

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06456

研究課題名(和文) マルチメディア信号処理による波動粒子相互作用発生域の高精度リモートセンシング

研究課題名(英文) Improved remote sensing of wave-particle interaction region using multimedia signal processing techniques

研究代表者

尾崎 光紀(Ozaki, Mitsunori)

金沢大学・電子情報通信学系・准教授

研究者番号：70422649

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：マルチメディア(音声・動画像)信号処理を地球周辺の宇宙電磁環境を決定づける波動粒子相互作用探査に応用し、従来予想されなかった電子よりも重い陽子オーロラに高速な秒オーダーの時間変化が含まれること、脈動オーロラとフラッシュオーロラ現象が数百ミリ秒オーダーから数十ミリ秒オーダーで磁気圏の電磁波コーラスの振幅変化と関連していることを明らかにした。これらは、高時間分解能で現象解析を可能とする地上リモートセンシングによる波動粒子相互作用の発生域探査の進展により得られた成果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、マルチメディア(音声・動画像)信号処理による雑音抑圧、動オブジェクト抽出などの技術を電磁環境探査に応用する。これにより、衛星観測では現象の時空間変化を区別することが難しい波動粒子相互作用発生域の変化を、地上からのリモートセンシングとして、高時間分解能で時間変化と空間変化を検出できる学術的特色を有する。これは、宇宙の電磁環境を特徴づけると考えられる波動粒子相互作用発生域の詳細把握に貢献する。

研究成果の概要(英文)：This study finds that a proton aurora includes a fast luminous modulation with 1-second order and a pulsating aurora and flash aurora show fast (tens to a few hundreds of milliseconds) luminous modulations correlated with amplitude variations of chorus waves in the magnetosphere using multimedia (voice and movie) signal processing techniques for identifying wave-particle interaction regions, which can be determined the space electromagnetic environments near the earth. These results are given by an advantage of high temporal resolution in remote sensing on the ground.

研究分野：電磁波計測工学

キーワード：自然電磁波 動オブジェクト抽出 雑音除去 波動粒子相互作用

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

静止軌道までの地球周辺の宇宙空間で自然電磁波動(1 MHz 以下)によって放射線の生成と消失が制御されていることが示唆されている。このような電磁波と放射線に成りえるプラズマ粒子(電子、イオン)のエネルギー授受に係わる現象を波動粒子相互作用と呼ぶ。放射線は電子機器の誤動作、機能損失を誘発し、人工衛星に搭載される半導体への影響が懸念されている。高コストな衛星観測だけでなく、放射線を生成しうる波動粒子相互作用の発生域を地上リモートセンシングとして計測する技術確立が求められている。宇宙で発生する自然電磁波動は磁力線に沿って伝搬し、地上より計測可能である。また、波動粒子相互作用発生域は特徴的なオーロラ現象として地上より観測できる。しかし、地上からの観測データは宇宙の発生域から地上までに様々な雑音が付加されており、地上からの発生域推定を困難にしている問題がある。

2. 研究の目的

本研究は、マルチメディア(音声・動画像)信号処理を地球周辺の宇宙電磁環境を決定づける波動粒子相互作用探査に応用し、地上からのリモートセンシング技術基盤の確立を研究目的とする。特に、音声信号処理の電磁波信号への応用により、定常・非定常雑音の効果的な雑音抑圧技術と形状最適化法に一次処理を加え分裂・結合・明滅・移動するオーロラ現象の追跡技術を開発する。地上リモートセンシングは衛星観測が不得意とする広い領域の高時間分解能現象把握を可能とすることが期待される。

3. 研究の方法

(1) 電磁波信号の定常・非定常雑音除去

地球磁気圏起源の自然電磁波動は磁力線に沿って伝搬するために地上で計測できる。しかし、地上で計測される自然電磁波動データは商用電源起源などの定常雑音や雷放電に伴うパルス性の非定常雑音が印加され、その影響は無視できないものである。本研究では、定常雑音の抑圧には音声信号処理の分野で多用されるスペクトルサブトラクション法の適用について検討を行う。また、非定常雑音には機械学習を用いたパルス性雑音の低減について検討を行う。

