

地球温暖化でヤマセは吹走するのか？

菅野洋光 (東京都立大学 都市環境学部地理環境学科)

1. 緒言

地理学は、気候学・地形学・人文地理学・地誌学等、広範な学問分野にまたがっており、人間の歴史や生活に影響する環境を主な研究ターゲットにしている。筆者はこれまで気候学を専攻し、気団気候学を中心とした気象解析により、グローバルな気候変動の解明など広範な研究成果をあげてきた。特に北日本に冷夏・冷害をもたらす「ヤマセ」は、北極海～オホーツク海で形成された寒帯気団の南下に伴う気団変質でもたらされる現象であり、気団気候学的なアプローチが重要かつ必要である。

1960年代は、北日本の夏季の気温は安定しており、極端な暑夏も冷夏も発生しなかった。ところが、1976年の冷夏を端緒として、それ以後、1980年や1993年、2003年の大冷害を中心として冷夏が頻発するようになった。これについては、日本のはるか南で生じているエルニーニョ・ラニーニャ現象が、ロスビー波の伝播を通じて北日本に影響していたことが一義的な原因と考えられる。特に1993年の大冷害は、日本のコメ不足から、外国からコメを輸入する事態にまでなり、大きな社会問題となった。

筆者は、東京都立大学在学中から、北日本(東北地方)の歴史的な冷害・飢饉に関心があり、気団気候学のアプローチからヤマセおよびそれがもたらす冷夏・冷害について研究してきた。ヤマセはそもそも風位方言の一つであり、一見局地的な現象であるが、それをもたらす寒帯気団の強弱には、偏西風の波動、ロスビー波の伝播、赤道太平洋での海水面温度(SST)の変動が関わっており、大規模な気候変動との関係が明白である。そこで、気団解析を中心としたグローバル気候変動および北日本の冷夏に関する研究(例えば、菅野, 1991, 2008b; Kanno and Matsumoto, 1993)をライフワークの一つとして遂行してきた。ここでは、それらの一端を紹介して、地球温暖化が進行しつつある状況で、ヤマセはどのように吹走するのか考えていきたい。

2. ヤマセをもたらす寒帯気団の解析

従来、梅雨前線は寒帯気団と熱帯気団の境界に形成される寒帯前線として認識されてきた。菅野(1988)は、地上気象電報および高層気象観測データを用いた前線解析から、海洋性寒帯気団(Pm気団)の高さは2000m程度で、梅雨前線の北方で気団変質をおこしており、梅雨前線までは達していないこと、梅雨前線は上空の亜熱帯ジェット気流に伴って形成される亜熱帯前線であることを明らかにした(図1)。ヤマセは、このPm気団が海洋からの加熱により気団変質を起こして北日本の太平洋沿岸に達した時に低温・寡照をもたらす現象である(菅野, 1993a; 1993b)。

筆者は、東北地方に展開する空間的に詳細なアメダス気象データおよび高層気象観測データを用いた多変量解析により、ヤマセを7つに分類し、それぞれの類型ごとの低温分布、夏季の出現パターンと冷夏の特徴について取りまとめた(Kanno, 1997)。また、アメダスおよび現地気象観測データを用いて、農業に直接的に影響を及ぼすメソスケールでのヤマセの実態を明らかにした(菅野ほか, 2000)。

3. ヤマセに特化したメッシュ気象情報システムの開発

ヤマセによる農作物への影響を評価・予測するためには、詳細な気象要素の分布を把握する必要がある。そこで、東北地方のアメダス日データを目的変数、標高や地形因子、海岸からの距離等を従属変数として、日々重回帰分析を行い、ヤマセの吹走に合わせた1km四方メッシュ気温データの自動作成システムを開発した(菅野, 1997)。その後、2003年の大冷害を受けて、それまで運用されていた東北地方水稻冷害早期警戒システムを高度化したが(菅野, 2008a)、それは、先だって開発した1kmメッシュ気温データに1kmメッシュ気象予測データを加え、1週間先までの低温予測のほか、病害(イネいもち病、イネ紋枯病)発生予測情報等を併せて提供するものになった(図2)。この新たなシステムでは、地図情報をGoogleマップとし、ユーザーが自分の圃場の位置を入力し、水稻の作付け品種や移植日を入力することで、その地点の気象経過に応じた生育状況を把握できた。また、同様に自分の圃場スケールで病害の発生予測情報も活用できた(大久保ほか, 2015; 紺野ほか, 2015)。本システ

