

2019 年度 卒業論文

コーヒー抽出に関する音声認識可能な Web レシピの開発

指導教員 須田 宇宙 准教授

千葉工業大学 情報ネットワーク学科

須田研究室

1632130 氏名 肥田雄也

提出日 2020 年 1 月 25 日

目次

第 1 章 緒言	1
第 2 章 コーヒーについて	2
2.1 コーヒーとは	2
2.2 コーヒーの起源と伝搬の歴史	2
2.3 コーヒーの流行について	3
2.3.1 ファーストウェーブ	3
2.3.2 セカンドウェーブ	3
2.3.3 サードウェーブ	4
第 3 章 抽出方法と抽出器具について	5
3.1 抽出方式	5
3.1.1 浸漬式	5
3.1.2 透過式	5
3.1.3 高圧抽出式	5
3.1.4 真空濾過式	5
3.2 抽出器具	6
3.2.1 コーヒープレス	6
3.2.2 プアオーバー	6
3.2.3 コーヒープレス	6
3.2.4 エスプレッソ	6
3.2.5 ソロフィルター	7
3.2.6 サイフォン	7
3.2.7 クレバードリッパー	7
3.2.8 エアロプレス	7
第 4 章 コーヒー抽出の学習方法	8
4.1 抽出の基本的な学習方法	8
4.1.1 コーヒーの学習が可能な Web サイトについて	8
4.1.2 既存の音声認識可能な Web レシピについて	8
第 5 章 プログラミング言語と音声認識について	9
5.1 HTML・CSS とは	9
5.2 音声認識とは	9
5.2.1 音声認識の仕組み	9
5.2.2 WebSpeechAPI	9
5.2.3 音声認識を可能にする JavaScript について	9

5.2.4	音声認識によるページ移動	10
第 6 章	本研究で開発する Web レシピの概要	11
6.1	コンセプトについて	11
6.2	実装機能	11
6.3	本 Web レシピのページ構成について	12
6.3.1	抽出器具選択画面	13
6.3.2	レシピ閲覧画面	13
第 7 章	結言	15
第 8 章	参考文献	17
付録 A	作成したプログラム	18

図目次

2.2-1	UCC ホームページより:コーヒーの軌跡	3
6.2-1	本システムのフローチャート	12

表目次

第1章 緒言

「悪魔のように黒く、地獄のように熱く、天使のように純粋で、愛のように甘美である。」これはフランスの外交官である、シャルル＝モーリス・ド・タレーラン＝ペリゴールが遺したコーヒーの名言である。コーヒーはただの飲料物でありながらも、長い年月をかけて愛され、世界の人々を魅了してきた。

それは日本も例外ではない。江戸時代初期に長崎の出島に持ち込まれた際は、一部の人間しか飲用はできなかったが、明治時代に文明開化が起きるとみるみるうちに一般層に普及していった。現代では、国際機関コーヒー機関（ICO）の「世界の国別コーヒー消費量」で4位を記録しているほどである。

また近年、高品質なコーヒーをより良い淹れ方で味わうサードウェーブコーヒーが流行している。

しかし、美味しいコーヒーを淹れるためには抽出器具に合わせたテクニックが必要である。抽出手順や、器具ごとの特徴の違いなどから学習の難易度が高くなり、コーヒーを淹れることの敷居も高くなっている。また、実際の抽出中は、両手が塞がっていたり手が濡れているなど、レシピブックを捲ることに對する障害も多い。クックパッドや macaroni のような、音声認識でレシピを閲覧できる Web サイトは複数存在するが、コーヒーの抽出に特化したサイトは無いことも問題点である。

そこで、様々な抽出器具のレシピが閲覧可能であり、音声認識によってページ移行が可能な Web レシピがあれば、問題点の改善に繋がると考えた。本研究では上記の Web レシピを作成することを目的とする。

第2章 コーヒーについて

本章では、コーヒーの歴史や流行について説明する。

2.1 コーヒーとは

コーヒーとは、コーヒーノキという樹木から採取される種子を焙煎し、お湯等で成分を抽出した飲料物である。主に北回帰線と南回帰線を挟むコーヒーベルトと呼ばれる地域で栽培されており、数百種類の品種が存在する。商業生産としては、高品質であるが栽培の難しいアラビカ種がおよそ 60 %前後を占めている。アラビカ種は、スペシャルティコーヒーと呼ばれる高品質コーヒーの主要製品であり、多くのカフェで提供されている。残りの 40 %はロブスタ種が占めており、こちらは品質はアラビカ種に劣るが耐病性に優れ、大量生産向きであり缶コーヒーやインスタントコーヒー等に用いられる。

2.2 コーヒーの起源と伝搬の歴史

コーヒー（アラビカ種）はエチオピアのアビシニア高原にて発見された。その後、アラビアに伝播しオランダの貿易商人達の手によってアフリカやアジアへと広がっていき、商業用生産が活発になる。アフリカやアジア各国にコーヒーが広がり、フランスに至ると、とある海軍兵士がコーヒーの苗木を当時フランス領であったマルティニーク島に持ち出すことになる。こうしてラテンアメリカにもコーヒーは広がり、温暖でコーヒーの栽培に特に適した北回帰線と南回帰線を挟むコーヒーベルトにおいて栽培は進んでいった。現代でも、コーヒーベルト各国はコーヒーシェアのほとんどを占めている。グアテマラ・ブラジル・コロンビア・スマトラなどは、コーヒーを普段飲まない人でも聞き馴染みのある生産地であろう。高品質なコーヒーを淹れる上で、アラビカ種を使用する事はもはや前提といっても過言ではないシェアを誇るが、近年では、耐病性向上の観点からハイブリット種の開発も行われている。

