

## 平成30年7月豪雨時に発生した線状降水帯と大雨特別警報発表の時間的關係

櫻井 南海子\*・清水 慎吾\*・前坂 剛\*・下瀬 健一\*

### Temporal Relationship between Occurrence of Line-shaped Convective Systems and Issuing of Special Heavy Rain Warnings during the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan

Namiko SAKURAI, Shingo SHIMIZU, Takeshi MAESAKA, and Ken-ichi SHIMOSE

*\*Storm, Flood and Landslide Research Division,*

*National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan*

*sakurain@bosai.go.jp, shimizus@bosai.go.jp, maesaka@bosai.go.jp, kshimose@bosai.go.jp*

#### Abstract

This work briefly discussed the line-shaped convective systems observed during the Heavy Rain Event of July 2018. During this event, extremely heavy rainfall occurred and many line-shaped convective systems were observed over wide areas of Japan from June 28 to July 8, 2018. The accumulated rainfall derived from the line-shaped convective systems with respect to the total rainfall from June 28 to July 8, 2018 was more than 20% in some areas in the eleven prefectures where heavy rain Emergency Warnings were issued. In this paper, we reveal that the continuous or intermittent nature of the appearance of line-shaped convective systems in an area brings heavy rainfall, which plays an important role to lead to the issuing of heavy rain Emergency warnings.

**Key words:** Heavy rainfall, Line-shaped convective system, Heavy rain Emergency Warning

#### 1. はじめに

平成30年6月28日から7月8日にかけて西日本の広い範囲で集中豪雨が発生した。気象庁は、この集中豪雨を“平成30年7月豪雨”と名付けた。この豪雨に伴い土砂崩れや河川の氾濫が多発し、西日本の33府県にわたって、死者237名、行方不明者8名、全壊被害6,767棟、床上浸水7,173棟の甚大な被害が生じた<sup>1)</sup>。11府県では大雨特別警報が発表され(表1)、これらの地域では特に被害が大きかった。

広範囲で発生した集中豪雨は、多くの地点で雨量の記録を更新した<sup>2)</sup>。また、集中豪雨発生時に、多数の線状降水帯が形成されていた<sup>3), 4)</sup>。線状降水帯は、降雨域が数時間にわたってほぼ同じ場所に停滞し大雨をもたらすことから、しばしば大きな災害

が発生する(例えば平成29年7月九州北部豪雨<sup>5)</sup>)。清野ら(2018)<sup>3)</sup>は、平成30年7月豪雨に発生した個々の線状降水帯が総降雨量に対して最大でどの程度寄与したのかを調べ、7月8日24時までの96時間降雨量に対して、線状降水帯は各地点で23～69%の寄与があったと報告している。線状降水帯が関係する豪雨災害の対策を考えるためには、線状降水帯を抽出し、総降雨量に対する線状降水帯の寄与率を調べるだけでなく、線状降水帯の出現特徴(検出頻度や検出継続時間等)を把握することも重要である。そして、災害発生タイミングと線状降水帯の出現特徴との時間的な対応関係を整理する事例解析を蓄積し、系統立った整理が必要である。本報告では、災害発生時刻の代わりとして、大雨特別警報の

