

人間が空間特性に与える影響を考慮したハウリングの抑制補助システム*

山本 菜摘 (法政大学 情報科学部), 伊藤 克亘 (法政大学 情報科学部)

1 はじめに

ライブハウス等での演奏の際に演奏者および聴衆を不快にさせる原因の一つとして、ハウリング [1] があげられる。ハウリング発生要因のうち、機材の音量レベルや空間の温度・湿度・人の密度は演奏中に変動するため演奏中に突発的に起こるハウリングを予め予測、阻止する事は難しい。ハウリングポイントを予測する先行研究は様々あり、一例としては空間特性の標準偏差に基づくもの [2] があるが、殆どがシミュレーションにおいて行われている。

本研究では人がいる場合といない場合の空間特性の実測におけるウリングポイント予測を目指す。

2 ハウリング抑制補助システム

2.1 ハウリング抑制

ハウリングとはある特定の周波数が音響システムのループ内で増幅して起こる。増幅しやすい周波数は空間特性や音響システムに左右されるものである。そこでまず本システムでは無人の状態での空間特性を計測する。その振幅特性のピークの周波数をハウリングポイントの候補として決定する。しかし、ハウリング発生は大変不規則なものであり、また空間特性も変動しやすいことから、空間特性のピークを見るだけでは、正確なハウリングポイントを決めるのは難しい。そこで本研究では標準偏差を用いる手法 [2] を参考とし、ハウリング発生を確率的現象という面からも観察した。標準偏差の値が小さい周波数と、空間特性のハウリングポイント候補と合致した周波数を最終的なハウリングポイントとして決定する (図 1)。

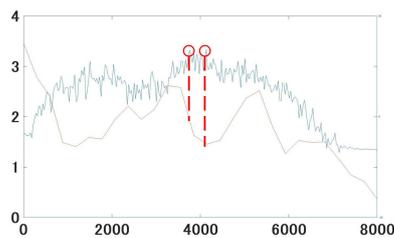


図 1. ハウリングポイント検出の例 (人がいない状態)

2.2 空間特性の変動

演奏中に起こるハウリングの要因として挙げられるのが空間特性の変化である。空間特性が変化してしまうと、演奏者が演奏する際に今まで聞こえていた音が聞こえなくなって、自分が弾いている楽器の音量レベルを上げたりする。するとシステムループ内の音量レベルが上がってしまいハウリングが発生してしまう。

ハウリングについて研究するにあたって実際にハウリング抑制を行う PA 二人に話を直接伺った。PA の経験

からして一番ハウリングが起こりやすい環境というのは室温が高い所だという。PA の経験から温度が 25 度以上になるとメインスピーカーから発せられる音に影響が出てくるといわれており、オペレーションをするときは室温や温度変化は気にかけていると言っていた。また人が入ると音が吸収されて今まで増幅が見られなかった周波数が相対的に見て大きく目立ってくるという現象もあると言っていた。これは音の反射と吸収に関係していると考えられる。PA へのインタビュー内容を含め本研究では人が空間特性に与える影響として温度と人間による反射を考慮する。

2.2.1 温度変化が与える影響

本研究では初期状態の温度を 16 度 (音速:341.24m/s)、上昇時の温度を 25 度 (音速:346.51m/s) と限定をして温度変化による空間特性の影響を考える。建築音響学における発振周波数と温度の関係を調査した先行研究 [5] から温度が上昇すると発振周波数が高くなるという結果が得られている。しかしこの先行研究の温度上昇と周波数の推移から約 10 度上昇しても、100Hz ほどしか推移していない。また、一般的にライブハウス等での温度変化も約 10 度以内だと考え、10 度温度が変わった場合の音速を計算し、それに合わせて約 2 % 程インパルス応答の伸縮を行なった [6] ところ、約 100Hz ほどしか推移しなかった。

2.2.2 反射がもたらす影響

温度がもたらす影響とは別に、建築音響学の室の形状における周波数分布 [4] を参考にすると小さな空間では共鳴現象、すなわちハウリングが起こりやすく、また長方形の室よりも立方体の室の形状のほうが共鳴音が重なりやすくなる。人が入ることにより、人が壁と同等の役割を担う事によって無人の状態の長方形の室の形状よりも小さい室の形状に変化するのではないかと考えた。室の形状の変化が空間特性に影響を与えているという考察から、室内の横幅が埋まる人数 (本実験では 4 人) を 1 列に並ばせ人の壁を作り、立つ場所を変化させる事により室の形状を擬似的に変化させる実験を行なった。解析結果を図 2 に示す。

解析結果から 4kHz と 7kHz が振幅が増幅しており、かつ標準偏差が小さくなっている。また壁の位置をスピーカーから徐々に離れていく様に複数回実験したが、どの位置であっても増幅している周波数は同じであった。

2.2.3 人数がもたらす影響の実測

人数に対応した空間特性の変化のモデルを作成するために、満員の状態から人を一人ずつ減らしていき、

* Acoustic feedback suppression auxiliary system considering the effect on spatial characteristics: Natsumi Yamamoto (Hosei Univ.) et al.

