

土砂災害リスク評価のための降水短時間予報について

長岡技術科学大学 非会員 ○小林 徹
長岡技術科学大学 正会員 陸 旻皎

1. はじめに

近年の気象変動状況は著しく、特に降水の激甚化は治水や利水、環境への既存の施策の見直しや新たな施策の必要性が出てきている。今年（2022年）の8月3日に低気圧が東北地方を通過し、4日には北陸地方へ南下したのちに停滞、新潟県村上市では1時間あたり120 mm、24時間雨量では約400 mmを観測する記録的豪雨となった¹⁾。この豪雨により村上市では、住宅被害が約1,400件、10,000世帯以上に避難指示が出された²⁾。公共土木施設への被害も大きく村上市と関川村だけで計15箇所土砂災害の発生が確認されている³⁾。こうした土砂災害と降水には、密接な関係があると考えられており、降水情報をはじめとした様々なデータをもとに住民への避難指示が発令される³⁾。しかし、実際に豪雨が観測されてからでは土砂災害や豪雨による視界の確保ができないなど避難が遅い場合があることが確認されており、適切なタイミングで避難指示を出す必要性が示唆されている⁴⁾。

今回は、避難指示に活用されるデータの中で、迅速性の観点から予測雨量として提供される降水短時間予報に着目した。降水短時間予報は気象庁の有料データや無料で公開している画像データだけでなく、国際気象海洋株式会社のwebページ上で無料公開されている画像データもありデータの入手がしやすいことから予測雨量を用いた研究にもしばしば活用されている。しかし、この降水短時間予報が持つ誤差特性について言及した研究は少なく、2008年の久保田、大槻⁵⁾による研究以降、この誤差特性に着目した研究はみられない。気象庁が公開している降水短時間予報の精度に関する説明は、非常に簡易的なものであり誤差特性に関して詳細に言及されていない⁶⁾。よって十分なデータ数を確保した上で誤差特性を求める必要があると考える。

本研究は、気象庁が公開している降水短時間予報の誤差特性を調査することを目的としたものである。しかし、過去の予報データの購入は金銭的な面

での負荷が大きいため、本研究ではリアルタイムで発信される降水短時間予報の画像データから自らの手で予測値を取得し、十分なデータ数を確保した上で、誤差特性の調査を行うこととする。また、得られた誤差特性より令和4年8月3日から4日にかけて発生した村上市の土砂災害に対して、予測雨量を用いたリスク評価を行う。

2. 手法

2.1 取得データ

今回対象とする降雨は日本全国に設置しているすべてのアメダス観測所での観測データに加え、気象庁が精度検証時に設定している10 mm/h以上の降雨とする。本研究では、図-1に示した内閣府が公開している雨量観測所ごとの降雨データにて、10 mm/h以上の雨量を観測した場合に、その観測雨量を本研究における実測雨量とし、同時刻に図-2に示すように降水短時間予報での格子の値を読みその値を予測雨量とする。予測雨量は格子のRGBAによって判定するため、図-2の凡例のようにデータに幅が存在する。よってその数値の幅に対しての最小値、平均値、最大値の3つを整理し、今後の誤差等の計算を行うこととする。

