

## 2019年台風19号の降雨特性および経路が類似した台風との比較

The Rainfall characteristics of Typhoon Hagibis in October 2019  
and the comparison with typhoons with similar route

北海道大学大学院工学院 ○学生員 竹原由 (Yui Takehara)  
北海道大学大学院工学研究院 正員 山田朋人 (Tomohito J. Yamada)

## 1. はじめに

2019年10月、勢力を保ったまま静岡県伊豆半島に上陸した後関東地方、福島県を縦断した台風19号により、各地で降雨量観測史上1位を次々と更新し、氾濫等による浸水範囲は西日本豪雨(2018年)を超えるなど、記録的な豪雨災害となった。

日本最長の川と知られる信濃川は、長野県内で千曲川と呼ばれているが、その千曲川流域(図1中赤色)において豪雨による洪水、浸水被害が多く発生した。千曲川上流域に位置する軽井沢、鹿教湯、北相木などで48時間累積降雨量が観測史上1位を記録した。また、長野市穂保地区で千曲川の堤防が決壊し、最大浸水深は約4.3mに達した<sup>1)</sup>と推定されており、長野新幹線車両センターが浸水するなどの被害が発生した。

内陸に位置する千曲川流域内の長野市における、降水量の平年値は932.7mm(1981年から2010年)で、全国平均値の1610mmに対して58%少ない<sup>2)</sup>。平年降雨量の少ない本流域で記録的な豪雨災害をもたらした原因として、埼玉県、長野県、山梨県の県境の関東山地付近における上昇流の発生により、関東平野方向からの水蒸気が関東山地を越え、千曲川流域内へ流入したことが考えられる。本来、南東方向から関東山地に向けて湿った空気が吹き付けた場合、関東山地よりも東側に位置する利根川流域の山間部で降雨が多くもたらされると、山地を越えた空気は乾燥し、関東山地の西側に位置する千曲川流域への水蒸気流入量は少ないと考えられる。

今回の台風19号の事例を挙げ、今回の降雨、気象場特性、湿った空気が関東山地を越え千曲川上流域で大雨をもたらした原因は何か、を明らかにすることを本研究の目的とする。その際、台風19号に似た経路をたどった近年の台風事例を比較対象として取り上げるにより、経路が類似した台風であっても降雨特性に相違点が生じるのか、また、どのような相違点が見られるのかに関して、特に降雨の時空間分布、大気中の水蒸気を論点とし、議論を行う。

## 2. 台風19号被害概要

台風19号による死者数93名、決壊した河川71河川、140箇所、氾濫した河川301河川を記録し、約8万棟の住宅被害が発生している。浸水面積は約2万5000ヘクタールであり、これは2018年に発生した西日本豪雨を超える記録となった<sup>3)</sup>。

軽井沢などの千曲川上流域では48時間累積降雨量の観測史上1位を更新するなど、記録的な豪雨がもたらされた。図2に

千曲川流域における最大累積降雨量を記録した24時間の累積

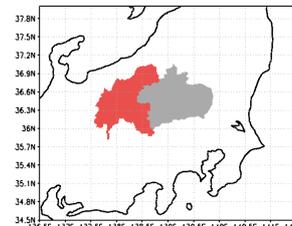


図1 千曲川流域(赤色)と利根川流域の千曲川流域に隣接するエリア(灰色)

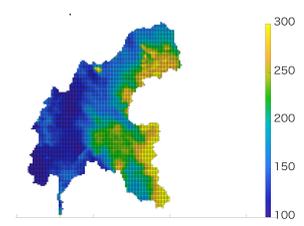


図2 千曲川流域における24時間累積降雨量の空間分布 [mm]

表1 台風19号と経路が類似した台風事例

台風19号と経路が類似した 台風事例	イベント期間
2006年台風7号	8月7日～8月10日
2007年台風9号	9月5日～9月8日
2013年台風26号	10月14日～10月17日
2017年台風21号	10月21日～24日

