

冬期札幌の降雨現象に関連する低気圧の軌跡とその大気特性

Cyclone tracks in rainfall events in the mid-winter season of Sapporo and atmospheric characteristics

北海道大学工学部 環境社会工学科国土政策学コース

北海道大学大学院 工学研究院環境フィールド工学部門

北海道大学大学院 工学研究院環境フィールド工学部門

○学生員 高木拓真 (Takuma Takagi)

助教 正 員 田中岳 (Gaku Tanaka)

准教授 正 員 山田朋人 (Tomohito Yamada)

1. はじめに

2002 年 1 月 21 日、大寒の時期（二十四節気で最も寒いとされる時期）にも関わらず、札幌にて日降水量 53.5mm、最高気温 4.5℃を記録し、白石区の望月寒川が氾濫した。その結果、近隣の道路が冠水し、約 0.3ha、16 軒が浸水するという被害へと発展した¹⁾。冬季札幌での降雨は夏季と比較して積雪等の影響で氾濫などの自然災害へと発展する。そのため、冬季降雨に関してそのメカニズムの究明を行うことは非常に重要なことだといえる。

八幡ら²⁾は過去約 100 年間の冬季札幌での降雨や気温などの相関性についてまとめている。その中で図-1 に示すとおり、冬季札幌での降雨発生頻度と札幌での最高気温の最低値、それぞれの 11 年移動平均での相関性が述べられており、大規模な大気特性との関係が示唆されている。

本研究では、八幡らの研究から発展し、冬季大雨時の低気圧の動きを分析し、偏西風の蛇行や大気振動などの地球規模の大気循環との関係性について考察する。

2. 冬季大雨時における北半球大気の考察

2.1. 冬季札幌に降雨をもたらすときの大気場の様子

前述した 2002 年 1 月 22 日の 850hPa 場の大気の様子を NCEP の再解析データを用いて図-2 に示す。この図は、カラーチャートでジオポテンシャル高度を、等値線は気温を摂氏温度にて表しており、ベクトルで風向と風速を示している。この図より、札幌の周囲に温帯低気圧が位置し、札幌を暖気が覆っていることがわかる。表-1 は、1990 年から 2011 年における冬季の日降水量 10mm を超えた日である。紙面の都合上省略するが、表-1 に表す冬季に大雨がもたらされた他の 18 ケースに関しても同様である。なおここでは、気象庁札幌管区气象台が観測しているデータ³⁾を使用し、1990 年から 2011 年までの期間における札幌で日降雨量 10mm を超える日を抽出して冬季大雨の日と定義をした。冬季の降雨量は記事欄での記号により 10 分間隔で降水を降雨と降雪の判断する。次節にて、低気圧の動きを追跡し、その内容を調べる。

2.2. 札幌に降雨をもたらす温帯低気圧の軌道

低気圧の発生位置とその経路の発生頻度を考察するために、稲津⁴⁾による隣接閉鎖領域トラッキング(NEAT)を用いて低気圧を抽出した。本解析では、NCEP による東西風速、南北風速の 2.5° 間隔のグリッドでの 6 時間

