

## 【申請者（研究代表者）】

- ◆所属機関 : China Medical University
- ◆部署名 : Center for General Education
- ◆役職名 : Professor
- ◆氏名 : Chen Jenn-Shyong
- ◆年齢 :
- ◆勤務先所在地 : 〒406040  
Taiwan Taichung No. 100, Sec. 1, Jingmao Rd., Beitun Dist.
- ◆電話番号 :
- ◆メールアドレス :

## 【申請内容】 :

- ◆研究種別 : MU/EAR-Campaign

◆研究題目（日本語） : Measurement of aspect sensitivity of field-aligned plasma irregularities using the radar imaging technique based on multireceiver and multifrequency observation

◆研究題目（英語） : Measurement of aspect sensitivity of field-aligned plasma irregularities using the radar imaging technique based on multireceiver and multifrequency observation

- ◆新規・継続 : 新規

- ◆研究目的(継続の場合は理由も記入のこと) (300~500字程度) :

For the field-aligned plasma irregularities (FAIs) in the ionosphere, the radar echoes are mostly strongest in the direction perpendicular to the geomagnetic field line, and drop off quickly as the off perpendicular angle increases. Such kind of echoing characteristic is the so called aspect sensitivity. Aspect sensitivity of FAIs can indicate the plasma characteristics, such as mobility, collision frequencies, nonlinear coupling and cascade of plasma disturbances, and so on. In the past, most studies of FAIs aspect sensitivity focused on the geomagnetic equator and aurora area, and were achieved from cross-correlation analysis of multireceiver echoes (e.g., Kudeki and Farley, 1989; Lu et al. 2008).

In this project, the major goal is to measure the aspect sensitivity of FAIs in the middle latitude with radar imaging technique based on multiple-receiver-frequency observation. 2D and 3D power density distribution (i.e., brightness distribution) will be retrieved. The brightness width along the geomagnetic field line can be estimated from the brightness distribution, which is closely related to the aspect sensitivity of FAIs. To this end, adaptive inversion process such as norm-constrained beamforming will be employed to obtain high-resolution and reliable brightness distribution. Comparison between the results and those estimated from cross-correlation analysis of multireceiver echoes will be made to validate the proposed measurement method. Finally, it is expected to examine the plasma characteristics of mobility, collision frequencies, nonlinear coupling and cascade of plasma disturbances on the basis of FAIs aspect angles.

- ◆現在までの成果と期待される成果(200~400字程度) :

1. Validate the effectiveness of norm-constrained beamforming in retrieving the 2D and 3D brightness distribution of FAIs radar echoes with multireceiver and multifrequency techniques.
2. Determine the aspect angles of FAIs according to the brightness distribution of radar imaging as well as the cross-correlation analysis of multireceiver echoes, respectively.
3. Use the retrieved aspect angles to examine the plasma characteristics of mobility, collision

frequencies, nonlinear coupling and cascade of plasma disturbances, and so on.

◆研究計画(300~500字程度) :

1. The experiment will be conducted using a combined mode of multireceiver and multifrequency implemented in the MU radar.
2. The whole array is used for transmission, and the radar beam is tilted to the geomagnetic north, which is about 51 deg zenith and 7deg to the east of the geographic north.
3. 5 carrier frequencies in sequential pulses (FDI mode): 46.250, 46.375, 46.500, 46.625, 46.750 MHz  
25 receiver groups for reception: ALLGROUP, A2, A3, A4, B2, B3, B4, C2, C3, C4, D2, D3, D4, E2, E3, E4, F2, F3, F4, F5, F3A2A3, F2F4A4B2, E4F5B4, E2D4C4C2, D3D2C3. The latter five receiver groups are given for measurement of aspect angle using cross-correlation analysis.
4. One night for E-region FAIs. If possible, one night for F-region FAIs. December could be a suitable period for detection of FAIs.

