

衛星放送受信による 12 GHz 帯電波の降雨減衰の測定

入 江 浩 一

岡山理科大学工学部電子工学科

(1991年9月30日 受理)

1. ま え が き

周波数が10 GHz を超えると電波の降雨による減衰が顕著となり、無線通信回線の設計には降雨減衰時間率特性が必要となる。しかし、降雨減衰のデータがそろっている所はまれなので、通常より広く利用可能な降雨強度のデータから降雨減衰を推測することが行われている。このため多くの降雨減衰推定式が提案されてきている。一方、これらの推定式の推定精度の検証には、同一期間の地点降雨強度と降雨減衰の累積時間率分布の実測値が多く必要であり、CCIR (国際無線通信諮問委員会) でもこのデータバンクが整備されつつある。

降雨減衰の測定は一般に簡単ではないが、筆者は先に衛星放送受信による降雨減衰の簡単な測定法について報告した¹⁾。しかし、その時は降雨による熱雑音の増大を考慮していなかったため、減衰の大きいところで減衰を過小評価していた。今回の報告は、この降雨による雑音の増加を考慮に入れ、かつその後続けて測定して得た4年間のデータを整理したものである。

2. 測 定 方 法

降雨強度の測定には、(株)日本エレクトリックインスルメント製の N-81 T 形降雨強度計 (気象庁規格品) を用いている。これは水滴計数形1分間降雨強度計であり、水滴を光電的に検出して電流パルスとしてカウントするもので、カウンタは1分間で自動的にリセットされるものである。分解能は0.5mm/h、最大測定強度は100mm/h である。記録はチャートレコーダによるアナログ記録である。

降雨減衰の測定には市販の衛星放送受信装置を利用し、ブースタアンプの出力を HP 435 B マイクロ波電力計で測定する。電力計のレンジは 0 dBm に固定で、記録計出力はフルスケールに対しリニアである。このマイクロ波電力測定系は広帯域であり、バンドパスフィルタを用いてないので広帯域雑音の補正が必要となる。

広帯域雑音の補正

晴天時のメータ指示値を P_m 、信号電力を P_s 、雑音電力を P_n 、降雨時のそれぞれを P_m' 、 P_s' 、 P_n' であらわすと

$$P_m = P_s + P_n, \quad P_m' = P_s' + P_n' \quad (1)$$

である。降雨による信号の減衰 $\beta (\equiv P_s'/P_s)$ を式(1)より求めると

$$\beta = (P_m' - P_n') / (P_m - P_n) \quad (2)$$

であり、降雨減衰 β に相当するメータの指示値は式(2)より

$$P_m' = \beta(P_m - P_n) + P_n' \quad (3)$$

となる。ここで、 P_n は蝕による放送停止時のメータの指示値とすればよい。われわれの場合、これは 0 dBm フルスケールでのリニア目盛10.0に対しほぼ0.75であるが、4年間で0.60-0.90の変動範囲がある。これは後述するが、減衰が大きいところで大きな測定誤差の原因となる。

P_n' については、受信システム雑音温度が降雨減衰による雑音温度 ΔT

$$\Delta T = T_m(1 - \beta), \quad T_m = 1.12 T_o - 50 \quad (4)$$

だけ増大する²⁾。 T_m は電波の降雨層中の通路の平均温度、 T_o は地上温度(雨季の5~10月平均として22度Cとする。)である。晴天時の受信システム雑音温度は、アンテナ雑音温度60 K、コンバータ雑音温度288 K (雑音指数 3 dB に相当)として348 K と考える³⁾。そうすると

$$P_n'/P_n = (348 + 280(1 - \beta)) / 348 \quad (5)$$

となり、これを式(3)に代入して P_n' を消去すると

$$P_m' = \beta(P_m - 1.80 P_n) + 1.80 P_n \quad (6)$$

が得られ、これにより P_n が既知であれば測定値から降雨減衰を知ることができる。

3. 測定結果

降雨強度、降雨減衰の記録計チャートの一例を図1に示す。これは時間的に対応したものである。

降雨減衰のチャートはリニア目盛であるから、減衰をデシベルであらわすときの目盛線の間隔は減衰が大きくなると次第に密となる。デシベル目盛線の設定精度をリニア目盛の最小目盛の1/10 (± 0.02)、また P_n を 0.75 ± 0.05 と考えると、減衰10 dB および15 dB での読取誤差はそれぞれ ± 0.7 dB, ± 2.3 dB と増大する。

