

平成 29 年度研究成果報告書

『東北地域における気象・気候情報の高度利用』

平成 30 年 4 月

ヤマセ研究会

目次

ヤマセ研究会.....	3
平成 29 年度成果.....	4
1. 東アジア冬季モンスーンの季節進行とその将来変化.....	5
2. 東北地方の気候の変化と将来予測	9
3. 東北地方における極端な短時間強雨の変化.....	12
4. d4PDF を用いた東北地方における極端な低温の将来変化予測.....	15
5. SI-CAT プロジェクトにおける力学 DS データセットの構築.....	17
6. CMIP5 マルチモデルデータにおける温暖化時の北太平洋の海霧変化.....	19
7. 青森県周辺の洋上風況	21
8. 再生可能エネルギー分野における気象情報の利用.....	23
9. 東北地方における太陽光発電の発電量出力推定.....	24
10. NHRCM における地表面日射量の再現性評価.....	28
11. 農作物病害予測情報の支援に向けた宮城県における週間葉面湿潤度予報.....	30
12. 北海道の小麦とばれいしょの収量減少傾向の気象的要因.....	32
13. 気候変動による水稻収量および品質の広域影響評価.....	33
14. 過去の気象データによる水稻栽培の意思決定支援	36
15. イネ葉面濡れ時間の相対湿度を用いた推定方法（その2）.....	38
16. 気象予測値を用いたカンシャコバナネナガカメムシの防除適期予測の精度検証... ..	40
17. 気候変動に伴うコメ収量の安定性の評価.....	42
18. 東北地方における作物生育と晩霜害の将来予測	43
19. ヤマセデータベースと 2017 年の特徴.....	44
20. 2017 年夏のヤマセについて.....	47
21. 2017 年 7 月末～8 月中旬のヤマセ発生時の循環場の特徴.....	52
22. d4PDF を用いたヤマセの再現性評価と将来変化.....	55
23. ENSO と寒気流出.....	58

ヤマセ研究会

ヤマセ研究会は、東北地域で最も関心の持たれる気象現象の一つであるヤマセへの理解を深め、予測精度の向上と気象情報の高度利用を目指して、2009年に発足した。研究会の基盤であった文部科学省受託研究「気候変動適応研究推進プログラム」(RECCA、2011～2015年度)の終了を受け、研究会の今後について検討した。その内容は平成27年度研究成果報告書『東北地域における気象・気候情報の高度利用』に「ヤマセ研究会のこれから」(岩崎俊樹)として記されている。研究会の新たな目標として、気候変動・温暖化情報の高精度化と気象・気候情報の高度利用技術の開発を掲げ、継続することとした。新目標の全文は、平成27年度成果報告書の冒頭に掲載されている。

新たな目標と、開催の補助を受けた文部科学省の「気候変動適応技術社会実装プログラム」(SI-CAT)に対応して、研究会のテーマはヤマセに限らず幅広く以下の内容を対象とした。

- (1) 東北地域の温暖化とその適応策
- (2) 気象観測、気象予測・気候予測情報の高度利用
- (3) 関連する数値モデル技術の向上

本研究会での議論とこの報告書が、東北地域での気象・気候情報の活用に資し、今後の新しい研究、応用の種となることを願ってやまない。

東北大学 山崎 剛

第14回ヤマセ研究会の開催

第14回ヤマセ研究会は平成30年2月19日から20日にかけて、仙台市の東北大学青葉山北キャンパス物理系研究棟において開催した。開催にあたり、気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の補助を受けた。

平成 29 年度成果

1. 東アジア冬季モンスーンの季節進行とその将来変化

早崎将光（一般財団法人 日本自動車研究所）

a) 要旨

CMIP5 現在気候再現および将来予測（RCP4.5 および 8.5 シナリオ）を用いて、ユーラシア大陸における寒気吹き出し活動と日本付近における急発達する低気圧（爆弾低気圧）活動を調査した。寒気吹き出し活動は、寒候期を通して高緯度側では弱体化・中緯度域では晩冬～初春期に強化すると予測された。また、日本付近の爆弾低気圧の活動は、(1)南岸低気圧型（PO-O タイプ）の頻度は減少・弱体化、(2)オホーツク海型（OJ タイプ）は現在気候並みの頻度・強度を維持と予測するモデルが多かった。

b) 本文

(1) はじめに

将来の地球温暖化に伴い、高温・豪雨などの極端現象が増加する可能性が指摘されている。一方、日本・東アジアの寒候期の天候に大きな影響を与える寒気の吹き出しや低気圧活動に関しては、半球スケールの将来変化は多くの報告例があるものの、地域スケールでの将来変動動向は十分な知見がない。本研究では、寒候期の東アジアの日々の天候を特徴付けるこれら大気現象について、複数の全球大気海洋結合モデルの将来予測結果を解析する。

(2) 使用データと解析手法

CMIP5 モデル群から、水平格子間隔の小さい 7 モデルを選択した（CCSM4, CESM1-BGC, CMCC-CM, CNRM-CM5, MIROC5, MRI-CGCM3, BCC CSM 1-1(m)）。現在気候再現（解析期間：1981-2000 年）および RCP4.5・RCP8.5 シナリオ（2081-2100 年）を用いて、現在気候の再現性確認とその将来変化とを検討した。

寒気吹き出し活動は先行研究にて多種多様な指標があり、特定地域の気象業務に特化した指標が作られることも多い。本研究では、(1) 政策担当者など気象学の非専門家でも理解しやすい、(2) 観測値にも適用可能な指標である、などの観点から、CMIP5 モデルの日平均地上気温（ T_{2m} ）を用いて寒気吹き出し活動を評価した。具体的には、日平均気温の前日との気温差（ $\Delta T_{2m} = T_{2m}(\text{day}=0) - T_{2m}(\text{day}=-1)$ ）を月別に集計（20 年間で月別サンプル数：約 600 個）し、得られた ΔT_{2m} の 10 パーセンタイル値を「寒気吹き出しに伴う気温低下」（daily cooling intensity; DCI）として解析に用いた。

低気圧活動にも様々な指標が考案されているが、本研究では個々の低気圧の検出・追跡を用いた。低気圧検出・追跡は Hayasaki and Kawamura (2012) と同じく、SLP（6 時間間隔）の極小点を検出・追跡する古典的な低気圧トラッキング手法を使用した。日本付近（ $30^{\circ}\text{-}50^{\circ}\text{N}$, $130^{\circ}\text{-}150^{\circ}\text{E}$ ）を通過する低気圧から、急発達する低気圧（最大発達率が 1.0 bergeron 以上. bergeron は 12 時間あたりの気圧低下量を 60°N で緯度補正）を選択した。

図 1 に示すように、解析した CMIP5 モデルには、日本付近の低気圧主要経路の位置が現実大気 (JRA55 ; 右) と良く対応するモデル (MIROC5 ; 中央) もあるが、あまり類似しない空間分布を示すモデル (CCSM4 ; 左) もある。ただし、寒候期の全低気圧個数や月別個数などの統計値を現実大気の結果と比較すると、概ね整合的であった。

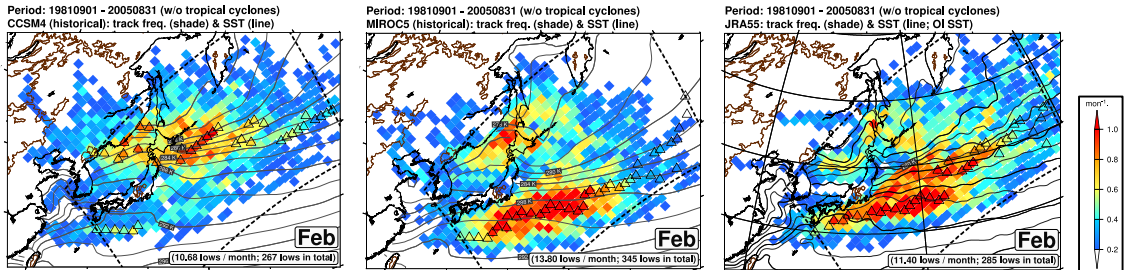


図 1 : 2 月平均の低気圧経路頻度 (単位 : 個数/月). (左) CCSM4, (中央) MIROC5, (右) JRA55.

(3) 寒気吹き出し活動の将来変化

現在気候の DCI を図 2 に示す。DCI は、海氷縁辺部や大陸上の高緯度内陸部で大きい。海氷縁辺部は、海氷被覆域と open ocean 領域とが近接するために気温の水平傾度が大きく、総観規模擾乱通過時の気塊輸送に伴い気温変動が大きくなると考えられる。一方、ユーラシア大陸上では、60°N 付近の西シベリア低地を中心に DCI が極小となり、その極小域は南東の東アジアに向かい伸びている。このような DCI 極小域の空間分布は、東アジアへの寒気吹き出し経路と良く対応している。

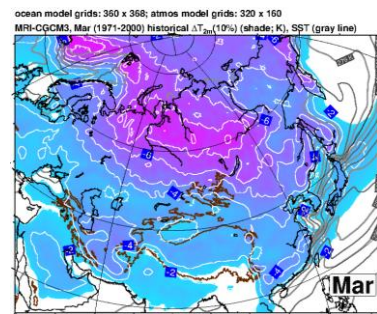


図 2 : 3 月平均 DCI (使用モデル : MRI-CGCM3).

DCI 将来変化 ($\Delta DCI = DCI_{21C} - DCI_{20C}$) を図 3 に示す。全般傾向として、高緯度域では DCI 弱化 ($\Delta DCI > 0$) となる。一方、大陸上の中緯度帯 (30°-40°N) では、DCI が強化 ($\Delta DCI < 0$) する。これは解析に使用したモデル全体でほぼ一貫してみられた。

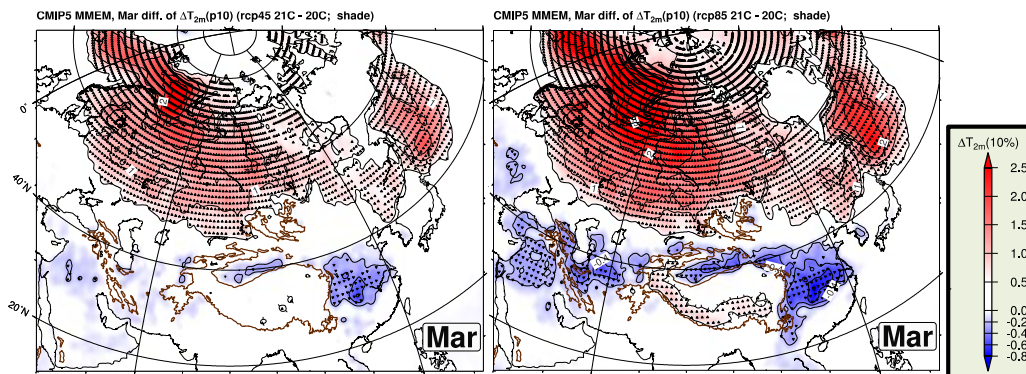


図 3 : 3 月におけるマルチモデル平均 DCI の将来変化 (ΔDCI). (左) RCP4.5, (右) RCP8.5.

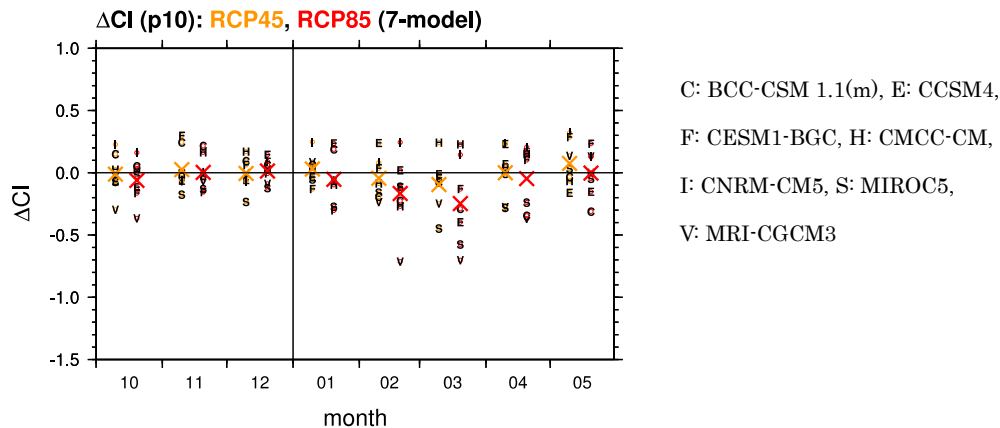


図 4：寒候期（10 月-5 月）の中国南東部（25°-40°N, 100°-120°E）での領域平均 Δ DCI。アルファベットはモデルの識別子。各月の左列が RCP4.5, 右列が RCP8.5。色つき×印は各月・シナリオのマルチモデル平均 Δ DCI。

中緯度域での Δ DCI 強化の季節性やシナリオ間の差違を見るため、月別の領域平均 Δ DCI を図 4 に示す。将来気候変化が DCI 強化 (Δ DCI < 0) となるのは、2-3 月である。また、RCP4.5 よりも RCP8.5 シナリオの方が大きく DCI 強化すると予測されている。

このような季節性をもたらす要因について、高低気圧活動（ブロッキング高気圧も含む）や地上積雪分布の将来変化との関連性に着目し、さらなる解析をおこなっている。

（4）爆弾低気圧活動の将来変化

日本付近を通過する爆弾低気圧は、主に 3 つの経路を取ることが指摘されている (Yoshida and Asuma, 2004) :

- Pacific Ocean-Ocean (PO-O) : 東シナ海など海洋で発生, 太平洋上で最大発達
- Pacific Ocean-Land (PO-L) : 大陸上で発生, 太平洋上で最大発達
- Okhotsk-Japan Sea (OJ) : 日本海・オホーツク海で最大発達

頻度の内訳は、PO-O タイプが最大頻度（全個数の約半分）で、PO-L や OJ タイプはそれぞれ約 20%程度である。本研究でも長期再解析データ（JRA55, CFSR, ERA-Interim）で検出した爆弾低気圧にこの経路タイプ区分を適用したところ、上記とほぼ同じ結論を得た。CMIP5 の現在気候実験で検出した爆弾低気圧にも同じ経路区分を適用したところ、全モデルで PO-O タイプ頻度が若干の過小評価（全 6 モデルで全爆弾低気圧個数の 30%~46%程度）、OJ タイプ頻度を過大評価（同じく 20%~32%）していたが、それらの季節進行は前述の先行研究と類似していた。

これら爆弾低気圧の将来変化（RCP8.5 シナリオ）をみると、寒候期全体の個数は全てのモデルで減少（最大で約 2 割減）していた。ただし、経路タイプ別に見ると PO-O タイプ頻度が大幅に減少する（全 6 モデルで全爆弾低気圧個数の 26%~39%）一方で、OJ タイプ頻度は 20 世紀末と同程度であった（同じく 26%~37%）。この結果は、先行研究で指摘され

た「温暖化による低気圧経路の北偏」（例えば Mizuta, 2012）とも整合的である。また、爆弾低気圧の強さ（中心気圧の水平ラプラシアン）の将来変化も検討したところ、PO-O タイプはほぼ全モデルで弱体化傾向（最大で約 1 割程度）であった（図 5）。OJ タイプでは 20 世紀末とほぼ同程度だったが、モデル毎のバラツキも大きい。今後、これら将来変化予測をもたらすプロセスやモデル間の差違の要因を理解するため、低気圧急発達過程、例えば上層ジェット的位置・強さや発達期の上層渦・潜熱量、などに関して詳細な検討が必要と思われる。

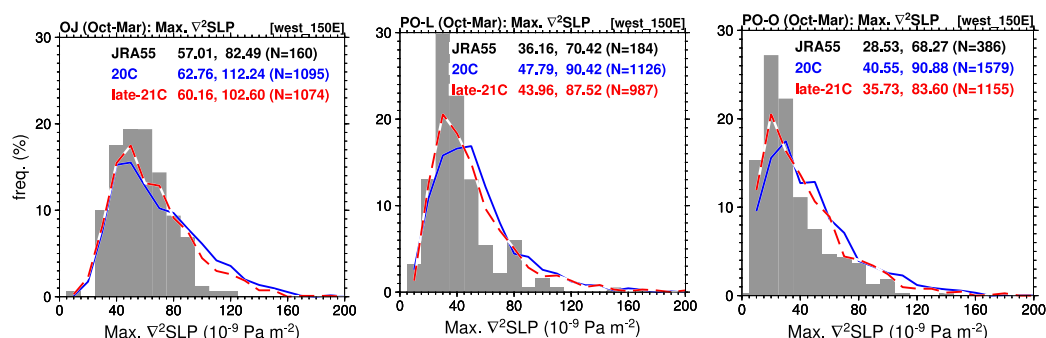


図 5：寒候期における爆弾低気圧の最大強度 ($\nabla^2\text{SLP}$) の頻度分布. (左) OJ, (中央) PO-L, (右) PO-O タイプ. グレーの棒グラフが JRA55, 青は 20 世紀末, 赤は 21 世紀末. 図中上段の数値は, $\nabla^2\text{SLP}$ の中央値および 90 パーセンタイル値. 括弧内は爆弾低気圧個数 (6 モデル合計)

c)参考文献

- Mizuta, R., 2012: Intensification of extratropical cyclones associated with the polar jet change in the CMIP5 global warming projections, *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L19707, doi: 10.1029/2012GL053032.
- Hayasaki, M., and R. Kawamura, 2012: Cyclone activities in heavy rainfall episodes in Japan during spring season, *SOLA*, **8**, 045-048.
- Yoshida, A., and Y. Asuma, 2004: Structures and environment of explosively developing extratropical cyclones in the Northwestern Pacific region, *Mon. Weather Rev.*, **132**, 1121-1142.

