

1990年から2010年の夏季に北海道において発生した 線状降水帯の気象特性

Meteorological characteristics of line-shaped rainbands
generated over Hokkaido region in boreal summer between 1990 and 2010

山田 朋人¹・佐々木 潤²・松岡 直基³

Tomohito YAMADA, Jun SASAKI, and Naoki MATSUOKA

¹北海道大学大学院 工学研究院 准教授

²北海道大学大学院 工学研究院 修士課程

³(財)日本気象協会北海道支社

要 旨

本研究は1990年から2010年の夏季(6~8月)に北海道及び周辺海域において発生した線状降水帯の発生数ならびに発生時における気象場の諸特性を議論するものである。同地域では対象とする21年間において年平均7~8個の線状降水帯が発生していたことがわかった。また豪雨に伴う河川災害が多発した2010年には21個もの発生数であった。線状降水帯多発年におけるメソスケールの気象場について分析を行ったところ、低気圧性の擾乱が宗谷海峡もしくは津軽海峡を東進する際、または停滞前線が北海道まで北上する際に北海道において線状降水帯が多く発生するという特徴が明らかとなった。この結果は数時間前からの予測が困難な線状降水帯に伴う豪雨を事前に把握し対策を講ずる上で有用な情報になると考えられる。

《キーワード：線状降水帯；経年変化；発生数；気象場》

1. はじめに

2010年8月23日から24日に北海道中部から中西部にかけて発生した線状降水帯に伴い、札幌管区気象台による報告では1時間あたりの雨量としては53年ぶりの記録となる時間雨量42mmが記録された図-1(a)。全国的に見れば、時間雨量100mmを超えるような豪雨の事例は毎年複数例報告されているが、年間降水量の少ない北海道にとって、これまで行われてきた治水対策の許容範囲を超える短時間強降雨は、今後の治水対策を考える上で極めて重要な課題である。

代表的な線状降水帯の発生例としては2004年6月13日に発生した新潟福島豪雨図-1(b) や同年7月18日の福井豪雨等が挙げられる。また、小倉 (1991)¹⁾を修正及び加筆した吉崎・加藤 (2007)²⁾によって1997年から2005年の9年間で14例が報告されているが、北海道における線状降水帯による豪雨災害は非常に少ないものと考えられていた。しかし、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小さな降雨量であっても豪雨として位置づけられるべきものである。実際に図-1のような線状降水帯が豪雨災害と結びついた事例に着目すると、いずれも降水帯の幅が狭く、東西方向に細長い線状の降水域を有し、かつ3時間以上ほとんど降水域が移動しないという特徴が一致する。また、図-1(a) に示す北海道豪雨では3時間平均の時間雨量は20~30mmであるのに対し、新潟福島豪雨図-1(b) では7時間平均で時間雨量30~50mmであり、降雨強度の異なる線状降水帯であっても、豪雨災害につながるか否かは各地域の治水に対する許容量によって当然差が生じる。Yamada et al (2012)³⁾によれば、北海道において1990年から2010年の21年間の6月から8月の3ヶ月間において計147回の線状降水帯の発生が確認されており、1年間あたり約7~8回の発生数であった。一方、2010年は上記3ヶ月間で線状降水帯は21回発生しており、これは21年間平均の約3倍もの数であった。北海道及び周辺海域における線状降水帯の発生数と気候場には明瞭な関係が存在しており、La-Nina年に該当される1994年と2007年も2010年に続く発生数であり、その数はそれぞれ12回と13回であった。これに対して1991年、1993年、1998年の発生回数はそれぞれ1、0、3回であった。これら線状降水帯多発年と過少年における夏の平均的な大規模気象場の特徴として、多発年は太平洋高気圧が西に張り出し、地表面気圧の平年に対する偏差が北海道付近を境に南側で正、北側で負という特徴を有する。これらの年は日本海の海面水温が平年より高く、かつ日本海上から北海道にかけて西からの水蒸気供給量の平年偏差が正であった。これに対して、線状降水帯の過少年では全く逆の地域分布が見られ、地表面気圧の平年偏差は北海道を境に南側で負、北側で正であった。さらには、日本海海面水温は平年に対して負の偏差であり、日本海から北海道にかけての西からの水蒸気供給量は少ないという特徴を有していた。

