

WRF を用いた 2017 年 7 月中国地方西部豪雨の数値シミュレーション

山口大学大学院	学生会員	○三津井 勇佑
広島工業大学	正会員	田中 健司
山口大学大学院	正会員	白水 元
山口大学大学院	正会員	朝位 孝二

1. はじめに

2017 年 7 月 4 日深夜から 7 月 5 日の未明にかけて、島根・広島両県境を中心に線状降水帯が停滞し、最大 1 時間雨量 80mm 総雨量 350mm を超える大雨を記録した。2017 年 7 月 5 日～7 月 7 日の大雨については、福岡県朝倉市から大分県日田市の筑後川右岸側の山地を中心とした記録的大雨（2017 年九州北部豪雨）が降雨規模や被害の甚大さなどから様々な学術分野で調査研究が進められている¹⁾。九州北部豪雨に先行して発生した中国地方の大雨についても島根県で 7 月 5 日午前 5 時 50 分に大雨特別警報が発表された^{1), 2)}が、九州北部豪雨と比べて被害の程度が小さく³⁾、学会調査団などによる大規模な調査研究は実施されていない。しかしながら、同じ日に異なる地域で特別警報級の規模の降雨が発生した中で、被害が小規模にとどまった要因を様々な観点から捉えることも、今後の防災対策の向上に資する上で十分な意義を持つ。

そこで本研究では、2017 年九州北部豪雨に先んじて島根県・広島県を中心に発生した中国地方の大雨の線状降水帯の形成について、各種気象資料の解析や WRF による数値シミュレーションで検討を行うものである。⁴⁾

2. 気象概況

2017 年 7 月 4 日 21 時の気象庁天気図を図-1 に示す。台風第 3 号が梅雨前線の南側を東進し、その後、日本の東海上に達した 7 月 5 日午前 9 時に前線と合流し、温帯低気圧に変わった。台風の移動と共に朝鮮半島の北に中心をもつ高気圧が日本海上空に向けて南東に進んだ結果、前線が南に凸の形状に変形し、島根県付近で停滞した。今回の島根県付近の豪雨は、台風通過後の梅雨前線の形状の変化の一連の過程の中で発生したと位置づけられる。

気象庁ウィンドプロファイラ観測による上空の風の鉛直断面図を図-2 に示す。鉛直風の下向き成分が 3km より下で大きくなるのは上空から落下した降水粒子が融解して雨滴となり、雨滴が落下している様子を表している。図-2 より、雨が始まった 7 月 4 日 23 時からの時間の経過と共に、上空 1～3km の風向が西から北西へと徐々に変化している。上空数 100m の下層では、7 月 4 日 23 時から風向が時計まわりに変化し始め、降水のピーク時間帯（7 月 5 日 2 時 50 分）では北東、降水帯が過ぎ去ると南西へと変わっている。

気象庁レーダー観測による 1 時間雨量の分布図を図-3 に示す。7 月 5 日 0 時には島根県西部を中心とした東西に延びる線状降水帯が発達している。その後、7 月 5 日 3 時には対馬海峡北部で梅雨前線に平行に複数の線状降水帯が発達し、これらが合流して全長 200km 以上の長い降水帯を形成し、島根県浜田市波佐付近に 109.5(mm/hr)の強い降雨が発生している。また、7 月 5 日 9 時には降水帯が減衰し南下している。

図-4 に島根県浜田市波佐（気象庁波佐観測所）における日本時間 2017 年 7 月 4 日 8 時から 7 月 5 日 22 時までの降雨量の時間変化を示す。5 日の 1 時頃より雨が強くなり、5 時頃まで猛烈な降雨が続いた。なお、7 月 5 日の日降水量は 333.5(mm/日)であった。

次に、2017 年 7 月 5 日の日降水量 333.5 (mm/日) について、確率雨量の比較を行った。1978 年から 2016 年までの年最大日雨量から確率雨量を算定した。なお、確率分布については一般化極値分布を用いた。確率雨量算定の結果、2017 年 7 月 5 日の日雨量は約 64 年確率となるものであることがわかった。波佐では、1983 年の山陰豪雨の際に日雨量 333mm（7 月 23 日）を記録しており⁵⁾、日雨量規模では山陰豪雨をわずかに上回る程度であった。

