

## 南極昭和基地周辺における多地点インフラサウンド観測 Multi-site infrasound observation around Syowa station, Antarctica

柿並 義宏<sup>1\*</sup>; 岡田 和見<sup>6</sup>; 山本 真行<sup>1</sup>; 金尾 政紀<sup>2</sup>; 村山 貴彦<sup>3</sup>; 松島 健<sup>4</sup>; 石原 吉明<sup>5</sup>  
KAKINAMI, Yoshihiro<sup>1\*</sup>; OKADA, Kazumi<sup>6</sup>; YAMAMOTO, Masa-yuki<sup>1</sup>; KANAO, Masaki<sup>2</sup>; MURAYAMA, Takahiko<sup>3</sup>; MATSUSHIMA, Takeshi<sup>4</sup>; ISHIHARA, Yoshiaki<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 高知工科大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 日本気象協会, <sup>4</sup> 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター, <sup>5</sup> 宇宙航空研究開発機構 月・惑星プログラムグループ 研究開発室, <sup>6</sup> 北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター

<sup>1</sup>Kochi University of Technology, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Japan Weather Association, <sup>4</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, <sup>5</sup>JAXA Space Exploration Center, Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>6</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University

Infrasound is one of the frontier fields in geophysics to observe atmospheric events. World wide infrasound observing network has been constructed as the CTBTO (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization) to detect infrasound signal from huge artificial explosions, however, the CTBTO infrasound observing stations usually catch the natural infrasonic waves generated by many geophysical events, like volcanic eruptions, earthquakes, tsunamis, etc. For example, when a huge meteorite fall was observed near Chelyabinsk, Russia in 2012, the induced infrasonic waves reached to many distant CTBTO stations more than 10,000 km apart from. In the polar region, there exists local infrasound sources generated mainly by the ice sheets on ground, ice field, and glacier motions. Icequakes have been frequently monitored by seismic stations in polar region, however, monitoring of induced atmospheric infrasonic waves through lithosphere-atmosphere coupling is still in progress. We installed an infrasound sensor at Syowa station, Antarctica in 2008 during IPY (International Polar Year) period by JARE (Japanese Antarctic Research Expedition) 49 mission. However, the direction-finding of the infrasonic waves is significant to study the comparison between the seismic data, thus, 2 sensors were added on Syowa to make a triangle sensor array in 2013 by JARE 54. In addition, 5 more sensors were installed at 5 locations around Syowa in 2013 (Murayama et al., 2013).

The infrasound data observed at Syowa can be transferred to Japan via satellite connection, however, the data recorded by data logger at the stations near Syowa cannot be obtained without visiting there. In JARE 55 mission, we obtained one-year infrasound observation data recorded at several stations around Syowa and will return them back to Japan in March 2014. In this paper, we will introduce some preliminary results obtained in Antarctica as the first multi-site infrasound observation at the frozen continent.

キーワード: インフラサウンド, 南極, 多地点観測, 南極地域観測隊, 氷震  
Keywords: ifrasound, Antarctica, multi-site observation, JARE, ice quake

## 南極のインフラサウンドデータでみられる各種波動の特徴について Characteristic features of infrasound waves observed at Antarctica

金尾 政紀<sup>1\*</sup>; 村山 貴彦<sup>2</sup>; 山本 真行<sup>3</sup>; 石原 吉明<sup>4</sup>; 柿並 義宏<sup>3</sup>; 岡田 和見<sup>5</sup>; 松島 健<sup>6</sup>  
KANAOKI, Masaki<sup>1\*</sup>; MURAYAMA, Takahiko<sup>2</sup>; YAMAMOTO, Masa-yuki<sup>3</sup>; ISHIHARA, Yoshiaki<sup>4</sup>; KAKINAMI, Yoshihiro<sup>3</sup>  
; OKADA, Kazumi<sup>5</sup>; MATSUSHIMA, Takeshi<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 日本気象協会, <sup>3</sup> 高知工科大学, <sup>4</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>5</sup> 北海道大学, <sup>6</sup> 九州大学  
<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Japan Weather Association, <sup>3</sup>Kochi University of Technology, <sup>4</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>5</sup>Hokkaido University, <sup>6</sup>Kyushu University