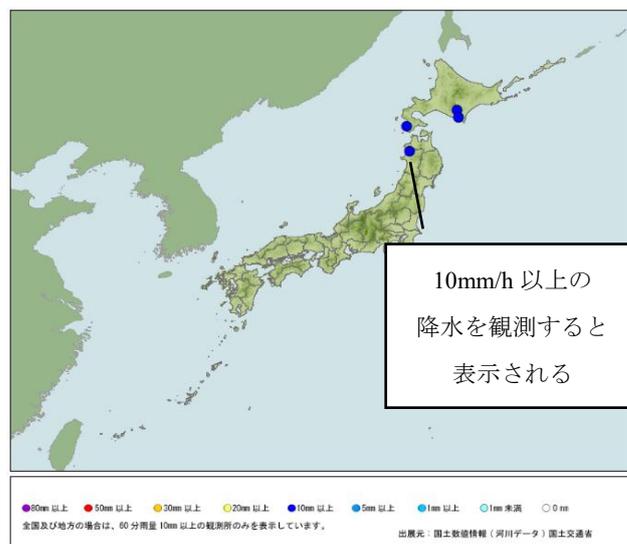


図-1 10 mm/h 以上を観測した雨量観測所の例

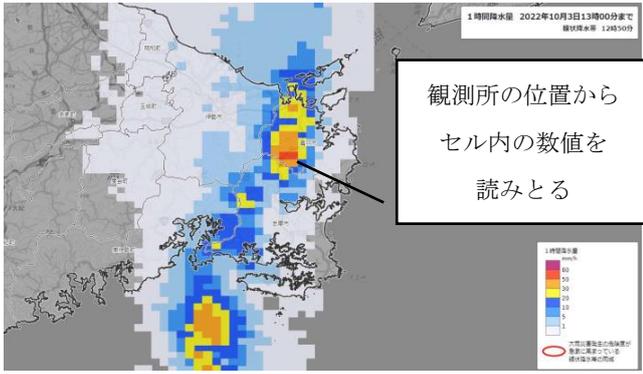


図-2 降水短時間予報による予測結果例

2.2 誤差特性に関する計算手法

本研究にて取得した実測雨量および予測雨量より誤差および比率は以下の式より求めた。比率は1.0に近いほど予測値と実測値の誤差が小さいことを示している。

$$\text{誤差} = \text{予測値} - \text{実測値} \quad (1)$$

$$\text{比率} = \frac{\text{予測値}}{\text{実測値}} \quad (2)$$

上記より求めた誤差より標準偏差 (SD) を以下の式より求めた。

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

ここで、 n : 各データ数, x_i : 各誤差の値[mm/h], \bar{x} : 誤差の平均値[mm/h]である。

また、誤差指標として、平均誤差 (ME), 平均絶対誤差 (MAE), 平均二乗誤差 (MSE), 平均平方二乗誤差 (RMSE) を以下の式より算出し誤差特性の評価を行った。

$$\text{ME} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - X_i) \quad (4)$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - X_i| \quad (5)$$

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - X_i)^2 \quad (6)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - X_i)^2} \quad (7)$$

ここで、 x_i : 各予測雨量, X_i : 各実測雨量である。

降水短時間予報の的中率および非的中率の計算は、久保田らの研究より $\pm 5 \text{ mm/h}$ を基準として以下の式より求めた。

$$\text{的中率} = \frac{a_n}{n} \times 100 \quad (8)$$

$$\text{非的中率} = \frac{b_n}{n} \times 100 \quad (9)$$

ここで、 a_n : 誤差が $\pm 5 \text{ mm/h}$ 未満となるデータ数, b_n : 誤差が $\pm 5 \text{ mm/h}$ 以上・以下となるデータ数, n : 全データ数である。

3. 結果と考察

3.1 各評価指標に対する結果と考察

本研究より算出した各評価指標については表-1にまとめたとおりである。

表-1より標準偏差 (SD) が総じて 5.0 mm/h 未満であり、的中率の計算において 5.0 mm/h を基準としていることから予測精度が高いことが考えられる。

平均誤差 (ME) は、最小値で -4.62 mm/h , 平均値で 0.47 mm/h , 最大値で 5.57 mm/h と誤差は大きくない。ME は算術平均による誤差であるため、最小値を基準とした際には過小評価, 最大値を基準とした場合は過大評価, 平均値を基準とした場合は過小・過大ともに評価しないと考えられる。

平均絶対誤差では、予測値と実測値との差ごとに絶対値をとっており、予測値と実測値との誤差が \pm 関係なしでどの程度離れているのかがわかる。表-1の結果より、予測値には最小値で $\pm 5 \text{ mm/h}$ 程度, 平均値で 3 mm/h 程度, 最大値で 6.5 mm/h 程度のずれが常に生じているということが考えられる。

平均平方二乗誤差 (RMSE) は平均二乗誤差 (MSE) の平方根をとったもので誤差を二乗してから平均をとるため外れ値の影響を大きく受ける。表-1より、RMSE は MAE や SD と比較して大きくなっていることから多少の外れ値を含んでいることが考えられる。