本研究の目的は、Yamada et al (2012)³⁾で示されている北海道及び周辺海域で発生した147個の線状降

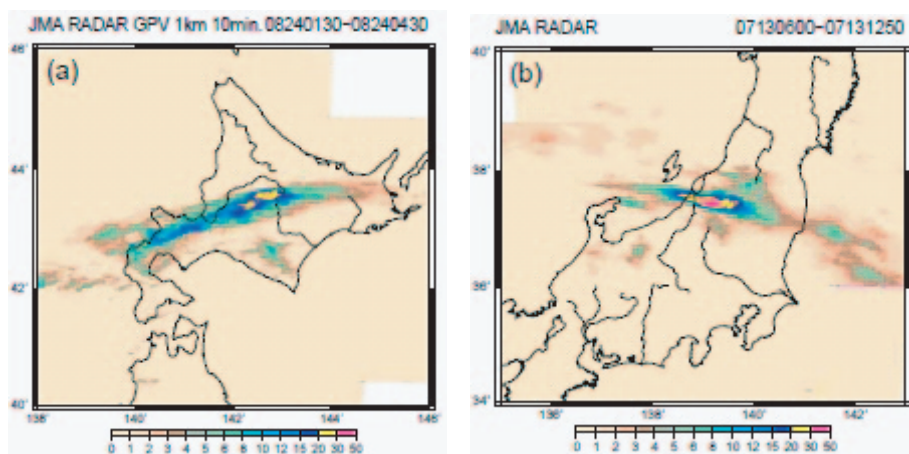


図-1(a) 2010年8月北海道豪雨（3時間平均した降雨強度）と
(b) 2004年7月新潟福島豪雨の様子（7時間平均した降雨強度）

水帯を対象に、それらが発生した時点における気象場の特定と、それらの時空間特性を明らかにすることである。2章では本研究における線状降水帯の定義を行い、3章において対象とする1990年から2011年の22年間（一部の解析は1990年から2010年の21年間を対象）の線状降水帯の発生数の経年変化について議論を行う。4章では各降水帯が発生した時点における気象場を分類し、まとめを5章に記す。

2. 使用データと線状降水帯の定義

解析対象期間は1990年から2011年の6、7、8月である。解析に使用したデータは2004年から2011年はAMeDASレーダデータ（時空間解像度1.0km, 10分）、1990年から2003年はレーダAMeDAS解析雨量（時空間解像度2.5km, 1.0時間）である。小倉（1991）²⁾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。a) 長さが100～200km程度、b) 幅が10～30km程度、c) 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地名を冠とする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。本研究では、Yamada et al（2012）において定義された線状降水帯の算定基準を用いて解析を行う。d) 発現から消失まで2時間以上滞在する、e) ピーク時刻における降雨強度が20mm/hr以上である、f) 線状の形（長さ・幅は不定）を有する、g) 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。発生場所については図-4(a)で示す区分で決定す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する。

3. 線状降水帯の諸特性

(1) 経年変化

図-2(a)は2章において紹介した定義を元に北海道及び周辺海域で発生した線状降水帯の各年の発生回数と6月から8月の3ヶ月間の積算発生回数を示す。図-1(a)の北海道豪雨を含む2010年の発生回数は過去22年間で最も多い21回である。22年間の総発生回数は166回で、平均すると1年で約7.5回発生していることになるが、2010年は平年値の3倍発生しており、次いで、1994年、2007年、2011年がそれぞれ12回、13回、19回と多くの線状降水帯が発生していたことがわかる。対照的に1991年、1998年、2003年はそれぞれ1、2回、3回だけの発生数であった。特に1993年は対象とする22年間で唯一一度も線状降水帯が発生しなかった。以上より、線状降水帯の発生回数は顕著な経年変化を有していることから大規模気候場による影響が示唆される。

