

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350412

研究課題名(和文)北日本における春季/夏季気温の強い負相関に関する気候学的要因の解明

研究課題名(英文) Analysis of climatological factor for the strongly negative correlation between spring and summer temperatures in Northern Japan

研究代表者

菅野 洋光 (Kanno, Hiromitsu)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・主席研究員

研究者番号：30355276

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：1998年以降の北日本における4月8月気温の負の相関関係は、それ以前の暖候期に卓越していた熱帯北西太平洋から日本付近へのテレコネクション(PJパターン)が、海面水温(SST)の太平洋10年規模振動(IPO)のマイナスの位相(ラニーニャモード)の卓越とともに不明瞭になり、熱帯太平洋のSSTが直接的もしくは間接的に中緯度偏西風帯に影響を及ぼして発生した現象であることが明らかになった。特にエルニーニョ監視海域NINO.3のSSTは北日本における春と夏の気温に逆符号の影響を及ぼしており、作用中心的な役割を担っていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The strongly negative correlation between April and August temperatures in Northern Japan 1998 onward is possibly produced by the fluctuation of mid-latitude upper westerly-wind which is directly and/or indirectly affected by the sea surface temperature over the tropical Pacific in the minus IPO (Interdecadal Pacific Oscillation) stage. Whereas before the 1998 in the plus IPO stage the PJ teleconnection pattern was dominant and then Northern Japan's temperature was affected by PJ pattern, after 1998 in the minus IPO stage the La Nina mode SST pattern was predominant and PJ pattern has become unclear. Especially in the spring and summer Northern Japan temperature was influenced by the SST in the NINO.3 (El Nino phenomenon lookout area) and then it's concluded that the NINO.3 SST plays an important role for the Northern Japan's temperature fluctuation.

研究分野：地理学

キーワード：北日本 4月8月気温 負の相関関係 SST IPO インドネシア NINO3 d4PDF

1. 研究開始当初の背景

先行研究として、北日本における各月平均気温の相互の相関関係について調べたところ、1998年以降、4月と8月気温は、季節が離れているにも関わらず強い負の相関を示している(時空間遠隔相関)ことが明らかになった(Kanno, 2013)。すなわち4月高温8月低温もしくは4月低温8月高温の組み合わせが1998年以降顕著にみられる。太平洋赤道海域のENSO(エルニーニョ南方振動)に関連する変動で、1998年頃が気候ジャンプの指標となることはいくつかの研究で示されているが、それらと気温の時空間遠隔相関については解析例がない。そこで、ENSO自体がそのような時空間遠隔相関的な変動を内在する可能性について、客観解析気象データ、気象観測データ、および大気モデル(AGCM)を用いた解析から明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

1998年以降の北日本における4月と8月気温の強い負の相関関係(時空間遠隔相関)について、その原因を、客観解析気象データを用いた大規模場での現象の再現と南半球における気象観測データを用いた実証的な解析から明らかにする。また、気候モデル実験の解析から、時空間遠隔相関の再現性検証とメカニズム解明を行う。

3. 研究の方法

- (1)北日本における4月と8月気温の強い負の相関関係について、太平洋10年規模振動(IPO)のステージを考慮しながら、客観解析データ等を用いてその継続性の確認、および大規模場との関連を明らかにする。
- (2)すでに地域研究として実績のあるインドネシアを調査地域とし、新たな気象観測ロボットによる複数気象要素の観測を行う。それらの詳細な解析から、観測データとENSOとの関連性について明らかにする。
- (3)大気モデル(AGCM)実験の解析を通して、観測された時空間遠隔相関現象の再現性検証およびメカニズム解明を行う。

4. 研究成果

- (1)北日本における4月と8月気温の強い負の相関関係について

①現象の継続性の確認

図1には1998年以降の北日本における4月と8月平均気温平年偏差の散布図を示す。1998年から2017年までの20年間では、相関係数-0.76、決定係数0.57と強い負の相関を示している。ほとんどの年が4月プラス8月マイナスか4月マイナス8月プラスの値を示しているが、2016年のみ4月8月ともプラスで大きく外れた値を示している。後述するが、1998年以降はIPOインデックスがマイナスでラニーニャモードが卓越していた期間になっており、海面水温度(SST)パターンが4月8月気温の関係に大きく関わっている。そ

