

降水量予測技術の向上と水管理への適用技術

河川研究部 ダム研究室 主任研究官 村瀬 勝彦
 危機管理技術研究センター 砂防研究室 主任研究官 國友 優
 危機管理技術研究センター 水害研究室 研究官 梅村 幸一郎



1. はじめに

降水量の変動が経年的に拡大する傾向があり、これまでの計画規模を超える洪水や渇水の発生する危険性が増大しつつある。その一方で、地球規模の気象観測や数値モデルの高度化等により降雨予測の精度が向上しつつある。洪水予測、土砂災害警戒避難情報、ダム管理では従来、降水量の実績値に基づく経験的な水管理が行われてきたが、予測技術の向上や誤差の評価方法を明らかにする等、国土技術政策総合研究所では予測降水量を水管理に活用する技術の開発を2003年度から開始し、降水量変動に対応することを目指している。

2. 背景

我が国は世界でも有数の多雨地帯であるアジアモンスーン地帯に位置し、2002年水資源白書¹⁾によると年平均降水量は1,718mmとなっている。年平均降水量でも特に最近20~30年間は、少雨と多雨の開きが大きくなっている(図-1)。降水量の変動幅の増大により、従来想定していなかったような異常な洪水、土砂災害、渇水が発生する可能性が大きくなっている。

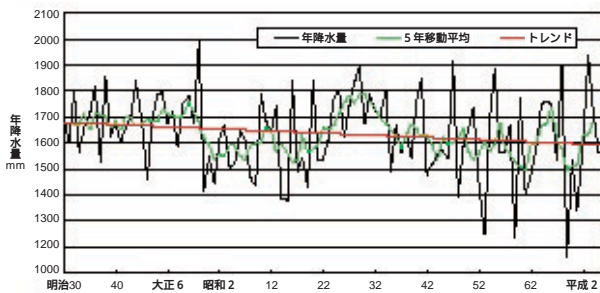


図-1 日本の年降水量の経年変化(国土交通省¹⁾)

地球規模の気象変動については未解明の部分が多いが、近年の観測、数値計算技術の発達によって予測降水量の精度向上が図られてきたため、これを適用するための水管理技術を向上させることによって気象変動にも対応することが可能になりつつある。たとえば、気象庁²⁾では2001年に

新しいスーパーコンピュータシステム(NAPS:数値解析予報システム)が稼働し、集中豪雨などに関する局地情報、波浪予報、台風予報等の精度向上が図られている。空間規模の小さい現象の予測を行うメソ数値予報モデル(MSM)では図-2のように領域数値予報モデル(RSM)よりも強い降雨をモデルで予測することができ、2002年3月からは初期値に4次元変分法を導入して、10km格子で6時間先までの降水短時間予報が行われている。また局地的強雨等を把握するため、高解像度のレーダー・アメダス解析雨量の運用が開始しており、解析雨量が2.5km格子に細密化されるとともに、2003年6月からは解析雨量と降水短時間予報が30分間隔で提供されている(図-3³⁾。

降水量を活用した水管理にあたっては、降水量予測や水管理に用いられる各種モデルに含まれる誤差を適切に評価し、十分な安全性を確保する必要がある。そのため、洪水予測、土砂災害警戒避難情報、ダム管理のそれぞれについて適用技術の開発を進めている。

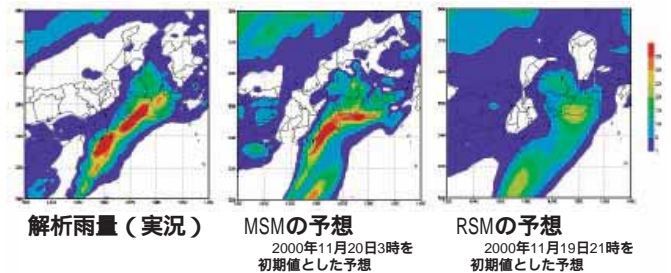


図-2 MSMとRSMの比較(2000年11月20日12時~15時の3時間積算降水量、気象庁²⁾)

