

小型 N₂ポンベを用いた微気圧発生装置開発

1220100 田中 智泉 (宇宙地球探査システム研究室)

(指導教員 山本 真行 教授)

1. 背景と目的

微気圧波とは 20 Hz 以下の超低周波音のことで、インフラサウンドとも呼ばれる。津波、火山噴火、雷、ロケット発射など大規模な現象 (イベント) により発生するため、観測されたインフラサウンドを分析することで波源位置やエネルギーの推定が可能となる。しかし、大気中を長距離伝搬するインフラサウンド素過程の全容理解は不十分である。筆者の所属研究室では、高層大気中の音波伝搬特性の解明ため、観測ロケットを用いた研究が行われてきた[1]。

本研究では、任意のタイミングで複数回インフラサウンド (微気圧波) を発生させることができる小規模実験装置の開発を目的とする。また、観測ロケットに載せるため、ロケット内で発生させるタイミングや回数など、実験を行う条件の選定を目指す。

2. 研究内容・方法

ロケット内で実験が行える高度 40~100 km の気圧条件を真空装置で模擬して行う。本研究では、圧縮された窒素 (N₂) ガスを瞬間的に放出することでインフラサウンドを発生させる方法を用いる。窒素ポンベから噴出口の間に電磁弁を設け、電磁弁を小型 PC ラズベリーパイ上の自作ソフトで制御し、任意タイミングでの瞬間的な噴出を可能にする。

2.1 実験 1

ロケット内で行う実験の配置を決めるための実験である。配置の関係を図 1 に示す。噴出口とインフラサウンドセンサとなるマイクの位置関係、ポンベから出す圧力、噴出時間、チョークの絞り具合を変え、上空の観測ロケット内の実験でも観測可能な条件を選定する。この際、考慮するのはセンサの戻り時間 (大振幅信号検出後にコンデンサがセンサとして機能回復するまでの時間) と、ピークの出力値である。

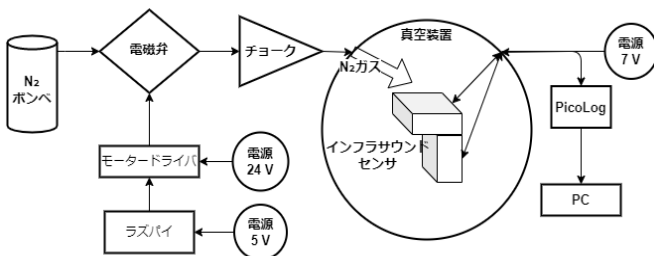


図 1 実験 1 を行う際の装置全体図

2.2 実験 2

実際にロケットで行う実験条件に近づけた実験である。配置の関係を図 2 に示す。小型 N₂ポンベを用いて、ポンベからセンサまでの機器を真空装置の中に入れて行う。実験 1 で真空装置の外に置いていた機器が低圧環境でも全て問題なく使うことができるか確認する。

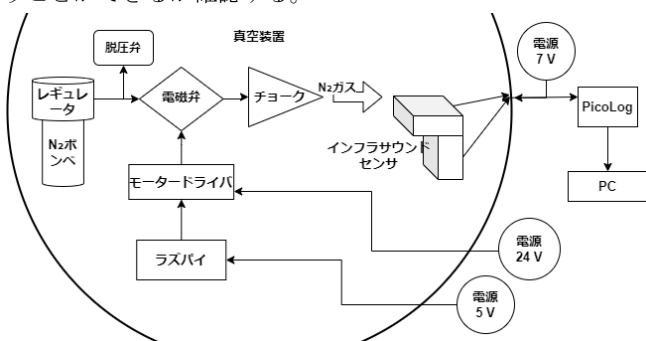


図 2 実験 2 を行う際の装置全体図

3. 結果

3.1 実験 1

真空装置で高度 40 km 付近の高層大気中の気圧 (20~25 Pa) に調整し、噴出口とセンサの距離が 15 cm、チョークの目盛りが 1、ポンベ 1 次圧力が 0.3 MPa で 0.5 s 間 N₂ガスを噴射したとき、実際の打ち上げ時に観測が期待できる結果を得られた波形を図 3 に示す。出力のピークは 25 Pa であり、戻り時間は 15 s であった。

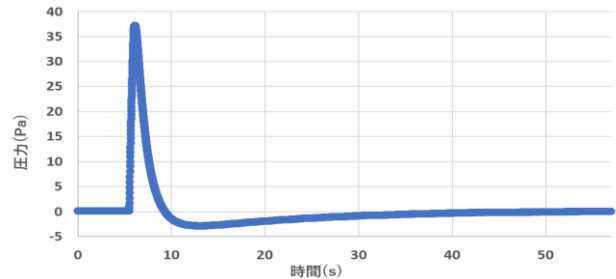


図 3 実験 1 の観測結果

3.2 実験 2

真空装置で高度 40、60、80、100 km 付近の気圧に調整し、噴出口とセンサの距離が 15 cm、チョークの目盛りが 1、1 次圧力 0.3 MPa で 0.5 s 間 N₂を噴射した結果を表 1 にまとめた。高度が下がると出力が大きくなるのがわかる。

表 1 高度 20 km 毎の気圧条件下での実験結果

高度(km)	気圧 (Pa)	戻り時間(s)	出力(Pa)
100	0.10~0.15	13	20
80	1~1.5	22	22
60	20~25	21	22
40	290~300	12	27

4. 考察及び結論

実験 1 の出力のピークは 37 Pa であり、飛行中の雑音が大い高度 40 km 付近の気圧条件の出力値として、雑音に埋もれない十分な値と考えられる。大振幅信号検出後に大きく沈まない場合、本研究の戻り時間の結果よりも早く、コンデンサがセンサとして機能回復している可能性が考えられ、今後センサの大振幅信号検出後に開発した装置とは異なった音源用いてセンサとして機能回復する時間を詳しく検証を行う必要がある。

実験 2 の結果から、高度 40 km で一番大きい出力が得られた。これは N₂ガス噴出により動かされる大気分子が多く疎密波が発生しやすいからと考えた。つまり高度が上がるにつれ周囲の雑音小さくなるため高度 40 km の気圧条件で雑音に埋もれない十分な値であれば高度 60 km 以上でも観測可能と考えられる。

結論として噴出口とセンサの距離が 15 cm、チョークの目盛りが 1、1 次圧力 0.3 MPa で 0.5 s 間 N₂ガスを噴射したとき、高層大気中のロケット内で行っても観測が期待できる実験結果が得られた。

参考文献

[1] 安河内 祐輔, 大気中での爆風圧の定量評価及び中層・高層大気中における低周波音/可聴音伝搬特性の直接計測, 令和 2 年度高知工科大学修士論文, 2020