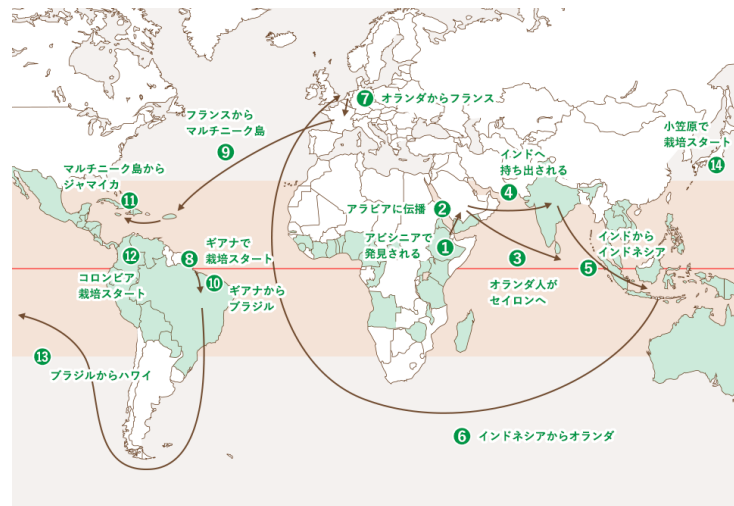


図 2.2-1: UCC ホームページより:コーヒーの軌跡

2.3 コーヒーの流行について

ここでは、コーヒーの流行を時代別に説明する際に使われる、ウェーブという表現について説明する。コーヒーはその時代ごとに求められる姿を変え、ファーストウェーブ（第一の波）、セカンドウェーブ（第二の波）、サードウェーブ（第三の波）へとシフトしていく。このウェーブという表現は、明確な時間の括りを示すものではないが、流行りの移り変わりとしてコーヒーを語る上で多く用いられる。

2.3.1 ファーストウェーブ

ファーストウェーブ（第一の波）の到来と期間は、19 世紀後半～1960 年頃と言われている。この流行はコーヒーの大量消費時代であり、真空保存パックの発明や、インスタントコーヒーの発売などが起きた時代でもある。真空保存パックの発明は、コーヒーの保存期間を劇的に延長し、地方だけでなく大都市でも新鮮なコーヒーが飲めるようになった。インスタントコーヒーの発明は、コーヒーを楽しむことをより手軽な事とした、第一次・第二次世界大戦においても多くの兵士が愛飲したと言われている。しかしその反面、この時代のコーヒーは風味がとても乏しく、粗悪品が多く出回る時代でもあった。

2.3.2 セカンドウェーブ

セカンドウェーブ（第二の波）の到来と期間は、1960 年頃～2000 年頃と言われている。ファーストウェーブの際に、一般的かつ手軽な飲み物として普及が進んだコーヒーであったが、普及が進むとともに劣悪な品質が問題化した。そして、シアトル系コーヒーチェーンを代表とする、より味にフォーカスした流行が起こる、そ

れがセカンドウェーブである。コーヒーそのものだけでなく、カフェラテなどのエスプレッソドリンクもシアトル系カフェの台頭とともに普及し、現代におけるコーヒー事情の基盤を作ったと言っても過言ではない流行である。

2.3.3 サードウェーブ

サードウェーブ（第三の波）の到来と期間は、2000年頃～現在も続くと言われている。セカンドウェーブの際に、品質についての意識が向上したことを皮切りに、高品質かつそのコーヒーの生まれや、農園、淹れ方、加工法など全てにおいて重視される流行が訪れる事となる。それがサードウェーブコーヒーである。コーヒーの抽出技術を競う大会や、カップオブエクセレンスと呼ばれるその年のコーヒーで最高品質の物を決める評議会が開催されるなど、より一杯の価値にフォーカスされている流行である。また、昔から日本のカフェで行われてきたハンドドリップは、日本でこそ当たり前の光景だったものの、海外では目新しいものであり、この流行とともに注目を集めていく事となる。

第3章 抽出方法と抽出器具について

本章では、基本的な抽出方法や抽出器具を説明する。

3.1 抽出方式

ここでは、抽出の仕組みとも言える抽出方式を説明する。

3.1.1 浸漬式

浸漬式は、コーヒープレスやコールドブリューに代表される抽出方式である。名前の示す通り、コーヒー豆をお湯に浸し、適切な時間漬けておくことで、風味を引き出す。コーヒーは抽出を過剰に行った場合、雑味やエグ味まで抽出されてしまうため、抽出にかかる時間を適切に管理することが、浸漬式では特に重要である。比較的長時間の抽出になるため、粗挽きの豆を使用するのが一般的である。特に水出しの場合、お湯に比べ抽出スピードが遅いため、丸一日時間を要する場合もある。

