

環境騒音の影響を受けにくい 校内放送の音声特性

0220徳島県立脇町高等学校

中妻幸奈 谷依津希 谷唯衣

N T T

研究動機

○脇町高校でのアンケート調査

Q.校内放送が雑音によって聞き取りにくいと感じますか？

→**406人中335人(83%)が聞き取りにくいと回答した。**

校舎内は**雑音環境**で**放送の声が聞こえにくい**

声の特性による聞き取りやすさの違い

〈先行研究〉声の聞き取りやすさ

→**男性の声 < 女性の声**

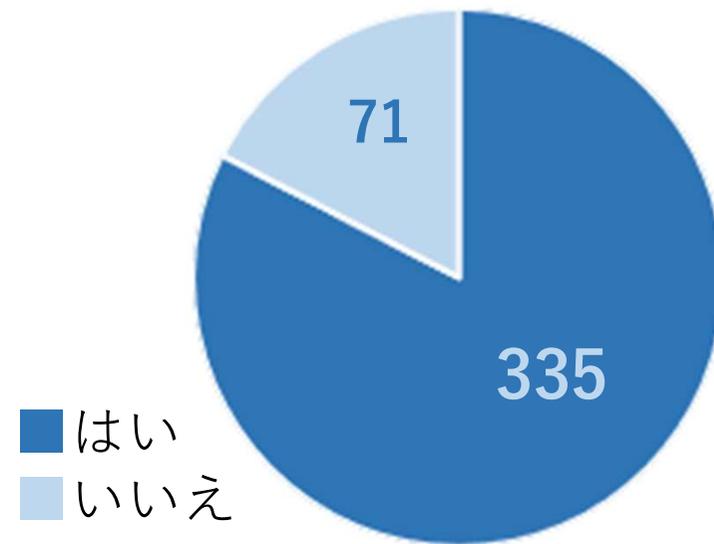


図1 校内放送の聞き取りやすさのアンケート結果

予備実験

声の聞き取りやすさを簡易的に調べる

〈実験方法〉

アンケートで聞き取りやすい声、聞き取りにくい声でそれぞれ上位5名の先生の声をスマホで録音し29名の生徒に聞き取りやすさを評価させる。

〈結果〉

男性の声 > 女性の声

**聞き取りやすい声
5名中4名が男性の先生**



表1 音声の聞き取りやすさの評価

聞き取りやすい先生		聞き取りにくい先生	
F1先生	2.83	M3先生	3.6
M1先生	3.03	F2先生	2.63
M2先生	3.86	M5先生	2
M3先生	3.6	M6先生	3.16
M4先生	4.1	F3先生	2.1
平均	3.484	平均	2.698

〈疑問点〉 先行研究の結果は本当に正しいのか？

雑音環境下での声の聞き取りやすさはどうなるのか？

目的・意義

➡ 放送で流れる音声を解析することで音声の聞き取りやすさ、聞き取りにくさに関わる要素がわかるのではないか？

目的

雑音環境下での校内放送の聞き取りやすさの定量化

本研究では、性別による聞き取りやすさの違いをより一般的なものにするために**声の高さ(周波数)**に着目した。

実験準備 音声の録音と評価

- ① 高校2年生32名(男15,女17)のA~Fの音声を録音。
※1人目の「あいうえお」の音声を1Aとする。

録音時に固定した条件

- ・ 声の大きさ
- ・ 話す速さ
- ・ マイクとの距離

- ② 録音した音声をランダムに放送で流す。(65~70dB)
- ③ ②と同時にCDプレイヤーで雑音(一定)を流す。(65~75dB)
- ④ 被験者(高校1年生35名)が1.0~5.0で聞き取りやすさを評価。

