

令和元年6月24日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03150

研究課題名(和文) 雷嵐の電波観測と気象観測の融合が拓く、極端気象、雷災害の監視と短期予測の研究

研究課題名(英文) Monitoring and short-term forecasting of extreme weather and lightning disasters using radio and meteorological observations of thunderstorms

研究代表者

芳原 容英 (Hobara, Yasuhide)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：10303009

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：(1)研究期間中に日本国内で発生した極端気象現象(竜巻及びダウンバースト)について、トータル雷活動が事象発生前に顕著に増加することが日本で始めて統計的に示された。また、同様に国内で発生した雷嵐に伴う集中豪雨についてトータル雷活動との対応関係を調査し、降雨量とトータル雷頻度の間に高い相関関係のあることが判明した。(2)雷放電起源のELF電波観測や、(1)により展開された国内トータル雷観測データから、落雷位置、落雷極性、落雷の電気的エネルギーの時空間分布の導出に成功した。また気象データから、落雷電荷の高さを仮定することで、日本周辺の落雷電荷量の時空間分布を世界で、初めて導出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年国内外で、極端気象である突風や集中豪雨が頻発している。本事象は、短時間に発達するため予測が困難である。本研究では、特にトータル雷頻度時間変化の監視が、事象の短時間予測への有効性が示されたので、将来の極端気象災害の軽減が期待される。また、雷起源ELF帯電波の観測と気象データにより、世界で初めて数100kmの距離から落雷電荷量の推定に成功し、日本国内における大電気エネルギー落雷の時空間分布を導出した。また、リアルタイムでの落雷位置、電気エネルギーの導出にも成功した。本成果は、雷災アセスメントに重要な情報を与えるとともに、早期の雷災発生箇所の特定にも有効であるため、雷災害の軽減が期待される。

研究成果の概要(英文)：(1) We found, for the first time in Japan, that total lightning activity significantly increases before extreme weather phenomena (tornadoes and downbursts) occurred in Japan based upon the statistical analysis during our research period. Moreover, we investigated the relationship between heavy rain fall and total lightning activity associated with thunderstorms as well. We found the high positive correlation between the amount of rainfall and total lightning occurrence frequency. (2) We successfully derived the spatio-temporal distributions of lightning location, lightning polarity and lightning electrical energy from ELF radio observations and total lightning data obtained from (1). In addition, by assuming the height of lightning charges from meteorological data, we also derived, for the first time, spatio-temporal distributions of lightning with amount of charge around Japan.

研究分野：宇宙・地球電磁環境，大気電気学，プラズマ理工学，地震電磁気学

キーワード：雷災害 トータルライトニング 極端気象 気象災害 ELFトランジェント 電荷モーメント 落雷電荷量 突風

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年国内外で雷を伴う豪雨や竜巻等の極端気象が多数報告されているが、従来の気象観測のみによる監視、短期予測は未だ困難である。また、大電荷量を伴う雷は、電力設備への被害が甚大である。申請者は、本邦初のトータル雷放電観測から、雲中の放電が極端気象に先行し多数発生していることを見いだす一方で、雷の低周波電磁波観測からは落雷電荷量の遠隔測定法を開発している。

2. 研究の目的

本研究では高時空間分解能を持つ雷電波観測と、気象情報を統合解析することで、(1)極端気象現象の発生機構の解明、監視、(2)電荷量の大きな雷の発生機構や国内落雷電荷量の時空間分布を導出する。これらの研究成果により、将来の極端気象災害や雷災害の軽減に寄与する。

3. 研究の方法

高時空間分解能を持つ雷電波観測と、気象情報を統合解析し、(1)極端気象現象を発生させる雷嵐の特徴の把握、(2)国内にて発生した落雷について国内落雷電荷量の時空間分布の導出を行い、極端気象や、雷災害の軽減に寄与する。具体的には、申請者が展開中の日本初トータル雷及びELF帯稠密観測網をアップグレードし、機材の全国展開を完了する。次に、極端気象や電荷モーメントの大きな雷を伴う雷嵐の事例解析を実施し、気象レーダーによる気象学的特徴との関係性を調査する。さらに、期間中に発生した雷嵐の統計的解析結果から、極端気象や落雷電荷量の大きな雷の特徴を調査する。