\* 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

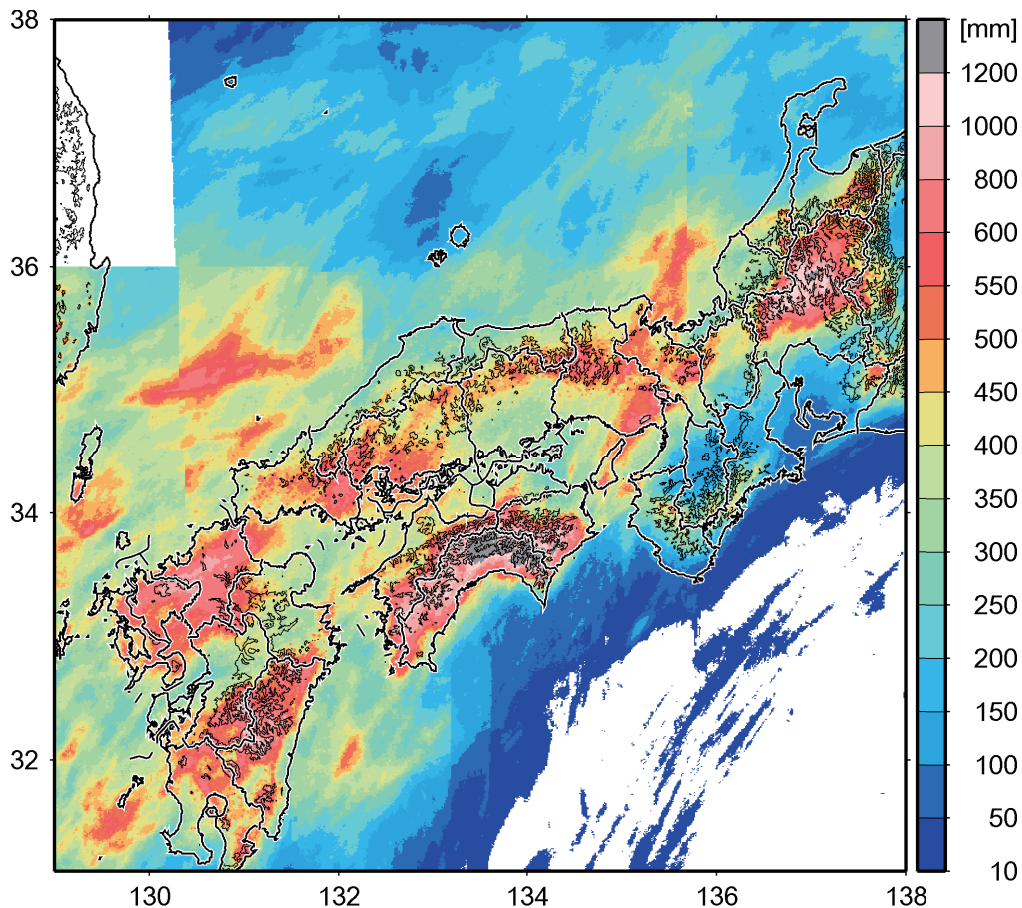


図1 2018年6月28日0時から7月8日24時までの積算雨量(気象庁解析雨量)。図中のコンターは、標高を500 m 毎に示している。

Fig. 1 Accumulated rainfall data from 00:00 Japan Standard Time (JST) on June 28, 2018 to 24:00 JST on July 8, 2018 (Rainfall analysis data provided by the Japan Meteorological Agency (JMA) was used for the analysis). The contours show altitude at intervals of 500 m.

情報を用い、平成30年7月豪雨において、線状降水帯を抽出し、線状降水帯が検出されたタイミングと大雨特別警報が発表されたタイミングの時間的關係について調査した結果を報告する。

## 2. 結果

### 2.1 平成30年7月豪雨の概要

気象庁の解析雨量データを用いて、平成30年7月豪雨によってもたらされた積算雨量を求めた(図1)。九州の北部と南部、四国地方、広島県を中心とする中国地方、関西地方、岐阜県を中心とする中部地方の6つの地域で非常に多い降雨量を観測した。特に、2018年7月5日から7月8日にかけて西日本の広い範囲で多量の雨量が観測された。2018年7月5日から8日の3日間に全国のアメダス地点(966地点)で観測された総雨量は140,567.0 mmであ

り、これは1982年から記録されている3日間総雨量の中で最も大きな値である<sup>2)</sup>。図2は、2018年7月5日から8日における6時間積算雨量を6時間毎に示している。2018年7月5日から6日の期間では、梅雨前線は九州地方から関東地方へかけて西南西から東北東の走向に伸びるかたちで日本上空に停滞し、それに伴い西南西から東北東の走向に伸びる降雨帯が形成されていた。2018年7月7日から8日の期間では、西日本における梅雨前線は、南西から北東方向へと走向を変え、それに伴って降雨帯の走向も変化した。梅雨前線に伴う1,000 kmスケールの降雨帯の内部には強雨域(6時間積算雨量60 mm以上)があり、その分布は一様ではなかった。この強雨域の通過時にほぼ対応して、表1に示す11府県内では気象庁から大雨特別警報が発表されていた。