2. 東北地方の気候の変化と将来予測

山田賢（気象庁気候情報課）

a)要旨

東北地方における気候の長期変化について、気象庁による観測結果及び気象庁気象研究所の気候モデルによる将来予測結果をまとめた。観測結果から、東北地方では長期的な気温の上昇、真夏日の増加・冬日の減少など、地球温暖化による影響と思われる変化傾向がみられた。また RCP8.5 シナリオに基づく気候モデル実験結果から、将来地球温暖化がさらに進むと、真夏日等がさらに増加し、大雨・短時間強雨の増加、無降水日数の減少という傾向がみられた。

b)本文

(1) はじめに

現在、地球温暖化が進行する中、緩和策はもとより適応策の重要性が高まっている。気候変動対策の検討には、観測事実からみられる地球温暖化の特徴や、最新の科学的知見に基づいた予測情報が不可欠である。また、地域における適応が推進されている現在、より詳細な領域を対象とした観測事実・将来予測の情報が求められている。気象庁では 1996 年（平成 8 年）より数年ごとに「地球温暖化予測情報」を公表しているが、2017 年（平成 29 年）3 月には、RCP8.5 シナリオに基づく将来予測として「地球温暖化予測情報第 9 巻（以下、第 9 巻）」（気象庁, 2017）を公表した。今回は東北地方における、観測事実及び「第 9 巻」に基づいた将来予測の特徴について示す。

(2) 東北地方における温暖化の特徴

(i) 観測事実

本節では観測結果から確認できる地球温暖化の特徴について述べる。

初めに気温の特徴について説明する。仙台管区気象台における平均気温は 100 年あたり 2.4℃の割合で上昇しており、真夏日の年間日数は 10 年あたり 0.9 日の割合で増加（信頼度水準 90%以上で統計的に有意）している（図 1 左）。また、熱帯夜日数の増加や冬日日数の減少なども有意な傾向として確認できる。

次に、降水の特徴について述べる。年降水量偏差（全国平均）の長期的な変化傾向は確認できないが、日降水量 100mm 以上の年間日数（全国平均）は増加（信頼度水準 99%で統計的に有意）しており、1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数（全国平均）も増加（信頼度水準 99%で統計的に有意）している（図 1 右）。なお、この傾向は東北地方における観測結果からも確認することができ、東北地方においても大雨・短時間強雨が有意に増加している。一方、無降水日数（日降水量が 1mm 未満の日数）も増加する傾向（信頼度水準 99%で統計的に有意）がみられている。

これら気温・降水の変化傾向は、地球温暖化による特徴が現れているものと考えられる。

(ii) 将来予測

本節では、「第9巻」に基づいた21世紀末の東北地方の将来予測について述べる。「第9巻」ではRCP8.5シナリオを想定し、MRI-AGCM3.2Sモデルの結果をNHRCM05モデルにより力学的ダウンスケーリングした結果を用いている（詳細は第9巻参照）。

まず、気温に関しては全国平均した年平均気温が4.5°C上昇すると予測されている。宮城県平均における気温の年間階級別日数の変化傾向（図2左）に着目すると、真夏日日数は平年値の約3倍に増加、冬日日数は約1/3に減少する。また、現在はほとんど発生しない猛暑日・熱帯夜日数も将来気候では大幅に増加する。

次に、降水の特徴に関しては、東北地方の平均値では日降水量100mm以上の年間日数が約2倍に増加し、現在ほとんど発生しない1時間50mm以上の年間発生回数が大幅に増加することが予測されている（図2右）。また、無降水日数（日降水量が1mm未満の日数）も増加する。

以上の特徴から、最も高レベルの温室効果ガス排出が続く場合、21世紀末の東北地方では、熱中症リスクの増大や大雨による自然災害リスクの増加、干ばつリスクの増大などの影響が考えられる。

(3) まとめ

今回は、観測事実及び将来予測から得られる東北地方の地球温暖化の特徴についてまとめた。観測結果からは、長期的な気温の上昇、真夏日の増加・冬日の減少などの有意な変化が確認できた。またRCP8.5シナリオに基づく気候モデル実験結果からは、将来地球温暖化がさらに進むと21世紀末の東北地方では、真夏日等がさらに増加し、大雨・短時間強雨の増加、無降水日数の増加という特徴がみられた。以上から、現在進行している地球温暖化の特徴が、将来予測においてさらに明瞭に現れており、よりいっそうの緩和策・適応策を進めていく必要がある。

c)参考文献

気象庁, 2017: 地球温暖化予測情報第9巻.

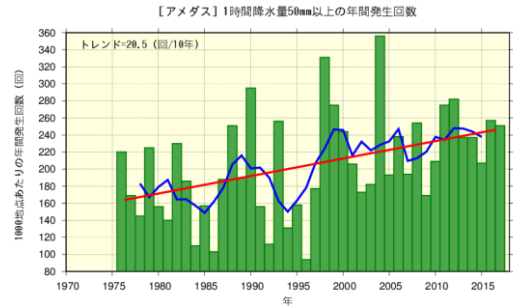
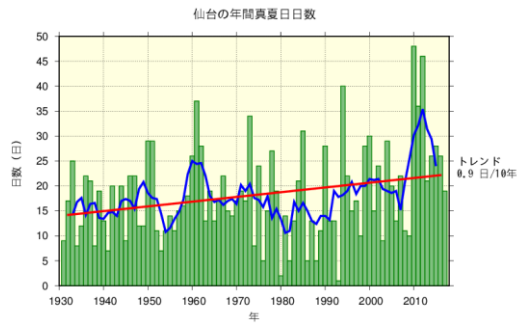


図 1 観測事実から見られる温暖化の特徴

左図:仙台管区気象台における、真夏日(日最高気温 30℃以上)の年間日数の経年変化(1931-2017 年)。
 右図:全国約 1,300 地点の地域気象観測所(アメダス)で観測された 1 時間降水量 50mm 以上の発生回数の経年変化(1976-2017 年)。各年の値は年間日数の合計を 1,000 地点あたりに換算した値で、1,000 地点あたりの年間日数を意味する。
 両図とも、棒グラフは各年の値、折れ線は 5 年移動平均値、直線は期間にわたる変化傾向(信頼度水準はそれぞれ 90%以上、99%以上で有意)を示す。

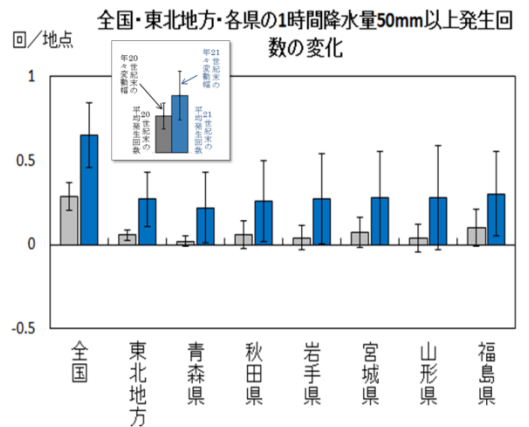
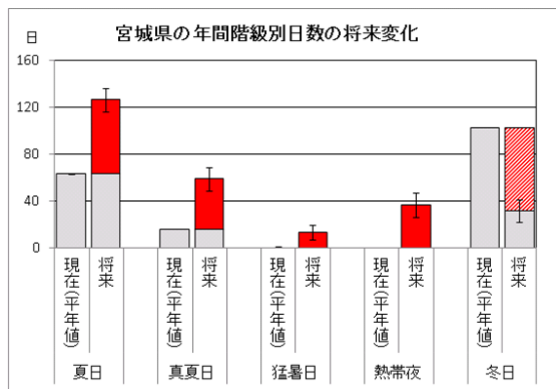


図 2 RCP8.5 シナリオに基づく将来予測

左図:宮城県における、夏日(日最高気温 25℃以上)・真夏日(日最高気温 30℃以上)・猛暑日(日最高気温 35℃以上)・熱帯夜(日最低気温 25℃以上)・冬日(日最低気温 0℃未満)の年間日数の 1 地点あたりの将来変化。灰色の棒グラフは宮城県内の現存するアメダス地点のうち、平年値(1981-2010 年平均値)を有する地点のすべての平年値を平均した値、赤色の棒グラフは現在気候(1980-1999 年)と将来気候(2076-2095 年)の発生回数(バイアス補正済み)の差を示す。細い縦棒線は年々変動の幅を意味する。
 右図:全国・東北地方・各県の 1 時間降水量 50mm 以上の発生回数の 1 地点あたりの将来変化。灰色の棒グラフは現在気候再現実験(1980-1999 年)における平均発生回数、青色の棒グラフは将来気候(2076-2095 年)における平均発生回数を示す(ともにバイアス補正済み)。細い縦棒線は年々変動の幅を意味する。

3. 東北地方における極端な短時間強雨の変化

淵上隆雄（仙台管区气象台気象防災部地球環境・海洋課）

a)要旨

東北地方における雨の降り方の変化を見ることを目的として、東北各地域の 1977～2016 年の過去 40 年間のアメダス観測値を用いて、20 年に 1 回の頻度で発生する短時間強雨強度（20 年確率降水量）の変化傾向を調べ、平均的な特徴を確認した。前後 20 年間に分けた東北地方の 20 年確率降水量を比較した結果、前半 20 年間に比べ後半 20 年間の増加傾向が現れており、特に東北日本海側でより明瞭であった。

b)本文

（1）はじめに

異常気象レポート 2014（気象庁, 2015）によれば、地球温暖化に伴い、極端な大雨、短時間強雨が増加している可能性が指摘されており、全国的にも 1 時間に 50 mm 以上の非常に激しい雨などの増加傾向が確認されている。東北地方でもこれまでの調査により同様の傾向が確認されているが、本調査では別の観点から短時間強雨の長期変化傾向を確認するため、東北地方で発生する極端な短時間強雨の強度の変化を水文統計の手法を用いて調べた。

（2）調査方法

東北地方の地域気象観測所のうち 1977～2016 年まで雨量観測を継続している地点を対象に、前半 1977～1996 年、後半 1997～2016 年に分けて、毎正時の前 1 時間降水量から水文統計の手法（極値解析と閾値解析）により 20 年に 1 回の頻度で発生する値（以降“20 年確率降水量”とする）を求めた。両期間の値を比較し、東北地方および東北各地域（東北日本海側、東北太平洋側、東北北部、東北南部）における平均的な特徴を確認した。

なお、調査手法の詳細は以下のとおりである。

（ i ） 毎正時における前 1 時間降水量を 1 mm 単位に丸め、その日最大値から年の最大値、もしくは地点毎に定めた閾値を超える事例を抽出した。調査期間は 1977～2016 年までの 5～11 月とし、この間に月降水量の欠測が見られた地点は調査対象から除外した。

（ ii ） (i) の年最大値の長期変化傾向を回帰分析により確認した。

（ iii ） 閾値解析では、日界付近の降水ピークから重複して事例が抽出されるのを避けるため、前 1 時間降水量の日最大値が 23 時以降と翌日 02 時まで続けて観測された場合は、値の大きい方のみを調査対象とした。

（ iv ） 藤部（2011）を参考に、極値解析では一般化極値分布、閾値解析は一般化パレート分布をそれぞれの分布関数と仮定し、各分布関数の母数は L 積率法により推定した。閾値解析の閾値は、藤部（2010）に倣い、これを超える値の出現頻度が平均して 1 年に 3 回程度（2～3 回）となるように定めた。

(v) 得られた 20 年確率降水量の信頼度が低い地点による影響を取り除くため、ジャックナイフ法により各地点の 20 年確率降水量の推定誤差を求め、これが 20 年確率降水量の 50% (極値解析) もしくは 20% (閾値解析) を超える地点は地域平均の対象から除外した。この基準は、地点数の確保と母集団推定における不確実性の低減の観点から任意に定めた。

(vi) 極値解析の結果による変化傾向の統計的な信頼度を以下のとおりモンテカルロシミュレーションにより評価した。

“前後 20 年間に各地点の年極値の分布関数は変化しない”と仮定し、各地点の 1977～2016 年までの 40 年間の極値に適合する分布関数を求め、これに従う乱数により各地点で前後 20 年、計 40 年分の擬似データを作成した。これを前後 20 年に分けて改めて 20 年確率降水量を求め、各地域の平均的な特徴を確認するまでの一連の計算を多数回 (10000 回) 実施し、このシミュレーション結果に対する実際の結果のパーセンタイル値により統計的な信頼度を推定した (有意な変化の基準はパーセンタイル値で 5 以下もしくは 95 以上とした)。なお、このシミュレーションでは、各地点の降水はそれぞれ独立に発生すると仮定しているが、実際は近隣地点などで高い相関を持つ場合も考えられる。このため、水平距離が概ね 30km 以内の近隣 2 地点において、1977～2016 年の年最大 1 時間降水量時系列データの相関が信頼度 90%以上 (kendall 検定) で現れている場合は、どちらか一方を除外した場合の結果も確認した。

(vii) 気候変動の影響等により、近年ほど増加傾向が強くなっている可能性を確認するため、極値解析のデータにおいて (ii) で算出したトレンドを取り除いた調査も実施した。

(3) 結果

(2) (ii) により、有意な地点は少ないものの東北全域での正トレンド地点数/負トレンド地点数は 3.40 となり、1 時間降水量年極値の増加傾向が見られた (図表略)。また、極値解析による調査結果を表 1 に、閾値解析による調査結果を表 2 に示す。さらに (2) (vii) による年極値の長期変化傾向を除去した場合の結果を表 3 に示す。

極値解析、閾値解析とも、前後 20 年間の比較では概ね後半 20 年間の増加傾向が各地域で見られた。その他の主な特徴は以下のとおりである。

ア) 東北日本海側で 20 年確率降水量の後半 20 年における増加傾向が明瞭に現れている。

イ) 各地域の平均変化量は+10%程度であった。

ウ) 東北日本海側では年極値のトレンド成分を除去しても後半 20 年間の値の増加傾向が明瞭であり、近年ほど増加傾向がさらに強くなっている可能性がある (表 3)

(4) まとめ

東北地方の 20 年に 1 回の頻度で発生する極端な短時間強雨強度には、前半 20 年の値に比べ後半 20 年間の値に増加傾向が見られた。また、特に東北日本海側で増加傾向が明瞭に現れており、この要因の調査は今後の課題と考える。

表 1 : 極値解析による結果

(2) (v) により不確実性の大きい地点を除外した結果。() 内は除外する前の値。20年確率降水量の平均変化量は“(後半20年の値-前半20年の値)/前半20年の値”の平均値。ここに示す結果は近隣で相関が見られる地点を除外していない

	東北地方	東北日本海側	東北太平洋側	東北北部	東北南部
地点数	107(132)	50(57)	57(75)	61(75)	46(57)
20年確率降水量の平均変化量 (%)	10.25(8.91)	15.10(13.89)	6.01(5.12)	10.69(10.69)	9.68(6.56)
20年確率降水量の増加数/減少数	2.15(1.59)	3.17(2.35)	1.59(1.21)	1.65(1.42)	3.18(1.85)

表 2 : 閾値解析による結果

詳細は表 1 と同じ。

	東北地方	東北日本海側	東北太平洋側	東北北部	東北南部
地点数	106(132)	44(57)	62(75)	57(75)	49(57)
20年確率降水量の平均変化量 (%)	5.43(8.23)	10.36(11.95)	1.93(5.39)	6.44(9.58)	4.26(6.44)
20年確率降水量の増加数/減少数	1.47(1.54)	2.14(1.85)	1.14(1.34)	1.48(1.50)	1.45(1.59)

表 3 : デトレンドを行った極値解析による結果

20年確率降水量の平均変化量は表 3 と同じ。() 内は近隣で相関が見られる地点を除外した値。パーセンタイル値は(2) (v) のモンテカルロシミュレーション結果との比較。

	東北地方	東北日本海側	東北太平洋側	東北北部	東北南部
地点数	105(65)	47(32)	58(33)	60(35)	45(30)
20年確率降水量の平均変化量 (%)	3.76(5.29)	7.73(7.44)	0.55(3.20)	6.23(8.81)	0.47(1.18)
パーセンタイル値	75.5(86.0)	95.7(91.1)	27.5(58.9)	92.9(96.2)	28.7(39.3)
20年確率降水量の増加数/減少数	1.28(1.40)	2.13(2.20)	0.87(0.94)	1.40(1.92)	1.14(1.00)
パーセンタイル値	88.3(89.7)	99.1(97.3)	26.2(36.9)	88.1(95.7)	62.4(43.5)

c)参考文献

藤部文昭, 2010 : 極端な豪雨の再現期間推定精度に関する検討. 天気, 57, 449-461.

藤部文昭, 2011 : 極値分布関数の適合度評価に関する検討. 天気, 58, 765-775.

気象庁, 2015 : 異常気象レポート 2014.

4. d4PDF を用いた東北地方における極端な低温の将来変化予測 川添祥（海洋研究開発機構・JAMSTEC）

a) 要旨

「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)」を用いた東北太平洋側の長期極端低温現象(ヤマセ)を検証。全球・領域モデル実験を使用し、ヤマセの再現性と近未来・世紀末の頻度や循環場変化を解析。また、将来実験に与えられている6 Δ SSTを個別に解析し、三陸沖周辺海面水温の影響も検証。

b) 本文

(1) データと手法

解析はd4PDF大規模アンサンブル実験(Mizuta et al. 2017)の60km格子間隔全球大気モデル(MRI-AGCM3.2)と日本域をカバーする20km格子間隔領域気候モデル(NHRCM20)を使用。将来変化は既に作成済みの4度上昇世紀末実験と「気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)」の課題1-a「日本全国20km近未来気候予測技術開発」で計算された2度上昇近未来実験で実施(平成30年3月上旬に計算完了)。

解析地点は気象官省の八戸(モデルは隣接位置+標高補正)地点を使用し、5月~8月の地上気温を用いた。d4PDFで低頻度事象の将来変化評価が可能になった為、今研究では極端低温・冷害のみを検証するのではなく、冷害が数日間続く長期極端低温現象「ヤマセ」を定義として検証。基準よるが、約10年に1回の低頻度ヤマセを目途に解析。数日間続く極端な冷害は、農作物に大きな災害をもたらすので、懸念も高い。

(2) 解析結果

再現性はJRA55(1958-2010)とd4PDF(1951-2010)で比較(図1)。オホーツク高気圧の位置に多少ずれは見られるは、ヤマセの典型的な循環場(オホーツク高気圧の強化、北東からの地上風、東北太平洋側の低温)を再現。下層雲の増加や奥羽山脈の影響も領域モデルで再現する事が出来た。

将来変化は、極端低温時の循環場変化を検証。こちらも海面気圧、下層雲、地上気温、地上風を中心に解析した。海面気圧は将来オホーツク高気圧の弱化和太平洋高気圧の影響低下が見られるが、地上風・下層雲の変化は示されていない。これらを総合的に検証すると、今みたいな低温にはならないが、将来の低温時もヤマセが原因で、循環の特徴も大きく変わりはない。

次に低温時の頻度変化を検証。d4PDF全メンバーで解析すると、過去実験基準の長期低温頻度は将来 1) 気温を基準:大幅に減少 2) 気温偏差を基準:小変化(定義:3パーセント以下、5日間以上続く)。しかし、SST別で解析すると、頻度に大きくばらつきがあり、三陸沖のSST分布(図2)に関連していると推測される。三陸沖のSST低下を示して

いる HadGEM2-A0 の将来低温時は増加し、近未来では過去とほぼ同じ気温のヤマセが発生。SST の影響は下層 (1000~975hPa) にとどまっているが、1000hPa~925hPa の雲水量が増加し、下層雲も増加。今回の発表では HadGEM2-A0 中心に解析を行ったが、他の SST 分布も雲水量に影響が示されており、将来の頻度変化にも関連している事が分かった。CMIP5 の三陸沖水温ばらつきは様々研究で知られていることで、今研究でも東北地方の冷害解析に大きく影響している事が確認できた。

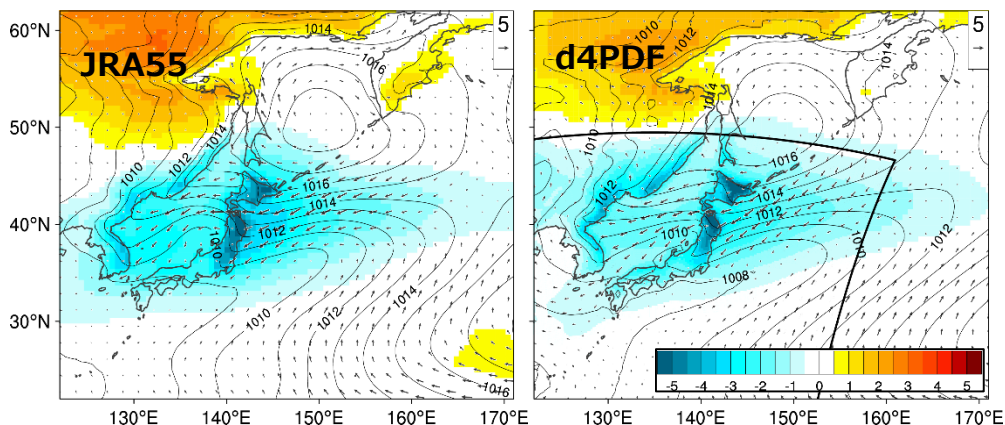


図 1 : 「3 日以上 5 パーセント以下」のヤマセ。色 : 平年気温からの偏差(°C)、ベクター : 地上風、コンター : 海面気圧

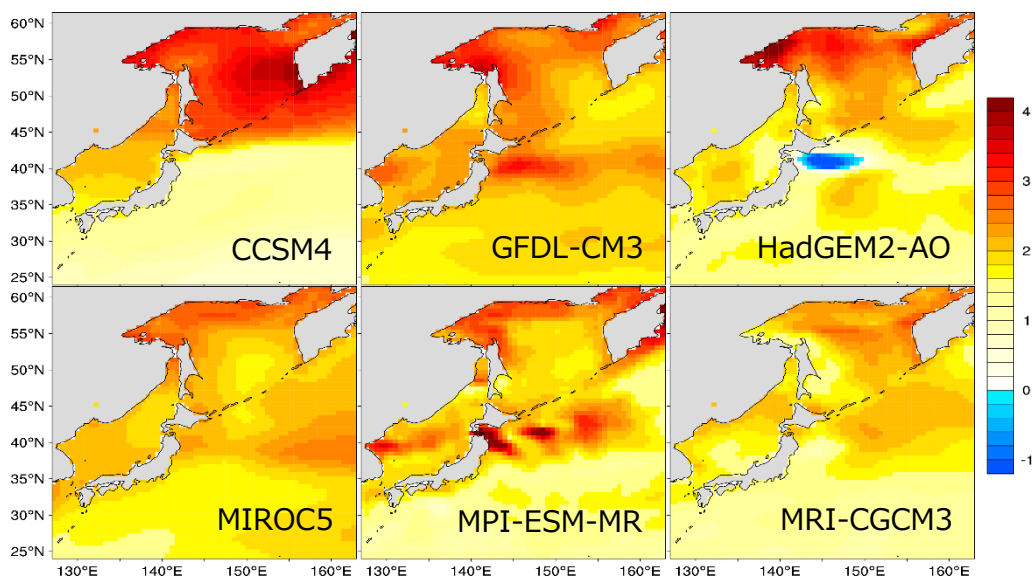


図 2 : 6 種類の SST 将来変化の空間パターン。全球モデルからの近未来 Δ SST (°C)。

c) 参考文献

Mizuta, R., and Coauthors, 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 98, 1383-1398.

