

XRAIN データを用いた前線性降雨における線状降水帯の予測精度の検証

兵庫県 正会員 ○横江 祐輝
 広島大学 正会員 内田 龍彦
 広島大学 フェロー会員 河原 能久

1. 研究の背景と目的

近年、集中豪雨の増加による浸水被害や土砂災害が多発している。その中で最近では「線状降水帯」と呼ばれる線状の降水域が多く確認されている。高精度な洪水流量の予測には降雨予測の精度が非常に重要であるものの、線状降水帯のような空間スケールの小さい現象に対してその発生場所や時刻を正確に予測するのは困難となっている。国土交通省は X バンド MP レーダネットワークの整備を進めており、X バンド MP レーダによって得られる高分解能の雨量分布と風速分布による積乱雲の内部構造の情報は豪雨予測にとって非常に有用なデータとなりうる。しかし、X バンド MP レーダの数値予測への適用は限られているのが現状であり、本研究で対象とする大規模な擾乱中の線状降水帯についての有用性について明らかにされていない。そこで本研究では平成 30 年 7 月豪雨に発生した豪雨について X バンド MP レーダの同化による予測精度の向上を図り、線状降水帯形成に必要な物理場を把握することを目的とする。

2. 対象降雨

本研究は平成 30 年 7 月豪雨を対象とする。図-1 に豪雨発生時刻における 7 月 6 日 18 時の地上天気図を示す。梅雨前線は西日本を縦断するように位置する様子が確認できる。本豪雨では非常に広範囲に降雨が発生したに加えて、西日本の多くの地点で長期の時間雨量が観測史上最大を記録するような長期的な豪雨が発生していた。さらに、局地的に線状降水帯が形成されており、猛烈な雨がもたらされた。

図-2 に広島県で被害が大きかった太田川流域内の広島地点でのハイトグラフを示す。これより、降雨は 7 月 5 日の朝から始まり、長期的に継続したことが分かる。また、7 月 6 日の夕方と 7 日の明け方に 2 度の降雨のピークが発生しており、非常に激しい降雨が発生した。本研究では河川の急激な水位上昇をもたらした一つのピークに着目する。

3. 計算手法

本研究では NCAR (National Center for Atmospheric Research) が中心となって開発している領域気象モデル WRF (Weather research and Forecasting) を使用した。WRF の特徴として基礎方程式には静力学平衡の近似が施されていないため、格子幅を狭く設定することができる。基礎方程式系は、3 方向の運動方程式、温度保

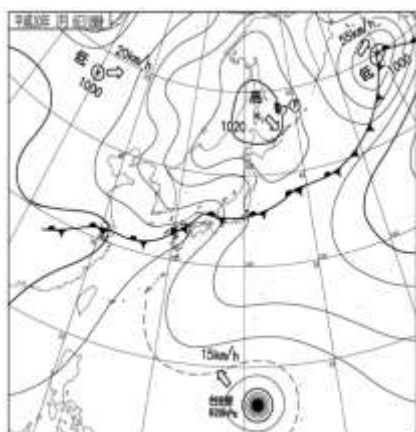


図-1 7月6日18時における地上天気図

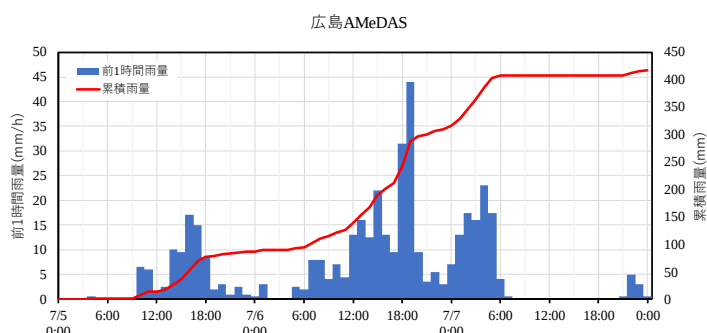


図-2 広島 AMeDAS における 7 月 5 日 0 時から 7 日 24 時までの 3 日間のハイトグラフと累積雨量

キーワード 平成 30 年 7 月豪雨, X バンド MP レーダ, データ同化, 線状降水帯

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-4 広島大学大学院工学系研究科 社会基盤環境工学 専攻事務室

TEL : 082-424-7194

表-1 計算条件と初期値及び境界値に用いたデータセット

	外領域 (d01)	内領域 (d02)
格子数	480×360×60	401×301×60
格子解像度	5km	1km
時間間隔	10秒	2秒
雲微物理スキーム	WSM6 (WRF Single-Moment 6-class scheme)	
境界層乱流スキーム	YSU (Yonsei University scheme)	
地表面モデル	Noah Land Surface Model	
初期値及び境界値	MSM (気象庁メソ数値予報モデルGPV) Real-time, global, sea surface temperature analysis NCEP FNL Operational Global analysis data	



