

メロディーからギターのタブ譜を作成するリアルタイムシステムを提案する。このシステムは、ギターの音をマイクで拾い、周波数スペクトルをFFTを使用して解析する。同時に人の声や鼻歌を解析し、ユーザーが演奏を学ぶ際に役立つ支援を提供する。このシステムにより、ユーザーは演奏中の音を正確に判別し、楽曲の再現性を向上させることができます。アーティストやミュージシャンにとって、耳コピは楽曲を理解し、表現するために重要なスキルである。このシステムはそのハードルを下げ、楽曲再現性を高めるのに役立つと思われる。音楽愛好者や学習者にとって、ギター演奏をサポートする新たなツールとなると考えられる。

キーワード：ギター、タブ譜、耳コピ、FFT

## 1 はじめに

即興演奏は音楽家の創造性と表現力を最大限に引き出すプロセスであり、提案システムではリアルタイムの情報提供を通じて演奏者がアイデアを即座に形成し、即興演奏を豊かにするのに役立つ。アーティストやミュージシャンは楽曲を聴いて学び、再現する必要がある。そのため耳コピのサポートも重要であり、システムは音声解析と周波数スペクトル処理を使用して演奏された音楽を解析し、演奏者に正確な情報を提供することで、耳コピの精度と効率を向上させる。さらに演奏者に必要なタブ譜を出力することにより、演奏の再現性が高まり、音楽の学習と演奏の準備がサポートされる。この研究はたちに価値のあるツールを提供し、即興演奏、耳コピ、タブ譜の作成においてスキルの向上を促進し、音楽の創造性と表現力を高めることを目的とする。

## — 2 従来の研究 —

### 2.1 メロディーを分析する既存のシステム

音楽のメロディー分析は、音楽理論や楽曲制作、音楽情報検索（MIR）など、音楽研究のさまざまな分野で重要な役割を果たしている。これに関連して、多くの既存のシステムが開発および研究されている。既存のシステムの一例として、音楽情報検索（MIR）分野におけるシステムが挙げられる。これらのシステムは、楽曲のメロディーラインを自動的に抽出し、音楽データベース内で楽曲を検索したり、ジャンルを分類したりするのに使用されている。また、楽曲からのリズムやキーの分析と組み合わせて、楽曲の特性や類似性を調査するのに有益である。

さらに、音楽制作の分野では、デジタル音楽ワークステーション（DAW）ソフトウェアや楽譜ソフトウェアがメロディー分析のために使用されている。これらのシステムは楽曲制作プロセスにおいてメロディーの作成、編集、アレンジに必要な機能を提供し、ミュージシャンや作曲家に創造的なツールを提供している。

また、音楽教育の分野でもメロディー分析が重要であり、楽譜解析ソフトウェアや音楽教育アプリケーションは、生徒が楽譜を理解し、楽曲を演奏するためにメロディーを分析する手助けを行います。音楽教育の現場での活用により、音楽教育の効果が向上する。

最後に、音楽制作プロセスにおいてメロディー分析は、アーティストやプロデューサーにとっても重要である。メロディーラインの解析は、楽曲の構造や楽器アレンジに関する洞察を提供し、音楽の創造的なプロセスを向上させる。

メロディーを分析する既存のシステムは、音楽研究、制作、教育の各分野で多くの利点をもたらし、これらのシステムの進化は、音楽の理解や制作プロセスの向上に寄与しており、今後の音楽技術の発展に期待が寄せられている。



図1 librosa の例

### 2.2 ギターに関する専門知識

音楽理論や楽器の基礎知識は、ギター演奏において非常に重要である。まず、弦とフレットの呼び方を理解することは、楽譜やタブ譜の読解、指示の理解に欠かせません。弦は通常細い方から1弦、2弦、3弦...と数えられ、各弦は異なる音を奏でる。フレットは、指板に打ち込まれている金属のバーで、ナット（ヘッドと指板の境目で弦を支えているパーツ）に近いものから1フレット、2フレット...と数えます。これらの用語はギター演奏を理解し、他のミュージシャンとコミュニケーションを取るために基本的である。

