

北陸地域の冬季雷発生時における総観場の特徴

Synoptic-scale conditions with occurrence of winter lightning in the Hokuriku district of Japan

*滋野 陽介¹、本田 明治²、浮田 甚郎²

*Yosuke Shigeno¹, Meiji Honda², Ukita Jinro²

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部

1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University

日本海沿岸における冬季雷の極性割合の違いをもたらす原因として、水平風の鉛直シア（Brook et al., 1982）や弱い上昇気流（北川, 1996）などが考えられている。しかしながら、それらの原因の相互関係や、地域別の特徴などその詳細は明らかになっていない。また、極性別の大気構造について、比較的長期間のデータを用いて解析が行われた例は少ない。本研究は、北陸地方の落雷位置座標システム（LLS）によって観測された2006年～2014年の落雷位置座標データと気象庁メソ数値予報モデルの解析値（MSM）を用いて、極性別の落雷時大気総観場の特徴の違いを調べた。

12～3月において強い冬型の気圧配置に加えて、上層に強い寒気がある場合に負極性落雷が起りやすく、日本海低気圧発生に伴って、下層に暖気がある場合に正極性落雷が起りやすい傾向が見られた。また、正極性落雷発生時には水平風の鉛直シアが比較的強く、上昇流の大きさが比較的弱かった。本講演では、これらの極性別大気総観場の特徴の違いが生じた原因について詳細に述べる。

キーワード：正極性落雷、冬季雷、雷雲

Keywords: positive cloud-to-ground lightning, winter lightning, thunderstorm

LF帯電磁波を用いた富山湾周辺の雷観測網構築と冬季雷観測

Lightning Observation Network with LF Broadband Sensors around Toyama Bay

*森本 健志¹、坂戸 雅智¹、宮本 裕紀¹、梶原 正鶴²、中村 佳敬²、紅谷 郁弥³、酒井 英男³

*Takeshi Morimoto¹, Masatomo Sakato¹, Yuki Miyamoto¹, Masatazu Kajiwara², Yoshitaka Nakamura², Fumiya Beniya³, Hideo Sakai³

1. 近畿大学、2. 神戸市立工業高等専門学校、3. 富山大学

1. Kindai University, 2. Kobe City College of Technology, 3. University of Toyama

日本海沿岸では冬季雷による雷事故が多く、特に送配電設備への被害は多数報告されている。雷害対策のため、雷放電の監視や機構解明を目指して、電磁界観測が行なわれている。本研究では、LF帯の電磁波を用いた雷放電観測装置（BOLT）を富山湾周辺に設置し、得られた観測結果から、冬季の雷放電の特徴について考察する。

BOLTは数kmから数十km離れた4つ以上の観測サイトに設置したLF帯広帯域受信機で構成され、雷放電に伴い放射されるLF帯電磁波パルスの放射源を、到達時間差法により求めている。雷に伴い放射された電磁波パルスは、時定数 $200\mu\text{s}$ の容量性円形平板アンテナで受信され、遮断周波数 500kHz のローパスフィルタを通過した後、 4MHz 、 16bit のサンプリングレートでA/D変換され、データロガーに蓄積される。また、全受信機はGPSにより時刻同期がなされている。本研究では、2016年11月から富山県富山湾周辺の数kmから数十km離れた5か所にLF帯センサを設置し雷観測を実施した。本講演では、2016年度冬季に観測された正極性落雷や連続電流を伴う雷放電の観測事例について紹介する。

キーワード：冬季雷、雷放電、電磁界観測

Keywords: Winter thunderstorm, Lightning discharges, EM observations

ELF帯電磁波の多点同時観測を用いた落雷位置および電荷モーメントの推定精度向上に関する研究

Improving accuracy of locations and lightning charge moment changes using multi-point simultaneous observations of ELF transients

*村井 峻¹、芳原 容英^{1,2,3}、山下 純平⁴、S. Heckman⁵

*Ryou Murai¹, Yasuhide Hobara^{1,2,3}, Junpei Yamashita⁴, S. Heckman⁵

1. 電気通信大学情報・ネットワーク工学、2. Earth Environment Research Station, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan.、3. Center for Space Science and Radio Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan.、4. 電気通信大学、5. EarthNetworks,USA

1. Department of Computer and Network Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan., 2. Earth Environment Research Station, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan., 3. Center for Space Science and Radio Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan., 4. University of Electro-Communications, 5. EarthNetworks,USA

雷放電に伴う電磁波放射のうちELF帯の非常に低い周波数帯では、損失が非常に小さく長距離を伝搬するため、遠隔地でELFトランジェントと呼ばれる過渡的な時間波形が観測される。このELFトランジェントを解析することで、落雷エネルギーを示すとされる電荷モーメントを導出できる。

