

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25242038

研究課題名(和文) 爆弾低気圧がもたらす気象・海象災害の軽減に関する総合的研究

研究課題名(英文) Studies of reduction in natural disasters induced by explosive cyclones

研究代表者

川村 隆一 (KAWAMURA, Ryuichi)

九州大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30303209

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 28,400,000円

研究成果の概要(和文)：雲解像モデル、非静力海洋モデル、波浪予測モデル、高解像度大気大循環モデルとアンサンブル予測技術、同化手法、ダウンスケーリング、LES技術等を活用して、(1)南岸低気圧の急発達要因に係る新たなフィードバック過程の発見、(2)黒潮続流の暖水渦に対する低気圧中心の内部構造の応答の解明、(3)爆弾低気圧の予測精度の定量的評価と新たな客観的指標の開発、(4)北海道の暴風雪被害や北日本の突風被害をもたらした山岳の地形効果の定量的評価と発生要因の解明、(5)日本海沿岸域の高波・異常波浪の予測精度の改善と発生原因の解明、(6)北太平洋の爆弾低気圧活動の長期変動と温暖化の影響評価等、重要な学問的知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：Using high-resolution numerical models on regional and global scales, and ensemble prediction and data assimilation techniques, we clarified (1) the positive feedback process related to the rapid intensification of explosive cyclones, (2) the response of the cyclone inner system to the Kuroshio Extension warm eddies, (3) the predictability of explosive cyclogenesis and the definition of the local deepening rate, (4) the quantitative estimation of orographic effects to snow storms and severe storms in northern Japan, (5) the improvement of the predictability of extraordinary high waves in the coastal regions of the Japan Sea, and (6) the long-term variability of explosive cyclogenesis in the northwestern Pacific and the possible effects of global warming.

研究分野：気象学、気候力学、自然災害科学

キーワード：爆弾低気圧 気象災害 海象災害 極端現象 減災 アンサンブル予測 ハインドキャスト

## 1. 研究開始当初の背景

中高緯度地域で短時間に急速に発達する温帯低気圧は通称「爆弾低気圧」と呼ばれている。特に日本近海並びに北西大西洋で頻発する爆弾低気圧は、熱帯低気圧(台風)と双壁をなす総観規模擾乱である。日本に深刻な気象災害あるいは海象災害をもたらす主な現象として、(1)梅雨末期の豪雨災害、(2)台風災害、そして(3)爆弾低気圧災害が挙げられるが、各々の災害発生には季節依存性があり、梅雨末期の豪雨災害は主に7月、台風災害は7月~10月、爆弾低気圧災害は10月~4月である。被害の空間規模は台風と爆弾低気圧が極端に大きく、爆弾低気圧は台風に匹敵する突風・暴風波浪や大雨・大雪等をもたらす大規模気象・海象災害の発生要因となっている。最近では、2012年4月初めに発生した爆弾低気圧は全国的に暴風・大雨をもたらす、人的被害(死亡3人、重軽傷110人)のみならず全国規模で深刻な交通障害などが生じた。過去にも雪氷災害(例:平成18年豪雪)、高波被害(例:富山湾寄り回り波)、船舶の転覆・座礁、竜巻被害(例:佐呂間竜巻)など多くの爆弾低気圧起源の災害が発生している。

国外の研究動向として、1988/89年にERICA(Experiment on Rapidly Intensifying Cyclones over the Atlantic)や1997年にFASTEX(Fronts and Atlantic Storm Track Experiment)等のプロジェクトが実施され、北西大西洋の爆弾低気圧の研究が進んでいるが、爆弾低気圧は台風と匹敵する大規模災害をもたらす現象にも係らず、国内での研究は大幅に遅れており、爆弾低気圧に対する減災・防災の研究はほぼ皆無というのが現状である。その理由として、(1)個々の災害の事例解析に終始し、例えば突風の直接的原因となる竜巻や豪雪の要因となる日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)等の局地現象のみに重点が置かれ、その発生環境場を形成している爆弾低気圧の重要な役割に関して包括的な理解が進んでいないこと、(2)規模・強度において温帯低気圧の延長線上で爆弾低気圧を捉えていたため、爆弾低気圧活動の変動機構や爆弾低気圧災害の減災・防災の研究が進んでいないこと、(3)台風の進路予報などの防災情報と比較して、爆弾低気圧という現象の特異性から防災情報が非常に複雑になることが予想され放置されていることなどが挙げられる。特に(3)の原因としては、台風の暴風圏に比べて爆弾低気圧のそれは非対称性が強いこと、台風は日本からはるか遠方

