

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01276

研究課題名（和文）先進的気球観測による南極域における大気重力波の確率的振る舞いの解明

研究課題名（英文）A study of stochastic behavior of atmospheric gravity waves in the Antarctic by advanced balloon observations

研究代表者

佐藤 薫 (Sato, Kaoru)

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・教授

研究者番号：90251496

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：気候モデルの主要な不確実性の1つである大気重力波による運動量輸送について、特に不確実性の大きい南極域でその3次元的描像を得るため、南極域における大気重力波のスーパープレッシャー（SP）気球観測計画を立案し、使用するSP気球と搭載機器の開発を行った。二重膜構造のSP気球にベクトラン製の網をかぶせることで所望の耐圧性・気密性を有する気球の開発に成功した。また、水平風速、気温、気圧を30秒間隔で測定し、ICAO（国際民間航空機関）の規定で軽気球に分類される重量3kg以下の搭載機器を製作した。これらを用いた南極でのSP気球観測を、第63次南極観測隊により、2022年1月頃に実施する予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

南半球高緯度域は重力波活動の高い領域であることが衛星観測や高解像度大気大循環モデル研究により指摘されており、重力波の観測強化が求められている。重力波の持つ幅広い時空間スケールを全て網羅し、かつその運動量輸送を測定できる観測は、大型大気レーダー観測とSP気球観測のみである。本研究によりSP気球観測が実現すれば、南極大型大気レーダー（PANSY）と組み合わせることで、重力波の観測情報が特に不足している南極域において重力波による運動量輸送の3次元的描像の理解が深まる。これは学術的意義のみならず、気候モデルの不確実性を低減し、将来予測の精度を向上させることにつながるため、社会的にも大きな意義がある。

研究成果の概要（英文）：Momentum transport by atmospheric gravity waves (GWs) is one of the main uncertainties in the current climate models, especially in the Antarctic region where uncertainties are large. In order to obtain a three-dimensional picture of the momentum transport due to GWs, we proposed a super-pressure (SP) balloon observation of GWs over the Antarctic and developed its balloon and onboard instrument. A SP balloon with designated pressure resistance and gas permeability was successfully developed by covering the double-membrane SP balloon with a vectran net. In addition, an onboard instrument which measures horizontal wind velocity, air temperature, and pressure every 30 sec were manufactured. It has a weight less than 3 kg and is classified as a light balloon according to the regulations of the International Civil Aviation Organization. The first SP balloon observation in the Antarctic region will be performed by the 63rd Japanese Antarctic Research Expedition around January 2022.

研究分野：大気力学・中層大気科学

キーワード：大気重力波 スーパープレッシャー気球 大型大気レーダー

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、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

南半球成層圏の冬季に現れる極夜ジェットと呼ばれる西風は、極域と中低緯度域との間の物質・運動量交換を妨げる極渦を形成し、南極オゾンホール発生の要因ともなっている。しかし、大気の運動や化学・放射過程を全て陽に表現する最新の化学気候モデルにおいても、冬季極域成層圏の低温問題("cold pole ")、現実よりも1か月も遅い極渦崩壊、およびそれらに起因するオゾン破壊量の予測の不確実性といった諸問題は解決されていない。その主な原因と考えられているのが、

- ・大気重力波の水平伝播を考慮できない現在の(地形性・非地形性)重力波パラメタリゼーション
 - ・大気重力波が運ぶ東西・南北風運動量の間欠性やスペクトル分布に関する観測的知見の南極域での不足
 - ・現在の気候モデルでは表現できない南大洋の小さな島による重力波生成
- である。これらの問題を解決するには、南極域における重力波の特性(運動量輸送や間欠性、スペクトル分布等)を、観測により3次的に捉えることが求められる。

