

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 12 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：2013～2016

課題番号：25302007

研究課題名(和文)赤道大気レーダーと広域観測網による赤道スプレッドF現象と電離圏構造の関連の解明

研究課題名(英文) Study of relations between Equatorial Spread-F and ionospheric structures with Equatorial Atmosphere Radar and wide-area observation network

研究代表者

山本 衛 (Yamamoto, Mamoru)

京都大学・生存圏研究所・教授

研究者番号：20210560

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：電離圏の強い不安定現象である赤道スプレッドF現象(Equatorial Spread-F:-ESF)と電離圏構造の解明を目指した。具体的には、(1)赤道大気レーダーによる長期連続観測からESFの統計的性質を明らかにし、(2)東南アジアに展開された観測網からESFの時空間変動と背景の電離圏・熱圏大気の関連を明らかにし、(3)衛星ビーコン観測網の更なる拡張と国際宇宙ステーションからの大気光観測の活用を目指した。研究成果を査読付き論文26編に結実させることができた。

研究成果の概要(英文)：We aimed to elucidate the equatorial spread F phenomenon which is a strong instability phenomenon of the ionosphere, and the ionosphere structure. Specifically, (1) we studied statistical properties of ESF from long-term continuous observation with the equatorial atmosphere radar, (2) the time-space variation of ESF from the observation network developed in Southeast Asia and the ionosphere, and (3) tried further expansion of the satellite-beacon observation network and utilization of airglow observation from the International Space Station. This study project was successful as we published in total 26 articles in the peer-reviewed journals.

研究分野：超高層大気物理学

キーワード：赤道スプレッドF現象 赤道大気レーダー 衛星ビーコン観測 アジア太平洋 国際共同研究

## 1. 研究開始当初の背景

赤道スプレッド F 現象 (ESF) は、磁気赤道付近の日没後の電離圏下部に生じた密度低下域が、レイリー・テラー不安定によって拡大しながら高度千 km 以上まで急速に拡大する現象であり、EAR のような VHF レーダーで観測できる。ESF は電離圏擾乱の内でも最も活発な現象として赤道低緯度電離圏研究のホットトピックであり続けてきた。しかしながら ESF を誘発する「種」が未解明で、日々変動の予測ができない。逆にこの点でブレークスルーが進めば、GPS 測位を利用した次世代の航空管制や高度な衛星システムの安定運用等、社会に貢献するところが極めて大きい。

ESF 研究は長い歴史を有しており、ヒカマルカ IS レーダー (ペルー) 観測や理論的研究等によって、プラズマ不安定現象としての性質は詳しく解明されてきた。現在の問題は ESF の日々変動特性の解明にあるが、そのためには ESF と電離圏構造の関連を解明することが必要である。

本研究が開始された当初、ESF 日々変動特性の解明に向けた取り組みは始まったところであった。その一つは米国の衛星 C/NOFS (Communication / Navigation Outage Forecasting System) である。同衛星は「ESF が通信・測位に与える悪影響の予測の研究」を主任務として 2008 年に地理緯度範囲  $\pm 13^\circ$  の軌道に打上げられた。米国は C/NOFS と南米を中心とする地上観測網を組み合わせて、研究を推進し始めていた。

京都大学生存圏研究所 (以後 RISH) は 2001 年にインドネシア西スマトラの地理赤道上に赤道大気レーダー (EAR) を完成させ、対流圏から電離圏までの大気上下結合の解明を進めてきた。EAR の最も大きな特徴はアンテナビームの高速走査性にある。電離圏研究ではこれが特に有効であり、多ビーム観測から ESF の時間変動と空間変動を分離して検出することに成功していた。また EAR 観測領域中の ESF 発生事例が日没直後に集中することが明らかにされた。一方、(独)情報通信研究機構 (以後 NICT) はタイ・インドネシア・ベトナム・中国・フィリピンに広がるイオノゾンデを中心とする観測網 SEALION (South East Asia Low Latitude Ionosphere Observation Network) を構築し、優れた研究成果を得ていた。名古屋大学宇宙地球環境研究所 (以後 ISEE) も、初期から EAR 観測に参加しつつ独自に大気光イメージャ OMTI (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers) 等を展開していた。

2010 年には、科学技術戦略推進費「インドネシア宇宙天気研究の推進と体制構築 (以後は「インドネシア宇宙天気」と略記)」によって、EAR を中心とする電離圏観測が加速し、東南アジア域の低緯度・赤道域電離圏の地上観測網が以下のように充実してきた。