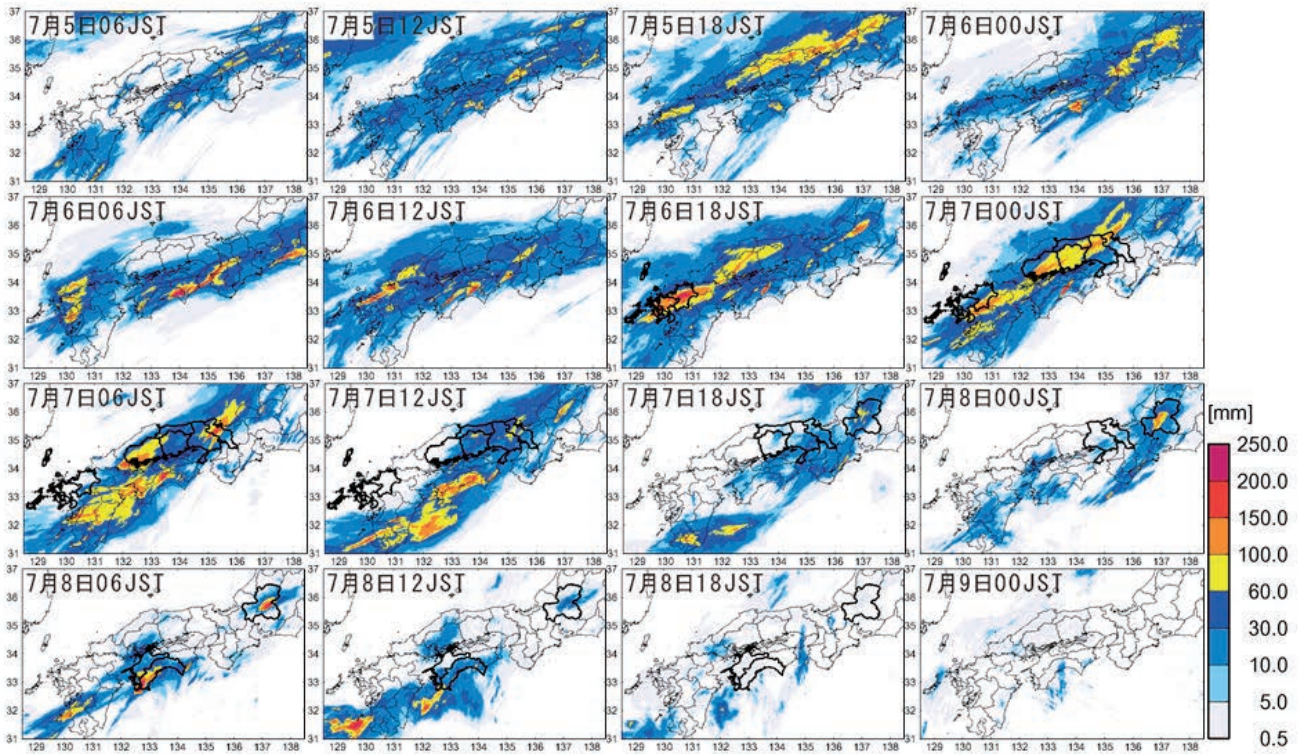


図 2 2018 年 7 月 5 日 01 時から 7 月 8 日 24 時までの前 6 時間積算雨量の時系列 (気象庁解析雨量)。県境の太線は、大雨特別警報が発表されていることを示す。

Fig. 2 Time series of the 6-hour accumulated rainfall from 01:00 JST on July 5, 2018 to 24:00 JST on July 8, 2018 (Rainfall analysis data provided by JMA). The bold line for prefecture boundary indicates that a heavy rain Emergency Warning was issued to some municipalities in that prefecture.

表 1 平成 30 年 7 月豪雨の期間中に大雨特別警報が発表された市町村がある府県

Table 1 Heavy rain Emergency Warnings during the Heavy Rain Event of July 2018.

	開始(日本時)	終了(日本時)
長崎・佐賀・福岡	7 月 6 日 17:10	7 月 7 日 08:20
広島	7 月 6 日 19:40	7 月 7 日 10:50
鳥取	7 月 6 日 19:40	7 月 7 日 13:10
岡山	7 月 6 日 19:39	7 月 7 日 15:10
兵庫	7 月 6 日 22:50	7 月 7 日 18:20
京都	7 月 6 日 22:50	7 月 7 日 21:10
岐阜	7 月 7 日 12:50	7 月 8 日 14:10
高知・愛媛	7 月 8 日 05:50	7 月 8 日 14:50

## 2.2 線状降水帯の定義と検出方法

線状降水帯は、定性的には、気象レーダ画像や解析雨量分布から、線状の降雨域が出現し、その降雨域が数時間にわたってほぼ同じ場所に停滞することで大雨をもたらすものと考えられている<sup>6)</sup>。線状の降雨域を抽出するための降雨量の閾値や、どれくらいの期間を積算した降雨量を用いるのか、また、降雨域の長軸と短軸の比(アスペクト比)がどれくらいのものを線状降水帯とするのかなど、線状降水帯を規定する定量的条件は論文によってさまざまである。したがって、線状降水帯の定義が異なる他の先行研究結果と線状降水帯に関する特徴を定量的に比較することは難しい。本研究では、津口・加藤(2014)<sup>7)</sup>を参考にして、気象庁解析雨量を用いて、3 時間積算雨量が 50 mm 以上の領域を抽出し、その降雨域のアスペクト比が 3 より大きいものを線状降水帯と定義し、平成 30 年 7 月豪雨期間中に発生した線状降水帯の特徴を調べた。図 3 に、本研究の定義を満たす線状降水帯の一例を示す。図 3 は、広島

県周辺における2018年7月6日18時から21時の3時間の積算雨量である。50 mm/3hの降雨域を見ると、南西から北東に伸びる長軸は約170 km、短軸は約50 kmの線状の雨量分布が広島県を中心に観測された。この降雨域は、長軸が短軸の3倍以上となっている。

平成30年7月豪雨期間に発生した線状降水帯を自動検出するために、対流セル自動検出・追跡アルゴリズム (Algorithm for Identification and Tracking Convective Cell (AITCC)<sup>8)</sup>)を用いた。AITCCは、一定の閾値を超えるレーダ反射強度の閉曲線で定義されたメソ対流系(MCS)と、レーダ反射強度のピークで定義された対流セルの両方を検出・追跡する機能を持つ。本研究では、レーダ反射強度ではなく気象庁解析雨量データから3時間雨量を1時間毎に作成し、50 mm/3hを超える降雨域を検出した。検出した降雨域の中心点は、降雨域の閉曲線の座標を平均した座標と定義する。線状降水帯はおおよそ楕円の形状に近似できるため<sup>4), 9), 10)</sup>、もし中心点が降雨域の外に位置する場合は、楕円の形状から逸脱していると判断し、本研究では対象から除外した。次に、長軸と短軸を以下の方法で決定した。

- (1) 降雨域の中心点を原点とした直交座標系  $X'$ ,  $Y'$  を設定する。この新しい座標系  $X'$ ,  $Y'$  について、以下の  $2 \times 2$  の正方行列  $A$  を作成する。

$$A = \begin{pmatrix} \sum x'x' & \sum x'y' \\ \sum x'y' & \sum y'y' \end{pmatrix} \quad (1)$$

式(1)の  $x'$ ,  $y'$  は、座標系  $X'$ ,  $Y'$  における降雨域の閉曲線の座標である。行列  $A$  は、対角成分が  $x'$ ,  $y'$  の単分散、非対角成分が  $x'$  と  $y'$  の共分散で構成される対称行列である。