本研究では、北海道陸別町および鹿児島県垂水市においてELF帯水平磁界の南北および東西の2成分同時連続観測を行った。その結果、両観測点で受信されたELF帯トランジェントから交会法により落雷の発生位置を標定し、その推定精度について日本トータル雷ネットワークによる落雷位置を用いて検証した。また、落雷電荷モーメントの導出方法として、磁界波形から導出した電流モーメントを積分する方法を用いて、その精度についても検証した。

キーワード：ELF帯空電、落雷位置、落雷電荷モーメント

Keywords: ELF band sferics, Location of lightning discharges, Charge moment changes

A comparative study on intermittent propagation mode of positive and negative leaders

*王道洪¹、Wu Ting¹、Takagi Nobuyuki¹

*Daohong Wang¹, Ting Wu¹, Nobuyuki Takagi¹

1. 岐阜大学工学部電気電子・情報工学科

1. University of Gifu

The mechanism of intermittent propagation mode of both negative leaders and positive leaders remain on one of the largest mystery in lightning physics. In order to shed some light on this mechanism, recently we have made a comparative study on the optical propagation characteristics of an upward positive leader and an upward negative leader recorded using a high speed video camera operated at 300000 fps. The negative leader is a typical stepped leader with a few branches, while the positive leader exhibited both continuous propagation mode and intermittent mode.

It was found that each step of both positive and negative stepped leaders starts with a stem. For the positive leader, this stem usually initiates at a distance more than 100 m ahead from the tip of the leader, while for the negative leader, the stem usually initiates at a distance of around 50 m. The stem in the negative leader usually lasts less than 25 us, while the positive leader stem could last over 300 us. All the stems tend to progress in bi-direction modes. Although the backward propagation (in relative to the leader propagation direction) speed of the stem for both leaders are similar, the forward propagation speed of the negative leader stem is much larger than that for the positive leader stem. In the final paper, we will not only report on the detailed results but also try to present a schematic to explain the reasons of the differences.

キーワード : 雷、ステップリーダー、ストリーマー

Keywords: lightning, stepped leader, streamer

雷雲ガンマ線の多地点観測プロジェクト: 可搬型検出器の開発と2016年度冬季の観測成果

Multi-point Observations of Thundercloud Gamma-rays: Development of Portable Detectors and Results of Fiscal 2016 Winter Observation

*和田 有希¹、榎戸 輝揚²、古田 禄大¹、湯浅 孝行³、中澤 知洋¹、中野 俊男³、土屋 晴文³、鴨川 仁⁴、米徳 大輔⁵、澤野 達哉⁵

*Yuuki Wada¹, Teruaki Enoto², Yoshihiro Furuta¹, Takayuki Yuasa³, Kazuhiro Nakazawa¹, Toshio Nakano³, Harufumi Tsuchiya³, Masashi Kamogawa⁴, Daisuke Yonetoku⁵, Tatsuya Sawano⁵

1. 東京大学、2. 京都大学、3. 理化学研究所、4. 東京学芸大学、5. 金沢大学

1. The University of Tokyo, 2. Kyoto University, 3. RIKEN, 4. Tokyo Gakugei University, 5. Kanazawa University

雷雲内の強電場領域では電子が加速されていると考えられており、日本海沿岸で発生する冬季雷雲においては、大気中の制動放射により10 MeVに達するガンマ線が地上で観測されている (Trii et al., 2002, Tsuchiya et al., 2007)。この雷雲における電子加速現象の時間発展や空間構造を明らかにするため、我々は雷雲ガンマ線を多地点で検出するマッピング観測のプロジェクトを推進している (榎戸ほか JpGU 2016 M-IS14、榎戸ほか JpGU 2017 M-IS05)。当プロジェクトでは独自のADC基板を開発することで、検出器の小型化を行っており、2016年度はRaspberry Piによって制御できる、9.5 cm×9.5 cmの、50 MHz波形サンプリングADCを4ch搭載したFPGA/ADCボードと、プリアンプ・シェイパー・GPS受信機・高電圧供給モジュールを搭載したフロントエンドカードを開発した。これらの信号処理系とBGOシンチレータを搭載した可搬型ガンマ線検出器は、2016年10月から石川県金沢市・小松市へ5台、12月に同珠洲市へ1台、新潟県柏崎市へ2台、計8台を設置し、観測を開始した。同12月8日から9日には日本海上を通過した低気圧の影響により、北陸地方で雷雲活動が活発となり、金沢市と小松市の4台で1分以上にわたる雷雲ガンマ線を検出した。ガンマ線スペクトルは10 MeVにまで達するべき型分布を示していた。さらに小松市に1.4 km間隔で設置した2台の検出器で捉えた雷雲ガンマ線は、検出の時間差が強雨域の通過に要する時間と一致しており、1つの雷雲から放出されたガンマ線の多地点検出に成功した。本講演では信号処理系の開発状況、および検出した雷雲ガンマ線の解析結果について報告する。

