

平成30年7月豪雨の特性と地球温暖化

The Characteristics of the Heavy Rainfall Event in July 2018 and Global Warming

中北英一・小坂田ゆかり・山口弘誠

Eiichi NAKAKITA, Yukari OSAKADA and Kosei YAMAGUCHI

Synopsis

The characteristics of the heavy rainfall event in July 2018 are long-lasting and widespread rainfall causing much total rainfall amount over Western Japan. We found a few hail in not so high clouds of this event compared with those of a typical back-building type heavy rainfall during Baiu season by analyzing the three-dimensional cloud information obtained from X-band multi-polarimetric Doppler radar. In terms of disasters, even though many hillslopes, river basins, and dam reservoirs have already almost reached the limits of patience by long-lasting rainfall till then, line-shaped rainfall have relentlessly passed again and again, and caused disasters and emergency discharges from dams as if hit continuously with a hammer. And for the impact assessment of global warming, it was not found the increasing trend in the frequency of atmospheric pattern of this heavy rainfall event in the future climate. On the other hand, the amount of water vapor inflow into Japan during the event was almost worst level in the present climate, moreover, it was extreme level even in the future climate.

キーワード: 偏波ドップラーレーダー, 雲構造, 災害, 気候変動, 影響評価

Keywords: Multi-Polarimetric Doppler radar, cloud structure, disaster, climate change, impact assessment

1. まえがき

平成30年7月豪雨では、Fig. 1に示すように広範囲で非常に多くの総雨量がもたらされ、西日本を中心に死者224名（内閣府，2018）という、平成最大の死者数となる甚大で痛ましい人的被害が発生した。平成29年には短時間かつ局所的な九州北部豪雨で甚大な被害が発生しており、近年、地球温暖化の影響が出始めているのではないかと感じるような、今までの常識が通用しない豪雨災害が頻発している。地球温暖化に対して後悔しない適応をするため、現象の理解を進めるとともに、災害からの教訓、そして将来予測の共有がますます重要になってくるだろう。

本稿では、国土交通省のXバンド偏波ドップラーレーダー（以下、偏波ドップラーレーダーをMPレーダーと記す）、CバンドMPとXバンドMPレーダーの

合成雨量情報を用いて、本豪雨での災害の特徴をまとめる。また、XバンドMPレーダーの3次元情報を用いて雲特性を解析するとともに、気候モデル出力を用いて地球温暖化の影響評価について解析を行った。気候モデルの詳細については後述する。

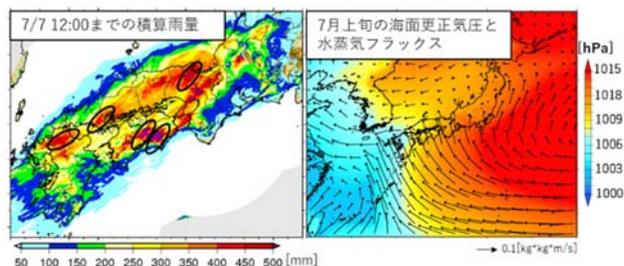


Fig. 1. (Left) 60-hours total rainfall from CX composite radar data and (Right) 10-days averaged sea level pressure and water vapor flux from MSM.

2. 気象レーダーから読み取れる災害の特徴及び雲の特性

2.1 災害の特徴

平成30年7月豪雨の大きな特徴はやはり、非常に広域で長時間に渡って雨が降り続いたことである。豪雨期間中を通して、それほど強くない雨域が広域を覆い、典型的なバックビルディング型梅雨豪雨のような局所的豪雨は見られなかった。こうした豪雨により、岡山県真備町などにおける浸水や広島県の安佐北区や呉市などにおける土砂災害など、多くの災害が発生した。Fig. 2に、左から、広島県の呉市及び安佐北区付近における降雨強度、7月5日00時から積算雨量、土壌雨量指数を示す。上段から6日19時、7日02時、7日05時の図である。図中の白い星印は土砂災害があった場所を表しており、積算雨量と土壌雨量指数の赤字のタイトルは、土砂災害が発生したおよその時刻であることを示している。降雨強度と積算雨量の図はCX合成雨量から作成し、土壌雨量指数及び土砂災害の発生場所・時刻の情報は国土交通省砂防部からご提供いただいた。

Fig. 2からわかるように、各時点で、それまで降り続いた長雨によりかなりの積算雨量となっている。そこへ再び、必ずしも強くない線状降水帯が何度も押し寄せ、1波、2波、3波、4波と通過していった。その度に、既に満身創痍であった多くの山腹斜面において次々と土砂災害が発生した。そして、Fig. 2の下段に示す7日05時は豪雨の終わりかけの時刻であるが、この最後に移動していった線状降水帯が、トンカチで連打するかの如く多くの地点で土砂災害を起こしていった。