5. SI-CAT プロジェクトにおける力学 DS データセットの構築

佐々井崇博、山崎剛、菅野湧貴、福井真、岩崎俊樹（東北大学）、佐々木秀孝、川瀬宏明、村田昭彦、野坂真也（気象研）、杉本詩織（JAMSTEC）

a)要旨

文部科学省の事業「気候変動適応技術社会実装プログラム」(SI-CAT: Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology)力学ダウンスケーリング課題に取り組む東北大学グループの今年度の活動内容を紹介した。具体的には、気象庁気象研究所が開発した非静力学地域気候モデル (Nonhydrostatic Regional Climate Model: NHRCM) による水平 5km 解像度ダウンスケールシミュレーションのモデル実験デザイン、地球シミュレーター (以下、ES) 上での 5km アンサンブル実験の計算実施状況、日本の積雪パターンや寒気流出に関する解析事例を報告した。

b)本文

SI-CAT プロジェクトでは、昨年度からモデル自治体 (長野県、岐阜県、高知県、埼玉県) との合意事項をもとに、NHRCM による水平 5km レベルの高解像度ダウンスケールシミュレーションを実施している。今年度初めに自治体と協議し、近未来の気象場として気温 2℃上昇実験に 4℃上昇実験も加え、近未来の気候変動予測結果 (d4PDF データ) を境界値とした力学ダウンスケーリングを実施することを決めた。1km ダウンスケーリングの計算量を増やし、5km 計算が計 1116 年分 (1 メンバーが 31 年、12 メンバーを 1 実験として計 3 実験)、1km 計算が計 45 年分 (多雪年、平均年、少雪年をそれぞれ 5 年で 15 年分を 1 実験として計 3 実験)、実施する実験デザインになった。(図 1)。

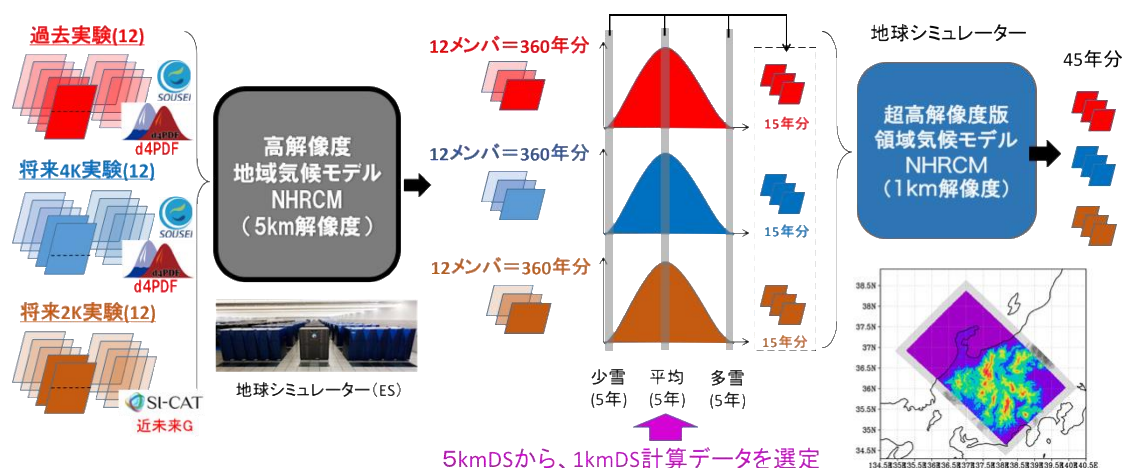


図 1 5km、および 1km 解像度の大規模アンサンブル実験デザイン

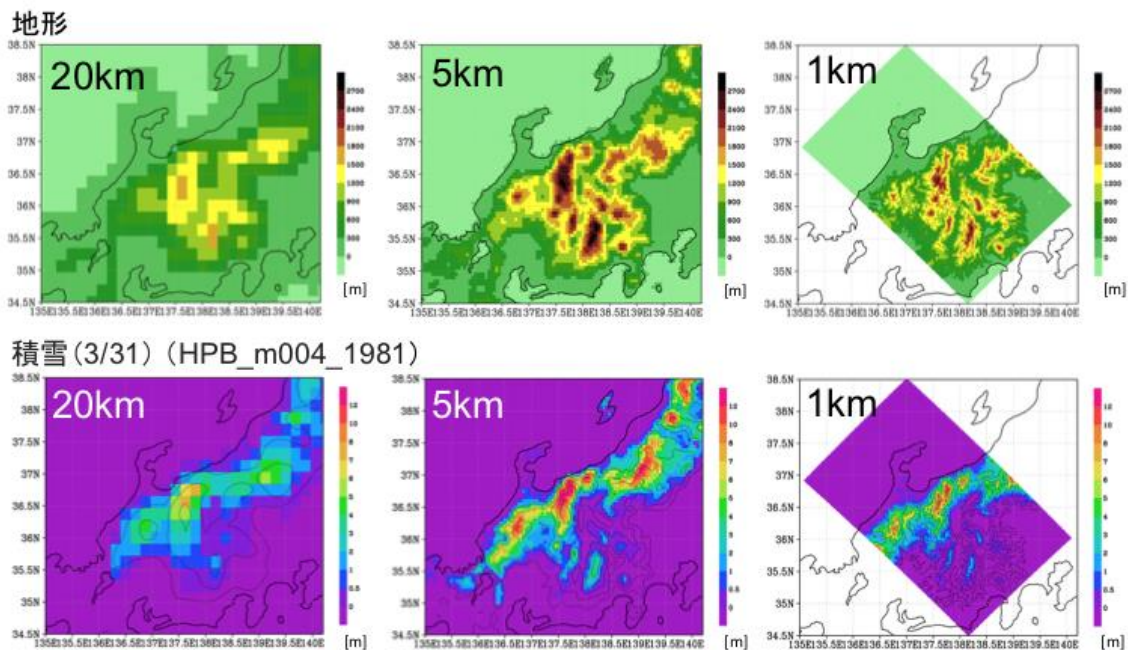


図2 20km (左)、5km (真ん中)、1km (右) 解像度のダウンスケーリングデータ比較。
NHRCMで入力した標高データ (上段) と3月31日の積雪量 (下段)。

次に、試算の1kmも含めた20km、5km、1km解像度の比較によるパフォーマンスチェックを行なった (図2)。地形がより正確に解像されるほど積雪パターンは現実的になり、特に地形が複雑な中部山岳域でその効果が顕著であった。モデルの再現性という観点で言えば、陸面過程だけでなく気流を再現する上でも高解像度化は重要であり、融雪と降雪の両プロセスとも大きく改善されたと考えられる。このように、積雪解析において1kmまで解像度を高めることは非常に有用であることがわかった。

計算が完了している5kmデータを使って、積雪パターンの要因解析や寒気流出のパターンを調べた。積雪パターンは、日本海側と太平洋側で積雪時の典型的な気圧配置が異なり、その要因パターンを空間的に示すことができた。寒気流出解析では、気候場が4度上昇した場合にどの程度寒気の吹き出し活動が弱化するかがわかった。一般的に、温暖化とともに寒気の吹き出し活動は弱まるが、280Kを閾値として寒気を定義した今回の解析(31年平均値)では、寒気は西日本までほとんど到達しないことがわかった。また、東北地方以北では過去実験同様に寒気が到達するものの、東北地方にとどまる寒気質量は大幅に減少する。温暖化により日本海の海面水温上昇し、寒気の消滅域が太平洋側から日本海側へ移ることが示唆された。

本研究では、日本を対象とした力学ダウンスケーリングを実施して気候データセットを構築した。上記で示すように、本データを活用して日本域における様々な気象学的解析を行うことが期待できる。

6. CMIP5 マルチモデルデータにおける温暖化時の北太平洋の海霧変化

川合秀明, 神代剛, 遠藤洋和, 荒川理 (気象研究所)

a)要旨

CMIP5 のマルチモデルデータの海霧分布の再現性をまず明らかにした。その上で、マルチモデルにおける霧の温暖化時の変化を調査した。その結果、北太平洋の高気圧の変化と、北太平洋の海霧分布の変化には、極めて明瞭な関係があることが示された (Kawai et al., 2018)。

b)本文

(1) はじめに

中緯度海洋上にしばしば発生する海霧は、気候予測における重要なターゲットの一つであり、特に北海道や東北の太平洋沿岸地域にとっては、重要な気象現象である。また、北太平洋の海霧のほとんどは、冷たい海洋上を温かい南風が吹く際に、暖気に含まれる水蒸気が海面によって冷やされて凝結することで生じる移流霧である。Kawai et al. (2016) では、MRI-CGCM3 (Yukimoto et al. 2012) を使った、amip (観測された海面水温 (SST) を与える)、amip4K (SST を一様に 4K 上昇させる)、amipFuture (SST を空間パターンをもたせて (CMIP3 マルチモデル平均) 全球平均で 4K 上昇させる) の実験結果を解析し、温暖化時の海霧の変化について調査した。その結果、暖気移流の変化と海霧の変化がよく対応していることが示された。

今回は、CMIP5 のマルチモデルデータの海霧分布の再現性をまず明らかにし、その後、マルチモデルにおける霧の温暖化時の変化を調査した。本研究では、モデル面第一層の雲を霧とみなす。

(2) 結果

まず、CMIP5 のマルチモデルデータ (amip 実験) の海霧分布の再現性を調査したところ、海霧分布はモデルによって大きく異なること、北半球の夏の海霧分布は多くのモデルが比較的よく表現しているが、一方で冬にはその再現性がかなり悪いことがわかった。従って、ここでは、マルチモデルの霧の表現の信頼性の高い北半球 7 月を対象に、マルチモデルにおける霧の温暖化時の変化を調査した。

SST を上昇させた場合、ほとんどのモデルにおいて、北半球の夏季には、北太平洋の西部で霧が減少し、北太平洋の東部で霧が増加していた。これらの霧の変化は、温暖化に伴う北太平洋高気圧の弱化によって、北太平洋西部で暖気移流が弱まり、また、北太平洋東部では暖気移流が強まることによる。CMIP5 のほとんど全てのモデルでこうした変化は一致しており、信頼性は非常に高いと言える。こうした霧の変化、気圧の変化パターンは、amip4K 実験でも amipFuture 実験でも共通して見られると共に、Kawai et al. (2016) で MRI-

CGCM3 モデルの結果として示された変化と類似しており、マルチモデルでもその変化が裏付けられたと言える。

さらに、海面水温を変えずに二酸化炭素濃度を4倍増させた理想化した気候状態における海霧の変化についても調査した。この場合には、北太平洋高気圧は強まるため、北太平洋の西部で霧は増加することが示された。SST のみを上昇させる2種類の実験、及び、二酸化炭素濃度のみを増加させる実験の結果から、北太平洋の高気圧の変化と、北太平洋の海霧分布の変化には、極めて明瞭な関係があることが示された (Kawai et al., 2018)。

c)参考文献

Kawai, H., T. Koshiro, H. Endo, O. Arakawa, and Y. Hagihara, 2016: Changes in marine fog in a warmer climate. *Atmos. Sci. Let.*, **17**, 548-555.

Kawai, H., T. Koshiro, H. Endo, and O. Arakawa, 2018: Changes in Marine Fog over the North Pacific under Different Climates in CMIP5 Multi-Model Simulations. To be submitted.

Yukimoto, S., et al, 2012: A new global climate model of Meteorological Research Institute: MRI-CGCM3 -- model description and basic performance --. *J. Meteor. Soc. Japan*, **90A**, 23-64.

7. 青森県周辺の洋上風況

島田照久（弘前大学）

a)要旨

本研究の目的は、青森県周辺を対象とし、既存の洋上風況マップ（例えば、NEDO 2017）を気象学的に理解することである。洋上風況マップには、夏季の東風時と冬季の西風時に、頻繁に発生する地形性強風が強く反映されている。合成開口レーダーによって、地形性強風が発生した時の風の分布の観測実例を示した上で、気象シミュレーションによって地形性強風の構造を明らかにした。

b)本文

（1）研究の目的

洋上風力エネルギーは、豊富な賦存量と大規模開発が可能という点で、今後は再生可能エネルギーの中心的な存在になることが期待されている。北日本では、洋上風力エネルギー利用の検討と促進のため、詳細な風況観測、ゾーニング事業、洋上風車の設置検討が進んでいるところも多い。こうした取り組みを進める上で、風況マップのさらなる理解が求められている。

（2）データと方法

合成開口レーダーなどの衛星観測、現場観測気象データ等と、気象モデルを用いる。

（3）結果

ここでは、夏季の地形性強風に着目する。夏季の北日本の沿岸海域において、東寄りの地形性強風が各地で卓越する状況がある（Shimada et al. 2012）。オホーツク海高気圧が発達し、日本南岸を低気圧が進む状況で、北日本周辺では東風が持続するが、そのような事例について合成開口レーダーから導出した海上風の例を図1に示す。津軽海峡の西口等、日本海側で発生する強風とともに、陸奥湾内で強風が発生している。東風は、下北半島を横切って陸奥湾に吹き込み、湾の中央部を吹く。また、気象モデルによるシミュレーションから、風の強化は、地表（海面）から高度約500mの範囲であることがわかった。

c)参考文献

NEDO 新エネルギー・産業技術総合開発機構 2017: 洋上風況マップ NeoWins,

http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/top.html

Shimada, T., M. Sawada, W. Sha, and H. Kawamura, 2012: Low-level easterly winds blowing through the Tsugaru Strait, Japan. Part II: Numerical simulations of the event on 5-10

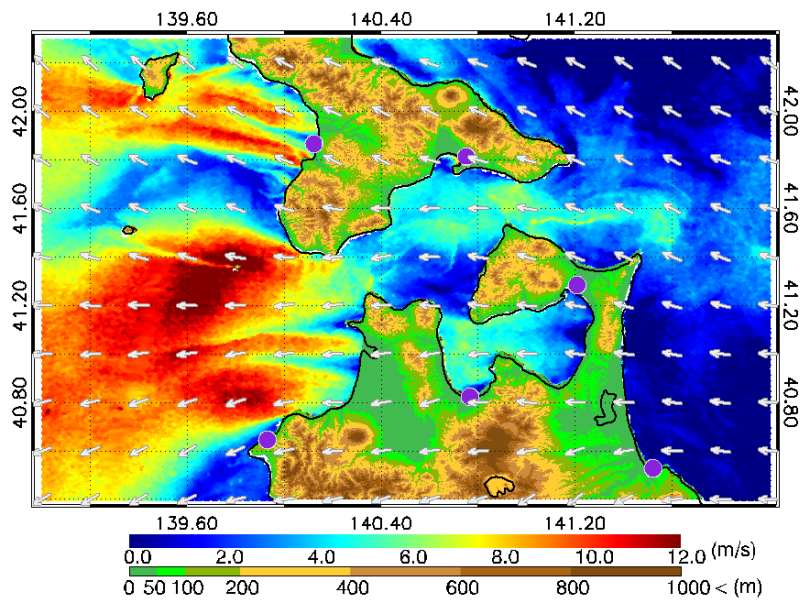


図1 合成開口レーダーから推定した海上風 (2003-06-09T05:44)

8. 再生可能エネルギー分野における気象情報の利用

松岡悠太（イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社）

a)要旨

固定価格買取制度が 2012 年に開始されてから、太陽光発電事業や風力発電事業などの再生可能エネルギー事業が増加している。太陽光発電や風力発電は日射や風といった気象要因によって発電量が大きく影響を受けるため、これらの分野で気象情報は重要な役割を担う。国内の業界において、これまでは、気象庁地点観測データが比較的良好に使用されてきたが、衛星観測データや客観解析データなど、発電所の場所に対応したデータが得られる、GPV データへのニーズが高まってきている。今後は、SI-CAT で目標に掲げられているような、気象情報のより高度な利用（社会実装）が望まれる。

b)本文

(1) 気象技術・データの利用例

太陽光発電、風力発電といった再生可能エネルギー分野で利用されている気象技術・データとしては、地方気象台や AMeDAS などの気象庁地点観測データ、メッシュ平年値データ、衛星観測データ、および客観解析データなどが挙げられる。これらは、発電量評価の際の平年値算出や長期変動評価に用いられる。この他、条件によっては、領域気象モデルや放射伝達モデルなどが利用されることがある。

(2) 気象技術・データへの期待

これまで、日本国内においては、気象庁地点観測データが利用されることが比較的多かったが、該当箇所のデータが得られる GPV データ（例えば、衛星観測データや客観解析データ）に注目が集まっており、ニーズは高まってきている。発電量評価に使用する場合には、データが長期間揃っていて、品質が一定に保たれていることが望まれる。このようなデータは、現状、なかなか得がたく、将来予測に使用できるデータセットとなると、条件はますます厳しくなる。今後は、SI-CAT のような、長期間の計算により地球温暖化をシミュレートできる、品質一定なデータセットが、再生可能エネルギー分野においても重要となる可能性がある。気象技術・データへの期待は今後ますます高まると考えられる。

9. 東北地方における太陽光発電の発電量出力推定

大竹秀明（所属）国立研究開発法人 産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター

a)要旨

本稿では気象衛星データを用いて東北電力エリアにおける太陽光発電の発電電力量（以下、発電量）の推定手法の開発を行なった。また、電力会社から公表されている発電量実績データを用いた検証を実施した。さらに、再生可能エネルギー分野における防災への課題についても述べる。

b)本文

（1）太陽光発電電力量の推定

東北地方では太陽光発電システム、風力発電設備の導入が加速している。国内の太陽光発電設備は、現状 30GW 以上のシステムが系統に接続されており、今後 2～3 倍のシステムが導入、系統に接続される見通しとなっている。しかし、現状では太陽光発電システムから出力される発電量のデータがスマートメータなどのデジタル機器で計測し、インターネットによりデータ集約されている設備の数は十分ではない。電力会社からも電力エリア全体の発電量データを最近公開しているところでもあるが、地上の計測や一部の大型の太陽光発電所（メガソーラー）の出力からアップスケールすることで電力エリア全体の推定を行っているのが現状である。そこで、本研究では気象衛星ひまわり 8 号から推定された地上日射量データ（AMATERASS データ）を活用して、東北電力エリア全体および、市町村のエリア毎の太陽光発電の発電量推定を行った。さらに、電力会社から公表されている電力エリア全体の発電量データを用いて提案手法の検証を行った結果を報告する。

