

令和 2 年 9 月 9 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04315

研究課題名（和文）雷雲下の風力発電施設からの前兆電波を利用した被雷回数的大幅低減手法の開発

研究課題名（英文）Development of system and method for reducing lightning stroke for wind power station DOOR BASE STATION

研究代表者

高木 伸之（TAKAGI, NOBUYUKI）

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：80179415

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では風力発電での落雷による被害を現状の数分の一に削減するための新たな安価な落雷の予知技術の開発を行った。この落雷による被害低減技術は風車先端からの放電に伴う電波を落雷の30秒前に検知して風車を停止させるという方法である。風車を停止させれば避雷回数を80%以上低減できる。風車先端からの放電に伴う電波を落雷発生の30秒以上前にはほぼ100%検知できることを確認した。さらに開発した電波放射源3次元可視化システムを用いて多くの新たな知見を得ている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

風力発電は発電単価が安いことから世界各国で導入が伸び続けているが、日本では導入の余地が十分にあるにもかかわらず頭打ち傾向にある。その主な原因の一つが冬季の落雷による被害である。本研究では風力発電での落雷による被害を現状の数分の一に削減するための新たな安価な落雷の予知技術の開発に成功している。本研究で開発した電波放射源の3次元可視化システムは世界で類のない性能を有しており、すでに新たな学術的知見を得ておりこの分野での発展に大きく寄与できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed a new inexpensive lightning strike prediction technology to reduce the damage caused by lightning strikes in wind power generation to a fraction of the current level. The technology to reduce damage caused by lightning strikes is to detect the radio waves from the discharge from the tip of the wind turbine 30 seconds before the lightning strike and stop the wind turbine. Stopping the windmill can reduce the number of lightning strikes by 80% or more. It was confirmed that almost 100% of the radio waves due to the discharge from the tip of the wind turbine could be detected more than 30 seconds before the occurrence of a lightning strike. Furthermore, we have obtained many new findings by using the developed three-dimensional visualization system of radio wave radiation sources.

研究分野：電気電子工学

キーワード：風力発電 落雷予知 対雷対策 電波源位置標定

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球環境問題やエネルギー安全保障の観点から、LNG 火力と同等の発電単価を有する風力発電の導入量が多く、国で加速度的に増加している。一方、日本では他国と同様に膨大な導入可能な適地が存在するにもかかわらず、実際の導入量は可能量の 0.1% 程度で、しかも頭打ち傾向にある<sup>①</sup>。導入が進まない原因の一つが落雷による被害である。申請者が観測対象としている風車で 2014 年 12 月に発生したブレード(回転翼)への落雷で 5 千万円を遙かに超える被害が発生した。これだけの負債を抱えれば小・中規模の風力発電所では事業の継続は不可能である。最近 5 年間の風力発電での事故・故障原因のトップは不明を除けば落雷である<sup>②</sup>。これは、平均風速が 7m/s 以上の風力発電適地が日本海側地方に多くあり、この地方特有の冬季に発生する雷が高建造物で発生し易いために図 1 に示すように大きな雷リスクが存在するからである<sup>③</sup>。例えば、地上高 100m の建造物の場合、太平洋地域の夏季雷では落雷する頻度はおよそ 0.04 回/年(25 年間で 1 回程度)であるのに対して、北陸地方では冬季に 30 回/年もある。冬季に高建造物で落雷頻度が異常に高くなるのは、図 2 左に示すように雷雲高度が冬季は低くなり雷雲通過時に高建造物先端では放電開始電界を容易に上回り、建造物自体から雷放電が開始(上向き雷)するためである。夏季雷では雷雲内から放電が開始し(下向き雷)、その放電路が偶然に建造物の 100m 以内まで接近しないかぎりその建物へは落雷しない。このため図 2 右に示す環境下の高さ 333m の東京タワーでも年 1 回程度しか落雷は発生しない。冬季雷は北欧でも見られるが、風車から上向き雷を発生させる雷雲は日本固有の現象である。そこで国内外の複数の研究機関が冬季雷の観測を行い、冬季雷は落雷のエネルギーや中和電荷が太平洋側の夏季雷に比べて大きい等の特性を明らかにしてきた。大きなエネルギーはブレードやナセル(発電機等が入っている部分)、変電装置の焼失をもたらし、大きな中和電荷は導体の溶解(送電線では 200C で素線切れ)を引き起こした。そこで現在の耐雷対策では、大きな費用を費やして、近くに独立被雷鉄塔を建設し風車への落雷を減らしたり、FRP 樹脂製ブレードの先端に放電を受ける金属部分(レセプタ)を取り付けて破損を防いだり、雷撃電流をアースに導く導線(ダウンコンダクター)を太くしたり、大きな容量を持つ雷サージ吸収デバイス(SPD)を多数取り付けてエネルギーの大きな落雷に対処している。しかし残念ながら前述の通り落雷は故障・事故原因のトップのままである。

