

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2013～2015

課題番号：25302005

研究課題名(和文) 東南アジアの雷放電がD/E領域電離圏に及ぼす影響の観測的研究

研究課題名(英文) Observational investigation for effects of the lightning discharges in South-east Asia on the D/E-region ionosphere

研究代表者

大矢 浩代 (Ohya, Hiroyo)

千葉大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：00241943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：雷が下部電離圏へ及ぼす影響について明らかにすることを目的として、平成25-27年度の3年間で、フィリピンおよびベトナムに、VLF帯電磁波観測システムを設置し、これで東南アジア5地点に観測ネットワークを構築することができた。日本海の冬季雷をターゲットとして解析した結果、(1)EMPの強さが高度90km付近で絶縁破壊電場を超える場合、下部電離圏の電離度は上昇し、EMPが強いほど離れた場所にまで電離が及ぶこと、(2)電離度の上昇領域の周りでは、電離度は逆に低下しており、これはEMPが絶縁破壊電場を超えない場合は電離より電子の吸着反応が卓越するためであると考えられること、が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：During 2013-2015 physical years, we could install new VLF observation system in Philippines and Vietnam to reveal the effects of lightning discharges on the lower ionosphere. All the five observation stations of Asia VLF Observation Network (AVON) were completed. By analyzing the AVON data, the following results were obtained.

(1) The phase change strongly depends in both strength of EMP and distance of causative lightning from the 1-hop point, if the strength of the EMP exceeds the breakdown electric field at 90 km altitude. (2) Outside of these distances, the phase decreases (which correspond to the ionization decrease) was found. Intensity of EMP decreases as distance from a causative lightning. When the electric field strength becomes lower than the breakdown threshold, electron attachment rate dominates ionization rate, causing decrease in ionization. This suggests that EMP does not affect ionization state in the lower ionosphere just above lightning.

研究分野：電離圏

キーワード：雷放電 EMP 下部電離圏 VLF/LF帯電磁波

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初まで衛星・地上観測から対流圏高度で生じる雷放電活動が電離圏に影響を及ぼす事が分かってきたが、電離圏への影響が継続している時間には数秒から数10分と2-3桁の幅があり、この違いを生み出している原因や、雷放電の規模や特徴との関係は未解明である。また数値計算によって、電離圏電子密度の変化が雷から発生する電磁パルス(EMP)の強さ、放電の方向(対地放電/雲間放電)、単位時間当たりの発生数に大きく依存する事が予測されるようになり(Marshall et al., 2010)、弱いEMPでは電子密度が減少する可能性がある事(Marshall et al., 2010)や、連続発生する雷により高度90kmの電子密度が数時間に渡り1桁以上増加する可能性(Rodger et al., 2001)が指摘されていた。しかし、こうした理論的予測と、下部電離圏および雷の統合的観測を比較することはなされていなかった。さらに、落雷の発生頻度は全球様ではなく、また放電特性も地域性を持つことが分かっているが、東南アジアでの研究は例がなく、重要な課題として残されていた。

2. 研究の目的

本研究課題の申請時における当初の研究目的は、世界有数の雷多発地帯である東南アジア域に、本研究グループが世界に先駆けて展開するVLF(3-30 kHz)-LF(30-300 kHz)帯電磁波の多点観測網「アジアVLF観測ネットワーク(Asia VLF Observation Network: AVON)」を用いて、雷放電が発生したときのD/E領域電離圏の反射高度(電子密度)変動を調べ、雷放電に伴い発生する電磁パルス(EMP)等が下部電離圏電子密度に及ぼす影響を初めて実証的かつ定量的に明らかにすることである。

3. 研究の方法

雷放電がD/E領域電離圏に及ぼす影響を定量的に明らかにするために、アジアVLF帯電磁波観測ネットワーク(Asia VLF Observation Network: AVON)システムの観測点増設、およびtweek空電とVLF/LF帯標準電波を用いた総合的な下部電離圏のデータ解析を行った。これまで台湾、タイ、インドネシアに観測機器を設置しており、本研究課題でフィリピンおよびベトナムに新規に観測機器を設置した。観測地点を5地点に拡大することで、東南アジア域の下部電離圏反射高度の水平分布および落雷検出率を向上させる事ができた。Tweek反射高度や標準電波の位相は、下部電離圏電子密度変動に対応しており、これらの解析を行った。

