

定性的短時間強雨予測手法の実用化に関する研究

山梨大学工学部	正員	大石 哲
建設省	正員	舩田直樹
京都大学大学院工学研究科	正員	堀 智晴
京都大学防災研究所	フェロー	池淵周一
京都大学防災研究所	正員	小尻利治

1 はじめに 日本では、洪水によってつくられた低平地に人口と資本の大部分が集中しているので、洪水制御の必要性・重要性は言うまでもない。そのような背景から、本研究では、情報工学的推論手法を用いた定性的短時間強雨予測手法 (Severe Rainfall prediction system using Artificial Intelligence, SRAI) [1] を提案するとともに、予測の長期化および予測の完全自動化を実現して、実際の河川管理現場への適用に供する実用的なシステムを構築する。

2 本手法の概要 情報工学的推論手法を用いた定性的短時間強雨予測手法 (SRAI) は、メソスケール大気診断システム、定性積雲モデル、雲間相互作用モデル、TMS (Truth Maintenance System) による予測精度および信頼度向上システムの4個のサブシステムからなる強雨予測システムである。また、推論を用いた予測を行なうために、気象庁が公開しているRSM上層とRSM航空のGPV、レーダー、静止気象衛星ひまわりのデータを用いている。

予測は、対象流域に格子状の推論領域を設定して、各グリッドメッシュごとに推論を行なう。1つのグリッドメッシュの大きさは5 km × 5 km である。

初期情報の入力から推論による予測結果の出力までの流れを説明する。まず本手法は観測情報や数値予報によって得られた定量的な情報を初期値として入手する。これらの初期値はメソ α ~メソ β スケールの情報であるため、流域スケールで用いるために空間内挿を行なう。次に、メソスケール大気診断システムでそれらの定量的な大気情報をしきい値によって定性的な条件に加工する。メソスケール大気診断システムで診断された結果は、定性積雲モデルの定性的初期情報となる。

ここで、定性積雲モデル (Qualitative Cumulus Model, QCM) とは、1つの積雲の生起・発達・衰弱・消滅過程をできるかぎり雲物理過程に忠実にモデル化したものであり、定性的な微物理過程と定性的な力学・熱力学過程をもとにして、雨粒・雲粒・氷晶などを表す定性的変数の存在・生起・成長・変化を定性的に推論する。ここで推論された強降雨の存在や分布が、すなわち本手法の予測結果である。

さらに、定性積雲モデルの結果は雲間相互作用モデルの初期情報となる。雲間相互作用モデルは、2つの雲が衝突した場合や、上昇風と下降風の衝突や落下による下降風が引き起こす水平風と周囲の風との関係を推論する。ここまでの一連の推論は、1つの積雲の生起・発達・消滅のサイクルに基づき、約1時間の予測を行うものとする。予測開始から2時間後以降の予測については、雲間相互作用モデルによって推論された結果を次の時間の定性積雲モデルの初期情報とする。そして、この推論過程を数回繰り返すことで数時間後の強雨生起・分布予測ができることとなる。

さらに、TMSを用いた予測精度および信頼度向上システムによって、予測の長期化に伴う以下の問題を解消する。その1つとして、予測開始の前に予備予測を行なって予測のしきい値を適切に設定することで予測精度を向上させる。また、予測内容の原因と結果の関係を明確に記述し、必要に応じて表示する説明機能が実現でき、それによって予測信頼度を高めることができる。

大石ら[2]の方法では予測の長期化に伴って初期値が推論できる推論領域が移流してしまい、3時間後以降では推論を行なうことができなかったが、本手法では、開発環境を改善して推論領域を十分に広く確保することによりこの問題を解決した。また、情報の入出力など予測に関わる一連の作業を自動化するとともに、予測内容についても妥当性を評価する方法論を確立して、本手法による6時間程度先までの予測を実現した。

キーワード：短時間降雨予測，定性積雲モデル，人工知能，Truth Maintenance System

山梨大学工学部 (〒400-8511 甲府市武田4-3, TEL 055-220-8524, FAX 055-220-8773)