(2) 前処理を追加したレベルセット法の改良

波動粒子相互作用発生域の振舞いは、間接的に特殊なオーロラ現象として地上より観測することができる。オーロラ現象を扱うことで、衛星観測では難しい広域の空間変動を知ることができるという利点がある。しかし、観測データには、対象外のオーロラ現象、迷光、雑音が含まれ、対象のオーロラ現象のみを抽出することは難しい。本研究は雑音に対して優れた動的輪郭モデルの一つであるレベルセット法を用いて、対象とするオーロラ現象に特化した前処理の検討を行う。対象となるオーロラ現象は、輝度値の明滅を伴いながら、オブジェクトの分裂、結合を伴うため、特に輝度値の異なる複数のオブジェクトを抽出する解析法について検討を行う。

4. 研究成果

(1) 電磁波信号の雑音除去

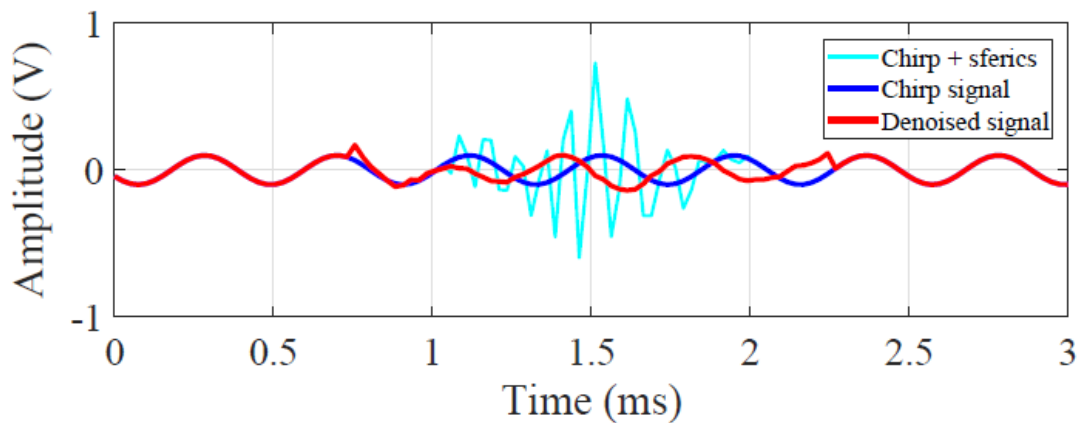
定常雑音の抑圧

白色雑音や商用電源起源のハム雑音の抑圧のため、変調周波数解析を用いた方法とスペクトルサブトラクション法について比較を行った。変調周波数解析とは、時間信号を短時間フーリエ変換し、各周波数の振幅スペクトルの変動をフーリエ変換することで変調周波数を得る手法である。定常雑音は変調周波数では直流成分に含まれるため、雑音推定を行うことなく定常雑音を抑圧できる効果がある。一方でスペクトルサブトラクション法は、雑音モデルを推定し、推定に基づいた雑音ゲインより定常雑音を周波数領域で抑圧する手法である。雑音モデル推定の事前情報を必要とするが、雑音モデルを適切に推定できれば雑音抑圧効果が十分に得られるため、音声信号処理の分野では一般的な手法である。本研究では、雑音モデルとしてスペクトルエントロピーによる信号のランダム性と信号エネルギーを指標に、雑音モデルを作成した。評価の結果、対象となる自然電磁波動が疎(データ長の5%)に存在する場合、変調周波数解析とスペクトルサブトラクション法ともに約15dBのSN比改善が得られた。しかし、対象となる自然電磁波動が密(データ長の50%)に存在する場合、スペクトルサブトラクション法はSN比の改善が疎な場合と同じ約15dBになったが、変調周波数解析は密に信号が存在することにより信号が一様に存在するように見え、SN比改善が約12dBと疎な場合に比べて3dB程度劣化した。このため、定常雑音抑圧にはスペクトルエントロピーと信号エネルギーを指標に雑音モデルを作成したスペクトルサブトラクション法が適していることがわかった。