の点を考慮すると、2016年は春までのエルニーニョ現象の影響で関係が外れ、2017年は秋から始まったラニーニャ現象の影響で再び関係が強まった可能性がある。

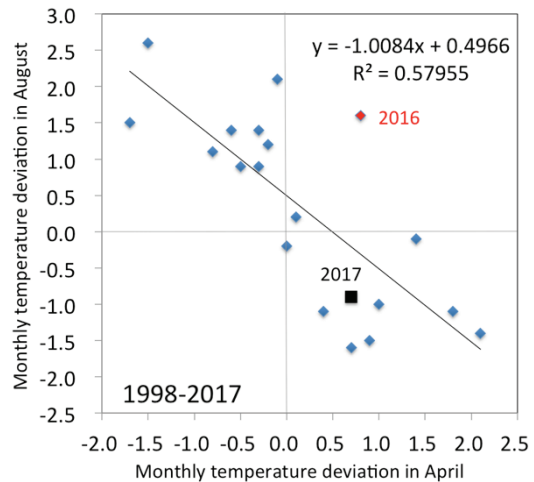


図1 北日本における4月と8月平均気温平年偏差の散布図(1998~2017年)

②大規模場との関連

図2には1958年~2017年までのSVD解析による4月の200hPa高度とSSTのmode2の異質相関マップを、図3にはスコアの時系列を示す。

図2(上)より、太平洋東部熱帯域を中心とした負の相関域とあわせて、日本付近を中心にスポット状に負の相関域が認められる。SSTは、太平洋西部熱帯域から南北両半球へ馬蹄形に伸びる正の相関域と中部熱帯域の負の相関域が認められる。

図3より、1997年春~1998年春までの大規模エルニーニョ以降、スコアが不連続的に大きくなっているが、この期間はEngland et al., (2014)によりマイナスIPOのステージと判別されており、ラニーニャモードのSSTパターンが卓越したことが明らかになっている。したがって、図2のSSTパターンはラニーニャモードに対応していると考えられる。

図4には1958年~2017年までのSVD解析による8月の200hPa高度とSSTのmode2の異質相関マップを、図5にはスコアの時系列を示す。8月については、図4(上)より、北日本付近を中心に通る帯状の正の相関域が明瞭に認められ、位置的に上層の偏西風の変動を示していると考えられる。また、SSTは4月と同様、ENSOと関連したパターンを示しており(図4下)、スコアも1998年以降値が高くなっている(図5)。

以上のように、1998年以降の-IPOのステージではスコアが上昇しており、4月8月ともSSTのラニーニャモードパターンが認められた。一方、200hPa高度の日本付近では、4月に負、8月に正の相関域が形成されており、北日本における4月8月気温の負の相関関係と対応している。したがって、-IPOステージによるラニーニャモードの卓越が、北半球中

緯度偏西風の変動に関わり、北日本における4月8月気温の関係をもたらす一因となっていることが示された。

図6には、8月の北日本平均気温と850hPa高度との相関係数を、+IPO(1978-1997)および-IPO(1998-2017)の期間に分けて示す。図6(上)の+IPOの期間では、インド洋～海洋大陸と明瞭な負の相関を示し、北日本～オホーツク海にわたる波列パターンが形成されていることから、テレコネクションパターンの一つであるPJパターンが北日本の8月気温の変動に関与していることが示唆される。一方、-IPOの期間になると(図6、下)、北緯30度以南では全く相関が認められない。すなわち、1998年以降の北日本における4月8月気温の負の相関関係は、それ以前に顕在化していたPJパターンが、ラニーニャモードの卓越とともに不明瞭になり、図4のSSTのENSOモードパターンが、直接あるいは間接的に中緯度偏西風に影響を及ぼして発生した現象である可能性がある。

