

## 日本語の聞き取りにくさの解明

石川県立金沢泉丘高等学校理数科2年  
3班 泉 京太郎、大宮 暢人、岡田 有司、徳田 莉子、劉 文莫

### 研究要旨

私達の生活と日本語は切っても切り離すことができないものの一つである。しかし今日、コロナ禍においてマスク着用の義務付けなどの要因によって以前に比べ会話が聞き取りにくくなっていると考えた。そこで、日本語の音節の中で聞き取りにくい音節を何種類かピックアップし、ピックアップした音節の共通点を見つけるために、日本語で日常的に使用する音節をフーリエ変換を用いて解析した。その結果、同じ母音の音節は聞き取りにくいものが多く、音声スペクトルが類似していたものが多数見受けられた。

### 1.研究背景

コロナ禍により人々はマスクを付けることを余儀なくされている。このような社会状況の中で人の口元を見る機会がほとんどなくなり、話している内容を口元を見て判断するという今まで当たり前に行っていたことができなくなっている。そのため会話中に話している内容が分かりづらくなる事態が発生しやすくなり、生活に支障をきたしている。私達はこのような現代において社会生活の質の向上に役立つための第一歩となるよう、音の聞き間違いや聞こえにくさの原因を解明し、今後の音の聞こえ方の研究に役立つ研究を行いたいと考える。

### 2.仮説

日本語を聞き取りにくくしている原因は音の振動数、周波数、波の波形などの何らかの成分が類似しているからである。

### 3.本研究で明らかにしたいこと

日本語50音の中でどの音節が聞き取りにくいのかを調べることによって日本語の聞き取りにくい部分が生まれる原因を解明する。そのデータや研究結果を将来の音声認識システムなどの研究に役立つ基礎研究としたい。

### 4.実験

#### <実験1>

(実験器具)

スピーカー1個、保護メガネ3個、  
chromebook1台、ホワイトボード3個、ペン3個

(使用施設や場所)

本校の講堂

(ねらい)

日本語50音の中でどの音節が聞き取りにくいのかを調べる。

(実験手順)

①Pythonでひらがな5個をランダムに抽出し、再生するプログラムを作成した。

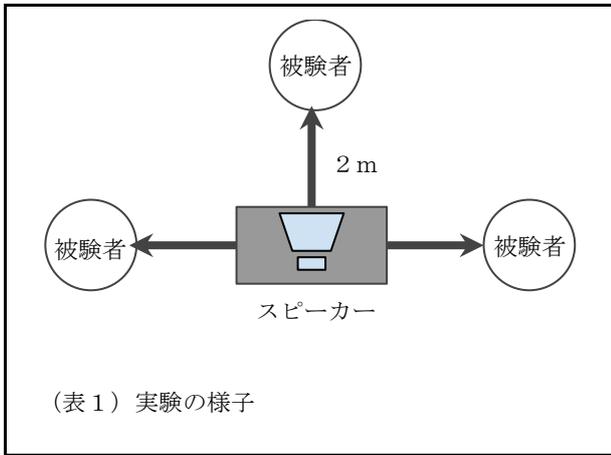
②完成したプログラムを用いて音節をランダムに5つずつ抽出し、スピーカーから連続した5つの音節を流した。ただし拗音、「ゐ」、「ゑ」、「を」、は除いた。会話をする程度の距離(2m)にスピーカーを配置した。一人につき5音節の聞き取りを10回行った。NHK放送技術研究所によると、人の会話の音量は約60dbだと分かっている<sup>3)</sup>。それを参考にスピーカーから出される音の大きさをdb計を用いて計測し、60dbとなるよう設定し本実験を行った。

