

線状降水帯の形成条件に着目した土砂災害発生予測に関する検討

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ○野呂智之 神山嬢子 村田郁央 池田寛*
一般財団法人 日本気象協会 増田有俊 片山勝之 後藤祐輔
* 現 中電技術コンサルタント株式会社

1. はじめに

本稿は昨年度の富山大会で発表した「土砂災害発生予測の精度向上に向けた集中豪雨生起ポテンシャル評価の試み」(國友ら)の続編である。

土砂災害の警戒避難体制構築を考える上で、関係者の悩みの一つが「土砂災害の危険度、切迫度(以下、危険度等)の高まる様子が可視性に乏しい」ことである¹⁾。

これまで国総研では、SNS情報(Twitterのツイート)を用いた状況把握手法を検討してきた²⁾。土の臭いや転石の音といった前兆現象に加え、発信者の不安心理が徐々に高まっていく様子も含め、危険度等を可視化する一手法としてその可能性を見出した。一方、気象条件の悪化が予想されるもののまだ降雨が観測されていない時期は、防災担当部署の要員計画立案や資機材の最終確認に充てられる重要な時間帯でもあるが、台風の接近を除けば危険度等の把握に使える情報は極めて限られているのが実状である。そこで、土砂災害警戒情報を補完する前後の情報として表-1に示す組合せ例を考えている。

表-1 危険度等を把握する時期と手段の組合せの例

時期	手段
数〜十数時間前	線状降水帯の出現予測 (本研究の対象)
2〜3時間前	土砂災害警戒情報
直前	SNS情報

本研究では、防災担当部署の体制準備に役立てるよう十数時間前に土砂災害の発生に注意を向けるための指標として停滞性降水システムに着目し、その中でも特に線状降水帯に焦点を当て、その出現予測結果を利用した土砂災害発生予測危険度評価を試みた。なお、近年では2014年8月広島市、同9月北海道千歳市、2015年9月栃木・茨城等の水害・土砂災害発生時に顕著な線状降水帯の出現が確認されている。

2. 検討内容

線状降水帯の出現に関連していると推察される気象環境場を空間スケールの大きな複数の環境パラメータを用いて整理した後、RBFN出力値と比較することにより土砂災害発生に対する事前予測の性能を評価した。

2-1 線状降水帯の抽出

線状降水帯とは、津口³⁾(2016)の整理によれば「複数の積乱雲が線上に並ぶ集合体」であり、「数時間にわたりほぼ同じ場所に停滞して大雨をもたらす」として平成26年広島災害以降に頻繁に使われ始めたとしている。図-1に示すのはその広島災害におけるレーダ解析雨量画

像であるが、広島市安佐南区付近に南西から北東にかけて強い雨域が出現しているのがわかる。線状降水帯の抽出にあたっては、50mm/2h以上の雨域をまず選び、そこから津口・加藤⁴⁾(2014)の定義や土砂災害発生直前の雨量を参考に雨量、形状で判別する条件を決定した(表-2)。これらを満たす事例について2014〜2016年(暖候期のみ)で抽出したところ、合計200事例の出現を確認できた(図-2)。

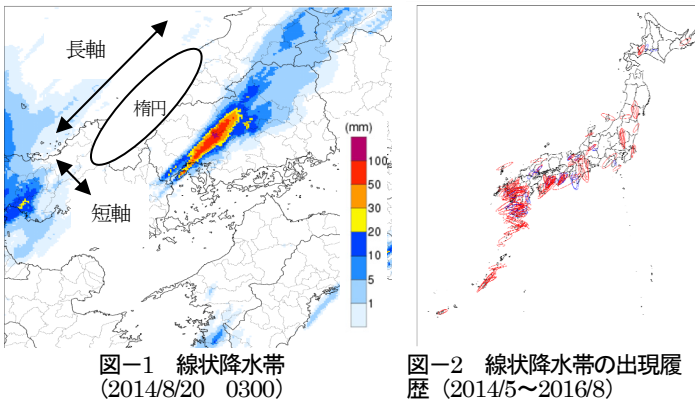


図-1 線状降水帯
(2014/8/20 0300)

