

降水短時間予報の誤差特性とその土砂災害リスク評価への応用

長岡技術科学大学 地球環境工学研究室 ○小林 徹
担当教員 陸 旻皎

1. はじめに

陸ら (2023) は、適切な災害対策を講じる上で重要とされる土砂災害の発生リスク評価において、土壌水分欠損量 (soil moisture deficit, 以下 SMD と呼ぶ) つまり土柱が降水を受容する余力がリスク評価の良い指標となることを明らかにしたり、この SMD の算出に短時間雨量予報を用いることで、土砂災害の早期警戒を行う可能性があるとしている。

本研究では、短時間雨量予報として降水短時間予報に着目した。しかし降水短時間予報による予測結果が有する誤差がどのような確率分布に従って発生するのか一般に明らかになっていない。

以上より、本研究では降水短時間予報による予測結果が有する誤差がどのような確率分布に従って発生するのか簡易的に明らかにし、誤差特性を考慮したうえで、将来数時間先における土砂災害のリスク評価の可能性について調査することを目的とする。

2. 手法

2.1 取得データ

誤差特性の把握にあたって、取得するデータは、①降水短時間予報によって予測された降雨強度 [mm/h] (本研究では、2023 年 3 月～7 月までのデータを使用)、②真値として使用する気象庁管轄の AMeDAS 観測所にて雨量計によって観測された 10 分当たりの雨量 [mm] である。

予測データについては気象庁が公開している Web サイト (今後の雨) より 1 時間先の予測雨量データを取得した。取得条件については、5.0 [mm/h] 以上かつ AMeDAS 観測所の位置と重なる地点である。予測雨量には幅が存在するため、幅の下限値、平均値、上限値の 3 つのパターンを取得した。

雨量計データについては、気象庁が HP にて公開している過去の気象データより取得した。

2.2 誤差特性 (誤差の分布特性) の把握

取得データより以下評価指標として $E, ME, MAE, SD, RMSE$ を、山岸ら (2011)、伊藤ら (2018) の手法より算出した²⁾³⁾⁴⁾。計算を行った。

2.3 誤差の分布特性の把握

一般に誤差の発生分布が正規分布に従うことから以下の検証を行った。

定性的な評価として①箱ひげ図、②ヒストグラム、③QQ プロットの 3 つを作成した。定量的な評価としては、Kolmogorov-Smirnov 検定を行った。

2.4 土砂災害リスク評価への応用

本節を読むにあたって、前節の結果 3.1 を事前に確認することを推奨する。

① 対象とする土砂災害および発生時間の整理

対象とする土砂災害は 2010 年から 2011 年の間に新潟県で発生した土砂災害 446 件である。発生時刻は報告時から 24 時間遡るまでの間とする。

② 予測データの入手および整理

実際の雨量データから確率分布に従ってランダムに発生させた誤差を差し引くことで降水短時間予報による予測結果に近い雨量を推定した。

$$R_{f(t)(i)} = X_{(t)} - E_{(i)} \quad (2)$$

ここで、 $R_{f(t)(i)}$:ある時間における予測雨量データ、 $X_{(t)}$:ある時間における実測雨量データ、 $E_{(i)}$:確率分布に従ってランダムに発生させた誤差である。また、 $R_{f(t)(i)} < 0$ となる場合 $R_{f(t)(i)} = 0$ とする。

③ 土砂災害リスク評価への応用方法

SMD は以下の式より求めた。

$$SMD_{(t)(i)} = SMD_{(t-1)} - R_{f(t)(i)} \quad (3)$$

ここで、 $SMD_{(t)(i)}$:ある時間における土壌水分欠損量である。(3)式によって算出された $SMD_{(t)}$ が基準とする災害捕捉率における閾値 SMD_c と比較して $SMD_{(t)} < SMD_c$ となる確率を求めた。

また、土砂災害ごとの各時間でシンプソン法、Norm.Dist⁵⁾関数による基準値を超える累積確率を

求めた。

各手法で求めた確率より任意の基準を超える割合を求め信頼度を算出した。

3. 結果と考察

3.1 誤差特性の把握

◆ 誤差の分布特性（正規性の検証）

表-1 よりすべてのパターンにおいて $p\text{-value} < 0.05$ であり帰無仮説は積極的に棄却できず誤差分布は正規分布には従わないと考えられる。

