

大気電場の太陽活動に対する応答

Dependence of atmospheric electric field on solar activity

*池田 昭大¹、野澤 宏大¹、篠原 学¹、北村 健太郎²*Akihiro Ikeda¹, Hiromasa Nozawa¹, Manabu Shinohara¹, Kentarou Kitamura²

1.鹿児島工業高等専門学校、2.徳山工業高等専門学校

1.National Institute of Technology, Kagoshima College, 2.National Institute of Technology, Tokuyama College

The vertical atmospheric electric field variations depend on the state of the global circuit. Under the fair weather condition, atmospheric electric field directs vertically downward. The direction is due to the electric potential in the ionosphere and the Earth's surface. Thus ionospheric state seems to affect atmospheric electric field.

Kleimenova et al. [2010] examined atmospheric electric field at the time of substorms. They concluded that the deviations of E_z at high latitudes are the result from an enhanced polar convection or change in the ionospheric potential.

Since the report was established based on high-latitude data, we focused on low-latitude atmospheric electric field variation related with ionospheric state. In this study we analyzed the low-latitude atmospheric electric field E_z at KAK (G.G. Lat.: 36.2 N, G.G. Lon.: 140.2 E) and solar F10.7 index which is derived from solar radio flux at a 2.8 MHz. The solar F10.7 flux is well known that related with ionization in the ionosphere through solar extreme ultraviolet (EUV) emission. Daily E_z amplitude for high solar-activity ($F10.7 > 100$) periods shows higher value than that for low solar-activity ($F10.7 < 100$) periods. The tendency is predominant in July and August. When solar EUV flux is intense, ionization in the ionosphere are promoted and ionospheric potential becomes higher. We, therefore conclude that potential difference between the ionosphere and the Earth's surface becomes larger and the atmospheric electric field is enhanced during high solar-activity periods.

キーワード：大気電場、太陽活動

Keywords: atmospheric electric field, solar activity

Prediction of Nighttime VLF Signal Amplitude for Mid-and High-Latitude Paths

*hendy SANTOSA^{1,2}, Yasuhide Hobara^{1,3,4}

1.Department of Communication Engineering and Informatics, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan, 2.Department of Electrical Engineering, Bengkulu University, Bengkulu, Indonesia, 3.Earth Environment Research Station, The University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo, Japan., 4.Center for Space Science and Radio Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan

The amplitude of Sub-ionospheric Very Low Frequency (VLF) propagation is sensitive to the lower ionospheric. Accordingly, VLF waves have been proposed to study and monitor the lower ionospheric conditions. However the temporal dependence of VLF amplitude has complicated and large daily variabilities in general due to combinations of both effects from above (space weather effect) and below (atmospheric and crustal processes) of the ionosphere. Thus the modelling and prediction of VLF wave amplitude are important issues to study the lower ionospheric responses from various external parameters and to also detect the anomalies of the ionosphere.

In this paper, the NARX (Nonlinear Autoregressive with Exogenous Input) neural network is used as a novel method for predicting daily nighttime averaged amplitude of VLF transmitter signals indicating the ionospheric perturbation around the transmitter-receiver path. The NARX neural networks has a good accuracy in predicting time series data and thus are more suitable for dynamic modelling. The NARX model, which was built based on daily input variables of various physical parameters such as stratosphere temperature, cosmic rays, total column ozone, K-index, AE-index and Dst, possessed good accuracies during the model building. The NARX model for VLF transmitter in Hawaii, USA (NPM) and receiver in Chofu (CHF) Tokyo, Japan (mid-latitude path), which was constructed based on above mentioned. In addition, the high-latitude path from the transmitter in Washington, USA (NLK) to receiver in Chofu (CHF) Tokyo, Japan, which was built as well.

As a result, the constructed models are capable of performing accurate one step (1 day) ahead predictions of the nighttime VLF amplitude from January 1st, 2011 to December 31st, 2013 for NPM-CHF path with the Pearson correlation coefficient (r) of 0.93 and with Root Mean Square Error (RMSE) of 2.0 dB and also the results for multi-step ahead 5 days prediction ($r = 0.86$, $RMSE = 1.88$) and multi-step ahead 10 days prediction ($r = 0.74$, $RMSE = 2.35$). Furthermore, result for NLK-CHF path with r of 0.91 and RMSE of 2.64 dB. In addition, we will demonstrate multi step ahead prediction of daily nighttime VLF amplitude for NLK-CHF paths. We conclude the model built according to the proposed methodology provides accurate predictions of the electric amplitude of VLF wave for both NPM-CHF and NLK-CHF propagation paths.

Keywords: very low frequency, VLF transmitter, nonlinear autoregressive with exogenous input, one-step ahead prediction, multi step ahead prediction

北陸冬季雷が下部電離圏に及ぼす影響

Lower ionosphere perturbations caused by Hokuriku winter lightning

森永 洋介¹、*土屋 史紀¹、小原 隆博¹、三澤 浩昭¹、本間 規泰²、佐藤 光輝³、大矢 浩代⁴Yosuke Morinaga¹, *Fuminori Tsuchiya¹, Takahiro Obara¹, Hiroaki Misawa¹, Noriyasu Honma², Mitsuteru Sato³, Hiroyo Ohya⁴1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北電力、3.北海道大学大学院理学
院、4.千葉大学工学研究科1.Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University,
2.Tohoku Electric Power Company, 3.Graduate School of Science, Hokkaido University, 4.Graduate
School of Engineering, Chiba University

