

2008年7月28日に近畿・北陸地方で発生した局所的豪雨の高解像度気象シミュレーション

竹見哲也

要 旨

局地豪雨の数値予報・解析のためには積乱雲スケールでの気象場の再現性ととも地形表現の精度も重要である。本研究では、2008年7月28日に近畿地方および北陸地方の各地で局所的な豪雨災害を発生させた降水システムおよび降雨特性について高分解能地形を用いた高解像度での領域気象シミュレーションにより再現し、その発生機構について調べる。7月27日21時を初期時刻とした計算により、豪雨をもたらした降水システムはモデルで再現された。28日午前中に播磨平野・大阪平野など沿岸平野部で強い不安定性がモデルで表現され、降水システムの急発達に繋がった。格子幅100 mの計算領域では、都賀川増水事故をもたらした豪雨に対応する降水システムがモデルで良く再現された。100 m格子計算において、モデル地形の表現精度が降水量の再現にインパクトをもたらす可能性があることが示された。

キーワード: 集中豪雨, 気象予報モデル, 高解像度シミュレーション, 都賀川増水

1. はじめに

2008年の夏季は全国的に局所的に集中した降水現象が頻発した。中でも7月27日から29日にかけて発生した降水現象は、近畿地方および北陸地方の各地において水害・土砂災害・風災害を発生させた。特に28日に兵庫県で発生した豪雨事例では、三田において1時間AMeDAS雨量が最大で57 mmに達し、神戸市・都賀川流域で急激な増水により人命が奪われるなどいたましい災害が生じた。

局地的な豪雨は、急発達する積乱雲や停滞性の積乱雲群により生じる。したがって、局地豪雨の数値予報・解析のためには積乱雲スケールでの気象場の再現性・表現性が重要である。しかし積乱雲の生成は、総観場の特徴が規定する環境条件によって決定論的に決まるとは限らない。とは言え、積乱雲の発達には強い上昇流の形成が必要であり、そのためには成層の不安定性や地形が主要な役割を果たす。よって、地形の微細構造をモデルにおいて高精度で表現することによって、降水の定量的な評価が向上するものと期待される。また高分解能で強雨分布を把握することにより、河川流域でのきめ細かい雨量情報が得られることとなり、急峻地形の多い我が国での水災害を考える上で必要であると言える。

本研究では、2008年7月28日に近畿地方および北陸地方の各地で局所的な豪雨災害を発生させた降水システムおよび降雨特性について高分解能地形を用いた高解像度での数値シミュレーションにより再現することを試みた。降水システムの発生機構および数値モデルによる降雨の表現に対する微細地形の影響について考察した。

2. 数値モデルとシミュレーションの設定

2.1 数値モデル

用いた数値モデルは、米国国立大気研究センター(NCAR)が主導して開発を進めている次世代の気象予報モデルWeather Research and Forecasting (WRF)モデル—Advanced Research WRF (ARW)バージョン3.0 (Skamarock et al., 2008)であり、計算にはバグフィックス後のバージョン3.0.1.1を用いた。本モデルは、非静力学・圧縮性を考慮した湿潤大気の支配方程式に基づき、様々な気象素過程の物理モデルを含み、計算領域を入れ子構造で設定可能な多段階ネスティング機能を持つ。本研究では、4段階ネスティングにより格子幅を10 km/2.5 km/500 m/100 mと徐々に細密化する領域気象シミュレーションを行った。

物理過程のうち局所豪雨の再現には境界層乱流混

合過程および雲微物理過程が重要である。本研究では、それぞれMellor-Yamada-Janjicスキーム、6種類の水物質を予報するGoddardスキームを用いた。各スキームの詳細はSkamarock et al. (2008)に記載されている。

2.2 解析対象事例とシミュレーション設定

解析対象事例の総観場の特徴は、台風8号が日本南海上を西進しつつ日本海上に停滞前線が位置するというものであった (Fig. 1)。停滞前線付近やその南部において組織化した降水系が発達し、近畿・北陸地方の各地で豪雨をもたらした。金沢市では28日5時から10時の積算雨量が110.5 mm、京丹後市峰山では13時30分の前1時間雨量が81 mm、三田市では15時の前1時間雨量が57 mmに達した (気象庁, 2008)。

このような総観場および中規模場をモデルで捉えるため、モデル計算領域を以下の通りに設定した。第1領域 (D1) は本州・四国・九州・南西諸島を含む2200 km×2400 kmとした。第2領域 (D2) は近畿地方およびその周辺地域 (東海・北陸・中国・四国地方の大半) を覆う410 km×480 km、第3領域 (D3) は兵庫県・大阪府・京都府を覆う163 km×175 km、第4領域 (D4) は六甲山周辺30 km×25 kmとした (Fig. 2)。ネスティングの領域間のデータのやりとりは、親領域から子領域への一方のみ (1 way) とした。時間ステップ幅はCFL条件を満たすなど計算不安定を回避するために設定する必要があるが、地形表現が高精度になりより急峻地形をモデルで表現している場合には時間ステップ幅をかなり細かく設定する必要がある。本研究では試行錯誤の上、第1領域から第4領域での時間ステップ幅をそれぞれ45秒、15秒、1.5秒、0.15秒とした。

第1および第2領域のモデル地形は、米国地質調査所 (USGS) による全球30秒メッシュ値 (GTOPO30) で作成した。一方、第3および第4領域のモデル地形は国土地理院 (GSI) 50 mメッシュ標高データにより作成した。50 mメッシュ値からモデル地形を作成する際には、若干の平滑化処理を行っている。ただし、土地利用分布の情報は全球30秒メッシュ値 (米国地質調査所Global Land Cover Characterization; GLCC) を補間して用い、また海陸分布は国土地理院50 mメッシュ値により決定した。さらにGLCCで水面とされている格子点で国土地理院データでは陸面とされている場合には、GLCCにおいて粗度長が低い土地利用に対応付けることとした。

