

レーダ雨量計による短時間降雨の予測 (第3報)

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	陣内 久雄
九州大学工学部	学生員	OMIRANDA.M

1. 緒言

レーダー雨量計を用いた短時間降雨予測は、降雨の最小単位である降雨セルの寿命時間が20～40分程度であること、レーダ雨量計の観測範囲外からの移流予測が出来ないことから、数十分程度の予測が実用的であると思われる。前報¹⁾では移流拡散モデルにカルマンフィルタを適用して、短時間降雨予測を試みたが、本論文では、予測精度を向上すべく、前報の方法にバッチフィルタによるデータ処理方法を加えて、両者を比較・検討した。

2. 移流拡散モデル及び解析手法

一般に、レーダ反射強度 Z (mm^6/m^6)、雨量強度 R ($\text{m}/\text{h r}$) 及び雨滴濃度 C (mg/m^3) の関係式は、Marshall-Palmer²⁾によると、 $Z = 190 R^{1.72}$ 、 $C = 80 R^{0.83}$ で与えられる。雨滴濃度 C に関する物質保存の式は、3次元空間において、

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} + W \frac{\partial C}{\partial z} = \lambda_0 + \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (D_z \frac{\partial C}{\partial z}) \quad (1)$$

ここに、 U, V, W は x, y 及び z 方向の平均速度、 D_x, D_y, D_z は、 x, y 及び z 方向の拡散係数、 λ_0 は雨滴の凝結・蒸発を表す項である。上式は3次元モデルであるので、これをレーダ雨量計情報に適用するため2次元モデルに変換し、次のようにおく。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} = \lambda + \frac{\partial D_x}{\partial x} \frac{\partial C}{\partial y} + D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial D_y}{\partial y} \frac{\partial C}{\partial y} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \quad (2)$$

ここに、 $\lambda = \lambda_0 + \frac{\partial}{\partial z} (D_z \frac{\partial C}{\partial z}) - W \frac{\partial C}{\partial z}$

拡散を無視し、 $D_x = D_y = 0$ とすれば、(2)式は(3)式のように移流モデルになる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} = \lambda \quad (3)$$

また、 $\delta D_x / \delta x = 0$ 、 $\delta D_y / \delta y = 0$ とすれば、(2)式は(4)式ようになる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} = \lambda + D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \quad (4)$$

前報¹⁾では、各パラメータの同定、及び(2)式、(3)式、(4)式に対する3つのモデルに対して、比較・検討したが、拡散項を考慮する必要があることが分かった。更に、雨滴濃度 C の予測のみについては、(2)式と(4)式には大差はみられなかった。本論文では、(4)式を用いて、前報の方法(モデル1)と、バッチフィルタによるデータ処理方法を加えた本報の方法(モデル2)とを比較する。

3. データ処理方法

予測精度の向上を図るため、先ず適当な観測期間を設け、そこで得られたデータに対して、バッチフィルタを適用し雨滴濃度 C の予測値と実測値が一致するまで繰り返し計算して、各パラメータ U, V, λ, D_x, D_y を収束させ(バッチイテレーション)、それを最適推定値としてカルマンフィルタにより雨滴濃度 C の予測を行った(バッチシーケンシャル方式)。

4. 雨滴濃度 C の予測結果と考察

九大レーダで観測された、1982年7月20日午前10時37分から午後12時35分までの雨滴濃度 C を入力として、 $\Delta t = 10$ 分後の予測をおこなった。なお、空間方向の分割幅 $\Delta x = \Delta y = 8 \text{ Km}$ とした。前報の方法(モデル1)に対して、2つのケースの初期値を与えてカルマンフィルタ

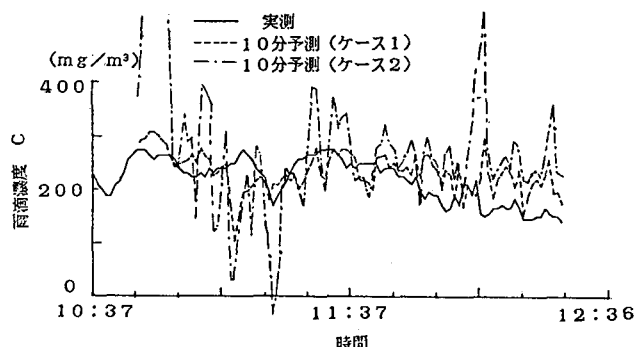
を用いて予測を行い、一方、本報の方法（モデル2）に対しても観測時間を10分として、モデル1と同じ初期値を与えて、両者の予測具合をみた。その結果を図1、2に示す。

図1、2で明らかのように、モデル2の方が予測の収束性が良く、各パラメータの初期値に関係なしに、精度の良い予測を与える。次に、モデル2に対して観測時間を20分、30分と長くしたが、予測推移は10分の場合と殆ど同じであった。

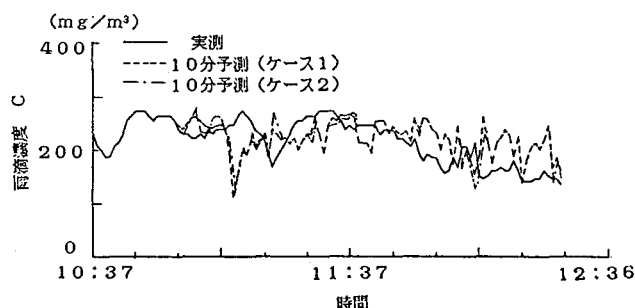
モデル2の応用として複数の観測期間を設け、そこでデータが得られるとその都度「データ処理—予測」を繰り返しながら予測をバッチシーケンシャル方式で行った（モデル3）。その結果を図3に示す。図2よりも若干、予測精度が向上していることが分かる。

5. 結語

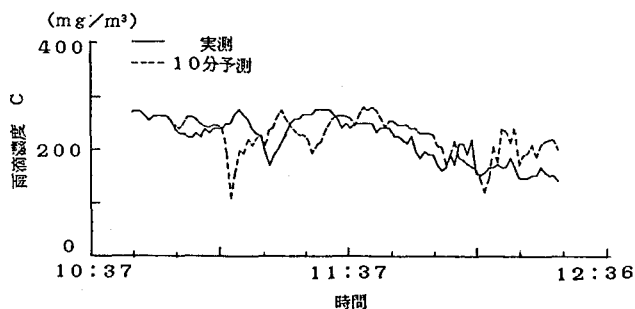
観測期間を設けて、バッチフィルタにより各パラメータの初期値を同定し、その後カルマンフィルタにより予測を行う（バッチシーケンシャル方式）と予測精度の向上が図られ、さらに、観測期間の頻度を増すことも精度に寄与した。また、観測期間については、予測期間程度とすることが望ましいようである。観測期間を長くするとそれだけ観測雑音の影響が大きくなり、各パラメータの初期値の同定に無理があると思われる。



図一1 モデル1（カルマンフィルタ）



図一2 モデル2（バッチシーケンシャル方式1）



図一3 モデル3（バッチシーケンシャル方式2）

謝辞

降雨エコーデータは、九州大学農学部農学気象研究室より快く提供して頂いた。厚く御礼を述べる次第である。

参考文献

- 1) 平野・森山・陣内：レーダ雨量計による降雨の短時間予測，土木学会年講，第41回，昭61. 11
- 2) J.S.Marshall, W.M.Palmer: The distribution of raindrops with size: The journal of Meteorology(1948)
- 3) 砂原善文編：確率システム理論Ⅲ，朝倉書店