- (2) 式(1)の固有値と固有ベクトルを求めると、2つの固有ベクトルのそれぞれが長軸方向と短軸方向となる。
- (3) 降雨域の閉曲線座標  $(x', y')$  とそれぞれの固有ベクトルの内積を取ると、固有ベクトルの軸に沿った原点からの距離が求まる。すべての降雨域の閉曲線の座標  $(x', y')$  に対して同様の作業を行い、両方向(+と-)最大の距離となった2点を取り出し、その2点から長軸(短軸)の長さを求める。長さを2で割ったものを長軸半径(短軸半径)とする。

Accumulated Rainfall (mm) from 2018-07-06 18:00 JST to 2018-07-06 21:00 JST

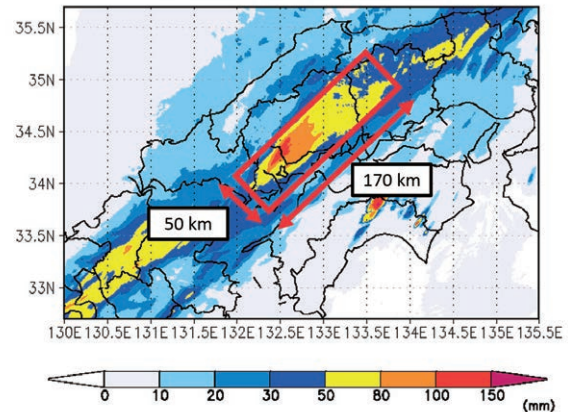


図3 2018年7月6日18JSTから21JSTの3時間積算雨量

Fig. 3 Accumulated rainfall from 18:00 JST to 21:00 JST on July 6, 2018.

本研究では、長軸と短軸の比(アスペクト比)が3より大きい場合を線状降水帯として検出した。但し、降雨域の面積が  $200 \text{ km}^2$  より小さい場合は、対象から除外した。  $200 \text{ km}^2$  を面積の閾値とした理由は、積乱雲の最小単位が直径10 km程度なので、アスペクト比3を満たすように3個の積乱雲が並んだ場合の線状降水帯の長軸は30 kmになり、この楕円の面積は約  $200 \text{ km}^2$  になるからである。上記の定義および抽出方法を用いて平成30年7月豪雨の期間に発生した線状降水帯を抽出した結果、423個の線状降水帯が検出された(但し、本研究の定義では、前後の時間で継続している線状降水帯であっても別々に数えている点に留意する必要がある)。

### 2.3 線状降水帯の分布

図4は、2.2節で定義した本研究での線状降水帯の条件を満たした降雨域の積算雨量を示したものである。解析期間は、平成30年7月豪雨の全期間である2018年6月28日00 JSTから2018年7月8日24 JSTである。線状降水帯は図4に示す西日本の広い範囲で発生しており、大雨特別警報が発表された11府県に加えて、大雨特別警報が発表されていない九州南部、山口県、徳島県、大阪府、和歌山県、愛知県などにおいても線状降水帯が検出された。