(1) EAR を用いた電離圏長期連続観測による

ESF 時間・空間構造の観測の常時化 (2010 年 7 月から継続)

- (2) 大気光ファブリ・ペロー干渉計 (Fabry-Perot Interferometer; FPI) による熱圏大気風速の南北共役点観測 (タイ・チェンマイと EAR サイト)
- (3) イオノゾンデ観測網 SEALION (South East Asia Low Latitude Ionosphere Observation Network) の構築と連続観測 (タイ、ベトナム、インドネシア、フィリピンの全 5 点)
- (4) 衛星ビーコン観測網の構築と東西大規模波動の研究 (約 30 点)
- (5) 東南アジア域の各種の GPS 受信機網からのデータ収集と電離圏全電子数 (Total Electron Content: TEC) データベース

これらによって、日本が主導する観測網は、EAR を含む東経 100 度に沿った南北観測網、東南アジア全域に広がる EAR・SEALION・OMTI 観測網によってかなりの充実を見せることとなっていた。さらに、2012 年 8 月には、国際宇宙ステーションから大気光撮像を行う ISS-IMAP (本研究班員の齋藤昭則が主導) が稼働を始め、電離圏構造の全球観測が始まっていた。

## 2. 研究の目的

以上のような状況の下で、本研究は以下の目的で計画された。即ち、赤道大気レーダー (Equatorial Atmosphere Radar; EAR) と東南アジア地域及びさらに広域の観測網を駆使して、電離圏に発生する最も強い不安定現象である赤道スプレッド F 現象 (Equatorial Spread-F; ESF) と電離圏構造の関連を解明し、ESF 発生機構の謎を解くことを目的とする。具体的には、(1) EAR を用いて 2010 年から現在まで実施してきた長期連続観測をさらに継続することでデータベースを拡充すると共に ESF の時空間構造を含む統計的性質を明らかにする。(2) わが国が中心となって東南アジアを中心として展開してきた観測網を活用することで、ESF の時空間変動と背景の電離圏・熱圏大気の関連を明らかにする。(3) 衛星ビーコン観測網をアフリカならびに南米に拡張し、2012 年 8 月に国際宇宙ステーションに設置された ISS-IMAP からの地球大気光観測を活用することで、全球にわたる ESF の特性と電離圏構造の関連の解明を目指す。

本研究の研究課題は、以下の 3 つに整理された。

- 課題 1: 赤道大気レーダー長期連続観測による ESF の時間・空間構造の解明
- 課題 2: 東南アジアを中心とする ESF と電離圏南北構造の関連の解明
- 課題 3: 地上広域観測と衛星による ESF 発生状況と電離圏構造の関連の統計解析

### 3. 研究の方法

本研究では、3つの研究課題それぞれについて、以下のような研究方法をとった。

課題1「赤道大気レーダー長期連続観測によるESFの時間・空間構造の解明」: EARでは2010年7月からESFの長期連続観測を行ってきた。本研究ではこれを3年間にわたって継続する。観測モードはアンテナビームを東西16方向に配置した多ビーム観測であり、ESFの空間分布と時間変動を分離できる。即ちEAR観測は、成長しつつ東向きに移動するESFの生成領域を正確に捉えるため本研究に不可欠である。2010年からの観測時期は太陽活動度の極小期からの回復の時期に当たったため、これまでESFの発生が年々増加する状況が明らかにされてきた。さらに観測を続けることで2013~2014年に予想される太陽活動極大期を含むESFの発生状況とESF時間・空間構造の変動が明らかにしていく。

課題2「東南アジアを中心とするESFと電離圏構造の関連の解明」: EARサイトを含む東経100度に沿って磁氣的南北両半球同時観測の体制が整っている。EARと大気光イメージャによるESF時空間分布、SEALIONイオノゾンデによる背景電離圏の電子密度高度分布、衛星ビーコン観測とGPS-TEC観測を組み合わせた電離圏TECの緯度分布、コトタバンとチェンマイに配置されたFPIによる中性大気風速などを駆使することで、電離圏構造の南北対称性の崩れとESF活動度の関連について調べる。さらに東南アジアから太平洋に配置された多くの衛星ビーコン受信網とC/NOFS衛星によって、電離圏の大規模な東西構造とESFの関連を明らかにする。これらによってESF発生機構の検証を目指す。