的中率, 非的中率について、現データ数での最小値基準では、共に 50.0% であった。平均値は的中率が 74.0% と高く、最大値では的中率 36.7% と低い結果となった。平均値での的中率が高い要因としては、予測雨量の幅の平均であるため、実測雨量に対して予測雨量の誤差が安定することが考えられる。また、最大値の的中率が低い要因としては、RMSE からわかるように外れ値もしくは外れ値に近い誤

差の影響によるものだと考えられる。

表-1 各評価指標の値

	最小値	平均値	最大値
データ数	74	77	79
標準偏差 (SD) [mm/h]	3.80	4.13	4.93
平均誤差 (ME) [mm/h]	-4.62	0.47	5.57
平均絶対誤差 (MAE) [mm/h]	4.84	3.26	6.42
平均二乗誤差 (MSE) [mm/h]	35.81	17.31	55.37
平均平方二乗誤差 (RMSE) [mm/h]	5.98	4.16	7.44
予測雨量の的中率 (%)	50.0	74.0	36.7
予測雨量の非的中率 (%)	50.0	26.0	63.3

3.2 スレットスコアによるデータの精度評価

式 (2) より算出した比率よりスレットスコアを作成した (図-3 参照)。図-3 の横軸は、各データを昇順 (小さい順) に並び替えたもので、3 パターンのそれぞれの位置は一致していない。図-3 より最小値基準では全体的に予測値が実測値より小さく、過小評価をしていることがわかる。また最大値基準では予測値が実測値より大きく全体的に過大評価をしていることがわかる。平均値基準では過小評価・過大評価ともに均等に分布していることがわかる。気象庁が公開しているスレットスコアは、近年では平均して 0.5 程度である。しかし、予測値・実測値で値が大きい方が分母、小さい方が分子として計算されており常にスコア値が 0~1 の間をとるように計算されるため、本研究結果と照らし合わせると、予測値は平均の値を用いているのではないかと考えられる。

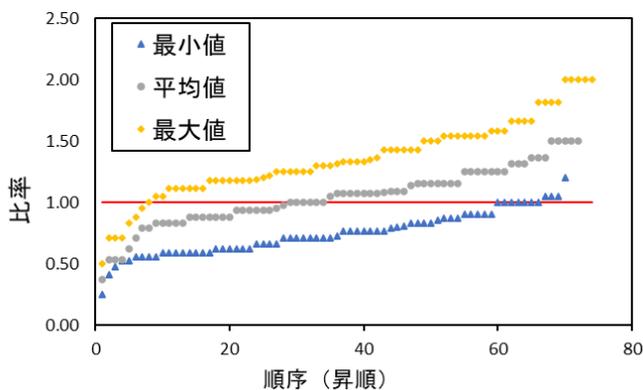


図-3 スレットスコア

3.3 誤差分布の正規性について

得られた 3 パターンの誤差の分布状況を以下に示す。3 パターンすべてにおいて、左右対称の釣鐘型に近い形状をとっており正規分布に従うことが考え

られる。また Shapiro-Wilk 検定を用いて統計学的に正規分布に従うかの調査を行った。ここで、帰無仮説 H_0 : 正規分布に従う, 優位水準 $\alpha : 0.05$ である。

表-2 よりすべてのパターンにおいて $p\text{-value} > 0.05$ より帰無仮説を積極的に棄却できないため誤差の分布は正規分布に従うと考えられる。

