

平成 30 年 7 月豪雨における降雨の再現期間と災害発生の関係

平野 洪賓*

Relationship between Rainfall Return Period and Disaster-hit Region during the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan

Kohin Hirano

**Storm, Flood and Landslide Research Division,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan
hirano@bosai.go.jp*

Abstract

This paper examines the relationship between the return period of accumulated rainfall and the disaster-hit region during the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan. The probability distribution functions fitting based on the Radar-AMeDAS composite precipitation obtained from 1989 to 2016, and the optimum formula and parameters were determined from the standard least-squares criterion and the stability for each 5 km grid. The determined functions were applied to calculate the return period of four kinds of maximum accumulated rainfall and two kinds of maximum effective rainfall parameters during the period of this event. It is found that the areas where landslide and flooding disasters occurred were more consistent with those showing high return period values, whereas not with maximum rainfall parameters. These results suggest that it might be possible to use the frequency analysis for the disaster risk management.

Key words: Return period, Heavy Rain Event of July 2018, XRAIN, Radar-AMeDAS composite precipitation

1. はじめに

2018 年 6 月 28 日から 7 月 8 日にかけて、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨が降り、全国で死者・行方不明者が 237 名に達する大災害となった¹⁾。豪雨災害による犠牲者数が 100 人を超えたのは、1982 年長崎豪雨(昭和 57 年 7 月豪雨)以来であり、「平成最悪の水害」と報道された²⁾。特に被害が大きかったのは岡山県、広島県と愛媛県の三県で、河川氾濫や土砂災害が相次ぎ、全国の死者・行方不明者数の約 9 割(表 1)を占めた¹⁾。気象庁³⁾によると、期間総降水量は四国地方で 1,800 mm、東海地方で 1,200 mm、九州地方で 900 mm、近畿地方で 600 mm、中国地方で 500 mm を超え、7 月 6 日

表 1 人的・物的被害の状況¹⁾

Table 1 Damages caused by the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan.

	人的被害		住家被害					非住家被害
	死者・行方不明者	負傷者	全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	
	人	人	棟	棟	棟	棟	棟	棟
岡山県	69	161	4828	3302	1131	1666	5446	52
広島県	120	146	1150	3602	2119	3158	5799	
愛媛県	31	35	625	3108	207	187	2492	2237
全国	245	433	6767	11243	3991	7173	21296	2529

17 時頃福岡・佐賀・長崎三県に対する大雨特別警報の発表を皮切りに、最終的に平成 25 年 8 月 30 日特別警報運用開始以来最多となる計 11 府県で特別

* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部門

警報が発表された。観測史上最大値を更新した地点数は、1時間雨量14地点、3時間雨量16地点、6時間雨量31地点、12時間雨量48地点、24時間雨量76地点、48時間雨量124地点となり、長い積算期間ほど最大値更新地点数が多いのが特徴である。図1は気象庁解析雨量から求めた2018年6月28日00 JSTから2018年7月8日24 JSTまでの期間最大24時間雨量分布の上に、観測史上1位の値を更新した観測地点および主な浸水被害地域⁴⁾を重ねた図である。ここで注目すべき点は、期間最大雨量が多い場所と記録更新地点は必ずしも一致しないことである。

現在気象庁で運用されている災害発生危険度を評価する指標として、タンクモデルで計算された土壌雨量指数・表面雨量指数・流域雨量指数などが用いられているが、災害の発生は指数の大きさだけではなく、その場所における地理的条件と気候的特徴とも深く関係すると考えられる。そこで、本稿は過去と比較して現在降っている雨がどれくらい希な雨なのかに着目し、レーダ雨量を用いた高空間分解能の極値統計解析を行うことによって、降雨の「希さ」を表す各種雨量の再現期間を算出した上に、災害発生と再現期間の特徴について考察する。

