

1990 年から 2010 年に発生した北海道における線状降水帯の統計的性質と 大規模場の影響に見られる特徴

Statistical characteristics of Line-Shaped Rain Bands generated over Hokkaido in 1990 to 2010
And Features estimated Large-Scale Atmospheric Circulation influences

北海道大学大学院 工学院 ○学生員 佐々木潤 (Jun SASAKI)

北海道大学大学院 工学研究院 准教授 正会員 山田朋人 (Tomohito YAMADA)

1. はじめに

2010 年 8 月 23 日から翌 24 日にかけて北海道中部 (道央) で発生した線状降水帯による豪雨災害 (忠別川豪雨) によって、1981 年に発生した台風 6 号による豪雨災害以来報告されてこなかった北海道地方の降雨イベントに注目が集まることとなった。忠別川豪雨の際に発生した線状降水帯によって、北海道上川郡東川町で道路が陥没し 4 名が死傷。さらに、道路不通により天人峡温泉と旭岳温泉で宿泊客ら計 767 名が取り残される災害が発生した。気象庁レーダーにより観測された忠別川豪雨 (図 1a) の線状降水帯を 3 時間平均で示した図を以下に示す。

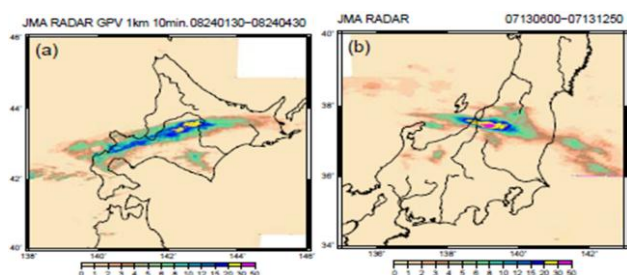


図 1: (a) 忠別川豪雨の線状降水帯 3 時間平均図
(b) 新潟福島豪雨の線状降水帯 7 時間平均図

代表的な線状降水帯の発生例としては 2004 年 6 月 13 日に観測された新潟福島豪雨 (図 1, b) や同年 7 月 18 日に観測された福井豪雨など 1997 年から 2005 年の 9 年間で小倉(1991)¹⁾などによって 14 例が報告されているが、北海道での発生は報告されていない。しかしながら、災害に至る降水量は地域によって様々であり、年間降水量の少ない北海道では相対的に少ない降雨量でも豪雨として位置づけられるため、本州において地名を冠とするほどの豪雨と比較することは非常に難しいことである。

では、実際に図 1 のようなどちらもある線状降水帯が豪雨災害を引き起こしたケースを比較してみると、どちらも幅が狭く東西に長い特徴的な線状の降水域を有しているながら 3 時間以上ほとんど降水域が移動していないという特徴が見られる。また、図 1, a では 3 時間平均で最大時間雨量 20~30mm であるのに対し、図 1, b では 7 時間平均で最大時間雨量 30~50mm というように、地域による降雨強度の違いは明らかであっても、どちらも線状

降水帯による豪雨災害であることは確かである。

小倉(1991)などによって報告されている線状降水帯の特徴は次の 3 つである。

- ・長さが 100~200km 程度
 - ・幅が 10~30km 程度
 - ・その降水域が少なくとも 3 時間はほとんど移動していない
- しかし、これらの特徴は年に 1~2 ケースしか報告されないほどの豪雨が基準であるため、線状降水帯という現象の特徴を決定するものではない。では、これまで線状降水帯はどれだけ発生しているのか。発生回数の違いが明らかになれば大規模場の影響からどのような特徴が見られるのか。特に、忠別川豪雨が発生した 2010 年は他の年とどのような違いがあるのかなど、線状降水帯の現象を解明するためには、このような統計的性質から特徴を見出す必要がある。

本研究では、北海道に着目して線状降水帯の統計的性質を明らかにすることを目的とする。そのために、以下に示す定義で気象庁レーダー・アメダスより線状降水帯の抽出を行った。