2. 研究の目的

以上より日本海側地方の風力発電施設で落雷による事故が多い原因は (1) 上向き雷が発生するため被雷回数が多い、(2) 冬季雷のエネルギーや中和電荷が大きい、の 2 つである。(2) を人工的に変えることは不可能であるが、我々の 10 年以上にわたる被雷鉄塔を有する風力発電施設への落雷を対象とした研究による成果<sup>④~⑩</sup>から、(1) の被雷回数を低減できるのではないかと考えた。雷雲電界下では鉄塔やブレードの先端からコロナ放電が発生し、その先端上部には空間電荷領域が形成される。図 3 に示すように、この空間電荷は、無風の鉄塔や無風でかつ停止中の風車の先端での雷雲による電界を弱めている。すなわち上向き雷の発生を抑制している。一方、鉄塔では風速 8m/s 超える場合は空間電荷が移動して上向き雷が発生している。また、回転中の風車では空間電荷は置き去りにされるために無風でも上向き雷が発生する<sup>⑨</sup>。この結果は、上向き雷を予知できれば、風車を停止させて上向き雷の発生を大幅に低減(80%以上)することが可能であることを示唆している。ただし、風車を停止させるのに必要な時間 30 秒前には落雷を予知する必要がある。

2014 年 11 月にニューメキシコ鉱科大学より電波放射源 3 次元位置標定

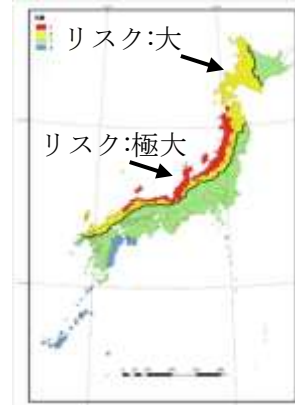


図 1 大エネルギー雷に対するリスクマップ

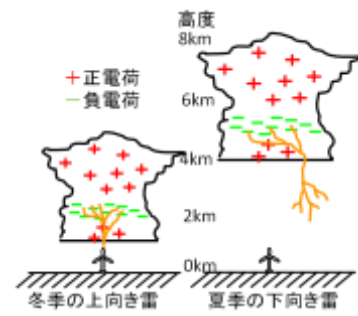


図 2 冬季雷と夏季雷

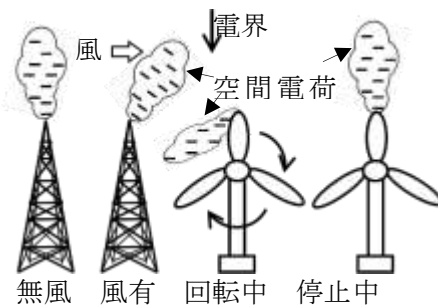


図 3 風車・鉄塔上の空間電荷

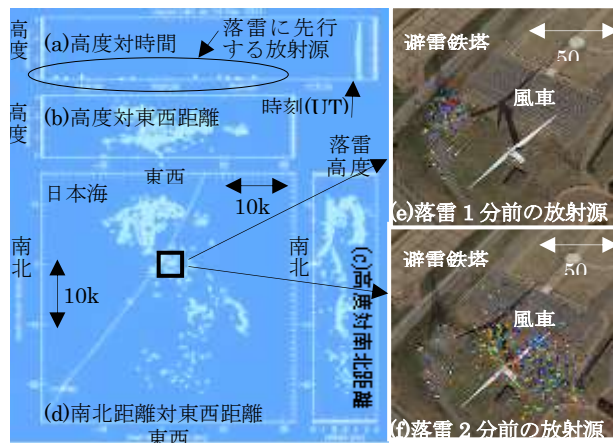


図 4 3次元電波放射源位置標定結果の一例

装置(位置精度±50m)を1ヶ月間借用した際に得られた避雷鉄塔からの上向き雷の観測結果の一例を図4に示す。(b),(c),(d)より放射源(点で表示)が東西20km、南北30km、高度5kmの範囲に及んでいることが分かるが、注目すべき点は同図(a)にあるように落雷の2分以上前(図は見やすくするため1分前から表示)から落雷に先行する放射源が低高度にあることである。この放射源の位置を拡大して同図(e)と(f)(図中の多数の点が放射源)に示す。落雷の2分前には風車先端で1分前には鉄塔先端で弱い放電が持続的に発生していたことが分かる。この新発見は2分以上前から位置精度50m以内で微弱放電を検知することによって上向き雷を予知できることを意味している。3次元電波放射源標定装置は電波放射源と9カ所のアンテナ間の到達時間差から3次元の位置を決定している。しかし、風車先端からの放電だけを検知すればよいのであれば2カ所のアンテナだけでも可能となる。この手法は、これまで申請者が開発してきた上向き雷の予知方法(他に誰も開発していない)である前兆電流の測定や空間電荷の測定に比べて、予知してから落雷が起きるまでの時間、位置精度、予知に必要な費用において大幅な向上が見込める。

本研究では風力発電施設への落雷を予知し、上向き雷の発生を低減するために以下の点を明らかにする。

- ・予知に最適な電波の受信周波数(短波帯)と複数のアンテナの最適な配置間隔を確定する。
- ・予知の時間精度と位置精度の検証を行う。
- ・前兆となる微弱放電に伴う電波が発生したとき上向き雷へと移行する確率を求める。
- ・空間電荷が上向き雷をどの程度抑制しているかを理論化する。
- ・停止させた風車からの上向き雷をさらに抑制することが可能な新型レセプタを開発する。

### 3. 研究の方法

本研究目的を達成するためにA電波放射源位置標定装置の製作、B装置を用いた電波放射源の測定、C予知をするのに最適周波数の特定、D予知をするのに最適なアンテナ配置間隔の特定、E予知の位置精度の検証、F落雷の何秒前までに予知が可能か検証、G前兆電波の発生から落雷へ移行する割合の特定、H空間電荷の上向き雷進展抑制効果の理論を構築、I前兆電波を生む放電の特定、J新型レセプタの開発を実現させる。落雷には、電流の極性に正・負・両極性の3種類あり、雷撃電流のピーク値は4桁も異なり振れ幅が大きく、雷雲も規模や種類が異なるので、少なくとも4年間の観測データが必要である。雷観測は石川県の内灘町周辺で毎年3ヶ月間常駐して行う。また、冬季雷観測をミス無く行うために研究協力者である大学院生の熟練度を向上させるために各年度の夏季は夏季雷を対象とした観測を岐阜大学で行う。