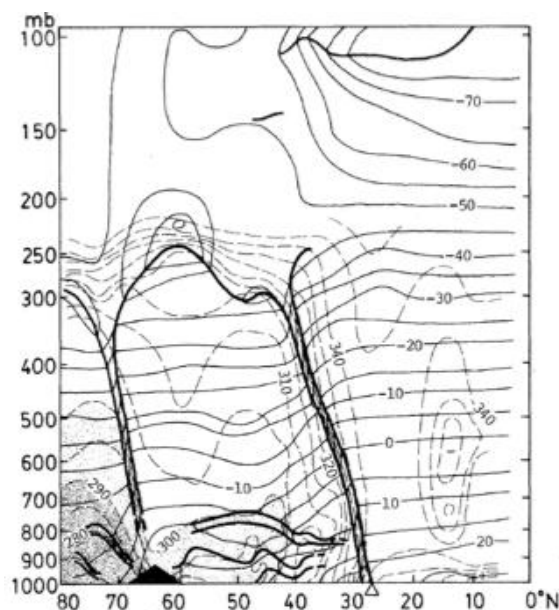


図1 140°Eに沿った鉛直断面(1985年6月1日)

ムでは、気象データの利活用を課題としていた気象庁および岩手県立大学ソフトウェア情報学部との共同研究を通じて、産学官の連携を図ることができた。また、ユーザー数も東北地方で500名以上をカウントし、季節を通じて有意義な農業気象情報を提供してきた。現在は、東北地方向けには提供情報量を縮小した農業気象情報を東北農業研究センターHPから提供している(<https://www.tarc-agrimet.affrc.go.jp>)ほか、農研機構では全国を対象としたメッシュ農業気象データシステムを新たに構築しており、暖候期の低温のほか、近年顕著になっている高温についても有意なデータ提供をしている

(https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start)。

4. 地球温暖化と将来のヤマセ

北日本の夏季の天候に大きな影響を持つオホーツク海高気圧は、偏西風の蛇行による寒気の南下とともに、赤道太平洋西部域の対流活動のエネルギー伝播によるロスビー波(PJパターン)の相互作用によって強化される(菅野, 2008b)。そのため、特に1980年代～2000年代前半にかけて、ENSO(エルニーニョ・南方振動)と北日本の夏季の天候とは密接に関係していた(Kanno, 2004)。例えば、1993年および2003年の大冷害の翌年は一転して暑夏となったが、これはエル・ニーニョおよびその後の南シナ海における海水面温度の東西コントラストで説明できる。

また、1998年を境として、それ以降、北日本の夏季天候に特徴的な変化が現れ、4月と8月の気温に強い負の相関関係がみられるようになった(Kanno, 2013)。これは、4月と8月に日

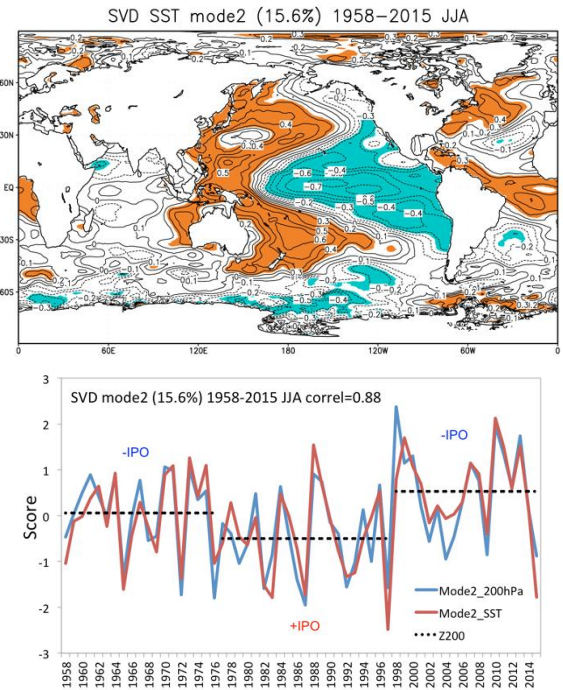


図3 200hPa高度とSSTにSVD解析を行った結果(1979～2015年6月～8月)。上)モード2のSSTの異質相関マップ、下)SVD解析のモード2の時間変化

