

第 1 章

研究の背景及び目的

1.1 降水予測の現状

短期の降水予測は、実況値を時間的・空間的に外挿して行う傾向予測と観測値を初期条件として物理モデルにより数値シミュレーションを行う数値予報とに大別される。前者は目先数時間程度までを予測の対象としており、後者はそれよりも時間スケールの大きい気象擾乱を主たる予測対象としている。

以下では、現在、気象庁が行っている降水短時間予報（SRF : Short-Range Forecast of precipitation）と数値予報（NWP : Numerical Weather Prediction）について記す。

1.1.1 降水短時間予報

降水短時間予報は、全国 20 ヶ所の気象レーダーの降水分布を約 1,300 ヶ所のアメダスの地上降水量で較正した降雨実況（レーダー・アメダス解析雨量）から約 2.5km メッシュで向こう 6 時間の 30 分毎の降水量を 30 分おきに予測するものである。降水短時間予報の予測方法は、先述のように、実況を外挿する傾向予測であり、降雨域の外挿速度は、パターン・マッチングの方法で算出されている。すなわち、100km 四方の領域毎に、1 ないし 2 タイムステップ前の雨量分布と最新の雨量分布との類似度が最も高くなる移動量を求め、隣接する格子点の移動量が連続関数となるように領域毎の移動量を各格子点の移動量に割り当てている。なお、パターン・マッチングの前処理としては、概念モデルである Seeder-Feeder モデルにより地形由来の停滞性降雨の除去が行われている。また、風向・風速や地形性降雨の発達・衰弱など数値予報による予測値を考量して精度向上を図っている [1]。

降水短時間予報は 1998 年 4 月に開始され、以後、レーダー・アメダス解析雨量に連動した予測情報の細密化及び予測アルゴリズムの改良を重ねて現在に至っている（表 1.1）。

さらに、2004 年 6 月 1 日からは、約 1.0km メッシュで向こう 1 時間の 10 分毎の降水量を 10 分おきに予測する「降水ナウキャスト」の提供が開始されている [2]。

表 1.1 レーダー・アメダス解析雨量と降水短時間予報の仕様の変遷

年・月	レーダー・アメダス 解析雨量	降水短時間予報
1988.4～	5km† 1時間毎	-
1991.4～	5km 1時間毎	-
1998.4～	5km 1時間毎	5km 1時間毎 3時間まで
2001.3～	2.5km 1時間毎	5km 1時間毎 6時間まで
2003.6～	2.5km 30分毎	5km 30分毎 6時間まで

† 南西諸島を除く。

(気象庁資料)

1.1.2 数値予報

気象庁は、メソ・モデル、台風モデル、領域モデル、全球モデルなどの予報領域・時間・解像度の異なる種々の数値予報モデルを運用し、用途に応じて使い分けしている [3] (表 1.2)。これらの気象予測モデルは、計算機システム (NAPS : Numerical Analysis and Prediction System) の導入に合わせて更新・拡張が行われ、現在は 2001 年 3 月に導入された NAPS7 上で稼動している。予報結果は、数値予報天気図や格子点値 (GPV : Grid Point Value) として出力され、民間気象会社や報道機関に提供されているほか、外国の気象機関でも利用されている。

数値予報では、前処理として、時空間的に不均一、かつ、観測手法・観測精度が異なる多様な気象観測値 (地上・洋上観測、ゾンデ・航空機・ロケット観測、レーダー、ウィンド・プロファイラ、気象衛星) から、数値計算に用いる 3 次元の共形格子点上の気象変量を推定する「客観解析」、客観解析のデータセットから重力波ノイズの除去などを施す「初期値化」が行われる。また、客観解析に際しては、観測情報の不足を補い、解析・予報精度を向上させるため、前回の予報結果が第 1 推定値として与えられる。このように、数値予報は客観解析-予報の過程を繰り返し実行する「4 次元データ同化システム」という手法を採用している。

