.3$ と両方の場合を兼ね、実線で示す。 $\bar{R}_i$ は驟雨性の雨の平均降雨強度。 β は年間総降雨量 M に対する驟雨性の雨の年間降雨量 M_i の割合で $\beta=M_i/M$ 。 R は降雨強度で、 T は累積時間を表わす。以下の図で M は集計期間内での平均値を示す。

図1 降雨強度の累積時間統計の変化例



高知、名古屋、神戸、広島における統計結果。 $\bar{R}_i$ 、 β 、 R 、 T 、 M は図1参照。

図2 降雨強度の累積時間統計結果



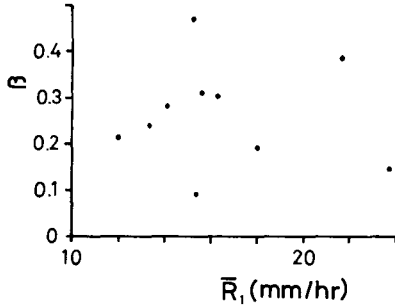
鹿児島、下関、横浜、境、静岡、宇和島での統計結果。 $\bar{R}_i$ 、 β 、 R 、 T 、 M は図1参照。

図3 降雨強度の累積時間統計結果

ぼ推定しうるのであろう。狭水道に注目すると明石、関門海峡とも $\beta \div 0.3$ 、 $\bar{R}_i \div 16(\text{mm/hr})$ で、又浦賀水道は $\beta \div 0.3$ 、 $\bar{R}_i=14(\text{mm/hr})$ で推定しうると考えられる。

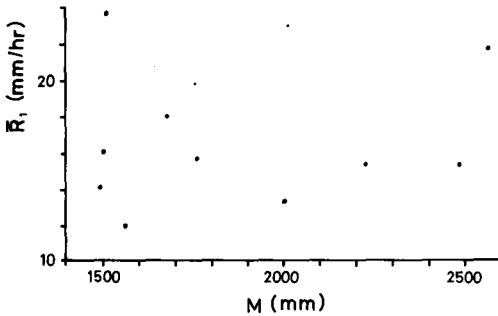
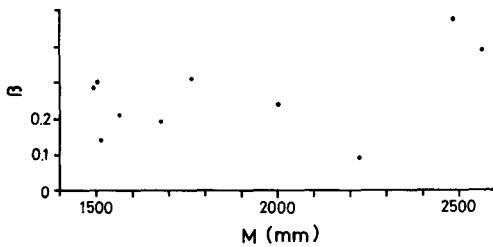
図4に $\bar{R}_i$ と β 、図5に $\bar{R}_i$ と M 、 β と M の関係を示してあるがこれらの間により相関関係はみられず、又日本各地での降雨日数と年間総降雨量との関係も図6に示すようにバラツキが大きく、これら降雨日数や年間総降雨量からその他の β や $\bar{R}_i$ との関係は見出せない。

RICE らが推定した統計概算と比較すると、鹿児島で $\beta=0.3$ となっているが図7に示すように集計資料から得られた統計では $\bar{R}_i=15.3(\text{mm/hr})$ 、 $\beta=0.47$ となりかなり大きな差がみられる。ただし注意しなければいけないのは図2、3で与えられた累積時間統計のグラフは R が



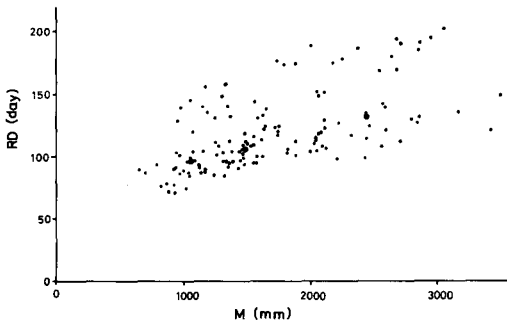
$\bar{R}_1, \beta$ については図1参照

図4 $\bar{R}_1$ と β の関係



$\bar{R}_1, \beta, M$ は図1参照

図5 $\bar{R}_1$ と M, β と M の関係

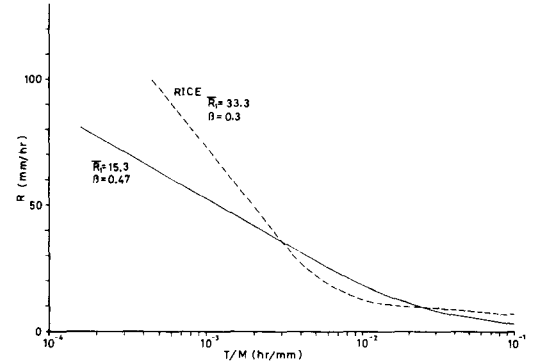


RDは降雨日数でMは年間総降雨量を示す。
期間は昭和44年から48年まで。

図6 日本各地の降雨日数と年間総降雨量

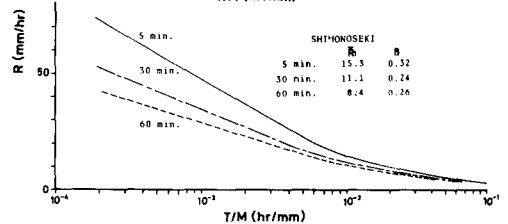
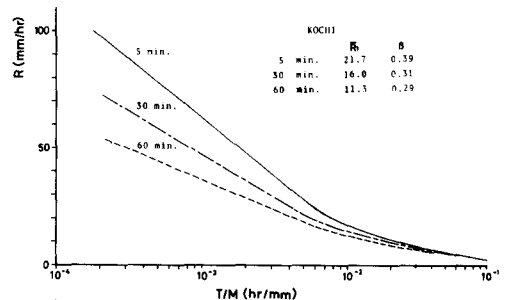
約20 (mm/hr) から80 (mm/hr) までの間では非常によく直線で近似できるが、90 (mm/hr) 以上の強雨の場合は集計期間内で1～2回ぐらいいしかなく、近似直線からのパラツキが大きくなり、このグラフからは累積時間は推定できない。降雨強度がこのような90 (mm/hr) を越すような場合は別の方法で推定する必要がある。

