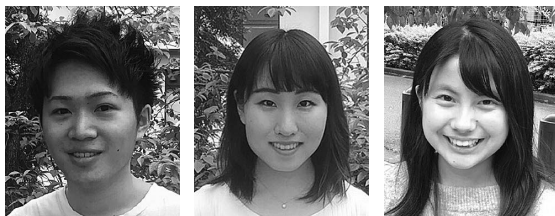


# オーロラの音の謎に迫る



天羽

高富士

藤田

## 天羽 将也<sup>1</sup>・高富士 愛子<sup>2</sup>・藤田 菜穂<sup>3</sup>

〈京都大学大学院理学研究科<sup>1</sup>基礎物理学研究所／重力物理学センター，<sup>2</sup>理学研究科物理学・宇宙物理学専攻物理学第一教室，<sup>3</sup>理学研究科物理学・宇宙物理学専攻宇宙物理学教室 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町〉

e-mail: <sup>1</sup> masaya.amo@yukawa.kyoto-u.ac.jp, <sup>2</sup> takafuji.aiko.52w@st.kyoto-u.ac.jp, <sup>3</sup> fujita.naho.72c@st.kyoto-u.ac.jp

古くからオーロラが発光すると音が聞こえることがあると言われており、多くの文献が残されている。しかし、オーロラの音にはいくつかの不思議な点がある。それらについて矛盾なく説明する確立した説はなく、その正体ははまだ解明されていない。我々は今日までに提唱されてきたさまざまな説についての手がかりを得るため、2017年9月にアラスカのフェアバンクスにてオーロラ出現時の電磁波や音の観測などを行った。幸い観測期間中の2017年9月8日には、かなり強いオーロラ活動があったものの、我々はオーロラ音と思われる異常音を聞くには至らなかった。しかしオーロラ活動の極大期に、1 kHz以下の音域や6-14 kHzの高周波域において原因不明の連続的な録音音声強度の上昇が記録されており、今後も音源の方向探知を含めた詳細な観測が必要である。

## 1. はじめに

宇宙と地球の境界で発生する神秘的な光の舞、オーロラ。その全貌ははまだ解明されていない。その中でもオーロラの音という現象に関しては、古くから多くの文献が残されているにもかかわらず、いまだ謎に包まれている。

### 1.1 オーロラとは

ここで、まずオーロラが発生する原理について簡単に紹介する。オーロラとは、高度約100 km以上の場所で起こる発光現象である。太陽から吹き出した太陽風と呼ばれるプラズマの流れが地球磁気圏に侵入すると、磁気圏尾部のプラズマシートというところにたまる。そのプラズマが地球の磁力線に沿って加速されて地球の大気中の原子や分子（酸素や窒素など）と衝突すると、その原子

や分子が励起される。励起されてエネルギーが高い状態になった地球大気原子や分子は、そこから低いエネルギー準位に遷移する時に光を発する。この光がオーロラであり、原子・分子間の衝突頻度によって放射可能な波長が異なるため、地上からの高度によって緑、ピンク、赤などさまざまな色のオーロラが存在する。

### 1.2 オーロラの音とは

【文献、アンケート】

オーロラの発生原理を理解していただいたところで、オーロラの音とは一体どのようなものなのかを紹介しよう。SilvermanとTuan [1]によると、オーロラの音に関して記述された最古の文献は1563年にまでさかのぼり、1563-1971年の間に少なくとも198もの文献が残されている。さらに、約100年前にオーロラがよく見えるいくつか

の地域で行われたオーロラの音に関するアンケートでは回答率は2割程度で、回答者のうち8割の方がオーロラの音を聞いたことがあると答えた[2, 3]. つまり、回答していない人が全員オーロラの音を聞いたことがないという極端な場合を考えてどんなに低く見積もっても、約16%の人はオーロラの音を聞いたことがあるということになる. 我々はこれらの文献等による情報から、オーロラの音は空耳などではなく確かに実在するものであると判断し、本研究に踏み込んだ.

オーロラの音の特徴についてまとめると、まず、オーロラの音は「パキパキ」、「ヒュー」、「シュー」のような音であると記述されている[4]. さらに、オーロラの発生に伴って聞こえるとも記述されている[4]. また、先述のアンケートの結果からも分かるように、聞こえる人と聞こえない人がいるという特徴もある.