4. 研究成果

平成25-27年度の3年間で、ロスバニョス(フィリピン)およびハノイ(ベトナム)に、VLF帯電磁波観測システムを設置でき、これで東南アジア5地点に観測ネットワークを構築することができた。以下のことを明らかに

した。

(1) 日本海の冬季雷をターゲットとして、強いEMPが下部電離圏に及ぼす影響について調べた。その結果、(1)early eventが準静電場ではなくEMPの影響で発生していること(図1)、(2)EMPの強さが高度90km付近で絶縁破壊電場を超える場合、下部電離圏の電離度は上昇し、EMPが強いほど標準電波の伝搬パスから離れた場所にまで電離が及ぶこと、(3)電離度の上昇領域の周りでは、電離度は逆に低下しており(図2)、これは、EMPが絶縁破壊電場を超えない場合は電離より電子の吸着反応が卓越するためであると考えられること、が明らかとなった。

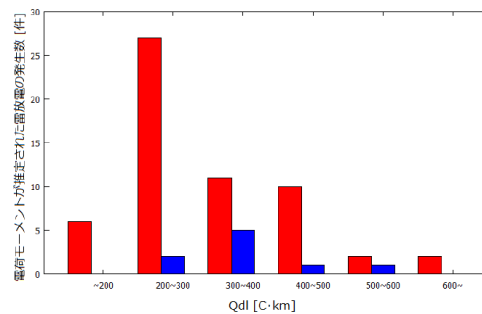


図1 電荷モーメントヒストグラム(赤が正極性落雷, 青が負極性落雷)

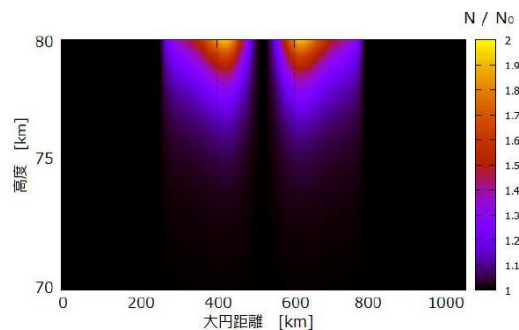


図2 伝搬経路の midpoint で 100 V/m の雷放電が発生したときの電子密度変化量。

(2) VLF帯電磁波データから、これまでは夜間しか観測されなかったと思われていたtweek空電という雷から放射される地球電離圏導波管内を長距離伝搬するVLF/ELF帯電磁波が、昼間にも観測されていたことが新たに発見された。電子中性粒子衝突周波数を考慮し厳密解を計算したところ、これまで考えられていたtweek減衰率よりかなり低いことが分かり、昼間でも発生(受信)可能であることを示した。この成果は、下部電離圏の電子密度や導電率を理解する上で役立つ成果である。

(3) これまで40 kHz以下の水平磁場2成分および垂直電場1成分の観測は1分間に20sが限界であったが、連続取得できるソフトウェアを開発した。また落雷位置推定アルゴリズムを開発し、同アルゴリズムを用いた雷信号自動検出ソフトウェアを開発できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

Ohya, H., K. Shiokawa, and Y. Miyoshi, Daytime tweek atmospherics, Journal of Geophysical Research, 査読有, Vol. 120, 2015, doi:10.1002/2014JA020375.

Miyoshi, Y., S. Oyama, S. Saito, S. Kurita, H. Fujiwara, R. Kataoka, Y. Ebihara, C. Kletzing, G. Reeves, O. Santolik, M. Clilverd, C. J. Rodger, E. Turunen, and F. Tsuchiya, Energetic electron precipitation associated with pulsating aurora: EISCAT and Van Allen Probe observations, Journal of Geophysical Research, 査読有, Vol. 120, 2754-2766, 2015, doi:10.1002/2014JA020690.