3.1.2 透過式

透過式とは、プアオーバーやケメックスに代表される抽出方式である。浸漬式とは異なり、抽出されたコーヒーはフィルターを介し、豆とお湯が分離されサーバーに落とされていく。日本ではハンドドリップが、喫茶店で長い間提供されていたこともあり、認知度の特に高い抽出方式であるが、海外では比較的に新しい抽出方法である。

3.1.3 高圧抽出式

高圧抽出式は、お湯を浸したコーヒー豆に高い気圧をかけることにより、一気に味を抽出する方式である。エスプレッソマシンでは9気圧ほどになる場合もある。モカポッドやパーコレーターなども気圧を使用するが、こちらは1.5気圧ほどのため、高圧抽出とは呼ばれない場合が多い。

3.1.4 真空濾過式

真空濾過式はサイフォンに代表される抽出方式であり、意図的に準真空状態を作り出すことにより、コーヒーを抽出する。この方式を採用している器具は少なく、日常で目にする器具はサイフォンがほとんどだが、同じく真空状態を意図的に利用する器具で、CLOVERと呼ばれる浸漬式と真空バキュームを組み合わせた器具も存在する。

3.2 抽出器具

ここでは、数多く存在する抽出器具の一例を説明する。

3.2.1 コーヒープレス

コーヒープレスは、フレンチプレスと呼ばれる器具に、挽いたコーヒー豆とお湯を入れ、時間をかけて抽出を行う器具である。紅茶でいうティープレスのように、抽出時間経過後は上からステンレスフィルターを押し下げ、豆と液体を分離することによって、抽出を完了させる。仕上がりは、多少の粉末感を残すものの、濃厚でまろやかな味わいである。ステンレスフィルターを使用するため、コーヒーのオイルが吸収されず、コーヒー豆本来の味が楽しめることも利点の一つである。

3.2.2 プアオーバー

プアオーバーは、別名ハンドドリップとも呼ばれている。フィルターの上に挽いた豆を置き、お湯を回しかける事によって、下部のグラスサーバーにコーヒーを抽出していく。フィルターを介しているため、出来上がりは、粉末感は殆どなくクリーンな味わいになりやすい。また、お湯の注ぐタイミングや蒸らしの時間の掛け方などにより、様々な流派が存在し、淹れた人によって大きく風味が変化する事も特徴の一つである。

3.2.3 コーヒープレス

コーヒープレスは、フレンチプレスと呼ばれる器具に、挽いたコーヒー豆とお湯を入れ、時間をかけて抽出を行う器具である。紅茶でいうティープレスのように、抽出時間経過後は上からステンレスフィルターを押し下げ、豆と液体を分離することによって、抽出を完了させる。仕上がりは、多少の粉末感を残すものの、濃厚でまろやかな味わいである。ステンレスフィルターを使用するため、コーヒーのオイルが吸収されず、コーヒー豆本来の味が楽しめることも利点の一つである。

3.2.4 エスプレッソ

エスプレッソは、イタリアを発祥とする飲み方であり、水蒸気やピストンなどで圧力をかけ、短い時間で抽出されたコーヒーのことを指す。自動式・半自動式・ピストン式など様々なエスプレッソマシンが存在するが、使用者自身でフィルターに豆を押し込み、機械によって気圧をかける半自動式が最も一般的である。仕上がりは極めて濃厚であり、そのままの状態でも飲む以外にも、ミルクを追加しカフェラテ・カプチーノとして提供されることが多い。

3.2.5 ソロフィルター

ソロフィルターは、カフェ等ではあまり提供されないが、コーヒーを初めて淹れる人でも簡単に抽出でき、入門用に最適な器具の一つである。ステンレスフィルターの上に挽いたコーヒー豆を置いた後、複数の極細の穴があるパーツに規定量のお湯を注ぐだけで、適切な湯量が豆に注がれ続ける。容量は1杯分のコーヒー豆しか入らないため、大人数分のコーヒーを抽出するには不向きだが、粉末感の殆どない高品質なコーヒーを手軽に味わえるため、コーヒーを学び始めの人や、朝の忙しい時間でも簡単に抽出することができる。

3.2.6 サイフォン

サイフォンは、科学の実験器具のような形状をした抽出器具であり、数ある抽出器具の中でも特に見栄えの良い器具として、注目を集めている。お湯を熱したことによる蒸気圧を使用し、真空に近い状態を作り出すことで、コーヒーが器具の内部を上下し、フィルターを通して濾過される。日本の喫茶店でも多く取り入れられていたため、馴染みの深い抽出器具でもある。従来は加熱にアルコールランプを使用していたが、最近では電気式が主流となっている。

3.2.7 クレバードリッパー

クレバードリッパーは、近年新たに提案された浸漬式と透過式を合わせた抽出器具である。コーヒープレスと同様に、コーヒー豆をお湯に浸し適切な時間をおいた後、ペーパーフィルターを通し、豆とお湯を分離する抽出方法をとる。味わいは、浸漬式のマイルドさと、透過式のスッキリさを併せ持っている。一度に多くのコーヒーを抽出できるほか、プアオーバーのような複雑な工程を踏まないため、比較的簡単に抽出を行うことができる。