### 2.4 総雨量に対する線状降水帯の寄与率

本節では、線状降水帯がもたらした雨量の積算値が、各地点における平成30年7月豪雨の総雨量に対してどの程度占めているのかを調べた(図5)。線

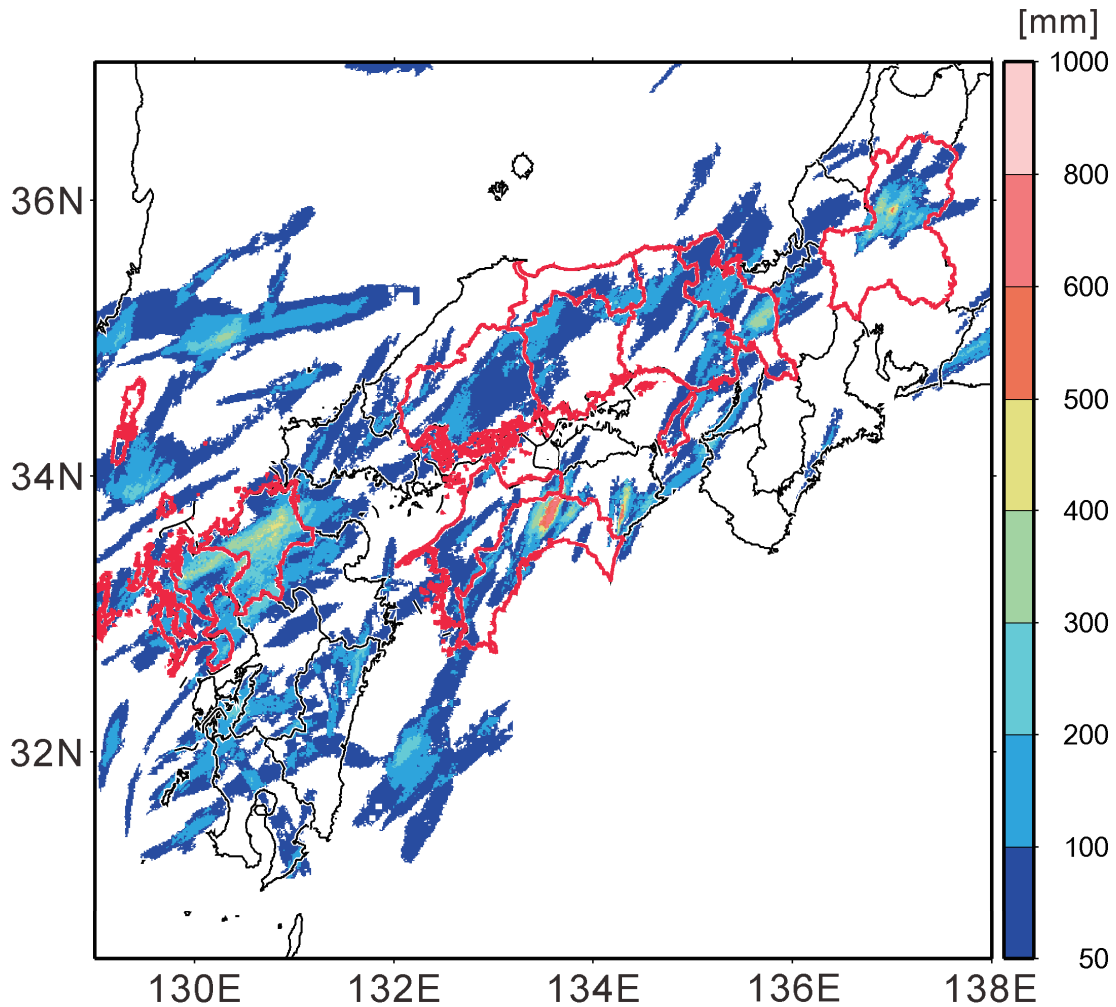


図 4 平成 30 年 7 月豪雨期間中に発生した線状降水帯による積算雨量。大雨特別警報が発表された県を赤太線で示している。

Fig. 4 Accumulated rainfall derived from the line-shaped convective systems during June 28 to July 8, 2018. The bold red line for prefecture boundary indicates that a heavy rain Emergency Warning was issued to municipalities in that prefecture.

状降水帯による雨量が総雨量に占める割合は地域によってさまざまであり、高い地域(50%以上)は、福岡県、佐賀県、熊本県、高知県、大阪府、京都府、和歌山県、愛知県、静岡県で見られた。

大雨特別警報が発表された市町村においては、総雨量に対する線状降水帯の寄与率を見ると、九州北部の佐賀県や福岡県および京都府では線状降水帯による積算雨量が50%以上を占める場所があった。長崎県、鳥取県では40%を超える場所があり、広島県や岡山県、兵庫県、愛媛県、岐阜県では、線状降水帯による積算雨量が全体の30%以上を占める場所が見られた。高知県内の大雨特別警報が発表された市町村では、20%以上の寄与率だった。

## 2.5 線状降水帯の検出と大雨特別警報発表のタイミング

大雨特別警報は、3時間降雨量もしくは48時間降雨量と土壌雨量指数が50年に一度という非常に高い値となった地域がある程度の広がりを持って出現すると予想され、さらに降雨が続くと予想される場合に発表される<sup>11)</sup>。つまり、前3時間もしくは前48時間の積算雨量が非常に多ければ、大雨特別警報が発表される可能性がある。本節では、線状降水帯の検出と大雨特別警報発表の時間的關係を明らかにするため、大雨特別警報が発表される前3時間もしくは前48時間に線状降水帯が存在していたのかを調べた。大雨特別警報が発表された表1の11府県のうち、福岡県、広島県、京都府、愛媛県、岐阜県において、線状降水帯の検出時刻と大雨特別警報の

