

地形性降雨を考慮した降雨予測による列車運転規制方法に関する研究
 Investigation on the Train Operation Control Method
 with Rainfall Prediction Considering the Orographic Rainfall

○中渚遥平・中北英一

○Yohei NAKABUCHI, Eiichi NAKAKITA

Railway operators enforce the train operation control with precipitation observed by rain gauges to ensure the safety in heavy rainfall. We studied about the train operation control method with rainfall prediction considering the orographic rainfall. About the area around Fukushima prefecture when typhoon No. 19 in October 2019, we verified the prediction accuracy of the time when the train operation control issued. As a result, the prediction accuracy was improved by considering the orographic rainfall and correcting predicted values with the error ensemble prediction.

1. はじめに

鉄道では、降雨に起因した土砂災害などから列車運行の安全を確保するために、鉄道沿線の雨量計（以下、鉄道雨量計）の観測値に基づいて運転中止や速度規制といった列車運転規制を行っている。列車運転規制では、降雨量が運転中止基準値に達すると直ちに列車の運行を停止するため、駅と駅の間で停車する場合があります、列車と乗客を長時間にわたり大雨の中留めることになる。とくに山岳域では地形の影響を受けて山の斜面で強い雨域が停滞する地形性降雨が起りやすく、これが原因とみられる鉄道沿線の災害も発生しており、駅間停車の防止は列車運行の安全性確保の観点から重要な課題である。そこで、地形性降雨を考慮した短時間降雨予測により降雨量が基準値に達する時刻を予測し、運転中止が発令される前に安全な駅で列車を停車する方法の研究を進めている。

中北ら¹⁾は、シーダー・フィーダー機構を考慮した地形性降雨モデルと、運動学的予測手法である移流モデル²⁾を組合せることで予測精度の向上を図った。筆者ら³⁾はこれをさらに発展させ、既存の手法を空間分解能1kmに高分解能化するとともに国土交通省 XRAIN のレーダー雨量を入力値としたときの予測雨量の精度を検証した。

本研究では、列車運転規制の発令予測への活用に向け、多数の鉄道雨量計で運転中止基準値を超える雨量が観測された2019年台風19号通過時の福島県を中心とする地域を対象に、予測方法の検討と列車運転規制の発令予測精度を検証した。

2. 検証の対象事例

検証の対象事例には、2019年10月12日の台風19号を用いた。対象地域は図1に示す約200km四方の領域とした。図1には当該降雨により運転中止基準値を超過した雨量計を赤色の丸で示している。80地点の雨量計で運転中止基準値を超えており災害の危険性が高い豪雨であったことがわかる。

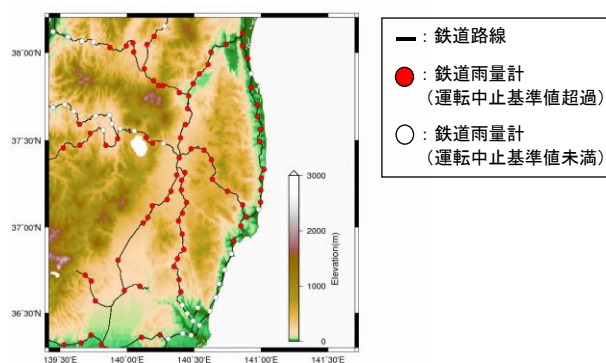


図1 対象領域と鉄道雨量計の位置

3. 使用したデータ

本研究では入力値とするレーダー雨量として国土交通省 XRAIN のCX合成雨量を用いた。CX合成雨量は時間間隔が1分、空間分解能が250mの高解像度なレーダー雨量で、移流モデル²⁾による予測計算において優位性がある。地形性降雨の算定時に必要となる水蒸気量、風向風速については気象庁 MSM のGPV情報等を用いた。

4. 実況降雨の推定結果

地形性降雨モデルによる実況雨量の推定結果を図2に示す。図2には台風19号通過時の24時間積算雨量についてレーダー雨量および地形性降雨

モデルによる地上雨量の推定値の面分布と鉄道雨量計の観測値を円内の色で示している。赤い円で示した部分に着目すると、筆者ら³⁾が台風19号通過時の箱根山付近で検証した結果と同様に、山間部での降雨量が地形性降雨モデルによる推定結果のほうが大きくなっており、その結果として雨量計の観測値に近づくことが確認できる。