月別の発生数に着目すると、線状降水帯の多くは8月において特に多く、とりわけ降水帯多発年である1994年、2010年、2011年では8月の発生回数は9、11、16回であった。2010年の特徴として挙げられるのは、7月の発生回数が

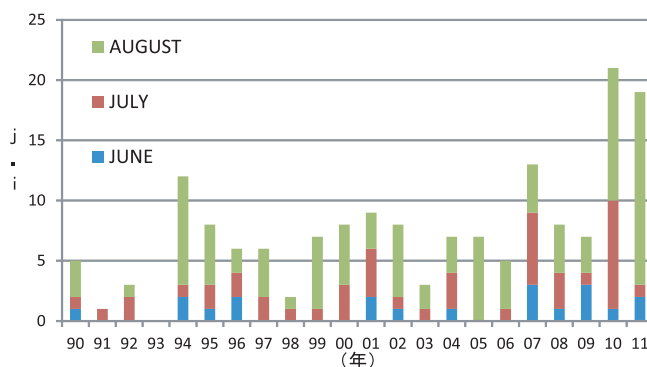


図-2(a) 北海道及び周辺海域における線状降水帯の発生回数と各年の月別積算回数

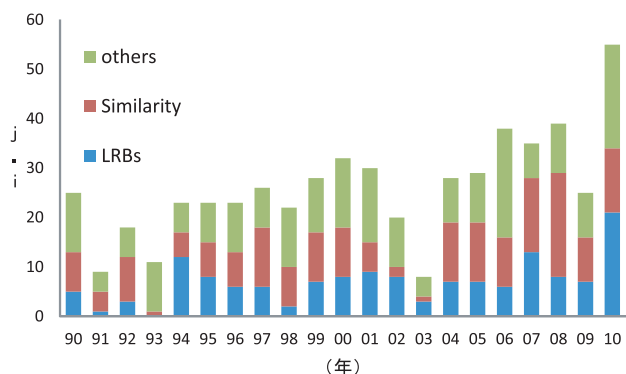


図-2(b) 北海道及び周辺海域における降雨イベントの発生回数（LRBs：線状降水帯；Similarity：線状型をした移動性降水帯；Others：その他）

平年と比較して際立って多いことであろう。2010年と2007年の7月の発生回数はそれぞれ9回と6回であり、年だけではなく月別にも何らかの発生要因が存在するものと考えられる。

2章において定義を行った線状降水帯は2時間以上ある地域に滞在するものとした。ここでは上記の定義から移動性の降水帯について1990から2010年の21年間（6～8月）について議論を行う。図-2(b)におけるSimilarityとは、降水域は移動しながらも、線状の降水域を保ちながら降雨強度が20mm/hr以上を観測した降水帯を示す。LRBsは図-2(a)における線状降水帯数、OTHERSは線状ではないその他の降水イベントの発生数を意味する。図-2(b)から線状降水帯(LRBs)の多発年では移動性ではあるが線状の降水帯数も多いことがわかる。また、対象期間全体を通して、徐々にではあるが近年になるほど線状の降水イベントの発生数が多いことも興味深い特徴であろう。

表-1 1990年から2011年における線状降水帯多発年、平年、過少年。対象とする21年間で最も多く線状降水帯が発生した3年を多発年、平均発生回数である7回の年を平年、最も少ない発生回数の年を過少年とする。

	対象年
多発年 (図中: Many)	1994年, 2007年, 2010年
平年 (図中: Average)	1999年, 2004年, 2005年, 2009年
過少年 (図中: Less)	1991年, 1993年, 1998年

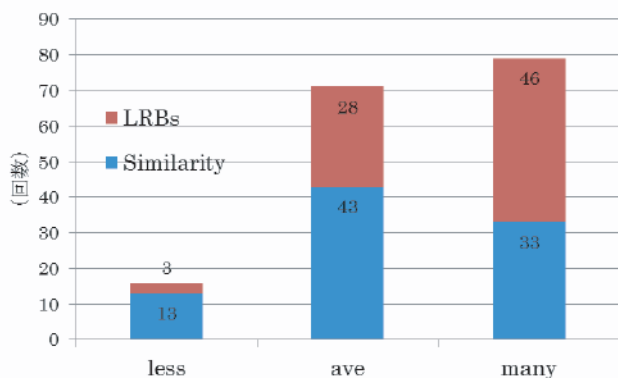


図-3 線状降水帯(LRBs)と線状型の移動性降水帯(Similarity)の発生回数 (many: 多発年; ave: 平年; less: 過少年を示す)