2. 研究の目的

本研究では、南極域でのスーパープレッシャー(SP)気球観測および大型大気レーダー観測のデータを用いて、

- ・南極上空の重力波の水平伝播による東西・南北風運動量の水平輸送がどうなっているか
 - ・南極上空の重力波の間欠性やスペクトル分布がどうなっているか
 - ・現在の重力波パラメタリゼーションで南半球大気場の正確な再現・予測は可能か
- という問いに対する定量的な答えを与えることを目指す。

3. 研究の方法

本研究グループが南極域に初めて設置した大型大気レーダーPANSY(Program of the Antarctic Syowa MST/IS radar)は、対流圏・成層圏・中間圏における3次元風速の高精度・高分解能な観測により、全周期帯(数分~数十時間)の大気重力波による運動量輸送を直接推定することができる[Sato et al., 2014]。南極各国基地でのラジオゾンデ観測データの解析により、昭和基地上空の重力波の特性は南極域における重力波として代表性が高いことが確認されている。

SP気球は、一定の密度面を1か月以上の長期にわたって浮遊するため、全周期帯の重力波による運動量輸送を観測するだけでなく、その水平分布を捉えることができる(ただし、スナップショットではないことに注意)。南極域ではこれまでに2回(2005年、2010年)、フランスを中心とする国際共同研究グループにより複数のSP気球を用いたキャンペーン観測が実施され[Hertzog et al., 2007; Rabier et al., 2010]、下部成層圏における重力波の空間分布を明らかにしただけでなく、運動量フラックスが場所により大きな間欠性を持つことが示された[Hertzog et al., 2008, 2012]。しかし、これらの観測は技術的・予算的に継続的な実施が困難であった。また当時は、同じ高度をオイラー的に捉える大型大気レーダー観測は始まっていなかった。

本研究では、PANSYレーダー観測により得られる重力波による運動量輸送の時間高度断面と、SP気球観測により得られる等密度面上の水平断面を組み合わせ、重力波による運動量輸送の3次的な描像を明らかにする。上記目的を達成するため、南極域における大気重力波のスーパープレッシャー気球観測計画(Long-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica: LODEWAVE)を立案した[富川ほか、2021]。さらに、SP気球観測の実施に先立ち、その科学的意義をより明確にするために、PANSYレーダーや気象再解析データを用いた大気重力波や乱流の研究を進めた。

4. 研究成果

本研究では、3年計画の3年目に南極でのSP気球観測(LODEWAVE)を計画していた。しかし、2019年7月に開催されたATCM(南極条約協議国会議)において、南極で運用するすべての航空機・無人機・気球にADS-B out system(指定波長の電波の送信により、自身の位置情報を周辺の航空機に知らせる機能のみを持つ機器で、数百g以下程度)の搭載を義務付ける提案(working paper)が英国から出され、8月のCOMNAP(南極観測実施責任者評議会)の航空機安全に関する分科会で議論された。基本的に南極はICAO圏外のため法的な効力を持つルールはないが、各国が協議しながらICAOに準拠し、かつ航空機の運用を認可した国の法規に沿って運用するとともに、南極の状況にカスタマイズしたATCM・COMNAPで合意されたルールにも従っている。そのため、本SP気球観測でも観測装置にADS-Bを搭載することとした。それに伴い、新たに観測装置にADS-Bを搭載するための技術的検討や、航空機IDを取得するなどの法的対応を行う必要が生じたため、南極での本観測実施を1年延期した。その結果、SP気球観測は本研究期間中には

実施されなかったため、以下では SP 気球と搭載装置の開発状況を詳細に記述する。また、開発と並行して行った、SP 気球観測に相補的な PANSY レーダー観測データや大気再解析データを用いた研究の成果を簡単に記述する。

(1) SP 気球の開発

本計画では、体積 180 m^3 、耐圧性能 1200 Pa 以上、10 日以上気密性を有する気球で高度 19 km に 3 kg のペイロードを 10 日以上にわたり浮遊させる。周辺の空気塊と共に、等密度面を飛翔するため、空気塊の運動に沿ったその場観測が可能である。本計画を実現するために必要とされる SP 気球の仕様は以下のとおりである。

