

令和 3 年 6 月 20 日現在

機関番号：32706

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13971

研究課題名（和文）IoTを活用した落雷位置標定ネットワークの構築による気象災害防止

研究課題名（英文）Disaster prevention by constructing worldwide lightning location network based on the IoT

研究代表者

成田 知巳（NARITA, TOMOMI）

湘南工科大学・工学部・教授

研究者番号：00767808

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：北海道から沖縄、小笠原諸島まで国内に53カ所受信局を設置するとともに、磁界波形を含むデータをサーバーに転送し、データベースを構築して保存するシステムを構築した。設置にあたり、全国各地の大学などの協力を得た。さらに、海外には、アジア各地に計20カ所に設置した。その結果、国内53局、国外20局の計73局となり、アジア最大の落雷位置標定ネットワークを構築した。これによりアジア各地の落雷をリアルタイムで把握出来るようになり、インターネットで無料で公開し、気象災害防止に貢献している。他のシステムと比較した結果、その位置精度は、中央値で1kmとなった。本データは海上保安庁海洋状況表示システムに採用された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ゲリラ豪雨などの極端な気象現象が発生している。急速に積乱雲が発生するため、気象レーダでは10分に一度程度しか情報が更新できず、把握が困難である。また、落雷位置標定システムは、積乱雲で発生する雷に伴う電磁波から位置を瞬時に把握できるが、電力会社などで活用されるだけであった。つまり、リアルタイムかつ詳細なデータは有料であった。そこで、ドイツを中心にボランティアが運用しているシステムを日本に初導入し、全国に受信局を展開し、リアルタイムかつ無料で落雷位置情報を提供した。これにより、積乱雲の発生をいち早く把握でき、ゲリラ豪雨などからの減災にも役立てられている。

研究成果の概要（英文）：We have set up 53 receiving stations in Japan from Hokkaido to Okinawa and the Ogasawara Islands, and also built a system to transfer data including magnetic field waveforms to a server, build a database, and save it. For the installation, we obtained the cooperation of universities all over the country. Furthermore, overseas, it has been installed in a total of 20 locations throughout Asia. As a result, there were 53 domestic stations and 20 overseas stations, for a total of 73 stations, and the largest lightning strike positioning network in Asia was constructed. This makes it possible to grasp lightning strikes in various parts of Asia in real time, and publishes them free of charge on the Internet, contributing to the prevention of meteorological disasters. As a result of comparison with other systems, the median position accuracy was 1km.

研究分野：防災工学

キーワード：雷放電位置標定システム VLF 積乱雲

1. 研究開始当初の背景

近年、全地球的な気候変更の影響から、様々な気象災害が発生している。ゲリラ豪雨に代表される気象現象は、雷を伴う積乱雲が局所的に発達したもので、空間および時間スケールが小さいため、観測や予測が困難である。日本では、気象庁や電力会社が LF 帯を用いた落雷位置標定装置を導入し、防災や設備点検などに活用しているが、アジアのほとんどの国では、落雷位置標定装置がないのが現状である。また、日本では、風力発電設備が大きなエネルギー量を伴う落雷により、ブレードや発電機が損傷する事例や送電線の地線が断線する事例が報告されており、電力を安定供給する上で問題となっている。

以上の状況を解決するため、申請者は、落雷から発生する VLF 帯の電磁波を観測し、落雷位置や落雷電荷量を推定するための研究を開始した。従来の落雷位置標定装置は LF 帯の電波を使っているが、位置精度は高いものの受信局から 200km 程度までの落雷しか標定出来ない欠点がある。また、エネルギー量の推定は、LF 帯では電波の伝搬特性から困難である。一方、ELF 帯の電波を使って推定する試みがあるが、位置精度が悪いという欠点がある。そこで、本研究では、それぞれの周波数帯の利点を活用して課題を解決する。まず、落雷から発生する主成分である VLF 帯の電波を活用すると 5000km 以上の遠方からの電波も受信出来ることから、アジア全体の落雷標定が可能となる。しかし、遠方では位置標定精度が低下することから、IT 技術を活用した安価な装置を多く導入することにより、位置精度を維持する。また、落雷から発生する電磁波は、周波数により減衰度合いが異なり、例えば ELF 帯は 1000km まで誘導解がそのまま伝搬するが、LF 帯では 100m 程度である。この誘導項は、磁界波形がどこまで電流波形と相似であるかを意味しており、電流波形と相似であれば、時間積分することにより電荷量を求めることが可能となる。本研究では、VLF 帯の電波を適用することにより約 50km (1kHz に相当) までなら誘導項が電流波形と相似となることに注目し、安価な装置を 50km 間隔で設置することにより、電荷量を算出する。これらは、安価で高性能なハードウェアの進展により初めて可能となる。