# メロディーからギターのタブ譜を作成するリアルタイムシステム

TAB 譜は、演奏する音楽を視覚的に表現する方法の一つで、弦の上に押さえるべきフレット数を示します。例えば、5弦3フレットと4弦2フレットを押さえる指示があれば、それに従って弦とフレットを指板上で押さえることで、特定の音符や和音を演奏できます。音楽理論と組み合わせて、TAB 譜は演奏者に楽曲を正確に再現する手助けをしている。[1]

音楽理論は音楽を理解し、演奏するための基本的な概念を提供します。これには音名、音階、リズム、コード進行、調性などが含まれる。音楽理論を理解することで、演奏者は楽曲の構造を把握し、音楽的な判断を下す能力が向上します。また、演奏において他の楽器との調和や即興演奏のスキル向上にも寄与する。

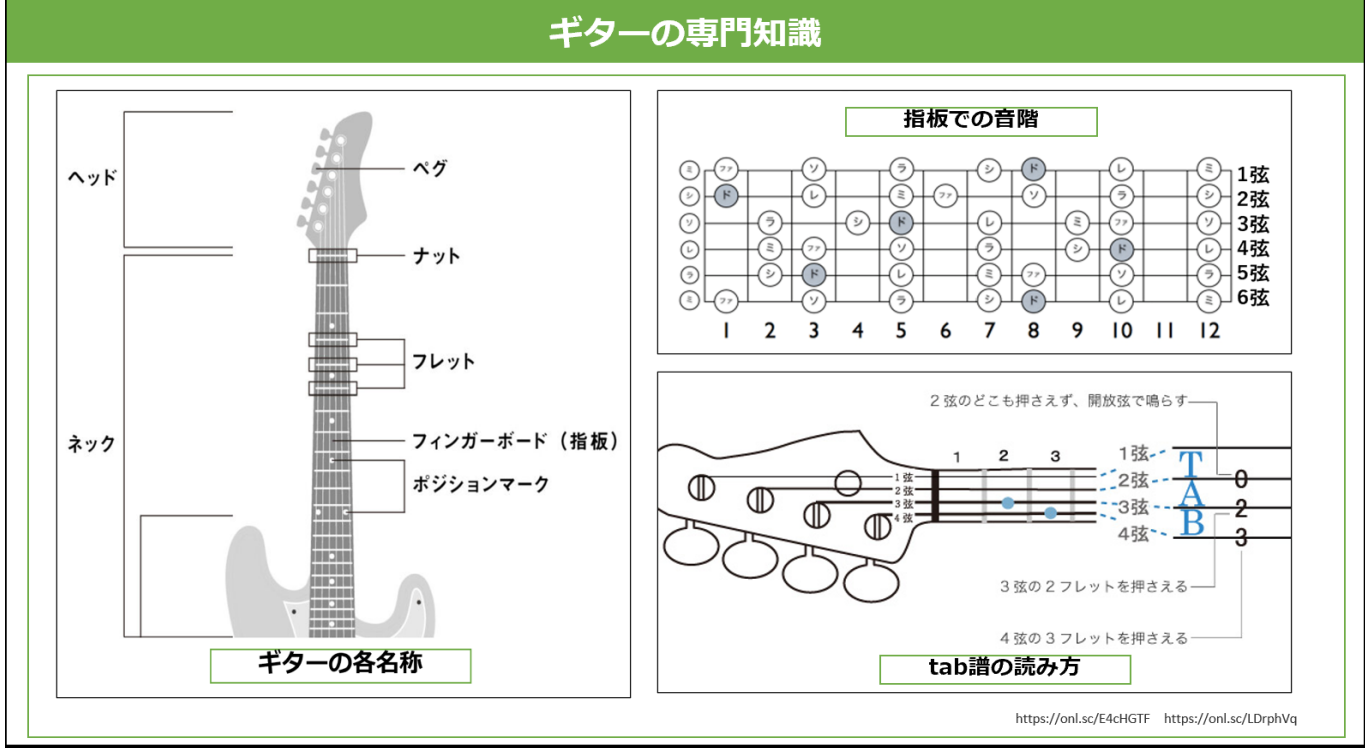


図2 ギターにおける専門知識

### 2.3 リアルタイムでのタブ譜作成の必要性

リアルタイムでのタブ譜作成は、音楽制作、演奏、学習、および共有において重要なツールである。このアプローチの必要性は多岐にわたり、ミュージシャンは演奏中に楽譜を作成し、アイデアを瞬時に記録でき、これにより、創造的なプロセスが向上し、楽曲制作が効率的に進行する。また、学習者にとってもタブ譜は貴重なツールである。楽譜を見ながら演奏することで、正確なフレットと弦の指示が得られ、スキルの向上が可能である。リアルタイムでのタブ譜は、音楽の学習を助け、演奏の正確性を高めると考えられる。音楽のパフォーマンスにおいても、リアルタイムでのタブ譜表示は役立ち、ステージ上で演奏者はスムーズに演奏でき、正確な演奏が可能である。即興演奏においても、リアルタイムのタブ譜作成は非常に有益である。リアルタイムでのタブ譜作成は音楽制作、演奏、学習、共有において重要なツールであり、ミュージシャンと音楽愛好者に多くの利点をもたらすと考えられる。