#### 【オーロラの音の不思議な点】

読者の中には、ここまで読んできてすでに何かがおかしいということに気づいている人もいるかもしれない. 先述の通り、オーロラとは高度約100 km以上の場所で発生する現象である. ちょうど雷がピカッと光ってから遅れてゴロゴロと音が聞こえるのと同じように、雷よりもさらに高いオーロラから発生した音が地上に届くには、5分ほどかかるはずである. それがオーロラの発生に伴って聞こえるとは一体どういうことなのか. 実はこれがオーロラの音の不思議な点の1つだ. しかし、オーロラの音の研究を最も困難にしている原因は他にある. 実は何とも奇妙なことに、オーロラの音は録音に成功していないのである. これがオーロラの音に関する最大の謎である. (ただし、録音に成功したと主張している人も存在し、これについては2.5節逆転層説で詳しく紹介するとして、とりあえずここでは録音には成功していないという前提で話を進める.)

## 2. 先行研究

オーロラの音のメカニズムを解明すべく、これまでさまざまな研究がなされてきた. 過去に行われた観測や、提唱されてきた説について紹介する.

### 2.1 アラスカでの録音の試み

まず、1962-1964年のアラスカ大学地球物理研究所の観測[5, 6]を紹介する. 赤祖父俊一らは、2つの高感度な録音機を12マイル離して置いて観測を行った. これらの録音機は10-200 kHzの周波数帯用であった. しかし太陽活動が活発でない時期につきオーロラ活動が穏やかだったためか、録音の成功には至らなかった. オーロラの音として報告の多いシューという音が録音されたものの、その録音とオーロラ活動との関係を確認することはできなかった.

### 2.2 インフラ音説

この説ではインフラ音と呼ばれる、人の一般的な可聴域より周波数の低い超低周波音に注目する. オーロラから衝撃波が放出され、オーロラの形や位相の揃っている時、衝撃波が増幅されてインフラ音として地上に届く[7]. オーロラに伴うインフラ音の音圧は1-10 dyn/cm<sup>2</sup>、平均して2 dyn/cm<sup>2</sup>と考えられている[8]. しかし、伝播速度が通常の音速よりも遅い[1]ため、この説はオーロラの音が動きに伴うという特徴に合わないという欠点を抱えている. また、インフラ音は可聴域よりもかなり低いため、この周波数領域の音を聞くためにはかなりの音圧が必要となる. Yeowartら[9]によると、ヒトが1 Hzまで反応を示したことが確認されているものの、2 Hzを聴くのですら670 dyn/cm<sup>2</sup>もの音圧が必要であり、これはオーロラから生じうる音圧よりはるかに大きい. さらに、インフラ音をヒトが聞いた時、表1のように認知する[9]こともオーロラの音と合わない.

一方、オーロラ活動に伴う4 Hz付近の周波数

表1 インフラ音の特徴 (Yeowart, et al. (1967) [9]より).

周波数領域	特徴
20 Hz以上	耳障りがよく調性を有する かすれた音, はじける音 音響の刺激を「感じる」 不快感を抱く
5-15 Hz	
5 Hz以下	
1.5 Hz以下	

の微気圧振動の記録に成功したという報告が Procnier [10] によってなされている. これはオーロラの動きに伴うという特徴を説明できないという問題もあるが, オーロラ出現時に確認された低周波の音のデータの解析を行ったという点において興味深い研究である.

### 2.3 コロナ放電説

本節では, Silverman と Tuan によって1973年にまとめられた Auroral Audibility [1] の中で最も可能性が高いと結論づけられた, コロナ放電説について紹介する. コロナ放電とは, 非常に鋭い電場の下で起こる点電極からの放電のことであり, オーロラに伴う電場によって発生するコロナ放電の際に音が生じる, というのがコロナ放電説である.