◆研究参加者

研究代表者			
Chen Jenn-Shyong	China Medical University	Center for General Education	Professor
所内担当教員			
橋口 浩之	京都大学	生存圏研究所	教授



## 【申請者（研究代表者）】

- ◆所属機関：東京大学
- ◆部署名：大学院理学系研究科
- ◆役職名：教授
- ◆氏名：佐藤 薫
- ◆年齢：
- ◆勤務先所在地：〒1130033  
東京都 文京区 本郷7-3-1  
理学部1号館
- ◆電話番号：
- ◆メールアドレス：

## 【申請内容】：

- ◆研究種別：MU/EAR-Campaign

◆研究題目（日本語）：国際大型大気レーダーネットワーク同時観測

◆研究題目（英語）：Simultaneous observation campaign with worldwide MST/IS radar network

◆新規・継続：継続

◆開始年：2015年度

- ◆研究目的(継続の場合は理由も記入のこと)(300~500字程度)：

南極大型大気レーダー (PANSY) のフルパワー観測開始によりこれまで大型レーダーの空白地帯であった南極域における観測拠点の設置が完了し、全地球的な大型大気レーダーネットワークが構築された。これにより、国際共同による対流圏・成層圏・中間圏の世界同時精密観測を実施し、また、全球高解像度モデルによる実大気シミュレーションを行って、赤道と極、両半球間等のグローバルな大気結合過程に関する研究を行う。南極昭和基地のPANSYレーダー、北極のMAARSY、北半球中緯度のMUレーダー、赤道大気レーダーを中心としたMST・STレーダーネットワークによる観測に加え、各国拠点におけるMFレーダー、流星レーダー、光学観測装置など相補観測も同時に行う。本国際協同研究は、SCOSTEP研究計画VarSITI (Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact)/ROSMIC (Role Of the Sun and the Middle atmosphere/thermosphere/ionosphere In Climate) のプロジェクトICSOM (Interhemispheric coupling study by observations and models, PI:Kaoru Sato)の一環として始まり、現在も継続されている。

- ◆現在までの成果と期待される成果(200~400字程度)：

近年北極SSWに連動して重力波の伝播が変化し、それによる東西風・温度の大規模構造が変わり、北極中間圏、北半球中緯度、赤道、南半球中緯度を経て、南極中間圏に影響がおよぶ、半球間結合の可能性が示唆されている。これまで低解像度モデルによる研究や断片的な観測データ解析が行われてきたが、この理論的予想を支持するものもそうでない結果も得られており、定性的な理解も進んでいない。本申請の観測研究により、2016年1~2月、2017年1~2月、2018年1~2月、2018年12月~2019年1月、2020年1月、2021年1月の6回にわたり国際共同観測が実施された。このうち、第1回、第2回は比較的小規模なSSWが、第3回、第4回、第6回は大規模なSSWが、第5回はSSWと逆の極性を持つ極渦強化現象が発生した。特に第4回、第6回については、突然昇温の時期が比較的早かったこともあり、MUレーダー、PANSYレーダー共に良好なデータが取得された。4期間の解析を行ったところ、重力波活動がSSWの影響を受けて全球で変動していると思われる場合とそうでない場合があり、その挙動は理論予想のように単純ではなく事例蓄積の重要性が明確となった。本研究では各観測地点の代表性を確認するための、全中層大気をカバーする大気大循環モデルを用いたデータ同化研究および(世界初となる)重力波再現実験研究や、変調を確実に捉えるための重力波クライマトロロジーの観測的研究も進めている。このように、複数のSSWイベントの全球高解像観測とデータ同化を含む高解像度モデルを連携させることで、SSWに関する全球応答に関する定性的、定量的理解が進むことが期待される。

◆研究計画(300~500字程度) :