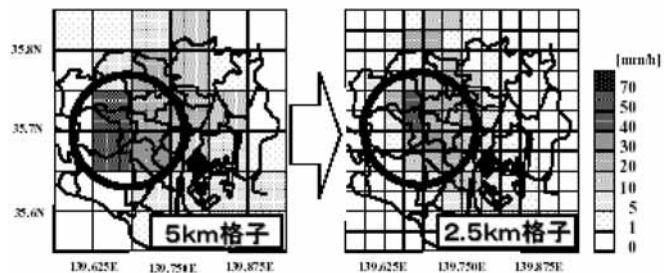


図-3 レーダー・アメダス解析雨量の2.5km格子化(1999年7月22日16時東京都の解析雨量、気象庁²⁾)

3. 洪水予測への適用

(1) 洪水予測の現状

予測雨量を用いた洪水予測は既に多くの現場で行われているが、予測結果は参考値として扱われる事が多い。これは、誤差を有している予測雨量が確定的な値として扱われ、さらに誤差を有する洪水予測モデルによる予測水位も確定的な値として出力されるため、予測結果の誤差の程度が解らず、洪水予測結果をそのまま利用できないからである。

(2) 確率論的洪水予測

このような問題は従前より指摘されており、これに対して洪水予測に確率論的な考え方を取り入れたさまざまな解析手法が提案されており、カルマンフィルターやニューラルネットワーク等の理論が用いられている。例えば、カルマンフィルター理論は、以下に示すように4つの特徴を有するため⁴、洪水予測への適用が検討されてきた。

最新の観測値に基づき次の予測値を算出するという、人間の経験的直感による予測に近いことを計算機で自動的に行えるため、洪水予測にあまり熟練を要しない。

得られたデータを利用し流出予測の信頼性を高めることができたため、オンライン予測に威力を発揮できる。予測値の誤差分散（予測精度）を自動的に算定するため、予測値の信頼区間を知ることができる。

長期間のデータを必要とする回帰分析法と異なり、最新の観測値により推定値を逐次更新していくことができるため、計算機のデータ容量が少なくすむ。

これらの手法は、予測雨量に含まれる誤差や予測モデルの誤差を評価し、洪水予測結果に確率や分散等の精度の情報を付加するものである（以下、これらの手法を確率論的洪水予測手法という）が、解析手法が難解であり、場合によっては一つの値に収束することが無く発散する等の問題点を有するため、適用されている事例は多くない。

(3) 研究の目的

近年洪水被害の多い中小河川や都市河川においては、その流域特性上洪水流出が早いいため、洪水予測に際しては、予測降雨の活用が検討されているが、現在、予測降雨を用いた洪水予測結果については参考程度に扱われることが多い。一方、河川の洪水予報については、現在、一般に対しては洪水注意報・洪水警報の2段階予報のみとなっているが、よりきめ細かな情報の提供が望まれている。

確率論的洪水予測を用いることにより、例えば「3時間後に警戒水位を超える確率が70%」や、「2時間後に80%の確率で水位が1.5mから2.0mとなる」といった予測情報の出力が可能であり、これらの予測情報を用いることで、河川管理者の判断材料が増え、よりの確な対応をとることができるようになり、また住民が自主的な判断を行うために必要な情報を提供する事ができる。

そこで本研究では、現在提案されている確率論的洪水予測手法をモデル河川において比較し、その一般的な特徴を明らかにするとともに、確率論的洪水予測結果を用いた洪水予報の運用方法を提案する事を目的とする。