③被験者にどの音節が流れたかをホワイトボードに書いてもらい、集計した。

④スプレッドシートを用いて集計したデータを分析して、よく聞き間違われた音節を調べた。

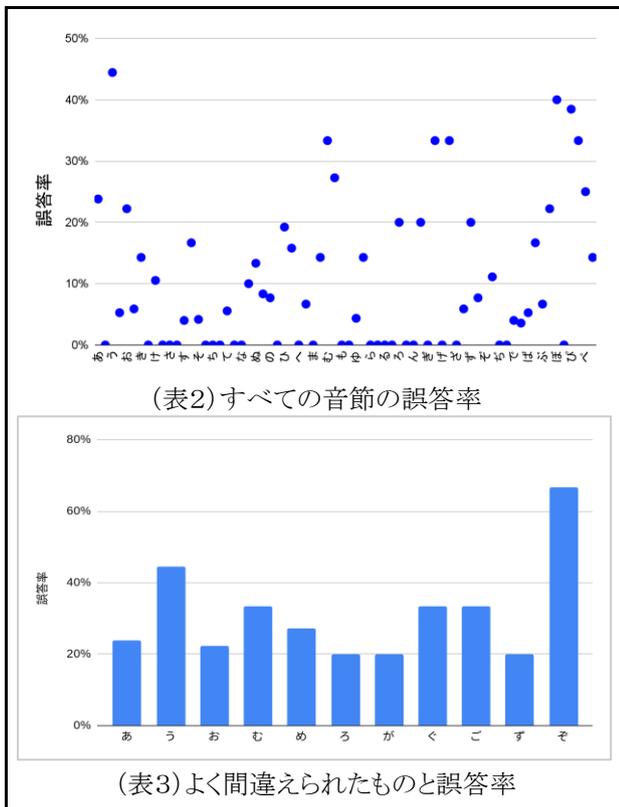
(仮説)

「あ」と「か」などの母音の種類が同じ音節は聞き間違いやすい傾向にあり、濁音、半濁音は聞き間違いやすいと考えた。



(結果)

表2は全音節の結果、表3は誤答率が20%以上を超えた音節をピックアップしたものである。縦軸が誤答率、横軸が音節を表している。



また、顕著に間違えられたものに「あ」は「わ」に、「む」は「ぬ」に、「ご」は「ぼ」に、「う」は「ゆ」といったものが挙げられる。

(考察)

表3から濁音と母音が日本語の音節の中でも聞き取りにくいと考えられる。聞き間違えられにくかった音節とよく聞き間違えられた音節の間で顕著な差があらわれた。

ここで実験1で見つけた聞き間違えられた音節の共通点を見つけるために実験2を行った。

### <実験2>

(実験器具)

chromebook1台、スマートフォン1台、スピーカー1台 (ねらい)

すべての音節の音声スペクトルを調べることで、実験1で見つけた聞き間違えた音節と正解の音節の2音に共通する部分を見つけた。

(実験手順)

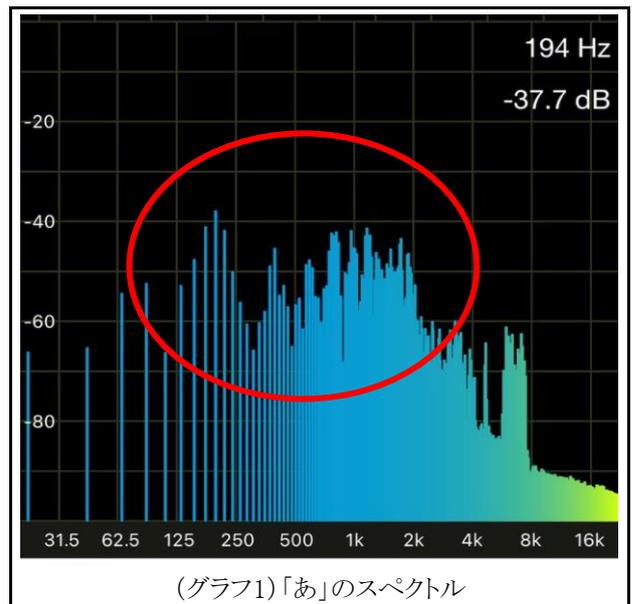
- ①全ての音節の波をスマホのアプリケーション<sup>4)</sup>を使用して測定した。
- ②フーリエ変換<sup>5)</sup>を用いて音節の波を音声スペクトル<sup>6)</sup>に変換した。
- ③音を構成する中で人が聞き取りやすい周波数である400~2kHzの部分に特に注目して分析を行った。
- ④特に聞き間違えた音節と正解の音節を比較し、共通点を探した。

