

18. 極端豪雨における 数値予報降雨量の精度と適用性

沖 岳大^{1*}・中津川 誠²

¹北電総合設計株式会社 技術研究所（〒060-0031 札幌市中央区北1条東3丁目1番地1）

²室蘭工業大学大学院工学研究科（〒050-8585 室蘭市水元町27-1）

* E-mail: oki-take@hokuss.co.jp

近年、日本の各地で極端な豪雨が発生し、河川の氾濫や土砂災害により多くの犠牲が発生している。そこで、本研究は、降雨の予測精度を明確化し、予測情報を用いて避難等のソフト対策や、降雨予測を用いたダム の事前放流の適用を目指している。そこで本報告では、主に3つ検討を行った。1点目は、近年の大災害をもたらした豪雨事例を対象に2種類の数値気象予報モデル（GSM、MSM）で計算された予測雨量と観測雨量の相関係数を比較した。2点目は、避難指示や災害発生などの時系列的な情報と予測降雨の関係を整理し、防災情報への適用性を検証した。3点目は、積算実績雨量にガンマ分布曲線を当てはめ誤差幅を推定し、降雨予測の適用性について検討した。

Key Words : Rainfall forecast, Numerical weather forecast model, GSM, MSM.

1. はじめに

近年、気温、降雨などにおいて極端な気象現象が顕著である。特に降雨については、時間雨量が100mm/hを上回る降雨が頻発し、河川の氾濫、土砂災害などこれまでに経験したことが無い現象への対応に迫られている。一方で我が国のエネルギー供給は、東日本大震災の津波被害以降は主に火力発電により補われているが、火力発電は燃料コストが高い点、温室効果ガスを多く排出する点から環境面で課題がある。そこで、豪雨、エネルギー供給の両面で有効な対策として、洪水調節や水力発電の機能を有するダムの有効活用がある。具体的には、ダムの流入量を降雨予測から推定し事前に放流することで、洪水調節や水力発電の機能を向上できる方法が考えられる。

以上より本研究は、降雨予測情報の幅広い活用を見据えて、近年の日本全国で発生した極端な豪雨の速報値をまとめ、降雨予測の精度を明らかにすることを目的とし、今後の防災情報の提供、ダム管理への適用の可能性を示す。これまでの既往研究では、林下ら¹⁾が北海道の金山ダムを例に、数値気象予報モデルの予測雨量を用いた弾力的運用のシミュレーションを示し、臼谷ら²⁾は積雪地域にあるダムを対象に降雨予測を用いて、ただし書き操作を回避する方法を提案している。

2. 研究方法

(1) 対象降雨の概要

対象降雨は、近年発生した極端な豪雨^{3),4),5),6),7)}を対象とした。対象降雨の内訳は、局地豪雨が4事例、台風が3事例、低気圧のもとらす大雨が1事例と様々な降雨要因が含まれるようにした。図-1 に対象降雨の位置図を示す。

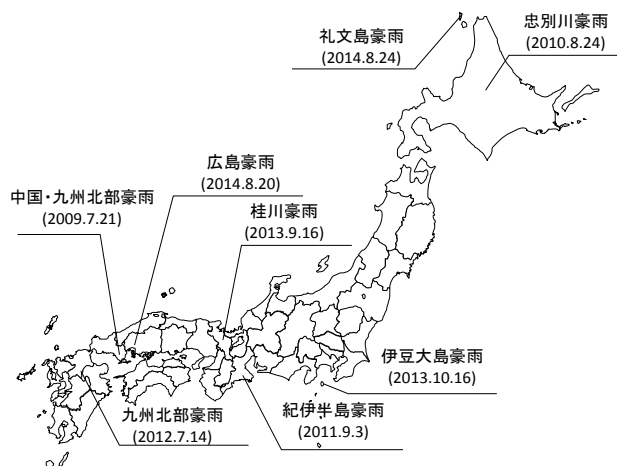


図-1 対象流域事例の位置図

表-1 各流域・領域の観測地点と流域面積

	洪水名称	流域	流域面積 km ²	雨量観測所
1	中国・九州北部豪雨	土砂災害発生領域	10.5	真尾、防府
2	忠別川豪雨	忠別ダム流域	238.9	忠別ダム、湧駒別、旭岳、松山、小化雲岳
3	紀伊半島豪雨	猿谷ダム流域	336.0	猿谷、天辻、杵原、九尾、川迫、蛇峠
4	九州北部豪雨	日向神ダム流域	84.3	吹原、鯛生
5	桂川豪雨	日吉ダム流域	290.0	殿田、周山、鎌倉
6	伊豆大島豪雨	土砂災害発生領域	91.1	大島、大島北ノ山
7	広島豪雨	土砂災害発生領域	9.9	高瀬
8	礼文島豪雨	土砂災害発生領域	81.0	礼文島、杵形、本泊