キーワード 線状降水帯、数値シミュレーション、梅雨前線、WRF、中国地方西部

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

T E L 0836-85-9319

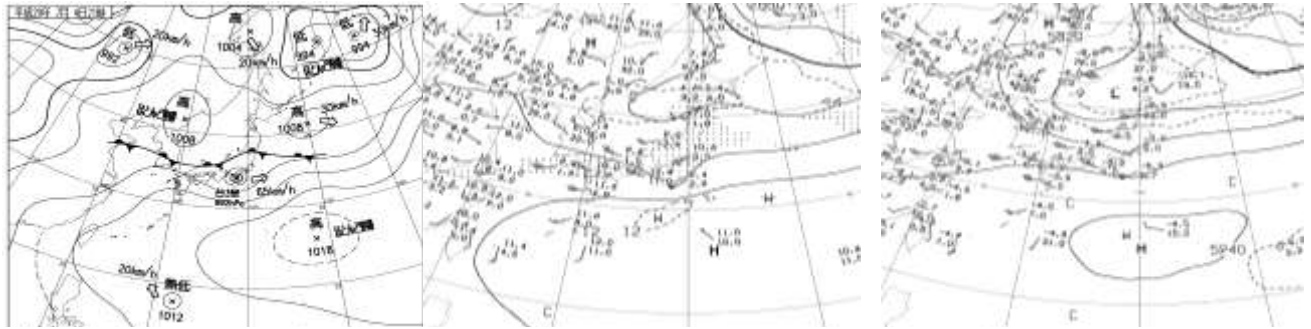


図-1 気象庁天気図（2017年7月4日21時現在）．左から地上天気図, 700hPa面, 500hPa面高層天気図（日本周辺を抜

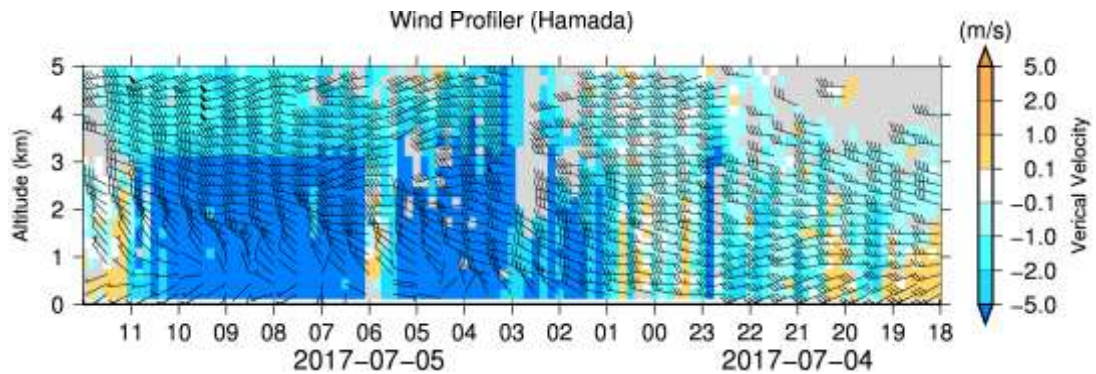


図-2 ウィンドプロファイラ観測による上空の風の高度—時間断面．カラー凡例は降水粒子の鉛直成分（気象庁浜田特別地域観測所）

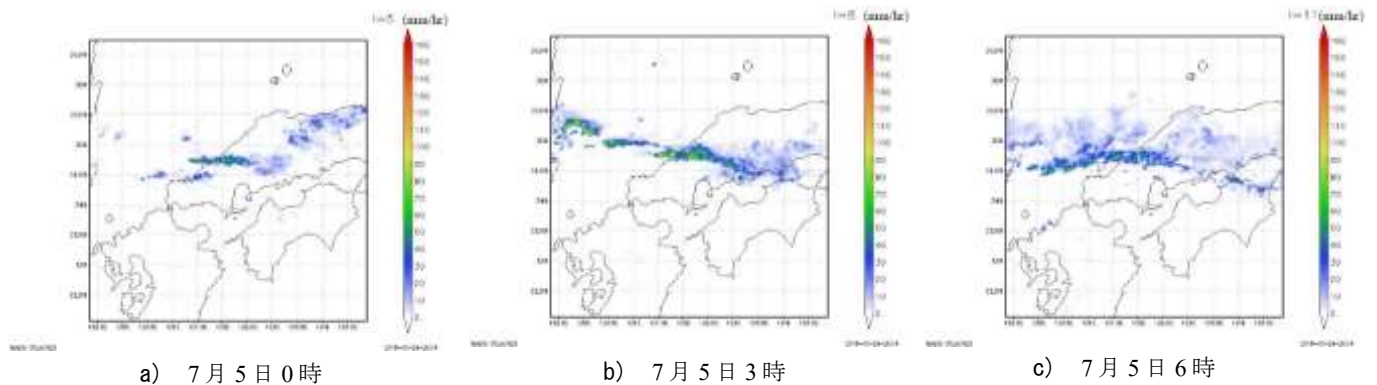


図-3 気象庁レーダー観測による1時間雨量の分布

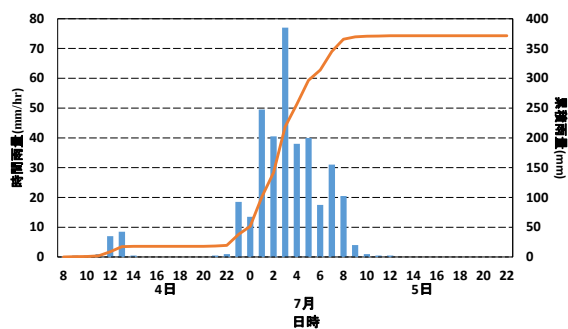


図-4 島根県浜田市波佐における降雨量時間

表-1 計算条件

		範囲	格子幅
計算領域	第1領域	E120.382°~141.608°, N23.671°~41.431°	10km
	第2領域	E129.348°~134.891°, N32.060°~36.732°	2km
境界条件		気象庁数値予報GPVモデル(MSM)+全球モデル(GSM)	
		NCEP日別海面温度データ	
初期時刻		2017/7/3 0:00UTC(09:00JST)	
予報時間		66時間(第2領域は12~66時間後の30時間分)	
雲物理過程		Thompson-schme	
データ同化要素		水平風速2成分, 気温, 水蒸気量	

3. WRFによる線状降水帯のシミュレーション

3. 1. 条件設定