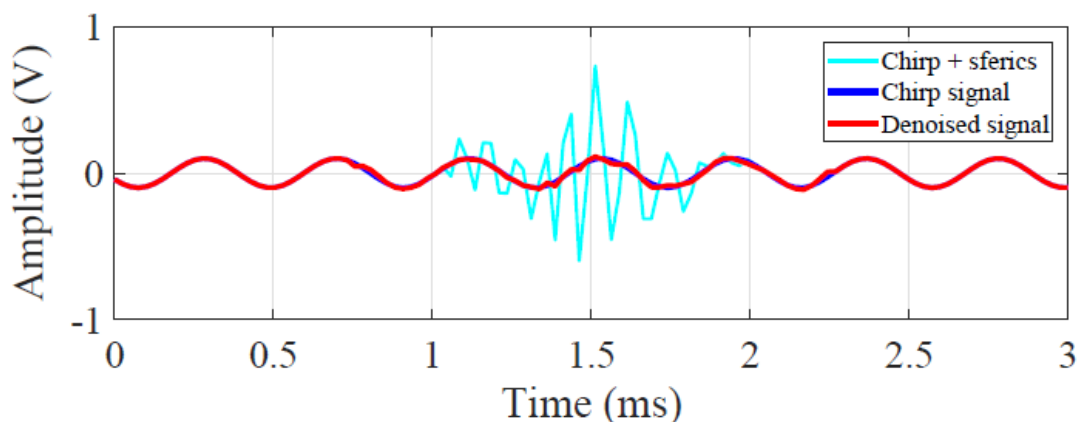
非定常雑音の抑圧

非定常(パルス性)雑音は標準モデルを作成することが困難である。このため、対象となる自然電磁波動の継続時間に対し十分に短い時間しか生じないという特性を利用した。まず、パルス性雑音候補の検出、次にパルス性雑音候補の中から抑圧対象のパルス性雑音とそれ以外に分類する学習器、そしてパルス性雑音区間の補間という流れでパルス性雑音区間を抑圧する。パルス性雑音候補の検出は、単純な閾値処理により行う。パルス性雑音候補からパルス性雑音の分類には、3層のニューラルネットワーク(NN)、サポートベクターマシン(SVM)、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)について比較、検討を行った。いずれの学習器も分類精度90%以上を得た。

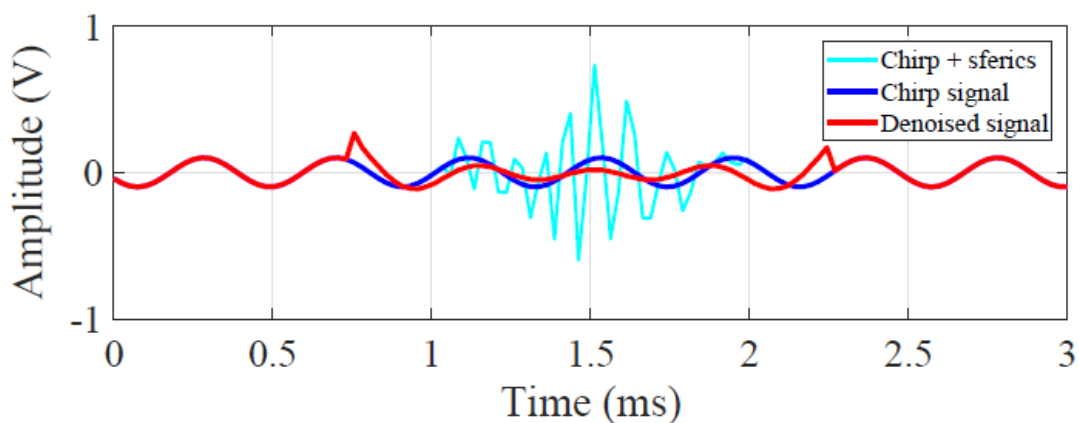
が、分類処理速度が $NN < SVM < CNN$ となった。リアルタイム性よく分類することを重視し、本研究では3層NNによるパルス性雑音の分類を採用した。パルス性雑音区間の補間処理は、近接するパルス性雑音ではない時間帯の平均信号として補完した。自然電磁波動を模擬したチャープ信号（青線）にパルス性雑音として雷放電から生じる雷空電（sferics）を付加したテストデータ（水色）を用いて雑音抑圧の効果（赤線）の例を図1に示す。位相については、ランダム位相、測定位相、非線形最小二乗法による位相推定結果の補間について比較、検討を行った。それぞれの向上SN比は、5, 23, 8dBとなり、測定位相を用いる結果が最も非定常雑音の抑圧効果を有することがわかった。これは、パルス性雑音を含む位相を適用しても、パルス性雑音のエネルギーが抑圧されているために、測定位相を用いた結果が最も優れた抑圧効果を示したと考えられる。