初期値・境界値には気象庁全球解析値 (GANAL) および米国環境予報センター (NCEP) の最終解析値 (FNL) を用い、海面水温には気象庁MGDSSTを用いた。GANALおよびFNLは6時間間隔のデータセッ

トであるが、MGDSSTは1日間隔でしかデータが存在しない。よってMGDSSTのデータを時間補間し、6時間間隔で初期値・境界値をモデルに与えることとした。計算の初期時刻は2008年7月27日21時 (日本標準時; JST) とし、第3領域および第4領域での計算は28日9時から開始させた。以後、時刻はすべて日本標準時で表記する。

上記の設定によるシミュレーションの他、第3および第4領域でのモデル地形をGTOPO30で作成し、地形以外の設定は上記とまったく同一にした計算も行った。このようにして、地形表現の精度の違いによる降水量へのインパクトを探る。

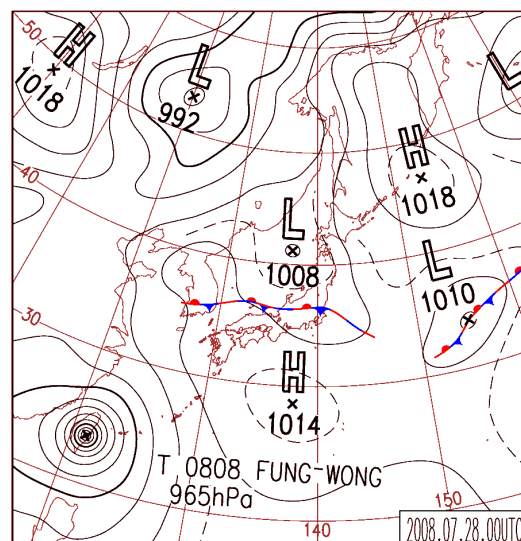


Fig. 1 Weather map at 0900 JST 28 July 2008 by Japan Meteorological Agency.

Dataset: d4 RIP: rip togagawad4 Init: 1200 UTC Sun 27 Jul 08
Fcast: 13.00 h Valid: 0100 UTC Mon 28 Jul 08 (1000 LST Mon 28 Jul 08)
Terrain height AMSL Terrain height AMSL

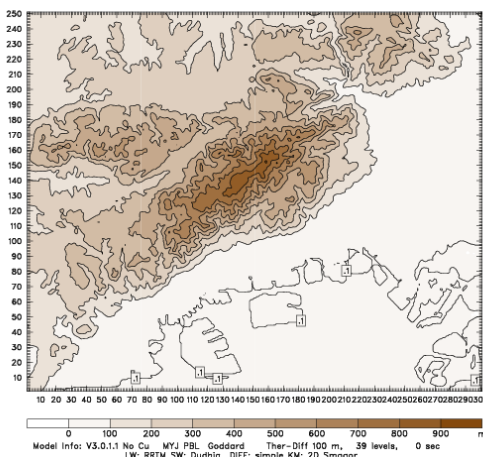


Fig. 2 Surface topography represented in D4 with GSI 50-m Digital Elevation Model (DEM) data.

3. 再現実験

計算開始から12時間後（モデル時刻28日9時）における第1領域での気象場をCAPE (Convective Available Potential Energy)という大気的不安定度を表現するパラメータによりFig. 3に示す。九州・四国・中国・近畿の各地方の近海域においてCAPEが大きい値(2000 J/kg以上)を示す領域が広がっており、Fig. 1と見比べると、これらの領域は停滞前線の南側に対応している。さらに停滞前線の北側においてはモデルでも小さなCAPEとして表現されており、前線帯でCAPEのコントラストが大きくなっている様子もよく再現されている。一方、この時刻においては陸上でのCAPEの値はそれほど大きくない。日射による地面加熱がまだ十分ではなく、地上気温がまだ高くなっていないためである。

9時における降水システムを第2領域での結果で見ている。Fig. 4は高度1 kmでの降水強度および風速場を示す。京都府北部から若狭湾、福井県・石川県にかけてバンド状の降水システムが表現されており、これは停滞前線帯で発生・発達したものである。この降水システムが金沢市における浅野川の氾濫などの災害をもたらした豪雨に対応している。

このように第1および第2領域における28日9時の気象場は現実的によく再現されていると言える。

近畿地方で局地豪雨をもたらした降水システムは、この停滞前線の南側で発生したものであり、Fig. 4の降水システムとは直接の関係はないと考えられる。その発生の環境場を見るため、Fig. 5に第2領域および第3領域での12時におけるCAPEの分布を示す。日中になると気温が上昇し相対湿度も上昇していたため、Fig. 3と比較すると、特に平野部でのCAPEの上昇が顕著である。第3領域での分布を見ると、CAPEの分布の微細構造や水平コントラストが明確に表現されていることが分かる。

ただしCAPEは鉛直積分量であるため、地面の標高の違いによってCAPEの値に大きな差が生じる。そこで、地上から500 m程度の大気下層で平均した温位を調べたところ、停滞前線の南側ではほぼ一様に温位が上昇していたことが分かった。CAPEのほか可降水量といったパラメータは積分値であるため標高依存性を除外することは難しいが、不安定性は平野部だけでなく山間部でも高まっていたことが示唆される。したがって、局地豪雨をもたらすポテンシャルは平野部（あるいは盆地）のみならず山間部でも高かったことが伺える。もちろん、CAPEが大きいほどポテンシャルは高いと言えるため、山間部よりも平野部（あるいは盆地）においてより強い降水システムが発達する可能性が高かったと言える。