本研究では、数値気象予報モデル WRF (Weather Research Forecast) Version 3.7 を使用した。境界条件は気象庁全球数値予報 GPV メソモデル (MSM) と全球モデル (GSM) 初期値データを用いて初期値を作成し、海面温度としては NCEP 海面温度データを用いた。計算領域はメルカトル図法による地図投影座標系上で表-1 に示す範囲で作成し格子点間隔で第 1 領域と第 2 領域を設定した。計算初期時刻 2017 年 7 月 3 日 0:00 UTC (日本時間, 7 月 3 日 9:00) とし、12 時間後の 7 月 3 日 12:00 UTC (日本時間, 7 月 3 日 21:00) に第 2 領域の計算を開始させた。計算終了は初期時刻の 66 時間後である 7 月 5 日 18:00 UTC (日本時間, 7 月 6 日 3:00) とした。計算の全期間で気象庁数値予報 GPV を用いた格子点データ (6 時間間隔) を用いたデータ同化を行っている。データ同化対象となる気象要素は、水平風速 2 成分、気温、水蒸気量の 4 つである。なお、雲物理過程については Thompson-scheme⁶⁾を採用し、第 1 領域では Kain and Fritsch の積雲対流パラメタリゼーション⁷⁾を取り入れて計算した。大気境界層は Yonsei University スキーム⁷⁾、接地境界層は Monin-Obukhov⁸⁾スキームを用いた。

3. 2. 総雨量分布・地上系列の相互比較

図-5 に気象モデルによる 1 時間雨量の分布について示す。図-3 の気象庁レーダー観測による 1 時間雨量の分布図と比較すると、東西に延びる降水帯の形成について概ね良好に再現することができている。

7 月 5 日 3 時では、気象庁レーダー観測では降雨分布が N34.7 付近に分布している一方で、気象モデルでは降雨分布が N34.5° 付近に分布しており、気象庁レーダー観測より南側に多く分布し、降水帯が南下している。

以上のことから、気象庁レーダー観測では降雨分布が N34.7° 付近で停滞していたが、気象モデルでは 7 月 5 日 3 時に降雨分布が N34.5° 付近まで南下している。この原因の 1 つとして、瀬戸内海側からの暖かく湿った空気の流入、大陸側の高気圧の南下が過小評価であったため、降水帯が少し南下し、その後停滞したと考えられる。