降雨量を示す。降雨は流域の東側で関東山地沿いに集中している且つ、流域東側の広い範囲で強い降雨がもたらされている。

長野市穂保地区の左岸堤防が約70mに渡って崩れ、同地区周辺で浸水被害が発生した。決壊地点は、約7km下流の中野市立ヶ花で川幅が急激に狭くなるため、遡上が発生した場合、水位が上がりやすい地点であった。千曲川流域では1982年(昭和57年)にも台風の影響で2日雨量が200mm以上となるなど記録的な降雨がもたらされ<sup>4)</sup>、立ヶ花観測所では既往最高水位である11.13mを観測していた。しかし、今回の災害ではこの記録を超え、1246mmを記録している<sup>5)</sup>。

## 3. 千曲川流域に着目した台風19号の降雨特性

台風19号における降雨特性に関して、降雨の時空間分布、水蒸気流入量などの気象場条件などに着目し、分析を行う。また、同様の経路を辿った近年の台風事例と比較を行い、関東山地に対し南東方向から水蒸気が流入した際に千曲川流域で降雨が発生する場合とそうでない場合の気象場の相違点を明確にする。経路が類似している台風に関しては、表1に記載している。

## 3.1 流域平均降雨量の時間変化

図3に台風19号とその他の台風4事例時の千曲川流域平均降雨強度の時間変化を示す。それぞれの台風の経路は類似しているが、降雨強度の差は大きく、2006年の事例では千曲川流域においてほとんど降雨がもたらされていないのに対し、台風

19号は特に降雨量が多かった事例であることがわかる。

### 3.2 DAD (Depth-Area-Duration) 解析 時空間的集中度評価

面積雨量の最大値が降雨面積、降雨時間とどのような関係にあるかを調べる手法である DAD 解析を行う。

#### (1) DD (Duration-Depth) 解析

約 1 km メッシュの全国合成レーダー-GPV を降雨データとして使用し、表 1 におけるイベント期間のうち、累積流域平均降雨量が最大となる 24 時間を解析対象とし、流域平均降雨量と降雨継続時間の関係性を評価する。対象継続時間は 1 時間～24 時間までとする。例えば対象継続時間が 2 時間である場合、1 時間ずつずらし 2 時間累積流域平均降雨量を算出し、そのうち最大となった値を 2 時間で除することで対象継続時間における降雨強度を算出する。表 1 の台風と台風 19 号を比較した結果を図 4 に示す。グラフ内の数字は DD 関係の傾きを示し、この傾きが大きいくほど降雨の時間的集中度が高かったことを示す。台風 19 号の事例は他 4 事例と比較して降雨量が多いが、時間的集中度は高いとはいえず、だらだらとした降雨がもたらされたことがわかる。

#### (2) DA (Duration-Area) 解析

指定された継続時間に対する最大面積雨量を半径一定の円に含まれる面積に対して求める面積固定法 (CAM)<sup>6)</sup> を用いる。この半径を変化させながら同様の計算を行う。DA 関係の傾きが急なほど、降雨の空間的集中度が大きかったことを示す。対象継続時間 24 時間における台風 19 号と他 4 事例を比較した結果を図 5 に示す。降雨の少なかつた 2006 年台風 7 号、流域全体に降雨がもたらされている 2013 年台風 26 号と比較し台風 19 号を含めた他 2 事例は、降雨の空間的集中度が大きいくことがわかる。台風 4 事例のうち、2007 年と 2013 年時における規格化した 24 時間累積降雨量の空間分布を図 6、図 7、に示す。空間的集中度の高い 2 事例は台風 19 号と同様に、流域東側、関東山地沿いに降雨が集中している。

### 3.3 流入水蒸気量の比較

気象庁によって開発された水平グリッド間隔が 10 km のメソ数値予報モデル (MSM<sup>7)</sup>) を使用し、地表面付近から上空 500 hPa 間の比湿 [g/kg] の算出を行う。解析対象は、東から関東平野 (前橋)、千曲川流域 (松本)、飛騨山脈を含む北緯 36.3 度、東経 136.5 度～141.5 度とし、千曲川流域周辺における標高の分布を示した図 8 上の白い線上の断面図を作成する。千曲川流域において大雨が記録された事例と降雨が見られなかった事例において水蒸気流入量の差はほとんど見られなかったが、大雨事例における水蒸気が集中する高度は高いことがわかる。水蒸気の重心位置が高いほど、湿った空気が関東山地を超えやすく、千曲川流域内で降雨をもたらす可能性があることが推測される。