※音声1Aに対して被験者による35個の評価値が得られ、その平均値を音声1Aの真の値とする。

実験準備 ②音声の評価



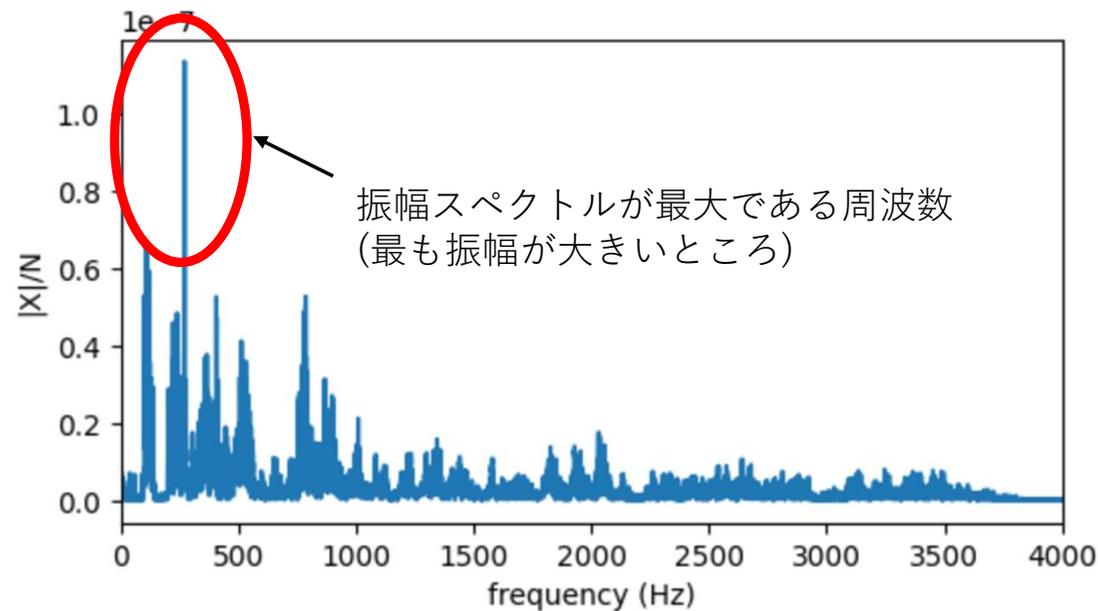
実験Ⅰ

〈目的〉 真の値と周波数の相関を調べる

※音声1Aに対して被験者による35個の評価値が得られ、
その平均値を音声1Aの真の値とする。⁷

実験Ⅰ ①仮説

声の主要な**周波数成分**(最も振幅が大きいところ)が**低い**方が聞き取りやすいのではないかと？



縦軸：振幅
横軸：周波数

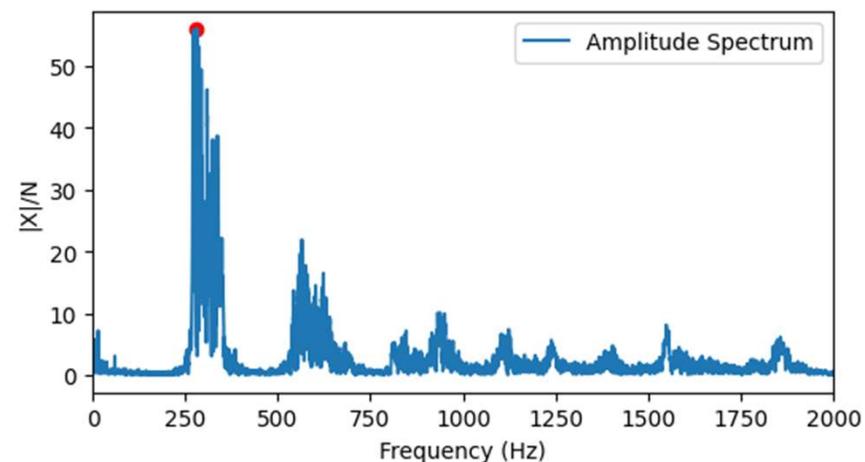
図2 フーリエ変換後の振幅スペクトル

実験Ⅰ ②特徴づけの周波数の抽出

録音した音声を離散フーリエ変換する。

音声の主要な周波数成分を抽出する。

●音声1Aの周波数を振幅スペクトル(右図)が最大である周波数とする。



実験Ⅰ ③相関関係を調べる

真の値と周波数の相関を調べる。