## — 3 音楽分析のアプローチと印象の変化 —

### 3.1 2つの楽譜の数値化による比較

MIDI ノート番号は音楽業界で広く使用される音階の数値表現方法である。このシステムでは、C4（ミドルC）を基準として、音階ごとに整数が割り当てる事が可能である。C4はMIDI ノート番号 60 に対応し、それ以降の音階は相対的に割り当てられます。例えば、D4は62、E4は64といった具体的な値となる。この方法を使用することで、音楽ソフトウェアやMIDI コントローラなどのデジタル音楽機器が異なる音階を正確に理解し、操作することが可能となります。MIDI ノート番号を使って音階を数値化することは、楽曲の作成、演奏、録音、編集などのさまざまな音楽制作タスクにおいて非常に有益である。また、音楽理論と数学的な計算を組み合わせ、音楽における高度な操作も可能になる。

### 3.2 メロディーから音階のリアルタイム抽出

このシステムはリアルタイムで音声データを処理し、以下の一連の処理を実行する。まず、マイクからの音声データを受信し、その音声データの音量が事前に設定した音量閾値を超えるかどうかを判定する。音量が閾値を超える場合、FFT（高速フーリエ変換）を使用して音声データのスペクトル成分を解析し、最大のスペクトル成分に対応する周波数を計算する。そして、その周波数を基にして音階を特定し、ユーザーに表示する。同時に、識別された音階、音声データの波形、およびスペクトルをリアルタイムで可視化し、ユーザーに提供する。

この処理はリアルタイムで実行され、ユーザーがプログラムを中断するまで継続される。このシステムを使用することで、音声から音階をリアルタイムで検出し、表示することが可能となり、音楽制作や演奏における補助を提供する。

