

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2022

課題番号：19K23465

研究課題名(和文)南米南部・南極半島上空における大気重力波の発生源の解明

研究課題名(英文)Study for sources of gravity wave over the Southern Andes and the Antarctic Peninsula

研究代表者

木暮 優 (Kogure, Masaru)

九州大学・理学研究院・学術研究員

研究者番号：10846786

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：雲より上の大気から地球近傍宇宙空間の化学組成・循環・気温を数値モデル等で再現・予測する上で、大気重力波は重要な現象である。本研究は大気重力波の励起源・伝播過程を研究した。その結果、主に3つのことを明らかにした。(1)数値モデルで再現されていた2次波を世界で初めて観測に成功した。(2)風速の季節・突発的な変動によって、大気重力波の活動度も変化する。(3)理解が遅れている雲より上空に存在する大気重力波の励起源を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数値モデルを用いて地球大気の長期予報を行う上で、大気重力波は非常な現象と知られている。大気重力波をモデル内で再現するためには、波の伝播過程・励起源を知る必要がある。また、大気重力波は衛星通信が通過する地球近傍宇宙空間の環境にも影響を与えることが知られている。本研究で初めて観測された2次波は特に、近傍宇宙空間に多大な影響を与えていると数値モデルの結果より指摘されている。そのため、本研究が実際に2次波が現実大気中で励起していることを明らかにしたことは学術的に意義があることである。

研究成果の概要(英文)：An atmospheric gravity wave is one of the crucial phenomena to simulate/forecast chemical components, circulation, and temperature between the top of clouds and space near the Earth.

This study investigated gravity wave sources and propagation processes and found three results. (1) We successfully observed secondary gravity waves which are predicted by numerical models for the first time in the world. (2) Gravity wave activity is strongly influenced by seasonal/sporadic wind variations. (3) We revealed potential sources of gravity waves above clouds that are poorly understood.

研究分野：中層・超高層大気

キーワード：大気重力波

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大気重力波は雲より低い高度で励起し、雲より上の大気層へと伝播する。大気密度の減少に伴い、大気重力波の振幅は増大し、最終的には碎破しその場の大気循環を変えることが知られている。この大気重力波が中層・超高層大気の大気循環を変えるメカニズムは、40年前ほどに明らかになり、今日まで大気重力波の振る舞いを理解するために、観測・数値モデル研究が行われてきた。近年、上述したシナリオで大気重力波の役割が終わらないことが、数値モデル研究から示唆された。Vadas et al. [2019]によると、大気重力波は地球大気の上端部(成層圏・中間圏)で碎破する際に、2次波を励起させており、それらの2次波が更に上空の地球近傍宇宙空間(熱圏)へと伝播する。この碎破しては波が励起するメカニズム(Vertical multistep coupling mechanism)により、熱圏まで大気重力波が伝わっている可能性を指摘している。しかしながら、これまで2次波を直接捉えた研究はなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、2次波を衛星観測から直接捉えることである。また、大気重力波の伝播過程・励起源についても明らかにすることである。特に、成層圏・中間圏に存在する励起源を詳しく研究する。上層に存在する励起源は、これまで存在することはわかっているがその正体はよくわかっていない。2019年には、非常に珍しい南半球突然昇温(成層圏の気温が数日で上昇し、風速が弱まる現象)が発生したため、清掃権突然昇温時の大気重力波の伝播・励起を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

2次波の観測研究

2つの衛星観測(AIRS/Aqua, VIIRS DNB/Suomi Npp)を解析し、アンデス山脈上空の重力波の波長・空間的広がりを調査する。AIRS/Aquaは成層圏(高度~20-50 km)の重力波を、VIIRS DNB/Suomi Nppは、中間圏(高度~87 km)の重力波を捉えることが可能である。2つの衛星がとらえた重力波の発生源を特定するために、再解析データ(MERRA-2)を用いる。

大気重力波の伝播過程・励起源の研究

本研究では、南極大陸に設置してある2つのOH大気光イメージャーを用いて、大気重力波の伝播過程・励起源を研究する。OH大気光イメージャーは、高度約87 kmの大気重力波の振幅・位相速度を捉えることができる。

南半球突然昇温時の大気重力波の研究

2つの衛星観測(AIRS/Aqua, AIM/CIPS)及び最解析データ(GEOS-5 FP)を用いて、2019年南半球突然昇温発生時の大気重力波の振る舞いを解析する。

4. 研究成果

2次波の観測研究

アンデス山脈上空に、山岳波(山越え気流によって励起する大気重力波)及び2次波と考えられる重力波が、ほぼ同時刻で観測されているイベントを発見した。イベント期間前後では、地表付近で強風がアンデス山脈にぶつかっており、この強風が山岳波を励起したと考えられる。これらの山岳波は上方伝播に伴い振幅が増大し、高度50-70 kmの間で飽和・碎破することを数値シミュレーションより明らかにした。高度~87 kmで捉えられた2次波と考えられる大気重力波は、リング状の波面を持ち風下方向に広がって分布していた。これらは、Vadas and Becker [2019]が数値モデルで再現した2次波と同様の特徴である。このため、本研究は直接的に2次波を観測したと結論づけた。

