

□平成29年7月九州北部豪雨の発生要因と予測可能性

京都大学防災研究所 准教授 竹見哲也

はじめに

日本の暖候期には、梅雨前線や台風の活動により、しばしば集中豪雨が発生し、ときに甚大な災害に至る。とりわけ梅雨期には、前線が停滞したり移動が遅かったりするため、前線帯で発達する降水系も停滞し、雨が長続きする傾向にある。また、これら停滞性の降水系は線状に組織化することが多く、線状降水帯と呼ばれる¹⁾。平成29年7月九州北部豪雨では、福岡県朝倉市の朝倉観測点など複数の地点で観測史上1位となる大雨が記録され、この豪雨も線状降水帯により発生した²⁾。また、過去の集中豪雨もほとんどが線状降水帯で発生したと考えられている³⁾。このように線状降水帯は、豪雨災害をもたらす要因として十分に注意すべき気象現象である。ここでは、平成29年7月九州北部豪雨の発生要因とその予測の可能性について述べる。また、線状降水帯の実態を全国規模で俯瞰するとともに、将来を見据えた防災・減災対策を講じる上で避けられない気候変動の影響についても考えてみる。

九州北部豪雨の発生要因

平成29年7月5～6日に九州北部で発生した豪雨では、複数の気象観測点で観測史上1位となる大雨を記録した⁴⁾。例えば、24時間雨量では、福岡県朝倉市朝倉で545.5 mm、大分県日田市日田で370.0 mm、佐賀県佐賀市川副で290.5 mm、熊本県

宇土市宇土で288.0 mm といった大雨が記録された。朝倉では、48時間および72時間雨量でもそれぞれ600.5 mm および616.0 mm という観測史上1位を記録した。

このような大雨は、強い雨が長続きすることで生じる。図1は、朝倉観測点での10分毎の雨量を7月5日12～21時の9時間分を示したものである。時刻毎に雨の強弱はあるものの、期間を通して10 mm 程度の雨が続けていたことが分かる。10分間で10 mm とは、仮に1時間継続したと考えて時間雨量に換算すると60 mm となり、極めて強い雨である。また期間中の最大10分間雨量は27 mm に達し、時間雨量に換算すると162 mm もの猛烈な豪雨に対応する。こういった強雨が持続することで、この9時間に約500 mm の雨量に達した。

図1に示した雨量は、気象庁のアメダス観測点によるものである。気象庁による地上観測点は、アメダスを含めて全国で約1300箇所へのぼり、おおよそ17 km 間隔で気象データを取得している。しかし、雨をもたらす積乱雲というものは大きさが数 km から10数 km 程度しかないため、これら地上観測点だけで雨を捕捉することには限界がある。実際、気象庁以外の機関等が設置した雨量計では、朝倉アメダス地点の記録を大きく超える雨量が観測された場所もある。例えば、朝倉地点の東に10 km も離れていない朝倉市北小路公民館での福岡県による観測点では、6時間で535 mm、12時間で792 mm、24時間で829 mm もの大雨が記録された⁵⁾。

