

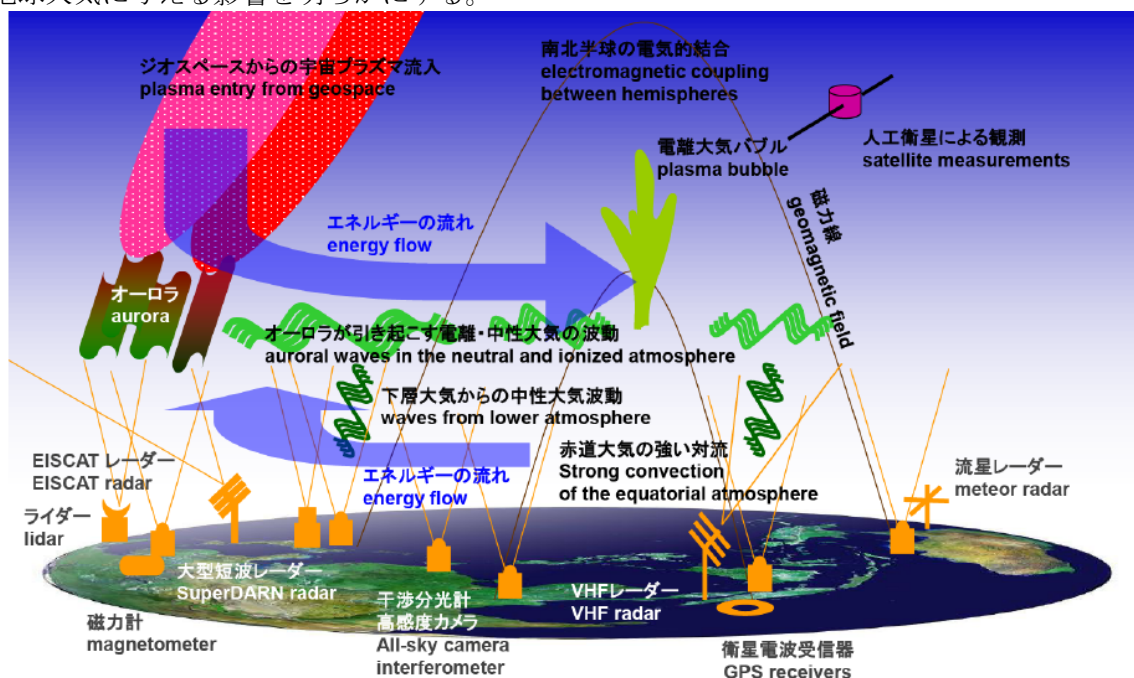
ジオスペース研究センター・プロジェクト2

グローバル地上・衛星観測に基づく宇宙プラズマ-電離大気-中性大気結合の研究

平成25年度報告書

プロジェクトメンバー：塩川和夫（プロジェクトリーダー）、野澤悟徳、大塚雄一、大山伸一郎、関華奈子、三好由純、家田章正、西谷望

太陽からやってくる宇宙プラズマと地球の電離大気・中性大気間の相互作用は、地球のまわりの身近な宇宙空間（ジオスペース）で発生する諸現象を作り出す。本プロジェクトでは、地上観測を有機的に結合させてネットワーク化し、人工衛星観測と組み合わせることにより、地球周辺の宇宙プラズマ-電離大気-中性大気間の結合過程とその間のエネルギー・物質のやりとりを研究する。また、長期モニタリングが可能な地上観測の特性を生かして、極大期・極小期を包括する長期的な観測を行い、太陽活動が地球大気に与える影響を明らかにする。



平成25年度の代表的な研究活動

1. カナダ・アラスカでのオーロラ・大気光の光学観測

平成カナダ・レズリュートベイ及びアサバスカに設置された全天カメラ、掃天分光フォトメータ、誘導型磁力計、VLF 波動の観測は継続的に行っている。これらのデータはホームページを開設して公開している。アドレスは、<http://stdb2.stelab.nagoya-u.ac.jp/omti/> 及び、<http://stdb2.stelab.nagoya-u.ac.jp/vlf/>である。また2014年1-3月に、アラスカでCMOSカメラによる8km離れた2地点での100Hzの高時間分解能のオーロラ観測とVLF波動のキャンペーン観測を、現地のロケット打ち上げ実験と協力しながら実施した。

