

歌声・調波楽器音・打楽器音分離と
ユーザ演奏のリアルタイム可視化に基づく
音楽演奏練習システム

土橋彩香 池宮由楽 糸山克寿 吉井和佳

京都大学 大学院情報学研究科 知能情報学専攻 音声メディア研究室

1人で楽しむ
アコギ・デュオスタイル
～洋楽ロックセレクション～
編曲・演奏 / 末原康志

「ハイウェイ・スター」
(ディー・パープル)
「見つめていたい」
(ボリス)
「クロスロード」
(スティーヴン・ヴァン・ヘイレン)
「ウィーアー・ザ・チャンピオン」
(ビーンズ)
…他全15曲!!

YOUR GUITAR !!

末原名人の
ギタープレイ !!

マイナス・ワンCDで
セッション体験!

ライブ演奏+カラオケ
CD
付き

yamaha music media corporation

どうやって音楽演奏を楽しんでいますか？



もっと楽しく歌唱や楽器の練習をしたい！

3

伴奏に**臨場感**があれば・・・

もとの楽曲の伴奏に合わせて練習

ゲーム感覚で練習できれば・・・

お手本に合わせて高得点ゲット

Android端末向けアプリケーションを開発

好きな場所で、好きな音楽を、思う存分練習できます



楽器パートの音量調節

歌声の音高 (手本+ユーザ)

コード進行 (手本上段+ユーザ下段)