Intense electromagnetic pulses (EMP) radiated from lightning discharge could cause heating and ionization in the ionospheric D-region. While theoretical studies show that change in ionization state in the D-region depends on intensity of EMP, there is no clear observational evidence that shows quantitative relationship between them. The purpose of this study is to reveal influence of the CG(Cloud-to-Ground) and GC(Ground-to-Cloud) lightning discharges on the D-region and to confirm theoretical predictions by observation. The change in ionization state in the D-region is detected using perturbation in low frequency (LF) manmade radio waves which propagate in an earth-ionosphere waveguide. For this purpose, LF radio observation system was installed in Takine (Fukushima Pref.) and measured radio signal from JJY transmitter(60kHz) at Mt. Haganeyama. The midpoint of radio propagation path is located over the coast of Hokuriku area. This enables us to investigate Hokuriku winter lightning effect on the lower ionosphere near the 1-hop point of LF radio propagation. Distance between Takine and Mt. Haganeyama is 1045km and the 1-hop theory is well applicable to predict signal phase at the receiver. The LF sub-ionospheric perturbations which are called as early events have been observed from December 12, 2014 to March 31, 2015. World-Wide Lightning Location Network was used to identify lightning location and timing during this period and totally 189 sets of sub-ionospheric perturbation and causative lightning were detected. A peak current of causative lightning which is a proxy of the EMP intensity was derived from LF atmospheric observation at Suzu (Ishikawa Pref.). Charge moments of the lightning were also derived from ELF magnetic field observation at the Syowa station (Antarctica). The charge moments derived were distributed from 200 to 500 C-km and suggest that quasi-electrostatic field was lower than breakdown threshold at the lower ionosphere and was not responsible for producing sub-ionospheric perturbation observed. Modeling studies predict that EMP produced from a CG discharge creates torus-shaped ionization pattern around 90km height above a causative lightning and horizontal scale depends on intensity of EMP. We statistically examined sense of the phase change as functions of strength of EMP and distance of causative lightning from the 1-hop point along radio propagation path. Based on the 1-hop theory, positive and negative changes in the phase correspond to downward and upward shifts of radio reflection height, in other words, increase and decrease in ionization in the lower ionosphere near the 1-hop point, respectively. Result shows that sense of the phase change strongly depends in both strength of EMP and distance of causative lightning from the 1-hop point; (1) phase increase (which correspond to the ionization increase) was found when a distance between a causative lightning and the 1-hop point was within 100km and the peak current was smaller than 200kA. The distance increased up to 150km when the peak currents were larger than 200kA. This shows that ionization area extends further due to more intense EMP. (2) Outside of these distances, on the other hand, the phase decreases (which correspond to the ionization decrease) was found. Intensity of EMP decreases as distance from a causative lightning.

When the electric field strength becomes lower than the breakdown threshold, electron attachment rate dominates ionization rate, causing decrease in ionization state. (3) Less occurrence of sub-ionospheric perturbation was found inside the distance of 20km from the 1-hop point compared to the surrounding area. This suggests that EMP does not affect ionization state in the lower ionosphere just above CG/GC discharge. These results are consistent with the theoretical expectations.

Acknowledgement: We would like to thank T. Ohno, Hoshinomura astronomical observatory, Fukushima, for cooperating LF radio observation.

キーワード：雷放電、電離圏D領域、early event

Keywords: lightning discharge, ionospheric D-region, early event

冬季雷雲のガンマ線測定を狙う多地点観測システムの新規開発

Development of a new multipoint observation system for gamma-rays from winter thunderstorm

*榎戸 輝揚¹、湯浅 孝行²、和田 有希³、中澤 知洋³、土屋 晴文²、中野 俊男³、米徳 大輔⁴、澤野 達哉⁴*Teruaki Enoto¹, Takayuki Yuasa², Yuuki Wada³, Kazuhiro Nakazawa³, Harufumi Tsuchiya², Toshio Nakano³, Daisuke Yonetoku⁴, Tatsuya Sawano⁴

1.京都大学、2.理化学研究所、3.東京大学、4.金沢大学

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

日本海沿岸の冬季雷雲から 10 MeV に達するガンマ線が地上に放射されていることが観測的に知られており (Torii et al., 2002, Tsuchiya & Enoto et al., 2007)、雷雲内の強電場により電子が相対論的な領域まで加速されていると考えられている。これまでの観測では単地点の観測が多く、電子加速域の生成・成長・消失を追跡を追うことは難しかった。そこで我々は、雷雲の流れにそって複数の観測点を設けたマッピング観測を行うことで、放射の始まりと終わりを確実に捉え、ガンマ線強度やスペクトル変化を測定し、加速現象の全貌を明らかにすることを狙っている。冬季雷雲の平均的な移動速度は ~500 m/ 分で、単点観測で数分にわたりガンマ線増大が検出されるため、およそ数 km 間隔で約 20 個ほどの観測サイトを設けることを考えている。そこで、CsI や BGO シンチレータ、プラスチックシンチレータと独自に開発した回路基板、小型のコンピュータ Raspberry Pi を組み合わせ、30 cm 立方ほどの可搬型の放射線検出器を開発し、金沢大学と金沢大学附属高校に設置して観測を開始した。個々の放射線イベントの到来時間とエネルギー、温度などの環境情報を収集してる。今後、観測地点を増やして、マッピング観測を行いたい。なお、本プロジェクトは、民間の学術系クラウドファンディングからの寄付金によるサポートも得ておこなわれた。

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

落雷時に生じる制動X線の直近観測

Lighting-induced bremsstrahlung X-rays observed near the leader.