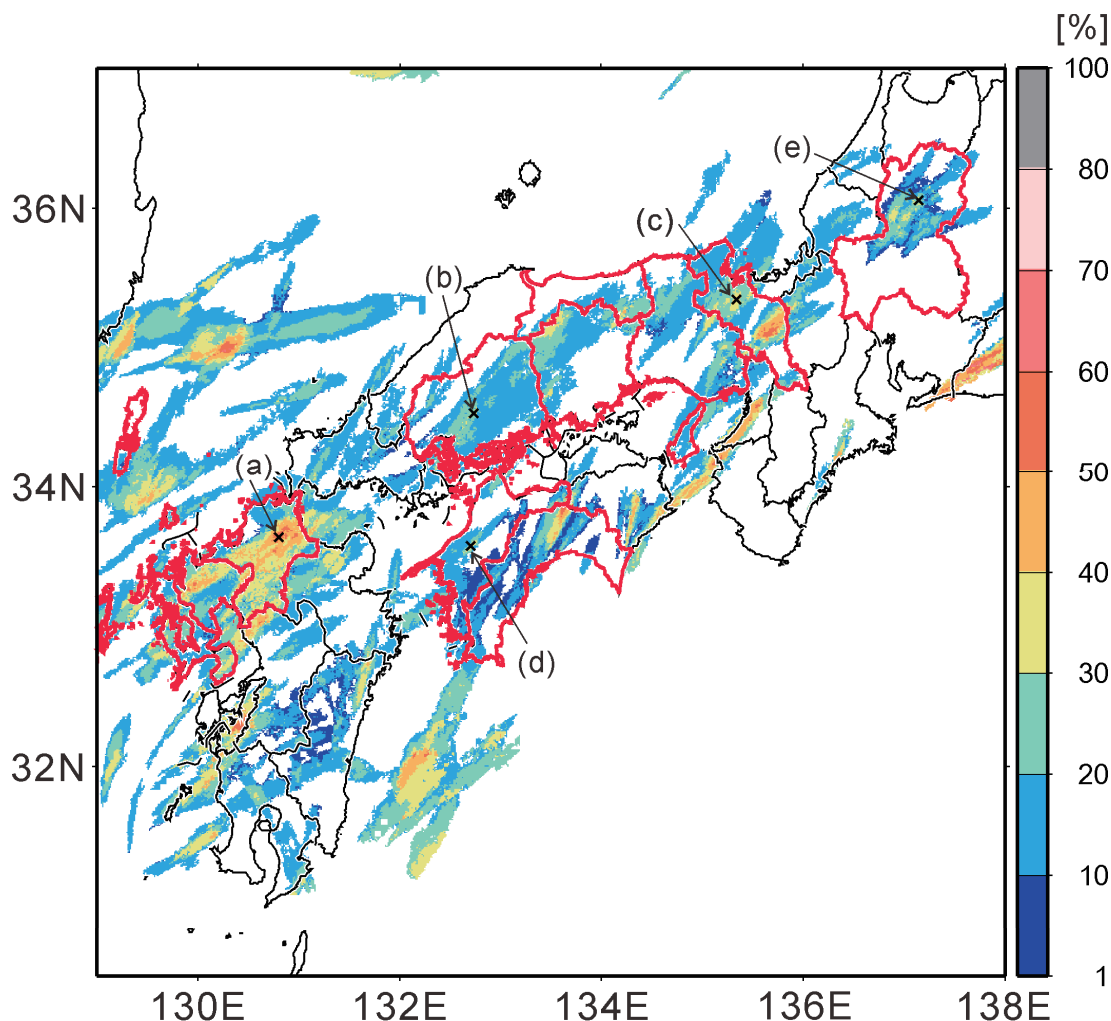


図5 平成30年7月豪雨期間中に発生した線状降水帯による雨量が総雨量に占める割合。大雨特別警報が発表された県を赤太線で示している。

Fig. 5 The accumulated rainfall derived from the line-shaped convective systems with respect to the total rainfall from June 28 to July 8, 2018. The bold red line for prefecture boundary line indicates that a heavy rain Emergency Warning was issued to municipalities in that prefecture.

発表時刻の時間的関係を調査した。5地点を選定した基準は、以下のとおりである。

- (1) 表1の大雨特別警報が発表された11府県を発表期間と地域から大きく5つ(九州北部・中国地方・近畿地方・四国地方・中部地方)に分けた。
- (2) 各地域の中で、被害が大きかった(死者・行方不明者数が一番多かった)5府県(福岡県・広島県・京都府・愛媛県・岐阜県)を選んだ。
- (3) (2)で選出した府県において、大雨特別警報が発表された市町村の中で、線状降水帯の積算雨量が総降雨量に占める割合が30%以上の地点(図5のa-e)を選んだ。

図6は、図5のa-e地点における累積雨量(青線)

と3時間積算雨量(黒線)、および線状降水帯による3時間積算雨量(赤線)それぞれの時系列を示す。大雨特別警報は、先述した基準を満たすと“予想される”時に発表されるため、実際に基準を満たしたかどうかは分からない。よって、a-e地点は大雨特別警報のどの基準を満たすと“予想されて”発表されたのかは分からないが、参考として、図6中にa-e地点を含む各市町村における50年に一度の降雨量(R03, R48)<sup>12)</sup>を記している。5地点とも、6月29日から30日にかけてと、7月3日から8日にかけて降雨が観測された。線状降水帯が検出された期間は、どの地点でも累積雨量が急増していた。線状降水帯は、大雨特別警報が発表される数日前の7月4日か