各年ごとの降雨減衰および降雨強度の累積時間率分布を図2に示す。ただし、蝕時の放送停止、停電、測定器の故障による測定不能時間があるため、時間率分布としては必ずし

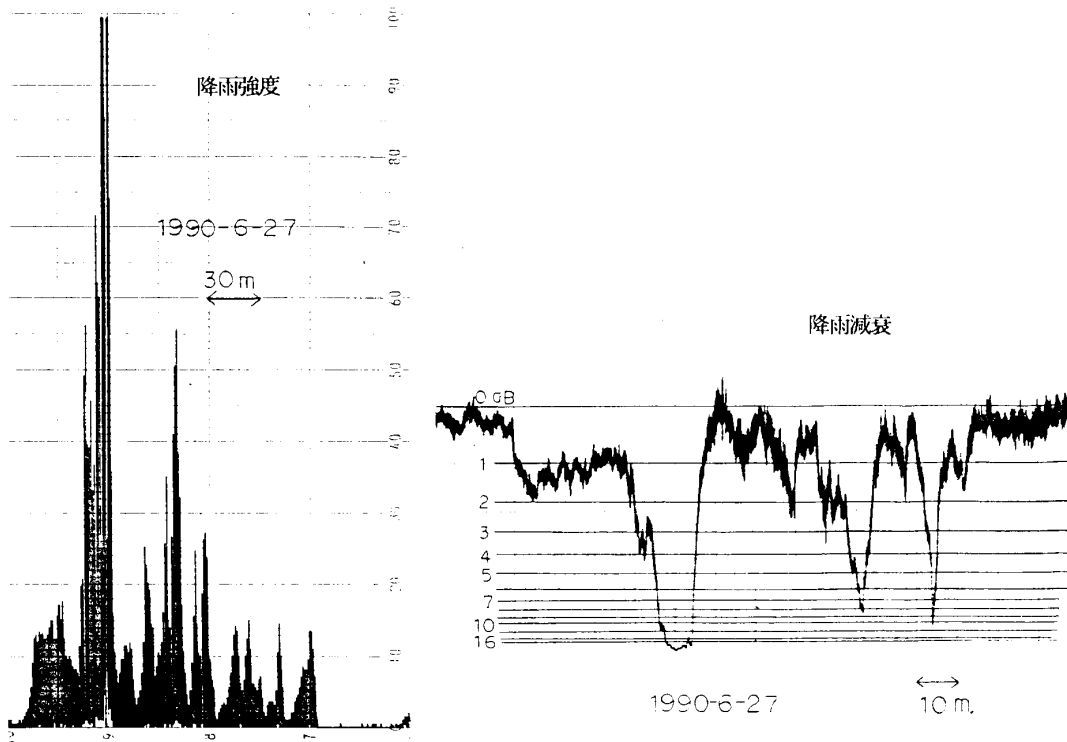


図1 降雨強度と降雨減衰の観測記録の一例

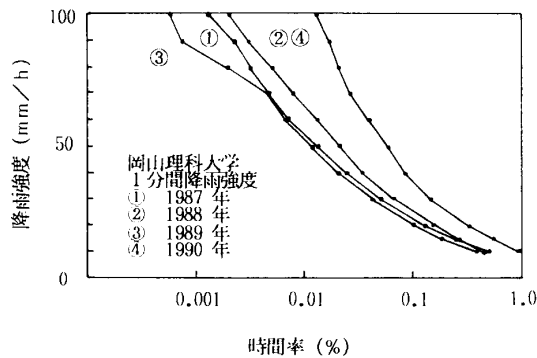


図2 a 降雨強度と累積時間率分布

も正確なものではない。図3は4年間の累積時間率分布とその近似曲線を示す。

これらの累積時間率分布から、まづ、分布を対数2次式

$$\log R = a + b \log P + c(\log P)^2 \tag{7}$$

等で近似し、この近似曲線で同一時間率での降雨強度 R と降雨減衰 A を求める。(これは低時間率でのデータのばらつきの影響を少なくするためである。)さらにこれから次式により降雨層実効通路長 L_e を求める。