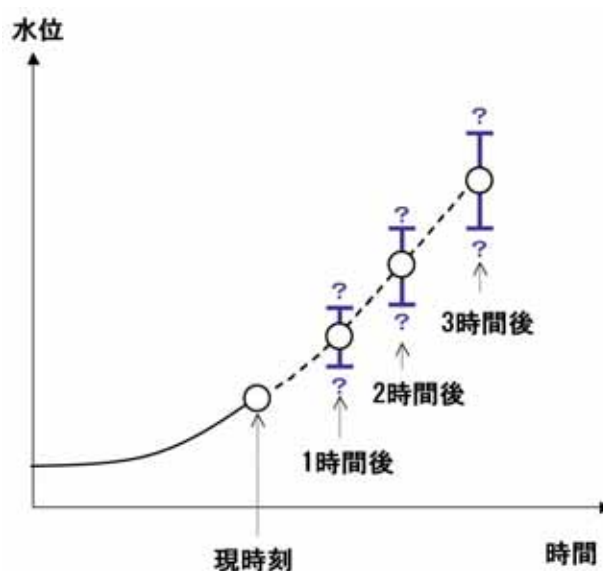


図 - 4 従来の洪水予測（イメージ図）

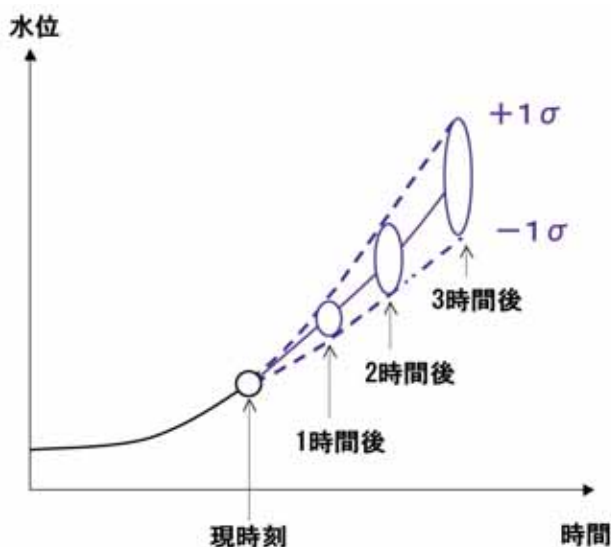


図 - 5 確率論的洪水予測手法（イメージ図）

4. 土砂災害発生予測への適用

(1) 土砂災害発生予測の現状と問題点

土石流やがけ崩れに対する避難をあらかじめ時間的余裕をもって実施するためには、降雨の状況に応じてどのタイミングで土石流やがけ崩れが発生するかを予測し、その情報を防災責任者に提供することによって、地域住民に避難の指示・勧告を行うシステムを整備することが重要である。そのため、土砂災害の発生を予測するための基準となる雨量については、様々な研究者によって研究がなされ、タンクモデルによる手法、実効降雨による手法、流出水到達時間内の降雨強度による手法、重判別分析による手法、などが提案されている。

都道府県においては、市町村の土砂災害に対する避難の指示などの意志決定を支援するため、「土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定作成指針(案)」などに基づき土砂災害警戒避難基準雨量などを設定してきている。

また一方で、気象庁においては、広域の土砂災害予測を行うためタンクモデルを活用した土壌雨量指数を開発し、2000年(平成12年)7月1日より土壌雨量指数から土砂災害の危険性が高まったと判断される場合に大雨警報の切り替え運用を開始している⁵⁾。

このような状況のもと、国土交通省河川局砂防部と気象庁においては、平成14年度より土砂災害の警戒に関する情報の伝達をより迅速・確実化し、地方自治体の防災活動や住民の警戒避難行動等をより迅速・適切に行うことができるようにするため、土砂災害警戒情報の提供に向けて検討・試行を開始している。

しかしながら、現在試行的に作成されている土砂災害警戒情報は、降雨実績や土砂災害の発生箇所数の実績といった過去の経験に基づくものであることから、

降雨変動が大きくなり、未経験な降雨があった際の土砂災害発生危険度の測ることが困難、
山火事や火山噴火など地被状況が変化した際の土砂災害発生危険度の変化の推測が困難、
また、土石流などの発生時刻が予測できたとしても、発生箇所・規模を予測することは困難、
といったような問題をはらんでいるといえる。