4. 研究成果

本研究期間内に、上記に示した2つの大目標とも期間中におおよそ達成することができ、世界初の研究成果も得られた。今後も本成果に関連する学術論文等が発表されるとともに、連続観測も継続しており、さらなる研究成果が見込まれる。以下にその具体的内容を簡単に記述する。

4. 1 雷活動及び電磁波の総合観測を用いた極端気象気象の監視と短期予測

学術機関としては国内初のトータル雷観測ネットワークの国内展開をほぼ完了した。図1は、申請者により展開された日本トータル雷観測ネットワーク(Japan Total Lightning Network (JTLN))である。2018年には国内14地点において、雲雷と対地放電の連続観測を実施している。

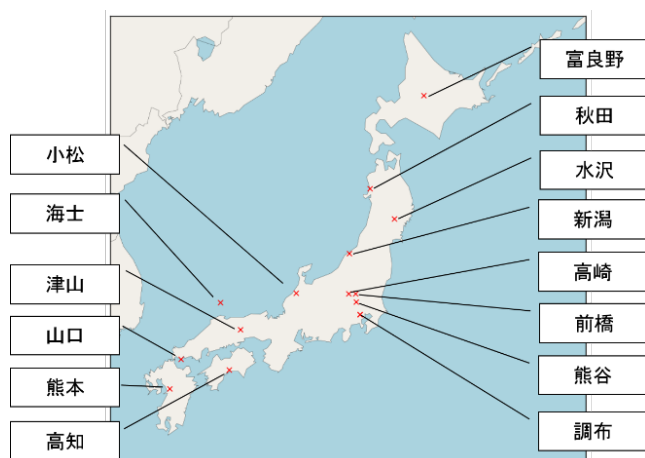


図1：日本トータル雷観測ネットワーク

統計的に示された。一方、極端事象を伴う雷嵐と伴わない雷嵐のトータル雷活動の間にも統計的な差異が確認された(日本初)。

研究期間中に、日本国内で発生した極端気象現象である複数の竜巻及びダウンバースト両方について、解析を実施した。図2の突風を伴う雷嵐の雷頻度を見るとダウンバースト発生の約30分前にトータル雷の顕著な増加であるライトニングジャンプが見られる。また、ダウンバースト発生10分前には雲放電が減少を始めていることが分かる。他の事例では、竜巻、ダウンバーストを伴う雷嵐のおよそ半数について突風発生の10~40分前にライトニングジャンプが見られた。このことから、トータル雷活動が事象発生前に顕著に増加することが

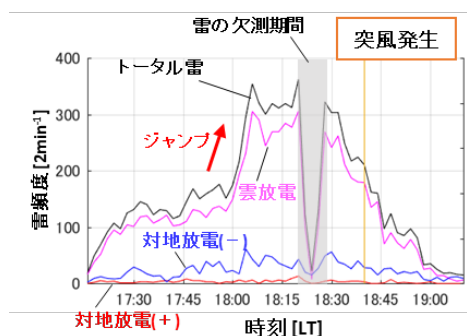


図2：雷嵐セルにおける雷頻度の時間変化

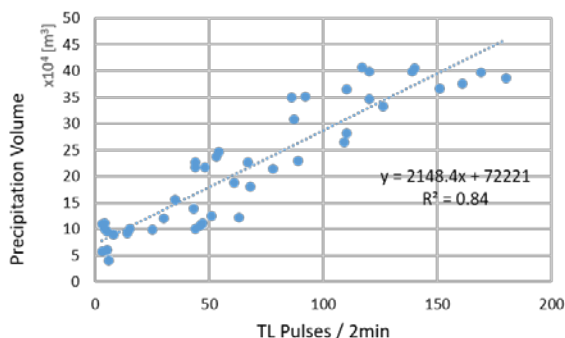


図3：雷頻度(TL)と雨量(PV)との関係

次に、同様に国内で発生した雷嵐に伴う集中豪雨についてトータル雷活動との対応関係を調査した。図3に示されたように、降雨量とトータル雷頻度の間に高い相関関係が判明した(日本初)。さらに、両者の定量的関係性が、事象発生時の局所的な気象パラメータを考慮することにより、一般化されることが分かった。