- 1) 使用時に 1200 Pa の差圧がかかるため、その倍の 2400 Pa の耐圧性能を有すること。
- 2) 10 日 (=240 時間) 以上にわたる気密性能を有すること。
- 3) 3 kg のペイロードを搭載して高度 19 km に到達できる重量/体積比を有すること。
- 4) 要求時に速やかに気球を破壊して実験を終了できること。
- 5) 10 日にわたる紫外線照射環境で材料強度の劣化が十分に小さいこと。

このような仕様を満たす小型 SP 気球の開発は、主にフランス、米国、日本で行われている。日本における SP 気球の開発は、宇宙科学研究所により 1990 年代後半から進められてきた。その結果、ポリエチレン皮膜の気球にベクトラン製の網をかぶせることで耐圧性能の向上が[斎藤ほか、2014]、ポリエチレン皮膜の気球の中にゴム気球を入れた二重膜構造とすることで気密性能の向上が実現し[斎藤ほか、2020]、本計画で使用する小型 SP 気球の製作が可能となった。これらの技術を適用して試作した体積 100 m^3 の気球では 3 kg のペイロードを高度 17 km に飛翔させられる性能 (耐圧性能 (3500 Pa)、気密性能 (289 時間)) が得られた[図 1: 斎藤ほか、2021]。さらに、本 SP 気球観測で使用する体積 180 m^3 の気球を製作し、上記要求仕様を満たすことを確認した。



図 1: 2019 年 12 月に国立極地研究所で実施した体積 100 m^3 の SP 気球の気密試験の様子。

(2) 気球搭載用機器の開発

本計画で使用する気球搭載用機器は、SP 気球に吊り下げられ (図 2)、その場の三次元的な位置情報、気圧、気温を 30 秒ごとに収集し、7.5 分に一回、イリジウム衛星経由でデータを転送する。また、地上オペレーターからのコマンドをイリジウム衛星経由で受け付け、気球破壊、ヒーターの ON/OFF 等を実施する。搭載用機器の総重量は 3 kg 以下とし、ICAO (国際民間航空機関) のルールで軽気球として扱えるシステムとすることで航空管制による制限を緩和する方針でシステム的设计を行った。環境温度として、 $-90 \sim 40$ 、大気圧として $10 \sim 1100 \text{ hPa}$ を想定している。

本 SP 気球観測では、南極域下部成層圏において重力波の全周期帯 (約 5 分 ~ 十数時間) の運動量フラックスや水平風速擾乱の振幅を導出するため、30 秒間隔で気温、水平風速、気圧を測定する。これらは基本的に高層気象観測で取得される物理量と (相対湿度が無いことを除き) 同一である。一方で、本観測が高層気象観測と大きく異なる点は、気球が等密度面上を背景風に流されて浮遊するため、空気塊の流れに沿った重力波観測が可能であり、その情報を用いて重力波による運動量フラックスを推定できる点である。実際の解析では、水平風速、気圧の時系列データにウェーブレット変換を適用し、得られた各周波数成分について水平風速、気圧の擾乱成分の複素振幅、および背景風に乗った系から見た周波数 (i.e., intrinsic frequency) から重力波の分散関係を用いて運動量フラックスを推定する。それぞれの物理量に必要な測定精度は以下のとおりである。

- 1) 水平風速: 0.5 ms^{-1} (30 秒間隔の水平位置情報から導出するため、水平位置情報の要求精度は 10 m)