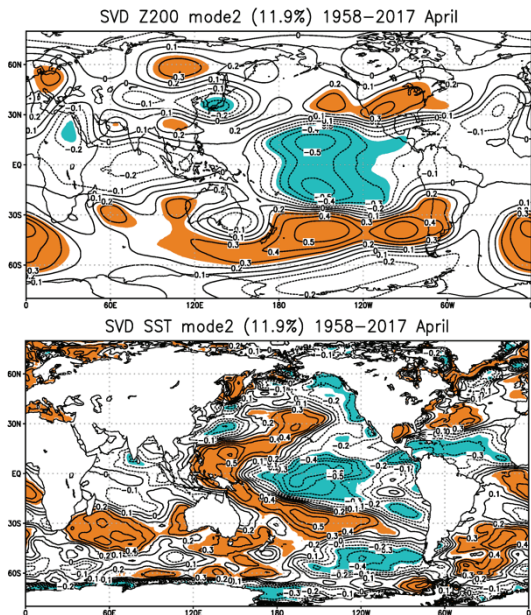


図2 SVD解析(特異値分解解析)による200hPa高度(上)とSST(下)のmode2の異質相関マップ(4月、1958年～2017年)。オレンジは正、青は負の危険率5%以下で統計的に有意な領域を示す。