次に対象とする21年間において特定の地域に停滞した線状降水帯(図-2(b)のLRBs)と移動性の線状降水帯(Similarity)の発生数について、降水帯多発年、平均的な発生数の年、さらには過少年ごとに比較を行う。各ケースにおいて対象とする年を表-1にまとめる。発生回数を比較すると多発年は平均15回、平年は平均7回、過少年は平均1回であるから、非常に大きな差があることがわかる。このように得られた統計データをそれぞれの区分別に着目すると、図-3で示した線状降水帯と移動性の線状降水帯の発生回数は多発年では線状降水帯の方が移動性の線状降水帯より多いのに対して、平年や過少年では線状降水帯の方が少ないことがわかる。つまり、多発年に分類されるような発生回数の多い年は、降雨イベントの際に発生する降水域が一つの地域に停滞しやすく、線状降水帯の定義に該当する事例が増加したと考えられる。同様に、過

次に対象とする21年間において特定の地域に停滞した線状降水帯(図-2(b)のLRBs)と移動性の線状降水帯(Similarity)の発生数について、降水帯多発年、平均的な発生数の年、さらには過少年ごとに比較を行う。各ケースにおいて対象とする年を表-1にまとめる。発生回数を比較すると多発年は平均15回、平年は平均7回、過少年は平均1回であるから、非常に大きな差があることがわかる。このように得られた統計データをそれぞれの区分別に着目すると、図-3で示した線状降水帯と移動性の線状降水帯の発生回数は多発年では線状降水帯の方が移動性の線状降水帯より多いのに対して、平年や過少年では線状降水帯の方が少ないことがわかる。つまり、多発年に分類されるような発生回数の多い年は、降雨イベントの際に発生する降水域が一つの地域に停滞しやすく、線状降水帯の定義に該当する事例が増加したと考えられる。同様に、過

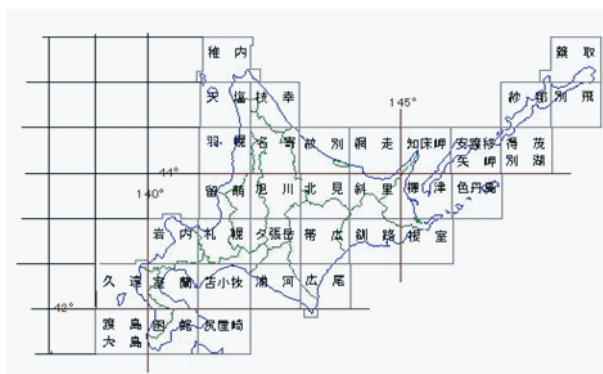


図-4(a) 線状降水帯発生場所の定義区分 (国土地理院ホームページ⁶⁾より)

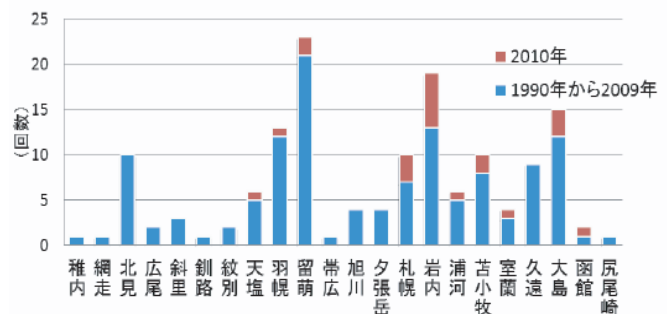


図-4(b) 北海道の各地域における線状降水帯の発生回数 (地域区分は図-4(a)に記載。)

少年を見ると、線状降水帯の発生回数が少なく、移動性の線状降水帯の発生回数も少ないことがわかる。つまり、降雨イベントが発生しにくい環境場では線状降水帯の発生回数も少なくなるのではないかと推察される。