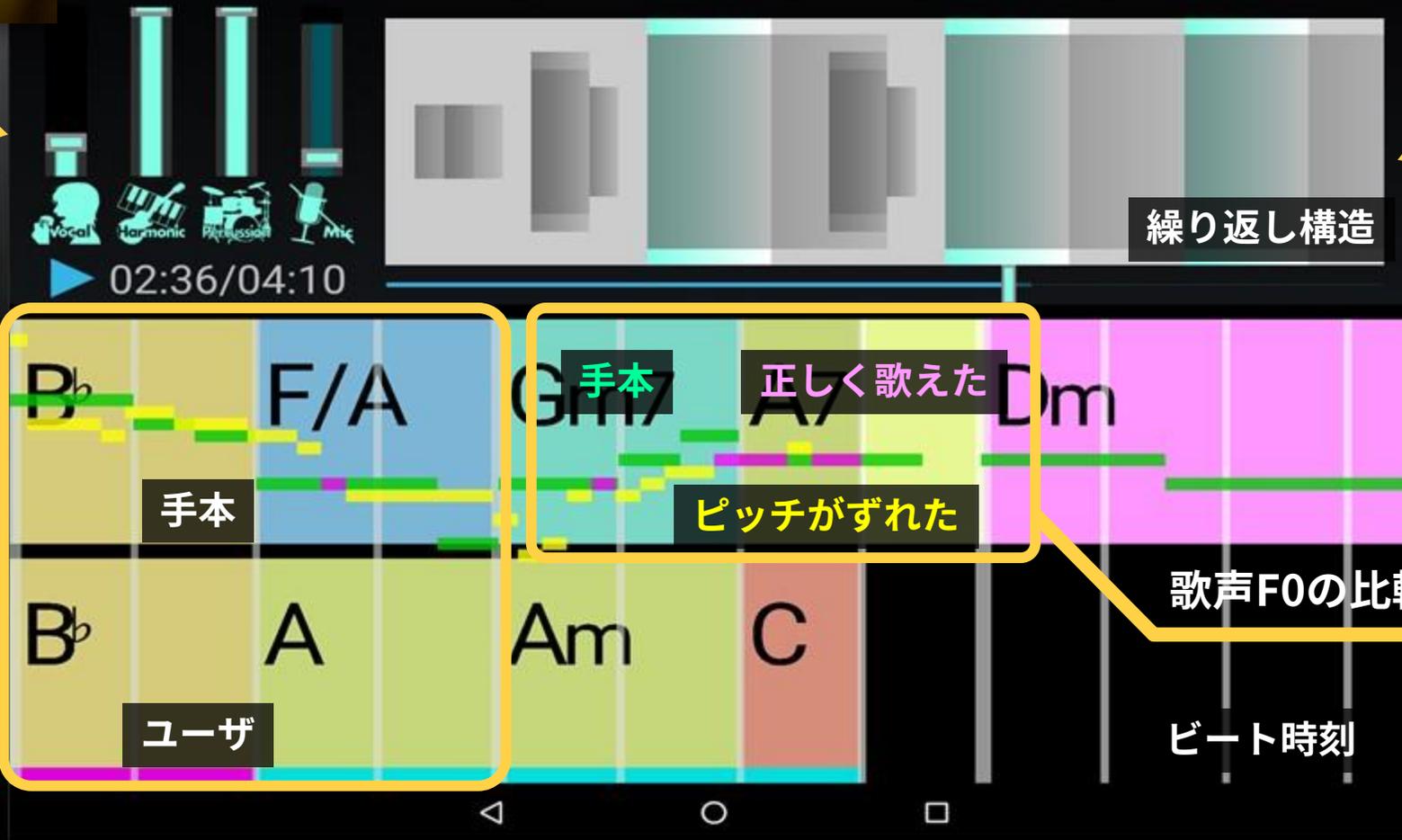


あらかじめPC上で
歌声・打楽器・伴奏音分離

Songle

音楽をより深く理解しながら、能動的に音楽鑑賞を

Webサービス
から音楽解析
結果を取得



繰り返し構造

02:36/04:10

手本

正しく歌えた

ピッチがずれた

歌声F0の比較表示

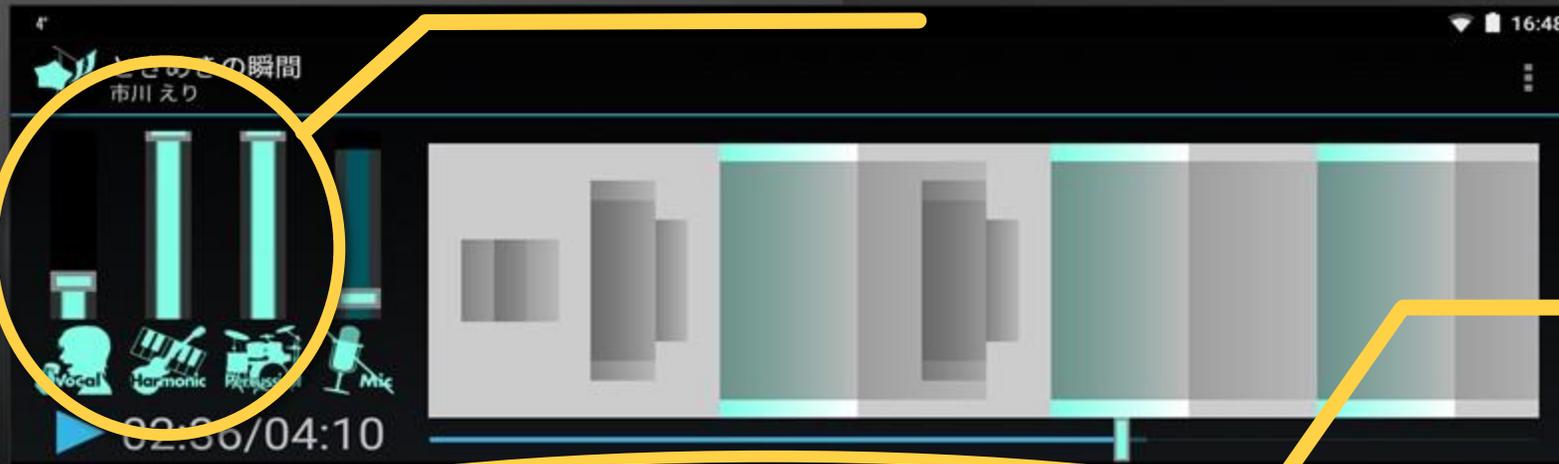
手本

ユーザ

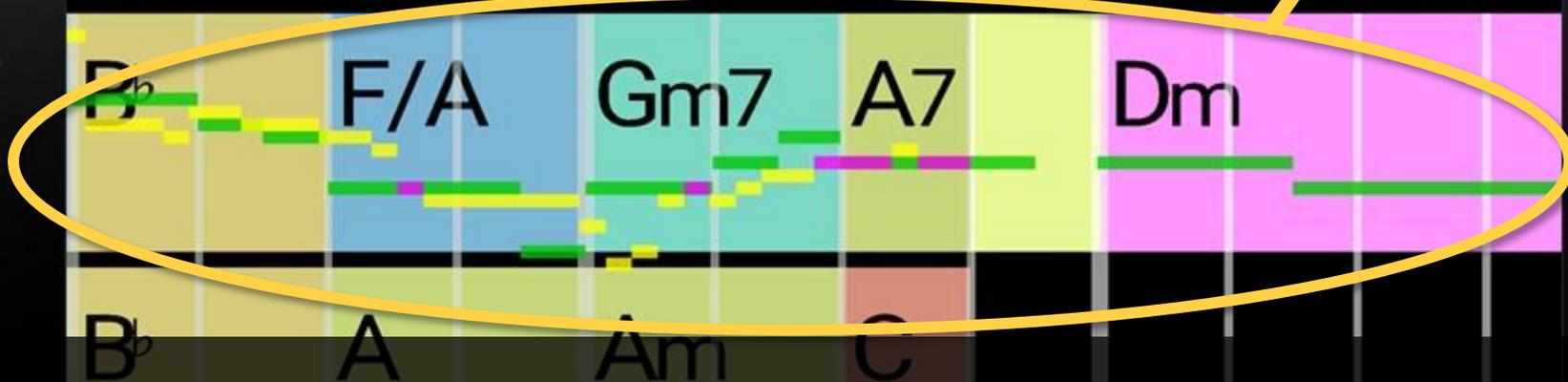
ビート時刻

