

レーダ雨量計を利用した短時間降雨予測について

名古屋大学大学院 学生員○直江裕之

名古屋大学工学部 正員 松林宇一郎

名古屋大学工学部 正員 高木不折

1. はじめに

従来から、レーダ雨量計による短時間降雨予測手法が各種開発されてきた。これは、現在のレーダエコーと過去のレーダエコーとを比較し、将来のレーダエコーを運動学的に外挿して予測する手法であるが、予測の精度を向上させるためには降雨の主な起因である水蒸気量と、大気の流れの場に関する情報を与えてやらないといけない。そこで本研究では、短時間降雨予測手法の一試案として、レーダ雨量計と雲物理過程のモデル、さらに大気の流れの場を組み合わせることによって、降雨場を表現してみた。なお、今回用いたレーダ雨量計は建設省御在所レーダ雨量計によるものであり、極座標系で記録されているが、計算の便宜上、直交座標系に変換したものをを用いた。

2. 3次元風速場の算定

一般に大気の3次元的な流れを再現する場合、コリオリ力、気圧傾度力、摩擦力を考える必要がある。中北らの式¹⁾は上記の事項が考慮されており、連続式と境界条件から3次元の風速場を算定する。基礎式を表-1に示す。

表-1 基礎式

連続式:
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial s} = \frac{1}{H - h(x, y)} \left(u \frac{\partial h(x, y)}{\partial x} + v \frac{\partial h(x, y)}{\partial y} \right) \quad (2-1)$$

X方向の釣合式:
$$f(v - v_{g0}) + \frac{1}{(H - h(x, y))^2} \frac{\partial}{\partial s} \left(K \frac{\partial u}{\partial s} \right) = 0 \quad (2-2)$$

Y方向の釣合式:
$$-f(u - u_{g0}) + \frac{1}{(H - h(x, y))^2} \frac{\partial}{\partial s} \left(K \frac{\partial v}{\partial s} \right) = 0 \quad (2-3)$$

ただし,
$$\omega = u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} + w \frac{\partial s}{\partial z} \quad (2-4)$$

$$s = \frac{z - h(x, y)}{H - h(x, y)} \quad (2-5)$$

U, V, W: X, Y, Z方向の速度(m/s) $h(X, Y)$: 地形の標高(m) U_{g0}, V_{g0} : 地衡風(m/s)

H: 解析上端の高度(m) K : 渦粘性係数($=10(\text{m}^2/\text{s})$) f : コリオリパラメータ

また境界条件として各格子点の下端と上端での水平成分の風速が必要となるが、下端での風速はAMeDAS観測点から内挿して与えた。上端での風速(地衡風 U_{g0}, V_{g0})は、地衡風とレーダエコーの移動速度との相関が高いという結果を元にレーダエコーの移動速度から求めた。なお、算定領域は、西南下端($N34^\circ 20' 00'', E136^\circ 00' 00''$)を原点とした $160\text{km} \times 160\text{km}$ の領域で、格子点間隔は $\Delta x = \Delta y = 2.5\text{km}$ とする。また、鉛直方向には、上端高さを 3km とし、これを10層に分けて計算を行った。

図-1は1989年9月2日22:00におけるある鉛直断面での風速場を示したものであるが、これによると、地上での風速は上空

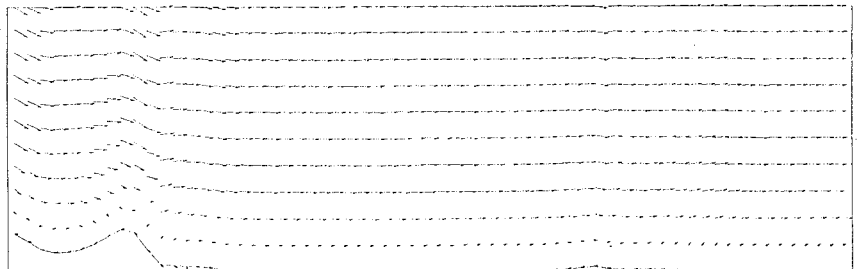


図-1ある鉛直断面での風速場(1989年9月2日22:00)

には余り影響せず、逆に地衡風（約10(m/s)）は鉛直分布に大きく寄与していることが分かる。また、地形効果による上昇風は、解析上端まで影響していることが分かる。

3. 降雨場のモデリング

前述の大気の流れの場を定常的に与えることによって、降雨場の再現を図るが、ここでは、暖かい雨を対象としたケスラー³⁾のパラメタリゼーションによって大気中の水分量をモデル化し、降雨場を計算してみた。基礎式²⁾を表-2に示す。

