

三重県北部降雪への日本海の水温の影響

Influence of the local sea surface temperature on snowfall

in north of Mie prefecture

気象・気候ダイナミクス研究室 松岡 優輝 (518M210) : 指導教員 立花 義裕 教授

Yuki Matsuoka

Keywords: SST, Sea of Japan, snowfall, Mie prefecture

1. はじめに

日本の日本海側は世界有数の豪雪地帯である事が知られている。日本に降雪をもたらすパターンは2種類あり、西高東低の冬型の気圧配置では日本海側に、日本列島の南岸を低気圧が通過すると太平洋側に降雪がもたらされると言われている (e.g., Kawase et al., 2018) ¹。冬型の気圧配置の場合、冬季東アジアモンスーンと呼ばれる冷たくて強い北西風が大陸から日本に向かって吹いている。冬季の海面水温 (以下, SST) がモンスーンよりもはるかに高い日本海は日本海上の気団に大量の水蒸気を供給する。これにより、日本海上の対流性の雪雲が活性化され、その後、雪雲の多くが日本海側の平野に降雪をもたらす。その為、Sato and Sugimoto (2013) ² は、日本海側の降雪は日本海の水温が高いほど増加する事を示した。一方で、太平洋側は日本列島に平行で中央に存在する高い山岳地帯によって雪雲が遮られる為、太平洋側は晴天で乾燥している場合が多い。しかし、東海地方に位置する濃尾平野 (三重県北部, 愛知県北西部, 岐阜県南西部に広がる平野) は太平洋側に位置していながらも冬型の気圧配置でも降雪があり、他の太平洋側とは異質な地域である。その中でも比較的雪が多い地域が三重県北部である (図 1)。

この地域に降雪が起りやすい総観場の条件

は藤吉ほか (1991) ³ や河村 (1964) ⁴ により次の3つの条件が示されている。

- (1) 若狭湾上空 850hPa 面の風向が北北西。
- (2) 若狭湾上空 850hPa 面の風速が 10m/s 以上。
- (3) 三重県四日市市 (以下, 四日市) 上空 850hPa 面の気温が -9°C 以下。

これらの研究はある年の数事例を調べた研究であり、統計的な研究ではない。さらに、冬型の気圧配置による降雪にもかかわらず日本海の影響を考慮していない。従って、本研究の目的は異質な地域である濃尾平野の中でも比較的雪が多い三重県北部の降雪に着目して、①統計的に降雪の起りやすさを調査する事、②日本海 SST の影響を明らかにする事とする。

2. 使用データ

本研究では、大気データは気象庁55年長期再解析を初期値・境界条件とした領域ダウンスケーリング再解析データ (DSJRA-55) (Kayaba et al., 2016) ⁵ を使用した。このデータは格子間隔が $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ と非常に細かい事が特徴であり、本研究のような細かい地形や現象に着目した解析をするのに有効である。比湿のみ気象庁55年長期再解析データ (Kobayashi et al., 2015) ⁶ を使用した。地上観測データはAMeDAS⁷、海面水温データはMGDSST データ (Kurihara et al., 2006) ⁸ を使用した。すべて日平均データを使

用した。解析期間は1982年から1997年2月までの12月、1月、2月である。

3. 解析手法

本研究では SST の影響を明らかにする際、合成図解析を行った。その際に使用した事例の抽出定義は以下のように設定した。

- ① 三重県四日市市付近（東経 136.45° ~ 136.70° ，北緯 34.85° ~35.05° ）の上空 700hPa 面の気温が-20°C以下。
- ② 若狭湾付近（東経 135.30° ~136.00° ，北緯 35.60° ~36.00° ）の上空 850hPa 面の風速が 10m/s 以上。
- ③ 若狭湾付近の上空 850hPa 面の風向が 40° ~ 70° （北西風）（西風が 0° ，北風が 90° ）の範囲内である事。

以上 3 つの条件をすべて満たした事例を抽出した。抽出した事例を四日市に設置されている AMeDAS の日降雪量を参考にし、降雪のある事例と降雪のない事例に分けた。そして、それぞれの合成図を作成し比較検討を行った。

先行研究で示された条件（1 節に記載）を用いて事例の抽出を行うと、不十分な結果となった為（表 1-a）本研究では使用しない。

4. 結果

I. 統計的解析による結果

解析期間中に発生したすべての降雪事例（55 事例。また、南岸低気圧による降雪は除く）の日平均気温と日平均風向風速を調べた。その後、700hPa と 850hPa における各変数の値別の頻度確率分布図を作成した。その結果、850hPa 気温は-6°C以下から降雪の可能性がある事が分かった（図略）。700hPa 気温は-11°C以下から降雪の可能性がある事が分かった（図 2a）。どちらの高度の気温も気温が下がるにつれて降雪の確率は増加していた。風速はどちらの高度の風速も風が強くなるほど確率が上がるわけではなく、横ばいであった（図 2b）。風向はどちらの高度も最も確率が高くなるのは 50° ~60° の範囲