*高橋 周作¹、鴨川 仁¹、ボワーズ グレゴリー²、スミス デイビット²、王 道洪³

*Shusaku Takahashi¹, Masashi Kamogawa¹, Gregory Bowers², David Smith², Daohong Wang³

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.岐阜大学工学部電気電子・情報工学科

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

Energetic radiation, bremsstrahlung X ray in energy range of gamma ray, associated with lightning activities and thunderstorm have been reported. The lifetime of lightning-generated X rays, termed short burst, is in the order of millisecond. These X rays are considered to be generated by bremsstrahlung along the leader, termed short burst. During the winter, the bright short burst with more than 100 millisecond duration was detected on 4 Dec. 2015. In this analysis , we compare radiation data with VLF lightning location data and high speed camera data.

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

VHF広帯域干渉計による多地点落雷の放電路進展様相

Cloud-to-ground flashes with multiple strokes observed by Broadband Digital Interferometer

*森本 健志¹、斉喜 竜介¹、片田 健人¹、中村 佳敬²、清水 雅仁³*Takeshi Morimoto¹, Ryusuke Saiki¹, Kento Katada¹, Yoshitaka Nakamura², Masahito Shimizu³

1.近畿大学、2.神戸市立工業高等専門学校、3.中部電力(株)

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

かつて複数の雷撃が同じ放電路を通過して起こる多重落雷と考えられていた現象の中に、僅かの時間間隔で別の地点に落雷する多地点落雷が存在することが確認されている。多地点落雷は、送電線の雷故障現象を複雑化し、故障点発見や故障解析を困難なものとする。本稿では、その性状や発生過程を明らかにすることを目的として、岐阜県東濃地方において筆者らが行っている雷観測のうち、平成26年度の夏季に干渉計により放電路が良好に可視化され、同時にLLS (Lightning Location System) によるデータ取得に成功した多重または多地点落雷の放電路解析を行う。ここで、本稿における「多地点落雷」は、一連の雷放電内で、雷撃点が先行する雷撃と異なる後続雷撃を含む雷放電現象を指す。

干渉計、LLSで同時に観測された多重または多地点落雷は13例で、そのうち6例が多重落雷、2例が多地点落雷、5例が多重落雷と多地点落雷の両方の性質を含むものであった。ここから得られた注目すべき特徴は以下の通りである。

- ・リーダが枝分かれして進展し、その一方が大地に至った雷撃の数十ms後、先行するリーダのうち雷撃に至らなかった放電路をダートリーダが進展し、さらにその続きをステップトリーダが新たに進展して大地に至る多地点落雷が確認された。
- ・多地点落雷のあとの後続雷撃が一つ前の放電路を通らずもう一つ前の雷撃路を通る落雷があることが確認された。
- ・先行するステップトリーダと同じ放電路を通り同じ地点に落雷するが、一部新たな放電路を進展するダートリーダがあることが確認された。
- ・4地点に及ぶ雷撃が観測された。
- ・多重落雷が多地点落雷かは、雷撃時間差のみに因るものではない。

キーワード：雷放電、多重落雷、広帯域デジタル干渉計

Keywords: lightning discharge, multiple storke, broadband digital interferometer

落雷位置情報を用いた雷雨領域の高時間分解能推定

Highly time resolved tracking of the torrential rain from lightning data

*大西 翔太¹、高橋 幸弘¹、山下 幸三²*Shota Onishi¹, Yukihiro Takahashi¹, Kozo Yamashita²

1.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻、2.サレジオ工業高等専門学校 電気工学科

1.Department of Cosmospice, Graduate school of science, Hokkaido University, 2.Dept. Electrical Engineering, Salesian Polytechnic.

Previous studies suggested that there exists a good relationship between frequency of lightning and atmospheric convection or precipitation [e.g. Deierling and Petersen, 2008]. Therefore, lightning data can be used as a proxy for the presence of deep atmospheric convection and precipitation. To monitor time series behavior of lightning activity, it is possible to understand more detailed relationship between the lightning activity and atmospheric convection and it is also possible to predict the distributional area of precipitation.

Our purpose of research is to estimate rain activity by the information of cloud to ground (CG) lightning discharge location. Therefore, we compare the movement of the torrential rain area with the lightning cell by a calculation of a time variation of the CG lightning frequency and that of spatial distribution of lightning.

We analyzed 3,909 events of CG lightning from 14:00, August 11th 2013 to 15:29 (JST) and 3,693 events of CG lightning from 17:30, August 12th 2013 to 19:24 (JST) observed by Japan Lightning Detection Network (JLDN) in Kanto region to estimate the frequency and spatial distribution of CG lightning for 10 min and with 1km square grid. We use the C-band rain radar data provided by the Japan Meteorological Agency (JMA) as the data of rain intensity. The temporal and spatial resolutions of the data are 10min and 1km.

As a result of comparing spatial distribution of lightning with that of precipitation, it is possible that there is a good correlation between the CG lightning distributional area with torrential rain area (>50mm/h) and it is possible that we can estimate the torrential rain area (>50mm/h) to monitor the time variation of the CG lightning frequency and that of spatial distribution of lightning.