我々は最近10年間に渡って図5に示す石川県内灘町の海岸に設置された風力発電所を対象に冬季雷の観測を行ってきた。ほかにも大型発電所はあるが、石川県内灘町の風力発電所周辺は平坦で電界観測値の補正をする必要が無く、光学観測にも適している。また、現在すでに商用電源を使える借用地を4カ所(A~D)確保している。そのうちの1カ所は寝泊まりが可能な小屋であり、年間を通じて雷観測が可能である。主目的の電波放射源位置標定装置を新たに4カ所の観測地点(E~H)に設置した。また、本研究において多地点で使用する電波放射源位置標定装置以外に、すでに設置されている落雷電流測定装置、雷撃進展撮影装置、高速度ビデオカメラ、広帯域電界変化計、静電界計、空間電荷密度測定装置、気象データ収集装置、360°ビデオカメラ等が目的達成の大きな手助けとなる。

図6に示すように任意の場所(x,y,z)と時刻(t)で放電により電波が放射されたとき、各受信アンテナでの電波の到達時刻 $t_1 \sim t_4$ を決定する連立方程式の未知数はx,y,z,tの4つであるので、4カ所以上のアンテナでその電波を受信すれば電波源の位置を決定することができる。ただし、 $t_1 \sim t_4$ はそれぞれの受信アンテナと同じ場所にあるGPSアンテナによって既知となっている。制作する受信アンテナシステムはグラウンドプレーンアンテナ、プリアンプ、GPSアンテナ、記録計により構成される。電源は商用電源を予定しているが、地主から電源ポールの設置許可が得られない場合は所有する太陽電池と2次電池によって電源を供給する。

### 4. 研究成果

上記AからJの研究目標に対してA~Fを完了し、G~Hについては80%程度の達成度、Iは70%程度、Jについては30%程度の達成度である。

#### (1) 冬季雷雲下の風力発電施設からのコロナ放電<sup>①</sup>

本研究では風車先端からの放電を早期に検知して風車を停止させることによって落雷の被害を大幅に低下せる。従って、風車からの上向き落雷の発生前に風車上端での放電を落雷の30秒

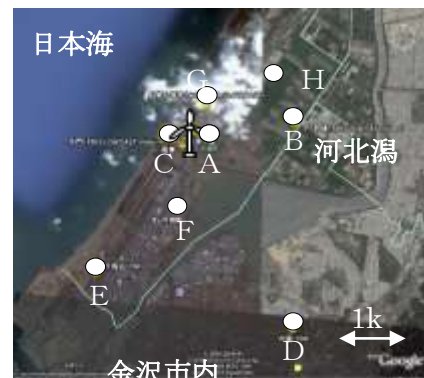


図5 石川県内灘町の観測地点

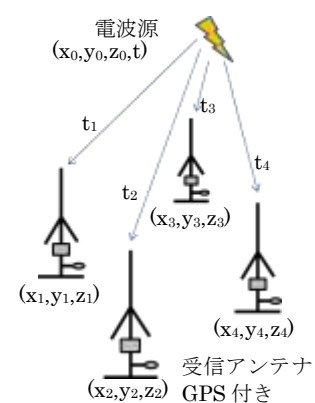


図6 電波放射源3次元位置標定の原理

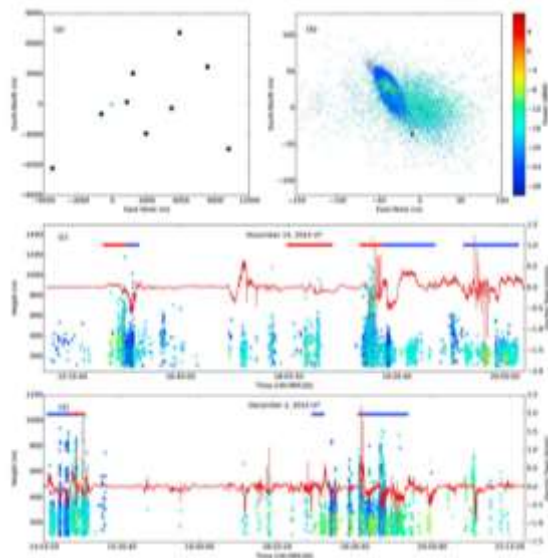


図7 3次元位置標定された風力発電施設からの放電(a)アンテナの位置(b)風車(座標が0,0)近傍の電波放射源(c)11/14/2014(15時~21時)の地上電界と風車近傍の電波放射源、(d)12/2/2014(14時~22時)の地上電界と風車近傍の電波放射源

