

平成21年5月20日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500788

研究課題名（和文） 太平洋西部熱帯域における気候環境の5年周期変動に関する研究

研究課題名（英文） A study for five-year cycle of climate and environment over the western tropical area of the Pacific Ocean

研究代表者

菅野 洋光 (KANNO HIROMITSU)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター・やませ気象変動研究
チーム・チーム長

研究者番号：30355276

研究成果の概要：北日本夏期天候の5年周期変動をもたらす要因について、現地気象観測を含め多面的に解析した。北日本と太平洋西部熱帯域の気象要素はロスビー波の伝播を通じて同時に変動しており、その波源域に属するインドネシアに関して、北日本の夏期気圧とジャワ島における降水量との同時的変動、水稲収量・植生指数にみられる5年周期変動、およびそれらと大規模場との有意な関係、等を明らかにすることができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	570,000	4,070,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：気候

1. 研究開始当初の背景

日本およびアジア域における気象学では、アジアモンスーンの発生メカニズムの解明が大きな研究テーマのひとつとなっており、東南アジア熱帯海域は研究上重要な位置を占めている。日本における冷夏・暑夏の発生については、北極海沿岸経由、ユーラシア大陸経由、およびフィリピン周辺海域からの3ルートのロスビー波の伝播

で説明されており、冷夏そのものの現象説明はできる。しかしながら、なぜ冷夏が生じるのかについては未解明な部分が多く、例えば、太平洋高気圧の勢力が東偏していたにもかかわらず、2004年や2005年がなぜ冷夏にならなかったのか、満足のいく説明はされていない。本研究は東南アジア熱帯海域起源のロスビー波伝播(PJパターン)に焦点を当て、その変動原因を探るこ

とを目的としており、5年周期変動の体系的な説明が出来れば、今後の冷夏発生が高精度で予測できる可能性がある。解析の手法は、気象データ解析だけでなく、農作物収量変動解析、インドネシア出身の研究分担者による土地利用変動解析も合わせた多角的、学際的かつユニークなものとなっている。本研究により得られる成果は、北日本の冷夏・暑夏の発現予測に役立つほか、アジアモンスーンの発生メカニズムの解明に関しても多大に貢献することが期待される。

2. 研究の目的

東南アジア熱帯域における気候環境変動との関連を明らかにし、5年周期変動の原因について多角的に解析する。具体的には、東南アジア熱帯域での過去の降水量データを収集して、5年周期変動の存在を確認し、その広がり及び振幅を明らかにする。また、SST変動と気候環境との関連を明らかにするために、海洋大陸として西部太平洋熱帯域に重要な位置を占めるインドネシアに着目し、現地調査および気象・農作物・土地利用データを収集する。以上のデータ解析から、東南アジア熱帯域での5年周期変動を多面的に把握し、それが始まった時期の特定、原因の解明、および影響の評価を行う。

3. 研究の方法

- (1) 全球格子点気象データを用い、北日本夏期天候の変動に関連する大規模場の気象要素変動について解析する。
- (2) インドネシアにおける現地気象観測を行い、雨量変動解析を行う。同時に既存の気象データ収集・農作物データ収集を行い、長期間の気候変動・農作物収量変動について解析する。
- (3) 水稲収量、雨量、気温そして衛星からの植生の諸データをもとに、5年周期変動がどのように把握できるのかを分析し、水稲収量予測モデルを検討する。

4. 研究成果

- (1) 北日本夏期気温変動と大規模場との関係
 - ① データ

北日本夏期平均気温は、気象台・測候所の観測値を平均して求めた。グローバル気象データは、NCEP/NCARの再解析データを、SSTデータはNOAAのExtended Reconstructed Sea Surface Temperatures, Ver. 3を用いた。また、デラウェア大学で作成している Terrestrial Air Temperature and

precipitation 1900-2006 Gridded Monthly Time Series (Version 1.01)を用い、領域平均した地上気温・降水量変動に関する解析を行った。