[学会発表](計 48 件)

土屋 史紀、森永 洋介、小原 隆博、三澤 浩昭、佐藤 光輝、本間 規泰、大矢 浩代、陸別・国内における LF 帯標準電波観測、陸別観測所ユーザーズミーティング、平成 28 年 3 月 28 - 29 日、陸別町役場(北海道足寄郡)。

Tsuchiya, F., T. Obara, H. Misawa, T. Sakanoi, Y. Miyoshi, K. Shiokawa, Y. Ogawa, M. Connors, and D. Hampton, Energetic electron precipitation into the atmosphere at auroral and sub-auroral latitudes during storm and substorm periods: Low frequency radio transmitter observation in north Europe and America, International GEMSIS and ASINACTR-G2602 Workshop: Future Perspectives of Researches in Space Physics, 平成 28 年 3 月 22-25 日, 名古屋大学(愛知県名古屋市)。

Takahashi Y., Relationships between typhoon occurrence, thunderstorm activity and solar parameters, The International Conference on Monsoon Asian Hydro-Atmosphere Scientific Research and Prediction Initiative (MAHASRI), 3 March, 2016, Tokyo Metropolitan University (Hachioji, Tokyo).

Yamashita. K., Y. Kubono, Y. Takahashi, J. Hamada, and J. Matsumoto,

Monitoring of thunderstorm electrification Based on electromagnetic and electrostatic measurement in the metropolitan region, The International Conference on Monsoon Asian Hydro-Atmosphere Scientific Research and Prediction Initiative (MAHASRI), 2 March, 2016, Tokyo Metropolitan University (Hachioji, Tokyo).

Shiokawa, K., Abe, S., Fujii, R., Hashimoto, K., Hosokawa, K., Ishii, M., Kadokura A., Kawano H., Kikuchi T., Kitamura K., Miyoshi Y., Nagatsuma T., Nishitani N., Obana Y., Ogawa Y., Ohya H., Okada M., Otsuka Y., Oyama, S., Ozaki M., Saita, S., Sato N., Shinohara M., Tadokoro H., Taguchi M., Tanaka Y., Tanimori T., Tsuchiya E., Yamagishi H., Yoshikawa A., Yukimatu A. S., and Yumoto K., Ground Network Observations for the ERG Project, ISAS Workshop: Magnetospheric Plasmas 2015, 平成 27 年 12 月 1-3 日, 東京工業大学(東京都目黒区)。

Ohya, H., F. Tsuchiya, K. Yamashita, Y. Takahashi, K. Shiokawa, and Y. Miyoshi, Future plan of AVON (Asia VLF Observation Network) and cooperation with other ground-based network and satellite projects, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 138 回総会・講演会, 平成 27 年 10 月 31 日-11 月 3 日, 東京大学(東京都文京区)。

大矢 浩代, 土屋 史紀, 西岡未知, 塩川 和夫, Nighttime periodicity for the phase of LF transmitter signals, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 138 回講演会, 2015 年 10 月 31 日-11 月 1 日, 東京大学(東京都文京区)。

山下 幸三, 高橋 幸弘, 濱田 純一, 松本 淳, 大矢 浩代, 土屋 史紀, Evaluation of detection efficiency of lightning distribution in the Kanto region based on radio measurement in VLF range, 第 138 回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 平成 27 年 10 月 31 日-11 月 3 日, 東京大学(東京都文京区)。
Morinaga, Y., F. Tsuchiya, T. Obara, H. Misawa, Y. Honma, Dual frequency observation of subionospheric perturbations associated with Hokuriku winter lightning, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 138 回講演会, 平成 27 年 10 月 31 日-11 月 3 日, 東京大学(東京都文京区)。

山下 幸三、高橋 幸弘、濱田 純一、松本 淳、関東落雷観測網の構築と今後の課題、第9回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム、平成27年9月10日、京都大学(京都府宇治市)。

山下 幸三、高橋 幸弘、VLF帯電磁界計測に基づいた関東圏における落雷観測の初期結果、2015年電子情報通信学会ソサエティ大会、平成27年9月9日、東北大学(宮城県仙台市)。

Ohya, H., F. Tsuchiya, M. Nishioka, K. Shiokawa, K. Yamashita and Y. Takahashi, Statistical study of nighttime periodic phase variations in LF transmitter signals at low-mid latitudes, 12th Annual Meeting of the Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2015, 3-8 August, 2015, Singapore (Singapore).

Takahashi, Y., and M. Sato, Thunderstorm activity monitored by super dense network with electromagnetic sensors, 12th Annual Meeting of the Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2015, 7 August, 2015, Singapore (Singapore).
Takahashi Y., Monitoring of thunderstorm activity by super dense network with electromagnetic filed sensors, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) 2015, 30 June, 2015, Prague (Czech Republic).