2. 研究の目的

ゲリラ豪雨に代表される気象現象は、時間的空間的に非常に小さいスケールで発生する。この現象を捉える方法としては、レーダ観測があるが、観測にある程度の時間を必要とする。一方、雷放電に伴う電波観測から導出する落雷位置標定は、ほぼリアルタイムに落雷の位置を標定するため、気象災害防止に役立つ。申請者は、すでにリアルタイムでネットの地図に表示するシステムを無料で公開しており、この標定エリアをアジア全体に拡大することにより、気象災害防止を図る。このような広域かつリアルタイムで表示する落雷位置標定システムは、防災上有効であると考えられる。さらに、本研究では、ゲリラ豪雨を引き起こす気象条件と落雷位置との関連性を導出し、短時間予測手法を見いだす。具体的には、落雷位置データおよび気象レーダを関連付け、移動方向を予測することにより、農作業やスポーツなどから人的被害および経済的被害を最小限にするための条件を抽出する。

なお、雷放電に伴う落雷位置標定装置は、電力会社や一部の気象会社が所有しているが、詳細な情報は一般に公開されていない。一方、本研究では、観測データをすべて無料で公開しており、いつでも閲覧が可能な状態となっている。このようなオープンネットワークは、他に類を見ない。また、大きなエネルギー量を伴う落雷により、電力設備である送電線や風力発電設備が大きく被害を受け、電力の安定供給に支障となる事例が散見されているが、落雷の電荷量推定は困難であり、対策はほとんど進んでいない。VLF 帯の電波観測により、落雷から 50km までは、誘導項が残るため、磁界波形を時間積分することにより、エネルギー量を算出することが可能である。課題は数多く受信局を設置することであるが、低コストの受信装置を開発することで解決が見込まれる。その結果、送電線や風力発電所などの電力設備の被害推定を遠方かつリアルタイムで把握できる可能性がある。短時間予測と合わせて、電力の安定供給に寄与できる。

以上から、本申請は、雷放電を VLF 帯空電観測することにより、ゲリラ豪雨を代表とする雷雨現象の把握および短時間予測に寄与する。また、落雷の電荷量が推定できるようになると、電力設備の被害をいち早く見つけ出すことが可能となる。なお、雷放電に伴う空電観測は、レーダのように大がかりな装置を必要とせず、カバー領域も広く、最近の IT 技術の進展により安価で高性能な電子部品で構成されることから、インフラの遅れているアジアや等での活用が可能であり、将来の国際共同研究はもとより、国際協力、国際貢献が期待できる。

3. 研究の方法

VLF 帯観測装置を関東地方に 50km 毎に追加設置する。現在、関東甲信越地方（群馬、栃木、茨城、千葉、埼玉、東京、神奈川、山梨）では、合計 11 局の受信局がある。受信局を 50km 毎とすると各県 3 箇所程度必要であることから、8 都県×3 台 = 24 局を最終形態とすると、24-11 局 = 13 局の増設が必要となる。また、周辺エリア（福島、新潟、静岡、長野）にも 4 局増設し県境のデータを補う。さらに、アジアのエリアを充実させるため、タイ、フィリピン、韓国にも追加設置する。追加は合計 20 局となる。つぎに、観測によって得られた落雷位置データ、磁界波形データから推定される電荷量と各種データと比較し、精度検証する。具体的には、東京電力の LF 帯（30kHz-300kHz）の落雷位置標定データ、電力設備被害データ、東京スカイツリー雷観測データ（位置および電荷量）と比較検討する。

