

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2012～2015

課題番号：24403008

研究課題名(和文)異なる地域の対流圏活動が起こす中間圏変動の地上と宇宙からの同時観測

研究課題名(英文) Coordinated observation of the mesospheric disturbances generated by the tropospheric activities using the coordinated observation from ground and the space

研究代表者

齊藤 昭則 (Saito, Akinori)

京都大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10311739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、地上大気光観測イメージャと国際宇宙ステーションからのISS-IMAPミッションとの同時観測を行う事により、異なる地域の対流圏活動が中間圏やさらにその上の熱圏に与える影響を観測的に解明する事を目的とした。また、地上観測と宇宙からの観測との同時観測により、宇宙からの観測データの校正をする事も目的とした。地上観測としては東北大学ハワイ・ハレアカラ観測所に大気光観測イメージャを設置しそのデータを主に利用した。本研究によって、中間圏における大気光波状構造の衛星と地上の同時観測に成功し、対流圏と超高層大気を結びつける役割を果たしている大気重力波の特性が明らかにされた。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to reveal the effect of the tropospheric activities on the Mesosphere and the Thermosphere using the coordinated observation of ground-based imagers and ISS-IMAP/VISI (International Space Station - Ionosphere, Mesosphere upper Atmosphere, and Plasmasphere/Visible-light and infrared spectrum imager) on the international space station. The calibration of ISS-IMAP/VISI by the comparison with simultaneous observation of the ground-based imager is another target of this study. An all-sky imager was installed on Hawaii Haleakala observatory of Tohoku University on March 2013, and the coordinated observation was carried out for about two and half years. The simultaneous observational data of the wave-like structures in the Mesosphere by the space-borne and the ground-based imaging was successfully obtained by this study. The characteristics of the atmospheric gravity waves that connect the Troposphere and the upper atmosphere were elucidated by this coordinated observation.

研究分野：超高層大気物理学

キーワード：電離圏 中間圏 大気光 国際宇宙ステーション イメージャー 大気重力波

1. 研究開始当初の背景

超高層大気の水平方向 2 次元の地上観測技術が急速に発展したため、これまでの観測技術では測定出来なかった 10km-100km の水平スケールを持つ現象と、その現象の果たす重要性が明らかになってきた。地上大気光 CCD カメラによる大気光の観測では、いずれの季節でも 20km 程度の波長を持つ縞状の構造が多く見られ、このような構造は中間圏から下部熱圏で大気重力波が作っている構造と考えられている。そして中間圏の大気重力波の性質を決めるには、その下層大気における発生機構と高度 80km 以上に達するまでの伝搬機構の両方が関わっており、それぞれが高い地域性を持つと考えられているが、その過程は、中間圏大気光の観測自体が少なく、地域的に限られているため解明されていない。中間圏高度の地上からの観測は、陸地かつ電気等の観測環境が整う必要があるという空間的制限と、天気と月齢などの時間的制限のために観測が非常に限定的であり、物理過程を議論する為の全体像が観測出来ないのが研究開始当初の状況であった。

このような地上観測では達成できない広範囲にわたる大気重力波の分布を解明するために宇宙空間からの観測を行う ISS-IMAP (IMAP: Ionosphere-Mesosphere-upper Atmosphere-Plasmasphere mapping) ミッションの観測が 2012 年から予定されていた。ISS-IMAP は国際宇宙ステーションからの超高層撮像観測であり、本研究代表者、研究分担者、連携研究者らが中心となって推進した観測である。ISS-IMAP ミッションのうち可視近赤外分光撮像装置 (VISI) は天底方向の観測で、酸素原子 (発光高度 250 km : 630 nm)、酸素分子大気バンド (発光高度 95km : 762 nm)、OH マイネールバンド (発光高度 87km : 730 nm) の 3 つの波長の大気光を撮像し、海の上も含めた広範囲の中間圏の大気光構造が測定する。この観測と地上観測との比較によって中間圏における大気重力波の全球分布が解明されると期待されていた。

2. 研究の目的

本研究は、この ISS-IMAP/VISI による大気光観測との同時観測を行う事を目的として、大気光イメージャを観測装置が十分でない地域に配置し大気重力波の観測を行った研究である。ISS-IMAP/VISI の観測と地上観測を比較することにより、中間圏大気光の地域性が明らかにし、併せてその同時観測により ISS-IMAP/VISI の宇宙からの観測データを地上観測データによって校正をする事も目的とした。