ICSOMプロジェクトの一環として、北極成層圏突然昇温(SSW)についての全球結合に関する同時観測研究を行う。観測高度領域は、対流圏・成層圏・中間圏、観測ウィンドウは、統計的にSSW発生頻度の最も高い2022年1月15日~2月15日とする。SSWは約5日前には気候予測モデルによる予想が可能とされている。この予測に基づいて観測ウィンドウのうち10日間程度の観測スパンを決定し、各研究グループに通告する。SSWの発生によっては、観測はこのウィンドウより前後する可能性もある。各観測拠点からの各種観測データを研究代表者の下に収集し、全球高解像度モデルを用いたシミュレーションデータとともに、協力して解析を行う。SSWは3年に2回の割合で生じる現象であり、観測ウィンドウ内でSSWが起こらない可能性もあるが、対照的な極めて強い極渦の出現時の場合でも他年度に発生したSSWと比較可能なデータを得る意義があるため、共同観測を実施する。

◆継続の場合は発表論文等 :

Hirano, S., M. Kohma, and K. Sato (2021), Interannual Variability of Stratospheric Final Warming in the Southern Hemisphere and its Tropospheric Origin, *J. Clim.*, 34(15), 6115-6128, doi:10.1175/JCLI-D-20-0945.1

Kohma, M., K. Sato, K. Nishimura, and M. Tsutsumi (2021), Weakening of PMWE and Turbulent Energy Dissipation Rates after a Stratospheric Sudden Warming in the Southern Hemisphere in 2019, *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2021GL092705. doi:10.1029/2021GL092705

Kohma, M., K. Sato, K. Nishimura, M. Tsutsumi, and T. Sato (2020), A statistical analysis of the energy dissipation rate estimated from the PMWE spectral width in the Antarctic. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 125, e2020JD032745. doi:10.1029/2020JD032745

Minamihara, Y., K. Sato, and M. Tsutsumi (2020), Intermittency of Gravity Waves in the Antarctic troposphere and lower stratosphere revealed by the PANSY radar observation, *J. Geophys. Res. Atmos.* 125, e2020JD032543. doi:10.1029/2020JD032543.

Koshin, D., K. Sato, K. Miyazaki, and S. Watanabe (2020), An ensemble Kalman filter data assimilation system for the whole neutral atmosphere. *Geoscientific Model Development*, 13, 3145-3177. doi:10.5194/gmd-13-3145-2020

Nishimura, K., M. Kohma, K. Sato T. Sato (2020), Spectral Observation Theory and Beam De-Broadening Algorithm for Atmospheric Radar, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, doi:10.1109/TGRS.2020.2970200.

Matsushita, Y., D. Kado, M. Kohma, and K. Sato (2020), Relation between the interannual variability in the stratospheric Rossby wave forcing and zonal mean fields suggesting an interhemispheric link in the stratosphere, *Ann. Geophys.*, 38, 319-329. doi:10.5194/angeo-38-319-2020

Baldwin, M. P., T. Birner, G. Brasseur, J. Burrows, N. Butchart, R. Garcia, M. Geller, L. Gray, K. Hamilton, N. Harnik, M. I. Hegglin, U. Langematz, A. Robock, K. Sato, and A. Scaife (2019), 100 Years of Progress in Understanding the Stratosphere and Mesosphere. *Meteorological Monographs*, 59, 27.1-27.62. doi:10.1175/AMSMONOGRAPHIS-D-19-0003.1.

Kohma, M., and K. Sato (2019), A diagnostic equation for tendency of lapse-rate-tropopause heights and its application. *J. Atmos. Sci.*, 76, 3337-3350. doi:10.1175/JAS-D-19-0054.1.

Harada, Y., K. Sato, T. Kinoshita, R. Yasui, T. Hirooka, and H. Naoe (2019), Diagnostics of a WN2 - type major sudden stratospheric warming event in February 2018 using a new three - dimensional wave activity flux. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 124, <https://doi.org/10.1029/2018JD030162>.

Sato, K., and S. Hirano (2019), The climatology of Brewer-Dobson circulation and the contribution of gravity waves, *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 4517-4539, <https://doi.org/10.5194/acp-19-4517-2019>.

Shibuya, R., and K. Sato (2019), 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, *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 3395-3415, <https://doi.org/10.5194/acp-19-3395-2019>.

