

SHORTER CONTRIBUTION

尾鷲の雨滴分布によるレーダ波減衰係数について

藤原美幸, 青柳二郎, 柳瀬利子

On an Evaluation of Radar Wave Attenuation by Owase-type Rainfall

by

Miyuki Fujiwara, Jiro Aoyagi and Toshiko Yanase

Meteorological Research Institute, Tokyo

(Received January 28, 1974)

Abstract

The Owase district is famous for its heavy rainfall, and The Electrical Communication Laboratory N. T. T. is carrying out an experiment of micro-wave propagation over Owase bay. The present report describes a brief evaluation of the effect of raindrop size distributions on the attenuation coefficient. Raindrops are assumed as spherical in the theory.

1. 雨滴粒度分布の特徴

1971年8月30日の台風7102号の前面の降雨帯及び9月16~21日の停滞前線性しゅう雨についての雨滴粒度分布を調べたところ、尾鷲における降雨の特徴として次のことがわかった(藤原, 他 1974)。

- (a) 雨量強度 数mm/hr 以下の弱い雨では直径 1~2 mm にピークをもつ分布型で降雨強度の変化に伴い空間密度が増減し、平均の粒径はあまり変化しない。
- (b) 雨量強度が 10 mm/hr 以上になると空間密度はあまり変化せず、雨量強度の変化に伴い最大粒の粒径が増減する。
- (c) (b)の場合はいわゆる台形の N_D 分布 ($\log N_D - D$ 曲線)になる。

2. 雨滴分布によるレーダ波減衰係数の計算

雨滴を球形とした場合の全吸収断面積 (Q_i),

$$Q_i = \frac{-\lambda^2}{2\pi} R_e \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1)(a_n + b_n),$$

の波長 3.2 cm, 5.6 cm に対する値が気象研究ノート(小平, 文献 1967)に与えられている。これを用いて減衰係数

$$K = 0.4343 \int_0^{\infty} N_D Q_i \cdot dD = 0.4343 \sum_i N_i Q_i (i) \text{ (db/km)}$$

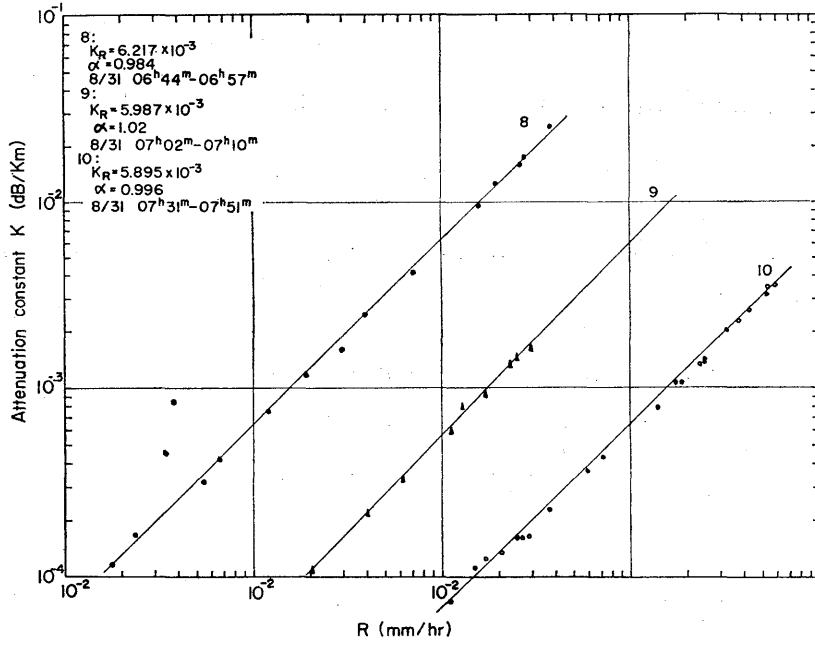


Fig. 1. Examples of calculated attenuation constant, K , against rainfall rate R for 3.2-cm wavelength.

