

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01954

研究課題名(和文) 地上望遠鏡と探査機で探る惑星雷放電の時空間変動と大気対流機構

研究課題名(英文) Spatiotemporal variation of planetary lightning activities measured by ground-based telescope and spacecrafts and its relation to atmospheric circulations

研究代表者

佐藤 光輝 (Sato, Mitsuteru)

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：50312541

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,910,000円

研究成果の概要(和文)：金星および木星の雷放電を観測するための惑星雷放電発光検出装置(PLD)を新規開発し、北海道大学附属天文台光学望遠鏡に取り付けて観測を行うことを目標とした。2020年度は機器の基礎設計と必要な光学・電子部品類を購入した。2021年度以降は、実験室での光学部品の組み上げと、データ記録装置の組み上げ、データ収録ソフトウェア開発を進めた。しかしながら、コロナ禍によって研究活動が大幅に制限されたこともあり、計画通りに開発を進められず、期間内にピリカ望遠鏡を用いての本観測まで実施することができなかった。研究期間は2023年度で終了するが今後も本研究を継続し、望遠鏡観測まで実施できるよう進めていく。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究に先駆けて木星・金星雷放電の光学観測をピリカ望遠鏡を用いて実施したところ、背景光に比べ強い強度を持つ信号が複数観測された。しかし、それらが本当に雷放電由来なのかの識別が困難であった。本研究で開発する惑星雷放電発光検出装置(PLD)は、発光を空間的に分解できる能力があることから、それらが雷放電由来であるか宇宙線などによるノイズであるかを識別できる。その意味で、本装置の学術的な意義は高い。研究期間内に観測装置を完成させて望遠鏡観測を実施することはできなかったが、得られるデータは両惑星における雷雲のライフサイクルと時定数を明らかにし、大気の循環構造を明らかにする画期的なものとなる。

研究成果の概要(英文)：The main goal of this study was to newly develop a Planetary Lightning Detection (PLD) to observe lightning discharges on Venus and Jupiter and to conduct lightning observations by attaching it to the PIRKA Telescope. In the fiscal year 2020, we completed the basic design of the equipment and purchased the necessary optical and electronic components. From the fiscal year 2021, we proceeded with the assembly of the optical components in the laboratory, the assembly of the data recording system, and the development of data acquisition software. However, due to significant restrictions on research activities caused by the COVID-19 pandemic, we were unable to proceed with the development as planned and could not conduct the main observations using the PIRKA Telescope within the research period. Although the research period is set to end in the fiscal year 2023, we will continue this research and aim to conduct telescope observations in the future.

研究分野：超高層物理学

キーワード：雷放電 木星 金星 地上光学望遠鏡観測

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球外の惑星における雷放電の存在は、地球同様に大気中に強い上昇気流と電荷分離過程が存在することの証であり、惑星で生じる雷雲のライフサイクルを掴む唯一の手段といえ、惑星大気の下層から上層への物質と熱エネルギーの輸送、さらに大気の三次元対流構造の議論に、観測的側面から切り込むことを可能とする。

<金星の雷放電論争> 金星大気の高さ 50-70 km には濃硫酸を主成分とする厚い雲が存在するが、そこには水分子も存在し雷放電が生じているとされる。しかし、地上光学望遠鏡による撮像観測で検出に成功したとする報告がある一方、複数光学望遠鏡による同時観測では未検出だったとする報告もある。探査機によるその場観測でも結論は二分しており、存在の有無に未だ決着が付いていない。仮に金星に雷放電が存在する場合、どの緯度・経度・雲域で発生するのか、電荷生成メカニズムは地球と同じか、雷活動度の時間変化はどのようなものか、など全く不明である。さらに雷放電を引き起こす大気の対流が、超回転(スーパーローテーション)とどのような関係にあるのかなどは、議論すら始まっていない。