- 2) 気温：0.3 K
- 3) 気圧：5 Pa

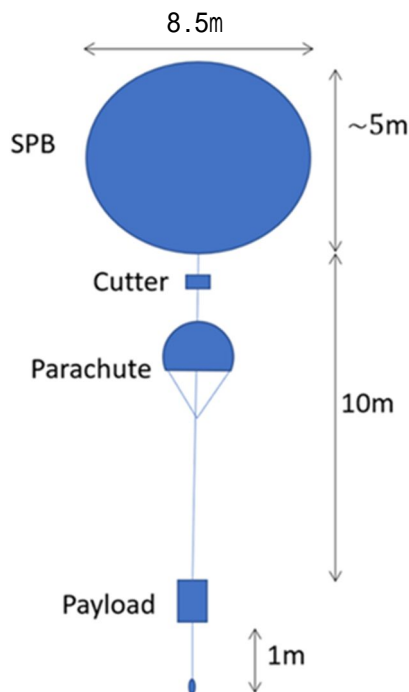


図 2：SP 気球観測の荷姿。ペイロードの下 1m に吊り下げられているのは気温センサー。

(3) SP 気球観測計画

PANSY レーダーを用いた研究により、南半球夏季の昭和基地上空の成層圏では、地形、対流圏内の気象擾乱、対流圏界面近傍のジェット気流等によって励起され上方へと伝播する重力波が卓越することが報告されている[Minamihara et al., 2018]。そのため、夏季の南極成層圏・中間圏へと運動量を輸送する重力波の特徴は成層圏内の 1 高度での観測である程度捉えられると期待される。一方、本計画を企画・実施するにあたっては、PANSY レーダーと SP 気球観測の協同が大前提となっている。PANSY レーダーによる対流圏・成層圏における大気重力波の観測は高度約 20 km までのため、高度 20 km 以下で SP 気球観測の結果と組み合わせる必要がある。また、航空安全の観点から、高度 18 km (60,000 ft) 以上では航空法上の制約が少ない。2005/2010 年に実施された Vorcore/Concordiasi キャンペーンにおいても、後者の理由により高度 19 km での観測を実施していることから、結果の比較のためにも高度 19 km での観測が望ましい。さらに、南極昭和基地では、夏期間の地上気象条件がよく、なおかつ作業人員も十分確保することができる。以上の理由により、本計画では SP 気球観測を南半球の夏期間 (12-1 月) に高度 19 km で実施する。

重力波の運動量フラックスの水平分布を取得するためには、南極域を広くカバーできるよう、できるだけ多くの SP 気球観測を実施することが望ましい。しかし、本計画では予算および放球実施期間の制約があるため、2021 年 12 月～2022 年 1 月の間に最大 3 回の SP 気球観測を実施することを計画している。

SP 気球の航跡を把握するため、国立極地研究所粒跡線モデル (NITRAM) [Tomikawa and Sato, 2005] を改良した等密度面粒跡線プログラムを作成し、気象再解析データを用いた航跡計算を実施した (図 3)。夏季ではあるが、南極上空の下部成層圏は基本的に西風であり、空気塊は南極上空を東向きに周回する。しかし、冬季の極渦のような安定した強い西風ではないため、空気塊はしばしば南極大陸を離れ、南米上空等に飛来することがわかる。PANSY レーダーとの直接比較のためのデータは、放球直後に昭和基地近傍の南極大陸縁辺域を飛揚する期間に取得できるため、仮に気球が昭和基地近傍に戻ってこなくても問題はない。ただし、気球飛翔の可否については関係する各国と調整を行う必要がある。また今後、様々な条件での航跡計算を行い放球に適した条件を明らかにするとともに、気象データを自動で取得し、気球の位置情報を元に航跡予測を随時更新するシステムを構築する。