局所的な電場が, 孤立した木や山などの地球の表面の不規則性, 高度の上昇に伴う空気密度の低下, ほこり, 霧, 活発な内部循環に伴う雲によって増加する可能性が示唆されている [11]. そして電場の大きさが 10,000 V/m のオーダーに達すると, 放電が起こると言われている (諸説あり). 音源が近くにあれば, オーロラの動きに伴って時間差なく音が聞こえることもさほど不思議なことではない. また, オーロラの音に稀に伴うと報告されているオゾンや硫黄の匂いも, コロナ放電説で説明がつく.

地球表面の開けた地面上の通常の平均電場は約 100 V/m であり, これは放電を起こすには不十分であるが, オーロラコロナの出現時には電場が放電を起こしうる値まで上昇しうるということが知られている. この電場は, より高い高度での高エネルギー粒子の衝撃によって生成された硬X線による

イオン化から生じる電荷によって生成される可能性が高い [1].

この説には, オーロラの音が聞こえた際に放電の光の観測の記述がないという課題が残るが, オーロラの音の多くの特徴を説明した興味深い説である.

### 2.4 電磁波音説

続いて, 流星の音の原理の有力な候補でもある電磁波音説に着目する. 流星からも音が聞こえるという報告が, 過去数世紀にわたって数多くなされてきた [12]. 2017年に Spalding ら [13] は流星の音に関する以下の説を提示した.

十分な強度を持つ 40 Hz 以上の周波数で強く振幅変調された電磁波は, 髪の毛, 衣服, 葉のような日常でよく用いる誘電材料に放射されると熱に変換された後, 音を作り出すという. この加熱によって周囲の空気に小さな圧力振動が生じ, これを周囲の人間が音として捉える. 理論上, -12 等級の流星は約 25 dB の音圧で可聴音を生成することができるという説である. この理論が本当に流星の音を説明するものかどうかはさておき, ここではこの理論をオーロラの音に転用できるかどうかを焦点とする.

しかし, オーロラの電磁波のエネルギー密度は高く見積もっても  $10^{-17}$  W/cm<sup>2</sup> のオーダー [1] であり, 流星の音の説を転用するにはエネルギーが足りない.

### 2.5 逆転層説

フィンランドの Laine [14] によって2016年に提唱された逆転層説を紹介する. 逆転層とは, 通常のように高度が上昇するにつれて気温が下がるのではなく, 高度の上昇に伴い気温が上昇する領域を指す. 夜に逆転層が形成される際, エアロゾルを含む暖かい空気が上昇し, 逆転層の下部に負の電荷を運ぶ. 逆転層でこの空間電荷が蓄積すると, 電位勾配が発生する. ここで磁気嵐が上層大気の導電率を高める役割をし, 閾値に達すると放電が起こる. それが磁気パルスと共にパチパチと

いう音や拍手音を発生させる，という説である．オーロラに伴う磁気嵐が，地表面に近い逆転層から音を発生させているのであれば，オーロラの動きに伴って音が聞こえることにも説明がつく．また彼は，磁気嵐の際に生じた弾ける音を録音している [15]．

逆転層説に関しても，いくらか議論が必要である．まず，録音された音が本当にオーロラ起源であることの証明に至っていない．さらに，強い共鳴現象が起きているはずだが，その説明をする必要がある．この説もオーロラの音のメカニズムを説明するに至っているとはまだ言えないであろう．今後の研究の進展が必要である．

## 2.6 吐息説

本節では，吐息によって作られた氷の結晶の衝突によって音が聞こえているとする吐息説を紹介する．気温が $-40^{\circ}\text{C}$ より低く大気が穏やかな時，「ヒュー」，「シュー」のような音が聞こえると報告されており，この音を「オーロラの音」と勘違いしているという説だ [16]．しかしながら，オーロラの音の報告の中には，夏にも聞こえたとの報告も多数ある．また，気温が $-40^{\circ}\text{C}$ より低い地域で過ごす人であれば，吐息による音を聞き分けられるのではないだろうか．さらに，オーロラの音が吐息によって作られるものであるのなら，オーロラが出ていない時でも聞こえるはずであろう．以上から，吐息による氷の衝突がオーロラの音の正体である可能性は低いと考える．

## 2.7 クリプトクロム説

オーロラの音が聞こえたと言われた文献は数多く存在する一方で録音が困難である，という奇妙な点について，上記5つのいずれの仮説も説明に成功していない．この困難を克服する可能性を秘めたクリプトクロム説について述べる．

