

S-310-41号ロケット搭載音波送受信機器による希薄大気中音波伝搬特性計測実験

森永 隆稔 [1]; 山本 真行 [1]; 小松 孝康 [1]; 古本 淳一 [2]; 石原 吉明 [3]; 阿部 琢美 [4]
[1] 高知工科大; [2] 京大・生存研; [3] 国立天文台; [4] JAXA宇宙科学研究所

Observation of sound wave propagation characteristics in middle and upper atmosphere by the S-310-41 sounding rocket

Takatoshi Morinaga[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]; Takayasu Komatsu[1]; Jun-ichi Furumoto[2]; Yoshiaki Ishihara[3]; Takumi Abe[4]
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] RISH, Kyoto University; [3] NAOJ; [4] ISAS/JAXA

1. Introduction

Sound wave propagation in middle and upper atmosphere basically depends on atmospheric temperature and wind. The measurement of the sound wave propagation in middle and upper atmosphere begun in 1960's by the rocket-grenade system, measuring explosion sounds at multiple ground sites. We propose a new plan of in-situ measurement of sound wave propagation by a sound generator and microphones to be on-board the S-310-41 sounding rocket to be launched in 2011. Sound wave propagation characteristics and its altitude profile in the frequency range of infrasound and audible sound will be measured in rarefied atmosphere. A low-frequency sound generator of RASS (Radio Acoustic Sounding System) will be installed at the Uchinoura Space Center, and the sound generated on ground will be observed by the on-board microphones. In addition, the audible sound and infrasound to be generated by the rocket launch would be measured not only by infrasound sensors on ground but also by the on-board microphones, resulting in a comparative verification between the rocket experiment and the ground observation.

2. On-board and ground instrumentations

The on-board instruments named PDI (Propagation Diagnostics in upper atmosphere by Infrasonic/Acoustic waves) is developed for the S-310-41 rocket experiment. The PDI consists of a speaker (sound source), one main microphone and two sub microphones (detectors), and a sound generator circuit. Those devices are developed for measuring multiple fixed-frequency test infrasound acoustic waves between 10 Hz and 20 kHz. Observation of the test waves as well as the sounds of rocket motor burning, nose cone open, and payload separation are expected. The RASS speaker can generate intense sound pulse at about 100 Hz with an interval of a few s from a few minutes before the rocket launch, and measurements by the on-board microphones will be tried. Infrasound propagation has been investigated by ground-based sensors in these years (Suzuki et al., 2008), for example, infrasound generated by an H-IIA rocket at Tanegashima, S-310 and S-520 sounding rockets at Uchinoura (Suzuki, 2009).

Ground experiments simulating rarefied atmospheric environment of about 50 km to 100 km altitude level (100 Pa - 0.001 Pa) were carried out in the vacuum test facility of ISAS/JAXA and Kochi University of Technology. A sampling frequency of 2 kHz is assumed for the rocket telemetry channel of PDI. For the sound intensity and frequency parameters, optimum condition of the test sound to be generated by the sound generation circuit will be determined by the outcome of these experiments.

3. Summary

In order to measure the sound wave propagation in middle and upper atmosphere, the S-310-41 sounding rocket will be launched in 2011. To make the on-board instrument, PDI, environmental tests are operated in the vacuum chamber, suggesting frequency/characteristics and appropriate experimental conditions. In this paper, the summarized results of the laboratory tests, infrasound acoustic wave propagation characteristics, and arrangements of the rocket experiment will be introduced in detail.

Reference:

Stroud, W., W. Nordberg, W. Bandeen, F. Bartman, and P. Titus, Rocket-Grenade Measurements of Temperatures and Winds in the Mesosphere over Churchill, Canada, *J. Geophys. Res.*, 65(8), 2307-2323, 1960.

T. Suzuki., M.-Y. Yamamoto., Y. Ishihara., T. Abe., Measurement of infrasound generated by three rocket launches, *JpGU 2008, Makuhari, E115-P008*, 2008.