<木星の雷放電> 数々の木星探査機による光学観測によって、木星雷放電の存在が確認されている。木星雷放電は Belt と呼ばれる暗い縞領域で発生するが、大気深部に微量含まれる水分子が上昇気流によって積乱雲を形成することで、電荷分離と雷放電が発生したと解釈されている。理論的裏付けを得るための数値モデルの開発も進んでおり、木星内部の熱源により上昇気流と水分子の巻上げが間欠的に強化されることが示されている。しかし、探査機によるスナップショット的な観測では、数値モデルで予測される間欠的な上昇気流に伴い雷放電が発生するのか、雷放電発生域の上昇気流と水平対流がどのように繋がっているのか、さらにそれらが、大規模な木星縞模様の形成と大気加速・減速過程にどのように寄与しているのか、などの点についてはほとんど理解が進んでいない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、当研究グループが所有する大口径(口径=1.6 m, 有効面積=2.01 m²)の光学望遠鏡(ピリカ望遠鏡)を専有的に用いることで、

課題Ⅰ: 金星と木星の雷放電を観測する『惑星雷放電発光検出装置(Planetary Lightning Detector: 以下 PLD と称す)』を新規開発し、ピリカ望遠鏡に搭載する。それをを用いた金星・木星雷放電の連続的かつ長期的な観測を実現する。

課題Ⅱ: 金星雷放電の有無に決着をつけ、発見に至れば発生領域と活動度の時間変化を特定する。さらに、金星探査機あかつきとの同時観測を早期に実現し、雷放電発生域の雲対流構造を特定すると共に、電荷生成メカニズムを推定する。

課題Ⅲ: 木星雷放電の発生領域と活動度の時間変化を特定するとともに、木星探査機 JUNO のデータと比較し対応する雷雲構造を同定する。さらに木星雲解像モデルを駆使して観測結果の再現を試み、雷放電発生領域の三次元的な対流構造と活動度の間欠性を定量評価する。

これら課題への取組みから、惑星大気の下層から上層への物質と熱エネルギーの輸送過程の議論へ観測的事実を基に初めて踏み込む。さらに、上昇気流と渦・縞などの水平対流との結合過程と、大規模な大気循環にどのような作用を及ぼしているのかに制限を与えることで、二次元を脱却した三次元の惑星大気ダイナミクスを創始し、新たな基軸を確立することが本研究の最終目的である。

3. 研究の方法

本研究は 3 つの大課題で構成される。

課題Ⅰ: PLD の新規開発と観測の実現

PLD の詳細仕様と光学設計の決定、部品の購入と組上げ、機能・性能試験を北大で実施する。組上げた PLD を北海道大学附属天文台(名寄市)に移設し、ピリカ望遠鏡に搭載して初期観測を実施する。

課題Ⅱ: 金星雷放電観測の実施、あかつきとの同時観測の実現

-[1] 長期連続観測から金星雷放電の存在に決着を付け、発生域と時間変化を特定する。あかつきとの同時観測から雷放電発生域の雲構造を特定する。

-[2] [1]に基づき上昇気流と水平対流との結合過程を同定し、電荷生成メカニズムを推定する。

課題Ⅲ: 木星雷放電観測の実施、数値モデルによる雷活動の時空間変化の定量理解

-[1] 長期連続観測から発生域と活動度の時間変化を特定する。JUNO 探査機による木星撮像デ

ータとの比較を行う。必要なパラメタ抽出の後、雲解像モデルを用いて観測結果の再現を試みる。
 -[2] [1]に基づき上昇気流の渦・縞状対流への影響と、雷活動の時間変化を生む機構を特定する。

4. 研究成果

先ず課題 I に関して、図 1 に示す観測システム全体の光学設計と制御・データ記録システム的设计を行った。

光学系に関しては、望遠鏡からの入射光をスリットを通して、惑星面の観測対象領域のみを計測できるように挿入しておく。その後コリメーションレンズで平行光にし、ダイクロイックミラーで波長分別する。長波長光束は狭帯域バンドパスフィルターを透過後に集光レンズにて光電子増倍管 (PMT) に結像させる。PMT は、空間解像度をもたせるために、 4×4 の合計 16 チャンネルのマルチアノード型の PMT とした。フィルターの透過波長は木星雷放電発光のうち水素原子バルマー線である 656.3 nm と、金星雷放電発光のうち酸素原子の発光輝線である 777.4 nm を透過させ、それぞれ透過帯域幅は 1 nm とした。フィルターは、フィルターホイールを制御することで機械的に切り替えられる設計とした。一方、短波長光束は集光レンズにて CCD に結像させ、木星もしくは金星画像をビデオフレームレートで計測することとした。