※1)中国・九州北部豪雨は、土砂災害発生領域として真尾川、久兼川流域とした。
 ※2)九州北部豪雨は、日向神ダム流域内のデータがないため、近傍の観測点で平均している。
 ※3)礼文島豪雨は、土砂災害発生領域をカバーするため、利尻島観測点も使用している。
 ※4)礼文島・伊豆大島豪雨はアメダスデータ、その他は水文水質データベースである。

表-2 数値予報モデルの概要

	GSM (全球モデル)	MSM (メソモデル:日本海域)
水平解像度	約 20 km	約 5 km
リードタイム	84 時間	33時間(UTC:03, 09, 15, 21) 18時間(UTC:00, 06, 12, 18)
予報時間	1日4回(6時間間隔) (UTC:00, 06, 12, 18)	1日8回(3時間間隔) (UTC:00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21)
鉛直層数	14 層	16 層
出力データ	海面更正気圧, 地上気圧, 風向・風速, 相対湿度, 雲量, 降水量	
配信期間	2007.11～現在	2006.3～現在

(2) 対象流域

対象流域の諸元を表-1 に示す。流域面積は、局地豪雨のスケールを勘案し、概ね $10^1 \sim 10^2 (\text{km}^2)$ オーダーに設定し、ダム流域や土砂災害発生領域とした。観測雨量は、流域内にある雨量観測所を選定し、水文水質データベース（国交省）とアメダス（気象庁）を用いた。流域平均雨量は、局所的な流域では雨量観測点が少ないために算術平均により算出した。

(3) 予測雨量データ

予測雨量データは、気象庁の数値予報モデル GSM（Global Spectral Model）⁹⁾ と、日本及びその近海を対象とした気象庁の領域モデル MSM（Meso Spectral Model）⁹⁾ を適用した。GSM、MSM のメッシュ解像度やリードタイム（以降 LT と表記する）を表-2 に整理した。

3. 結果と考察

(1) リードタイムの延長に伴う相関係数

GSM と MSM で予測された予測値と実績値の比較は、相関係数を指標として、時系列値および積算値のそれぞれについて行った。時系列値の相関係数は、予測降雨と実績降雨について同時刻の降雨を抽出して算出する。積算値の相関係数は、例えば LT24 の積算値では、予測降雨の LT1～24 を積算し、次に予測降雨の LT1～24 と同時刻分の実績降雨を抽出して積算する。これを1日4回の配信データについて LT 毎に整理し、LT 毎の相関係数を

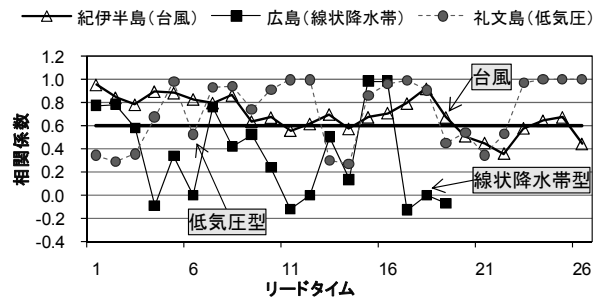


図-2 MSM の相関係数（時系列値）

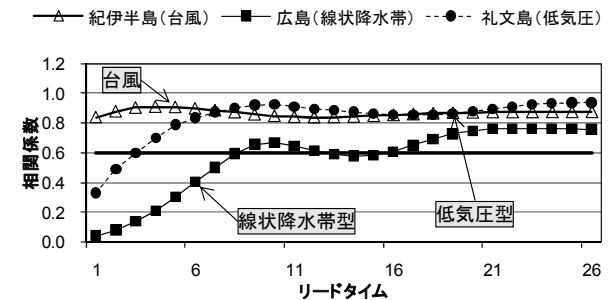


図-3 MSM の相関係数（時系列値）

算出した。相関係数の結果について、時系列値を図-2、積算値を図-3 に示す。なお、図-2 及び図-3 は MSM の結果を示し、台風、局地豪雨、低気圧の事例として、紀伊半島、広島、礼文島豪雨の例を示した。相関係数の結果は、時系列値の相関係数（図-2）では、降雨によりバラツキがある。一方、積算値の相関係数（図-3）は、LTの延長により全ての事例で0.6以上を示し良好である。

