

令和5年3月10日

令和4年度 学生自主研究成果報告書

教 育 本 部 長 様

| | | |
|-------------|----------------|---------|
| 学生自主研究グループ名 | ポン・デ・リング | |
| 研究課題名 | 残響音による音の聞こえの評価 | |
| 研究代表者（学生） | 学籍番号 | B23P021 |
| | 氏 名 | 小番 涼音 |
| 指導教員 | 学 科 | 情報工学科 |
| | 氏 名 | 渡邊 貫治 |

学生自主研究の報告書を別紙のとおり提出します。

残響音による音の聞こえの評価

システム科学技術学部 情報工学科

2年 小番 涼音

2年 鬼神 里彩

指導教員 システム科学技術学部 情報工学科

准教授 渡邊 貫治

教授 西口 正之

助教 安倍 幸治

学生支援スタッフ システム科学技術研究科 総合システム工学専攻

1年 藤城 博人

1. はじめに

普段、大学内で講義を受けているときに聞こえにくさを感じることや、聞き間違いをしてしまうことがあり、その部屋の響き方が聞こえやすさに影響を与えているのではないかと考えた。また、残響音とそれによる聞こえやすさの関係について説明することで講義を受けやすい部屋を知ることができると考えられる。

そこで、本研究では、講義を受けやすい部屋、受けにくい部屋はどこなのかを調査することを目的とする。そのために、大学の講義室等で音響特性を測定して響きの違いを確認する。また、音声に測定した特性を加える処理をしたものの了解度を聴取実験によって評価する。

2. 実験

2.1. 測定

カフェテリア, K101, D204, K205, 体育館で音響特性を測定した。測定では各部屋で以下の図1のブロック図のように測定機器を設置した。スピーカから TSP 信号を出力し、3個所に設置したマイクロホンで録音した。全ての部屋で測定を終えた後、録音信号に対して後処理を行い、部屋ごとのインパルス応答を求めた。

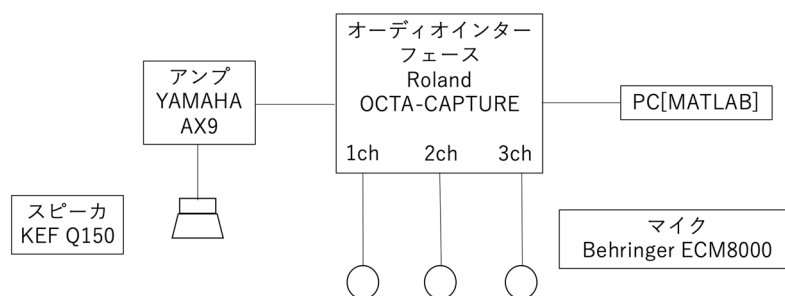


図1 実験系ブロック図

聴取実験用の音を作成するため、MATLAB を用いてコンピュータ上で音源データと測定したインパルス応答の畳み込み処理を行った。音源データには親密度別単語理解度試験音表 [1] より親密度が低い 10 個の単語を選定した。選定した単語は、1a40 「フツジン」、1b28 「タキツセ」、1c17 「シャクダイ」、1d35 「ブツバチ」、1e33 「フツホウ」、1f29 「ドウモリ」、1g16 「スイネン」、1h47 「レンルイ」、1i25 「チュウユウ」、1j36 「ベニガラ」である。実験に使用するために作成した音源データを MATLAB のプログラムから読み込むように設定した。

2.2. 聴取実験

MATLAB で作成したプログラムを用いて、音の響きの違いによる聴こえやすさを調査する理解度試験を行った。実験参加者は 6 人だった。実験は防音室で行った。音声はヘッドホンで提示した。内容としては、再生される 50 単語を 10 単語ずつのセッションに分けて流して聞いてもらい、聞こえた単語を回答用紙に記入するという流れである。このとき、音量は実験開始前に被験者自身に調整してもらい、音量を途中で変更しないこと、次の音声の流れたら回答済みの単語に戻って書き直さないことを注意事項とした。

3. 実験結果および考察

2.1 節の測定によって図 2 のようなインパルス応答の波形が得られた。マイクを 3 箇所を設置して測定を行ったが、マイクの設置箇所による大きな差は見られなかったため、それぞれの部屋ごとに 1 つずつ波形を示す。