データ記録系に関して、PMT の出力は光子カウンティングの方法で記録することとし、シェーパーアンプにて波形を矩形型に変換し、ディスクリミネーターで一定強度以上の振幅をもつ波形のみを出力するようにし、レベルコンバータで振幅レベルを TTL レベルに変換した後、PC に内蔵したカウンタボードで光子数を 20 kHz のサンプリング周波数で連続的に計数する。これら必要なレンズ、フィルターホイール、CCD、PMT、シェーパーアンプ、ディスクリミネーター、レベルコンバータ、カウンタボード、ビデオキャプチャボード等の機器類を 2020 年度に購入し、2021 年度以降実験室内での組み上げを進めた。カウンタボードを用いたデータサンプリングソフトウェアの開発も進めた。

課題 II および課題 III に関して、課題 I の機器の開発に多くの時間を割くこととなったため、残念ながら実現には至らなかった。その一因として、コロナ禍によって研究活動が大幅に制限されたことが大きい。そのような予測ができない事態が発生し計画が遅延する可能性も含めたリスク管理と、その後の対応が甘かった点は大いに反省する必要がある。

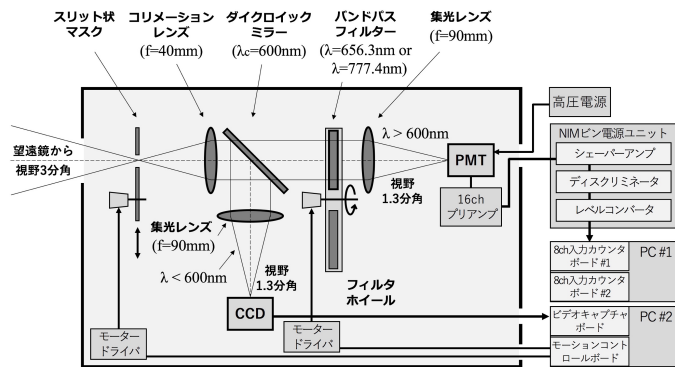


図 1. PLD のシステム全体図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Minamoto Yasuhiro, Kamogawa Masashi, Kadokura Akira, Sato Mitsuteru, Omiya Satoshi	4. 巻 128
2. 論文標題 An Alternative Methodology of Fair Weather Identification for Ground Based Measurement of AEF at the Polar Region	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JD035732	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Geem Jooyeon, Ishiguro Masateru, Bach Yoonsoo P., Kuroda Daisuke, Naito Hiroyuki, Hanayama Hidekazu, Kim Yoonyoung, Kwon Yuna G., Jin Sunho, Sekiguchi Tomohiko, Okazaki Ryo, Vaubailon Jeremie J., Imai Masataka, Oono Tatsuharu, Futamura Yuki, Takagi Seiko, Sato Mitsuteru, Kuramoto Kiyoshi, Watanabe Makoto	4. 巻 658
2. 論文標題 A polarimetric study of asteroids in comet-like orbits	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A158 ~ A158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202142014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ishiguro M., Bach Y. P., Geem J., Naito H., Kuroda D., Im M., Lee M. G., Seo J., Jin S., Kwon Y. G., Oono T., Takagi S., Sato M., Kuramoto K., Ito T., Hasegawa S., Yoshida F., Arai T., Akitaya H., Sekiguchi T., Okazaki R., Imai M., Ohtsuka K., Watanabe M., Takahashi J., Devogele M., Fedorets G., Siltala L., Granvik M.	4. 巻 509
2. 論文標題 Polarimetric properties of the near-Sun asteroid (155140) 2005 UD in comparison with other asteroids and meteoritic samples	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4128 ~ 4142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab3198	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 牛尾 知雄、佐藤 陽祐、佐藤 光輝、吉川 栄一、林 修吾、吉田 智、本多 嘉明	4. 巻 41
2. 論文標題 静止軌道からの雷放電観測の意義	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本リモートセンシング学会誌	6. 最初と最後の頁 478 ~ 486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11440/rssj.41.478	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Minamoto Yasuhiro, Kamogawa Masashi, Kadokura Akira, Omiya Satoshi, Hirasawa Naohiko, Sato Mitsuteru	4. 巻 263
2. 論文標題 Origin of the intense positive and moderate negative atmospheric electric field variations measured during and after Antarctic blizzards	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Research	6. 最初と最後の頁 105812 ~ 105812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosres.2021.105812	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kuo Cheng-Ling, Huang Tai-Yin, Hsu Cheng-Mao, Sato Mitsuteru, Lee Lou-Chuang, Lin Neng-Huei	4. 巻 12