この仮説は，ヒトが音を聞く仕組みに焦点を当てる．ヒトが音を聞く際，鼓膜が音波を捉えて信号が神経に送られる．その信号が脳に届き，音として知覚される．実際に音波が耳に届かなくと

も，音波に相当するシグナルが神経によって伝えられさえすれば，音が聞こえる．そこで，脳内にあるCRY（クリプトクロム）に注目する．CRYは渡り鳥なども有するタンパク質の一種であり，渡り鳥のCRYは磁場受容能があることが知られている．渡り鳥は渡りの際に方位磁針としてCRYを利用していると考えられている [17]．激しいオーロラに付随する磁気嵐の際の磁場擾乱や，オーロラから生じている電磁波が直接脳のCRYに作用することによって，CRYが音波に相当する信号を脳に送り，脳が音と錯覚しているのではないかというのがこの仮説だ．音波が発生していないのならば，録音に成功していないことも説明がつく．

hCRY（ヒトクリプトクロム）が磁場受容能を持つかどうかの研究は，現在進行中である．ハエは通常CRYによって磁場応答することが知られている．CRY遺伝子を発現しないショウジョウバエにhCRY遺伝子を導入するとショウジョウバエの磁場への反応行動が回復するという結果が2011年に報告されている [18]．また，地磁気を遮断した室内で，地磁気と同程度の強さの磁気で頭部を刺激する実験を行い，磁気の向きに応じて脳波が異なる反応を示したことから，人間は地磁気を感じ取る能力を持つと結論づけた論文が2019年に報告された [19]．これらの研究も磁場によって音を認識するか否かの解明に繋がる可能性がある．オーロラに伴う磁場を実際に音として認識しているのかについて，今後の検証が必要とされる．

## 2.8 雑音説

録音が困難であることを説明するための，我々の立てた仮説を紹介する．そもそも「オーロラの音」は存在しない，という仮説である．オバケは，存在を示すことはできない一方で，「見えた」と主張する人が数多く存在する．これは，例えば風で揺らめくカーテンのように何気ない事象を，深夜など特別な時間に見た時に，オバケと勘違い

しているものだったりする。これと同じことがオーロラの音でも起きている可能性について検討する。

身の回りには、オーロラの音と無関係にさまざまな雑音があり、風が木の間に吹く音、誰かが何かを落とす音、など種々雑多である。我々はこれらの音を聞く時、必ずしも発生源を特定できるわけではなく、時に「不思議な音」として認識する。時折聞こえるこれらの「不思議な音」は、普段聞こえたとしてもほとんどの場合は興味がなく、「不思議な音」の発生源を追求しないことが多いだろう。しかしながら、オーロラの動きに偶然同調して「不思議な音」を聞く事象も起こりうる。このような事象に立ち会った時、オーロラの音が聞こえたと感じるのではないか、というのが本仮説の主張である。前述のオバケの場合とよく似ている。

この説は、オーロラの音の奇妙な点を説明できるという点において、説得力がある。まず、オーロラの音の発生に伴って聞こえるという点については、他の時も聞こえている音が、オーロラが発生する時のみ注目される、として説明できる。また、録音が困難であるという特徴について、改めて音声だけを聴くと、他のタイミングでも流れている音であり、オーロラの音とみなさない、として説明がつく。そもそも、「オーロラの音の発生源を特定しよう」と思って慎重に観測していると、勘違いを起こしにくいとも考えうる。

しかしながら、雑音説はオバケと同様、科学の対象とするのは困難である。いかにして科学の対象とするか、今後の議論が必要となる。

### 3. 観 測

我々は、オーロラの音を記録し、その発生メカニズムを解明するために、2017年9月7日から21日までの間、アメリカ合衆国・アラスカ州フェアバンクスにて観測を行った。幸運にも我々の観測期間に、X9.3 (UTC (世界標準時) で2017年9