図-4 データ同化に用いた X バンド MP レーダの位置関係

同化手法として計算負荷の少ない三次元変分法を採用し、解析サイクルによるデータ同化を行う。これは初期値に対して 10 分間の予報を行い、10 分間予報値を第一推定値として三次元変分法によりデータ同化を行い、その解析値を初期値としてさらに予報を行う、といったサイクルを同化期間内で 10 分毎に繰り返すものである。同化期間は 12 時から 15 時の 3 時間とした。同化データには広島県と岡山県の 4 台の X バンド MP レーダを使用した。図-4 に使用した X バンド MP レーダの位置関係と観測範囲を示す。X バンド MP レーダはそれぞれのレーダサイトに対して 5 分間で 12 仰角観測しており、雨雲の三次元情報を得ることが可能となっている。本研究では、前 5 分で観測された 12 仰角でのデータを 10 分間隔で同化した。レーダから得られる変数のうち、本研究ではドップラー速度とレーダ反射因子を使用した。ドップラー速度により得られる動径風を用いて雨雲内の風速分布の修正を行い、レーダ反射因子によって得られる雨水・雪・霰の混合比を用いて雨雲の位置の修正を行うことを目的としている。一方、データ同化の効果を明らかにするために、同化なしの計算を 15 時に初期値を与えて行った。

4. WRF による予測計算結果と考察

図-5 に計算開始後 4 時間、5 時間経過した 19 時と 20 時における 1 時間雨量の結果を示す。XRAIN による観測値では、19 時において広島県南西部、特に広島湾上空で強い降雨域が観測されており、線状に降水帯が形成されていること、20 時では線状降水帯がほぼ停滞していることを確認することができる。同化なしのケースでは、19 時において広島県南西部に強い降雨域が現れているものの、20 時では降雨域が北東方向に流されており、線状降水帯の停滞を予測できていない。同化ありのケースでは、19 時において広島県南西部に線状に降雨域が形成される様子が確認でき、降雨域の形成や形状が XRAIN による観測値と良好に一致する。また、20 時において線状降水帯の停滞がみられる。データ同化なしのケースと比較すると、データ同化により



図-3 WRF における計算領域

存式、質量保存式、ジオポテンシャルの時間変化の式、相対比湿保存式、気体の状態方程式からなる。図-3 に計算領域を示す。本研究では計算負荷の軽減とダウンスケーリングを目的として、2 重ネストによる計算領域を設定した。外領域 d01 では格子解像度を 5 km とし、内領域 d02 では格子解像度を 1 km とした。両領域間のデータのやり取りは two-way nesting を採用しており、内領域 d02 の境界条件は外領域 d01 によって与えられ、ネスト領域の平均値を親領域の対応する値に上書きすることによって 2 方向のやり取りを行っている。