山腹斜面だけでなく、河川流域やダム貯水池においても水が満杯になっており、それ以上少しでも豪雨があると土石流や斜面崩壊が生じたり、河川流域の山々から既に満杯の川やダム貯水池に雨水が流出したりするような状態であった。すなわち、耐える限界にあった。そして、その上で加えて豪雨が押し寄せた。トンカチ役となった、そう強くない豪雨の1波、2波の影響評価するには、今後より、レーダー等を用いた短時間降雨予測の強化やその利用の促進を図る必要があるだろう。

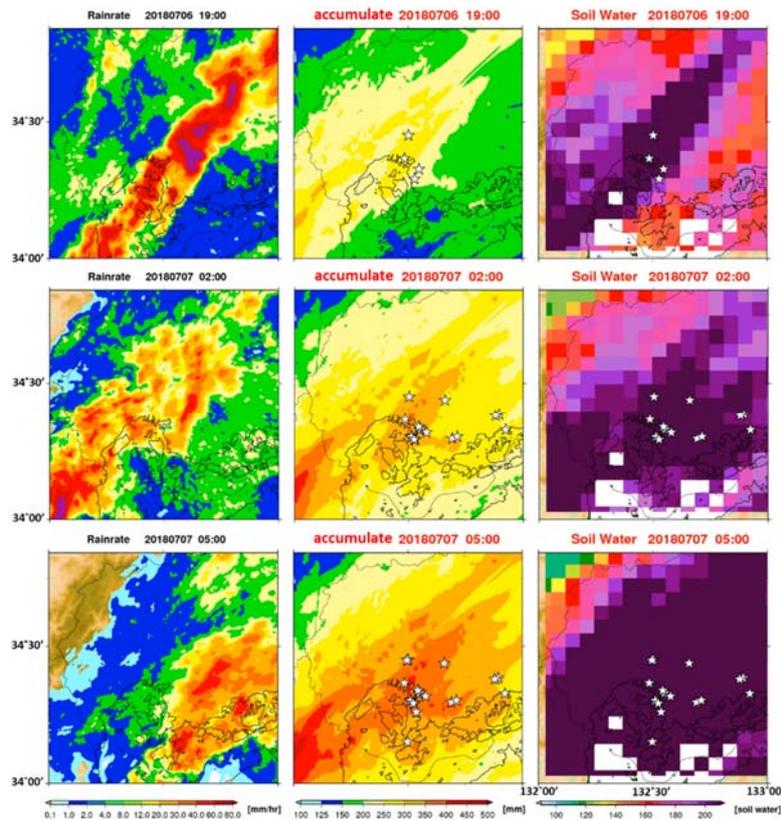


Fig. 2. (Left) Rainfall intensity, (Middle) accumulated rainfall amount from 7/5 00:00, and (Right) soil water index around Hiroshima area in the heavy rainfall event in July 2018. White star marks in middle and right figures represent the location of landslides, and titles in red represent roughly timing of landslide occurrence. Soil water index and the information of landslide location and time of occurrence were provided by Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.

2.2 3次元雲情報の特徴

次に、XバンドMPレーダーの三次元情報を用いて雲情報を解析した。Fig. 3に、XバンドMPレーダーから作成した平成30年7月豪雨時の近畿地方におけるレーダー反射強度の立体図を示す。Fig. 3左に平成30年7月豪雨、右に比較として、典型的なバックビルディング型梅雨豪雨であった平成29年九州北部豪雨の図を示す。

Fig. 3からわかるように、平成30年7月豪雨は、典型的な線状対流系であった九州北部豪雨と比較して雲の高さが低い。このことは、川野・鈴木・川村(2018)によって2018年日本気象学会秋季大会で報告された、「平成30年7月豪雨時には雷がほとんどなかった」という結果と対応するものである。こうした雲の特性においても、平成30年7月豪雨は典型的な線状対流系とは異なっていたと言える。

3. 地球温暖化の影響評価

3.1 使用データ

地球温暖化の影響評価には、文部科学省創生プログラムで気象庁気象研究所によって計算された5km解像度の非静力学領域気候モデルNHRCM05、及び大量アンサンブルデータであるd4PDF_NHRCM20（以下、d4PDF20と記す）を用いた。NHRCM05の将来気