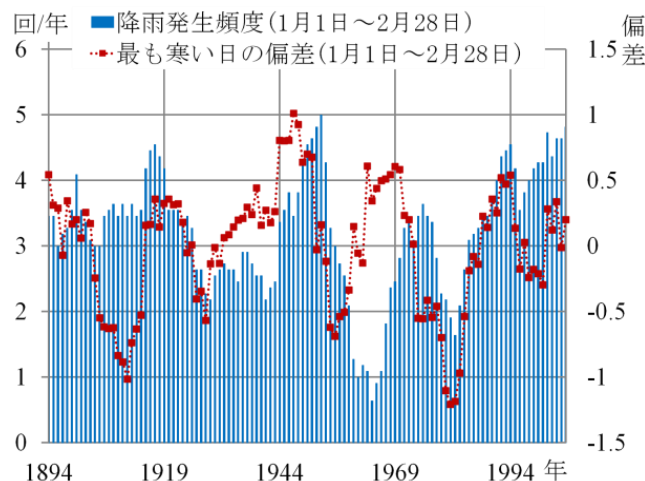


図-1：1 月 1 日から 2 月 28 日までの最高気温における 11 年移動平均の最低地の変動と降雨確率の関係²⁾

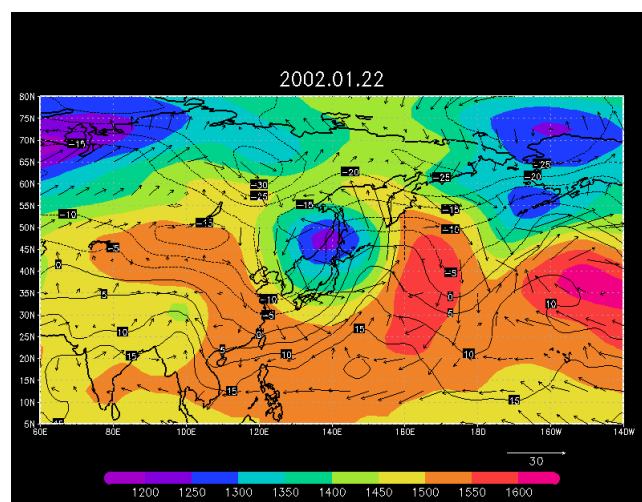


図-2：2002 年 1 月 22 日の 850hPa 場での気温[℃]とジオポテンシャル高度[m]、風向、風速[m/sec]の分布

平均の再解析データをもとに渦度を算出して用いた。

(1) 冬季札幌の低気圧の発生位置

例年年間最低気温が記録される。一年で最も冬が厳しい時期である 1、2 月における 1990 年から 2011 年までの月平均の低気圧発生頻度を図-3(上図)に示す。また、同期間に札幌にて日降雨量 10mm 以上を記録した前後 1 週間ずつ、計 15 日間での低気圧発生頻度を図-3(下図)に表す。なお、札幌に降雨をもたらす低気圧は、8 ケースであった（表-1 中の黒丸）。

	日付			日降雨量[mm/day]	備考
1	2011	12	4	12.2	
2	2010	12	3	44.0	
3	2009	12	6	19.5	
	2009	12	5	13.5	
4	2009	1	23	18.5	●
5	2008	12	31	15.2	
6	2007	12	29	20.6	
7	2007	12	14	15.3	
8	2006	12	27	37.0	
9	2006	2	26	26.0	●
10	2004	2	22	10.5	●
11	2004	2	15	13.0	●
12	2002	1	22	25.0	●
	2002	1	21	52.9	
13	1997	1	2	15.0	●
14	1994	12	9	10.5	
15	1994	2	22	22.5	●
	1994	2	21	22.5	
16	1993	12	27	13.0	
17	1993	12	21	20.8	
18	1992	1	17	11.0	●
19	1990	12	1	23.0	

表-1：1990年-2011年12-2月における
日降雨量10mmを超えた日
(1,2月のデータを備考欄にて黒丸で示す)

1、2月全体として、ヒマラヤ山脈などの影響により空気塊が停滞しやすいシベリア付近と、揚子江付近に多く低気圧が発生していることが見て取れる。また、冬期降雨時期も同様の傾向にある。1、2月全体と冬期降雨時期を比較すると、降雨期間での低気圧の最大発生位置が厳冬季全体と比較して、シベリア付近では高緯度に、揚子江付近では南東に移動していることがみてとれる。この揚子江付近の様子から冬季降雨がもたらされる時期は、偏西風の波長の蛇行の振幅が通常よりも偏重しているなど地球規模の大気循環との対応が推察される。

(2) 冬季札幌の低気圧の軌跡

低気圧の軌跡について図-4に表す。この図では前節と同様の理由で同期間を考察する。1、2月全体での低気圧の中心の経路の密度をカラーチャートで、NCEPの再解析データを用いて降雨をもたらした低気圧の渦の中心を6時間平均のデータをもとに点でプロットし繋ぎ合わせ、折れ線で表示している。折れ線で示した降雨をもたらした低気圧の軌道を見ると、北海道の西側シベリア付近で発生する低気圧は小笠原や日本海付近で発達した低気圧と比較すると降雨をもたらしている頻度は少ない。このことを踏まえると、日本付近の海上で発達した降雨をもたらしている低気圧の経路は高緯度を通過していることが多いといえる。低気圧は偏西風による西風の影響で、北上しながら東に逸れていく。その中で低気圧が高緯度を通過しているということは、暖気が通常よりも北に押し上げられて札幌に雨をもたらしていると考えられ

