

# 2017年7月中国地方西部に停滞した線状降水帯の形成に関する数値シミュレーション

三津井勇佑\*・田中健路\*\*・白水元\*・朝位孝二\*

\* 山口大学大学院, \*\* 広島工業大学

## 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<sup>1)</sup>。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<sup>2)</sup>が、九州北部豪雨と比べて被害の程度が小さく<sup>3)</sup>、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について、線状降水帯の形成について、各種気象資料の解析や数値シミュレーションで検討を行うものである。<sup>4)</sup>

## 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ゆっくりと南東に進んだ。日本海上空にある寒冷低気圧の影響を受け、西日本上空で北よりの風が卓越するようになった。その結果、本州上空では梅雨前線が徐々に南下したが、朝鮮半島上にある前線の西端部はほとんど停滞し、前線が南に凸の形状に変形した。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。ウィンドプロファイラから発信された電波が上空の降水粒子に衝突して後方散乱が起これ、その結果降水粒子の移動速度を補足することができる。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、雨滴が地上に向かって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。島根県浜田市波佐の位置を黒点で示す。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は島根県浜田市波佐（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<sup>5)</sup>、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。

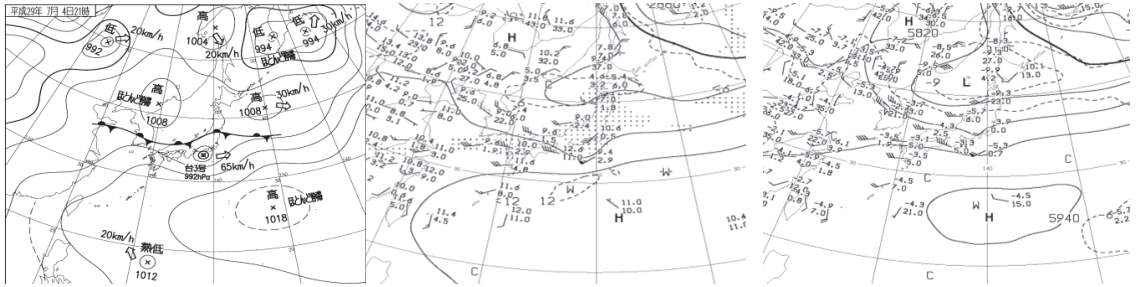


図-1 気象庁天気図（2017年7月4日21時現在）. 左から地上天気図, 700hPa面, 500hPa面高層天気図（日本周辺を抜粋）

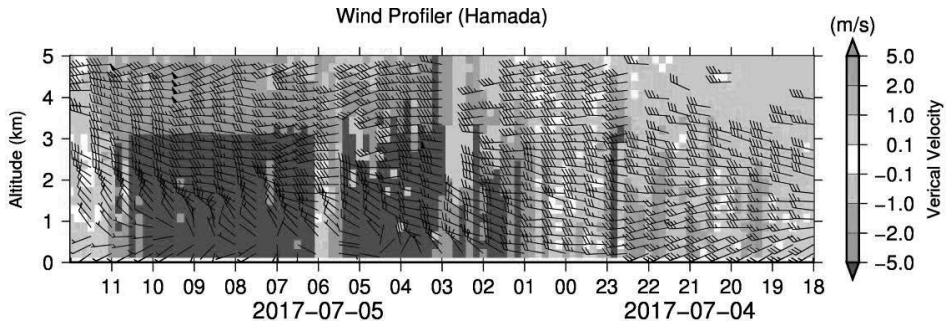


図-2 ウィンドプロファイラ観測による上空の風の高度—時間断面. カラー凡例は降水粒子の鉛直成分（気象庁浜田特別地域観測所）

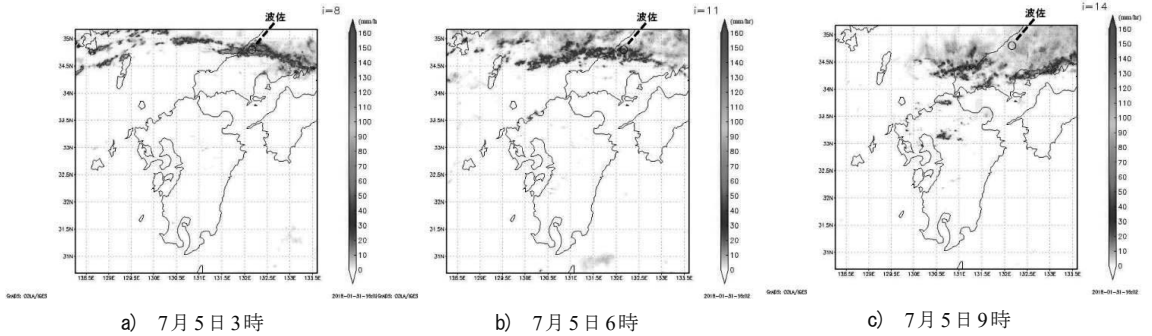


図-3 気象庁レーダー観測による1時間雨量の分布図

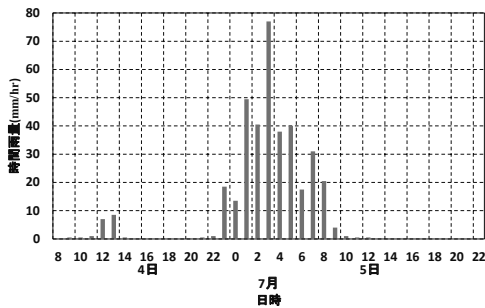


図-4 島根県浜田市波佐における降雨量時間変化

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	E128.276°~133.605°, N30.686°~35.168°	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		2017/7/4 00:00UTC(09:00JST)	