であった（図 2c）。しかし、冬季は平均的に北西風の為、たとえ風向が 50° ~60° の範囲であっても降雪の確率は低く 20%程度であった。

以上より、三重県北部への降雪の起こりやすさを統計的に示した。

II. 合成図解析による結果

i. 事例抽出結果

4-I 節の結果を参考にし、3 節に示した条件を作成した。その条件を用いて事例を抽出した結果を表 1-b に示す。抽出された事例は全部で 21 事例であった。その中で降雪あり事例は 16 事例、降雪なし事例は 5 事例であった。降雪あり事例の平均降雪量は 10.7cm であった。抽出された事例はすべて冬型の気圧配置の事例で、南岸低気圧による事例は存在しなかった。

ii. 抽出された事例の環境場の比較

抽出された事例の全国的な平均降雪分布を確認した（図略）。降雪あり事例も降雪なし事例も日本海側には降雪があり、太平洋側には降雪がない事（降雪あり事例のみ四日市に降雪がある）が分かった。

抽出された事例の 850hPa 面の大気場を図 3a,b に示す。どちらも冬型の気圧配置の事例である事が確認できる。偏差場（図 3c,d）（以下全て、降雪あり-降雪なし）に差はみられるが、どちらの事例も顕著に降雪の起こる条件を満たしている事例であるという事に加え、三重県やその北西の領域の偏差は小さい事が分かる。

SST 偏差図を図 4 に示す。日本海に高温偏差を示した。潜熱フラックス偏差図を図 5 に示す。日本海を含めた広い範囲で正偏差（海から大気が正）を示した。潜熱フラックスは風や SST によって左右される為、先ほどの偏差場を線形化してどの要素がどのくらい効果的なのかを確認した（図略）。日本海西部の、SST 項による寄与は 27.2%で 2 番目であった。また、1 番目は風速項であり、その寄与は 65.1%であった。2m 比湿の偏差図を作成した（図略）。日本海の西部で正偏差を示した。比湿についての鉛直分布をみる為に、北緯 37° ，東経 130° -137° で

切った断面図を作成した (図 6)。地上付近に正偏差の極大を示した。

5. 考察とまとめ

表 1-b の平均降雪量が表 1-a の平均降雪量に比べ増加した事。抽出された降雪なし事例が大幅に減少した事。以上 2 点から、本研究で用いた条件が四日市の大雪を抽出するより良い条件であると考えられる。

図 6 から、正の比湿偏差は SST に起因すると考えられる。従って、三重県北部では日本海の SST が高いときに降雪が発生する可能性が高い事が示唆される。そのメカニズムは、高温の SST が海から大気への潜熱フラックスを増加させる。蒸発が活発になった事から大気中に含まれる水蒸気が増加。このような環境場が形成されている状態の時に、条件を満たすような大気が流れ込むと背の高い対流雲が立ちやすく、山を越えて三重県北部に降雪をもたらすと考えられる。しかし、潜熱フラックスの偏差を線形化した結果、SST の寄与は約 3 割であった事からわかるようにあくまで降雪のトリガーとなるのは大気であり、その強度に SST が寄与していると考えられる。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、立花義裕先生には熱心なご指導をいただきました。研究方針、論理の構成などの意見を数多くいただいた事、研究に関わる様々な経験をさせて頂いた事深く感謝申し上げます。また、指導教員ではないにもかかわらず気象系の協働ゼミや合同ゼミで多くの意見をいただきました西井和晃先生・飯島慈裕先生・万田敦昌先生・山田二久次先生をはじめとした地球環境学講座の先生方にも大変感謝しております。

また、同研究室の小松謙介博士、安藤雄太氏には研究に対しての意見や論理展開についてアドバイスをいただきました。同研究室の同期・後輩の皆様につきましても多くの時間を私の研究の議論の時間に付き合ってくださいました。同研究室の皆様にも重ねて感謝申し上げます。

7. 参考引用文献

1. Kawase,H, Sasai, T.Yamazaki, R.Ito, K.Dairaku, S.Sugimoto, H.Sasaki, A.Murata, and M.Nosaka, 2018: Characteristics of Synoptic Conditions for Heavy Snowfall in Western to Northeastern Japan Analyzed by the 5-km Regional Climate Ensemble