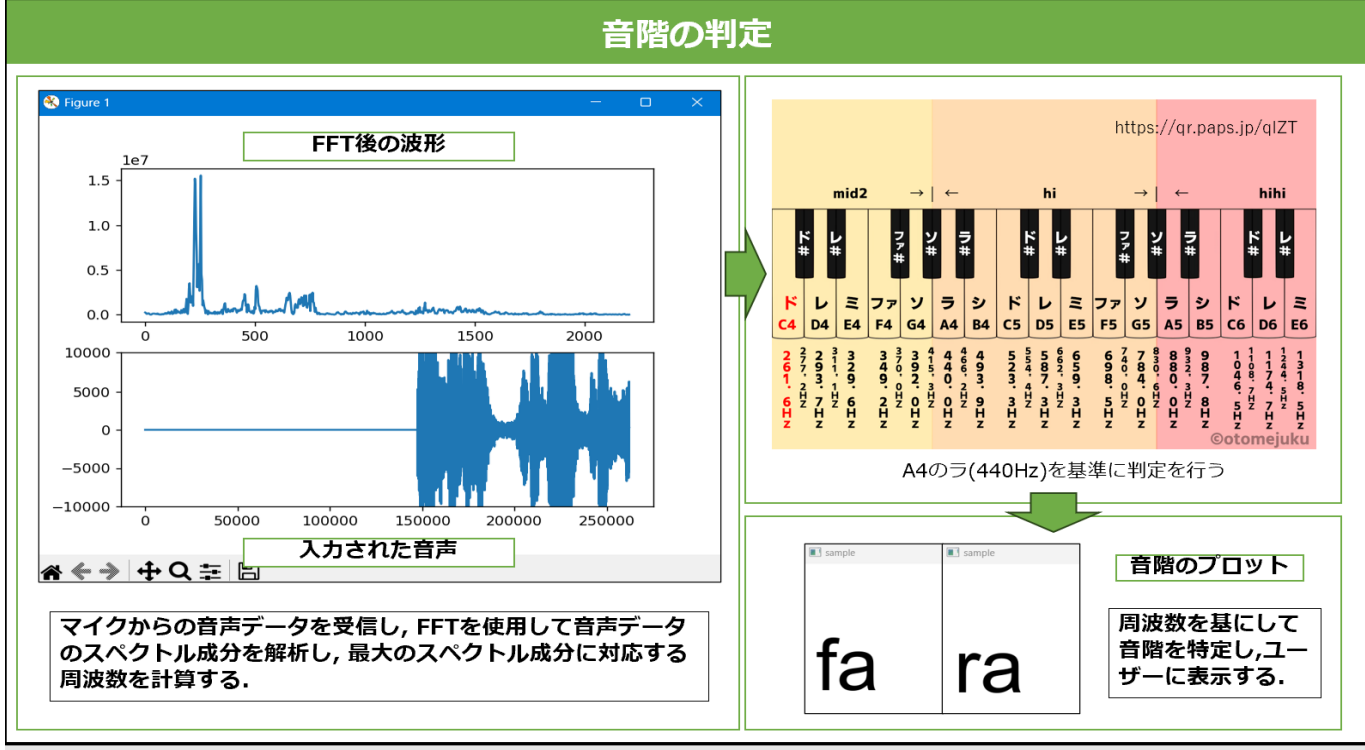


図3 リアルタイムでの音階抽出

### 3.3 コードの違いによる印象の変化

和音とは3音以上の異なる高さの音が合成されたもので、構成音と構成音の間隔によって和音の種類が定まる。和音を聴取すると、「明るい-暗い」、「安定-不安定」などの感覚を催すとされる。この感覚は、多少の地域・文化差はあるものの（例えば地中海沿岸では、短調の曲においてマイナー・メジャー・セブンスを主音とする感覚があるなど、地域により異なる場合があるとされている。）ヒトはおおむね共通した感性を持っている。これらの感覚は音楽理論として体系化がなされており、「明るい-暗い」は構成音間の半音の数とその並びにより、半音メジャーコードやマイナーコードなどと定義される。「安定-不安定」は不安定な順に、ドミナント、サブドミナント、トニックの3種類のファンクションに分類されており、ドミナントがトニックに解決する、ドミナントモーションは楽曲が進行する原動力として用いられている。[4]

## 4 提案手法

システム全体の流れを図4に示す。このシステムでは、リアルタイムで音声を取得し、FFT（高速フーリエ変換）を使用してその音声の音高を推定する。音声から音高を推定することで、ユーザーが耳コピや即興演奏を支援する。リアルタイムで取得した音声データをFFTを使用して周波数領域に変換し音高を特定する。特定された音高に基づいて、ギターのタブ譜（コード進行や楽譜）を提供する。このシステムを使用することで、ミュージシャンやギタリストはリアルタイムで演奏されている音楽に合わせて適切なコードや音符を見つけるのに役立ちます。ユーザーは、演奏されている楽曲の音高を正確に特定し、それに合ったギターコードや音符を即座に取得できます。これにより、耳コピや即興演奏の精度が向上し、演奏者の演奏経験が向上します。