3.2.8 エアロプレス

エアロプレスは、その名の通り空気圧を使用した抽出器具である。開発されたのは2005年であり、数多くの抽出器具の中でも特に直近に提案された器具である。注射器のような形状をしており、利用者自身が器具を押し込むことによって、空気圧を調整し抽出を行う。抽出時間が短いこと、味わいが濃厚であることが特徴である。2005年という直近の開発でありながら、様々なカフェで提供されている他、エアロプレスに特化した、抽出技術を競う大会が開催されたりと、シェアを順調に伸ばしている。

第4章 コーヒー抽出の学習方法

本章では、コーヒー抽出の基本的な学習方法を説明する。

4.1 抽出の基本的な学習方法

コーヒー抽出の学習方法は、他の学問と同様に様々な学習スタイルが存在する。近年では、多くの個人経営カフェや、チェーン店においてもコーヒーセミナーという形で、実践を伴った学習ができる。また個人学習においては、抽出に関することに主題を置いた書籍が多数出版されている他、インターネット上で抽出レシピやコツなどを簡単に閲覧することができる。

4.1.1 コーヒーの学習が可能な Web サイトについて

インターネット上の Web サイトでは、コーヒーの基本知識から、実際の抽出方法に至るまで多くの情報が閲覧できる。個人で運営されている Web サイトだけでなく、コーヒー業界の大手である UCC や、STARBUCKS, TULLY'S などの企業も自社ページで、器具ごとの抽出手順や実際の抽出動画を公開している。

4.1.2 既存の音声認識可能な Web レシピについて

既存の音声認識可能な Web レシピで特に有名なものとして、クックパッドが挙げられる。この Web レシピは、料理レシピの閲覧・投稿が可能であり、調理手順をステップごとに確認することができる。元々は音声認識は実装されていなかったが、Amazon が発売している、スマートスピーカー「Amazon Echo」のクックパッドスキルを使用することで、音声認識が使用できる。機能は主にレシピの検索や読み上げであり、画面ではなく音声聞きながらの調理をすることになる。スマートフォンアプリで使用できるものとしては、macaroni という Web レシピが存在する。こちらは、調理動画を閲覧する際に音声認識が可能であり、「サイセイ」、「マキモドシ」などの発音で、動画の再生をコントロールできる。

第 5 章 プログラミング言語と音声認識について

本章では、システムを制作する上で利用するプログラミング言語について説明する。

5.1 HTML・CSS とは

Python とは、プログラミング言語の 1 つである。コードがシンプルで、初心者でも扱いやすいことが特徴である。文法が単純なため、プログラムの可読性が高いことがあげられる。多くのハードウェアと OS に対応しており、オブジェクト指向・命令型・手続き型・関数型などの形式でプログラムを書くことができる。この特性から、Python は Web アプリケーション開発やデスクトップアプリケーションなどの開発をはじめ、自動処理や統計・解析など幅広く使われるようになった。プログラミング作業が容易で効率的であることから、ソフトウェア開発企業にとって時間短縮や人数削減が見込めるとして多く利用されている。近年、機械学習が多く用いられるようになり、Python が利用される場面がより多くなっている。

5.2 音声認識とは

5.2.1 音声認識の仕組み

5.2.2 WebSpeechAPI

5.2.3 音声認識を可能にする JavaScript について

本システムでは、楽譜を解析し、そのデータをもとに音階を割り出し、表示するシステムを開発している。画像開発を行っている上で利用しているのは OpenCV であるが、OpenCV は日本語表示ができないという特徴がある。そのため、プログラム上では英語表記の音階を扱わなくてはならないが、出力する際には一般的に用いられるイタリア語表記の音階を表示しなくてはならない。

そこで本研究では Python の画像処理ライブラリである Pillow(PIL) を用いて日本語の出力を行った。Pillow とは、PIL(Python Image Library) からフォークされた画像処理ライブラリである。OpenCV のような高度な画像処理はできないが、リサイズや回転、トリミングなどの単純な画像加工は行うことができる。実際に Pillow を用いて加工を行った画像を図??で示す。基本的には画像の読み込み、処理、保存に使われる他、図形の描画などを行う。日本語に対応しているため、本研究では Pillow を利用して音階の表示と画像の保存を行う。

5.2.4 音声認識によるページ移動

そして，音階を求める上で重要なのは五線の中央の線である．五線の中央は各音階を求める上で基準となる．五線の中央を図??に示す．五線の中央は分割した五線を格納した配列の3番目の値を取り出すことで求めることができる．各五線の中央の線から，音符の楕円の中央までの距離を計算し，各音階の中で最も近い値の音階を出力する．

第 6 章 本研究で開発する Web レシピの概要

本章では，実際に制作するシステムについて説明する．

6.1 コンセプトについて

6.2 実装機能

本研究で実装する機能は音階の自動表示である．楽譜をスキャンし，その画像を OpenCV で解析することで楽譜の五線と音符の位置を割り出す．その座標から音階を割り出し，楽譜に表示させることを最終目的とする．本システムのフローチャートを図 6.2-1 に示す．