候は全球平均気温4度上昇シナリオであるRCP8.5に基づき計算され、海面水温（SST）アンサンブルが4本（以下、c0~c3と記す）出力されている。d4PDF20の将来気候は全球平均気温4度上昇定常状態で計算されており、同じくSSTアンサンブルとして現在気候50本、将来気候90本の大量アンサンブルが出力されている（Mizuta et al., 2017）。また、平成30年7月豪雨を含め、過去に実際発生した梅雨豪雨の解析にはCX合成雨量、及び気象庁のメソ客観解析データMSMを用いた。

3.2 解析結果

・発生頻度

Osakada and Nakakita (2018) は、NHRCM05の6~8月における降雨出力からメソβスケールの梅雨豪雨を抽出し、その発生頻度を解析している。結果をFig. 4に示す。

Fig. 4が示すように、メソβスケールの梅雨豪雨は日本のほとんど地域で増加傾向にある。この傾向は、近年の梅雨豪雨の頻発と矛盾していない。しかし、この結果はあくまで、平成29年九州北部豪雨のように、梅雨期に発生するメソβスケールの豪雨が増加することを示している。必ずしも、今回の平成30年西日本豪雨のように、広域かつ長時間持続する豪雨をカウントしたものではないことに注意が必要である。

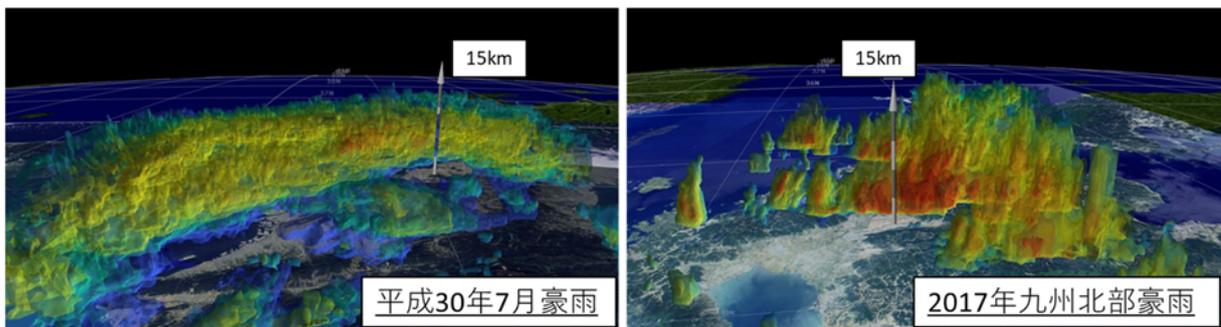


Fig. 3. The 3-dimensional radar reflectivity for (Left) the heavy rainfall event in July 2018 and (Right) the heavy rainfall event in July 2017 obtained from X-band Multi-Polarimetric radar.

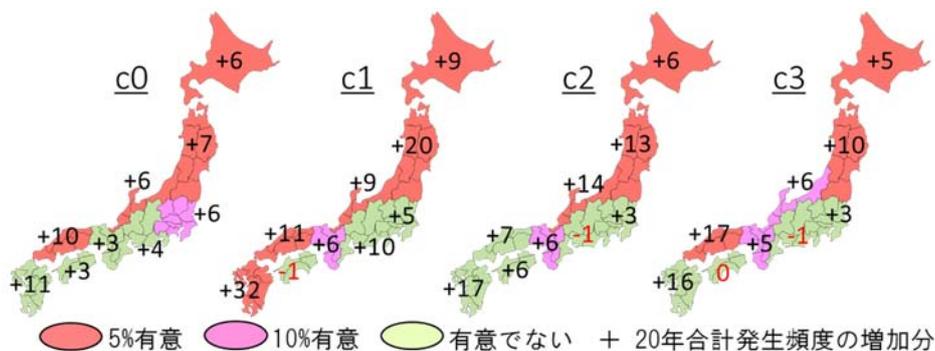


Fig. 4. The future change of localized heavy rainfall event (Osakada and Nakakita, 2018).

・積算雨量

小坂田・中北 (2018) は, NHRCM05から抽出された梅雨豪雨事例を用いて, 50mm/h以上の強雨継続時間当たりの積算雨量が将来増加することを示している. 平成30年7月豪雨の中で, NHRCM05からの梅雨豪雨抽出基準に当てはまる事例 (Fig. 1左の黒楕円で囲んだ事例) について, 同様に強雨継続時間と積算雨量を算出した.