真の値と周波数の相関関係を散布図と線形近似を用いて調べる。

実験Ⅰ ④結果：真の値と周波数の相関

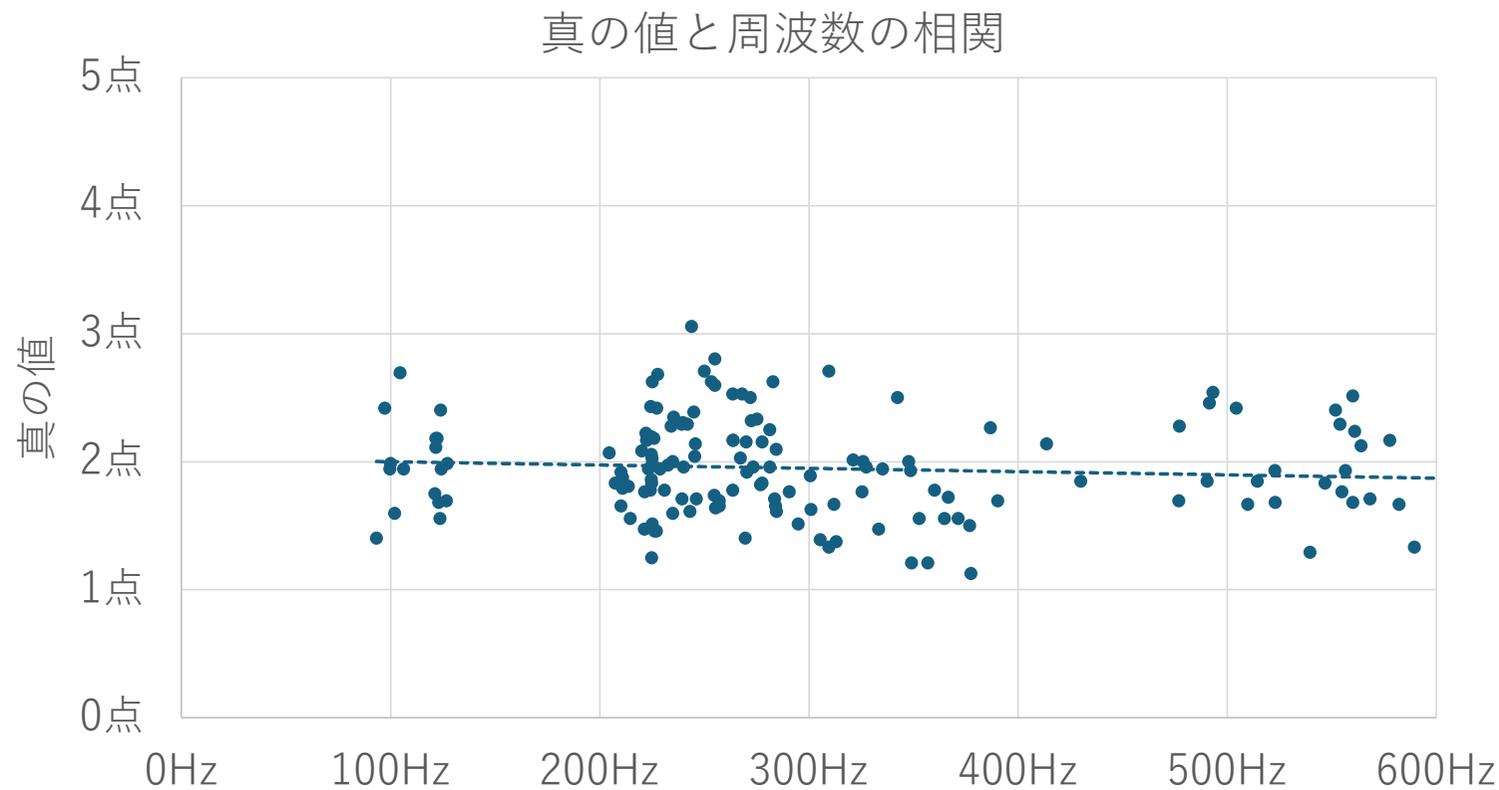


図3 真の値と周波数の相関

縦軸：真の値

横軸：振幅スペクトルが最大であるときの周波数

実験Ⅰ ⑤考察

相関がみられない原因

- ・ 周波数および評価値の散らばりが小さい
- ・ 実験Ⅰで抽出した周波数だけでは関係性が見いだせない

複数の周波数帯の特徴をまとめて関係を見るべき。

→ **機械学習**を用いて評価関数をつくってみてはどうか。

実験 II - 1

〈目的〉 機械学習により評価関数を作成する

実験 II-1 ①実験方法

〈実験方法〉

ベータ回帰モデルを使用する。

※ベータ回帰…連続的で区間(0,1)に制限された目的変数(説明変数を受けて発生した結果)をモデル化するために使用される回帰分析の一種

(説明変数) ・ 6つの周波数帯の振幅の最大値
・ 真の値

