

北海道の暖候期における前線の特徴

A characteristic of fronts during the summer half-year in northern Japan

北海道大学大学院工学院 ○学生員 宮本真希 (Maki Miyamoto)
北海道大学大学院工学研究院 正員 山田朋人 (Tomohito Yamada)

1. はじめに

北海道における豪雨災害は前線に伴う降雨が一因となる。例えば、1981年8月に石狩川流域を中心に豪雨がもたらされた事例では、前線が北海道付近に停滞している状況で台風が太平洋を北上して北海道に接近し、前線沿いにおいて降雨が集中した。また、2016年8月に十勝地方を中心として豪雨となった事例では山地の東側斜面における地形性豪雨とともに1981年の事例に類似する降雨分布がみられた。また、北海道において線状降水帯が発生した事例のうち約2割は梅雨前線が北海道に存在していた¹⁾。

前線とは中緯度帯における気象擾乱のひとつであり、水平方向1,000km以上にわたって存在する密度界面である。日々の天気予報においては気象庁の予報官が数値予報や観測データ等に基づいて前線の位置を推定するが、前線およびそれに伴う降雨の将来予測を行うためには前線抽出のための数値手法を開発・検討する必要がある。M. Margules (1906) において述べられたように、前線は水平方向の気温勾配が大きい領域に存在し、その前後において水平風のシアが大きいことが理論的にも観測事実からも説明される²⁾。これまで提案されてきた数値手法では水平方向の気温勾配（あるいは気温と水蒸気を代表する物理変数）と水平風がインデックスとして採用されている^{3,4,5,6)}。宮本・山田(2021)では2006年から2020年までの梅雨時期における日本周辺域を対象として、水平方向の気温勾配と渦度の鉛直成分を用いた数値手法⁶⁾を用いた前線抽出を行い、天気図に示された前線と概ね一致することを示した⁷⁾。しかし、数値手法による前線抽出では、天気図上の前線が存在しない高緯度帯においても多くの前線が抽出されており、密度界面としての物理的特徴に関する理解を深め、手法のさらなる検討を行う必要がある。

天気図に示された前線は数値手法で抽出された前線の比較対象として有用である。気象庁の作成する天気図は画像データで提供されており、Utsumi et al. (2014) では画像上の前線をグリッドデータに変換して数値手法との比較を行った⁸⁾。しかし、グリッドデータへの変換においてRGB値（色情報）を用いて画像の中から前線を認識したため、前線が黒で示されている1999年以前の解析は行うことができなかった。そこで、本研究では1999年以前の天気図について手作業で前線を色付けすることで、1978年から2020年までの6月から10月を対象として天気図に示された前線のグリッドデータを作成し、北海道周辺における前線の特性を明らかにした。

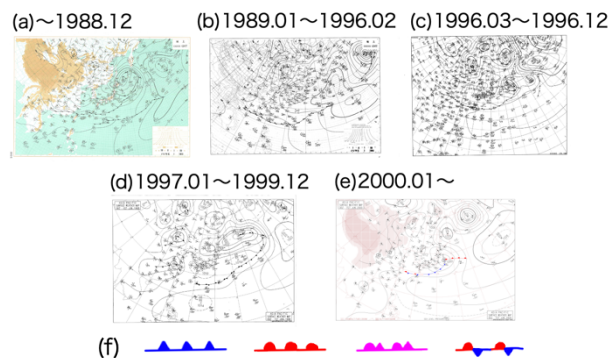


図1 (a)~(e) 1978年から2020年において気象庁が作成したアジア太平洋地上天気図と(f)前線を表す記号(左から順に寒冷前線、温暖前線、閉塞前線、停滞前線である)。

2. 天気図の変遷

日本周辺における天気図の解析は気象庁が行っており、画像データとして提供されている(図1 a~e)。1996年2月以前は観測データを用いて手書きで1日2回(日本時間9時、21時)、天気図が作成され、1996年3月以降は数値予報による推定値も利用してコンピュータ上で解析が1日4回(日本時間3時、9時、15時、21時)行われた。上に述べた理由から、1996年以前の天気図(図1 a~c)は紙面上に作成された天気図をスキャンした画像データであるため、天気図の外枠の位置が1枚ずつ異なり、外枠が不鮮明な場合がある。前線は図1(f)に示す前線記号を用いて表される。左から順に寒冷前線、温暖前線、閉塞前線、停滞前線を示す。ただし、年代により前線記号の色が異なっており、特に1999年以前の天気図においてはすべて黒で示されている。なお、本研究で用いた天気図は再解析が行われた確定版の天気図である。気象庁ホームページにおいて即時的に配信される天気図は、解析時刻までに入電した観測データを用いて作成された暫定的な速報天気図であることに注意されたい。

3. 前線データの作成

1978年から2020年の6月から10月において気象庁の作成した天気図を用いた。2001年以前はアジア太平洋地上天気図(ASAS)、2002年以降は日本周辺地上天気図(SPAS)の確定版を使用し、北緯22.4度から47.6度、東経120度から150度の範囲で0.1度×0.125度の前線のグリッドデータを作成した(図2)。図1(f)の通り、天気図において前線は赤や青、ピンクの前線記号を用いて示されるため、画像からグリッドデータへの変換においては