We calculated the cross correlation function between the CG distribution at a certain time and that of the one 1 later in order to estimate the motion vector of CG area and we required the luminance centroid to track CG lightning area. We also calculated the cross correlation function between the torrential rain area (>50mm/h) at a certain time and that of the 10 minute later in order to estimate the motion vector of rain area and we required the luminance centroid to track rain area. As a result of comparing the lightning luminance centroids and that of precipitation, we can estimate the luminance centroid of the torrential rain area (>50mm/h) with an accuracy of 2km by using the luminance centroid of lightning distributional area and it is possible that we can estimate the motion of the torrential rain area with highly time resolution by CG lightning data. In this presentation, we will discuss the adequacy of analysis method and our initial result. Also we will consider the relationship between the distributions of the CG lightning frequency and torrential rain area.

キーワード：雷、対地雷撃、雷セルトラッキング

Keywords: Lightning, Cloud to ground lightning discharge, Tracking of the lightning cell

フェーズドアレイレーダーと雷放電の三次元観測により得られた積乱雲内の電荷構造と鉛直流の関連
Relationship between charge structure and vertical air motion in a thunderstorm revealed
by a phased array weather radar and 3D lightning mapper

*吉田 智¹、楠 研一¹、足立 透¹、猪上 華子¹、Wu Ting²、牛尾 知雄²、吉川 栄一³

*Satoru Yoshida¹, Kusunoki Kenichi¹, Toru Adachi¹, Hanako Inoue¹, Ting Wu², Tomoo Ushio², Eiichi Yoshikawa³

1.気象庁気象研究所、2.大阪大学、3.宇宙航空研究開発機構

1.Meteorological Research Institute, 2.Osaka University, 3.Japan Aerospace Exploration Agency

Thunderstorm observation has been conducted in Osaka, Japan, with a use of an X-band phased array weather radar (PAWR) and a 3D lightning mapper, called Broadband Observation network for Lightning and Thunderstorm (BOLT), for further understanding of relationship between electrification mechanism and vertical air motion, which plays an important role in non-inductive charging process. PAWR employs mechanical and electrical scans, respectively, in azimuthal and elevation direction, succeeding in quite high volume scan rate. BOLT is a LF sensor network that receives LF emission associated with lightning discharges and locates LF radiation sources in 3D. BOLT is capable of estimating charge structures removed by both intra-cloud (IC) and cloud-to-ground (CG) flashes. In this presentation, we focus on lightning activity and charge structure in a convective cell recorded on 30 July 2015. The convective cell involved severe lightning activity in 15 minutes and the both IC and CG flash rate (the number of flash per minute) changed drastically within the 15 minutes. We divide the 15 minutes lightning activity into three stages; the first, the second and the last 5 minutes, respectively, are termed developing, mature, and dissipating stages, based on IC and CG flash rates. In the developing stage, IC flash rate increased drastically from a few to about 10 flashes min⁻¹. In the mature stage, IC flash rate are quite high and had a peak of 12 flashes min⁻¹, while CG flash rate increased gradually. In the dissipating stage, IC flash rate drastically decreased, while CG flash rate had a peak of 5 flashes min⁻¹. In the developing stage, updraft in the mid-level (about 7 km) developed into the upper level (10 km or more in AGL). In this presentation, we estimate existence of updraft from Doppler velocity and ascending echo. The echo top of the convective cell increased rapidly. The main positive charge region estimated by BOLT was located around the updraft region in the upper level. In the mature stage, the updraft was further intensified and the echo top reached the tropopause altitude of 14.5 km. The main positive charge region was again located in the updraft of the upper level. In the dissipating stage, divergence at the echo top produced cold downdraft in the rear flank of the convective cell. The cold downdraft descended to mid-level (about 7 km) and suppressed the updraft at mid-level so that the updraft in the upper level was weakened. These observation results indicate a strong relationship between electrification for IC discharges and updraft strength. In the dissipating stage when CG flash rate peaked, main negative and pocket positive charge regions estimated by BOLT were located near the mixture region of the cold downdraft and updraft from the lower level. We speculate that the pocket positive charge region was mainly produced by the collisions between graupel in the downdraft originated from the upper level and the ice pellets ascending from the lower level. These simple speculation support that non-inductive charging mechanism in thunderstorms.

キーワード：雷放電、上昇気流、電荷構造

Keywords: lightning, updraft, charge structure

固定型二重偏波フェーズドアレイレーダにおける観測精度の検討

Study of observational accuracy of non-rotating dual-polarization phased array radar

*喜田 智亮¹、牛尾 知雄¹、金 寛¹、妻鹿 友昭¹、菊池 博史¹、嶋村 重治¹*Tomoaki Kida¹, Tomoo Ushio¹, Gwan Kim¹, Tomoaki Mega¹, Hiroshi Kikuchi¹, Shigeharu Shimamura¹