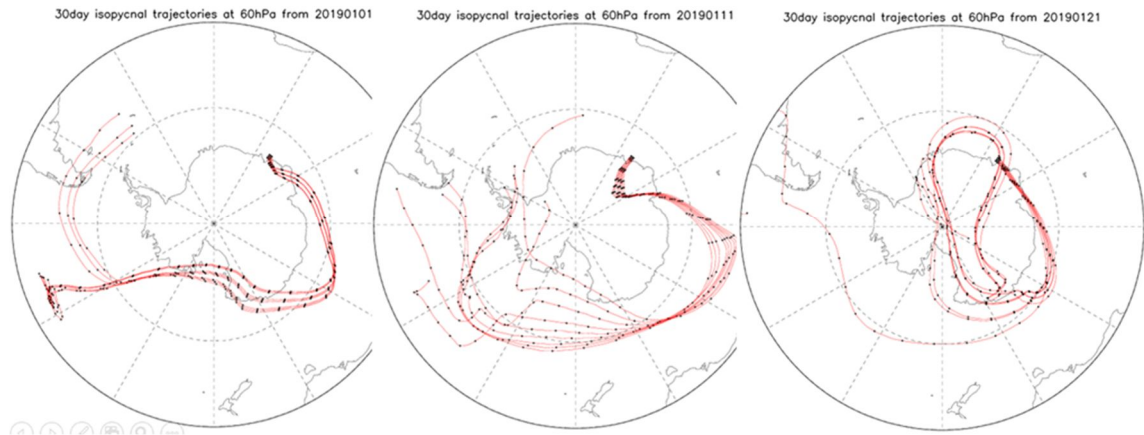


図3：昭和基地上空の60 hPa（高度約19km）に配置した9つの空気塊（ $69.0S \pm 0.5 \text{ deg}$ ， $39.6E \pm 1.0 \text{ deg}$ ）の2019年1月1日（左）、1月11日（中央）、1月21日（右）から30日間の前方粒跡線。黒丸は1日毎の位置を示す。

（4）PANSY レーダー観測データおよび大気再解析データを用いた大気重力波・乱流の研究

SP 気球観測の意義をより明確化するための基礎情報を得ることを目的に、PANSY の過去データ等を用いた大気重力波や乱流に関する研究を実施した。まず、PANSY 観測データ1年分を用いて重力波の間欠性を調べた結果、背景風依存性などについては、フランスのSP気球観測グループによる先行研究と調和的であることがわかった。一方で、成層圏における重力波の間欠性は対流圏より低いという高度依存性や、成層圏では冬季より夏季のほうが高いという季節依存性があるという新たな知見も得られた。また、対流圏から成層圏に貫く重力波顕著イベントが年に2回発生し間欠性に大きく影響していることもわかった。したがって、先行研究で行われた冬季成層圏だけでなく、対流圏や夏季成層圏のSP気球観測も重要であることが改めて確認された [Minamihara et al., 2020]。

PANSY レーダーにより受信される大気エコーのスペクトル幅から推定される乱流強度についても調査した。このとき、PANSY レーダーのアンテナ配置の非対称性から生じるスペクトルの広がりを除去して、乱流によるスペクトル広がりを厳密に推定する方法を適用し、乱流強度推定を行った。得られた乱流強度は、冬季に強く夏季に弱い傾向があり、重力波活動との関連が示唆された。また、冬季成層圏では高度とともに増大するのに対して、夏～秋季においては対流圏界面直上で極大をとるなどの特徴があることもわかった [Kohma et al., 2019]。