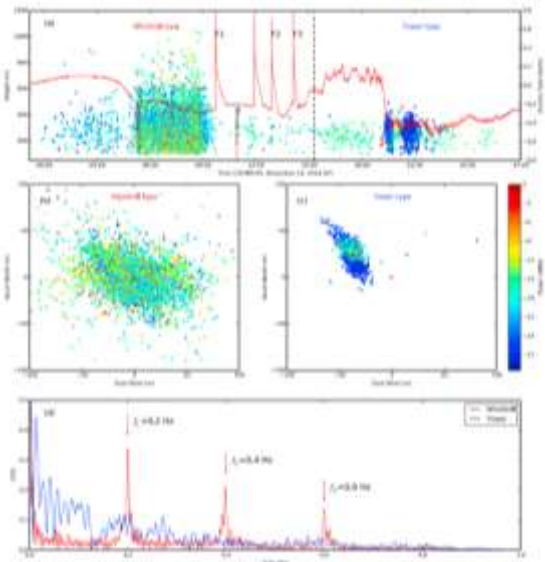


図8 3次元位置標定された風力発電施設からの放電(a)図7(c)の19:00-19:27拡大図(b)風車(座標が0,0)近傍の電波放射源(c)被雷鉄塔(風車の北東45m)近傍の電波放射源、(d)電波放射の周波数スペクトル

以上前に検知できなければ意味がない。そこで、VHF帯電波の受信を利用した電波放射源3次元位置標定装置を用いて風車先端での放電の発生状況について解析を行った。図7(c),(d)は数時間単位の2日間の地上電界と風力発電施設近傍で発生した電波放射源を示している。両日共に雷雲通過に伴い地上電界が上昇する6と風力発電施設近傍で放電が発生していることがわかる。また図8(a)の赤線の急峻な変化は落雷の発生を示しており、いずれも少なくとも1分前より風車先端で放電が発生していることを示しており本研究を遂行することは可能である事が分かった。また、放射源電力や放射源高度、近隣で発生した雷放電との強い関連性についての新たな知見も得られた。

(2) 北陸地方の冬季雷の電荷構造<sup>①</sup>

前項の結果において風車からの電波放射源は雷雲下の電界極性等により変化することがある。代表的な雷雲は上から正電荷・負電荷・正電荷の3極構造をしている。電波放射源3次元位置標定システムは放電特性から電荷領域の極性も検知することが可能である。冬季の3日間の時間毎の電荷構造を図9に示す。3極構造以外に4極構造、正・負の2極、負・正の2極、逆3極等の電荷領域が時間と伴に変化することを発見した。



図9 レーダーエコー図に重ね書きした電荷領域

(3) 風力発電施設への落雷の雷撃電流特性<sup>②</sup>

風車への落雷による被害は電流の特性と密接な関係がある。ピーク電流値だけではなく中和電荷量は金属の溶解と関連性があり、電流二乗時間積はエネルギーに相当し、電流の継続時間が長くなると中和電荷量とエネルギーの両方を大きくする。そこで風力発電施設への82例の落雷を極性別にその雷撃特性を求めた。これを図10に示す。全落雷の約6割が負極性、約2割が正極性、約2割が両極性であった。電流二乗時間積の50%値は正極性が負極性の約8倍、5%値は18倍も大きい。一方、継続時間の50%値は負極性が正極性の2.5倍、5%値は3倍程長い。

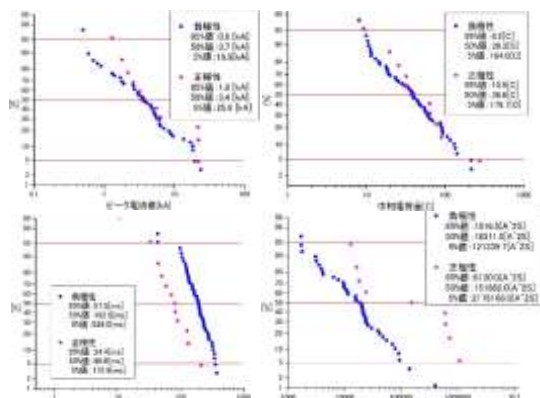


図10. 落雷極性別雷撃電流特性

(4) 異なる周波数帯を用いた雷放電経路の3Dマッピングシステムの開発<sup>③④</sup>

上述の観測結果はVHF帯電波の放射源の位置標定によって得られている(ニューメキシコ鉱科大学によって開発されたシステム:通称LMA)。VHF帯電波は位置精度が高く多くの放射源を特定できるという利点を有しているが、受信波形から雷放電の物理的進展過程が推測できないという欠

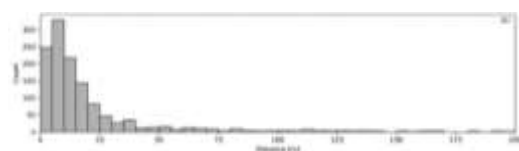


図11. FALMAの電波源位置標定誤差

点を有している。そこで当研究室では雷放電過程が把握可能な LF 帯の電波を利用した位置標定システム (FALMA) を開発した。その位置精度を図 11 に示す。標定誤差の平均値は 21m、中央値は 11m であり、LMA と同等以上の性能を実現できた。この LMA と FALMA を同じ観測サイトに設置し異なる周波数帯での位置標定を同じ雷放電について行った。図 12 はその一例で、雷放電路が進展するときに放電路の先端で VHF 帯の放射源が最初に発生し、続いてその後ろで LF 帯の放射源が発生することが分かった。

#### (5) 落雷の予知<sup>®</sup>

電波放射源 3D 位置標定システムは実際に雷放電が発生した個々の場所を標定している。すなわちその場所に電荷があったことを意味している。従って次に落雷が発生する場所はすでに標定した放射源の近くであると推定される。推定結果を図 13 に示す。色の赤い部分が発生確率が高い場所であり、30 分以内に落雷が発生した確率は 99.5% とほぼ的中している。今後は予知範囲をより狭くしたピンポイントでの予知とピンポイントでの落雷時刻の予知を目指す。