宇宙からの撮像観測である ISS-IMAP/VISI による観測は、従来の宇宙空間からの大気光観測が紫外線を用いていたことに対して、輝度の高い可視光を用いており、海上を含むこれまで観測されていない領域を、これまで観測されていない波長で撮像

観測する革新的な観測であった。

3. 研究の方法

新たに大気光イメージャを東北大学ハワイ・ハレアカラ観測所に設置して、国際宇宙ステーションに設置した ISS-IMAP/VISI による大気光観測との同時観測を行った。東北大学ハワイ・ハレアカラ観測所はハワイ大学天文学研究所 (IfA: Institute for Astronomy) の協力のもとに、東北大学惑星プラズマ・大気研究センターが設置・運用しているマウイ島ハレアカラ山頂 (海拔 3000m) に位置する観測所で、年間を通して晴天率とシーイング条件に優れ、世界でも有数の観測条件に恵まれている。設置及び撤収時、不具合の補修時以外は無人にて自動観測を行った。

ISS-IMAP は 2012 年 8 月に打ち上げられ、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」の船外プラットフォームに設置された。装置の動作確認の後、2012 年 10 月より定常観測が開始され、2015 年 8 月まで約 3 年間の観測が行われた。そして VISI による大気光観測も計画段階での想定通りの性能での観測が実施できた。基本的な観測モードでは、国際宇宙ステーションが夜側に入った時に観測を開始し、昼側に出る前で観測を終了し、その間の 3 つの波長、2 つの視野 (前視野・後視野) の大気光の強度を観測した。観測装置の調整や、国際宇宙ステーションの運用状況に応じて観測が停止される期間はあったが、それ以外の時間は継続して大気光の観測が行われた。多くの観測では中間圏の大気重力波の検出に適した高分解能モードの観測が行われたが、季節を考慮して中緯度 F 領域の観測に適した高感度モードでの観測も実施された。

当研究を推進した研究組織は 3 つのグループに分けられる。海外イメージャ観測グループは、京都大学・齊藤、東北大学・坂野井、京都大学・山本、名古屋大学・大塚からなる。イメージャ装置の開発は京都大学で行われ、東北大学ハワイ・ハレアカラ観測所での観測を東北大学と京都大学との共同で行った。ISS からの撮像観測グループは、ISS-IMAP/VISI の研究代表者である東北大学・坂野井と ISS-IMAP ミッション全体の研究代表者である京都大学・齊藤が共同で担当した。データ解析グループは、名古屋大学・大塚と連携研究者である国立極地研究所・江尻と九州大学・Liu が行った。

4. 研究成果

ISS-IMAP ミッション観測機器は 2012 年 8 月に国際宇宙ステーションに設置され、初期動作確認の後に 10 月から連続観測を開始し、2015 年 8 月まで観測を行った。ISS-IMAP/VISI は、前後にそれぞれ一つずつの視野を持つため、その 2 視野のデータを用いる事でステレ

才観測が可能である。地上大気光観測イメージャについては、冷却 CCD と光学フィルタレンズを用いた大気光観測用のイメージャを作成し、その感度校正を行った後、2013 年 3 月に東北大学ハワイ・ハレアカラ観測所に設置し大気光観測を開始し、2015 年度末まで観測を行った。よって地上と宇宙からの同時観測は 2013 年 3 月から 2015 年 8 月まで行われた。両者の同時観測で用いられた大気光の波長は VISI が 762nm と 630nm、地上イメージャが 557.7nm と 630.0nm である。762nm の酸素分子による大気光は、大気吸収により地上からは観測できないため、ほぼ同じ高度 (95km 付近) で発光している 557.7nm 大気光を用いた。

国際宇宙ステーションがハレアカラ観測所イメージャの視野内を飛翔し、ISS-IMAP と地上イメージャの視野が重なり、かつ月齢と天候が地上観測に適しているという条件を満たす同時観測の機会を選び出し、両者の比較を行なった。630nm 大気光の観測では両者で同じ波長の観測が出来るため装置感度の校正が行なわれた。同一領域の観測であるが、大気による吸収と視線方向の効果の評価が必要なため、多くの同時観測イベントを用いた統計的な解析によって装置の感度とバイアスの評価を行った。