2. 論文標題 Resolving elve, halo and sprite halo images at 10,000 fps in the Taiwan 2020 campaign	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 1000 ~ 1000
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos12081000	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Bozoki Tamas, Satori Gabriella, Williams Earle, Mironova Irina, Steinbach Peter, Bland Emma C., Koloskov Alexander, Yampolski Yuri M., Budanov Oleg V., Neska Mariusz, Sinha Ashwini K., Rawat Rahul, Sato Mitsuteru, Beggan Ciaran D., Toledo-Redondo Sergio, Liu Yakun, Boldi Robert	4. 巻 9
2. 論文標題 Solar cycle-modulated deformation of the Earth-ionosphere cavity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 689127 ~ 689127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2021.689127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Bandholnopparat K., M. Sato, T. Adachi, T. Ushio, and Y. Takahashi	4. 巻 125
2. 論文標題 Estimation of the IC to CG Ratio Using JEM GLIMS and Ground Based Lightning Network Data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD032195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD032195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jing, Y., Q. Xiushu, Z. Lihua, H. Qijia, L. Gaopeng, W. Zhichao, W. Yu, L. Ningyu, L. Feifan, P. Kang Ming, Z. Baoyou, H. Anjin, M. Sato, P. Huien, L. Hualong	4. 巻 125
2. 論文標題 Analysis of a Gigantic Jet in Southern China: Morphology, Meteorology, Storm Evolution, Lightning, and Narrow Bipolar Events	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD031538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD031538	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wada, Y., T. Enoto, Y. Nakamura, T. Morimoto, M. Sato, T. Ushio, K. Nakazawa, T. Yuasa, D. Yonetoku, T. Sawano, M. Kamogawa, H. Sakai, Y. Furuta, K. Makishima, and H. Tsuchiya	4. 巻 125
2. 論文標題 High Peak Current Lightning Discharges Associated With Downward Terrestrial Gamma Ray Flashes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD031730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD031730	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamada, T., T.O. Sato, T. Adachi, H. Winkler, K. Kuribayashi, R. Larsson, N. Yoshida, Y. Takahashi, M. Sato, A.B. Chen, R.R. Hsu, Y. Nakano, T. Fujinawa, S. Nara, Y. Uchiyama, and Y. Kasai	4. 巻 47
2. 論文標題 HO Generation Above Sprite Producing Thunderstorms Derived from Low Noise SMILES Observation Spectra	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e60090
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL085529	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計61件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 55件)