コード進行の
比較表示

ボリュームスライダ



ピアノロール



インターフェースの設計方針

ありふれたUIで迷いのない操作感を実現する

不思議なボリュームスライダ

操作に慣れているがゆえに、それが及ぼす「常識的な効果」に慣れている
操作は同じでも未体験の効果により、不思議なインタラクション体験 (よく考えるとヘン) を創出



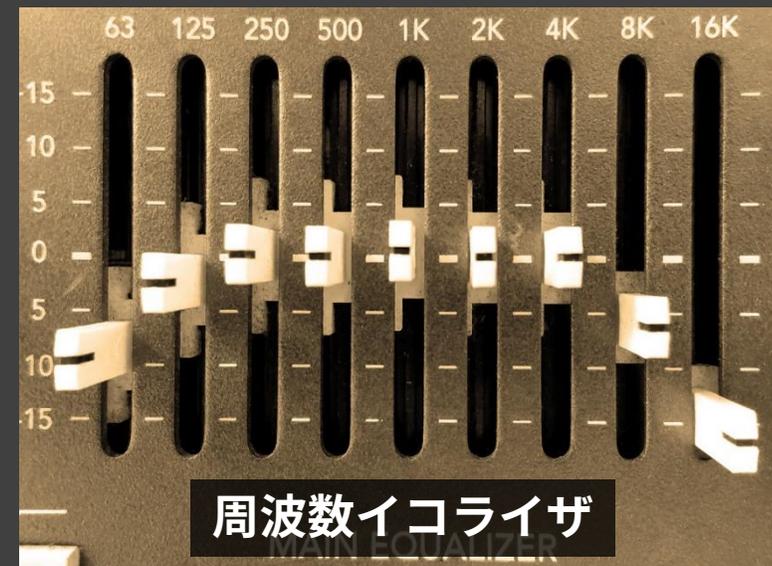
混合音が対象

楽器パートごとに調節



マルチトラック録音を対象

楽器パートごとに調節