Characteristic features of infrasound waves observed at Antarctica reveal the physical interaction involving surface environmental variations in the continent and surrounding Southern Oceans. A single infrasound sensor has been continuously recorded since 2008 at Syowa Station (SYO; 39E, 69S), the Lutzow-Holm Bay (LHB), East Antarctica. The continuously recording data clearly represent a contamination of the background oceanic signals (microbaroms) during whole seasons. In austral summer in 2013, several field stations by infrasound sensors are established along the coast of the LHB. Two infrasound arrays with different diameter size are installed at both SYO (by 100 m spacing triangle) and S16 area on continental ice sheet (by 1000 m spacing triangle). Besides these arrays, two isolated single stations are deployed at two outcrops in LHB. These newly established arrays clearly detected the propagating directions and frequency contents of the microbaroms from Southern Ocean. Microbaroms measurements are a useful tool for characterizing ocean wave climate, complementing other oceanographic and geophysical data in the Antarctic. Moreover, several kind of remarkable infrasound signals are demonstrated, such as regional earthquakes, together with a detection of the airburst shock waves generated from meteorite injection at the Russian Republic on 15 February 2013. Detail and continuous measurements of the infrasound waves in Antarctica could be a new proxy for monitoring a regional environmental change as well as temporal climate variations in high southern latitude.

キーワード: infrasound, array observations, Lutzow-Holm Bay, East Antarctica, microbaroms, surface environment  
Keywords: infrasound, array observations, Lutzow-Holm Bay, East Antarctica, microbaroms, surface environment

## インフラサウンドによる雪崩監視—雪崩遠隔監視システムの構築に向けて— Monitoring snow avalanches by using infrasound with an object of establishing remote detection system of snow avalanches

新井 伸夫<sup>1</sup>; 村山 貴彦<sup>1\*</sup>; 岩國 真紀子<sup>1</sup>; 谷本 早紀<sup>2</sup>; 高橋 大介<sup>2</sup>; 栗原 靖<sup>2</sup>; 荒木 啓司<sup>2</sup>; 山本 真行<sup>3</sup>  
ARAI, Nobuo<sup>1</sup>; MURAYAMA, Takahiko<sup>1\*</sup>; IWAKUNI, Makiko<sup>1</sup>; TANIMOTO, Saki<sup>2</sup>; TAKAHASHI, Daisuke<sup>2</sup>; KURI-  
HARA, Yasushi<sup>2</sup>; ARAKI, Keiji<sup>2</sup>; YAMAMOTO, Masa-yuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 日本気象協会, <sup>2</sup> 鉄道総合技術研究所, <sup>3</sup> 高知工科大学

<sup>1</sup>Japan Weather Association, <sup>2</sup>Railway Technical Research, <sup>3</sup>Kochi University of Technology

It has been demonstrated that avalanches produce strong infrasonic vibrations in air during their movement (Bedard, 1988<sup>[1]</sup>, Hejda, 1995<sup>[2]</sup>). These infrasonic vibrations propagate great distances and can follow the natural relief. This fact shows that it is possible to monitor remotely the snow avalanche by using infrasound detection system.

We aim to establishing remote detection system of snow avalanches. In order to study the feature of the signal associated with snow avalanches, as a first step, we carried out trial infrasound observation simultaneously with the video monitoring and the meteorological observation at mountainous region in Niigata Prefecture from January to April 2013. During the trial observation, some infrasound signals generated by snow avalanches were recorded. We analyzed these data and attempted to extract features from infrasound signals.

### [References]

[1] Bedard, A. J. et al. 1988. On the feasibility and value of detecting and characterizing avalanches remotely by monitoring radiated sub-audible atmospheric sound at long distances. Proc. A Multidisciplinary Approach to Snow Engineering, Santa Barbara, CA.

[2] Hejda, D. 1995. Caracterisation de l'émission acoustique des avalanches, (These de diplome, E. P. F. Lausanne, Suisse.)

