

## 信号処理による自然波動現象からのパルス性雑音除去

# 出島 工 [1]; 尾崎 光紀 [2]; 八木谷 聡 [3]; 塩川 和夫 [4]; 平野 晃宏 [5]; Connors Martin[6]

[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] 金沢大・理工・電情; [6] Centre for Science, Athabasca Univ.

### Impulse noise reduction techniques using audio signal processing for natural electromagnetic waves

# Takumi Dejima[1]; Mitsunori Ozaki[2]; Satoshi Yagitani[3]; Kazuo Shiokawa[4]; Akihiro Hirano[5]; Martin Connors[6]  
[1] Kanazawa Univ.; [2] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.; [3] Kanazawa Univ.; [4] ISEE, Nagoya Univ.; [5] Faculty of Electrical and Computer Engineering, Kanazawa Univ.; [6] Centre for Science, Athabasca Univ.

We have been conducting the ground-based observations of VLF emissions (100 Hz to tens of kHz) at the sub-auroral latitudes. The ground-based observations can continuously measure VLF emissions at a fixed L with a high time resolution. However, the observed data include various kinds of noises added during the long wave propagation. In order to reduce the effect of the noises, we have applied noise reduction techniques based on audio signal processing. The observed data include the stationary (white noise and hum noise etc.) and impulse noises (atmospheric noise and artificial clock noise etc.). In our previous study, we developed a stationary noise reduction technique by using spectral subtraction method and an adaptive filter. The simulation results showed that the input signal-to-noise ratio was improved by more than 10 dB.

In this study, we have developed an impulse noise reduction technique. It is difficult to extract VLF emissions above 5 kHz (such as auroral hiss) because the impulsive lightning sferics are dominant in this frequency range. For the artificial impulsive noise, such as the one caused by GPS pulses, we can estimate a standard model of digital clock waveform. However, it is difficult to apply the standard waveform model to sferics, because natural impulsive noises cannot be expressed as autoregressive models. A sferic pulse is much shorter than a VLF emission. So we use an averaged spectrum intensity from the data before and after the sferic pulse to interpolate the spectrum intensity. It is important to detect sferic pulse with a high accuracy to interpolate the data. We used test signals consisting of simulated sferic pulses, hum noises (saw-tooth waves), and white noises to evaluate the detection performance of sferics. We detected sferic pulses using a fixed threshold amplitude. The detection results showed 20% false detection for using the original test signals and 4% false detection for using high-pass-filtered (cutoff frequency of 5 kHz) test signals. By reducing hum noises with the high-pass filter, the detection accuracy was improved. In the future, we will consider the use of the neural network to further improve the detection performance of sferics.

In this presentation, we will discuss our noise reduction techniques for the VLF emissions in detail. The proposed noise reduction methods by using audio signal techniques can be applied not only to VLF but also to ULF waves. We believe that this study can be significantly contributed 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、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サブオーロラ帯にて VLF エミッション (10 Hz~数十 kHz) の地上連続多地点観測を行っている。地上観測は、衛星観測と比較して電磁波動現象を固定の L 値かつ高い時間分解能で連続観測できる利点がある。しかし、地上観測は観測機器や伝搬経路で生じた雑音が含まれる欠点がある。これまでは、EMC 試験や僻地での観測を行うといった方法を行ってきたが、コスト面での課題があった。そのため、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、音声信号処理技術による雑音除去の検討を行っている。電磁波動現象の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 (空電や機器のクロック雑音など) の 2 種類がある。定常雑音に関しては、スペクトルサブトラクション法や適応フィルタなど、音声信号処理の分野で一般的に扱われる方法を用いることで、10dB 以上 SN 比を改善できることをシミュレーションによって確認することができた。

本研究では特にパルス雑音除去について検討を進めた。空電は 5 kHz 以上の周波数帯で頻繁に (1 秒間に 100 回程度) 発生しており、同様の周波数帯で発生している VLF エミッションが空電に埋もれてしまう。空電の混入は僻地観測や EMC 試験で改善できるものでないため、信号処理で空電を除去し、オーロラヒスなどの VLF エミッションを抽出することを検討した。GPS パルスなどに起因するクロック雑音は、人工雑音のため標準モデルを推定することができるが、自然現象によって発生する空電は、自己回帰モデルで近似出来ないため標準モデルを推定することが困難である。そのため、本研究では標準モデルを使用せずに空電を除去した。VLF エミッションの数秒の存続時間に対して空電は 1~3 ms 程度でごく僅かな時間幅であることから、空電が存在する区間のスペクトル強度は空電が発生していない前後の平均スペクトル強度として補間することが可能である。この手法を効果的に扱うためには、空電を高い精度で検出することが重要である。空電は波形の振幅の閾値を利用して空電を検出している。空電は通常 5 kHz 以上の周波数帯で見られるため、カットオフ周波数 5 kHz の HPF を用いることで検出率が 30% 程度向上する結果を得た。今後は、閾値で検出した部分を機械学習で空電とそれ以外を識別することで、空電の検出精度をさらに向上させることを検討している。

今回提案した音声信号処理技術による雑音除去手法は、VLF 帯だけでなく、誘導磁力計で観測した ULF 帯の信号など様々な観測信号に適用させることができる。観測信号に含まれる雑音を除去することで、電磁波動現象の解明に大きく貢献できると考えている。