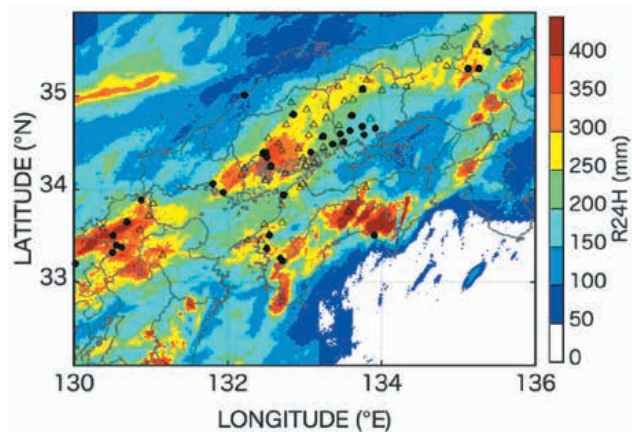


図1 気象庁解析雨量に基づく平成30年7月豪雨期間中の最大24時間積算雨量分布。三角は観測史上1位を更新したアメダス観測地点；黒丸は主な浸水被害地域⁴⁾。

Fig. 1 Distribution of maximum 24-hour accumulated Radar-AMeDAS precipitation during the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan. Triangles indicate AMeDAS stations observed record-breaking precipitation; black circle show major flooding areas⁴⁾.

2. レーダ雨量について

日本に初めての気象レーダ実用機が導入されたのは1967年、旧建設省が世界初となるデジタルレーダ雨量計として半径120 km先まで定量観測可能なCバンド(5 GHz帯)レーダを赤城山に設置し、運用を開始した(深見ほか2016⁵⁾)。

その後1989年に、気象庁が気象レーダにより推定された雨量を地上で観測された雨量(アメダス雨量)で補正する気象庁解析雨量の運用を開始し、レーダ雨量を水文解析にも用いられるようになった。気象庁解析雨量は数回の高度化を経て、2006年より30分間隔に空間分解能1 kmメッシュで作成されている。

2011年に国交省によるXバンド(9 GHz帯)MP(マルチパラメータ)レーダの全国展開が始まり、地上雨量計による補正を必要としない高精度な雨量分布を把握することが可能となった。さらに、2016年7月よりCバンドMPレーダ26台とXバンドMPレーダ39台から成るXRAIN(eXtended RAdar Information Network)による合成雨量の配信が始まり、ほぼ全国をカバーする250 mメッシュの雨量情報が1分間隔で配信されるようになってきた。図2はXRAINの定量観測範囲を示しており、CバンドとXバンドMPレーダの定量観測範囲はそれぞれ半径120 kmと60 kmとなる。

一方、極値統計解析は水文分野で古くから用いられており、降雨の再現期間などが災害リスクの評価に有効と考えられている⁶⁾。アメダス観測値に基づいた再現期間の解析は既に数多く報告され^{7), 8)}、気象庁も2007年より「異常気象リスクマップ」⁹⁾を公表し、大雨に関する地域特性を知る情報として利用されている。レーダ雨量はアメダスより遥かに細かく降雨の分布特性が把握でき、蓄積を鑑みて再現期間の推定も可能と言えるが、まだ詳細な検討は少ない。

本稿では、降雨の「希さ」を評価するために、1989年4月から2016年までの気象庁解析雨量を用いて確率分布形を推定し、平成30年7月豪雨期間における複数種類の最大雨量の再現期間を算出する。