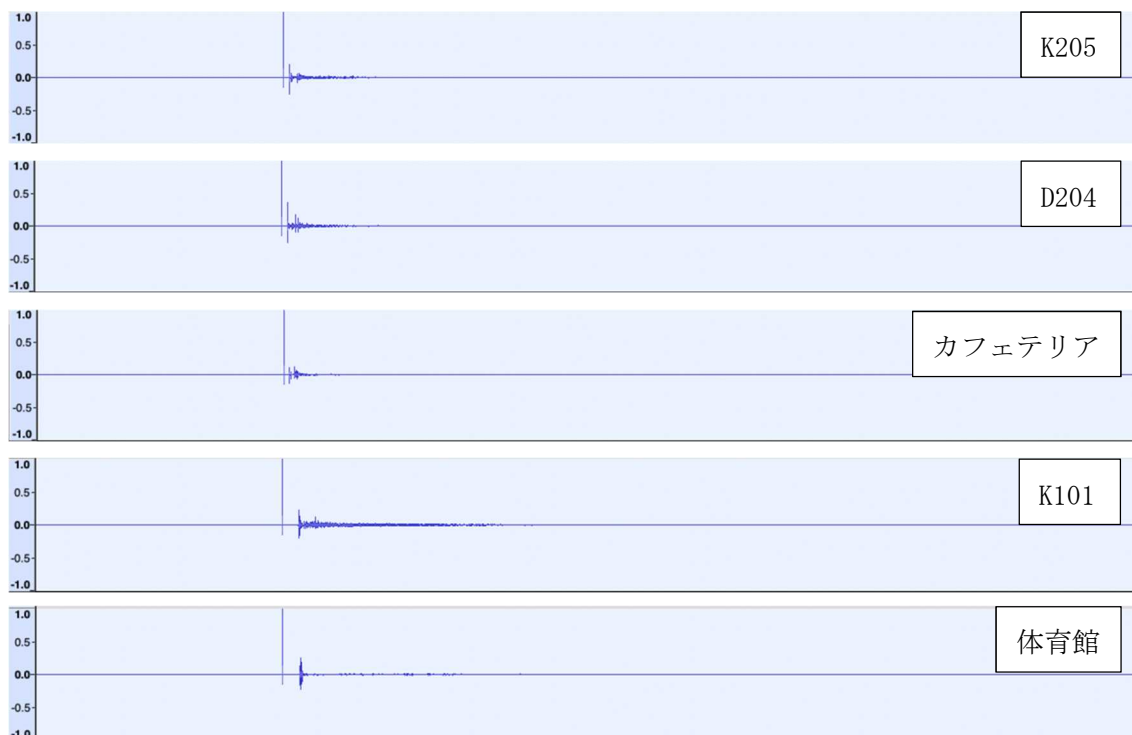


図 2 インパルス応答の波形

図2は上からK205, D204, カフェテリア, K101, 体育館のインパルス応答の波形を表している。それぞれの波形を見ると、測定した5部屋の中でK101と体育館は残響時間が長く、カフェテリアの残響時間が短いことが読み取れる。部屋の空間が広がるほど、反射音が受音点に入るまで時間がかかり、減衰する時間が長くなるといえる。カフェテリアは広い空間であるが、机や椅子などのものに音が吸収されたため、残響時間が短くなっていると考えられる。

聴取実験参加者6名の結果を部屋別、単語別に分けて集計し、それぞれの正解数の平均を算出し、グラフを作成した。図3に部屋別の平均正解数、図4に単語別の平均正解数を示す。なお、図3中の「taiikukan」は「体育館」、「cafe」は「カフェテリア」を表す。