予報時間		42時間(第2領域は12~42時間後の30時間分)	

### 3. 気象モデル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-2 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4日 0:00 UTC (日本時間, 7月4日 9:00) とし、12時間後の7月4日 12:00 UTC (日本時間, 7月4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42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-scheme<sup>6)</sup>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<sup>7)</sup>を取り入れて計算した。大気境界層は Yonsei University スキーム<sup>7)</sup>、接地境界層は Monin-Obukhov<sup>8)</sup>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。また島根県浜田市佐佐の最大降雨が発生した7月5日3時に、島根県浜田市付近に 96.042(mm/hr)の強い降雨を確認することができた。しかし、7月4日9時以降に線状降水帯が佐佐付近に停滞するなど過剰評価な部分もあった。

7月5日1時以降では、気象庁レーダー観測では最大降雨地点が N34.7 付近に分布している一方で、気象モデルでは最大降雨地点が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最大降雨地点が N34.78° 付近で停滞していたが、気象モデルでは7月5日1時以降に最大降雨地点が南下し始めた。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、島根県付近に流入する空気の均衡が崩れ、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 における水平風速成分の分布について示す。島根県浜田市佐佐の位置を黒丸で示す。

図-6a より、N34.7° 付近にほぼ水平に 600(J/kg)程度の CAPE が帯状に分布している。図-7a より、N34.7° 付近に風の収束線を確認することができ、島根県付近での南北方向における空気の流入の均衡を確認することができる。

図-6b より、N34.7° 付近に 600(J/kg)から 800(J/kg)程度の CAPE が帯状に右肩上がりに分布している。図-7b より、図-7a と同じく N34.7° 付近に風の収束線を確認できる。図-6c より、N34.3° 付近から N35.0° 付近まで 800(J/kg)から 1000(J/kg)の CAPE が広く分布している。また、島根県付近では CAPE が 200(J/kg)と著しく減少している。図-7c より、N34.3° 付近に風の収束線を確認することができ、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。