3. 再現期間の計算方法

一定の強度 x mm以上の雨が再び発生する確率は N 年に一度と推定される場合、 N 年のことを雨量強度 x mmの降雨の再現期間と呼ぶ。小林¹⁰⁾を参考に

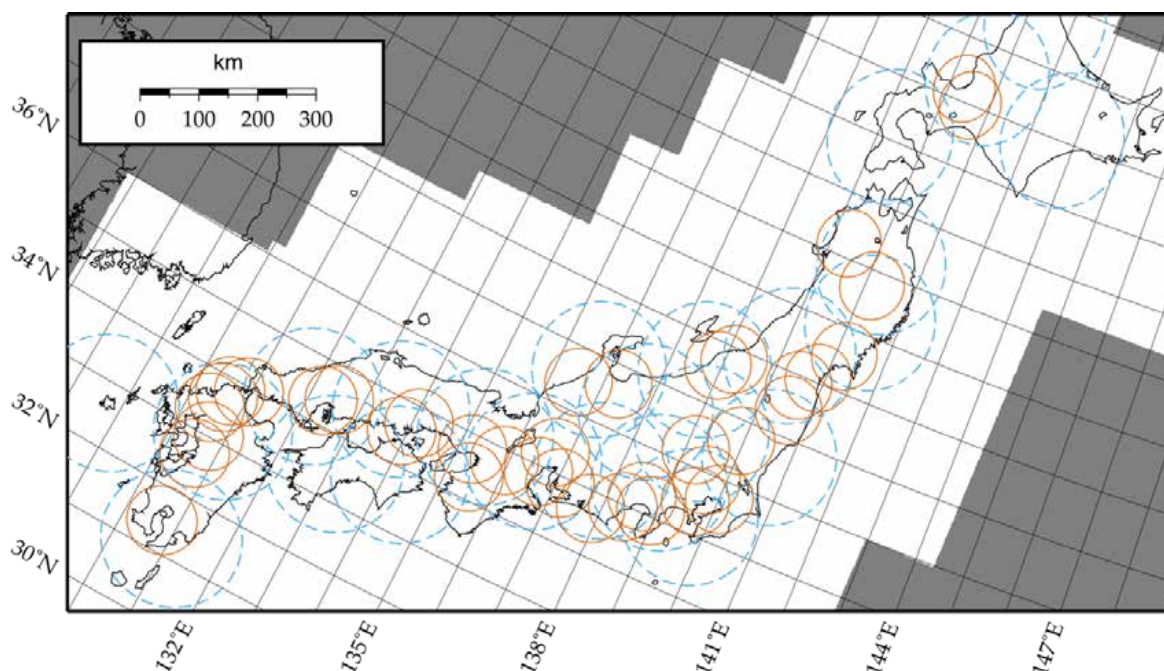


図 2 XRAIN の定量観測範囲(赤：X バンド MP レーダの半径 60 km；青：C バンド MP レーダの半径 120 km)

Fig. 2 XRAIN quantitative observation range (red: 60 km radius of X-band MP radar; blue: 120 km radius from C-band radar).

して、メッシュごとに以下の方法で降雨の再現期間を算出している。

- ① 1989 年から 2016 年における気象庁解析雨量データを、最も荒い初期仕様である 5 km メッシュ、1 時間間隔に統一し、前 3 時間積算雨量、前 6 時間積算雨量、前 12 時間積算雨量、前 24 時間積算雨量、72 時間および 1.5 時間実効雨量⁹⁾などを算出する。
- ② 極値統計解析を行うために、各種雨量パラメータに対して年間の統計量(最大値、最小値、平均および分散)データセットを作成する。
- ③ 各種雨量の年最大値の発生頻度分布に、特定の確率分布関数を当てはめ、各分布関数におけるパラメータを決定する。用いた確率分布関数とそれぞれのパラメータ決定方法を表 2 にリストする。
- ④ それぞれの分布関数から求めた値と実際のデータに対して、標準最小二乗基準 (Standard Least-Squares Criterion) による適合度評価およびジャックナイフ (Jackknife) 法による安定度評価を行い、各メッシュにおいて最適確率分布関数を決定する。
- ⑤ メッシュごとに採用した確率分布関数を利用し

て平成 30 年 7 月豪雨期間中に観測された雨量の再現期間を算出する。

表 2 確率分布関数およびパラメータ決定方法

Table 2 Probability distribution functions and parameter determination methods.

表記	確率分布関数	決定方法
Gumbel	グンベル分布	L 積率法
GEV	一般極値分布	L 積率法
SQRT-ET	平方根指数型最大値分布	最尤法
LP3	対数ピアソンⅢ型分布	積率法
LN3	対数正規分布	岩井法

4. 結果と考察

図 3 はリアルタイムに配信された気象庁解析雨量より求めた平成 30 年 7 月豪雨期間中における前 3 時間雨量、前 6 時間雨量、前 24 時間雨量、前 48 時間雨量の最大値、および 3 節で紹介した手法より算出したそれぞれの再現期間を示している。解析対象期間は 2018 年 6 月 28 日 00 JST から 2018 年 7 月 8 日 24 JST までの 11 日、再現期間の空間解像度は 5 km 格子、被害を多く出した中国地方と四国地方を中心にプロットしている。前 3 時間積算雨量の最大値分布 (図 3a) には様々な方向に伸びる線状のパターンが多く見られ、最も高い値は高知県の南西端で 250 mm 以上となっている。同じ位置付近で再現