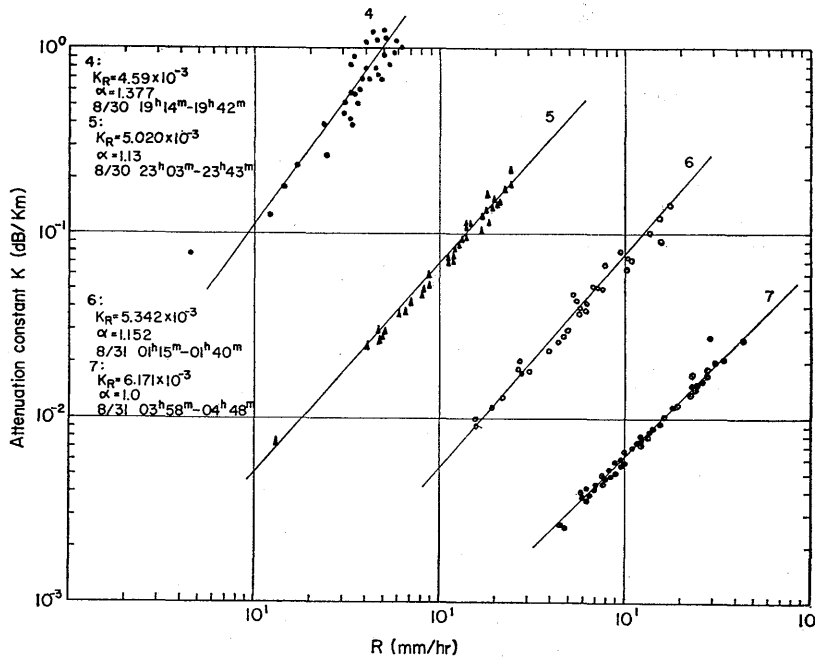


Fig. 2. Examples of calculated attenuation constant, K , against rainfall rate R for 5.6-cm wavelength.

を計算した。 K を

$$R = \sum_i^{i \text{ max}} 36000 \times N_i v_i \left(\frac{\pi D_i^3}{6} \right) \quad (\text{mm/h})$$

に対してプロットし回帰曲線

$$K = k_R R^\alpha$$

の k_R 及び α の値を最小二乗法により求めた。 $K-R$ のプロットの例を Fig. 1, 2 に示す。Fig. 1 は波長 3.2 cm に対してのものであり、Fig. 2 は 5.6 cm に対する結果である。各点は1分間の雨滴サンプリングの資料からの計算値である。この1分間資料は空間体積約 1.25 m³ の雨滴に相当する。このようなスカッターダイアグラムを19降雨期間について作ったが、しゅう雨性降雨のピーク後尾にある時期又は地雨性降雨の終末期にあたるものは比較的バラッキが大きい (Fig. 2 のグループ4)。これらの資料は後の K_R, α のプロットから除外した。

また K, R の全資料をまとめてプロットしたのが Fig. 3 である。比較のため KODAIRA (1955) の調査の上限と下限を破線で示してある。分布の範囲は破線の範囲とほぼ一致するが、3.2 cm 波で比較すると降雨強度 2.5 mm/hr 以下ではバラッキがより少なく、25 mm/hr 以上では次第に大きい値に偏っている。

点の密度の高いところは尾鷲のしゅう雨の場合によくあらわれる雨滴の台形分布によるものである。台形分布の極端な形として考えられる矩形分布形 ($D_0 \sim D_{\text{max}}$ 間で N_D が一定) と仮定して計算した場合を細い実曲線で示すが、降雨強度 1~10 mm/hr ではプロットの密度の高いところとよく一致していることがわかる。また 5.6 cm の点は全体としてバラッキが少なく KODAIRA

