

高解像度降水ナウキャストを用いた局所集中豪雨の時空間構造の統計解析

佐々木, 真
九州大学応用力学研究所

荒川, 弘之
島根大学学術研究院理工学系

杉田, 暁
中部大学中部高等学術研究所

伊藤, 公孝
九州大学極限プラズマ研究連携センター

<https://doi.org/10.15017/4067781>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所所報. 158, pp.1-5, 2020-09. 九州大学応用力学研究所
バージョン :
権利関係 :

高解像度降水ナウキャストを用いた 局所集中豪雨の時空間構造の統計解析

佐々木 真^{*1,2} 荒川 弘之^{*3} 杉田 暁^{*4} 伊藤 公孝^{*2,5,6}

(2020 年 7 月 31 日受理)

Statistical Analysis of Spatio-Temporal Structure of Localized Heavy Rain by Using High Resolution Precipitation Nowcasts

Makoto SASAKI, Hiroyuki ARAKAWA, Satoru SUGITA, Kimitaka ITOH

E-mail of corresponding author: sasaki@riam.kyushu-u.ac.jp

Abstract

We analyze a set of observation data of high resolution Precipitation Nowcasts on localized heavy rains to extract their spatio-temporal structures. The data is chosen to be that of Mikawa region (latitude: 136.5~137.9, longitude: 34.4~35.8) from 21th August to 11th September of 2016. The resolutions of the observation are spatially 250 meters, and temporally 5 minutes. From the time evolution of the two-dimensional distribution of the rainfall, the spatio-temporal structure above the certain threshold for the rainfall is extracted as a three-dimensional pattern in space and time. Unifying the extracted structures and their locations, the birthplace, the life time and propagation speed and its direction of the extracted rainfall are systematically obtained. For the analyzed data, the heavy rains prone to occur on the Pacific region and to propagate northeast ballistically.

Keywords: *Spatio-temporal structure, ballistic propagation, localized heavy rain*

1. 緒言

台風や局所集中豪雨等の自然災害には、様々な時間的・空間的なスケールが混在し、それらが時空間的に連鎖して発生する^{1,2)}。このような連鎖する災害を精度よく予測することは困難であるため³⁾、観測データを蓄積し、その統計的性質を明らかにすることも重要である。ダイナミックな構造の空間伝播は、降雨現象のみならず様々な系で見られ、統計的手法によってその非線形的性質が研究されている⁴⁾。このように広範な時間的・空間的なスケールを含む詳細な観測が重要であり、その観測データはしばしば膨大となる。このようなビックデータから有用な統計情報を抽出する事が喫緊の課題である。さ

らに、現実問題として災害に迅速に対応するためには、統合的に準リアルタイムを含む観測データと地理情報を統合する事で、意思決定を支援することのできる空間情報基盤が有用である。デジタルアースは、サイバースペース上にリアルワールドの時間・空間情報を統合的に再構築したプラットフォームであり、災害対応にも合わせた人類の持続可能性の問題に貢献することが期待されている⁵⁾。

本論文で対象とする局所集中豪雨は近年大きな被害をもたらしており、発生頻度の高い場所や降雨の統計的伝播特性を明らかにすることは減災や災害対策に重要である。局所集中豪雨は、しばしば線状降水帯と呼ばれる寿命の長い特徴的な空間構造を伴い⁶⁾、この空間スケールは雲クラスタースケール(100-300km)と異なり、メソスケール構造を持つ⁷⁾。我々はこの点に着目し、メソスケール構造が十分観測できる微細な空間解像度を持つ降雨時系列データを用いた。愛知県及び三河地方の2016年8月21日~9月11日における高解像度降水ナウキャストのリアルタイム実況データを対象として突発的降雨の時空間構造の抽出を行った。対象とした期間

*1 九州大学応用力学研究所

*2 九州大学極限プラズマ研究連携センター

*3 島根大学学術研究院理工学系

*4 中部大学中部高等学術研究所

*5 中部大学先端研究センター

*6 核融合科学研究所

について、強い降雨のトリガーとなる地域を特定し、降雨の伝播速度を抽出し、得られた統計データを地図情報と統合した。その結果、解析した期間における愛知県及び三河地方の強い降雨は、太平洋側から流れ込んでくる事、北東にバリスティックに伝播する傾向が強い事が明らかになった。