期間(図 3e)も大きな値(500 年以上)を示している。最寄りのアメダス観測所は宿毛であり、最大 3 時間雨量が 263 mm を記録し、観測史上 1 位を更新している。ただし、期間中の XRAIN ではこの地域付近で極大値が観測されていないことから、このピークは気象庁解析雨量を作成する際の地上雨量計補正による結果と考えられる。図 3e の再現期間は京都府舞鶴付近でもピークが出現し、ここでのアメダス観測値も 129.5 mm で記録更新となっている。

図 3b と図 3f は前 6 時間積算雨量の最大値分布および再現期間を示している。雨量の分布(図 3b)は(図 3a)と同様に線状のパターンが見られるが、再現期間(図 3f)は広島県から京都府の広い範囲で 30 年以上となる比較的高い値を示している。

前 24 時間と前 48 時間積算雨量は昨今の気象庁の警報などにも用いられることのある指標である。それぞれの期間中最大値分布(図 3c, 図 3d)では、中国山地、筑紫山地と四国山地の南側で大きな値を示し、広島・岡山県 400 mm 程度、福岡県 500 mm、四国山地の南側では 600 mm を超える 48 時間雨量が解析されている。アメダス観測所においては、高知県安芸郡にある魚梁瀬で 1,025 mm の 48 時間雨量が記録されている。一方、再現期間の分布(図 3g, 図 3h)は九州北部から京都府に続く広い範囲で大きな値を示し、特に広島県からと岡山県西部にかけては 500 年以上と極めて大きな値が算出されている。それに対して、雨量分布で最も高い値を示した四国山地の南側においては、再現期間は一部の局所を除き 10 年を超えていない。アメダス観測史上 1 位更新地点を見ても、高知県宿毛では 1 時間、3 時間と 6 時間の最大値が記録更新をしているが、最大 24 時間雨量と最大 48 時間雨量の記録は更新していない。愛媛県を除いた四国三県で最大 48 時間雨量を更新したアメダス地点は徳島県三好(375 mm)1 箇所のみ、岡山県 19 地点広島県 23 地点より遥かに少ない。これら長期間積算雨量の再現期間の極大域が大きな被害を出した地域とも比較的良好に対応し、再現期間は災害リスクの管理に有効なパラメータの 1 つと考えられる。

気象庁解析雨量は 30 分遅れで配信されるため、リアルタイムに現在の危険箇所を診断する上では XRAIN を利用する必要がある。ただし、XRAIN の降雨強度情報は雨量計による補正が行われていない

ため、X バンド MP レーダにカバーされていない地域における精度が懸念される。土砂災害の発生可能性を評価する指標として広く使われている 1.5 時間実効雨量と 72 時間実効雨量の期間最大値分布と、それぞれに対応する再現期間を図 4 に示している。実効雨量を求める際に、気象庁解析雨量の代わりに 1 分更新で配信される中国地域の XRAIN データを用いている。半減期の短い 1.5 時間実効雨量で線状パターンが目立ち、半減期の長い 72 時間実効雨量の強雨域が広い範囲にわたる傾向は図 3 の積算雨量と同様である。72 時間実効雨量の最大値分布では高知県東部でくさび状に伸びる雨量の極小域が見られるが、これは山岳などによる遮蔽と考えられる。一方、気象庁解析雨量から求めた各種積算雨量とアメダス観測共に大きな値を示した高知県南西端においては、極大域が出現していない。図 2 の XRAIN 配置から、中国地方に X バンド MP レーダが設置されておらず当該地域が C バンドレーダからの距離も遠いことから、XRAIN はこのエリアで過小評価の傾向にあるが、地上雨量計を用いた補正により気象庁解析雨量では極大域が再現されたと考えられる。最大 72 時間実効雨量の再現期間において、岡山県にある極大域は氾濫した高梁川水系の上流部に対応し、水害発生との関係を示唆している。

本研究に使用した気象庁解析雨量の蓄積期間は約 30 年間と、気象庁の異常気象リスクマップの解析に用いられているデータに比べて短く、期間中にデータの空間分解能も 2 回変更されているため、データの連続性が保たれていない箇所もある。算出された再現期間には極端に大きい値が出現している場合もあり、計算値の推定誤差について今後評価する必要がある。