(a) ランダム位相を用いた結果



(b) 測定位相を用いた結果



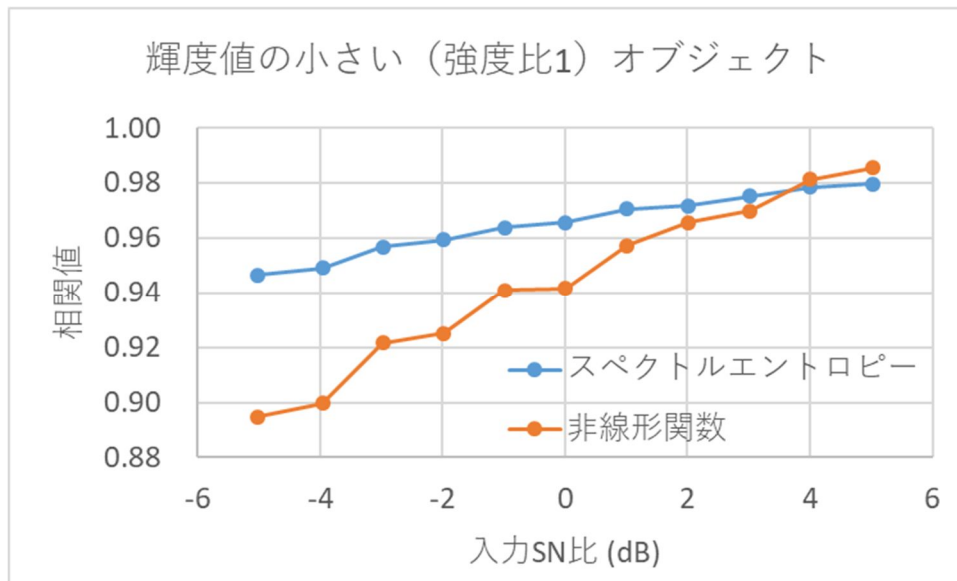
(c) 非線形最小二乗法による推定位相を用いた結果

図1：非定常雑音の抑圧解析例

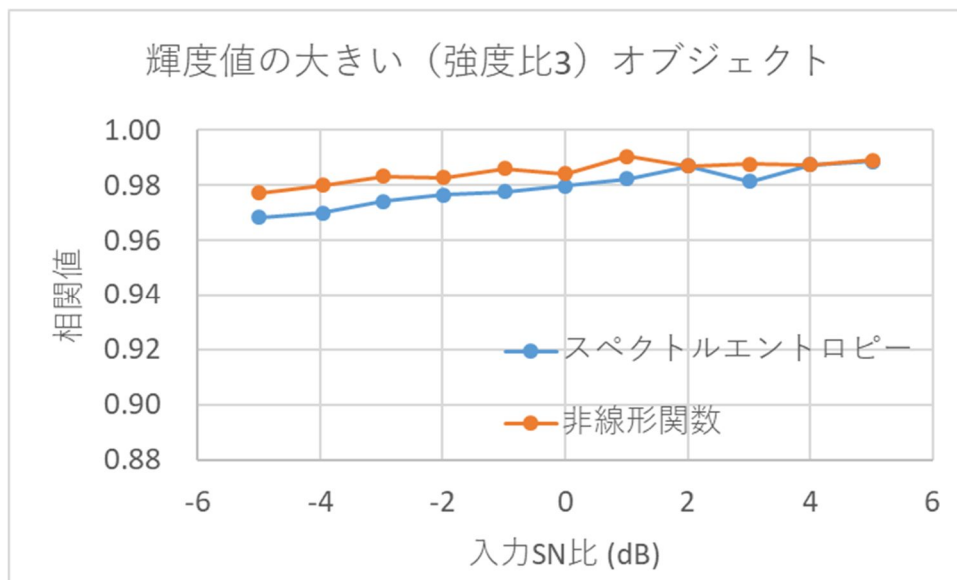
(2) 輝度値の異なる複数の動オブジェクト抽出

本研究の対象オーロラ現象の領域抽出は、判別処理、雑音低減処理と領域抽出処理から構成される。判別処理では、まず対象のオーロラ現象の発光成分と対象外の発光成分の分離を行う。判別処理は、対象のオーロラ現象が輝度値変化に周期性を有するという特徴から High-pass filter を施すことで、対象のオーロラ現象のみの成分を抽出する。雑音低減処理としては、非線形関数を用いた輝度値の伸長・圧縮の輝度値補正とスペクトルエントロピー法による比較を行った。領域抽出処理についてはオブジェクトの分離や結合を自然な形で表現できるレベルセット法を採用する。伸長・圧縮による輝度値補正とスペクトルエントロピー法の効果を比較するために、強度差を有する二つのオーロラ領域の抽出性能を評価した。強度比は 1 対 3 としガウス分布で表現するオーロラ領域に白色雑音を印加したテスト画像を用いた。

雑音を付加していない画像を目標値として相関値による評価結果を図 2 に示す。レベルセット法により観測を模擬した $-5 \sim +5\text{dB}$ の範囲でいずれも対象オブジェクトを検出可能であった。