Keywords: Infrasound, Snow avalanches, Avalanche monitoring

## 降雨に伴う微気圧変動 Micro-barometric variation associated with rainfall

家森 俊彦<sup>1</sup>; 佐納 康治<sup>2\*</sup>; 林 泰一<sup>3</sup>; 小田木 洋子<sup>1</sup>; 青山 忠司<sup>1</sup>; 中西 邦仁<sup>1</sup>  
IYEMORI, Toshihiko<sup>1</sup>; SANO, Yasuharu<sup>2\*</sup>; HAYASHI, Taiichi<sup>3</sup>; ODAGI, Yoko<sup>1</sup>; AOYAMA, Tadashi<sup>1</sup>; NAKANISHI,  
Kunihito<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 朝日大学経営学科, <sup>3</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>2</sup>Asahi University, <sup>3</sup>DPRI, Kyoto University

夏場の夕立など、急な降雨の開始と数十秒から数百秒周期の微気圧変動の間には明瞭な対応関係があることがわかった。その対応関係を定量的に調べるため、降雨と微気圧変動およびBS放送電波の受信強度観測データを毎秒値で記録した。その結果、降雨が始まる約1分前から気圧が上昇を始め、降雨が始まると、数分周期の振動が始まり、気圧上昇が元に戻り始めしばらくすると雨も小降りになる現象が頻繁に観測された。このような対応関係が生じる原因として、上空で雨滴が落下することによる動圧で大気が圧縮され、それが地表での降雨に先立ち気圧の上昇として観測されていると解釈できる。この解釈が正しいとすると、雨雲より上空では逆に減圧し、それが音波(希薄波)として上空に向かって伝搬する可能性が考えられる。この報告では、上記のような対応関係を多数の例について調べた結果について報告する。

キーワード: 微気圧変化, 重力波, 降雨, 重力音波

Keywords: micro-barometric variation, gravity wave, rainfall, acoustic gravity wave

## 火山の爆発的噴火に伴う電離圏擾乱：GNSSによる観測 Ionospheric disturbances by volcanic explosions: Observations with GNSS

中島 悠貴<sup>1\*</sup>; 日置 幸介<sup>1</sup>  
NAKASHIMA, Yuki<sup>1\*</sup>; HEKI, Kosuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学理学院自然史科学専攻

<sup>1</sup>Dept. Natural history sciences, Graduate school of science, Hokkaido Univ.

地表での様々な自然現象や人為的現象により引き起こされた、大気中の内部重力波や音波は、地表約 300km 上空の電離圏 F 領域を揺さぶることが多数報告されている [Calais et al., 1998 GJI; Heki and Ping, 2005 EPSL]。火山噴火により発生した音波は、近傍では空振として観測されるが、上空に伝搬して電離圏擾乱も引き起こすことが知られている [Heki, 2007 GRL]。我々は国土地理院が日本全国に 1240 点展開している GNSS 連続観測網 GEONET の観測データから、電離圏全電子数 (Total Electron Content; TEC) を抽出し、最近の爆発的火山噴火による電離圏擾乱をとらえてその特徴を明らかにすることを目的している。

Heki [2006] は、GEONET データの解析から、2004 年 9 月 1 日 11:02 UT に浅間山で起こった噴火に伴い、真南から南西にかけての領域において TEC が 0.1 TECU 程度、変動したことを見出した。そして変動量から大気波動のエネルギーを求め、さらに既知のエネルギーを持つ人工的爆発がもたらした電離圏擾乱 [Calais et al., 1998] と振幅を比較することによって、火山噴火そのもののエネルギーを概算している。その後 Dautermann et al. [2009 JGR] は、西インド諸島 Montserrat 島火山の 2003 年の爆発的噴火に関して同様の研究を行っている。

今回、我々は同様の変動を、霧島新燃岳で 2011 年 1 月 31 日 22:54UT に発生した噴火について見出した。気象庁による霧島山の火山解説資料 (平成 23 年 1 月) によると、この噴火で 458 Pa の空振が発生し、鹿児島県霧島市で窓ガラスの破損する被害が生じている。また 2009 年 10 月に発生した桜島火山の爆発的噴火に伴って、Peak-to-peak で最大 0.2-0.3 TECU 程度の擾乱が熱圏の音速で南に伝搬してゆく様子も見出した。擾乱は音波が熱圏に達するのに要する 10 分程度経過してから現れる。また地震時地殻上下変動が励起する音波による電離圏擾乱が約 4 分の周期を持つものに対して、火山噴火による擾乱は 2 分弱と有意に短い周期を持つことがわかった。当日は、2011 年霧島新燃岳や 2009 年桜島の爆発的噴火による TEC 変動の事例を、浅間山など他の火山での事例と比較して議論する。

キーワード: GPS, GNSS, 空震, 音波, 火山噴火, 電離圏

Keywords: GPS, GNSS, infrasound, acoustic wave, volcanic explosion, ionosphere

## 下層大気で生成される音波が電離圏に与える影響のシミュレーション Simulation of ionospheric variations caused by acoustic waves generated in the lower atmosphere

