

局地的大雨に適応した鉄道防災への取り組み

JR 東日本 ○外狩麻子 森島啓行 島村誠
(独)防災科学技術研究所 三隅良平 真木雅之

1. はじめに

鉄道運行の安全性を確保するために、自然災害の誘因となる外力のモニタリングとして沿線気象観測を行い、鉄道沿線空間への自然外力影響度を推測し、運行可否の判断を実施している。この目的のため、鉄道沿線に雨量計を設置し、沿線での降雨監視を行っている。しかしながら、昨今の局地的大雨のような雨域が狭い強雨の事象発生頻度が高まり、沿線の雨量計のみでは強雨を捕捉できない可能性が高まってきた。そこで、より空間的に稠密な降雨観測情報を獲得できるレーダー計測降雨情報を活用して、鉄道運行の安全性向上や列車運行の効果的な規制実施が図れるかについて検証し、具体的な利活用方法の構築を目指している。

2. レーダー計測降水情報

局地的大雨に代表される気象変動の影響による強雨の主な特徴としては、雨域が狭いことと、気象学的に発生予測が難しいことにある。このため、局地的大雨の発生捕捉については、稠密な観測網による事象の発現察知とその経過追尾が現在唯一の対応策となる。

降水観測技術、特に稠密な降雨観測を可能とするレーダー計測技術は、局地的大雨への対応などの社会的ニーズにより急速に整備が進められている。例えば、気象庁レーダー計測降雨観測の空間分解能(メッシュ格子間隔)は5kmから1kmに稠密化され、国交省河川局はxバンドMPレーダー降水観測による500～250mの空間分解能の降水情報を表示している。

このような状況をふまえ、レーダー計測降水情報の鉄道事業における有効な活用方法についての検討を開始した。そこで本稿では、気象庁解析雨量(30分更新、1kmメッシュ)、MPレーダー解析雨量(1分更新、250mメッシュ)及び鉄道雨量計(5分更新、JR東日本所有)の3種類の降雨情報を検討に使用する。

3. 鉄道雨量計観測雨量との比較

列車運行の判断をルール化した降雨時運転規制では、判断基準となる規制基準値の設定に鉄道雨量計毎の降雨履歴データからの発生確率を使用している。このため、運転規制への適用性を検討するにあたっては、鉄道雨量計による観測雨量とレーダー観測由来の解析雨量の相関や異差を掌握することが必要となる。そこで、首都圏を中心とする鉄道雨量計(114基)での観測雨量とその当該雨量計設置位置を包括する空間メッシュでのMPレーダー観測による解析雨量との比較分析を行った。比較にあたっては、鉄道雨量計とMPレーダー計測の各計測時間間隔の雨量から、運転規制の雨量指標として採用している3つの半減期(1.5h、6h、24h)の実効雨量に変換してから実施した。また、対象期間は、最近の降雨事例3事例とした。

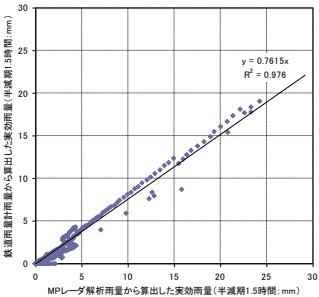


図1 実効雨量値の相関(弁天橋)

- ① 2011年7月28日～31日：平成23年7月新潟・福島豪雨の気象擾乱に伴う降雨事例、
- ② 2011年8月18日～22日、8月25日～27日：前線による局地的な降雨事例、
- ③ 2011年9月19日～22日：台風15号に伴う降雨事例。

3つの事例について、雨量計毎に実効雨量3指標での相関性を比較した。図1は、事例①での鉄道雨量計とMPレーダー計測からの半減期1.5h実効雨量の散布図の1例である。また、同データの時系列グラフを図2に示す。図1・2の例では、鉄道雨量計とMPレーダー計測による半減期1.5h実効雨量の相関係数は高く、時系列のピークもよく合っている。しかしながら、3事例・鉄道雨量計114基の全て地点が、この例のように良好な結果を示しているわけではない。

表1に、対象エリアの鉄道雨量計全てについて算出した相関係数が0.8以上であったものの占める比率を

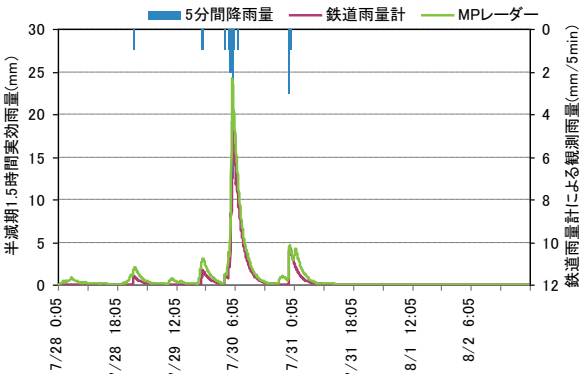


図2 実効雨量値の時系列(弁天橋)