課題3「地上広域観測と衛星によるESF発生状況と電離圏構造の関連の統計解析」: 衛星ビーコン観測網をアフリカ域等で増強することで広域展開し、ISS-IMAPやC/NOFSによる衛星観測を活用することで、グローバルなESF特性の解明をはかる。ISS-IMAPではESFに伴う大気光の分布が明らかにされるのみならず、高度90~100km付近の大気光から中性大気波動の観測が可能である。ESF特性の経度差の解明は、中性大気波動とESFの関連の検証につながる点で重要である。

### 4. 研究成果

本研究では、EARの長期間観測データの解析研究が大きな進展を見せ、多くの論文が発表された。また東経100度に沿った衛星ビーコン観測網からのデータ解析から、赤道異常とよばれる低緯度電離圏の大規模構造の研究が進んだ。さらに国際宇宙ステーションか

らの観測研究や、電離圏の空間構造が航空ナビゲーションにもたらす影響の研究なども推進された。査読付きの論文発表が26編にのぼり、学会発表の総数が88回に達することから明らかなように、本研究は大きな成功を収めたと言ってよい。以下では、課題ごとに研究成果の概要を述べる。

まず課題1について、EARを用いて2010年から実施してきた電離圏と大気圏を包含する長期連続観測を2016年3月まで継続実施した。3年間にわたって大きな問題はなく、ほぼ切れ目なくデータを取得できた。EAR観測データによって、以下のような多くの研究が行われた。2010~2012年の観測データを解析して得たESFに関する統計解析結果を論文として発表した(論文)。長期間の観測データから、真夜中過ぎの時間帯に発生するESF現象について、発生時の上昇速度の統計解析をおこなった(論文)。またEARによって観測された、強いESFが日出時に発生する稀な現象についての解析から、惑星間磁場Bzの北向き反転がきっかけとなってESFが発生したことが分かった(論文)。EAR観測データの統計解析から、北半球の夏至の時期(6月)には、真夜中付近にESFが発生する。SAMI2モデルにC/NOFS衛星からの電場データを導入したシミュレーションによって、真夜中付近における赤道向きの風と弱い西向き電場のために電離圏が上昇し電子密度勾配が大きくなること、それによってESFの成長率が増大することが明らかとなった(論文)。

つぎに課題2について、わが国が中心として展開してきた東南アジア域のビーコン観測網を活用してESFと背景電離圏の関連について研究を行った。具体的には、東経100度付近の南北観測網と極軌道を取るビーコン衛星を活用して、磁気緯度±20度の電離圏全電子数(Total Electron Content; TEC)分布を推定する手法を確立した(論文)。一方で、1点の受信データからTECの絶対値を推定するときの新たな方法を提唱した(論文)。2012年3月について電離圏赤道異常が日出後に発達し夕刻から夜にかけて減衰する様子、磁気嵐に対する変動の様子と日々変動が明らかにされた(論文)。特異なデータではあるが、明け方付近に南北方向に延びた電子密度の深い谷間が観測され、GPSによるTEC値との比較から、遅い時間帯に残ったESFが生み出す構造であることが明らかとされた(論文)。GPS観測データとイオノゾンデから、ESFの強度が日没時の東向き電界のPre-reversal enhancementに関連することを明らかにした(論文)。

さらに課題3について、ビーコン受信機の増設を進めた。具体的には、米国の研究協力者がペルーヒカマルカISレーダーサイトに設置、インドの研究協力者が新たに3か所に設置した。ベトナムでは数年前に設置した受信機が使用不能になっていたが、ポーチミンとフェに各1台を新しく設置した。さらに、

ベトナム・ハノイに新しい観測点を設置することで、ベトナム国内に南北3点の観測網を作成し運用を続けた。またエチオピアのバヒルダール市に出張して、2011年に設置したビーコン受信機の整備と、これまでの観測データの収集を行った。また同地で開催された14th International Symposium on Equatorial Aeronomy (ISEA14)に出席して、研究成果の発表と議論を行った(学会発表)。国際宇宙ステーションから通常のカメラで撮像された大気夜光データに、背景に映り込む都市からの光を参照した詳細解析を加えることで、観測領域の3次元位置を精度よく推定する手法の開発に成功した(論文)。台湾のChung Liレーダー観測によって中規模の伝搬性電離圏擾乱の統計解析を行った(論文)。最後に、赤道域の赤道MUレーダーと極域のEISCAT\_3Dレーダーによって、太陽エネルギーが地球大気に分配される状況の解明を目指す大型研究計画「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」を学術論文にまとめてオープンアクセス出版した(論文)。

#### 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26件、全て査読有)

Tsuda, T., M. Yamamoto, H. Hashiguchi, K. Shiokawa, Y. Ogawa, S. Nozawa, H. Miyaoka, and A. Yoshikawa, A proposal on the study of solar-terrestrial coupling processes with atmospheric radars and ground-based observation network, *Radio Sci.*, **51**, 1587-1599, doi:10.1002/2016RS006035, 2016.