Dataset: d1 RIP: rip togagawad1 Init: 1200 UTC Sun 27 Jul 08
Fcst: 12.00 h Valid: 0000 UTC Mon 28 Jul 08 (0900 LST Mon 28 Jul 08)
CAPE (for parcel with max theta-e)
Terrain height AMSL

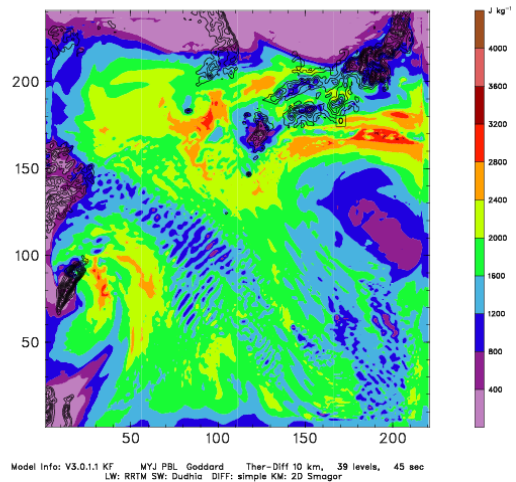


Fig. 3 Horizontal distribution of CAPE in D1 at 0900 JST 28 July 2008.

Dataset: d2 RIP: rip togagawad2 Init: 1200 UTC Sun 27 Jul 08
Fcst: 12.00 h Valid: 0000 UTC Mon 28 Jul 08 (0900 LST Mon 28 Jul 08)
Reflectivity () at height = 1.00 km
Horizontal wind vectors at height = 1.00 km
Terrain height AMSL

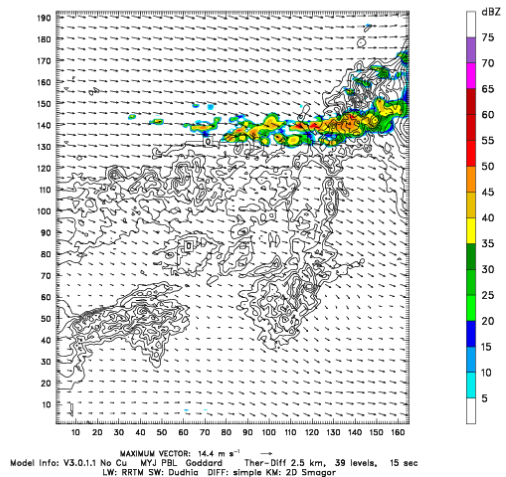


Fig. 4 Precipitation intensity (indicated by Radar reflectivity in dBZ) and horizontal wind field (vector) at the 1-km level in D2 at 0900 JST 28 July 2008.

このような環境条件下でモデルにより再現された12時における降水システムの様子をFig. 6に示す。停滞前線帯における降水システムは兵庫県北部から京都府北部に位置している。一方その南側の播磨平野の北部および六甲山地の北方において降水セルが発達している様子が分かり、それらが組織化してバンド状に並びつつあることが確認できる。これらの降水セルおよび組織構造は、9時の時点ではその存在はまったくなく、急発達したものであった。この降水セル群はバンド状に組織化して徐々に南下し、その南側（進行方向前方）では新しい降水セルが形成さ

れていった。これらの発達には、Fig. 5で示した強い不安定性が対流の発達に好都合な環境として作用していたと言える。

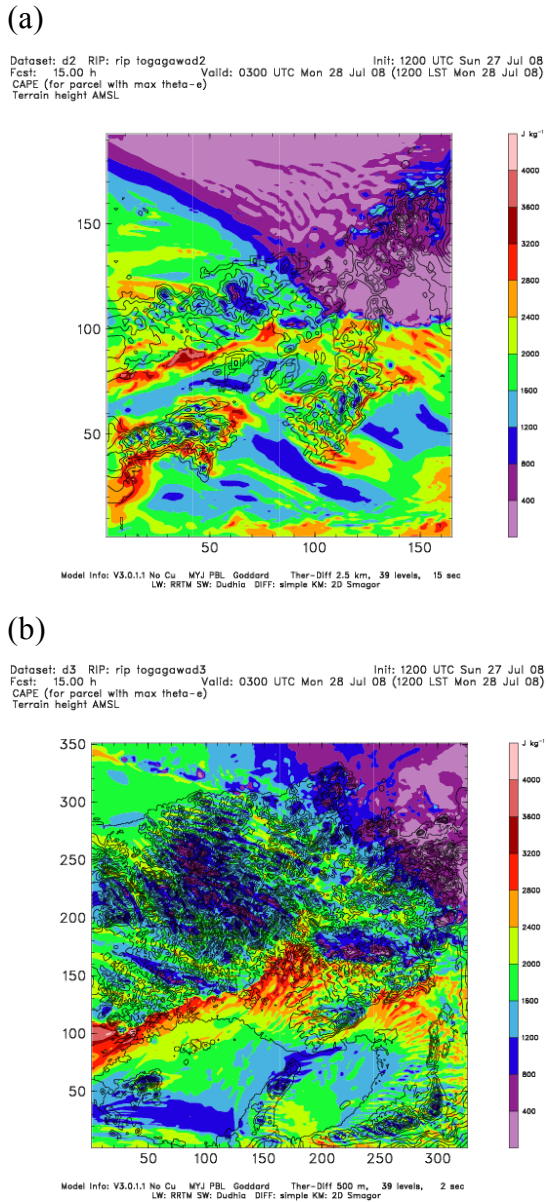


Fig. 5 Horizontal distribution of CAPE in (a) D2 and (b) D3 at 1200 JST 28 July 2008.