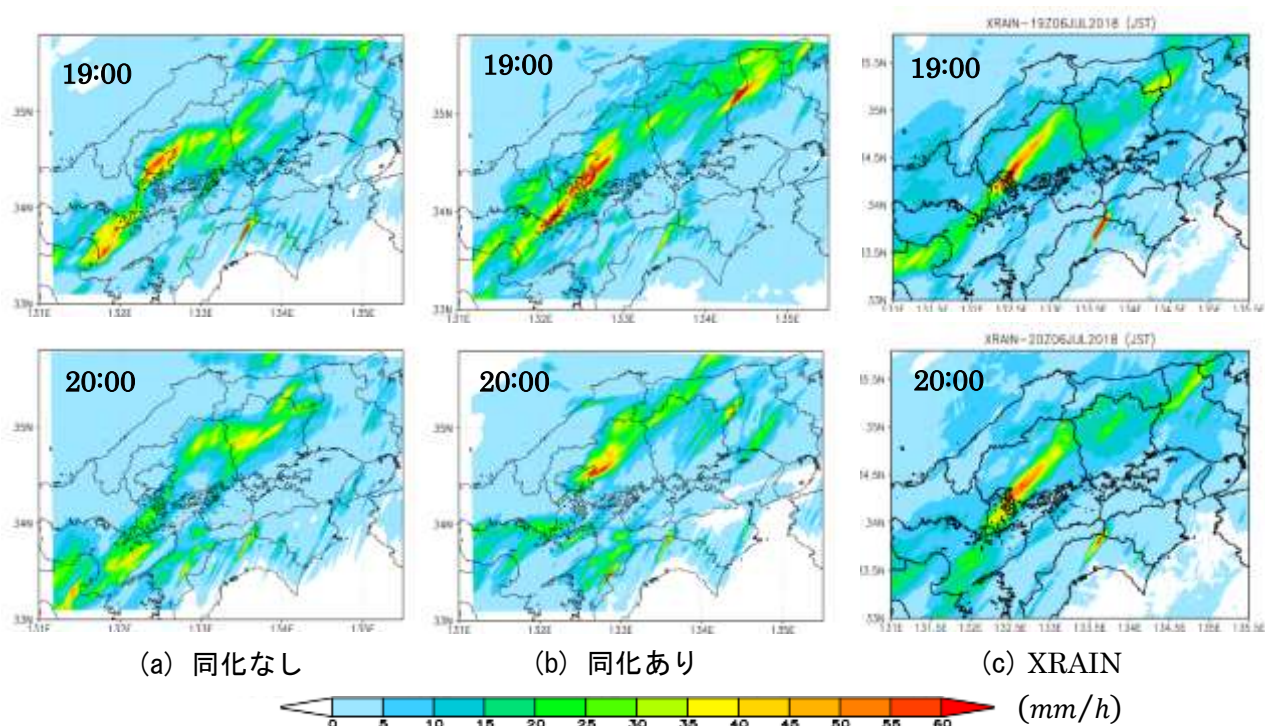


図-5 各ケースにおける 7 月 6 日 19 時と 20 時における 1 時間雨量の比較 (左 : 同化なし, 中 : 同化あり, 右 : XRAIN)

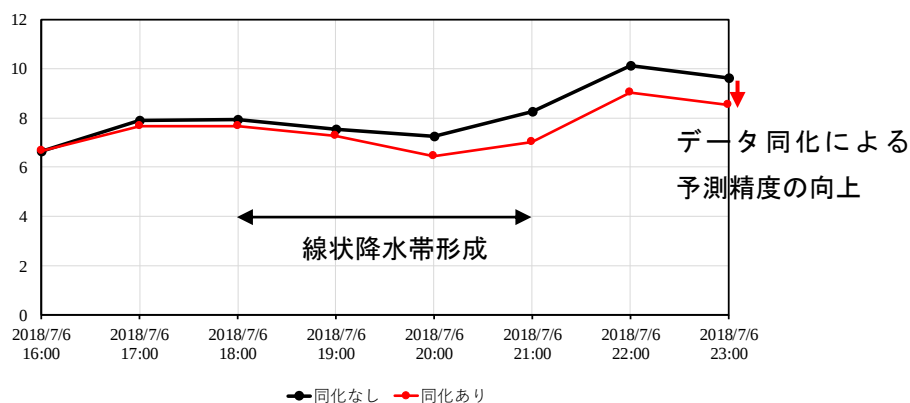


図-6 各ケースにおける 1 時間雨量の平均二乗誤差 RMSE の時間変化

線状降水帯の予測精度が格段に向上していることが確認される。

次にデータ同化を用いた予測に対する定量的な予測精度の評価を行う。図-6 に各ケースにおける 1 時間雨量の平均二乗誤差 RMSE の時間変化を示す。ここで、RMSE は次式により計算した。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - O_i)^2} \quad (1)$$

ここに、 F_i : 計算値, O_i : 観測値=XRAIN による観測値とし、d02 領域のすべての計算格子点に対して、最も近い XRAIN データとの比較を行った。これより、RMSE の値は同化なしと比べて同化ありが低い値を示しており、データ同化における予測精度が向上していることが確認できる。線状降水帯が形成されていた時刻において、特に 20 時から両者の間に大きな差がみられた。これは図-5 に示すように、線状降水帯の停滞現象が再現できていたことにより予測精度が向上したと考える。

データ同化によって物理場がどのように変化したのかを確認するために、20 時における 850 hPa 面における相当温位を比較する。その結果を図-7 に示す。これより、同化なしのケースでは、20 時において北西から冷たく乾燥した空気が広島県西部に侵入しており、南西方向からの暖かく湿った空気の流入を妨げる気象場とな

