

## 音声信号処理による VLF エミッションの雑音除去とオーロラヒスの発生周波数解析

# 出島 工 [1]; 尾崎 光紀 [2]; 八木谷 聡 [3]; 塩川 和夫 [4]; 三好 由純 [5]  
[1] 金沢大・自然研; [2] 金沢大・理工・電情; [3] 金沢大; [4] 名大宇地研; [5] 名大 ISEE

## Noise reduction technique for VLF emissions by audio signal processing and generation frequency analysis of auroral hiss

# Takumi Dejima[1]; Mitsunori Ozaki[2]; Satoshi Yagitani[3]; Kazuo Shiokawa[4]; Yoshizumi Miyoshi[5]  
[1] Kanazawa Univ.; [2] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.; [3] Kanazawa Univ.; [4] ISEE, Nagoya Univ.; [5] ISEE, Nagoya Univ.

VLF emissions (right-handed circularly polarized waves) are common phenomena in the magnetosphere. VLF emissions greatly contribute to pitch angle scattering for the generation of pulsating aurora (tens of keV to 100 keV electrons) and acceleration of MeV electrons in the radiation belts. We have been conducting the ground-based observations of VLF emissions (10Hz to tens of kHz) at Athabasca ( $L = 4.3$ ) in Canada. Ground-based observations can continuously observe VLF emissions propagating along the geomagnetic field line from the magnetospheric source region at a fixed  $L$  with a high time resolution. However, observation data include stationary noise (white noise and line noise etc.) and a pulse noise (atmospheric noise and artificial clock noise etc.) coming from artificial facilities.

We have studied a noise reduction technique by using audio signal processing techniques. To remove the stationary noises, we use spectral subtraction (SS) method. SS method uses an average noise spectrum in the noisy data to remove background noise components in the frequency domain. In this study, to estimate the average noise spectrum, spectral entropy method is used for distinguishing the signals from the noises. The spectral entropy for the noises becomes larger due to its random behavior. In contrast, the spectral entropy for the signals becomes smaller. Chirp signals (2 to 4 kHz) (simulated chorus waves) with stationary noises were evaluated by using the SS method. The noise reduction result by the SS method showed that the SNR was improved from 0dB to 10dB. We could extract auroral hiss emissions from observation data including strong lighting sferics (5 to 10 kHz) by using the SS method combined with the expected wave polarization. Auroral hiss emissions had a lower cutoff frequency of around 10 kHz and showed a good correlation with auroral activity. The lower cutoff frequency of auroral hiss decreased as the auroral activity moved to lower latitudes. This would be caused by the latitude dependence of the resonance cone angle of auroral hiss.

In this presentation, we will discuss our noise reduction technique for VLF emissions and generation frequency analysis of auroral hiss in detail. We believe that our noise reduction technique can significantly contribute to reduction in the cost and time for a conventional EMC test.

磁気圏で観測される VLF エミッションは、脈動オーロラ (数十 keV~100keV) の発生や放射線帯 MeV 電子など高エネルギー粒子のピッチ角散乱や加速に大きく寄与している。我々は、磁力線で放射線帯とつながるカナダのアサバスカ ( $L=4.3$ ) にて VLF エミッション (10 Hz~数十 kHz) の地上連続観測を行っている。地上観測は、固定の  $L$  値で電磁波動現象を高い時間分解能で連続観測できる利点がある。しかし、VLF エミッションの他に観測機器や伝搬経路で生じた雑音が観測波形に含まれる欠点がある。伝搬経路で生じる雑音は、定常雑音 (白色雑音やライン雑音など) とパルス性雑音 (空電雑音や機器のクロック雑音など) の 2 種類がある。我々は VLF エミッションが可聴周波数帯域であることに着目し、音声信号処理技術を用いて雑音除去の検討を行っている。本研究では、定常雑音を除去するために、音声信号処理で一般に用いられるスペクトルサブトラクション (SS) 法を用いた。SS 法は事前に雑音スペクトルを推定し、周波数領域で雑音成分を除去する手法である。本研究では、事前雑音スペクトルを推定するために、スペクトルエントロピー法を用いた。スペクトルエントロピーは定常雑音の区間はランダム性のため値が大きく、信号区間では小さくなるため、雑音区間と信号区間を区別することができる。コーラス波動を模擬したチャープ信号 (2~4kHz) に定常雑音を付加したテスト信号に SS 法を適用した。雑音除去性能の評価を行った結果、SNR が 0dB から 10dB に改善される結果を得た。

さらに、SS 法による雑音除去に加えて VLF エミッションは右回りの円偏波成分をもつ性質を利用し、VLF エミッションが発生している領域の抽出を行う。その結果、雷空電 (5~15 kHz) に隠れていたオーロラヒスを検出することができた。オーロラヒスは、10 kHz 付近に強度のピークをもち、オーロラの出現とよい相関をもって発生するプラズマ波動現象である。オーロラヒスのスペクトルと撮影したオーロラ画像を比較した結果、オーロラヒスの発生周波数が低くなるほど、オーロラの出現する領域の緯度が低くなっている傾向が見られた。これは、低緯度側でレゾナンスコーンの角度が大きくなり、電離層を突き抜ける低周波の波動が多くなるためと考えられる。

本発表では、VLF エミッションの観測データの雑音除去法、オーロラヒスの発生周波数とオーロラの緯度の相関関係について詳細に報告する。信号処理による雑音除去法は、従来の EMC 試験などのコストを大幅に削減できることに貢献できると考えている。