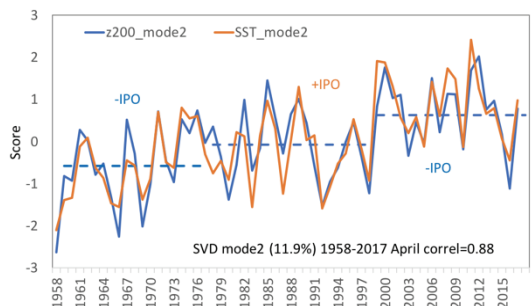


図3 SVD解析による200hPa高度とSSTのmode2のスコアの時系列(4月、1958年～

2017年)。破線は200hPaのIPO期間平均(1958-1976年,1977-1997年,1998-2017年)を示す。

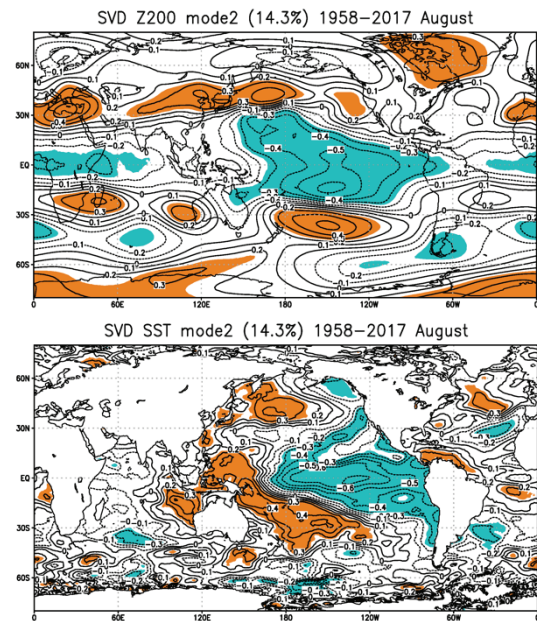


図4 SVD解析による200hPa高度(上)とSST(下)のmode2の異質相関マップ(8月、1958年～2017年)。

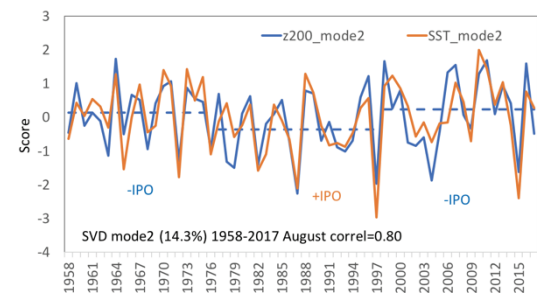


図5 SVD解析による200hPa高度とSSTのmode2のスコアの時系列(8月、1958年～2017年)。

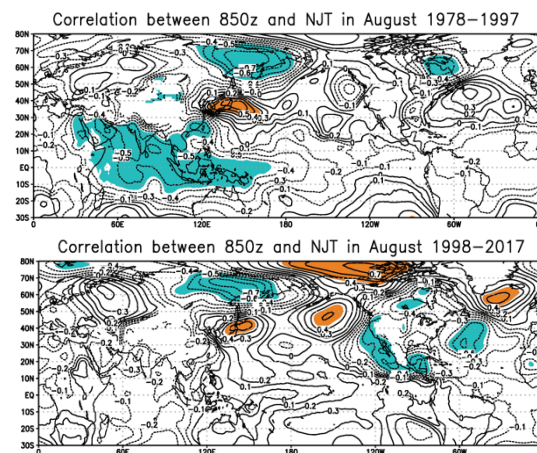


図6 8月の北日本平均気温と850hPa高度との相関係数分布。上:+IPO期間(1978-1997)、下:-IPO(1998-2017)期間、オレンジは正、青は負の危険率5%以下で統計的に有意な領域を示す。

(2)インドネシア気象観測データの解析

独自の気象観測装置をインドネシア、グスンキダル県の Wonosari に設置し、2014年11月～2018年2月まで観測を行った。観測した気象要素は、気温、降水量、相対湿度、気圧、日射量、風向風速であり、これらから絶対湿度、相当温位等を計算し、降水量変動の他に、気団の季節変化を把握した。

図7には Wonosari 気象観測点における月降水量の時系列を示す。この間、2014年夏～2016年春までがエルニーニョ現象、2017年秋以降がラニーニャ現象の発生期間となっている。積算降水量は2014～2017年までの3雨季でおおよそ1900mm前後と大きな変動はない(それぞれ順に、1975mm、1875mm、1845mm)。ただし降る季節については年で違いがあり、2015年の乾季である5月～10月にはほとんど降水が観測されなかったのに対して、2016年は乾季でも雨が多く、それらを積算しておおよそ雨季の降水量は一定に近くなっている。また、2018年の11月は特異的に降水量が多かったことがわかる。

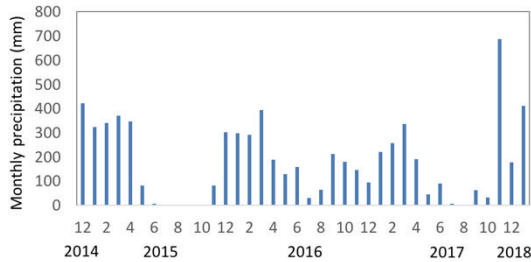


図7 Wonosari 気象観測点における月降水量の時系列(2014年12月～2018年1月)

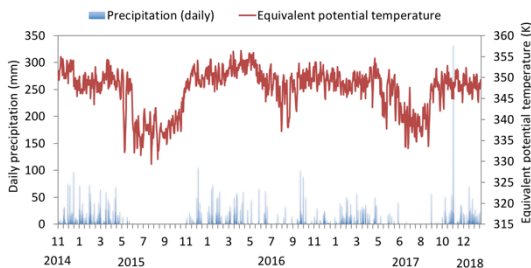


図8 Wonosari 気象観測点における日降水量と相当温位の時系列(2014年11月13日～2018年2月13日)

図8には日降水量と日相当温位の時系列を示す。2015年と2017年は乾季に値が335K程度に低下しているが、2016年の乾季については345K以上の値を示し、雨季とほとんど性質の変わらない気団が通年で支配的だったことが把握できる。これについては、エルニーニョ後のSST分布が通常の季節変化パターンではなく、その結果、雨季が継続した形になり、2016年乾季に多めの降水をもたらしたことが一因として考えられる。

以上のように、2016年は特異的な季節変化が見られた年であったが、北日本の4月8日気温との関係で考察すると、図1に示した通り、2016年は4月8日ともプラスの気温偏差

で、1998年以降の事例中では大きく外れた年になっている。ここではインドネシアと北日本との直接的な関係まで議論できないが、両者に共通して季節の進行に乱れがあった事実は把握できた。

また、Yogyakarta 気象観測所月降水量とSSTとのラグ相関を計算したところ、降水量観測3ヶ月前のSSTで、ペルー沖およびインド洋を中心とした海域で明瞭な負の相関が認められ(図9)、エルニーニョもしくはラニーニャモードのSSTパターンの発生もしくは貿易風の強弱を数ヶ月先行して反映していることが明らかとなった。