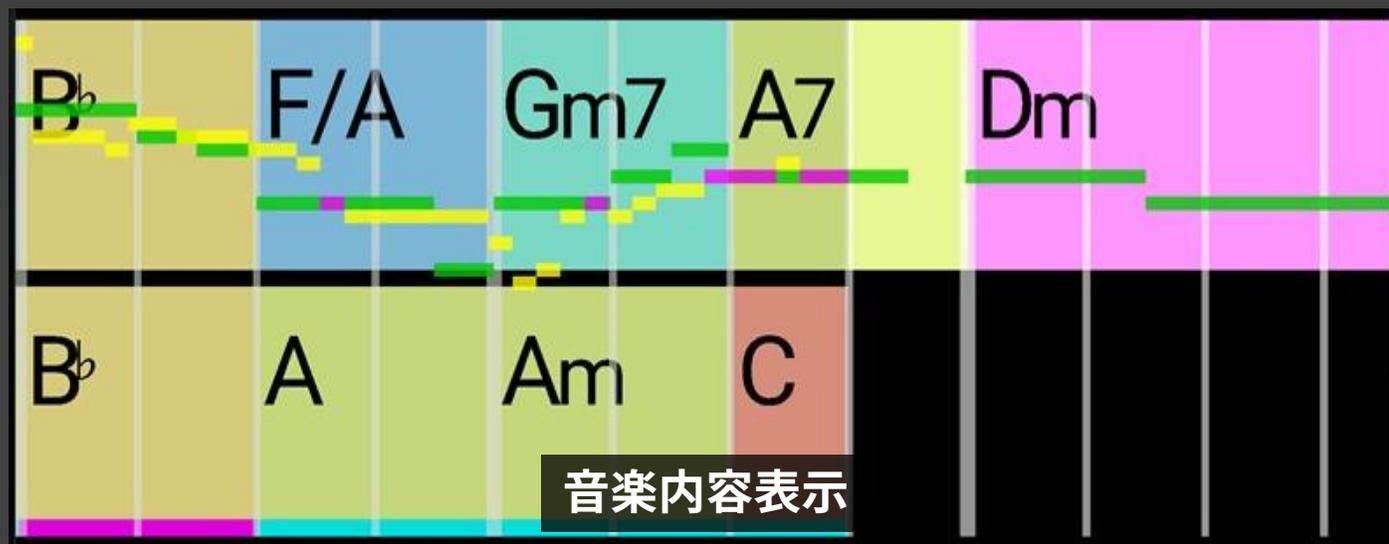
混合音が対象

周波数帯域ごとに調節

インタフェース設計の際には、操作が引き起こす効果の「予測可能性」に着目すべき
常識的過ぎてもダメ・奇を衒いすぎてもダメ

不思議なピアノロール

操作に慣れているがゆえに、それが及ぼす「常識的な効果」に慣れている
操作は同じでも未体験の効果により、不思議なインタラクション体験 (よく考えるとヘン) を創出



音響信号が対象

解析された譜面を表示



MIDIデータが対象

作曲された譜面を表示

完成した音楽音響信号からもとの譜面情報を推定して、作曲中であるかのように表示