2. 降雨データとその統計

2.1 解析データ

解析には、一般財団法人気象業務支援センターがファイル形式で配信するオンライン気象情報のうち、高解像度降水ナウキャスト⁸⁾におけるリアルタイム実況データを用いた。配信されるファイル形式データは予測情報を含む gzip 圧縮された GRIB2 形式である⁹⁾。受信したファイルを展開したのち、リアルタイムデータのみを GeoTiff ファイルに変換し、愛知県及び三河地方(緯度 136.5~137.9, 経度 34.4~35.8)を切り出した降雨情報を用いる。時期としては、比較的強い降雨が見込まれる夏季を選び、2016年8月21日~9月11日を対象とした。図1に降水のスナップショットを示す。本研究では、微細構造まで解像するために 250m の空間分解能、5 分間隔のデータを使用した。スポットのような構造が見て取れるが、このように空間的にも間欠的な特性を有している。

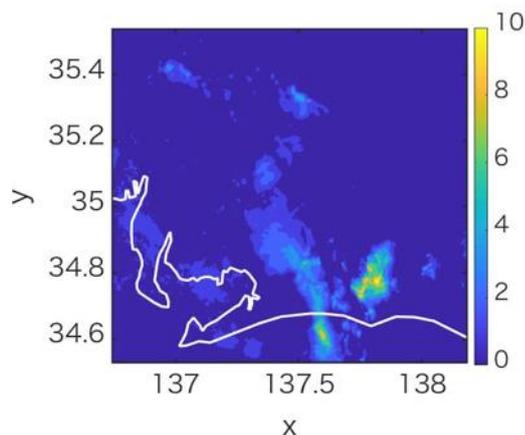


図1: 愛知県および三河地方の降水のスナップショット (白線は三河湾付近の海岸線を示している)

2.2 降雨量の統計

突発的な降雨の時系列発展を抽出する前に、解析する期間における降雨量の統計的性質を調べる。図 2(a)

に愛知県エリアにおける複数の場所での降雨量の時系列データを示している。時系列を見て明らかのように、降雨は降雨量の大小に関わらず一般的に間欠的であり、例え弱い降雨であっても突発的である事が分かる。全解析期間及び全領域の降雨量の規格化ヒストグラムを図 2(b)に示す。規格化ヒストグラムは雨量が 2mm/h および 5mm/h 程度の所で値にジャンプが見られるが、これは使用した高解像度降水ナウキャストの数値精度が降雨量によって変わっていることによる⁸⁾。高解像度降水ナウキャストは、2mm/h 以下の降雨に対しては 0.1mm/h 刻み、2mm/h~5mm/h の降雨では 0.5mm/h 刻み、5mm/h 以上の降雨は 2mm/h 刻みの幅でデータを提供している。このように、刻み幅を値によって変化させることにより、実質的に発生頻度の低い降雨の頻度を大きくし、低い発生頻度の強い降雨を見えやすくしている。そこで本研究では、5mm/h 以上の比較的発生頻度の少ない降雨を強い降雨だと考え、以下の解析を行う。

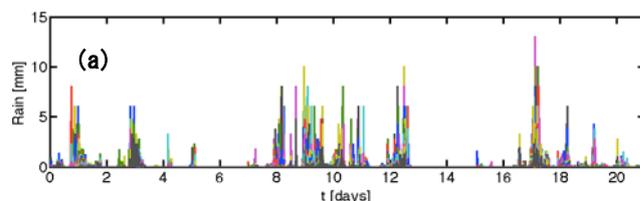
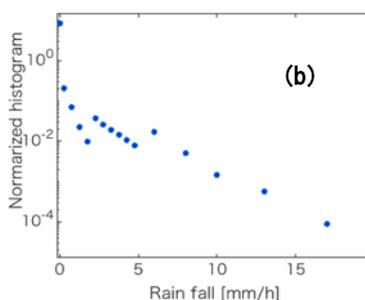