（2）データと推定手法

太陽光発電の出力推定には、日射量、太陽光発電システムの向き、角度、導入容量のほか、気温による発電効率の低下、太陽光発電セルの発電効率、太陽光発電システム内の電気的ロスなど様々な要因が関わっている。しかし、これらの要素パラメータを全国や電力エリア全体ですべて集約したデータはないため、多くの仮定を置きつつ推定する手法を考案した。太陽光発電の出力推定の入力値となる日射量データには、本研究では太陽放射コンソーシアム[1]から提供される気象衛星から推定された地上日射量データ（AMATERASS データ）を用いた。これは 2.5 分毎に 1km メッシュで日本域の日射量（下向き短波放射量）をモニタリング、アーカイブされているデータである。

また、出力推定値の検証としては実測データが必要になる。東北電力エリア全体での太陽光発電システムの合計出力値は、東北電力株式会社のホームページから公開されているデータをリファレンスとして用いた[2]。データは 1 時間毎に記録されている。また、参考データとして電力需要データも解析に用いた。

(3) 出力推定値の検証

東北電力から公開されているリファレンスデータ（1時間値）を用いて、気象衛星ひまわり8号から推定した太陽光発電の発電量推定値の比較検証を月別に調べた（図1）。それによるとほぼ一対一のラインに集中した散布図が得られ、気象衛星データのみから推定した値は東北電力から公開されているデータに近い分布になることが確認された。月別には4月はやや正バイアス、12月はやや負バイアスの傾向も見られる。本研究の出力推定手法は気象衛星データのみから推定したものであり、東北電力から公開されているデータは地上の日射計に

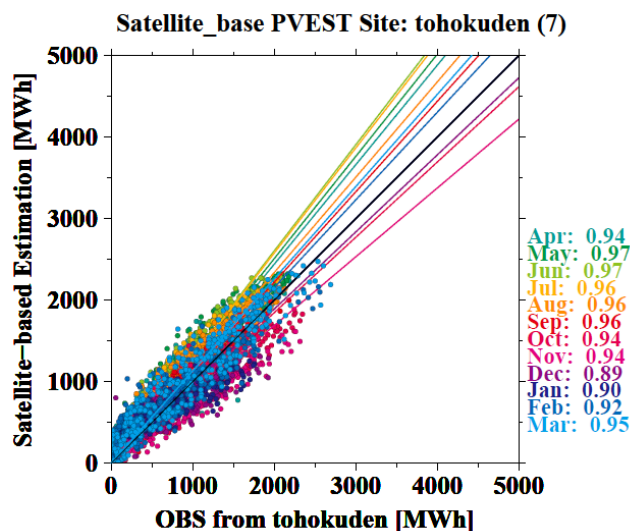


図1. 2016年4月から2017年3月の月別の東北電力エリアにおける発電量推定値の比較。縦軸は気象衛星を用いた推定値（提案手法）、横軸は東北電力のリファレンスデータを示す。

よる出力推定値、実際のメガソーラーによる出力推定値を参照するなどし、作成されると推測される（※具体的な発電量推定手法は公開されていない）。本手法の特徴としては、地上計測データを必要としない、低コストの手法といえる。

また、天候が快晴の場合やヤマセ事例を取り上げて、東北電力エリア全体や市町村毎での太陽光発電出力推定値を作成した（図省略）。快晴時などのように電力エリア内に同程度の日射量が各地域に降り注いだ場合においても、その市町村エリア毎に導入されている太陽光発電システムの導入容量が異なると出力推定値は大きく異なる。本手法は気象衛星データの1kmメッシュデータを用いているため、地上計測がない市町村エリアであっても発電量を推定することができる。

現在、東北電力エリア内の太陽光発電システムの導入量は、青森県六ヶ所村（168.3 MW, 2017年3月現在, 国内11位）、福島県いわき市（136.9 MW, 国内26位）、仙台市（92.4 MW, 国内56位）、宮城県大崎市（88.1 MW, 国内62位）、新潟県新潟市（78.9 MW, 国内75位）、青森県八戸市（76.3 MW, 国内82位）などが国内上位100位以内に入る（表1左）。将来は東北地方の市町村における太陽光発電システムの導入は加速すると見込まれている（表1右）。そのため、ヤマセのように東北地方の太平洋側が下層雲で広域に覆われるような事例では、東北電力エリア全体で太陽光発電システムの出力が大きく低下してしまうことが懸念される。

順位	市町村名(2017年3月現在)	太陽光導入量 [MW]	市町村名(将来)	太陽光導入量 [MW]
1	静岡県浜松市	368.8	1 宮城県仙台市	859.6
2	大分県大分市	250.6	2 鹿児島県霧島市	728.0
3	福岡県北九州市	225.0	3 岩手県遠野市	690.1
4	岡山県岡山市	209.9	4 宮崎県都城市	649.5
5	兵庫県姫路市	196.8	5 長崎県佐世保市	633.4
6	三重県津市	196.0	6 福島県福島市	631.3
7	茨城県水戸市	174.7	7 宮崎県宮崎市	558.9
8	群馬県前橋市	173.0	8 静岡県浜松市	553.6
9	群馬県太田市	170.1	9 青森県上北郡横浜町	536.4
10	鹿児島県鹿児島市	168.4	10 福島県西白河郡西郷村	505.8
11	青森県上北郡六ヶ所村	168.3	11 栃木県那須塩原市	503.0
12	宮崎県宮崎市	167.4	12 福島県いわき市	470.0
13	栃木県那須塩原市	156.8	13 三重県津市	458.1
14	北海道苫小牧市	153.8	14 宮城県大崎市	443.9
15	群馬県高崎市	152.9	15 兵庫県姫路市	440.2
16	栃木県宇都宮市	149.4	16 熊本県球磨郡相良村	440.1
17	熊本県熊本市	146.9	17 宮崎県えびの市	421.2
18	岡山県倉敷市	144.0	18 群馬県高崎市	421.0
19	愛知県名古屋市の	142.5	19 岡山県岡山市	419.4
20	兵庫県神戸市	142.3	20 大分県大分市	407.9
26	福島県いわき市	136.9		
56	宮城県仙台市	92.4		
62	宮城県大崎市	88.1		
75	新潟県新潟市	78.9		
82	青森県八戸市	76.3		

表1. 日本全国の市町村別太陽光発電システムの(左)現在の導入量状況(2017年3月現在)と(右)将来の見込み導入量。(元データの出典:経済産業省資源エネルギー庁:固定価格買取制度 情報公開用ウェブサイト[3])

(4) 太陽光発電システムに対する防災

大量に導入されている太陽光発電システムが、近年気象災害に伴って、洪水や土砂災害、突風被害により損壊、飛散する事象が確認されている。気象災害時には気象庁や現地気象台職員、大学研究職員などが災害調査のために現地に入ることもある。しかし、太陽光発電システムは壊れている場合であっても、光が当たると発電するため、人体と接触することで感電する危険性がある。そのため、現地調査などでそのような破損した太陽光発電システムを確認した場合には、その設備には近づかず、電気設備の知識を持った電気事業者による回収が必要となるので、ここで注意喚起しておきたい。

(5) まとめ

気象衛星データを用いて、東北地方の電力エリア全体および市町村毎の発電量推定データの試作を行った。電力エリア全体においては、電力会社から公開されている発電量データ(リファレンスデータ)を用いて検証を行った結果、季節毎にややバイアスの特性は異なる

もののリファレンスデータに近い推定値が得られた。快晴時では市町村毎に太陽光発電システムの導入量が異なるため、同じ日射条件でも太陽光発電システムからの出力は大きく異なり、地域により偏りもみられた。現状では太平洋側に太陽光発電システムが多く導入されているため、ヤマセ事例のように下層の雲の太平洋沿岸地域に広がる場合では、東北電力エリア全体で出力が低下する。また、本手法の利点としては、2点挙げられる。

- ① 地上計測を用いず、気象衛星データからのみ推定するため、測器の設置などの設備コストがない点（但し、気象衛星の打ち上げコストは除く）。
- ② 現在計測機器がない市町村エリアについても太陽光発電の発電量推定値を、2.5分毎といった高時間分解能で提供することが可能である点。

しかし、推定値を求めるにあたって本手法では多くの仮定を置いている点があることから、より高度な推定値を求めるためにはそれらの要素を取り入れ、実際の発電量データと比較検証しながら、提案手法をブラッシュアップする必要もある。本研究の成果については、現在海外の論文誌に投稿を予定している。

謝辞

本研究は、JST CREST「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」[4]の「太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築」(研究代表者 東京工業大学大学院情報理工学研究科 井村 順一教授, グラント番号 JPMJCR15K1) [5]の一部として実施された。

c)参考文献

- [1] 太陽放射コンソーシアム ホームページ, <http://amaterass.org/>
(2018年2月24日閲覧確認)
- [2] 東北電力ホームページ：過去実績データのダウンロード
<http://setsuden.tohoku-epco.co.jp/download.html> (2018年2月24日閲覧確認)
- [3] 経済産業省資源エネルギー庁：「固定価格買取制度 情報公開用ウェブサイト」
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/statistics/index.html
(2018年2月24日閲覧確認)
- [4] JST CREST
「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」,
https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah24-1.html
(2018年2月24日閲覧確認)
- [5] JST CREST HARPS
「太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築」,
<http://harps-crest.jp.org/> (2018年2月24日閲覧確認)

10. NHRCM における地表面日射量の再現性評価

遠藤伸彦・西森基貴（農研機構 農業環境変動研究センター）

a)要旨

創生プログラムで作成された d4PDF の領域実験出力に含まれる地表面日射量の再現性を検討した。農研機構メッシュ農業気象データを基準とした場合、冬季に全国的に地表面に入射する日射量が過多であることが明らかになった。NHRCM に JRA55 を与えた結果ならびに気象庁 DSJRA55 と比較した結果、雲・放射のパラメタリゼーションに起因する可能性が示唆された。

b)本文

(1) はじめに

農業環境変動研究センターは文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラムにおいて全国 1km 気候シナリオ作成を担っている。この課題のもと、創生プログラムで作成された d4PDF データベース (Mizuta et al., 2017) のうち、領域実験出力の気候シナリオ化を検討している。気候シナリオ化するにあたって、各気候要素の統計的特性が観測値のそれをどの程度再現しているのかを確認する必要がある。気温・降水量・積雪については気象研究所において再現性を評価している。だが、農業などへの気候変動の影響評価に必要なとされている地表面に入射する日射量（地表面日射量）については再現性の評価がなされていない。本報告では地表面日射量の再現性について報告する。

(2) データ

評価したデータは d4PDF 領域実験のうち過去再現実験 (HPB) 出力である。また検証の基準として農研機構メッシュ農業気象データ (NARO メッシュ; 大野ほか,2016) を用いた。HPB のバイアスの原因を検討するために、SI-CAT 力学的ダウンスケーリング課題による領域気候モデル NHRCM に対して境界値として気象庁長期再解析 JRA55 を与えた実験結果 (空間解像度は 20km ならびに 5km ; NJ55) ならびに気象庁 JRA-55 領域ダウンスケーリング (DSJRA-55; Kayaba et al., 2016) を用いた。

評価した期間は精度が良好な全天日射計がひろく用いられるようになったと考えられる 1999 年～2010 年の 12 年間である。

(3) 結果

HPB の地表面日射量の 12 年間月平均値をもとめ、NARO メッシュのそれと比較した。12 年間平均でみると、冬季に全国的に地表面日射量が過多であった。特に北海道・東北の日本海側ならびに北陸・中国・四国地方でバイアスが大きい。さらに山岳域でバイアスが相対的に大きかった。夏季には北海道から東北北部で正バイアスであったが、関東から西南諸

島までの太平洋側で負バイアス（日射量が過小）な傾向であった。

これらのバイアスが、NHRCMに境界値として与えたd4PDF全球実験出力に起因するのか、それともNHRCMの特性の現れであるのかを検討した。HPBとNJ55を比較すると、NJ55は空間分解能によらずHPBと同様のバイアスの傾向が認められた。この結果から日射量のバイアスは全球実験出力の影響を大きく反映したものではない可能性が示唆された。

次に境界値がJRA-55と同一であるNJ55とDSJRA-55を比較した結果、DSJRA-55のバイアスが相対的に小さいことがわかった。この結果から、NHRCMの日射量バイアスはNHRCMの雲・放射パラメタリゼーションの特性が強く反映された可能性が示唆された。ただし、NJ55/DSJRA-55に共通して、冬季の山岳地帯で正のバイアスが顕著であったことから、NAROメッシュの山岳地帯での日射量の精度が悪い可能性も考えられる。

今回の評価では月平均の日射量だけを用いた。しかし気候シナリオとしては、日積算地表面日射量の作成を行う予定である。したがって、日積算地表面日射量のバイアス補正を行うために、HPBと観測値のそれぞれの統計分布の相違を明らかにし、バイアス補正方法を確立する必要がある。

c)参考文献

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.

Mizuta, R. and coauthors, 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60-km global and 20-km regional atmospheric models. Bulletin of the American Meteorological Society, 98(7), 1383-1398.

大野宏之, 佐々木華織, 大原源二, 中園江, 2016: 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象, 16, 71-79.

11. 農作物病害予測情報の支援に向けた宮城県における週間葉面湿潤度予報

*池田翔、山崎剛（東北大学大学院 理学研究科）

菅野洋光（農研機構 農業環境変動研究センター）

大久保さゆり（農研機構 東北農業研究センター）

a)要旨

気象予測情報の高度利用の一例として、気象庁の週間予報データの農業利用（農作物の病害発生にかかわる葉面湿潤度予報）について紹介した。

b)本文

(1) はじめに

イネいもち病は葉面が長時間湿潤状態となることで感染に好適条件となる。ヤマセ・梅雨前線による降水の持続はいもち病感染に好適で[1]、夜間の葉面結露（夜露）でも感染の可能性はある[2]。薬剤の過剰使用防止など効率的な防除を行うためにも、実用的な週間スケールの農業気象情報は必要である。また、気象庁は気象ビジネス推進コンソーシアム等において産業分野への気象データの応用利用に取り組んでいる[3]。

(2) 予報データとモデル

気象庁全球数値予報モデル（JMA-GSM）の予報データを初期値・境界値として、東北地方を領域対象に気象庁非静力学モデル（JMA-NHM）を用いて7日先まで2段階の力学的ダウンスケーリング（→15km→5km）を行った。さらに対象水田ポイントへは逆距離加重法を用いて最近隣接4格子データを空間内挿し気象データを抽出した。それらの気象データ（気温、湿度、降水、風速、下向き短波放射、下向き長波放射）を植生水熱収支モデル2LM[4]に入力し、葉面湿潤度の予報を行った。

(3) 実況データと予報データの検証方法

宮城県内の水田（古川農業試験場、鹿島台）において、植生水熱収支モデル2LMの入力値としての数値予報データの検証に必要な気象データと、葉面濡れセンサーによりイネの葉面湿潤状態とを観測した。これらの観測データを利用し、ダウンスケーリング気象予報データにはME・RMSE、葉面湿潤度予報データには分割表を用いて検証を行った[5]。

(4) 事例解析結果

葉面濡れの2タイプ（降水・夜露タイプ）として以下の3事例を選択し、JMA-NHMの陸面過程の実験設定を変えて葉面湿潤度の分割表を作成した（表1）。2015年7月15日、8月21日初期値（低気圧による降水タイプ）、8月1日初期値（太平洋高気圧卓越時の夜露タイプ）。降水タイプは50～60%の捕捉率・的中率となった。一方、夜露タイプはMRI/JMA-SiBよりも

平板モデルのほうが捕捉率は約40%高かった。

(5) まとめと今後の予定

夜露タイプにおいて、平板モデルで葉面湿潤度スコアが高いのは、結露に重要な湿度（気温と比湿）の予報再現性が良かったため（図略）、気象予報データの精度は農業利用に向けた情報の精度に直結すると考えられる。今後は、親モデル（JMA-GSM）の予報誤差を排除するため境界値に解析値を用い、JMA-NHMのダウンスケーリングバイアスを明らかにしたい。また、最終的には決定論的予報ではなくアンサンブル確率予報としてまとめたい。

c)参考文献

- [1] 大久保ほか, 2015, 天気.
- [2] 佐賀農業技術防除センター, 2013,
http://www.pref.saga.lg.jp/kiji00322054/3_22054_4_imoti20130311.pdf
 (2018/1 閲覧)
- [3] 気象庁気象ビジネス推進コンソーシアム,
<http://www.data.jma.go.jp/developer/consortium/index.html> (2018/1 閲覧)
- [4] Yamazaki et al., 2004, J. Hydrometeor.
- [5] 気象庁, 2016, 数値予報研修テキスト.

表1 ダウンスケーリングした気象予報データをもとに植生水熱収支モデル2LMで計算した葉面湿潤度の週間スコア

(単位は%、古川、鹿島台：水田地点、灰色：夜露タイプ、上段：MRI/JMA-SiB、下段：平板モデル)

	a 的中 (湿潤)	b 見逃し	c 空振り	d 的中 (乾燥)	捕捉率 (a/a+b)	的中率 (a+d)
MRI/JMA-SiB						
古川_20150715 初期値	28.7	29.3	11.6	30.5	49.5	59.2
古川_20150801 初期値	4.3	59.8	1.2	34.8	6.7	39.1
古川_20150821 初期値	38.4	42.7	10.4	8.5	47.3	46.9
鹿島台_20150715 初期値	36.6	32.9	12.2	18.3	52.7	54.9
鹿島台_20150801 初期値	13.4	49.4	7.9	29.3	21.3	42.7
鹿島台_20150821 初期値	61	36	1.8	1.2	62.9	62.2
平板モデル						
古川_20150715 初期値	38.4	19.5	7.9	34.1	66.3	72.5
古川_20150801 初期値	28	36	6.1	29.9	43.8	57.9
古川_20150821 初期値	46.3	34.8	7.9	11	57.1	57.3
鹿島台_20150715 初期値	42.1	27.4	13.4	17.1	60.6	59.2
鹿島台_20150801 初期値	37.8	25	8.5	28.7	60.2	66.5
鹿島台_20150821 初期値	60.4	36.6	0.6	2.4	62.3	62.8

12. 北海道の小麦とばれいしょの収量減少傾向の気象的要因

下田星児 1*・菅野洋光 2・廣田知良 3

(1 農研機構北海道農業研究センター芽室研究拠点・2 農研機構農業環境変動研究センター・3 農研機構北海道農業研究センター)

a)要旨

高温による収量低下が、局地的な応答か、広域的で普遍的な応答か評価するために、メッシュ気象値による北海道東部の小麦・ばれいしょ（じゃがいも）の収量特性の解析を行った。

b)本文

(1) 小麦の収量減少傾向の気象的要因

小麦生育期間の中で開花期以降に当たる 6～7 月は、北海道東部地域では気象が秋まき小麦の生育に与える影響が大きい時期で、この期間の気象変化は小麦の収量の変動要因となる。登熟期間の気象要素は、登熟期間の長短に関わる気温に着目した研究が多く、日射についてはこれまで着目されてこなかった。北海道太平洋側東部に位置する十勝地方は、東北太平洋側のヤマセの影響を受ける地域と同様に、6 月の日照時間が短い年が多く、開花期以降の日照の地域性が生産量に大きな影響を与える。太平洋高気圧の影響を受ける高温年は、十勝地域で顕著な小麦収量の低下が見られるが、オホーツク地域は高温年に日照時間が長くなる場合が多く（図 1）、むしろ多収になる(Shimoda et al., 2015)。このように日照・日射は収量に大きな影響を与えている可能性がある。

(2) ばれいしょ（じゃがいも）の収量特性の解析

ばれいしょも冷涼な環境に適した作物であり、高温の影響が懸念される。統計資料より、作業開始は早まっていることが分かった。機械の高度化・排水性向上・土壌凍結深の変化が原因と考えられる。夏季高温を避けて生育期間を伸ばす温暖化適応策と言える。

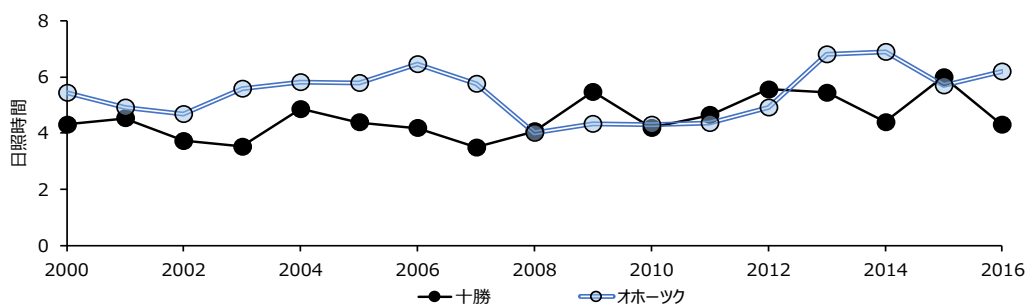


図 1. 6 月下旬～7 月中旬オホーツク地域と十勝地域の日照時間の差

c)参考文献

Shimoda, S., T. Hamasaki, T. Hirota, H. Kanno, Z. Nishio. 2015 : Sensitivity of wheat yield to temperature changes with regional sunlight characteristics in eastern Hokkaido. *Int. J. Climatol.*, **35**, 4176-4185.