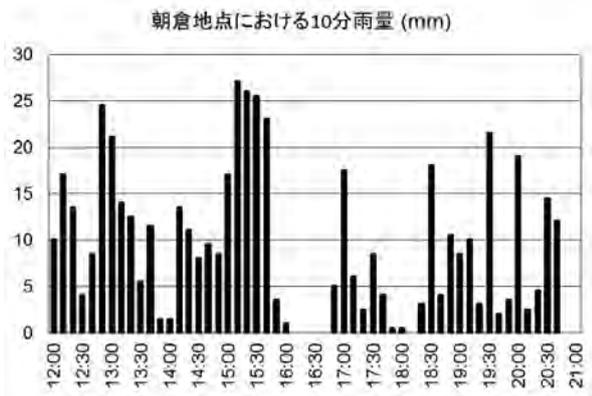


図1 平成29年7月5日12～21時の朝倉アメダス地点での10分間雨量の時系列

このような大雨をきめ細かく捕捉するためには、レーダーによる観測が有効な手段となる。近年は、気象庁や国土交通省による全国的なレーダー監視網が充実してきている。レーダーには、広域を即時に把握することができるという利点はあるが、一方で雨量を地上で直接計測するわけではなく遠隔的に測定しているため、どうしても推定誤差が現れてしまう。そのため地上雨量計による補正を組み合わせることで、量的な精度向上が図られている。こうして補正された雨量データは解析雨量と呼ばれ、全国を1 km メッシュで覆うデータとして提供されている。図2は、解析雨量による7月5日3時～7日9時の積算雨量の分布を示す。福岡県南部では、1000 mm を超える雨量も記

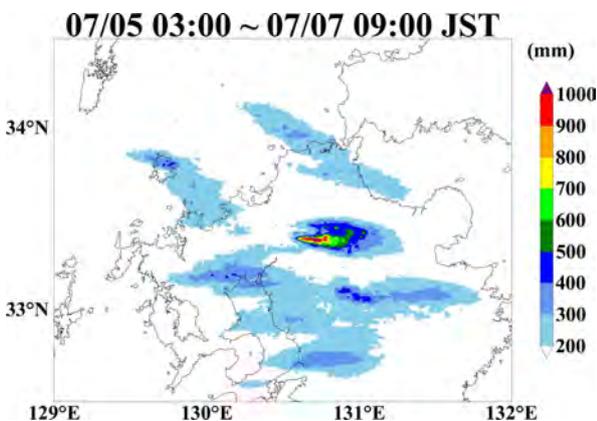


図2 解析雨量による7月5日3時～7日9時の積算雨量分布

録されていることが分かる。この図で分かるように、集中豪雨といっても、発生地域で一律に同じような強い雨が降っているわけではなく、地域内部で量的に大きく異なり、かつ時間推移も図1のように変化しながら長続きするのである。

このように雨は時間・空間に大きく変化して生じることから、集中豪雨の発生にあたっては、国や自治体その他機関による地上雨量計データを集約して可能な限り稠密な雨の実況を把握するとともに、レーダーにより面的に雨量分布を監視することが大事である。気象庁が提供する高解像度降水ナウキャストは、250 m メッシュで降水の実況を示すとともに1時間先という短時間の予測情報も提供している。こういった降水情報に日ごろから意識して接することは、降水現象全般に対する感覚を養うとともに、非常時への備えとしても役立つことと言える。

九州北部豪雨で最も激しい雨が生じた7月5日から6日かけての天気図を図3に示す。梅雨前線が日本を東西に横断し、九州北部に向けて南下しつつある様子が分かる。梅雨前線は北側の高気圧と南側の太平洋高気圧とに挟まれて停滞し、九州北部には南西から暖湿気流が入り込む気象状況となっている⁵⁾。このため前線南側の九州北部では、大気は非常に不安定な状態となり、気流が収束する効果も重なることで、豪雨をもたらす積乱雲が発生しやすい条件が揃った状況となった。

このような気象条件で豪雨が発生したのは、九州北部の特定の地域で積乱雲が次々に発生し、積乱雲が東西に列をなして集団化して線状降水帯を形成し、同じ場所で雨が継続したことが原因である。数値気象予測モデルで豪雨をもたらした積乱雲群の発達を167 m メッシュという極めて高分解能の計算機シミュレーションにより再現したところ、図4のような結果が得られた。朝倉市を中心として福岡県南部に、強雨をもたらす積乱雲が東西に集団化して、線状降水帯が再現されていることが分かる。通常の気象予測の数 km メッシュよ