月6日12時頃) やX2.2 (同6日9時頃) をはじめとして、Mクラス以上の激しい太陽フレアが多く発生し、激しいCME (コロナ質量放出) が起こった。X9.3の太陽フレアは11年ぶりの規模のものであった。オーロラは、1章で述べた通り太陽からのプラズマによって引き起こされるため、激しい太陽フレアによって現地の人も驚くほどの非常に激しいオーロラが観測された。オーロラの音の観測にあたって、これ以上ないベストタイミングであったと言えよう。なお、太陽フレアが発生してから地球に影響が及ぶまでには数日かかる。太陽フレアから数日後のKp指数 (地磁気擾乱の振幅を表すもの。京都大学地磁気世界資料センター提供) は最大で8+と非常に激しい地磁気の擾乱が観測された。

以上を踏まえ、これまでの章で説明した仮説に対し実際に現地で行った観測・検証について述べる。表2にあるように、インフラ音説、コロナ放電説、電磁波音説、逆転層説、クリプトクロム説の検証のため、いくつかの観測を行った。オーロラ活動との対応も記録するため、上記の観測と並行してオーロラの動画の撮影も行った。また、地磁気の状態を知るために地磁気データサービスを利用した。観測地点は森から数十メートル離れた開けた芝生を選んだ (図1)。周辺に、音を発する人工物はほぼ皆無であった。観測値の地理座標は北緯44.223度、西経139.236度、地磁気座標は北緯47.16度、西経75.68度であった。

インフラ音説、コロナ放電説、電磁波音説、逆転層説の検証のために行ったことは録音である。加えて、電磁波音説の検証のために、電磁波の測定を録音と同時に行った。これは観測者がオーロラの音を感知した、または音声レコーダーで音を記録した場合に測定した電磁波に目立った変化が見られたかを調べるためだ。特徴的な電磁波の変化があった場合、電磁波音説のように電磁波が我々の近辺の何かに起因して音に変換された可能性が示唆される。クリプトクロム説を検証するた

表2 各説における検証内容と装置.

説	観測内容	用いた装置
インフラ音説 コロナ放電説	低い音の有無 録音	音声レコーダー 音声レコーダー 音声レコーダー
電磁波音説	録音 特徴的な電磁波の有無	ループアンテナ付き電磁波測定器 高周波電磁波測定器
逆転層説 クリプトクロム説	録音 磁場嵐の有無 電磁波の記録	音声レコーダー (地磁気データサービス) ループアンテナ付き電磁波測定器



図1 オーロラ観測地付近の様子. 山の上の静かな場所で木々に囲まれていた.

めに行ったことは、観測者がオーロラの音を感知した場合の磁気嵐の有無の確認及び電磁波の記録だ。磁気嵐の有無を調べた理由はクリプトクロムの磁場受容能に注目したためだ。電磁波の記録にあたっては、スペクトラムアナライザにループアンテナを繋いで広帯域電波環境をモニターした。電磁波のデータに関しては、今回十分なデータを得ることができなかった。音声データの解析について次章で詳しく述べる。

#### 4. 音声データの解析

我々の観測場所はアラスカの大自然であり、風が吹くと木や葉はシューのような音を立てていた。そのため、もしかするとその音に混ざっていたのかもしれないが、残念ながら、明らかにオーロラが強い時のみに聞こえる等、オーロラの音であるという確証が得られる音を観測者が聞くこと

はできなかった。

しかし、11年ぶりの大規模な太陽フレアの影響が地球に届き、強いオーロラ活動が発生した2017年9月8日12時00分 (UTC) 前後の音声データに着目したところ、図2a) に示すように、オーロラ活動が爆発的に活発化する直前の同8日11時08分頃と、非常に強いオーロラ活動が発生していた同8日13時18分頃の、それぞれの時間帯に得られた録音音声の動スペクトル図を比較すると、図2b), c) に見られるように、後者の時間帯において、1 kHz以下の低周波領域における環境雑音レベルの顕著な上昇が見られる。この時間帯においては、観測者からオーロラ音を聞いたという報告はなされていないが、犬の遠吠えなどの原因が分かっている雑音が同時に録音されているため、上記のオーロラとの関連が示唆される環境雑音のレベルについて、若干の考察が可能であろう。まず、同13時18分03秒頃に発生した犬の遠吠えと思われる音声は、特に注意していなくても十分聞こえるレベルであった。そして問題の環境雑音のレベルは、この犬の鳴き声の約1/100程度の強さであったが、これは注意すれば聞こえても良いレベルであろう。しかし人間の聴覚の特徴として、犬の遠吠えのような明瞭な音には注意が行っても、今回の環境雑音のように、単調な低い音がしていても気づかなかった可能性が高いと思われる。また、同13時18分15秒頃には、200 Hz以下の低周波領域において、遠くの自動車走行音が録音されており、強度は上記の環境雑音と大体