品川 裕之<sup>1\*</sup>  
SHINAGAWA, Hiroyuki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構  
<sup>1</sup> NICT

地震、津波、火山、隕石落下、積雲活動、竜巻、台風、大規模爆発、ロケット発射などの突発性大気現象に伴うインフラソニック波や高周波の重力波などによって電離圏の変動が起きることはすでに知られている。しかし、大気圏、電離圏は極めて複雑かつ非線形のシステムであり、さまざまな要因で変動するため、これらの大気波動が具体的・定量的にどのようなメカニズムで電離圏変動を引き起こすのかは依然良く分かっていない。我々はこれまでに非静力学大気圏・電離圏結合モデルを開発し、それをを用いて2004年のスマトラ沖地震や2011年の東北沖地震の際に観測された電離圏変動の再現を試みた。その結果、地震に伴って観測された電離圏変動が概ね再現できることがわかった。我々は、このモデルをさらに高精度化・精密化することにより、大気音波の発生・伝搬過程と電離圏変動メカニズムの定量的な解明を目指している。本発表では、これまでの結果と今後の展望について報告する。

キーワード: 音波, 下層大気, 超高層大気, 電離圏, シミュレーション, モデル  
Keywords: acoustic wave, lower atmosphere, upper atmosphere, ionosphere, simulation, model

2013年10月に福島県沖で発生したアウターライズ地震に伴う気圧変動シグナル  
Low-frequency atmospheric pressure waves associated with the outer-rise earthquake on  
Oct. 25, 2013, 17:10 UTC.

新井 伸夫<sup>1\*</sup>; 岩國 真紀子<sup>1</sup>; 村山 貴彦<sup>1</sup>; 野上 麻美<sup>1</sup>

ARAI, Nobuo<sup>1\*</sup>; IWAKUNI, Makiko<sup>1</sup>; MURAYAMA, Takahiko<sup>1</sup>; NOGAMI, Mami<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本気象協会

<sup>1</sup> Japan Weather Association

Sensitive microbarographs in and around Japan recorded unequivocal signals associated with the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku, Japan earthquake (Mw = 9.0) (Arai *et al.*, 2011).

These signals retained the original shape of the tsunami and traveled in the atmosphere significantly faster than the tsunami waves in the ocean, therefore, we think that an establishment of a network of infrasound observation along the coast line facing the subduction zone would improve the tsunami warning system.

According to this idea, we deployed three (3) microbarograph stations in Ofunato City, Iwate last July as the first step of the establishment of a network of infrasound observation and are trying to observe atmospheric pressure changes continuously.

The outer-rise earthquake occurred off the Fukushima region on Oct. 25, 2013, 17:10 UTC and the tsunami waves with few tens centimeter heights observed at coastal area of Tohoku region. And some curious atmospheric pressure waves detected at our Ofunato sites. The characteristics of the observed signals are consistent with the features of the tsunami source produced by the outer-rise earthquake.

Reference:

Arai *et al.*, Atmospheric boundary waves excited by the tsunami generation related to the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, *Geophysical Research Letters*, Vol. 38, L00G18, doi:10.1029/2011GL049146.

キーワード: インフラサウンド, 気圧変動, アウターライズ地震, 津波発生検知

Keywords: Infrasound, atmospheric pressure change, outer-rise earthquake, detection of tsunami

## 地形効果を考慮した津波発生時における極超低周波音波伝搬の数値解析に関する基礎検討

## Examination on Numerical Simulation of Tsunami-Induced Extremely Low Frequency Sound Waves with Geospatial Information

大久保 寛<sup>1\*</sup>; 川島 健<sup>1</sup>; 大嶋 拓也<sup>2</sup>; 竹内 伸直<sup>3</sup>  
OKUBO, Kan<sup>1\*</sup>; KAWASHIMA, Ken<sup>1</sup>; OSHIMA, Takuya<sup>2</sup>; TAKEUCHI, Nobunao<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 首都大学東京大学院システムデザイン研究科, <sup>2</sup> 新潟大学工学部, <sup>3</sup> 東北大学理学部

<sup>1</sup>Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University, <sup>2</sup>Faculty of Engineering, Niigata University, <sup>3</sup>Graduate School of Science, Tohoku University

Air pressure changes associated with earthquakes and/or tsunami have been investigated previously. As for air pressure changes associated with tsunami, some observation results have been reported (T. Mikumo (1964), T. Mikumo, et al. (2008) and William L. Donn and Eric S. Posmentier (1964), Y. Tamura (2011), N. Arai, et al. (2011)).