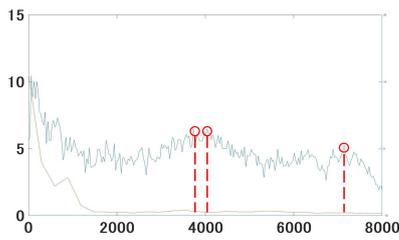


図 2. 人で壁を作った際の空間特性

空間特性を測定した. 解析時のサンプリング周波数は16000Hz,FFT 長は 512 点, 窓関数の窓長は 1024 点である. また実験結果の横軸は標準偏差及び空間特性も全て周波数 (Hz) の値であり, 空間特性の縦軸は音量レベル (dB) である. 人の配置はライブハウス等での人の配置を模倣するために図 3 の様に配置した. 図内の番号が書かれた丸は人が入った順番である. またこの空間での満員の状態は 12 人である.

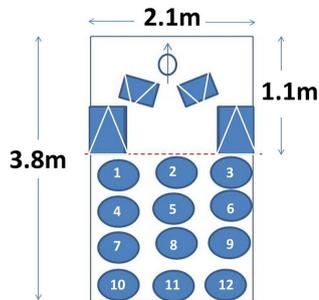


図 3. 人の配置図

本研究では PA が経験的に空間特性が変化しだすと感じた温度 25 度を室温が高い状態とする. 満員の状態で室温を 25 にあげた状態の解析結果を図 4 に示す.

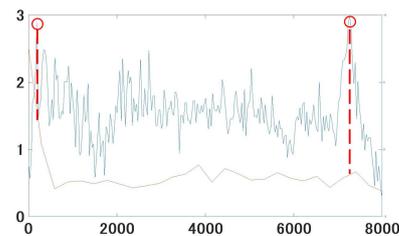


図 4. 空間特性 (満員:25 度)

解析結果を見ると 7.5kHz が顕著に増幅していてハウリングポイントが変化していることがわかる. 次に室内温度 25 度, 満員の状態から人を 1 人ずつ減らしていき, 温度の変化と人数の変化及び空間特性の変化を実測した. 実測結果をまとめた (図 5).

図 5 での変化をみると温度が上昇するにあたり低い周波数から高い周波数にハウリングポイントが推移している様に見える.10 度上昇した場合の音速による空間特性の変化は, 高々100Hz である. これらのことから 4kHz のピークが人が入るごとに消え,7kHz にピークが出現しはじめた現象は温度上昇の影響の可能性は少なく, 人が入ったことによる, 音の反射及び吸収の可能性が大きいと考察する.

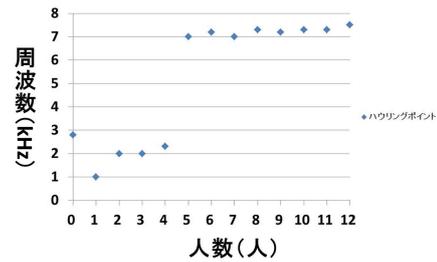


図 5. 人数によるハウリングポイント変化

3 評価

本実験で検出したハウリングポイントで実際にハウリングを起こすのかの実験を行った. 実験方法は実際にハウリングを同等の空間, 条件でループ内音量レベルをミキサーによって上げ発生させ周波数解析を行うという方法である. まず人がいない状態での空間でハウリングを発生させ周波数解析をした. 予測したハウリングポイントは 4kHz (図 2) である. 実際に同等の条件でメインミキサーのゲインをあげてハウリングを起こし, 周波数解析を行なったところ, 実際に 4kHz 付近でハウリングが発生していることが観測できた.

次に人が満員の状態でハウリングを実際に起こさせ周波数解析を行った. 予測したハウリングポイントは 7kHz である (図 4). こちらも予測したハウリングポイントと同等の 7kHz 付近がハウリングしていることがわかった.

4 おわりに

空間特性のピークと標準偏差を用いてハウリングを予測する手法を提案した. ハウリング検出の精度およびモデル化の精度は実際に予測したポイントにおいてハウリングが発生していることが精度評価実験で観察することができた.

人が入ることでの空間特性の変化は主に室の形状が変わることによる反射の仕方の変化が原因だということが実測からわかった. また人の存在が壁と同様の役割を果たし, 室の形状が長方体から立方体に近づくごとにハウリングポイントの変化がする例も実測から観察できた. しかし形状だけでなく, 室内の密度や容積については今後の課題とする.

人が空間特性にもたらす影響を考慮したモデル化は空間特性の不規則さや室の形状変化の影響の明瞭化がむずかかった為, 実装には至らなかった. モデル化に関しては今後の課題とする.

参考文献

- [1] 岩宮, 他“ よくわかる 最新音響の基本と仕組み ”
- [2] Jae-Won Lee, et.al., “Low-Complexity Howling Detection based on Statistical Analysis of Temporal Spectra”, International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering vol.8, No5 (2013), pp83-92.
- [3] 秋山英己, 他, “直接音と残響音が混在する音場におけるハウリング予測 ”
- [4] “ 建築音響工学ハンドブック ”, p184-185, 4.21
- [5] 水谷, 他“ 音響トモグラフィ法による空間位相物体の可視化 ”電気学会論文誌, 118-E, 1998, 02
- [6] 金田, “インパルス応答計測の基礎”, 3.3, 東京電機大学, 日本音響学会第 134 回技術講習会資料