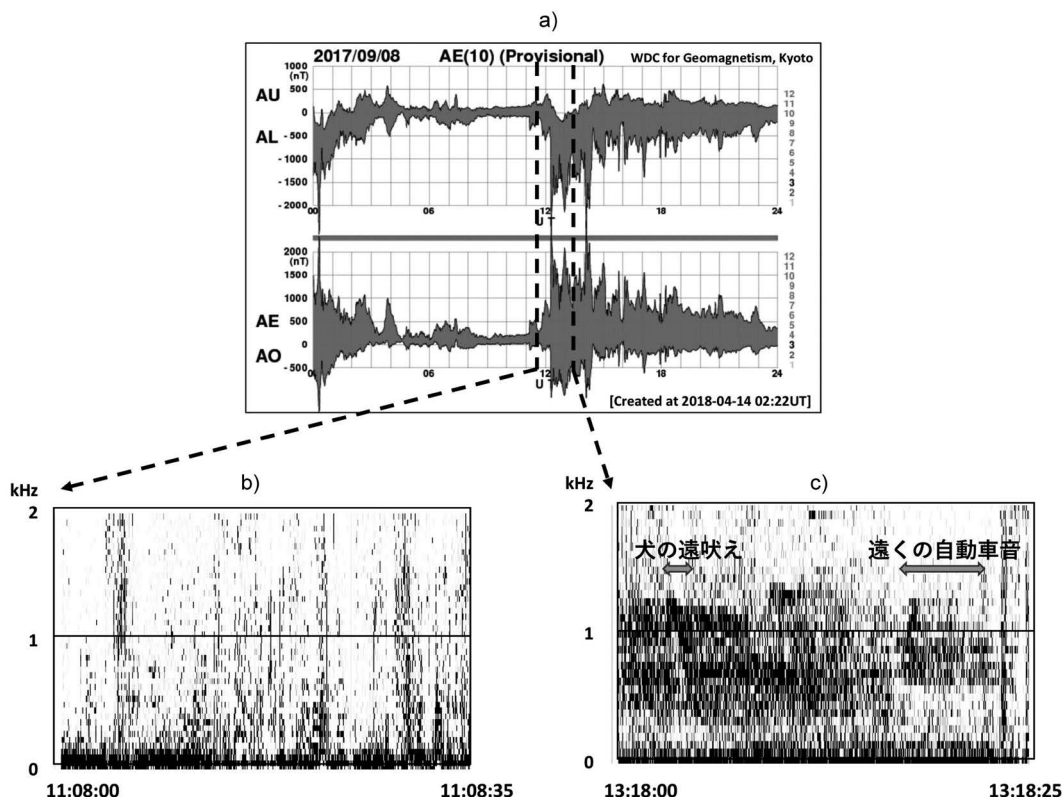


図2 a) オーロラの活動度を示すAE指数（京都大学地磁気世界資料センター提供）. 地磁気静穏日の平均値を引いた値のうち、最大、最小値がそれぞれAU, ALである. AEとAOは $AE = AU - AL$ ,  $AO = (AU + AL) / 2$ として定められる. b) 2017年9月8日11時08分00秒から同08分35秒までの、0-2 kHz帯における録音音声の動スペクトル. 黒味が増すほど強度が強い. c) 2017年9月8日13時18分00秒から同18分25秒までの動スペクトル. 表示はb)と同様.