大気重力波の伝播過程・励起源の研究

同一緯度にある2つの南極基地(Davisと昭和)に設置してあるOH大気光観測データを用いて、高度約87 kmの大気重力波の位相速度スペクトルと活動度を求めました。2地点における活動度は季節変動が類似しており、冬に最大となることが明らかになった。冬季における平均活動度は、2地点で有意な差はなかった。しかし、9月におけるDavisの波活動度は昭和と比べて3倍小さかった。このDavisの低い活動度は、全位相速度空間上の大気重力波の活動度の低下に起因していることを明らかにした。Davisでのこれらの低い波活動は、波のフィルタリング効果に起因することがわかった。つまり、Davisでは昭和より強い風が吹いており、大気重力波がフィルタリングされていた。また、成層圏・中間圏の波源を調査するために、Davisで南東方向の位相速度約100 m/sのGWが現れた1つのイベントを調査した。数値シミュレーションより、南東方

向の速い位相速度を持つこれらの大気重力波は、南極海上空の高度約 45 km より上で励起し、南極大陸沿岸まで伝播していることが示された。そのレイトレーシング経路上では 50 km で非線形平衡方程式の大きな残差(成層圏ジェット気流の蛇行)が見つかりました。”対流圏”ジェット気流から射出され、高度 45 km まで伝播している大気重力波も、南極海上空で見つかった。この波は 45 km から 50 km の間で飽和状態にであった可能性が理論計算より示唆された。したがって、Davis 上空に現れた大気重力波は成層圏ジェットから射出された波か、2 次波であったと考えられる。

南半球突然昇温時の大気重力波の研究

2019 年に発生した南半球成層圏突然昇温(数日で成層圏の気温が数 10 度上昇する現象)時の小規模スケールの大気振動(大気重力波)の変動を明らかにした。衛星観測及びモデル(再解析)データを用いて、成層圏突然昇温の発生後、南半球全域で大気重力波の活動が減少することを明らかにした。南半球成層圏は冬季に極夜ジェットと呼ばれる強風領域が存在し、極夜ジェットは大気重力波の主な励起源であることが知られている。突然昇温に伴い極夜ジェットが崩壊したため、大気重力波も励起されなくなること示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kogure Masaru, Liu Huixin	4. 巻 126
2. 論文標題 DW1 Tidal Enhancements in the Equatorial MLT During 2015 El Niño: The Relative Role of Tidal Heating and Propagation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Space Physics	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） 10.1029/2021JA029342	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 Kam Hosik, Song In Sun, Kim Jeong Han, Kim Yong Ha, Song Byeong Gwon, Nakamura Takuji, Tomikawa Yoshihiro, Kogure Masaru, Ejiri Mitsumu K., Perwitasari Septi, Tsutsumi Masaki, Kwak Young Sil	4. 巻 126
2. 論文標題 Mesospheric Short Period Gravity Waves in the Antarctic Peninsula Observed in All Sky Airglow Images and Their Possible Source Locations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	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） 10.1029/2021JD035842	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Perwitasari Septi, Nakamura Takuji, Tsugawa Takuya, Nishioka Michi, Tomikawa Yoshihiro, Ejiri Mitsumu K., Kogure Masaru, Otsuka Yuichi, Shinbori Atsuki, Jin Hidekatsu, Tao Chihiro	4. 巻 127
2. 論文標題 Propagation Direction Analyses of Medium Scale Traveling Ionospheric Disturbances Observed Over North America With GPS TEC Perturbation Maps by Three Dimensional Spectral Analysis Method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Space Physics	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） 10.1029/2020JA028791	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kogure Masaru, Yue Jia, Nakamura Takuji, Hoffmann Lars, Vadas Sharon L., Tomikawa Yoshihiro, Ejiri Mitsumu K., Janches Diego	4. 巻 47
2. 論文標題 First Direct Observational Evidence for Secondary Gravity Waves Generated by Mountain Waves Over the Andes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	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） 10.1029/2020GL088845	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kogure Masaru, Yue Jia, Liu Huixin	4. 巻 48
2. 論文標題 Gravity Wave Weakening During the 2019 Antarctic Stratospheric Sudden Warming	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	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) 10.1029/2021GL092537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Kogure, Masaru, Takuji Nakamura, Damian J. Murphy, Michael J. Taylor, Yucheng Zhao, Pierre-Dominique Paute, Masaki Tsutsumi, Yoshihiro Tomikawa, Mitsumu K. Ejiri, Takanori Nishiyama
2. 発表標題 Characteristics of gravity wave horizontal phase velocity spectra in the mesosphere over the Antarctic stations, Syowa and Davis.
3. 学会等名 the 12th symposium on polar science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kogure, Masaru, Jia Yue, Huixin Liu
2. 発表標題 Gravity Wave Weakening in the 2019 Antarctic Stratospheric Sudden Warming
3. 学会等名 the 12th symposium on polar science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木暮 優, Liu Huixin, 埜 千尋
2. 発表標題 Impacts of CO2 doubling on momentum balance in the thermosphere
3. 学会等名 150回地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 *木暮 優、Yue Jia、中村 卓司、Hoffmann Lars、Vadas Sharon、富川 喜弘、江尻 省、Janches Diego
2. 発表標題 Observation of secondary gravity waves over the Southern Andes during an intense mountain wave event.
3. 学会等名 JpGU-AGU joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaru Kogure, Jia Yue, Huixin Liu
2. 発表標題 Antarctic gravity wave variations during the 2019 stratospheric sudden warming in GEOS-5
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木暮 優、Yue Jia、Liu Huixin
2. 発表標題 The 2019 Antarctic Stratospheric Sudden Warming effect on Gravity Wave in the Middle Atmosphere
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木暮 優
2. 発表標題 Observation of secondary gravity waves over the Southern Andes during an intense mountain wave event.
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------