図2: (a) 愛知県および三河地方における幾つかの場所での降雨量の時系列 (2016年8月21日~9月11日)



(b) 対象とする全領域における降雨量の規格化ヒストグラム (緯度 136.5~137.9, 経度 34.4~35.8, 期間: 2016年8月21日~9月11日)

3. 降雨の時空間構造の統計的性質

本節では、前節で述べた統計的性質を踏まえ、ある閾値を超える降雨の時空間構造の抽出を行う。得られた時空間パターンから、強い降雨発生位置および、降雨の伝播特性の統計的性質を明らかにする。

2次元空間における空間分布を伴う降雨の時間発展から閾値を超える降雨の時空間構造を抽出した。閾値には強い降雨である 7mm/h を選択した。ここで本方法は、閾値の値によらずに適用可能であることを注意しておく。図 3 のように、空間2次元構造の閾値を超える降雨領域の時間発展について時間・空間の3次元的な「塊」としてその等値面を得た。抽出した時空間構造の一例を図 4

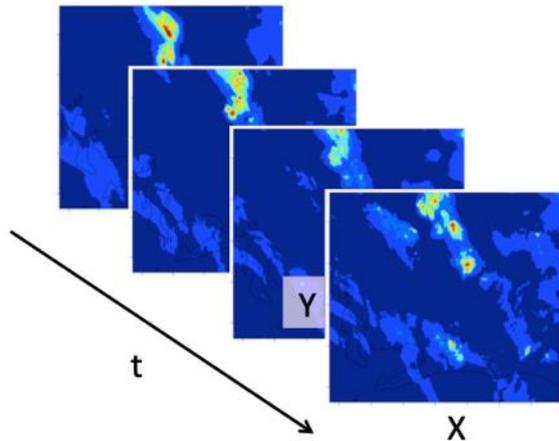


図 3: 降雨量の時空間構造抽出方法

に示す。この3次元構造の起点の位置が、突発的降雨の発生した場所に対応し、この構造の時間発展から突発的降雨の伝播方向やその速度を知ることができる。図 4 の例では、太平洋側で発生した突発的降雨が伝播速度は 20km/h 程度で北方向へ伝播し、その寿命が 100 分程度であったことが分かる。この操作を解析期間全てについて行った。

得られた降雨の時空間構造(閾値 7mm/h)を緯度方向および経度方向へ射影した様子を図 5 に示す。図 5(a)は X 軸(緯度)へ射影したものである。この図から強い降雨は、「西から東へ弾道的に伝播する頻度が高い」ことがわかる。また、「寿命の長い降雨は、解析領域の全域に渡って伝播している」ことがわかる。すなわち降雨の相関長は東西方向に 100km 以上ある。さらに、構造の起点に注目してみると、寿命の短い降雨については特徴的位置は見出せない。一方で、図 5(b)に示している Y 軸方向(経度)へ射影した様子を見ると、構造の起点は Y 軸の解析領域の境界に多く存在しているのがわかる。これは、「強い降雨は解析領域の外(南側)で強い降雨が発生し、太平洋側から流れ込んでくる事が多い」傾向があることに対応している。すなわち、解析した夏季の愛知県及び三河地方における強い降雨は西から東の広い領域について太平洋側から発生した雨が流れ込み、それが東側へ弾道的に伝播する傾向がある事が言える。

次に、降雨の時空間構造を空間方向へ射影する事で、強い降雨があった場所と一度も強い降雨がなかった場所を示す。閾値には、3mm/h、5mm/h、10mm/h を選択した。それぞれが図 6 の(a)~(c)に対応している。図 6 では、閾値以上の降雨があった領域を赤で示している。また、標高データを青から黄色を用いて表示している。弱い降雨である 3mm/h は解析した広い領域で発生している事がわかるが、標高の高い領域では、弱い降雨です