これらのモデルの内、河川・ダムの高水管理と関係の深い短期降雨の予報は、メソ・モデル

表 1.2 主な数値予報モデルの概要

予報モデル	用途	予報領域と水平解像度	予報期間	実行回数
メソ・モデル	防災気象情報	日本周辺 10km	18 時間	1 日 4 回
領域モデル	分布予報・時系列予報 府県天気予報	東アジア 20km	2 日間	1 日 2 回
台風モデル	台風予報	北西太平洋の台風周辺 24km	3.5 日間	1 日 4 回
全球モデル	府県天気予報	地球全体 55km	3.5 日間	1 日 1 回
	週間天気予報		9 日間	
アンサンブル週間 予報モデル	週間天気予報	地球全体 110km	9 日間	1 日 1 回
1 か月予報モデル	1 か月予報	地球全体 110km	1 か月	週 1 回

(MSM : Meso-Scale Model), 領域モデル (RSM : Regional Spectral Model) および台風モデル (TYM : TYphoon Model) でなされる。メソ・モデルは、特に集中豪雨の予測のため、NAPS7 の導入と同時に供用が開始された。以降、1年後の2002年3月にはデータ同化法が4次元変分法 (メソ 4D-Var) [4] に高度化され、続いて2004年9月にはモデルの厳密化 (鉛直方向の運動を無視する静力学モデルから非静力学モデルへの変更, 降水過程の精密化) が行われる [5] など現在、最も旺盛に改良が進められている数値予報モデルである。さらに、次期 NAPS (2006年3月導入予定) では、空間解像度の高密度化 (5km メッシュ) が計画されている [5] *1。領域モデルおよび台風モデルは、旧 MSM と同等の静力学モデルを解析領域・空間解像度を変えて運用している。RSM のデータ同化システムは、2003年6月にメソ 4D-Var と同様のシステムに変更されている [6]。

1.2 洪水予測の現状

現在、1級109水系の193河川が水防法第10条第2項 (国の機関が行う洪水予報) の規定による洪水予報指定河川に、また、324河川が同法第10条の6第1項 (水防警報) の規定による水防警報河川に指定されており、全ての1級水系において何らかの手段で洪水予測を実施し、予警報業務に資している。

洪水予測手法としては、高水計画での採用実績などの歴史的経緯もあり、木村の貯留関数モデルによるものが圧倒的に多く、次いで水位相関など経験的な方法が採られている [7]。また、予備のシステムとしてタンク・モデルによる予測ルーチンを用意しているシステムも少なくない。過去の予測傾向に応じて将来予測の矯正を行うフィルタリングは、大半の河川で行われているものの、予測時点での観測流量を満足するように流出率あるいは貯留高を調整する、といった単純なアルゴリズムが採用されている場合が多いのが実情である。

一方、研究機関では、これまで、カルマン・フィルタ、ファジー理論、ニューラル・ネットワークなど制御工学の知見を流出予測問題に応用した事例が多く発表されてきている。このような手法を洪水予警報業務で実際に適用している例としては、山岡・岸の貯留関数モデルに拡張カルマン・フィルタを適用して予測の最適化を行う、石狩川水系他の洪水予測システムがある [8]。また、近年、盛んに研究・開発が行われているグリッド・ベース・モデルを流出予測に適用した学術報告もされており、現業への活用も行われつつある。

なお、洪水予測時の予測降雨の与え方としては、気象庁・(財)日本気象協会・(財)河川情報センターなどの予測値を利用しているケースが多いが、独自の降雨予測システムを構築している場合もある。

*1 現行の10kmメッシュの計算で捕捉可能な気象擾乱は数10kmであり、集中豪雨をもたらず個々の積乱雲 (数km~10km) を捕捉するためには、更なる細密化が必要になる。

1.3 本研究の目的と方法

本研究は、平成17年度を目途に、気象庁の降雨予測情報を河川・ダム管理に活用するための技術開発を行うことに目的をおいている。本文は、この手始めとして高水管理に着目し、短期降雨予測情報の適用可能性についてケース・スタディーを行った結果を報告するものである。

具体的には、

1. 予測雨量と地上雨量の比較
2. 予測雨量を用いた貯留関数モデルによる流出予測
3. 予測雨量を用いた分布型物理モデルによる流出予測

について検討を行い、降雨の予測精度及び予測雨量から流出モデルを介して流出量に変換した場合の流出予測精度について考察を行った。流出モデルは現行の洪水予測システムで標準的に採用されている貯留関数モデルと近年、水循環系の評価のため盛んに開発されている分布型物理モデルの2種類のモデルを適用した。