Fig. 7に第3領域における1時間積算雨量の時間推移を示す。Fig. 6で示された降水システムの発達に対応した強雨がFig. 7aに表現されている。この強雨域は徐々に南下しており、三田で観測されたような短時間豪雨をモデルはよく再現している。

Fig. 7cを見ると、六甲山地の南側に青色の降水水域が海上に伸びている様子が確認できる。この降水水域をさらに高分解能の領域である第4領域の結果で見してみる。Fig. 8は100 m格子分解能で表現された1時間降雨量の分布である。六甲山地の一部の地域におい

て時間雨量20 mm~30 mmの強雨域が1 km~3 kmの範囲内に局在している様子が表現されており、その強度もおおよそ現実的な降水量に良く対応している。強雨の位置は都賀川の上流流域に完全に一致しているわけではないものの、しかし、現実的な強雨の値が現実の場所はかなり近い領域において数値的に再現されたという点で、神戸市山間部においてはどこにでも局在化した強雨が生じる可能性が高かったということをモデル計算で表現することができたと言える。

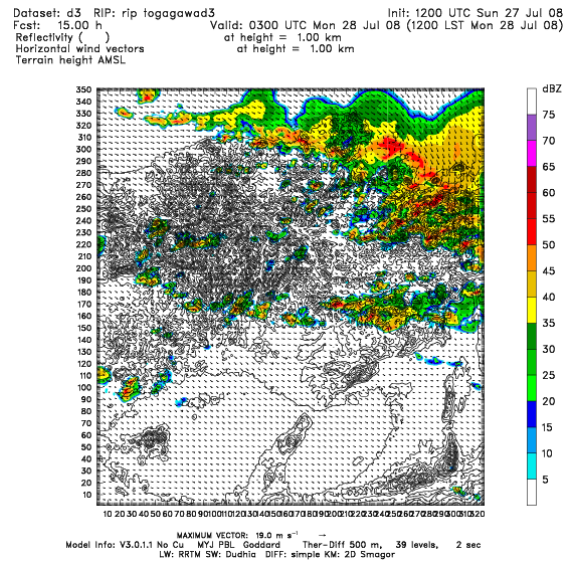
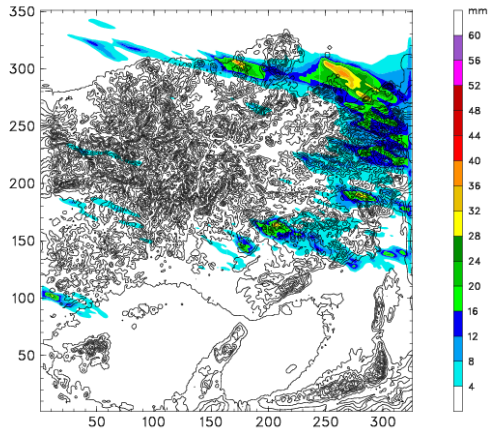


Fig. 6 The same as Fig. 4, but for D3 at 1200 JST.

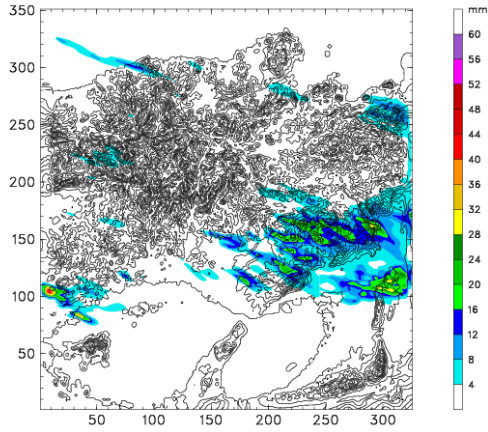
Skamarock (2004)によれば、モデルの実効解像度（現象が適切に表現される格子点数）は格子幅の6から7倍程度であるとされている。もちろん、この数値はモデルの物理的・数値的フィルター効果や数値解法・物理過程パラメタリゼーションに依存するため、モデルによって大きく異なる可能性がある。しかし、付加的な数値粘性がないなどフィルター効果が比較的小さいとされるWRFモデルで格子幅の6から7倍であるため、多くの気象モデルにおいては実際上は格子幅の10倍程度が実質的に意味のある分解能であると言える。この点を考慮すると、Fig. 8での局在化した強雨域は100 m格子という高分解能で計算したことにより初めて表現されたものであると言える。一方で、個々の積乱雲の発生には強いランダム性があるため、高解像度にしたところで必ずしも時間・場所の双方でより良く現象がシミュレートされるわけではない。しかし、実効的分解能という点で、高解像度計算により豪雨の局在化する様子がより良く表現される可能性はある。したがって高解像度シミュレーションは、豪雨の定量評価に繋がるひとつの手法として利用価値があると考えられる。

(a)
 Dataset: d3 RIP: rip togogawad3 InIt: 1200 UTC Sun 27 Jul 08
 Fcst: 16.00 h Valid: 0400 UTC Mon 28 Jul 08 (1300 LST Mon 28 Jul 08)
 Total precip. In past 1 h
 Terrain height AMSL