3. 3. 対流有効位置エネルギー(CAPE)と水平風速成分

図-6 に高度 1000 m における対流有効位置エネルギー (Convective Available Potential Energy, CAPE) の分布について示す。対流有効位置エネルギーとは、その空気がどのくらい上昇気流を起こしやすいかを示すパラメーターで、大気的不安定度を表す指標の 1 つである。図-7 に高度 1000m における水平、鉛直風速成分の分布について示す。

図-6a より、中国地方に全体的に 600(J/kg)程度の CAPE が分布している。図-7a より、N35.2° 付近に水平方向の風の収束線がみられ、その付近で上層流が発生していることがわかる。

図-6b より、図-6a 同様に中国地方に全体的に 600(J/kg)程度の CAPE が分布している。図-7b より、N34.5° 付近に水平方向の風の収束線がみられ、その付近で上昇流が発生していることがわかる。

図-6c より、N34.5° より北の範囲で CAPE が著しく減少していることがわかる。図-7c より、34.4° 付近に水方向の風の収束線がみられる。このことから、南北から流入する空気の均衡が崩れ梅雨前線が南下したため、CAPE が減少したと考えられる。

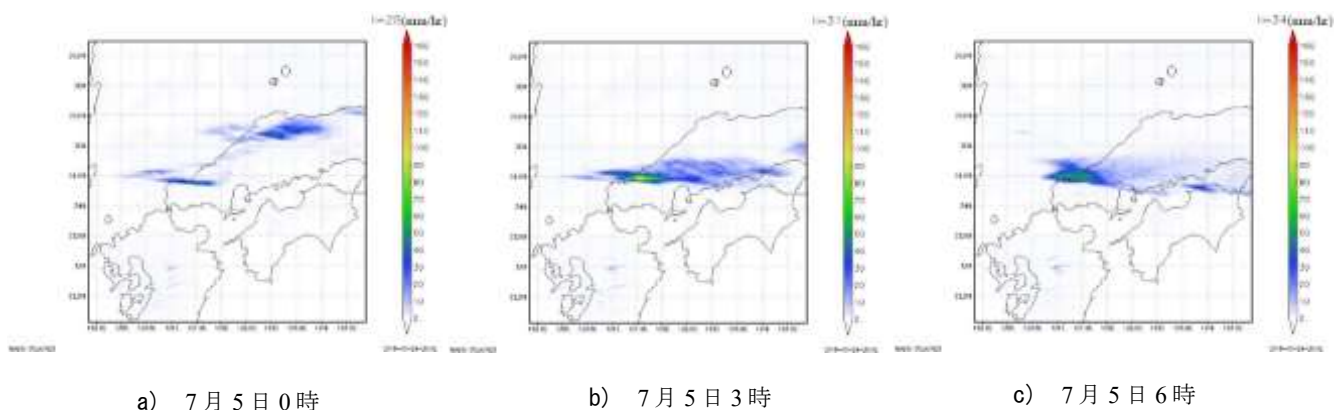


図-5 気象モデルによる 1 時間雨量の分布

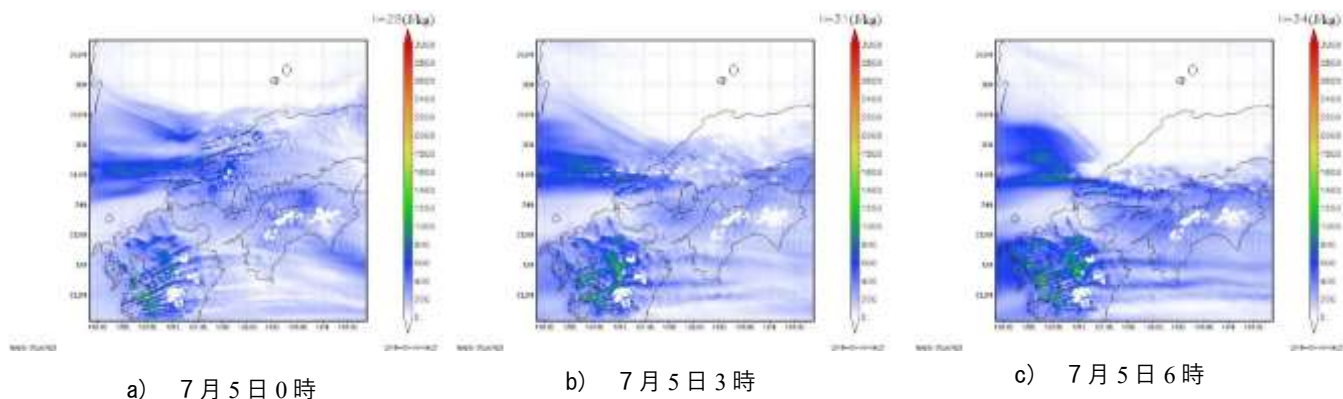


図-6 気象モデルにおける CAPE の分布図 (高度 1000m)