#### <引用文献>

- ① NEDO 再生可能エネルギー技術白書(第 2 版)(2014)
- ② NEDO 平成 26 年度風力発電故障・事故調査結果報告書(2015)
- ③ NEDO 次世代風力発電技術開発(落雷保護対策)(2015)
- ④ D. Wang, W. Rison, N. Takagi, R.J.Thomas, H.E. Edens, D. Rodeheffer, P. R. Krehbiel, Japan Winter Upward Lightning: Triggering Source, Initial Leader Progression and Parent Storm Charge Structure, Asia-Pacific International Conference on Lightning (APL), Nagoya, Japan(2015)
- ⑤ K. Takamatsu, N. Takagi, D. Wang, Characteristics of the brief but bright discharges that often occur along the trails of positive leaders, J. Atmos. Electr., Vol.35, No.1, 17-30(2015)
- ⑥ K. Takamatsu, N. Takagi, D. Wang, Characteristics of leader/return stroke sequence along one of multiple branches of upward lightning discharges, XV International Conference on Atmospheric Electricity, Norman Oklahoma, USA(2014)
- ⑦ Y.Takayanagi, M.Akita, Y.Nakamura, S.Yoshida, T.Morimoto, T.Ushio, Z-I.Kawasaki, D.wang, N.Takagi, H.Sakurano, Y.Kubouchi, Upward lightning observed by LF broadband interferometer, The Institute of Electrical Engineers of Japan, Transaction A, Vol. 133, No. 3, doi.org/10.1541/ieejfms.133.132, 132-141(2013)
- ⑧ D.Wang and N.Takagi, Characteristics of winter lightning that occurred on a windmill and its lightning protection tower in Japan, IEEJ Transaction on Power and Energy, Vol.132, No.6, DOI:10.1541/ieejpes.132.568, 568-572(2012)
- ⑨ D. Wang, N. Takagi, Typical characteristics of upward lightning observed in Japanese winter thunderstorms and their physical implications, Proceedings of 14th International Conference on Atmospheric Electricity, Rio de Janeiro, Brazil(2011)
- ⑩ 高木伸之, 王道洪, 冬季における風力発電設備への雷撃特性、電気学会論文誌 B, Vol. 131, No. 7, 532-535(2011)
- ⑪ Wu T., D. Wang, W. Rison, R.J. Thomas, H.E. Edens, N. Takagi, and P.R. Krehbiel, Corona discharges from a windmill and its lightning protection tower in winter thunderstorms, J. Geophys. Res., 122, 4849-4865, doi:10.1002/2016JD025832(2017)
- ⑫ Zheng,D., Wang, D., Zhang,Y., Wu, T., & Takagi, N., Charge regions indicated by LMA lightning flashes in Hokuriku's winter thunderstorms. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, https://doi.org/10.1029/2018JD030060(2019).
- ⑬ J. Sawada, N. Takagi, D. Wang, T. Wu., Characteristics of lightning current at wind power generation facilities, Proceedings of the International Conference on Atmospheric Electricity, Nara, Japan(2018).
- ⑭ Wu T., D. Wang, N. Takagi, Lightning Mapping with an Array of Fast Antennas, Geophys. Res. Lett., 45, 3698-3705, doi:10.1002/2018GL077628(2018)
- ⑮ 西尾謙, 島佳大, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之, 異なる周波数帯を用いた雷放電経路の 3D マッピングシステムの開発, 日本大気電気学会第 97 回発表会(2019)
- ⑯ Wang, D.; Wu, T.; Takagi, N., Practical Features of 3D Lightning Mapping System FALMA. Proceedings of 11th Asia Pacific International Conference on Lightning, Hongkong, China(2019)