(2) 地域特性

1990年から2010年の21年間において北海道及び周辺海域で発生した線状降水帯の発生数の地域分布について議論を行う。発生地点は図-4(a)における北海道内の地域名とその範囲に従って区分し、結果を図-4(b)に示す。これによって北海道で発生した線状降水帯の多くは日本海側で発生していることが明瞭である。特に留萌、岩内地方(図-4(a)参照)における発生数が非常に顕著である。2010年の特徴としては、線状降水帯は岩内、札幌、大島地方に集中して発生していた。図-1(a)に示した石狩川上流域の支流である忠別川流域に被害をもたらした北海道豪雨は図-4(a)における地域区分の岩内で発生した雨雲が東方に広がり線状降水帯が形成されたことによって発生した。発生場所が日本海側に集中していることは、何らかの気象擾乱が北海道付近の日本海上もしくは地形の起伏に起因して発生及び発達し、それが東方に成長することによって北海道に豪雨をもたらしたことを示す結果である。線状降水帯の発生時点における気象場については4章において議論を行う。

4. 気象場の特徴

1章において述べたように、線状降水帯が多く発生する際の大規模場の特性は、平年より海面水温または地表面気温が高く、同じく平年に対する気圧偏差が北海道を境に南側で正の値、北側で負の値を示すことが挙げられる。ここではオホーツク海高気圧指数を用い、線状降水帯発生数の経年変化との関係を議論する(図-5)。図よりオホーツク海高気圧指数は線状降水帯多発年において負の値を示す一方で過少年では正の値を示す傾向が見られる。これはオホーツク海高気圧の有無並びに発達の様子が、津軽海峡を境に地表面気圧の平年偏差が線状降水帯多発年と過少年で逆転していることと関連しているものと考えられる。

これらの気象特性は北海道の夏の平均的な特徴を述べたものであり、線状降水帯が実際に発生する際の気象特性を議論するものではない。ここでは、夏の北海道において降雨がもたらされやすい複数の天気図のどのケース(図-6)において過去に多くの線状降水帯が発生していたのか、その特徴を紹介する。図-7は1990年から2010年に発生した147個の線状降水帯の発生日における天気図を図-6に従って分類したものである。21年間で最も多く線状降水帯が発生した天気図型はF4型、つまり前線が北海道に停滞している場合である。

次いで、L8型、低気圧が日本海の中中部から東へ進み、宗谷海峡を通過した場合である。しかし、21年間で最も線状降水帯が多く発生した年である2010年はL3型(低気圧が日本海中部から北東進し、北海道北部または宗谷海峡を通る場合)とL6型(低気圧が日本海中部から東進して、津軽海峡を通る場合)に多く発生している。このことから、線状降水帯多発年と、過少年の発生回数の出現パターンは異なる。図-8を見ると、L8やF4のようなパターンは多発年、過少年に関わらずどの年でも多く見られるのに対して、L3、L7のように多発年のみで見られる

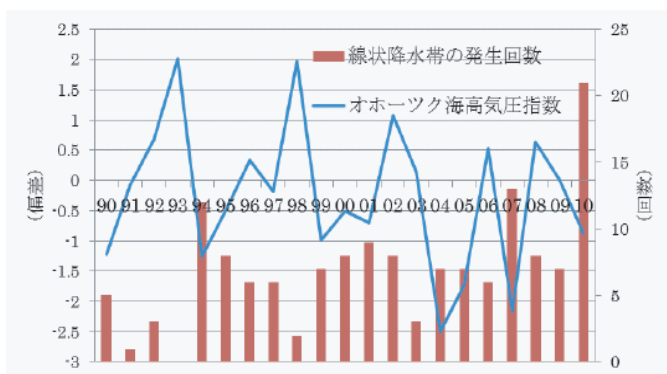


図-5 各年の線状降水帯の発生回数とオホーツク海高気圧指数偏差(1990年から2010年, 6月から8月, オホーツク海周辺の地表面気圧とその領域の21年間平均値との偏差)の関係