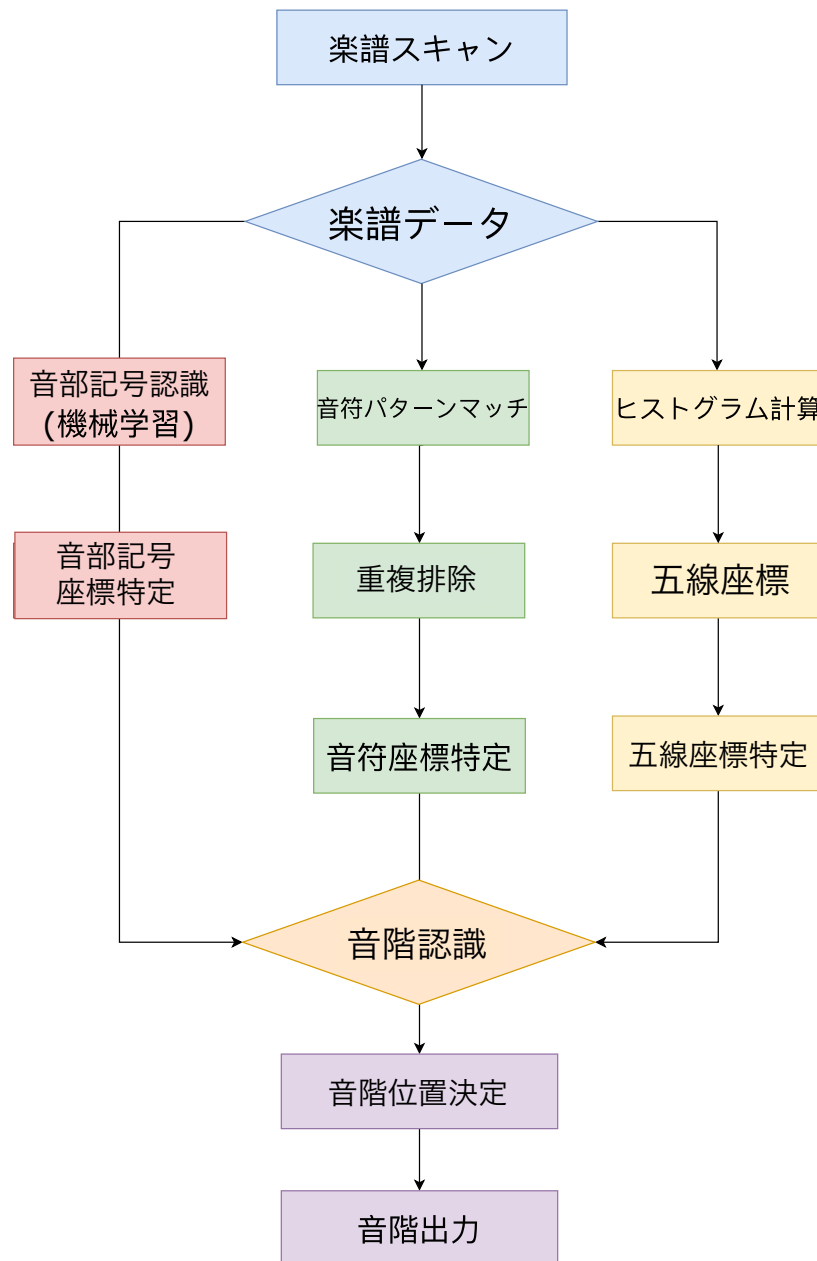


図 6.2-1: 本システムのフローチャート

6.3 本 Web レシピのページ構成について

楽譜は音部記号と五線と音符で構成されている。つまり、その3要素を抽出できれば音階を割り出すことができるということになる。音部記号は機械学習を用いる。機械学習はポジティブ画像（学習対象が存在している画像）とネガティブ画像（学習対象が存在していない画像）から特徴点を抽出し、対象の画像から学習対象があるか判別するものである。TrainingAssistant というカスケード分類器を利用することでポジティブ画像、ネガティブ画像、どちらにも属さない画像（関係ない記号である等）に分類することができる。本研究では、そのデータを利用することで機械学

習を行う．ト音記号の特徴を学習させることで，ト音記号のみの楽譜にも，ヘ音記号が混じった楽譜にも対処することができる．

五線は各ピクセルを解析し，ヒストグラムを生成することで座標を割り出す．各 X 軸の黒点の数をカウントし，一定の個数以上の黒点が検出された X 軸には五線が存在している確率が極めて高いと推測される．それを利用して座標を記録する．

音符の検出にはパターンマッチを利用する．楕円の形を検出対象とし，音符の符頭を割り出す．閾値を低めに設定して検出し，多重マッチングをしている箇所を抽出することで，正確に符頭を割り出す．また，検出した楕円の中央座標を記録することで正確に音階を割り出せるようにする．

6.3.1 抽出器具選択画面

OpenCV と Python を利用して実装していく．楽譜認識は音部記号，五線，音符の順に検出していき，その情報を利用して音階の出力を試みる．

6.3.2 レシピ閲覧画面

OpenCV と Python を利用して実装していく．楽譜認識は音部記号，五線，音符の順に検出していき，その情報を利用して音階の出力を試みる．

.