13. 気候変動による水稲収量および品質の広域影響評価

石郷岡康史（農研機構・農業環境変動研究センター）

a)要旨

予測される気候変動によるわが国の水稲収量および品質への影響評価と移植期移動による適応効果を評価した。収量の全国集計値は、気温上昇に伴う減収効果と CO₂ 濃度上昇に伴う増収効果が相殺され、大幅な増減は見られなかったが、高温に因る顕著な品質低下の可能性があることが明らかになった。品質低下を回避するための適切な移植時期の選択は、全体の生産量や品質の維持に有効であるが、その効果は地域により大きな差が見られた。

b)本文

(1) はじめに

我が国で最も生産量の多い主要作物である水稲においては、近年高温に因る品質低下が深刻である。また、将来予測される気候変化により、品質低下のみならず減収も危惧されている。そのため、起こりうる影響と影響軽減のための適応策の提示が喫緊の課題となっている。本研究では、全国で栽培されている水稲を対象に、収量のみではなく品質も考慮した、予測気候条件の下での影響評価を行う。また、適応策として移植期の移動を行った際の効果を全国スケールで評価し、地域的特徴を明らかにする。その際、複数の気候予測値を使用することで、予測の不確実性も考慮に入れる。

(2) 方法

国内主要 15 品種に対応した、プロセスベースの水稲生育・収量予測モデル (H/H モデル) を影響評価モデルとして導入した。このモデルは作物生育プロセスと光合成プロセスにより構成され、CO₂ 施肥効果による増収効果も考慮されている。品質については、出穂後 20 日間における日平均気温 26°C 以上の積算値 (HD_{m26}、単位: °C・d) を、「高温に因る品質低下リスク」を表す指標として導入した。対象期間は、1981 年～2100 年とし、各年について 18 種の気候シナリオ (6GCM×3RCP) に基づきシミュレーションを実施した。その際、移植期移動による影響軽減効果を見るため、移植日を現行の日付から ±70 日間の範囲で 7 日間隔で移動させた。各年の収量算定値は、HD_{m26} の値により、ClassA (HD_{m26} < 20°C・d)、ClassB (20°C・d ≤ HD_{m26} < 40°C・d)、ClassC (40°C・d ≤ HD_{m26}) の 3 つに分類し、それぞれの分類毎に 20 年毎に平均値を算出した。影響軽減のための適応策としての最適移植日は、20 年毎の平均値において、現行移植日 ±70 日間の範囲で、全収量が最も多くなる移植日を選択する場合と、ClassA 収量 (高温に因る品質低下リスクが小さい収量) が最も多くなる移植日を選択する場合の 2 通りとした。品種、施肥量等は、統計資料に基づき地域ごとに固定値を与えた。

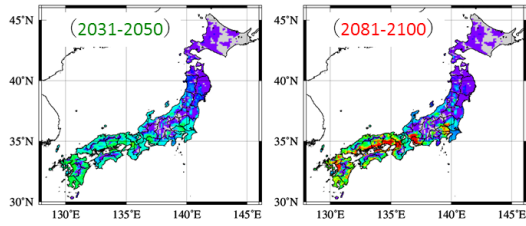
(3) 結果と考察

図に算定結果の一例として、HadGEM2-ES,RCP8.5による相対収量分布図(右上:現行移植日、右下:品質重視移植日、2031-2050年平均および2081-2100年平均)、相対生産量および品質低下リスク構成割合の推移(右上:現行移植日、右下:品質重視移植日、20年毎の平均)を示す。現行移植日(適応なし)の場合、収量は温度上昇に伴い一部地域(主に関東以西の平野部)で減少が予測されたが、高温による減収がCO₂濃度上昇による増収効果(施肥効果)で相殺され、収量を国全体で集計した生産量では増加傾向となった。一方、品質低下リスクが高いClassCあるいはClassBに分類される割合は、年代が進み温度が上昇するに従い継続的に増加する。すなわち、現行移植日で栽培を続けると、国全体の生産量は減少しなくても、品質が大きく低下した生産物が大半を占めるようになる可能性が高い。これに対し、このような高温品質低下リスクを最小限に抑制するために、20年毎に登熟期の高温を回避しつつ収量も可能な限り維持できる移植日(品質重視移植日)を選択した場合には、国全体の生産量は期間を通して大きくは減少せず、また品質低下リスクの高い生産物の割合も低く抑えられた。しかしながら、地域によっては移植日の移動では高温影響を回避できないケースも見られ、影響軽減のためには品種の変更など他の適応オプションの導入も必要となる。

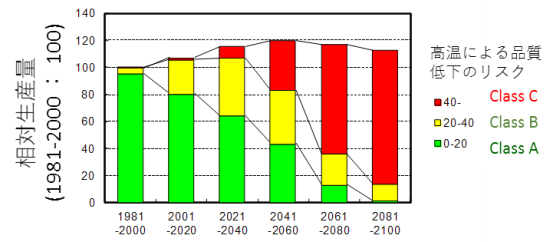
c)参考文献

- Fukui, S., Y. Ishigooka, T. Kuwagata, and T. Hasegawa, 2015: A methodology for estimating phenological parameters of rice cultivars utilizing data from common variety trials. *J. Agric. Meteorol.*, **71(2)**, 77-89.
- Ishigooka, Y., S. Fukui, T. Hasegawa, T. Kuwagata, and M. Kondo, 2017: Large-scale evaluation of the effects of adaptation to climate change by shifting transplanting date on rice production and quality in Japan. *J. Agric. Meteorol.*, **73(4)**, 156-173.
- Hasegawa, T. and T. Horie, 1997: Modelling the effect of nitrogen on rice growth and development. In Applications of systems approaches at the field level. (ed. by Kropff MJ, Teng PS, Aggarwal PK, Bouma J, Bouman BAM, Jones JW, van Laar HH). Kluwer, Dordrecht, pp. 243-257.
- Yoshida, R., S. Fukui, T. Shimada, T. Hasegawa, Y. Ishigooka, I. Takayabu, and T. Iwasaki, 2015: Adaptation of rice to climate change through a cultivar-based simulation: a possible cultivar shift in eastern Japan. *Clim. Res.*, **64**, 275-290.

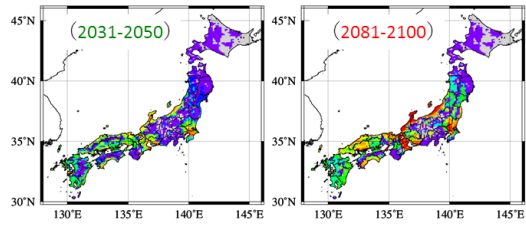
相対収量分布図（現行移植日）



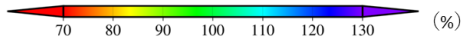
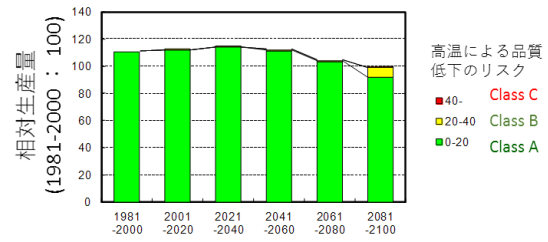
相対生産量の推移（現行移植日）



相対収量分布図（品質重視移植日）



相対生産量の推移（品質重視移植日）



図：モデルによる予測相対収量*の分布図（左上：現行移植日、左下：品質重視移植日）と、20年毎の相対生産量**および高温に因る品質低下リスクの推移（右上：現行移植日、右下：品質重視移植日）（HadGEM2-ES RCP8.5による算定例）

*,** 相対収量および相対生産量は、1981-2000年の値を100とした

14. 過去の気象データによる水稲栽培の意思決定支援

大久保さゆり（農研機構東北農業研究センター）

a) 要旨

2017年夏季の天候不順時に、過去の類似年を知りたいという要望が寄せられたことを受け、時系列の相関係数を用いて気温の季節推移が類似した年の抽出を試みた。主な目的は、シーズン終了時の生育や収量の把握のための参考情報としての使用であり、中期予測データ等による直近の意思決定と異なる、過去に蓄積されたデータによる意思決定支援となる。合わせて、東北農研と岩手県立大学とで運用してきた農作物警戒情報システムの2018年度での閉鎖について、背景や今後などを紹介する。

b) 本文

(1) 2017年夏季の天候不順

2017年の8月上、中旬にかけて、東北地方太平洋側を中心に低温が続いた（図1左）。水稲作では、7月中旬に高温傾向であったことや、過去の冷害年に比べると日平均気温が20℃を切るような低温の頻度、地域は限定的であったため、障害型冷害につながる幼穂形成期前の低温は、おおむね回避できたとみられる。ただし、東北地方全体で8月に低日照が顕著に続いたため（図1右）、品質などに影響した可能性がある。

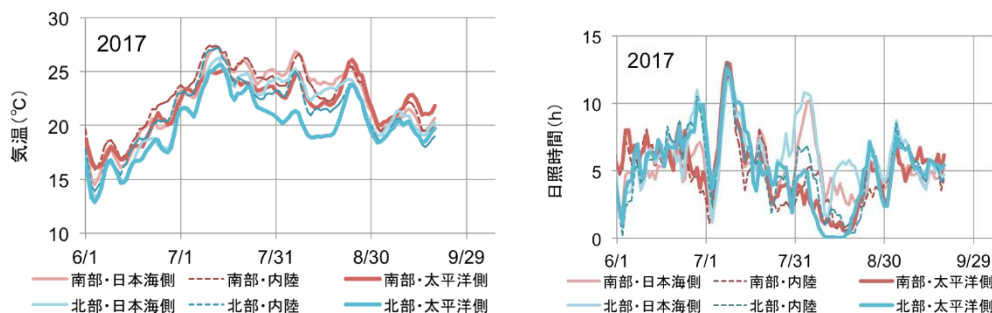


図1 2017年の気温（左）・日照時間（右）の推移

東北地方の17の気象官署を6つのブロック毎に地域平均・5日移動平均したもの。

(2) 類似年の抽出

通常の年と大きく異なる天候が続いた場合に、過去の類似年を拾い、たとえば収量などその類似年の情報と比較することで、その天候による影響を類推することができる。中期予測データ等による直近の意思決定と異なる、過去に蓄積されたデータによる意思決定支援ともいえる。ここではその試みとして、東北管内の17の各気象官署を対象に、2017年と同様の気温推移の年を、相関係数によって抽出した。比較に用いた対象期間は1979-2016年とした。日平均気温は5日移動平均値にして使用した。結果は、盛岡では2001年（次点が2000年）、八戸では2000年（次点が1981年）が、それぞれ2017年と最も似た年として

検出された(図2)。このほか地点によって違いはあるが、多くの地点で2000年が2017年との類似度が高い年として検出されていた。2017年9月上旬の時点で「2000年が似たような年だった」との指摘もあり(関係者からの私信による)、相関係数による抽出は、簡易に気温の季節推移の類似度を測る手段として有効である可能性がある。

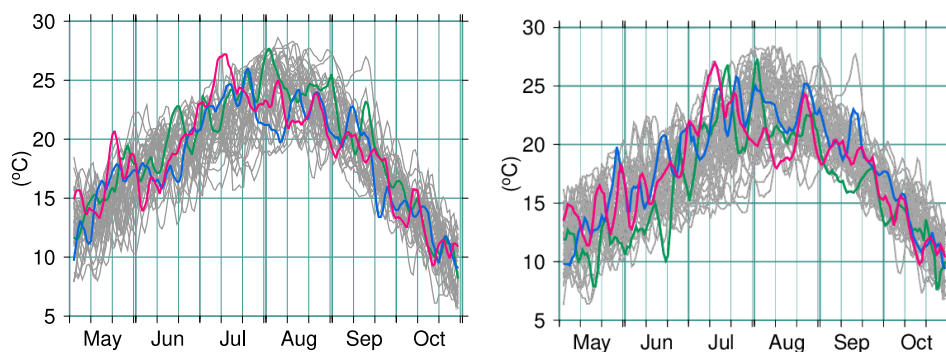


図2 盛岡(左)・八戸(右)の1979-2017年の気温の推移

赤: 2017年、青: 最も類似度の高い年、緑: 2番目に類似度の高い年

一方で、代表的な冷害年である1993年を対象に同様の類似年抽出を行ったところ、類似性の高い年は検出されるが、変動の位相は類似するものの絶対値が大きく異なる場合や、期間の一部だけが類似し、1993年夏の特徴である7月の顕著な低温の継続を検出できないなどの問題もあった。今後、シーズン途中での判断に用いることができるかなどについても検証する。

(3) 「GoogleMapによる気象予測データを用いた農作物警戒情報」の閉鎖と今後

農研機構東北農業研究センター、岩手県立大学が共同で運用してきた栽培支援情報システムである「[GoogleMapによる気象予測データを用いた農作物警戒情報](#)」が、2018年度の運用をもって終了することになった。研究期間を終えて、機器更新やデータ購入費などのコスト負担を継続できなくなったことが大きな理由である。今後は、機能は制限されるものの、東北農研に既存の「[水稻冷害早期警戒システム](#)」の拡充などで対応する。

研究的に構築された情報システムなどの研究期間終了後の維持は、多くの分野で共通の問題である。社会実装といっても、例えば民間企業で利益を得られる性質のものであるか、公益サービスとして存続が必要かなどによって、そのための道筋も必要な規模も異なる。また情報技術を専門とする研究者と組むことで、このシステムには、気象の研究者が単独では開発し得ない充実した機能が数多く搭載された。

気象情報だけでなく情報技術の実証研究としても構築、運用を続けてきた本システムの、多くのユーザーを抱えながらの終了は、「研究成果の社会実装」に内在する、研究成果、実装する技術、安定して運用できる体制などの課題を改めて示唆しているといえよう。

15. イネ葉面濡れ時間の相対湿度を用いた推定方法（その2）

菅野洋光（気候変動対応研究領域影響予測ユニット）、山崎 剛（東北大学）、大久保さゆり（農研機構東北農業研究センター）、岩崎俊樹（東北大学）、神田英司（鹿児島大学）、小林隆（山形大学）、吉田龍平（福島大学）

a)要旨

2015-2016年の観測データに基づき作成した葉面濡れ時間推定式を用い、メソ数値予報モデル GPV(MSM)データの相対湿度を用いた面的イネ葉面濡れ予測手法を試作した。

b)本文

（1）はじめに

北日本における稲作を考える場合、低温による冷害とともに、イネいもち病も減収の重要な要因の一つである。例えば、2003年冷害の場合、イネの被害割合で23.3%がヤマセによる低温被害だが、いもち病による被害も5.3%発生している。地球温暖化により梅雨明けが遅れるとの研究もあり(Kusunoki, et al., 2006,JMSJ)、植物体の濡れによる病害発生リスクには今後も注意が必要であると考えられる。

いもち病の感染には適温と葉面の持続した濡れが必要であり、それらを把握することで、適切な薬剤の散布が可能になる。イネいもち病については、アメダス気象4要素を用いた予測手法 BLASTAM が開発されており(越水,1988,東北農試研報)、現場で広く運用されているが、アメダス気象観測点の密度や立地に依存するところが大きく、より汎用性の大きい手法が求められている。そこで、メソ数値予報モデル GPV(MSM)データの相対湿度を用いたイネ葉面濡れ時間予測手法を試作した。

（2）方法

2015年～2017年の3年間、宮城県名取市の現地圃場にて、総合気象観測および葉面濡れセンサー(DECAGON,LWS)を用いたイネ葉面濡れ観測を実施した。そして、特別相対湿度から葉面濡れ時間を推定する回帰式を作成し、センサーによる実測値および BLASTAM による葉いもち病発生予察結果と比較・検討を行った。また、メソ数値予報モデル GPV(MSM)データ特別相対湿度から葉面濡れ時間を1kmメッシュで推定するマップを作成し、その予測精度について検証した。

（3）結果と考察

宮城県名取観測点では、水田の中に葉面濡れセンサーを、水面からの高さ50cmに設置した。2015年と2016年の2年分について、1日(1時～24時)のうちにカウントされた特別相対湿度と、葉面濡れセンサーの濡れ割合 ≥ 0.1 の特別値カウント数との相関関係をみたところ、相対湿度89%以上のカウント数を葉面濡れ予測最適インデックスとして判定できた。

直線回帰式は $y=0.5001x+9.986$ で、決定係数は 0.49、RMSE は 3.4 である。

メソ数値予報モデル GPV(MSM)データを用い、特別相対湿度を 1km メッシュの解像度にダウンスケールし、上記の葉面濡れ時間推定モデルに適用してイネ葉面濡れ時間推定マップを作成した。図 1 には宮城県の 2015 年 7 月 16 日のマップを示す。この期間については、宮城県では 16 日より葉いもち病斑が発現し、18 日には発生割合が 80%を超えたが、図 1 では 16 日に濡れ時間 80%以上を広範囲で示し、病斑の発生拡大の開始とおおむね一致している。

図 2 には、宮城県名取市観測点における 2015 年 7 月の時系列グラフを示す。相対湿度実測値から計算した濡れ時間は、GPV(MSM)データを用いた予測値とおおむね一致している。また、名取観測点で計算された BLASTAM は、9 日と 25 日のほか、いもち病斑発生直後の 18 日と 19 日にも危険値を算出しているが、これらは相対湿度モデルによるピークよりも 2 日ほど遅れた結果となっている。これは、BLASTAM が降水を観測してから計算を始めるのに対して、葉面の濡れは、実測・予測とも、降水をもたらす前の気団の変化を感知しているためであると考えられる。いもち病の発現には病原菌の感染有無とその潜伏期間が関係しており、単純に比較はできないが、相対湿度を用いた葉面濡れ予測モデルは、病害の発生を予測する上で実用的な手法であると考えられる。

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「次世代農林水産業創造技術」（管理人：農研機構生物系特定産業技術研究支援センター）の支援を受けて行った。メソ数値予報モデル GPV(MSM)データは京都大学生存圏研究所が運営する生存圏データベースによって収集・配布されたものです（<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp>）。

