

# 環境騒音の影響を受けにくい 校内放送の音声特性

徳島県立脇町高等学校

中妻幸奈 谷依津希 谷唯衣

N T T

# 課題設定

学校生活の中での気づき

- ・ 校舎内は**雑音環境**で、**放送の声が聞こえにくい**。
- ・ **声の特性**によって、聞き取りやすさに違いがある。

〈先行研究〉

小林まおり氏(愛知淑徳大学教授)ほかの

「女声と男声のどちらが聞き取り易いか」

によると声の聞き取りやすさは **男性の声 < 女性の声**

# 予備実験

〈目的〉 声の聞き取りやすさを簡易的に調べる。

〈実験方法〉

脇町高校でどの先生の声が聞き取りやすいか選択方式のアンケートで調べ、聞き取りやすい声、聞き取りにくい声で上位だった9名の先生の声をスマホで録音し、29名(高校2年生)に聞きとりやすさを評価させた。

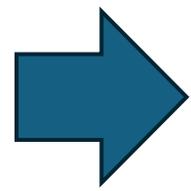
〈結果〉

- ・ 聞き取りやすい声の上位 **5人中4人が男性の先生**だった。
- ・ **男性の声**の方が女性の声よりも聞き取りやすい。

〈疑問点〉

- ・ 先行研究がの結果が本当に正しいのか？
- ・ 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と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 ①音声の録音

文章を読み上げた音声を録音する。

高校2年生32名(男15,女17)分の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)

32人×6パターン=192

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

発言内容

- A. あいうえお
- B. さしすせそたちつと
- C. 筆記用具を持ってきてください
- D. 落ち着いて避難してください
- E. ただいまから校舎の施錠を行います
- F. これからお昼の放送を始めます

# 実験準備 ②音声の評価

雑音環境下での音声の聞き取りやすさを被験者に評価させる。

## ●評価方法

- ① 録音した音声をランダムに放送で流す。(65~70dB)
- ② ①と同時にCDプレイヤーで雑音を流す。(65~75dB)
- ③ 聞き取りやすさを被験者(高校1年生35名)が1.0~5.0で評価する。  
(音声1Aに対して、被験者による35個の評価値が得られる)