4. 2 雷エネルギー別, 国内落雷時空間特性の導出と雷災害の軽減

ELF帯(極超長波)電波観測点(北海道陸別町)の新設後, 九州の垂水観測点と合わせた雷放電起源のELF電波観測や、(1)により展開された国内トータル雷観測データから、落雷位置、落雷極性、落雷の電氣的エネルギー(落雷電荷モーメント:電荷量と雷雲内の電荷位置の高さとの積)の時空間分布の導出に成功した(図なし)。また、気象データから、落雷電荷の高さを仮定することで、日本周辺の落雷電荷量の時空間分布を世界で初めて導出した。図4及び図5にそれぞれ夏季と冬季における、電荷量が50C以上の、落雷について落雷頻度の空間分布を示す。夏季には内陸、冬季には海上及び沿岸部の特に正極性落雷(落雷により正の電荷が中和される)について大きな電荷量を伴う落雷が多く発生していることが分かる。これらの研究成果は、特に電荷量の大きな落雷による雷災害が予想される地域における雷災アセスメントにおいて重要な情報を与える。さらに、リアルタイムの落雷位置と対応する落雷電荷モーメントの導出システムの開発にも成功した。

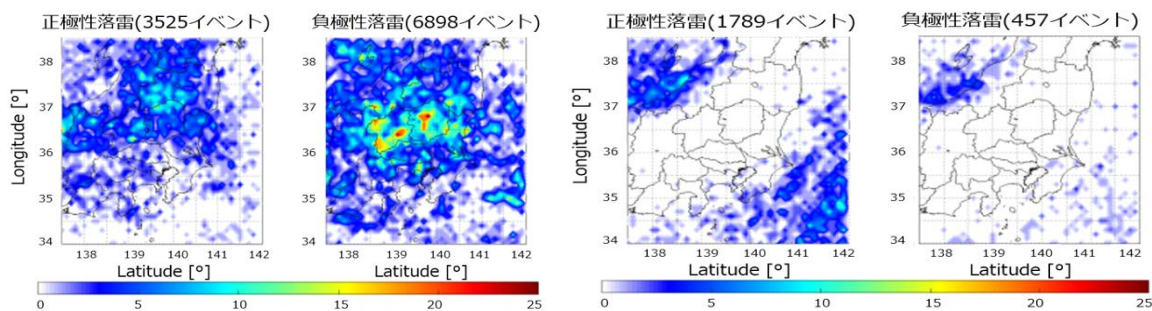


図4：累積頻度分布 ($|Q| > 50 \text{ C}$) (夏季)

図5：累積頻度分布 ($|Q| > 50 \text{ C}$) (冬季)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計35件)

1. Y. Hobara, Lightning applications to severe weather and power grid systems, National Conference on Severe Weather (NCSW-2019), 2019.
2. 甲野慎太郎, 芳原容英, S. Heckman, M. Stock, C. Liu, 日本国内の突風現象を伴う積乱雲におけるトータル雷の特性に関する研究, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018
3. S. Murai, Y. Hobara, et al, Accuracy verification of lightning charge moment and lightning charge height remotely estimated by ELF observations using lightning current measurements at wind turbine, Japan Geoscience Union Meeting 2018, 2018
4. Y. Hobara, S. Kono, T. Ogawa, S. Heckman, M. Stock and C. Liu, Characteristics of total lightning associated with recent hazardous weather events in Japan, ICAE2018, 2018
5. Y. Hobara, J. Yamashita, R. Murai, T. Narita and H. Mitsuzuka, Lightning characteristics with charge moment change over eastern part of Japan by ELF and LLS observations, ICAE2018, 2018
6. T. Ogawa, Y. Hobara, H. Iwasaki, S. Heckman and M. Stock, Statistical study of the relationship between total lightning and heavy rainfall, ICAE2018, 2018
7. Y. Hobara, Lightning application to extreme weather and power grid systems, National Seminar on Innovation, Technology and Applications (SENITIA), 2018
8. Y. Hobara, Lightning application to extreme weather, 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN2019), 2019
9. 吉井源治, 岡野大祐, 駒井知央, 三端子キャパシタアンテナを有する新規開発大気電界モニターを用いた自然雷観測試験, 電気設備学会全国大会, 2018 年
10. 岡野大祐, コンクリート沿面の導体部分に誘導される模擬雷様相に関する基礎実験, 電気設備学会全国大会, 2018 年
11. Y. Hobara, R. Kitamura, T. Narita, D. Ohta and T. Tsuya, Lightning Charge Estimation over Eastern Part of Japan by ELF and LLS Observations, 2019 URSI AP-Rasc, 2019
12. Y. Hobara, S. Kono, T. Ogawa, S. Heckman and M. Stock, Total Lightning Activities during