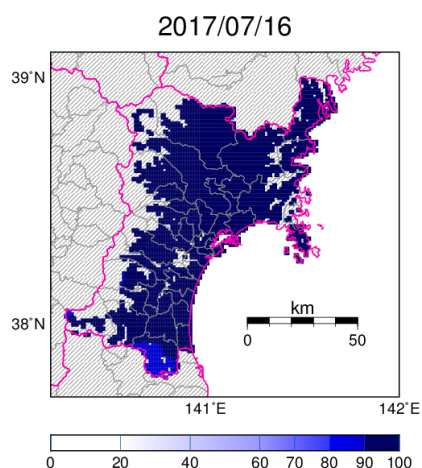


図 1 宮城県における 2015 年 7 月 16 日のイネ葉面濡れ時間予測マップ。24 時間濡れが継続している場合を 100%とする。

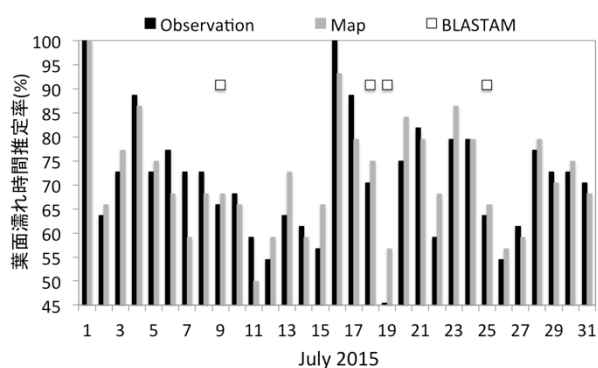


図 2 宮城県名取市観測点における 2015 年 7 月の葉面濡れ時間の時系列。黒バーは相対湿度現地観測値より、グレーは GPV(MSM)データより計算。ボックスは BLASTAM によるいもち病感染危険日を示す。

16. 気象予測値を用いたカンシャコバネナガカメムシの防除適期予測の精度検証 萱場互起（気象庁気候情報課），田村弘人（沖縄气象台），永山敦士，真武信一（沖縄県）

a)要旨

農業分野においては、各県の病害虫防除所が1ヶ月先までの病害虫発生予察情報の根拠として気象予測情報を、害虫の農薬による防除適期を予測するために気象庁平年値（以下、平年値と示す）を利用している。沖縄県のカンシャコバネナガカメムシ（さとうきびの害虫）の防除適期予測を例に、「季節予報」の基礎資料である気温予測値の数値情報（4週間を対象とした確率予測値）を用いて精度検証した結果、極端な高温による防除適期の見逃しリスクを軽減でき、有効性を確かめることができた。

b)本文

（1）方法

過去の地上気象観測値と平年値、再予報したデータ（4週間）を用いる。調査対象の地点は那覇、期間は1981年から2010年とし、防除適期予測日は2月1日を起算日とし、発育零点を13℃として、有効積算温度（実測または予測平均気温から13℃を引いた値の積算値、13℃を下回った場合は0日℃とする）が480日℃に達した日としてシミュレーションを行った。3月2, 12, 22、4月2日を予測日として、予測値と平年値を用いた結果を比較した（図1）。なお、データはすべて気象庁ホームページから取得した。

（2）結果と考察

4週間平均気温予測値と平年値を用いた場合のシミュレーション結果は、平年値よりも予測値を用いたほうが防除適期実測日との差が小さく、ばらつきも小さかった。平年値を用いた場合の防除適期との差が+7となった事例（1998年3月22日）は、実測値が平年よりも高温であるが、予測値を用いることで3日改善した。よって、気温予測値は、防除適期予測の精度を高め、極端な高温となる場合の防除適期の見逃しリスクを軽減でき、平年値よりも有効である。なお、4週間の代わりに2週間（1週目と2週目）の気温予測を用いた場合も同様の結果が得られた（図略）。

（3）まとめと成果

本種の防除適期予測に長期予測情報を利用することにより、予測日の精度を改善することが出来た。この方法は、有効積算温度を用いて発生を予測している害虫にも広く応用できると考える。予測情報の精度の把握は、防除適期予測の高度化のみならず、よりの確な情報提供時期の検討にも寄与し、発生予察情報の改善につながる。地球温暖化を要因とする気候変化に伴い、発生時期の早期化や極端に早い場合も起こりうることから、最新の気象情報も活用した効果的な情報をエンドユーザーに提供することが期待される。

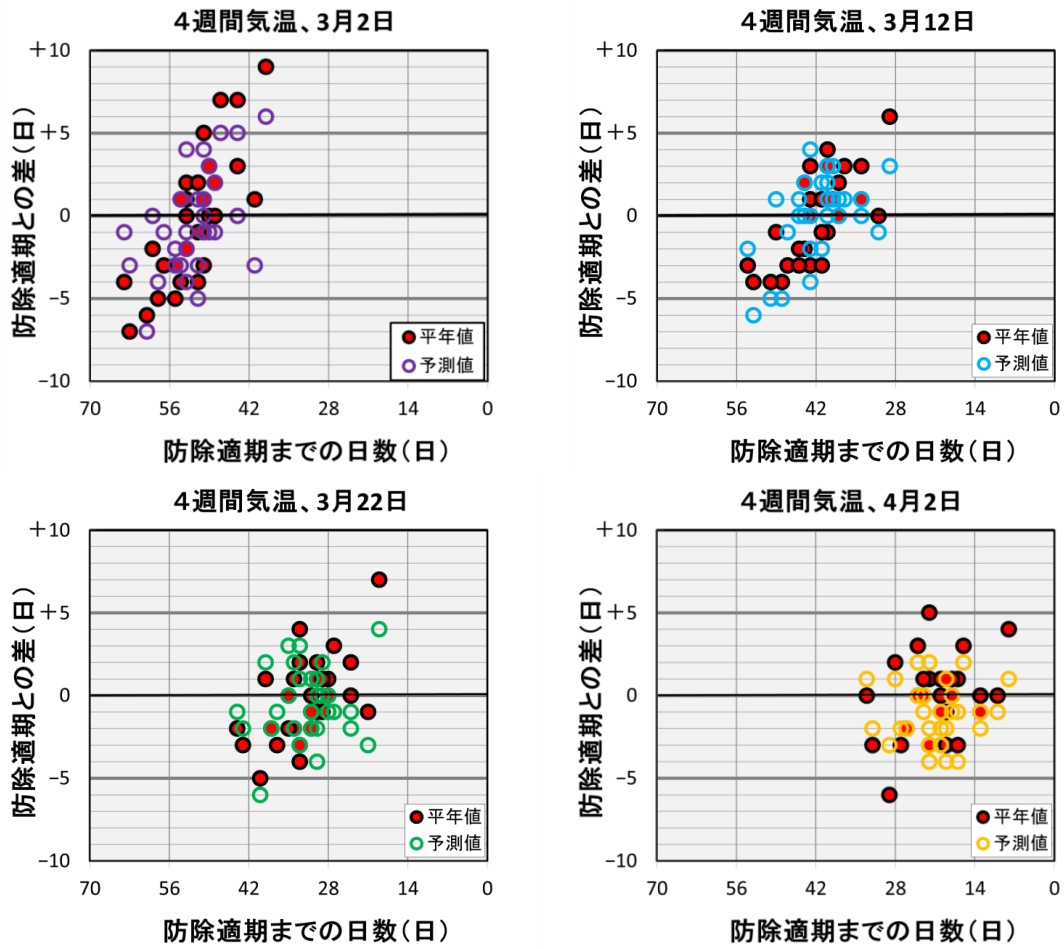


図1 4週間気温予測と平年値を用いた場合の防除適期との差
 赤四角は平年値を用いた場合、○は4週間予測で、色の違いは予測開始日に対応している。
 それぞれ、3月2日（左上）、12日（右上）、22日（左下）、4月2日（右下）を発表日と仮定した結果。

17. 気候変動に伴うコメ収量の安定性の評価

吉田龍平（福島大学）

a)要旨

大規模アンサンブル水稲生育シミュレーションを行い、気候変動によるコメ収量の出現頻度の変化を解析した。4°C昇温した北日本では確率分布の形は現在と変わらず増収側にシフトしたが、西日本では平均値は変わらないまま増収・減収の両方向へ裾野が拡大し、不安定化した。年々の収量の安定化には、現行品種からの転換と現在の移植日での気温と同程度になるところへの移植日の前倒しが有効であることが明らかになった。

b)本文

(1) はじめに

温暖化の影響が顕在化しつつある現在、平均値の変化だけではなく年々の変動幅の変化に対する関心が高まっている。最新の温暖化データである d4PDF (Mizuta et al., 2011) は $O(1000)$ のメンバー数を持ち、産業革命以前より全球気温が 4°C 昇温した将来における年ごとの気象の変化を議論することが可能である。一方で、最新の水稲生育モデル Hasegawa/Horie (Yoshida et al., 2015) は品種ごとの気象に対する応答の差を表現することができ、生育パラメータも整備されていることから日本の主要な品種に対する生育シミュレーションが可能になっている。そこで本研究は両者を組み合わせて大規模アンサンブル水稲生育シミュレーションを行い、現在の方策を維持した場合の日本における収量の安定性の変化と最適な栽培方策（作付品種および移植日）について検討した。

(2) 結果と考察

現在の方策を今後も維持した場合、北日本では増収へシフトし平均値で 300 t ha^{-1} 程度の増収が推定された。西日本では収量の増加幅は小さいがヒストグラムの裾野が増収・減収の両方に拡大し、不安定化が推定された。安定化に寄与する最適な方法を検討すると、多くの地点で作付品種の転換と移植日を現在の移植日の気温と同じになるところへ前倒しすることが有効であると推定された。ただし本研究は収量に着目しており、品質の低下は考慮されていないため、収量と品質を含んだ価格へ与える影響を評価することが望まれる。

c)参考文献

- Mizuta, R., et al., 2011: Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60-km global and 20-km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **98**, 1383-1398.
- Yoshida, R., et al. 2015: Adaptation of rice to climate change through a cultivar-based simulation: a possible cultivar shift in eastern Japan. *Clim. Res.*, **64**, 275-290.

18. 東北地方における作物生育と晩霜害の将来予測

眞崎良光 (弘前大学)

a)要旨

温暖化による晩霜害のリスクについて、植物の生育を考慮して解析した。終霜日は将来早期化するが、その終霜日時点での果樹や作物の生育は、進む地点と遅れる地点があり、東北地方のみを考えても、地域による差が大きいことが分かった。

b)本文

果樹や作物は、春先の低温時に凍霜害を被ることがあり、耐寒性の低い新芽や花蕾は、春先の低温による凍霜害のリスクが高い。気候温暖化により、同じ季節での低温リスクは減ると考えられるが、植物の生育も早まるため、各生育ステージに対する凍霜害のリスクが増加するか、減少するか自明ではない。そこで本研究では、東北地方における将来気候下での晩霜リスクについて調査した。なお、本報告は、「東北の農業気象」の講演要旨に掲載される予定である。

まず凍霜害リスクのある最低気温の閾値として、全国の気象官署における「終霜日」と「閾値を下回る最低気温を最後に観測した日」とのずれが最小となるように決めた。凍霜害は、必ずしも霜が降りた日に発生するものではないが、近似指標としてこの基準を用いた。つぎに、気象庁「地球温暖化予測情報第8巻(気象庁,2013)」の現在(1980~2000年)および将来(2016~2036、2076~2096年)のデータを用いて、上記最低気温閾値に基づく終霜日を推定した。アメダス観測点の観測をもとにバイアス補正した。一方、生物季節の進行の表現には、日平均気温データを用いた有効積算温度を用いた。

平均終霜日は、前世紀末に比べ、今世紀末では14.6日程度早期化する。つぎに、ある起算日から上記で決まった終霜日までの有効積算温度は、ベース温度によって東北地方で増加・減少いずれの傾向も認められた。このことから、温暖化により終霜日が早まる効果以上に、果樹や作物の生育ステージが進む効果が大きい地域があること、地域による違いも大きいことなどが分かった。

c)参考文献

気象庁, 2013: 地球温暖化予測情報第8巻. (出版物は131 pp.)

謝辞: 気象庁気象研究所が開発した地域気候モデルに基づく、気象庁「地球温暖化予測情報第8巻」のデータを使用した。また、国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」: データ統合・解析システム(DIAS), 地球環境情報統融合プログラム(DIAS-P), 並びに地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラムの枠組みの下で収集・提供されたデータを使用した。

19. ヤマセデータベースと 2017 年の特徴

谷田貝亜紀代（弘前大学大学院理工学研究科）

a)要旨

APHRODITE-2 プロジェクトおよび、平成 28 年度弘前大・農研機構東北農研の女性研究者の共同研究（ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ）事業をきっかけに、ヤマセに特化した、気温・降水量・日射・衛星（ひまわり）データの整備を行っている。2017 年 8 月はヤマセ日が多く出現した。

b)本文

（1）はじめに

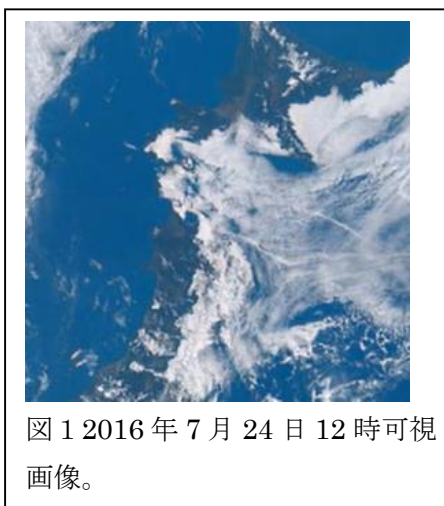
報告者は、環境研究総合推進費「極端降水評価と気象予測のための APHRODITE アルゴリズムの改良（APHRODITE-2）」（2-1602, H28-30 年度）を実施しており、2006-2010 年度に実施した APHRODITE プロジェクトに続き、日降水量グリッドデータの作成などを行っている。（URL <http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~aphrodite2/>）日本域の APHRO_JP データ（Kamiguchi et al. 2010）、アジアモンスーン域気温データ（Yasutomi et al., 2011）、アジア降水量データ（Yatagai et al., 2012）は、世界で広く用いられている。

一方、文部科学省科学技術人材育成費補助事業ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ（牽引型）による平成 28 年度弘前大学共同研究支援採択課題「北東北のヤマセ災害評価のための気象・衛星データの整備解析」で、菅野（1993）の気温、降水量データと APHRODITE の手法によるグリッドデータ、静止気象衛星データを整備し、ヤマセに特化したデータベースを構築しはじめた。

ここでは、衛星画像の紹介ならびに、2017 年の特徴について概要を示す。

（2）ひまわり 8 号衛星画像

図 1 に、典型的なヤマセ日のひまわり 8 号の衛星画像を示す。2017 年 3 月 15 日、弘前大学にてシンポジウム温故知新：東北の気候と農業を開催したが、その際、千葉大学環境リモートセンシング研究センターの豊嶋氏により、この日のヤマセ雲の動画が示され、参加者並びに関係者の注目を集めた。



（3）ヤマセ日の衛星画像

菅野(1993)によるヤマセ日リストを、菅野氏から提供いただいた。ここでは 2017 年 6-9 月の情報を図 2 に示す。7/27 よりヤマセ日が続いたが、現在の水稻生産にとって重要な時

2017年のヤマセ日(6月～9月) 菅野(1993、天気)によりヤマセ日(1)を判定。菅野氏提供リストより。

6	1	0	7	1	0	8	1	1	9	1	0
6	2	1	7	2	0	8	2	0	9	2	1
6	3	0	7	3	0	8	3	1	9	3	0
6	4	0	7	4	0	8	4	1	9	4	0
6	5	0	7	5	0	8	5	0	9	5	0
6	6	0	7	6	0	8	6	1	9	6	0
6	7	0	7	7	0	8	7	1	9	7	1
6	8	0	7	8	0	8	8	1	9	8	0
6	9	0	7	9	0	8	9	1	9	9	0
6	10	0	7	10	0	8	10	1	9	10	0
6	11	0	7	11	0	8	11	1	9	11	0
6	12	0	7	12	0	8	12	1	9	12	0
6	13	0	7	13	0	8	13	1	9	13	0
6	14	0	7	14	0	8	14	1	9	14	0
6	15	0	7	15	0	8	15	1	9	15	0
6	16	1	7	16	0	8	16	1	9	16	1
6	17	0	7	17	0	8	17	1	9	17	1
6	18	0	7	18	1	8	18	1	9	18	0
6	19	1	7	19	1	8	19	1	9	19	0
6	20	0	7	20	0	8	20	1	9	20	0
6	21	0	7	21	0	8	21	0	9	21	0
6	22	0	7	22	0	8	22	0	9	22	0
6	23	0	7	23	0	8	23	0	9	23	0
6	24	0	7	24	0	8	24	0	9	24	0
6	25	0	7	25	0	8	25	0	9	25	0
6	26	0	7	26	0	8	26	0	9	26	0
6	27	0	7	27	1	8	27	0	9	27	0
6	28	0	7	28	1	8	28	0	9	28	0
6	29	0	7	29	1	8	29	0	9	29	0
6	30	0	7	30	1	8	30	0	9	30	0
6	31	0	7	31	1	8	31	0	9	31	0

図2 菅野(1993)によるヤマセ日データ。7月、8月についてヤマセ日(1)に水色矢印でマークした。

期がはずれていたことが、2017年の収量がそれほど落ち込まなかったことにつながったのかもしれない。

図3は、ヤマセ時の気象データベースのうち、衛星画像部分を示す。ご希望の方にはURLをお伝えする予定である。図2に示したヤマセ日の衛星画像や動画をダウンロードしてリンク付けを行っている。衛星画像の図3の形式での整備は2013-2017年まで、衛星画像のダウンロードは2006年以降終了している。なお、菅野氏のヤマセ日リストは1976年からいただいております、同様の方法で、時代をさかのぼることは可能とのことである。

Yamase list in 2017

こちらではヤマセ日のデータをそれぞれ千葉大学環境リモートセンシング研究センター (Ceres) から静止気象衛星画像、NICTサイエンスクラウドひまわり衛星プロジェクトからはヤマセ日の動画をダウンロードしたものを提供します。

2017年		2016年のヤマセ日			
静止気象衛星画像	動画	静止気象衛星画像	動画		
2017/05/01		2017/07/01		2017/09/01	
2017/05/02		2017/07/02		2017/09/02	VIS201709020200 to VIS201709020800 20170902_pi
2017/05/03		2017/07/03		2017/09/03	
2017/05/04		2017/07/04		2017/09/04	
2017/05/05		2017/07/05		2017/09/05	
2017/05/06		2017/07/06		2017/09/06	
2017/05/07		2017/07/07		2017/09/07	VIS201709070200 to VIS201709070800 20170907_pi
2017/05/08		2017/07/08		2017/09/08	
2017/05/09		2017/07/09		2017/09/09	
2017/05/10		2017/07/10		2017/09/10	
2017/05/11		2017/07/11		2017/09/11	
2017/05/12		2017/07/12		2017/09/12	
2017/05/13	VIS201705130200 to VIS201705130800 20170513_pi	2017/07/13		2017/09/13	
2017/05/14	VIS201705140200 to VIS201705140800 20170514_pi	2017/07/14		2017/09/14	
2017/05/15	VIS201705150200 to VIS201705150800 20170515_pi	2017/07/15		2017/09/15	
2017/05/16		2017/07/16			

ヤマセ日2017年
2017/05/01-2017/09/29

図3 ヤマセ日の衛星画像 (構築中のページ)

c)参考文献

- 菅野洋光 (1993): 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.
- Kamiguchi, K., O. Arakawa, A. Kitoh, A. Yatagai, A. Hamada, and N. Yasutomi, (2010): Development of APHRO_JP, the first Japanese high-resolution daily precipitation product for more than 100 years, *Hydrological Research Letters*, 4, 60-64.
- Yasutomi, N., A. Hamada and A. Yatagai (2011): Development of long-term daily gridded temperature dataset and its application to rain/snow judgment of daily precipitation, *Global Environmental Research*, 15-2, 165-172.
- Yatagai, A., K. Kamiguchi, O. Arakawa, A. Hamada, N. Yasutomi and A. Kitoh (2012): APHRODITE: Constructing a Long-term Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia based on a Dense Network of Rain Gauges, *Bulletin of American Meteorological Society*, **93**,1401-1415, doi:<http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00122.1>.