Fig. 5に結果を示す. 青△がNHRCM05の現在, 赤○が将来で発生した梅雨豪雨, □が過去に発生した梅雨豪雨を表す. 平成30年7月豪雨は黒□で, 平成29年九州北部豪雨はピンクの□で示している. 平成29年九州北部豪雨と比較して, 平成30年7月豪雨は現在の分布の中でも積算雨量が少ない. すなわちメソβスケールの梅雨豪雨としては, 平成30年7月豪雨は, 現在気候においても極端ではなかった. そのため, 本豪雨の異常さはより大規模な場からその特徴を捉える必要があるだろう.

・水蒸気量

そこで次に, 日本域に流入した水蒸気量の解析結

果について述べる. 北緯30°上の東経128~138°間で水蒸気フラックスの南北成分, 東経127.8°上の北緯30~33°間で東西成分を, 北及び東を正として合計し, 水蒸気フラックス量 F と定義した. 今回は, 数日にわたって持続した平成30年7月豪雨の特徴を踏まえ, 3日間合計の F を解析した. d4PDF20の6~8月のデータから算出した3日間合計 F の相対頻度分布をFig. 6に示す.

平成30年7月豪雨発生時の水蒸気流入量は, 現在気候では分布の裾野に位置しており, 非常に稀な量の水蒸気が日本域に流入していたことを確認した. 平成29年九州北部豪雨発生時や, 平成30年7月豪雨と類似性の高い1972年豪雨発生時と比較しても, その大きさは突出している. 時間空間スケールが平成30年7月豪雨より小さい平成29年九州北部豪雨の特徴を踏まえ, 日平均 F を比較しても, 平成30年7月豪雨時の水蒸気流入量は突出していた (図省略). また, 将来気候でも極端な水蒸気量であるが, 将来では同程度の水蒸気量が流入する頻度が増加することも見て取れる.

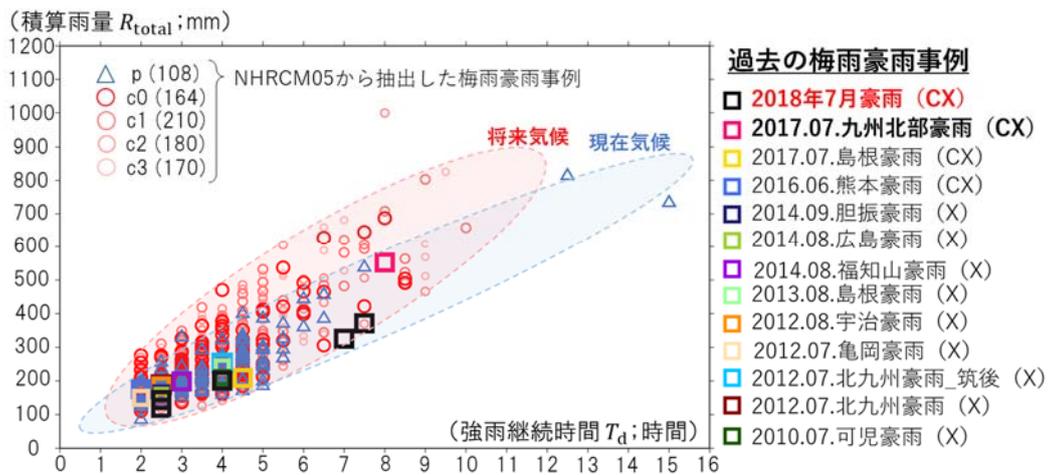


Fig. 5. The future change of accumulated rainfall amount and heavy rainfall duration.

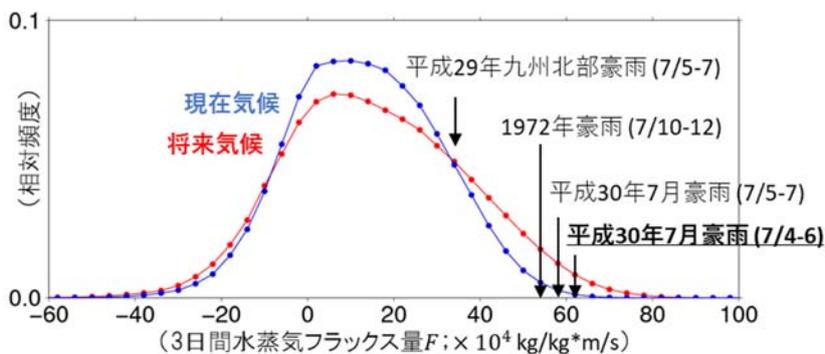


Fig. 6. The future change of water vapor inflow using d4PDF20. Blue (red) line represents present (future) climate.