2. ジオスペース探査プロジェクト ERG の推進

宇宙科学研究所が進めるジオスペース探査衛星プロジェクト ERGに参加し、本プロジェクトのメンバーはサイエンスマネージャ、連携地上観測 PI 等としてプロジェクトの推進に中心的な役割を果たしている。ERG衛星プロジェクトは2012年8月にプロジェクト化され、2015年度の打ち上げを目指して準備が進められている。

3. 北海道・陸別短波レーダーの観測

平成18年12月より定常観測を開始した北海道・陸別短波レーダーは、平成25年度も定常観測を継

続した。この観測から、イベント解析による中間圏エコーの発生特性、E層エコー中に現れるMSTIDに関連した現象の統計的特性を明らかにした。また、夜側の地磁気擾乱活動の結果、中緯度電離圏対流に現れる擾乱ダイナモ作用の統計的性質を明らかにした。さらに、計画が採択された北海道-陸別第二短波レーダーの建設準備を進めた。

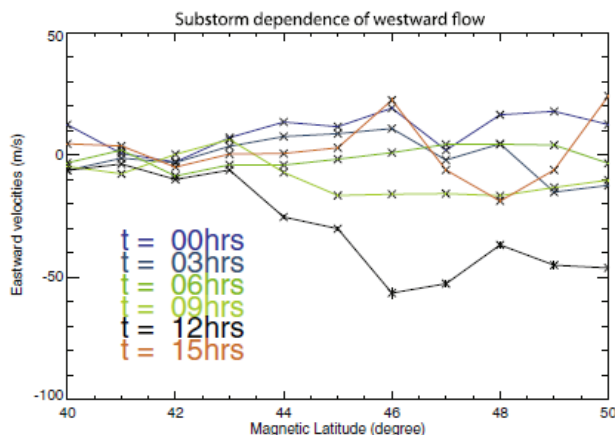


図1. 北海道-陸別短波レーダーにより観測した擾乱ダイナモ作用による電離圏対流変動の様子。

4. ナトリウムライダーによる極域下部熱圏・中間圏の観測

2013年10月から2014年3月まで、トロンソナトリウムライダーを用いて、5方向観測を実施した。高度約80 kmから約105 kmまでの高度領域で、大気温度の空間構造および風速の約700時間分のデータを取得した。受信機系用の光学ドームをガラス窓に変更したことにより、反射エコーのより鮮明な光像を取得できることが実現し、アイリスマスクを用いてバックグラウンドノイズのさらなる低減が達成された。現在6分の時間分解能で、風速、大気温度、ナトリウム密度の良質なデータ取得ができています。

2012年1月24-25日に取得されたEISCAT VHFレーダーとナトリウムライダーとの同時観測データをオーロラ粒子降下によるナトリウム密度変動に着目して解析した。そして、電場が弱い時には、オーロラ粒子降下による電子密度の増加に伴い、ナトリウム原子密度が減少していることを示した。この結果は、従来から議論されているオーロラ粒子降下に伴うナトリウム密度変動について、重要な観測結果を示したと言える。

5. CAWSES-II TG4の推進

本プロジェクトはICSU傘下の国際組織SCOSTEPが推進する国際プロジェクトCAWSES-II(太陽地球系の気候と天気、2009-2013)の協力をうたっている。特にこのCAWSES-IIの4つのタスクグループのうちのTG4「What is the geospace response to various inputs from the lower atmosphere?」は、本プロジェクトと密接な関係にある。本プロジェクトのメンバーはこのTG4の国際リーダーとしてTG4ニュースレターの発行(3回)、メーリングリストの整備、などを行ってきた。平成25年11月に名古屋大学で国際CAWSES-IIシンポジウムを主催し、320名の参加者(うち海外から140名)を集めて、5年間のCAWSES-II活動の総まとめを行った。引き続き、SCOSTEPは、2014年1月から新たな5カ年プログラムとしてVarSITI-Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact(太陽活動変動とその地球への影響)を開始した。本プロジェクトのメンバーはこのプログラムの国際co-chairとして、このプログラムを推進している。また、関連する国際ホームページ(<http://www.varsiti.org/>)、国内ホームページ(<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/varsiti/>)を立ち上げた。

6. トロンソでの光学観測

現在、フォトメータ、デジタルカメラ(2台)、冷却CCD全天カメラ(2台)、ファブリペロー干渉計の計6台の光学観測装置が自動運用されている。年間100時間程度実施される日本のEISCAT特別実験を始め、各国の特別実験や共同実験との同時観測を行った。2013年10-11月に実施された電離圏加熱実験ではロシアと英国の研究者に観測データを提供し、共同研究を進めている。