1. 発表者名 M. Sato, Y. Takahashi, H. Kubota, and G.V. Lopez
2. 発表標題 Relation between Lightning Activities and the Intensity Development of Western North Pacific Typhoons
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 T. Ono, Y. Takahashi, M. Sato, S. Takagi, S. Watanabe, and M. Imai
2 . 発表標題 Two-band simultaneous planetary lightning observation with two photometers mounted on a ground-based telescope
3 . 学会等名 AGU Fall Meeting 2022 (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 H. Kubota, Y. Takahashi, and M. Sato
2 . 発表標題 Lightning activity during the tropical cyclone genesis
3 . 学会等名 AGU Fall Meeting 2022 (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 R. Lorenz, Y. Takahashi, M. Imai, M. Sato
2 . 発表標題 Venus Optical flash Observed by the Akatsuki Lightning and Airglow Camera
3 . 学会等名 AAS/Division for Planetary Sciences Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Y. Minamoto, A. Kadokura, M. Kamogawa, Y. Tanaka, and M. Sato
2 . 発表標題 Atmospheric electric field variation at Syowa station associated with auroral activity
3 . 学会等名 The 13th Symposium on Polar Science
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Sato, Y. Takahashi, H. Kubota, G.V. Lopez
2. 発表標題 Lightning activities in typhoon clouds and their relation to the typhoon intensity development
3. 学会等名 AOGS 2022 Meeting / Online (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 光輝, 高橋 幸弘, 久保田 尚之, Lopez Glenn Vincent
2. 発表標題 Time variation of the lightning activities in typhoon clouds and its relation to the typhoon intensity development
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野 辰遼, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 高木 聖子, 今井 正堯, 渡部 重十
2. 発表標題 Observation of Venus lightning by two photomultiplier tubes mounted on a 1.6-m ground-based telescope
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 佑樹, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 高木 聖子, 今井 正堯, 大野 辰遼
2. 発表標題 ピリカ望遠による2018年海王星ストームの移動速度と規模の推定
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 濱田 築, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 高木 聖子
2. 発表標題 望遠鏡観測と室内実験による木星衛星エウロパ表面NaClの起源の検討
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久保田 尚之, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝
2. 発表標題 Case studies of heavy rainfall observed in the Philippines and Malaysia during December 15-18, 2021
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 由井 祥, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 久保田 尚之
2. 発表標題 Estimating the lightning charge amount and height basis on the semi-electrostatic field in Manila
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久保田 尚之, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝
2. 発表標題 Lightning activity around the tropical cyclone depending on the distance from the land
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 由井 祥, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 久保田 尚之, 菅野 将史
2. 発表標題 Proposal of a new method for predicting heavy rainfall using an electrostatic field observation system and discussion of its practical feasibility
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡部 成美, 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 久保田 尚之
2. 発表標題 Development of lightning energy estimation method based on infrasound measurement
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野田 明羅, 高橋 幸弘, 久保田 尚之, 福井 健一, 佐藤 光輝
2. 発表標題 フィリピン・マニラ首都圏における、機械学習を用いた降雨の短期予測
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浜田 純一, 久保田 尚之, 松本 淳, 佐藤 光輝, 高橋 幸弘, Lopez V. Glenn
2. 発表標題 An observational study on the pre-monsoon heavy rainfall in the Metro Manila, Philippines based on a dense surface meteorological observation network
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤井 陽介, 佐藤 光輝, 高橋 幸弘
2. 発表標題 Electrical Properties of Volcanic Lightning at Sakurajima
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牛尾 知雄, 佐藤 陽祐, 吉田 良, 吉田 智, 佐藤 光輝, 吉川 栄一, 林 修吾, 和田 有希
2. 発表標題 静止衛星搭載雷放電センサー
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, アルゴドン メリル, 久保田 尚之
2. 発表標題 Extreme weather monitoring system using microsatellite and ground observation network in Asia
3. 学会等名 JpGU Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, and G. Lopez
2. 発表標題 Relation between intensity development of western north Pacific typhoons and lightning activities
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kubota, H., Y. Takahashi, and M. Sato
2. 発表標題 Active lightnings during the tropical cyclone genesis over the Philippine Sea
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Noda, A., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Fukui, and M. Sato
2. 発表標題 Machine learning prediction of precipitation in Metro Manila, Philippines
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, and G. Lopez
2. 発表標題 Relation between lightning activities measured by the V-POTEKA network and typhoon intensity development
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第150回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野辰遼, 高橋幸弘, 佐藤光輝, 渡部重十, 高木聖子, 今井 正堯