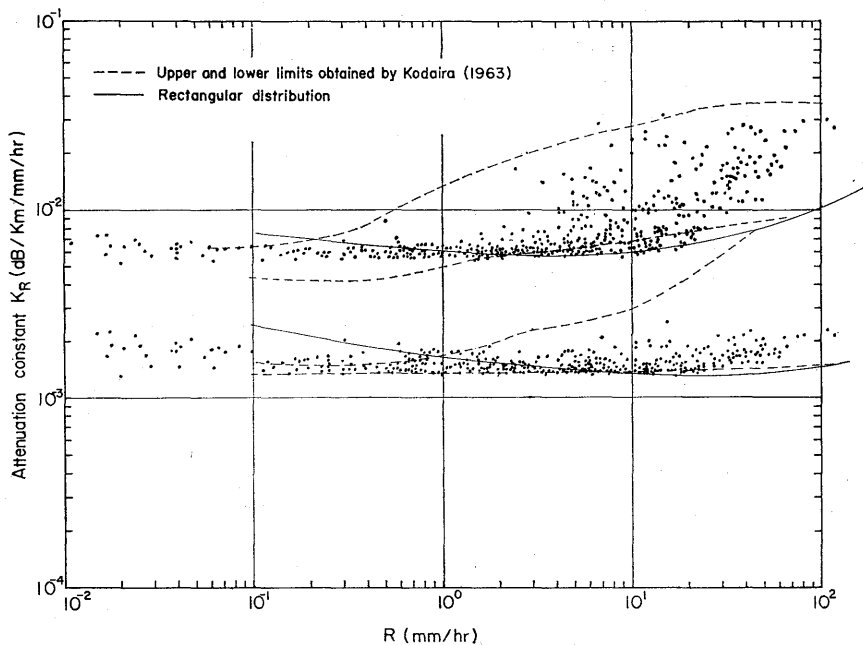


Fig. 3. Overall plotting of Owase data, K/R , against rainfall rate R .
Upper: 3.2 cm, Lower: 5.6 cm

の領域の下限域に分布している。

このようにしてきめられた各観測時間毎の k_R と α 値をプロットしたのが Fig. 4, 5 である。比較のため KODAIRA (前掲) 及び GUNN-EAST (1954), IMAI (1957) の値を記入した。尾鷲降雨の結果について算術平均を求め、他の結果と並記すると Table 1 の様になる。一般的に α も k_R もともに前の研究者達の得た範囲の下限に近い値となっている。

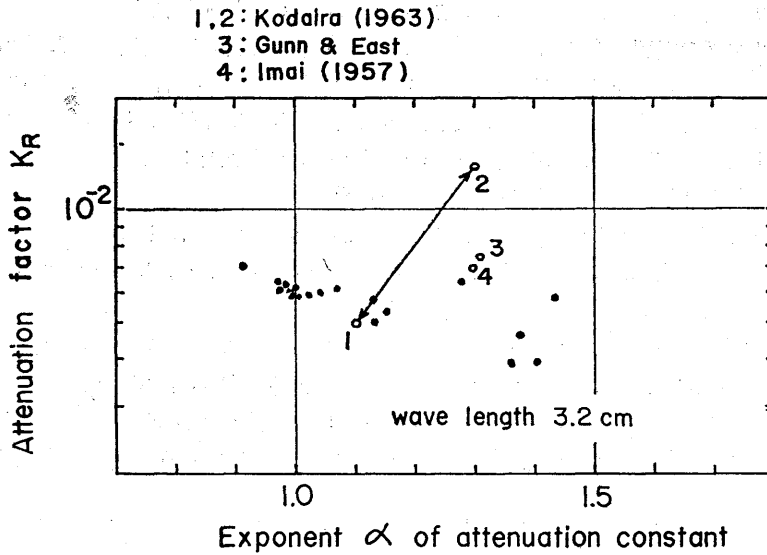


Fig. 4. Factor K_R and the exponent α for 3.2-cm wavelength in comparison with those after previous investigators.

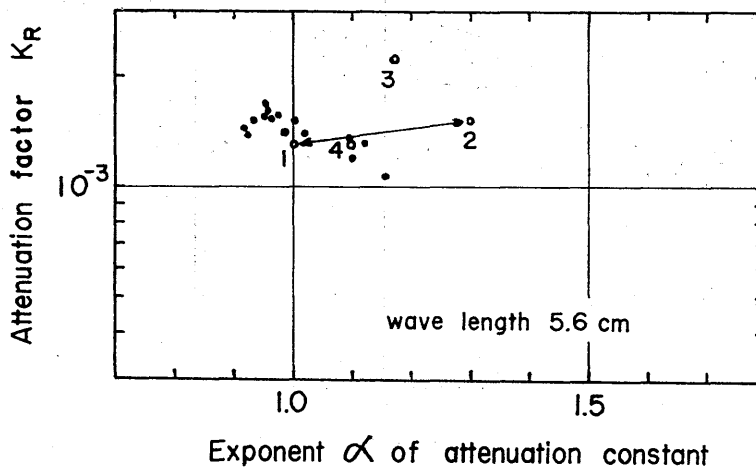


Fig. 5. Factor K_R and the exponent α for 5.6-cm wavelength in comparison with those after previous investigators.

Table 1. Relationships obtained between K and R in comparison with those after other investigators.