We have measured the air pressure in the terrestrial atmosphere with other meteorological parameters (temperature, humidity, etc.) continuously at Hosokura outdoor observation station (HSK) in Miyagi Prefecture, Japan. The extremely low frequency sound waves (so-called micro barometric waves) are also detected as large changes of air pressure in the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M 9.0, origin time;14:46.18JST) (K. Okubo, et al. (2011)).

Although the power failure was caused by the earthquake occurrence, our observation system had been maintained by the UPS system and the private power generation. Therefore, in this earthquake, our observation system successfully observed extremely low frequency sound waves induced by tsunami. The waves were detectable at the observation point on the ground surface sufficiently early before the arrival of tsunami waves at coastal areas, because sound waves propagate faster than ocean waves (tsunami).

These results can encourage early tsunami detection (S. Iwasaki (1992), T. Izumiya (1994)) using multi-site observation and arrival time difference method. That is, detection of tsunamis might be possible by monitoring extremely low frequency sound waves at ground surface observation sites and/or sea-level observation at relatively low cost. It is important to obtain information of tsunami as soon as possible; arrival time, area and scale.

In this study we present a fundamental examination on analysis and visualization of extremely low frequency sound waves caused by tsunami using numeral approach. We employ the numerical simulation using the Finite-Difference method in Time-Domain (FDTD method) (Yee, 1966) with geospatial information for the large-scale sound wave propagation. As an elementary study, it is applied to the estimation of extremely low frequency sound waves' propagation and time-series analysis of sound pressure.

Through our study, we show the numerical results of sound pressure distribution and estimate the propagation phenomena of sound waves, compared with the observed data at HSK. This examination may help the development of the design of early tsunami detection system. In the future, further efforts can suggest new systems for early warning of destructive tsunami using a combination of other measurements.

We are grateful to Hosokura Metal Mining Co. for the maintenance of our site. This research was partially supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research from the Japan Society for the Promotion of Science.

キーワード: 数値解析, 津波, 音場変化, 微気圧波, インフラサウンド, 可視化

Keywords: Numerical Simulation, tsunami, sound field change, microbarometric wave, infrasound, numerical visualization



## 2010年Chile大地震(Mw8.8)による地殻変動から発生した長周期大気重力波 Atmospheric Gravity Waves from the 2010 Maule, Chile earthquake (Mw8.8)

三雲 健<sup>1\*</sup>; 岩国 真紀子<sup>2</sup>; 新井 伸夫<sup>2</sup>  
MIKUMO, Takeshi<sup>1\*</sup>; IWAKUNI, Makiko<sup>2</sup>; ARAI, Nobuo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学, <sup>2</sup> 日本気象協会, <sup>3</sup> 日本気象協会  
<sup>1</sup>Kyoto University, <sup>2</sup>Japan Weather Service, <sup>3</sup>Japan Weather Service

Atmospheric pressure waves were recorded after the 2010 Maule, Chile earthquake (Mw=8.8) by microbarographs at seven International Monitoring System (IMS) stations in the distance range up to 7,680 km. By applying bandpass-filtering, we extracted low frequency gravity waves, removing atmospheric noise and higher-frequency acoustic modes, and then estimated their phase velocities around 332-341 m/s. To compare with these observations, we constructed synthetic waveforms, referring to the source dimension and coseismic vertical ground displacements based on geodetic measurements (Moreno et al., 2012), and incorporating a standard atmospheric sound velocity structure up to a height of 220 km. The comparison between the observed and synthetic waveforms provides generally satisfactory agreement, and suggests the time constant of ground displacements between 2 and 3 min in the northern and southern segments of the entire source region extending for about 500 km..