1.大阪大学大学院 工学研究科 情報通信工学部門

1.Information and communication engineering department , Osaka University

近年、集中豪雨や、竜巻など突発的な気象現象が問題となっている。数分規模で変化していく雨雲の内部構造の進展、発達を補足し予測・対応していくためには、より高い時空間分解能(数十秒程度)を持つ気象レーダによる観測が求められる。2012年に高時間(30[sec])分解能かつ高空間分解能(100[m])を持ち合わせたX帯フェーズドアレイレーダ(PAR)が開発されたが、現在のPARは単一偏波(水平偏波)のみでの観測であるので、直交二偏波を用いる二重偏波レーダと比較するとその観測精度は低い。よって、今後開発が期待されるレーダとして、高速スキャンと高精度観測の二つを実現する二重偏波フェーズドアレイレーダがあげられる。しかし、デジタルビームフォーミングを行うことによるアンテナ特性の劣化や、直交二偏波を区別する性能である交差偏波識別度(XPD)の低下などの問題により、二重偏波フェーズドアレイレーダは実用化されていない。本稿では、これらの問題を解決するためにアンテナ素子の設計および平面型、円柱型、球型の三種類の固定型アレイの形状を設計し、降雨観測のシミュレーションを行い、その結果に対する考察を行う。

キーワード：フェーズドアレイレーダ、二重偏波、降雨観測

Keywords: phased array radar, dual-polarization, precipitation observation

偏波フェーズドアレイレーダの開発とビーム形成に関する検討

Development of a polarimetric phased array weather and adaptive beamforming technique

*菊池 博史¹、呉 亭¹、金 寛¹、牛尾 知雄¹、後藤 秀人²、水谷 文彦²*Hiroshi Kikuchi¹, Ting Wu¹, Gwan Kim¹, Tomoo Ushio¹, Hideto Goto², Fumihiko Mizutani²

1.大阪大学大学院工学研究科、2.東芝

1.Graduate School of Engineering, Osaka University, 2.TOSHIBA Co.,Ltd.

Development of a polarimetric phased array weather radar as a subsequent project of the phased array weather radar (PAR) is under discussion. The design of a polarimetric phased array weather radar has been the object of several experimental development. The polarimetric phased array weather radar has significantly advanced the following points. 1) to classify types of precipitation, 2) to provide quantitative estimates of precipitation accumulation, 3) to obtain high spatial and temporal resolution volumetric radar data. 1) and 2) are contributed by a polarimetric sensing technique, and 3) is provided by the digital beam forming techniques in a phased array radar system. In this paper, precipitation radar signal simulations based on the under considering radar concept are carried out to discuss the estimation accuracy of polarimetric precipitation profiles (differential reflectivity, specific differential phase, and copolar correlation coefficient) with two DBF methods that are based on Fourier and minimum mean square error (MMSE) methods. The comparison of the performance of the two methods indicates that MMSE is superior in an observation accuracy because of the effect of a stable and robust main lobe and adaptively suppressed side lobes.

キーワード：気象レーダ、フェーズドアレイアンテナ

Keywords: weather radar, Phased array antenna

二重偏波レーダネットワークにおける降雨減衰補正手法の開発

Development of precipitation attenuation correction technique in a dual-pol radar network

*嶋村 重治¹、牛尾 知雄¹、吉川 栄一²、Chandrasekar V.³*Shigeharu Shimamura¹, Tomoo Ushio¹, Eiichi Yoshikawa², V. Chandrasekar³

1.大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻環境電磁工学領域、2.宇宙航空研究開発機構、3.コロラド州立大学

1.Subarea of Electromagnetic Compatibility, Division of Electrical, Electric and Information Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University, 2.Japan Aerospace eXploration Agency, 3.Colorado State University

竜巻や突発的な集中豪雨等のシビア現象によってもたらされる自然災害の発生が近年増加傾向にあり、低層の降水情報に対する迅速かつ正確な把握の必要性から、X帯二重偏波レーダネットワークによる気象観測が近年主流となっている。X帯二重偏波レーダネットワークによる観測で得られるレーダ反射因子差 Z_{DR} 、比偏波間位相差 K_{DP} 、偏波間相関係数 ρ_{HV} 等の偏波パラメータにより、単一偏波観測では知り得なかった上空の降水粒子判別、雨滴粒径分布推定、降雨量推定が可能となっている。

偏波パラメータの一つである K_{DP} は前方散乱の偏波間位相差の積算量 ϕ_{DP} を距離微分した値として算出されるが、実際に観測される位相差 ψ_{DP} は、観測レンジにおける後方散乱によって生じる位相差 δ_{co} を含んだ値となっており、強雨域で δ_{co} が非ゼロの値を持つX帯において、 K_{DP} の算出には δ_{co} の除去が不可欠である。また、X帯では強雨域において激しい降雨減衰が発生する事が問題となっており、 Z_{DR} もその影響を受けて減衰する。現在 K_{DP} や ϕ_{DP} を用いた減衰補正が用いられているが、正確な降雨減衰補正のためには正確な δ_{co} の除去が必要となる。

δ_{co} と Z_{DR} は強い相関を持つ事が知られており、単体レーダにおいてこの関係を用いて δ_{co} を再帰的に除去するアルゴリズムは提案されているが、アルゴリズム内における関係式の係数値は固定されており、雨滴粒径分布によって変化する事が考慮されていない。本研究では、二重偏波レーダネットワークにおける δ_{co} の影響を考慮した Z_{DR} の減衰補正手法について検討した。

キーワード：気象レーダ、雨

Keywords: meteorological radar, rain

フェーズドアレイ気象レーダー（PAWR）を利用した極端気象現象（落雷、降雹等のシビアハザード）予測に関する研究

The prediction method of sever hazards(Lightning strikes, Hails, etc.) by using Phased Array Weather Radar(PAWR)