$$L_e = A/\gamma, \quad \gamma = kR^\alpha \tag{8}$$

ただし、 γ は降雨減衰係数で、定数 k , α はCCIR に与えられている⁴⁾。降雨層実効通路長は

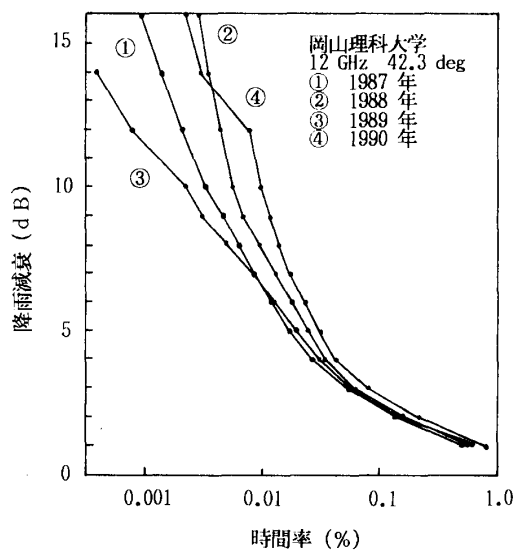


図 2 b 降雨減衰の累積時間率分布

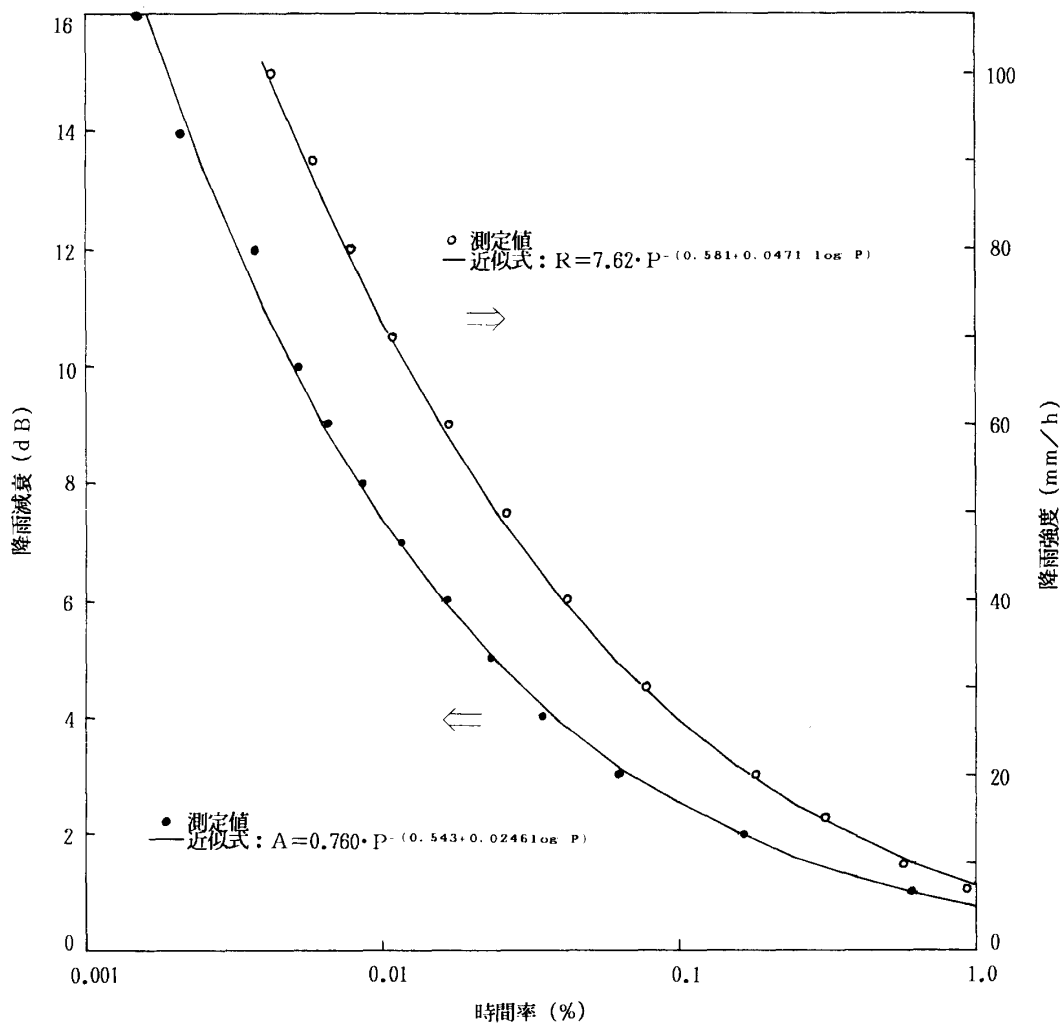


図 3 降雨強度と降雨減衰の4年間累積時間率分布とその近似

地点降雨強度と同じ降雨強度の雨域の実効的拡がりを意味する。

図4は R と A , 図5は R と L_e の関係を各年ごと示したものである。これらの関係は年ごとの変動も認められるが、ほぼ一定とも考えられる。(1990年は局地的な集中豪雨が著しかった特異な年であった。)いずれも両対数目盛りで直線関係が認められる。最小二乗法で求めた関係式を表1に示してある。