

# ハウリング防止システムに関する研究

2016SE063 岡崎大

指導教員：野呂昌満

## 1 はじめに

音楽ライブや会議室、補聴器など音の入出力が同一空間で起こっている場所でハウリングが起こっている。ハウリングは、特定の周波数において、スピーカから拡声した音がマイクロフォンによって集音され、正帰還することにより生じる共振現象である。ハウリングが発生すると耳障りな音で聴衆に不快感を与えるだけでなく、使用機器の破損にもつながるので、発生を防ぐ必要がある。

実際にハウリング発生条件を定義し、それを適用した機器も販売されているが、突発的なハウリングに対応できず、すべてのハウリングを防止することは困難である。

本研究の目的は、突発的なハウリングを自動で防止することである。自動制御を行うソフトウェアを設計することでこの目的を解決できると考え、同時に環境変化を見越したソフトウェアアーキテクチャの設計も必要とする。

本研究では、スピーカとマイクロフォンの位置関係や集音方向の変化が突発的なハウリング発生に影響すると仮定し、それらが実際どのように関係しているかを測定し、考察する。以下は、スピーカとマイクロフォンの位置関係や集音方向を単に機器の位置関係と呼ぶ。

本研究の技術課題は以下である。

1. 機器の位置関係と突発的なハウリングの関係の明示
- 2.1 より求めた関係式によるハウリング防止ソフトウェアアーキテクチャの設計
3. 妥当性の検証

## 2 背景技術

### 2.1 FFT

FFT(fast Fourier transform)とは、高速に離散フーリエ変換を行うアルゴリズムである

フーリエ変換とは、時間  $t$  の関数を角周波数  $\omega$  の関数に移す変換である。音声信号をフーリエ変換することで、その音の特徴を知ることが出来る。

フーリエ変換の中でも、時間も周波数も離散的に取り扱うものを離散フーリエ変換と言う。電子計算機は連続量をそのまま取り扱えないので、コンピュータで処理を行う上で重要なフーリエ変換である。

### 2.2 回帰分析

回帰分析とは、説明変数と目的変数の間の関係を数式で表現して、連続値を推定する多変量解析の手法である。

回帰分析は、線形回帰分析と非線形回帰分析の2種類に分けることが出来る。説明変数と目的変数の関係が線形(直線)であると仮定して分析する手法を線形回帰分析、非線形

(曲線)であると仮定して分析する手法を非線形回帰分析という[1][2]。

・重回帰分析

目的変数  $y$  を説明変数  $x_1, x_2, \dots, x_q$  から予測するために  $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_qx_q$  という数理モデルを求める。

### 2.3 単一指向性マイクロフォン

単一指向性マイクロフォンは、正面に対して集音の感度がよく後方の音はほとんど集音しないマイクロフォンである。振動板の後側面に穴や溝を設けることで、後方からの空気信号を、振動板の表側に届いた同じ空気信号と相殺させ、電気出力の発生を抑制している。

## 3 実験内容・結果

### 3.1 実験環境の設定

正確に計測を行うにあたって、固定する事前条件を羅列する。

室内灯の点灯、室温、マイクロフォンの高さ、ミキサーのフェーダー、オーディオインターフェースのボリュームバランス。

本研究で実験環境の固定を行うのは、ハウリングポイントの推移によるハウリングの発生誤差を防ぐためである。[3] というのも、周波数ごとに異なる周波数特性を持つので、ハウリングポイントが変化してしまうと同じ環境条件でもハウリングが発生するか否かが変化し、データにばらつきが出てしまうからである。

### 3.2 測定内容

本研究では、「ARTA」というフリーソフトを用いて周波数特性を計測し、ハウリングが発生しているかどうかを検証する。主観でハウリングが発生していると感じる時のハウリングポイントの測定値が 0dB 前後であったので、測定誤差を加味しすべての周波数について -10dB より大きい値を観測した場合にハウリングが発生していると判断する。