- (1) 発現から消失まで 2 時間以上滞在すること
- (2) ピーク時刻における降雨強度が 20mm/h 以上であること
- (3) 線状の形 (長さ・幅は不定) を示すこと
- (4) 一地域に留まる、もしくはゆっくり移動する降水帯であること

また、抽出された線状降水帯の経年変化を大規模場の影響から特徴付けて考察を行う。

2 章では具体的な解析手法と使用したデータについての説明をする。3 章では本研究で得られた統計的性質について説明する。4 章では大規模場の影響から線状降水帯の発生に関わる特徴についてのアプローチを行う。

2. 解析手法と線状降水帯の定義

はじめに述べたように地域によって豪雨に至る降雨量は様々であるため、線状降水帯を 1 つの現象として定義することは難しいのではないだろうか。線状降水帯のメカニズムや発生過程においては Kato and Goda (2001)²⁾や Kato (2006)³⁾などによって解析されている。しかしながら、発生した降水域が線状降水

帯であることを示す明確な定義はないため、本研究では北海道で発生する線状降水帯の定義を定め、Rader-AMeDAS precipitation と JMA RADAR Grid Point Value から対象期間を6-8月の3ヶ月間として1990-2010年の間に発生した線状降水帯の抽出と解析を行う。本研究で使用している線状降水帯の特徴を示す表現の定義を以下に示す。

- ・発現時刻：線状降水帯を形成する雨雲が最初に出現した時刻
- ・ピーク時間：線状の形状が顕在化した時刻、またはある地点で降雨強度が最大値を示した時刻
- ・消失時刻：線状の形状が失われた時刻、または停滞していた場所から完全に移動した時刻
- ・滞在時間：消失時刻と発現時刻の差
- ・発生場所：発現時刻に現れた雨雲の場所

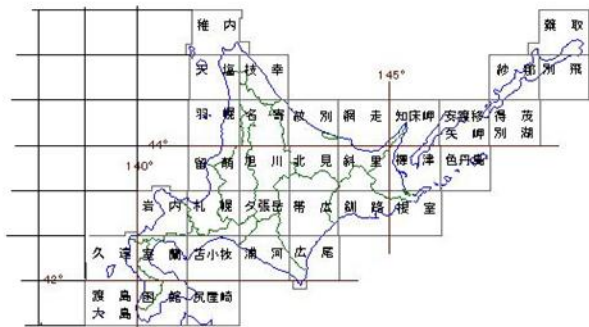


図2：発生場所の定義区分
国土地理院 (<http://watchizu.gsi.go.jp/>) 6)