の海域で発生し比較的ゆっくりと日本に接近するが、対照的に爆弾低気圧は日本近傍で発生するものが多く短時間で日本全国に影響を及ぼし得るため、警報・注意報のリードタイムが非常に短い。また、爆弾低気圧が去った後に、遅延して深刻な高波被害を被る事があるのも注意を喚起すべきであろう。

災害に対する国民の安心・安全を向上させ、船舶・鉄道事故等の回避や大規模交通障害に対する適切な対応策を講じなければ、2012年4月3日の災害のように再び深刻な人的被害・ライフライン等の被害が繰り返される事は自明である。そこで本課題は、新たな段階への発展的研究(災害対策研究)として、爆弾低気圧災害の軽減を目指した総合的な研究を実施するものである。爆弾低気圧がもたらす気象・海象災害の規模と深刻さが台風のそれに匹敵することを考慮すれば、台風の発達予測と防災情報と同様に、激しい大気現象に特化した減災研究が爆弾低気圧においても必要不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、台風と匹敵する大規模気象・海象災害をもたらす爆弾低気圧に焦点を当て、爆弾低気圧災害の減災・防災を目指すものである。非常に進歩している台風の災害予測研究のレベルに爆弾低気圧災害の予測研究も早急に追いつくために、(1)爆弾低気圧の発生・発達・進路予測の改善、(2)爆弾低気圧起源の極端現象の再現性評価と予測の改善、(3)爆弾低気圧起源の災害ポテンシャル予測・災害リスク評価・災害予測情報の開発、の三つのサブ課題について三位一体の研究を推進する。

## 3. 研究の方法

研究手法は、数値モデル(領域気象モデル、雲解像モデル、非静力海洋モデル、波浪予測モデル、高解像度大気大循環モデル)とアンサンブル予測技術、ナッジングによる同化手法、ダウンスケーリング、ラージ・エディ・シミュレーション(LES)技術等を活用する。具体的には、下記課題の研究を推進する。

(1) 高解像度全球大気モデル、領域気象モデル等のアンサンブル予測実験を基に、爆弾低気圧の主な卵である東シナ海低気圧・日本海低気圧の発生・発達・進路予測の改善を図る。特に、前兆現象の鍵となるプロセス(対流圏上層の高渦位偏差の南下、対流圏下層での高相当温位空気塊の流入)の解明、内部・外部要因としての黒潮海面水温前線、朝

鮮半島の地形効果や日本海寒帯気団収束帯（JPCZ）の影響評価、爆弾低気圧の最大発達率を予測する新たな客観的指標の開発を進める。

(2) 過去の気象・海象災害をもたらした爆弾低気圧起源の極端現象（暴風・豪雨・豪雪・高波）の再現性を領域気象モデルや波浪予測モデル等を駆使して調査し、極端現象予測の改善を図る。具体的には、水平解像度 50 m での高分解能での再現計算による突風現象等の定量的評価、豪雨・豪雪の地域性をもたらす地形効果の評価、波浪予測モデルを用いた高波浪のハインドキャスト等、各種の再現実験を実施する。

(3) 爆弾低気圧起源の災害ポテンシャルの予測・災害予測情報の開発を行う。特にアンサンブル予測に基づいた強風・暴風域予測手法の開発や新たな災害指標の提案・災害指標の確率予測を行う。

#### 4. 研究成果

(1) 南岸低気圧の急発達の主要因の一つとして、寒冷コンベアベルト（CCB）を介した潜熱加熱のフィードバック仮説を提唱した（図1）。具体的には、CCBに沿って暖流（黒潮・黒潮続流）からの水蒸気供給が活発化し、後屈前線で収束・潜熱放出することで中心気圧が低下し、更なるCCBの強化が生じるという正のフィードバック・ループである。また、黒潮続流の暖水渦が、上記フィードバックを増幅させることで、低気圧中心のメソスケール構造を変化させることが新たに明らかになった。そして、低気圧の内部構造の変化は低気圧西象限の対流圏下層の水平風分布にも影響を与え、関東地方沿岸地域の暴風被害にも波及することが示唆された。