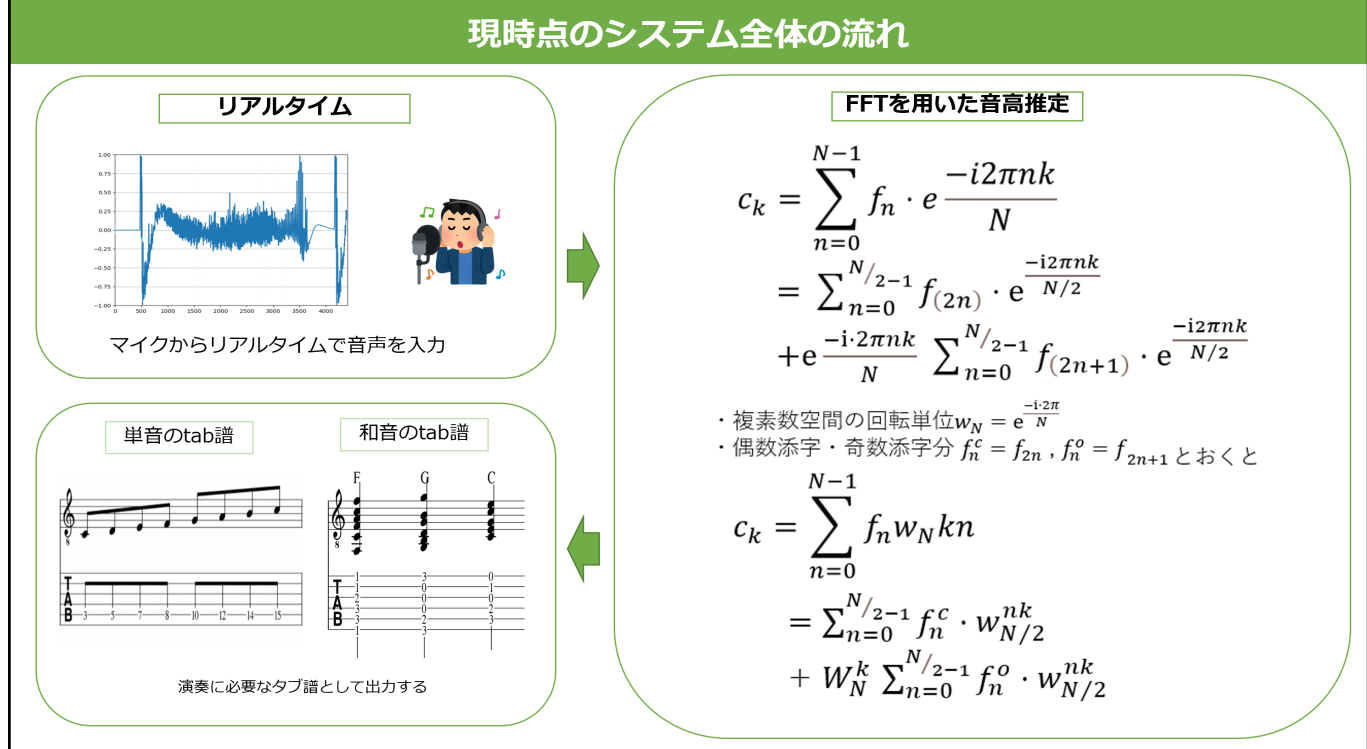


図4 システムの流れ

## 5 数値実験並びに考察

数値実験では、魔王魂のピアノ 2-6 ラ、ガレージバンドのピアノのラ、人の声のの音源を用意し、FFTを用いたピーク検出により音高推定を行った。ピーク検出の様子と周波数、推定した音高を出力し、これを図5に示す。

それぞれのデータについて考察を行った。魔王魂のピアノ 2-6 ラ、ガレージバンドのピアノのラの音源に対してはどちらも周波数が879Hzを示し、音階ではA5と推定した。これは周波数一覧に示されているように妥当であると言える。[6]

また、人の声の音源では周波数がおよそ 214Hzを示し、音階ではA3と推定した。3つの音源に対しても同じくラの音として推定できていることがわかる。同じラの音でもA3とA5と表示されているが、これは2オクターブの差があることを示していると考えられる。