ユーザの歌声F0推定が、演奏によるMIDIデータ打ち込みのように思える

I. 音源分離

音楽音響信号を歌声・伴奏音・打楽器音に分解
ユーザが演奏する部分以外を再生

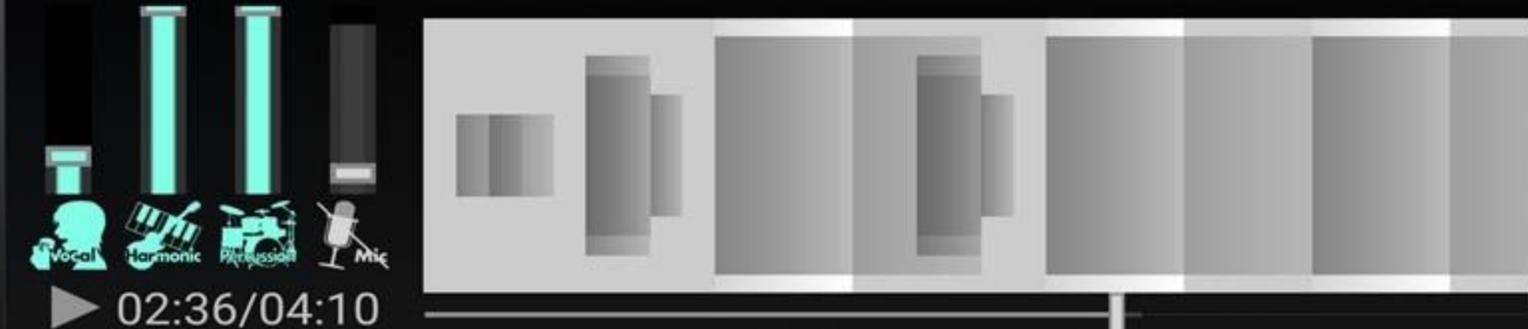
II. 手本提示

原曲のコードやビートを自動解析
ユーザの演奏に合わせてスクロール表示

III. 演奏解析

ユーザのコード・歌声F0をリアルタイム解析
お手本と比較表示

ときめきの瞬間
市川 えり

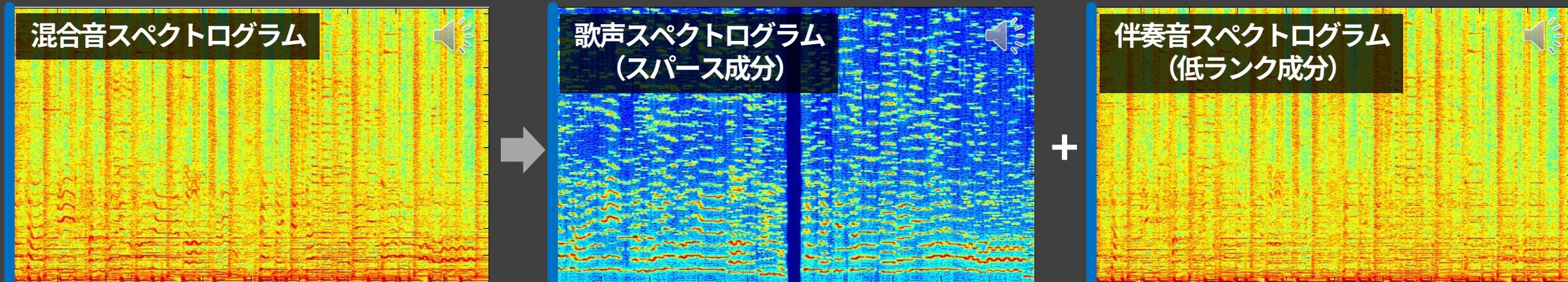


