

令和元年6月20日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26287115

研究課題名(和文)対流圏環状モードの変動メカニズムと予測可能性の解明

研究課題名(英文)Variation mechanism and predictability of tropospheric annular mode

研究代表者

向川 均 (Mukougawa, Hitoshi)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：20261349

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：長期再解析データを用いた解析により、対流圏中高緯度大気で最も卓越する変動成分である対流圏環状モード変動を駆動する波動は北半球では主に停滞性波動、南半球では総観規模波動であることや、成層圏突然昇温の終了時における惑星規模波の鉛直伝播特性が環状モードの形成と関連することを明らかにした。また、本研究課題で構築した気象研究所アンサンブル予報実験システムを用いて実施したアンサンブル再予報実験結果などの解析から、対流圏環状モードと関連する成層圏循環の予測可能性変動のいくつかの特徴を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

対流圏中高緯度大気で最も卓越する変動成分である対流圏環状モード変動を駆動する波動を明らかにすることができた。また、成層圏突然昇温現象の終了時における惑星規模波の鉛直伝播特性が環状モードの形成と関連していることが明らかになった。さらに、これまで力学的には比較的安定と考えられていた成層圏循環は、成層圏突然昇温の生起時などには力学的に極度に不安定となり、成層圏循環自体に予測障壁が存在することが初めて明らかになった。

研究成果の概要(英文)：We investigate the maintenance mechanism of the annular mode, which is the most prevailing variation mode in the extratropical troposphere, using a reanalysis dataset. It is found that the quasi-stationary planetary waves and transient synoptic waves play the most important role in driving the annular mode in the northern hemisphere and southern hemisphere, respectively. It is also revealed that the vertical propagation property of planetary waves in the recovery phase of stratospheric sudden warming events is intimately related to the subsequent formation of annular mode. Moreover, several aspects of the predictability variation of the stratospheric circulation, which are closely related with the tropospheric annular mode, are clarified through the analyses on ensemble reforecast experiments conducted by the MRI (Meteorological Research Institute) ensemble prediction system which is constructed in this study.

研究分野：気象学

キーワード：環状モード 対流圏 成層圏 予測可能性 惑星規模波 下方伝播

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

対流圏環状モードは、対流圏中高緯度大気で最も卓越する変動成分であり、順圧的な鉛直構造を持ち、極域と中緯度域との間での気圧場のほぼ東西一様なシーソー的変動パターンとして特徴付けられ、南北両半球に存在する。また、対流圏環状モード変動では 10 日以上の高周期変動成分が卓越するため、2009/10 年冬季にユーラシア域で発生した異常低温のような異常気象の主要因となることが知られている。一方、南半球では、環状モードは、南大洋が吸収する二酸化炭素量の変動要因であることが知られており、気候システムに大きな影響を与えている。このため、対流圏環状モードの形成・崩壊過程を含む変動メカニズムと、その予測可能性変動の解明は、大気力学および気候力学における重要な研究課題である。

2. 研究の目的

本研究では、対流圏環状モードの変動メカニズムと、その予測可能性変動の実態及び要因を、現業の数値予報モデルと同等の予測性能を持つ大気大循環モデルを用いた高頻度・大規模アンサンブル予報実験などによって解明することを目的とした。特に、成層圏環状モードなど、対流圏環状モードの予測に影響すると考えられる境界条件と循環偏差の特定と、それらが対流圏環状モードに影響を及ぼすメカニズムの解明を目指した。また、対流圏環状モード変動の前駆現象を特定することにより、対流圏環状モードに関する新しい力学理論の構築を目指した。

3. 研究の方法

気象庁 55 年長期再解析データ (JRA-55) などの長期再解析データセットや、気象庁現業一ヶ月アンサンブル予報データセットを解析することにより、対流圏環状モード変動の変動メカニズムや予測可能性変動を明らかにする。また、顕著な環状モード変動と対応する成層圏突然昇温 (Stratospheric Sudden Warming: SSW) 発生期における対流圏環状モードの変動メカニズムと予測可能性変動の詳細を明らかにするために、気象研究所大気大循環モデル (AGCM) と初期摂動作成プログラムからなるアンサンブル予報実験システムを整備し、高頻度・超大規模アンサンブル予報実験を実施する。さらに、成層圏での予測可能性変動の力学的側面を明らかにするために、球面上の順圧渦度方程式に基づく力学安定性解析を実施する。