Takahashi, Y., Earth's sprites/lightning measurements from satellites, aircraft, balloons and international space stations, Summer radio astronomy school in Mongolia, 25 June, 2015, Ulaanbaatar (Mongolia).

Ohya, H., M. Nishioka, K. Shiokawa, F. Tsuchiya, Relationship between phase variation of LF signals and GPS-TEC variations related with MSTIDs at mid-low latitudes, JpGU 2015, 平成27年5月24 - 28日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。
Miyoshi, Y., S. Oyama, S. Saito, S. Kurita, H. Fujiwara, R. Kataoka, Y. Ebihara, C. Kletzing, G. Reeves, O. Santolik, M. Clilverd, C. Rodger, E. Turunen, F. Tsuchiya, Wide energy electron precipitation associated with the pulsating aurora and its impact on the middle atmosphere, JpGU 2015, 平成27年5月24 - 28日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。

Miyoshi, Y., S. Oyama, S. Saito, S.

Kurita, H. Fujiwara, R. Kataoka, Y. Ebihara, C. Kletzing, G. Reeves, O. Santolik, M. Clilverd, C. Rodger, E. Turunen, F. Tsuchiya, Comprehensive observations on the pulsating aurora from satellite and ground-observations, JpGU 2015, 平成27年5月24 - 28日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。

Onishi, S., Y. Takahashi, and K. Yamashita, Variations of spheric waveforms in VLF range observed by AVON, JpGU 2015, 24 May, 2015, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。

森永 洋介, 土屋 史紀, 小原 隆博, 三澤 浩昭, 本間 規泰, 北陸冬季雷と関連する下部電離圏擾乱の二周波観測, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2015年大会, 平成27年5月24 - 28日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。

⑳ Takahashi, Y., and M. Sato, Thunderstorm monitoring with VLF network and super dense meteorological observation system, European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2015, 16 April, 2015, Vienna (Austria).

㉑ Takahashi Y., New observation systems for disaster monitoring with ground lightning networks and micro-satellite constellation, International Workshop on Disaster Risk Reduction under the e-ASIA Joint Research Program and Typhoon Yolanda related J-RAPID Program, 15 April, 2015, Quezon City (Philippines).

㉒ 大矢 浩代, 土屋 史紀, 山下 幸三, 高橋 幸弘, 小原 隆博, LF標準電波/AVONネットワークによる降下電子観測, 第6回 ERGサイエンス会議, 平成27年3月13日, 東北大学(宮城県仙台市)。

㉓ 土屋 史紀, 森永 洋介, 小原 隆博, 三澤 浩昭, 本間 規泰, 大矢 浩代, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 山下 幸三, 足立 透, VLF/LF波で探る下部電離圏の電離現象, 陸別ユーザーズミーティング, 平成27年3月13日, 北海道足寄郡。

㉔ 山下 幸三, 高橋 幸弘, 大矢 浩代, 土屋 史紀, ELF帯・VLF帯電磁界計測に基づいた東南アジア落雷分布の導出, 電子情報通信学会 2015年度総合大会, 平成27年3月10日, 立命館大学(滋賀県草津市)。

㉕ 久保 雄貴, 山下 幸三, 静電界計測に基づいた積乱雲観測の検討, 電子情報通信学会 2015年度総合大会, 平成27年3月10日, 立命館大学(滋賀県草津市)。

