

## 環境による音の響きの調査

	システム科学技術学部	情報工学科
	1年	藤城 博人
	1年	大場 悠生
	1年	田中 陸斗
指導教員	システム科学技術学部	情報工学科
	准教授	高根 昭一
	助教	安倍 幸治
	准教授	渡邊 貫治
	教授	西口 正之

### 1. 研究理由・目的

同じ音楽でも、聴く場所によって聴いたときの印象に違いのあるのが不思議で、その違いは何が原因で生じるのかを知りたいと思ったのが、本研究を始めるきっかけである。

本研究では、普段講義を受けている本学の講義室が、音の響きにどれほどの違いがあるのかを数値解析ソフトウェアMATLABを用いて調べた。具体的には、各講義室で測定した音源から受音点までのインパルス応答から残響時間の周波数特性を算出し、その違いを考察した。

### 2. 残響時間

残響時間とは、空間における音の響きの指標として代表的なものである。具体的には、その空間において音源からの音の放出を止めた瞬間から、その音のエネルギーが60dB(百万分の一に)減衰するまでの時間として定義される[1]。

### 3. 残響時間算出プログラムの作成

各部屋の残響時間周波数特性を求めるために、音源から受音点までのインパルス応答を測定した。また、得られたインパルス応答から残響時間を算出するプログラムを数値解析ソフトウェアのMATLABを用いて作成した。

インパルス応答は、指導教員の作成したMATLABのプログラムをパソコンで起動することで行った。測定条件については後述する。

作成した残響時間算出プログラムについて説明する。

#### (1) ファイルの読み取り

各部屋で測定したスピーカーから受音点までのインパルス応答のデータを読み込む。

#### (2) オクターブバンドフィルタの作成

1/1 オクターブバンドフィルタを、125,250,500,1000,2000,4000,8000Hzの中心周波数について作成した。

#### (3) ピンクノイズの作成及びオクターブバンドフィルタへの通過

1秒間のピンクノイズを作成し、(3)で作成したオクターブバンドフィルタにそれぞれ通過させた。

(4) インパルス応答との畳み込み

(3)で作成された7種類の信号それぞれに,(1)のインパルス応答を畳み込んだ. 図3に, AV ホール(K101)のインパルス応答に中心周波数 1000Hz の 1/1 オクターブバンド帯域雑音を通させた波形を例として示す. これを見ると, 横軸が1秒あたりまでは比較的大きな振幅の波形があるものの, 1秒以降は波形が徐々に減衰し, 2秒前後で振幅がほぼ0となることがわかる.

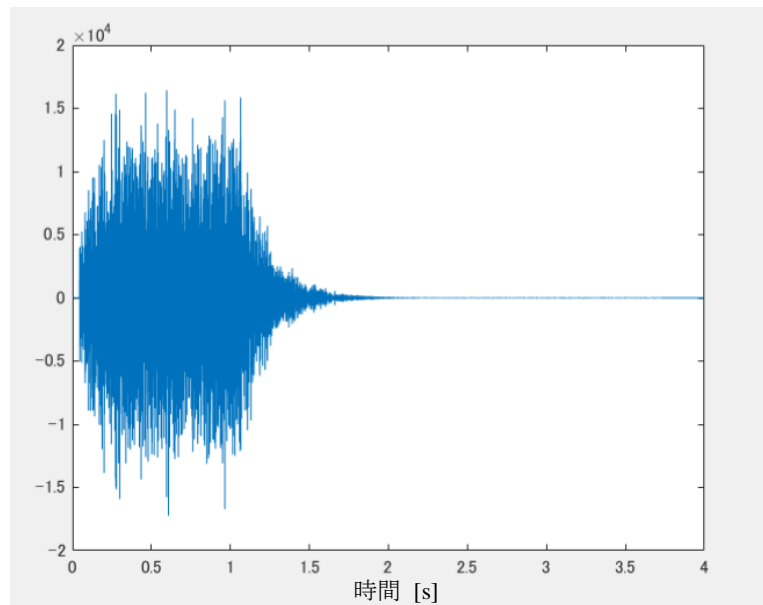


図1. 1/1 オクターブバンド雑音を通させた波形の例(部屋: K101, 中心周波数 1000Hz)

(5) 残響時間の算出

図3で得られた波形の数値を2乗したものを求める. これは, 図3の波形の各時点のエネルギーを算出することを意味する. それを, 波形の最後尾から加え合わせ, その累和を求める. これは, その時点以降にある信号のエネルギーの総和に等しい. 0秒以降のエネルギー, すなわち波形全体のエネルギーを 0dB として, エネルギーを dB 表示したものが図2である. これを残響曲線と呼ぶ. これを見ると, 図1に対応して, 1秒以降はエネルギーが徐々に減衰しているのがわかる.