(2) アンサンブル再解析データを用いた日本付近の爆弾低気圧の予測精度の解析を行い、日本海・オホーツク海上で発達する事例では上層トラフ、太平洋上の事例では降水に伴う潜熱加熱の予測精度が重要であることを明らかにした。

(3) 従来の中心気圧変化率による爆弾低気圧抽出法に代わって、新たに考案したオイラー的な気圧変化率を用いたLocal Deepening Rateをアンサンブル予報に適用し、爆弾低気圧予測可能性の定量化を実現した。また、気象庁全球大気客観解析データを用いて、北太平洋の爆弾低気圧活動の長期変動を調査し、1980年代中盤以降、インド洋・北西太平洋の高温化に伴い、1月の爆弾低気圧活動が急激に活発化していることを新たに見出した。

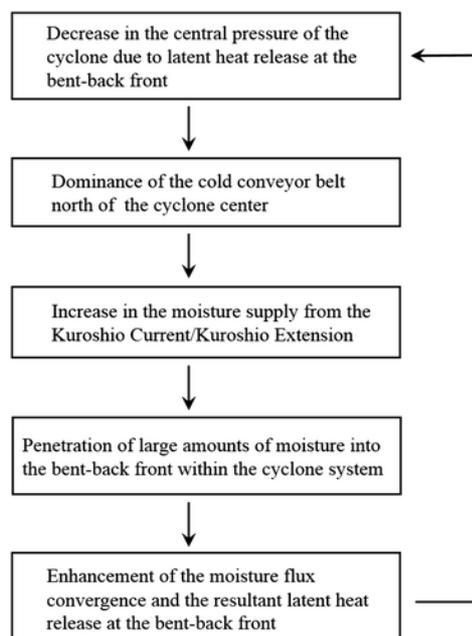


図1 寒冷コンベアベルトを介した潜熱加熱のフィードバック。

(4) 2013年3月1日から3月3日にかけて北海道を横断し、道東地方に暴風雪被害をもたらした爆弾低気圧の数値シミュレーションを行った。シミュレーション結果より、北海道地方の山岳の障壁効果による風場の変形が、道東地方の暴風雪被害を拡大させた要因であることがわかった。さらに、オホーツク海の海水分布が上記の爆弾低気圧の発達に及ぼす影響を調査し、多氷分布のときには北海道地方における下層風速を増大させる効果があることを明らかにした。

(5) 爆弾低気圧による暴風現象の数値解析として、1994年2月22日に北海道で発生した強風災害をもたらした事例を対象とし、領域気象モデルを用いて特に道央地区について高解像度シミュレーションを行なった。その結果、地形の影響を受けた強風域の微細構造が再現できた。また爆弾低気圧による暴風現象の発生機構の解明のため、日本海沿岸域を対象地域として気象観測データを用いて2012年から2014年の冬季の強風事例の発生特性を調べ、対象地域の周囲の地形といった地理条件の影響を受けて強風が発生する詳細を明らかにした。

(6) 爆弾低気圧に伴い発生する日本海沿岸の庄内平野での突風の実態を把握するため、稠密観測網による2シーズン分のデータから突風の時空間での出現特性を調べた。また、特に顕著な突風事例を11例抽出し、気象予報モデルを用いて高分解能シミュレーションを行い、前線の通過に伴い生じる強風の性状と地形の起伏に起因する風速変動の詳細

な特徴を見出した。

(7) 再解析データ JRA/JCDAS を利用して、低気圧の経路を抽出すると同時に、低気圧周辺の風速強度について評価した。その結果、急発達する低気圧ほど強風を伴う傾向にはあるが、発達率と強風は必ずしも対応していない結果が得られた。このことは、発達率と同時に最大風速についても情報を精緻化しておくことが爆弾低気圧に伴う気象・海象災害のデータを作成する上で必要であることを示唆している。そのため強風情報を得るための低気圧に伴う風速範囲の条件に関してアルゴリズムの検討を行った。これまでの緯度・経度座標から等距離座標系に変換し、範囲を決めるようなアルゴリズムへ変更し、強風情報の定量的評価を行った。