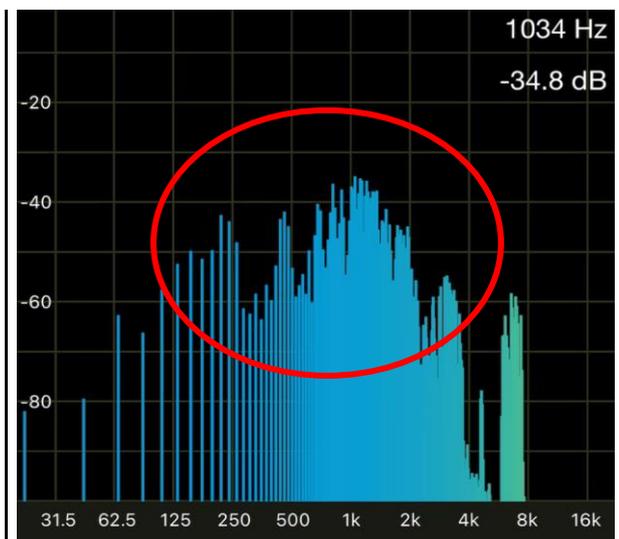
(仮説)

波形が似ていれば音色は似ていることがわかっている。よって、聞き間違えた音節と本来の正解の音節の音声スペクトルは似ていると考えた。

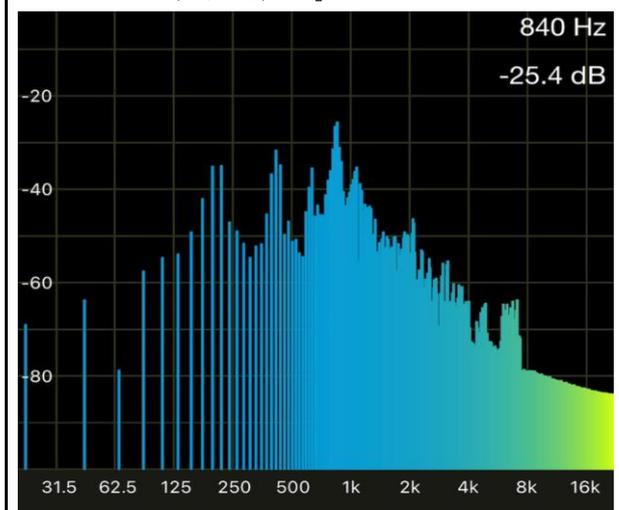
(結果・考察)