(2) 積算雨量の時系列での評価

災害発生までに数値予報降雨が実用できたかを検証するため、図-4 に積算予測雨量の時系列グラフを整理した。図-4 は、MSM による積算予測雨量が積算実績雨量に対してどの程度の予測降雨であったかと、実際に発令した防災情報（大雨警報、土砂災害警戒情報、避難勧告、避難指示）より以前でどの程度予測ができていたかを見るために示した。ここでの積算予測雨量は、災害発生の24 時間前、12 時間前の予測 2 ケースを示している。また防災情報は、気象庁の災害時気象速報^{9), 10), 11)}などを参考にして把握できた範囲で入れた。図-4 からわかることは、例えば紀伊半島豪雨や桂川豪雨では、災害発生の24h 前に概ね実績の積算雨量を予測できており、つまり災害情報より前に定量的な予測が概ねできていることである。同様に忠別川豪雨、伊豆大島豪雨、礼文島豪雨の予測についても過小傾向だが積算実績雨量の増加勾配に近い予測結果となっている。しかし、中国・九州北部豪雨、広島豪雨（両降雨ともに線状降水帯）は予測が難しかったことが把握できる。

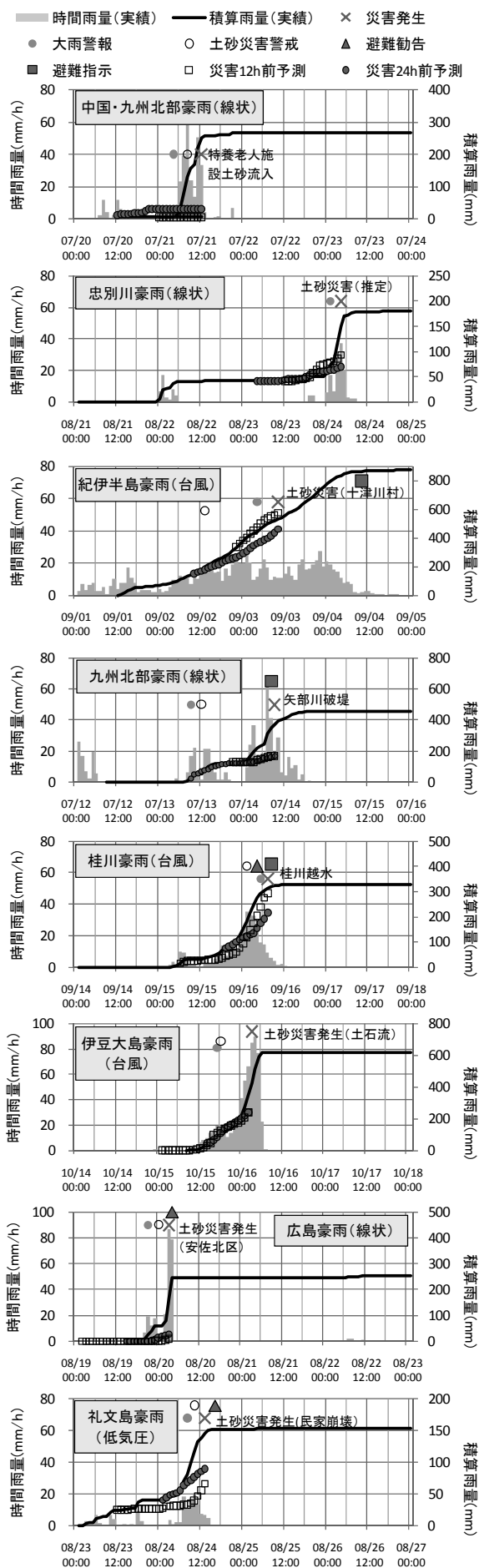


図-4 積算予測雨量と避難情報の関係

(3) 予測・実績雨量の分布図

2つの数値予報モデルを比較するため、実績雨量と予測雨量の分布図を図-5 (LT24)、図-6 (LT12) に示した。ここで、LT24、LT12のそれぞれの意味合いは、LT24はダム事前放流等への適用を想定したLTであり、ダム水位の低下時間や関係機関との調整に要する時間と考えた。LT12は洪水予測や土砂災害情報などの防災情報への適用を想定したLTである。補足すると、LT12は例えば広島豪雨のような深夜3時の豪雨の場合、前日15時の予測で避難情報として適用可能なLTである。

