

Ⅱ - 4

Xバンド小型降雨レーダのキャリブレーション

東北大学大学院 学生員 ○小沢康彦
東北大学工学部 学生員 伊勢 正
東北大学工学部 正 員 石川忠晴
日本無線㈱ 正 員 吉田武弘

1. はじめに

Xバンド汎用レーダは、安価で小型・軽量であり、大型雨量レーダのブラインド地域の補完装置として、あるいは研究用観測装置などとして活用できる可能性がある。本研究室では、同レーダが軽量であることを利用し、降雨の三次元観測を行おうとしている。しかし、Xバンドレーダのキャリブレーションについては、現在のところ、十分成功した例というのはあまり無い。この原因には、レーダによる降雨観測の原理そのものに含まれる困難に起因するものもあるが、“降雨データの用い方”にもあると考えられる。降雨現象はもともと時空間変動が大きいから、キャリブレーションに適した“一樣な雨”はむしろ非常に少ないと考えた方がよい。本研究では、以下に述べるような工夫のもとに非一樣な雨についても妥当と思われるキャリブレーションの方法を検討して用いた。

2. レーダの概要、観測サイト及び観測方法

本レーダは日本無線㈱製の漁場監視用レーダを改造したもので、表1に示す諸元を持っている。元来の鉛直回転軸を水平にし、全体を回転架台に載せ、全天球をサーチできるようにした。観測は岩手県雫石町にて行った。観測サイトと観測測線の平面図を図1に示す。この地域は地形が単純で且つ夏季は比較的多雨であり、キャリブレーションデータを得るのに適当であると考えた。観測期間は7月27日から8月21日とした。観測を行うにあたり、レーダの水平回転を止め、仰角方向のみ回転させ、図1の測線で切った縦断面を観測した。同測線上には、約2kmごとに地上雨量計を設置し、その時間ステップを1分にセットした。

3. データ整理方法

レーダ方程式を簡略化して記すと以下のようである。

$$Pr = G(r) - 2 \ln x - 2 \int_0^x f(r) dx \quad (1)$$

ここに、 x ：レーダから観測地点までの距離、 r ：降雨強度、 $f(r)$ ：電波強度の減衰率、 $G(r)$ ：電波の反射率から定まる関数、 Pr ：受信電力である。

レーダビーム上の2点間 $[x_1, x_2]$ で一樣な降雨に対して、 $r(x) = R (=const.)$ とすれば、次式を得る。

$$Pr_1 - Pr_2 = 2 f(R)(x_2 - x_1) + 2 \ln(x_2/x_1) \quad (2)$$

ここに、 Pr_1, Pr_2 はそれぞれ距離 x_1, x_2 における反射電波の受信電力である。(2)式から $f(R)$ を求め、(1)式から $G(r)$ を求める。

4. 雨滴の落下速度の検討

レーダで観測される雨というのは、実際は落下途中のまだ地上に到達していない雨であって、同時刻に地上雨量計で計測される雨とは異なるものである。そこで Marshall&Palmerの雨滴の粒度分布式とBestの落下速度式から降雨強度と落下速度の関係を導いた。この関係を用いて仰角 16° の各レーダ受信電力について地上雨量計との時間のずれを補正してやったデータを作成し、キャリブレーションを行った。

表1 レーダ諸元

送信周波数	9740MHz
尖頭電力	25KW
繰返し周波数	750Hz
ビーム幅	$4^\circ \pm 0.5^\circ$
パルスリターン周期	$1.67 \mu s (250m)$

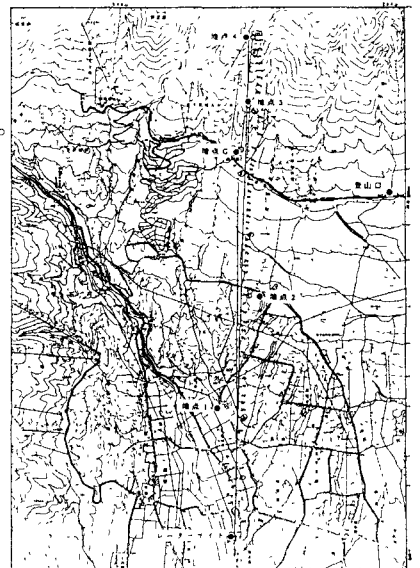


図1 観測サイト

5. 計算結果

(2)式から $f(R)$ を求め、 r の関数として図示すると図2が得られる。 $\log_{10}R$ の重み付き最小2乗法で得られた回帰式を図中に示す。この回帰式を(1)式に代入して $G(r)$ を求め、先と同様に図示すると図3が得られる。以上の回帰式を用いて検討を進める。