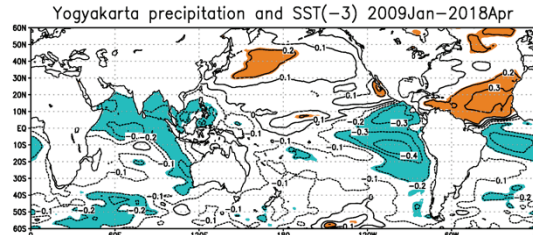


図9 Yogyakarta 気象観測所の月降水量と3ヶ月前のSSTとの相関係数分布(2009年1月～2018年4月)。オレンジは正、青は負の危険率5%以下で統計的に有意な領域を示す。

(3)気候モデルによる解析

本解析には、d4PDF (Database for Probabilistic Description of Future climate change)による60kmメッシュ実験出力アンサンブル100メンバーを使用した。

図10には、JRA55によるエルニーニョ監視海域NINO.3(5N-5S, 150W-90W)のSSTと下層気温(850hPa)との回帰/相関係数分布を示す。春季(3月～5月平均)では、NINO.3海域で正の相関を、また日本付近でも正の相関を示す。一方、夏季(6月～8月平均)では、NINO.3海域では正の、北日本を中心とした地域では負の相関を示す。したがって、客観解析データでは、NINO.3海域SSTの変動から北日本の4月8日気温の負の相関関係は説明可能である。

図11にはd4PDFによるエルニーニョ監視海域NINO.3のSSTと850hPa気温との回帰/相関係数分布を示す。春季では、NINO.3海域で正の相関を、また日本付近では、JRA55と比較して位置がやや南にずれているが、正の相関係数域が認められる。夏季では、NINO.3海域では正の、北日本付近では、やや北にずれるが、負の相関を示す。したがって、客観解析による観測データからも、モデル実験からも、北日本における4月8日気温の負の相関関係は、NINO.3海域のSST変動を主として説明できると考えられる。これについては、図2～5のSVD解析結果で、SSTのENSOパターンと北半球中緯度偏西風帯とが相関関係を持つことと矛盾しない。なお、4月と8月の時間を隔てた場合でのNINO.3海域の作用中心としての役割については、別途整理・解析していく必要がある。

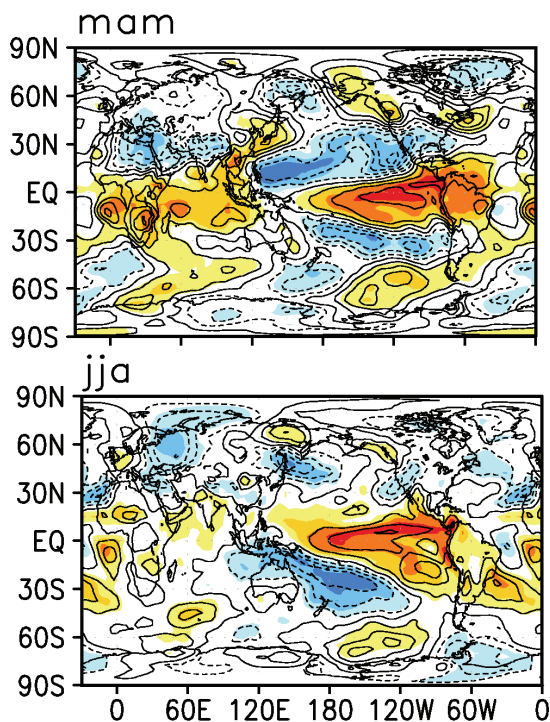


図 10 JRA55 によるエルニーニョ監視海域 NINO.3(5N-5S、150W-90W)の SST と下層気温(850hPa)との回帰/相関係数分布(1981年～2010年). 上: 春季(3月～5月平均), 下: 夏季(6月～8月平均). 実線/暖色(点線/寒色)は正(負)偏差.