(8) WWIII 波浪スペクトルモデルで日本海の低気圧（爆弾低気圧を含む）による高波浪発生・発達の代表事例ハインドキャストを実行し、富山湾に入射する波高、周期、波向の定量的な結果を求め、それぞれのケースの特徴を解析した。また、ALOS/PALSAR 衛星画像を用いた波浪パラメータ（波長、波向）の推算を高速フーリエ変換による2次元スペクトル解析から行った。解析結果を NAWPHAS 観測データや WWIII 波浪推算モデル結果と比較することで、解析誤差を算出した。さらに、日本海上空の温帯低気圧の特徴（進路、風速等）によって、どのように高波浪の発生・発達が異なるのか、2008年2月下旬と2012年4月上旬の日本海高波浪に対して、WWIII ハインドキャストの結果を比較し、それらの特性を明らかにした。

(9) 「寄り回り波」のハインドキャストや予測において、富山港および伏木港では大きな誤差が生じる。この原因解明のため、富山湾の複雑な地形に着目し、波浪の変形としての回折と屈折について波浪エネルギー平衡モデル（SWAN）を使い数値的に調べた。その結果、適切な解像度により有義波高・周期の精度向上が可能となった。また、ALOS-2/PALSAR-2 の高分解能モードで撮影された衛星画像を用いた波浪パラメータ（波長・波向・波高）の推算を行い、波浪の2次元の挙動を解析し、沿岸域では水深の影響で波速が減衰し、波長が短くなると共に、複雑な海底地形に伴う波浪の屈折が起きていることを見出した。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

## 〔雑誌論文〕（計23件）

Hirata, H., T. R. Kawamura, M. Kato, and T. Shinoda (2016): Response of rapidly developing extratropical cyclones to sea surface temperature variations over the western Kuroshio-Oyashio confluence region. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, doi:10.1002/2015JD024391, 査読有

太田俊紀, 松浦知徳, 村上智一, 下川信也 (2016): 地形効果による寄り回り波の波浪特性. *土木学会論文集B3(海洋開発)*, 72, B3-076, 査読有

Parfitt, R., A. Czaja, and A. Kuwano-Yoshida (2016): The atmospheric frontal response to SST perturbations in the Gulf Stream region. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 2299-2306, doi:10.1002/2016GL067723, 査読有

Mori, N., and T. Takemi (2016): Impact assessment of coastal hazards due to future changes of tropical cyclones in the North Pacific Ocean. *Weather and Climate Extremes*, 11, 53-69, doi: 10.1016/j.wace.2015.09.002, 査読有

Hirata, H., R. Kawamura, M. Kato, and T. Shinoda (2015): Influential role of moisture supply from the Kuroshio/Kuroshio Extension in the rapid development of an extratropical cyclone. *Mon. Wea. Rev.*, 143, 4126-4144, doi:10.1175/MWR-D-15-0016.1, 査読有

Yamazaki, A., M. Honda, and A. Kuwano-Yoshida (2015): Heavy snowfall in Kanto and on the Pacific Ocean side of northern Japan associated with western Pacific blocking. *SOLA*, 11, 59-64, 10.2151/sola.2015-013, 査読有

Hegde, A. K., R. Kawamura, and T. Kawano (2015): Evidence for the significant role of sea surface temperature distributions over remote tropical oceans in tropical cyclone intensity. *Climate Dynamics*, 1-13, doi:10.1007/s00382-015-2859-8, 査読有

Miyamoto, Y., and T. Takemi (2015): A triggering mechanism for rapid intensification of tropical cyclones. *J. Atmos. Sci.*, 72, 2666-2681, doi:10.1175/JAS-D-14-0193.1, 査読有

Shimokawa, S., and T. Matsuura (2015): Stochastic synchronization in an oceanic double gyre. *Theoretical and Applied Mechanics Japan*, 63, 99-107, doi:10.11345/nctam.63.99, 査読有

Kunoki, S., A. Manda, Y.-M. Kodama, S. Iizuka, K. Sato, I. Fathrio, T. Mitsui, H. Seko, Q. Moteki, S. Minobe, and Y. Tachibana, Oceanic influence on the Baiu frontal zone in the East China Sea, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 449-463, doi:10.1002/2014JD022234, 査読有

Kuwano-Yoshida, A. (2014): Using the local deepening rate to indicate extratropical cyclone activity. *SOLA*, 10, 199-203, doi:10.2151/sola.2014-042, 査読有

Manda, A., H. Nakamura, N. Asano, S. Iizuka, T. Miyama, Q. Moteki, M. Yoshioka, K. Nishii, and T. Miyasaka (2014): Impacts of a warming marginal sea on torrential rainfall organized under the Asian summer monsoon, *Scientific Reports*, doi:10.1038/srep05741, 査読有