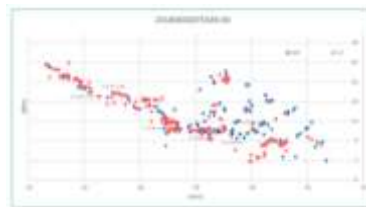


図 12. LF 帯電波源(赤)と VHF 電波源(青)の雷放電路位置標定例



図 13. 落雷の予知結果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 26件）

1. 著者名 Wu Ting, Wang Daohong, Takagi Nobuyuki	4. 巻 124
2. 論文標題 Intracloud Lightning Flashes Initiated at High Altitudes and Dominated by Downward Positive Leaders	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 6982-6998
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1029/2018JD029907">https://doi.org/10.1029/2018JD029907</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Zheng Dong, Wang Daohong, Zhang Yijun, Wu Ting, Takagi Nobuyuki	4. 巻 124
2. 論文標題 Charge Regions Indicated by LMA Lightning Flashes in Hokuriku's Winter Thunderstorms	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 7179-7206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1029/2018JD030060">https://doi.org/10.1029/2018JD030060</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Shi Dongdong, Wang Daohong, Wu Ting, Takagi Nobuyuki	4. 巻 124
2. 論文標題 Correlation Between the First Return Stroke of Negative CG Lightning and Its Preceding Discharge Processes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 8501-8510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1029/2019JD030593">https://doi.org/10.1029/2019JD030593</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Wu, T., Wang, D., & Takagi, N.	4. 巻 124
2. 論文標題 Velocities of positive leaders in intracloud and negative cloud to ground lightning flashes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 9983-9995
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2019JD030783">https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2019JD030783</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gao, P., Wang, D., Shi, D., Wu, T., & Takagi, N.	4. 巻 10
2. 論文標題 Characterization of Multitermination CG Flashes Using a 3D Lightning Mapping System (FALMA)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheres	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://www.mdpi.com/2073-4433/10/10/625">https://www.mdpi.com/2073-4433/10/10/625</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Huang, H., Wang, D., Wu, T., & Takagi, N.	4. 巻 124
2. 論文標題 Progression Features of Dart Leaders in Natural Negative Cloud to Ground Lightning Flashes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 11143-11154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2019JD030990">https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2019JD030990</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shi, D., Wang, D., Wu, T., & Takagi, N.	4. 巻 124
2. 論文標題 Temporal and Spatial Characteristics of Preliminary Breakdown Pulses in Intracloud Lightning Flashes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 12901-12914
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://agupubs.pericles-prod.literatumonline.com/doi/abs/10.1029/2019JD031130">https://agupubs.pericles-prod.literatumonline.com/doi/abs/10.1029/2019JD031130</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wang Daohong, Wu Ting, Takagi Nobuyuki	4. 巻 138
2. 論文標題 Charge Structure of Winter Thunderstorm in Japan: a Review and an Update	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 310~314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.138.310	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wu Ting, Wang Daohong, Takagi Nobuyuki	4. 巻 45
2. 論文標題 Lightning Mapping With an Array of Fast Antennas	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 3698 ~ 3705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2018GL077628	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wu Ting, Wang Daohong, Takagi Nobuyuki	4. 巻 123
2. 論文標題 Locating Preliminary Breakdown Pulses in Positive Cloud-to-Ground Lightning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 7989-7998
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1029/2018JD028716">https://doi.org/10.1029/2018JD028716</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shi Dongdong, Wang Daohong, Wu Ting, Thomas Ronald J., Edens Harald E., Rison William, Takagi Nobuyuki, Krehbiel Paul R.	4. 巻 123
2. 論文標題 Leader Polarity-Reversal Feature and Charge Structure of Three Upward Bipolar Lightning Flashes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 9430 ~ 9442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD028637	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Huang Haitao, Wang Daohong, Wu Ting, Takagi Nobuyuki	4. 巻 123
2. 論文標題 Formation Features of Steps and Branches of an Upward Negative Leader	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 12,597 ~ 12,605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1029/2018JD028979">https://doi.org/10.1029/2018JD028979</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