発生場所については図2で示した区分で決定されているが日本海上で発生している線状降水帯はそのグリッドの緯度範囲に位置する沿岸部の地域としてカウントされている。

3. 観測データ

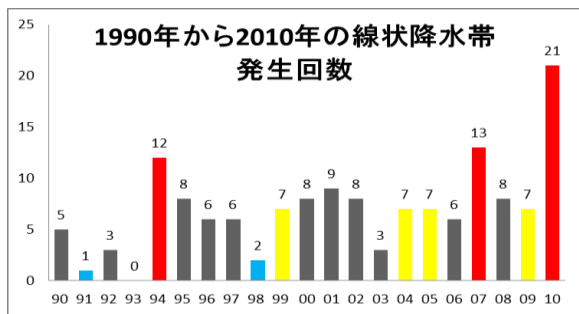


図3：1990年から2010年の間に発生した線状降水帯の回数

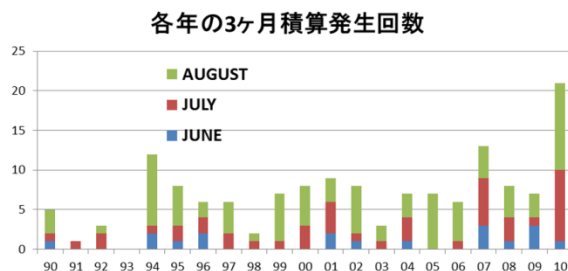


図4：各年の月別発生回数と積算回数

図3と図4で示したのは、観測された線状降水帯の各年の発

生回数である。2010年の発生回数は過去21年間で最も多い21回である。21年間の総発生回数は147回で、平均すると1年で7回線状降水帯が発生していることになるが、2010年は平年値の3倍発生していることがわかる。同様に、1994年と2007年もそれぞれ12回と13回とおよそ2倍の線状降水帯が発生している。対照的に1991年、1993年、1998年はそれぞれ1回、0回、2回しか発生しておらず、特に1993年は21年間で唯一度も線状降水帯が発生しなかった。これらの発生回数における特徴は4章で大規模場の影響からアプローチをする。次に、図4の月別の発生回数について説明する。夏の期間における線状降水帯は8月に多く発生していることが図4からわかる。特に、2010年と1994年の8月の発生回数は11回と9回で、非常に多いことがわかる。また、2010年の特徴として挙げられる7月における発生回数の多さについても2007年が2010年の9回に次いで6回観測された。これらのことから年によって発生しやすい年と発生しにくい年が存在していることがわかる。

次に、発生場所について説明する。

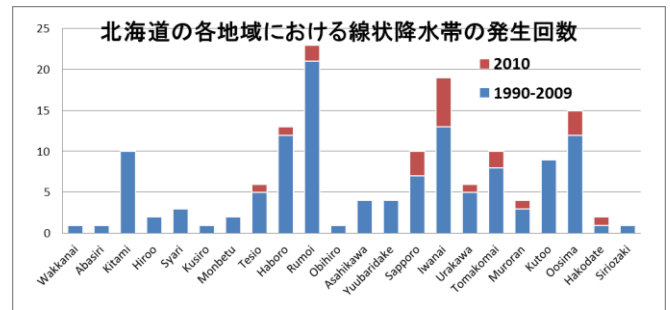


図5：観測された線状降水帯の発生場所

図5から北海道で観測される線状降水帯の多くは日本海側で発生していることがわかる。特に留萌、岩内地方（図2参照）での発生が非常に多いことがわかる。特に、2010年の特徴は岩内、札幌、大島地方に集中して発生していることである。忠別川豪雨は岩内地方で発生した雨雲が東西方向に広がり線状降水帯を形成しており、発生場所が日本海側に集中していることも、発生回数と同様に大規模場の影響からその特徴を解明することができるのではないだろうか。

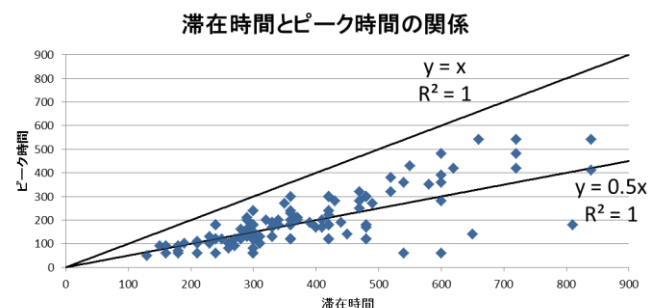


図6：各線状降水帯の滞在時間とピーク時間に到達するまでに要する時間の関係

次に、滞在時間とピーク時間の関係における統計的性質につ

いて説明する。図 6 は横軸に滞在時間、縦軸にピーク時間と
り 2 つの時間の関係について示している。滞在時間が 400 分以
下の時間では滞在時間の半分の時間においてピーク時間を迎える
線状降水帯が多いことが図からわかるが、400 分を超える滞在
時間を有する線状降水帯はピーク時間に到達するまでにより長く
その地域に滞在していることがわかる。忠別川豪雨の事例では
滞在時間 540 分に対しピーク時間は発生から 380 分経過して
から迎えている。はじめに述べたように、線状降水帯の特徴は
発生してからその地域に滞在し続けることであるため、防災の
観点から見ればピーク時間を迎えるまでの時間は非常に重要に
なってくるのではないだろうか。