本付近に吹走するジェット気流の位置および強度が密接にリンクしており、4月に北日本に寒気をもたらす年にはジェット気流は本州南岸付近で強く(4月低温)、8月にはジェット気流の北上で熱帯気団の北上をもたらし(8月高温)、逆に4月が高温の場合は本州南岸のジェット気流は弱く、8月にはジェット気流は北上せず、北日本に低温をもたらすことがわかった。この関係は1998年頃から顕在化しており、England *et al.* (2014)の指摘する負のIPO (Interdecadal Pacific Oscillation)の開始と一致しており、同時期は温暖化の停滞(hiatus)の開始と一致している。すなわち、ラニーニャモードが強まり、太平洋熱帯海洋が大気の熱を吸収していたため、地球の気温上昇が鈍化したと考えられている。200hPa高度場と海水面温度(SST)に特異値分解(SVD)を施したところ、それらの相関は1998年頃を境として不連続的に上昇していた。これから、1998年以降は、ENSOによるSSTパターンと中緯度の高度場とが連動して北半球の大規模場に影響を及ぼしていることがわかった(図3)。

また、気候モデル(MIROC5, MRI-CGCM3)を用いて、将来のヤマセの出現予測を行った(Kanno *et al.*, 2013)。ヤマセの吹走頻度は、PDWSインデックス(Kanno, 2004)を用いて算出した。その結果、2100年まで、北日本の夏季の気温は上昇を続ける一方で、ヤマセも現在気候とあまり変わらない頻度で出現していることが予測され、それに対応した気温低下が認められた(図4)。すなわち、地球温暖化で北日本の気温が上昇し、それに合わせて農業も適応させていった場合、ヤマセによりもたらされる相対的な低温は、気温絶対値は現在よりも高くとも、将来気候下で栽培されているイネなど農作物にとっては障害になる可能性があると考えられる(Kanda *et al.*, 2014)。