図8に読み取り間隔を変えた場合の例を示す。このように1時間間隔、30分間隔、5分間隔と読み取り間隔を狭めて行くとグラフの傾斜は大きくなる。5分間隔の累積時間統計を長期間、広範囲にわたり調査する場合、



RICEらのものは破線で示されており $\bar{R}_1=33.3, \beta=0.3$ 。
集計資料から得られたものは実線で示されており $\bar{R}_1=15.3, \beta=0.47$ 。 $\bar{R}_1, \beta, R, T, M$ は図1参照

図7 鹿児島でのRICEと集計資料との比較



破線は1時間間隔で、一点鎖線は30分間隔で、実線は5分間隔で降雨量を読み取り集計した場合。

$\bar{R}_1, \beta, R, T, M$ は図1参照

図8 読み取り間隔を変えた場合の統計結果

個々のデーターを5分間単位で集計することは非常に時間と労力を要し实际的でない。よって比較的集計上簡単な通常業務の毎時観測の降雨量から得られた累積時間統計をもとに5分間単位のもを推定する。この場合、毎時観測の降雨量の累積時間統計から得られる $\bar{R}_t$ と β をそれぞれ1.8~2倍、1.2~1.3倍することによってほぼ5分間単位の統計を推測できる。

山間部での M_1 モードの雨の動向は合田、⁽³⁾その他非常に多くの調査研究がなされており、同じ降雨特性地域内の山間部では平坦部のほぼ1.5~2倍の降雨量であると報告されている。これら多くの研究の中で山間部と平坦部の降雨量を定量解析的に取り扱った二宮⁽⁶⁾によると、地形影響によるamplification factor, $k(x, y)$ は M_1 モードと M_2 モードの雨に一樣に増巾作用を及ぼすのではなく、 M_1 モードに対してよりも M_2 モードに対する方が増巾作用は大きいとされている。すなわち、

$$\beta' = \frac{M_1'}{M'} = \frac{1.5M_1}{1.5M_1 + \alpha M_2} \leq \beta = \frac{M_1}{M} \dots \dots \dots (11)$$

($\alpha \geq 1.5$)

$$\bar{R}_t' = \frac{M_1'}{T_1'} = \frac{1.5M_1}{T_1'} \dots \dots \dots (12)$$

となる。ただし(′)をつけたものは山間部での各 β , M , M_1 , $\bar{R}_t$, T_1 の値を示す。(11)式から β' については β とほぼ同じか、もしくは少し小さい値をとり、又 T_1 と T_1' はどのような関係にあるか判らないが両者の間にはそれほど極端な差はないと思われ、(12)式から $\bar{R}_t'$ は $\bar{R}_t$ より少し大きい値をとると予想される。しかし実際に山間部と平坦部との比較検討をしていないので断言はできない。

5. 結論

5分間隔で降雨量を集計した結果、ある降雨強度以上の雨の累積時間は地域性のある $\bar{R}_t$, β , M を近似式に代入することによって良い推定が得られることが判った。

広範囲にわたってこのような降雨強度の累積時間総計を求めようとする場合、毎時観測の降雨量資料から得られた累積時間統計をもとにそれから得た $\bar{R}_t$ と β をそれぞれ約2倍、約1.3倍することによってほぼ5分間単位の累積時間統計を推定できる。

山間部における統計は同じ降雨特性地域内にある平坦部で得た統計の $\bar{R}_t$ より少し大きい値、 β はほぼ同じか少し小さい値をとると予想されるが、実際に集計を行ない比較検討していないので今後の調査検討の問題として残る。降雪地域についても以上のように同様のことが言えるかどうか検討の必要がある。

謝 辞

本報告のデーター収集から作製に至るまで御助力、御指摘を頂いた神戸商船大学の井上篤次郎教授に感謝の意を表すると共に、データー収集、集計に御協力を頂いた神戸商船大学灘野健三、野崎伸夫両技官に感謝致します。データーを提供下さった各気象官庁の各位にここに心より深く感謝致します。

参考文献

- (1) RICE, P.L. and N.R. HOLMBERG : Cumulative Time Statistics of Surface Point Rainfall Rates, Trans. IEEE, Vol. COM-21, No. 10, (1973), PP. 1131—1136.
- (2) Sakakibara, H. and T. Takeda : Modification of Typhoon 7002 rainfall by orographic effect, J. Met. Soc. Japan, Ser. II, Vol. 51, No. 3 (1973), PP. 155—167.
- (3) 合田勲：四国南部の降雨の特性，気象研究ノート，16(1965)，ページ154—167.
- (4) 小花隆司：東海地方の強雨と地形，天気，Vol. 24, No. 1 (1977)，ページ37—43.
- (5) 松尾敬世：南四国において発生する暖域内のスコールライン，天気，Vol. 24, No. 2 (1977) ページ97—104.
- (6) 二宮洸三：大きなスケールでみた地形と豪雨，天気，Vol. 24, No. 1 (1977)，ページ27—37.