さらに、気象再解析データを用いて、成層圏の物質循環の形成に対する重力波の寄与を間接的に推定する方法を考案し、解析した。その結果、重力波の作用は夏季を除き、成層圏循環をより高緯度まで伸長させること、また、対流圏・成層圏物質交換の推定に重要な成層圏循環の上昇から下降に転じる緯度の決定に大きく影響することが見出された。また、気候モデルに用いられている重力波パラメタリゼーションは、冬季南半球高緯度に向かう重力波の表現が不足していることも明らかとなった [Sato and Hirano, 2019]。これらの結果は、東西平均場に対する知見であるが、本研究において開発したSP気球と搭載装置を用いた観測により、このような南半球低緯度から高緯度に向かう重力波の経度依存性も明らかにできると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 富川喜弘, 佐藤薫, 齋藤芳隆, 村田功, 平沢尚彦, 高麗正史, 中篠恭一, 秋田大輔, 松尾卓摩, 藤原正智, 吉田理人	4. 巻 isas19-sbs-006
2. 論文標題 LODEWAVE (LOng-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム: 2019年度	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Baldwin Mark P., Birner Thomas, Brasseur Guy, Burrows John, Butchart Neal, Garcia Rolando, Geller Marvin, Gray Lesley, Hamilton Kevin, Harnik Nili, Hegglin Michaela I., Langematz Ulrike, Robock Alan, Sato Kaoru, Scaife Adam A.	4. 巻 59
2. 論文標題 100 Years of Progress in Understanding the Stratosphere and Mesosphere	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meteorological Monographs	6. 最初と最後の頁 27.1 ~ 27.62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/AMSMONOGRAPHIS-D-19-0003.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Sato Kaoru, Hirano Soichiro	4. 巻 19
2. 論文標題 The climatology of the Brewer-Dobson circulation and the contribution of gravity waves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 4517 ~ 4539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-4517-2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Shibuya Ryosuke, Sato Kaoru	4. 巻 19
2. 論文標題 A study of the dynamical characteristics of inertia-gravity waves in the Antarctic mesosphere combining the PANSY radar and a non-hydrostatic general circulation model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 3395 ~ 3415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-3395-2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kohma M., Sato K., Tomikawa Y., Nishimura K., Sato T.	4. 巻 124
2. 論文標題 Estimate of Turbulent Energy Dissipation Rate From the VHF Radar and Radiosonde Observations in the Antarctic	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 2976 ~ 2993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD029521	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Minamihara Y., Sato K., Tsutsumi M., Sato T.	4. 巻 123
2. 論文標題 Statistical Characteristics of Gravity Waves With Near-Inertial Frequencies in the Antarctic Troposphere and Lower Stratosphere Observed by the PANSY Radar	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 8993 ~ 9010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2017JD028128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shibuya Ryosuke, Sato Kaoru	4. 巻 19
2. 論文標題 A study of the dynamical characteristics of inertia?gravity waves in the Antarctic mesosphere combining the PANSY radar and a non-hydrostatic general circulation model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 3395 ~ 3415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-3395-2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 富川喜弘、佐藤薫、斎藤芳隆、村田功、平沢尚彦、高麗正史	4. 巻 0
2. 論文標題 南極における大気重力波のスーパープレッシャー気球観測の現況報告	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム: 平成30年度	6. 最初と最後の頁 SA6000128024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Tomikawa, Y., K. Sato, Y. Saito, I. Murata, N. Hirasawa, M. Kohma, K. Nakashino, D. Akita, T. Matsuo, M. Fujiwara, and L. Yoshida
2. 発表標題 LODEWAVE: LOng-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富川喜弘, 佐藤薫, 斎藤芳隆, 村田功, 平沢尚彦, 高麗正史, 中篠恭一, 秋田大輔, 松尾卓摩, 藤原正智, 吉田理人
2. 発表標題 LODEWAVE (LOng-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica)
3. 学会等名 2019年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤薫
2. 発表標題 第IX期南極重点研究観測サブテーマ1とICSOMの現状
3. 学会等名 2019年度PANSY研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥井晴香, 佐藤薫
2. 発表標題 成層圏突然昇温に伴う2重成層圏界面と高高度成層圏界面の形成
3. 学会等名 2019年度PANSY研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Sato and S. Hirano