中間圏における波状構造について、VISI によって観測された 762nm 大気光と地上イメージャによって観測された 557.7nm 大気光データを用いて比較した結果、地上から観測される大気光波状構造は ISS-IMAP で観測される太平洋上に広く存在する大規模な構造の一部である事が明らかになった。この観測結果については学会発表(4) (この発表については AOGS2014 Best Student Poster Competition が授与された)などで発表された。

対流圏活動が起こす中間圏の変動については、両者の観測の一致性の難しさから直接的なつながりを示す観測はなかったが VISI による観測ではその直接的な関係を示すイベントの観測に成功した。図 1 は VISI によって 2013 年 6 月 1 日 04:46UT 付近で観測された 762nm 大気光の(上段)前視野(下段)後視野の観測であり、両視野で同心円状の波状構造が観測されており、その両者の比較からこの構造は高度 95km で発生していることが明らかになった。この観測では同心円状の構造の中心が観測できていることより、この中心が中間圏における大気波動の発生源であることがわかる。図 2 に示したように、この位置を対流圏の雲頂温度と比較するとその中心で雲頂温度が低くなっており、局所的な活発な対流活動によって大気重力波が発生し、中間圏の同心円状構造を形成していることが明らかになった。このような例により、中間圏変動が対流圏活動によって作られていることが明らかになった。そして、そのような同

心円状構造の出現分布を解析した結果、予想に反して赤道域では低く、南半球中緯度域で発生頻度が高いことが明らかになった。このような地域特性の物理過程の解明は今後の課題である。

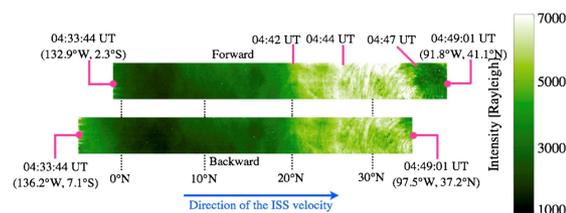


図 1: VISI によって観測された中間圏大気重力波 (上段) 前視野による 762nm 観測(下段)後視野による 762nm 観測 [Akiya et al., 2014]

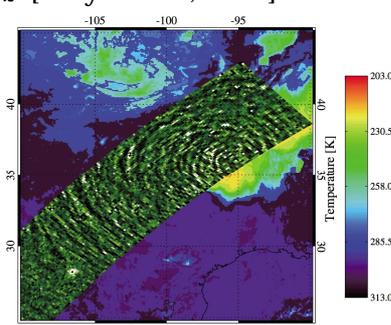


図 2: VISI によって観測された中間圏大気重力波と対流圏雲頂温度との比較 [Akiya et al., 2014]

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- (1) Akiya, Y., A. Saito, T. Sakanoi, Y. Hozumi, A. Yamazaki, Y. Otsuka, M. Nishioka, and T. Tsugawa, First space-borne observation of the entire concentric airglow structure caused by tropospheric disturbance, *Geophysical Research Letters*, doi: 10.1002/2014GL061403, 2014.
- (2) Perwitasari, S., T. Sakanoi, A. Yamazaki, Y. Otsuka, Y. Hozumi, Y. Akiya, A. Saito, K. Shiokawa, S. Kawamura, Coordinated airglow observations between IMAP/VISI and a ground-based all-sky imager on concentric gravity wave in the lower thermosphere, *J. Geophysical Research*, doi: 10.1002/2015JA021424, 2015.

〔学会発表〕(計 42 件)

国際学会

- (1) Saito, A., Y. Akiya, Y. Hozumi, A. Yamazaki, T. Abe, M. Suzuki, G. Murakami, T. Sakanoi, I. Yoshikawa, Y. Otsuka, H. Fujiwara, M. Taguchi, M. Yamamoto, T. Nakamura, M. Ejiri, M. Kikuchi,