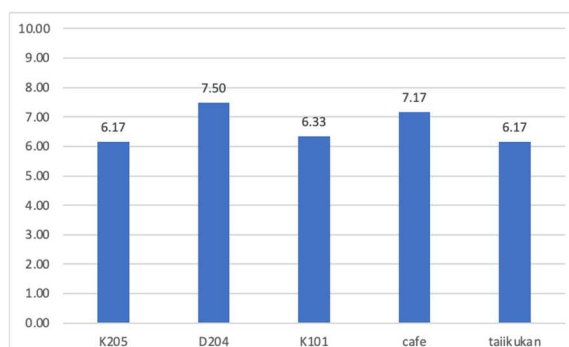


図3 部屋別の平均正解数

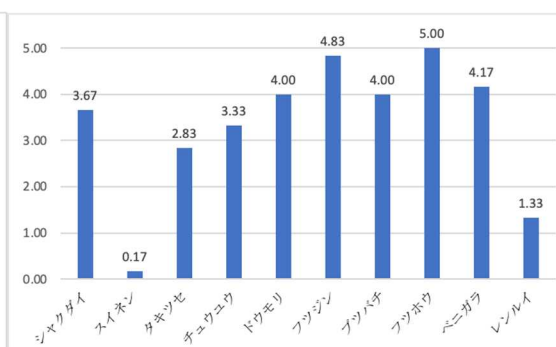


図4 単語別の平均正解数

図3より、最も正解数が多かった部屋はD204、最も正解数が少なかった部屋は体育館であったことがわかる。図5にインパルス応答の畳み込み処理を行った音源のうち、部屋別の正解数が最も少なかった体育館とK205、最も多かったD204の3つの部屋の1f29「ドウモリ」の波形を示す。図5より、体育館は測定した部屋の中で最も残響が多く、はっきりと単語が聞こえなかったため、正解数が少なくなったと考えられる。反対に、最も残響が少なかったK205は正解数が体育館に続いて少なかった。K205の波形を見ると振幅が小さかったため、音量が他の部屋よりも小さくなってしまい、聞こえにくくなってしまったことが原因と考えられる。D204はK205に次いで残響が少なく、振幅はK205よりも大きかったため、聞こえやすかったのではないかと考える。

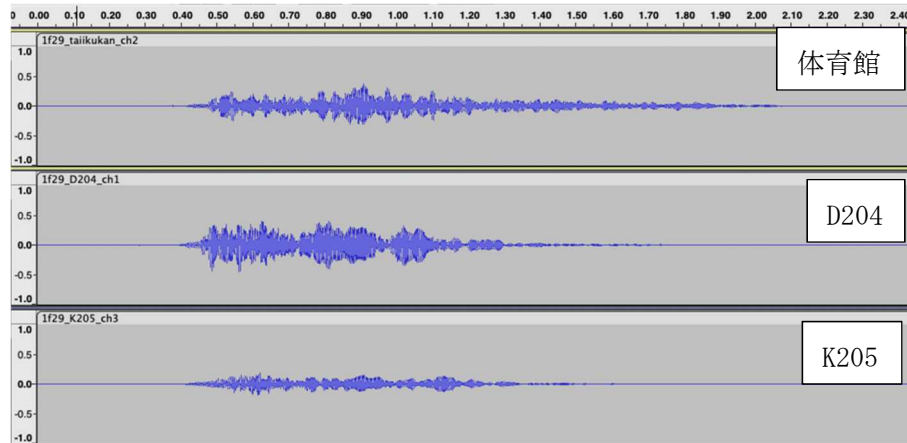


図5 各部屋の1f29「ドウモリ」の波形

図4より、単語別で見ると「フツハウ」や「フツジン」の正解数が多く、「スイネン」や「レンルイ」の正解数が少なかったことがわかる。正解数が多かった「フツハウ」は正解率が100%であった。「フツジン」も1人が一度間違えたのみで、正解率が96.7%であった。正解数が少なかった「スイネン」は「スイレン」、「レンルイ」は「ベンルイ」と回答していることが多かった。この2つの単語は、言葉のほとんどが共通している聞き覚えがある単語が回答されていることがほとんどだった。またこれらの間違いで共通している点として、母音が/e/の部分を他の子音の言葉として認識してしまっているということが挙げられる。他の単語でも母音が/e/に限らず単語そのものは間違えていても、母音は正解と共通している単語を回答しているという傾向があった。

4. まとめ

本研究では、残響音と聞こえやすさの関係について調査した。実験の結果によるとD204が最も聞こえやすく、体育館が最も聞こえにくいということがわかった。しかし、本研究の実験では部屋の前方にマイクを設置して測定を行ったため、D204やK101のような広い講義室では前方と後方の席では聞こえ方が異なる可能性があると考えられる。また、人間にも吸音性があるため人数の多少によっても聞こえ方が変わってくる可能性もあると考えられる。さらに、実験ではモノラルマイクを使用した全指向性の測定を行ったため、人間の聴覚の指向性を利用できない音声となってしまった。今後はより人間の指向性に近い聞こえを考慮した評価を行うために、ダミーヘッドマイクやステレオマイクを使用して測定を行い、より人間の日常に近い状況での聞こえやすさについて検討していきたい。

5. 参考文献

[1]天野, 近藤, 坂本, 鈴木, 親密度別単語了解度試験音表 (女性話者), NTTアドバンステクノロジー株式会社