キーワード：冬季雷雲、ガンマ線、電場、電子加速

Keywords: winter thunderstorm, gamma-ray, electric field, electron acceleration

Ground observation of thermal neutrons from Terrestrial Gamma-ray Flash above wind turbine

Ground observation of thermal neutrons from Terrestrial Gamma-ray Flash above wind turbine

*Bowers S Gregory¹、Smith David¹、Kamogawa Masashi²、Takahashi Shusa²、Ishikawa Akiko²、Heckman Stan³、Stock Michael³、Cummer Steve⁴、Wang Daohong⁵、Hobara Yasuhide⁶、Kawasaki Zen⁷

*Gregory S Bowers¹、David M Smith¹、Masashi Kamogawa²、Shusa Takahashi²、Akiko Ishikawa²、Stan Heckman³、Michael Stock³、Steve Cummer⁴、Daohong Wang⁵、Yasuhide Hobara⁶、Zen Kawasaki⁷

1. University of California Santa Cruz、2. Tokyo Gakugei University、3. Earth Networks、4. Duke University、5. GIFU University、6. The University of Electro-Communications、7. Osaka University

1. University of California Santa Cruz、2. Tokyo Gakugei University、3. Earth Networks、4. Duke University、5. GIFU University、6. The University of Electro-Communications、7. Osaka University

During a thunderstorm on December 3rd, 2015, coincident with an upward leader originating from a lightning protection tower next to the wind turbine in Uchinada, the Gamma-ray Observations During Overhead Thunderstorms (GODOT) instrument observed a large, ~100ms duration, flux of radiation with a spectral signature characteristic of thermal neutron production. We will present our observations and show comparisons to monte-carlo simulations, proposing that we have observed the first neutron glow from a Terrestrial Gamma-ray Flash, produced by photonuclear reactions of gamma-rays with the air and ground molecules around the wind turbine.

キーワード : Lightning、Terrestrial Gamma-Ray Flash、TGF、Radiation、Neutron、Wind Turbine
Keywords: Lightning, Terrestrial Gamma-Ray Flash, TGF, Radiation, Neutron, Wind Turbine

Charge change estimation at short-burst energetic radiation in winter thunderstorm

Charge change estimation at short-burst energetic radiation in winter thunderstorm

*鶴田 拓真¹、高橋 周作¹、鴨川 仁¹、Smith David²、Bowers Gregory²

*Takuma Tsuruda¹, Shusaku Takahashi¹, Masashi Kamogawa¹, David Smith², Gregory Bowers²

1. 東京学芸大学教育学部物理学科、2. カリフォルニア大学 セントクルーズ校

1. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2. University of California, Santa Cruz

The physical mechanism of lightning-induced energetic radiation has been considered to be caused by the relativistic runaway electron avalanche hypothesis proposed by Gurevich and his group. For further comprehensive understanding of the mechanism, we conducted the observation of lightning-induced energetic radiation and atmospheric electric field using field mills at Uchinada, Kanazawa, Japan during 2015-2016 winter. In general, taking into account the lightning position identified by lightning location system, the observed transient electric field changes (normally detected by slow antenna) at two observation points provide charge changes inside the thundercloud at the time of lightning and the charge height. Although field mill might not be suitable for such observation due to signal smoothing, we evaluated these two parameters using four field mills. Our estimation shows that errors of two parameters was within 20 %. In the presentation, we show these parameters at the time of lightning-induced energetic radiation.

キーワード：高エネルギー放射線、冬季雷、雷雲

Keywords: Energetic radiation, Winter Lightning, Thunderstorm

夏季雷雲起源高エネルギー放射線の発生位置

Origin of summer-thunderstorm-induced energetic radiation

*高橋 周作¹、Bowers Gregory²、鴨川 仁¹、石川 朗子¹、Smith David²、鳥居 建男³、林 修吾⁴

*Shusaku Takahashi¹, Gregory Bowers², Masashi Kamogawa¹, Akiko Ishikawa¹, David Smith², Tatsuo Torii³, Syugo Hayashi⁴