なお、菅野(1993a)による判定基準を用いてヤマセの最近

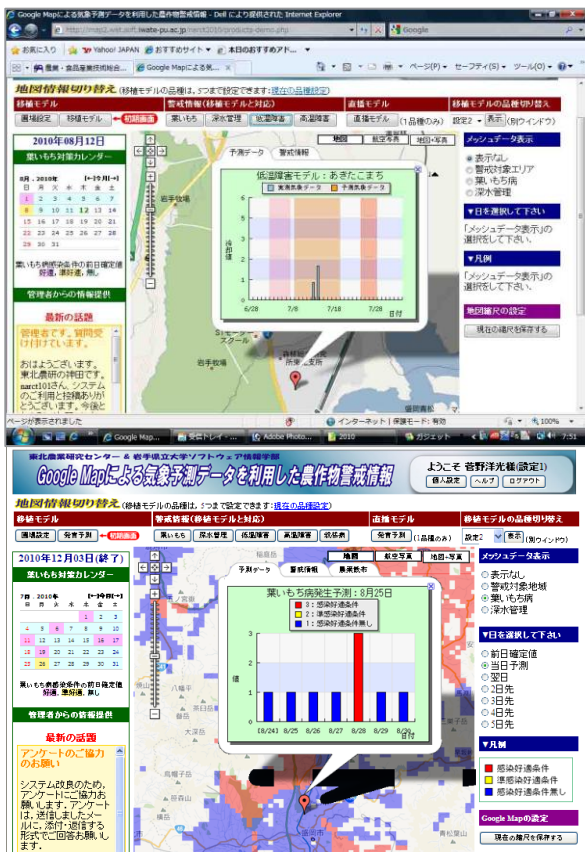


図2 Googleマップウェブ早期警戒システム

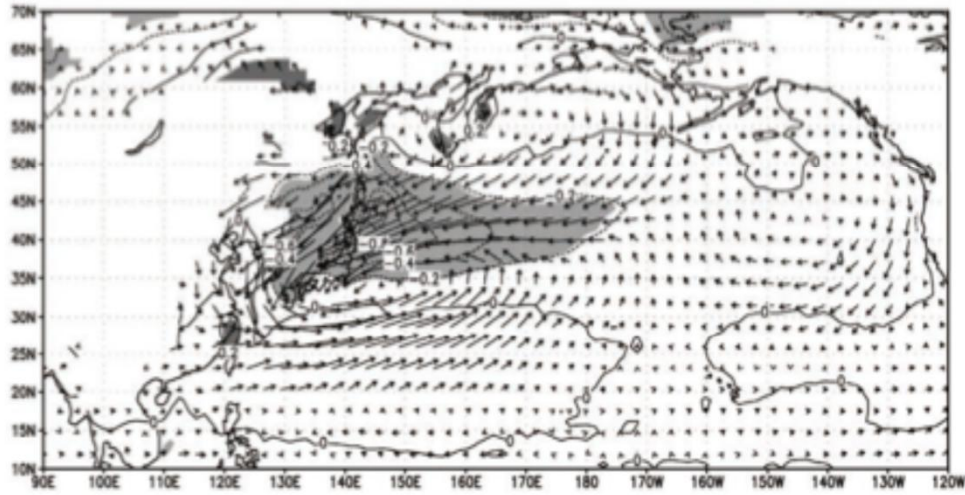


図4 MIROC5を用いたPDWS(ヤマセインデックス)と1000hPa気温および風の回帰(2006-2100年6月～8月)
陰影域は統計的に有意な範囲を示す。

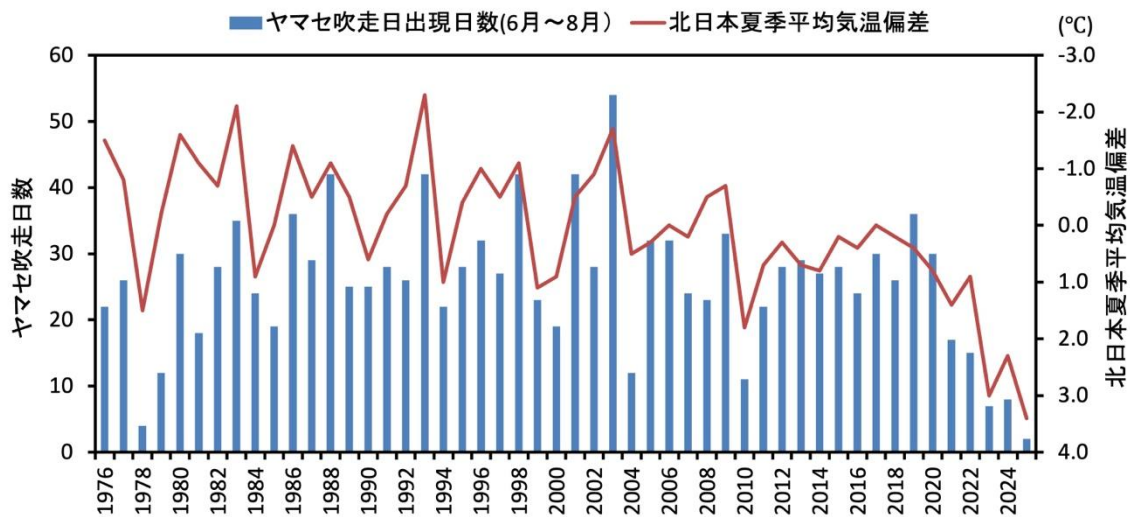


図5 ヤマセ吹走日数と北日本夏季(JJA)平均気温偏差との関係(1976-2025年)
北日本の気温偏差は上下を逆に表示しているので注意(上ほど低温、下ほど高温)

の発現状況を見ると、2020年までは、1シーズン(6月～8月)に20日～30日程度ヤマセが吹走していたが、2021年以降急減し、2023年は7日、2024年は8日、そして2025年わずか2日と非常に少なくなっている(図5)。2025年は北日本の夏季気温偏差が+3.4℃とかつて無いほど高温であった。地球温暖化の顕在化とともに、北日本近海のSSTが高温になっており、ヤマセが吹走しにくい状況になりつつあることが明らかである。しかしながら、繰り返しになるが、ヤマセ型の気圧配置パターンが将来にも出現する可能性がある以上、気温上昇による高温に合わせた農業には、相対的な低温による被害リスクがあると考えておくべきであろう。

5. まとめ

北日本に冷夏・冷害をもたらすヤマセについて、主に気団気候学の視点から研究を進めてきた。かつては、梅雨前線は北の

海洋性寒帯気団(Pm)と南の海洋性熱帯気団(Tm)との間に形成される寒帯前線であると認識されていたが、詳細な気団解析の結果、梅雨期のPm気団は高さが低く、前線の北方で気団変質していること、梅雨前線は上空の亜熱帯前線に伴って形成される亜熱帯前線であることが明らかとなった。ここで、変質したPm気団が北東風とともに侵入して北日本に低温・寡照をもたらすのがヤマセである。

ヤマセはそのグレードによって局地的な低温や大規模な冷夏・冷害を引き起こすが、それらはエルニーニョ・ラニーニャ現象や気候のステージによって影響される。これはすなわち、ヤマセをもたらすオホーツク海高気圧が太平洋西部熱帯域の対流活動のエネルギーをロスビー波経路で受けているため、ヤマセは決して局地的な現象ではなく、地球規模で引き起こされる現象であることがわかる。そのため、中長期的な時間スケールで認識される気候変動・気候ステージとの関連は明確であり、グローバルな視点での解析・把握が必要である。