#### 1. 「あ」と「わ」の比較



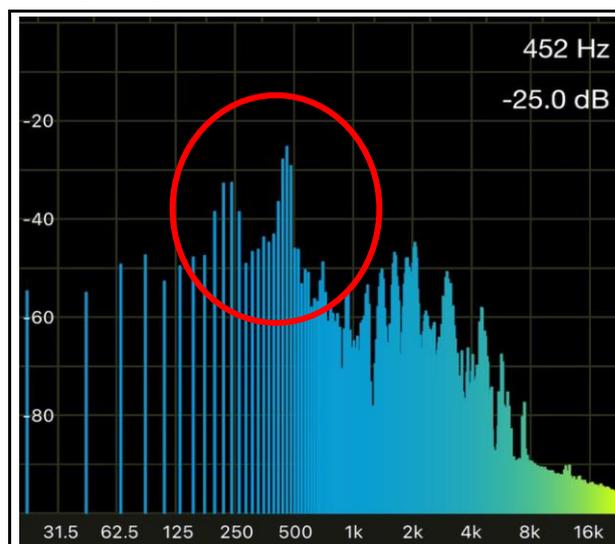


(グラフ2)「わ」のスペクトル

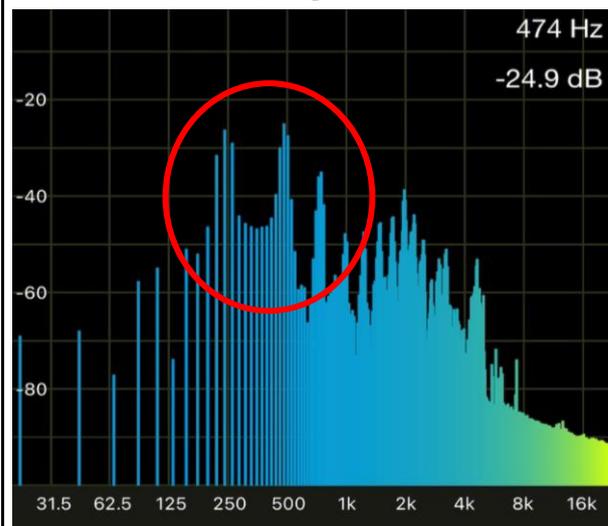


(グラフ3)「ざ」のスペクトル

## 2.「ぬ」と「む」の比較



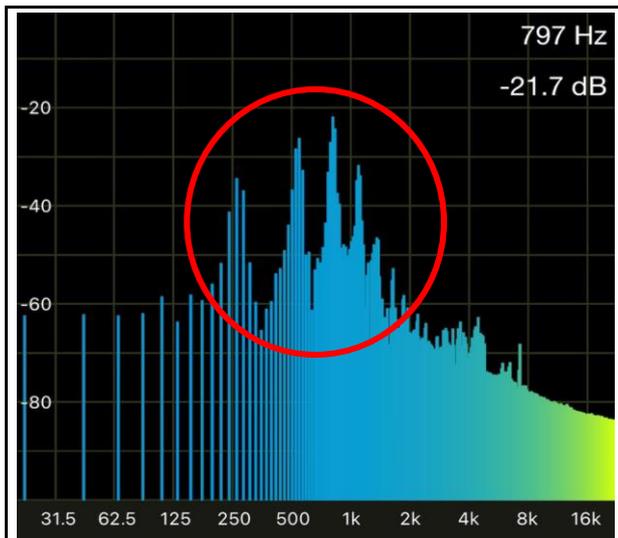
(グラフ4)「ぬ」のスペクトル



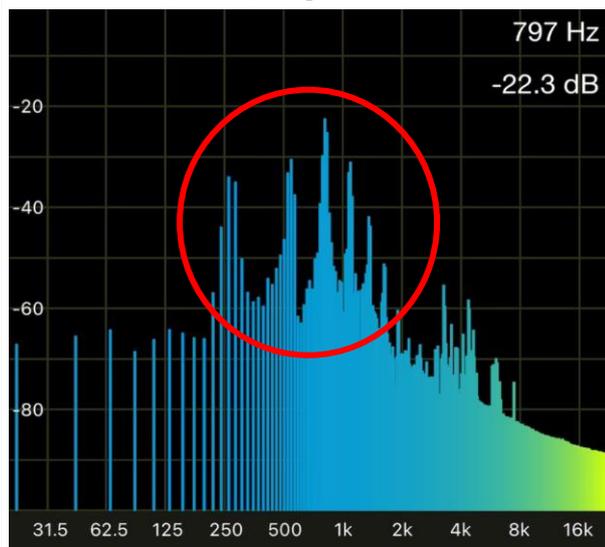
(グラフ5)「む」のスペクトル

「あ」のスペクトル(グラフ1)と「わ」のスペクトル(グラフ2)は丸をつけた部分の形から似ていると判断できる。一方で聞き間違えられなかった「あ」のスペクトルと「ざ」のスペクトル(グラフ3)は形から似ていないと判断できる。よって、「あ」は「ざ」ではなく、より似ている「わ」に間違われたと考えられる。また、以下の「ぬ」(グラフ4)と「む」(グラフ5)、「ご」(グラフ6)と「ぼ」(グラフ7)、「う」(グラフ8)と「ゆ」(グラフ9)も同様な観点より、似ていると判断した。