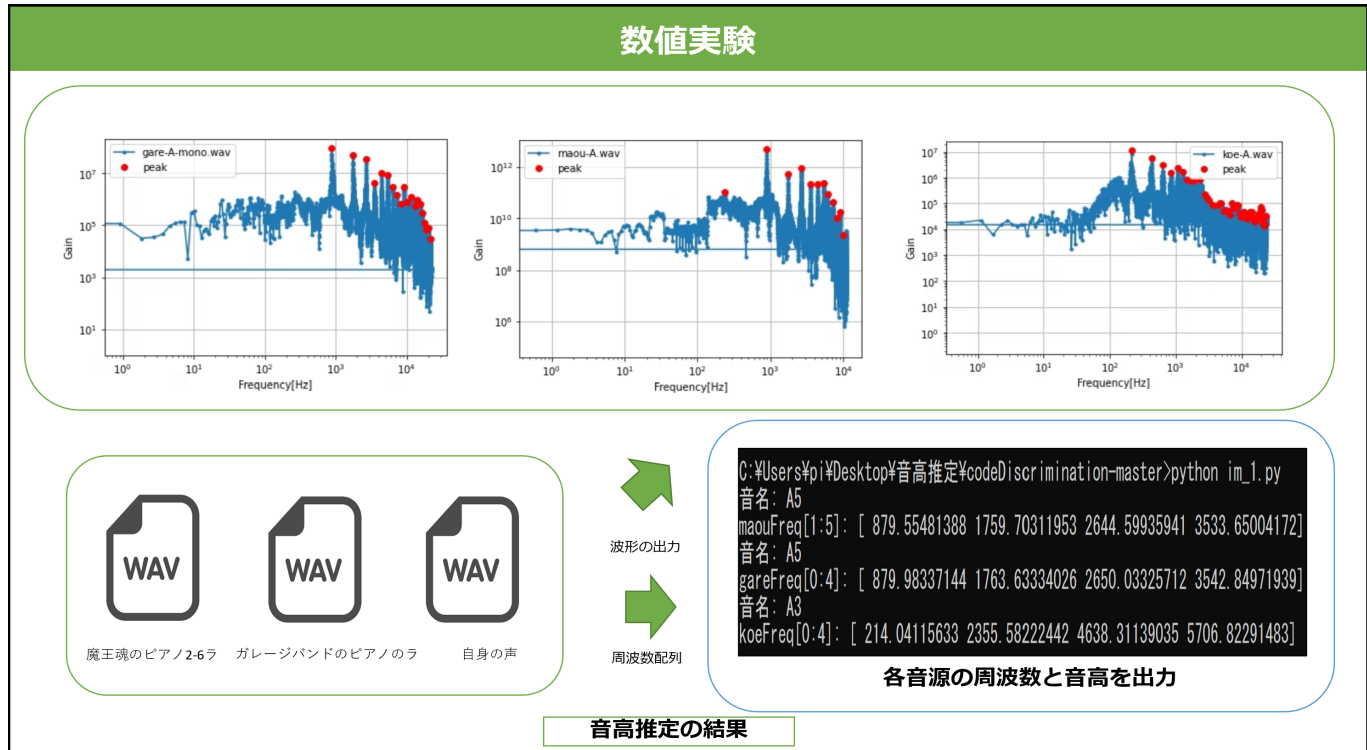


図5 実験結果

## 6 おわりに

この研究では、音声を実タイムで処理し、FFTを使用して音階を検出し、その結果を表示した。また、音階の推定が正確であることを示した。今後の課題として、与えられた音階に対して、ギターの演奏に必要なタブ譜を生成し、そのタブ譜をメジャーコードとマイナーコードに分けて出力することを検討する。

## 参考文献

[1] “エレキギターの基礎知識 - JOYSOUND.com”  
<https://www.joysound.com/web/s/joy/gakki/faq>, 閲覧日 2023.8.25



[2] “librosa 0.10.1 documentation” <a href="https://librosa.org/doc/latest/index.html">https://librosa.org/doc/latest/index.html</a> , 閲覧日 2023.8.20	[4] “ユーザの音楽聴取時における和音共感エージェントの表情による心的同調効果” <a href="https://www.res.kutc.kansai-u.ac.jp/yone/research/pdf_graduate_thesis/202103g_TAKEMURA_Hibiki.pdf">https://www.res.kutc.kansai-u.ac.jp/yone/research/pdf_graduate_thesis/202103g_TAKEMURA_Hibiki.pdf</a> , 閲覧日 2022.11.4	<a href="https://hkawabata.github.io/technical-note/note/Algorithm/fft.html">https://hkawabata.github.io/technical-note/note/Algorithm/fft.html</a> , 閲覧日 2023.10.10
[3] “pythonで単音の音程を判別する” <a href="https://qiita.com/T1210Taichi/items/4daaeb9cec8765add0e4">https://qiita.com/T1210Taichi/items/4daaeb9cec8765add0e4</a> , 閲覧日 2023.9.1	[5] “Technical Note - 高速フーリエ変換 (FFT)”	[6] “各音の周波数一覧 [Web Audio API]” <a href="https://www.petitmonte.com/javascript/musical_scale_frequency.html">https://www.petitmonte.com/javascript/musical_scale_frequency.html</a> , 閲覧日 2023.11.1