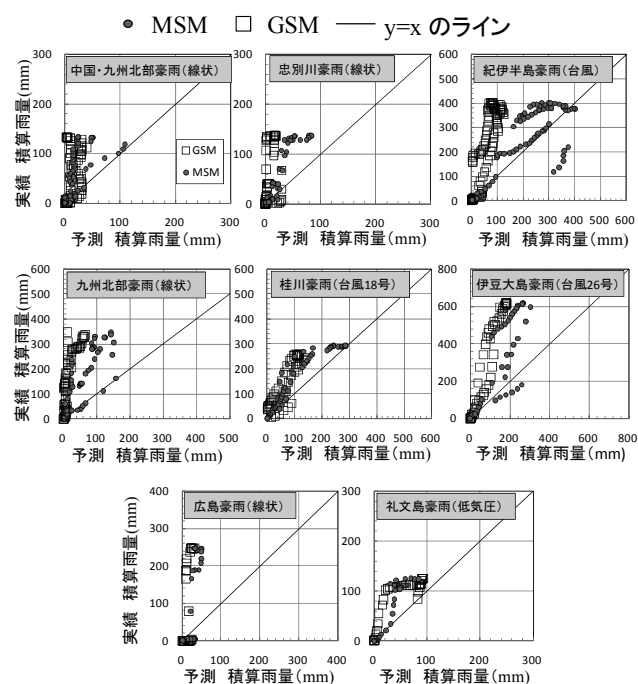


図-5 予測雨量と実績雨量の分布 (LT24)

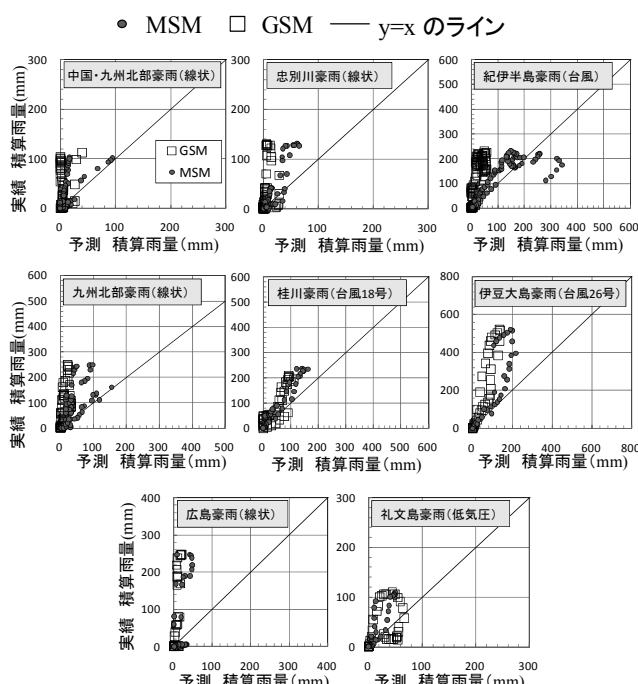


図-6 予測雨量と実績雨量の分布 (LT12)

図-5のLT24の分布図は、概ね実績雨量が150～400mmの範囲の雨量になる（伊豆大島は除く）。全体的に予測値が過小傾向である。特に、GSM（凡例黒）の中国・九州北部、忠別川、九州北部、広島豪雨で過小予測の傾向が顕著である。一方、MSM（凡例赤）は、 $y=x$ のライン上にプロットが現れ精度が改善方向にある。図-6のLT12の分布図は概ね100～250mmの範囲の雨量になる（伊豆大島を除く）。全体的に過小である予測傾向はLT24と同様であるが、紀伊半島、桂川、伊豆大島、札文島豪雨の台風低気圧型では一定の勾配（関係）があり、誤差を補正すれば洪水予測、土砂災害発生リスクの判定に適用できると考える。

(4) 積算予測雨量の誤差範囲の推定

積算予測雨量の誤差範囲の推定方法²⁾は、GSM、MSMのそれぞれについて以下の流れで行った。以下の説明番号と図-7内の番号は対応している。

- ① 全ての降雨について、積算予測雨量を0～10mm、10～20mmのような階級別のヒストグラムにする。
- ② 予測雨量に対応する実績雨量に対して、ガンマ分布を当てはめて最頻値を求める。
- ③ 実績雨量の70%出現範囲を算出する。これは台風の中心が予報円に入る確率（70%）を参考とした。
- ④ 70%の出現範囲について、回帰式からGSM、MSMの誤差範囲を推定する。

積算予測雨量に対する実績雨量の70%出現範囲の回帰式を図-8、図-9に示した。その結果、全てのデータで見た場合、LT24のGSM（図-8左）は回帰係数の幅が2.0～4.5倍と幅があるのに対して、LT24のMSM（図-8右）では1.1～2.9倍で狭くなり予測精度が向上している。また、LT12（図-9）の場合もLT24の結果と同様にMSMで予測精度が向上している。特に、MSMのLT12については、0.5～2.2倍と最も狭くなり精度が高いことがわかった。