4. 大規模場の影響

図 3 で示したように、線状降水帯の発生回数は年によって大
きな差があり、それは大規模場の影響が関係していると考えら
れる。2010 年のように多くの線状降水帯が観測され、災害に至
るほどの降雨強度を有する線状降水帯が発生する背景にはどの
ような条件があるのか。逆に 1993 年のように全く線状降水帯が
発生しなかった年や発生回数の少ない年は多い年と比較すると
どのような違いがあるのか。本研究ではそのような違いを明ら
かにするために、発生回数によって 3 つのカテゴリーを定義し
大規模場の影響について比較を行う。3 つのカテゴリーはそれぞ
れ、More occurrences (1994 年, 2007 年, 2010 年)、Average
occurrences (1999 年, 2004 年, 2005 年, 2009 年)、Few
occurrences (1991 年, 1993 年, 1998 年) とし、平均発生回数で
ある 7 回の年を Average occurrences (average) と定義し、発生回
数との正の偏差が大きい 3 年を More occurrences (more) 負の
偏差が大きい 3 年を Few occurrences (few) と定義する。この章
では各カテゴリーの大規模場のデータを平均した値を用いて比
較を行う。

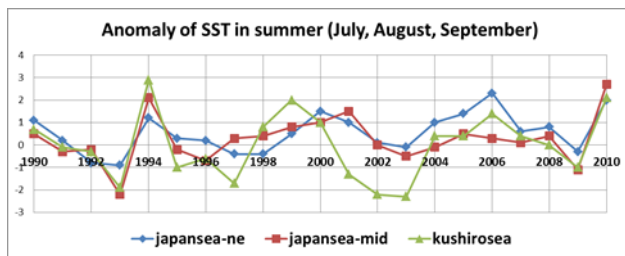


図 10: 各年の日本海北東部 (japansea-ne)、日本海中部
(japansea-mid)、釧路沖 (kushirosea)での海面水温の年平均偏差

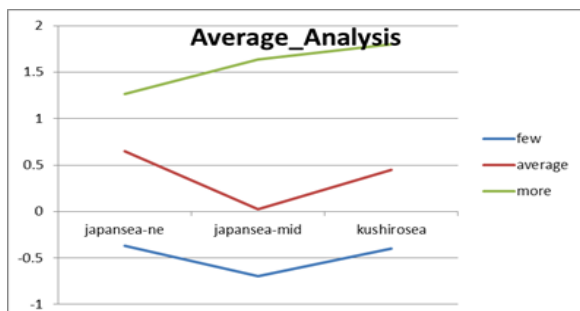


図 11: 各カテゴリー(Few, Average, More) の日本海北東部、日
本海中部、釧路沖における海面水温の偏差に見られる特徴
図 10 で使用されるデータは気象庁が提供している海面水温の
30 年平均値 (1970~2000 年) との偏差である。

図 10 は北海道周辺の日本海北東部、日本海中部、釧路沖にお
ける海面水温の年平均偏差の経年変化を示している。1994 年と 2010
年はどの海域でも平均より高い海面水温が観測されているが、
具体的に 3 つのカテゴリーではどのような違いがあるのかを明
確にするために図 11 を用いて比較を行う。More ではどの海域
でも平均より+1℃以上高い海面水温が観測されており、特に釧
路沖では+1.8℃と 3 海域の中で最も大きな偏差を示している。
また、Average では日本海北東部と釧路沖においては平均より
それぞれ+0.65℃、+0.45℃と高い海面水温が観測されているが、
日本海中部ではわずかに+0.025℃と平均との偏差はほとんど見ら
れない。そして、Few ではどの海域でも負の偏差を示しており、
日本海中部では-0.7℃である。特徴として挙げられるのは、More
のみ日本海中部の正の偏差が非常に大きいことである。統計的
に見れば日本海中部の海面水温が平均より高い年は線状降水帯
が発生しやすいという特徴がある。