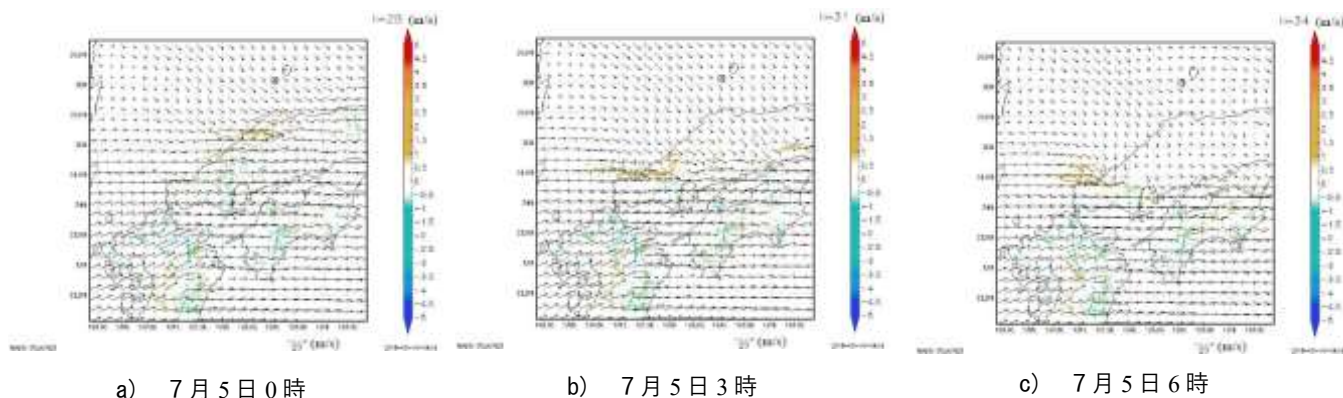


図-7 気象モデルにおける水平風速成分の分布図 カラー凡例は鉛直風速成分 (高度 1000m)

4. 考察・議論

WRF の計算の結果、今回中国地方で発生した豪雨は、前線が南側に凸の形状に変形し、西日本で山陰側からの下層暖湿気の北上に併せて、梅雨前線帯が南下することで発生した。その後、大陸側の高気圧と梅雨前線帯が併せて南下することで中国地方の線状降水帯が衰退していったと推測でき、梅雨前線の全体の構造に支配される線状降水帯で、毎年発生しうる典型的なものであるといえる。また、CAPE の分布図より、島根県付近では 600(J/kg)前後の分布であり、九州北部豪雨と比較してかなり小さいものとなった。

今後、より高い精度の計算結果から線状降水帯の形成について検討するために、雲物理過程の検討、初期値、境界条件に使用するデータの検討、データ同化に実測値データを使用することを今後の課題とする。

参考文献

- 1) 土木学会水工学委員会：2017 北部九州豪雨調査団合同調査報告，<http://committees.jsce.or.jp/report/>
- 2) 島根県防災危機管理課：7月4日からの大雨に係る被害状況等について（最終報），10p., 2017.
- 3) 消防庁：平成 29 年 6 月 30 日からの梅雨前線に伴う大雨及び台風第 3 号の被害状況及び消防機関等の対応状況等について（第 68 報），18p., 2017.
- 4) 三津井勇佑・田中健司・白水元・朝位孝二：2017 年 7 月中国地方西部に停滞した線状降水帯に関する解析，水工学論文集，印刷中，2017
- 5) 角屋睦，岡太郎，増本陸夫，田中礼次郎，今尾昭夫，福島晟：昭和 58 年 7 月豪雨による島根西部の水害とその考察，自然災害科学, vol.4, pp.8-20., 1985.
- 6) Thompson Microphysics Scheme <http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/workshops/WS2005/presentations/session6/1-Hall.pdf>
- 7) Kain J.S.: The Kain-Fritsch convective scheme parameterization : an update, J. Appl. Meteor., vol. 43, pp. 170-181, 2004
- 8) Hong S-Y, Lim J-O J.: The WRF single moment 6-class microphysics scheme (WSM6), J. Korean Meteor. Soc., Vol. 42, No.2, pp.129-151, 2006