② 北日本における夏期気温の5年周期変動

図1には青森県八戸気象官署における夏期(JJA)平均気温と稚内と仙台の気圧差インデックスを、1982年を起点として5年間隔で重ね合わせたものを示す。それによると、ステージ1(1982, 1987, 1992, 1997, 2002, 2007年)におけるJJA平均気温はおおむね平年値(19.6°C)に近い値となり、翌年ステージ2(1983, 1988, 1993, 1998, 2003, 2008年)に冷夏、その翌年ステージ3(1984, 1989, 1994, 1999, 2004年)に一転して暑夏となるものである。ステージ4ではステージ3に続いて高め、ステージ5では平年並みになる。また、気圧差インデックスは、ステージ2に明瞭な高まりを示し、冷夏が北高型の気圧配置によって周期的にもたらされることを示している。以上より、2007年まで明瞭な5年周期が認められ、冷夏と暑夏が交互に発生している状況がよく把握できる。なお、2008年の夏期は、気温は平年並みであったが、前年と比較して低く、気圧差は明瞭に増加しており、それまでの5年周期変動に則った変化を示している。

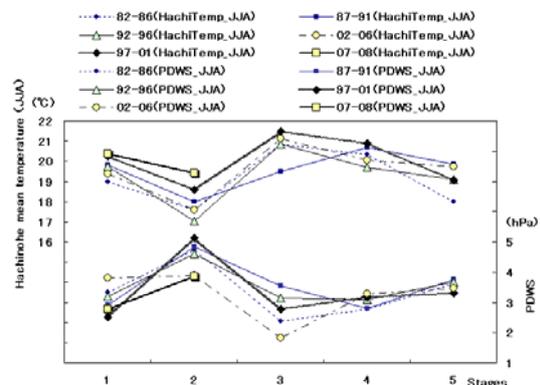


図1 青森県八戸の夏期平均気温(上)と気圧差PDWS(稚内-仙台, 下)の1982年を起点とした5年ごとの重ね合わせ(1982~2008年)。

③ 北日本夏期気温と大規模場との関係

図2には太平洋西部熱帯域における対流インデックスとしてのSST東西差(C-D)と500hPa高度場との相関係数分布を示す。赤道を中心とした帯状の広い範囲に有意な正の相関が認められ、特にインド中部からインドシナ半島にかけて+0.8以上の強い正の相関が認められる。また一方では、北日本を中心に負の相関が認められ、ロスビー波(PJパタ

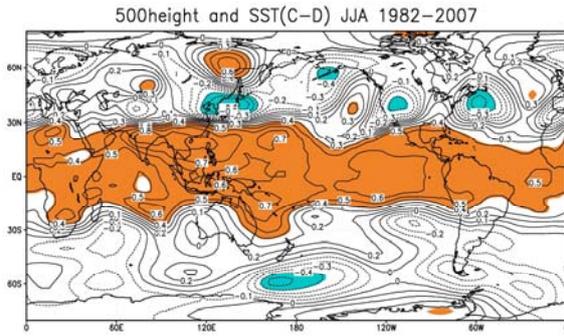


図2 SST東西差(C-D)と500 hPa高度との相関係数分布(JJA, 1982~2007). オレンジは正の、ブルーは負の相関が有意(危険率5%以下)な地域を示す.

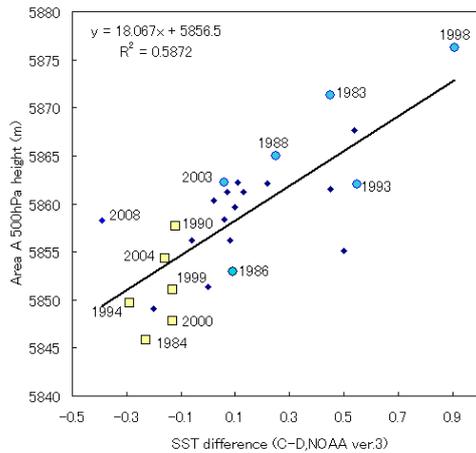


図3 SST東西差(C-D)と500 hPa高度(領域A平均)との関係(JJA, 1982~2008年). ○は冷夏を、□は暑夏を示す.

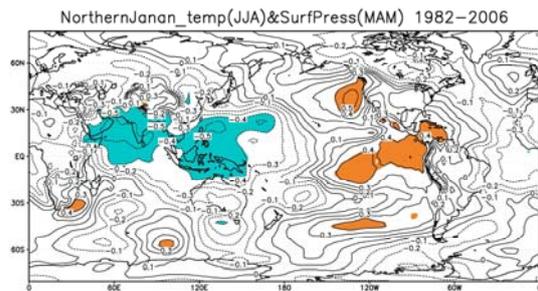


図4 北日本夏期気温(JJA)と春期地上気圧(MAM)との相関係数分布(1982~2006年).