Shimokawa, S., T. Matsuura, S. Iizuka, J. Yoshino, and T. Yasuda (2014): A new typhoon bogussing scheme and its application for assessment of impacts of the possible maximum storm surges in Ise and Tokyo Bays in Japan. *Natural Hazards*, 74, 2037-2052, doi:10.1007/s11069-014-1277-2, 査読有

Kuwano-Yoshida, A., and T. Enomoto (2013): Predictability of explosive cyclogenesis over the northwestern Pacific region using ensemble reanalysis. *Mon. Wea. Rev.*, 141, 3769-3785, doi: 10.1175/MWR-D-15-0016.1, 査読有

Hayasaki, M., R. Kawamura, M. Mori, and M. Watanabe (2013): Response of extratropical cyclone activity to the Kuroshio large meander. *Geophys. Res. Lett.*, 40, 1-5, doi:10.1002/grl.50546, 査読有

[学会発表] (計 95 件)

Kuwano-Yoshida, A., and S. Minobe, Storm track response to SST front in the northwestern Pacific region in an AGCM, CLIVAR/JAMSTEC Workshop on the Kuroshio Current and Extension System: Theory, Observations, and Ocean Climate Modelling, 2016.1.12, JAMSTEC, Yokohama, Japan.

Yoshida, T., and T. Takemi, Large-eddy simulation of turbulent flow structure over urban area, 13<sup>th</sup> International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality, 2015.11.11, Kobe International Conference Center, Kobe, Japan.

吉田 聡, 榎本 剛, 川村 隆一, 日本付近で発達する爆弾低気圧の予測可能性, 日本気象学会「極域・寒冷域」及び「観測システム・予測可能性」合同研究連絡会 極域予測可能性研究に向けた現状と展望, 2015.10.28, 京都テルサ, 京都市.

Hirata, H., T., R. Kawamura, M. Kato, and T. Shinoda, Important effect of moisture supply from the Kuroshio Current/Kuroshio Extension on the explosive intensification of an extratropical cyclone, 17th Cyclone Workshop, 2015.10.26, Pacific Grove, USA.

Takemi, T., R. Ito, and O. Arakawa, Assessment of typhoon hazards under global

warming: Case studies on severe typhoons with downscaling experiments, International Workshop on Issues in Downscaling of Climate Change Prediction, 2015.10.5, International Congress Center EPOCHAL Tsukuba, Japan.

山崎 哲, 本田 明治, 吉田 聡, 北西太平洋プロッキングと関東・北日本太平洋側での降水・降雪, 南岸低気圧とそれに伴う気象・雪氷災害に関する研究会, 2015.8.10, 気象研究所, つくば市.

Miyamoto, Y., and T. Takemi, A triggering mechanism for rapid intensification of tropical cyclones, 12<sup>th</sup> Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, 2015.8.2, Singapore.

Hirata, H., T., R. Kawamura, M. Kato, and T. Shinoda, Response of explosively developing extratropical cyclones to sea surface temperature variations over the Kuroshio Extension, 26<sup>th</sup> General Assembly International Union of Geodesy and Geophysics, 2015.6.26, Prague, Czech Republic.

Kuwano-Yoshida, A., H. Sasaki, and Y. Sasai, Influence of explosive cyclones on ocean in OGCMs, 26<sup>th</sup> General Assembly International Union of Geodesy and Geophysics, 2015.6.26, Prague, Czech Republic.

Kawano, T., and R. Kawamura, Numerical simulation of the explosive cyclone that caused a severe snowstorm in Hokkaido, Japan on March 2, 2013, 26<sup>th</sup> General Assembly International Union of Geodesy and Geophysics, 2015.6.26, Prague, Czech Republic.

Kawano, T., and R. Kawamura, Orographic effects on the severe snowstorm associated with an explosive cyclone, AGU 2014 Fall Meeting, 2014.12.16, San Francisco, USA.

Hegde, A. K., R. Kawamura, and T. Kawano, The moisture transport during Typhoon Man-yi through moisture conveyor belt from Indian Ocean and South China Sea - a case study using WRF model, The 2014 Autumn Meeting of the Meteorological Society of Japan, 2014.10.21, Fukuoka International Congress Center, Japan.

Kuwano-Yoshida, A., and T. Enomoto, Predictability of explosive cyclogenesis over the northwestern Pacific region using ensemble reanalysis, WWOSC 2014, 2014.8.17, Montreal, Canada.

