

レーダー雨量情報を用いた短時間降雨予測について

九州大学工学部 正員 平野 宗天 九州大学工学部 正員 森山 聡之
九州大学大学院〇学生員 原 浩 九州大学工学部 学生員 佐藤 隆玄

1. まえがき

集中豪雨等による災害を防止・軽減するためには降雨の予測が不可欠でありその精度の向上が望まれる。今日、降雨予測のための情報源としてレーダー雨量計は、大きな期待をもて迎えられており、レーダー雨量計を用いた種々の予測の手法が提案されている。従来の物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物流拡散モデルの検討を試みたものである。

2. 観測された降雨エコーの諸元

降雨エコーのデータは、九州大学農学部において観測された100km×100kmの範囲を1kmメッシュに分割し1万個のデータと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 を雨滴の物流の水平成分の方向、 η を ξ と直角方向、 z を鉛直方向にとると、

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

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、 λC は、雨滴の凝結を表す項で λ は定数、 $U_{\eta}=0$ であるから式(1)は次のようになる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_{\xi} \frac{\partial C}{\partial \xi} = D_{\xi} \frac{\partial^2 C}{\partial \xi^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + \lambda_1 C + \lambda_2 \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\text{ここに } \lambda_1 = \lambda, \quad \lambda_2 = D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - W \frac{\partial C}{\partial z}$$

ξ - η 軸は空間的・時間的に変動するので、 x - y 方向の固定軸で取り扱うため図-1のように ξ - η 座標を x - y 座標に変換すると、

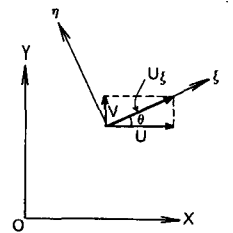
$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} = \lambda_1 C + \lambda_2 + \alpha \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \beta \frac{\partial^2 C}{\partial x \partial y} + \gamma \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \quad \cdots \cdots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ここに } \alpha &= D_{\xi} \cos^2 \theta + D_z \sin^2 \theta, \quad \beta = 2 \sin \theta \cos \theta (D_{\xi} - D_z), \quad \gamma = D_{\xi} \sin^2 \theta + D_z \cos^2 \theta \\ \cos \theta &= U / \sqrt{U^2 + V^2}, \quad \sin \theta = V / \sqrt{U^2 + V^2} \end{aligned} \right\} \quad \cdots \cdots (4)$$

式(3)において固定すべきパラメーターは、 U , V , λ_1 , λ_2 , α , β , γ の7つである。誤差の拡大を防ぐために99の箇所のデータを用い、最小2乗法により得られた α , β , γ より D_{ξ} , D_z が得られる。

4. パラメーターの検討

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、 $Z = BR^{\beta}$, $C = AR^{\alpha}$ 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-Ballmerによる $Z = 190R^{1.72}$, $C = 80R^{0.83}$ である。¹⁾そこで $C = 6.36Z^{0.483}$ 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、 U_{ξ} , $\sin \theta$, D_{ξ} , D_z , λ_1 , λ_2 を求める。パラメーター固定に用いる単位区域の大きさを100×100mメッシュ(データ1万個)とした場合について各点のパラメーター(U , V , α , β , γ , λ_1 , λ_2)を求め、その時間的変化を図-2～図-5に示す。図より各パラメーターは時系列に対してかなり安定した値をとっていることがわかる。なお、極値を示す部分は、降雨が急激に激しくなったり、急激に減少した部分に対応している。次に15×15メッシュで求めたある時刻におけるパラメーターの空間分布を図-6～図-9に示す。いずれも周辺部の誤差によるバラツキを除くとほぼ妥当な値となっているようである。



x-y, ξ - η の座標変換

5 結論

本研究では、物理的意味を捉えやすいという観点から雨量強度 R に代えて雨滴濃度 C を用いたモデルを用い、ほぼ妥当な結果を得た。今後は、今回得られた物理量を表わすパラメーターをもとに予測の精度を上げるべく用いた予測手法について検討する予定である。