### 3.「ご」と「ぼ」の比較

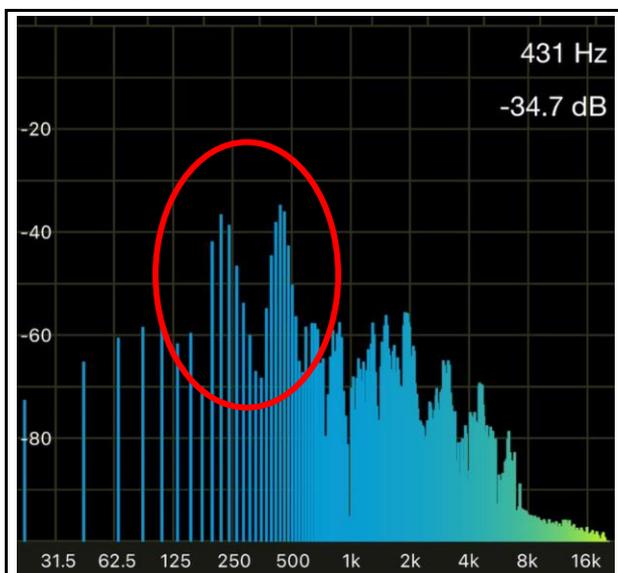


(グラフ6)「ご」のスペクトル

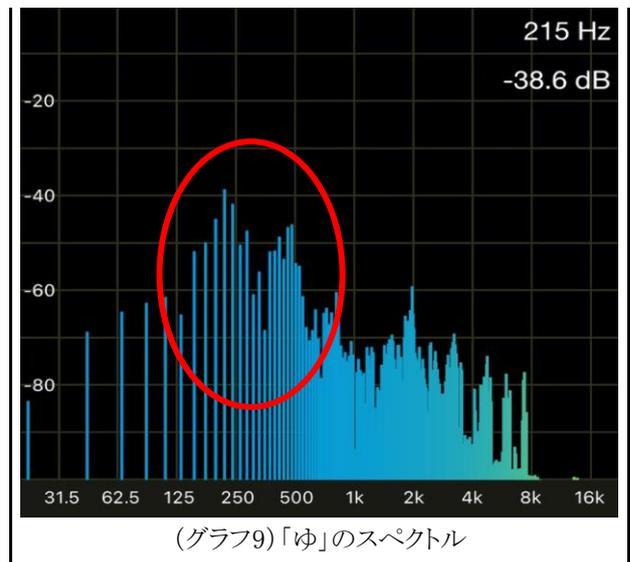


(グラフ7)「ぼ」のスペクトル

### 4.「う」と「ゆ」の比較



(グラフ8)「う」のスペクトル



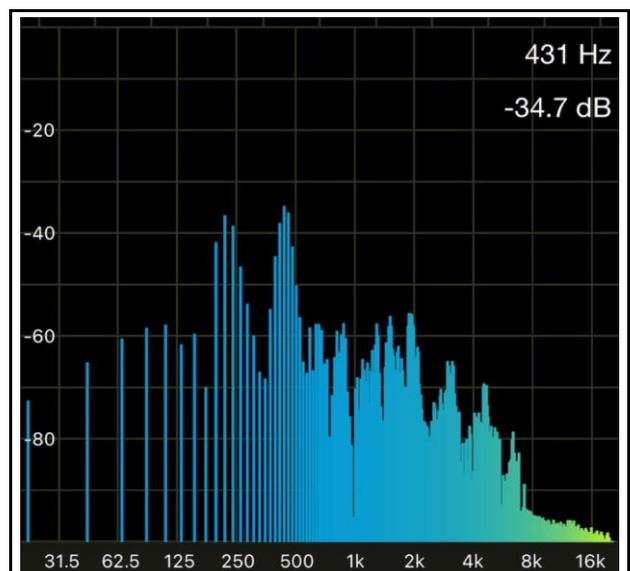
(グラフ9)「ゆ」のスペクトル

### 5.今後の展望

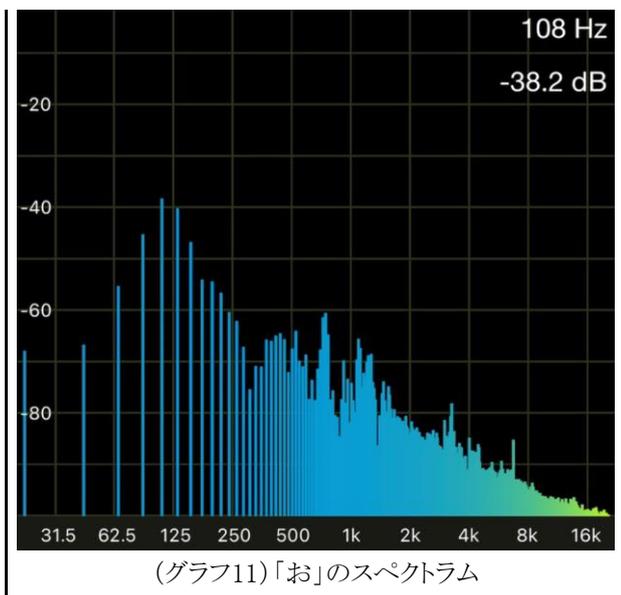