4. 研究成果

(1) 対流圏北半球環状モードの形成維持メカニズムに関する解析

長期再解析データを用いた解析により、対流圏北半球環状モードは主に停滞性波動による帯状風成分の加速によって維持されていることや、帯状風は総観規模波動を通して停滞性波動を励起する作用を持つことによって維持されていることが明らかになった。

(2) 冬季の北極振動 (AO) および南半球環状モード (SAM) が亜熱帯ジェットの月々変動に及ぼす影響に関する解析

長期再解析データを用いた解析により、南北両半球の対流圏環状モードである AO や SAM の極性が正となり、高緯度域で西風が強まるときには、亜熱帯偏西風ジェットは弱まる傾向となることが明らかになった。但し、AO も SAM も、亜熱帯偏西風ジェット変動との相関係数は 0.5 程度とさほど高い相関ではない。また、新たに開発した力学解析手法を長期再解析データに適用して、亜熱帯偏西風ジェットの変動を駆動する波動について調べたところ、北半球では主に停滞性波動、南半球では総観規模波動と、それらは環状モードを主に駆動する波動と同種ではあるが、より低緯度域を波源とする波動であることなどが明らかになった。

(3) 太陽活動が北大西洋振動に及ぼす影響評価

長期再解析データを用いて、太陽活動が北半球の対流圏環状モードの主要成分である北大西洋振動に及ぼす影響について解析を行い、太陽活動が活発となる時期には、傾圧変換による波平均流相互作用が強まり、波による平均流加速が北大西洋域で亢進することにより、正極の北大西洋振動が卓越する傾向となることが明らかとなった。

(4) 成層圏循環の予測可能性に関する解析

環状モードのシグナルが顕著な成層圏循環の予測可能性変動の特徴を把握するため、7 冬季分の気象庁現業一ヶ月アンサンブル予報データセットの解析を行い、成層圏循環予測の系統的誤差や予測可能期間の上限の季節内変動特性を明らかにした。

(5) 2009 年北半球冬季に生じた極渦分裂型 SSW 発生期の予測可能性とその前駆現象の解析

本研究課題で整備した気象研究所アンサンブル予報実験システムを用いて実施した高頻度・大規模アンサンブル再予報実験結果の解析から、2009 年北半球冬季に生じた極渦分裂型 SSW の発生前に、成層圏循環の予測誤差が極端に大きくなるという、特徴的な予測可能性変動を示すことが明らかになった。また、極渦分裂が生じる場合には、成層圏惑星規模波は成層圏で吸収されるが、そうでない場合には惑星規模波は対流圏へと下方伝播することが明らかになった。

(6) SSW の下方影響に関する解析

SSW が対流圏に及ぼす影響を調べるため、長期再解析データを用いて、過去に生じた SSW の終了プロセスに着目した解析を行った。その結果、SSW は次の二つのタイプに分類できることが明らかになった。まず、「波吸収型」の SSW では、惑星波は対流圏から成層圏へと持続的に上方伝播し、弱化した極夜ジェットの下方伝播を通じて、地表面近くでの対流圏環状モードの形成と密接に関連する。一方、「波反射型」の SSW では、惑星波の成層圏内での反射に伴い、SSW の持続期間は短く、北大西洋域での対流圏偏西風ジェットの強化や、北太平洋でのブロッキング形成を伴う対流圏内での惑星規模波の増幅が生ずる。このような SSW の二つのタイプの顕著な違いは、合成図解析によっても確認できた。

(7) 2012/13 年北半球冬季に発生した SSW の予測可能性と前駆現象の解析

気象研究所を含む世界 5 カ所の予報センターの予報モデルを用いて実施したアンサンブル予報実験結果について回帰分析を行うことにより、2012/13 年北半球冬季に発生した SSW の予測可能性とその前駆現象について解析した。その結果、SSW に伴う成層圏極域温度の昇温と極夜ジェットの減速に先行して対流圏で生ずるブロッキング高気圧をより強く表現するモデルでは、昇温や減速がより大きくなる傾向があることが見出された。