7. 人工衛星によるジオスペース探査

あけぼの衛星の長期観測データを用いた解析を行い、高速太陽風によって放射線帯の電子が増加するメカニズムについて、太陽風から内部磁気圏にいたる様々なデータの解析を行った。その結果、太陽風

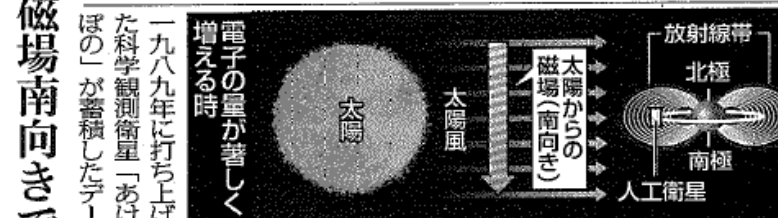
中の惑星間空間磁場および内部磁気圏におけるコーラス波動が本質的な役割を果たしていることが明らかになり、太陽風-放射線帯結合過程の新しいモデルを提案した。この成果は、新聞や雑誌等でも紹介され、広く注目を集めた。

オーロラ1週間先予測 宇宙天気予報精度向上

名大チームが解明

名古屋大太陽地球環境研究所の三好由純准教授らの研究チームは、太陽から南向きの磁場を含んだ「太陽風」が放出されると、地球を回る衛星の軌道周辺の電子の量が増えることを突き止めた。電子の量が増える時期を予測することで、衛星の安全な運用に必要な「宇宙天気予報」の精度が高まり、オーロラが発生しやすい時期も一週間先まで見通せるようになるという。

研究論文は米学会誌「ジオフィジカル・リサーチ・レターズ(電子版)」に掲載される。国際宇宙ステーションや放送衛星、「ひまわり」などの気象衛星の軌道は、高度四百〜三万六千キロの「放射線帯」と呼ばれる電子が飛び交う領域にある。高いエネルギーを帯びた電子が増えると、衛星の機器やテレビ放送などに支障が出やすくなる。放射線帯の電子の量は、太陽のコロナホールなどから放出される超高速のプラズマ「太陽風」との関係が指摘されていた。



電子の量が著しく増える時
一九八九年に打ち上げた科学観測衛星「あけぼの」が蓄積したデータを活用して、太陽風と磁場、電波、電子量との関係を分析した。その結果、電子の量が著しく増えるのは、太陽風の中の磁場が南向きの時だと判明。電子の量が増える時期には、オーロラが発生しやすくなっていた。また電子の量は、コーラス波動と呼ばれる電波の強度と関係あることも分かった。三好准教授は「コーラス波動によって電子のエネルギーが高まる詳しいメカニズムは、二〇一五年度に打ち上げられる探査衛星で解明したい」と話している。

「太陽風」磁場南向きで電子量増

図2. あけぼの衛星の研究成果に関する中日新聞での発表

関連する査読付き論文 (2013年1月以降)

Suzuki, S., K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Kawamura, and Y. Murayama, Evidence of gravity wave ducting in the mesopause region from airglow network observations, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 601-605, doi:10.1029/2012GL054605, 2013.

Otsuka, Y., K. Suzuki, S. Nakagawa, M. Nishioka, K. Shiokawa, and T. Tsugawa, GPS Observations of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances over Europe, *Ann. Geophys.*, 31, 163-172, 2013.

Shiokawa, K., Y. Miyoshi, P. C. Brandt, D. S. Evans, H. U. Frey, J. Goldstein, and K. Yumoto, Ground and satellite observations of low-latitude red auroras at the initial phase of magnetic storms, *J. Geophys. Res.*, 118, doi:10.1029/2012JA018001, 2013.