キーワード: 2010年チリ大地震, 地殻変動, 長周期大気重力波  
Keywords: 2010Maule, Chile earthquake, Mw=8.8, low-frequency, Atmospheric gravity waves

## パラオにおける高精度気圧アレー観測 (序報) High resolution barometer array in Palau, Western Pacific

石原 靖<sup>1\*</sup>; 深尾 良夫<sup>1</sup>; 志藤 あずさ<sup>2</sup>; 大林 政行<sup>1</sup>; 城岡 竜一<sup>1</sup>  
ISHIHARA, Yasushi<sup>1\*</sup>; FUKAO, Yoshio<sup>1</sup>; SHITO, Azusa<sup>2</sup>; OBAYASHI, Masayuki<sup>1</sup>; SHIROOKA, Ryuichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 京都大学理学研究科附属地球熱学研究施設  
<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University

大気・海洋・固体地球の各層には多様な波動が常時、時にはイベント的な信号として伝播し、層間で相互作用を及ぼしている。その知見を深めるためには従来の枠組みに囚われた個々の観測では議論を進めることが難しく、領域間を連携した統合的な観測が必要であろう。そのテストフィールドとして我々は西太平洋熱帯域に位置するパラオに注目した。パラオでは太平洋域地球物理観測網 (海半球ネットワーク) の一環として広帯域地震観測点が設置されている。また現在この観測点の移設作業が進められており、パラオにて 2 地点で地震観測がされている。一方、JAMSTEC のグループがレーダーを含む気象観測施設を運用しており、周辺の気象環境の常時モニターがなされている。このような背景があることから、この地での統合的な観測の可能性を考え、その一環としてパラオに高精度気圧計の小規模アレーを構築した。

パラオは熱帯域にあることから、日本のような中緯度地域や極地と比較すると数日周期の高・低気圧や前線帯の通過がなく、日常的には気象環境としては安定した環境である。特に今回は超低周波帯域に着目していることから、信号源の抽出・解釈などに優位であると考えられる。またパラオには CTBTO のインフラ・サウンドのアレー網も設置されていることから、今回の観測と併せて広帯域気圧観測が実現することも、この地をテスト・フィールドとした背景である。

観測はセンサーとしてパロサイエンティフィック社製の水晶振動子型高精度気圧計を用い、収録はシリアル通信を介して Linux Box で記録する。サンプリングは低帯域に注目して分解能を高めるために 2 sps としている。アレーはパラオ国内の 5 点に展開している。その内 2 地点は地震観測点に、また 1 地点は気象観測点に設置している。観測点の間隔は 20km 前後である。この観測アレーは 2013 年 8 月に展開され、電源系の若干のトラブルが発生したものの概ね安定して計測を続けている。

データの回収直後のレビューによると、周期 200 秒以上の帯域では大気重力波と見られる波群が多数確認されており、対応する位相も容易に追跡ができる。伝播速度は 20 ? 30 m/s 程度である。また頻りにイベント的な大振幅の信号も到来している。伝播する方向は、その都度変化しているようであり、多くの信号はアレーの外部から到来している。本発表では観測される大気重力波の特性や周囲の気象状況との関連について報告する。

キーワード: 大気重力波, 脈動

Keywords: atmospheric gravity wave, micro seism

## 多地点観測に向けた光学式インフラサウンドセンサの改良と評価 Improvement and evaluation of optical-type infrasound sensor for multi-site observation

池原 光介<sup>1\*</sup>; 山本 真行<sup>1</sup>; 柿並 義宏<sup>1</sup>; 石原 吉明<sup>2</sup>

IKEHARA, Kousuke<sup>1\*</sup>; YAMAMOTO, Masa-yuki<sup>1</sup>; KAKINAMI, Yoshihiro<sup>1</sup>; ISHIHARA, Yoshiaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 高知工科大学, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構 月・惑星プログラムグループ 研究開発室

<sup>1</sup>Kochi University of Technology, <sup>2</sup>JAXA Space Exploration Center, Japan Aerospace Exploration Agency

Infrasound is applicable for remote-sensing methods for detecting geophysical phenomena in the atmosphere. There have been developed and used many types of infrasound sensors, however, typically used infrasound sensors are almost developed by foreign countries, resulting high cost situation in Japan. If we can develop low cost infrasound sensors, multi-site arrayed observation will be realized in near future.

Recently, infrasound signal generated by tsunami was clearly detected by many CTBTO infrasound stations (Arai et al., 2011), suggesting a new era for establishing a dense infrasound sensor network in every prefecture of Japan for preventing or reducing catastrophic disasters. Because the nature of pressure waves with large wavelength, amplitude of infrasound generated by tsunami might be proportional to the size of the disasters. Combination with sensor networks of seismometers on ground and ocean floor, GPS-buoy type wave recorders, and water manometers on ocean floor, establishing a dense network of infrasound sensors with arrayed configuration is desired.