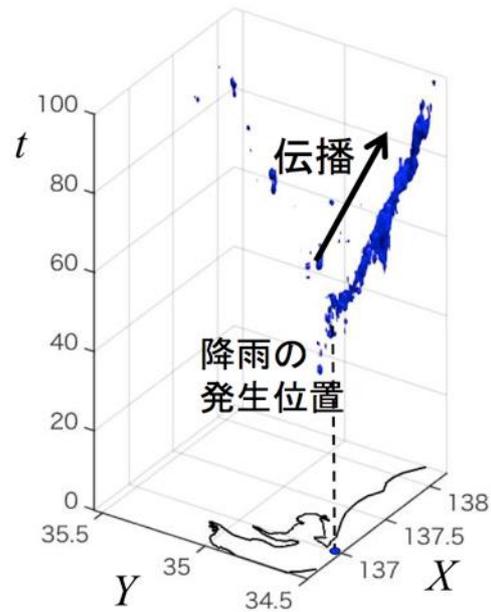


図 4: 降雨量の時空間構造: 降雨量 7mm/h の等値面 (黒線は三河湾付近の海岸線を示している)

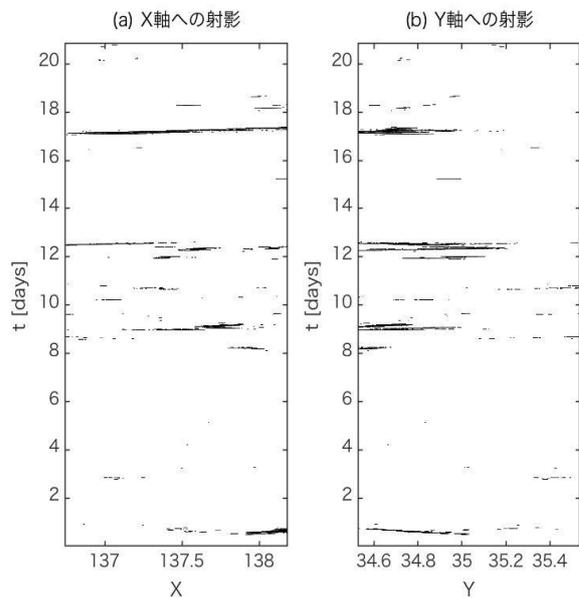


図 5: 降雨量 7mm/h 以上の領域の X, Y 軸射影 (緯度 136.5~137.9, 経度 34.4~35.8, 期間: 2016 年 8 月 21 日~9 月 11 日)

ら発生していない事がわかる。閾値を 5mm/h では、やはり太平洋側で降雨が多い傾向がある事が一目でわかる。10mm/h 以上の強い降雨は、太平洋側の限られた領域でしか発生しておらず、特に渥美半島の南側でより多くの強い降雨があった事がわかる。より長期間の統計解析

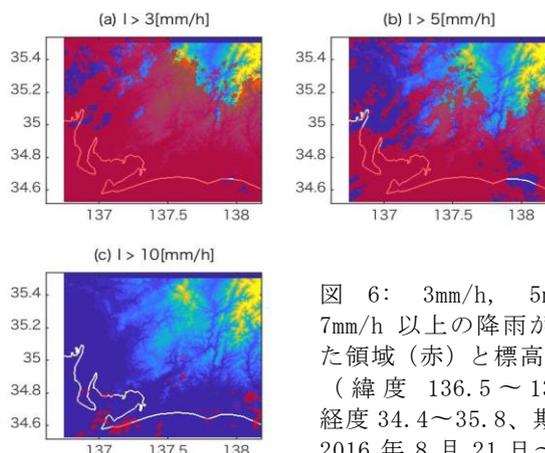


図 6: 3mm/h, 5mm/h, 7mm/h 以上の降雨があった領域 (赤) と標高 (黄) (緯度 136.5 ~ 137.9, 経度 34.4 ~ 35.8、期間: 2016 年 8 月 21 日 ~ 9 月 11 日)。白線は三河湾付近の海岸線を示している。