実験を行った際、例外としてスペクトルが似ていないのに聞き間違えた音節(「う」(グラフ10)と「お」(グラフ11))やスペクトルが似ているのに聞き間違えなかったもの(「ぼ」(グラフ12)と「こ」(グラフ13))があった。その理由を解明していきたい。

また、「似ている」という視覚的判断だけでなく、それを定量化するために基本スペクトルの存在割合を調べたり、今回行った音声スペクトル以外の要素である音節のつながりの要素を比較したりしていきたい。

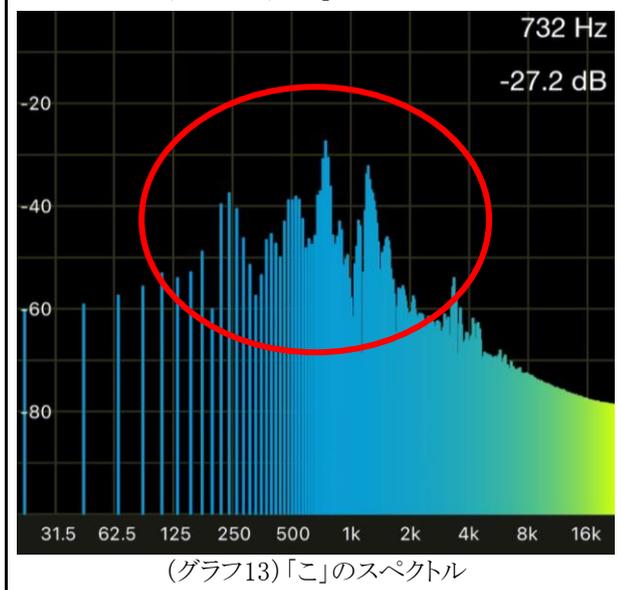
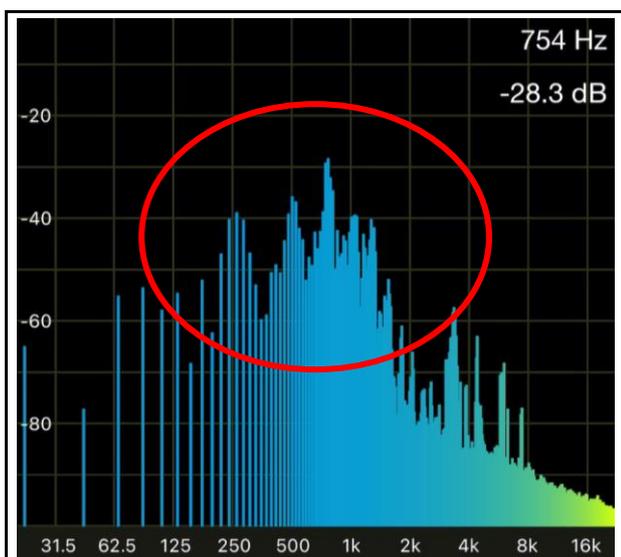
#### 1.スペクトルが似ていないが聞き間違えた音節