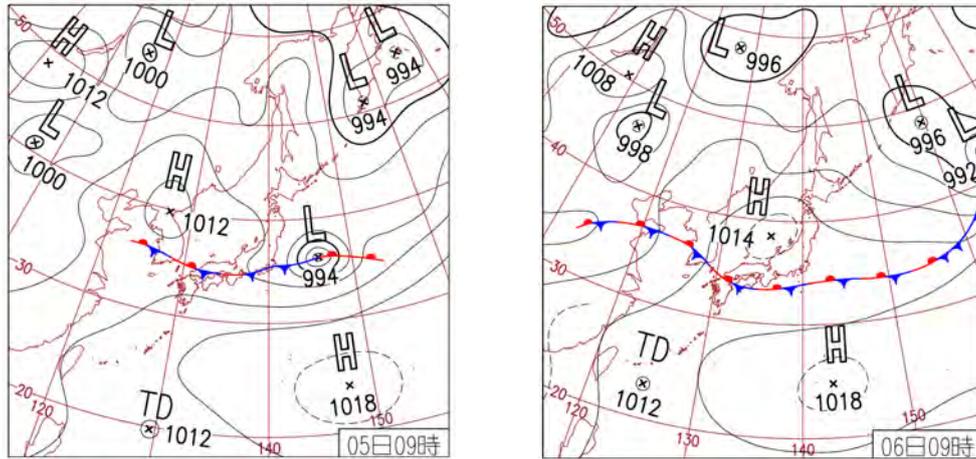


図3 平成29年7月5日9時（左）および6日9時（右）の気象庁による地上天気図

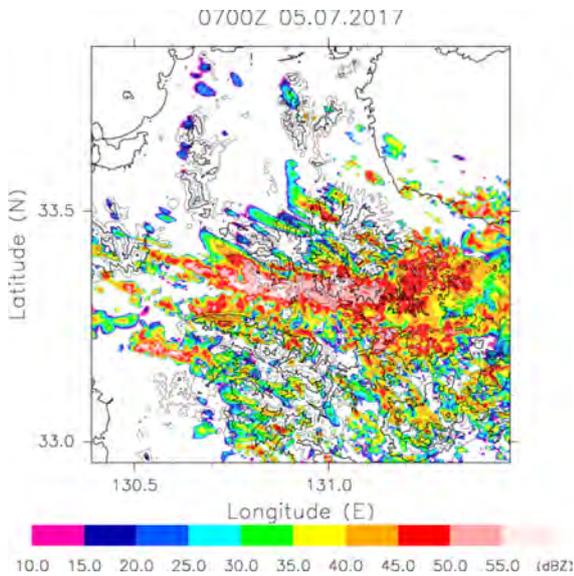


図4 計算機シミュレーションによる7月5日16時での積乱雲群の発達状況

りも格段に細かい167 m メッシュという分解能にすることで、地形の起伏が詳細に表現されることになり、積乱雲群が停滞して大雨が生じる過程を再現することができた。地形の影響や雲内部の物理過程の影響を考慮して様々な設定をして計算機シミュレーションで調べたところ、地形の微細な起伏の影響を受けて積乱雲群が停滞し、雲・降水の生成過程を精緻にモデル化することで雨量も定量的に再現できることが分かった。

以上のことから、九州北部豪雨の発生要因は次のように考えられる。九州北部の地形の微細構造

により気流が特定の場所に収斂し、それが強制力となって積乱雲が次々に持続的に発生し、積乱雲群が東西に列をなして集団化した。大気的不安定な状態と気流の収斂具合が持続することで、積乱雲群は長時間持続することになった。さらに、ひとつひとつの積乱雲は上空の風に流されて東に移動するものの、積乱雲が西から次々に発達することで積算雲群としては同じ場所に停滞することになり、強雨が持続することで集中豪雨が発生したのである。