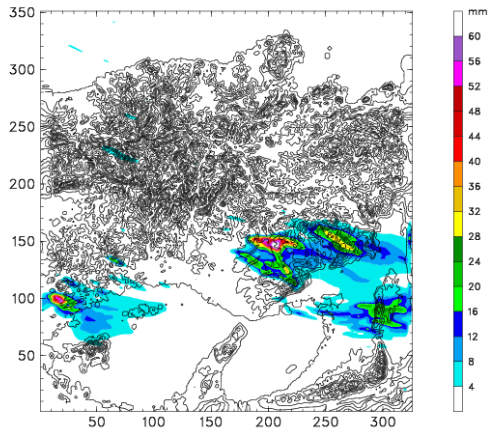
Model Info: V3.0.1.1 No Cu MYJ PBL Goddard Ther-Diff 500 m, 39 levels, 2 sec
 LW: RRTM SW: Dudhia DIFF: simple KM: 2D Smagor

(b)
 Dataset: d3 RIP: rip togogawad3 InIt: 1200 UTC Sun 27 Jul 08
 Fcst: 17.00 h Valid: 0500 UTC Mon 28 Jul 08 (1400 LST Mon 28 Jul 08)
 Total precip. In past 1 h
 Terrain height AMSL



Model Info: V3.0.1.1 No Cu MYJ PBL Goddard Ther-Diff 500 m, 39 levels, 2 sec
 LW: RRTM SW: Dudhia DIFF: simple KM: 2D Smagor

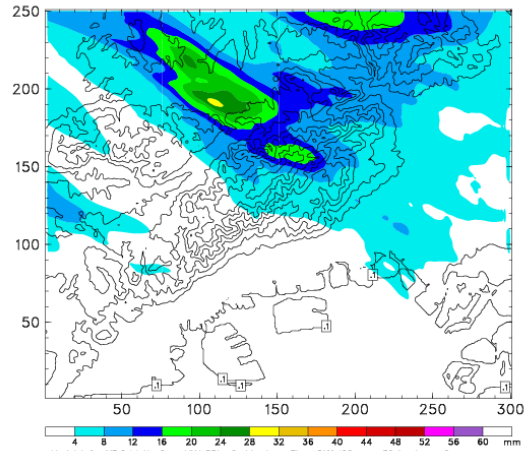
(c)
 Dataset: d3 RIP: rip togogawad3 InIt: 1200 UTC Sun 27 Jul 08
 Fcst: 18.00 h Valid: 0600 UTC Mon 28 Jul 08 (1500 LST Mon 28 Jul 08)
 Total precip. In past 1 h
 Terrain height AMSL



Model Info: V3.0.1.1 No Cu MYJ PBL Goddard Ther-Diff 500 m, 39 levels, 2 sec
 LW: RRTM SW: Dudhia DIFF: simple KM: 2D Smagor

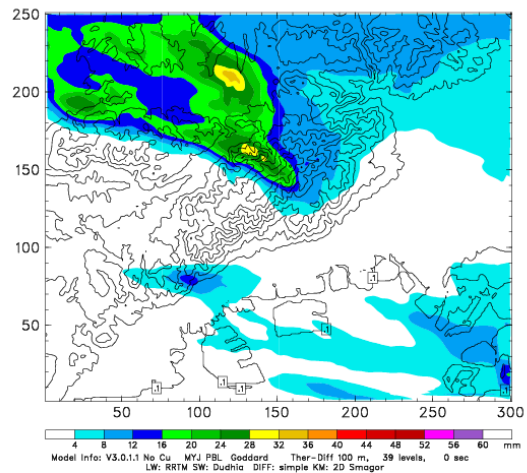
Fig. 7 Accumulated rainfall (mm) for past one hour in D3 at (a) 1300, (b) 1400, and (c) 1500 JST.

(a)
 Dataset: d4 RIP: rip togogawad4 InIt: 1200 UTC Sun 27 Jul 08
 Fcst: 17.00 h Valid: 0500 UTC Mon 28 Jul 08 (1400 LST Mon 28 Jul 08)
 Total precip. In past 1 h
 Terrain height AMSL



Model Info: V3.0.1.1 No Cu MYJ PBL Goddard Ther-Diff 100 m, 39 levels, 0 sec
 LW: RRTM SW: Dudhia DIFF: simple KM: 2D Smagor

(b)
 Dataset: d4 RIP: rip togogawad4 InIt: 1200 UTC Sun 27 Jul 08
 Fcst: 18.00 h Valid: 0600 UTC Mon 28 Jul 08 (1500 LST Mon 28 Jul 08)
 Total precip. In past 1 h
 Terrain height AMSL



Model Info: V3.0.1.1 No Cu MYJ PBL Goddard Ther-Diff 100 m, 39 levels, 0 sec
 LW: RRTM SW: Dudhia DIFF: simple KM: 2D Smagor

Fig. 8 Accumulated rainfall (mm) for past one hour in D4 at (a) 1400 and (b) 1500 JST.

4. モデル地形の影響

これまで述べた結果は、第3および第4領域に50 mメッシュの高分解能標高データを利用してモデル地形を作成してシミュレーションしたものによる。一方、計算速度の効率の面から気象の高解像度シミュレーションで用いられる地形データは、計算格子幅よりは粗いメッシュの地図情報から作成される場合が多い。気象現象の高精度表現のための高解像度化を行う際には、まずは大気モデルのみ格子幅を細かくすることが第一義的には重要であり、地形の微細構造の大気への影響は2次的なものであると

考えられるためであろう。

そこで本研究では、粗いメッシュの標高データから補間することで細密格子でのモデル地形を作成した場合、地形表現の影響はどのように現れるかについて調べることにする。そのため、第3および第4領域のモデル地形をGTOPO30により作成し、地形以外の設定はすべて2節で述べたものと一致させ、数値シミュレーションを行った。Fig. 9にGTOPO30を補間して作成した第4領域でのモデル地形を示す。Fig. 2と比較すると、GTOPO30から作成した地形は、傾斜がより緩やかになったりピーク値が低めに表現されていたりというように、より平滑化されて表現されている。このような地形表現の違いは、地上付近の風速場の再現性に直接影響する(Takemi, 2009)。ここでは、降水の表現への影響について調べることにする。