Since 2006, we have been developing new sensing method of infrasound by using piezo film and PSD (Position Sensitive Detectors), achieving frequency range between 0.001 Hz and 10 Hz as well as minimum pressure level of 0.01 Pa (Yamamoto and Ishihara, 2009). In 2013, we tried downsizing the PSD type infrasound sensor developed in 2008 into a size of 0.15 m x 0.15 m x 0.25 m height with calibrating it by using space chamber (0.8 m length x 0.58 m diameter) as an accurate volume pressure reservoir (Manabe et al., 2013). Here, we improved the PSD optical-type infrasound sensor by using 3D printer technology to make many tiny parts designed with 3D CAD software.

By pushing and pulling a small amount of air by a small syringe, calibrating pressure waves with extremely weak amplitude (10 Pa to 0.01 Pa) can be generated in the space chamber, precise measurement of artificially generated infrasonic signals could be realized. The waves were measured by both of the developed PSD sensor and Chaparral Model-2.5 infrasound sensor at the same time. Comparison with output signals by two types of sensors, the downsized PSD type infrasound sensor was carefully studied. In this paper, we will introduce the new design and obtained calibrating datasets.

キーワード: インフラサウンド, 多地点観測, センサ開発, 光学, 計測, 低コスト

Keywords: infrasound, multi-site observation, sensor development, optics, measurement, low-cost

## 気圧計に対する風ノイズの試験観測 Pressure sensors detected wind noise produced in wind tunnel

岩國 真紀子<sup>1\*</sup>; 山本 真行<sup>2</sup>; 谷本 早紀<sup>3</sup>; 柿並 義宏<sup>2</sup>; 池原 光介<sup>2</sup>; 岡田 和見<sup>4</sup>; 荒木 啓司<sup>3</sup>; 栗原 靖<sup>3</sup>; 新井 伸夫<sup>1</sup>; 村山 貴彦<sup>1</sup>; 野上 麻美<sup>1</sup>  
IWAKUNI, Makiko<sup>1\*</sup>; YAMAMOTO, Masa-yuki<sup>2</sup>; TANIMOTO, Saki<sup>3</sup>; KAKINAMI, Yoshihiro<sup>2</sup>; IKEHARA, Kosuke<sup>2</sup>; OKADA, Kazumi<sup>4</sup>; ARAKI, Keiji<sup>3</sup>; KURIHARA, Yasushi<sup>3</sup>; ARAI, Nobuo<sup>1</sup>; MURAYAMA, Takahiko<sup>1</sup>; NOGAMI, Mami<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本気象協会, <sup>2</sup> 高知工科大学 システム工学群, <sup>3</sup> 公益財団法人 鉄道総合技術研究所, <sup>4</sup> 北海道大学大学院理学研究科 付属地震火山研究観測センター

<sup>1</sup>Japan Weather Association, <sup>2</sup>Department of systems engineering, Kochi University of Technology, <sup>3</sup>Railway Technical Research Institute, <sup>4</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

一般的にインフラサウンドと風による圧力変動との周波数域は重なっており、インフラサウンドの圧力変動の振幅は風による圧力変動の振幅よりも小さいことも多い。これらのことから、風ノイズが含まれた圧力変動データからインフラサウンド信号を精度よく検出することは技術的な課題のひとつであり、風ノイズの低減を目的とした圧力計インレット部へのパイプの設置や多点同時観測などが行われてきた。しかし、これまで風洞施設を用いての風ノイズ低減策の効果を定量的に示した例は確認できていない。このことから本研究では、風ノイズの低減策のひとつであるパイプの配置方法を換えることで、測定された圧力変動に含まれる風ノイズがどの程度低減するかを評価するために風洞実験を実施した。

インフラサウンドの観測機器は、ナノ分解能の水晶振動式絶対圧力計 (6000-16B manufactured by Paroscientific Inc., USA)、マイクロホンタイプのインフラサウンドセンサー (Chaparral physics, Model25 manufactured by Univ. of Alaska Fairbanks) を用いた。風洞実験は鉄道総研の大型低騒音風洞で実施した。サンプリング周波数は 100Hz で計測し、最大風速は 60m/sec とした。風洞実験において、風速およびパイプの配置を変更して圧力を計測し、パイプの配置ごとに風速と圧力との関係を求めた。その実験結果を発表当日に示す。

Keywords: Infrasound, wind noise reduction, pipe reduction system, wind tunnel