- H. Kawano, H. Liu, M. Ishii, M. Kubota, T. Tsugawa, K. Hoshino, K. Sakanoi, and IMAP working group, Preliminary results of Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping mission on the international space station, CAWSES workshop, 名古屋大学, 2013/11/19
- (2) Saito, A., Yamazaki, A., Sakanoi, T., Yoshikawa, I., M. Yamamoto, T. Abe, M. Suzuki, Y. Otsuka, H. Fujiwara, M. Taguchi, T. Nakamura, M. K. Ejiri, H. Kawano; H. Liu, K. Sakanoi, M. Ishii, M. Kubota, T. Tsugawa, K. Hoshino, Preliminary results of the imaging observation of the MTI region by Ionosphere, Mesosphere, Upper Atmosphere, and Plasmasphere Mapping Mission on the International Space Station, AGU Fall Meeting, Moscone Center, San Francisco, 2013/12/13
- (3) Sakanoi, T., Saito, A., Otsuka, Y., Akiya, Y., Hozumi, Y., Yamazaki, A., Perwitasari, S., Daiki Sakamoto, Airglow and Auroral Distribution in the Lower- and Upper- Thermosphere Obtained with IMAP/VISI on ISS, AOGS 11th Annual Meeting, 札幌, 2014/7/28-8/1
- (4) Yukino, H., Saito, A., Otsuka, Y., Sakanoi, T., Analysis of the Airglow Structures Using the Simultaneous Observations by ISS-IMAP and All-sky Imagers, AOGS 11th Annual Meeting, 札幌, 2014/7/28-8/1
- (5) Saito, A., Yamazaki, A., Sakanoi, T., Yoshikawa, I., Otsuka, Y., Yamamoto, M., Nakamura, T., Akiya, Y., Hozumi, Y., Imaging Observation of the Earth's Upper Atmosphere by International Space Station Ionosphere, Mesosphere, Upper Atmosphere, and Plasmasphere Mapping Mission, AOGS 11th Annual Meeting, 札幌, 2014/7/28-8/1
- (6) Saito, A., Space-borne imaging observation of the terrestrial upper atmosphere by ISS-IMAP, The 40th COSPAR Scientific Assembly, Lomonosov Moscow State University, 2014/8/6 (招待講演)
- (7) Akiya, Y., Saito, A., Concentric structures observed in oxygen molecular airglow emission from the International Space Station, The 40th COSPAR Scientific Assembly, Lomonosov Moscow State University, 2014/8/3-8/6
- (8) Hozumi, H., Saito, A., Horizontal structures of Helium II radiation in the topside ionosphere observed from the International Space Station, The 40th COSPAR Scientific Assembly, Lomonosov Moscow State University, 2014/8/7-8/9
- (9) Yukino, H., Akinori Saito, Takeshi Sakanoi, Yuichi Otsuka, Simultaneous Observation of Wave Packet of the Atmospheric Gravity Waves by ISS-IMAP and All-sky Imager, AGU Fall Meeting, San Francisco, December, 2014/12/14-18.
- (1 0) Saito, A., Y. Akiya, T. Sakanoi, A. Yamazaki, I. Yoshikawa, Y. Otsuka, M. Yamamoto, Y. Hozumi, H. Yukino, IMAP working group, Space-borne imaging observation of the mesosphere, the thermosphere and the ionosphere by ISS-IMAP mission, The 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, 2015/6/22-7/2.
- (1 1) Hozumi, Y., A. Saito, T. Sakanoi, Y. Akiya, A. Yamazaki, Airglow structures of mesospheric mesoscale wave observed from the International Space Station, The 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, 2015/6/22-7/2.
- (1 2) Saito, A., T. Sakanoi, Y. Otsuka, T. Tsugawa, M. Nishioka, Chia-Hung Chen, and M. Yamamoto, Imaging observation of the low- and mid-latitude ionosphere from ground and space, 14th International Symposium on Equatorial Aeronomy, Bahir Dar, Ethiopia, 2015/10/19-23. (招待講演)
- 国内学会
- (1 3) 齊藤昭則, 国際宇宙ステーションからの地球超高層大気撮像観測 ISS-IMAP ミッションの初期成果, 宇宙科学シンポジウム, ISAS, 2013/01/09 (1/8 - 9)
- (1 4) 齊藤 昭則, 秋谷祐亮, 穂積裕太, 山崎 敦, 阿部 琢美, 鈴木 睦, 村上 豪, 坂野井 健, 吉川 一朗, 大塚 雄一, 藤原 均, 田口 真, 山本 衛, 中村 卓司, 江尻 省, 菊池 雅行, 河野 英昭, Huixin Liu, 石井 守, 久保田 実, 津川 卓也, 星野尾 一明, 坂野井和代, IMAP ワーキンググループ, 地球超高層大気撮像観測 ミッション ISS-IMAP の初期成果 [招待講演], 第 27 回大気圏シンポジウム, ISAS, 2013/2/28
- (1 5) 秋谷祐亮, 齊藤昭則, 坂野井健, 穂積裕太, 山崎敦, 大塚雄一, 国際宇宙ステーション搭載の可視近赤外

