

鉄道における部外気象情報を活用した降雨モニタリング範囲の検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○佐々木 良 正会員 藤井 昌隆 正会員 森 泰樹
京都大学大学院 フェロー 杉山 友康

1. はじめに

鉄道にとって「安全で安定した輸送の提供」は、重要課題である。中でも、降雨時には、斜面崩壊防止工等のハード対策および降雨量による運転規制（以下、雨量規制という。）等のソフト対策を的確に行うことが重要である。雨量規制は、数駅毎に設置した鉄道雨量計によって計測されたデータに基づいて実施している。しかし、近年増加傾向にある局地的大雨の雨域は、鉄道雨量計の設置間隔より狭い場合がある。このため、JR 西日本では、さらなる安全性の向上を目的に、部外気象情報である気象庁の解析雨量（以下、解析雨量という。）を活用した降雨モニタリングの導入の検討を進めている。すなわち、鉄道雨量計に加え、解析雨量における線路直上メッシュのデータによって、雨量規制を実施するものである。また、降雨による災害は、盛土や切土などの鉄道構造物の不安定化に起因するものだけでなく線路から離れた自然斜面が崩壊し、小規模な土石流となって、線路上に流入するもの等もある。このため、筆者ら¹⁾は鉄道沿線における小規模土石流や土砂流入事例を用いた溪流の流域の分析をもとに、図1に示すように線路中心から左右1kmの範囲に含まれるメッシュを降雨モニタリング範囲として提案した。しかし、それらの範囲に含まれるメッシュが線路直上メッシュと同程度の降雨を記録している可能性があるため、降雨の距離依存性を分析して適正な降雨モニタリングの範囲を検討したので報告する。

2. 降雨の距離依存性の分析

2.1 分析の概要

本項では、JR 西日本管内において2009年4月から2016年10月までに鉄道沿線から離れた溪流の流域上部を発生源とする土石流や土砂流入をもたらした降雨19例を抽出して、降雨の距離依存性を分析した。分析では、橋りょうで横断する河川における災害事例の降雨は対象から除いた。ここでは時系列波形 $x(i)$ とそれから時間 Δt だけ位相をずらした波形 $x(i+\Delta t)$ の変動の類似性を示すことに用いられている自己相関係数 $\rho(\text{式}(1))^2$ を参考にして、ある時刻の降雨の面的な広がり把握するため、時刻 Δt の変動を距離 Δl の変動に置き換えて自己相関係数 $\rho(\text{式}(2))$ を算出し、降雨の距離依存性とした。

$$\rho(t) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} r(i) \cdot r(i+t)}{\sum_{i=0}^{N-1} r(i)^2} \quad t = 0, 1, 2, \dots, N \quad \dots \text{式}(1)$$

$$\rho(l) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} r(i) \cdot r(i+l)}{\sum_{i=0}^{N-1} r(i)^2} \quad l = 0, 1, 2, \dots, N \quad \dots \text{式}(2)$$

ここで、 r は解析雨量における1時間降水量(mm/h)である。

2.2 分析対象の降雨

抽出した19例の降雨を対象とし、降雨量は1kmメッシュの30分毎の解析雨量（1時間雨量(mm/h)）を用いた。自己相関係数は図2に示すように災害発生地点を含むメッシュの解析雨量が最大値を記録した時刻の1時間雨量を用いて、災害発生箇所を中心にNS方向・EW方向40kmの範囲（図3）を対象として算出した。なお、ここでは災害時の降雨形態を気象庁の全国異常気象概況³⁾を参考にして、梅雨前線等9事例、台風7事例、局地的大雨3事例の3つに区分して分析した。