(8) 惑星規模波下方伝播の力学と予測可能性に関する解析

2007 年 3 月初旬に生じた下部成層圏での惑星規模波下方伝播事例の予測可能性と、下方伝播が生ずるメカニズムを解明するため、気象研究所アンサンブル予報実験システムを用いて高頻度アンサンブル再予報実験を行った。その結果、この下方伝播事例の予測可能期間は約 7 日程度で、下方伝播は、下方伝播が生ずる直前に増幅する上部成層圏極域で順圧構造を持つ惑星規模循環偏差と統計的に有意な関係を持つことが明らかになった。また、この循環偏差は、アンサンブルスプレッドの第一主成分とほぼ同じ水平構造を持ち、上部成層圏でのスプレッド増幅率は下方伝播直前に極大となることも示された。これらのことは、この循環偏差は、上部成層圏循環の力学的不安定性に起因して自励的に成長する不安定モードであることを強く示唆する。実際、非発散順圧モデルを用いて東西非一様なアンサンブル平均予測場の力学安定性解析を行った結果、下方伝播が生ずる直前の時期に、上部成層圏循環は順圧不安定となり、循環偏差とよく似た惑星規模の定在性不安定モードが出現することが明らかになった。さらに、このモードの成長率は $0.8/\text{day}$ と極めて大きく、この時期の上部成層圏循環の予測可能性が極めて低下したと整合的である。従って、力学的に不安定な上部成層圏循環から生ずる惑星規模の不安定擾乱が増幅した結果、成層圏惑星規模波の下方伝播が生じたと示唆される。

(9) 成層圏循環における予測障壁の発見

北半球成層圏で、2009 年 1 月に生じた極渦分裂型 SSW と、2010 年 1 月に生じた極渦変位型の SSW 発生期における予測可能性変動の違いを明らかにするために、気象研究所アンサンブル予報実験システムを用いて実施した高頻度アンサンブル再予報実験結果を解析した。その結果、2009 年 SSW の予測可能期間は 1 週間程度と短く、しかも、SSW の生起時にアンサンブルメンバー間のスプレッドが急に大きくなることが明らかになった。一方、2010 年 SSW の予報期間は 2 週間程度と比較的長く、生起時のスプレッドも比較的小さい。

このような予測可能性の違いをもたらす力学的要因を吟味するため、非発散順圧モデルを用いて、東西非一様なアンサンブル平均予測値を基本場とする力学安定性解析を実施した。その結果、2009 年の SSW では、SSW 生起時の上部成層圏で、 $1.0/\text{day}$ を越える極めて大きな成長率を持つ不安定モードが存在することが明らかになった。一方、2010 年 SSW の場合、SSW 生起時に、そのような不安定モードは存在しない。また、2009 年の SSW 生起時に存在する不安定モードは、アンサンブルスプレッドの第 1 主成分ともよく似ていることが確認できた。このため、2009 年の分裂型 SSW 生起時には、成長率の極めて大きい不安定モードと対応する予測障壁が上部成層圏循環に存在したと考えられる。一方、2010 年の変位型 SSW の場合には、成層圏循環に予測障壁は存在しないため、予測可能期間も比較的長くなったと考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 20 件)

Y. Kuroda, 2018: On the origin of the solar cycle modulation of the southern annular mode, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 123, 1959-1969, 査読有,
<https://doi.org/10.1002/2017JD027091>

向川均・野口峻佑・黒田友二・水田亮・小寺邦彦, 2018: 冬季成層圏極渦に内在する予測障壁 - 2009・2010 年の成層圏突然昇温の予測可能性比較 -, 平成 29 年度「異常気象と長期変動」研究集会報告, 82-86, 査読無,
<https://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/workshop/2017/proceedings/18-mukou.pdf>

H. Mukougawa, S. Noguchi, Y. Kuroda, R. Mizuta, and K. Kodera, 2017: Dynamics and predictability of downward-propagating stratospheric planetary waves observed in March 2007, *J. Atmos. Sci.*, 74, 3533-3550, 査読有,

<https://doi.org/10.1175/JAS-D-16-0330.1>

K. Kodera and H. Mukougawa, 2017: Eurasian cold surges triggered by the nonlinear reflection of stratospheric planetary waves in December 2012, SOLA, 13, 140-145, 査読有, <https://doi.org/10.2151/sola.2017-026>

Y. Kuroda and K. Kodera, 2017: A simple multivariable maximum covariance analysis method, J. Meteor. Soc. Japan, 95, 171-180, 査読有, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2017-009>