さらに、非線形関数による輝度値補正とスペクトルエントロピー法を比較すると、特に強度比の小さいオブジェクトに対して -5dB 時でスペクトルエントロピー法を用いた場合は相関値が 0.05 高くなる結果を得た。これは、低 SN 比では非線形関数では雑音成分も伸長してしまい、相関値が低くなったと考えられる。一方で、スペクトルエントロピー法は、信号のランダム性を用いているため、低 SN 比においても強度比が小さいオブジェクトが強度比の大きいオブジェクトに埋もれることなく目標画像との 0.94 を超える高い相関値が得られたと考えられる。



(a) 輝度値の小さいオブジェクトの抽出結果



(b) 輝度値の大きいオブジェクトの抽出結果

図 2 : 強度比を有するオブジェクトの抽出結果

(3) 実観測データを用いた解析結果

マルチメディア信号処理技術に基づいた自然電磁波動の雑音抑圧、オーロラ現象の抽出処理を実観測データに施し、本研究では以下の現象を新たに明らかにすることができた。

電子よりも重い陽子降下により生じる陽子オーロラについて、これまでにない秒スケールの高速な時間変動を有していることを見出した(引用文献)。従来研究では自然電磁波動に関連する陽子オーロラについて数十秒の時間変動を報告しており、本研究での陽子降下に見られた秒スケールの変化は研究当初予期せぬ結果であった。時間分解能と周波数分解能を独立として扱い解析法を用いることで、この秒スケールをもつ陽子オーロラは関連する自然電磁波動の瞬時電力変化と高い相関を示すことを明らかにしている。

