

日本海を通過する寒冷前線の多重構造とその形成メカニズム

平沢雅弘（北海道大学環境科学院） 川島正行（低温科学研究所）

1. はじめに

寒冷前線の通過は地上での急激な風向の変化と、気温降下により特徴づけられる。このような特徴を複数持っている寒冷前線は多重寒冷前線と呼ばれ、北米やヨーロッパ周辺の海域のものについて、多くの研究例がある（Schults2005、Mulqueen and Schults2015）。多重寒冷前線は合体時に降水や風のシアの強化を伴うため、その構造と形成メカニズムを理解することは重要である。

寒気の吹き出しに先駆けて、日本海上では冬季に多くの寒冷前線が通過する。しかし、寒気吹き出し時の日本海上での収束帯（JPCZ）についての研究はこれまで多く行われてきたが、それに先行する寒冷前線に着目して研究した例は少ない。本研究では、日本海上を南東方向に進行する多重寒冷前線が観測された事例について、非静力学領域気象モデル WRF を用いて再現実験を行い、さらに風上の地形に対する感度実験を行うことで多重寒冷前線の構造とその形成メカニズムについて調べた。

2. 研究手法

対象とした事例は、平成 27 年 1 月 27 日に日本海沿岸を通過した寒冷前線の事例で、沿岸への接近に伴い二本の細い降水帯が観測され、沿岸部の地上観測点では二段階の温度減少、風向変化が観測された（図 1）。

実験には、WRF-ARW Version3.7.1 を用いた。初期値、境界値には NCEP FNL（6 時間毎・1 度格子）、海面水温として NCEP

SST（1 日毎・0.5 度格子）を用いた。双方向ネスティングにより D1（格子間隔 18km）、D2（格子間隔 6km）、D3（格子間隔 2km）の領域を使って計算を行った。

雲微物理スキームには Thompson（2008）、境界層スキームに Mellor-Yamada-Janjic（Janjic2002）を用いた。また、領域 D1、D2 については Kain-Fritsch（2004）の積雲パラメタリゼーションを用いた。

日本海に侵入する寒冷前線に影響すると思われる、チャンパイ山脈と朝鮮半島の標高を変えて、地形に対する感度実験（図 5）を行い、各前線を構成する気団の経路を調べるために後方流跡線解析を行った。

3. 結果

WRF による再現実験では多重寒冷前線の二本の降水帯が再現され、レーダー、アメダスの降水強度良好一致を見せた（図省略）。また、多重寒冷前線の降水帯に沿って、明瞭な相当温位の勾配が見られた（図 3）。前線に直交する方向の鉛直断面図（図 4）では、寒気団の前方に相当温位の低い気団と高い気団によって作られる異なる寒冷前線が先行していた。後方の寒気団を含めた 3 つの気団について、後方流跡線解析を行うと、寒気団はチャンパイ山脈を迂回して、中央の気団は朝鮮半島上空から、そして最前面の気団は暖気移流として日本海に流入していることが分かった（図 3）。

朝鮮半島の標高を低くした実験では、中央の気団と暖気団がほぼ重なり、複数の明瞭な相当温位の勾配は見られなかった（図

6)。

チャンパイ山脈の標高を低くすると、寒気団は地形にブロックされることなく日本海に流入してきた。中央の気団は朝鮮半島の上空から日本海へ流入してきた(図7)。相当温位の勾配と降水帯は多少2つ確認でき、朝鮮半島が多重寒冷前線への重要な役を担っていると思われる。また、寒気団の進行が速まり、前方の2つ目の前線に追いついてしまうため、多重構造の持続時間は短かった(図省略)。

以上のことから、今回の多重寒冷前線の発生と構造維持には朝鮮半島とチャンパイ山脈の地形の効果がそれぞれ効いていると思われる。

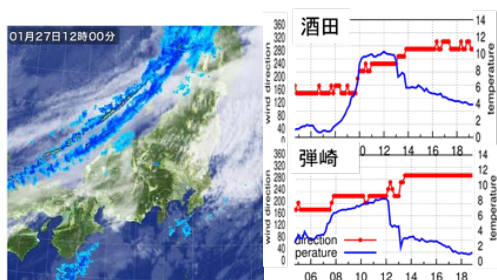


図1左：2017年1月27日の隣接する降水帯 (tenki.jp より)

右：日本海沿岸、地上観測点の時系列
赤：風向 青：気温

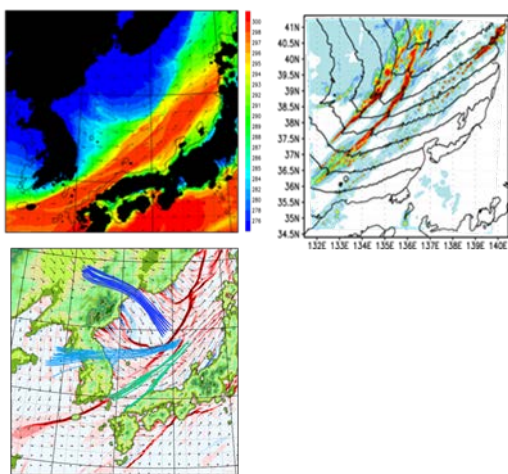


図3：WRFによる多重寒冷前線の構造

左上：相当温位分布

右上：降水帯(カラー)と地上気圧(等値線)

左下：後方流跡線解析 カラー風速シア

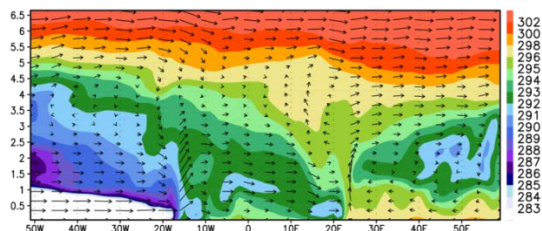


図4：寒冷前線に直交する方向の鉛直断面図
カラー：相当温位、ベクトル：風

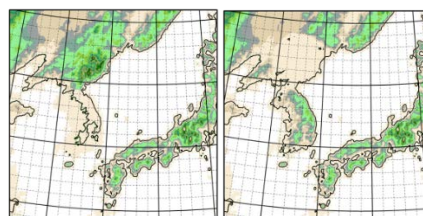


図5左：朝鮮半島の標高を下げる
右：チャンパイ山脈の標高を下げる

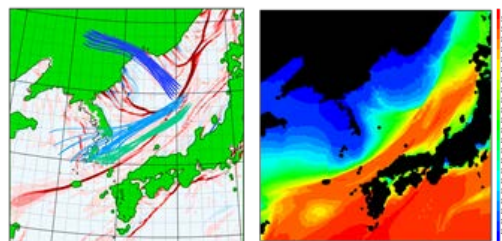


図6 朝鮮半島の標高を下げた感度実験

左：後方流跡線解析

右：相当温位 水平分布

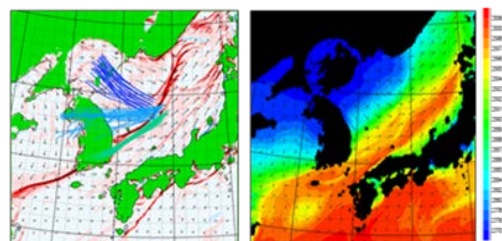


図7 チャンパイ山脈の標高を下げる感度実験 (図7と同様)