同レベルであったが、この音も観測者には認識されていない。以上の比較から、オーロラ活動の増大に伴って記録された環境雑音は、通常の間人が感知できる音声レベルの下限に近いが、それ以下であったことが推測される。

さらにもう一例、同日11時13分頃観測地の真上で発生したオーロラの爆発的な増光に伴って、観測者は音を認識できなかったが、約8 kHzにピークを持つ、6-14 kHzの幅広い周波数領域におけるノイズレベルの継続的な増大が計測された。このデータは高感度ビデオカメラの広帯域音声記録より得られたものであり、オーロラ活動との対応が分かりやすい。このような高音域の音波

は大気中において減衰を受けやすいため、犬の遠吠えのような遠距離の雑音には影響を受けにくい。音波の発生源そのものは観測者のかなり近くにあって考えられる。それゆえ仮にオーロラと関連していれば、音波の発生メカニズムの考察において、かなり強い制限を与える可能性がある。

高いオーロラ活動に伴ってVLF（超長波）と呼ばれる3-30 kHzの周波数帯で電波放射が見られる。上述のような発生源が不明の音声シグナルが、電波放射と同じ周波数帯で、オーロラ活動の推移とタイミングを合わせるように記録されたことは興味深いため、さらにアラスカだけでなくカナダや北欧などのオーロラ帯で得られたVLF電

波や地磁気などの観測データとの比較を行いたい。しかし、記録された微弱な音声シグナルが、本当に「空気の振動」としての音波によるものあったとは限らず、周波数としては可聴音域を含む非常に強い VLF 電波によって録音機器の電子回路に微弱な信号が誘起され、それが増幅されて音として記録された、という可能性を含めた検討が必要である。いずれにせよ、今回のように活発なオーロラ活動に合わせた音波記録が、長期にわたって行われた例は世界でもほとんどなく、しかも活発なオーロラ活動に関して種々の音声データが得られたことは、今後のオーロラ音現象の解明に向けて、大きな意味を持つだろう。

## 5. 終わりに

2017年9月5日から21日までの3週間、アラスカにおいて毎晩のように観測を続けたにも関わらず、明白な「オーロラの音」を聴くには至らなかったが、9月8日に発生した今太陽活動サイクルの最後を飾るにふさわしい大規模なオーロラ活動に遭遇し、これまで報告されたことがないような異常な環境音波レベルの増大と思われる現象が観測できたことは、非常に幸運であった。もちろん録音された環境雑音が直接オーロラ音に関係しているという確証はないが、これまで報告のあったオーロラ音の中で、「連続的なノイズ」と言われているカテゴリーの音の解明に向けて、貴重なデータとなることが期待される。また比較的オーロラ活動が高かった2017年9月14-19日の期間においても、今回の報告とは異なった性質を持った環境雑音の観測例があるため、さらに解析を進めたい。

オーロラの音の研究は大きく次の2段階に分けられる。「オーロラの音」なるものが客観的に存在するのかどうかを検証すること、オーロラの音のメカニズムの仮説を検証することだ。他にもさまざまな音が聞こえる中で、聞こえた音がオーロラの音であるということを示すには、その音が

オーロラの出ている時にのみ聞こえる音であり、その音が統計的に十分な回数聞こえなければならぬ。その上で、仮説を証明するためには、仮説に沿って計算を行い、人間が聞こえる周波数・音圧の音が生じていることを示すか、あるいは仮説に従ってオーロラの音を再現することが求められるだろう。いずれにせよ、データ数が圧倒的に不足しているのが現状である。

観測手法としては、まずは人間によって聞こえるかどうか確認することが必要だ。さらにオーロラの音のメカニズムに電磁波が絡む可能性もあるため、音波と電磁氣的現象との同時観測が必要だ。今後も観測機器の性能の向上やオーロラ現象の解明に伴い、オーロラの音の研究が発展することを望む。

## 謝 辞

本稿の執筆の機会を与えていただき、本研究に関しても多くの貴重なご意見をいただいた柴田一成氏に深い感謝の意を表す。なお観測データの解析や分析においては、渡邊堯氏にご協力いただいた。また、先行研究についての議論にご協力いただき、さらにアラスカ現地にて観測のアドバイス等をいただいた赤祖父俊一氏、アラスカ大学地球物理研究所の方々に感謝する。本研究に関する議論に協力いただいた海老原祐輔氏に厚く御礼申し上げます。録音データを提供いただき、我々の録音データについての議論にもご協力いただいた Unto Kalervo Laine 氏に感謝の意を表す。さらに、音声データの解析にご協力いただいた河原達也氏、観測機器に関してご尽力いただいた西村勉氏、加納靖之氏に感謝する。本研究の資金はおもろチャレンジ、京大生チャレンジコンテスト SPEC等を通して京都大学の鼎会にご支援いただいたものであり、ここに感謝の意を表す。本研究で用いた地磁気世界資料センターのデータは、CMO, Collegeの観測所で取得されたもので、地磁気世界資料センター京都 (WDC for Geomag-