図-2 線状降水帯の出現履歴
(2014/5〜2016/8)

表-2 判別条件

	条件	しきい値
雨量	強雨域	100mm/2h 以上
	50mm/2hの雨域面積/楕円面積	≥50%
形状	長軸	≥50km
	長軸/短軸	≥3
	楕円の走向と700hPa*風向の差	22.5° 以内

*高度約3000m

2-2 線状降水帯出現時の環境パラメータ

線状降水帯の形成に関わる指標として選定したパラメータ群を表-3に示す。K指数を例に取ると、Tは数字で指定される各気圧(hPa)高度の気温(°C)、dは露点温度(°C)を使う。中下層の気温差がもたらす大気的不安定さと雲のできやすさを簡易に評価し、目安として30〜40程度以上であれば雷雲ができやすい、と判断する。

$$K \text{ 指数} = (T_{850} - T_{500}) + T_{d850} - (T_{700} - T_{d700})$$

表-3 使用した環境パラメータ

パラメータ名	略称	集中豪雨との関連性
可降水量	PW	降雨の賦存量
ショワルター安定指数	SSI	大気的不安定さ
K指数	KI	大気的不安定さ
ストームに相対的なヘリシティ	SREH	鉛直方向の風速差と上下層の風向差
下層の水蒸気フラックスの収束量	CFLX	水蒸気量

各パラメータの計算は気象庁提供による局地モデル (LFM) の GPV 解析値 (4km メッシュ) を用いた。各パラメータの再現結果の一例を図-3 に示す。これは広島災害が発生する約3時間前の状況である。なお、CFLX のみ地形性ノイズを除去するために周囲 44km のメディアンフィルタを適用している。

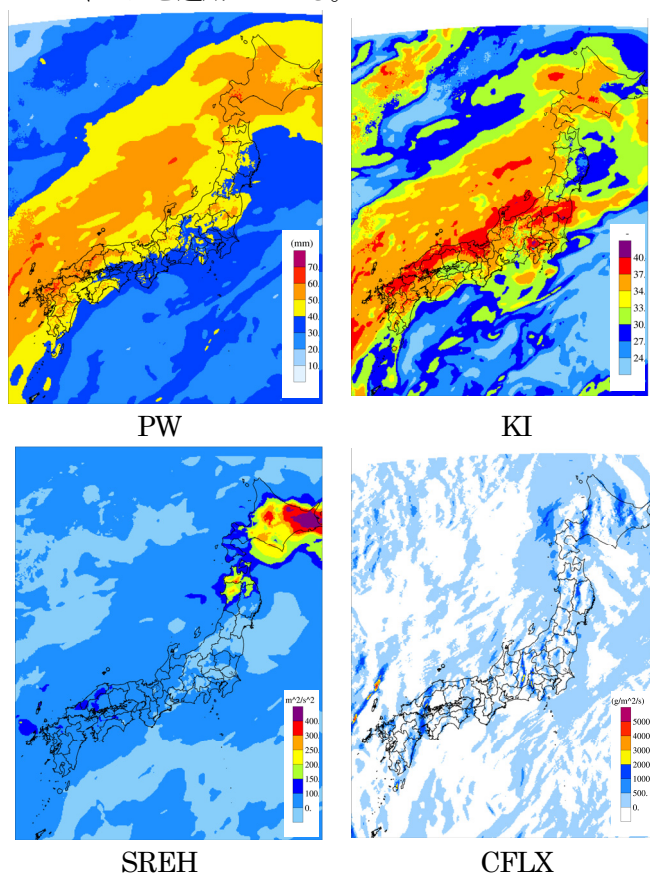


図-3 環境パラメータの再現結果
(2014/8/20 0000)

これらの図から、日本海を中心に特に西日本で大気中の水蒸気量が多いこと (PW)、広島付近に注目すると大気の高い不安定性 (KI)、上昇流発生の可能性 (SREH)、豊後水道を經由して太平洋上から供給される水蒸気の収束帯 (CFLX) を確認することができる。特に CFLX については実際に出現した線状降水帯 (図-1) と高い相関がうかがえる結果が出ている。