(2) 土砂災害発生予測モデル

このような問題を解決するため、この研究においては、降水短時間予測値および降雨実測値を入力情報とし、水文モデルと斜面安定解析、土石流流動モデルなどをバランスよく結合させた統合モデルの構築を試みることを目標としている。

モデルの構築に先立ち、現在提案されている複数の水文モデルと斜面安定解析を組み合わせた土砂災害発生予測手法のレビューを行った。その結果、図6に示すように、

計算時間の長短

規模の推定の可否

適用可能な降雨パターンに関する制限

の観点から、それぞれのモデルの組み合わせに一長一短があることが分かった。このことは、目的・対象地域や降水量予測の時空間スケールに応じた最適なモデルの組み合わせを確定することが必要であることを示している。

そこで、本年度においては、まず同一のコンピュータシステムやアルゴリズムのもと、複数の水文モデルと斜面安定解析モデルなどを組み合わせが可能なソフトウェアの開発を行った。

今後は、このモデルにさらに土石流流動モデルなどを付加した上で、既往災害実績と数値実験により、目的に応じた最適なモデルを提示する。その上で、崩壊等の発生予測にとって最適な降雨強度の空間分布密度と時間分解能を明らかにするとともに、地形や土壌の物理性の空間分布などに関するパラメータ決定手法として水文観測結果からの逆推定手法の開発を行うことを予定している。

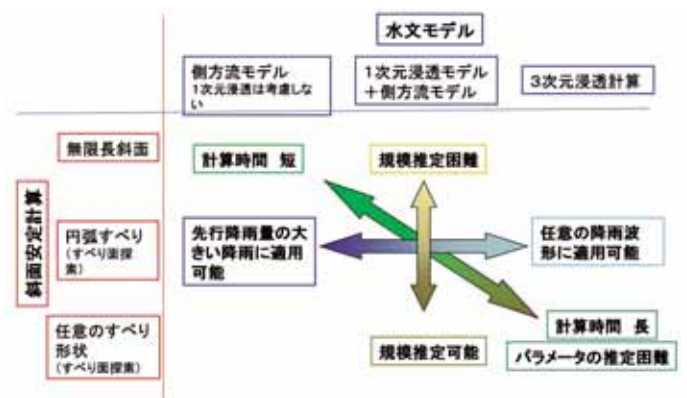


図-6 斜面安定計算と水文モデルの組み合わせとそれぞれの長所・短所

5. ダム管理への適用

降水量の予測情報の適用検討にあたっては、検討対象となる流域をいくつか選定して各流域の流出モデルの精度を分析し、気象庁から提供を受けたレーダー・アメダス解析雨量と降水量予測データを流出モデルに組み込んでダム貯水池や河川への流出量を計算し、その適合性・誤差を分析する。

(1) モデル流域の選定

モデル流域として利根川上流域、木曾川上流域、淀川水系木津川流域、吉野川上流域及び筑後川上流域の5流域を選定した。それぞれの流域では所轄の管理事務所が洪水予測システムを構築し、雨量及び流量がオンラインでシステムに入力され、流量予測を計算できるようになっている。現状のダム管理では、実績降水量が主に用いられている。

(2) 流出モデルの精度向上

予測雨量の活用を検討する前に、雨量データからダム貯水池や河川に流出する流量を計算するモデルの精度を検証し、その向上を図ることが不可欠である。図-7はSダム貯水池への流入量を現地で使用しているモデルを用いて計算したものである。降雨は2003年8月の台風10号のデータを用いており、実線がダム貯水池流入量の実測値である。丸印で実測値から伸ばされた線は、ある時点の実測流入量を初期値として3時間先までの降雨が完全に予測された、すなわち3時間先までの実測雨量データを入れてモデルで貯水池流入量を計算したものである。