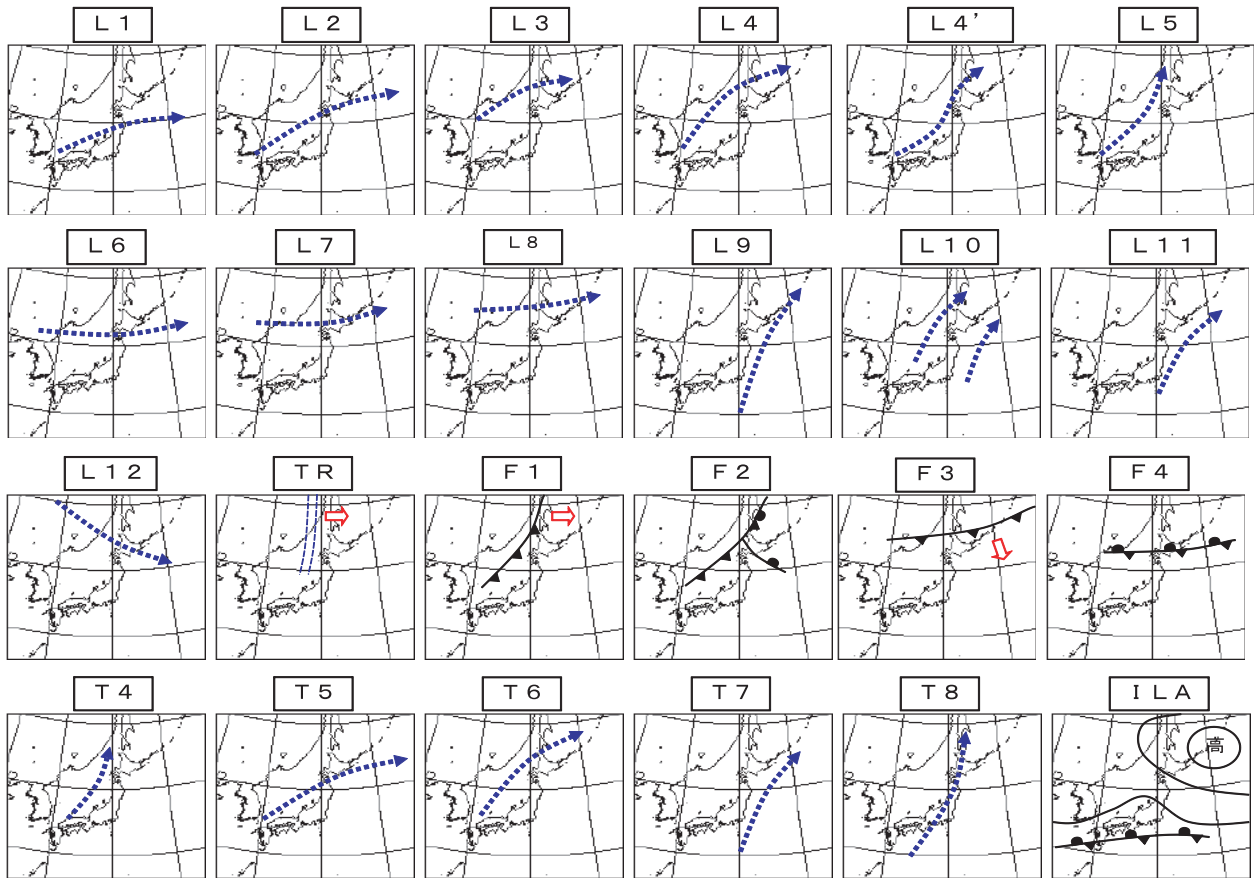


図-6 北海道に雨をもたらす代表的な天気図 L型で示される図は低気圧性の擾乱（青線はその経路），Fで示される図は前線（赤矢印はその経路），Tで示される図は台風（青線はその経路），ILAは北海道がオホーツク海高気圧の縁辺である状態を表す。