Kohma, M., K. Sato, Y. Tomikawa, K. Nishimura, and T. Sato (2019), Estimate of turbulent energy dissipation rate from the VHF radar and radiosonde observations in the Antarctic, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 124, 2976-2993. <https://doi.org/10.1029/2018JD029521>.

Minamihara, Y., K. Sato, M. Tsutsumi, and T. Sato (2018), Statistical characteristics of gravity waves with near-inertial frequencies in the Antarctic troposphere and lower stratosphere observed by the PANSY radar, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 123, 8993-9010. <https://doi.org/10.1029/2017JD028128>.

Yasui, R., K. Sato, and Y. Miyoshi (2018), The momentum budget in the stratosphere, mesosphere, and lower thermosphere Part 2: The in situ generation of gravity waves, *J. Atmos. Sci.*, 75, 3635-3651, <https://doi.org/10.1175/JAS-D-17-0337.1>.

Sato, K., R. Yasui, and Y. Miyoshi (2018), The momentum budget in the stratosphere, mesosphere, and lower thermosphere Part 1: Contribution of different wave types and in situ generation of Rossby waves, *J. Atmos. Sci.*, 75, 3613-3633, <https://doi.org/10.1175/JAS-D-17-0336.1>.

Williams, P. D., M. J. Alexander, E. A. Barnes, A. H. Butler, H. C. Davies, C. I. Garfinkel, Y. Kushnir, T. P. Lane, J. K. Lundquist, O. Martius, R. N. Maue, W. R. Peltier, K. Sato, A. A. Scaife, C. Zhan (2017), A Census of Atmospheric Variability from Seconds to Decades, *Geophys. Res. Lett.*, 44, 11,201-11,211. <https://doi.org/10.1002/2017GL075483>.

Thurairajaha, B., K. Sato, J. Yue, T. Nakamura, M. Kohma, S. M. Bailey, J. M. Russell III (2017), Simultaneous observation of gravity waves at PMC altitude from AIM/CIPS experiment and PANSY radar over Syowa (69° S, 39° E), *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* 164, 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2017.10.006>.

Tsutsumi, M., K. Sato, T. Sato, M. Kohma, T. Nakamura, K. Nishimura, and Y. Tomikawa (2017), Characteristics of mesosphere echoes over Antarctica obtained using PANSY and MF radars, *SOLA*, 13A, 19-23. <http://doi.org/10.2151/sola.13A-004>.

Shibuya R., K. Sato, M. Tsutsumi, T. Sato, Y. Tomikawa, K. Nishimura, and M. Kohma (2017), Quasi-12h inertia-gravity waves in the lower mesosphere observed by the PANSY radar at Syowa Station (39.6E, 69.0S), *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 6455-6476. doi:10.5194/acp-2016-813.

Hashimoto, T., K. Nishimura, M. Tsutsumi, K. Sato and T. Sato (2017), A user parameter-free diagonal-loading scheme for clutter rejection on radar wind profilers, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 34, 1139-1153. doi:10.1175/JTECH-D-16-0058.1.

Sato, K., M. Kohma, M. Tsutsumi, and T. Sato (2017), Frequency spectra and vertical profiles of wind fluctuations in the summer Antarctic mesosphere revealed by MST radar observations, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 3-19, doi:10.1002/2016JD025834.

Hirano, S., M. Kohma, and K. Sato (2016), A three-dimensional analysis on the role of atmospheric waves in the climatology and interannual variability of stratospheric final warming in the Southern Hemisphere, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, 8429-8443. doi:10.1002/2015JD024481.

Kinoshita, T., K. Sato, and T. Iwasaki (2016), A formulation of three dimensional wave activity flux describing wave propagation on the mass-weighted isentropic time mean equation, *SOLA*, 12, 198-202. doi:10.2151/sola.2016-040.

Minamihara, Y., K. Sato, M. Kohma, and M. Tsutsumi (2016), Characteristics of vertical wind fluctuations in the lower troposphere at Syowa Station in the Antarctic revealed by the PANSY radar, *SOLA*, 12, 116-120. <http://doi.org/10.2151/sola.2016-026>.