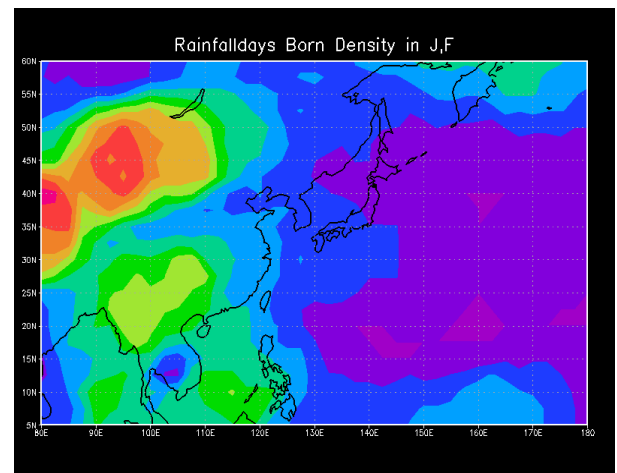
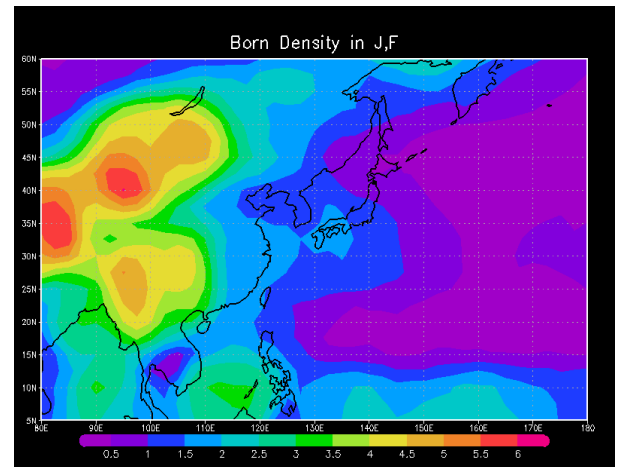


図-3：1、2月における全体での月平均の低気圧発生頻度(上図)と同期間で発生した日降雨量10mm以上の日の前後1週間、計15日間での低気圧の発生頻度(下図)