T. Suzuki, Measurement of infrasounds generated by rocket launches and development of software for data analyses, Graduation research report of Kochi University of Technology, 2009.

1. はじめに

高層大気中の音波伝搬路は基本的には温度場と風速場に依存しており、主な大気モデルにより導出できると考えられるが、その実証実験は比較的難しく、これまで1960年代に観測ロケットに搭載した火薬を爆発させ地上で音波伝搬過程を計測したグレネード法 (Stroud et al., 1960) のみであった。我々は、2011年度冬期打ち上げ予定のS-310-41号観測ロケット実験にて上昇時に希薄大気中の音波伝搬特性を新たな手法で計測する。本実験の目的はロケット搭載の音波送受信機器により可聴下音 (インフラサウンド) から可聴音 (10 Hz から 20 kHz) の音波振動を発生させ、直接計測による音波伝搬特性の高度プロファイルを求めるとともに、打上げ地点の内之浦に設置するRASS (電波音波併用レーダ) 用低周波音発生装置から発生させた音波をロケット搭載検出器により観測する。また、ロケット打上げ時に発生する音波およびイン

フラサウンドを地上観測装置群により計測を行うとともに、ロケット搭載機器による音源の直接計測データとの比較から希薄大気における音波伝搬特性を調べる。

2. 搭載機器と地上予備実験

本ロケット搭載機器 PDI (Propagation Diagnostics in upper atmosphere by Infrasonic/Acoustic waves) は、音波源となるスピーカー、検出器であるマイク、および音波制御回路により構成される。10 Hz から 20 kHz までの帯域にて複数の固定周波数正弦波をスピーカーから発生させ音源とするとともに、ロケット燃焼時の燃焼音、ノーズコーン開放およびメインペイロード分離時の火薬爆発音についても上空における貴重な音源として観測に活用する。地上からはロケット打上げ前より RASS 用低周波音発生装置により 100 Hz 帯の音波を一定間隔で発生させ、超音速でのロケット飛翔中に搭載マイクによる受信を試みる。我々は、これまでも種子島からの H-IIA ロケット、内之浦からの S-310 および S-520 観測ロケットの打ち上げ時に発生したインフラサウンドを内之浦に設置したインフラサウンドセンサにて観測しており (鈴木, 2009)、これらのデータを総合的に検証することで高層大気中の低周波音波伝搬に関する物理量を定量的に導出する。

地上予備実験では、搭載用マイクとスピーカーを JAXA 宇宙科学研究所および高知工科大学の真空チャンバ内に設置し、高度約 50 km から 100 km の気圧 (100 Pa から 0.001 Pa) での音波伝搬特性の計測を進めており、テレメータのサンプリングレートの問題から 2 kHz 以下の音波を用いることを想定している。予備実験により得られた結果を基に、搭載機器において発生させる音波強度や周波数の最適条件の検討を行い、本実験の最終設定に反映させる。

3. まとめ

2011 年度冬期に予定されている S-310-41 号ロケット実験で使用する音波伝搬計測装置 PDI の環境試験および、周波数伝搬特性の模擬計測実験を真空チャンバ内に構築した環境下で実施している。今後はこの実験結果を基に、生成する音波の検討を行う。本発表では、これまで行ってきた地上実験結果ならびに真空チャンバ内予備実験データを紹介し、音波伝搬実験における最適条件とロケット実験の準備状況について報告する。

参考文献：

Stroud, W., W. Nordberg, W. Bandeen, F. Bartman, and P. Titus, Rocket Grenade Measurements of Temperatures and Winds in the Mesosphere over Churchill, Canada, *J. Geophys. Res.*, 65 (8), 2307-2323, 1960.

鈴木敏史, 山本真行, 石原吉明, 阿部琢美, ロケット打上げで励起されるインフラサウンドの計測実験, *JpGU 2008*, 幕張, E115-P008, 2008.

鈴木敏史, ロケット打上げにより励起されたインフラサウンドの計測とデータ解析用ソフトウェアの開発, 高知工科大学特別研究報告, 2009.