さらにこれまでは経験的な値を推奨値として用いていたしきい値について、レーダーの観測情報と本手法の診断システムからしきい値を自動設定できるようにした。

3 本手法の適用と考察 本手法では、実際の降雨現象への適用として、淀川水系天ヶ瀬ダム流域とその残流域を対象流域とし、推論の補助領域を含めた全推論領域を深山レーダーサイトを中心とした東西240km、南北240kmとした。対象領域において10 mm/hr以上の降雨が生起した事例について6時間先までの予測を行なった。

まず、1999年6月27日7時を推論開始時刻として強雨予測を行なった。強雨予測結果として、本手法は対象領域において強降雨が生起する部分と生起しない部分を推論し、予測強雨域の分布を示すことができた。また、強雨域の発達・衰退の時間的变化については、前の時間ステップで強降雨が生起すると推論された領域で次の時間も強降雨が継続して生起する領域、および前の時間ステップで強降雨は生起しないと推論された領域で次の時間も強降雨が生起しない領域を予測した。さらに、前の時間ステップでは強雨が生起していない領域で次の時間ステップに強降雨が生起する領域も予測できた。しかし、前の時間ステップで強降雨が生起すると推論された領域では、必ず次の時間にも強降雨が生起すると予測してしまう問題点も生じた。

予測の精度については、実際に生起した強降雨域と本手法が予測した強降雨域は、TMSを用いた予測精度および信頼度向上システムを通さない場合には一致しなかった。そこで1時間後の結果とその時間に入手したレーダーの降雨強度を比較して、予測結果に誤差がある場合には修正を行なった。

その方法として、まず強降雨が生起すると推論した領域について感度分析を行ない、その結果を誤差修正に用いる。感度分析の結果、強降雨を予測するために重要な初期条件として、以下の初期条件を自動で検出することができた。すなわち、中下層の十分な水蒸気存在・雲粒存在・上昇風存在・対流不安定、中上層では霰存在が、この時の地表面の強降雨が生起するに際して不可欠である。これらの初期条件について、さらにその重要度を考察し、予測誤差の原因となりかつ誤差修正の影響が次の時間ステップ以降の予測精度の向上につながる条件として、中下層の上昇風を選択するのが適当であると考えた。したがって、実際には強降雨が生起していない領域で強降雨を予測した領域については、推論開始時点において中下層には上昇風が生起していなかったとした。一方、実際には強降雨が生起した領域で強降雨の生起を推論できなかった領域については、推論開始時点において先の重要な初期条件がすべて揃っていたものとした。

このようにして、予測制度の問題点を解決して予測を実行した結果、1時間後の予測においては妥当な予測結果を出力することができ、TMSを用いた予測精度および信頼度向上システムが適切に機能していることが確認できた。一方、2時間後以降の予測結果については、予測にかなりの誤差が生じることが示された。これと、小スケールの地形の影響を考慮したため、80%以上の予測が正しく行われた大石ら[2]の結果を考えあわせると、本手法で完全自動化の過程で達成できなかった小スケールの地形の影響を受けた風の挙動予測を行うことは正確な予測を行うために欠くことのできない要素であるといえる。

これらの問題については、今後、感度分析と誤差修正手法の結果をシステムへフィードバックしてシステムの改善を繰り返すことにより解決できる問題であると考えられる。

またこのほかに1999年6月29日と1998年10月16日の事例についても本手法による強雨予測を行ったが結果はほぼ同様であった。

4 結論 本手法は実時間洪水制御支援に必要とされる6時間先までの降雨分布予測を定性的短時間強雨予測手法によって行なうものであり、河川管理者の要請に応えるべく予測システムの自動化や予測内容の説明などシステムを実用化したものである。また、本研究で確立した感度分析と誤差修正手法は今後の予測システム改善に寄与するものである。

参考文献

- [1] 大石哲：積雲の雲物理的構造解析を基礎にした洪水制御支援環境の開発に関する研究, 京都大学学位論文, pp.131 - 170, 1997.
- [2] 大石哲・池淵周一・小尻利治・舩田直樹：対流雲からの降雨に関する知識を有する人工知能による洪水制御支援手法の開発, 土木学会水工学論文集第43巻, pp.251-256, 1999.