波長	尾鷲	小平	Gunn-East	今井
3.2 cm	$0.00569 R^{1.13}$	$0.005 R^{1.1} \sim 0.013 R^{1.3}$	$0.0074 R^{1.31}$	$0.007 R^{1.3}$
5.6 cm	$0.00143 R^{1.0}$	$0.0013 R \sim 0.0015 R^{1.3}$	$0.0022 R^{1.17}$	$0.0013 R^{1.1}$

3. 結論

今 3.2 cm について尾鷲の結果を, IMAI (1957) の $k_R=0.007$, $\alpha=1.3$ を用いて計算したとすれば減衰量の誤差はどうかを示したのが Fig. 6 である。縦軸でマイナスは減衰を実際より大きく見積りすぎる誤差量を表わす。これによると距離が 10 km, 5 km, 2 km, 1 km のとき 3 dB の差が出るのは降雨強度がそれぞれ 18, 28, 55, 85 mm/hr 以下のときであり, 降雨強度が 10 mm/hr 以下のときは問題ないが, 数 10 mm/hr のとき, 水平のひろがりやが 2~3 km あるときは問題である。すなわち降雨コアを通過するマイクロ波の減衰量の推算にあたってはその定数に尾鷲のような降雨の特殊性に対する考慮を払う必要があることを示している。Fig. 7, 8 は同じことを 3.2 cm と 5.6 cm の2つの場合についてダイアグラム方式で示したものである。

尾鷲における強いしゅう雨の雨滴分布に台形分布が多いことは前述したが, Fig. 4 における矩

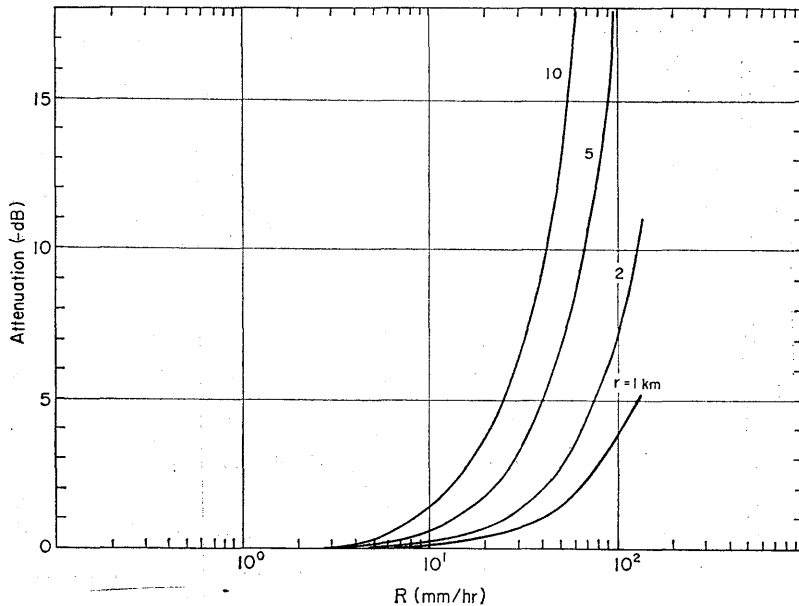


Fig. 6. Errors of gain measurement of 3.2-cm wave due to difference in attenuation constants between mean value for Owase rainfall and the value after IMAI (1957). r is the length of the path of micro-wave.