2. 発表標題 Observation and analysis of optical emission by lightning in Jupiter and Venus with high-speed photometer
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第150回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤佑樹, 高橋幸弘, 佐藤光輝, 高木聖子, 今井正堯
2. 発表標題 Estimation of the drift rate and intensity of Neptune's storm in 2018 and 2020
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第150回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱田築, 高橋幸弘, 佐藤光輝, 高木聖子
2. 発表標題 望遠鏡観測による木星衛星エウロパ表面NaClの起源の検討
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第150回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋幸弘, 佐藤光輝, 久保田尚之, 松本淳
2. 発表標題 Scope and progress of ULAT/ SATREPS project for extreme weather monitoring in Asia
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第150回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, and G. Lopez
2. 発表標題 Lightning activity in western north Pacific measured by the V-POTEKA network and its relation to typhoon intensity
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Sato, M., and R. Kataoka
2 . 発表標題 Effects of solar proton event on global lightning activity
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Kubota, H., Y. Takahashi, and M. Sato
2 . 発表標題 Lightning bursts observed during the tropical cyclone genesis over the Philippine Sea
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Yamashiro, R., M. Nakamura, C. Hirose, N. Ishii, R. Nakamura, T. Matsumoto, Y. Akiyama, J. Nakatsuka, K. Goto, H. Toyota, T. Toda, A. Yamazaki, T. Satoh, T. Abe, T. Kouyama, M. Imai, H. Sagawa, M. Sato, Y. Takahashi, M. Taguchi, T. Fukuhara, T.M. Sato, S. Murakami, Y. Hayashi, T. Imamura
2 . 発表標題 Mission concept study for Japan's next Venus exploration
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Niwa S., M. Sato, Y. Takahashi, and H.Kubota
2 . 発表標題 Estimation of the relation between electrical properties of lightning and tropical cyclone intensity in the western north Pacific
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Noda, A., M. Sato, Y. Takahashi, H. Kubota, and K. Fukui
2 . 発表標題 Machine learning prediction of precipitation in Metro Manila, Philippines
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Hamada, J., J. Matsumoto, H. Kubota, M. Sato, Y. Takahashi, and G.V. Lopez
2 . 発表標題 Spatial and temporal variations of heavy rainfall in the Metro Manila, Philippines in the dry-wet transitional season based on a dense surface meteorological observation network
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, A. Noda, J. Hamada, and G.V.C. Lopez
2 . 発表標題 Quasi-real time monitoring of lightning and weather in the Philippines and western north Pacific for the severe weather intensity prediction
3 . 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Takahashi, Y., M. Sato, H. Kubota, T. Ishida, E. Castro, M. Algodon, G. Perez, and J.Marciano
2 . 発表標題 Coordinated observation system for extreme weathers consisting of AWS network with lightning sensor and micro-satellites
3 . 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Kubota, H., Y. Takahashi, and M. Sato
2 . 発表標題 Lightning bursts observed in the tropical cyclone during the genesis over the western north Pacific
3 . 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Noda, A., M. Sato, Y. Takahashi, H. Kubota, and K. Fukui
2 . 発表標題 Machine learning prediction of precipitation in Metro Manila, Philippines
3 . 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, L.J. Estrebilllo, S. Niwa, Purwadi, and G.V. Lopez
2 . 発表標題 ULAT project : Quasi-real time monitoring of lightning and weather in the Philippines and western north Pacific
3 . 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Kanno, M., Y. Takahashi, H. Ohya, H. Nakata, M. Sato, Purwadi, and H. Kubota
2 . 発表標題 Estimation of 3D location and charge amount of lightning discharges using SATREPS/ULAT observation network in Metro Manila, Philippines
3 . 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Niwa S., M. Sato, Y. Takahashi, and H.Kubota
2 . 発表標題 Estimation of the relationship between electric properties of lightning and intensity of tropical cyclones in western north Pacific
3 . 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Purwadi, Y. Takahashi, M. Sato, and H. Kubota
2 . 発表標題 Correlation between typhoon-related lightning activity and the maximum wind speed near the center examined by back-tracing technique
3 . 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Shuntaro, Y., M. Sato, Y. Takahashi, S. Takagi, T. Ono, Y. Sato, and H. Sugiyama
2 . 発表標題 Cloud and haze activity at Jupiter ' s polar regions and zone-belt structure investigated from multispectral and polarimetric observations
3 . 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Sato, M., Y. Takahashi, M. Imai, T. Kouyama, R. Yamashiro, H. Sagawa, T. M. Sato, A. Yamazaki, M. Nakamura, T. Satoh, T. Fukuhara, M. Taguchi, J. Nakatsuka, N. Ishii, and C. Hirose
2 . 発表標題 Science objectives of continuous Venusian lightning observations from Lagrange points