Yasui, R., K. Sato, and M. Tsutsumi (2016), Seasonal and interannual variation of mesospheric gravity waves based on MF radar observations over 15 years at Syowa Station in the Antarctic, *SOLA*, 12, 46-50. <http://doi.org/10.2151/sola.2016-010>.

◆研究参加者

研究代表者			
佐藤 薫	東京大学	大学院理学系研究科	教授
所内担当教員			
橋口 浩之	京都大学	生存圏研究所	教授

研究組織				
氏名	所属・職	E-mail アドレス	男・女	年齢
(研究代表者)				
佐藤 薫	東京大学大学院理学系研究科・教授			
(研究協力者)				
堤 雅基	情報・システム研究機構国立極地研究所研究教育系・教授			
佐藤 亨	京都大学国際高等教育院・副院長・特定教授			
中村卓司	情報・システム研究機構国立極地研究所研究教育系・所長・教授			
富川喜弘	情報・システム研究機構国立極地研究所研究教育系・准教授			
西村耕司	京都大学生存圏研究所・准教授			
高麗正史	東京大学大学院理学系研究科・助教			
橋本大志	情報・システム研究機構国立極地研究所研究教育系・助教			
津田敏隆	情報・システム研究機構・理事			
山本 衛	京都大学生存圏研究所・教授			
橋口浩之	京都大学生存圏研究所・教授			
研究分野: <input checked="" type="checkbox"/> A. 信楽対流圏・成層圏 <input checked="" type="checkbox"/> B. 信楽中間圏・電離圏 <input checked="" type="checkbox"/> C. 赤道対流圏・成層圏 <input checked="" type="checkbox"/> D. 赤道中間圏・電離圏 <input type="checkbox"/> E. その他				
<b>MULレーダー装置</b> 観測モード: <input checked="" type="checkbox"/> 対流圏・成層圏標準 <input checked="" type="checkbox"/> 中間圏標準 <input type="checkbox"/> 電離圏標準 <input type="checkbox"/> 電離圏E領域FAI <input type="checkbox"/> 電離圏F領域FAI <input type="checkbox"/> 干渉計 <input type="checkbox"/> 流星 <input type="checkbox"/> その他 希望時期: 月頃 標準観測以外の使用時間: 時間				
<b>赤道大気レーダー装置</b> 観測モード: <input checked="" type="checkbox"/> 対流圏・成層圏標準 <input type="checkbox"/> 電離圏E・F領域FAI標準 <input type="checkbox"/> 干渉計(FDI) <input type="checkbox"/> RASS <input type="checkbox"/> その他 希望時期: 月頃 標準観測以外の使用時間: 時間				
他の利用設備(下記以外の設備についても、希望があれば記入のこと) <input type="checkbox"/> 信楽アイオゾンデ <input type="checkbox"/> 地上気象観測器 <input type="checkbox"/> 雨量計 <input type="checkbox"/> 境界層レーダー <input type="checkbox"/> 流星レーダー <input type="checkbox"/> その他				
備考(使用時間の根拠、「その他」の場合の具体的な観測モード・利用設備など)  これまでの解析からSSWの全球的な影響は数日間続くイベント終了後7日程度続くことがわかってきた。また、SSW発生前数日もSSWIによる変化を捉えるため観測する必要がある。したがって、最低でも10日程度の連続観測が必要である。				
ラジオゾンデ利用者持込個数: 個				
来所計画(氏名、来所回数、日数など。旅費を希望する場合はその旨記入のこと)  なし				
研究費(本申請課題に関する研究費(申請中を含む)の名称・課題名、P.I.等を記入のこと)  観測については国立極地研究所内国内プロジェクト研究費、データ解析・モデル実験に関しては、CREST「大型大気レーダー国際共同観測データと高解像大気大循環モデルの融合による大気階層構造の解明」(PI: 佐藤薫)など。				