WRF を用いた短時間豪雨予測システムの構築に関する基礎研究

1. 目的

従来から豪雨は気象災害の一つ主な要因である¹⁾. また、気候変動の影響で極端気象の発生は懸念されている.豪雨の観測、解析および予測は災害管理と水資源管理にとって重要である.本研究ではWeather Research and Forecasting (WRF) Model を用いて2015年 9月の鬼怒川流域で発生した豪雨イベントの再現実験 を行っており、WRFの降雨再現性能を評価する (C-band radar と比較)上で、モデルを改善し、小流域 におけるリアルタイムの短期間の豪雨予測システムの 構築を目的とした.

2. 研究手法の概要

2-1. 数値モデルの概要

Weather Research and Forecasting (WRF) Model は次世 代のメソスケール数値予報モデルである. WRF は静力 学に基づいた地形追従垂直座標を用いた非静力学モデ ルである. WRF の基礎方程式系は運動方程式・連続の 式・熱力学の式・混合比の保存式からなる. 基礎式に は、静力学平衡の仮定を用いていない. また、非圧縮



図-1 WRF の計算領域

中央	大学	学生会員	l	○廬		涛
北海道大学	学	正会員	Щ	田	朋	人
中央大学	フュ	ロー会員		山田	Ξ	Æ

性の近似もほどこされていない. これは, WRF が積雲 対流などの深い対流を数 100m から数 10km の任意の 水平分解能で計算できることを意味する²⁾. 計算には 2 次と 3 次の Runge-Kutta 時間積分スキーム, 2 次から 6 次までの Runge-Kutta 空間積分スキームを用いる.

2-2.2015年鬼怒川豪雨の概要

2015 年 9 月 7 日から 11 日まで,栃木県内の鬼怒川 流域中で広範囲の豪雨が記録された.一般財団法人国 土技術研究センターの報告書によると,7 日 18 時から 11 日 06 時まで,618.5mmの雨量が日光市にある五十 里観測所で観測された.また9月 10 日同じ観測所で,



図-2 C-band 観測降雨強度 (mm/h)

01時17分より前の一時間内は62.0mm/hの豪雨が観測 された.

2-3. 数値シミュレーション条件

本研究では、WRF ARW model (version: 3.7.1)を用いた. 地形データは USGS の土地被覆データとした. 気象観測入力データは 6 時間間隔で提供されている NCEP Final Analysis (FNL from GFS) (ds083.2)のデー



図-3 WRF による異なる微物理過程に基づいた降雨強度: Goddard (7), Morrison 2-mom (10), CAM 5.1 (11)

タである.海面水温は NCEP からの 0.5 度グリッドデ ータ(RTG_SST)を用いた.三つの計算領域を用いて(図 -1),水平格子解像度は 30km, 10km, 3,333km である. 一番小さい計算領域 d03 では利根川流域と鬼怒川流域 2 つの流域がある.シミュレーション期間は 9 日 0 時 から 10 時までと設定され,また鉛直方向では 40 層の シグマ座標系を用いてシミュレーションを行っている. 微物理過程は降雨プロセスにおいて最も重要な役割を 担っており,今回は微物理過程に着目して,感度分析 を行った.

2-4. C-band レーダ観測概要

日本の気象庁は20個のC-bandドップラー気象レー ダの観測ネットワークを運営しており.ドップラー分 光法に基づいた降雨強度および風の分布を観測してい る.用いた気象レーダは1kmの解像度で観測を行って いる.計算と比較するためレーダで観測された9月9 日23時30分の降雨強度は図-2に示している.

3. 結果と考察

本研究では Kessler (1), Lin (Purdue) (2), WSM3 (3), WSM5 (4), Eta (Ferrier) (95), WSM6 (6), Goddard (7), Thompson (8), Milbrandt 2-mom (9), Morrison 2-mom (10), CAM 5.1 (11), SBU-YLin (13), WDM5 (14), WDM6 (16) と NSSL 1-mom (19)の 15 個異なる微物理過程の計算 を行った. スキーム後の数字はモデル中の記号である.

計算結果は降雨帯の形,位置と豪雨の分布三つ方面 で図-2の観測と比較した.まずは降雨帯形,15 個異 なる微物理過程の結果の中3個は1つ降雨帯を示して おり,13個は2つ降雨帯を示している.図-3は観測 と一致した1つの降雨帯をもっているスキームを示し ている.降雨帯の位置から見ると,9日23時30分の 時点で観測された降雨帯は鬼怒川流域上方に移動した, 降雨帯位置は一致しているのは Goddard (7), Morrison 2-mom (10)の結果だけである. CAM 5.1 (11)スキームの 降雨帯は観測された降雨帯より西 60km のずれが見ら れた. また 50mm/h 以上の分布の面では CAM 5.1 (11) スキームだけが降雨帯の北部分にあることが分かる.

4. まとめ

本研究では、小流域の災害および水資源管理ツール としたリアルタイムの短期豪雨予測システムを目的と した. WRFを用いて 2015 年 9 月の鬼怒川流域で発生 した豪雨イベントの再現実験を行っています. 微物理 過程の比較から得られた知見を以下に示す.

- (1) 微物理過程は降雨形成に重要な役割を持っている が検証できた.
- (2) Goddard (7), Morrison 2-mom (10), CAM 5.1 (11)は
 今回の豪雨イベントの降雨帯形に対して比較的よい再現ができた.
- (3) 豪雨分布については CAM 5.1 (11)スキームはよい が,降雨帯の位置は観測より西へ約 60km 位ずれ た.
- (4) 微物理過程の修正あるいは他のパラメータの感度 分析が必要である.

参考文献

- Mannan, Md Abdul, Md Abdul Mannan Chowdhury, and Samarendra Karmakar. "Application of NWP model in prediction of heavy rainfall in Bangladesh." Procedia Engineering 56 (2013): 667-675.
- 2) 日下 博幸. 平口 博丸. 和田 浩治. 次世代のメソ スケール気象モデル WRF を用いた平成 16 年新潟・福 島豪雨のシミュレーション. 電力中央研究所報告. 研 究報告. N / 電力中央研究所地球工学研究所 編.. (通号 05070) 2006.6.1~11,巻頭 1~5