1. 東京学芸大学教育学部物理学科、2. カリフォルニア大学 セントクルーズ校、3. 日本原子力研究開発機構、4. 気象研究所

1. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2. University of California, Santa Cruz, 3. Japan Atomic Energy Agency, 4. Meteorological Research Institute

2013年および2016年の夏に富士山頂で高エネルギー放射線の観測を行った。その結果、2013年7月26日、8月5日、2016年8月26日において、雷雲の接近に伴って、およそ10%ガンマ線量の増加がみられた。X-band MP radar解析からいずれの事例も雷雲の衰退期に発生しており、雷雲下部の負電荷領域が、縮小した状態だった。負電荷が形成する電場は山頂で計測できるが、火口縁上の電場値として-30 kV/m程度の電場しか計測されていないことから、Gurevichら(1992)が提唱するRelativistic runaway electron avalanche (RREA)仮説は、この負領域で発生できない。一方、負電荷の縮小時には、雷雲上部の正電荷は十分に残されていると推察される。この上部の正電荷がRREAを発生させた可能性がある。

キーワード：高エネルギー放射線、雷雲、富士山

Keywords: Energetic radiation, Thunderstorm, Mt. Fuji

広帯域レーダ、広帯域干渉計およびLLSで観測された雷雲と雷活動の時間変化

Study on lightning and precipitation activities by EM observations

*宮本 裕紀¹、森本 健志¹、中村 佳敬²、酒井 英男³、清水 雅仁⁴、永田 広大⁴

*Yuki Miyamoto¹, Takeshi Morimoto¹, Yoshitaka Nakamura², Hideo Sakai³, Masahito Shimizu⁴, Kodai Nagata⁴

1. 近畿大学、2. 神戸市立工業高等専門学校、3. 富山大学、4. 中部電力

1. Kindai University, 2. Kobe City College of Technology, 3. University of Toyama, 4. Chubu Electric Power Co. Inc.

シビアストームにより引き起こされる集中豪雨やダウンバースト、竜巻などが自然災害に至り、我々の生活に深刻な影響を与えている。従来のレーダの多くはマクロ、またはメソスケールの降水システムの観測を目的として運用されているため、数十秒間で大きく変化する気象現象の把握には適さない。シビアストームの生成と発達を観測や、これらが引き起こす自然災害の予測のためには、時空間分解能が十分高い必要がある。また、シビアストームと雷放電は密接に関係していることが報告されている。そこで本研究では、従来のレーダに比べ、時空間分解能が高いKu帯広帯域レーダ（Kuレーダ）とVHF帯広帯域干渉計（干渉計）、および落雷位置標定装置（LLS）を使用して、富山県魚津市に発生する雷雲の構造および雷放電を高分解能で観測し、得られたデータを解析する。

本研究では富山県魚津市大町公民館にKuレーダと干渉計を設置し、LLSとともに雷雲および雷放電の観測を行った。Kuレーダを中心とした半径20kmを解析対象範囲とし、その範囲内で観測された降水粒子による高度毎のレーダ反射強度、雷放電進展に伴い放射されるVHF電波のパルス数、落雷数および電流値の時間変動を解析した。その結果、雷放電のピークではブライトバンドが観測されなくなり、反射強度が高高度から順に弱まった。雷放電時に、雷雲内での対流活動が活発に起こる様子が観測された。今後は雷雲の形状や雷放電進展の高度についても調べていく予定である。

キーワード：雷放電、レーダ、雷雲

Keywords: Lightning, Radar, thunderstorm

千葉県旭観測点における大気電気パラメータの観測とその変動の特徴 Observation of atmospheric electricity parameters (atmospheric electricity field (AEF), atmospheric ion concentration (AIC), and radon concentration) at Asahi, Boso Peninsula, Japan

*大村 潤平¹、韓 鵬²、吉野 千恵¹、服部 克巳¹、下 道國³、小西 敏春⁴、古屋 隆一⁵

*Junpei Omura¹, Peng Han², Chie Yoshino¹, Katsumi Hattori¹, Michikuni Shimo³, Toshiharu Konishi⁴, Ryuichi Furuya⁵

1. 千葉大学大学院理学研究科、2. 統計数理研究所、3. 藤田保健衛生大学、4. 応用光研工業株式会社、5. コムシステム株式会社

1. Graduate school of Science, Chiba University, 2. The Institute of Statistical Mathematics, 3. Fujita Health University, 4. OHYO KOKEN KOGYO CO., LTD., 5. COM SYSTEM, INC.

