

降雨強度分布の対数正規分布, ガンマ分布および Moupfouma 分布近似

正員 入江 浩一†

Representation of Rain Rate Distributions by Lognormal, Gamma and Moupfouma Distribution
Koichi IRIE†, Member

† 岡山理科大学工学部電子工学科, 岡山市

College of Engineering, Okayama University of Science, Okayama-shi,
700 Japan

あらまし 日本の代表的な降雨強度特性の 19 都市の気象台の 1 分間降雨強度の 10 年間の観測データを分析し, 降雨強度分布を対数正規分布, ガンマ分布および Moupfouma 分布で近似したときの分布のパラメータとその適用範囲を求めた。

1. まえがき

周波数が 10 GHz を超える無線通信では降雨減衰が顕著となり, 回線設計には降雨減衰の時間率特性が必須のデータとなる。しかし降雨減衰のデータがそろっていることはまれで, よりひろく利用できる降雨強度のデータを用いて推定するのが普通である。この場合, 観測値のばらつきの大きい強い降雨強度の時間率の推定⁽¹⁾, 長い積分時間の降雨強度観測データから短い積分時間の特性の推定⁽²⁾, 降雨強度の確率分布から降雨減衰の確率分布の計算⁽³⁾, などの目的で, 観測された降雨強度の時間率分布の理論確率分布近似が行われている。

従来のこの分野の研究は降雨強度測定器からの制約により, 10 分あるいは 1 時間という長い積分時間の観測データをもとに積分時間 1 分の特性を推定している。本論文は代表的な降雨強度特性を示す日本の 19 都市の気象台での最近 10 年間の 1 分間降雨強度の観測データをもとに, 降雨強度時間率分布を対数正規分布, ガンマ分布および Moupfouma 分布⁽⁴⁾で近似したときの年間, 強雨期(7~9月), 最悪月の分布のパラメータを, その理論分布の適用できる範囲と共に示している。

2. 理論確率分布とそのパラメータの決定法

(1) 対数正規分布

確率密度関数は

$$p(R) = \frac{\log e}{\sqrt{2\pi}sR} \exp\left\{-\frac{(\log R - m)^2}{2s^2}\right\} \quad (1)$$

で与えられる。全時間の 1/10 の時間に降雨があるとして, 全時間の 1/10 の時間に対する確率をあらわす。R

は降雨強度 (mm/h), s は $\log R$ の標準偏差, m は $\log R$ の平均である。観測された降雨強度とその累積時間率を対数正規確率紙にプロットして, 最小 2 乗法で近似直線の式を求めることによりパラメータの値を決定できる。

(2) ガンマ分布

確率密度関数は

$$p(R) = \frac{\lambda^k}{\Gamma(k)} R^{k-1} \exp(-\lambda R) \quad (2)$$

で与えられる。 k は形状パラメータ, λ は尺度パラメータである。分布関数には Boithias の近似式⁽¹⁾

$$F(R) = \frac{k \exp(-\lambda R)}{0.68 + \lambda R + 0.28 \log(\lambda R)} \quad (3)$$

$k < 0.1, \lambda R > 0.03$

が使える。 k をパラメータとした λR 対 F を両対数目盛りで曲線群に描き, 同一スケールで観測データの R 対 F をプロットしたものをこれと重ね合わせるによりパラメータを決定できる。

(3) Moupfouma 分布

分布関数は

$$F(R) = \alpha \exp(-\beta R) R^{-\gamma} \quad (4)$$

で与えられる。この式の両辺の対数をとった形に最小

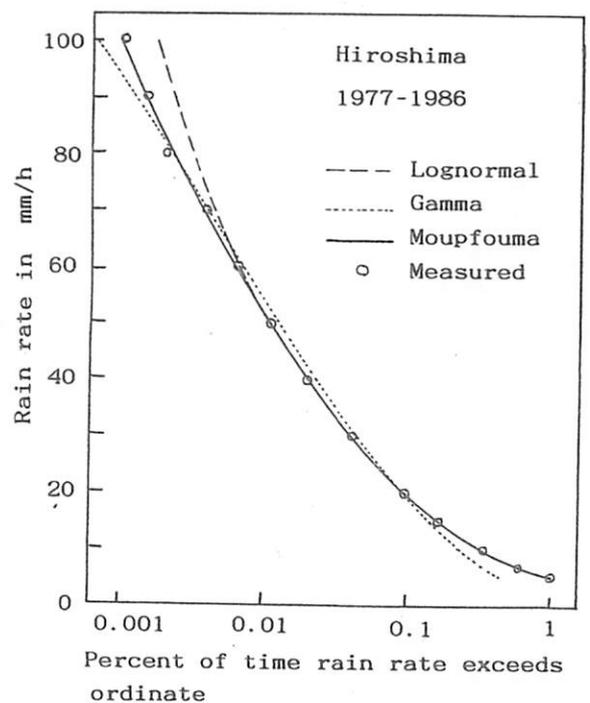


図1 1分間降雨強度の確率分布近似
Fig. 1 Representation of rain rate by probability distributions.