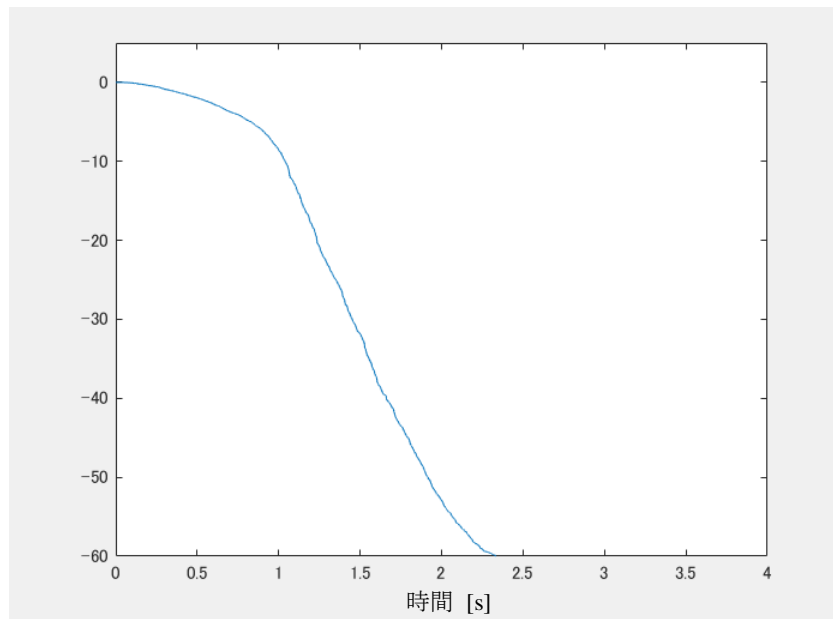


図2. 図1の波形の残響曲線

残響時間は、音が止まってから60dB減衰するまでの時間として定義されるので、図3のように、1秒過ぎてからの減衰する部分を抜き出した。さらに、実際の残響曲線では、部屋内の暗騒音の影響で、60dB減衰する時間をそのまま求めるのは無理なので、-5dBから-35dBまで30dB減衰するまでの時間を求め、それを2倍することで、残響時間の算出値とした。

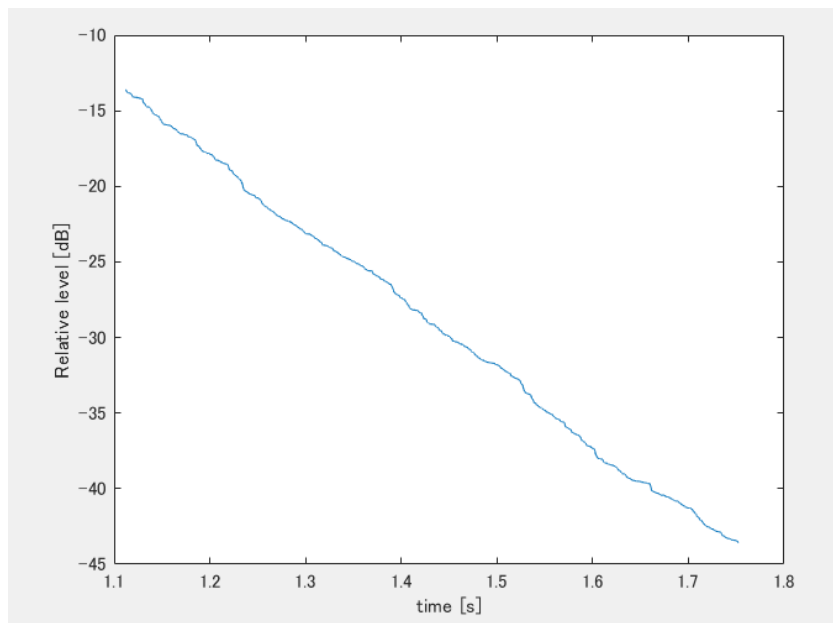


図3. 図2の-5dBから-35dBまで減衰する部分を抜き出したもの

#### 4. 実験データの録音

今回の実験では、4つの講義室のデータをとった。場所は、AVホール(K101)、大講義室(K205)、中講義室(K316)、小講義室(K336)のそれぞれ容積の違う講義室で実験を行っ

た. 音を録音するマイクは講義室の中央に置き, 音を発するスピーカーは教壇の上に設置した. マイクとスピーカーの高さは, 講義を受ける学生の頭の位置を意識して1.2mとした.

## 5. 残響時間の算出結果

結果を表1に示す.

表1. 各講義室の残響時間の算出値

残響時間 [s]				
中心周波数 [Hz]	K101	K205	K316	K336
125	1.66	1.43	1.31	1.48
250	1.15	1.32	1.39	1.46
500	1.11	0.76	1.25	1.15
1000	1.27	0.66	1.24	1.22
2000	1.38	0.61	1.36	1.26
4000	1.17	0.50	1.36	1.12
8000	0.76	0.43	0.88	0.84

## 6. 考察

一般に, 残響時間は部屋の容積に比例し, 部屋の壁面などの表面積および吸音率に反比例することが知られている[2]. K205は, 2階にある講義室で, 幅と奥行きは比較的長いものの天井が他の部屋よりも低く容積が小さいため, 他の講義室に比べて小さな残響時間となった. 逆に言えば, 3階の講義室の残響時間が比較的長いのは, 天井が高いことによる影響と見ることができる. AVホールは, 4つの部屋の中では最も容積が大きいが, K316, K336に比べてそれほど残響時間が長くないのは, 壁の吸音率が高いからだと考えられる. 周波数特性に関しては, 低い周波数で長く, 高い周波数で短くなる傾向が全ての部屋で共通している. これも, 壁面の材料の吸音特性の影響が表れたものとみなせる.

## 7. まとめ

部屋の中で感じられる音の響きの指標となる残響時間は周波数に依存し, その特性は容積, 壁面の材料の吸音特性などで変化することが数値を見ることで明確に分かった.

## 8. 参考文献

- 響きを決める音の残響時間とは, スガナミ楽器(株)ホームページ, <https://www.suganami.com/shop/sound/column/so0003> (閲覧日: 2019年3月26日)
- 前川純一 他, 建築環境音響学, 共立出版.
- 樋口龍雄, 川又政征, MATLAB対応 デジタル信号処理, 森北出版.