次に、同様に 3 つのカテゴリーを比較して挙げられる大規模
場の特徴を説明する。

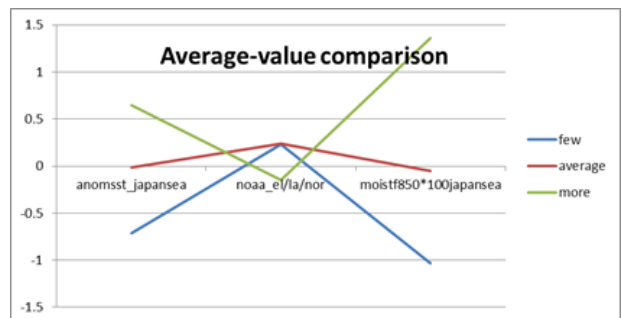


図 12: 各カテゴリーの anomst_japansea (日本海の海面水温
の年平均偏差)、noaa_el/la/nor (正の偏差はエルニーニョ現象、
負の偏差はラニーニャ現象の発生)、moistf850*100japansea (東
西方向の水蒸気フラックス)

まず、図 10 では北海道周辺の 3 海域について説明したが、図
12 で用いられる日本海の海面水温の年平均偏差は日本海全体を考
慮していることに留意されたい。図 12 を見ると明らかなように、
More と Few は各データにおいて対照的な値を示していること
がわかる。More は海面水温が平均より高く、西から流入してく
る水蒸気量が非常に多い。またラニーニャ現象の発生も影響し
ている。Few では海面水温が低く、水蒸気の流入も少ない。特
に、Average と Few ではエルニーニョ現象が発生しているのに
対し、More のみラニーニャ現象が発生していることが重要であ
る。

最後に、図 13 の各カテゴリーにおける気圧配置とその偏差に
ついて説明する。各図の東部に存在する高気圧は北太平洋高気
圧であるが、各カテゴリーによって西への張り出し方に大きな
違いがあることがわかる。北太平洋高気圧は日本の夏の気候に

影響を与えるため、本研究においても非常に重要な要素である。各カテゴリーの気圧偏差の図を比較してみると、非常に興味深いことに Few と More では全く逆の偏差図をしめしていることがわかる。つまり、発生回数の少ない年は、北海道周辺を境に北部が平年より高気圧性で南部が低気圧性となり、多い年は北部が低気圧性で南部が高気圧性を示しているのである。