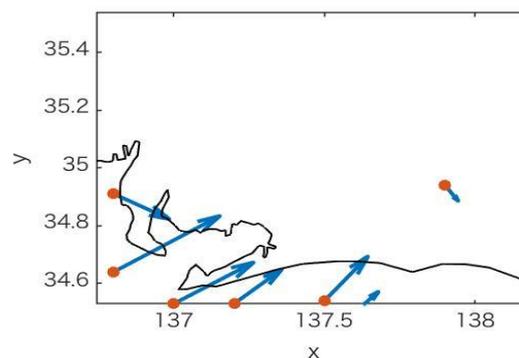


図 7: 7mm/h 以上の降雨が発生した場所とその時の平均伝播速度ベクトル (緯度 136.5 ~ 137.9, 経度 34.4 ~ 35.8、期間: 2016 年 8 月 21 日 ~ 9 月 11 日) 白線は三河湾付近の海岸線を示している。

をすれば、さらに確度の高い予測が可能となる。

最後に、強い降雨が発生した場所と降雨の伝播速度を示す。図 5 に示した閾値 7mm/h 以上の降雨構造の起点から発生位置を特定し、発生後の時間発展から伝播速度ベクトルを評価した。ここで、降雨伝播は弾道的であるため、図 5 に示しているように伝播速度は時間的にはほぼ変化はないことに注意する。図 7 に構造の起点から得た強い降雨の発生位置と伝播速度ベクトルを示す。前段落で述べたように、強い降雨は太平洋側からの流れ込む傾向が強く、その伝播方向は北東方向を向いている傾向が強い事がわかる。

4. まとめ

高解像度降水ナウキャストにおけるリアルタイムの実況データについて名古屋地区 (緯度 136.5 ~ 137.9, 経度 34.4 ~ 35.8)、期間 (2016 年 8 月 21 日 ~ 9 月 11 日) について、突発的降雨の時空間構造の抽出を行い、その統計解析を行った。空間分解能 250m、時間分解能 5 分である降雨データを使用した。降雨の空間 2 次元の分布の時間発展から、閾値を超える降雨の時空間発展を抽出した。得られた時空間発展を地図データと統合することで、降雨の発生場所を、また発生後のダイナミクスから降雨の伝播方向、伝播速度の統計を得た。解析した期間における愛知県及び三河地方の強い降雨は、太平洋側から流れ込んでくる事、北東にバリスティックに伝播する傾向が強い事が明らかになった。この解析方法は、他の地域やさらに長時間の統計を取ることで、経験に裏付けられた統計的性質として予測に適用する事が可能である。

謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS201732、及び JSPS 科研費 JP16H02442、九州大学応用力学研究所の共同利用研究の助成を受けたものです。また、高解像度降水ナウキャストのデータ利活用について、中部大学福井弘道教授のご支援に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中北英一、義元欣司、「時間・空間スケールを考慮した異常降雨のグローバル解析に関する基礎研究」、水工学論文集、第 5 巻 p. 607、2006 年
- 2) 山口弘誠、他、「都市気象 LES モデルを用いたゲリラ豪雨の種の解析」、京都大学防災研究所年報、第 60 号 B、p584、2017 年
- 3) 竹見哲也、「平成 29 年 7 月九州北部豪雨の発生要因と予測可能性」、季刊: 消防防災の科学、132、2018 年
- 4) S. Sugita, et. al., "Statistical analysis of ballistic propagation distance in edge turbulence", Plasma Fusion Res., 9, 1203044 (2014).
- 5) T.W. Foresman, "Evolution and implementation of the digital earth vision, technology and society", International Journal of Digital earth, 1, 4-16 (2008).
- 6) 津口裕茂、「線状降水帯」、日本気象学会、11、2016 年
- 7) 辻本浩史、増田有俊、真中朋久、「現業レーダデータを用いた土砂災害事例における線状降水帯

- の抽出」、砂防学会誌、69、49、2017年
- 8) 高解像度降水ノウキャスト
<http://www.jma.go.jp/jp/highresorad/>
- 9) 気象庁「国際気象通報式・別冊」：
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tsuhoshiki/kokusaibet/kokusaibet_27.pdf