訓練データ24名分、テストデータ6名分を用意。

①訓練データでモデルを作成する。

②①で作成したモデルを基にテストデータを評価する。

③散布図で可視化。

実験 II-1 ②結果：ベータ回帰モデルの出力値

縦軸：評価関数が予測した値

横軸：真の値

●：訓練データ

▲：テストデータ

点線：直線 $y = x$

周波数帯

[20~200Hz, 200~1000Hz,
1000~2000Hz, 2000~4000Hz,
4000~10000Hz, 10000~20000Hz]

**テストデータが
訓練データに近づいた。**

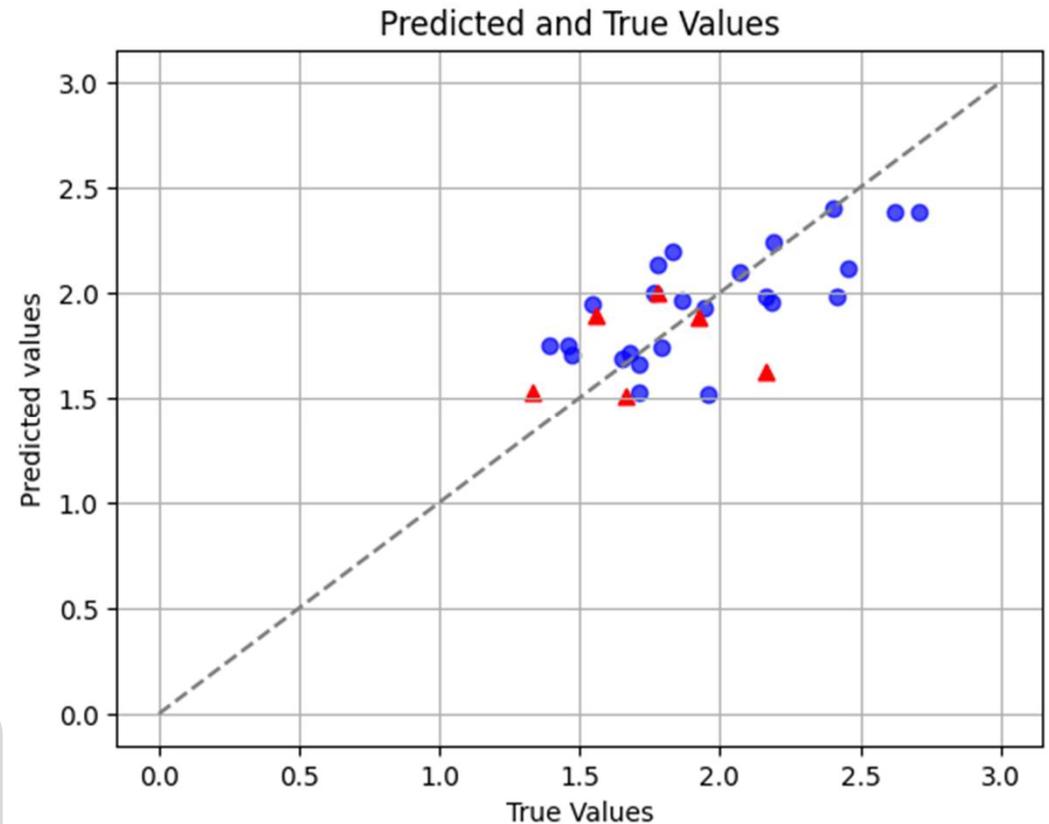


図4 ベータ回帰モデルを出力した散布図

実験 II-1 ③考察

テストデータが訓練データに近づいた理由

- ・ 周波数帯の幅を広げたことで人によって、異なる周波数の最大値を的確に拾うことができた
- ・ ベータ回帰は連続する値を取り扱うことができるため、より精度が高まった