# 実験準備 音声の評価

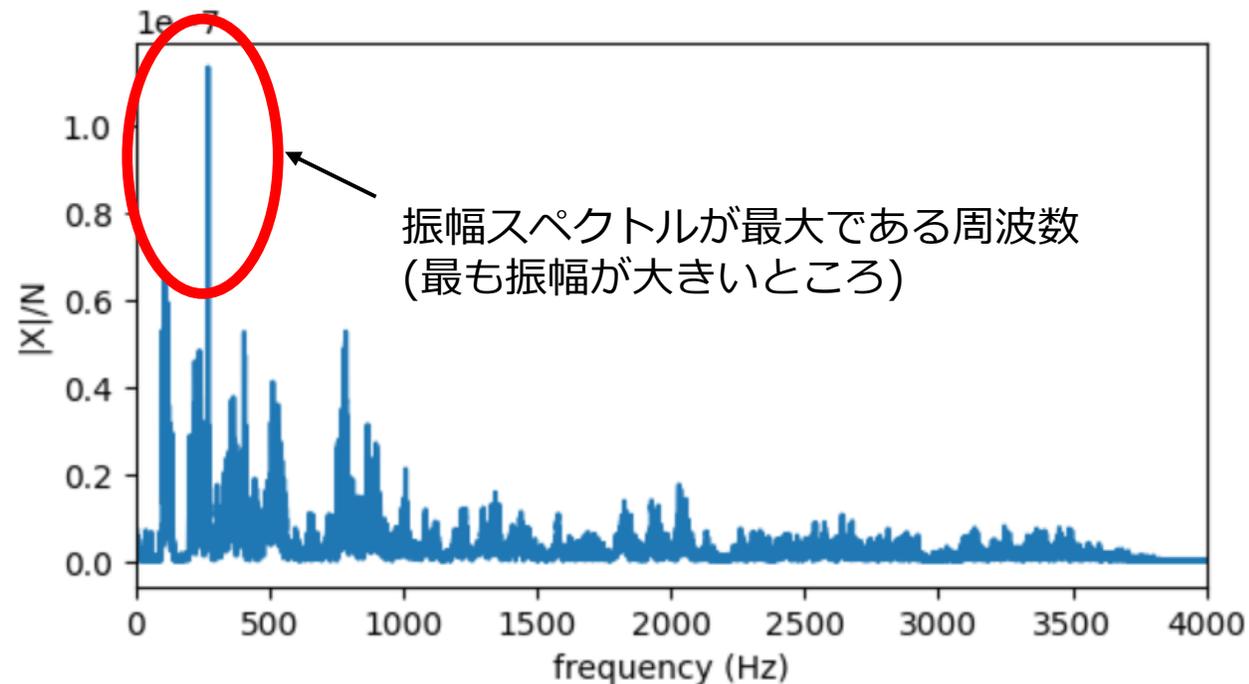


# 実験 I

〈目的〉 評価値と周波数の相関を調べる

# 実験 I 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？



縦軸：振幅  
横軸：周波数

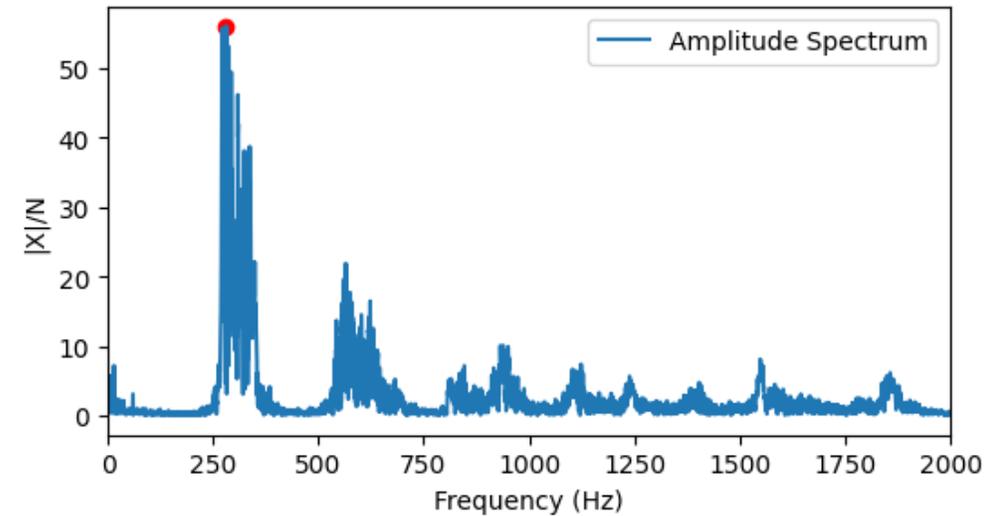
(離散フーリエ変換によってある音声を周波数領域に変換した後のグラフ)