以上より、GSMとMSMで計算された数値予測降雨量の精度を評価し、さらに予測雨量を補正することで防災情報やダムの事前放流に適用できる可能性を示した。

今後の研究目標は、数値予報降雨を防災情報に適用するために豪雨事例を追加し精度を高めることや、ダムの事前放流等の河川管理施設への適用に向けて、流出予測を実施していきたいと考える。

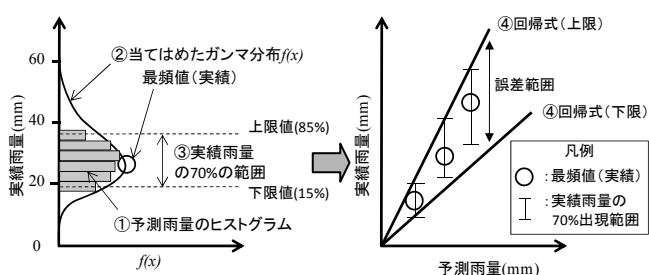


図-7 予測雨量の誤差範囲の推定方法

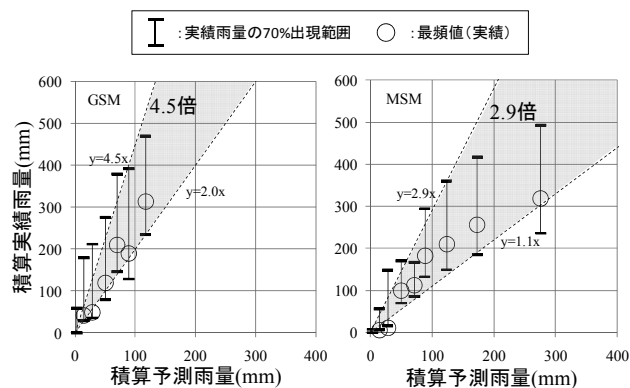


図-8 LT24の積算予測雨量の予報精度（左：GSM、右：MSM）

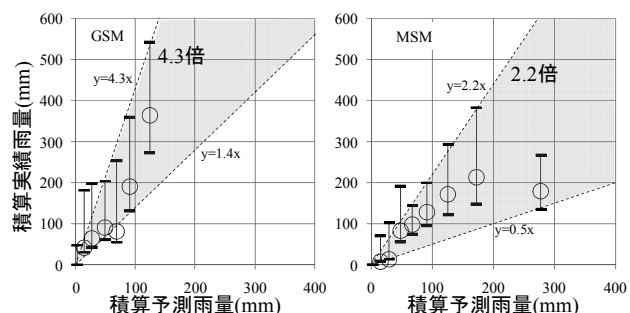


図-9 LT12の積算予測雨量の予報精度（左：GSM、右：MSM）

参考文献

- 1) 林下直樹、中津川誠：降雨予測リードタイムの延長による多目的ダムの弾力的管理の向上、土木学会論文集B, Vol. 70, No. 4, I_1471-I_1476, 2014.
- 2) 臼谷友秀、中津川誠：積算予測雨量に基づいた融雪期におけるダムの洪水調節機能の向上について、土木学会論文集B, Vol. 66, No. 3, 268-279, 2010.
- 3) 清水康行：2010年北海道豪雨災害調査報告、河川災害に関するシンポジウム, pp. 9-23, 2011.
- 4) 角哲也、竹林洋史：2011年台風12号に伴う紀伊半島の災害概要と総合土砂管理への課題、河川災害に関するシンポジウム, pp. 15-24, 2012.
- 5) 土木学会九州北部豪雨災害調査団、平成24年7月九州北部豪雨災害調査団報告書, pp. 1-45, 2013.
- 6) 竹林洋史：2013年9月京都・滋賀水害調査報告、河川災害に関するシンポジウム, pp. 19-24, 2014.
- 7) 清水義彦：台風26号（平成25年10月16日）による伊豆大島豪雨災害調査報告、河川災害に関するシンポジウム, pp. 25-30, 2014.
- 8) 地球流体電脳倶楽部HP, <http://dennou-h.gfd-dennou.org/>
- 9) 気象庁：災害時気象速報 平成23年台風12号による8月30日から9月5日にかけての大雨と暴風, pp. 1-79, 2011.
- 10) 福岡管区気象台：災害時気象速報 平成24年7月九州北部豪雨, pp. 1-36, 2012.
- 11) 広島地方気象台：災害時気象速報 平成26年8月19日から20日にかけての広島県の大雨について, pp. 1-10, 2014.