これらの関係式も年ごとのばらつきが認められるが、ほぼ一定とも考えられる。CCIR の降雨減衰データバンク⁵⁾のうちアジア地区での観測値か

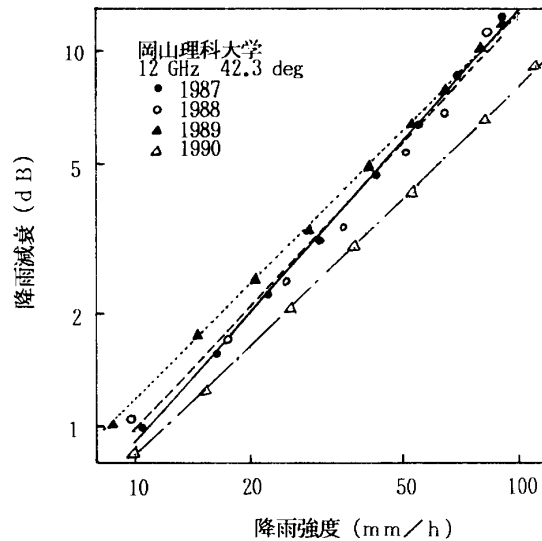


図4 同一累積時間率の降雨強度と降雨減衰の関係

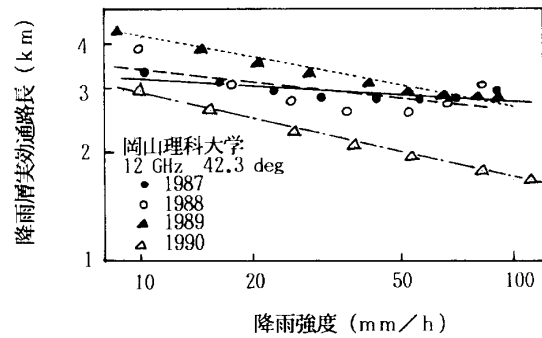


図5 降雨強度と降雨層実効通路長の関係

表1 降雨減衰および降雨層実効通路長の経験式

	$A = aR^n$		$L_e = bR^m$	
	a	n	b	m
1987	0.0644	1.15	3.62	-0.058
1988	0.0757	1.10	4.25	-0.107
1989	0.114	1.02	6.41	-0.190
1990	0.0859	0.98	4.83	-0.228
1987-1990	0.0851	1.04	4.78	-0.165