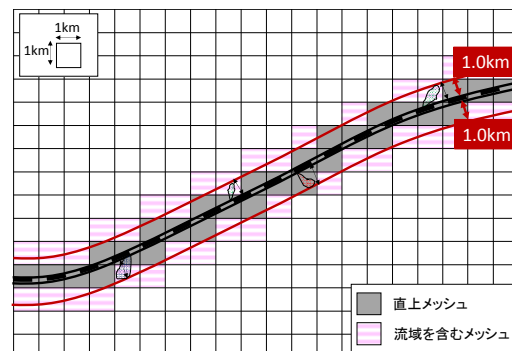


図1 流域分布からの降雨モニタリング範囲¹⁾

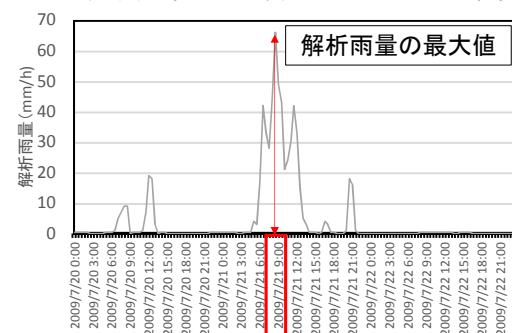


図2 自己相関係数を算出する時刻

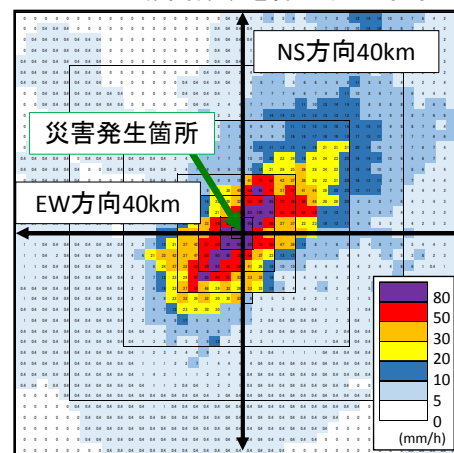


図3 自己相関係数を算出する範囲

キーワード 解析雨量, 局地的大雨, 溪流, 鉄道, 降雨モニタリング

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島5-4-20 西日本旅客鉄道(株) 構造技術室 TEL 06-6305-6959

2.3. 分析結果

図4に降雨形態別の自己相関係数 ρ (NS方向, EW方向)と距離の関係を示す. この図は降雨の距離依存性を表現しており, 傾きが緩やかであるほど距離依存性が高く, 傾きが急であるほど距離依存性が低いことを示している. 局地的大雨による自己相関係数 ρ は, 梅雨前線等や台風によるそれと比較して, 距離が小さい領域において急激な低下傾向を示すことがわかる.

ここで自己相関係数 $\rho \geq 0.8$ となる範囲は同程度の雨量が観測されていると仮定した場合, 自己相関係数 ρ が0.8となる最小距離は, 梅雨前線等による降雨NS方向, EW方向ともに約3.0km(図4(a)), 台風による降雨NS方向約4.5km, EW方向約3.5km(図4(b)), 局地的大雨による降雨NS方向約1.5km, EW方向約3.0km(図4(c))となる. すなわち, 台風, 梅雨前線等, 局地的大雨の順に降雨の距離依存性が低くなる傾向を示しており, 距離依存性が最も低くなった局地的大雨は, ある地点から約1.5km以上離れた場合, そことは異なる雨量を記録していることを示唆している.