I. 音源分離
音楽音響信号を歌声・伴奏音・打楽器音に分解
ユーザが演奏する部分以外を再生

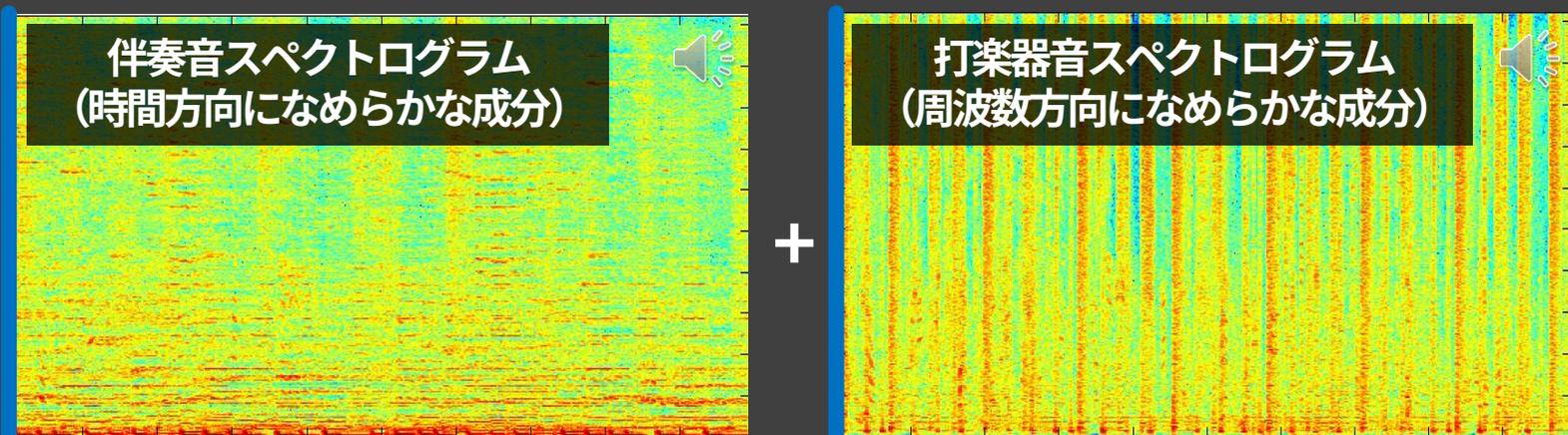
歌声・伴奏音・打楽器音分離

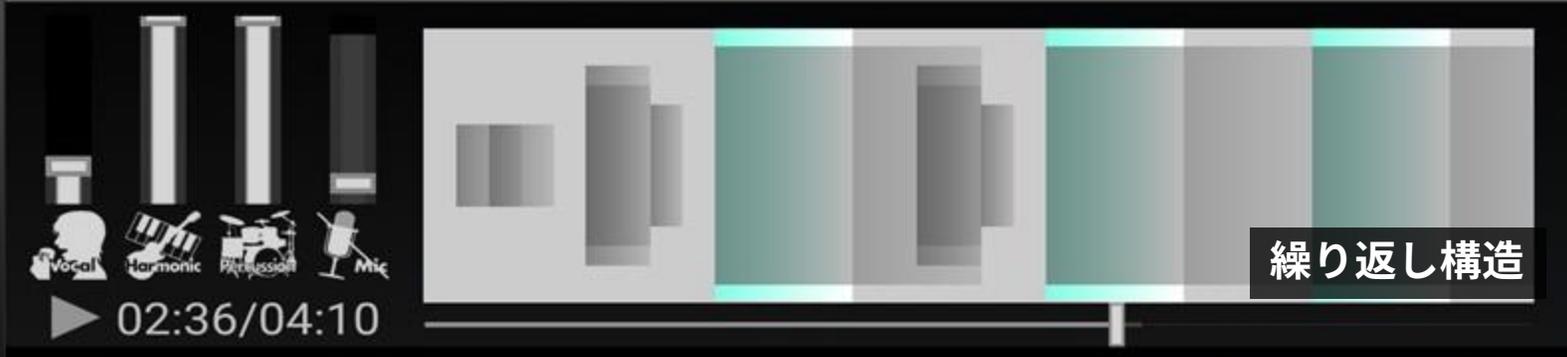
時間周波数スペクトログラムの特徴に基づく分離手法を統合

ロバスト主成分分析とF0推定を用いた歌声分離 [Ikemiya 2014]



メディアンフィルタを用いた調波音・打楽器音分離 [FitzGerald 2010]