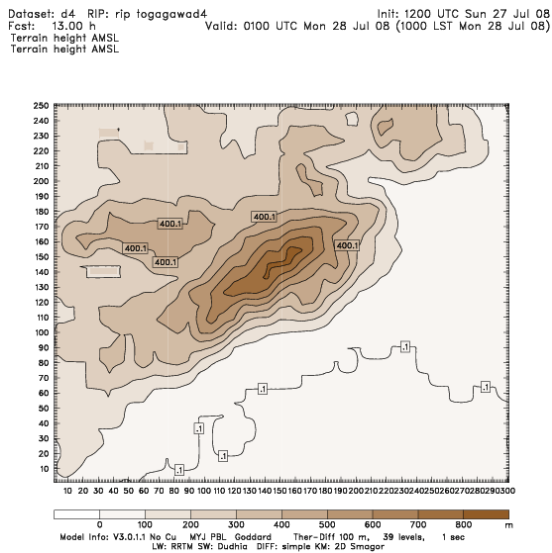
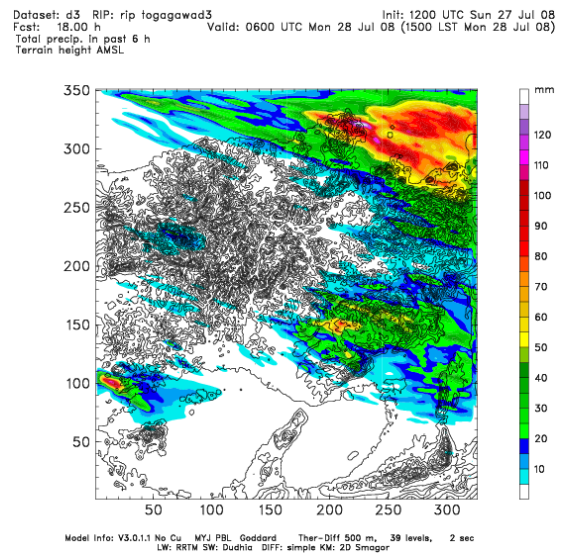


Fig. 9 The same as Fig. 2, but for GTOPO30.

それぞれの地形データを用いたシミュレーションにより得られた第3領域における9時から15時までの6時間の積算雨量の違いをFig. 10に示す。京都府北部から福井県にわたる雨量の大きな領域、六甲山地北部から大阪府北部に広がる雨量分布など、顕著な雨量分布のパターンは酷似している。六甲山地北部の大降雨領域のピーク値がGSIデータを用いた場合のほうがより顕著に表現されているように見えるが、明瞭な違いがあるとは言いがたい。実際のところ、格子幅500 mでは、GSIを用いたところで高分解能データの利点は活かせず、GTOPO30と比べても大きな差異はなかった。辰己ら(2008)は2004年7月に新潟県で発生した梅雨前線に伴う豪雨のシミュレーション実験を行い、500 m格子幅の計算でGSI 50 mメッシュ値とGTOPO30との違いによる地形表現の影響を調べたが、降水量の表現に対する感度はあまり顕著で

はなかった。本事例でも同様の結果が得られたため、500 mという実事例シミュレーションとしては高い格子分解能であっても、地形表現にはあまり注意をしなくても良いと言えそうである。ただしこの点は、今後多数の事例について検討する必要がある。

(a)



(b)

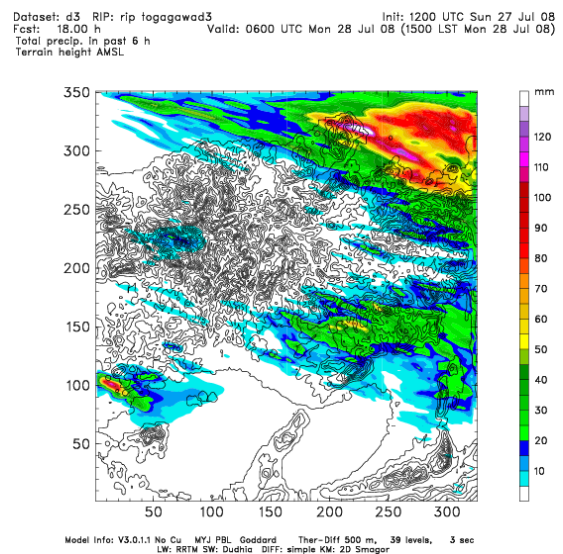


Fig. 10 Accumulated rainfall (mm) during 0900—1500 JST in D3 with terrains produced by (a) GSI 50-m mesh DEM and (b) GTOPO30.

次に格子幅100 mの高解像度領域での降水表現の違いについて見てみる。Fig. 11にそれぞれの地形データを用いて得られた6時間積算雨量の結果を比較している。GSIデータで得られた結果(Fig. 11a)を見ると、Fig. 8の分布に対応して、六甲山地付近で20 mm以上の強雨域が広がり、40 mm以上の特に多い雨量の領域は数km規模で局在している様子が表現さ

れている。一方、GTOPO30による結果 (Fig. 11b) では、20 mm以上の強雨域は同程度に表現されているものの、極値や局在化の程度は低めに評価されている。また、六甲山地を境にした南北での雨量分布を比べると、GSIデータの場合には北側での雨量の集中化が顕著であり、一方GTOPO30の場合には南に行くにつれてなだらかに雨量が減少し海上に至るまで相対的に多い雨量の領域が伸びている様子が分かる。このことの理由として、GSIデータを利用した場合のほうが、地形の傾斜やピーク値の表現がより現実的に急峻・複雑に評価されているため、風速場への影響が顕著となり、その結果として現れる降水セルの発達にも少なからず影響を与えている、ということが考えられる。