電離層総電子数の異常は最も有望な大きい地震の前兆現象の一つである。地圏－大気圏－電離圏結合モデルはこれらの現象を説明するために提案された。LAICモデルの化学カップリングの可能性を検証するため、我々は大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度、ラドン散逸量、そして気象要素の観測機器を設置した。我々はこれらのパラメータの中の地震に関連する信号を識別するため、日本の旭観測点で観測される大気電気学的パラメータの変動の特徴について報告する。ラドン散逸量は大気圧の変動に対して3時間遅れて負の相関を示す変動をしていることがわかった。それぞれの季節で日周変化のパターンは異なっている。AICとAEFはラドン散逸量の変動に遅れて相関する変動を示した。地震に関連するラドン変動の異常を抽出するためにはラドン観測網を設け、将来的により詳細な解析を行うためのラドン変動のモデルを確立するべきである。大気イオン濃度が大きく上昇したのとほぼ同時に、大気電場がスパイク状の上昇を示した事例が幾つか確認された。大気電場については上空の撮影を行い雷雲の影響を詳細に検討する必要があるが、局所的な電荷の分布の変化が大気電場に影響を及ぼした可能性が示唆される。詳細は講演時発表する。

キーワード：地圏－大気圏－電離圏結合、大気イオン濃度、大気電場、ラドン散逸量

Keywords: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling, atmospheric ion concentration, atmospheric electric field, radon exhalation quantity

Comparison study of Lightning Interferometry via VHF Emission(LIVE)

*亜美 工藤¹、Stock Michael²、河崎 善一郎²、牛尾 知雄¹

*Ami Kudo¹, Michael Stock², Zenichiro Kawasaki², Tomoo Ushio¹

1. 大阪大学、2. 雷嵐 (株)

1. Osaka University, 2. RAIRAN.Pte.Ltd

Lightning discharges radiate broad band frequency electromagnetic waves from ULF to UHF. Using sensors which detect this radiation is an effective technique to detect lightning flashes, even if they are in a cloud. Using multiple sensors, a lightning flash can be located using various techniques. At low frequencies, the power radiated by lightning is very high, but because the wavelengths are long, the location resolution is somewhat low. At very high frequencies, the wavelengths are much shorter allowing for much better location resolution, but the power radiation is also much lower, making it more difficult to detect. The VHF band is a good compromise between good location resolution, and good detection efficiency. One effective technique to locate VHF signals from lightning is interferometry. With this technique, the signals arriving at least three VHF broadband antennas are coherently combined to produce an 2D image of the lightning flash. The current generation broadband lightning interferometer being developed in Japan by RAIRAN and the University of Osaka called Lightning Interferometer via VHF Emission (LIVE).

In 2016 summer season, LIVE is installed in Kaizuka, a city to the south of Osaka, near Osaka Bay to observe Japanese summer lightning with four VHF antennas. In the current study, we are trying to calibrate the detailed antenna locations and cable delays which is difficult to measure physically from cross correlate imaging, and comparing the high detail lightning maps produced by LIVE to the lower detail, 3D maps produced by a low frequency time-of-arrival system called the Broadband Observation network for Lightning and Thunderstorms (BOLT) which is spread around Kansai area in Japan.

キーワード：干渉計

Keywords: Interferometer

Statistical study of maximum ionospheric electron density deduced from lightning whistlers obtained by DEMETER

*グルム イディディヤ¹、芳原 容英^{2,3,1}、Parrot Michel⁴

*Yididya Girma Gurmu¹, Yasuhide Hobara^{2,3,1}, Michel Parrot⁴

1. 電気通信大学 大学院情報理工学研究科、2. Earth Environment Research Station, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan、3. Center for Space Science and Radio Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan、4. LPCE/CNRS, 3A Avenue de la Recherche Scientifique, 45071 Orléans, France

1. Department of Computer and Network Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan, 2. Earth Environment Research Station, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan, 3. Center for Space Science and Radio Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan, 4. LPCE/CNRS, 3A Avenue de la Recherche Scientifique, 45071 Orléans, France

Electromagnetic waves radiated by lightning discharges in the VLF frequency range penetrate through the ionosphere and are observed as plasma waves so-called whistlers. In this paper, we used the fractional hop whistlers recorded by the ICE experiment onboard the DEMETER satellite to estimate the maximum electron density of the ionosphere F2 layer from the dispersion of whistlers. We have developed an automatic long-term whistler detection technique which enables us to carry out the statistical study of many whistlers from the satellite data. As a result, the maximum electron densities estimated by whistlers has a good agreement with those from ground-based measurements by ionosonde. Moreover, statistical properties of latitudinal dependencies of electron-density in different local times and seasons were obtained.

キーワード：ホイストラ、電離層、最大電子密度、DEMETER

Keywords: Whistler, Ionosphere, Maximum electron density, DEMETER