Shiokawa, K., M. Mori, Y. Otsuka, S. Oyama, S. Nozawa, S. Suzuki, and M. Connors, Observation of nighttime medium-scale travelling ionospheric disturbances by two 630-nm airglow imagers

- near the auroral zone, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 103, 184-194, 2013.
- Lee, S., K. Shiokawa, J. P. McFadden, and K. Seki, Geomagnetic conjugate observations of plasmashet electrons by the FAST and THEMIS satellites, *J. Geophys. Res.: Space Physics*, 118, 132-145, doi:10.1029/2012JA017805, 2013.
- Nishioka, M., T. Maruyama, Y. Otsuka, T. Tsugawa, H. Ishibashi, K. Shiokawa, and M. Ishii, Comparison of meridional thermospheric winds observed by ionosondes and Fabry-Perot interferometers (in Japanese), *Antarctic Record*, in press, 2013.
- Takahashi, H., K. Shiokawa, F. Egito, Y. Murayama, S. Kawamura, C. M. Wrasse, Planetary wave induced wind and airglow oscillations in the middle latitude MLT region, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 98, 97-104, 2013.
- Lynn, K. J. W., K. Shiokawa, Y. Otsuka and P. Wilkinson, Optical and ionosonde observations of electron density depletions over Darwin, *Asian J. Phys.*, in press, 2013.
- Lynn, K. J. W., Y. Otsuka, K. Shiokawa, Ionogram-based range-time displays for observing relationships between ionosonde satellite traces, spread F and drifting optical plasma depletions, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 98, 105-112, doi:10.1016/j.jastp.2013.03.020, 2013.
- Nishimura, Y., L. R. Lyons, K. Shiokawa, V. Angelopoulos, E. F. Donovan, and S. B. Mende, Substorm onset and expansion phase intensification precursors seen in polar cap patches and arcs, *J. Geophys. Res.*, 118, doi:10.1029/2012JA018581, 2013.
- Otsuka, Y., N. Mizutani, K. Shiokawa, A. Patra, T. Yokoyama, and M. Yamamoto, Drift Velocities of 150-km Field-Aligned Irregularities Observed by the Equatorial Atmosphere Radar, *Antarctic Record*, in press, 2013.
- Kataoka R., Y. Miyoshi, K. Shigematsu, D. Hampton, Y. Mori, T. Kubo, A. Yamashita, M. Tanaka, T. Takahei, T. Nakai, H. Miyahara, and K. Shiokawa, Stereoscopic determination of all-sky altitude map of aurora using two ground-based Nikon DSLR cameras, *Ann. Geophys.*, 31, 1543-1548, doi:10.5194/angeo-31-1543-2013, 2013.
- Suzuki, S., S. L. Vadas, K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Kawamura, and Y. Murayama, Typhoon-induced concentric airglow structures in the mesopause region, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5983-5987, doi:10.1002/2013GL058087, 2013.
- Ogawa, T., N. Nishitani, S. Kawamura, and Y. Murayama, Mesosphere summer echoes observed with the SuperDARN Hokkaido HF radar at Rikubetsu, Japan (43.5N), *Earth Planets Space*, 65, 1593-1597, 2013.
- Tsuda, T., S. Nozawa, T. D. Kawahara, T. Kawabata, N. Saito, S. Wada, Y. Ogawa, S. Oyama, C. M. Hall, M. Tsutsumi, M. K. Ejiri, S. Suzuki, T. Takahashi, T. Nakamura, Decrease in sodium density observed during auroral particle precipitation over Tromsø, Norway, *GRL*, 40, DOI: 10.1002/grl.50897, 2013.
- Watanabe, D., and N. Nishitani, Study of ionospheric disturbances during solar flare events with the SuperDARN Hokkaido Radar, *Adv. Polar Sci.*, 24, 12-18, 2013.
- Hori, T., N. Nishitani, Y. Miyoshi, Y. Miyashita, K. Seki, T. Segawa, K. Hosokawa, A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, N. Sato, M. Kunitake, and T. Nagatsuma, An integrated analysis platform merging the SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC), *Adv. Polar Sci.*, 24, doi: 10.3724/SP.J.1085.2013.000692013, 69-77, 2013.
- Ichihara, A., N. Nishitani, T. Ogawa, and T. Tsugawa, Northward-propagating nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances observed with the SuperDARN Hokkaido HF radar and GEONET, *Adv. Polar Sci.*, 24, 42-49, 2013.
- Oyama, S., T. Watanabe, R. Fujii, S. Nozawa, and T. T. Tsuda, Estimation of the layered ionospheric conductance using data from a multi-wavelength photometer at the European Incoherent Scatter (EISCAT) radar site, *Antarctic Record*, 57(3), 339-356, 2013.
- Matuura, N., T. T. Tsuda, and S. Nozawa, Field-aligned current loop model on formation of sporadic metal layer, *J. Geophys. Res.*, 118, 4628-4639, doi:10.1002/jgra.50414, 2013.
- Yoshikawa, A., O. Amm, H. Vanhamaki, and R. Fujii, Illustration of cowling channel coupling to the shear Alfvén wave, *J. Geophys. Res.*, 118, 6405-6425, doi:10.1002/jgra.50513, 2013.
- Yoshikawa, A., O. Amm, H. Vanhamaki, A. Nakamizo, and R. Fujii, Theory of cowling channel formation by reflection of shear Alfvén waves from the auroral ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 118, 6416-6425, doi:10.1002/jgra.50514, 2013.
- Hori, T., N. Nishitani, Y. Miyoshi, Y. Miyashita, K. Seki, T. Segawa, K. Hosokawa, A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, N. Sato, M. Kunitake, and T. Nagatsuma, An integrated analysis platform merging the SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC), *Adv. Polar Sci.*, 24, 1, 69-77, doi:10.3724/SP.J.1085.2013.00069, 2013.