表2 降雨減衰の測定値と推定値の比較

時間率(%)	測定値(dB)	推定値(dB)	
		CCIR	入江
0.5	1.1	1.8	1.7
0.2	1.8	2.9	2.8
0.1	2.5	4.0	3.8
0.05	3.4	5.4	5.1
0.02	4.9	8.0	7.2
0.01	6.3	10.4	9.0
0.005	7.8	13.4	10.9
0.002	10.1	18.1	13.4
0.001	11.8	22.3	15.0

1989年, 岡山, 12 GHz, 42.3 deg.

ら同様にして求めた関係式は

$$L_e = 13.0R^{-0.284} \quad (9)$$

であり⁶⁾, 本文のものと比べると大きな違いがあるようにみえるが, 差は $R = 10\text{mm/h}$ で 3.1 dB, $R = 100\text{mm/h}$ で 2.1 dB である。

4. 降雨減衰の推定値との比較

CCIRの降雨減衰推定式⁷⁾および筆者によるもの⁶⁾による推定値と実測値の比較を表2に示す。いずれの推定値も測定値より大きくなっている。これは, 降雨強度または降雨減衰の測定にシステムチックエラーがあるのか, ここ数年の気象が異常なのか, 結論はでていない。

5. むすび

これまで行ってきた降雨減衰の測定法では減衰の大きなところでの測定誤差が大きいので, 1994年5月よりマイクロ波電力計を自動レンジ切換えのものに変えた。残る誤差の大きな要因は広帯域雑音 P_n である。これの直接測定は, 春秋各約1ヵ月の間可能である。しかし, 周囲温度の影響でコンバータや特にブースタアンプのゲインが変動していることもあり, P_n を各減衰測定時ごとに正確に決定することは難しい。今後は年間を通じて特に強降雨時において P_n のより正確な決定に注意する必要がある。

ここ4年間では1989年が平年なみ(1976—1985年の10年間平均)のほかはかなり異常な強降雨強度を記録している。従って, 測定値と推定値の比較は1989年について行った。

参考文献

- 1) 入江浩一: "衛星放送受信による電波の降雨減衰の測定", 岡山理科大学紀要, **24-A**, pp. 221—228 (平

- 1年3月)
- 2) Louis J. Ippolito : "Radiowave Propagation in Satelite Communications", Van Nostrand Reinhold, p. 131 (1986)
 - 3) NHK 編 : "衛星放送の受信入門", 日本放送出版協会, p. 23, p. 91, (昭59年6月)
 - 4) CCIR Report 721-2 "Attenuation by hydrometeors, in particular precipitation, and other atmospheric particles"
 - 5) A. Paraboni : "Up-dating the CCIR Data Bank : Slant Path Attenuation Cumulative Distributions ; Single-and Multi-year Data", CCIR IWP 5/2 Doc 88/3 (26 Jan. 1988)
 - 6) 入江浩一 "衛星通信における降雨減衰推定の一経験的モデル", 信学論, **J 73-B-II, 10**, pp. 554-558 (1990)
 - 7) CCIR Report 564-3 "Propagation data and prediction methods required for Earth-space telecommunication systems"

Rain Attenuation Measurement in 12 GHz Satellite Communications

Koichi IRIE

Department of Electronics Engineering

Okayama University of Science

Ridaicho 1-1, Okayama 700, Japan

(Received September 30, 1988)

One-minute rain rate and concurrent rain attenuation have been measured for four years at Okayama University of Science. Particular attention is paid to eliminate the wide band noise when receiving the Broadcasting Satellite signal. The results are summarized as cumulative time-percentage distributions. From these distributions, relations between rain rate and attenuation, and consequently, between rain rate and "effective slant path" are formalized.