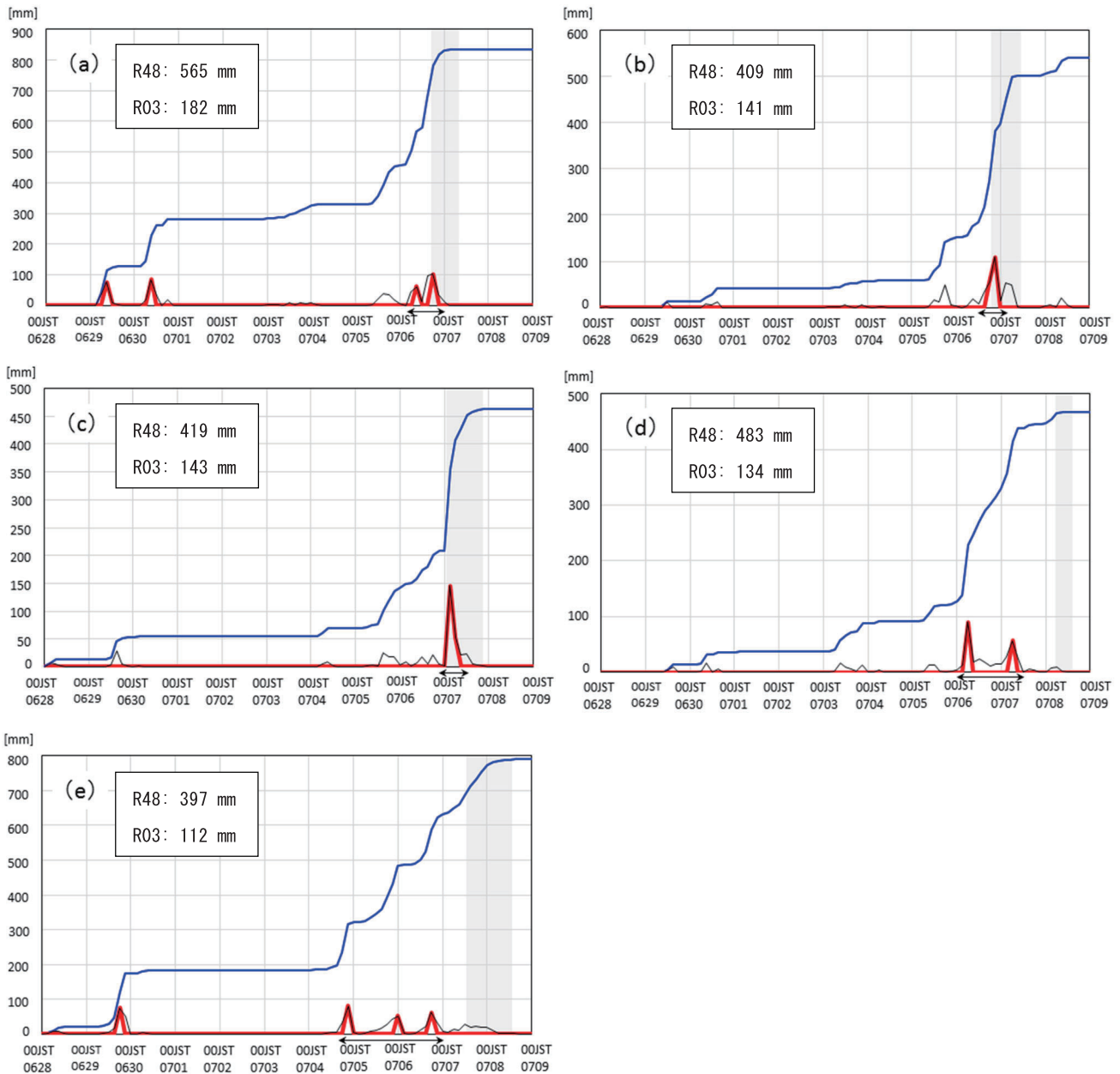


図 6 図 5 の a-e 地点における 2018 年 6 月 28 日 00 時から 7 月 8 日 24 時までの累積積算雨量(青線), 3 時間積算雨量(黒線), 線状降水帯による 3 時間積算雨量(赤線)の時間変化. 灰色の影は, 大雨特別警報が発表されていた期間を示す. R48(R03)は, a-e 地点を含む市町村における再現期間 50 年の確率値である 48(3)時間降雨量<sup>12)</sup>を示す.

Fig. 6 Time-series of accumulated rainfall (blue line), three hourly accumulated rainfall (black line), and three hourly accumulated rainfall based on the line-shaped convective systems (red line) at a-e in Fig. 5 from 00 JST on June 28, 2018 to 24 JST on July 8, 2018. The gray shaded area indicates the period for which the special heavy rain warning was issued. R48 (R03)<sup>12)</sup> indicates 50 year probability values of rainfall amount for 48 hours (3 hours) at a-e in Fig. 5.

ら, 発表中の 8 日にかけて集中して発生しており, 数時間から 3 日間程度の期間(図 6 の矢印)に連続的もしくは断続的に出現していた. a, b, c 地点では, 大雨特別警報発表付近で線状降水帯を検出し, 累積雨量が急増していた(タイプ A). 一方, d, e 地点では, 線状降水帯が 2 日間から 3 日間のあいだに断続的に

複数個検出されてから半日以上経って大雨特別警報が発表されていた(タイプ B). このように, 平成 30 年 7 月豪雨では, 線状降水帯の検出タイミングと大雨特別警報発表のタイミングとの関係は大きく 2 つに分けられた. いずれの地点においても, 線状降水帯は各地の雨量の増大に寄与し, 大雨特別警報の発

表に影響を与えていたと考えられる。タイプAは、線状降水帯を検出してから大雨特別警報が発表されるまでの時間差は殆どないため、線状降水帯を検出した時点で避難する時間的猶予が非常に少ない。一方、タイプBは、線状降水帯を検出してから大雨特別警報が発表されるまでに半日以上の時間的猶予がある。今後は、線状降水帯が関係する豪雨災害の対策を考える時には、タイプ毎の検討が必要だと考えられる。

### 3. まとめ

2018年6月末から7月はじめにかけて、西日本の広い範囲で集中豪雨が発生し、11府県内において大雨特別警報が発表され、広範囲で甚大な被害が生じた。集中豪雨をもたらした降水システムの特徴は以下の通りまとめられる。

- 平成30年7月豪雨期間中、九州地方から中部地方に亘る広い範囲で線状降水帯が多く発生した。本研究の定義を満たした線状降水帯は、423個検出された(但し、本研究の定義では、前後の時間で継続している線状降水帯であっても別々に数えている点に留意する必要がある)。
- 総降雨量に対する線状降水帯の寄与率は、地域によってさまざまであり、大雨特別警報が発表された府県で必ずしも寄与率が高いわけではなかった。寄与率の高い地域(50%以上)は、福岡県、佐賀県、熊本県、高知県、大阪府、京都府、和歌山県、愛知県、静岡県で見られた。
- 大雨特別警報が発表された11府県内の市町村では、線状降水帯による積算雨量が総雨量に寄与する割合は、20%を超える地域が見られた。福岡県、佐賀県、京都府の特に値の高い地域では、50%を超えていた。
- 大雨特別警報が発表された市町村のうち、2.5節の方法で抽出した5地点では、線状降水帯は、大雨特別警報が発表される数日前の7月4日から発表中の8日にかけて、集中して連続的もしくは断続的に発生しており、累積雨量が急増した。
- 上記の5地点において、線状降水帯の検出タイミングと大雨特別警報発表のタイミングとの関係は大きく2つのタイプに分けられた。福岡県、広島県、京都府の各地点では、大雨特別警報発