## 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。



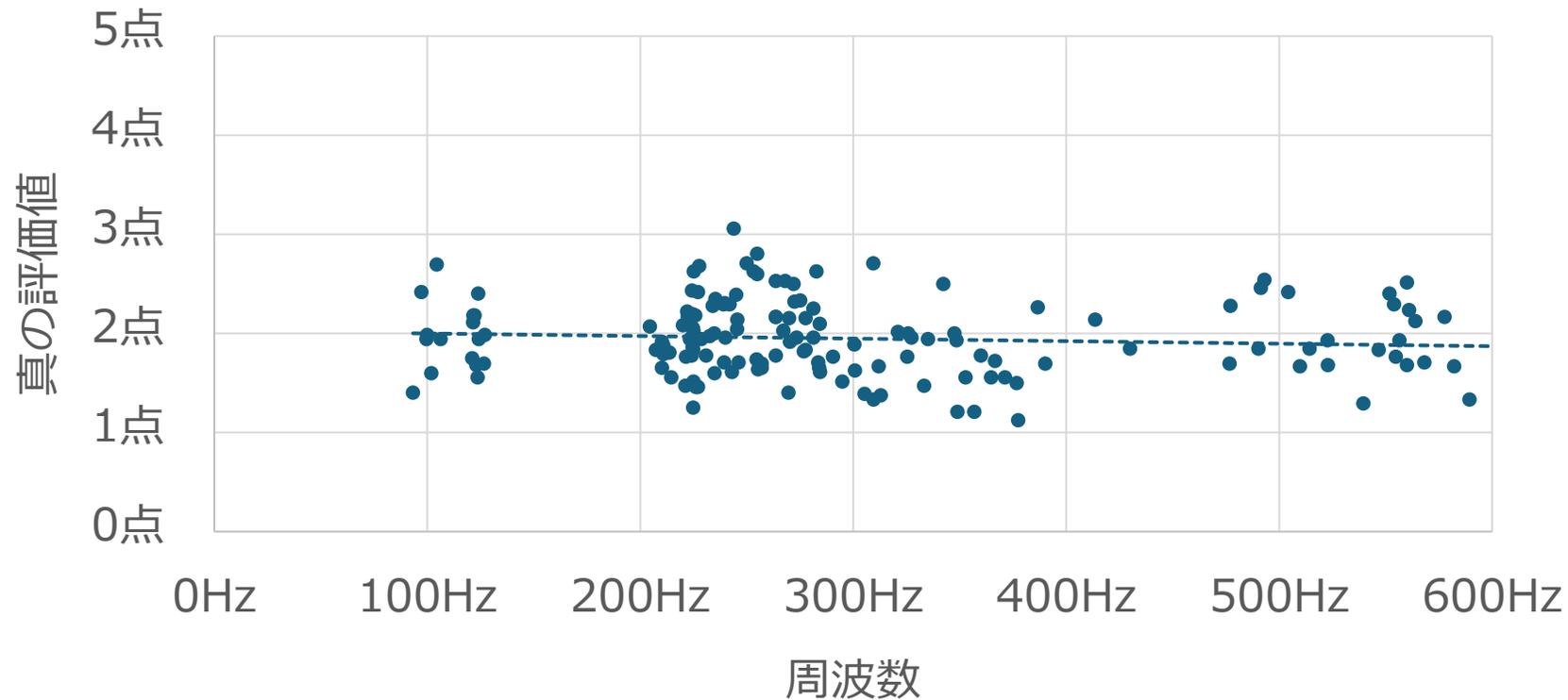
## 実験 I ③相関関係をしらべる

評価データと周波数の相関を調べる。

真の評価値(音声の聞き取りやすさを人が評価した値)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：評価データと周波数の相関