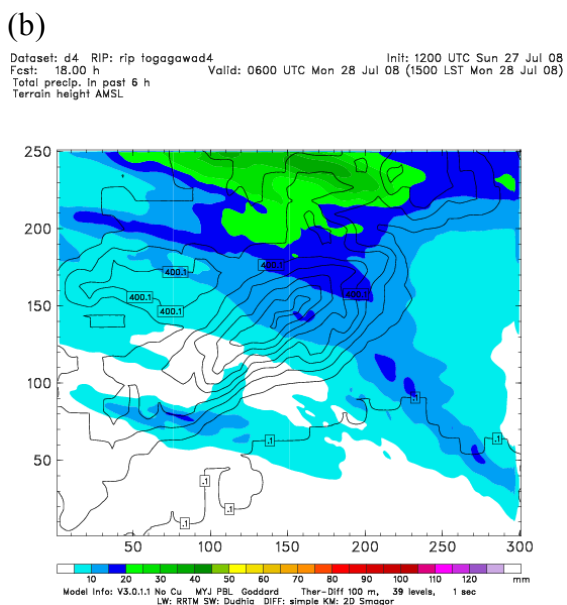
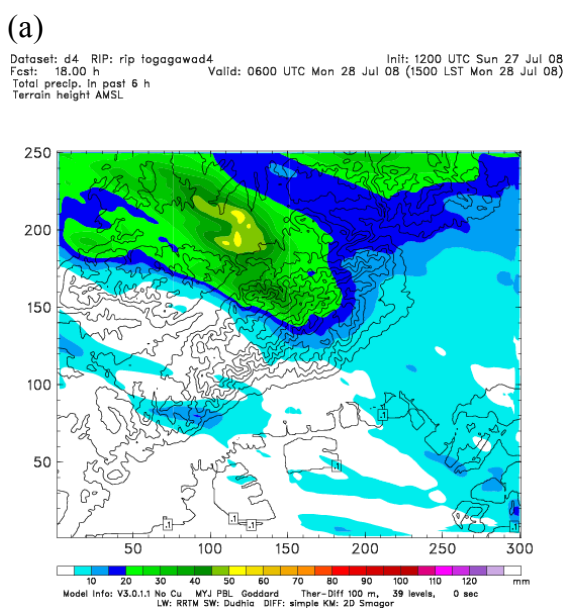


Fig. 11 The same as Fig. 10, but for the D4 results.

Fig. 10およびFig. 11で示された雨量分布は積算雨量であった。地形表現の違いは、より短時間の降水強度に顕著なインパクトを与えることが予想される。そこで、第3および第4領域での計算出力時間の間隔 (それぞれ5分および1分) での降水強度に対する地形表現の影響を調べてみる。降水強度は出力時間間隔での格子点毎の降水量を時間雨量に換算し、9時から15時の6時間での全格子点・全時間ステップの降水強度の頻度分布を求めた。

第3および第4領域でのGSI 50 mメッシュ値またはGTOPO30を用いた場合における降水強度の頻度分布 (降水ゼロも含めた総数で規格化) をFig. 12に示す。第3領域の結果を見ると、GSI50とGTOPO30との分布パターンに違いはほとんど認められず、Fig. 10に示した降水分布で確認できた特徴をFig. 12は統計的に示している。

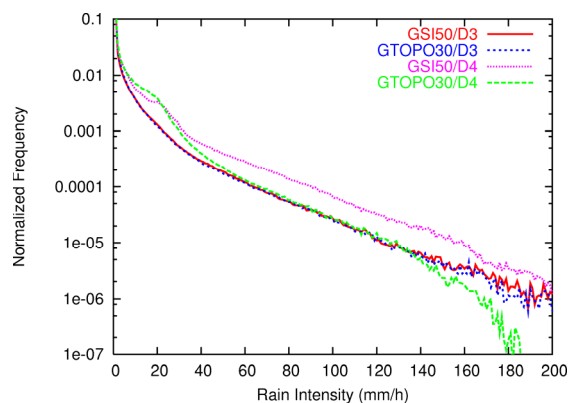


Fig. 12 Normalized frequency of rain intensity (mm/h) for the GSI50 and GTOPO30 terrains in D3 and D4.

一方、第4領域での降水強度の頻度分布については、異なる地形データの場合で明瞭な差異が認められる。30 mm/h程度まではGSI50とGTOPO30との場合で分布に顕著な違いはない。しかし、それ以上の強い降水については、GSI50の分布のほうがよりなだらかに推移している。特に強い降水強度 (160 mm/h以上) の場合では、GTOPO30では急速に頻度が減少しているのに対し、GSI50では減少の仕方がよりゆるやかである。すなわち、高精度に地形を表現したほうがより強い降水をモデルで表現することができると言える。もちろん、強い降水強度のモデルでの再現が妥当なものであるかどうかということを吟味する必要があるものの、地形の微細構造を適切に表現することで、より顕著な降水をモデルで再現することが可能であることが示唆される。そしてこの点は、高解像度にするほど傾向が明瞭に現れるものと考えられる。

もちろん、本研究で対象とした単一事例から上記

のことを結論づけることはできない。積乱雲の発生はランダム性が高いため、第4領域に都合よく積乱雲が発生するかどうかは、必ずしも決定論的に決まるものではない。顕著な降水セルが第4領域を通過するかどうかということと、地形表現の精度が降水セルの発生に直接影響を及ぼしているということとは、十分に吟味する必要がある。