ーン)の伝播による夏期気温の変動が生じていることが示唆される。そこで、500 hPa高度場の正の強い相関域を領域Aとして選択し、SST東西差(C-D)とA領域高度平均値との関係をみた(図3)。その結果、両者の間には明瞭な直線関係があり、 R^2 は0.5872である。北日本が暑夏の場合は(平年比+0.9°C以上, 1984, 1990, 1994, 1999, 2000, 2004年), C-Dは0°C以下で、500 hPa高度も全般的に低く、対流

活動が活発であることが示唆される。一方、冷夏の場合は(平年比-0.6°C以下, 1983, 1986, 1988, 1993, 1998, 2003年), C-Dは正で500 hPa高度も1986年を除いて高く、対流が不活発であることがわかる。

図4には北日本夏期気温と春期(MAM)の全球地上気圧との相関係数分布を示す。北日本夏期気温は、春のアラビア海~インド、および南シナ海~フィリピン~インドネシアにかけての地上気圧と負の相関を示している。当該海域の春の気圧が低いことが何を意味するのかについて現時点では結論を出せないが、南アジアモンスーンの強化によるSST東西偏差の強まり、それによるPJパターンの励起と北日本夏期気温の高まりが関係として示されていることから、インドシナ半島およびインドにおけるモンスーンの先行場としての気圧場が北日本夏期気温と何らかの関係のあることが示唆される。

(2) インドネシアジャワ島における雨量観測結果

雨量計を西ジャワ Bogor 地方の Sukajadi 村と Gasol 村、およびジョグジャカルタのガジャマダ大学農場に設置した(図5)。観測は2007年3月より開始し、データは1時間間隔で取得した。Sukajadi 村と Gasol 村は直線距離で44.7kmしか離れていないが、降水量は大きく異なる。図6には2007年3月10日~2008年2月29日までのSukajadi 村における日雨量および同村と Gasol 村の積算雨量時間変化を示す。年間の積算雨量が、Sukajadi 村の4337mmに対して Gasol 村では2085mmと半分以下である。Sukajadi 村では7月~9月の乾季にもコンスタントに降雨があり、降雨頻度が小さい Gasol 村と対照的である。地形を比較すると、Gasol 村が山に囲まれているのに対して、Sukajadi 村は北側が開けた山の斜面上にあり、地形性降雨が多いと考えられる。つぎに、時別降水量をみると、両地点とも14時~21時にかけて降水が多く、明瞭なピーク

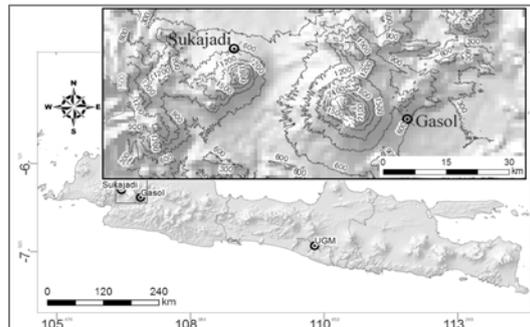


図5 ジャワ島における雨量計の配置. UGM:Gadjahmada 大学

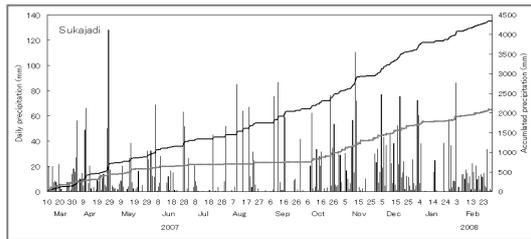


図6 Sukajadi 村における日平均雨量と積算雨量 (実線 {上}), および Gasol 村における積算雨量 (点線 {下}) .

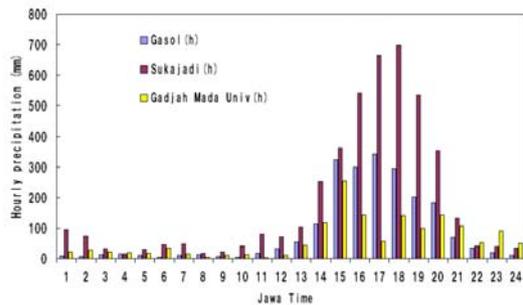


図7 Sukajadi 村、Gasol 村および Gadjahmada 大学における特別雨量積算値.