Recent Extreme Weather Events in Japan, 2019 URSI AP-Rasc, 2019

13. R. Kitamura, Y. Hobara, M. Sato, Y. Takahashi, T. Adachi, T. Ushio and M. Suzuki, Global distributions of Lightning Electrical Energy Estimated by Optical Observations from International Space Station, 2019 URSI AP-Rasc, 2019

14. 北村隆之介、芳原容英、菊池博史、佐藤光輝、高橋幸弘、足立透、牛尾知雄、鈴木睦、国際宇宙ステーションからの光学観測により推定された落雷電荷モーメントの全球分布、第97回日本大気電気学会、2019

15. 芳原容英、C. Gomes、A. I. Mohamed、塩川和夫、M. Stock、津田卓雄、東南アジアにおける高感度ELF帯磁場観測を用いた落雷の電气的特性の導出(初期解析結果)、第97回日本大気電気学会、2019

16. R. Murai, Y. Hobara, J. Yamashita, S. Heckman, Improving accuracy of locations and lightning charge moment changes using multi-point simultaneous observations of ELF transients, Japan Geoscience Union Meeting 2017, 2017

17. 村井峻、芳原容英、山下純平、吉田遼太郎、箕浦史登、三塚洋明、太田浩、成田知巳、風力発電施設への着雷事例を用いたELF帯電磁波観測により遠隔推定された落雷電荷モーメントおよび落雷電荷量推定精度の検証、電気学会、2017

18. 村井峻、芳原容英、三塚洋明、皆川郁靖、成田知巳、M. Stock、S. Heckman、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、第96回日本大気電気学会、2018

19. 小林瑞貴、村井峻、芳原容英、三塚洋明、皆川郁靖、成田知巳、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、第96回日本大気電気学会、2018

20. 河内健太郎、芳原容英、鈴木智幸、鴨川仁、日本で発生した巨大ジェットに伴う下部電離層擾乱と電荷モーメントに関する研究、第96回日本大気電気学会、2018

21. 小川哲也、芳原容英、岩崎博之、M. Stock、S. Heckman、日本国内で観測されたトータル雷と激しい降水との相関関係の調査、第96回日本大気電気学会、2018

22. Y. Hobara, S. Kono, T. Ogawa, S. Heckman, M. Stock and C.E Liu, Total lightning characteristics of recent hazardous weather events in Japan, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, 2017

23. Y. Hobara, Lightning electrical property deduced from high speed photometric observations from space station, Versim2018, 2018

[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:

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:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 岡野 大祐

ローマ字氏名: (OKANO, daisuke)

所属研究機関名：東海大学
部局名：九州教養教育センター
職名：教授
研究者番号（8桁）：00169129

研究分担者氏名：成田 知巳
ローマ字氏名：(NARITA, tomomi)
所属研究機関名：湘南工科大学
部局名：工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：00767808

研究分担者氏名：岩崎 博之
ローマ字氏名：(IWASAKI, hiroyuki)
所属研究機関名：群馬大学
部局名：教育学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：70261823

(2)研究協力者

研究協力者氏名：多田 繁夫
ローマ字氏名：(TADA, shigeo)

研究協力者氏名：及川 太美夫
ローマ字氏名：(OIKAWA, tamio)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。