謝辞 降雨エコーデーターは九州大学農学部農業気象研究室より快く提供して頂いた。また、本研究は自然災害特別研究(Ⅰ)「降雨災害をもたらす豪雨の集中度に関する研究」(代表者・名古屋大学教授 武田喬男)の援助を受けた。各位に厚くお礼を述べる次第である。

参考文献

1) J. S. Marshall · W. McK. Palmer: The distribution of raindrops with size: The Journal of Meteorology (1948)

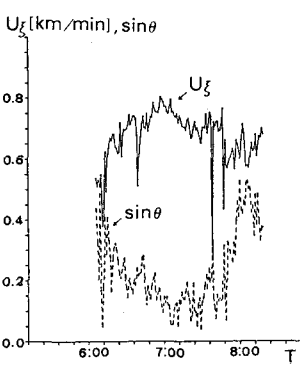


図-2 $U_s, \sin \theta$ の経時変化

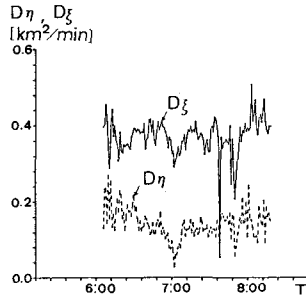


図-3 D_s, D_η の経時変化

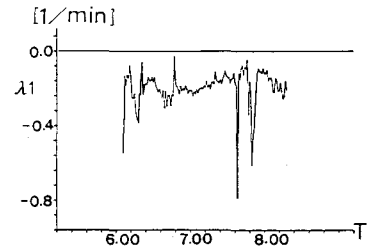


図-4 λ_1 の経時変化

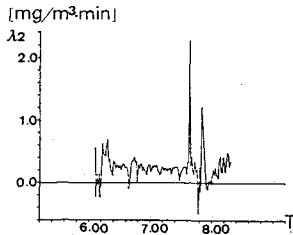


図-5 λ_2 の経時変化

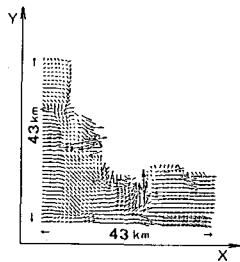


図-6 移動ベクトルの水平分布

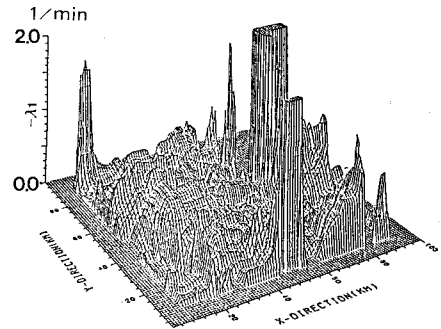


図-7 λ_1 の空間分布

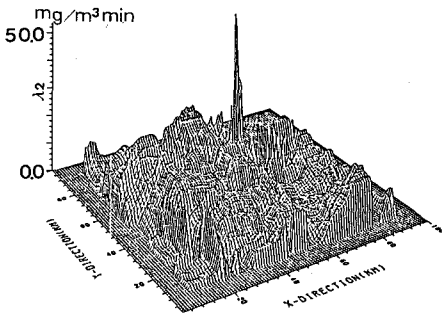


図-8 λ_2 の空間分布

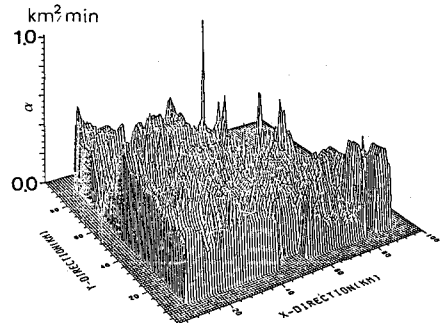


図-9 α の空間分布