2-3 土砂災害発生危険度の評価

パラメータ毎に設定したしきい値 (PW>50, KI>35, SSI<0, SREH>90, CFLX>1000) を超えた時点で各メッシュを加点 (1 または 5 点) の対象とし、5 パラメータの合計点 (0~13 点) をもって当該メッシュの集中豪雨生起ポテンシャルと定義した。一例として図-3 の結果をもとに算出した結果を図-4 に示す。広島市と札幌市で高ポテンシャル域が出現しているが、札幌市では前日に 41mm (最大 9mm/h) の降雨が観測されているものの、20 日は無降雨であったことが広島市とは大きく異なる。性能評価として、12 点以上 (集中豪雨生起ポテンシャルが高いと仮定) のメッシュの解析値と 9 時間先の予測値

について、同じメッシュで別途計算した RBFN 出力値と比較した。RBFN 出力値は 0.4 以下の領域を土砂災害発生危険度が高いと仮定し、この領域の一部 (短時間で終了する降雨、低強度で積算された長雨を除く) を高い豪雨生起ポテンシャルがどの程度捕捉・的中させているかを検証した。なお、検証はメッシュ同士の比較ではなくバッファを設けた一定範囲で行っている。結果は、捕捉率 55~62% (解析値)、同 62~65% (9 時間先予測)、的中率 3~5% (解析値)、同 3~4% (9 時間先予測) であった。

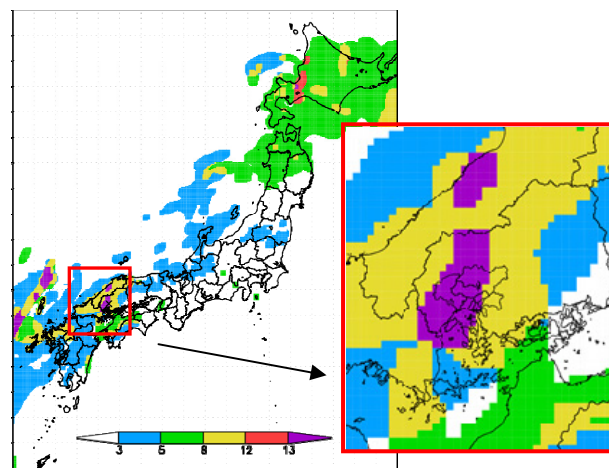


図-4 豪雨生起ポテンシャル分布 (2014/8/20 0000)

3. 考察

環境パラメータを用いて線状降水帯の形成を予測し、集中豪雨が発生する可能性の高い地域を対象に土砂災害の発生危険度の事前予測まで展開可能であることを確認できた。LFM の仕様 (1 時間毎の発表、9 時間先の予報、配信まで 1 時間半程度の所要時間) を考慮すれば、数時間前の段階で土砂災害発生に注意が必要な範囲の共有が可能と思われる。ただし、防災担当部署での利用を想定して土砂災害発生の捕捉を最優先にしているとはいえ、的中率が低い (空振りが多い) など課題が残っている。

4. 今後について

本研究は、成果の社会実装が必須な戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「レジリエントな防災・減災機能の強化」の交付を受けて行っている。危険度の評価、可視化を行うためのツールとしてプロトタイプシステムの開発も同時に進めており、想定ユーザーである地整・都道府県の意見も踏まえながら内容を詰めていきたい。

【参考文献】

- 1) 例えば小山内・野呂：土砂災害からの事前避難をサポート、国総研アニュアルレポート 2006, pp16-19
- 2) 伊藤ら：Twitter 情報を活用した土砂災害発生場の状況把握の可能性について、平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集, B132-133, 2015
- 3) 津口：線状降水帯、天気, 63, pp727-729
- 4) 津口・加藤：集中豪雨事例の客観的な抽出とその特性・特徴に関する統計解析、天気, 61, pp455-469