

II - 132

3 次元レーダー情報及び水蒸気鉛直輸送を考慮した短時間降雨予測手法の開発

京都大学防災研究所 正員 中北 英一
 京都大学大学院 学生員 藤井 孝成
 電力中央研究所 正員 杉本聡一郎
 京都大学防災研究所 正員 池淵 周一

1 はじめに

3次元レーダー情報及びGPVデータを用いた短時間降雨予測手法¹⁾では、水蒸気から水分への変換能率を高める不安定場を定義し、不安定場の移流により降雨予測を行った。ここで用いられている降雨の概念モデルである α モデルは、上層を流れる水蒸気を降雨に変換するものであったため、結果として降雨強度が弱く予測される傾向にある。そこで、本研究では潜在不安定の概念を持ち、下層の豊富な水蒸気を鉛直輸送させることで対流現象を表現したLFCモデル²⁾に着目し、モデルパラメータを3次元レーダー情報及びGPVデータから推定する方法を開発し、推定されたパラメータを用いて実時間降雨予測を試みる。

2 LFCモデルの概要

水蒸気を鉛直方向に補給する側の下層を補給層、水蒸気が下層から補給され、降水に変換される側の上層を吸引層と呼んで大気を2層に分けて考え、場の状態から定まる自由対流高度 z_{LFC} を $(1-\beta)$ 倍($0 < \beta < 1$)することで自由対流が生じ得る層を補給層内に生起させ、その層内の水蒸気流入量の α 倍が吸引層に鉛直輸送され、それを相変化させるというのがLFCモデルである。

モデルパラメータは α 、 β の2つである。このうち β は水蒸気の鉛直輸送を生起させるものであり、 α は鉛直輸送が生起する状態となった時の実際の鉛直輸送量を決定するものである。補給層内の高度 z_a において、

$$z_a > (1-\beta)z_{LFC} \quad (1)$$

が満たされる時に、この高度から水蒸気が鉛直輸送される(図1左図)。一方、高度 z_a からの鉛直輸送量は、各高度において潜在不安定度を考慮して、

$$\alpha_r(x, y, z_a) = \alpha E^{(+)}(z_a, m_v) / \max E^{(+)}(z_a, m_v) \quad (2)$$

$$Q_l(x, y, z_a) = \alpha_r \rho_v \sqrt{u^2 + v^2 + \omega^2} \quad (3)$$

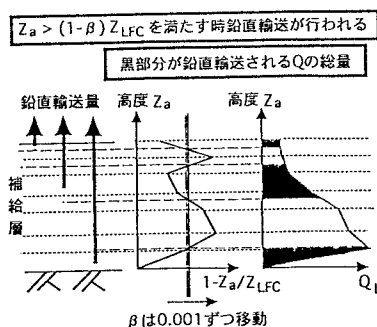
によって算定される。ただし、 $E^{(+)}$ は浮力のエネルギーである潜在不安定度で、空気塊の過程曲線と周囲の気温とから求められる。このパラメータ α_r と β を移流させることによって降雨予測を行う。ここで、パラメータ β は水平方向の2次元分布、 α_r は3次元分布である。 α は一樣で、一定値である。

3 LFCモデルパラメータの推定と降雨予測

中北ら²⁾はパラメータをあらかじめ設定し、試験的に降雨予測を行ったが、様々な降雨のケースを考えた場合、設定した値が必ずしも適当であるとは限らない。そこで予測開始時刻においてパラメータを推定する必要があり、本研究においてそのパラメータの自動推定方法を開発した。

以下、推定の手順を述べる。まずパラメータ α に任意な仮の値を与える。そこで設定した α から式(2)より α_r が求まる。次に β を推定するが、 β の値は0を初期値として、0.001の増分で値を上げていき、1.0(自由対流高度が0になる)を上限として、チューニングを行う。すなわち、補給層から鉛直輸送される水蒸気フラックスの鉛直方向の総和 $\int Q_l(z)dz$ が、吸引層において3次元レーダー情報から算定される水蒸気相変化量 $Q_0(z)$ の鉛直方向の総和 $\int Q_0(z)dz$ に最も近い時の β の値を推定値とする。

水蒸気の鉛直輸送が行なわれる地点は式(1)を満たす地点 z_a である。ここで、図1の中・右図に示すように、補給層の格子点以外のどの高度に対しても、式(1)を変形した $\beta > 1 - z_a/z_{LFC}$ の右辺と Q_l の値が存在するようにするために、各格子点間で $1 - z_a/z_{LFC}$ の値と Q_l の値を線形内挿する。

図1 パラメータ β の推定

まず上の手順によってパラメータ α_r 、 β の仮の値が推定される。この場合、まだ計算領域全体において補給層からの水蒸気フラックスの総和 $\int \int \int Q_l(z) dx dy dz$ が水蒸気相変化量の計算領域全体における吸引層での総和 $\int \int \int Q_0(z) dx dy dz$ に一致するとは限らない。そこで、

キーワード：降雨予測，3次元レーダー，GPV，潜在不安定，対流性降雨

京都大学防災研究所（〒611 宇治市五ヶ庄，TEL 0774-38-4260，FAX 0774-32-3093）

この両者が一致するよう、輸送量に関わるパラメータ α を

$$\alpha_{\text{new}} = \frac{\int \int \int Q_0(x, y, z) dx dy dz}{\int \int \int Q_1(x, y, z_a) dx dy dz} \alpha \quad (4)$$

