

九州大学工学部	正員	平野 宗夫
九州大学工学部	正員	森山 聡之
九州大学工学部	学生員	河原田 寿紀
九州大学工学部	学生員	原 浩

1. まえがき

レーダー雨量計は、降雨予測のための情報源として、局地性の強い豪雨の時に威力を発揮するものとして注目を集め、それを用いた種々の予測の手法が提案されている。従来の移流モデルでは雨量強度を直接取り扱っているため、物理的な意味が捉えにくい。そこで本研究は、物理的な意味を考えやすくするため、雨量強度の代わりに雨滴濃度を対象とした移流拡散モデルの検討を試みた。

2. 観測された降雨エコーの諸元

降雨エコーデータは、九州大学農学部において観測された100km×100kmの範囲(図-1参照)を1kmメッシュに分割し、1万個のデータを1分毎に記録したものであり、建設省や気象庁のものに比べ細かいメッシュであり、詳細な時間変化のデータが収集できることを特色とする。今回使用したデータは1982年7月11日の6時5分から8時18分まで観測されたもので前線性の降雨である。

3. 基礎式

物質保存の式は、 ξ を雨滴の移動の水平成分、 η を ξ と直角方向、 z を鉛直方向にとると

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_{\xi} \frac{\partial C}{\partial \xi} + U_{\eta} \frac{\partial C}{\partial \eta} + W \frac{\partial C}{\partial z} = D_{\xi} \frac{\partial^2 C}{\partial \xi^2} + D_{\eta} \frac{\partial^2 C}{\partial \eta^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + \lambda_1 C + \lambda_0 \quad (1)$$

ここに、 C は平均濃度、 U_{ξ}, U_{η}, W は ξ, η, z 方向の平均風速、 D_{ξ}, D_{η}, D_z は ξ, η, z 方向の拡散係数、 $\lambda_1 C + \lambda_0$ は雨滴の凝結を表す項で λ_0, λ_1 は定数。 $U_{\eta} = 0$ から式(1)は次のようになる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_{\xi} \frac{\partial C}{\partial \xi} = D_{\xi} \frac{\partial^2 C}{\partial \xi^2} + D_{\eta} \frac{\partial^2 C}{\partial \eta^2} + \lambda_1 C + \lambda_2 \quad (2) \quad \text{ここに } \lambda_2 = D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - W \frac{\partial C}{\partial z} + \lambda_0$$

$\xi-\eta$ 軸は空間的・時間的に変動するもので、 $x-y$ 方向の固定軸で取り扱うため、図-2のように $\xi-\eta$ 座標を $x-y$ 座標に変換すると

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} = \lambda_1 C + \lambda_2 + \alpha \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \beta \frac{\partial^2 C}{\partial x \partial y} + \gamma \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \quad (3)$$

ここに、 $\alpha = D_{\xi} \cos^2 \theta + D_{\eta} \sin^2 \theta, \beta = 2 \sin \theta \cos \theta (D_{\xi} - D_{\eta}), \gamma = D_{\xi} \sin^2 \theta + D_{\eta} \cos^2 \theta, \cos \theta = \frac{U}{\sqrt{U^2 + V^2}}, \sin \theta = \frac{V}{\sqrt{U^2 + V^2}} \quad (4)$

式(3)において同定すべきパラメータは、 $U, V, \lambda_1, \lambda_2, \alpha, \beta, \gamma$ の7つである。左記の7つのパラメータは最小2乗法により求め、また D_{ξ}, D_{η} は α, β, γ から求められる。

4. パラメータの検討

一般にレーダー反射因子 Z 、雨量強度 R 及び雨滴濃度 C の関係式は、 $Z = BR^{\alpha}, C = AR^{\beta}$ で与えられ、 A, B, α, β は雨の種類によって定まる定数である。Marshall-Palmerによると $Z = 190R^{1.72}, C = 80R^{0.43}$ である。¹⁾そこで $C = 6.36Z^{0.43}$ を用いてレーダーエコーから雨滴濃度に変換した。そのデータを式(3),(4)に適用して、

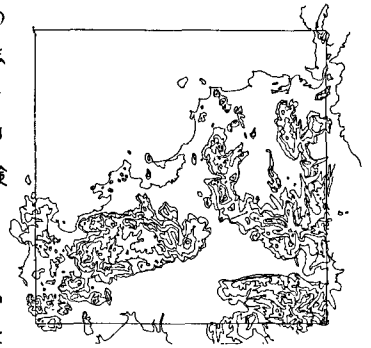
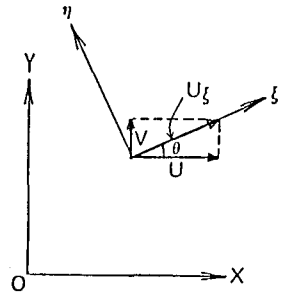