### 3.4 利根川流域における降雨特性の比較

千曲川流域の関東山地を挟んで東側に位置する利根川流域の

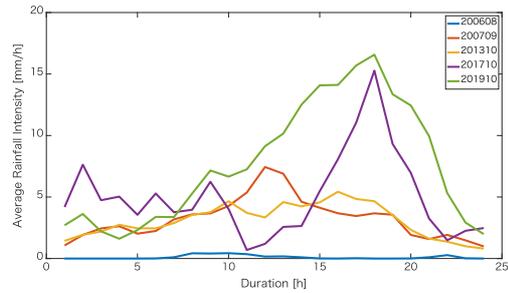


図 3 台風 19 号とその他の台風 4 事例時の千曲川流域平均降雨強度の時間変化

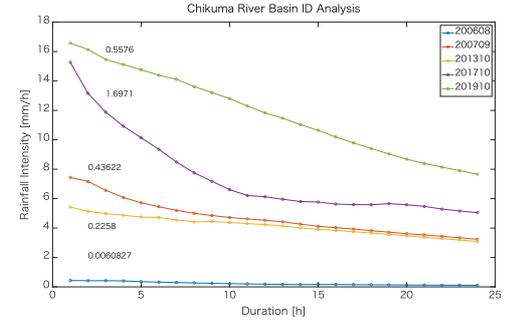


図 4 台風 19 号とその他の台風 4 事例時の千曲川流域平均における DD 解析結果

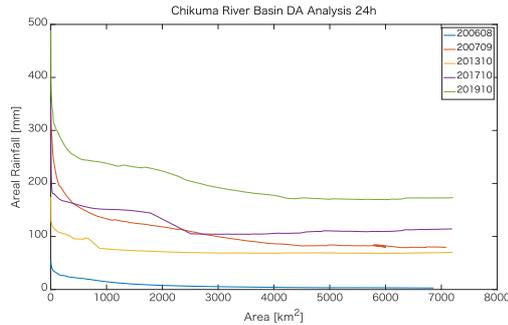


図 5 台風 19 号とその他の台風 4 事例時の千曲川流域平均における DA 解析結果

特に千曲川流域に隣接したエリア (図 1 灰色で示す。) における降雨特性を各事例で比較する。関東山地に湿った空気が南東方向から吹き付けた場合、利根川流域の降雨特性と千曲川流域における降雨特性との関係を確認することで、各事例間における降雨特性の分類を行う。台風 19 号時には利根川流域南西側の、群馬県、埼玉県、長野県の県境付近の山間部で特に降雨が集中している様子が見られた。2007 年台風 9 号時も同様に降雨の集中が見られたが、その他の事例は流域全体に降雨が分布していた (図省略)。

## 4. まとめと考察

降雨の時空間分布、水蒸気流入量、利根川流域における降雨特性という論点から千曲川流域における台風 19 号と経路が類似した台風 4 事例における降雨特性の比較を行った。結果を表 2 に示す。千曲川流域、および利根川流域における降雨量は、全国合成レーダー-GPV を用いて算出した流域平均降雨量の 24 時間累積値を示している。

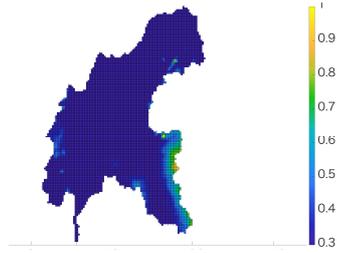


図6 2007年台風9号時の規格化した24時間累積降雨量 [無次元]

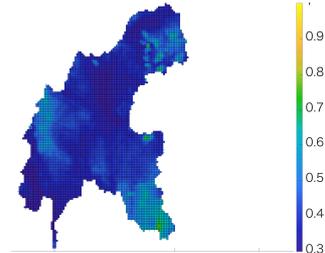


図7 2013年台風26号時の規格化した24時間累積降雨量 [無次元]