5. まとめ

1989 年から 2016 年までの気象庁解析雨量に基づいて作成した確率分布関数を用いて、平成 30 年 7 月豪雨における各種期間最大積算雨量と最大実効雨量の再現期間を試算した。期間最大積算雨量の極大域はアメダス観測値の史上 1 位更新箇所と概ね一致し、大きな被害を出した地域ともよく対応している。最大実効雨量の再現期間は高梁川水系の上流部でも極大域を表し、降雨の「希さ」による水害リスク管理の有効性を示唆した。今回の解析結果から降雨

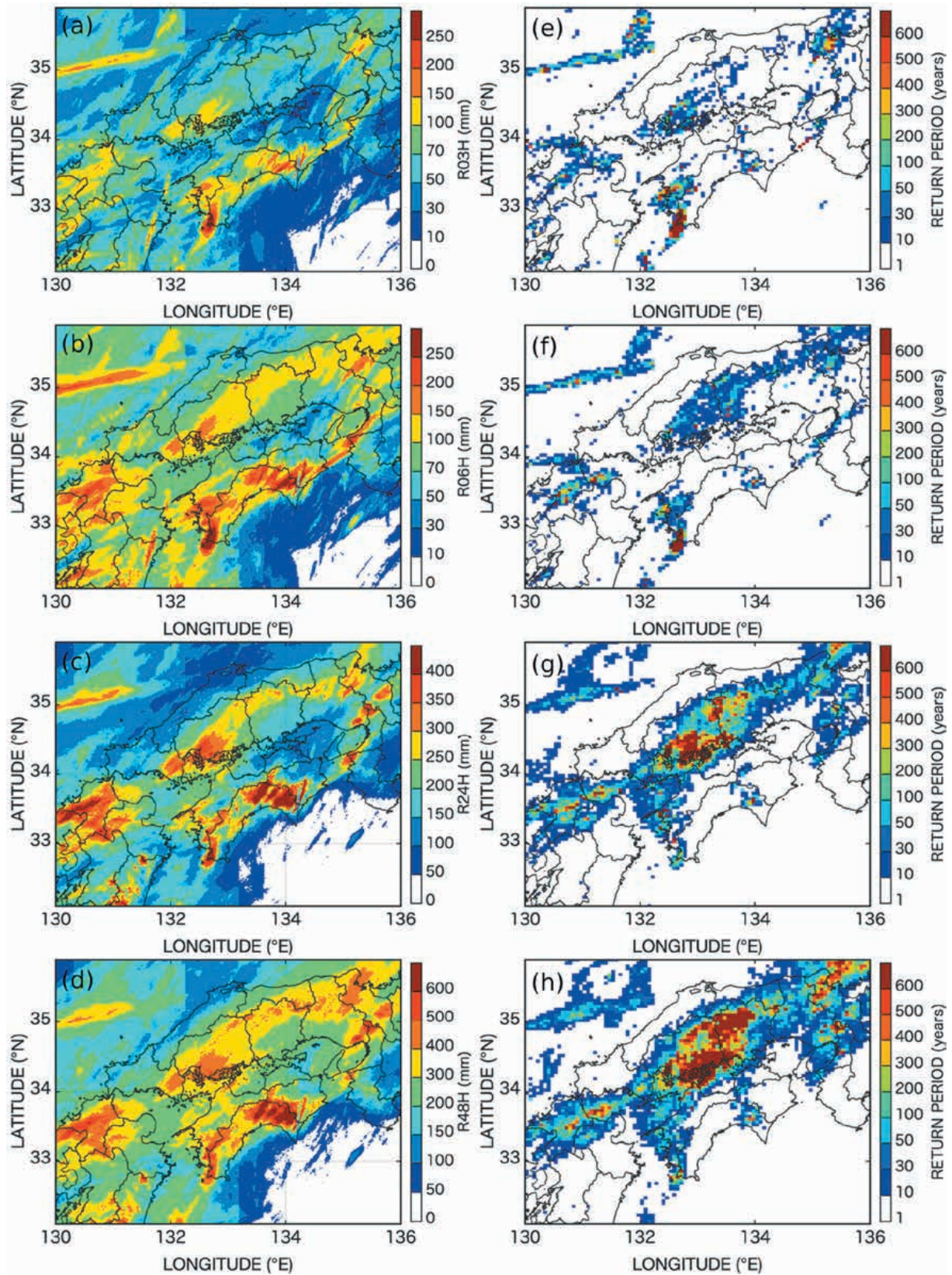


図 3 レーダ・アメダス解析雨量に基づく平成 30 年 7 月豪雨期間中の最大積算雨量分布(左図)と再現期間(右図)

Fig. 3 Distribution of maximum accumulated Radar-AMeDAS precipitation (left panels) and their return period (right panels) during the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan.