*道本 光一郎¹、天野 慎史¹、諸田 雪江¹、横田 匡彦¹、宮川 美南子¹、鳥居 大亮¹、栗本 麻子¹

*Koichiro Michimoto¹, Shinji Amano¹, Yukie Mododa¹, Masahiko Yokota¹, Minako Miyagawa¹, Daisuke Torii¹, Asako Kurimoto¹

1.ウェザー・サービス株式会社

1.Weather Service Co. Ltd

予測が困難な局地的大雨（いわゆる「ゲリラ豪雨」など）が引き起こす、河川の氾濫や洪水などの災害軽減のためには、防災（気象などの）情報が有効である。本研究では、新型気象レーダー（PAWRと略記）などから得られる、いわゆるソーシャル・ビッグデータから、防災（気象）情報を導出する方法に関する研究を実施する。すなわち、「PAWR」や「ひまわり8号」などからの膨大なデータを用いた高密度の気象予測の基本技術確立するための基礎的な解析研究を実施する。

キーワード：フェーズドアレイ気象レーダー、落雷、降雹

Keywords: Phased Array Weather Radar, Lightning strikes, Hails

雷発生のメカニズム

Mechanism of generating thunders

*高橋 耕三¹*Kozo Takahashi¹

1.なし

1.None

1. 中緯度の雷発生

中緯度では、積乱雲の -10°C 以下の領域で水滴は氷晶となっている。固体の融点は表面の方が内部よりも低い。それ故、氷晶の場合 -10°C 付近では氷晶は水膜で覆われている。氷晶内には正孔(ph)と自由電子(fe)が同数あり、phは結晶から抜けだせないがfeは水膜に移動できるため、氷晶は負に帯電した水膜で覆われる。積乱雲の中では氷晶は激しく衝突し合っており、 -10°C 以下では、衝突の多くは弾性的である。衝突の際の速度変化は小さい氷晶の方が大きい氷晶のそれよりも大きいため、氷晶間の衝突により、小さい氷晶の水膜は大きい氷晶に移り、小さい氷晶は、小さくなるとともに正に帯電し、上昇気流により雲頂に運ばれ、雲頂は高電圧となる。

一方、大きい氷晶は、大きくなるとともに負に帯電し、地表に落下する（付図1& 2）。

2. 低緯度の雷発生

低緯度では水滴は凍らないため、メカニズムは中緯度とは異なる。雲頂は上記のメカニズムにより高電圧となり（付図2）、積乱雲の雲頂は約100 MVに達し、電離層にたいし高電圧となり、電離層から電子・負イオンが雲頂に流れ込み、電離層と地表の電位差は数百万Voltとなる。このため積乱雲内部の電界は、上向きで約 1000 v/m になっている。このため、水滴の上部は負に、下部は正に偏極する。積乱雲内では上昇気流のため、小さい水滴は大きい水滴よりも高速になっており、小さい水滴は、大きい水滴の下部に衝突し、小さい水滴の上部の負の電荷が大きい水滴の下部の正の電荷と中和し、小さい水滴は正に帯電し（付図3）、中緯度の場合同様に、雲頂を高電圧にする。

3. 火山の噴煙内の雷の発生

火山の噴煙でも雷の発生が観測されている。噴煙の場合は、火山噴出物（火山灰・礫・岩塊）の摩擦電気による帯電であり、帯電した噴出物は、上記の2の低緯度の雷発生と同じ理由により、火山灰・礫・岩塊の上部を正に帯電させ（付図3）、上記2と同じメカニズムで噴煙の上部を正の高電圧にする。この高電圧は観測されており、上記のメカニズム1・2が共に妥当なことを示している。

4. 地震前兆電界(付図2)

地震前兆電界が下記のメカニズムで発生する可能性が大きい。

- (1) 震源域の地殻の結晶境界面に地震前に微小亀裂が発生し、間隙水が浸透する。
- (2) この間隙水に結晶境界面のウラン化合物・ラジウム化合物・ラドンなどの放射性物質が溶け出す。
- (3) 亀裂により間隙水が地表と繋がり、放射性物質を含む水が震源域の地表に噴出する。
- (4) 地表に出た放射性物質により、下層大気が電離し、電気伝導度が局所的に増加する。
- (5) 地表と電離層間の数百万Voltの電位差と電気伝導度の局所的増加により、宇宙線シャワーの軌跡に沿った電流が、震源域で局所的に一時的に増大する。
- (6) この電流は間歇的脈流であり、広帯域の地震前兆電界が発生する。