が認められる (図 7)。Sukajadi 村では 17 時～18 時頃が最も降水量が多いのに対して、Gasol 村では 15 時～17 時頃とピークがやや早い。22 時以降の夜間から早朝、午前中にかけてはほとんど降水が認められず、時間依存性がきわめて明瞭である。

(3) ジャワ島における雨量と北日本夏期天候

図 8 には、インドネシアジャワ島の降水量 (JJA) と全球地上気圧 (JJA) との相関係数分布を示す。ジャワ島南方～オーストラリア北部の広い範囲で負の相関を示し、雨量の増加に気圧の低下が伴うことが把握できる。また、北日本に正の相関領域がみられ、ジャワ島の雨量が多いときには気圧が高まる、すなわち北日本夏期気温が高くなることが示唆される。これについては、インドネシアジャワ島と北日本がロスビー波 PJ パターンの影響圏にあると仮定するならば、PJ パターンの強弱に両地点が同時的に影響されていることが原因として考えられる。水稲に関して、ジャワ島では通例 2 季作が行われ、1 季目が 12 月、2 季目が 5 月を中心の播種となる。12 月は雨季だが、5 月の 2 季目は乾季のはじめにあたっており、6～8 月の雨量変動は、特に天水田地帯に大きく影響すると考えられる。

インドネシアでは、農作物の収量に大きく関係するのは降水量であり、一方、北日本では気温である。その両者が同時的に変動する成分を持つということは、農作物の収量も同

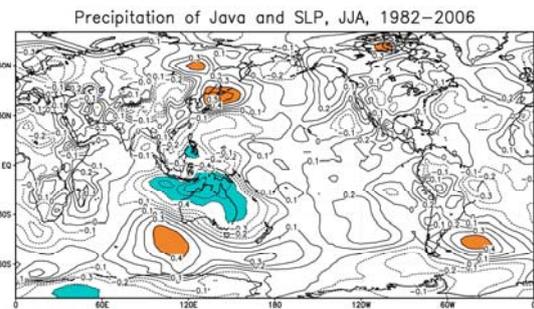


図 8 インドネシアジャワ島降水量 (JJA) と地上気圧 (JJA) との相関係数分布 (1982～2006 年) .

時的に変動する可能性を意味する。従って、半球規模で隔たった地点間の変動成分を整理していくことは、今後の両国の食糧需給問題を考える上できわめて重要である。

(4) 農作物収量変動

インドネシアにおける県単位での農作物収量データをインドネシア農業省が公開している農業統計データより取得した。以下では特徴的は変動がみられた Maluku 県についての結果を示す。可降水量の計算には客観解析気象データ (NCEP/NCAR 再解析データ) を使い、Maluku 県の値として、123.25E-135.75E, 9.50S-3.75N の範囲を平均した。

図 9 には、1980～2006 年までの Maluku 県における年間水稲収量 (t) と 3～5 月 (MAM) 平均可降水量 (g/m²) の時間変化を示す。1990 年代以降、水稲収量は ENSO に類似した周期的な変化を示している。1992 年、1997 年および 2002 年の収量が落ち込んだ年はエルニーニョと一致しているが、1980～2006 年の期間を通じた SOI との相関係数は高くはない (R=0.33)。一方、可降水量との相関は明瞭で、なかでも MAM 平均可降水量との相関係数が最も大きい (R=0.64)。ジャワ島の例では、通例 2 季作が行われ、1 季目が 12 月、2 季目が 5 月を中心の播種となる。12 月は雨季だが、5 月の 2 季目は乾季のはじめにあっており、雨量が少ない場合には、農民は水稲をあきらめ、他の作物 (トウモロコシ、ピーナッツ等) の栽培に切り替える。従って、MAM 平均可降水量と水稲収量との相関が高いのは、MAM の雨量が 2 季目の農家の作付け判断に大きく影響している可能性がある。特にインドネシア東部地域は天水田が多いため、その可能性がより一層高い。図 10 には Maluku 県の水稲収量と全球 MAM 平均可降水量との相関係数分布を示す。特に当該地域周辺の可降水量との正の相関が明瞭であり、客観解析データから水稲収量がある程度予測可能なことが示唆さ

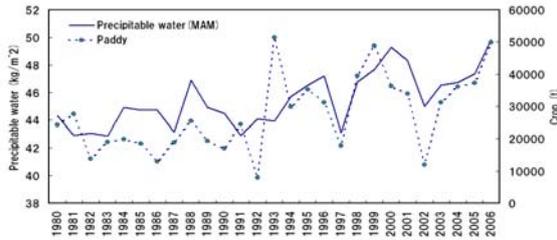


図9 Maluku県における水稲収量と3~5月平均可降水量(123.25E-135.75E, 9.50S-3.75N平均)の時間変化(1980-2006年).