また、通常より高いエネルギー(数十 keV 程度)の電子降り込みを表す脈動オーロラとフラッシュオーロラ現象が数百ミリ秒オーダーから数十ミリ秒オーダーで磁気圏の電磁波コーラスの振幅変化と関連していることを観測データから世界で初めて見出した(引用文献 、)。特に、レベルセット法を用いたオーロラ現象の空間変化を抽出することができたため、脈動オーロラの空間変化とコーラスの振幅変化の関連を見出すことができた。そして、これらのオーロラ現象を地球磁場モデルより宇宙に投影させ、波動粒子相互作用発生域の空間サイズを推定した場合、従来の報告結果(数千 km オーダー)よりも1桁以上空間サイズが小さい結果(数十~数百 km オーダー)を得た(引用文献)。このような空間サイズの違いがどのような原因で生じているかは今後の研究課題である。

<引用文献>

M. Ozaki et al., Discovery of 1 Hz Range Modulation of Isolated Proton Aurora at Subauroral Latitudes, Geophysical Research Letters, 45, 1209-1217, 2018.

M. Ozaki et al., Microscopic observations of pulsating aurora associated with chorus element structures: Coordinated Arase satellite PWING observations. Geophysical Research Letters, 45, 12,125-12,134, 2018.

M. Ozaki et al., Visualization of rapid electron precipitation via chorus element wave-particle interactions. Nature Communications, 10, 257, 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Ozaki M. et al. | 4. 巻 45 |
| 2. 論文標題 Microscopic Observations of Pulsating Aurora Associated With Chorus Element Structures: Coordinated Arase Satellite PWING Observations | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Geophysical Research Letters | 6. 最初と最後の頁 12,125 ~ 12,134 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL079812 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Ozaki M. et al. | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Visualization of rapid electron precipitation via chorus element wave-particle interactions | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Nature Communications | 6. 最初と最後の頁 NA |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-018-07996-z | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Ozaki M., Shiokawa K., Miyoshi Y., Kataoka R., Connors M., Inoue T., Yagitani S., Ebihara Y., Jun C.-W., Nomura R., Sakaguchi K., Otsuka Y., Uchida H. A., Schofield I., Danskin D. W. | 4. 巻 45 |
| 2. 論文標題 Discovery of 1-Hz Range Modulation of Isolated Proton Aurora at Subauroral Latitudes | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Geophysical Research Letters | 6. 最初と最後の頁 1209 ~ 1217 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017GL076486 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 尾崎光紀 | 4. 巻 102 |
| 2. 論文標題 あらせ衛星における交流磁界計測技術と波動粒子相互作用の 衛星地上同時観測について | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会誌 | 6. 最初と最後の頁 1129-1134 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 13件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Ozaki, T. Inoue, Y. Tanaka, Y. Goto, S. Yagitani, Y. Kasahara, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, K. Hosokawa, S. Oyama, R. Kataoka, Y. Ebihara, Y. Ogawa, A. Kadokura |
| 2. 発表標題 Spatial development of single chorus element wave-electron interaction region deduced from flash aurora and ray tracing |
| 3. 学会等名 Japanese-Czech Space Physics Symposium (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Ozaki, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, K. Hosokawa, S. Oyama, S. Yagitani, Y. Kasahara, Y. Kasaba, S. Matsuda, R. Kataoka, Y. Ebihara, Y. Ogawa, Y. Otsuka, A. Matsuoka, I. Shinora |
| 2. 発表標題 Flash aurora as manifestation of single chorus element wave-particle interactions |
| 3. 学会等名 Japanese-Czech Space Physics Symposium (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上智寛, 尾崎光紀, 田中良昌, 後藤由貴, 八木谷聡, 笠原禎也, 塩川和夫, 三好由純, 片岡龍峰, 門倉昭, 海老原祐輔 |
| 2. 発表標題 レイトレーシング解析を用いたフラッシュオーロラの時空間特性 |
| 3. 学会等名 太陽地球系物理学分野のデータ解析手法、ツールの理解と応用 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 源田 斗輝, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 今村 幸祐, 塩川 和夫, 三好 由純, 大山 伸一郎, 片岡 龍峰, 海老原 祐輔, 細川 敬祐 |