㉖ 大矢 浩代, 山下 幸三, 土屋 史紀, 高橋 幸弘, 中田 裕之, 東南アジア VLF帯電磁波観測ネットワーク(AVON)によ

- る雷・下部電離圏観測とウィンタースクール開催報告, 地域ネットワークによる宇宙天気観測・教育活動に関する研究集会, 平成 27 年 3 月 2 日, ホテルルイガンズ福岡 (福岡県福岡市).
- ②⑧ 山下 幸三, 高橋 幸弘, 大矢 浩代, 土屋 史紀, 東南アジア域における VLF 帯空電観測, 地域ネットワークによる宇宙天気観測・教育活動に関する研究集会, 平成 27 年 3 月 2 日, ホテルルイガンズ福岡 (福岡県福岡市).
- ②⑨ 塩川 和夫, 藤井 良一, 橋本 久美子, 細川 敬祐, 石井 守, 門倉 昭, 河野 英昭, 菊池 崇, 北村 健太郎, 三好 由純, 長妻 努, 西谷 望, 尾花 由紀, 小川 泰信, 大矢 浩代, 岡田 雅樹, 大塚 雄一, 尾崎 光紀, 佐藤 夏雄, 篠原 学, 田所 裕康, 田口 真, 田中 良昌, 谷森 達, 土屋 史紀, 山岸 久雄, 吉川 顕正, 行 松彰, 湯元 清文, ERG プロジェクトにおける連携地上観測ネットワーク, 第 15 回宇宙科学シンポジウム, 平成 27 年 1 月 6 日, 宇宙科学研究所 (神奈川県相模原市).
- ③⑩ 大矢 浩代, 西岡 未知, 塩川 和夫, 土屋 史紀, Periods of the lower ionosphere disturbances observed in the phase variations of LF transmitter signals, 第 136 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 平成 26 年 11 月 3 日, キッセイ文化ホール (長野県松本市).
- ③⑪ 八木 学, 小原 隆博, 鍵谷 将人, 米田 瑞生, 熊本 篤志, 三澤 浩昭, 土屋 史紀, 岩井 一正, 寺田 直樹, 小野 高幸, 大矢 浩代, 東北大学における地上観測ネットワークのデータベース開発, 第 136 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 平成 26 年 11 月 2 日, キッセイ文化ホール (長野県松本市).
- ③⑫ Ohya, H., F. Tsuchiya, K. Yamashita, Y. Takahashi, K. Shiokawa, and Y. Miyoshi, Response of the D-region ionosphere over South-East Asia during the maximum of Solar Cycle 24 using AVON (Asia VLF Observation Network) data, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 11th Annual Meeting, 29 July, 2014, Sapporo (Japan).
- ③⑬ Ohya, H., F. Tsuchiya, K. Yamashita, Y. Takahashi, K. Shiokawa, and Y. Miyoshi, Variations in the D-region ionosphere associated with lightning EMP using AVON and VLF/LF data in Japan, Japan Geoscience Union Meeting (JpGU) 2014, 平成 26 年 4 月 30 日, 横浜パシフィコ (神奈川県横浜市).
- ③⑭ Yamashita, K., H. Ohya, Y. Takahashi, F. Tsuchiya, and M. Sato, Monitoring of lightning activity in the Maritime Continent based on radio observation in 1-100 Hz band and 0.1-40 kHz band, Japan Geoscience Union Meeting (JpGU) 2014, 平成 26 年 4 月 30 日, 横浜パシフィコ (神奈川県横浜市).
- ③⑮ Yamashita, K., H. Ohya, Y. Takahashi, F. Tsuchiya, and J. Matsumoto, Geolocation of lightning discharge in the Maritime Continent based on radio observation in 0.1-40 kHz band, Japan Geoscience Union Meeting (JpGU) 2014, 平成 26 年 4 月 30 日, 横浜パシフィコ (神奈川県横浜市).
- ③⑯ 八木 学, 小原 隆博, 鍵谷 将人, 米田 瑞生, 熊本 篤志, 三澤 浩昭, 土屋 史紀, 岩井 一正, 寺田 直樹, 大矢 浩代, 東北大学における電波観測ネットワーク, Japan Geoscience Union Meeting (JpGU) 2014, 平成 26 年 4 月 29 日, 横浜パシフィコ (神奈川県横浜市).
- ③⑰ 大矢 浩代, 土屋 史紀, 山下 幸三, 高橋 幸弘, 塩川 和夫, 三好 由純, 中田 裕之, 八木 学, AVON データを用いた東南アジアの D 領域電離圏変動, 地域ネットワークによる宇宙天気観測・教育活動に関する研究集会, 平成 26 年 3 月 18-19 日, 九州大学 (福岡県福岡市).
- ③⑱ 塩川 和夫, 藤井 良一, 橋本 久美子, 細川 敬祐, 門倉 昭, 河野 英昭, 菊池 崇, 北村 健太郎, 三好 由純, 長妻 努, 西谷 望, 尾花 由紀, 小川 泰信, 大矢 浩代, 岡田 雅樹, 大塚 雄一, 尾崎 光紀, 佐藤 夏雄, 篠原 学, 田所 裕康, 田口 真, 田中 良昌, 谷森 達, 土屋 史紀, 山岸 久雄, 吉川 顕正, 行 松彰, 湯元 清文, ERG 計画における連携地上ネットワーク観測, 第 14 回宇宙科学シンポジウム, 平成 26 年 1 月 9-10 日, 宇宙科学研究所 (神奈川県相模原市).
- ③⑲ Ohya, H., F. Tsuchiya, K. Yamashita, Y. Takahashi, H. Nakata, K. Shiokawa, and Y. Miyoshi, Response of the D-region ionosphere to EMP using Asia VLF observation network (AVON) and VLF/LF data in Japan, International Climate And Weather of the Sun-Earth System (CAWSES)-II Symposium 2013, 18-22 December, 2013, Nagoya University (Nagoya, Aichi).
- ④⑰ 八木 学, 小原 隆博, 鍵谷 将人, 米田 瑞生, 熊本 篤志, 三澤 浩昭, 土屋 史紀, 岩井 一正, 寺田 直樹, 小野 高幸, 大矢 浩代, Geomagnetic, optical, and radio observation network of the Tohoku University, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 134 回講演会, 平成 25 年 11 月 2-5 日, 高知大学 (高知県高知