第7章 結言

音楽は趣味や仕事の面で多くの人に関わり、古代から現代まで長く続いている文化である。職種としてのみならず、趣味としても多くの人にあげられる音楽は世界共通の言語なのである。

特にピアノは歌やその他の楽器との相性が良いことから楽器としては最も多くの人に関与するものであり、その分奏者人口も多いことが挙げられる。ピアノを学ぶ上で楽譜は必要不可欠な要素であり、今後も多くの人々が楽譜と関わることになる。しかし、ピアノの楽譜は初心者にとって難しく、挫折の要因の1つとして挙げられる。

そこで本研究では、ピアノ指導者が各音符に手書きで音階を書き込む際、指導者にとって時間的コストがかかっている現状を問題点とし、その対策として実際に音階表示補助システムを開発し、ピアノ指導者に評価してもらうことを目的とした。

実際に OpenCV と Python を利用し、音階を認識するシステムを制作した。実際に音階を表示し、ピアノ指導者の評価を得た。本システムを導入するかの差があるとはいえ、時間的コスト削減の面で本システムは大きく貢献できることがわかった。

また、今後の展望としては音階の表示のみならず、音階表示のパターンを変化、音階表示以外の視覚サポート、音によるサポート等ができるにより良いシステムになる。

謝辞

本研究の遂行及び本論文の作成にあたり，須田研究室の仲間に深く感謝の意を表します．そして，何よりも本論文の作成にあたり，多大なる御指導及び御助言を頂きました須田宇宙准教授に深く感謝の意を表します．

第 8 章 参考文献

参考文献

- [1] 総務省統計局, “平成 23 年社会生活基本調査”, <http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/>
- [2] 早稲田大学理工学部情報学科 板東慶一郎, “楽譜認識を活用した演奏支援ソフトウェア”, [file:///Users/masuda/Downloads/1g01p08220\(5\).pdf](file:///Users/masuda/Downloads/1g01p08220(5).pdf)
- [3] OpenCV team, “OpenCV”, <https://opencv.org/>
- [4] Python Software Foundation, “Python”, <https://www.python.org/>
- [5] 神奈川工科大学 情報学部 情報工学科 信号処理応用研究室, “標準画像／サンプルデータ”, http://www.ess.ic.kanagawa-it.ac.jp/app_images_j.html#image_dl
- [6] paulrosen, “abcjs デモページ”, <https://abcjs.net/abcjs-editor.html>
- [7] KoheiShitaune, “TrainingAssistant”, <https://github.com/shkh/TrainingAssistant>
- [8] 教育芸術社 市川都志春 編著, “こどものバイエル第 1 集”, 2004 年 10 月 30 日初版発行, 2018 年 3 月第 34 版発行, pp5
- [9] 株式会社ドレミ楽譜出版社 橋本晃一 編著, “中級レベルで弾けるクラシック名曲ピアノ曲集”, 1994 年 1 月初版発行, 2007 年 2 月 20 日第 7 版発行, pp26-27

付録 A 作成したプログラム

Square.py

```
1  # coding:utf-8
2  import cv2
3  import math
4  import os
5  import gosen_bunkatu as gb
6  from decimal import Decimal, ROUND_HALF_UP
7  import onnkai
8  import cv2 as cv
9  import sys
10 import numpy as np
11 import PIL.Image
12 import PIL.ImageDraw
13 import PIL.ImageFont
14 from PIL import Image
15 import matplotlib.pyplot as plt
16
17 Dp = []
18
19 #音符を四角で囲う
20 def draw_square(Up, img):
21     template_width = 65
22     template_height = 65
23     for l in Up :
24         cv2.rectangle(img, (l[0], l[1]), (l[0] + template_width,
25                                     l[1] + template_height), (0, 0, 255), 3)
26         Dp.append([int(l[0] + (template_width)),
27                   int(l[1] + (template_height) )])
28
29 #画像の読み込み・加工
30 img = cv2.imread('image1025.png')
```

```

31  gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
32  retval, binarized = cv2.threshold(gray, 224, 255,
33                                  cv2.THRESH_BINARY_INV)
34
35  #玉の検出座標データを読み込む
36  f = open("output2.dat","r")
37
38  #座標を入れるための配列を作る
39  Up = []
40
41  #データをすべて書き出して int 型にする
42  for x in f:
43      temp = x.replace('\n','')
44      temp1 = temp.replace('\r','')
45      temp2 = temp1.split(" ")
46      Up.append( [ int(temp2[0]), int(temp2[1]) ] )
47
48  draw_square(Up, img)
49  cv2.imshow('score', img)
50  cv2.imwrite('sikakuhyouji.png', img)
51  cv2.waitKey(0)
52  cv2.destroyAllWindows()

```


Circle.py

```
1  # coding:utf-8
2  import cv2
3  import math
4  import os
5  import gosen_bunkatu as gb
6  from decimal import Decimal, ROUND_HALF_UP
7  import onnkai
8  import cv2 as cv
9  import sys
10 import numpy as np
11 import PIL.Image
12 import PIL.ImageDraw
13 import PIL.ImageFont
14 from PIL import Image
15 import matplotlib.pyplot as plt
16
17 Dp = []
18
19 #音符の中央に円を描画
20 def draw_circle(Up, img):
21     template_width = 50
22     template_height = 80
23     for l in Up:
24         cv2.circle(img, (l[0] + (template_width / 2),
25                        l[1] + (template_height / 2) ), 12,
26                    (255, 255, 0), thickness = -1)
27         Dp.append([int(l[0] + (template_width / 2)),
28                   int(l[1] + (template_height / 2) )])
29
30 #画像の読み込み・加工
31 img = cv2.imread('image1025.png')
32 gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