| 2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークによるフラッシュオーロラの自動検出 |
| 3. 学会等名 太陽地球系物理学分野のデータ解析手法、ツールの理解と応用 |
| 4. 発表年 2019年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 源田斗輝, 井上拓海, 尾崎光紀, 八木谷聡, 今村幸祐, 塩川和夫, 三好由純, 大山伸一郎, 片岡龍峰, 海老原祐輔, 細川敬祐 |
| 2. 発表標題 | 機械学習を用いたフラッシュオーロラの時空間解析 |
| 3. 学会等名 | 日本地球惑星科学連合2019年大会 |
| 4. 発表年 | 2019年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Tomohiro Inoue, Mitsunori Ozaki, Yoshitaka Goto, Satoshi Yagitani, Yoshiya Kasahara, Kazuo Shiokawa, Yoshizumi Miyoshi, Ryuho Kataoka, Yusuke Ebihara |
| 2. 発表標題 | Spatiotemporal characteristics on the source region of flash aurora using ray tracing analysis |
| 3. 学会等名 | 日本地球惑星科学連合2019年大会 (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2019年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Fumiya Komase, Tomohiro Inoue, Mitsunori Ozaki, Satoshi Yagitani, Kazuo Shiokawa, Masahito Nose, Tsutomu Nagatsuma |
| 2. 発表標題 | Study on the pulse noise removal technique for Pc1 geomagnetic pulsations on the ground by signal processing |
| 3. 学会等名 | 日本地球惑星科学連合2019年大会 (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2019年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | 尾崎 光紀、井上 智寛、八木谷 聡、塩川 和夫、三好 由純、大塚 雄一、新堀 淳樹、片岡 龍峰、海老原 祐輔、津川 卓也、西岡 未知、Martin Connors |
| 2. 発表標題 | GPS-TECから推定されたプラズマ密度分布の孤立プロトンオーロラ発生域への影響 |
| 3. 学会等名 | 「プラズマ圏の観測とモデリング」研究集会 |
| 4. 発表年 | 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 尾崎 光紀 |
| 2. 発表標題 あらせ衛星とPWING連携観測より得られたフラッシュオーロラの時空間特徴 |
| 3. 学会等名 第11回ERGサイエンス会議（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Mitsunori Ozaki |
| 2. 発表標題 Spatiotemporal development of pulsating auroral patch associated with discrete chorus elements: Arase and PWING observations |
| 3. 学会等名 AP-RASC 2019（招待講演）（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Pulsating aurora associated with temporal structures of chorus elements: Coordinated Arase satellite and PWING observations |
| 3. 学会等名 AGU fall meeting 2018（国際学会） |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Flash aurora as manifestation of the nonlinear resonant interactions between single chorus element and electrons in the magnetosphere |
| 3. 学会等名 SGEPSS fall meeting 2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 尾崎光紀、井上拓海、源田斗輝、八木谷聡、今村幸祐、塩川和夫、三好由純、大山伸一郎、片岡龍峰、海老原祐輔、細川敬祐 |
| 2. 発表標題 サブオーロラ帯で観測されたフラッシュオーロラの時空間特性 |
| 3. 学会等名 H30年度脈動オーロラ研究集会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 T. Inoue, M. Ozaki, S. Yagitani, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, R. Kataoka, Y. Ebihara, R. Nomura, K. Sakaguchi, Y. Otsuka, M. Connors |
| 2. 発表標題 Multi-event analysis for 1 Hz modulation of pulsating proton aurora associated with Pc1 geomagnetic pulsations |
| 3. 学会等名 JpGU 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuya Tokunaga, Takumi Dejima, Tsubasa Takahashi, Mitsunori Ozaki, Satoshi Yagitani, Yoshiya Kasahara, Takahiro Zushi, Hirotsugu Kojima |
| 2. 発表標題 Development of a miniaturized 3-axis search coil magnetometer and a wave receiver powered by a noise reduction technique for micro-satellite experiments |
| 3. 学会等名 JpGU 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 T. Inoue, T. Inoue, M. Ozaki, S. Yagitani, K. Imamura |
| 2. 発表標題 Development of automatic detection and tracking technique for pulsating aurora |
| 3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 T. Inoue, M. Ozaki, S. Yagitani, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, R. Kataoka, Y. Ebihara, R. Nomura, K. Sakaguchi, Y. Otsuka, M. Connors |