Watthanasangmechai, K., M. Yamamoto, A. Saito, R. Tsunoda, T. Yokoyama, P. Supnithi, M. Ishii, and C. Yatini, Predawn plasma bubble cluster observed in Southeast Asia, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **121**, 5868-5879, doi:10.1002/2015JA022069, 2016.

Ajith, K. K., S. Tulasi Ram, M. Yamamoto, Y. Otsuka, and K. Niranjana, On the fresh development of equatorial plasma bubbles around the midnight hours of June solstice, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **121**, 9051-9062, doi:10.1002/2016JA023024, 2016.

Hozumi, Y., A. Saito, M. K. Ejiri, Calibration of imaging parameters for space-borne airglow photography using city light positions, *Earth Planets and Space*, **68**, 155, DOI: 10.1186/s40623-016-0532-z, 2016.

Lin, F. F., C. Y. Wang, C. L. Su, K. Shiokawa, S. Saito, and Y. H. Chu, Coordinated observations of F region 3 m field-aligned plasma irregularities associated with medium-scale traveling

ionospheric disturbances, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **121**, 3750-3766, doi:10.1002/2016JA022511, 2016.

Dao, T., Y. Otsuka, K. Shiokawa, S. Tulasi Ram, and M. Yamamoto, Altitude development of postmidnight F region field-aligned irregularities observed using Equatorial Atmosphere Radar in Indonesia, *Geophys. Res. Lett.*, **43**, 1015-1022, doi:10.1002/2015GL067432, 2016.

Li, G., Y. Otsuka, B. Ning, M. A. Abdu, M. Yamamoto, W. Wan, L. Liu, and P. Abadi, Enhanced ionospheric plasma bubble generation in more active ITCZ, *Geophys. Res. Lett.*, **43**(6), 2389-2395, doi:10.1002/2016GL068145, 2016.

Watthanasangmechai, K., M. Yamamoto, A. Saito, T. Maruyama, T. Yokoyama, M. Nishioka, and M. Ishii, Temporal change of the EIA asymmetry revealed by a beacon receiver network in Southeast Asia, *Earth Planets Space*, **67**:75, doi:10.1186/s40623-015-0252-9, 2015.

Tulasi Ram, S., K. K. Ajith, M. Yamamoto, Y. Otsuka, T. Yokoyama, K. Niranjana, S. Gurubaran, Fresh and evolutionary-type field-aligned irregularities generated near sunrise terminator due to overshielding electric fields, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **120** (7), 5922-5930, DOI: 10.1002/2015JA021427, 2015.

Abadi, P., Y. Otsuka, and T. Tsugawa, Effects of pre-reversal enhancement of ExB drift on the latitudinal extension of plasma bubble in Southeast Asia, *Earth Planets Space*, **67**, 74, doi:10.1186/s40623-015-0246-7, 2015.

Takahashi H., C. M. Wrasse, Y. Otsuka, A. Ivo, V. Gomes, I. Paulino, A. F. Medeiros, C. M. Denardini, N. Sant'Anna, and K. Shiokawa, Plasma bubble monitoring by TEC map and 630 nm airglow image, *J. Atmos. and Solar-Terr. Phys.*, **130-131**, 151-158, DOI:10.1016/j.jastp.2015.06.003, 2015.

S. Rungraengwajaike, P. Supnithi, S. Saito, N. Siansawasdi, A. Saekow, Ionospheric delay gradient monitoring for GBAS by GPS stations near Suvarnabhumi airport, Thailand, *Radio Sci.*, **50**, 1076-1085, DOI:10.1002/2015RS005738, 2015.