九州北部豪雨の予測可能性

図4に示した結果は事後解析のため、シミュレーションに要する時間には気にならず実施したものである。一方、予測となると、計算の高速化と迅速な情報提供が必要不可欠である。そのため、現状の最先端の計算機でも予測となると数 km メッシュという粗い分解能とせざるを得なくなってしまう。気象庁の数値気象予測モデルでも最も高い分解能の予測計算は2 km メッシュで実施されている。このことから、九州北部豪雨の予測が1 km 程度の分解能で可能かどうかを検証することは大事である。数値気象予測モデルを1 km メッシュの分解能で予測計算に用いて評価したところ⁵⁾、積乱雲群が列をなして集団化する線

状降水帯は再現できることは確認できた。ところが、積乱雲群が停滞する様子はうまく再現することができず、結果として積算雨量で評価すると実際よりも半分にも満たない量しか再現することができなかった。

九州北部豪雨は、梅雨前線の南側で発生したものであり、前線の南北には高気圧が位置して前線を強化していた。豪雨をとりまくこういった周囲の気象状況は、比較的粗いメッシュの数値モデルでも再現できるため、数kmメッシュのシミュレーションでも線状降水帯を定性的には表現することができる。こういったことから、福岡県南部というような地域レベルで線状降水帯が発生するかどうかを予測することは、様々な観測データを取り込むことで可能となると言える。近年、気象レーダーの監視網が充実し、気象衛星「ひまわり」による観測が高頻度化し、観測のビッグデータ化が急速に進んでいる。このような観測ビッグデータは気象予測の精度を飛躍的に向上するものと期待される。

しかし、線状降水帯による雨量を定量的に予測したり、豪雨に至るかどうかを予測したりするといったことは、現状の数値気象予測モデルの枠組みでは未だ困難であると言わざるを得ない。ビッグデータの活用とともに、数値モデルの精緻化と高分解能化もあわせて推進することが重要である。

図4に示した167mメッシュでのシミュレーションから、集中豪雨の定量的な予測は、高分解能モデルにより実現できる可能性があることが示唆される。ここでは、計算機資源の制約から100m以下のメッシュ間隔を設定することはできなかったものの、過去の別事例を対象としたシミュレーションで100mメッシュの場合に豪雨が定量的に再現できる可能性を指摘してきた⁶⁾。数値気象予測モデルを高分解能化することにより、地形の微細構造を精緻に表現することができ、細かい規模の気流変動を良く再現することが可能となり、積乱雲の発生や集団化の様子を良く表現できるも

のと期待される。また、数値モデルを精緻化することにより、積乱雲内の降水粒子の生成過程や気流の乱れ構造といった微細規模の物理過程の理解が進み、集中豪雨を定量的に再現することに繋がるものと期待される。

線状降水帯の全国分布

近年、レーダーによる高頻度かつ高分解能のデータの蓄積が進んだことで、集中豪雨や線状降水帯の全国的な出現特性を統計的に調べることが可能となってきた。気象庁による解析雨量データを用いた分析⁷⁾では、1995～2009年という長期間にわたる期間を対象として、4～11月に発生する集中豪雨をもたらす降水帯の実態を統計的に示した。分析の結果、降水帯の形状は、全体の抽出数のうち2/3程度の事例で線状であることが示された。既に指摘されていた³⁾ものの、長期間のデータからも、集中豪雨をもたらす降水系の多くが線状降水帯によるものであったことが確認できたのである。

また、気象庁の10分間隔の全国合成レーダーデータにより、暖候期の停滞または低速で移動する降水系（停滞性降水系）の全国分布を調べたところ⁸⁾、発生頻度の高い地域は、太平洋側、九州地方、中国地方、中部地方内陸部、関東地方内陸部に分布していることが分かった。さらに、停滞性降水系のうち線状に集団化したものを調べた