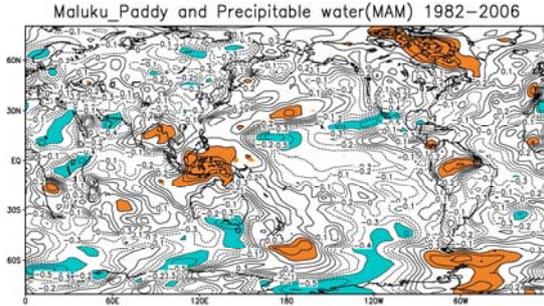


図10 Maluku県における水稲収量と全球3~5月(MAM)平均可降水量(123.25E-135.75E, 9.50S-3.75N平均)の相関係数分布(1982-2006年). 陰影域は危険率5%以下で有意.

れる。

(5) 水稲収量予測モデルの検討

水稲収量データは、インドネシア農業省が公開している農業統計データベース (<http://www.deptan.go.id/>) から入手した県ごとの統計量を用いた。気象データ(気温および雨量)はCenter for Climatic Research, Department of Geography University of Delawareが作成した0.5°グリッドの月間データを、また正規化植生指標(Normalized Different Vegetation Index; NDVI)は千葉大学が収集した全球4分AVHRRデータセットを用いた。以上のデータは県ごとに年データとして構築したが、植生指標については、年平均(Y-NDVI)の他に、各年の農地における9月~11月の統計量(SON-NDVI)についても総計した。将来水稲収量を予測するために、まず自己相関(autocorrelation)解析により県ごとの年間水稲収量の周期性を調べた。その周期性をインドネシア全県で分析した結果、特に東インドネシア・マルク地区において5年の周期性が見られた。そこで、周期性のみられた地域のデータを用いて2変数ベクトル自己回帰分析(VAR)により水稲収量予測モデルを検討した。マルク地区の1981~2000年までの各種データ(図11)をもとに、

5年先(2001~2005)までの水稲収量の予測を試みた。その結果、雨量と組み合わせた予測値が、実測値に最も近い値となった(表1)。一方、農地の植生指標(NDVI)を用いた予測は最も精度が低い。今後は水稲の収穫時期と当該時期における植生指標の詳細な関連分析および実測の気象観測データを用いたさらなる解析が必要である。

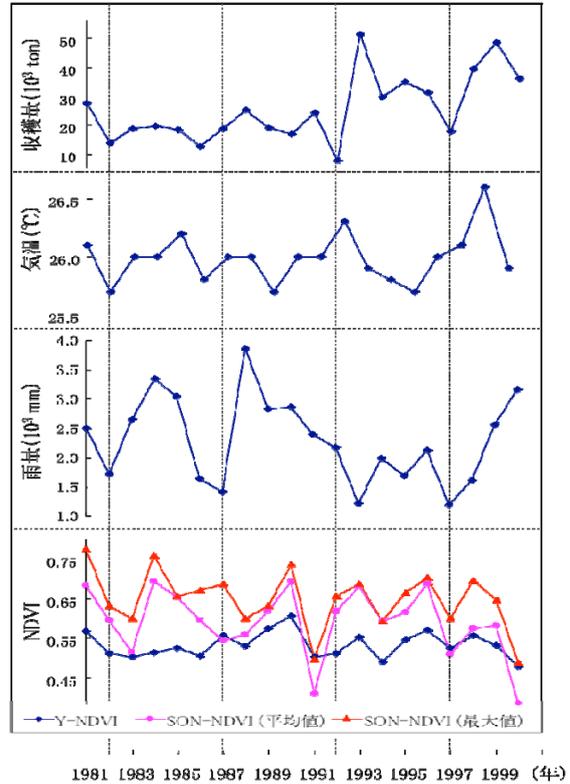


図11 収量予測のためのマルク地区のデータ

表1 2001~2005 水稲収量の予測結果

順位	予測のための時系列データ	相関係数 ^{注1)}
1	収量と雨量	0.96
2	収量	0.87
3	収量と気温	0.85
4	収量とSON-NDVI(最大値)	0.48
5	収量とSON-NDVI(平均値)	0.35
6	収量とY-NDVI	-0.42