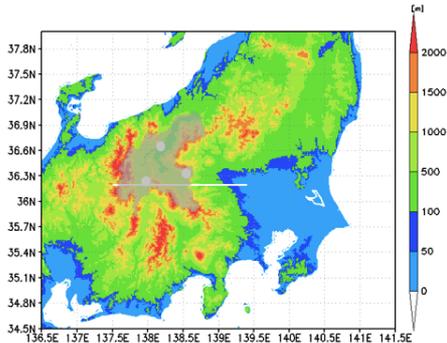


図8 千曲川流域と標高データ

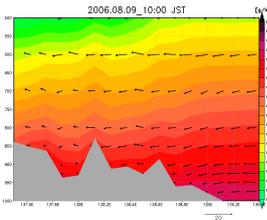


図9 2006年台風7号時の水蒸気流入

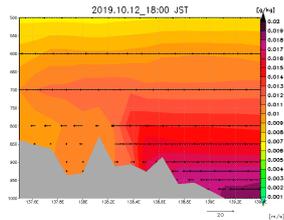


図10 台風19号時の水蒸気流入

千曲川流域において台風19号時は関東山地付近の山間部で降雨量が特に多く、下流の破堤、氾濫の大きな原因となったと考えられる。降雨の空間的集中はみられたが、時間的集中は見られなかった。

また、台風の経路が類似していても引き起こされる降雨の特性はそれぞれ異なることがわかった。水蒸気が関東山地を越え、千曲川流域で大雨をもたらす事例では水蒸気の重心が高く、湿った空気が千曲川流域まで流れ込みやすい条件となる可能性があることがわかった。

今回は、台風19号を含め、5事例での解析結果となったが、今後、再現実験等を行い、水蒸気の鉛直プロファイル、風速、風向、山間部の標高などを変化させるなど、事例数を増やし、水蒸気が関東山地を越え、千曲川流域において大雨をもたらす気象場条件や原因を明確化していく。また、将来気候予測データを用いた解析を行い、千曲川流域における降雨機構の将来変化も捉えていきたい。

謝辞：本論文は科研費 MEXT/SI-CAT, 基盤研究 (B) (一般) 19H02241, 特別研究促進費 19K2467 の成果の一部である。

表2 台風19号とその他の台風4事例の比較

	2006年	2007年	2013年	2017年	2019年
千曲川流域における降雨量	2.06 [mm]	77.7 [mm]	74.06 [mm]	121.11 [mm]	183.8 [mm]
利根川流域における降雨量	13.74 [mm]	148.14 [mm]	72.11 [mm]	148.84 [mm]	286.33 [mm]
千曲川流域における地形性の有無	埼玉, 群馬, 長野の県境の山間部で降雨が集中	関東山地沿いの広い範囲に降雨が集中	流域全体に降雨が分布	新潟, 群馬, 長野県の県境の山間部で降雨が集中	関東山地全域で降雨が集中かつ、広い範囲で大雨をもたらした
利根川流域における地形性の有無	埼玉, 群馬, 長野の県境の山間部で降雨が集中	埼玉, 群馬, 長野の県境の山間部で降雨が集中	流域全体に降雨が分布	流域全体に降雨が分布	埼玉, 群馬, 長野の県境の山間部で降雨が集中

参考文献

- 1) 国土地理院 浸水推定段彩図 (速報) [https://www1.gsi.go.jp/geowww/201910/shinsui/01\\_shinsui\\_c\\_hikuma\\_3.pdf](https://www1.gsi.go.jp/geowww/201910/shinsui/01_shinsui_c_hikuma_3.pdf)
- 2) 平成23年～平成25年 長野市の災害と気象 <https://www.city.nagano.nagano.jp/uploaded/attachment/323561.pdf>
- 3) 国土交通省 令和元年台風第19号等による被害状況等について (第49報) <https://www.mlit.go.jp/common/001318889.pdf>
- 4) 国土交通省 千曲川における主な災害 [https://www.mlit.go.jp/river/toukei\\_chousa/kasen/jiten/nihon\\_kawa/0406\\_chikuma/0406\\_chikuma\\_02.html](https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/0406_chikuma/0406_chikuma_02.html)
- 5) 国土交通省 川の防災情報 <https://www.river.go.jp/kawabou/ipSuiiKobetu.do?init=init&obsrvId=2154500400004&gamenId=01-1002&timeType=60&requestType=1&fldCtlParty=no>
- 6) 宝馨ら：土木学会論文集 No.691/II-57,1-11,2001.11
- 7) 気象庁 メソモデル・局地モデル <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/whitep/1-3-6.html>