1. 著者名 Hazmi Ariadi, Emeraldi Primas, Hamid Muhammad, Takagi Nobuyuki, Wang Daohong	4. 巻 8
2. 論文標題 Characterization of Positive Cloud to Ground Flashes Observed in Indonesia	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos8010004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Daohong Wang, Ting Wu, Nobuyuki Takagi	4. 巻 1
2. 論文標題 Charge Structure of Winter Thunderstorm in Japan: a Review and an Update	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 4th International Symposium on Winter Lightning	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Naoki Tsukamoto, Ting Wu, Daohong Wang and Nobuyuki Takagi	4. 巻 37
2. 論文標題 Light intensity profiles of return strokes at the bottom of rocket-triggered and natural lightning channels	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Atmospheric Electricity	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Daohong Wang, Haitao Huang, Hideyuki Yamada, Naoki Tsukamoto, Ting Wu, and Nobuyuki Takagi	4. 巻 1
2. 論文標題 Observation of Lightning Attachment Process Using a New LAPOS	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th Asia-Pacific International Conference on Lightning	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Naoki Tsukamoto, Ting Wu, Daohong Wang, and Nobuyuki Takagi	4. 巻 1
2. 論文標題 Return Stroke Light Intensity Profiles in the Bottom of Rocket-Triggered Lightning and Natural Lightning	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th Asia-Pacific International Conference on Lightning	6. 最初と最後の頁 5-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ting Wu, Daohong Wang, Nobuyuki Takagi, William Rison, Ronald J. Thomas, Harald E. Edens, and Paul R. Krehbiel	4. 巻 1
2. 論文標題 Observation of Corona Discharges from a Windmill and a Nearby Tower with LMA	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th Asia-Pacific International Conference on Lightning	6. 最初と最後の頁 9-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Wu Ting, Wang Daohong, Rison William, Thomas Ronald J., Edens Harald E., Takagi Nobuyuki, Krehbiel Paul R.	4. 巻 122
2. 論文標題 Corona discharges from a windmill and its lightning protection tower in winter thunderstorms	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 4849 ~ 4865
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2016JD025832	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Daohong Wang, Yasuhumi Hisai, Haitao Huang, Ting Wu, and Nobuyuki Takagi	4. 巻 1
2. 論文標題 A comparative study on intermittent propagation mode of positive and negative leaders	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Conference on Lightning & Static Electricity	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 D. Wang, N. Takagi, M. A. Uman, D.M. Jordan	4. 巻 1
2. 論文標題 Bi-directional Discharges Occurring at the Tip of Dart Stepped Leaders in Rocket Triggered Lightning Discharges	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of 24th International Lightning detection Conference & 6th International Lightning Meteorology Conference, California USA	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Daohong Wang, Norio Sawamura, Nobuyuki Takagi	4. 巻 152
2. 論文標題 A Positive Lightning Discharge that Caused Severe Damage to the Blade of a Windmill	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of 33rd International Conference on Lightning Protection	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Daohong Wang, Shintaro Kuroda, Nobuyuki Takagi	4. 巻 47
2. 論文標題 Lightning Attachment Process Parameters Measured by Using LAPOS	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of 33rd International Conference on Lightning Protection	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 D. Wang, S. Okumura, T. Wu and N. Takagi	4. 巻 1
2. 論文標題 Progression Characteristics of the Transient Discharges Occurred at the Trails of Positive Upward Leaders	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of 2016 AGU Fall Meeting, San Francisco	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ariadi Hazmi, Primas Emeraldi1, Muhammad Imran Hamid1, and Nobuyuki Takagi	4. 巻 8-2
2. 論文標題 Some Characteristics of Multiple Stroke Negative Cloud to Ground Lightning Flashes in Padang	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 International Journal on Electrical Engineering and Informatios	6. 最初と最後の頁 438-450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang, D., N. Takagi, M. A. Uman, and D. M. Jordan	4. 巻 121
2. 論文標題 Luminosity progression in dart-stepped leader step formation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Geophys. Res. Atmos.	6. 最初と最後の頁 14612-14620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2016JD025813	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計60件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Ting Wu, Daohong Wang, Dongdong Shi, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 The Fast Antenna Lightning Mapping Array (FALMA): Applications in lightning research
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019, San Francisco, USA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ting Wu, Daohong Wang, Dongdong Shi, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 Intracloud and negative cloud-to-ground lightning flashes not producing classic preliminary breakdown pulses
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019, San Francisco, USA (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ting Wu, Daohong Wang, Dongdong Shi, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 Three-dimensional lightning mapping using low-frequency radio waves
3. 学会等名 Proceedings of URSI-JRSM, Tokyo, Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wang, Daohong; Wu, Ting; Takagi, Nobuyuki
2. 発表標題 Practical Features of 3D Lightning Mapping System FALMA
3. 学会等名 Proceedings of 11th Asia Pacific International Conference on Lightning, Hongkong, China (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wu, Ting; Wang, Daohong; Takagi, Nobuyuki
2. 発表標題 Some Abnormal Lightning Flashes Imaged by the FALMA
3. 学会等名 Proceedings of 11th Asia Pacific International Conference on Lightning, Hongkong, China (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shi, Dongdong; Wang, Daohong; Wu, Ting; Takagi, Nobuyuki; Huang, Haitao
2. 発表標題 A Study on the Initiation of Initial Breakdown
3. 学会等名 Proceedings of 11th Asia Pacific International Conference on Lightning, Hongkong, China (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Huang, Haitao; Wang, Daohong; Wu, Ting; Takagi, Nobuyuki
2. 発表標題 Progression Characteristics of Dart Leaders Observed by LAPOS5
3. 学会等名 Proceedings of 11th Asia Pacific International Conference on Lightning, Hongkong, China (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本田隼大
2. 発表標題 Lightning Mapping System の構築
3. 学会等名 令和元年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小寺裕斗
2. 発表標題 正極性リーダ速度の落雷と雲放電での違いについて
3. 学会等名 令和元年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅井貴文
2. 発表標題 夏季と冬季の負極性落雷のPB パルスの比較検討
3. 学会等名 令和元年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 細木和哉
2. 発表標題 多地点電界波形を用いた落雷の自動識別
3. 学会等名 令和元年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神出裕基
2. 発表標題 高高度雲放電のパルス特性について
3. 学会等名 令和元年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水千貴, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 落雷および雲放電に含まれるPBの発生高度別の特性の比較・検討
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤孝平, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 落雷強弱別のリーダ放電の特性
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小出雅人, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 雷雲の初期発達期における雷放電の特徴
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西尾謙, 島佳大, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 異なる周波数帯を用いた雷放電経路の3Dマッピングシステムの開発