netism, Kyoto) [http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/plot\\_realtime/intermagnet/index-j.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/plot_realtime/intermagnet/index-j.html) から提供を受けたものであり、ここに感謝の意を表す。最後に、本研究にご協力いただいたすべての方に深く御礼申し上げる。

### 参考文献

[1] Silverman, S., & Tuan, T., 1973, in *Advances in Geophysics*, 16, Auroral Audibility, ed. Landsberg, H., & Miegheem, J., (Academic Press, New York and London)

[2] Tromholt, S., 1885, *Nature*, 32, 499

[3] Beals, C., 1933, *J. R. Astron. Soc. Can.*, 27, 184

[4] Beals, C., 1933, *Nature*, 132, 245

[5] Wescott, E. M., & Owren, L., 1963, University of Alaska, *Geophys. Inst. Ann. Repts.* 1962

[6] Owren, L., et al., 1964, University of Alaska, *Geophys. Inst. Ann. Repts.* 1963

[7] Wilson, C. R., 1967, *Nature*, 216, 131

[8] Wilson, C. R., 1969, *J. Geophys. Res.*, 74, 1812

[9] Yeowart, N. S., et al., 1967, *J. sound vib.*, 6, 335

[10] Procnier, R. W., 1971, *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 26, 183

[11] Shipley, J. F., & Barnes, P. E., 1940, *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 66, 389

[12] Lamar, D. L., & Romig, M. F., 1964, *Meteoritics*, 2, 127

[13] Spalding, R., et al., 2017, *Sci. Rep.*, 41251, 7

[14] [https://www.researchgate.net/publication/304252270\\_Auroral\\_Acoustics\\_project\\_-\\_a\\_progress\\_report\\_with\\_a\\_new\\_hypothesis](https://www.researchgate.net/publication/304252270_Auroral_Acoustics_project_-_a_progress_report_with_a_new_hypothesis) (2020. 5. 27)

[15] [https://www.researchgate.net/publication/258223115\\_Analysis\\_of\\_clap\\_sounds\\_recorded\\_during\\_the\\_September\\_910\\_2011\\_geomagnetic\\_storm](https://www.researchgate.net/publication/258223115_Analysis_of_clap_sounds_recorded_during_the_September_910_2011_geomagnetic_storm) (2020. 5. 27)

[16] Sverdrup, H. U., 1931, *Nature*, 128, 457

[17] Ritz, T., et al., 2000, *Biophys. J.*, 78, 707

[18] Foley, L. E., et al., 2011, *Nat. Commun.*, 2, 356

[19] Wang, C. X., et al., 2019, *eNeuro*, 6 (2)

### The Mysterious Sounds of Auroras

Masaya AMO<sup>1</sup>, Aiko TAKAFUJI<sup>2</sup> and NAHO FUJITA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Center for Gravitational Physics (CGP), YITP, Kyoto University, Kitashirakawa-Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, Japan*

<sup>2</sup>*Department of Physics I, Division of Physics and Astronomy, Graduate School of Science, Kyoto University, Kitashirakawa-Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, Japan*

<sup>3</sup>*Department of Astronomy, Division of Physics and Astronomy, Graduate School of Science, Kyoto University, Kitashirakawa-Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, Japan*

Abstract: Observations of aurora related sounds have been reported in more than 200 literature. However, the mechanisms of these phenomena have not been clarified yet. There are almost no sound recordings of them. We conducted observations of aurora related sounds on September 2017. During our observation in Alaska, quite intense solar flares occurred (including an X9.3 class flare). We analyzed the sound data under a strong magnetic storm and found the enhancement of the noise level. We summarize potential mechanisms of aurora related sounds and what we observed in Alaska.