

# 計算機科学実験及演習 4 (前半：音響信号処理)

## 課題 3 カラオケシステムの制作

長谷真暉 (1029341181)

提出日: 2024 年 11 月 15 日

WAV (MP3) ファイルに保存された楽曲の再生とマイクからの歌声の録音を同時に行いながら、楽曲のスペクトログラムと音声の音高（基本周波数）を同時に図示するカラオケシステムを制作せよ。

### オプション課題

上記のカラオケシステムを改良せよ。例えば以下のような改良が考えられる。もちろんこれら以外の改良でもよいので、創意工夫をこらすこと。

- 歌声の音量やスペクトルも同時に表示する。どのように表示すると効果的かを考えること。
- 楽曲のメロディや和音を同時に表示する。
- 有声・無声判定を用いて、不自然な音高の表示を抑制する。
- 歌い終わると（もしくは歌いながら）歌唱内容を採点する。
- 楽譜を読み込んでおき、いわゆるガイドを同時再生する。
- 歌詞を読み込んでおき、楽曲の再生位置に合わせて歌詞を表示する。

## 1 概要

GUI は、図 1 の通りである。ラジオボタンで、3 つの曲の中から一つ選び、「曲の決定」で曲をカラオケにセットする。次に「音楽開始」でカラオケシステムを開始する。「ポーズ」では、一時停止・再開を行い、「音楽停止」では、カラオケシステムを終了する。カラオケシステムでは、一番上に曲名、下に歌詞が表示される。グラフでは、ガイドとなる赤線が正しい基本周波数を表し、白線が自分の声の基本周波数を表す。背景は、スペクトログラムである。右側に、ボリュームメーターが配置されている。「接待モード」を押すと、カラオケシステムが甘めの採点を行う。グラフ下部では、再生時間と、点数を表示する。「アプリの終了」を押すと、GUI が終了する。

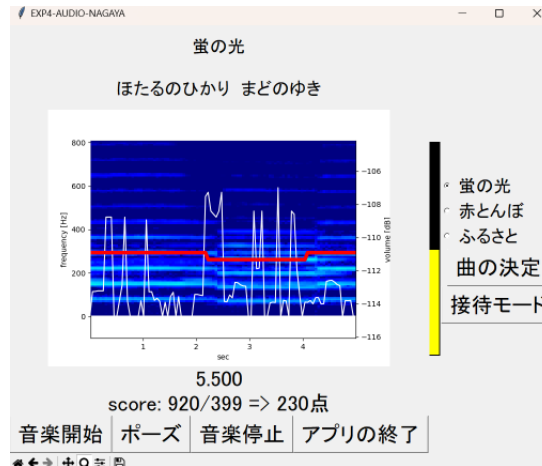


図 1: GUI

## 2 事前処理・データの作成

カラオケシステムの実装前に mp3 の音源、正解の音高となるノートナンバーのリストと歌詞のリストが必要だ。今回は、蛍の光、赤とんぼ、ふるさとの 3 曲において以下の処理を行った。

### 2.1 音源

今回音源に用いたのは、NHK アーカイブの音素材、音楽に公開されている音源をダウンロードし用いた。URL は、以下の通り。https://www.nhk.or.jp/archives/creative/

### 2.2 正解の音高

ノートナンバーのリストは、楽譜を見ながらそれぞれノートナンバーに直すことで作成する。[55, 55, 60, 60, ... 60, 60, 60, 60] のような形のテキストファイルで保存した。最小の音の長さの音符をノートナンバー 1 つの音の長さとして記述した。例えば、4 分の 4 拍子で、8 分音符までしかない場合、1 小節は 8 個のノートナンバーで構成されている。8 分音符に対して 1 つのノートナンバーを割り当てた。4 分音符には、同じノートナンバーを 2 つ繰り返すことで表現した。休符には 0 を割り当てた。

### 2.3 歌詞

歌詞のリストは、一回に表示する歌詞ごとに改行してテキストファイルに保存した。また、ある長さごとに一定の間隔で表示する文字を変えるので、間奏や前奏込みで変化する間隔をリストアップし、間隔の最大公約数をもって、最小の表示単位とした。あとは、最小の表示単位の間隔で歌詞を繰り返し記述した。[夕焼け小焼けの 赤とんぼ \n ... 夕焼け小焼けの 赤とんぼ \n 負われて見たのは いつの日か \n 負われて見たのは いつの日か \n 負われて見たのは いつの日か \n 負われて見たのは いつの日か \n 山の畑の 桑の実を \n ...] のように保存されている。

### 3 楽曲の処理

スペクトログラムを出力している。同時に、ノートナンバーのリストから正解の音高を、歌詞のリストから歌詞 1 フレーズを呼び出している。スペクトログラムをプロットしたグラフの上から、音高の周波数を赤色でプロットしている。

### 4 入力音声の処理

音量と、自己相関による音高を出力している。音量は、グラフの右側の領域に長方形に変形している。音量が大きくなると長方形も大きくなる。また、緑、黄、赤の順に色が変わる。音高は白色で、楽曲のスペクトログラムに重ねてプロットしている。

### 5 採点の処理

楽曲の音高と、歌声の音高の差が 10Hz 未満の場合、加算している。加算は、0.01 秒ごとに再生時間の表示と同じスレッドで更新している。楽曲が休符の時や、歌声がないときは、加算されない。オクターブ低い歌声でも加点されるように、歌声の音高の整数倍にが楽曲の音高が一致する場合、加点している。接待モードでは加点が 10 倍である。

## 6 GUIの入力

それぞれ GUI で入力を行う部分について説明する。

#### 6.1 曲の決定

GUI を開いた初期状態では、蛍の光がデータとして入っている。ラジオボタンで 3 曲の中から選択し、「曲の決定」を押すと音響信号、ノートナンバーのリスト、歌詞のリスト、その他曲ごとに違うパラメータが更新される。

#### 6.2 モード選択

モードには、通常モードと接待モードの 2 種類がある。接待モードでは、採点方式が変化する。曲の再生中にも変更は可能。

#### 6.3 音楽開始

pyaudio の再生ストリームと、play\_music と update\_gui\_text の 2 つのスレッドを新規で作成し開始する。つまり、曲を最初からスタートしている。

## 6.4 ポーズ

ポーズフラグを用いてポーズを管理している。ポーズを行うために、それぞれ2つのスレッドで呼び出される関数に対して、ポーズの時は、`time.sleep` を実行するだけにしている。

## 6.5 音楽停止

`pyaudio` の再生ストリームを終了している。

## 6.6 アプリの終了

`tkinter` を終了している。