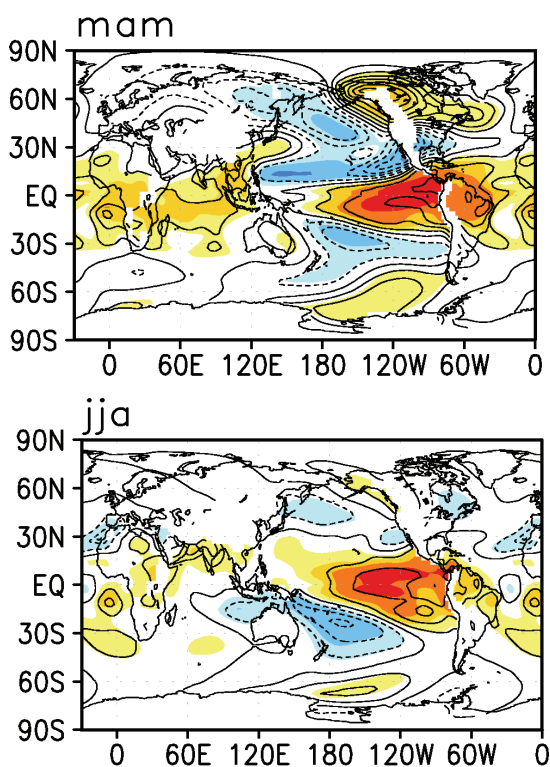


図 11 d4PDF による NINO.3 の SST と 850hPa 気温との回帰/相関係数分布(1981年～2010年). 上: 春季(3月～5月平均), 下: 夏季(6月～8月平均). 実線/暖色(点線/寒色)は正(負)偏差.

<引用文献>

- ① England M. H. et al., 2014: Recent intensification of wind-driven circulation in the Pacific and the ongoing warming hiatus, NCC, 4, 222-227.
- ② Kanno, H. 2013: Strongly negative correlation between monthly mean temperatures in April and August since 1998 in Northern Japan. JMSJ, 91, 355-373.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計9件)

- ① 広田知良、山崎太地、安井美裕、古川準三、丹羽勝久、根本学、濱寄孝弘、下田星児、萱野洋光、西尾善太、気候変動による北海道におけるワイン産地の確立-1998年以降のピノ・ノワールへの正の影響-、生物と気象、査読有、Vol.17、2017、pp.34-45
DOI:10.2480/cib.J-17-034
- ② 下田星児、濱寄孝弘、廣田知良、萱野洋光、西尾善太、小麦収量を変動させる気象要素は十勝とオホーツクで異なる、北農、査読無、Vol.83、2016、pp.158-162
- ③ 紺野祥平、大久保さゆり、萱野洋光、福井真、吉田龍平、岩崎俊樹、小林隆、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、査読有、Vol.62、No.9、2015、pp.759-764
- ④ Yoshida R, Y. Onodera, T. Tojo, T. Yamazaki, H. Kanno, I. Takayabu, and A. Suzuki-Parker, An application of a physical vegetation model to estimate climate change impacts on rice leaf wetness, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 査読有, Vol.54, 2015, pp.1482-1495
DOI:10.1175/JAMC-D-14-0219.1
- ⑤ Shimoda, S., T. Hamasaki, T. Hirota, H. Kanno, and Z. Nishio, Sensitivity of wheat yield to temperature changes with regional sunlit features within eastern Hokkaido, *Int. J. Clim.*, 査読有, Vol.35, 2015, pp.4176-4185
DOI: 10.1002/jpc.4276
- ⑥ 紺野祥平、大久保さゆり、萱野洋光、夜間冷却量と気象要素の日々の関係とその季節性について-気象観測データを用いた検証-、天気、査読有、Vol. 62、No.2、2015、pp.97-103
- ⑦ 大久保さゆり、萱野洋光、小林隆、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、査読有、Vol.62、No.1、2015、pp.5-15

- ⑧ 菅野洋光、近年の北日本では、4月が低温だと8月が高温になる、あるいは4月が高温だと8月が低温になる傾向がある、農耕と園藝、査読無、2015年3月号、2015、pp.54-55
- ⑨ Kanno, H., T. Sakurai, H. Shinjo, H. Miyazaki, Y. Ishimoto, T. Saeki, and C. Umetsu, Analysis of meteorological measurements made over three rainy seasons and rainfall simulations in Sinazongwe District, Southern Province, Zambia, *Japan Agricultural Research Quarterly*, 査読有, Vol.49, No.1, 2015, pp.59-71