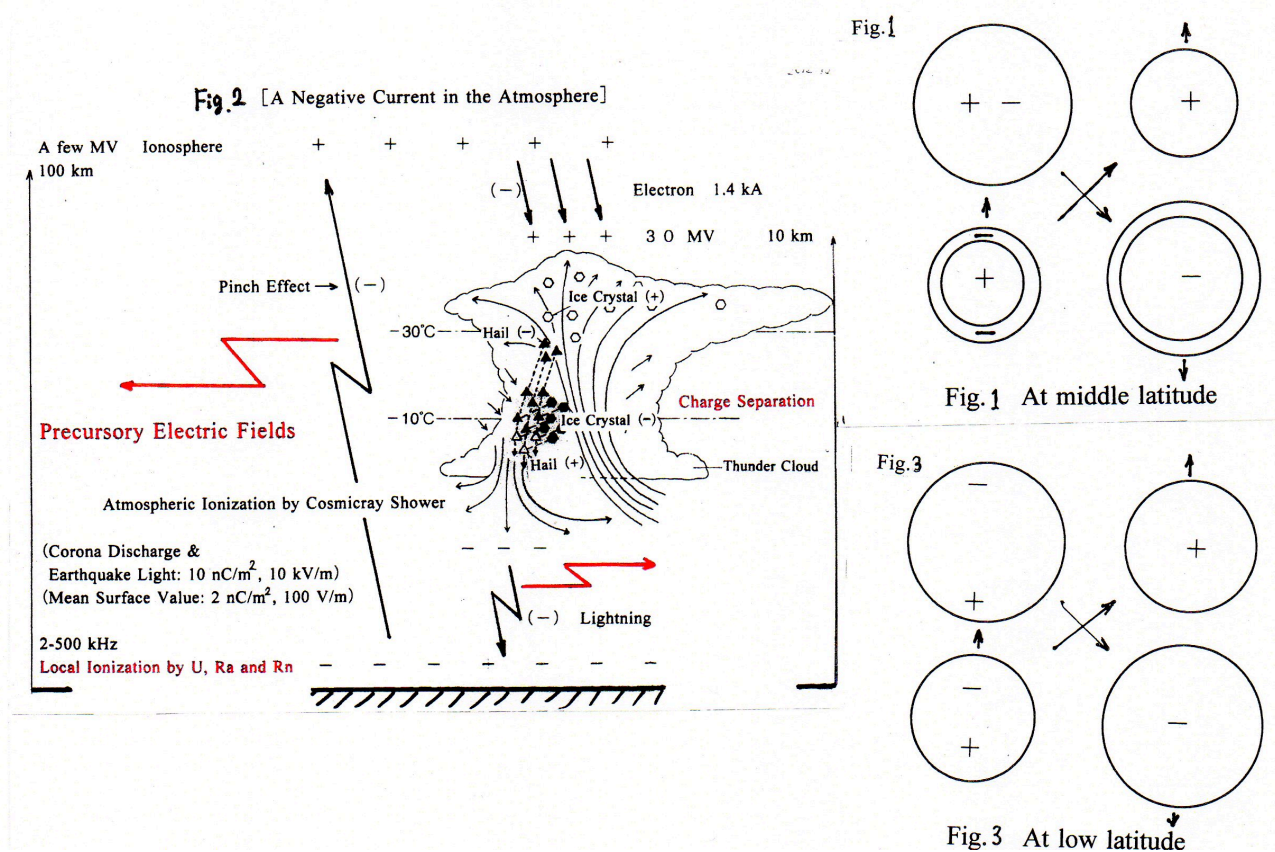
上記のメカニズムの(3)の放射性物質及び(5)の電流による地震雲及び(6)の広帯域電波は観測されており、地震前兆の微小亀裂発生の可能性及び上記のメカニズムの妥当性は大きい。

5. 前兆電界による地震予知

震源域は微小亀裂の発生領域と一致すると考えられるため、前兆電界の発生領域が震源域となる。規模は震源域の広さにほぼ比例するため、前兆電界の発生領域の広さから推定できる。発生日時は、巨大地震の場合、前兆電界が観測され始めてから約一週間後に発生している。

キーワード：地震予知、地震前兆電界、中緯度の雷、低緯度の雷、噴煙中の雷

Keywords: earthquake prediction, precursory seismic electric fields, thunder in middle-latitude, thunder in low-latitude, thunder in smoke of volcano



富士山麓太郎坊におけるラドン、トロン崩壊生成物の測定

Measurements of radon and thoron decay products at Tarobo, a base of Mt. Fuji, Japan

*三浦 和彦¹、川口 尚輝¹、須藤 俊明¹、片岡 良太¹、岩本 洋子¹、永野 勝裕²、速水 洋³*Kazuhiko Miura¹, Naoki Kawaguchi¹, Toshiaki Sudo¹, Ryota Kataoka¹, Yoko Iwamoto¹, Katsuhiro Nagano², Hiroshi Hayami³

1.東京理科大学理学部、2.東京理科大学理工学部、3.電力中央研究所

1.Faculty of Science, Tokyo University of Science, 2.Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science, 3.Central Research Institute of Electric Power Industry

The atmospheric activity concentrations of the short-lived radon and thoron decay products were measured at Tarobo (1300 m a.s.l.), a base of Mt. Fuji, from July 2014 to Aug. 2015. Radon and thoron concentrations were calculated with energy spectra of *alpha*-ray emitted from radioactive aerosols collected on a filter with a time resolution of 2 or 4 h by using a radon monitor. In addition, size distributions of aerosols from about 10 nm to 5000 nm in diameter were measured with a scanning mobility particle sizer and an optical particle counter. In order to estimate the history of air masses, the backward trajectories from 72 h ago to 48 h ago were computed using the HYSPLIT trajectory model (https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php).

Clear seasonal variations of total counts of decay products were found that monthly averaged values were high between autumn and winter, and low between spring and summer. On the other hand, diurnal variations were not observed clearly. It is supposed that the cause of seasonal variations is due to the deference of air mass. These patterns were compared with the results measured at Jungfraujoch (Gaggeler, *et al.*, 1995).

Acknowledgments

This work was partly supported by JSPS KAKENHI Grant Number 25340017.