によって修正する。この修正後の α_{new} を用いて β を推定し直すという手順を繰り返し、

$$|\alpha_{\text{new}} - \alpha| < 10^{-8} \quad (5)$$

となった時に α の値が収束したとして、この時の α , β を推定値とする。この時、 α_r をまず式(2)によって求めるが、鉛直方向における水蒸気フラックスの総和 $\int Q_1(z) dz$ と水蒸気相変化量の総和 $\int Q_0(z) dz$ が厳密に一致するように、次式によって修正を行う。

$$\alpha_{r\text{new}} = \frac{\int Q_0(z) dz}{\int Q_1(z) dz} \alpha_r \quad (6)$$

最終的に推定された 2.0 km 高度における β の分布図（図2）を見ると、降雨が観測された場所でパラメータの値が大きくなっている。

4 LFC モデルによる降雨予測結果

3. で推定したパラメータを用いた 4 時間先までの降雨予測結果を図3に示す。 Q の予測に 2. 及び 3. の手順を用いる以外は、初期場の推定方法、降雨の再現・予測計算方法は中北ら¹⁾の方法と同じである。一方、中北ら²⁾は補給層からの水蒸気フラックスを吸引層で高度ごとに等分配していたが、本研究ではレーダー情報を用いればより忠実な再現ができると考え、レーダー情報から得られる水蒸気相変化量 $Q_0(z)$ に比例するように水蒸気フラックスを各高度ごとに分配した。降雨域はイニシャル時刻にレーダーで観測された降雨域を保存するような形で予測された。 α モデルでの予測における大きな問題点であった降雨域のまばらな分布が算定されるということとはなくなるとともに、 α モデルでうまく予測されていた雨域が広がっていく様子の予測も良好に保持されている。

以上 α モデルを LFC モデルに置き換えた 3 次元レーダー情報を用いた短時間降雨予測手法を開発し、結果として、 α モデルの問題点を解決するとともに、 α モデルの良好な点を保持する予測手法であることを示した。

【参考文献】 1) 中北英一・杉本聡一郎・池淵周一・中村徹立・奥田昌弘・山路昭彦・高棹琢馬：3次元レーダー及びGPV データを用いた短時間降雨予測手法，水工学論文集，第40巻，pp.303-308，1996。

2) Nakakita, E. et al. : Short-term rainfall prediction method using a volume scanning radar and grid point value data from numerical weather prediction, *J. Geophys. Res.*, 101, 26181-26197, 1996。

3) 中北英一・澤田典晴・川崎隆行・池淵周一・高棹琢馬：不安定場モデルをベースにした 3 次元レーダー情報による短時間降雨予測手法，京都大学防災研究所年報，第35号 B-2，pp.483-507，1992。

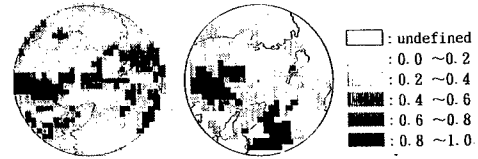


図2: 2.0 km 高度における $\alpha_r (\times 10^5)$, β の分布図

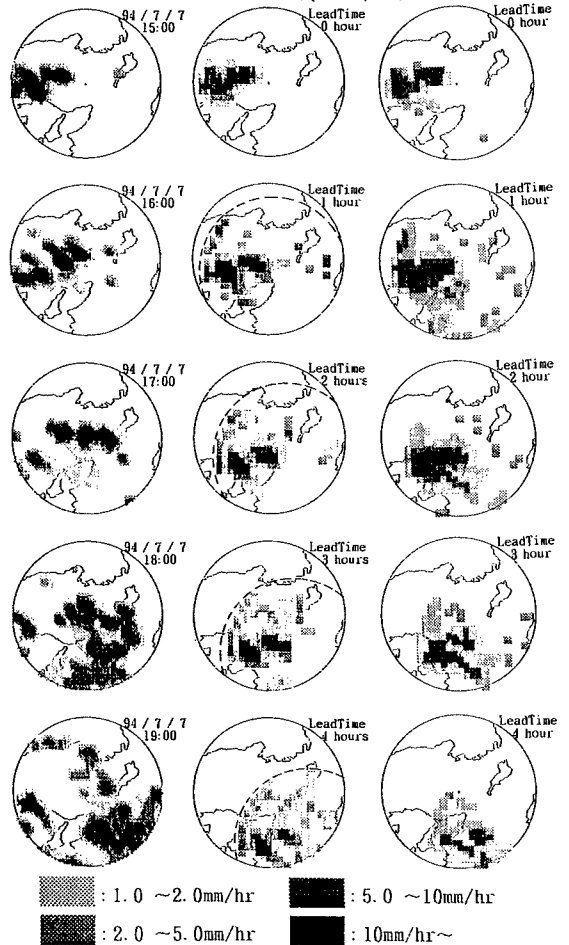


図3: 実況と降雨予測分布図，左：実況，中：予測（ α モデル），右：予測（LFC モデル）