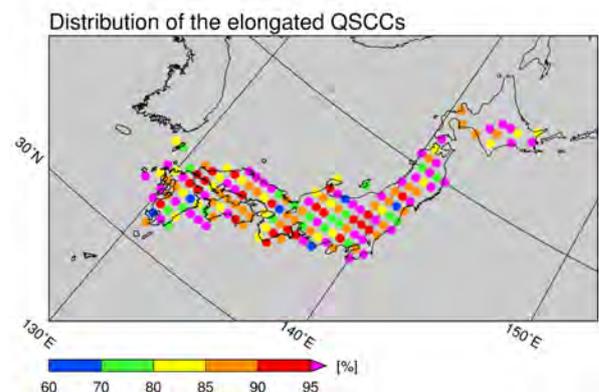


図5 停滞性降水系のうち線状になるものの割合

ところ⁹⁾、線状になったものの割合は全般に高く、停滞性降水系の発生頻度の高い地域では線状になる割合も高くなっていることが分かった(図5)。

九州北部では、停滞性降水系の発生頻度は全国的に見ても高く、9割以上は線状に組織化したものである。さらに、線状の停滞性降水系の走向は東西方向になる傾向が強いことも分かった。このような線状降水帯の全国的な出現特性は、集中豪雨のハザードを意味するものと捉えることができる。

これまでのハザードマップは、洪水や氾濫による浸水域や土砂災害の危険性の高い地域を示すものであった。一方、水災害や土砂災害を引き起こす気象外力としてのハザードにも眼を向けることも有用であろう。日ごろから荒天時の気象情報に対する関心を持ち、降水をもたらす気象状況や雨雲の発達状況に対する眼を養うことが、非常時に役立つものと言える。

将来に向けた備え

将来の豪雨対策を考える場合には、気候の長期的な変動の影響を考えないわけにはいかない。地球温暖化は着実に進行しており、日本では特に1990年代以降の気温の上昇が顕著である。地球温暖化が進行すると、台風や集中豪雨の強大化が懸念されている。地球温暖化の進行は日々の気象変化に比べると格段に緩慢なプロセスであり、その影響の兆候を見極めるのも容易ではない。九州北部豪雨では朝倉などで観測史上1位の記録を更新する豪雨が発生したとは言え、その観測データは1976年以降に限られており、地球温暖化といった長期的な気候変動の影響を定量的に評価することは難しい。

しかし、防災・減災という観点から言えば、地球温暖化の影響が表れてから防災・減災対策するのでは、ハード面であってもソフト面であっても、気象現象の激甚化に即応することは不可能である。地球温暖化の進行に伴う気象災害の変化¹⁰⁾を想定し、気候変動に適応していくことが重要である。そのための準備は、今から進める必要があるのである。

引用文献

- 1) 津口裕茂：線状降水帯，天気，Vol.63，pp.727-729，2016.
- 2) 気象研究所：平成29年7月5-6日の福岡県・大分県での大雨の発生要因について，報道発表資料，平成29年7月14日．
- 3) 吉崎正憲，加藤輝之：豪雨・豪雪の気象学，朝倉書店，184 pp.，2017.
- 4) 気象庁：梅雨前線及び台風第3号による大雨と暴風，平成29年7月11日．
- 5) 秋山壽一郎：平成29年7月九州北部豪雨災害に関する総合的研究報告書 平成29年度科学研究費補助金特別研究促進費，252 pp.，平成30年3月26日．
- 6) 竹見哲也：詳細地形表現による局地豪雨の100 mメッシュ高解像度計算，京都大学防災研究所年報，第53号B，pp. 337-343，2010.
- 7) 津口裕茂，加藤輝之：集中豪雨事例の客観的な抽出とその特性・特徴に関する統計解析，天気，Vol.61，pp.455-469，2014.
- 8) Unuma, T. and Takemi, T.: Characteristics and environmental conditions of quasi-stationary convective clusters during the warm season in Japan, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., Vol.142, pp.1232-1249, 2016.
- 9) Unuma, T., and Takemi, T.: A role of environmental shear on the organization mode of quasi-stationary convective clusters during the warm season in Japan, SOLA, Vol.12, pp.111-115, 2016.
- 10) 竹見哲也：地球温暖化に伴う気象災害の影響評価，日本風工学会誌，Vol. 40, No. 4, pp. 399-406, 2015.