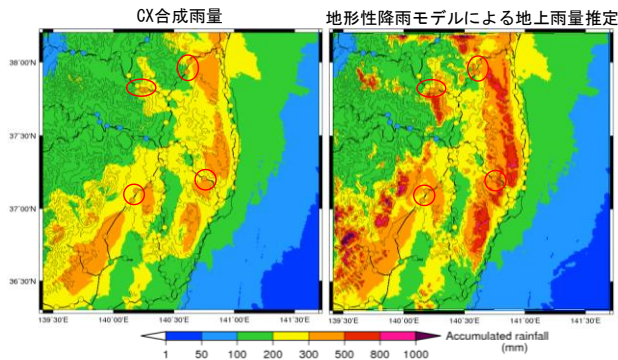


図2 地形性降雨モデルによる実況雨量の推定状況

5. 予測計算方法

本研究で用いた予測計算方法は、地形性降雨モデルで算出される地形性降雨量がその場で停滞すると仮定し、非地形性降雨の分布を移流モデル³⁾で移流させるものである。初期時刻1分毎に、前5分間の雨量分布から30分先までの降雨分布を計算した。予測結果の一例を図3に示す。図3には初期時刻16:55におけるCX合成雨量の実況降雨分布および30分先の予測降雨分布と実況降雨分布を示した。予測降雨分布は地形性降雨を考慮しない、CX合成雨量をそのまま移流させた予測結果も示している。図中に白い円で示した峠雨量計付近に着目すると、地形性降雨を考慮した予測により、30分後の実況降雨分布の再現精度が向上していることが確認できる。

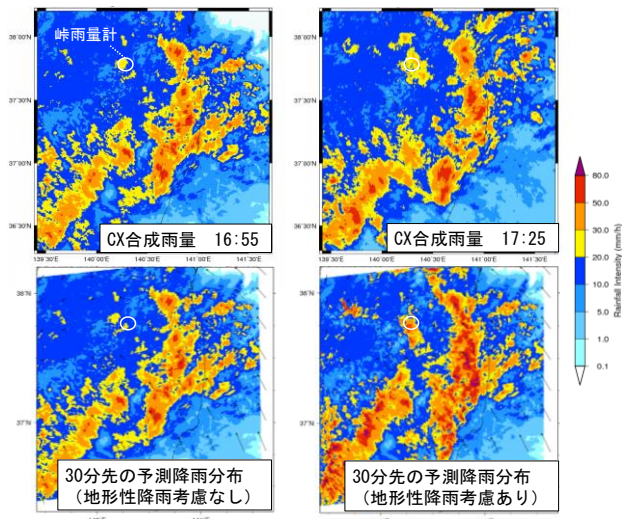


図3 初期時刻16:55における降雨予測状況

6. 列車運転規制発令予測精度の評価

対象事例で規制発令となった80雨量計について、雨量計観測値、予測値が運転中止基準値を超過した時刻(それぞれ実規制時刻、予測規制時刻とする)の差を検証した。10分、20分先予測値での結果を図4に示す。地形性降雨の考慮により予測規制時刻が早まる雨量計が増加している。

より定量的に予測精度を評価するため、予測の適中事例を、予測規制時刻が実規制時刻の15分前から5分後の範囲内となる事例と定義して、80雨量計中の適中事例数(適中率)で評価した。表1の上段に評価結果を示す。10分先予測では地形性降雨を考慮することで適中率が約10%向上している。しかしながら適中率は60%に満たず、精度が高いとは言えない。そこで、1分毎の高頻度予測であることの利点を活かして、直近の予測誤差の傾向を予測値に反映するエラーアンサンブル補正¹⁾の導入を検討した。表1下段に示した補正後の結果から、適中率は補正によって大幅に向上し、さらに地形性降雨を考慮した予測が10分先・20分先予測とも考慮しない場合よりも高い精度を示すことがわかった。発表では補正方法についてさらに検討した結果と列車運行管理への具体的な活用方法の案についても報告する。

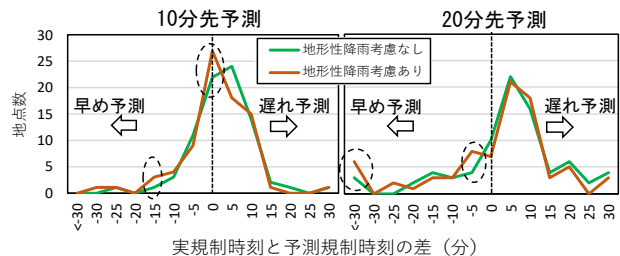


図4 実規制時刻と予測規制時刻の差の分布

表1 適中率の検証結果

| | | 10分先予測 | 20分先予測 |
|-----|-----------|----------|----------|
| 補正前 | 地形性降雨考慮なし | 46% (37) | 26% (21) |
| | 地形性降雨考慮あり | 54% (43) | 26% (21) |
| 補正後 | 地形性降雨考慮なし | 84% (67) | 64% (51) |
| | 地形性降雨考慮あり | 89% (71) | 69% (55) |

※ ()内は80地点中の適中事例数

参考文献

- 1) 中北英一, 吉開朋弘, キム スンミン: 地形性降雨を考慮したレーダー短時間降雨予測へのエラーアンサンブルの導入, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.67, No.4, I_619-I_624, 2011.
- 2) 椎葉充晴, 高棹琢馬, 中北英一: 移流モデルによる短時間降雨予測手法の検討, 第28回水理講演会論文集, pp.423-428, 1984.
- 3) 中渕遥平, 中北英一: XRAIN 立体観測データによる地形性降雨を考慮した短時間降雨予測手法の検討, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.78, No.2, 2022.