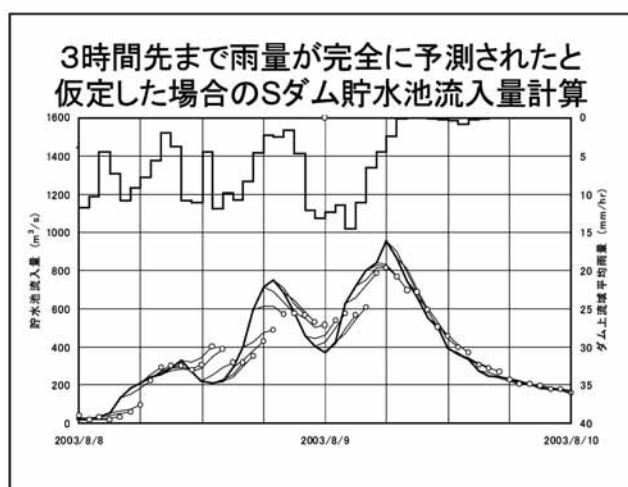


図-7 流出モデルの精度検証の事例

(3) 予測降水量の適用技術

現実には将来の降水量は予測したものをを用いるため、降水量自体にも予測誤差がある。したがって、降水量予測の

適用技術の検討は図-8のように、流出モデルの予測誤差から生じる予測範囲と、さらに気象予測の予測誤差が加わった場合の予測範囲を求め、誤差を小さくしてこの範囲を絞り込む努力をしつつ、信頼性、安全性が確保できる範囲でダム管理に活用していくことになる。

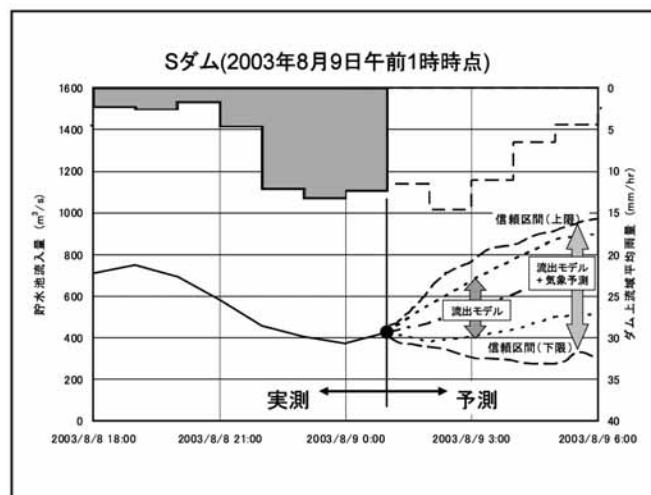


図-8 予測降水量を用いた水管理検証のイメージ

6. おわりに

精度が向上しつつある降水量の予測情報を水害や土砂災害危険度の予測、ダム管理に適用することは、不確実性が増す地球規模の水循環変動に対する水管理能力向上に有効であると考えられるが、その適用にあたって予測誤差を評価し、安全性を確保することが不可欠である。水管理技術の適用技術の開発にあたり、国土交通省の各地方整備局と緊密な連携をとって現地のニーズを把握し、気象庁等、関係機関の協力を得ながらさらに研究を進めたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 国土交通省土地・水資源局水資源部：平成14年版 日本水資源、2002
- 2) 気象庁：最新鋭スーパーコンピュータの導入について、2000年11月22日報道発表資料
- 3) 気象庁：本年6月2日から、「レーダー・アメダス解析雨量」と「降水短時間予報」を30分間隔で提供します、2003年5月6日報道発表資料
- 4) 星清：洪水予測法の実例、第24回水工学に関する夏期研修会講義集p.A-3-1～A-3-20、1988
- 5) 岡田憲治：土壌雨量指数、測候時報、気象庁、第69巻第5号、2002