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藺浦伸介, 王道洪, WU Ting, 高木伸之
2. 発表標題 双方向リーダの進展特性と関連するパルス波形の特徴
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dongdong Shi, Daohong Wang, Ting Wu, Nobuyuki Takagi, Haitao Huang
2. 発表標題 A study on the initiation of preliminary breakdown process
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Haitao Huang, Daohong Wang, Ting Wu, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 Progression Characteristics of Downward Leaders Observed by LAPOS5
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田英幸, 黄海涛, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 LAPOS5号機による自然雷とロケット誘雷の最終雷撃過程の観測結果
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 王道洪, ウ・ティン, 高木伸之
2. 発表標題 雷放電3DマッピングシステムFALMAの実用性について
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ting Wu, Daohong Wang, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 Recent observations with the Fast Antenna Lightning Mapping Array (FALMA)
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深尾健二, 高木伸之, 王道洪, ウ・ティン
2. 発表標題 FALMAと高速ビデオカメラの比較検討
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 多田健, 高木伸之, 王道洪, ウ・ティン
2. 発表標題 ハイブリッド雷の特徴
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 手嶋健, 倉知純平, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之 (10 /
2. 発表標題 ワイヤ付き電極による大気電界計測の検証実験
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浦田政貴, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 帰還雷撃の電界波形の微細構造に関する研究
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junya Sawada, Nobuyuki Takagi, Daohong Wang, Ting Wu
2. 発表標題 Characteristics of lightning current at wind power generation facilities
3. 学会等名 International Conference on Atmospheric Electricity (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Haitao Huang, Daohong Wang, Ting Wu, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 Optical Progression Features of the Step Formation of Two Negative Stepped Leaders
3. 学会等名 International Conference on Atmospheric Electricity (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Dongdong Shi, Daohong Wang, Ting Wu, Ronald J. Thomas, Harald E. Edens, William Rison, Nobuyuki Takagi, Paul R. Krehbiel
2. 発表標題 Leader Polarity-Reversal Feature and Charge Structure of Upward Bipolar Lightning Flash
3. 学会等名 International Conference on Atmospheric Electricity (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ting Wu, Daohong Wang, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 Development of Fast Antenna Lightning Mapping Array (FALMA) and preliminary results
3. 学会等名 International Conference on Atmospheric Electricity (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Jumpei Kurachi, Daohong Wang, Ting Wu, Nobuyuki Takagi
2 . 発表標題 A method of measuring thunderstorm electric field by using a pair of wire-attached electrodes and LMA
3 . 学会等名 International Conference on Atmospheric Electricity ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Hideyuki, D. Wang, T. Wu, N. Takagi, D. Jordan, and M. A. Uman
2 . 発表標題 Lightning attachment process of rocket triggered return strokes observed by using LAPOS 5
3 . 学会等名 International Conference on Atmospheric Electricity ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Haitao Huang, Daohong Wang, Ting Wu, Nobuyuki Takagi
2 . 発表標題 Optical progression features of the step formation of two negative stepped leaders
3 . 学会等名 日本大気電気学会第96回発表会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Dongdong Shi, Daohong Wang, Ting Wu, Nobuyuki Takagi
2 . 発表標題 A study on the formation of upward bipolar lightning discharges
3 . 学会等名 日本大気電気学会第96回発表会
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Ting Wu, Daohong Wang, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 Development of Fast Antenna Lightning Mapping Array (FALMA)
3. 学会等名 日本大気電気学会第96回発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Haitao Huang, Daohong Wang, Ting Wu, Nobuyuki Takagi
2. 発表標題 Optical Observations of Winter Lightning from a Windmill and Its Surrounding Tall Structures
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西尾謙, ウティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 雷放電のVHF波とLF波における放射源の位置標定の比較
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 手嶋健, 波多野陽, ウティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 ドローンを用いた人工誘雷技術開発の基礎的研究
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浦田政貴, ウティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 帰還雷撃の電界波形の微細構造に関する研究
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深尾健二, 呉亭, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 落雷の高速ビデオを用いたFALMAの位置標定精度の検証
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小出雅人, 呉亭, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 雷雲の初期発達期における雷放電の特徴
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤孝平, 呉亭, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 落雷強弱別のリーダ放電の特性
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水千貴, 呉亭, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 落雷および雲放電に含まれるPBの発生高度別の特性の比較検討
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今井正雄, ウティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 FALMAの位置精度について
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ting Wu, Daohong Wang, Nobuyuki Takagi, William Rison, Ronald J. Thomas, Harald E. Edens
2. 発表標題 Corona discharges from a windmill and a nearby tower observed by LMA
3. 学会等名 日本大気電気学会第95回 研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田英幸 (B4), 塚本直樹, 呉亭, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 LAPOS5 号機による落雷最終雷撃過程の観測結果
3. 学会等名 日本大気電気学会第95回 研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 王道洪, 吳亭, 高木伸之
2. 発表標題 A comparative study on intermittent propagation mode of positive and negative leaders
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 米国地球物理学連合 (JpGU-AGU) 共同大会 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 倉知純平, 高木伸之, 王道洪, 吳亭
2. 発表標題 電界センサーの電界極性効果の検証
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉浦敬, 浅井弥呂稀, 吳亭, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 多地点ファストアンテナによる落雷位置の標定
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳥佳大, 高木伸之, 王道洪, 吳亭
2. 発表標題 電波放射源3Dマッピングシステムの開発と初期観測結果
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 深谷祐介, 波多野陽, 王道洪, 高木伸之, 呉亭
2. 発表標題 ドローンを用いた誘雷技術の開発
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田英幸, 塚本直樹, 王道洪, 高木伸之, 呉亭
2. 発表標題 LAPOSS号機による落雷最終雷撃過程の観測結果
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤田惇矢, 高木伸之, 王道洪, 呉亭
2. 発表標題 風力発電施設への雷撃の電流特性
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塚本直, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 フロリダロケット誘雷並びに自然落雷の発光プロファイル
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 浅井弥呂稀, 王道洪, 高木伸之, 唔亭
2. 発表標題 自発型上向きリーダの進展速度と電界強度の相関
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奥村俊介, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 正リーダ進展時に発生する瞬間再放電の進展様相
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 波多野陽, 昊亭, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 電界センサーの屋外観測結果
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 瀧森良造, ウ・ティン, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 ワイヤー付き短ギャップによる電界測定
3. 学会等名 電気関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ting Wu, Daohong Wang, Nobuyuki Takagi , William Rison, Ronald J. Thomas, Harald E. Edens, Paul R. Krehbiel
2. 発表標題 Corona discharges from a windmill and a nearby tower observed by LMA
3. 学会等名 日本大気電気学会第95回研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山田英幸, 塚本直樹, 呉亭, 王道洪, 高木伸之
2. 発表標題 LAPOS5 号機による落雷最終雷撃過程の観測結果
3. 学会等名 日本大気電気学会第95回研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

高木・王・ウ研究室 <a href="https://www1.gifu-u.ac.jp/~lrg/index.html">https://www1.gifu-u.ac.jp/~lrg/index.html</a>
--

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	王 道洪  (Wang Daohong)  (20273120)	岐阜大学・工学部・教授    (13701)	