本実験では、マイクロフォンを水平方向に  $10^\circ$  ずつ回転させながら周波数特性を計測する。図 1 のような機器の配置で、実測を行う。

### 3.3 測定結果

測定より明らかになったことを以下に述べる。

・マイクロフォンとスピーカの距離が近いほど、ハウリングが発生するマイクの集音角度が大きくなった。

・スピーカの正面から適当な方向に角度をずらすと、ずらしたただけハウリングが発生するマイクロフォンの集音角度が小さくなった。

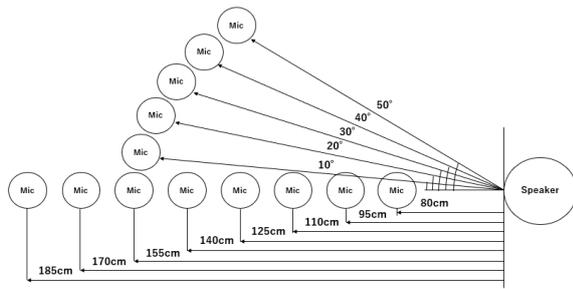


図1 計測時の機器の配置

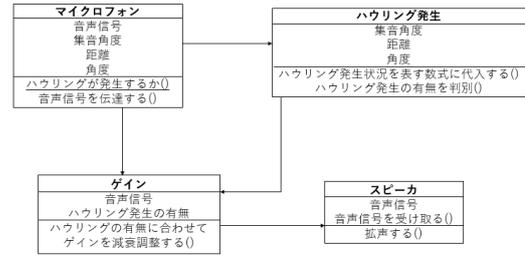


図2 クラス図

・例外はあるが、マイクロフォンがスピーカの方を一直線に向いている時はハウリングが発生した。

## 4 考察

### 4.1 機器の位置関係とハウリング発生の関係

実験の結果より、機器の位置関係がハウリング発生に複雑に依存していると考えられる。機器の位置関係がどのように組み合わせるとハウリングが発生するのかを、数理モデル化することで、ハウリング発生を識別することが出来る。

### 4.2 ソフトウェアアーキテクチャの提案

#### 4.2.1 重回帰分析によるハウリング発生状況の識別

本研究では、回帰分析を用いてハウリングが発生状況を識別する数理モデルを作成する。機器の位置関係はハウリング発生に複雑に依存しているため、柔軟なモデル化が可能な非線形回帰分析を用いる。目的変数はハウリングの発生の有無、説明変数はマイクロフォンとスピーカの距離、角度、マイクロフォンの集音角度の3つである。この分析結果に適切な閾値を設けることで、ハウリング発生の識別を行う。

#### 4.2.2 アーキテクチャ設計

マイクロフォンが生成する音声信号をハウリング発生要因を元に制御するアーキテクチャを、オブジェクト指向に基づき設計する。マイクロフォンやスピーカは製品ごとに異なる周波数特性を持っており、製品ごとに柔軟な対応が出来るオブジェクト指向が適していると考えたからだ。

図2にクラス図を示す。本アーキテクチャでは、マイクロフォン、ハウリング発生、ゲイン、スピーカの4つのクラスを設けた。

図3にシーケンス図を示す。マイクロフォンに入力されたデータから、今回の実験より得られた数式を元に、ハウリング発生を判別する。マイクロフォンからゲインに音声信号を送信し、ハウリングが発生している場合はゲインの減衰を行い、そうでない場合はそのまま音声信号を保持する。最後にゲインがスピーカに音声信号を送信し、拡声する。

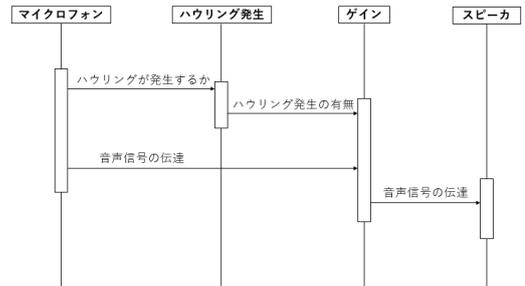


図3 シーケンス図

## 5 おわりに

本研究では、機器の位置関係による突発的なハウリング発生を防止することを課題とし、ハウリング発生条件を明らかにすべく、対象実験を行った。実験データを非線形回帰分析することで、位置関係ごとにハウリングが発生するかどうかを判定する数理モデルを求めた。それを元に、イコライザー内蔵マイクロフォンを用いたハウリング防止ソフトウェアアーキテクチャの提案を行った。

アーキテクチャ設計にあたり、リアルタイム性に特化したアーキテクチャの作成を検討したが、デジタル信号処理によるハウリング防止策は、500ms程度の応答時間を要するので、さらなる検討が必要である。

実装までは至らず、今後は試作ソフトウェアによる妥当性の検証が必要である。

## 参考文献

- [1] 小林雄一郎, Rによるやさしいテキストマイニング機械学習編, 株式会社オーム社, 2017.
- [2] 中井悦司, ITエンジニアのための機械学習理論入門, 技術評論社, 2015.
- [3] 山本菜摘, 伊藤克亘, “人間が空間特性に与える影響を考慮したハウリングシステム” 情報処理学会第77回全国大会, 2015.