・大気場パターン

最後に、大気場パターンについて述べる。

大気場パターンに関しては、d4PDF20の10日平均値の海面更正気圧及び水蒸気フラックスをクラスター分類し、Fig. 1右に示す平成30年7月豪雨発生時の10日平均値大気場と類似度の高いクラスターの将来変化を解析した。その結果、平成30年7月豪雨発生時の大気場パターンは、将来気候において増加する傾向は見られなかった。しかし、大気場パターンの将来変化に関してはより精査が必要であり、再現期間など定量的な値の算出も含めて、今後の課題とする。

4. まとめ

平成30年7月豪雨の特徴を大枠でまとめる。

1. 梅雨豪雨としては珍しく、背の低い雲によって、長期間に広範囲で多くの総雨量がもたらされた。
2. それにより、満身創痍になっていた多くの山腹斜面・河川流域・ダム貯水池で、通り過ぎて行ったそう強くない豪雨の一波二波が、トンカチの如く土砂崩壊、洪水、ダムの緊急放流等をもたらした。
3. そのため、情報伝達、避難に関しても多くの視点をもたらした。

災害をもたらすトンカチ役となったそう強くない豪雨の影響を評価するには、本稿で用いたXバンドMPレーダーのような気象レーダ等を用い、短時間降雨予測の強化とその利用をますます促進していく必要があるだろう。また、地球温暖化による将来変化との関係を以下にまとめる。

1. 典型的な線状降水帯型の梅雨豪雨の頻度は将来増加する。これまでほとんど梅雨豪雨が発生していなかった地域でも生起する。そして、同じ強雨の継続時間内でも総雨量は増大する。
2. しかし、平成30年7月豪雨のように停滞する大気のパターンは、将来増加する兆候は見られない。
3. 平成30年7月豪雨発生時の流入水蒸気量は、現在気候ではほとんど最大レベルの流入量であった。また、将来気候でも珍しく多い範疇であるが、現在気候と比較するとその頻度は増加する。そのため、将来気候において総降雨量が増加することに対する対策が必要になる。

将来、典型的な梅雨豪雨は将来気候でより頻繁に、より強力に、そしてこれまで未経験に地域にも生起し始める。また平成30年7月豪雨のような広域かつ長時間の豪雨についても、水蒸気量の増加によって総降雨量は増大する危険性がある。

こうした変化をもたらす地球温暖化に対して後悔しない適応をするためにも、気候変動将来予測を軸

にした適応が必要である。さらに、治水の基礎体力の増強、自助・共助としての防災力の増強も喫緊の課題である。上記の対策は多くの時間を要する上に、昨今の豪雨頻発を受け、じわじわとでも地球温暖化の進行速度の方が早いように感じられる。後悔しないため、早急かつ計画的な対応が求められる。災害からの教訓を蓄積し、将来予測を隅々まで共有し、どういう優先順位をもって適応していくか、考える時に来ているだろう。そして、水工学・土木工学・気象学の中で、またこれらの融合の中で、“研究”として抜けているものはないかを探し、埋めていくことが重要である。

謝 辞

本研究で用いた土壌雨量指数及び土砂災害の発生場所・時刻の情報は国土交通省砂防部からご提供いただいた。気候モデル出力は、文部科学省委託事業気候変動リスク情報創生プログラム「課題対応型の精密な影響評価」で出力されたデータを使用した。気象レーダーデータは国土交通省XRAINの情報を利用した。また本稿の内容は、小坂田・中北（2019）の一部を再掲した。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 小坂田ゆかり・中北英一（2018）：領域気候モデルによる梅雨豪雨継続時間と積算雨量の将来変化予測と過去の事例を用いた検証，土木学会論文集B1（水工学），74(5)，I_25-I_30.
- 小坂田ゆかり・中北英一（2019）：2018年7月豪雨の異常さと地球温暖化による影響評価，京都大学防災研究所年報，62B（投稿中）。
- 川野哲也・鈴木賢士・川村隆一（2018）：平成29年7月九州北部豪雨をもたらした線状降水帯の発電特性，日本気象学会秋季大会。
- 内閣府（2018）：平成30年7月豪雨による被害状況等について。
- Mizuta R., et al. (2017): Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60-km global and 20-km regional atmospheric models, Bull. Am. Met. Soc., 98, pp. 1383-1398.
- Osakada, Y. and Nakakita E. (2018): Future change of occurrence frequency of Baiu heavy rainfall and its linked atmospheric patterns by multiscale analysis, SOLA, 14, pp. 79-85, doi:10.2151/sola.2018-014.

（論文受理日：2019年6月24日）