- 市)。
- ④① 久保 雄貴, 山下 幸三, VLF 帯電界計測システムの構築と評価, 2013 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2013 年 9 月 17-20 日, 福岡工業大学(福岡県福岡市)。
- ④② Ohya, H., F. Tsuchiya, K. Yamashita, Y. Takahashi, K. Shiokawa, and Y. Miyoshi, Asia VLF Observation Network (AVON) for Monitoring the D- and Lower E-Region Ionosphere, Asia-Pacific Radio Science Conference (AP-RASC) 2013, 3-7 September, 2013, Taipei(Taiwan)。
- ④③ Tsuchiya, F., Y. Takahashi, K. Yamashita, and H. Ohya, Long Ionospheric Recovery Events Associated with Elves, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2013, 25 June, 2013, Brisbane(Australia)。
- ④④ Ohya, H., F. Tsuchiya, K. Yamashita, Y. Takahashi, K. Shiokawa, and Y. Miyoshi, Response of the D-region ionosphere to lightning using Asia VLF observation network (AVON) and VLF/LF data in Japan, JpGU 2013, 平成 25 年 5 月 19-24 日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。
- ④⑤ Takahashi, Y., K. Yamashita, H. Ohya, and F. Tsuchiya, Construction of lightning observation network in Asia and its applications to meteorology and climate studies, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 平成 25 年 5 月 19-24 日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。
- ④⑥ 山下 幸三, 大矢 浩代, 高橋 幸弘, 土屋 史紀, 松本 淳, ELF・VLF 帯電磁場計測に基づいた海洋大陸における雷活動の監視, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 平成 25 年 5 月 19-24 日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。
- ④⑦ 八木 学, 小原 隆博, 鍵谷 将人, 米田 瑞生, 熊本 篤志, 三澤 浩昭, 土屋 史紀, 岩井 一正, 寺田 直樹, 小野 高幸, 大矢 浩代, Database of optical and radio wave observation network of the Tohoku University, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 2013 年 5 月 19-24 日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)。
- ④⑧ Yamashita, K., Y. Takahashi, H. Ohya, F. Tsuchiya, M. Sato, and J. Matsumoto, Measurement of electromagnetic waves in ELF and VLF bands to monitor lightning activity in the Maritime Continent, European Geosciences Union (EGU) 2013, 7-12 April, 2013, Vienna(Austria)。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.iugonet.org/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大矢 浩代 (OHYA Hiroyo)
千葉大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：00241943

(2) 研究分担者

高橋 幸弘 (TAKAHASHI, Yukihiro)
北海道大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号：50236329

土屋 史紀 (TSUCHIYA, Fuminori)
東北大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：10302077

山下 幸三 (YAMASHITA, Kozo)
サレジオ工業高等専門学校・電気工学科・講師
研究者番号：20609911

(3) 連携研究者

()

研究者番号：