4. 研究成果

落雷観測装置を全国に展開する計画を立て、2020 年度末までに日本各地、北海道から沖縄、小笠原諸島まで 53 カ所受信局を設置するとともに、磁界波形を含むデータをサーバーに転送し、データベースを構築して保存するシステムを構築した。設置にあたり、全国各地の大学や高専である、北大、北見工大、苫小牧高専、弘前大、東北大、足利大、東京大、千葉大、静岡県立大、大同大、京都大、香川大、高知大、琉球大などの協力を得るとともに、ボランティアを募集して設置した。図 1 に日本国内の設置位置を示す。さらに、海外には、ハワイ大学、ベトナムのハノイ工科大学、ダナン大学、ホーチミン国家大学、タイのラジャマンガル大学、インドネシアのシアクアラ大学、バングラデシュのバングラデシュ工科大学、インドのインド工科大学、アンドラ大学、ラジャスタン中央大学、ジャダプール大学、ネパールのトリブバン大学などの協力を得るとともに、ミャンマー気象庁の協力より、合計 20 カ所に設置した。図 2 にミャンマーへの設置時の写真を示す。

その結果、国内 53 局、国外 20 局の計 73 局となり、目標を大きく上回り、アジア最大の落雷位置標定ネットワークを構築できた。この設置により、日本国内はもとより、東南アジア各地の落雷をリアルタイムで把握出来るようになり、インターネットで無料で公開し、気象災害防止に貢献している。また、リアルタイムの落雷位置情報を 1 年間通じて集計し、バングラデシュ、インドネシア、タイ、カンボジアで落雷密度マップを作成することが出来た。これによって、例えば、電力設備の耐雷設計における基礎データとして活用できるデータを提供できるようになった。さらに、送電線の雷事故との照合を実施し、位置精度は、中央値で 1km であることを確認した。これを図 3 に示す。

なお、この成果は、2020 年 10 月 30 日、海上保安庁 海洋状況表示システム（通称：海しる）のモバイル版に採用された。図 4 にモバイル版に提供された情報を示す。