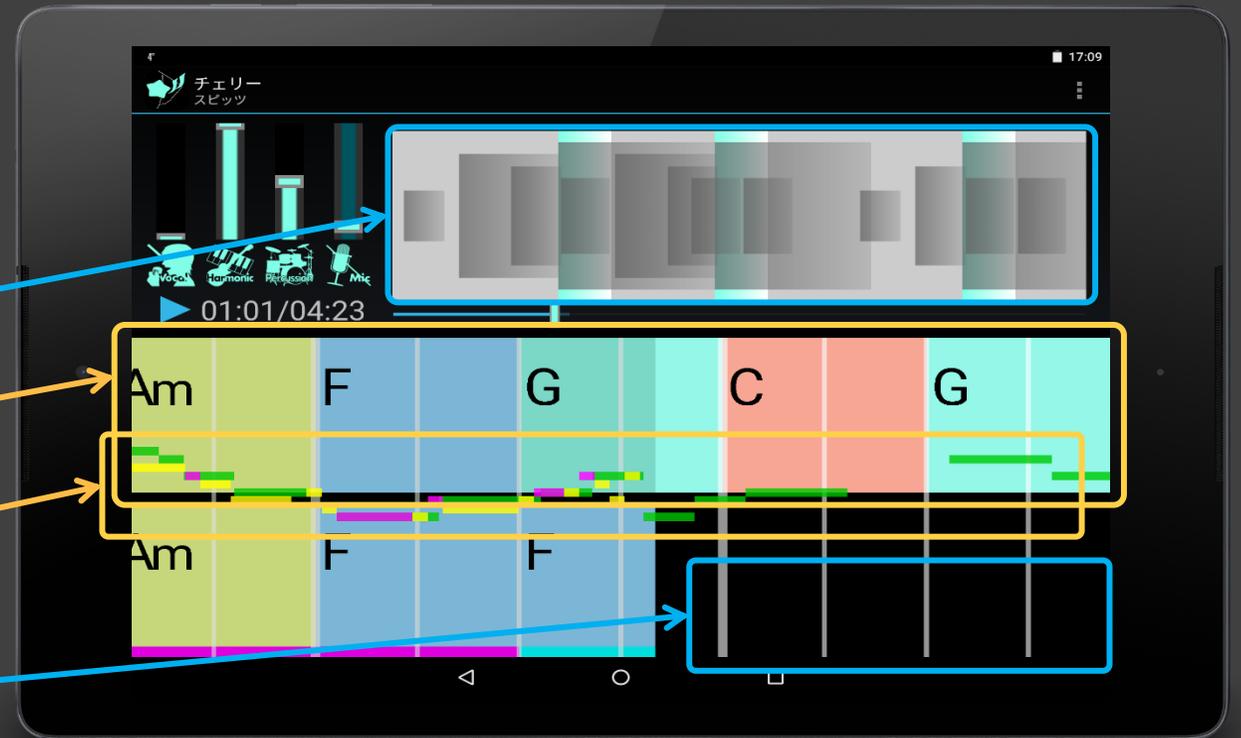


II. 手本提示

原曲のコードやビートを自動解析
ユーザの演奏に合わせてスクロール表示

Webサービスによる音楽内容の自動解析

能動的音楽鑑賞WebサービスSongle [Goto 2012] では、Web上に存在する任意の音楽音響信号が解析可能
Songle Widget API を用いて解析結果を取得可能



自動解析なので認識誤りを含んでいる → Web上でユーザが訂正できる (cf. wikipedia)
Web上の最新情報とアプリケーション内での音楽内容表示を連動