20. 2017年夏のヤマセについて

大久保忠之（仙台管区気象台 気象防災部 地球環境・海洋課）

a)要旨

2017年夏に発生したヤマセの特徴をまとめた。主な特徴は、8月のオホーツク海高気圧の出現日数は15日で、1958年以降で多い方から3番目。8月の東北太平洋側の日照時間は、1946年以降で最小。東北地方の梅雨明けは特定できず。2017年の宮城県の米の作況指数は99。関東から三陸沖と宮城県沿岸の7月から8月にかけての海面水温上昇は1982年以降で最小。などであった。

b)本文

(1) はじめに

2017年の東北地方の夏の天候は、夏（6～8月）期間としては、気温と日照時間は平年並、降水量は日本海側で多く太平洋側で平年並となった一方、月別では7月は高温・多照となったが、8月はオホーツク海高気圧が出現したため、東北太平洋側では、低温・多雨で日照時間は、8月としては1946年の統計開始以降で最も少ない記録を更新するなど、8月を中心にヤマセが発生した。

(2) 主な特徴

・天候経過

2017年の東北地方の夏の天候は、夏期間としては、気温と日照時間は平年並となったが、降水量は低気圧や前線の影響を受けやすかった日本海側で多く太平洋側で平年並となった。月別では、6月は、偏西風が朝鮮半島から日本付近で南に蛇行したため、東北日本海側では気圧の谷の影響を受けやすかった一方、梅雨前線の影響を受けにくく、東北太平洋側では日照時間がかかなり多かった。東北地方の梅雨入りはかなり遅く、東北南部の梅雨入りは6月30日ごろで、1951年の統計開始以降で最も遅かった。7月は、偏西風が平年よりも北を流れ、太平洋高気圧の北への張り出しが強まり、日本海で梅雨前線の活動が活発となったため、東北日本海側の降水量はかなり多かったが、上・中旬を中心に太平洋高気圧の回りを廻る南からの暖かい空気が流れ込み、東北地方の気温はかなり高く、東北太平洋側の月間日照時間はかなり多くなった。8月は、日本の北を流れる偏西風（寒帯前線ジェット気流）は東シベリア付近で北へ蛇行し、8月中旬に日本の北でブロッキング高気圧が強まったことに対応して地上付近では上旬から中旬を中心にオホーツク海高気圧が出現した。このため、東北太平洋側を中心に不順な天候となり、低温・多雨・寡照となった。特に、東北太平洋側の日照時間は、8月としては1946年の統計開始以降で最も少ない記録を更新し、東北地方の梅雨明けは、2009年以来8年ぶりに時期を特定できなかった（図1）。

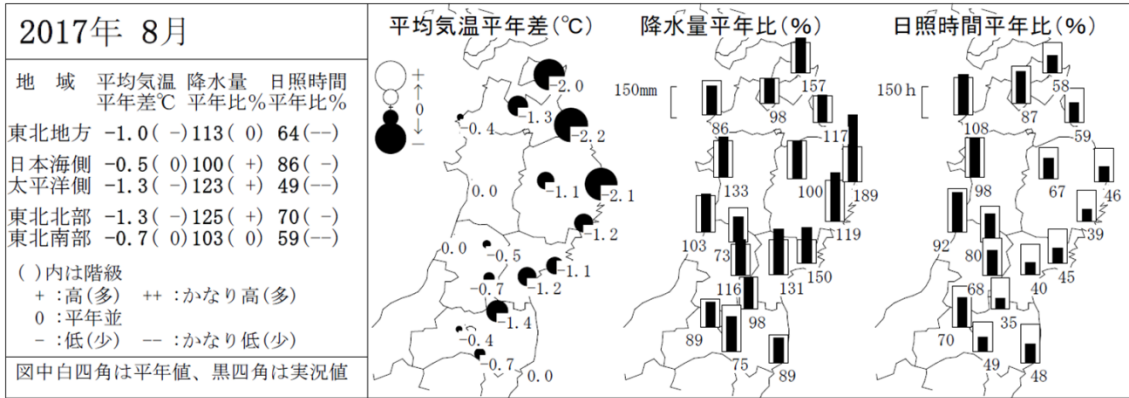


図1 2017年8月 平均気温の平年差、降水量・日照時間の平年比の分布

降水量、日照時間平年比分布図の各地点の白四角と黒四角はそれぞれ平年値と実況値です。各分布図の左上のスケール(高さ)は、降水量(mm)、日照時間(h)を表します。各地点の数字は平年比(%)です。

・オホーツク海高気圧の動向

オホーツク海高気圧は、前7日平均値について以下の3つの条件をすべて満たす日を出現日と定義した(平成19年度季節予報研修テキスト)。

- (1) オホーツク海(北緯45~55度、東経145~155度)の気圧が1014hPa以上。
- (2) オホーツク海の気圧が東日本(北緯35~40度、東経135~145度)の気圧より高い。
- (3) 北日本(北緯40~45度、東経140~145度)の925hPa気温が平年以下。

この定義に従うと、2017年(5~8月)のオホーツク海高気圧の出現日数は18日で、平年値(1981-2010年)21個を下回った。一方、2017年8月のオホーツク海高気圧の出現日数は15日で、1958年の統計開始以降3番目に多かった(1位:1980年21個、2位:1991年17個)。

なお、1958年からの統計によるとオホーツク海高気圧の長期変化は不明瞭で年々の変動が多い(図2)。

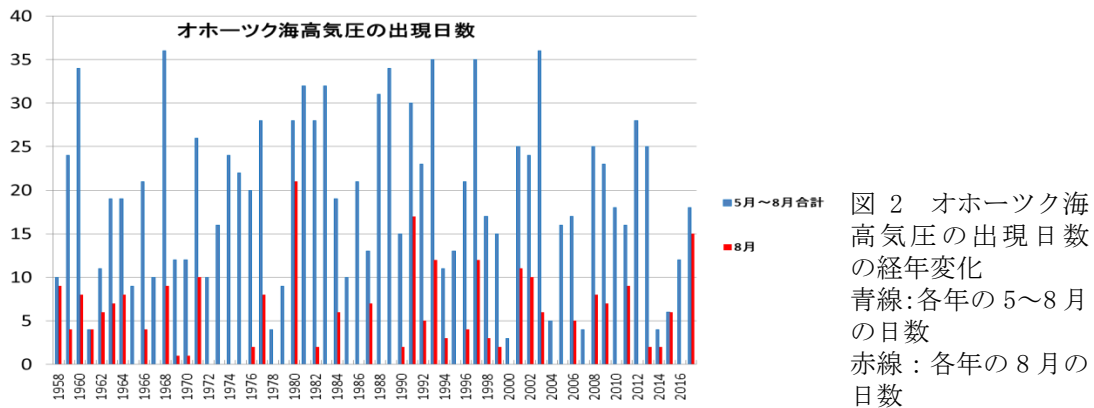


図2 オホーツク海高気圧の出現日数の経年変化
青線:各年の5~8月の日数
赤線:各年の8月の日数

・米の作況指数

宮城県の2017年の米の作況指数は99で、2008（平成20）年以来9年ぶりに100を下回った。また、東北地方の2017年の米の作況指数も99で、2006（平成18）年以来11年ぶりに100を下回ったが、共に概ね平年並となった。なお、宮城県の米の作況指数は、1993年や2003年は極端に低い値となったが、この時は東北太平洋側では、夏及び8月の気温が共に平年を大きく下回っていた。一方、8月の気温のみ低温となった2001年などは作況指数が平年を大きく下回ることはなかった（図3）。

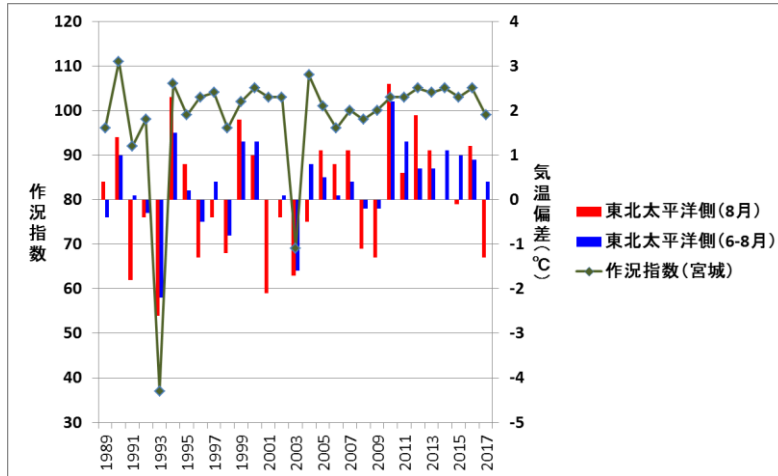


図3 宮城県の作況指数と東北太平洋側の気温平年偏差
 緑線：宮城県の作況指数
 赤棒：東北太平洋側の8月の気温平年偏差
 青棒：東北太平洋側の6～8月の気温平年偏差

・寒気移流

寒気移流に関する指標は東北大学の岩崎先生ご提供のプログラムを使用し（Iwasaki et al.2014）、300k 温位面での寒気について検討した。8月の寒気質量の平年偏差では北日本から日本海にかけて平年より寒気質量の大きい所が見られた（図略）。8月20日9時の寒気質量とそのフラックスのスナップショットを見ると千島付近に寒気質量の大きい所が見られ、そこから南西にフラックスが伸びていることから、千島付近の寒気が三陸沖を通過して東北太平洋側に流れ込んだ様子が見られた（図4）。

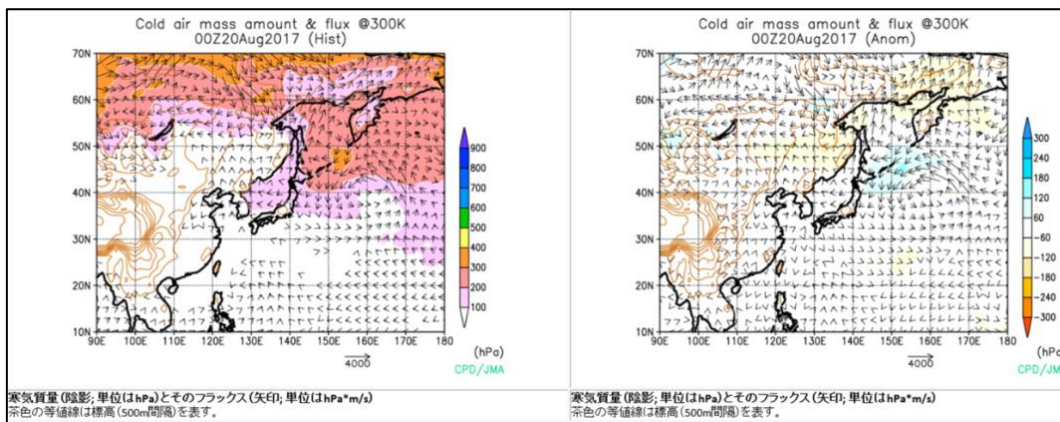


図4 寒気の流れ込みの様子

寒気質量とそのフラックス 300k 温位面（矢印）左：実況、右：平年偏差

・海面水温

関東沖から三陸沖（図5の海域4）の海面水温は、7月上旬から中旬にかけて平年より日射量が多く、風が弱かったため、中旬は海面水温が平年よりかなり高くなり、月を通して海面水温が平年よりかなり高くなった一方、8月は、水温の上昇が小さく、7月～8月にかけての水温上昇は、+1.33℃で統計開始の1982年以来、2001年と同様に最も小さかった（図略）。また、2017年の宮城県沿岸（図6）の旬別海面水温は、7月中旬には、1982年の統計開始以降で2番目に高い水温を記録しましたが、8月中旬以降は平年を下回った。7月～8月にかけての海面水温上昇は+0.91℃で統計開始の1982年以降で最も小さかった。

なお、8月上・中旬の沿岸水温は、仙台・石巻の気温より高く、沿岸水温が三陸沖から流れ込む寒気を緩和した可能性がある（図7）。

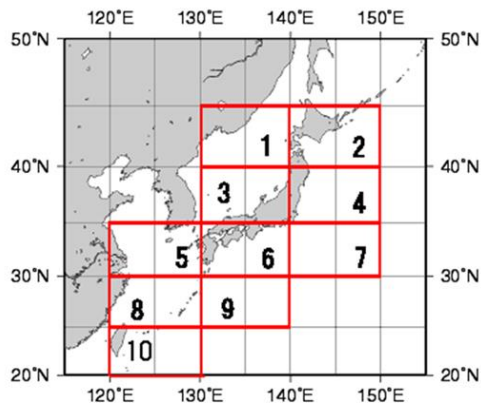


図5 海域分けの区分図
四角で囲まれた海域で平均海面水温を算出

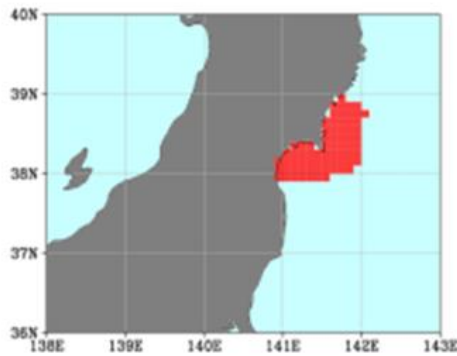


図6 宮城県の沿岸海域
赤で塗られた海域で平均海面水温を算出

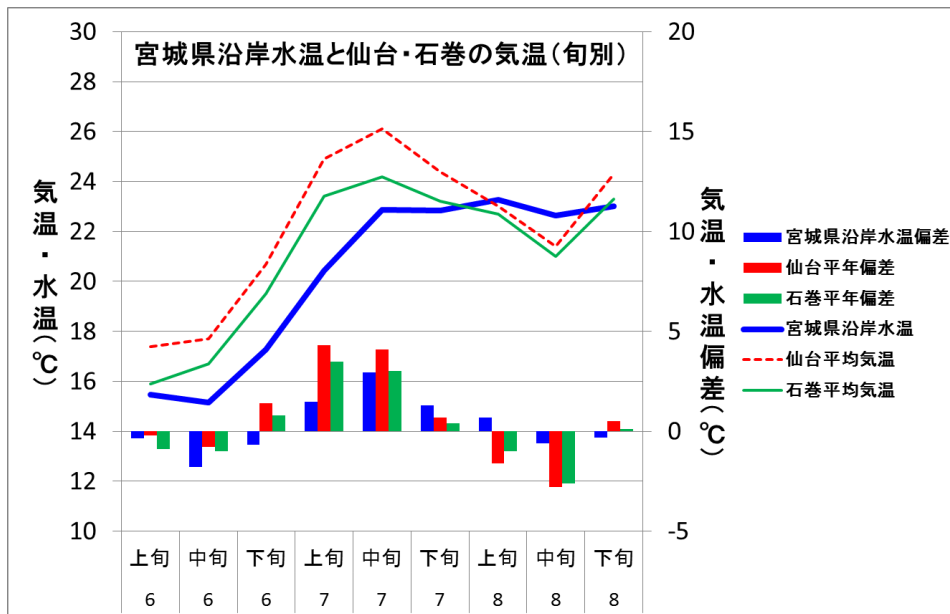


図7 宮城県沿岸の2017年5月～8月の旬別水温経過

青線：旬平均海面水温。青棒：旬平均平年偏差。赤点線と緑細線：仙台と石巻のそれぞれの旬平均気温。赤棒と緑棒：仙台と石巻の旬平均気温平年差。

(3) まとめ

2017年のヤマセは、以下のような特徴が見られた。

- ・8月のオホーツク海高気圧の出現日数は15日で、1958年の統計開始以来3番目に多かった。
- ・8月の東北太平洋側の日照時間は平年比49%で、1946年以降で最も少なかった。
- ・東北南部の梅雨入りは6月30日ごろで、1951年の統計開始以降で最も遅かった一方、東北地方の梅雨明けは2009年以来8年ぶりに時期を特定できなかった。
- ・2017年の米の作況指数は、宮城県では99で、2008年以来9年ぶりに100を下回り、東北地方では99で、2006年以来11年ぶりに100を下回った。
- ・関東沖から三陸沖（海域4）、及び宮城県沿岸の8月と7月の水温上昇は、統計開始の1982年以降、最も小さかった（関東沖から三陸沖は、+1.33℃）。（宮城県沿岸は+0.91℃）。
- ・8月上・中旬は、仙台・石巻の気温より沿岸の海面水温の方が高かったことから、海面水温により寒気が緩和された可能性がある。

c)参考文献

藤川典久,2007:日本に影響を与える高気圧,平成19年度季節予報研修テキスト,30-35.

Toshiki Iwasaki, Takamichi Shoji, Yuki Kanno, 2014: Isentropic Analysis of Polar Cold Airmass Streams in the Northern Hemispheric Winter, JOURNAL OF THE ATMOSPHERIC SCIENCES, 71, 2230-2243.

21. 2017年7月末～8月中旬のヤマセ発生時の循環場の特徴
戸川裕樹，新保明彦，佐藤大卓，竹村和人（気象庁気候情報課）

a)要旨

2017年夏季は、北・東日本太平洋側では7月末から8月中旬にかけて不順な天候となった。この期間にはオホーツク海高気圧が出現しており、また太平洋高気圧の本州付近への張り出しは弱かった。このような気圧配置の出現には、東シベリア上空のブロッキング高気圧の発達やフィリピン周辺の不活発な対流活動による影響が考えられる。

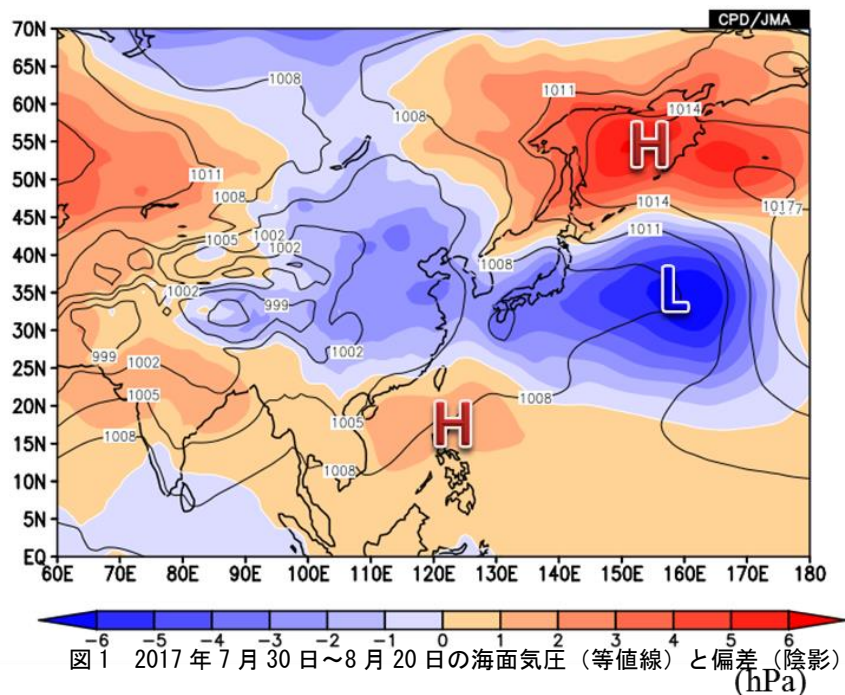
b)本文

(1) 2017年夏季の循環場の特徴

太平洋赤道域の海面水温(SST)は、西部では2017年5月から正偏差となっていた一方、東部では8月以降は負偏差となった。2017年夏の熱帯域の対流活動は、海洋大陸付近で活発な状態が概ね続いていた。8月に西部太平洋熱帯域のSSTが高温の場合の合成図は海洋大陸付近で対流活動が活発となっており、2017年8月の特徴と類似していた。