2 乗法を適用すればパラメータを決定できる。

3. 結 果

使用した気象台の観測データは昭和 52 年から 61 年のものであるが、東京は 57 年から、札幌、網走は 56 年からのものであり、東京以北では冬季のデータは使っていない。R の観測最大値は 100 mm/h、取り扱った最小値は 5 mm/h である。分布のパラメータを表 1 にま

とめ、図 1 には近似の精度の一例を示した。Moupfouma 分布で γ が 1.2 以上または 0.8 以下の場合には、文献(2)のように $\gamma=1$ として扱うと誤差が目立つことがわかった。

なお、表 1 の数値を使って計算すると、対数正規分布では確率の真値の 10 倍、ガンマ分布では確率の真値、Moupfouma 分布では確率の百分率が得られるも

表 1 各地における降雨強度分布の理論確率分布近似

(a) 対数正規分布

地 点	年 間			強 雨 期			最 悪 月		
	m	s	$R \leq$	m	s	$R \leq$	m	s	$R \leq$
網 走	-0.519	0.649	70	-0.174	0.614	70	-0.006	0.600	70
札 幌	-0.540	0.691	30	-0.110	0.640	30	0.177	0.615	30
函 館	-0.279	0.595	40	0.040	0.559	40	0.218	0.547	40
仙 台	-0.225	0.589	60	-0.050	0.608	50	0.179	0.581	50
福 島	-0.281	0.587	60	-0.107	0.606	50	0.168	0.558	60
富 山	-0.041	0.596	50	0.079	0.654	40	0.325	0.588	50
長 野	-0.141	0.636	100	0.080	0.625	100	0.355	0.579	100
浜 松	-0.003	0.695	20	0.037	0.833	20	0.608	0.519	30
静 岡	0.060	0.652	50	0.125	0.761	40	0.490	0.644	50
東 京	-0.326	0.664	50	-0.138	0.682	40	0.249	0.571	40
鳥 取	0.089	0.564	70	0.047	0.652	50	0.366	0.594	50
広 島	-0.024	0.563	60	-0.033	0.640	40	0.498	0.492	70
岡 山	-0.095	0.606	40	0.059	0.587	50	0.497	0.525	30
大 阪	-0.338	0.658	60	-0.442	0.775	50	0.101	0.637	70
福 岡	-0.115	0.678	50	-0.003	0.724	40	0.448	0.622	50
熊 本	-0.229	0.722	30	-0.266	0.859	30	0.518	0.570	40
鹿 児 島	-0.104	0.734	50	-0.303	0.960	40	0.292	0.759	40
高 松	-0.278	0.669	40	-0.249	0.805	30	0.320	0.566	50
高 知	0.024	0.709	50	0.130	0.783	50	0.532	0.650	50

(b) ガンマ分布

地 点	年 間			強 雨 期			最 悪 月		
	k	λ	$R \geq$	k	λ	$R \geq$	k	λ	$R \geq$
網 走	0.001	0.0441	15	0.0025	0.0408	15	0.003	0.0333	20
札 幌	0.0025	0.0588	10	0.008	0.0571	10	0.025	0.0613	10
函 館	0.0015	0.0472	20	0.005	0.0485	15	0.007	0.0392	15
仙 台	0.002	0.0465	15	0.005	0.0435	15	0.008	0.0385	15
福 島	0.0015	0.0481	15	0.005	0.0500	10	0.007	0.0417	15
富 山	0.005	0.0441	10	0.01	0.0392	10	0.014	0.0339	10
長 野	0.002	0.0286	20	0.004	0.0260	30	0.006	0.0225	30
浜 松	0.015	0.0556	7	0.03	0.0526	15	0.04	0.0469	5
静 岡	0.012	0.0435	7	0.025	0.0392	20	0.04	0.0364	30
東 京	0.003	0.0455	15	0.007	0.0435	10	0.009	0.0357	15
鳥 取	0.003	0.0342	30	0.007	0.0339	15	0.016	0.0330	10
広 島	0.004	0.0465	15	0.006	0.0400	15	0.017	0.0408	15
岡 山	0.007	0.0556	10	0.007	0.0444	15	0.03	0.0513	15
大 阪	0.002	0.0400	15	0.004	0.0366	10	0.008	0.0333	10
福 岡	0.007	0.0400	10	0.012	0.0377	7	0.02	0.0298	10
熊 本	0.007	0.0455	7	0.012	0.0392	15	0.03	0.0385	5
鹿 児 島	0.016	0.0444	30	0.03	0.0417	40	0.06	0.0417	40
高 松	0.004	0.0461	15	0.01	0.0435	5	0.012	0.0370	15
高 知	0.01	0.0328	7	0.017	0.0286	20	0.025	0.0253	5

