

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05301

研究課題名(和文)エルニーニョ気候変動に対する超高層大気の応答とそのメカニズムの解明

研究課題名(英文)Upper atmosphere response to El Nino climate change

研究代表者

Liu Huixin (Liu, Huixin)

九州大学・理学研究院・准教授

研究者番号：70589639

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：エルニーニョ南方振動(ENSO)とは、赤道太平洋の海面水温が数か月-数十か月にわたって上昇または下降する地球規模での自然現象である。ENSOは顕著な気候変動をもたらすだけでなく、400km以上の超高層大気へも影響を及ぼしていることを本研究で46年の衛星観測の分析からわかった。さらに、数値シミュレーションによってそのテレコネクションを果たすのは気候に左右される下層大気潮汐であることを明らかにした。エルニーニョにおける大気上下結合発見とその物理機構を解明することで、全球的な大気結合を理解するために重要な意味がある。(アメリカ地球物理学会と日本地球惑星科学連合大会でハイライト。

研究成果の概要(英文)：ENSO is a global phenomenon where the sea water in tropical pacific warms or cools in comparison to normal years. ENSO strongly affects not only climate and weather, but also the upper atmosphere above 400 km, as revealed by our analysis of 46 year's satellite observation data. Through numerical simulations using the GAIA model, the physical process underlying the vertical coupling process has been largely clarified. However, the role of Ozone in this coupling remains unclear and needs further investigation.

研究分野：Space science

キーワード：vertical coupling

1. 研究開始当初の背景

(1)エルニーニョ・南方振動(ENSO)とは、赤道太平洋の海面水温が数か月・数十か月にわたって上昇または下降する地球規模での自然現象である。太平洋赤道域東部の海水温が平年より上昇する場合は「El Nino」、下降する場合は「La Nina」とよばれる。ENSOがもたらす世界的な気象変化による影響は太平洋における漁業など、我々の経済活動にまで及ぶことが知られている。ENSO現象は大気潮汐波に影響することが Lieberman 他 (JGR 2007) と Warner 他 (JGR 2014) で示された。ENSOによる降雨変化が水蒸気の放射熱と潜熱を変化させ、潮汐(太陽同期成分 DW1 と非同期成分 DE3,DE2)の生成に寄与することが分かった。

2. 研究の目的

本研究では、ENSO由来の超高層大気全球変動を見だし、その物理過程を解明する。

3. 研究の方法

申請者は昨年成層圏突然昇温(SSW)に応答する熱圏降温現象を解明した。本研究ではさらに長い時間スケールのエルニーニョ(ENSO)現象の超高層大気への影響とそのメカニズムを解明する。そのために、以下の具体的な解析を行う。

(1)過去50年間の熱圏密度観測を解析し、ENSOによる熱圏変動と太陽活動依存性を見出す。

(2)過去50年間の電離圏Sq電流観測を用いてENSOによる電離圏変動を明らかにする。

(3)上述熱圏と電離圏変動を引き起こす物理過程を数値シミュレーションで解明する。

(4)ENSOによる成層圏突然昇温(SSW)の超高層大気への影響の変調を明らかにする。

以上の課題が解明されれば、気候変動における上下層大気結合の理解への道が開けるだろう。

4. 研究成果

エルニーニョ南方振動(ENSO)とは、赤道太平洋の海面水温が数か月・数十か月にわたって上昇または下降する地球規模での自然現象である。ENSOは顕著な気候変動をもたらすだけでなく、400km以上の超高層大気へも影響を及ぼしていることを本研究で46年の衛星観測の分析からわかった。さらに、数値シミュレーションによって、そのテレコ

ネクションを果たすのは気候に左右される下層大気潮汐であることを明らかにした。エルニーニョにおける大気上下結合発見とその物理機構を解明することで、全球的な大気結合を理解するために重要な意味がある。2016年に過去50年間にわたる5000機を超える衛星軌道解析から、熱圏密度4-6年周期変動成分を持つことを発見した。さらに、ENO気候変動や太陽活動と総合解析により、その変動成分ENSOによるものである可能性が極めて高いことを示した。その物理過程を定量的に検証する第一歩として、2017年に大気圏・電離圏結合全球モデルGAIAで21年間にわたるシミュレーションを行った。その結果、ENO期間中降雨パターンが変化することにより対流圏水蒸気全球分布が変化し、超高層大気まで伝搬する大気潮汐波を著しく変動させたことが明らかになり、対流圏と超高層大気と結合を理論的に裏書付けたその物理過程を定量的に検証する第一歩として、2017年に大気圏・電離圏結合全球モデルGAIAで21年間にわたるシミュレーションを行った。その結果、ENO期間中降雨パターンが変化することにより対流圏水蒸気全球分布が変化し、超高層大気まで伝搬する大気潮汐波を著しく変動させたことが明らかになり、対流圏と超高層大気と結合を理論的に裏書付けた(アメリカ地球物理学会と日本地球惑星科学連合大会でハイライト)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (査読有、計19件)