周波数と真の評価値の相関



縦軸：評価値の平均値

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

**〈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

## ●実験の方法

ロジスティック回帰モデルを使用する。

※ロジスティック回帰…いくつかの要因(説明変数)から二値の結果が起こる確率を説明、予測することができる統計手法。

(説明変数)・6つの周波数帯の振幅の最大値

・真の評価値

訓練データを24名分、テストデータを6名分用意。

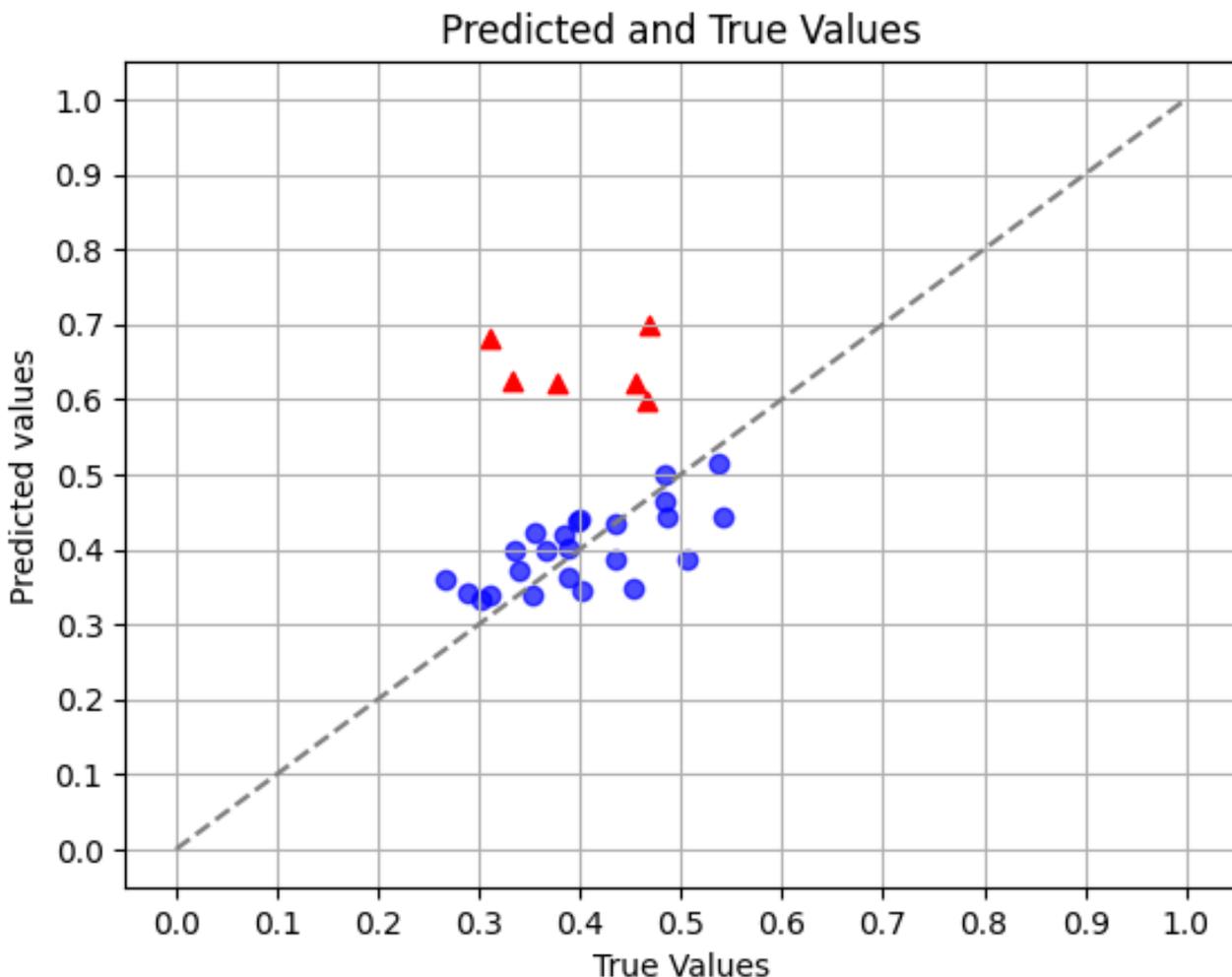
①訓練データで学習を10万回繰り返す。

②①で作成したモデルの重みとバイアスをもと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：ロジスティック回帰モデルの出力値

## ●ロジスティック回帰モデルで出力した散布図



縦軸：評価関数が予測した値

横軸：真の評価値

●：訓練データ

▲：テストデータ

点線：直線  $y = x$

周波数帯

[100Hz , 300Hz , 500Hz ,  
700Hz , 900Hz , 1100Hz]