- 分光撮像装置による大気光観測データ解析, 第27回大気圏シンポジウム, ISAS, 2013/2/28
- (16) Perwitasari, S., T. Sakanoi, A. Yamazaki, Y. Otsuka, Y. Hozumi, Y. Akiya, A. Saito, Observation of the O2 (0-0) Atmospheric Band Nightglow by the IMAP/VISI: a Case Study, 第27回大気圏シンポジウム, ISAS, 2013/2/28
- (17) 齊藤 昭則, 山崎 敦, 坂野井 健, 吉川 一朗, Preliminary observational results of the Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping mission, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ, 2013/5/20
- (18) 坂野井 健, 山崎 敦, 齊藤 昭則, 穂積 裕太, 秋谷 祐亮, Perwitasari Septi, 大塚 雄一, Characteristics of airglow and aurora with a visible spectrometer ISS-IMAP/VISI, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ, 2013/5/20
- (19) 秋谷 祐亮, 齊藤 昭則, 坂野井 健, 穂積 裕太, 山崎 敦, 大塚 雄一, Calibration and analysis of IMAP/VISI observational data, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ, 2013/5/20
- (20) Perwitasari, S., Sakanoi, T., Yamazaki, A., Otsuka, Y., Hozumi, Y., Akiya, Y., Saito, A., Observation of the O2 (0-0) atmospheric band nightglow by the IMAP/VISI: a case study, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ, 2013/5/20
- (21) 坂野井健, 齊藤昭則, Perwitasari, S., 秋谷祐亮, 穂積裕太, 大塚雄一, 山崎敦, IMAP/VISI による大気光・オーロラ観測, 宇宙空間からの超高層大気撮像観測と地上観測, モデリングとの結合に関する研究集会, 情報通信研究機構 小金井本部, 2013/9/17
- (22) 秋谷祐亮, 齊藤昭則, 坂野井健, 穂積裕太, 山崎敦, 大塚雄一, 西岡未知, 津川卓也, 下層大気擾乱時における ISS 観測からの中間圏大気光伝搬速度の推定, 宇宙空間からの超高層大気撮像観測と地上観測, モデリングとの結合に関する研究集会, 情報通信研究機構 小金井本部, 2013/9/17
- (23) 大塚雄一, 佐藤大樹, 塩川和夫, 齊藤昭則, 秋谷祐亮, 穂積裕太, 坂野井健, IMAP/VISI で観測された赤道域 630nm 大気光変動, 宇宙空間からの超高層大気撮像観測と地上観測, モデリングとの結合に関する研究集会, 情報通信研究機構 小金井本部, 2013/9/18
- (24) 齊藤 昭則, 山崎 敦, 坂野井 健, 他, ISS-IMAP ミッションの現状と今後, 地球電磁気・地球惑星圏学会 第134回総会及び講演会, 高知大学, 2013/11/3
- (25) 幸野 淑子, 齊藤 昭則, 大塚 雄一, 他, ISS-IMAP とハワイ地上イメージャの同時観測による大気重力波の空間構造の解析, 地球電磁気・地球惑星圏学会 第134回総会及び講演会, 高知大学, 2013/11/3
- (26) Saito, A., Current status of the ISS-IMAP mission, Symposium on Planetary Science 2014, 東北大学, 2014/2/19. (招待講演)
- (27) 坂野井健, Perwitasari Septi, 坂本大樹, 齊藤昭則, 大塚雄一, 秋谷祐亮, 穂積裕太, 山崎敦, 鈴木臣, ISS 搭載 IMAP/VISI による下部・上部熱圏大気光ならびにオーロラ発光分布観測, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014/4/28
- (28) 幸野淑子, 齊藤昭則, 大塚雄一, 坂野井健, ISS-IMAP と地上イメージャとの同時観測による大気光構造の解析, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014/4/28
- (29) 齊藤昭則, 山崎敦, 坂野井健, 吉川一朗, 大塚雄一, 山本衛, 中村卓司, 秋谷祐亮, 穂積裕太, ISS-IMAP による撮像観測とレーダーと GPS による地上観測との同時観測, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014/4/28
- (30) 秋谷祐亮, 齊藤昭則, 坂野井健, 穂積裕太, 山崎敦, 大塚雄一, 西岡未知, 津川卓也, ISS-IMAP/VISI で観測された酸素分子大気光の同心円構造, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014/4/28
- (31) 齊藤昭則, Imaging Observation of the Earth's Upper Atmosphere by ISS-IMAP, 136 回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 松本, 2014/10/31-11/3.
- (32) 佐藤大仁・齊藤昭則・穂積裕太・秋谷祐亮, 国際宇宙ステーションからの撮像観測を用いた大気光不連続の三次元構造推定, 136 回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 松本, 2014/10/31-11/3.
- (33) 穂積裕太, 齊藤昭則, 坂野井健, 秋谷祐亮, 山崎敦, 宇宙ステーションからの撮影画像を用いた中間圏大気光メソスケールパッチ構造の研究, 136 回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 松本, 2014/10/31-11/3.
- (34) 齊藤昭則, 坂野井健, 吉川一朗, 山崎敦, IMAP ワーキンググループ, ISS-IMAP ミッションによって捉えられた超高層大気変動, 第28回大気圏シンポジウム, 相模原, 2014/12/9.
- (35) 齊藤 昭則, 宇宙空間からの電離