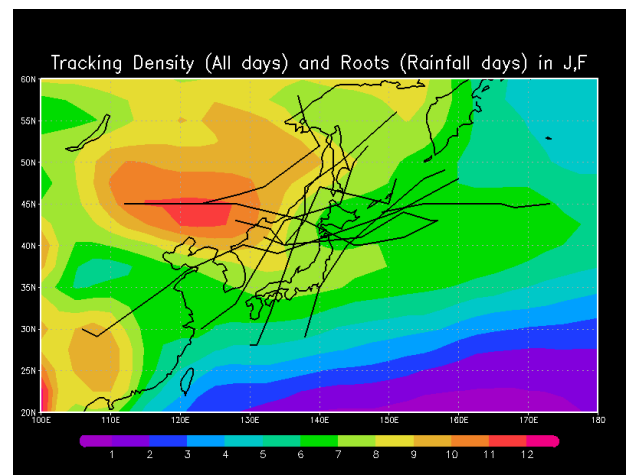


図-4：1、2月における低気圧の通過頻度と同時期における日降雨量10mmを超えた雨をもたらした低気圧の軌道

る。

3. 冬季降雨と偏西風蛇行との関連性

3.1. 札幌降雨時期の偏西風蛇行の波数

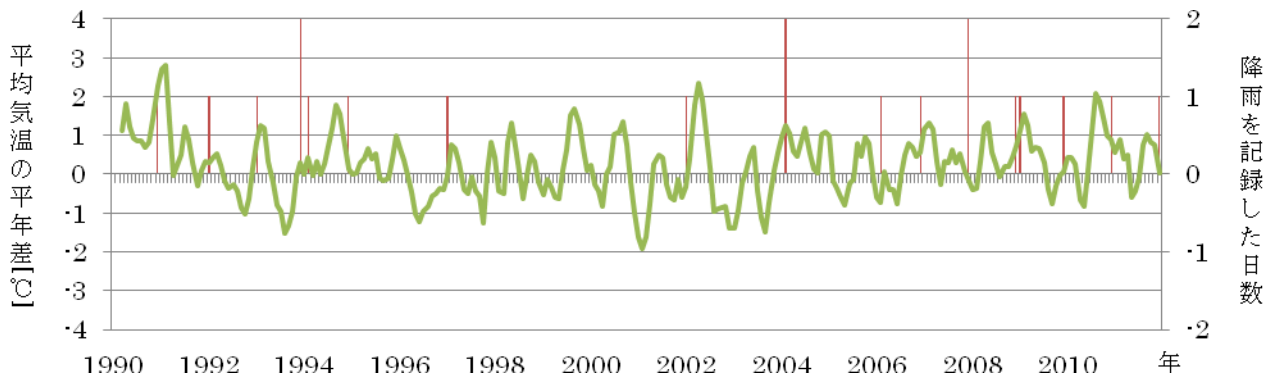


図-6：1990年から2011年における北海道日本海側での平均気温の平年差（緑線）と
冬季札幌で日降雨量10mmを超えた日数（赤線）

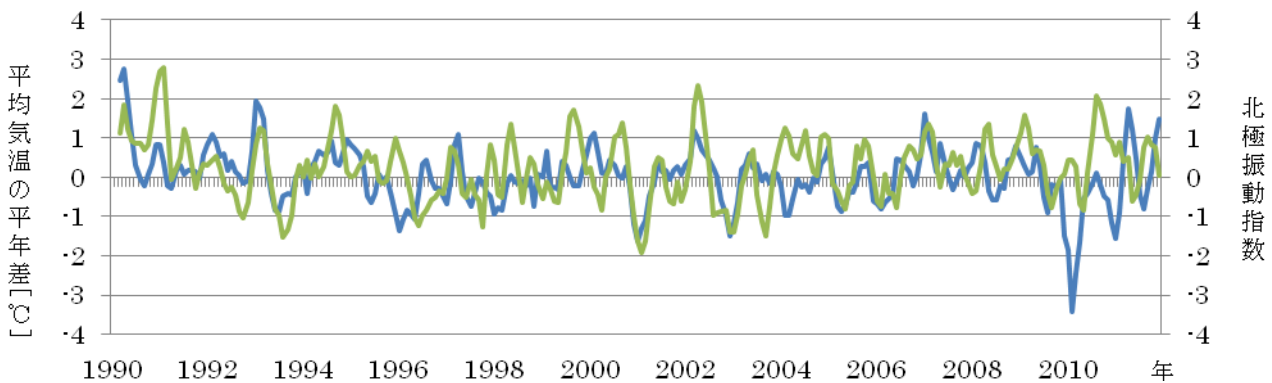


図-7：1990年から2011年における北海道日本海側での平均気温の平年差（緑線）と
北極振動の3ヶ月移動平均値（青線）

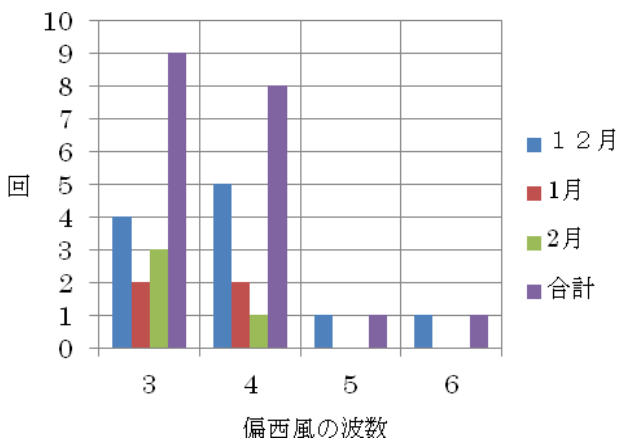


図-5：1990年から2011年12、1、2月における
日降雨量10mmを超えた日の偏西風の波数

偏西風の蛇行が大きくなると、偏西風の波長自体が大きくなり偏西風の波数が少なくなる。この節では偏西風蛇行の特徴を捉えるために偏西風の波数を調べる。図-5は、表-1の1990年から2011年までの冬季札幌で日降雨量10mmを超えたケースでの偏西風の波数を図にまとめたものである。なお、波数の推定は、NCEPの1日平均2.5°間隔のグリッドの海面気圧の再解析データを用い、秦ら⁵⁾を参考にした。中緯度(北緯45度)での気圧の平均値を求め、2.5°間隔の経度の気圧データとの差

の正負の符号により低気圧性と高気圧性の判断し、波数を算出した。

冬季全体の降雨日における偏西風の波数は平均3.7で、ほぼ全ての日で波数は3、あるいは4であった。秦ら⁵⁾が示しているように12、1、2月での平均波数は4から4.5の間であり、それと比較して明らかに波数が少ない。また特徴的であるのは、12月と比較して1月、2月ではさらに波数が少ない傾向にあることが挙げられ、これらの月だけの平均では3.4である。この結果より、1990年以降における札幌での冬季降雨時は偏西風の蛇行が大きい傾向にあることがわかる。

