

## 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<sup>1</sup>、高橋 周作<sup>1</sup>、鴨川 仁<sup>1</sup>、Smith David<sup>2</sup>、Bowers Gregory<sup>2</sup>

\*Takuma Tsuruda<sup>1</sup>, Shusaku Takahashi<sup>1</sup>, Masashi Kamogawa<sup>1</sup>, David Smith<sup>2</sup>, Gregory Bowers<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、Bowers Gregory<sup>2</sup>、鴨川 仁<sup>1</sup>、石川 朗子<sup>1</sup>、Smith David<sup>2</sup>、鳥居 建男<sup>3</sup>、林 修吾<sup>4</sup>

\*Shusaku Takahashi<sup>1</sup>, Gregory Bowers<sup>2</sup>, Masashi Kamogawa<sup>1</sup>, Akiko Ishikawa<sup>1</sup>, David Smith<sup>2</sup>, Tatsuo Torii<sup>3</sup>, Syugo Hayashi<sup>4</sup>

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<sup>1</sup>、森本 健志<sup>1</sup>、中村 佳敬<sup>2</sup>、酒井 英男<sup>3</sup>、清水 雅仁<sup>4</sup>、永田 広大<sup>4</sup>

\*Yuki Miyamoto<sup>1</sup>, Takeshi Morimoto<sup>1</sup>, Yoshitaka Nakamura<sup>2</sup>, Hideo Sakai<sup>3</sup>, Masahito Shimizu<sup>4</sup>, Kodai Nagata<sup>4</sup>

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<sup>1</sup>、韓 鵬<sup>2</sup>、吉野 千恵<sup>1</sup>、服部 克巳<sup>1</sup>、下 道國<sup>3</sup>、小西 敏春<sup>4</sup>、古屋 隆一<sup>5</sup>

\*Junpei Omura<sup>1</sup>, Peng Han<sup>2</sup>, Chie Yoshino<sup>1</sup>, Katsumi Hattori<sup>1</sup>, Michikuni Shimo<sup>3</sup>, Toshiharu Konishi<sup>4</sup>, Ryuichi Furuya<sup>5</sup>

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<sup>1</sup>、Stock Michael<sup>2</sup>、河崎 善一郎<sup>2</sup>、牛尾 知雄<sup>1</sup>

\*Ami Kudo<sup>1</sup>, Michael Stock<sup>2</sup>, Zenichiro Kawasaki<sup>2</sup>, Tomoo Ushio<sup>1</sup>

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<sup>1</sup>、芳原 容英<sup>2,3,1</sup>、Parrot Michel<sup>4</sup>

\*Yididya Girma Gurmu<sup>1</sup>, Yasuhide Hobara<sup>2,3,1</sup>, Michel Parrot<sup>4</sup>

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