表時付近で線状降水帯を検出し、累積雨量が急増していた(タイプA)。一方、愛媛県、岐阜県の各地点では、線状降水帯が断続的に複数個検出された後雨が降り続き、半日以上経ってから大雨特別警報が発表されていた(タイプB)。いずれの地点においても、線状降水帯は各地の雨量の増大に寄与し、大雨特別警報の発表に影響を与えていたと考えられる。タイプAとタイプBは、線状降水帯が検出されてから大雨特別警報が発表されるまでの時間差が大きく異なる。今後は、線状降水帯が関係する豪雨災害の対策を考える時には、タイプ毎の検討が必要だと考えられる。

### 謝辞

利用した気象庁解析雨量は気象業務支援センターより配信されたものである。また、水・土砂防災研究部門の加藤亮平研究員と匿名の方に関するご協力、貴重なコメントを頂いた。ここに感謝の意を表す。

### 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, 204pp. ([http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109\\_1700\\_h30typhoon7\\_01.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109_1700_h30typhoon7_01.pdf), 2019.3.25)
- 2) Tsuguti, H., N. Seino, H. Kawase, Y. Imada, T. Nakaegawa, and I. Takayabu (2019): Meteorological overview and mesoscale characteristics of the heavy rain event of July 2018 in Japan, *Landslides*, 16:363. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-1098-6>.
- 3) 清野直子・津口裕茂・廣川康隆・加藤輝之(2018):平成30年7月豪雨の局地的な特徴. 気象庁気象研究所研究成果発表会. (<http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H30/301110/02-2.pdf>, 2019.3.25)
- 4) 日本気象協会(2018):「平成30年7月豪雨」の気象解析(速報)～線状降水帯の発生数は68回～. (<https://www.jwa.or.jp/news/2018/07/post-001044.html>, 2019.3.25)
- 5) 加藤亮平・清水慎吾・下瀬健一・前坂剛・櫻井南海子・出世ゆかり(2018):平成29年7月九州北部豪雨に関する気象学的な速報解析. 防災科研主要災害調査, **52**, 1-7.



- 6) 津口裕茂 (2016) : 線状降水帯. 天気, **63**, 727-729.
- 7) 津口裕茂・加藤輝之 (2014) : 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. 455-469.
- 8) Shimizu, S. and H. Uyeda (2012): Algorithm for the identification and tracking of convective cells based on constant and adaptive threshold methods using a new cell-merging and -splitting scheme. J. Meteor. Soc. Japan, **90**, 869-889.
- 9) 野呂智之・神山嬢子・村田郁央・池田寛・増田有俊・片山勝之・後藤祐輔 (2017) : 線状降水帯の形成条件に着目した土砂災害発生予測に関する検討. 第 66 回平成 29 年度砂防学会研究発表会. (<http://www.jsece.or.jp/event/conf/abstract/2017/pdf/530.pdf>, 2019.3.25)
- 10) 野呂智之・神山嬢子・村田郁央・戸舘光・増田有俊・早坂祐一・後藤祐輔・片山勝之・渡邊良美 (2018) : 大規模土砂災害の発生予測に向けた線状降水帯のリアルタイム判定の試み. 第 67 回平成 30 年度砂防学会研究発表会. (<http://www.jsece.or.jp/event/conf/abstract/2018/pdf/5.pdf>, 2019.3.25)
- 11) 気象庁 (2019) : 気象等の特別警報の指標. (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/tokubetsu-keiho/sanko/shihyou.pdf>, 2019.3.25)
- 12) 気象庁 : 雨に関する各市町村の 50 年に一度の値一覧. (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/tokubetsu-keiho/sanko/1-50ame.pdf>, 2019.3.25)

(2019 年 6 月 6 日原稿受付,  
2019 年 9 月 4 日改稿受付,  
2019 年 9 月 5 日原稿受理)

## 要 旨

本報告では、平成30年7月豪雨で発生した線状降水帯の特徴について調べた。平成30年7月豪雨は、2018年6月28日から7月8日までの期間に、西日本を中心に広い範囲で集中豪雨が発生し、11府県内において大雨特別警報が発表され、甚大な被害が生じた。豪雨期間中は、多くの線状降水帯が発生した。大雨特別警報が発表された11府県内においては、総雨量に対する線状降水帯の寄与率が、いずれの府県においても20%を超える地域があった。特に、寄与率の高かった福岡県、佐賀県、京都府では、50%を超える地域があった。また、平成30年7月豪雨期間のうち7月4日から8日にかけては、特に降雨量が多かった。大雨特別警報が発表された市町村から5地点を抽出し、雨量の時間変化を調べたところ、この期間は積算雨量が急激に増加しており、線状降水帯が連続的もしくは断続的に同じ場所に存在することで、大雨特別警報が発表されるほどの非常に稀な大雨をもたらしていたことが分かった。

キーワード：集中豪雨，線状降水帯，大雨特別警報