定性的な結果は、図-1～図-3 のとおりであり、いずれも正規分布に近い傾向がみられる。

検定による結果はサンプルサイズが大きく正しい結果を得られていない可能性があることから本研究では、定性的な評価のみにおける結論とし、降水短時間予報における予測結果が有する誤差の発生分布は正規分布に従うものとする。

3.2 土砂災害リスク評価への応用

各手法による信頼度の算出結果は表-2 のとおりである。任意の基準値 50%（期待値）より低い基準 25%を基準とした場合に信頼度が上がる傾向があり、誤差特性を考慮し確率論的に考えることで、早期警戒ができる可能性があると考えられる。

4. 結論および今後の展望

降水短時間予報による予測結果が有する誤差の発生分布は正規分布に従って発生することがあることがわかった。土砂災害リスク評価への応用可能性は、今回例にした結果から、確率論的に考えることで信頼度の変化がみられ、早期警戒を行うことができる可能性があると考えられる。

今後、誤差の発生分布について詳細に明らかにしていく必要がある。

表-1. 各指標計算結果

	下限値	平均値	上限値
データ数	688	688	688
ME[mm/h]	0.52	4.57	8.63
MAE[mm/h]	5.06	6.95	9.95
SD[mm/h]	6.93	7.44	8.17
RMSE[mm/h]	6.94	8.74	11.89
p-value	2.66E-37	3.33E-33	6.04E-30

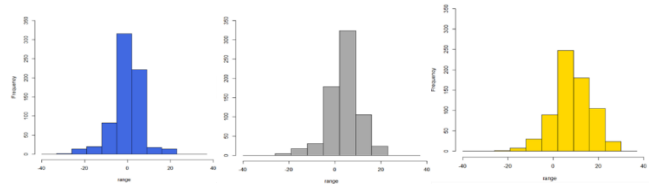


図-1. ヒストグラム（左:下限値,中:平均値,右:上限値）

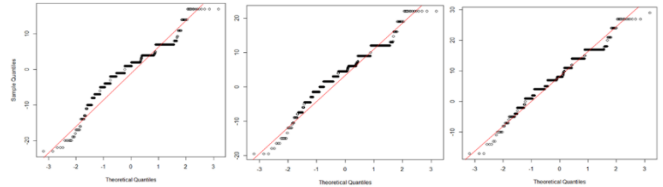


図-2. QQ プロット（左:下限値,中:平均値,右:上限値）

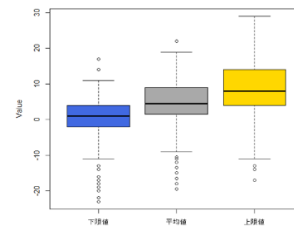


図-3. 箱ひげ図

表-2. 各手法による信頼度の算出結果

	乱数生成による確率計算		sympson則		Norm.Dist	
	pc=0.95	pc=0.90	pc=0.95	pc=0.90	pc=0.95	pc=0.90
	SMDc=88.7	SMDc=57.4	SMDc=88.7	SMDc=57.4	SMDc=88.7	SMDc=57.4
25%	0.9731	0.9439	0.9731	0.9417	0.9731	0.9417
50%	0.9686	0.9395	0.9731	0.9372	0.9731	0.9372
75%	0.9686	0.9283	0.9731	0.9372	0.9686	0.9283

5. 参考文献

- 陸旻皎・小椋崇弘・ThandarTunZIN・岡滋晃・鬼東俊一・川村直明・山本隆広・込山晃市 2023 : 土壌水分欠損量による土砂災害リスク評価の試み -2010年と2011年に新潟県で発生した土砂災害を例として-, 水文・水資源学会誌 36: 118-128, DOI: 10.3178/jjshwr.36.1752
- 気象庁：降水短時間予報の精度について https://www.data.jma.go.jp/yoho/kotan_kensho/kotan_hyoka.html
- 山岸良雄・佐治憲介・青木功・谷川亮一・藤井康正：2011, 気象庁気象予報データを用いた日射量予測手法の精度検証, 電気学会論文誌 B, Vol.132, No.4, pp.334-340. DOI: 10.1541/ieejpes.132.334
- 伊藤公紀・伊藤裕康：身につく統計学, pp.18-19, 森北出版株式会社, 2018
- Microsoft : NORMDIST 関数, <https://support.microsoft.com/ja-jp/office/normdist-%E9%96%A2%E6%95%B0-126db625-e53e-4591-9a22-c9ff422d6d58>