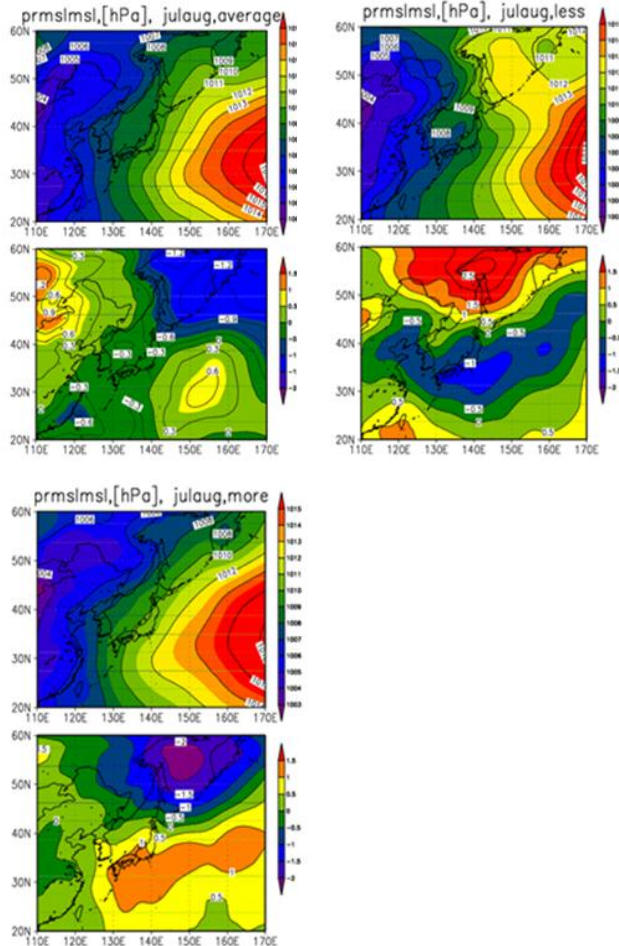


図 13：各カテゴリーの日本周辺の気圧配置(上)と平年偏差(下)

5. 結果と考察

これまで述べてきたことから、本研究で得られた線状降水帯の統計的性質と大規模場の影響に関して言えることは以下の通りである。

- ・災害に至らなかったものも含めると線状降水帯は各年平均 7 回の発生がある。
- ・災害が発生した 2010 年は過去 21 年間で最も多い 21 回の線状降水帯が観測された。
- ・日本海側から発生することが非常に多く、北海道では留萌地方や岩内地方などでの発生が多く、発生場所には偏りが見られた。
- ・滞在時間が 400 分を超える線状降水帯はピーク時間に到達する時間が 400 分以下の滞在時間の線状降水帯より長くなる。
- ・発生回数の多い年は、日本海海面水温が平年より高く、特に、北海道周辺では日本海中部の海面水温が他の年と比べると偏差が大きい。

- ・同様に、水蒸気フラックスが大きく西からの水蒸気流入量が多い。また、ラニーニャ現象の発生と関係している。
- ・北太平洋高気圧が平年より西へ張り出している場合、線状降水帯の発生回数が多くなりやすく、その気圧偏差は北海道周辺を境に、北部が低気圧性で南部が高気圧性を示している。これは、発生回数の少ない年とは逆の結果を示している。

以上のことから言えることは、線状降水帯の発生には大規模場の影響が大きく関係しているということである。特に重要なことは、海面水温や気圧偏差に直接影響を及ぼすラニーニャ現象の発生である。一般的にラニーニャ現象が発生すると、ハドレー循環と北太平洋高気圧の西への張り出しによって、日本の夏は平年より暖かくなることが知られている。2010 年はこうした気象条件により多くの線状降水帯が発生したのではないかと考えられるが、2011 年はどうであったのだろうか。詳細な解析はまだ行っていないが、2011 年夏もラニーニャ現象が発生していたことが気象庁により報告されている。本研究で使用したレーダーデータとは異なるが、日本気象協会⁸⁾が提供しているレーダーデータで解析したところ、19 回の線状降水帯が観測された。特に、8 月の発生回数は 2010 年が 11 回であるのに対し、15 回もの発生が観測された。これから推測できることは、単純にラニーニャ現象の発生が線状降水帯の発生に影響しているだけではないということである。今後は北太平洋高気圧のみではなく、日本の夏の気候に影響を与えるオホーツク海高気圧についても同様に解析し、線状降水帯の発生にどのように影響しているかについても研究していく予定である。本研究で得られた線状降水帯の特徴を元に、今後の展望について考えていきたい。

6. 参考文献

- 1) Ogura, 1991 : Analyses and mechanisms of intense precipitation
- 2) Kato and Goda, 2001 : Formation and maintenance processes of a stationary band-shaped heavy rainfall observed in Niigata on 4 August 1998.
- 3) Kato, 2006 : Structure of the band-shaped precipitation system inducing the heavy rainfall observed over northern Kyusyu, Japan on 29 June 1999.
- 4) Doswell, 1996 : Flash Flood Forecasting : An Ingredients-Based Methodology
- 5) Shimada and Kawamura, 2011 : Summertime gap winds of the Soya Strait induced by the developed Okhotsk high
- 6) 吉崎・加藤：豪雨・豪雪の気象学
- 7) 国土地理院 HP
- 8) 気象庁 HP
- 9) 日本気象協会 HP