- ① [Huixin Liu](#), N. Pedatella, K. Hocke, Medium-scale gravity wave perturbations in the bottomside F region in tropical regions, *Geophys. Res. Lett.*, 44, 7099-7105, doi: 10.1002/2017GL073855, 2017.
- ② [Huixin Liu](#), J. Thayer, Y. Zhang, W. Lee, The non-storm time corrugated upper thermosphere: What's beyond MSIS, *Space Weather*, 15, 746-760, doi: 10.1002/2017SW001618, 2017.
- ③ [Huixin Liu](#), Y. Sun, [Y. Miyoshi](#), [H. Jin](#), ENSO effects on MLT diurnal tides: A 21 year reanalysis data-driven GAIA model simulation, *J. Geophys. Res.*, 122, 5539-5549, doi: 10.1002/2017JA024011, 2017.
- ④ Y. Yamazaki, [Huixin Liu](#), Y. Sun, Y. Miyoshi, M. Kosch, M. G. Mlyneczek, Quasi-biennial oscillation of the ionospheric wind dynamo, *J.*

- Geophys. Res.*, 122, 1-17, doi: 10.1002/2016JA023684, 2017.
- ⑤ L. Liu, **Huixin Liu**, H. Le, Y. Chen, Y. Sun, B. Ning, L. Hu, W. Wan, N. Li, J. Xiong, Mesospheric temperatures estimated from the meteor radar observations at Mohe, China, *J. Geophys. Res.*, 122, 2249-2259, doi: 10.1002/2016JA023776, 2017.
- ⑥ L. Liu, **Huixin Liu**, Y. Chen, H. Le, Y.-Y. Sun, B. Ning, L. Hu, and W. Wan, Variations of the meteor echo heights at Beijing and Mohe, China, *J. Geophys. Res.*, 122, 1117-1127, doi: 10.1002/2016JA023448, 2017.
- ⑦ Hamid, N. S. A., **Huixin Liu**, T. Uozumi, A. Yoshikawa, N. M. N., Peak time of equatorial electrojet from different longitude sectors during fall solar minimum, *J. of Physics*, 852, 1-6, doi:10.1088/1742-6596/852/1/012015, 2017.
- ⑧ **Liu, H.**, E. Doornbos, J. Nakashima, Thermospheric wind observed by GOCE: wind jets and seasonal variations, *J. Geophys. Res.*, 121, 1-13, doi:10.1002/2016JA022938, 2016.
- ⑨ **Liu, H.**, Thermospheric inter-annual variability and its potential connection to ENSO and stratospheric QBO, *Earth. Planets and Space Letter*, 68:77, 1-10, doi:10.1186/s40623-016-0455-8, 2016.
- ⑩ Guo, J., F. Wei, X. Feng, J. M. Forbes, Y. Wang, **Huixin Liu**, W. Wan, Z. Yang, C. Liu, Prolonged multiple excitation of large-scale traveling atmospheric disturbances (TADs) by successive and interacting coronal mass ejections, *J. Geophys. Res.*, 121, 2662-2668, doi:10.1002/2015JA022076, 2016.
- ⑪ Oyama, K.-I., M. Devi, K. Ryu, C. H. Chen, J. Y. Liu, **Huixin Liu**, L. Bankov, T. Kodama, Modifications of the ionosphere prior to large earthquakes: report from the ionosphere precursor study group, *Geosci. Lett.*, 2016, 3:6, 1-10, doi:10.1186/s40562-016-0038-3, 2016.
- ⑫ Guo, J., F. Wei, X. Feng, **Huixin Liu**, W. Wan, Z. Yang, J. Yao, and C. Liu, Alfvén waves as a solar-interplanetary driver of the thermospheric disturbances, *Scientific Reports*, 6:18895, 1-6, doi:10.1038/srep-18895, 2016.
- ⑬ Ryu, K., K. Oyama, L. Bankov, C. Chen, M. Devi, **Huixin Liu**, J. Liu, Precursory enhancement of EIA in the morning sector: contribution from Mid-latitude large earthquake in the north-east Asian region, *Adv. in Space. Res.*, 57, 268-280, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2015.08.030>, 2016.
- ⑭ Guo, J., J. Forbes, F. Wei, X. Feng, **Huixin Liu**, W. Wan, Z. Yang, and C. Liu, B. Amery, Y. Deng, Observations of a large-scale gravity wave propagating over an extremely large horizontal distance in the thermosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 6560-6565, doi:10.1002/2015GL065671, 2015.
- ⑮ Hamid, N. S. A., **Huixin Liu**, T. Uozumi, et al., Empirical model of equatorial electrojet based on ground-based magnetometer data during solar minimum in fall, *Earth. Planets and Space*, 67:205, doi:10.1186/s40623-015-0373-1, 2015.
- ⑯ Hamid, N. S. A., **Huixin Liu**, T. Uozumi, G. K. Gopir, H. A. Hadin, A. Yoshikawa, Longitudinal and Solar Activity Dependence of Equatorial Electrojet At Southeast Asian Sector, *IEEE Proc. of the 2015 IconSpace*, 262-266, 2015.
- ⑰ Chang, L., **Huixin Liu**, Y. Miyoshi, C. Chen, F. Chang, C. Lin, J. Liu, Y. Sun, Structure and origins of the Weddell Sea Anomaly from tidal and planetary wave signatures in FORMOSAT-3/COSMIC observations and GAIA GCM simulations, *J. Geophys. Res.*, 120, 1325-1340, doi:10.1002/2014JA020752, 2015.
- ⑱ Jusho M. H., F. Kasran, **Huixin Liu**, K. Yumoto, Possible correlation between exogenous parameters and seismicity, Proceedings of IEEE 7th international conference on recent advances in space technologies (RAST), 525-529, 2015.
- ⑲ Cardinal, M. G., A. Yoshikawa, H. Kawano, **Huixin Liu**, M. Watanabe, S. Abe, T. Uozumi, G. Maeda, T. Hada, K. Yumoto, Capacity building: A tool for advancing space weather science, *Space Weather Quarterly*, 12, doi:10.1002/2014SW001110, 16-20, 2015.
- [学会発表] (招待講演のみ記入、計6件)
- ① **Huixin Liu**, Thermosphere and ionosphere response to solar flares, **The**