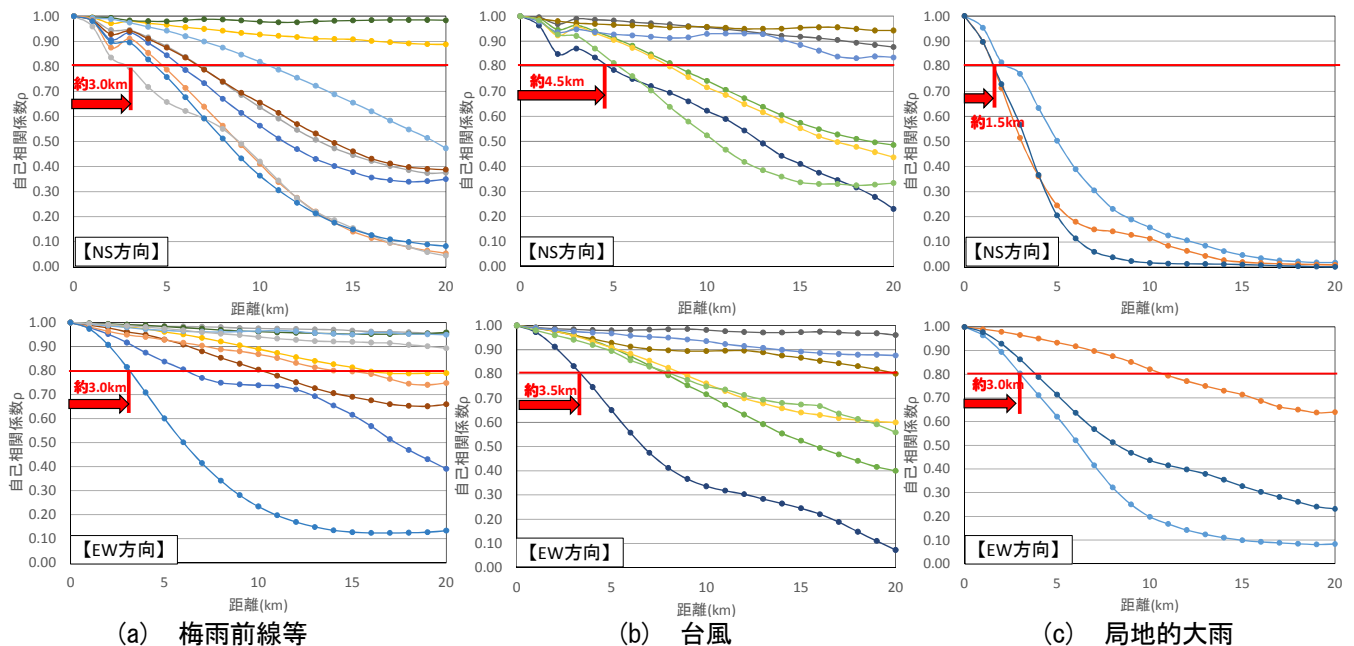


図4 各降雨形態による降雨の距離依存性

3. 降雨モニタリング範囲について

2.3の降雨の距離依存性の分析結果から, 仮に1kmメッシュの解析雨量を用いた場合の降雨モニタリング範囲を図5に示す. 降雨の距離依存性が最も低くなった局地的大雨の場合は, 鉄道施設を中心に左右に約1.5km離れた位置までは同程度の降雨を記録している可能性がある. これは, 図6に点線で示す筆者ら¹⁾が提案した線路中心から左右1kmの範囲に含まれるメッシュによる降雨モニタリング範囲を包括していることがわかる. すなわち, 線路直上メッシュの降雨モニタリングで, 鉄道沿線から離れた溪流の流域への降雨を把握していることとなる.

4. まとめ

本稿では, 鉄道沿線での土石流や土砂流入時の降雨を分析して, 解析雨量による降雨モニタリング範囲を提案した. 今後は, 降雨の時系列変化を考慮した分析や線路を橋りょうで横断する河川における災害に対応する降雨モニタリング範囲を検討したい.

参考文献

- 1) 佐々木良, 杉山友康: 鉄道線路への土砂流入に対応する降雨モニタリングに関する検証, 第51回地盤工学会研究発表会, 2017.
- 2) 甘利俊一ら, 多変量解析の展開, 岩波書店, p.198~p.201.
- 3) 気象庁: 全国異常気象概況, 2009~2015.

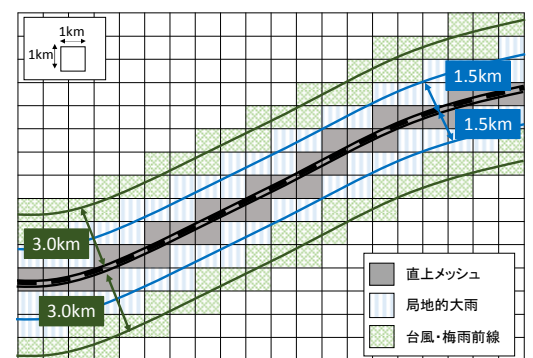


図5 降雨の距離依存性からのモニタリング範囲

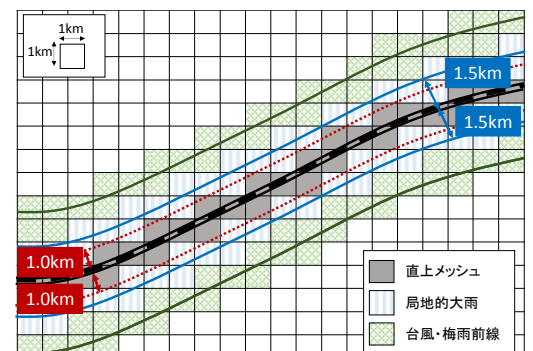


図6 降雨の距離依存性と流域分布からのモニタリング範囲