表-2 基礎式

$\frac{\partial m}{\partial t} + \frac{\partial(mu)}{\partial x} + \frac{\partial(mv)}{\partial y} + \frac{\partial(mw)}{\partial s} - \frac{m}{H-h(x,y)} \left(u \frac{\partial h(x,y)}{\partial x} + v \frac{\partial h(x,y)}{\partial y} \right) = SS_m$	(3-1)	m	: 雲水量	(g/m ³)
$SS_m = -AC - CC + EP + CV$	(3-2)	M	: 雨水量	(g/m ³)
$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(Mu)}{\partial x} + \frac{\partial(Mv)}{\partial y} + \frac{\partial(Mw)}{\partial s} + \frac{\partial(MV)}{\partial s} \frac{1}{H-h(x,y)} - \frac{M}{H-h(x,y)} \left(u \frac{\partial h(x,y)}{\partial x} + v \frac{\partial h(x,y)}{\partial y} \right) = SS_M$	(3-3)	u, v, w	: x, y, z 方向の風速	(m/s)
$SS_M = AC + CC - EP$	(3-4)	AC	: 雲の雨への転換	(g/m ³ /s)
$AC = \begin{cases} K_1(m-a) & (m > a) \\ 0 & (m < a) \end{cases}$	(3-5)	CC	: 雨による雲の補足	(g/m ³ /s)
$CC = 6.96 \times 10^{-4} EN_0^{1/8} m M^{7/8} e^{kz/2}$	(3-6)	EP	: 雨の雲への蒸発	(g/m ³ /s)
$EP = 1.93 \times 10^{-6} N_0^{7/20} m M^{13/20}$	(3-7)	CV	: 水蒸気の凝結	(g/m ³ /s)
$CV = w(A + Bz)$	(3-8)	V	: 雨滴落下速度	(m/s)
$V = -38.3 N_0^{-1/8} M^{1/8} e^{kz/2}$	(3-9)	R	: 降雨強度	(mm/h)
$R = -3.6 MV$	(3-10)	K ₁	: 転換項の定数	(= 10 ⁻³ s ⁻¹)
		a	: 転換項の閾値	(= 0.5g/m ³)
		E	: 補促率	(= 1)
		N ₀	: Marshall-Palmer 定数	(= 10 ⁷ m ⁻⁴)
		k	: 空気密度の鉛直方向減率	(= 10 ⁻⁴ m ⁻¹)
		z	: 高度	(m)
		A	: 凝結項の定数	(= 3 × 10 ⁻³ g/m ⁴)
		B	: 凝結項の定数	(= -3 × 10 ⁻⁷ g/m ⁴)

図-2は1989年9月2日22:30のレーダエコーを表し、図-3は同22:00のレーダエコーを初期値とした場合の30分後の降雨の再現結果であり、いずれも等高線間隔を10mm/hで表している。両者を比較してみると、降雨域及び降雨域の強度に若干のずれは見られるもののうまく対応していると言える。

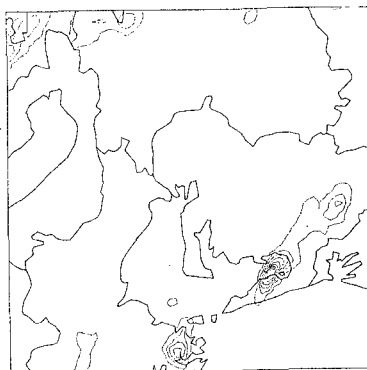


図-2 レーダー

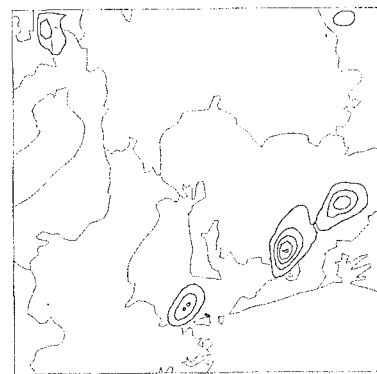


図-3 再現結果(30分後)

4. まとめ

3次元の風速場の算定結果、地衡風は風速の鉛直分布に大きく寄与しており、地形効果による上昇風は境界上端まで影響することが分かった。また、降雨場の再現結果では、30分先の予測がうまく再現され、有効性が見いだされた。

今後は大気の大気対流現象を考慮した風速場モデルを現在の風速場を大気の流れの場に組み込むことにより、予測精度の向上、予測時間の延長を目指したいと考えている。また、降雨場のモデルにおける初期条件、境界条件の与え方についても解析事例増やし検討を加えたいと考えている。

参考文献

- 1) 中北英一・筒井雅行：降雨分布特性の気象力学的解析，京都大学防災研究所年報第31号B-2, 1988
- 2) 中津川誠：流域スケールの降雨特性の研究，北海道開発局開発土木研究所報文，pp. 22-53, 1990, 10
- 3) Kessler, E.: Models of microphysical parameters and processes, Meteorological Monographs, No. 10, pp. 26-31, 1969.