- 18th EISCAT symposium**, Tokyo, May, 2017. (Invited)
- ② **Huixin Liu**, Thermosphere interannual variability: potential fingerprints of QBO and ENSO, **The 30th Atmosphere Symposium**, JAXA/Kanegawa, December, 2016. (Invited)
 - ③ **Huixin Liu**, Thermosphere interannual variability: implications for ENSO and QBO, **The International Whole Atmosphere Symposium**, Tokyo, September, 2016. (Invited)
 - ④ **Huixin Liu**, Thermosphere interannual variability: ENSO effects, **The Mesosphere-Thermosphere-ionosphere workshop**, Tokyo, August, 2016. (Invited)
 - ⑤ **Huixin Liu**, Thermosphere and Ionosphere response to solar flares, **VarSITI/ SCOSTEP symposium**, Varna/Bulgaria, June, 2016. (Invited)
 - ⑥ **Huixin Liu**, Thermosphere response to stratosphere sudden warming simulated by GAIA, **ISEA14**, Bahir Dar, Ethiopia, October, 2015. (Invited)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

フイシン リュウ (Huixin Liu)
九州大学・理学研究院・准教授
研究者番号 : 70589639

(2) 研究分担者

三好 勉信 (Miyoshi Yasunobu)
九州大学・理学研究院・准教授
研究者番号 : 20243884

藤原 均 (Fujiwara Hitoshi)
成蹊大学・理工学部・教授
研究者番号 : 50298741

(3) 連携研究者

陣 英克 (Jin Hidekatsu)
九州大学・理学研究院・准教授
研究者番号 : 60466240

品川 裕之 (Shinagawa Hiroyuki)
成蹊大学・理工学部・教授
研究者番号 : 00262915