

京都大学大学院 学生員 ○猪阪昇治 京都大学防災研究所 正員 大石哲
 京都大学防災研究所 正員 池淵周一

1 序論 洪水到達時間が短い河川を持つ日本の実時間洪水制御には、短時間降雨予測が望まれている。本研究では、GPV というメソ α スケールの情報から寒冷前線を抽出し、前線帯の風が地形の影響によって変化する様子を推論することでメソ β あるいはそれより小さいスケールにおいて、洪水をもたらすような豪雨の生起および持続を予測するエキスパートシステムの基本構造を確立し、それを計算機上で実現する。その際に事象を定性的に理解した上で、定性的なモデルを通して推論を行う定性推論の手法を用いている。

2 寒冷前線位置の推論 推論の入力データとなる GPV データとして JSM 狭域の GPV データを用いて寒冷前線の位置を推論する。これは寒冷前線が 500hPa より上空で判断されることはない、そして格子点間隔が狭い方がよいことが選択の理由である。

推論に用いる気象変数として、気温の勾配 ($\text{lgrad } T$)、水平風速の発散 ($\text{div } v$)、水蒸気混合比 (Q_v) の3つを考える。これらを選んだ理由は、寒冷前線はその通過にともない気温が急激に変化するような気温のコントラストを有すること、風の収束域を有すること、湿度が高い領域を有することの3つの性質を持つものであるためである。そしてこれらの気象変数から基礎的ルールを作成する。すなわち、 $\text{lgrad } T > a$, $\text{div } v > 0$, $Q_v > b$ であるような領域を前線帯とし、境界標 a, b を変化させることで、前線を求めるというものである。しかし、この基礎的ルールのみで寒冷前線を推論すると前線とは関係のない線も導出してしまうことがあるため、前線の形状の性質をルール化し診断に用いることで解決を図った。そのルールとは、1)閉塞していない寒冷前線は低気圧の中心より東に伸びることはない、2)前線は低気圧の中心から伸びている、3)前線は180度以上には折れ曲がらない、4)前線はある程度以上の長さを有している、の4つである。

これらの基礎的ルール、および形状の性質ルールを用いて事例解析を行った。対象とするのは1993年9月14日9時に近畿上空を通過した温帯低気圧に伴う寒冷前線である。その時の地上天気図(図1)と本研究で抽出した寒冷前線(図2)を比較すると、大阪湾付近から本州を横断する前線は低気圧の中心から伸びており位置もほぼ一致しているが、それ以外は一致していない。これは人間の推論においては全体を大きな単位に分割した後、領域によって異なった境界標を用いているが、本研究においては全領域に同じ境界標を用いている結果、人間が見れば明らかに前線として認められない前線まで抽出する可能性を含んでいることが原因である。

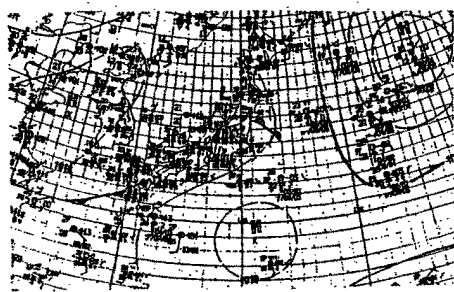


図1 1993年9月14日9時地上天気図

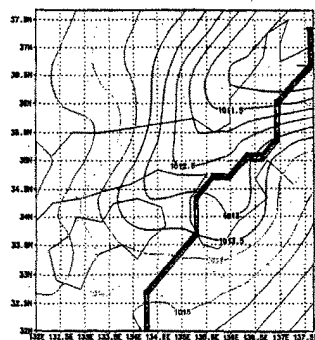


図2 本研究で抽出した寒冷前線

3 寒冷前線帯の風の推論 寒冷前線帯における空間的な気温・風の定性的分布は一定であると考えられている。図3に寒冷前線帯の定性的な風の流れを示す。すなわち、寒冷前線の前面では前線を左に見るような風があり、後面では前線に向かって吹く低温の風がある。ここでは、この風を初期値として地形の影響を受けた寒冷前線帯の鉛直上昇流の生起場所を推論し、それらが積雲の発生のトリガーになるとして寒冷前線帯に生起する局地的・ゲリラ的降雨を予測する基礎情報とする。