2. 発表標題 The climatology of Brewer-Dobson circulation and the contribution of gravity waves
3. 学会等名 WCRP/SPARC SATIO-TCS joint workshop on Stratosphere-Troposphere Dynamical Coupling in the Tropics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤薫
2. 発表標題 大型レーダー国際協同観測による南北両半球大気結合の研究
3. 学会等名 第414回生存圏シンポジウム 第13回生存圏フォーラム特別講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Sato, M. Tsutsumi, T. Sato, T. Nakamura, A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, M. Kohma, and T. Hashimoto
2. 発表標題 Current status and future plan of the Program of the Antarctic Syowa MST/IS radar (PANSY)
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤薫
2. 発表標題 Brewer-Dobson循環のクライマトロジーと重力波の役割
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小新大, 佐藤薫, 渡辺真吾, 宮崎和幸
2. 発表標題 中層大気のデータ同化におけるフィルタリング
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥井晴香, 佐藤薫, 小新大, 渡邊真吾
2. 発表標題 高解像度大気大循環モデルを用いた冬季高緯度中層大気重力波の研究
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安井良輔, 佐藤薫, 三好勉信
2. 発表標題 赤道成層圏を介した南北半球間結合
3. 学会等名 第146回地球電磁気・地球惑星圏学会 総会および講演会 (2019年 SGEPPS 秋学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Sato
2. 発表標題 Interhemispheric Coupling Study by Observations and Modelling (ICSOM)
3. 学会等名 14th Layered Phenomena in the Mesopause Region (LPMR) Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高麗正史, 佐藤薫, 西村耕司, 堤雅基
2. 発表標題 南極大型大気レーダー (PANSY) で推定された南極上空の乱流エネルギー散逸率
3. 学会等名 第13回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Sato
2. 発表標題 Interhemispheric Coupling Study by Observations and Modelling (ICSOM)
3. 学会等名 16th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高麗正史, 佐藤薫, 西村耕司, 堤雅基
2. 発表標題 南極UTLS領域における乱流パラメータの極渦・総観規模擾乱への依存性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Haruka Okui, Masashi Kohma and Kaoru Sato
2. 発表標題 A study on sources of gravity waves that reach the summer stratosphere and mesosphere based on high-resolution radiosonde data
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥井晴香, 高麗正史, 佐藤薫
2. 発表標題 高解像度ラジオゾンデデータを用いた日本の夏における重力波発生源に関する研究
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Sato and S. Hirano
2. 発表標題 Contribution of Gravity-Wave Forcing to the Brewer-Dobson Circulation.
3. 学会等名 10th Workshop on Long-term Changes and Trends in the Atmosphere (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Minamihara, K. Sato, M. Tsutsumi, and T. Sato
2. 発表標題 A study of the intermittency of momentum fluxes associated with gravity waves in the Antarctic lower stratosphere and troposphere based on the PANSY radar observation..
3. 学会等名 EGU General Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomikawa, Y., K. Sato, Y. Saito, I. Murata, N. Hirasawa, and M. Kohma
2. 発表標題 Super-pressure balloon observation of gravity waves over the Antarctic
3. 学会等名 The Ninth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 斎藤芳隆、富川喜弘、佐藤薫、村田功、平沢尚彦、高麗正史
2. 発表標題 南極における大気重力波のスーパープレッシャー気球による観測
3. 学会等名 超小型衛星利用シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富川喜弘、佐藤薫、斎藤芳隆、村田功、平沢尚彦、高麗正史
2. 発表標題 南極における大気重力波のスーパープレッシャー気球観測の現況報告
3. 学会等名 平成30年度大気球シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富川喜弘、佐藤薫、斎藤芳隆、村田功、平沢尚彦、高麗正史
2. 発表標題 南極における大気重力波のスーパープレッシャー気球観測
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富川喜弘、佐藤薫、斎藤芳隆、村田功、平沢尚彦、高麗正史
2. 発表標題 南極における大気重力波のスーパープレッシャー気球観測
3. 学会等名 南極観測シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富川喜弘、佐藤薫、斎藤芳隆、村田功、平沢尚彦、高麗正史
2. 発表標題 南極におけるスーパープレッシャー気球観測の提案
3. 学会等名 極域における宙空圏観測・研究の将来構想に関する研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 南原優一、佐藤薫、堤雅基、佐藤亨
2. 発表標題 PANSYレーダーで観測された極域対流圏・下部成層圏における重力波の間欠性
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	村田 功 (Murata Isao) (00291245)	東北大学・環境科学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	富川 喜弘 (Tomikawa Yoshihiro) (20435499)	国立極地研究所・研究教育系・准教授 (62611)	
研究分担者	齋藤 芳隆 (Saito Yoshitaka) (50300702)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授 (82645)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------