K. Kodera, E. Nawo, H. Mukougawa, T. Nasuno, and T. Hirooka, 2017: Stratospheric tropical warming event and its impact on the polar and tropical troposphere, Atmos. Chem. Phys., 17, 615-625, 査読有, <https://doi.org/10.5194/acp-17-615-2017>

Y. Kuroda, 2017: Influence of atmospheric waves on the maintenance and variability of the southern subtropical jet in winter, J. Geophys. Res. Atmos., 122, 771-783, 査読有, <https://doi.org/10.1002/2016JD025814>

向川均・野口峻佑・黒田友二・水田亮・小寺邦彦, 2017: 成層圏循環の力学安定性と予測可能性変動 -2007年3月に生じた成層圏惑星規模波下方伝播イベントの事例解析-, 平成28年度「異常気象と長期変動」研究集会報告, 82-88, 査読無, <https://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/workshop/2016/proceedings/15-mukougawa.pdf>

小寺邦彦・向川均, 2017: 2012年12月のユーラシアの寒波と成層圏プラネタリー波の下方伝播, 平成28年度研究会「長期予報と大気大循環」要旨集, 査読無, http://www.metsoc.jp/default/wp-content/uploads/2017/03/LF2016_kodera.pdf

野口峻佑・向川均, 2017: 極夜ジェット振動の予測可能性と対流圏への下方影響, 平成28年度研究会「長期予報と大気大循環」要旨集, 査読無, http://www.metsoc.jp/default/wp-content/uploads/2017/03/LF2016_noguchi.pdf.

S. Noguchi, H. Mukougawa, Y. Kuroda, R. Mizuta, S. Yabu, and H. Yoshimura, 2016: Predictability of the stratospheric polar vortex breakdown: an ensemble reforecast experiment for the splitting event in January 2009, J. Geophys. Res. Atmos., 121, 3388-3404, 査読有, <https://doi.org/10.1002/2015JD024581>

Y. Kuroda, 2016: Influence of atmospheric waves on the formation and the maintenance of the subtropical jet during the northern hemisphere winter -a new method for analyzing the responses to specific forcings-, J. Geophys. Res. Atmos., 121, 4674-4690, 査読有, <https://doi.org/10.1002/2015JD024592>

Y. Kuroda and M. Deushi, 2016: Influence of the solar cycle on the polar-night jet oscillation in the southern hemisphere, J. Geophys. Res. Atmos., 121, 11575-11589, 査読有, <https://doi.org/10.1002/2015JD024204>

O. Tripathi, M. Baldwin, A. Charlton-Perez, M. Charron, J. Cheung, S. Eckermann, E. Gerber, D. Jackson, Y. Kuroda, A. Lang, J. Mclay, R. Mizuta, C. Reynolds, G. Roff, M. Sigmond, S. Son, and T. Stockdale, 2016: Examining the predictability of the stratospheric sudden warming of January 2013 using multiple NWP systems, Mon. Wea. Rev., 144, 1935-1960, 査読有, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-15-0010.1>

T. Ichimaru, S. Noguchi, T. Hirooka, and H. Mukougawa, 2016: Predictability changes of stratospheric circulations in northern hemisphere winter, J. Meteor. Soc. Japan, 94, 7-24, 査読有, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2016-001>

K. Kodera, H. Mukougawa, P. Maury, M. Ueda, and C. Claud, 2016: Absorbing and reflecting sudden stratospheric warming events and their relationship with tropospheric circulation, J. Geophys. Res. Atmos., 121, 80-94, 査読有, <https://doi.org/10.1002/2015JD023359>

O. P. Tripathi, M. Baldwin, A. Charlton-Perez, M. Charron, S. D. Eckermann, E. Gerber, R. G. Harrison, D. R. Jackson, B-M. Kim, Y. Kuroda, A. Lang, S. Mahmood, R. Mizuta, G. Roff, M. Sigmond, and S-W. Son, 2015: The predictability of the extratropical stratosphere on monthly time-scales and its impact on the skill of tropospheric forecasts, Q. J. R. Meteorol. Soc., 141, 987-100, 査読有, <https://doi.org/10.1002/qj.2432>

