

京都大学大学院
京都大学防災研究所 正員

学生員

○舩田直樹

京都大学防災研究所

正員 大石哲

小尻利治

京都大学防災研究所

正員 池淵周一

1 はじめに 実時間洪水制御を行うためには6時間程度先までの流出予測情報が必要とされるが、情報工学的推論手法を用いた短時間強雨予測手法(Severe Rainfall prediction method by using Artificial Intelligence, SRAI)[1]では、予測の長期化に伴い、予測誤差が増大するという予測精度の劣化および推論結果がなぜ起こったかを説明する機能の低下という信頼度の劣化が問題となる。

そこで本研究では、TMS (Truth Maintenance System)[2]を用いて初期情報の感度分析を行い、その感度情報をもとに効率よく予測誤差を修正して、SRAIの予測精度および信頼度を向上させることで、河川管理者の要請に応じた実時間洪水制御システムの確立を目指している。

2 モデルの概要

2.1 短時間強雨予測手法 (SRAI) の構成 図1のように、情報工学的推論手法を用いた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 (Mesoscale Atmosphere Diagnosis System, MADS), 定性積雲モデル (Qualitative Cumulus Model, QCM), 雲間相互作用モデル (Cumulus Interaction Model, CIM) から構成されている。SRAIでは初期値として、GPV, 高層気象観測, ひまわり, レーダー, アメダスなどの観測気象情報を用いている。

メソスケール大気診断システムは、観測された大気条件を本手法が必要とする定性情報に加工する役割を果たすものであり、診断された結果は定性積雲モデルへの初期情報となる。定性積雲モデルは、定性的に積雲が発達する過程を推論し、強降雨の存在や分布を推論する。雲間相互作用モデルは、定性積雲モデルの結果を初期情報として、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。この一連の推論が約1時間の予測を行う推論であり、その推論結果を次の時間の推論におけるメソスケール大気診断システムの初期情報とする。こ

のような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。

このSRAIの中でTMSは降雨予測にとって重要な初期情報を検索し、予測が誤っていた場合にはその初期情報を修正する。これによって予測誤差の修正を行う。また予測結果に至った重要な初期情報を出力することで予測の信頼度を向上させる。

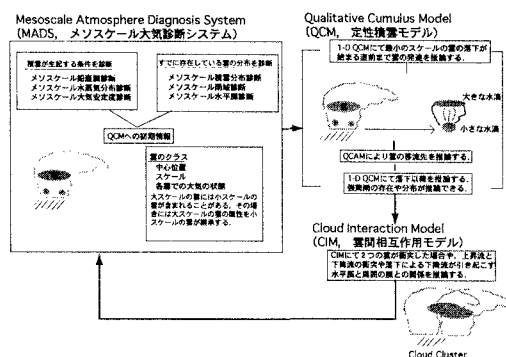


図1: SRAIの全体像

2.2 JTMS (Justification-based Truth Maintenance System) TMSは推論における原因-結果の因果関係を因果関係図 (dependency-network) という形式で記憶し、それをもとに推論結果に矛盾が生じた場合にその原因の特定を高速に自動で行うことができるシステムである。本研究ではTMSの種類の中で最もシンプルな型であるJTMSを用いている。JTMSは定性積雲モデルの推論エンジンが行った推論過程において矛盾が発生した場合に、矛盾が生じたノードから因果関係図の中を推論を逆向きに遡ってその原因となる初期情報の候補を探し出すbacktracking, およびbacktrackingによって探し出された矛盾原因について、1つ1つそれらのノードが成立しない状態を作り、その影響範囲を調べるretractingという方法で矛盾にとって重要な初期情報の特定を行う。

3 初期情報の感度分析 本研究では、定性積雲モデル (QCM) による推論の結果、降雨があると予測さ

れた場合について、降雨があるという予測結果を矛盾として感度分析を行った。以下で降雨に関して重要な初期情報とは、その情報が成立しないとした場合に予測結果が変わる、すなわち降雨が生起しない状態になるようなものをいう。