筆者は、ヤマセと農業被害との関係を明らかにするべく、東北地方メッシュ気象データの開発、それを実用的に運用するウェブシステムを構築した。1km メッシュで圃場の含まれる高解像度の情報が得られ、気象予測データも計算に入れてイネの成長予測や病害発生リスク情報を提供した。現在は、農研機構から全国に展開するメッシュ農業気象システムから詳細な農業気象情報が提供されている。

将来の気温上昇下でも、ヤマセは現代気候とそれほど変わらず吹走することが予想されている。その際ヤマセの気温絶対値は高くなっているものの、気温上昇に合わせて農業技術が進展している場合、相対的な低温による被害が発生する可能性がある。気候変動の監視とともに、ヤマセに関する研究は将来にわたって必要であると考えます。

謝辞

この度は、2025 年度日本農業気象学会永年功労会員という栄誉ある称号を付与していただき、大変ありがたく、光栄に存じております。今回の受賞に際し、格別のご配慮を賜りました日本農業気象学会 前会長の富士原 和宏先生、会長の荊木 康臣先生、副会長の広田 知良先生をはじめ、関係の先生方に厚く感謝の意を表します。私の研究の発端は、もうお亡くなりになりました、東京都立大学名誉教授の前島 郁雄先生のご指導によるものです。ここで改めて厚く御礼申し上げたいと思います。

引用文献

- England HM, McGregor S, Spence P *et al.*, 2014: Recent intensification of wind-driven circulation in the Pacific and the ongoing warming hiatus. *Nature Climate Change*, **4**, 222-227.
- Kanda E, Kanno H, Okubo S, Shimada T, Yoshida R, Kobayashi T, Iwasaki T, 2014: Estimation of cool summer damage in the Tohoku district based on the MRI AGCM. *Journal of Agricultural Meteorology*, **70**, 187-198.
- 菅野洋光, 1988: 東アジアにおける梅雨期の寒帯気団. 地理学評論, **61A**, 615-631
- 菅野洋光, 1991: 北極域からユーラシア大陸東部中高緯度における気団の季節変化. 地理学評論, **64A**, 225-243.
- 菅野洋光, 1993a: 青森県八戸におけるヤマセと海風の気温・湿度の差異とその季節変化. 天気, **40**, 751-757.
- 菅野洋光, 1993b: 東北地方における 1993 年冷夏と冷害の実態—大気およびヤマセの構造—. 農業気象, **49**, 189-192.
- Kanno H, 1997: Classification of the Yamase (cold northeasterly wind around northeastern Japan) based upon its air-mass vertical structures. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **75**, 1053-1071.
- 菅野洋光, 1997: ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象, **53**, 11-19.
- Kanno H, 2004: Five-year cycle of north-south pressure difference as an index of summer weather in Northern Japan from 1982 onwards. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **82**, 711-724.
- 菅野洋光, 2008a: 「気象予測データを利用した農作物被害軽減情報サービス」の開設. 農業および園芸, **83**, 241-249.
- 菅野洋光, 2008b: 北日本の冷夏とグローバル気候システム変

動. 地学雑誌, **117**, 1077-1093.

- Kanno, H. 2013: Strongly negative correlation between monthly mean temperatures in April and August since 1998 in Northern Japan. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **91**, 355-373.
- Kanno H, Matsumoto J, 1993: Seasonal phase lock of temporal and spatial variations of the lower cold air in the winter northern hemisphere. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **71**, 111-122.
- 菅野洋光, 徐 健青, 小沢 聖, 2000: ヤマセと海風の地域的な気象特性と中山間地(岩手県久慈市～山形村)への侵入. 農業気象, **56**, 11-23.
- Kanno H, Watanabe M, Kanda E, 2013: MIROC5 predictions of Yamase (cold northeasterly winds causing cool summers in northern Japan). *Journal of Agricultural Meteorology*, **69**, 117-125.
- 紺野祥平, 大久保さゆり, 菅野洋光, 福井 真, 吉田龍平, 岩崎俊樹, 小林 隆, 2015: アンサンブルハインドキャスト実験結果を用いたイネ葉いもち感染確率予報の精度検証. 天気, **62**, 759-764.
- 大久保さゆり, 菅野洋光, 小林 隆, 2015: 高解像度気象データを用いた東北地方におけるイネ葉いもち発生予察モデル (BLASTAM) の検証. 天気, **62**, 5-15.