

インフラサウンドセンサを用いた複数の扉の開閉検出システムの構築

木嶋百音*† 宮川祐太*† 大下隼人*† 瀬川典久* 矢澤正人† 山本真行‡

概要. 我々の研究グループでは、インフラサウンドセンサを用いた、津波情報伝達を行うためのロバストな非常時 IoT 防災通信システムの研究開発を行っている。本センサが有効に動作しているかを調べるためには、自発的にインフラサウンドを発生させる必要がある。本研究では、扉の開閉時にインフラサウンドが生じることに着目した。本センサは、1 台で複数の扉の開閉を検出することが可能であるので、複数の扉の開閉を検出し、いずれかの扉が開くと音を鳴らすシステムを構築した。

1 はじめに

我々の研究グループでは、超低周波音センサ及び潮位計を用いた津波情報検出技術を活用し、非常時にも検出情報を着実に伝達可能なロバストな非常時 IoT 防災通信システムを構築の研究を行っている。

我々は陸上でインフラサウンドを観測することで、津波起因の圧力波（微気圧振動）を計測するという手法を長年提案しつつ、大震災前の 2006 年頃より独自にセンサ開発等の努力を低予算の状況の中で重ね、観測データの蓄積においても徐々に実践的成果を得てきた。津波の波源域では、大地震による海底地形の隆起・沈降により、急激な海面変動が 100km スケールで発生、その結果、海がいわば「巨大なスピーカー」の膜面のような働きをして、半波長 100km スケールの共振によりインパルス的な圧力波が大気中に発生する。圧力波は大気中を音速で伝搬し、津波の到来よりも平均的に 2～3 倍速く、陸地沿岸の観測点にて低周波音波の変動が検知される(図 1)。音波は、低周波ほど遠くまで伝搬できる特性があり、津波起因のインフラサウンドは周期が数 10 分にもなるため、数 100km 先でも十分に観測される。例えば、3.11

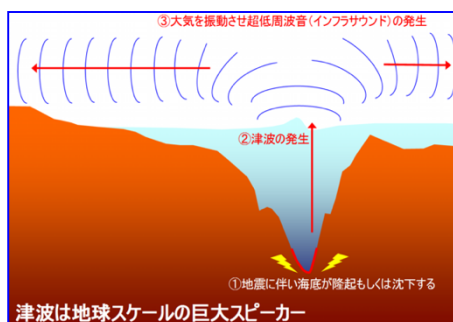


図 1 津波による超低周波音の励起と音速での伝搬

津波に起因する微気圧信号は、米国アラスカやデンマークなど地球を半周するような遠方でも明瞭に計測されている[1]。

しかし、本センサが有効に動作するかどうかを調べるために、人工的に津波を起こすことは困難であり、全く別の実験を組み立てることが必要となっている。

そこで、本研究では、このインフラサウンドセンサ(図 1)を人の動きを捕らえるためのセンサとし、部屋の扉の開閉を調べるためのシステムを構築する。

本稿では、以下、2 章でインフラサウンドセンサと扉の開閉動作との関係を示す。3 章では、インフラサウンドセンサを用いた、扉の開閉を検出するシステムを示す。4 章で簡易実験の結果を示し、5 章でまとめを行う。



図 2 インフラサウンドセンサ

2 インフラサウンドセンサと部屋の開閉の関連

インフラサウンドとは、人の可聴域下限(20Hz)以下の低周波の圧力波であり、津波や地震、火山噴火、雷等の自然現象により発生する[2]。インフラサウンドは、伝搬時の粘性や熱伝導による減衰が可聴音と比べ小さいので、減衰の影響を受け難く、長距離伝播を可能とする特性をもつ[3]。インフラサウンドセンサは、このインフラサウンドを取得するセンサである。

開き戸タイプの扉の開閉を行うことで、部屋の気圧が大きく変化し、インフラサウンドが発生する。そ

Copyright is held by the author(s).