**テストデータが  
訓練データからずれている。**

# 実験Ⅱ-1 ③考察

テストデータの予測値が真の値からずれている理由

→ロジスティック回帰モデルは音声を二値で(聞き取りやすいか聞き取りにくい)で評価するため、テストデータの音声すべてを聞き取りやすいと判断したのではないか。

ロジスティック回帰は音声解析には向いていない。

**機械学習のモデルを変えて評価関数をつくってみてはどうか。**

# 実験Ⅱ-2 ①実験方法

## ●実験の方法

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

・真の評価値

訓練データを24名分、テストデータを6名分用意。

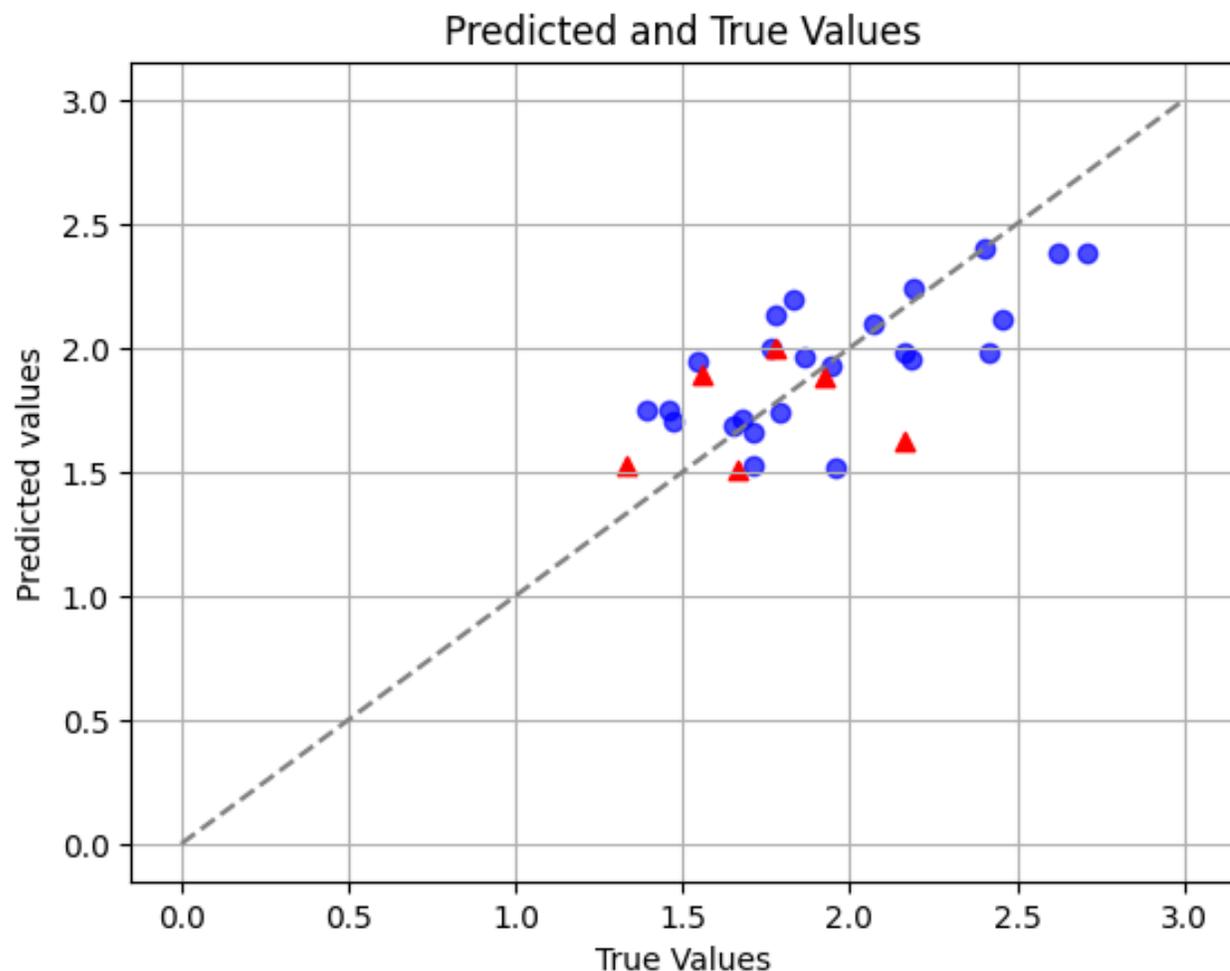
①選択する周波数帯を最適化する。

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-2 ②結果：ベータ回帰モデルの出力値

## ●ベータ回帰モデルで出力した散布図



縦軸：評価関数が予測した値  
横軸：真の評価値  
●：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。**

# 実験Ⅱ-2 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のではないか。
- ・ 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のではないか。

**音声の聞き取りやすさを判断する手法を見つけた。**

**→雑音が入った音声データで評価関数を作成する。**

○音声データごとの評価値の差を広げるために、

→適切な標準音声と評価基準の条件の設定する。

○評価関数の精度を上げるために、

→適切な周波数成分の数や周波数帯を選択する。

→周波数成分の平均値を用いる。

# 謝辞・参考文献

本研究を行うにあたり、ご協力してくださった京都大学理学部 Alawik Abdourrahman様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(2020)「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』,50(1):2020.2.15・16
- 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』/79巻2号p.85-93
- 三谷雅純(2014)「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』25:63-74
- 山上滋(2005)「フーリエ解析入門」
- 富田知志(2009)「平成21年度 物理科学解析 第7回 フーリエ解析」
- Tumoi Yorozu.「離散フーリエ変換(DFT)の仕組みを完全に理解する」.  
Qiita. <<https://qiita.com/TumoiYorozu/items/5855d75a47ef2c7ef2c7e62c8>> (参照日2025年2月13日)
- ケイエイブル株式会社.「周波数解析におけるフーリエ解析を数式を使わずわかりやすく解説！」.  
KLV大学 光センサーコース. <<https://www.klv.co.jp/corner/fft-in-freq-analysis.html>> (参照日2025年2月13日)
- 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年2月25日)
- 日本聴覚医学会「周囲雑音、環境雑音」
- 統計局(2024)「機械学習(教師あり学習)」