しかし、降水現象や気流に対する地形効果は古くから研究がなされており、そのメカニズムも多様な視点から明らかにされてきている。地形の傾斜の急峻さや山頂部の標高値は、気流に対しては直接的に影響し、気流への影響を通して降水現象にも影響が及ぶものと考えられる。また、地形をより高精度に表現することは、より現実的な場での数値シミュレーションを実行することであると位置づけられるため、実事例の解析においては正当な手法と言うべきものである。一方、粗い分解能の地形データから単純に補間するなどして高解像度のモデル地形を作成したとしても、数値的には処理しやすく計算の効率的な実行にはなるものの、それはひとつの近似であることを忘れてはならない。高精度地形表現に基づくより現実的な場での気象シミュレーションが、物理過程やメカニズムの研究には必須のものであると言える。

5. まとめ

2008年7月28日に近畿および北陸地方で発生した豪雨災害をもたらした降水システムを高解像度領域気象シミュレーションにより再現することを試み、降水システムの発生機構について調べた。高解像度シミュレーションの実行にあたっては、国土地理院数値地図50 mメッシュ値を用いて高精度のモデル地形を作成した。また、より粗い分解能の地形データを用いた高解像度感度実験も行ない、モデルにおける地形表現の違いが降雨の再現に及ぼす影響を探った。用いた気象予報モデルはWRF-ARWモデル・バージョン3.0である。

7月27日21時を初期時刻として気象庁全球解析値(GANAL)を初期値・境界値として与えたネスト計算により、豪雨をもたらした降水システムは強度および位置ともにモデルで良好に再現された。28日午前中に播磨平野・大阪平野など沿岸平野部で強い不安定性がモデルで表現され、降水システムの急発達に繋がった。格子幅100 mの計算領域では、都賀川増水事故をもたらした豪雨に対応する降水システムがモデルで良く再現された。

高解像度領域においてあえて粗い分解能の地形データ(GTOPO30)を補間することによりモデル地形

を作成した場合についても数値シミュレーションを行った。異なる地形データを用いた500 m格子幅の計算領域での降水分布を比較すると、高分解能地形データでも粗い分解能の地形データでもほぼ似た特徴を示していた。一方、100 m格子幅の計算においては、高分解能地形データ(50 mメッシュ値)を使った場合のほうが、より局在化した強い降水を表現することができ、より顕著な降水強度を表現することができた。したがって、100 m格子計算において、モデル地形の表現精度が降水量の再現にインパクトをもたらす可能性があることが示された。

もちろん、本研究で対象とした単一事例から高精度モデル地形が強い降水をより適切に表現すると結論づけることは難しい。なぜならば、積乱雲の発生はランダム性が高いため、計算領域に都合よく積乱雲が発生するかどうかは、モデル解像度を上げたり地形表現を高精度にしたりしたからといって必ずしも決定論的に決まるものではないからである。したがって、地形表現の精度について綿密に議論するためには、多数の事例の解析を積み重ねて統計的に進める必要がある。また、本研究では計算機資源の効率的利用という観点から、100 m格子幅の計算領域を30 km×25 kmというかなり小さい面積として設定した。しかし、この領域には降水セルがひとつまたはふたつ通過するかどうかという限定的なものであるため、計算結果のロバスト性を保証するには不十分である。より広範囲の面積での100 m分解能計算を行い、多数の降水セルが発生する状況を十分にカバーすることで、本研究での論点を検証する必要がある。

謝 辞

本研究は、国土交通省建設技術開発助成制度による研究課題「災害気象・水象のリアルタイム予測技術開発と仮想風速計、仮想雨量計および仮想波高計の構築」(代表・間瀬肇教授)の一部として実施されました。また文部科学省・日本学術振興会科学研究費若手研究(B)19740287による支援も受けました。関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 気象庁(2008): 大気の状態不安定による大雨と突風 平成20年(2008年)7月27日~7月29日, 7 pp.
- 辰己賢一・竹見哲也・石川裕彦(2008): WRFモデルを用いた高解像度気象シミュレーションシステムの構築: 豪雨の事例解析, 京都大学防災研究所年報, 第51号B, pp. 437-448.

Skamarock, W. C. (2004): Evaluating mesoscale NWP models using kinetic energy spectra. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 134, pp. 3019-3032.

Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X.-Y., Wang, W., and Powers, J. G. (2008): A description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Tech. Note,

NCAR/TN-475+STR, 113 pp.

Takemi, T. (2009): High-resolution numerical simulations of surface wind variability by resolving small-scale terrain features. *Theoretical and Applied Mechanics Japan*, Vol. 57, pp. 421-428.

High-Resolution Simulation of the 28 July 2008 Heavy Rain Events over the Kinki and Hokuriku Area

Tetsuya TAKEMI

Synopsis

This study investigates the development and evolution of locally induced heavy rainfall over the Kinki and Hokuriku areas on 28 July 2008 by conducting high-resolution numerical simulations with a numerical weather prediction model. By employing the nesting capability, the areas of interest are represented with 500-m and 100-m grid spacings. Initialized with the meteorological analysis data at 21 JST 27 July, the model well represents precipitating convective systems that produced local heavy rains in reality. Strong instability over the Harima and Osaka Plains is produced in the simulation, which leads to the generation of intense convective systems. In the 100-m grid domain, the precipitating convective system relevant to the Toga River flooding on 28 July is represented. The present case study indicates that the representation of the terrain has an impact on quantitative precipitation forecasts in a high-resolution simulation down to 100-m grid spacing.

Keywords: heavy rainfall, numerical weather prediction model, high-resolution simulation, Toga River flooding