(グラフ10)「う」のスペクトル



## 2. スペクトルが似ているが聞き間違えなかった音節



## 6. 謝辞

今回の研究を進めていくにあたり、北陸大学教授杉森公一先生や北陸先端科学技術大学院大学の小田和司先生、本校教諭の寺井千春先生をはじめとして多くの先生方、本校の生徒の方にご協力いただき、心より感謝申し上げます。ありがとうございました。

## 7. 参考文献など

1)橋本仁成、和田一成(2021).「音声の周波数スペクトルと聞き取りやすさの評価」.一般社会法人 日本人間工学会[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje/57/Supplement/57\\_2E1-1/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje/57/Supplement/57_2E1-1/_article/-char/ja/)

2)岩宮眞一郎(2012).「図解入門最新音楽の科学がよく分かる本」.秀和システム  
<https://geolog.mydns.jp/www.geocities.jp/myonseibo/boinaiueo.html>

3)NHK放送技術研究所(2019.「高齢者にも聞き取りやすい音声提示」  
<https://www.nhk.or.jp/strl/publica/rd/175/4.html>

4)実験で使用したアプリケーションはオーディオスペクトルアナライザ(写真1)というスマートフォンアプリである。

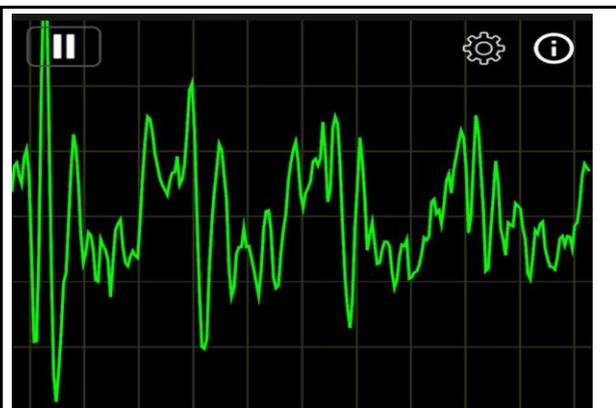


## 5) フーリエ変換

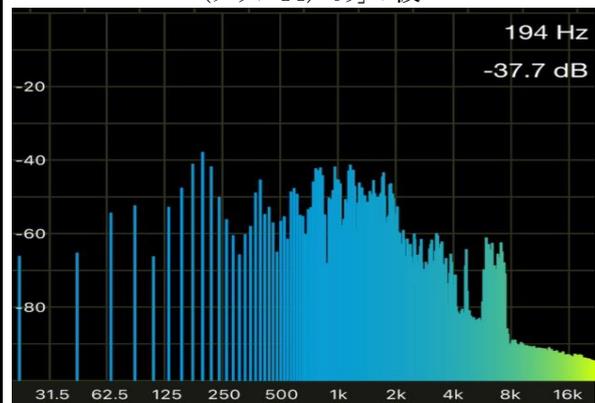
複雑な波形を角周波数ごとの正弦波に分け、それぞれの正弦波の振幅を角周波数ごとにまとめること。具体的にはグラフ14をグラフ15に変換する際に用いられる。

## 6) 音声スペクトル

フーリエ変換によって音節の波を周波数成分に分解し、成分ごとの大きさを配列したもの(グラフ15)。最も値の高いものを基本スペクトルという。



(グラフ14)「あ」の波



(グラフ15)「あ」のスペクトル