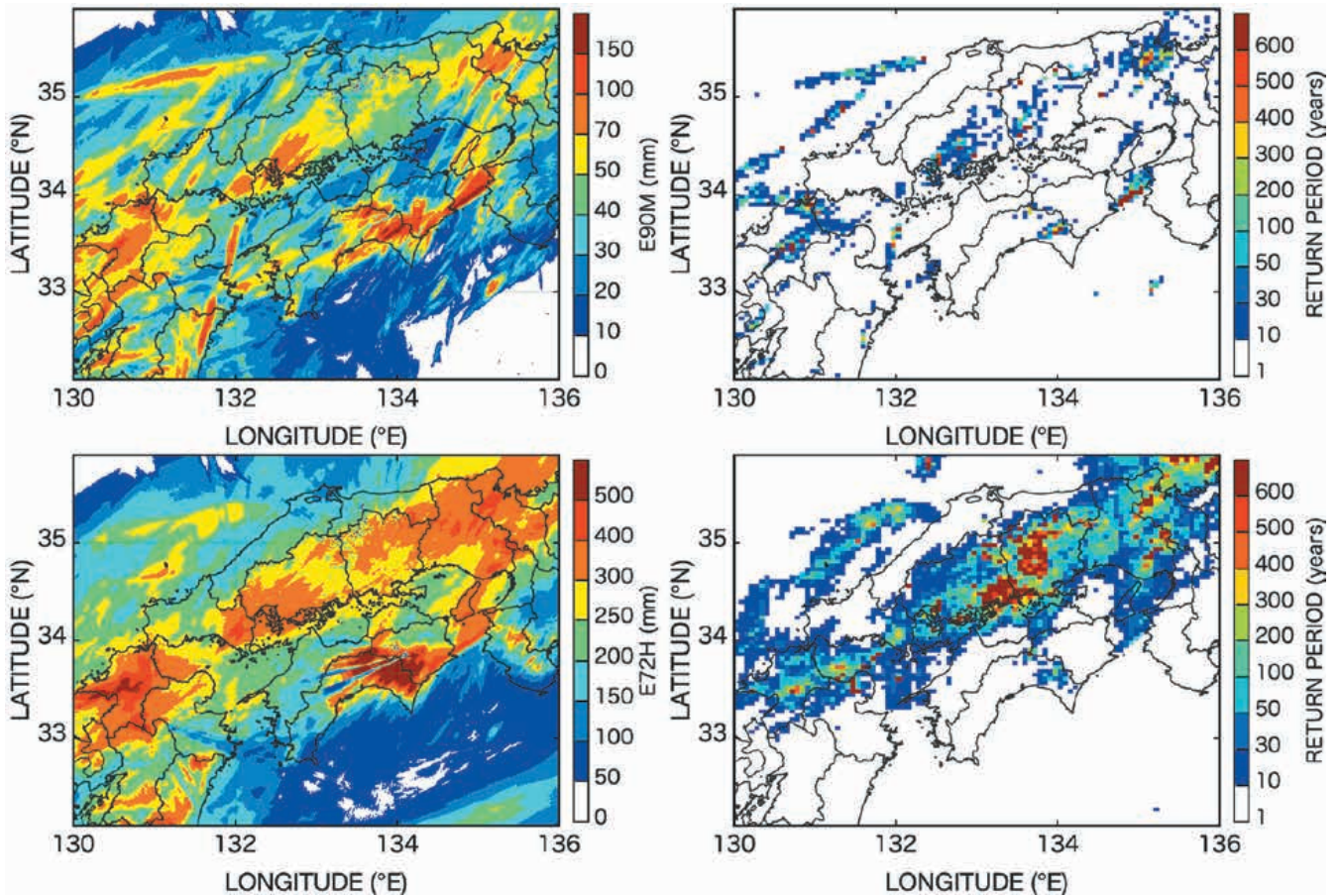


図4 解析雨量に基づく平成30年7月豪雨期間中の1.5時間(上段)と72時間(下段)実効雨量の最大値の分布(左図)と再現期間(右図)

Fig. 4 Distribution of maximum effective rainfall (left panels) and their return period (right panels) during the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan. Top (bottom) panels are for 1.5 (72) hours effective rainfall respectively.