- 圏・熱圏・中間圏の観測、日本地球惑星科学連合 2014 年大会，幕張メッセ，2015/5/24-28.
- (36) 幸野 淑子，齊藤 昭則，坂野井 健，大塚 雄一、ISS-IMAP/VISI とハワイ地上イメージャの同時観測による中間圏・下部熱圏における大気重力波の解析，日本地球惑星科学連合 2014 年大会，幕張メッセ，2015/5/24-28.
- (37) 齊藤 昭則，秋谷 祐亮，穂積 裕太、国際宇宙ステーションからの撮像観測を用いた大気光輝度の不連続の三次元構造の推定，佐藤 大仁，日本地球惑星科学連合 2014 年大会，幕張メッセ，2015/5/24-28.
- (38) 大塚 雄一，山田 貴宣，坂野井 健，秋谷 祐亮，穂積 裕太，齊藤 昭則，山崎 敦、630-nm airglow imaging observations of plasma bubbles from the International Space Station, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会，幕張メッセ，2015/5/24-28.
- (39) Perwitasari, Septi., Takeshi SAKANOI, Yuichi OTSUKA, Atsushi YAMAZAKI, Yasunobu MIYOSHI, Yuta HOZUMI, Yusuke AKIYA, Akinori SAITO, Statistical Study of Concentric Gravity Wave in the Mesopause by using the IMAP/VISI Data, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会，幕張メッセ，2015/5/24-28.
- (40) 齊藤 昭則，坂野井 健，吉川 一郎，山崎 敦，大塚 雄一，山本 衛，秋谷 祐亮，穂積 裕太，幸野 淑子、超高層大気領域における ISS-IMAP による大気光と共鳴散乱光の観測，日本地球惑星科学連合 2014 年大会，幕張メッセ，2015/5/24-28.
- (41) Saito, A., 3-years Occurrence Variability of Concentric Gravity Waves in the Mesopause Observed by IMAP/VISI, Septi Perwitasari, Takeshi Sakanoi, Yuichi Otsuka, Atsushi Yamazaki, Yasunobu Miyoshi, Yuta Hozumi, 第 138 回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会，東京大学，2015/10/31-11/3.
- (42) 齊藤昭則，山崎敦，坂野井健，吉川一郎，山本衛，穂積裕太、宇宙からの超高層大気観測と大型大気レーダーの同時観測，第 138 回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会，東京大学，2015/10/31-11/3.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齊藤 昭則 (SAITO, Akinori)
 京都大学・大学院理学研究科・准教授
 研究者番号: 10311739

(2) 研究分担者

坂野井 健 (SAKANOI, Takeshi)
 東北大学・理学研究科・准教授
 研究者番号: 80271857
山本 衛 (YAMAMOTO, Mamoru)
 京都大学・生存圏研究所・教授
 研究者番号: 20210560
大塚 雄一 (OTSUKA, Yuichi)
 名古屋大学・太陽地球環境研究所・
 准教授
 研究者番号: 40314025

(3) 連携研究者

江尻 省 (EJIRI, Mitsumu)
 国立極地研究所・研究教育系・助教
 研究者番号: 80391077
Huixin Liu (LIU, Huixin)
 九州大学・理学研究院・准教授
 研究者番号: 70589639