$f(r)$ と $G(r)$ が定められたので、非一様な降雨についてレーダ雨量計からの推定値と地上雨量計の値とを比較する。対象降雨の地上雨量の累加曲線を図4に示す。各観測点での雨量強度が時間的に変動し、また、最大強度が時差を持っている（つまり雨域が移動している）。

レーダ雨量計から求められた、推定地上雨量の累加曲線を図5に示す。図5は図4と概ね一致しており、先に述べたキャリブレーション結果はほぼ妥当であると考えられる。

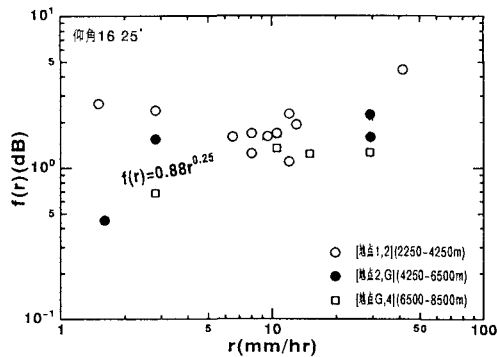


図2 r と $f(r)$ の関係

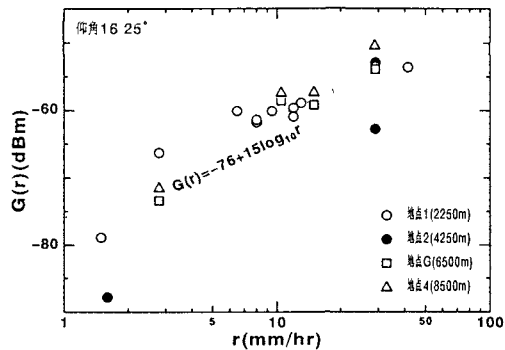


図3 r と $G(r)$ の関係

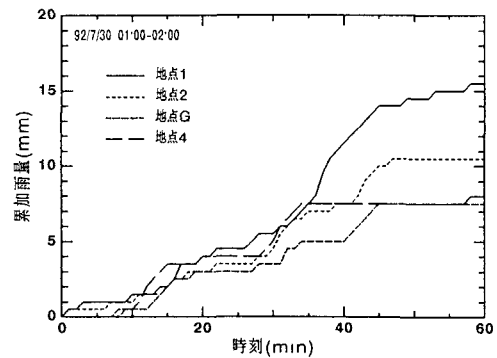


図4 7月30日地上雨量累加曲線

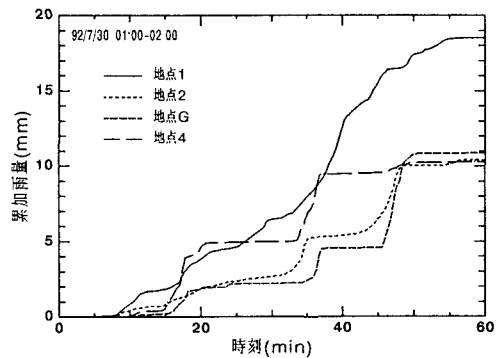


図5 7月30日レーダ推定雨量累加曲線

6. おわりに

本研究では、狭い領域での厳密に様な降雨を選び、また雨滴の落下時間を考慮することにより、ほぼ満足できる結果を得た。なお、本観測を行うにあたり、岩手大学工学部建設環境工学科水域環境学研究室に多大の助力をいただいた。記して謝意を表する。本研究は、科学研究費（試験研究B、代表石川忠晴）の補助を受けている。

《 参 考 文 献 》

- 1) DELRIEW, G., CREUTIN, J. D., et.al.: Validation of a short range X-band radar system for rainfall measurement over an urban area, 1989.
- 2) FLETCHER, N. H.: The physics of rainclouds, 1969.
- 3) BEST, A. C.: Empirical formulae for the terminal velocity of waterdrops falling through the atmosphere, 1950.