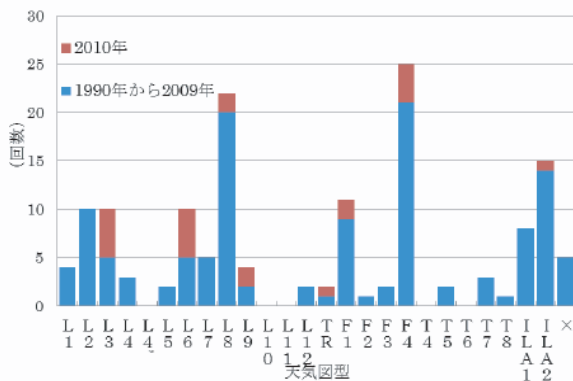


図-7 天気図型ごとの線状降水帯発生回数

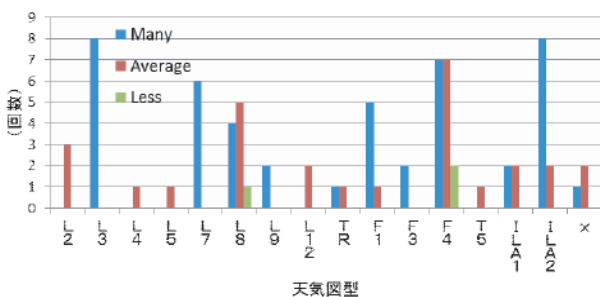


図-8 多発年，平年，過少年における天気図型ごとの線状降水帯の発生回

れないものや，F1，ILA2のような多発年において非常に多く見られるパターンも存在する．これは過少年や平年には見られないものであり，線状降水帯の予測可能性を高めるために重要な情報であると考えられる．

5. 結論

本研究の目的は線状降水帯が発生する際の気象場に焦点を当て，2010年が過去21年間で最も多く線状降水帯が発生した原因を解明することである．多発年に分類される1994年，2007年，2010年には線状降水帯の発生回数が増加したことから，線状降水帯が発生しやすい気象場を複数回有し，かつ線状の降水帯が停滞しやすい気象場であったと言える．本研究における線状降水帯が発生する際の天気図型の分類によって，多発年はL3，L7，F1，ILA2型の気象場からの線状降水帯の発生が多いことや，どの年においてもL8型，F4型で線状降水帯が発生しや

すい特徴があることが明らかになった。

防災対策の観点からは、線状降水帯が発生しやすい気象状況に日頃から注意を払うことによって、結果として豪雨に対する備えに結びつくものと言えよう。

謝辞：本研究は北海道河川財団，文部科学省気候変動適応研究推進プログラム（RECCA），国土交通省地域課題の成果の一部である。

参考文献

- 1) Ogura, T.: *yyyyyyyyyyyy yyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy* 1991.
- 2) 吉崎正憲, 加藤輝之: 豪雨・豪雪の気象学, 2007.
- 3) Yamada, T.J., Sasaki, J. and Matsuoka, N.: Climatology of Line-shaped Rain Bands over Northern Japan in Boreal Summer between 1990 and 2010, *Atmospheric Science Letters*, 13, 2, 133-138, 2012.
- 4) Kato, T.: Statistical Study of Band-Shaped Rainfall Systems, the Koshikijima and Nagasaki Lines, Observed around Kyushu Island, Japan, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 83, 6, 943-957, 2005.
- 5) Kato, T.: Structure of the band-shaped precipitation system inducing the heavy rainfall observed over northern Kyusyu, Japan on 29 June 1999, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 84, 1, 129-153, 2006.
- 6) Kato, T. and Goda, H.: Formation and maintenance processes of a stationary band-shaped heavy rainfall observed in Niigata on 4 August 1998, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 79, 4, 899-924, 2001.
- 7) Doswell, C. A. III, Brooks, H. E. and Maddox, R. A.: Flash Flood Forecasting : An Ingredients-Based Methodology, *Weather and Forecasting*, 11, 560-581, 1996.
- 8) Shimada, T. and Kawamura, H.: Summertime gap winds of the Soya Strait induced by the developed Okhotsk high, *Atmospheric Science Letters*, 12, 3, 316-320, 2011.
- 9) 国土地理院ホームページ
- 10) 気象庁ホームページ
- 11) 日本気象協会ホームページ