実験 11-2

〈目的〉 評価関数の精度を上げる

実験 II-2 ①実験方法

〈仮説〉 周波数帯の分割範囲を変更することで、評価関数の精度を上げることができるのではないか。

〈実験方法〉

ベータ回帰モデルを使用する。

(説明変数) (1) 90～690Hzを周波数の幅10Hzで分割する。

(2) 0～20000Hzを周波数の幅10～2500Hzで分割する。

(10～50Hzでは10Hzごとに、

50～2500Hzまでは25Hzごとに分割する。)

実験 II-2 ② (1)の結果

表2 真の値との誤差

①T30	訓練	テスト	全体
10	0	0.6287	0.1257
15	0	0.5936	0.1187
25	0	0.5936	0.1187
30	0.0114	0.4132	0.0917
40	0.017	0.2198	0.0575
50	0.0513	0.0971	0.0604
75	0.0999	0.0571	0.0913
100	0.0872	0.0812	0.086

- 10~25Hzの分割では訓練データの誤差が0になった
- 10~25Hzの分割でテストデータと全体の誤差が大きかった
- 40Hzで全体の誤差が最小だった

• 周波数ごとの重要度が最大になったのは、**370~410Hz**だった

実験 II-2 ②結果：ベータ回帰モデルの出力値

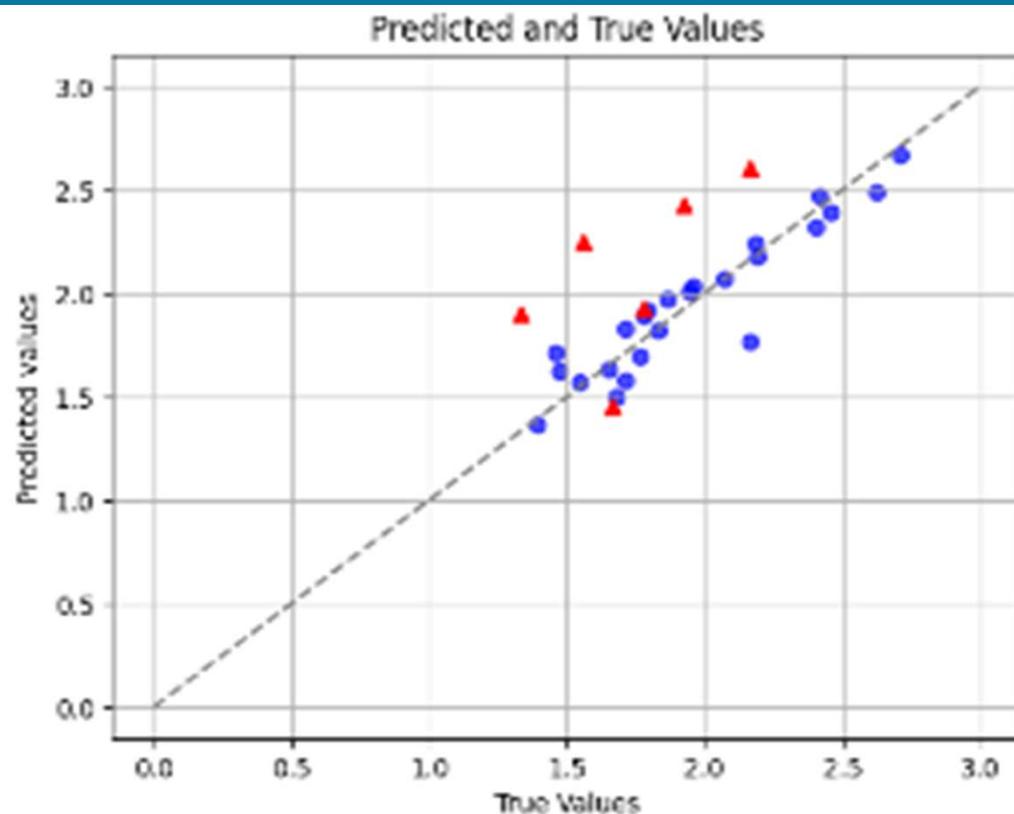


図5 誤差が最小になったときの散布図

表3 テストデータの真の値と予測値

	真の値	予測値
データ 1	1.6667	1.4512
データ 2	2.1667	2.6086
データ 3	1.9261	2.4303
データ 4	1.7778	1.9287
データ 5	1.5556	2.2451
データ 6	1.3333	1.9032

訓練データが直線 $y=x$ により近似した。
作成した評価関数はテストデータを真の値より高く出力した。

実験 II-2 ③考察

(1)より 人間は370~410Hzの区間の周波数で聞き取りやすさを判断している。

(2)より 2125Hz区間に重要な音声の特徴が含まれており、人間の聞き取りやすさと合致した。

(1)(2)より

分割範囲が小さいと、値が小さい周波数成分(ノイズなど)を多く拾い、情報過多となることで、学習がうまく進まない。

音声の特徴が多いほどひとつの周波数成分が学習に与える影響は小さく、少ないほど大きくなる。

結論

機械学習により、周波数に着目した声の聞き取りやすさを示す評価関数を作成する方法を見つけることができた。