- Ishikawa, K., Y. Ezoe, Y. Miyoshi, N. Terada, K. Mitsuda, and T. Ohashi, Suzaku observation of strong solar wind charge exchange emission from terrestrial exosphere during geomagnetic storm, *Pub. Astro. Soc. Japan*, 65, 3, 2013.
- Miyoshi, Y., R. Kataoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, T. Nagai, and M. Thomsen, High-speed solar wind with southward interplanetary magnetic field causes relativistic electron flux enhancement of the outer radiation belt via enhanced condition of whistler waves, *Geophys. Res. Lett.*, 40, doi:10.1002/grl.50916, 2013.
- Sakaguchi, K., Y. Kasahara, M. Shoji, Y. Omura, Y. Miyoshi, T. Nagatsuma, A. Kumamoto, and A. Matsuoka, Akebono observations of EMIC waves in the slot region of the radiation belts, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 1-5, doi:10.1002/2013GL058258, 2013.
- Tanaka, Y., A. Shibori, T. Hori, Y. Koyama, S. Abe, N. Umemura, Y. Sato, M. Yagi, S. Ueno, A. Yatagai, Y. Ogawa, and Y. Miyoshi, Analysis software for upper atmospheric data developed by the IUGONET project and its application to polar science, *Adv. Polar Sci.*, 24, 231-240, doi:10.3724/SP.J.1085.2013.00231, 2013.
- Zou, Y., and N. Nishitani, Study of mid-latitude ionospheric convection during quiet and disturbed periods using the SuperDARN Hokkaido radar. *J. Adv. Space Res.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2014.01.011>, 2014.
- Koustov, A.V., K. N. Yakymenko, N. Nishitani, and P. V. Ponomarenko, Hokkaido HF radar signatures of periodically reoccurring nighttime MSTIDs detected at short ranges, *J. Geophys. Res.*, in press, 2014.
- Hosokawa, K., S. Taguchi, K. Shiokawa, Y. Otsuka, Y. Ogawa, and M. Nicolls, Global imaging of polar cap patches with dual airglow imagers, *Geophys. Res. Lett.*, 41, doi:10.1002/2013GL058748, 2014.
- Takahashi, H., S. Costa, Y. Otsuka, K. Shiokawa, J. F. G. Monico, E. Paula, P. Nogueira, C. M. Denardini, F. Becker-Guedes, C. M. Wrasse, A. S. Ivo, V. C. F. Gomes, W. Gargarella Jr., N. Sant'Anna, and R. Gatto, Diagnostics of equatorial and low latitude ionosphere by TEC mapping over Brazil, *Adv. Space Res.*, 10.1016/j.asr.2014.01.032, 2014.
- Wanliss, J. A., K. Shiokawa, and K. Yumoto, Latitudinal variation of stochastic properties of the geomagnetic field, *Nonlin. Processes Geophys.*, 21, 1-10, doi:10.5194/npg-21-1-2014, 2014.
- Nozawa, S., T. D. Kawahara, N. Saito, C. M. Hall, T. T. Tsuda, T. Kawabata, S. Wada, A. Brekke, T. Takahashi, H. Fujiwara, Y. Ogawa, and R. Fujii, Variations of the neutral temperature and sodium density between 80 and 107 km above Tromso during the winter of 2010-2011 by a new solid state sodium LIDAR, *J. Geophys. Res.*, 119, doi:10.1002/2013JA019520, 2014.

関連する受賞

文部科学大臣表彰若手科学者賞：三好由純（2013年4月）