3 . 学会等名 ISAS Planetary Exploration Workshop 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Kubota, H., Y. Takahashi, M. Sato, J. Marciano, and G. Lopez
2 . 発表標題 Summer monsoon experiment in Metro Manila of Philippines in 2019 with intensive upper-air observation and dense automatic weather observation network
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 17th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Taguchi, M., M. Imai, Y. Takahashi, M. Sato, Y.J. Lee, Y. Shoji, and T. Nakano
2 . 発表標題 Spectroscopic observation of the Venus atmosphere to identify ultraviolet absorbers
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 17th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yamada, T., H. Winkler, T.O. Sato, T. Adachi, R. Larsson, Y. Takahashi, M. Sato, A.B. Chen, R.R. Hsu, Y. Nakano, and N. Yoshida
2 . 発表標題 HO2 enhancements above sprite-producing thunderstorms derived from low-noise SMILES observation spectra
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 17th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Geem, J., M. Ishiguro, B. Yoonsoo, D. Kuroda, H. Naito, H. Hanayama, Y. Kim, Y. Kwon, S. Jin, T. Sekiguchi, R. Okazaki, J.J. Vaubailon, M. Imai, T. Ono, Y. Futamura, S. Takagi, M. Sato, K. Kuramoto, and M. Watanabe
2 . 発表標題 Polarimetry of possible dormant comets among asteroids in comet-like orbits
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 17th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada, and J.J. Marciano
2 . 発表標題 Relation between lightning activities measured by the V-POTEKA network and intensity development of western north Pacific typhoons
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Sato, M., G. Lopez, Y. Takahashi, and H. Kubota
2 . 発表標題 Implementation of the ULAT project : Quasi-real time monitoring of lightning and weather in the Philippines
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Kittanapat, B., M. Sato, Y. Takahashi, and K. Masashi
2 . 発表標題 The contribution of lightning and precipitation currents to the global atmospheric electric circuit
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Estrebillo, L.J., M. Sato, and Y. Takahashi
2 . 発表標題 Lightning geolocation using the V-POTEKA ground-based lightning observation network in the western north Pacific
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Yokota, S., M. Sato, Y. Takahashi, S. Takagi, T. Ono, Y. Sato, and H. Sugiyama
2. 発表標題 Characteristics of Jovian polar atmosphere derived from multispectral and polarimetric observations
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Niwa, S., M. Sato, Y. Takahashi, and H. Kubota
2. 発表標題 Estimation of relationship between tropical cyclone intensity and electrical properties of lightning
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kubota, N., Y. Takahashi, M. Sato, G. Lopez, and J. Marciano
2. 発表標題 Summer monsoon experiment in Metro Manila of Philippines in 2019
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakamura, M., A. Yamazaki, R. Yamashiro, N. Ishii, T. Toda, Y. Futaana, S. Limaye, N. Terada, Y. Takahashi, M. Sato, et al.
2. 発表標題 Next generation Japan's Venus Exploration in 2020s
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Imai, M., Y. Takahashi, R.D. Lorenz, and M. Sato
2. 発表標題 Cosmic rays and high energetic particles at Venus: Analysis of triggered pulse events detected by Akatsuki/LAC
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Imai, M., T. Kouyama, H. Ohtake, T. Oozeki, and M. Sato
2. 発表標題 Machine learning based prediction of solar power generation by utilizing all-sky camera
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wada, Y., T.Enoto, Y.Nakamura, Y.Furuta, T.Yuasa, K.Nakazawa, T.Morimoto, M. Sato, T.Matsumoto, D.Yonetoku, T.Sawano, H.Sakai, M.Kamogawa, T.Ushio, K.Makishima, H.Tsuchiya
2. 発表標題 Downward terrestrial gamma-ray flashes coincident with energetic in-cloud pulses
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takahashi, Y., M. Sato, H. Kubota, T. Ishida, M. Algodon, E. Castro, L. Estrebillo, Purwadi, G. Perez, K. Yamashita, J. Matsumoto, and J. Hamada
2. 発表標題 Ground-based lightning and AWS network system for alert of torrential rainfall and typhoon combined with micro-satellite constellation
3. 学会等名 EGU General Assembly 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 雷放電活動に基づく台風強度予測	発明者 佐藤光輝, 高橋幸 弘, 久保田尚之	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/040908	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

佐藤光輝 研究室 - 研究内容 https://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~msato/research.html 佐藤光輝 研究室 - 研究内容 https://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~msato/research.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	高木 聖子 (Takagi Seiko) (40817392)	北海道大学・理学研究院・講師 (10101)	
研究 分担者	杉山 耕一郎 (Sugiyama Ko-ichiro) (60463733)	松江工業高等専門学校・情報工学科・准教授 (55201)	
研究 分担者	今井 正堯 (Imai Masataka) (70830389)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・特任助教 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------