3.1 感度分析結果の検証 JTMSを用いて自動で行われた感度分析の結果については、以下のように検証を行う。まずJTMSのbacktrackingによる矛盾原因となる初期情報の候補の検索結果は、QCMの推論の因果関係図を作成してそれを手動で追跡した結果と比較する。またJTMSのretractingによる重要な初期情報の特定結果は、QCMで全ての初期情報について再推論した結果と比較する。

3.2 初期値に降水粒子がない場合 まず、JTMSの挙動を確かめるために、初期値に降水粒子がないという仮想的な場合について感度分析を行った(図2)。その結果、降雨の原因となる初期情報の候補の検索について、JTMSの検索では表れず、QCMの因果関係図では重要であるとされた初期情報は見られなかった。また、降雨に関して重要な初期情報についても、JTMSの特定とQCMの再推論の結果との間に見落としは見られなかった。

一方、QCMの再推論では降雨に関して重要でないとされた情報の中でJTMSによる検索では重要とされた情報はいくつか含まれた。しかし、それらは全てJTMSに機能を付加するために生成された初

期値であり、その後の考察で、この結果はJTMSの感度分析の精度を著しく損なうものではないことが明らかになった。

3.3 初期値に降水粒子がある場合 次に、より現実的な場合、すなわち初期値として降水粒子に関する情報を含み、また観測が困難な情報は含まないような場合について感度分析を行った。そして、降雨の原因となる初期情報の候補の検索に関して、JTMSで検索した結果とQCMの因果関係図を手動で遡って導いた結果を比較した結果、JTMSによる検索には表れず、QCMの結果にはあるという初期情報があることがわかった。しかし、それらの初期情報は、最終的に重要な情報となるものではなかった。

また、JTMSを用いた降雨に関して重要な初期情報の特定では、QCMで再推論した場合と比較してJTMSが見落とした情報はなかった。一方、QCMでは降雨に関して重要でないとされた情報についてJTMSを用いた場合には重要であると判断されたものがあった。しかし、それらは全てJTMSに機能を付加するために生成された初期値であり、その後の考察によって、この結果がJTMSの感度分析の精度を著しく損なうものではないことが確認された。

4 結果と考察 上記の感度分析を通して得られた結果は以下の通りである。

- 初期情報の感度分析においてJTMSは迅速な処理を自動で行うことができる。また、感度分析の精度に関しても、時間をかけて推論をやり直した結果とほとんど一致する。
- QCMによる積雲の発達過程の中で、降雨の生起に関する重要な過程は中上層での電の生成である。その生成には、初期値に降水粒子がない場合には、中下層と中上層における十分な水蒸気と上昇風の存在が不可欠であり、降水粒子がある場合には、氷晶あるいは霰の存在が重要な役割を果たす。

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，京都市大学学位論文，pp.131 - 170, 1997.
- [2] Doyle, J. : A truth maintenance system, *Artificial Intelligence* 12, pp.231 - 272, 1979.

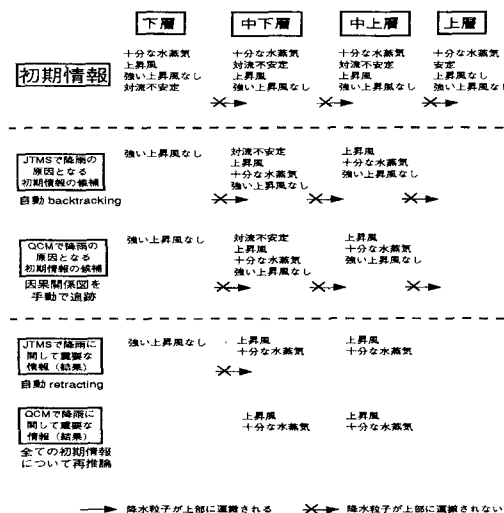


図 2：初期値に降水粒子がない場合の感度分析結果