(2) 2017年7月末～8月中旬の北・東日本太平洋側の寡照

2017年は、7月末から8月中旬までオホーツク海高気圧が出現し、また同期間の太平洋高気圧の本州付近への張り出しは平年に比べて弱かったため(図1)、北・東日本太平洋側では曇りや雨の日が多くなり、不順な天候となった。



7月末から8月中旬には東シベリアの上空でブロッキング高気圧が発達しており、その維持にはユーラシア大陸北部の偏西風に沿った波束伝播の寄与がみられた(図2)。このブロッキング高気圧に対応してオホーツク海高気圧が出現し、北日本太平洋側～関東地方には冷たく湿った北東からの気流が流れ込んだ(図2)。また、8月上旬には台風第5号が接近・通過し、その後は亜熱帯ジェット気流が平年より南寄りを流れて本州付近を前線や低気圧が通過しやすく、北・東日本太平洋側で曇りや雨の日が続く一因となった。

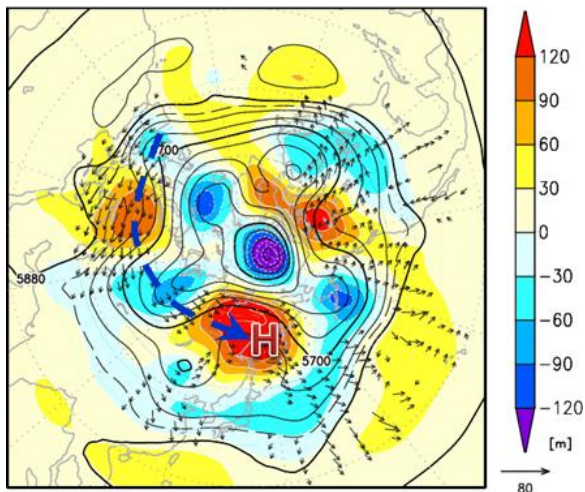


図2 2017年8月8日～14日の500hPa高度(等値線)と偏差(陰影)、200hPaの波の活動度フラックス(矢印)

2017年夏は熱帯大気の季節内振動が明瞭で、7月にインド洋から太平洋へMJO(Madden and Julian 1971;1972)に伴う対流活発位相が東進した後、海洋大陸付近では7月下旬～8月上旬に対流不活発位相が通過した。この後、西部太平洋では対流活動の不活発域の北西進が見られ、8月上旬～中旬にかけてフィリピン周辺に達した(図3)。フィリピン周辺での不活発な対流活動に対応して、この時期にはフィリピン周辺では高気圧偏差、日本の東海上では低気圧偏差となるPJ(Pacific-Japan)パターン(Nitta 1987;Kosaka and Nakamura 2010)が出現した。このように太平洋高気圧の本州付近への張り出しが弱かったことも、北・東日本太平洋側の不順な天候の原因になったと考えられる。

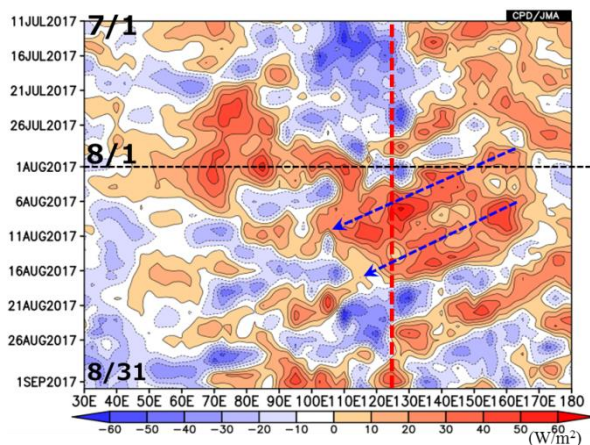


図3 2017年7～8月の5°N～20°N平均のOLR偏差の時間-経度断面図

また、このような PJ パターンは、この時期のオホーツク海高気圧の出現と同時に出現する場合もある。図 4 は、7/30~8/20 平均の海面気圧の主成分分析による第 1 モードの変動パターンとそのスコアである。第 1 モードの変動パターンはフィリピン周辺が負、日本の東海上が正、オホーツク海では負というトライポール型となっており、2017 年の同時期と（正負が逆の）同様のパターンとなっている。期間はやや異なるが、8 月のオホーツク海高気圧の出現日数はこの第 1 モードのスコアとよく対応しており、スコアが小さい年にはオホーツク海高気圧の発生日数が多い傾向がみられた。2017 年 8 月のオホーツク海高気圧の出現日数（15 日）は 1958 年以降で 3 番目の多さだった。

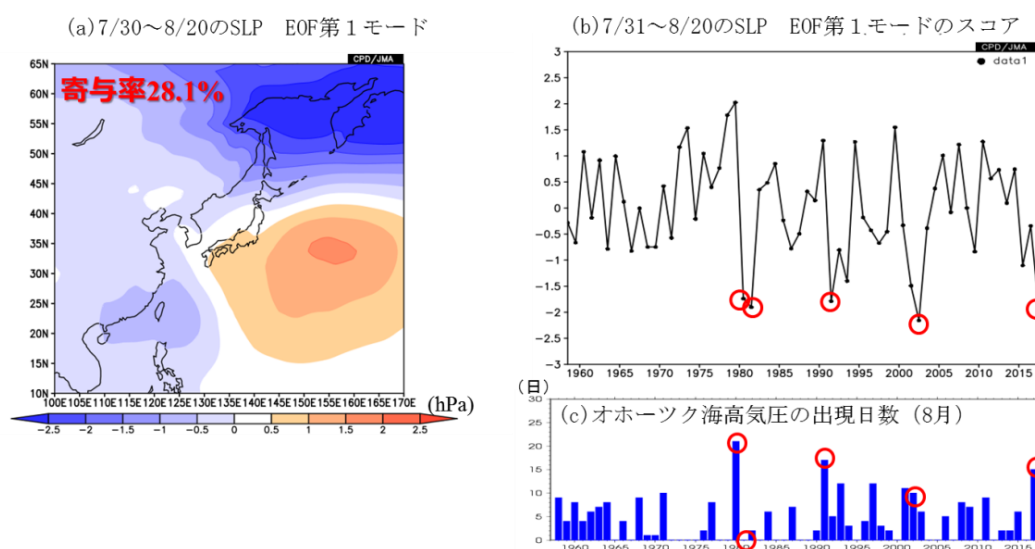


図 4 7月30日~8月20日の海面気圧の主成分分析による第1モードの変動パターン(a)とそのスコア(b)、8月のオホーツク海高気圧の出現日数(c)

(a)と(b)の主成分分析の対象領域は10°N~65°N、100°E~170°Eで、1958~2017年について7/30~8/20平均の海面気圧に対して実施。(c)のオホーツク海高気圧の出現日数は、平成19年度季節予報研修テキスト(気象庁2007)に従い、前7日間平均が①45°N~55°N、145°E~155°Eの海面気圧が1014hPa以上、②35°N~40°N、135°E~145°Eの海面気圧が①より低い、③40°N~45°N、140°E~145°Eの925hPa気温が平年以下、の3つの条件を満たす日数で定義する。

c)参考文献

Kosaka, Y., and H. Nakamura, 2010: Mechanisms of meridional teleconnection observed between a summer monsoon system and a subtropical anticyclone. Part I: The Pacific-Japan pattern, *J. Climate*, 23, 5085 – 5108.

Madden, R. A. and P. R. Julian, 1971: Detection of a 40–50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, 702–708.

Madden, R. A. and P. R. Julian, 1972: Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40–50 day period. *J. Atmos. Sci.*, 29, 1109–1123.

Nitta, T., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 373 – 390.

気象庁,2007: 日本の天候に影響を与える循環場の特徴. 平成 19 年度季節予報研修テキスト.

22. d4PDF を用いたヤマセの再現性評価と将来変化 舛井博一, 石田祐宣 (弘前大学大学院理工学研究科)

a)要旨

大規模気候予測アンサンブル実験データベースである d4PDF を用いて、ヤマセの再現性評価と将来変化を解析した。その結果、現在気候では、d4PDF が再解析データと同様にヤマセの典型的な気圧配置や低温を再現出来ている事が分かった。また、将来気候では現在気候と比較してヤマセの頻度は夏季全体で約 9.2%減少し、低温(日平均気温 15°C未満)の頻度は 93.7%減少する事が予測された。

b)本文

(1) はじめに

近年、地球温暖化が問題となっており、将来の北日本の農業や社会にとってヤマセの頻度や強度の変化を知ることは重要である。本研究は「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)」を用いてヤマセの現在気候の再現性評価と将来気候の頻度や強度の変化を予測する事を目的とする。

(2) 使用データ・方法

d4PDF は水平解像度 60km の全球大気モデル MRI-AGCM3.2 (Mizuta et al., 2012)と水平解像度 20km にダウンスケーリングされた領域気候モデル NHRCM (Murata et al., 2013)の出力値が存在するが、本研究ではヤマセをターゲットとしているため NHRCM の出力値を用いた。また、過去実験(1951年~2011年8月, メンバ数: 50)では海面水温と海氷に摂動を与えており、4°C昇温実験(2051年~2110年8月, メンバ数: 90)では CMIP5 の6種類の海面水温将来変化パターンに各 15個の摂動を与えている。検証用データとして八戸、稚内、仙台の気象庁地上気象観測データと JRA-55 (Kobayashi et al., 2015)気象庁長期再解析データを用いた。解析期間は現在気候が過去実験の内 1981年~2010年の夏季(6月~8月)、将来気候が 4°C昇温実験の内、2081年~2110年の夏季であり、解析変数は海面気圧と気温を日平均値で用いた。そして、本研究では Shimada et al.(2014)で提唱された PDWS(稚内と仙台の海面気圧差)の頻度分布において平均値+1 σ (σ : 標準偏差)よりも大きい事象をヤマセとするインデックスを用いてヤマセ事象を定義した。

(3) 結果・考察

まず現在気候であるが、PDWS については d4PDF が観測値や再解析データを良く再現出来ている一方で、八戸の気温は 0.8°Cの高温バイアスが見られた(図略)。この要因は本研究で用いた NHRCM の癖であることが考えられる。また、このバイアスを補正したところ、補正前と比較して分布形が改善される事が分かった。ヤマセ時におけるコンポジットでは

d4PDF は JRA-55 と同様に北高型の気圧配置や高緯度ほど正偏差、また北海道や北東北の太平洋側で気温の負偏差の極値が見られ、ヤマセ時の典型的な特徴を再現できている事が分かった(図 1 左、図 2 左)。

次に将来気候では PDWS が現在気候に比べて僅かに負の方向へシフトし、それに伴いヤマセ頻度は現在気候に対して夏季全体で 9.2%減少し、また月別でも全ての月で減少することが予測された(表 1)。八戸の気温は平均で 4.7℃昇温し、それに伴い冷害をもたらすような極端な低温事象(日平均気温 15℃未満)は 93.8%減少し、ほとんど見られなくなることが予測された。将来気候のヤマセ時の海面気圧では現在気候と同様に北高型の気圧配置が見られ(図 1 右)、その正の偏差量は将来のほうがより大きくなることが予測された。また、気温も北海道や北東北の気温の負偏差の極値が将来気候でも見られ(図 2 右)、その偏差量の絶対値は将来のほうがより大きくなることが予測された。本研究でのヤマセの頻度や強度の変化の結果は同様のモデルやインデックスを用いた先行研究の結果と調和的であることが示され、d4PDF の妥当性が認められたと考えられる。今後は 2℃昇温実験の結果や異なるヤマセインデックスとの比較、また、冷害が生じやすい時期(7月下旬)を詳細に解析することにより精度の高いヤマセの将来変化の予測が可能となると考えられる。

(c)謝辞

本研究では、創生プログラムのもとで作成された、地球温暖化施策決定に資する気候再現・予測実験データベース(d4PDF)を使用した。

(d)参考文献

- Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebina, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General specifications and basic characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**, 5-48.
- Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, A. Kitoh, 2012: Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid. *J. Meteor. Soc. Japan*. **90A**, 233-258.
- Murata, A., H. Sakaki, M. Hanafusa, K. Kurihara, 2013: Estimation of urban heat island intensity using biases in surface air temperature simulated by a nonhydrostatic regional climate model. *Theor. Appl. Climatol.*, **112**, 351-361.
- Shimada, T., M. Sawada, T. Iwasaki, 2014: Indices of cool summer Climate in Northern Japan: Yamase Indices. *J. Meteor. Soc. Japan*, **Vol. 92**, No. 1, pp.17-35.

表 1 : 各データのヤマセ頻度[%]

	夏季(6月~8月)	6月	7月	8月
観測値	13.9	5.3	4.4	4.2
JRA-55	14.5	5.3	4.6	4.6
d4PDF(現在)	14.1	4.3	4.5	5.3
d4PDF(将来)	12.8	4.0	4.1	4.7

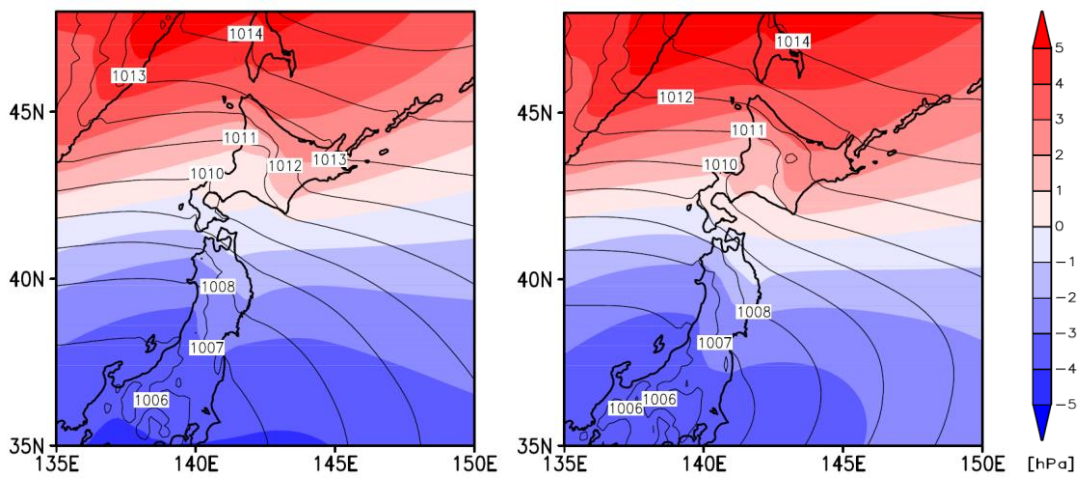


図 1 : ヤマセ時の海面気圧のコンポジット.(左)d4PDF(現在), (右)d4PDF(将来). 等値線 ; ヤマセ時の海面気圧[hPa], カラー : 偏差(全アンサンブル夏季平均からの差)[hPa].

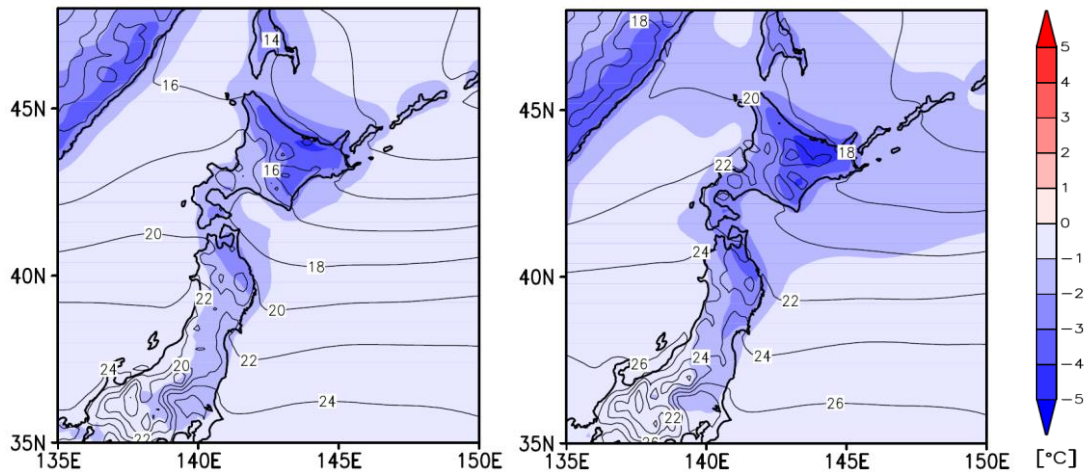


図 2 : ヤマセ時の気温のコンポジット.(左)d4PDF(現在), (右)d4PDF(将来). 等値線 ; ヤマセ時の気温[°C], カラー : 偏差(全アンサンブル夏季平均からの差)[°C].

23. ENSO と寒気流出

M. R. Abdillah、菅野湧貴、岩崎俊樹（東北大学大学院・理学研究科）

a)要旨

特定の温位をしきい値とする寒気の北半球総質量は、エルニーニョ年に少なくラニーニャ年に多く、ENSO と高い逆相関を持つ。それは、エルニーニョ年にアリューシャン低気圧が強化された結果、高緯度の寒気が効率的に排出され、太平洋上の日付変更線付近で消滅するためである。寒気質量が減少した地域では地表面気温が上昇するため、ENSO が北半球の中高緯度で平均した地上気温の年々変動を支配する。

b)本文

(1) はじめに

半球規模の大規模な寒気流出を理解するために、温位 280K をしきい値とする寒気とその流出量を調べている (Iwasaki et al., 2014)。東アジアの寒気流出経路は、エルニーニョ年は西太平洋の日付変更線よりが寒気流出の中心だが、ラニーニャ年は中国東部（バイカル湖-朝鮮半島）が中心で、ENSO と強い相関があることを明らかにした (Abdillah et al., 2017)。他方、地球温暖化の影響で、北半球の寒気の総量は、顕著なトレンドを持つことも明らかとなった (Kanno et al., 2015)。そこで本稿では、冬季北半球の寒気総質量とその流量の ENSO 依存性について調べることにした。

(2) 結果

冬季3か月間で平均した寒気の北半球総量について、トレンドを除去した年々変動では、ENSO 指数と強い相関を持ち、エルニーニョ年には平年より多くなることを見出された。2 Box モデル (Kanno et al., 2015) による調査によれば、エルニーニョ年は高緯度の生成域における寒気の滞留時間が平年より短くなることが原因であることが分かった。さらに、エルニーニョに対する地理的な応答を見ると、PNA 模様が卓越しアリューシャン低気圧が著しく強化される。アリューシヤ低気圧は、北米の北部に蓄積した寒気を効果的にアラスカ経由で反時計回りに太平洋の日付変更線付近に掃き出す。太平洋に掃き出された寒気は、中緯度で暖かい海面に触れ、短い時間で消滅する。すなわち、エルニーニョ年には、太平洋上の日付変更線の付近で著しい寒気流出起きている。他方、東アジアの大陸方面では、西高東低の気圧配置は弱く、日本では暖冬となる傾向がある。

c)参考文献

Abdillah, M. R., Y. Kanno, and T. Iwasaki, 2017: Tropical–Extratropical Interactions Associated with East Asian Cold Air Outbreaks. Part I: Interannual Variability, 30, 2989–3007. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0152.1>

Iwasaki, T., T. Shoji, Y. Kanno, M. Sawada, M. Ujiie, K. Takaya, 2014: Isentropic Analysis

of Polar Cold Airmass Streams in the Northern Hemispheric Winter. *J. Atmos. Sci.*, 71, 2230-2243. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JAS-D-13-058.1>

Kanno, Y., T. Shoji, and T. Iwasaki, 2015: Comparison study of the polar cold air mass between Northern and Southern Hemispheric winters based on a zonal-mean two-box model. *Atmospheric Science Letters*, 16(1), 70-76. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/asl2.522>

Kanno, Y., M. R. Abdillah, and T. Iwasaki, 2016: Long-term trend of cold air mass amount below a designated potential temperature in Northern and Southern Hemispheric winters using reanalysis data sets, *J. Geophys. Res. Atmos.*, <http://doi.org/10.1002/2015JD024635>