3.2. 冬季降雨の傾向との大気振動の関連性

(1) 冬季降雨と暖冬の関連性

気温が高い暖冬の傾向が示される冬に大雨をもたらされるのかを調べるために、図-6を用意した。気象庁の統計データ³⁾より、北海道日本海側に位置する各気象官署の平年比を計算し、それを地域全体での平均を算出した値の3ヶ月移動平均値を青線で、12、1、2月に日降雨量10mmを超える雨をもたらした回数を赤棒で示す。表-1の日降雨量10mmを超えた19ケースのうち、平年差より高い月は16ケースで、そのうち1℃以上高い月は6ケースにとどまる。一方で例年より低い月が3ケース存在する。暖冬時の方が大雨をもたらしている傾向が

みられるが、1990 年以前の傾向も踏まえて検討する必要があると考えられる。

(2) 北極振動との関連性

大気振動の一つに北極振動が挙げられる。これは北極と北半球中緯度での気圧がシーソーのように相反して変化する傾向があることより、北半球の海面気圧の月平均の平年値からの偏差を主成分分析を行い、その第一主成分として変動を表す指標である。この偏差を北極振動指数といい、これが正であるときは中緯度では高圧偏差が生じ、日本付近では温和な天候が続く傾向にあり、また負であるときは、低圧偏差を生じ、日本付近で寒冷化する傾向にある。

実際に、NCEP が算出したこの指標の 3 ヶ月移動平均の値を図-7 に青線で示し、図-6 同様、北海道日本海側に位置する各気象官署の平年差の 3 ヶ月移動平均値を表した。同図での北極振動指数と北海道日本海側の平均気温の平年差との相関係数は 0.349 であり、札幌に大雨をもたらしたケースを足し合わせると、正であるのは 12 ケース、負であるのは 7 ケースであった。前節の平年差と符号が一致したのは、11 ケースだった。

4. まとめ

本研究では、冬季降雨に対して低気圧の軌道を追い、それで得た傾向から他のデータと照らし合わせて推察した。

2 章では厳冬期大雨時における低気圧の発生位置がシベリア付近では高緯度に、揚子江付近では南東に移動している。これより、日本付近で発生する低気圧の軌道が厳冬期降雨時はより高緯度を通過することで、暖気が通常よりも北上し、偏西風蛇行が偏重している可能性が挙げられた。

冬季全体の温度や大気振動との関係性について 3 章ではみていった。その結果、冬季全体の傾向と照らし合わせ、大雨がもたらされた際、1990 年以降では全体的に

暖冬の傾向がみられた。さらに、偏西風の波数が通常よりも少ないことから赤道付近と北極付近での温度勾配が大きく、蛇行の振幅や波長が大きくなっている傾向があると推測された。

気温が高い暖冬の時期に大雨がもたらされている傾向にはあるが、偏西風の波数の考察より、要因はそれのみにある訳ではなく、他の要因もみていく必要がある。低緯度と高緯度の間での温度勾配が大きいことが示唆されたことから、今後は、地球全体の熱収支の関係から大気循環などを中心にして研究を進める予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたって、北海道大学大学院理学研究院の稲津将准教授には低気圧トラッキングのためのプログラム NEAT の提供を頂くとともに、数々のご助言を頂いた。ここに記して、深甚なる感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 北海道新聞：2002 年 1 月 22 日、朝刊、低気圧大荒れ札幌で住宅浸水。
- 2) 八幡洋成、田中岳、山田朋人：寒冷地における厳冬期の気温変動と降雨現象の特性、平成 23 年度土木学会北海道支部 論文報告集 第 68 号、B-14、2012。
- 3) 気象庁：気象統計情報、<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>
- 4) Inatsu.M.2009：The neighbor enclosed area tracking algorithm for extratropical wintertime cyclones, Atmospheric Science Letters, vol.10, pp267-272, 2009.
- 5) 秦佳弘、山田朋人、泉典洋：地球温暖化に伴う気候変動が大気循環の波数に与える影響、平成 21 年度土木学会北海道支部 論文報告集 第 66 号、B-33、2010。
- 6) 山崎孝治編：気象研究ノート第 206 号「北極振動」、日本気象学会、2004。