| 2 . 発表標題 Estimation of source region of pulsating proton aurora |
| 3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 T. Dejima, M. Ozaki, S. Yagitani, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, M. Connors |
| 2 . 発表標題 An improvement technique of the signal-to-noise ratio for ground-based VLF observation by audio signal processing |
| 3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 2017 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 T. Inoue, M. Ozaki, S. Yagitani, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, R. Kataoka, Y. Ebihara, R. Nomura, K. Sakaguchi, Y. Otsuka, M. Connors, D. Danskin |
| 2 . 発表標題 Pulsating proton aurora and spiky CNA associated with Pc1 waves at sub-auroral latitudes |
| 3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 2017 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 M. Ozaki 他 |
| 2 . 発表標題 Coordinated Arase satellite and ground-based observations of pulsating electron and proton auroras |
| 3 . 学会等名 第142回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会 (招待講演) |
| 4 . 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takumi Inoue, Tomohiro Inoue, Mitsunori Ozaki 他 |
| 2. 発表標題 Initial report on ARASE/ground observations of pulsating aurora:Spatio-temporal analysis of auroral patches related with chorus |
| 3. 学会等名 第142回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takumi Inoue, Tomohiro Inoue, Mitsunori Ozaki 他 |
| 2. 発表標題 A few tens of Hz modulations of pulsating electron aurora related with subpacket structures of chorus emissions |
| 3. 学会等名 The 359th Symposium for Sustainable Humanosphere “ International Workshop on radio science and radio application technology ” |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 T. Inoue, M. Ozaki, S. Yagitani, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, R. Kataoka, Y.Ebihara, R. Nomura, K. Sakaguchi, Y. Otsuka, M. Connors |
| 2. 発表標題 Analysis of equatorward drifting proton aurora associated with spectral characteristics of Pc1 waves |
| 3. 学会等名 The 359th Symposium for Sustainable Humanosphere “ International Workshop on radio science and radio application technology ” |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Mitsunori Ozaki 他 |
| 2. 発表標題 Multiple timescales of pulsating electron/proton auroras related with chorus/EMIC waves |
| 3. 学会等名 The 359th Symposium for Sustainable Humanosphere “ International Workshop on radio science and radio application technology ” (招待講演) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 M. Ozaki, T. Inoue, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, R. Kataoka, S. Yagitani, Y. Ebihara, M. Connors |
| 2. 発表標題 Equatorward drifting electron/proton auroras related with spectral characteristics of chorus/EMIC waves observed at subauroral latitudes |
| 3. 学会等名 8th biennial VLF/ELF Remote Sensing of Ionospheres and Magnetospheres Workshop (VERSIM 2018) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 A. Hirano, M. Ozaki, and S. Yagitani |
| 2. 発表標題 Adaptive Parameter Control in Reduction of Multiple Narrow-Band Noises from Radio Waves |
| 3. 学会等名 32th SIP Symposium |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|---|
| <p>研究者情報 https://ridb.kanazawa-u.ac.jp/public/detail.php?id=3006</p> |
|---|

| 6. 研究組織 | | | |
|---------|---|--|----|
| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
| 研究分担者 | 平野 晃宏 (Hirano Akihiro) (70303261) | 金沢大学・フロンティア工学系・講師 (13301) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 八木谷 聡 (Yagitani Satoshi) | | |
| 研究協力者 | 今村 幸祐 (Imamura Kosuke) | | |