

第Ⅱ部門 地形性降雨を導入した広域合成レーダー情報による台風性降雨予測手法

京都大学工学部 学生員○足立 充
京都大学大学院 正会員 中北 英一
京都大学防災研究所 フェロー 池淵 周一

1. はじめに 現在ではレーダー観測領域を合成して、広範囲を観測したレーダー情報を用いることができるようになっている。その結果、1つのレーダー観測領域内を対象にする場合に比べて、対象領域内を台風の眼が通過するような極端な場合も多くなる。この場合、台風自体の挙動が雨域の移流に影響を及ぼすことが十分に考えられるため、位置の一次式で移流ベクトルを設定した既往の移流モデルによって正確に移流ベクトル及び発達衰弱量が算定されるかどうかは疑わしい。これに対して、既往研究により、雨域の移流をランキン渦で仮定する手法を用いることで、台風の眼付近の雨域の回転が上手く予測された。そこで本研究では、この手法に地形性降雨を算定するためのモデルである立平モデルを導入することで、地形が降雨分布に及ぼす影響を考慮し、更なる降雨予測精度向上を目指す。

2. 雨域の移流をランキン渦で仮定した移流モデル 移流モデルとは、レーダー情報から得られる降雨分布の変動パターンを時間的に外挿させる運動学的手法の一つであり、移流方程式、

$$\frac{\partial r(x, y)}{\partial t} + u(x, y) \frac{\partial r(x, y)}{\partial x} + v(x, y) \frac{\partial r(x, y)}{\partial y} = w(x, y)$$

によって雨域の移動や変形が表されるものとする。ここで u 、 v は雨域の移流ベクトル、 w は、移流ベクトル u 、 v に沿った発達衰弱量を表す。雨域の移流ベクトル u 、 v は、台風の眼の移動ベクトルと、台風の眼を中心としたレインバンドの回転方向の移動ベクトルの和で表す。台風の雨域の回転にはランキン渦を仮定する。ランキン渦とは、中心からの距離が一定距離 r_0 までは強制渦、その外側を自由渦として空間的に結合した渦モデルのことであり、 r_0 と渦度を線形最小自乗推定問題として推定する。

次に、同定されたパラメーターが、数時間先まで持続するとして将来の降雨強度を推定する。降雨予測の方法としては、上記の移流方程式を差分近似($\Delta x = \Delta y = 1\text{km}$, $\Delta t = 30$ 秒)し、移動する台風の目に伴って移流ベクトル場を移動させて予測する。

3. 立平モデル 立平モデルとは、地形性降雨を算定するためのモデルであり、地形の影響による降雨の停滞を良く捉え、図1に示すように、以下のような特徴がある。

- ・ 地形性上昇風によって山を越えるときに、凝結した水蒸気(雲水量)から降水に転換する。
- ・ 雲粒から雨滴への成長過程も考慮している。
- ・ 非地形性降雨による降水雲粒補足(シーダーフィードー機構による)を考慮している。
- ・ 気塊が山を迂回せずに上昇すると仮定している。
- ・ 過去(風上)に地形性降雨として落下した水蒸気を気塊から逐次取り除く。

4. 降雨予測手法 図2の手順にしたがって予測を行なう。本研究では、まず、以下の条件で風向16方位について、風速10[m/s]、非地形性降雨強度4[mm/h]として地形性降雨強度分布を計算し、テーブルを作成しておく。

- ・ 非地形性降雨は、全計算領域において一様とする。
- ・ 風向・風速は全計算領域で時間に関係なく一定とする。

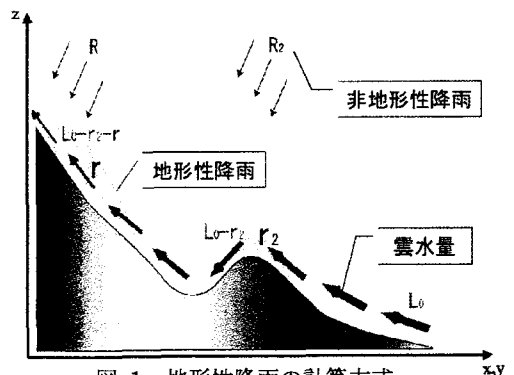


図1 地形性降雨の計算方式

・ 水蒸気量は全計算領域で飽和状態に近いものとする。
ここで注意を要する点は、各風向ごとに算定される地形性降雨分布としてのテーブルにおいて要求されるのは、降雨強度の絶対値ではなく、空間的に相対的な比としての分布情報である点である。