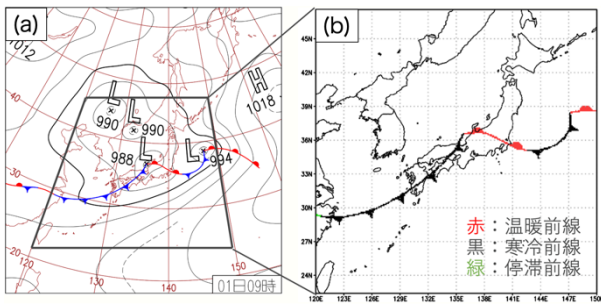


図2 2015年7月1日午前9時(日本時間)の(a)天気図に示された前線を(b)グリッドデータに変換した。1999年以前の天気図では前線が黒で描かれているため、手描きで色を付した。その際、前線記号の半円や三角を除いた線のみで前線を表した。

RGB値を利用して前線を画像から抽出する⁸⁾。さらに、画像の各ピクセルに緯度・経度の情報を与えることで前線の存在するグリッドを特定した。ただし、第2章で述べた通り、1999年以前の天気図においては前線が黒で表されているため、手作業で前線を色塗りした。この際、温暖前線、寒冷前線、停滞前線、閉塞前線をそれぞれ赤、青、緑、ピンクで色分けした。また、本解析では前線が水平方向に約100kmの幅を持つ⁹⁾と仮定し、前線が存在するグリッドを中心として11×11のグリッドに前線が存在するとした。

4. 天気図に示された前線の特徴

1978年から2020年の各月における前線の存在頻度の43年平均の分布は、6月から8月にかけて高頻度領域が北緯30度から40度へ北上していた(図は省略)。さらに、8月から10月にかけては再び北緯30度へ南下していた。図3(a)に6月12日から8月9日において天気図に示された前線の存在頻度分布、図3(b)に北海道周辺(図3(a)に示す赤枠内; 北緯40度から47度、東経139度から146度)における各年の前線の存在頻度の領域平均を示す。図3(b)において、前線の存在頻度の平均値±標準偏差の値を実線、平均値±2×標準偏差の値を破線で示す。解析対象期間は気象庁が発表する東北地方の梅雨期間の平均およびその後2週間とした。図3(a)において赤枠で示す北海道周辺において、43年平均の前線存在頻度の領域平均は0.029[day/43 years]である。各年における前線の存在頻度の領域平均は1999年が最も高く、次いで1978年、2004年の順であった(図3(b))。

5. まとめ

前線は北海道において豪雨をもたらす要因のひとつであるが、水平方向に広く伸びる密度界面の位置やその物理特性を捉えることは難しい。本研究では、知識と経験を有する気象庁の予報官が推定した前線の位置が記録されている過去43年間の天気図から前線のグリッドデータを作成した。

各月における前線の存在頻度分布では、梅雨前線に対応すると推測される高頻度領域の北上が顕著であり、秋雨前線が現れる時期に南下した。北海道周辺に梅雨前線

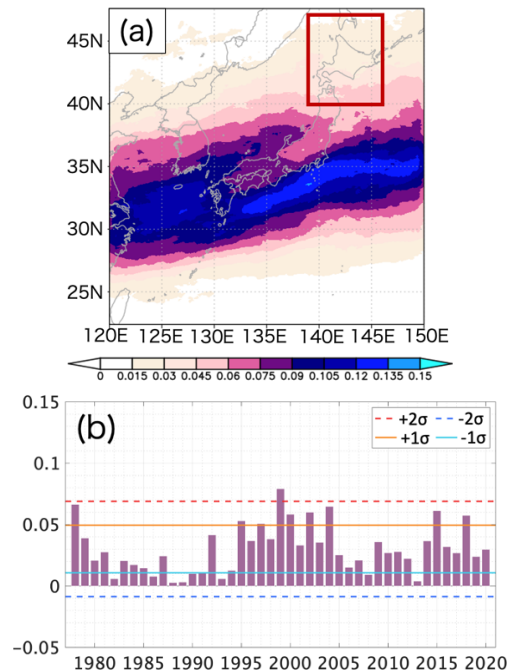


図3 1978年から2020年の6月12日から8月9日(東北地方の梅雨の平均期間とその後2週間)において、天気図に示された前線の存在頻度[day/43 years]。(a)日本周辺域における頻度分布と(b)北海道周辺(図3(a)に示す赤枠内; 北緯40度から47度、東経139度から146度)における存在頻度の年々変化を示す。前線はおよそ100kmの幅を持つと仮定した。

が存在する可能性のある梅雨末期においては、6月平均に比べ、北海道周辺における前線の存在頻度が高くなっていた。今後の解析では、同時期について南北方向における前線の存在位置の長期変化を明らかにする。

謝辞：本研究は科研費基盤研究(A)19H00815 および北海道気象予測分野(北海道気象技術センター)、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム領域テーマC「統合的気候変動予測」JPMXD0717935561の支援を受けて実施されました。また、天気図の画像データは気象庁より提供いただきました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) T. J. Yamada, J. Sasaki and N. Matsuoka, Atmos. Sci. Lett. 13 [2], 133 (2012).
- 2) M. Margules, Meteorol. Z. 23, 243 (1906).
- 3) R. J. Renard and L. C. Clarke, Mon. Weather Rev. 93 [9], 547 (1965).
- 4) T. D. Hewson, Meteorol. Appl. 5 [1], 37 (1998).
- 5) I. Simmonds, K. Keay and J. A. T. Bye, J. Clim. 25 [6], 1945 (2012).
- 6) R. Parfitt, A. Czaja and H. Seo, Geophys. Res. Lett. 44 [9], 4351 (2017).
- 7) 宮本真希, 山田朋人, 土木学会論文集 B1(水工学). 77 [2], 463 (2021).
- 8) N. Utsumi, H. Kim, S. Seto, S. Kanae and T. Oki, J. Geophys. Res. 119 [15], 9400 (2014).
- 9) F. Sanders, J. Atmos. Sci. 12 [6], 542 (1955).