の「希さ」がより災害の起こりやすさを表す可能性を示唆したが、災害の種類と雨量の特徴を明らかにするためには更なる詳細な調査が必要である。また、XRAIN データを用いた実効雨量の分布には山岳による遮蔽域や X バンド MP レーダにカバーされておらず C バンドレーダからも遠いエリアで過小評価される問題が見られる。従って、再現期間の推定精度を評価する検証を行う必要もある。

謝辞

本稿では、気象庁の解析雨量および一般財団法人河川情報センターから配信される水防災オープンデータを使用した。最後に、この場を借りて平成30年7月豪雨により亡くなられた多くの方々のご冥福を祈るとともに、被災地の復興を願う次第である。

参考文献

- 1) 内閣府(2019)：平成30年7月豪雨による被害状況等について(平成31年1月9日17:00現在)，(最終閲覧日：2019年5月20日)，http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109_1700_h30typhoon7_01.pdf
- 2) 日本経済新聞(2018)：西日本豪雨1カ月 平成最悪の水害、列島に傷跡、2018年8月7日公開，(最終閲覧日：2019年5月28日)，<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO33875110W8A800C1CC1000/>
- 3) 気象庁(2018)：平成30年7月豪雨(前線及び台風第7号による大雨)，(最終閲覧日：2019年5月20日)，https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sokuji20180628-0708.pdf

- 4) 国土交通省 (2018) : 平成 30 年 7 月豪雨における被害等の概要, (最終閲覧日: 2019 年 8 月 7 日), https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/daikibokouikigouu/1/pdf/daikibokouikigouu_01_s2.pdf
 - 5) 深見和彦・川崎将生・土屋修一・藤巻浩之 (2016) : 国土交通省におけるレーダ雨量計開発の歴史と今後の方向性. 土木技術資料, **58**-7, 20-25.
 - 6) 川越清樹・風間聡・沢本正樹 (2008) : 数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築. 自然災害科学, **27**-1, 69-83.
 - 7) 篠田昌弘 (2007) : AMeDAS データを用いた確率降水量マップ. 土木学会論文集 B, **63**-3, 195-205.
 - 8) 石原幸司・仲江川敏之 (2008) : 全国 51 地点におけるノンパラメトリック手法を用いた確率降水量の算出. 水文・水資源学会誌, **21**-6, 459-463.
 - 9) 気象庁 (2007) : 異常気象リスクマップ (平成 18 年度版), (最終閲覧日: 2019 年 5 月 28 日), <https://www.jma.go.jp/jma/press/0703/28b/riskmap18.pdf>
 - 10) 小林健二 (2006) : 確率雨量と再現期間の推定, 測候時報, **73**, 51-72.
 - 11) 三隅良平・真木雅之・岩波 越 (2011) : レーダ雨量に基づく土砂災害の発生評価ー都市域を対象に, 神奈川県の場合ー. 天気, **58**(8), 697-704.
- (2019 年 6 月 6 日原稿受付,
2019 年 8 月 16 日改稿受付,
2019 年 8 月 19 日原稿受理)

要 旨

災害の起こりやすさを示す相対的な指標を調査するために、レーダ・アメダス解析雨量および国土交通省 XRAIN で観測された平成 30 年 7 月豪雨期間中における様々な雨量に対して、気象庁解析雨量過去データ(1989 年～2016 年)に基づいて推定した確率分布関数を用いて再現期間の空間分布を算出した。最大雨量よりも再現期間のほうが災害発生地域との対応性が高く、降雨の「希さ」がより災害の起こりやすさを表す可能性を示唆した。今後災害の種類と雨量の特徴を明らかにするためにはさらなる詳細な調査が必要であり、再現期間の推定精度を評価する検証を行う必要もある。

キーワード：再現期間，平成 30 年 7 月豪雨，XRAIN，気象庁解析雨量