M. Inatsu, N. Nakano, S. Kusuoka, and H. Mukougawa, 2015: Predictability of wintertime stratospheric circulation examined using a non-stationary fluctuation dissipation relation, J. Atmos. Sci., 72, 774-786, 査読有, <https://doi.org/10.1175/JAS-D-14-0088.1>

野口峻佑・向川均・黒田友二・水田亮, 2015: 成層圏での惑星規模波反射現象の予測可能性: 2014年2月の事例, 平成26年度「異常気象と長期変動」研究集会報告, 134-145, 査読無, <https://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/workshop/2014/proceedings/29-noguchi.pdf>

S. Noguchi, H. Mukougawa, T. Hirooka, M. Taguchi, and S. Yoden, 2014: Month-to-month predictability variations of the winter-time stratospheric polar vortex in an operational one-month ensemble prediction system, J. Meteor. Soc. Japan, 92, 543-558,

[学会発表](計32件)

K. Kodera and H. Mukougawa: Eurasian cold surges caused by blockings due to a nonlinear reflection of stratospheric planetary waves in December 2012, AOGS 2018, 2018.

H. Mukougawa, S. Noguchi, Y. Kuroda, R. Mizuta, and K. Kodera: Dynamics and predictability of downward propagating stratospheric planetary waves observed in March 2007, SPARC General Assembly 2018, 2018.

S. Noguchi, Y. Kuroda, H. Mukougawa, R. Mizuta, and C. Kobayashi: Impact of satellite observations on forecasting sudden stratospheric warmings, SPARC General Assembly 2018, 2018.

K. Kodera, H. Mukougawa, and S. Noguchi: Role of downward propagating planetary waves in European severe cold snap during a recovery phase of the SSW in February 2018, SPARC General Assembly 2018, 2018.

Y. Kuroda: Influence of atmospheric waves on the maintenance and variability of the southern subtropical jet in winter, 2017 EGU General Assembly, 2017.

向川均・野口峻佑・黒田友二・水田亮・小寺邦彦: 冬季成層圏極渦に内在する予測障壁 - 2009・2010年の成層圏突然昇温の予測可能性比較 -, 研究会「長期予報と大気大循環」, 招待講演, 2017.

H. Mukougawa: Predictability of large-scale atmospheric motions, The 3rd JSPS Core-to-Core SEASTAS, 招待講演, 2017.

H. Mukougawa, S. Noguchi, Y. Kuroda, R. Mizuta, and K. Kodera: Dynamics and predictability of downward propagating stratospheric planetary waves observed in March 2007, The 3rd International Workshop on Extreme Weather in Changing Climate in the Maritime Continent, 招待講演, 2017.

S. Noguchi and H. Mukougawa: Predictability of polar-night jet oscillation events and its impact on the skill of tropospheric forecasts, The 21st Conference on Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics and the 19th Conference on Middle Atmosphere, 2017.

H. Mukougawa, S. Noguchi, Y. Kuroda, R. Mizuta, and K. Kodera: Dynamics and predictability of downward propagation of stratospheric planetary waves promoting blocking formation over the north Pacific: a case study for March 2007, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 招待講演, 2017.

Y. Kuroda: Solar cycle influence on the southern hemisphere climate, The 2nd International Symposium of the PSTEP, 2017.

小寺邦彦・向川均: 2012年12月のユーラシアの寒波と成層圏プラネタリー波の下方伝播, 研究会「長期予報と大気大循環」, 招待講演, 2016.

S. Noguchi, H. Mukougawa, Y. Kuroda, R. Mizuta, S. Yabu, and H. Yoshimura: Predictability of the stratospheric polar vortex breakdown: an ensemble reforecast experiment for the splitting event in January 2009, International Symposium on the Whole Atmosphere, 2016.

H. Mukougawa, S. Noguchi, Y. Kuroda, R. Mizuta, S. Yabu, and H. Yoshimura: Predictability of a vortex splitting type stratospheric sudden warming in January 2009, The 16th EMS Annual Meeting, 2016.

Y. Kuroda: Influence of atmospheric waves on the formation and maintenance of the subtropical jet during the northern hemisphere winter, The 16th EMS Annual Meeting, 2016.

H. Mukougawa: Reflection of stratospheric planetary waves and its influence on the tropospheric circulation, Bi-Lateral Seminar on Kyoto University Initiative for Strengthening Collaboration between India and Japan, 招待講演, 2016.