References

Gaggeler, H. W. *et al.*, Atmospheric Environment, 29, 607-616, 1995

キーワード：ラドン、トロン崩壊生成物、季節変化、富士山

Keywords: radon thoron decay products, seasonal variation, Mt. Fuji

千葉県旭市における大気電気学的パラメータ（大気イオン濃度、大気電場、ラドン濃度）の変動の特徴

Properties of variation 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、Han Peng²、吉野 千恵²、服部 克巳²、下 道國³、小西 敏春⁴

*Junpei Omura¹, Peng Han², Chie Yoshino², Katsumi Hattori², Michikuni Shimo³, Toshiharu Konishi⁴

1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究科、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研工業株式会社
1.Department of Science, Chiba University, 2.Graduate School of Science, Chiba University, 3.Fujita Health University, 4.OHYO KOKEN KOGYO CO.,LTD

地震に関係する電磁気現象のうち電離層で発生する電子密度の異常について、地圏で発生する地震と電離層で起こる現象を結びつける理論として、地圏－大気圏－電離圏結合（LAIカップリング）理論が提唱されている。千葉大学の服部グループでは、大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度等の大気電気パラメータを観測することによってLAIカップリングモデルのうち化学チャンネルの可能性を観測学的に検証している。本稿では、千葉県旭市に設置した旭観測点の大気電気パラメータ変動の特徴について報告する。

旭観測点（北緯35.77度、東経140.69度、以降ASA）では大気電気学的パラメータとして大気イオン濃度、大気電場、大気ラドン濃度、地中ラドン散逸量、気象要素の観測を行っている。本稿ではASAの大気電気パラメータの降雨応答、季節変化、日変化等について調査した結果について、従来の清澄観測点(KYS)の結果（大気イオン濃度と大気電場変動）と比較を行った。

大気イオン濃度と大気電場について降水前の変動は普遍的で、大気イオン濃度は降水開始時に急に増加し、大気電場は降水開始3時間前から乱れる傾向が確認されたが、終了後変動にはサイト毎に異なる傾向が見られ、ASAではKYSに比べどちらのパラメータも高い値を示す時間帯があり、通常時のレベルに戻るのに時間がかかる傾向が見られた。季節毎の平均日変化にも地域差がみられ、ASAの夏季の日変化は15時頃に最小値をとるパターンであり、ASAの他の季節やKYSで確認された15時に最大値をとるパターンとは異なる傾向となった。大気電場については、冬季には9時から12時にかけて低下し、その後徐々に増加を続けるような日変化を示した。それ以外の季節では朝8時頃にピークを迎える変動幅の大きな日変化を確認した。この内冬季の日変化はKYS観測点で全期間のデータから得られた典型的日変化と概ね結果となった。

ASAの観測結果からラドン散逸量は気圧の変動に対して3時間の遅れをもつ逆相関があることが確認できた。また季節によって日変化パターンが異なることも確認された。ラドン散逸量の変動に対し、大気イオン濃度、大気電場は少し遅れて相関のある変動を示す傾向が確認された。地震に関連するラドン異常変動を抽出するためには、観測点を増加することと今後の詳細な解析に基づくモデル化が必要である。

キーワード：大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度

Keywords: atmospheric electricity field, atmospheric ion concentration, radon concentration

能登半島で観測された落雷時の高エネルギー放射線

Short burst radiation at the time of lightning observed in Noto peninsula.

*石川 朗子¹、高橋 周作¹、鴨川 仁¹、ボワーズ グレゴリー²、スミス デイビット²、松木 篤³

*Akiko Ishikawa¹, Shusaku Takahashi¹, Masashi Kamogawa¹, Gregory Bowers², David Smith², Atsushi Matsuki³

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.金沢大学環日本海域環境研究センター

1.Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2.University of California, Santa Cruz ,
3.Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa

雷活動及び雷雲に伴う高エネルギー放射線(ガンマ線エネルギー領域の制動X線)が発生していることが近年わかってきた。落雷時に発生する数ミリ秒オーダーのショートバーストは、雷放電路の強電場での制動放射が原因と言われている。本研究では大気電場を多点で測定し、ショートバースト発生時の雷雲周辺の大気電気環境を推定した。2014年12月から2015年2月に能登半島先端部の石川県珠洲市金沢大学能登学舎にて大気電場と放射線の観測を行った。能登半島を含む日本海側の地域は世界的に珍しい冬季雷が観測される地域である。大気圧下で発生した高エネルギー放射線は伝搬時に急激に減衰するが、冬季雷雲は夏季雷雲と比較して雲底が低いいため雷雲起源の高エネルギー放射線の観測が地上で行いやすいと考えられる。本観測では、4台の大気電場観測装置(フィールドミル)、放射線測定器(NaIおよびプラスチックシンチレーター)を設置した。フィールドミルは学舎の敷地内で20~40 mの間隔で4台設置した。すべての計測電場値は地表面値として校正されている。また雷雲接近時の雲底および雲頂高度を知るため、同建物屋上に設置されたシーロメータおよび気象庁合成レーダーデータをそれぞれ使用した。地上気象データは学舎から西南西に6.1 kmに位置する気象庁AMeDAS珠洲観測所の降水量データを用いた。本観測期間では4つのロングバーストと1つのショートバーストを検知できた。2014年12月31日05:20:08に3ミリ秒で放射線カウントが増加するショートバーストが検知された。この時刻で大気電場は瞬間的に正から負に大きく変動を示したことから、正極性雷によって発生したものではないかと考えられる。本講演ではこのショートバーストと落雷の関係について詳細に述べる。

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