2. Experiments, *J.Meteor.Soc.Japan*, **96**, No2, 161-178
3. T.Sato, S.Sugimoto, 2013: A numerical experiment on the influence of the interannual variation of sea surface temperature on terrestrial precipitation in northern Japan during the cold season. *Water Resources Research*, **49**(11), 7763-7777
4. 藤吉康志, 藤田岳人, 小尻利治, 寶馨, 武田喬男, 池田繁樹, 1991: 複雑山岳地形が風下の降雪分布に及ぼす効果-濃尾平野を例として-*天気*, **43**, 391-408
5. 河村武, 1964: 日本における冬の天気分布の総観気候学的解析, *地理学評論*, **37**, 64-78
6. Kayaba,N, T.Yamada, S.Hayashi, K.Onogi, S.Kobayashi, K.Yoshimoto, K.Kamiguchi, and K.Yamashita, 2016: Dynamical Regional Downscaling Using the JRA-55 Reanalysis (DSJRA-55), *SOLA*, **12**, 1-5
7. Kobayashi,S, Y.Ota, Y.Harada, A.Ebita, M.Moriya, H.Onoda, H.Kamahori, C.Kobayashi, H.Endo, K.Miyaoka, and K.Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics, *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**, 5-48.
8. 出典: 地域気象観測システム (<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/kaisetsu.html>)
9. 栗原幸雄, 桜井敏之, 倉賀野連, 2006: 衛星マイクロ波放射計, 衛星赤外放射計及び現場観測データを用いた全球日別海面水温解析, *測候時報*, **73**, S1-S18

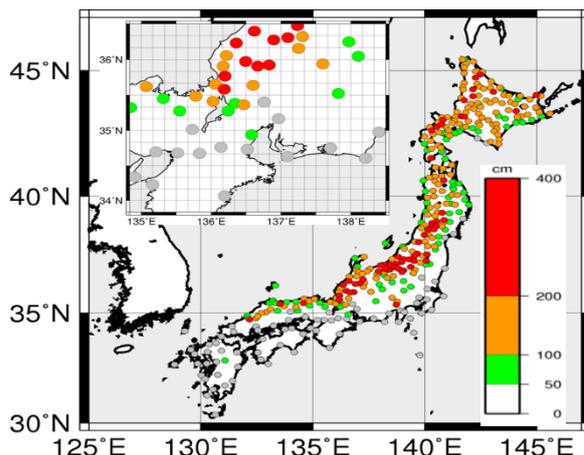


図 1: 1980 年から 2016 年の期間中の最大積雪深 (cm) を色で示す。左上の四角枠内は東海地方の拡大図を示す。

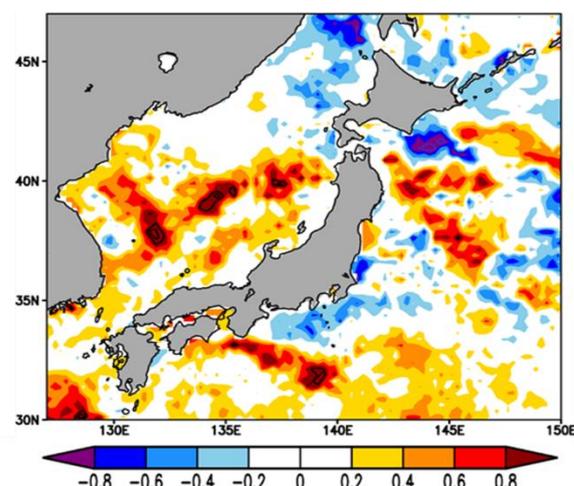


図 4: SST 偏差図を示す。色が水温 [°C] を示す。

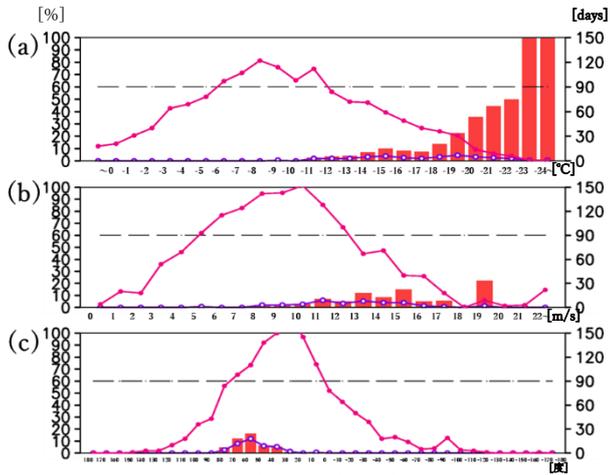


図2：四日市の値別降雪確率頻度分布を示す。折れ線グラフが頻度[日]を表す（縦軸右）。赤がすべての日、青が降雪日を示す。棒グラフが値における降雪発生確率[%]を示す（縦軸左）。横軸は各変数の値を示す。