観測降雨、あるいは予測降雨を地形性降雨と非地形性降雨とに分離する方法は以下のとおりである。観測、または予測雨量を R 、非地形性降雨強度を R_N 、地形性降雨強度を R_O とすると、 $R = R_N + R_O$ である。地形性降雨強度は、風速と非地形性降雨強度によって変化するが、本研究では簡略のためこれらに対して線形関係が成り立つと仮定した。この仮定のもとで、先に用意した風速 10[m/s]、非地形性降雨強 4[mm/h] の条件で求めた地形性降雨強度を R_s とし、各場所ごとの移動ベクトルの速度 V [m/s] で風速値を代用すると $R_O = R_s \cdot \frac{R_N}{4} \cdot \frac{V}{10}$ となる。

これより、 $R_N = R \cdot \left(1 + \frac{R_s \cdot V}{40}\right)^{-1}$ により非地形性降雨強度を求め、降雨を非地形性降雨と地形性降雨に分離することができる。これらのうち、非地形性降雨のみを移流ベクトルに沿って移流させ、地形性降雨と合成することで予測雨量を得る。

5. 予測結果とその検証 ここでは 2001 年 9 月 11 日午前 8 時を初期時刻とした予測例を示す。予測結果は 3 時間後のものを示す。同時刻のレーダー観測による実況降雨を図 3、図 4 に、予測された移流ベクトル、地形性降雨を図 5、図 6 に、図 7、8 に予測降雨分布図を示す。地形性降雨を導入したものが図 8 である。移流ベクトルの風上斜面に地形性降雨が予測されており、これに伴って赤石山脈から伊豆半島にかけてと関東平野北部の足尾山地周辺で、停滞性降雨が予測されている。これらの地点の雨域の動きは実際の雨域の動きに近いものになったと言える。

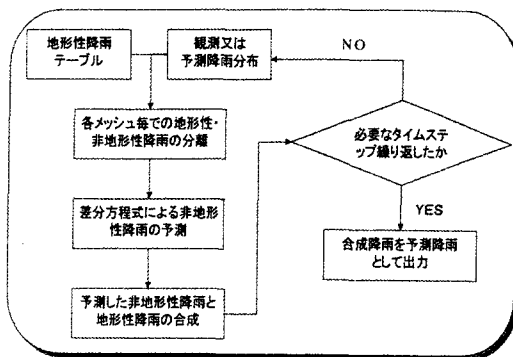
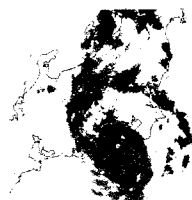
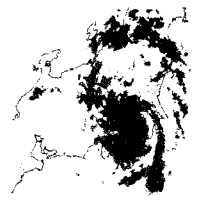


図 2 予測手順のフロー



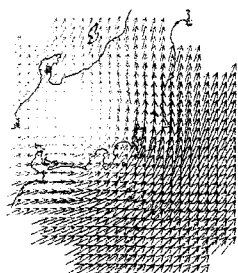
0 30mm/h

図 3 実況降雨(8:00)



0 30mm/h

図 4 実況降雨(11:00)
(初期時刻)



0 30km/h

図 5 移流ベクトル(8:00)



0 4mm/h

図 6 地形性降雨(11:00)



0 30mm/h

図 7 予測降雨(11:00)
(地形性降雨なし)



0 30mm/h

図 8 予測降雨(11:00)
(地形性降雨導入)

参考文献

- 1) 北井剛(2003) : 合成レーダー情報を用いた台風性降雨の短時間予測に関する基礎的検討, 京都大学卒業論文
- 2) 立平良三(1976) : 雨滴成長を考慮した地形性降雨の計算