まず、一般的な大気の連続式を s 座標系を用いて変換し展開すると、

$$\frac{\partial}{\partial s}(\rho_0 \omega) = -\rho_0 \left\{ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right\} + \frac{\rho_0}{H-h} \left\{ u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \right\} \quad (1)$$

が導かれ、この式を定性推論により鉛直風の推論を行う基礎式とする。ここで右辺第一項は風の収束発散による鉛直風の生起、右辺第二項は地形の影響による鉛直風の生起を推論するものである。

この推論のアルゴリズムの説明をする。まず推論したい位置の風向方向を x 軸にとる。次にメソ α スケールからメソ β スケールにスケールダウンするために地形の影響を(1)を用いて考慮する。地形に影響を受けた風の風向方向の式は、

$$[v^*] = -[k] \left[\frac{\partial h}{\partial y} \right]$$

と表せる。ここで $[k]$ は正の値を持つ係数である。今、標高の変化 $\left[\frac{\partial h}{\partial y} \right]$ を負とすると、地形の影響を受けた風の風向方向 u^* は正の値を持つので、地形の影響を受けた風の風向方向は y 軸に正の値を持ち、図4に示すように y 軸に正の方向にずれる。次に地形の影響を受けた風 u^* の風向方向を x^* 軸にとり x^* 軸方向の u^* の変化、 y^* 軸方向の u^* の変化を求める。 x^* 軸における周囲の点、 y^* 軸方向における周囲の点についても同様に地形の影響を受けた風の風向方向を求めると図5のようになり、これらを推論したい位置における風の風向方向と比較し、

$$\left[\frac{\partial u^*}{\partial x^*} \right] = [0], \left[\frac{\partial v^*}{\partial y^*} \right] = [0]$$

ということがわかる。

この一連の作業により、右辺第一項の風の収束・発散による鉛直流の生起を推論することができ、右辺第二項の地形の影響による鉛直流の生起も同様な作業

で推論できる。そして最終的に2つを組み合わせると正の値が求められたとき、鉛直上昇流が生起していると推論できる。

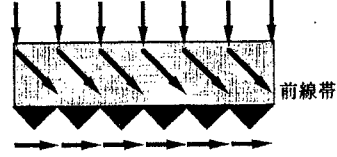


図3 寒冷前線帯の定性的な風の分布

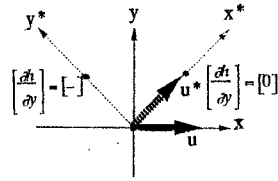


図4 推論したい点における地形の影響を受けた風

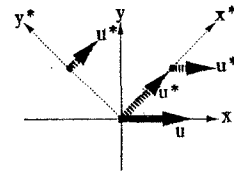


図5 周囲の点における地形の影響を受けた風

4 今後の課題 実時間洪水制御システムとして機能を果たすためには推論システムを一体化する必要がある。つまり、初期値として予測したい位置と GPV データを入力したならば、その間の推論過程を自動的に行い、予測したい位置における降雨予測を瞬時に出力しなければならない。さらに定性的に降雨を予測する際に重要な要素となっている前線帯で地形の影響を受ける風のみならず、前線帯の気温分布、前線帯へ流入する水蒸気を考慮したメソ β あるいはそれ以下のスケールでの短時間降雨予測手法を実現し、それを実際の降雨に適用して検証すること、誤った推論を訂正しながら推論を進めるような機能を追加することによって定性推論を用いた短時間降雨予測の完成を目指す。