* 京都産業大学
† 数理設計研究所
‡ 高知工科大学

のため、インフラサウンドセンサで扉の開閉が検出でき、0.2V程の電圧が生じる(図3)。

従来の扉開閉の検出方法は、いずれも各扉にセンサを設置する必要がある。一方、本システムでは、長距離の伝播が可能であるインフラサウンドを用いているので、インフラサウンドセンサを1台設置するだけで、複数の扉の開閉が検出可能である。

本研究では、インフラサウンドセンサを用い、引き戸タイプの扉の開閉を行うとサウンドが流れるシステムを開発した。

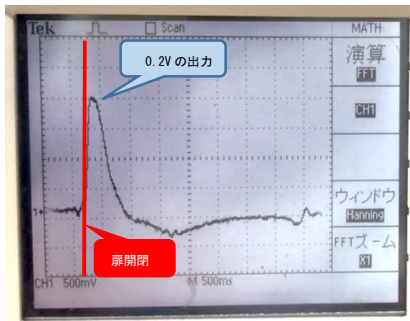


図3 扉開閉時の電圧出力

3 扉開閉検出システム

本システムは、インフラサウンドセンサで部屋の電圧のデータを取得し、扉の開閉が行われた時にサウンドを呈示する。

Arduino Uno を用いて、インフラサウンドセンサで得られた電圧情報を取得し、シリアル通信でPCに送信する。送信された電圧情報を受信し、電圧値が扉を開閉したと判断される値であれば、音を鳴らす。扉開閉を判定する閾値は、部屋の環境によって多少の誤差が生じるので、あらかじめ値を与える必要がある。

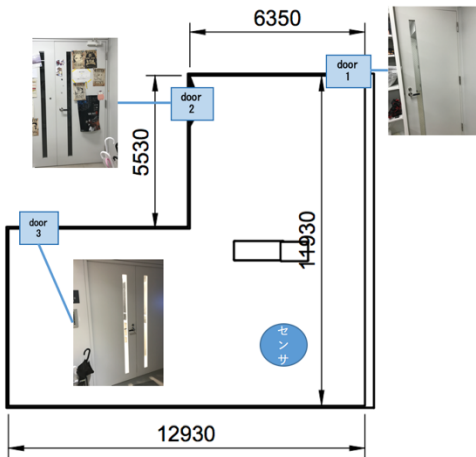


図4 実験環境 (mm)

4 実験・結果

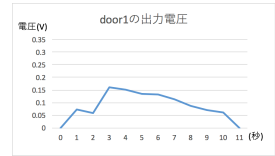
実際に、引き戸タイプの扉が複数ある部屋で、扉開

閉検出システムが動作しているかの実験を行なった。実験を行なった部屋については、図4に示す通りである。

部屋にインフラサウンドセンサを1台設置し、3つの扉を順番に開ける。また、扉の開閉を判定する閾値を0.048Vとし、扉が開閉したことが視覚的にわかるように、扉が開閉時の電圧情報をテキストに書き込むようにした。

結果として、扉を開けた直後に電圧値が閾値を超え、図5で示した通り、電圧値がテキストに記録された。以上により、この扉開閉検出システムが正常に動作しているということがわかった。

2017-10-18	19:09:17	0.072265625V
2017-10-18	19:09:18	0.05859375V
2017-10-18	19:09:22	0.16015625V
2017-10-18	19:09:23	0.150390625V
2017-10-18	19:09:24	0.134765625V
2017-10-18	19:09:25	0.1328125V
2017-10-18	19:09:26	0.11328125V
2017-10-18	19:09:27	0.087890625V
2017-10-18	19:09:28	0.0703125V
2017-10-18	19:09:29	0.0615234375V

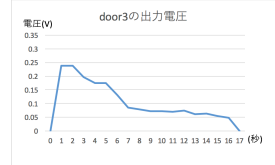


(1) door1のテキスト出力結果

(2) door1の出力電圧



(3) door2の出力電圧



(4) door3の出力電圧

図5 各扉の開閉時の電圧出力結果

5 まとめ

インフラサウンドセンサを用いた、複数の扉開閉検出システムを構築した。今後の展望として、現状は扉の同定が行えていないので、複数の扉の識別を行う。

謝辞

本研究開発は総務省 SCOPE(受付番号 175009003)の委託を受けたものです。

参考文献

- [1] N. Arai, M. Iwakuni, S. Watada, Y. Imanishi, T. Murayama and M. Nogami. Atmospheric boundary waves excited by the tsunami generation related to the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, Geophys. Res. Lett., 38, L00G18, 2011.
- [2] 山本真行. インフラサウンド・音波帯域による大気リモートセンシング. スペースプラズマ研究会・講演集. 2012.
- [3] 田平誠. インフラサウンドの計測と伝搬. 日本音響学会誌 63, pp.428-433, 2007.