示す。3つの事例うち、事例③で相関係数が最も高い結果を示し、また、事例①③では実効雨量の半減期が長くなるにつれて0.8以上の出現率が増すが、一方で事例②では半減期が長くなるにつれて0.8以上の相関の出現率が下がる結果となった。半減期が長くなるにつれ、実効雨量はその時刻までの累積雨量に近い傾向となり、強い雨の捕捉漏れなどが現れにくくなるはずであるので、事例②についてのこの結果は好ましくない。また、相関係数は近似直線とのばらつきをしめすものであるため、相関係数が高くても、近似直線が鉄道雨量計雨量：MPレーダー解析雨量＝1： α の傾き($1/\alpha$)で $\alpha \geq 1$ を示していない場合は、MPレーダー解析雨量の強雨捕捉性能が高く有益であると言い難くなる。これらは、特定の鉄道雨量計地点あるいは特定の降雨事例パターンに限定しているとは判断できず、対象の地点と雨域の移動(接近)方向との関係やMPレーダー基のカバー状況に依存していると推察される。

今回の検討の結論としては、降雨情報の空間分解能の高さから、MPレーダー解析雨量のメリットは大きく、雨量計雨量との相関性や時系列一致性も高いことが確認できたが、無条件にデータを同一の品質として使用するのには課題が残されていると考える。

4. 運転規制への適用に関する基礎検討

図3に示すようにモデル線区を設定し、鉄道雨量計設置の3駅(大船、逗子、横須賀)以外の6駅に試験的に雨量計を設置して観測を実施している。試験設置の雨量計と鉄道雨量計とのデータ比較を行うことで、鉄道雨量計による降雨観測監視とそれが受け持つ規制区間内での降雨の代表性に関して検討することができる。その上で、同駅地点でのレーダー観測雨量と比較することで、鉄道雨量計で規制区間内の遠隔地点の降雨を推定して規制を実施するのに対して、遠隔地点の上空のレーダー計測降水情報が有効であるかを検討することができる。

ここでは、大船雨量計による規制区間と逗子雨量計による規制区間の境界となる鎌倉駅に主眼をおいて、鉄道雨量計雨量およびレーダー観測雨量の比較を示す。図3中の赤枠で示した鎌倉駅地点に該当するレーダー観測雨量(気象庁解析雨量、MPレーダー解析雨量)と鎌倉駅での雨量計観測雨量のそれぞれを半減期1.5h実効雨量値に換算し、それらの同一時刻での相関性について図4及び図5に示す。図4は通常観測していない試験用雨量計設置駅(鎌倉駅)での降雨と、その駅を含む規制区間を受け持つ鉄道雨量計(大船駅、逗子駅)での降雨その相関性を示している。これら雨量値の同一時系列での相関性は、規制区間単位としてどの程度の誤差を許容しているかを示している。これに対して図5は、試験用雨量計設置駅(鎌倉駅)での通常は未知となる雨量をレーダー計測手法によりどの程度の精度で掌握することができるかを示している。図4及び図5から、規制区間内の地点で降る雨量は、離れた地点の鉄道雨量計雨量で推測するよりも、当該地点でのレーダー観測雨量を使用するほうが良いと推察される。

5. まとめ

3及び4にて示した検討をより多くの降雨事例について行い、レーダー計測降雨情報を活用することの有用性と課題点を抽出して検討を進めることで、より安全で効率的な運転規制などの列車運行判断の実現方法の策定が可能となると考えている。

本研究は科学技術戦略推進費「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」の支援を受けています。

表1 相関係数の比率

	相関係数0.8以上の割合	
	半減期1.5h実効雨量	半減期6h実効雨量
事例①	85.7 %	86.6 %
	86.6 %	86.6 %
	86.6 %	86.6 %
事例②	67.0 %	65.2 %
	65.2 %	65.2 %
	56.3 %	56.3 %
事例③	95.5 %	98.2 %
	98.2 %	98.2 %
	100.0 %	100.0 %

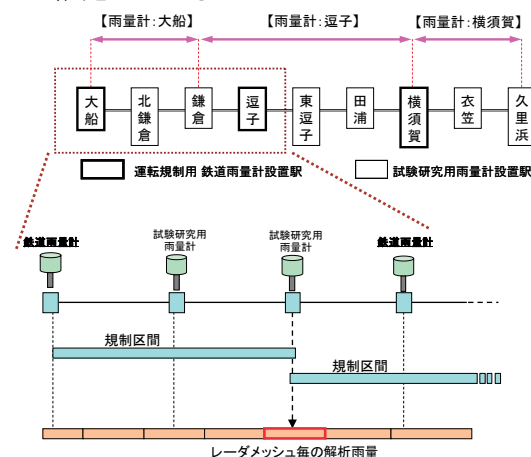


図3 規制区間とレーダー観測雨量のイメージ

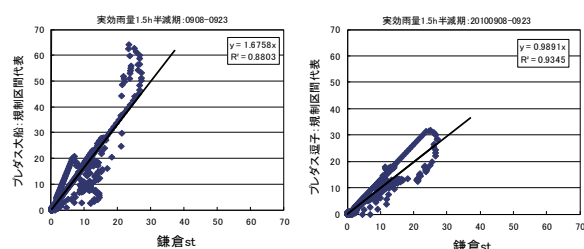


図4 鉄道雨量計の規制支配区間内での降雨データの相違

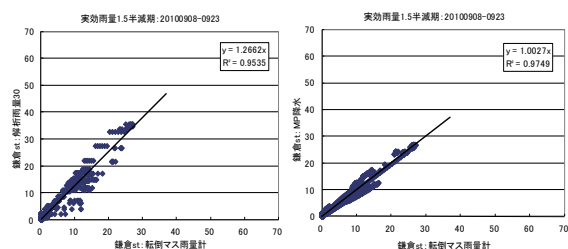


図5 鎌倉駅でのレーダー計測降と地上雨量計との比較