(a)700hPa 気温, (c)850hPa 風速, (e)850hPa 風向,

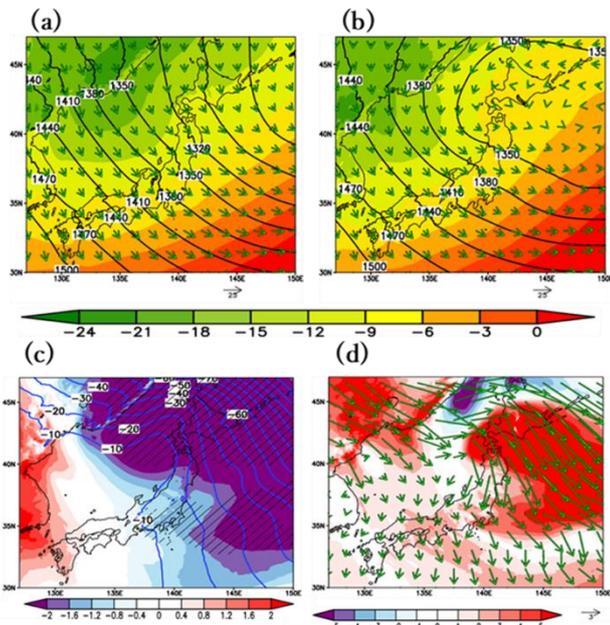


図3：850hPaの合成図を示す。黒斜線は有意水準95%以上を示す。

- (a)：降雪あり事例。色は気温[°C]，等値線はジオポテンシャル高度[m]，ベクトルは風向風速[m/s]を示す。
- (b)：降雪なし事例。色は気温[°C]，等値線はジオポテンシャル高度[m]，ベクトルは風向風速[m/s]を示す。
- (c)：降雪あり-降雪なしの偏差図を示す。色は気温[°C]，等値線はジオポテンシャル高度[m]を示す。
- (d)：降雪あり-降雪なしの偏差図を示す。色は風速[m/s]，ベクトルは風向風速[m/s]を示す。

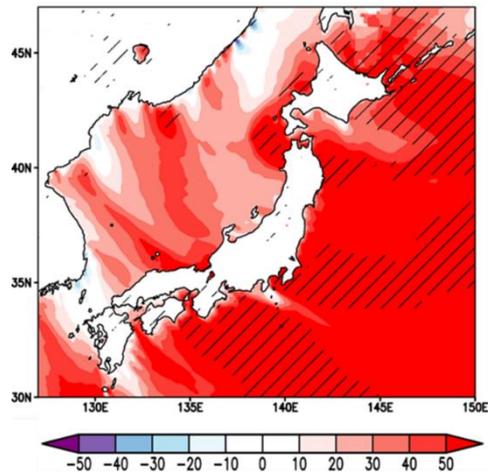


図5：潜熱フラックス偏差図を示す。色が潜熱フラックス[W/m²]を示す。黒斜線は有意水準95%以上を示す。

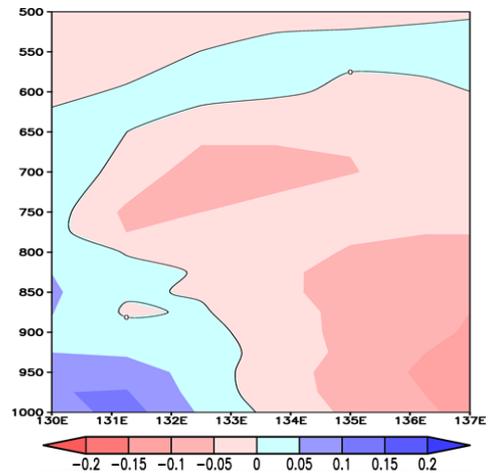


図6：北緯37°で断面をとった高度経度断面図を示す。正が湿潤な偏差を示す。等値線は0を示す。

表1：抽出された事例数と平均降雪量を示す。
a：先行研究で示された3つの条件を使用した。
b：本研究で使用した3つの条件を使用した。

a	Total	Snowfall	No snowfall
Extracted cases	50	19	31
Average snowfall(cm)		7.1	

b	Total	Snowfall	No snowfall
Extracted cases	21	16	5
Average snowfall(cm)		10.7	