図-1 レーダーの観測範囲

図-2 $x-y, \xi-\eta$ の座標変換

$U_s, \sin \theta, D_s, D_q, \lambda_1, \lambda_2$ を求める。パラメータ同定に用いる単位区域の大きさを $15\text{km} \times 15\text{km}$ メッシュ(データ225個)とした場合について各点の $U, V, \alpha, \beta, \gamma, \lambda_1, \lambda_2$ を求めた。その内 $\alpha, \beta, \gamma, \lambda_1, \lambda_2$ の7時45分~46分における空間分布を図-4~図-8に示す。いずれも周辺部の誤差のバラツキを除くとはほぼ妥当な値となっているようである。また、図-3は7時40分~50分までの移動ベクトルの水平成分の平均値を地形図に重ね合わせたものである。

<参考文献>

- 1) J.S.Marshall, Wck. Palmer ; The distribution of raindrops with size : The Journal of Meteorology (1948)
- 2) 日本気象学会 : 気象レーダー特集, 気象研究ノート 第139号 (1980)
- 3) 元田雄四郎 : レーダー雨量計について ; 第19回水工学に関する夏期研修会議義集 (1983)

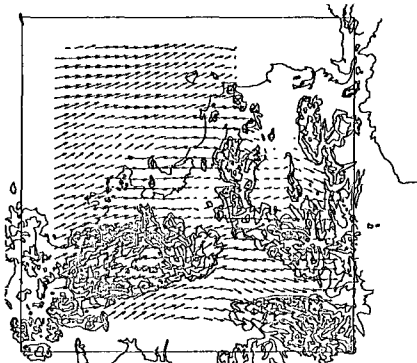


図-3 移動ベクトルの水平成分

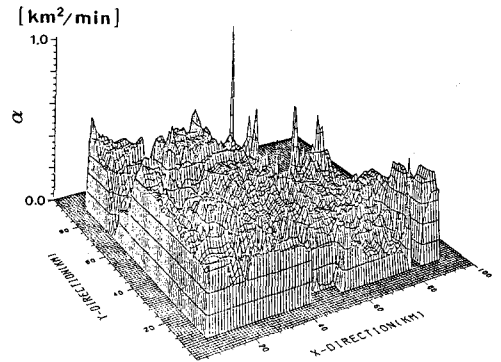


図-4 α の空間分布

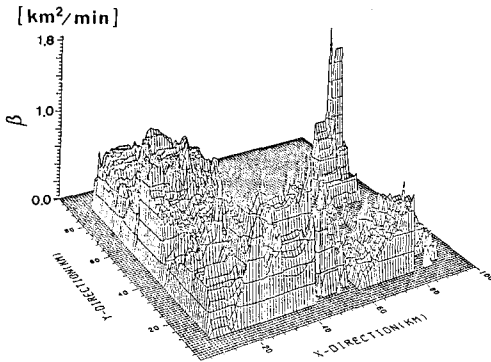


図-5 β の空間分布

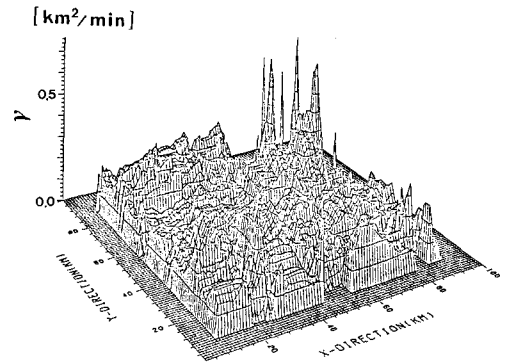


図-6 γ の空間分布

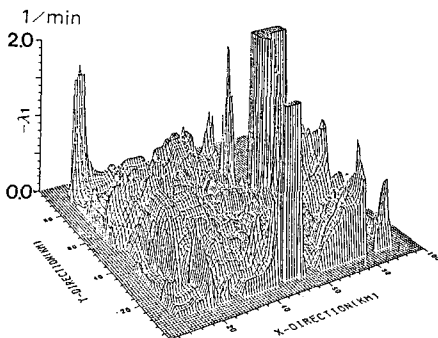


図-7 λ_1 の空間分布

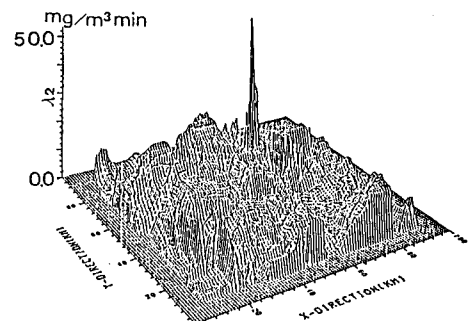


図-8 λ_2 の空間分布