```

33  retval, binarized = cv2.threshold(gray, 224, 255, cv2.THRESH_BINARY_INV)
34
35  #玉の検出座標データを読み込む
36  f = open("output2.dat","r")
37
38  #座標を入れるための配列を作る
39  Up = []
40
41  #データをすべて書き出して int 型にする
42  for x in f:
43      temp = x.replace('\n','')
44      temp1 = temp.replace('\r','')
45      temp2 = temp1.split(" ")
46      Up.append( [ int(temp2[0]), int(temp2[1]) ] )
47
48  draw_circle(Up, img)
49  cv2.imshow('score', img)
50  cv2.imwrite('maruhyouji.png', img)
51  cv2.waitKey(0)
52  cv2.destroyAllWindows()

```

Decision.rb

```
1  #!/usr/local/bin/ruby
2
3  #重複した音符の検出データを1つにまとめる
4  def near?( x, y, box )
5      box.each do | b |
6          if(( ( b[0] - x ).abs < 50 ) && ( ( b[1] - y ).abs < 50 ) )
7              return true
8          end
9      end
10     return false
11 end
12
13 box = [];
14
15 ARGF.each_line do | line |
16     x, y = line.split
17     nx = x.to_i
18     ny = y.to_i
19
20     if( near?( nx, ny, box ) )
21     else
22         box.push( [ nx, ny ] )
23         puts x + " " + y
24     end
25 end
```

Line.py

```
1  # coding:utf-8
2  import cv2
3  import math
4  import numpy
5  import os
6
7  image = cv2.imread('image1025.png')
8  gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
9  retval, binarized =
10      cv2.threshold(gray, 224, 255, cv2.THRESH_BINARY_INV)
11
12  # 空の配列を作る
13  hist = []
14
15  # 3本ずつ見ていく
16  for y in range( 1, binarized.shape[0] - 1 ):
17      h = 0
18      pu = binarized[y-1]
19      pc = binarized[y]
20      pd = binarized[y+1]
21      for x in range( 1, binarized.shape[1]-1 ):
22          dx = max( abs( int(pc[x]) - int(pc[x-1])),
23                  abs( int(pc[x]) - int(pc[x+1])) )
24          dy = max( abs( int(pc[x]) - int(pu[x]) ),
25                  int(pc[x]) - int(pd[x]) )
26          if( dy>32 and dy > dx*4 ):
27              h=h+1
28          # 黒の点の数をカウント
29          hist = hist + [h]
30
31  y_line =[]
32
```

```

33  # 黒の点の数に合わせて線を塗る
34  for y in range( 1, binarized.shape[0]-3 ):
35      #print( "y=" , y , ":" , hist[y] )
36      if( hist[y] > 500 ):
37          if (len(y_line) is 0):
38              y_line.append(y)
39              cv2.line(image, (0,y),(binarized.shape[1],y),
40                          (0,32,224), 5)
41          elif (y_line[len(y_line) - 1] + 10 < y):
42              y_line.append(y)
43              cv2.line(image, (0,y), (binarized.shape[1],y),
44                          (0,32,224), 5)
45
46  print ( y_line )
47  cv2.imshow('image', image )
48  cv2.imwrite('line2.png', image)
49  cv2.waitKey(0)
50  cv2.destroyAllWindows()

```

index.py

```
1  # coding:utf-8
2  import cv2
3  import math
4  import os
5  #gosen_bunkatu.py を呼び出している
6  import gosen_bunkatu as gb
7  #四捨五入するためのライブラリ
8  from decimal import Decimal, ROUND_HALF_UP
9  #onnkai.py を呼び出している
10 import onnkai
11 import cv2 as cv
12 import sys
13 #以下日本語を表示するために必要なライブラリ
14 import numpy as np
15 import PIL.Image
16 import PIL.ImageDraw
17 import PIL.ImageFont
18 from PIL import Image
19 import matplotlib.pyplot as plt
20
21 #楕円の中央の座標を入れるための配列を作る
22 Dp = []
23
24 #音符の中央に円を描画
25 def draw_circle(Up, img):
26     template_width = 50
27     template_height = 80
28     for l in Up:
29         Dp.append([int(l[0] + (template_width / 2)),
30                    int(l[1] + (template_height / 2) )])
31
32 #画像の読み込み・加工
```

```

33  img = cv2.imread('image1025.png')
34  gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
35  retval, binarized = cv2.threshold(gray, 224, 255,
36                                  cv2.THRESH_BINARY_INV)
37
38  #玉の検出座標データを読み込む
39  f = open("output2.dat","r")
40
41  #楕円の座標を入れるための配列を作る
42  Up = []
43
44  #音符の座標のデータをすべて書き出して int 型にする
45  for x in f:
46      temp = x.replace('\n','')
47      temp1 = temp.replace('\r','')
48      temp2 = temp1.split(" ")
49      Up.append( [ int(temp2[0]), int(temp2[1]) ] )
50
51
52  #空の配列を作る
53  hist = []
54
55  #3 本ずつ見ていく
56  for y in range( 1, binarized.shape[0] - 1 ):
57      h = 0
58      pu = binarized[y-1]
59      pc = binarized[y]
60      pd = binarized[y+1]
61      for x in range( 1, binarized.shape[1]-1 ):
62          dx = max( abs( int(pc[x]) - int(pc[x-1])),
63                  abs( int(pc[x]) - int(pc[x+1])) )
64          dy = max( abs( int(pc[x]) - int(pu[x]) ),
65                  int(pc[x]) - int(pd[x]) )
66          if( dy>32 and dy > dx*4 ):
67              h=h+1

```