(c) Moupfouma 分布 ($5 \leq R \leq 100$)

地点	年間			強雨期			最悪月		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
網走	2.68	0.0328	1.31	6.10	0.0325	1.20	10.9	0.0243	1.29
札幌	2.71	0.0502	1.09	5.99	0.0521	0.925	6.60	0.0654	0.560
函館	7.42	0.0301	1.55	13.8	0.0321	1.38	14.7	0.0322	1.16
仙台	6.07	0.0338	1.37	7.24	0.0360	1.08	11.4	0.0326	1.03
福島	5.81	0.0343	1.46	5.96	0.0423	1.06	10.1	0.0382	1.01
富山	7.83	0.0343	1.14	6.48	0.0412	0.722	12.9	0.0289	0.895
長野	8.58	0.0182	1.31	11.2	0.0190	1.13	18.8	0.0179	1.09
浜松	5.85	0.0569	0.639	4.56	0.0646	0.270	13.2	0.0512	0.543
静岡	4.44	0.0468	0.552	3.06	0.0522	0.127	5.44	0.0483	0.173
東京	3.44	0.0393	0.994	4.66	0.0398	0.808	16.2	0.0264	1.14
鳥取	12.7	0.0275	1.27	6.92	0.0308	0.862	12.4	0.0298	0.815
広島	10.8	0.0301	1.38	7.58	0.0344	1.00	24.6	0.0295	1.10
岡山	5.23	0.0498	0.942	8.01	0.0397	0.993	17.8	0.0473	0.826
大阪	4.01	0.0323	1.14	2.40	0.0365	0.709	9.59	0.0240	0.991
福岡	4.83	0.0358	0.821	4.38	0.0416	0.523	9.77	0.0326	0.574
熊本	3.27	0.0482	0.640	2.20	0.0505	0.244	9.66	0.0457	0.479
鹿児島	2.61	0.0497	0.348	1.44	0.0549	-0.065	3.61	0.0503	0.063
高松	4.24	0.0396	0.998	3.11	0.0520	0.461	12.1	0.0331	0.893
高知	5.11	0.0345	0.622	4.48	0.0349	0.359	12.1	0.0265	0.581

のである。

4. むすび

日本の代表的な降雨強度特性の19の都市について1分間降雨強度の10年間の実測データに基づく年間、強雨期、最悪月の降雨強度分布を対数正規分布、ガンマ分布、Moupfouma 分布で近似したときのパラメータの値と近似の成立範囲を求めた。1分間降雨強度の推定法の精度のチェックデータとしては19地点で十分と思われるが、必要に応じて気象台などの観測データが利用できる地点についてはこの手法でデータの分析を追加できる。

謝辞 本研究を進めるうえで御指導を頂いたセコム株式会社森田氏およびNTT無線システム研究所細矢氏に深謝します。

文 献

- (1) "Statistical Distributions in Radio-Wave Propagation", CCIR Rep. 1007(1986).
- (2) 細矢良雄: "日本各地の1分雨量分布の一推定法", 信学論(B), J71-B, 2, pp. 256-262(昭63-02).
- (3) 森田和夫: "衛星通信回線における伝搬特性の推定法(準ミリ〜ミリ波の場合)", 研実報, 28, 8, pp. 1661-1676(昭54-08).
- (4) F. Moupfouma: "Distribution statistique des intensités de pluie et des affaiblissements dus à la pluie en climat équatorial et tropical", Ann. Telecommun. 37, 3-4, pp. 123-128(1982-03).

(昭和63年6月24日受付, 8月12日再受付)