また、説明変数である分割する周波数の範囲を変更することで、誤差が変化し、最適な分割範囲を指定することで、精度の高い評価関数を作成することができた。

一方で、評価関数の誤差が小さい、すなわち評価関数の精度が高くなる分割範囲を見つけることができたが、周波数範囲で最も誤差が小さくなる原因や評価関数で真の値との誤差が発生する原因を明らかにすることはできなかった。

展望

①真の値との誤差が発生する原因を突き止める。

→誤差が大きくなった訓練データを収集し、誤差が大きくなる要因を機械学習によって追及する。

②ほかの音声の特徴に着目する。

→抑揚や滑舌を特徴として分析するために、音圧(音の大きさ)の時間変化を解析したり、フォルマント(音の響き方を決める周波数)を解析し、比較する。

③雑音が入った音声データで評価関数を作成する。

→訓練データとテストデータに雑音を加える。

謝辞・参考文献

本研究の遂行にあたり、ご協力してくださった京都大学理学部 Alawik Abdourrahman様をはじめ多くの方々に深く感謝申し上げます。

- 小林まおり, 赤木正人. 雑音環境下でアナウンサー音声は聞き取りやすいのか. 聴覚研究会. 2023, vol. 50, no. 1. p. 95-99.
- 小林まおり, 倉片憲治. 女声と男声のどちらが聞き取り易いか. 日本音響学会誌. Vol. 79, no. 2. p. 85-93.
- 三谷雅純. 生涯学習施設の館内放送はどうあるべきか：聴覚実験による肉声と人工音声の聞き取りやすさの比較. 人と自然. 2014, vol. 25, p. 63-74.
- 鈴木松美. あの人の声はなぜ魅力的なのか. 技術評論社, 2011, 259p.
- 山上滋. フーリエ解析入門. 茨城大学理学部. 講義資料(未出版), 2005.
- 富田知志. 平成21年度 物理科学解析 第7回 フーリエ解析. 講義資料(未出版)2009.
- 三谷政昭. 今日から使えるフーリエ変換 普及版. 講談社, 2019, 336p,
- 酒井麻里子. “機械学習とは？仕組みや活用例までわかりやすく解説”. 楽天グループ株式会社.
<https://corp.Rakuten.co.jp/event/rakutentech/ai/machine-learning.html>, (参照 2025-06-12)
- GMO RESEARCH & AI. “ロジスティック回帰分析とは？用途、計算方法をわかりやすく解説！”GMO.
<https://gmo-research.ai/research-column/logistic-regression-analysis> > (参照日2025.02.25)
- 涌井良幸, 涌井貞美. 多変量解析がわかる. 技術評論社, 2011. 272p.