Iizuka, S., R. Kawamura, Impact of interannual SST variability in the vicinity of SST fronts around Japan on the winter atmosphere, AOGS 11th Annual Meeting, 2014.07.29, Sapporo, Japan.

Matsuura, T., H. Hashimoto, S. Shimokawa,

and N. Usui, Self-sustained long-term variations in the Kuroshio Extension: A climatological seasonal-wind experiment using ocean general circulation model, AOGS 11th Annual Meeting, 2014.07.29, Sapporo, Japan.

Kawamura R., T. Kudo, H. Hirata, K. Ichiyanagi, M. Tanoue, and K. Yoshimura, Large-scale water vapor transport by a Rossby wave response to typhoon forcing at the mature stage of the Baiu/Meiyu season, Takio Murakami Memorial Symposium on Tropical Meteorology and Monsoon, 2014.07.02, Honolulu, USA.

吉住蓉子、川野哲也、川村隆一、鈴木賢士、齋藤靖博、冬季南岸低気圧の発達初期段階における雲システムの微物理的・電氣的構造、日本気象学会 2014 年度春季大会、2014.5.23, 開港記念会館・情報文化センター, 横浜市。

Iizuka, S., and R. Kawamura, SST variability around the subpolar front in Japan Sea and wintertime rainfall around Japan, 2014 Ocean Sciences Meeting, 2014.2.26, Honolulu, USA.

中野優子、川村隆一、川野哲也、飯塚聡、最大クラスの爆弾低気圧が黒潮流域近傍に集中する要因とその環境場、日本気象学会 2013 年秋季大会、2013.11.21, 仙台国際センター、仙台市。

飯塚 聡、下川信也、清水慎吾、磯口治、万田敦昌、MP レーダで推定される東京湾上の風速の検証、日本海洋学会 2013 年秋季大会、2013.9.17, 北海道大学、札幌市。

- 21 Iizuka, S., Sensitivity of wintertime rainfall to SST around Japan, IAPSO 2013, 2013.7.22, Gothenburg, Sweden.

#### 〔図書〕(計 3 件)

Shimokawa, S., and T. Matsuura, In Geophysics: Principles, Applications and Emerging Technologies, Nova Science Publishers, Oceanic oscillation phenomena: Relationship with synchronization and stochastic resonance, Chapter 4, 2016.

Takemi, T., and H. Ishikawa, In Natural Disaster Science and Mitigation Engineering: DPRI Reports, Studies on the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Hiroshi Kawase (Ed.), Springer, High-resolution local-scale simulations of meteorological conditions and wind fields over the Fukushima region in March 2011, Chapter 12, 177-186, 2014.

#### 〔その他〕

ホームページ等

爆弾低気圧情報データベース

[http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol\\_bomb/index.php](http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol_bomb/index.php)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川村 隆一 (KAWAMURA, Ryuichi)  
九州大学・大学院理学研究院・教授  
研究者番号：30303209

### (2) 研究分担者

飯塚 聡 (IIZUKA, Satoshi)  
独立行政法人防災科学技術研究所・観測・予測研究領域・主任研究員  
研究者番号：40414403

竹見 哲也 (TAKEMI, Tetsuya)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号：10314361

松浦 知徳 (MATSUURA, Tomonori)  
富山大学・大学院理工学研究所・教授  
研究者番号：10414400

吉田 聡 (YOSHIDA, Akira)  
独立行政法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・研究員  
研究者番号：90392969

川野 哲也 (KAWANO, Tetsuya)  
九州大学・大学院理学研究院・助教  
研究者番号：30291511

### (3) 連携研究者

楠 昌司 (KUSUNOKI, Shoji)  
気象庁気象研究所・気候研究部・研究室長  
研究者番号：50370325

水田 亮 (MIZUTA, Ryo)  
気象庁気象研究所・気候研究部・研究官  
研究者番号：80589862

佐々木 亘 (SASAKI, Wataru)  
独立行政法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・ポスドク研究員  
研究者番号：30462500

初鹿 宏壮 (HATSUSHIKA, Hiroaki)  
富山県環境科学センター・大気課・主任研究員  
研究者番号：20443418

篠田 太郎 (SHINODA, Taro)  
名古屋大学・地球水循環研究センター・准教授  
研究者番号：50335022

加藤 雅也 (KATO, Masaya)  
名古屋大学・地球水循環研究センター・研究員  
研究者番号：00648272