Tulasi Ram, S., T. Yokoyama, Y. Otsuka, K. Shiokawa, S. Sripathi, B. Veenadhari, R. Heelis, K. K. Ajith, V. S. Gowtam, S. Gurubaran, P. Supnithi and M. Le Huy, Dusk side enhancement of equatorial zonal electric field response to

- convection electric fields during the St. Patrick's Day storm on March 17, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **120**, 538-548, doi:10.1029/2015JA021932, 2015.
- Ajith, K. K., S. T. Ram, M. Yamamoto, T. Yokoyama, V. S. Gowtam, Y. Otsuka, T. Tsugawa, and K. Niranjan, Explicit characteristics of evolutionary-type plasma bubbles observed from Equatorial Atmosphere Radar during the low to moderate solar activity years 2010-2012, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **120** (2), 1371-1382, doi:10.1002/2014JA020878, 2015.
- D. Fukushima, K. Shiokawa, Y. Otsuka, M. Nishioka, M. Kubota, T. Tsugawa, T. Nagatsuma, S. Komonjinda, C. Y. Yatini, Geomagnetically conjugate observation of plasma bubbles and thermospheric neutral winds at low latitudes, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **120**, 2222-2231, DOI:10.1002/2014JA020398, 2015.
- Patra, A. K., P. P. Chaitanya, Y. Otsuka, T. Yokoyama, M. Yamamoto, R. A. Stoneback, R. A. Heelis, Vertical ExB drifts from radar and C/NOFS observations in the Indian and Indonesian sectors: Consistency of observations and model, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **119**, 3377-3788, DOI:10.1002/2013JA019732, 2014.
- Watthanasangmechai, K., M. Yamamoto, A. Saito, T. Tsugawa, T. Yokoyama, P. Supnithi, and C. Y. Yatini, Latitudinal GRBR-TEC estimation in Southeast Asia region based on the two-station method, *Radio Sci.*, **49** (10), 910-920, doi:10.1002/2013RS005347, 2014.
- Smitha V. Thampi, Mala Bagiya, D. Chakrabarty, Y. B. Acharya and M. Yamamoto, An ensemble average method to estimate absolute TEC using radio beacon based differential phase measurements: Applicability to regions of large latitudinal gradients in plasma density, *Radio Sci.*, **49** (12), 1153-1161, DOI:10.1002/2014RS005372, 2014.
- S. M. Buhari, M. Abdullah, A. M. Hasbi, Y. Otsuka, T. Yokoyama, M. Nishioka, T. Tsugawa, Continuous generation and two dimensional structure of equatorial plasma bubbles observed by high density GPS receivers in Southeast Asia, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **119**, 10,569-10,580, DOI:10.1002/2014JA020433, 2014.
- H. Takahashi, 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, R. Gatto, Diagnostics of equatorial and low latitude ionosphere by TEC mapping over Brazil, *Adv. Space Res.*, **54**, 385-394, DOI:10.1016/j.asr.2014.01.032, 2014.
- ②① P. Abadi, S. Saito, and W. Srigutomo, Low-latitude scintillation occurrences around the equatorial anomaly crest over Indonesia, *Ann. Geophys.*, **32**, 7-17, DOI:10.5194/angeo-32-7-2014, 2014.
- ②② G. Li, B. Ning, M. A. Abdu, Y. Otsuka, T. Yokoyama, M. Yamamoto, and L. Liu, Longitudinal characteristics of spread F backscatter plumes observed with the EAR and Sanya VHF radar in Southeast Asia, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **118**, 6544-6557, doi:10.1002/jgra.50581, 2013.
- ②③ K. J. W. Lynn, 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.
- ②④ C. H. Chen, C. H. Lin, L. C. Chang, J. D. Huba, J. T. Lin, A. Saito, J. Y. Liu, Thermospheric tidal effects on the ionospheric midlatitude summer nighttime anomaly using SAMI3 and TIEGCM, *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **118**, 3836-3845, DOI:10.1002/jgra.50340, 2013.
- ②⑤ 大塚雄一, 水谷徳仁, 塩川和夫, Amit Patra, 横山竜宏, 山本衛, 赤道大気レーダーを用いた高度150km沿磁力線不規則構造のドリフト速度に関する研究, *南極資料*, **57**, 369-378, [https://nopr.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=9711&item\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=21](https://nopr.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=9711&item_no=1&page_id=13&block_id=21), 2013.
- ②⑥ 西岡未知, 丸山隆, 大塚雄一, 津川卓也, 石橋弘光, 塩川和夫, 石井守, イオノゾンデおよびファブリ・ペロー干渉計によって観測された子午面熱圏風の比較, *南極資料*, **57**, 357-368, [https://nopr.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=9710&item\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=21](https://nopr.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=9710&item_no=1&page_id=13&block_id=21), 2013.
- [学会発表](計88件)  
Mamoru Yamamoto, Study of Ionospheric Irregularities over Japan and Indonesia

with radars and other instruments, International Symposium of the Whole Atmosphere, September 14-16, 2016, University of Tokyo, Meguro, Tokyo. (招待講演、国際学会)