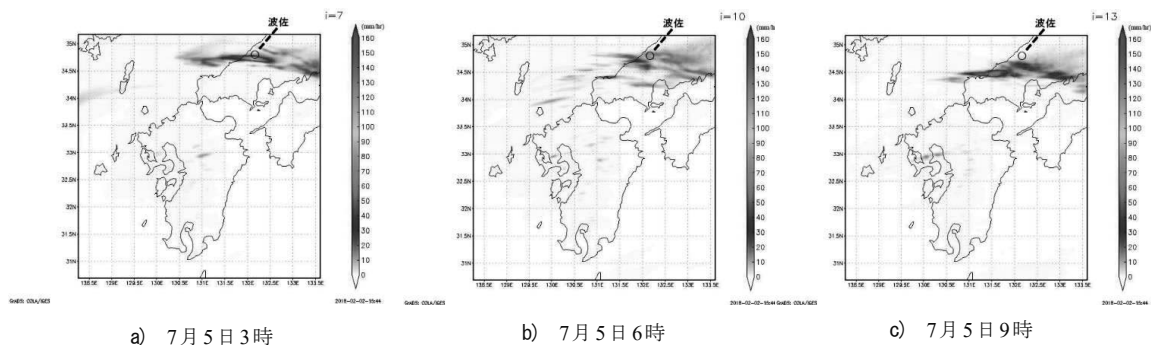


図-5 気象モデルによる1時間雨量の分布図

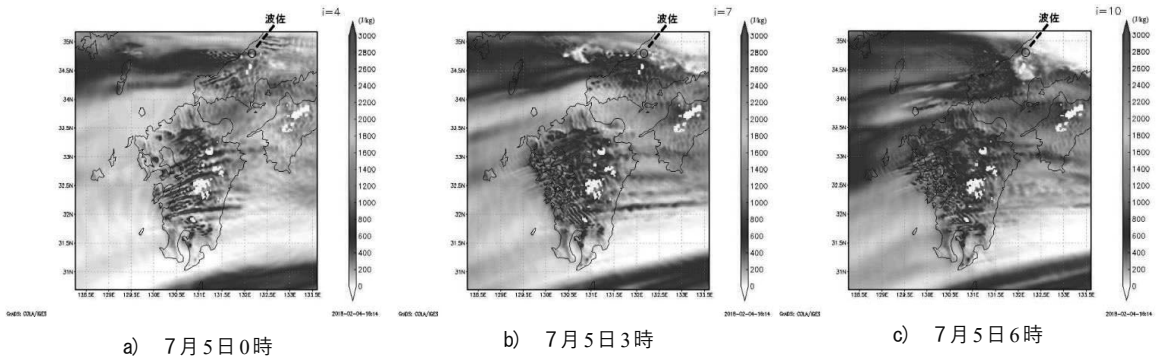


図-6 気象モデルにおけるCAPEの分布図(高度1000m)

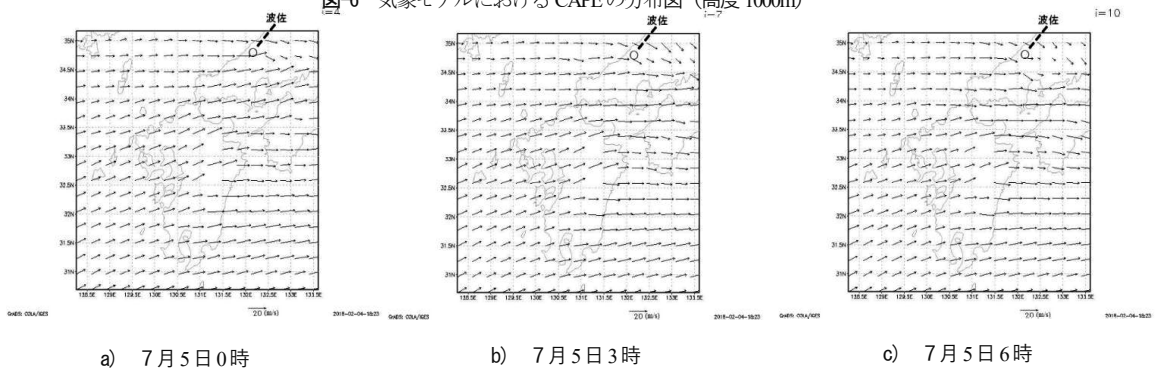


図-7 気象モデルにおける水平風速成分の分布図(高度1000m)

#### 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、第2領域を島根県を中心に南北側に引き伸ばして計算を行う、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/> (2017年9月28日確認)
- 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，福島辰：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