```

68     #黒点の数をカウント
69     hist = hist + [h]
70
71     y_line =[]
72
73     #黒点の数に合わせて線を塗る
74     for y in range( 1, binarized.shape[0]-3 ):
75         if( hist[y] > 500 ):
76             if (len(y_line) is 0):
77                 y_line.append(y)
78             elif (y_line[len(y_line) - 1] + 10 < y):
79                 y_line.append(y)
80
81
82     def scaleFunction(gosen, onnpu):
83         # ある音階から次の音階までの距離の計算
84         DIFF = (gosen[1] - gosen[0]) / 2 - 0.1
85
86         #gosen_bunkatu.py の関数を呼び出して 5 線を 5 本ずつに分割する
87         gosen_d = gb.splitStaff(gosen)
88
89         #五線の中央の線（上から 3 番めの線）を配列に格納する
90         gosen_dd = []
91         for g in gosen_d:
92             gosen_dd.append(g[2])
93
94         #onnkai.py の関数を呼び出して五線譜に対する五線上の音符を分ける
95         onnkai_d = onnkai.makeScore(gosen_dd, onnpu)
96
97         #割り振った音階を格納する配列
98         assignment = []
99
100        ret_data = []
101        for i, od in enumerate(onnkai_d):
102            #五線の y 座標の配列を代入する

```



```

103         gosen_y = od["gosen"]
104         #へ音記号とト音記号の切り替えを行う
105         cases = None
106         if i % 2 is 0:
107             __format = ["シ", "ド", "レ", "ミ", "フ", "ア", "ソ", "ラ"] #表示する音階のデータ
108         else:
109             __format = ["レ", "ミ", "フ", "ア", "ソ", "ラ", "シ", "ド"] #表示する音階のデータ
110
111         for note in od["note"]:
112             #音符の y 軸取得
113             note_y = note[1]
114             #音符を取るときの誤差の調整
115             normalize = -1
116             #y 軸から見て音符が何段階ずれているか
117             n = (gosen_y - note_y - normalize) / DIFF
118             #以下 2 行で上の値を四捨五入
119             dec = Decimal(str(n))
120             n = int(dec.quantize(Decimal('0'), rounding=ROUND_HALF_UP))
121             #以下で assignment に python オブジェクトを格納する
122             data = {"score_line": gosen_y, "n": note}
123             #四捨五入した値が自然数なら__format[scale] 番目を
124             data["scale"] に代入
125             if n >= 0:
126                 scale = n % len(__format)
127                 #自然数でなければ__format の (7 - ((絶対値 n mod 7)+ 1) mod 7
128                 番目の値を data["scale"] に代入
129             else:
130                 scale = (abs(n) % len(__format)) + 1
131                 scale = (len(__format) - scale + 1) % len(__format)
132
133             data["scale"] = __format[scale]
134             #data の値をそれぞれの変数に格納する
135             assignment.append(data)

```

```

134         ret_data.append(data)
135     return ret_data
136
137     #OpenCV が日本語対応していないため、Pillow というライブラリを利用す
    る
138     def draw_text_by_jp(CV2PIL_normalize, coordinate, scale):
139         #色置換をした画像を変数 draw に代入する
140         draw = PIL.ImageDraw.Draw(CV2PIL_normalize)
141         #フォント指定
142         font_ttf = '/System/Library/Fonts/ヒラギノ角ゴシック W3.ttc'
143         #フォントサイズ指定, 変数 font に代入する
144         font = PIL.ImageFont.truetype(font_ttf, 40)
145         #テキスト表示
146         draw.text((coordinate[0], coordinate[1]), scale.decode('utf_8'),
147                   font=font, fill=(0, 0, 0))
148     return CV2PIL_normalize
149
150
151     if __name__=='__main__':
152         #五線の y 座標を gosen に代入している
153         gosen = (y_line)
154         #音符の楕円の関数を呼び出している
155         draw_circle(Up, img)
156         #音符の座標を onnpu に代入している
157         onnpu = (Dp)
158         #scaleFunctionom という関数を呼び出している
159         ret = scaleFunction(gosen, onnpu)
160         #OpenCV の色の置換を行っている
161         CV_im_RGB = img[:, :, :-1].copy()
162         CV2PIL_normalize=Image.fromarray(CV_im_RGB)
163         #英語を日本語に置換している
164         covert = {"A": "ラ", "B": "シ", "C": "ド", "D":
165                  "レ", "E": "ミ", "F": "ファ", "G": "ソ"}
166
167         #配列がある限り繰り返す

```

```

168         for i, r in enumerate(ret):
169             output = []
170             for key, value in r.items():
171                 output.append(value)
172
173         #音階データがある限り音階表示をする
174         for r in ret:
175             x = r["n"][0]
176             y = r["score_line"]
177             scale = r["scale"]
178             #楽譜の指定の位置に音階を表示している
179             coordinate = (x - 20, y + 140)
180             draw_text_by_jp(CV2PIL_normalize, coordinate, scale)
181
182     #画像を表示する
183     plt.imshow(CV2PIL_normalize)
184     plt.show()
185     #画像を保存している
186     CV2PIL_normalize.save('gazou5.png')

```