Mamoru Yamamoto, Toshitaka Tsuda, and Hiroyuki Hashiguchi, Roland Tsunoda, Equatorial MU Radar and New generation satellite-ground beacon experiment

Exploring the Geospace Frontier: Quo Vadis?, May 25-27, 2016, Boulder, USA (招待講演、国際学会)

Susumu Saito, Ionospheric treat and its mitigation for GNSS implementation in the APEC region, The 4<sup>th</sup> ENRI International Workshop on ATM/CNS(EWAC) 2015, 17-19 November, 2015, 電子航法研究所, 東京都調布市. (招待講演、国際学会)

Mamoru Yamamoto, Roland Tsunoda, Reiview on TEC observations with GNU Radio Beacon Receiver (GRBR) Network, 14<sup>th</sup> International Symposium on Equatorial Aeronomy, 19-23 October 2015, Bahir Dar, Ethiopia (国際学会)

Mamoru Yamamoto, Beacon Experiment of Low-Latitude Ionosphere from Southeast Asia,URSI Japan Radio Science Meeting 2015, 3-4 September, 2015, 東京工業大学, 東京都目黒区. (国際学会)

Akinori Saito, Y. Akiya, T. Sakanoi, A. Yamazaki, I. Yoshikawa, Y. Otsuka, M. Yamamoto, Y. Hozumi, H. Yukino, MAP working group, Space-born imaging observation of the mesosphere, the thermosphere and the ionosphere by ISS-MAP mission, 22 June-2 July,2015, Prague, Czech (国際学会)

大塚雄一, 塩川和夫, 小川忠彦, Effendy, インドネシアにおける GPS 電離圏シンチレーションの連続観測, 第 263 回生存圏シンポジウム「太陽地球環境データ解析に基づく超高層大気の空間・時間変動の解明」, 2015 年 2 月 19-20 日, 京都大学理学研究科セミナーハウス, 京都府京都市

齋藤亨, 吉原貴之, 山本衛, 大塚雄一, Performance evaluation of plasma bubble monitoring by VHP radars for GNSS augmentation systems, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 4 月 28 日 - 5 月 2 日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市.

Mamoru Yamamoto, Clara Yatini, Afif Budiyo, Eddy Hermawan, Hiroyuki Hashiguchi, Study of equatorial atmosphere/ionosphere under RISH/LAPAN collaboration, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 4 月 28 日 - 5 月 2 日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市. (招待講演)

Mamoru Yamamoto, K. Watthanasangmechai, S. Tulas Ram, Satellite beacon receiver

network over southeast Asia by using software radio techniques, 2013 IEEE International Conference on Space Science and Communication, 1-3 July, 2013, Malacca, Malaysia. (招待講演、国際学会)

[その他]

ホームページ等

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ear/> (赤道大気レーダー)

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/digitalbeacon/> (GNU Radio Beacon Receiver)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山本 衛 (YAMAMOTO MAMORU)  
京都大学・生存圏研究所・教授  
研究者番号: 20210560

### (2) 研究分担者

大塚 雄一 (OOTSUKA YUICHI)  
名古屋大学・宇宙地球環境研究所・准教授  
研究者番号: 40314025

齋藤 昭則 (SAITO AKINORI)  
京都大学・理学研究科・准教授  
研究者番号: 10311739

齋藤 亨 (SAITO SUSUMU)  
(独) 電子航法研究所・航法システム領域・主幹研究員  
研究者番号: 40392716

### (3) 連携研究者

津川 卓也 (TSUGAWA TAKUYA)  
(独) 情報通信研究機構・電磁波研究所・主任研究員  
研究者番号: 20377782

石井 守 (MAMORU ISHII)  
(独) 情報通信研究機構・電磁波研究所・研究室長  
研究者番号: 20359003

横山 竜宏 (YOKOYAMA TATSUHIRO)  
(独) 情報通信研究機構・電磁波研究所・主任研究員  
研究者番号: 30397525

山本 真之 (MASAYUKI YAMAMOTO)  
(独) 情報通信研究機構・電磁波研究所・主任研究員  
研究者番号: 90346073