廣岡俊彦・向川均: 北半球冬季における成層圏突然昇温の生起と予測可能性について, 地球電磁気・地球惑星圏学会第138回総会及び講演会, 招待講演, 2015.

K. Kodera, H. Mukougawa, P. Maury, M. Ueda, and C. Claud: Absorbing and reflecting sudden stratospheric warming events and their relationship with tropospheric circulation, The 1st Asian Conference on Meteorology, 2015.

S. Noguchi, H. Mukougawa, Y. Kuroda, and R. Mizuta: Predictability of the reflection event of stratospheric planetary waves in February 2014, The 1st Asian Conference on Meteorology, 2015.

H. Mukougawa, M. Ueda, K. Kodera, and S. Noguchi: Analysis on the forcing region of sudden stratospheric warmings by using group velocity of planetary wave packets, The 1st Asian Conference on Meteorology, 2015.

②1 向川均: 成層圏-対流圏結合の力学と予測可能性, 東京大学地球惑星科学専攻大気海洋合同セミナー, 招待講演, 2015.

- ②② R. Mizuta, Y. Kuroda, H. Yoshimura, S. Yabu, S. Noguchi, and H. Mukougawa: Tropospheric signals before a stratospheric sudden warming in the multiple ensemble forecast systems, AOGS 2015, 2015.
- ②③ Y. Kuroda: Formation and maintenance mechanism of the tropospheric jet stream, IUGG 2015 General Assembly, 2015.
- ②④ K. Kodera, H. Mukougawa, P. Maury, M. Ueda, C. Claud, and K. Matthes: Absorbing and reflecting sudden stratospheric warming events and their relationship with tropospheric circulation: case studies, The 95th AMS annual meeting, 2015.
- ②⑤ 向川均: 冬季における最近の異常気象の状況とその要因, 平成 26 年度京都地方気象台講演会, 招待講演, 2014.
- ②⑥ Y. Kuroda and H. Mukougawa: Role of medium-scale waves on the annular modes, The 14th EMS Annual Meeting, 2014.
- ②⑦ H. Mukougawa, T. Hirooka, K. Kodera, Y. Kuroda, and S. Noguchi: Predictability of stratosphere-troposphere dynamical coupling examined by ensemble forecast datasets, The 14th EMS Annual Meeting, 2014.
- ②⑧ S. Noguchi, H. Mukougawa, Y. Kuroda, R. Mizuta, H. Naoe, S. Noda, S. Yabu, and H. Yoshimura: Predictability of a polar vortex splitting event in the stratosphere: an ensemble reforecast experiment for January 2009, The 14th EMS Annual Meeting, 2014.
- ②⑨ H. Mukougawa, T. Hirooka, K. Kodera, Y. Kuroda, and S. Noguchi, Roles of the reflection of planetary waves in the stratosphere-troposphere dynamical coupling, Second East Asian winter Seasonal Outlook Forum, 招待講演, 2014.
- ③⑩ H. Mukougawa, T. Hirooka, K. Kodera, Y. Kuroda, and S. Noguchi: Predictability of stratosphere-troposphere dynamical coupling examined by ensemble forecasts, KU-NTU Symposium 2014, 招待講演, 2014.
- ③⑪ K. Kodera, H. Mukougawa, and M. Ueda: Impact of planetary wave reflection on blocking formation and cold spells over Eurasia, AOGS 2014, 2014.
- ③⑫ H. Mukougawa, S. Noguchi, S. Yoden, M. Taguchi, and T. Hirooka: Month-to-month predictability variations of the winter-time stratospheric polar vortex in an operational 1-month ensemble prediction system, AOGS 2014, 2014.

〔図書〕(計2件)

黒田友二, 2017: 気候変動の事典(部分執筆), 朝倉書店, 472.

黒田友二, 2016: 低温と環境の科学辞典(部分執筆), 朝倉書店, 432.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www-clim.kugi.kyoto-u.ac.jp/mukougawa/index.html>

6 . 研究組織

(1)連携研究者

連携研究者氏名: 黒田 友二

ローマ字氏名: KURODA, YUHJI

所属研究機関名: 気象研究所

部局名: 気候研究部

職名: 研究官

研究者番号(8桁): 80343888

平成26~29年度

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。