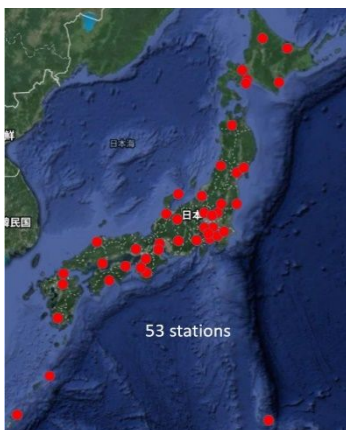


図 1 受信局の設置（全国 53 箇所） 図 2 ミャンマーへの設置

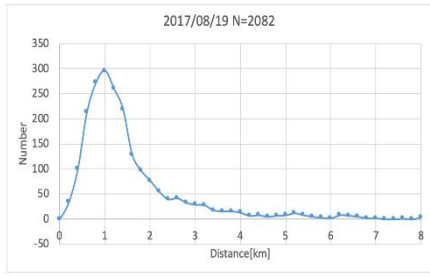


図3 位置標定評価



図4 海しるモバイル版

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Narita Tomomi, Wanke Egon, Sato Mitsuteru, Sakanoi Takeshi, Kumada Akiko, Kamogawa Masashi, Hirohiko Ishikawa, Harada Shigemi, Kameda Takao, Tsuchiya Fuminori, Kaneko Eiji	4. 巻 2018
2. 論文標題 A study of lightning location system (Blitz) based on VLF sferics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 34th International Conference on Lightning Protection (ICLP)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICLP.2018.8503311	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18件（うち招待講演 3件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 齋藤宏和、成田知巳
2. 発表標題 雷放電位置標定システム（Blitzortung）の日本とアジア地域への展開
3. 学会等名 日本大気電気学会第98回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤宏和、成田知巳
2. 発表標題 雷放電位置標定システム（Blitzortung）の日本とアジア地域への展開
3. 学会等名 日本大気電気学会第98回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 成田知巳、石川裕彦
2. 発表標題 アジアにおける落雷位置標定ネットワークの構築
3. 学会等名 日本気象学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成田知巳
2. 発表標題 雷放電位置標定システム (Blitzortung) の日本への展開
3. 学会等名 電気学会高電圧研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T.Narita
2. 発表標題 A study of lightning location system (Blitz) based on VLF sferics
3. 学会等名 National Symposium on Land, Ocean and Atmosphere Interactive Processes in the Context of Weather and Climate (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T.Narita
2. 発表標題 A study of lightning location system (Blitz) based on VLF sferics
3. 学会等名 2nd International Workshop On Extreme Severe Storms and Disaster Mitigation Strategies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T.Narita
2. 発表標題 A study of lightning location system (Blitz) based on VLF sferics
3. 学会等名 International Workshop on Asian Precipitation Experiment (AsiaPEX)/South Asia (SA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成田知巳
2. 発表標題 雷センサAS3935を用いた雷検知に関する一考察
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成田知巳, 佐藤光輝, 亀田貴雄, 坂野井健, 土屋史紀, 石井 勝, 熊田亜紀子, 鴨川仁, 石川裕彦, 金子英治, 原田繁実, 工藤剛史, 茆原正昭, 皆川郁靖
2. 発表標題 超長波 (VLF 帯) 空電観測を用いた落雷位置標定システムの位置精度評価
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成田知巳, 石川裕彦
2. 発表標題 VLF 帯空電観測を用いた世界的落雷位置標定ネットワークの構築による災害防止
3. 学会等名 京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成田知巳
2. 発表標題 雷放電位置標定システム (Blitzortung) の日本への展開
3. 学会等名 電気学会高電圧研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 斎藤宏和、成田知巳
2. 発表標題 落雷位置標定システムの開発とその試験標定結果
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小出圭、成田知巳
2. 発表標題 落雷位置標定装置 (Blitz) による落雷分布の分析
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shun Murai, Yasuhide Hobara, Fumito Minoura, Ryotaro Yoshida, Hiroaki Mitsuzuka, Tomomi Narita, Masaru Ishii, Mikihisa Saito, Daisuke Natsuno
2. 発表標題 Accuracy verification of lightning charge moment and lightning charge height remotely estimated by ELF observations using lightning current measurements at wind turbine
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T.Narita, E.Wanke, M.Sato, T.Sakanoi, A.Kumada, M.Kamogawa, H.Ishikawa, S.Harada, T.Kameda, F.Tsuchiya, E.Kaneko
2. 発表標題 A study of lightning location system (Blitz) based on VLF sferics
3. 学会等名 34th International Conference on Lightning Protection (ICLP) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成田知巳
2. 発表標題 VLF帯の観測による落雷位置標定システム (Blitz)
3. 学会等名 電気学会高電圧研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村井峻、芳原容英、三塚洋明、皆川郁靖、吉田遼太郎、成田知巳、 M.Stock、 S. Heckman
2. 発表標題 ELF 帯磁界の国内 2 点同時観測を用いた落雷位置および電荷モーメント推定精度に関する研究
3. 学会等名 日本大気電気学会第96回研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林瑞貴、村井峻、芳原容英、三塚洋明、皆川郁靖、吉田遼太郎、成田知巳
2. 発表標題 ELF 帯トランジェントを用いた関東周辺における落雷電荷量推定に関する研究
3. 学会等名 日本大気電気学会第96回研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

雷現象技術情報 http://www.5656jp.com 海上保安庁 海洋状況表示システム (通称 海しる) https://www.msil.go.jp/msil/htm/topwindow.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
--	---------------------------	-----------------------	----

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			
バングラデシュ	バングラデシュ工科大学	ダッカ大学		
ミャンマー	気象水門局			
インド	アンドラ大学	インド工科大学	インド気象庁	他2機関
ネパール	トリブバン大学			
インドネシア	シアクアラ大学			
モンゴル	ウランバートル科学技術大学			
ドイツ	ハインリッヒ大学			
タイ	ラジャマンガル大学			