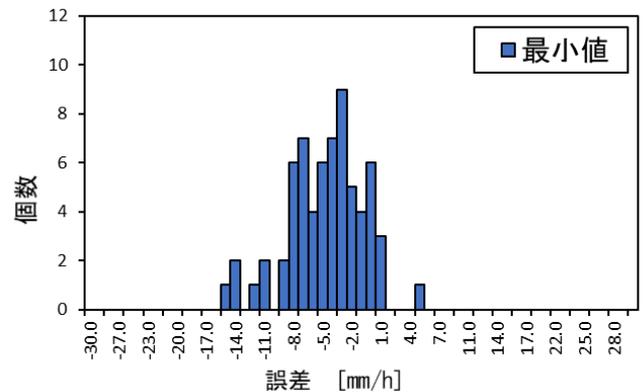


図-4 最小値基準での誤差分布

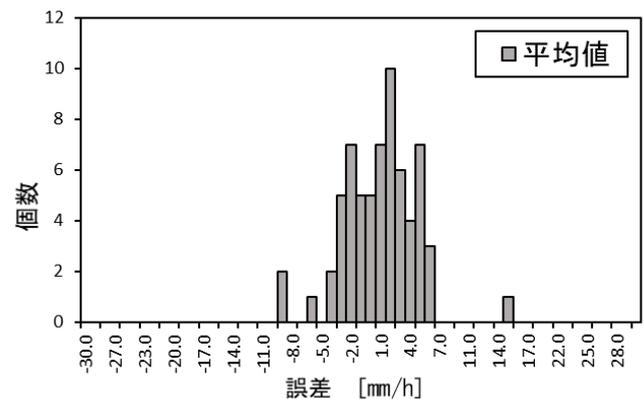


図-5 平均値基準での誤差分布

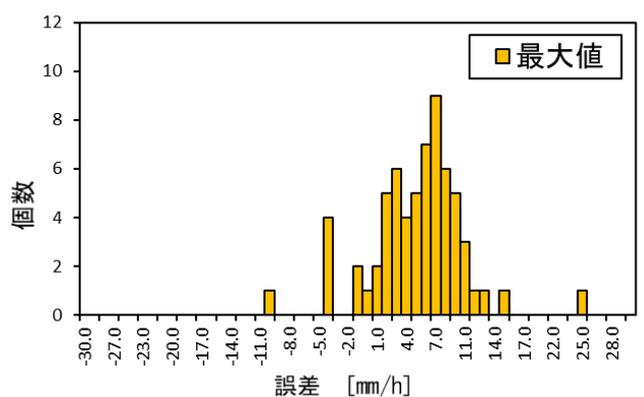


図-6 最大値基準での誤差分布

表-2 誤差の正規性 (Shapiro-Wilk 検定)

	最小値	平均値	最大値
データ数	74	77	79
p-value	0.116	0.387	0.114

4. 結論と今後の展望

全国のアメダス雨量観測所にて雨量が 10 mm/h を超える観測データを実測雨量，降水短時間予報の画像データより判別した 1 時間先の雨量を予測雨量として，降水短時間予報が持つ誤差特性について各誤差指標より調査した結果，最小値基準では過小評価，最大値基準では過大評価，平均値基準では過小・過大ともに均等に評価していることがわかった．誤差分布は分布状況および Shapiro-Wilk 検定の結果より，正規分布に従うことが考えられる．また，スレットスコアより，気象庁が公開している降水短時間予報のデータ精度は予報値の幅の平均値をとった結果を基にした情報であることが推察される．

今後は，データ数がまだ少ないため，継続してデータの収集を行う．また，1 時間予報だけでなく 2 時間予報のデータを取得し，誤差分布の評価を行うことを目標とする．十分なデータ数を確保でき次第，得られた誤差特性を考慮して令和 4 年 8 月 3 日から 4 日にかけて発生した村上市での土砂災害について予測雨量を用いたリスク評価を行いたいと考えている．

5. 参考文献

- 1) 国土交通省：8 月 3 日からの大雨による被害状況について（第 24 報） pp.1, 2022：
[001515338.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/001515338.pdf)
- 2) 新潟県：令和 4 年 8 月 3 日からの大雨による被害状況について（第 20 報） pp.1-5, 2022：
[331497.pdf \(niigata.lg.jp\)](https://www.niigata.lg.jp/331497.pdf)
- 3) 内閣府（防災担当）：避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン（案） pp.16, 2022：
https://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/guideline/pdf/140407_honbun.pdf
- 4) 山野井一輝・藤田正治：豪雨時の水・土砂災害に関わるハザード群の発生リスク評価，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.72，No.4，pp. I_1291-I_1296, 2016
- 5) 久保田哲也・大槻恭一：インターネット降水短時間予報情報の山地実測雨量との誤差，砂防学会誌，Vol.60，No.5，pp.31-38, 2008
- 6) 気象庁：降水短時間予報の精度検証結果：
[気象庁 | 降水短時間予報の精度検証結果 \(jma.go.jp\)](https://www.jma.go.jp/jma/press/2022/08/0822001001.html)