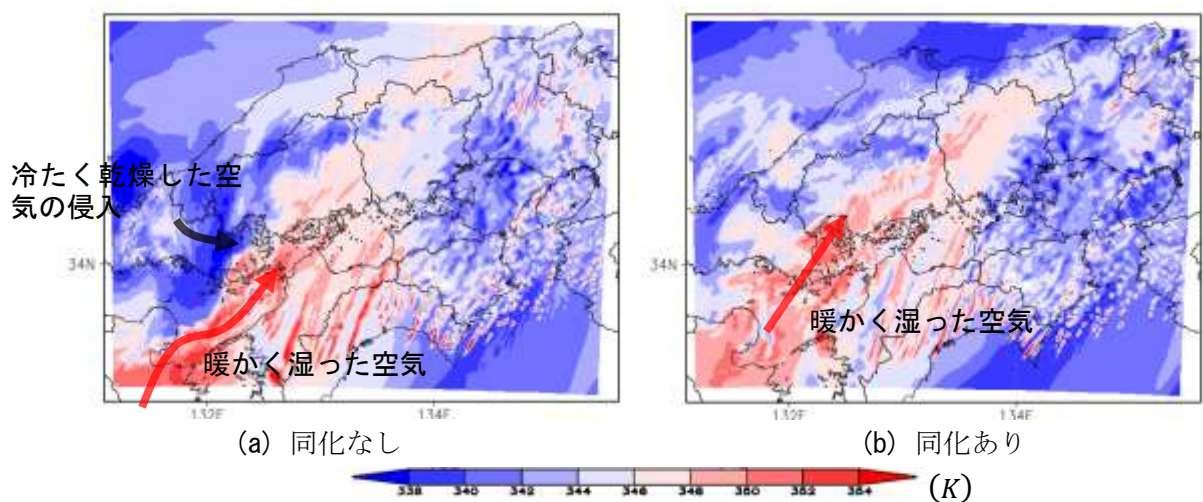


図-7 20 時における大気下層の相当温位の分布の比較 (850 hPa 面)

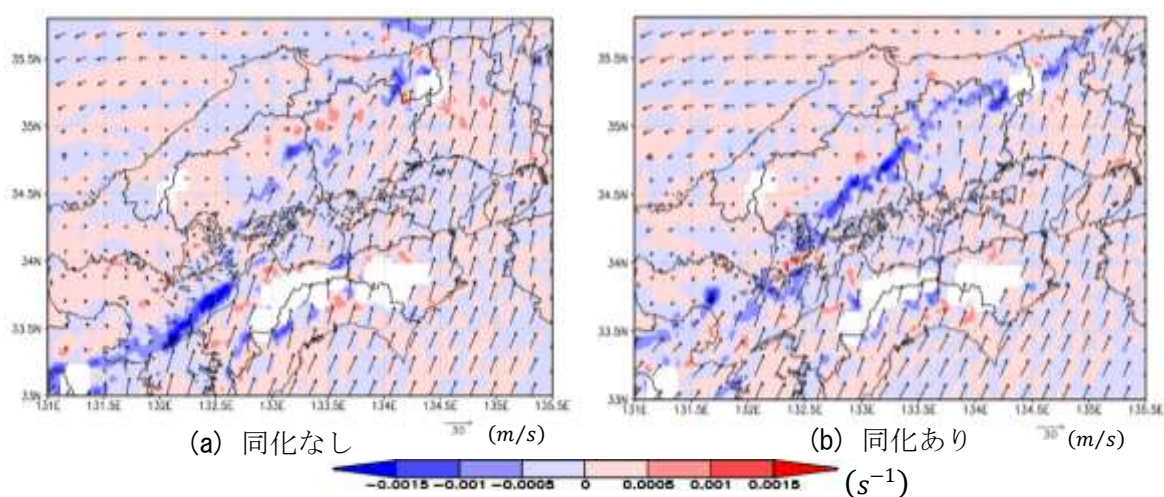


図-8 20 時における大気下層の収束発散分布と風速分布の比較 (900 hPa 面)

っている．一方，同化ありのケースでは，暖かく湿った空気が広島湾上空に流れ込んでおり，降水が発生しやすい気象場に修正されている．

次に，大気下層の風速場と収束発散分布を検討する．図-8 に 20 時における 900 hPa 面での風速ベクトルとその発散分布を示す．発散は次式で定義される．

$$\text{div}_H = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (2)$$

これより，同化なしのケースでは 20 時において広島湾周辺でそれほど強い負の発散域が現れておらず，顕著な上昇流は発生していない．同時に，データ同化によって広島湾周辺で強い収束域が形成されていることが分かる．

5. 結論

本研究では，平成 30 年 7 月豪雨を対象として X バンド MP レーダを用いたデータ同化により線状降水帯の予測精度の向上を試みた．以下に本研究で得られた知見を整理する．

- 1) X バンド MP レーダを用いたデータ同化を用いることにより，前線性の線状降水帯の形成とその停滞現象を再現し，線状降水帯の予測精度が向上した．
- 2) X バンド MP レーダによるデータ同化により，大気中層の風速場とともに，広島湾周辺の大気下層における風の強い収束域の形成を再現した．
- 3) 大気下層の相当温位の分布より，南西方向から暖かく湿った空気が広島湾上空に流れ込む様子を再現した．