[学会発表] (計 13 件)

- ① 菅野洋光、西森基貴、飯泉仁之直、下田星児、遠藤洋和、吉田龍平、Bayu Dwi Apri Nugroho、インドネシアにおけるイネ・トウモロコシ・ダイズの作物生産性の変動と PDO インデックスとの関係について、日本農業気象学会 2018 年全国大会、2018
- ② 吉田龍平、福井眞、気候変動を背景としたコメ収量変動の将来変化と適応策の立案、日本農業気象学会 2018 年全国大会、2018
- ③ 下田星児、菅野洋光、廣田知良、北海道小麦・ばれいしょ収量減少の気象的要因、第 14 回ヤマセ研究会、2018
- ④ 菅野洋光、西森基貴、遠藤洋和、吉田龍平、Bayu Dwi Apri Nugroho、インドネシアにおける作物生産性と IPO に関連した気候ステージとの関係、2017 年日本地理学会秋季学術大会、2017
- ⑤ 菅野洋光、The poor weather early warning system in Tohoku District, Northern Japan; An example of climate data usage for agriculture, Fifth Session of the East Asia winter Climate Outlook Forum (EASCOF-5)、2017
- ⑥ 池田翔、菅野洋光、山崎剛、アンサンブル週間葉面湿潤度予報、2017 年度日本気象学会東北支部気象研究会・仙台管区気象台東北地方調査研究会合同発表会、2017
- ⑦ 谷田貝亜紀代、大久保さゆり、菅野洋光、石田祐宣、ダウンスケーリング基準データとしての APHRODITE とその改良、日本農業気象学会 2017 年全国大会、2017
- ⑧ 広田知良、山崎太地、安井美裕、古川準三、丹羽勝久、根本学、濱寄孝弘、下田星児、菅野洋光、西尾善太、近年の気候変動による北海道におけるワイン産地の確立 - 1998 年以降のピノ・ノワール、日本農業気象学会 2017 年全国大会、2017
- ⑨ Shimoda, S., H. Kanno and T. Hirota, Recent potato yield alternation induced by negative correlation of spring and summer temperatures and shallow soil, International Symposium on Agricultural Meteorology in Towada 27-30 March 2017、2017

- ⑩ 菅野洋光、近年の気候ステージとヤマセの吹走、弘前大学シンポジウム、温故知新：東北の農業と気候（招待講演）、2017
- ⑪ 菅野洋光、北日本における 1998-2015 年における月平均気温の強い相関関係と気候ステージとの関係、第 65 回気候影響・利用研究会、2016
- ⑫ 菅野洋光、遠藤洋和、吉田龍平、Bayu Dwi Apri Nugroho、北日本における 1998 年以降の 4 月 8 月気温の強い負の相関関係と大規模場の関係、2016 年日本地理学会秋季学術大会、2016
- ⑬ 菅野洋光、遠藤洋和、吉田龍平、Bayu Dwi Apri Nugroho、北日本における 1998 年以降の 4 月 8 月気温の強い負の相関関係と熱帯の対流活動、2015 年度日本農業気象学会東北支部大会、2015

[図書] (計 2 件)

- ① 菅野洋光、朝倉書店、温暖化進行のなかの冷夏（気候変動の事典）、2017、58-61、460pp
- ② 菅野洋光、朝倉書店、B6-5 局地風(1)世界と日本の局地風(96-97)、G3-5 冷害(396-397)、G3-6 雪害(398-399)、巻末資料 2 (B6-5)世界の局地風(444-445)、自然地理学事典、2017、465pp

6. 研究組織

(1)研究代表者

菅野 洋光 (KANNO, Hiromitsu)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター・気候変動対応研究領域・主席研究員
研究者番号：30355276

(2)研究分担者

遠藤 洋和 (ENDO, Hirokazu)
気象庁気象研究所・気候研究部・主任研究官
研究者番号：40462519

吉田 龍平(YOSHIDA, Ryuhei)
福島大学・共生システム理工学類・准教授
研究者番号：70701308
(平成 27 年度より研究分担者)

(3)連携研究者

(4)研究協力者

Bayu Dwi Apri Nugroho (Gadjah Mada University, Indonesia)