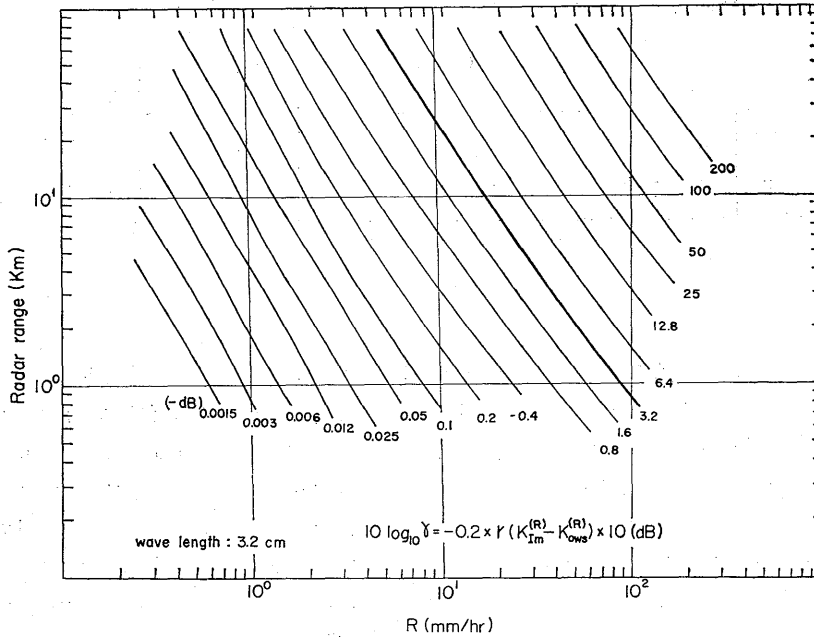


Fig. 7. Diagram reading errors in gain measurement corresponding to Fig. 6 for 3.2-cm wave.

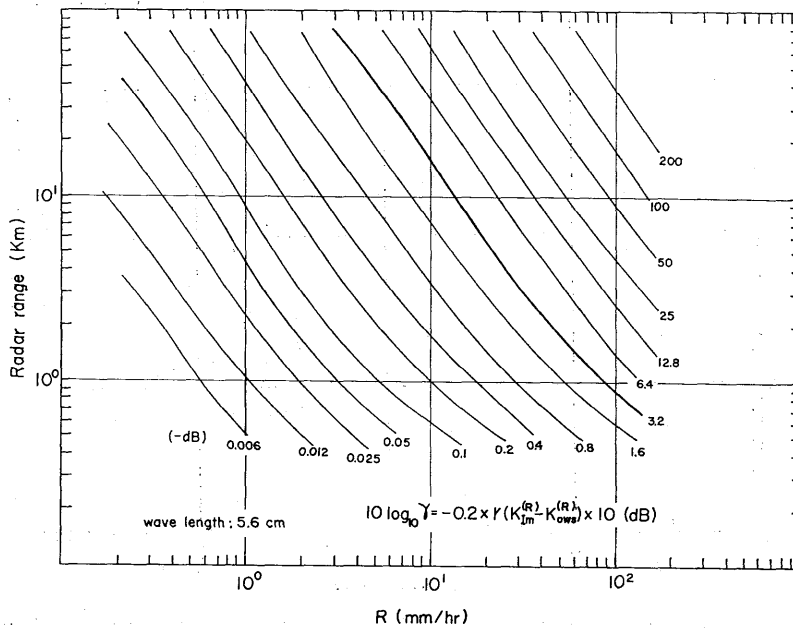


Fig. 8. Diagram reading errors in gain measurement corresponding to Fig. 6 for 5.6-cm wave.

形分布から推定して、Table 1 に示すように K_R 及び α が比較的小さいということは雨滴分布が台形分布型をなしていることによるものであることが明かである。この結論に述べたような減衰係数の補正に関するコメントは他の地域における同様の地形性しゅう雨についてもいえることであろう。

あ と が き

この研究は電気通信研究所よりの援助と要請に従って行った調査であり、資料の整理には小山多喜子夫人の手を煩わした。

References

- GUNN, K. L. S. and T. W. R. EAST, 1954: The microwave properties of precipitation particles. Quart. J. Roy. Met. Soc., 80, 552-547.
- IMAI, I., 1957: Attenuation of microwave through rain for various drop size distribution. J. Met. Soc. Japan, II. 75th Ann., 65-71.
- KODAIRA, N., 1963: The radar wave attenuation caused by precipitation particles. Pap. Met. Geophys., 14, 181-189.

参 考 文 献

- 藤原美幸, 青柳二郎, 椎野純一, 柳瀬利子, 1974: 尾鷲における低い降水雲の構造について. 気象研究所研究報告, 25, 23-50.
- 柳沢善次, 青柳二郎, 神林慶子, 1974: 尾鷲付近の降雨域構造のレーダ解析. 気象研究所研究報告, 25, 51-80.

尾鷲の雨滴分布によるレーダ波減衰係数について

藤原美幸, 青柳二郎, 柳瀬利子

尾鷲地方の豪雨はその量の大きいことで有名であるが、電気通信研究所では尾鷲湾をはさんでこの豪雨性の降雨によるマイクロ波の減衰に関する実験を行なっている。本研究はその予備的な調査として雨滴の分布の特性がマイクロ波減衰係数へどう影響するかを評価したものである。計算は雨滴が球型であると仮定した場合の全吸収断面で偏平率の効果ははいっていない。