注1) 観測値と予測値による計算

(6) まとめ

今回の3年間の研究により、以下の点が明らかとなった。①北日本夏期天候の5年周期変動は2008年まで継続しているとみられ、太平洋西部熱帯域の対流活動、春期のモンスーン変動等との関連が示唆される。②インドネシアジャワ島における現地気象観測より、降水の明瞭な局地性・時間依存性が明らかとなった。③ジャワ島雨量と北日本夏期気圧と

の負の相関関係が明らかになった。④Maluku 県における水稲収量と春期可降水量との間に強い相関が認められた。また、水稲収量の年々変化には5年周期変動が認められた。

以上より、5年周期変動は東アジア域に広範囲にみられる現象であり、今後の広域での農作物収量変動把握など、将来予測に関係した解析が必要である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ①北日本の冷夏とグローバル気候システム変動, 菅野洋光, 地学雑誌, 査読有, **117**(6), 1077-1093, 2008.
- ②北日本の冷害・やませと熱帯海洋, 菅野洋光, 地理月報(二宮書店), 査読無, 497号, 4-6, 2007.
- ③ヤマセの性質とオホーツク海高気圧との関係, 菅野洋光, 月刊海洋, 査読無, **38**(5), 42-48, 2006.
- ④ Supervised landform classification of Northeast Honshu from DEM-derived thematic maps, Prima, O. D. A., F. Echigo, R. Yokoyama, M. Yoshida., 査読有, *Geomorphology*, **78**, 373-386, 2006.

[学会発表] (計8件)

- ①Five-year cycle of summer weather in northern Japan from 1982 onwards and its impact on agriculture, Kanno H., ICB2008 (18th International congress of Biometeorology) issues CD-ROM, 5, 2008年9月23日, タワーホール船堀(東京都).
- ②Impact of ENSO-related unusual weather to local agricultural production in Indonesia, Kaida T., Prima O. D. A., and H. Kanno, ASIA GIS2008 issues CD-ROM, 5, 2008年9月27日, Haeundae Grand Hotel(韓国釜山市).
- ③ A region division method for crima analysis based on the density of buildings, Prima O. D. A., A. Taketaka, H. Nagasawa, and K. Hosogoe, ASIA GIS2008 issues CD-ROM, 7, 2008年9月27日, Haeundae Grand Hotel(韓国釜山市).
- ④ General aspects of global and local climate changes -teleconnections in summer weather variations between agriculturally-important locations: northern Japan, northeastern China and Java, Indonesia-, Kanno, H., IU-UGAS, IU-GSA, IU-COE, Joint Symposium -The effect of climate change on biological

systems in cold regions- proceedings, 5-6, 2008年10月27日, アイーナホール(岩手県盛岡市).

- ⑤インドネシア Maluku 県における水稲収量変動と可降水量との関係, 菅野洋光, Prima O. D. A., 海田俊輝, 日本気象学会 2008年度秋季大会講演予稿集, 71, 2008年11月20日, 仙台国際センター(宮城県仙台市).
- ⑥インドネシア、ジャワ島における降水の局地的特徴について, 菅野洋光, Prima O. D. A., 海田俊輝, 境田清隆, 遠藤尚, 日本地理学会 2008年秋季学術大会要旨集, 32, 2008年10月4日, 岩手大学(岩手県盛岡市).
- ⑦テレコネクションパターンによる3つの主要農業地域における夏期天候変動ー北日本、中国東北部およびインドネシアー, 菅野洋光, 日本農業気象学会北海道・東北支部合同大会講演要旨集, 54-55, 2008年11月26日, 函館市産学官交流プラザ(北海道函館市).
- ⑧西部太平洋熱帯域と東アジアにおける気候環境の関連性について, 菅野洋光, 日本地理学会 2008年春季学術大会, 126, 2008年3月29日, 獨協大学(埼玉県草加市).

[図書] (計1件)

- ① ヤマセと冷害, 菅野洋光, 田村俊和ほか編, 日本の地誌4「東北」(朝倉書店), 502pp, 249-251, 2008.

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]

- ① やませに関する研究とそのアウトプットとしてのウェブ情報発信システム開発に関する普及, 菅野洋光, 日本農業気象学会賞(普及賞).

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
菅野 洋光
(独)農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター・やませ気象変動研究チーム・チーム長
30355276
- (2) 研究分担者
プリマ・オキ・ティッキ・アルティアンジャー
岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・講師
20344624
- (3) 連携研究者
なし