III. 演奏解析

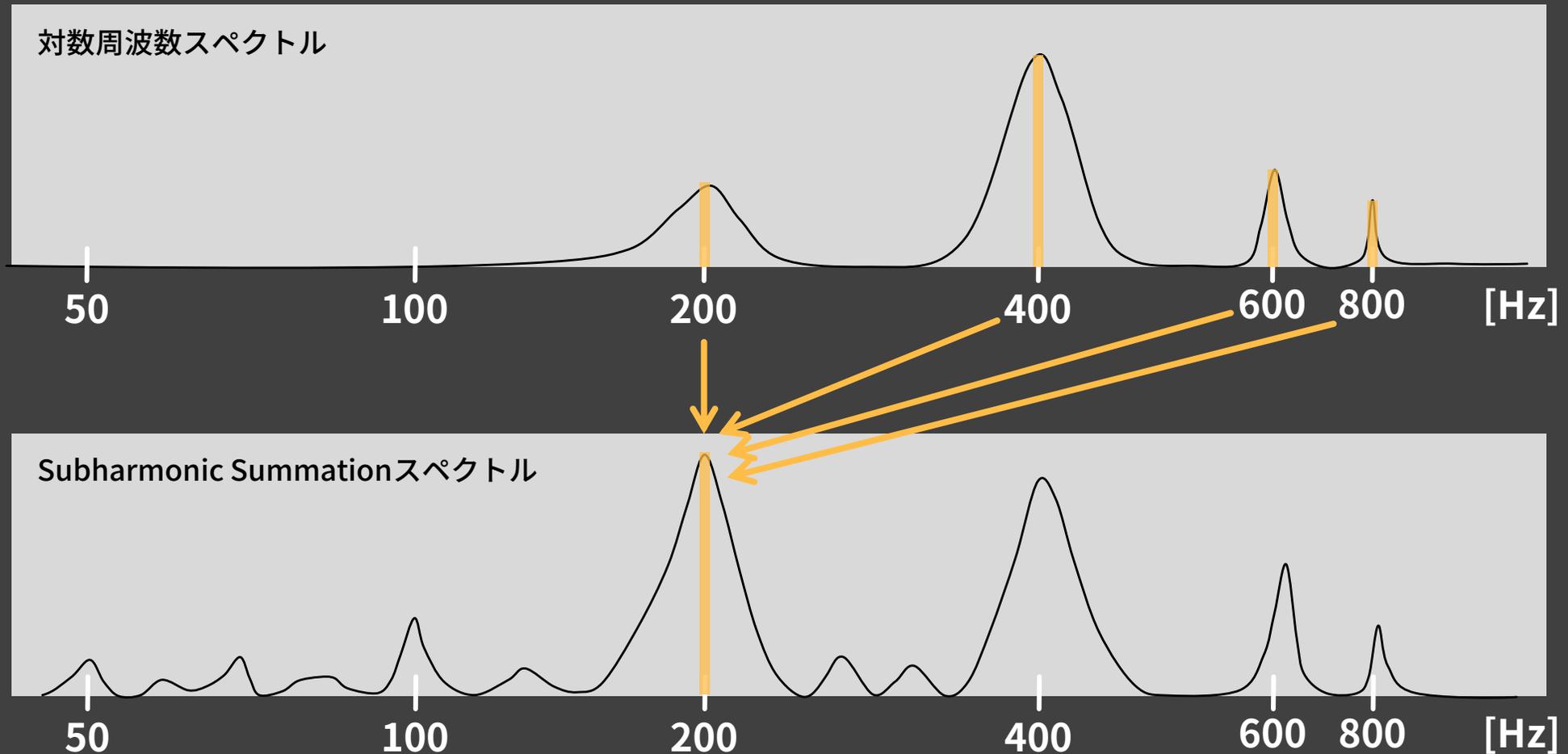
ユーザのコード・歌声F0をリアルタイム解析
お手本と比較表示

The screenshot shows a music analysis interface. At the top, it displays the video title 'ときめきの瞬間 市川えり' and the time '16:48'. Below the video player, there are icons for 'Vocal', 'Harmonic', 'Piano', and 'Mic'. The video progress is shown as '02:36/04:10'. The main analysis area is divided into two horizontal tracks. The top track, labeled '手本' (Reference), shows a sequence of chords: Bb, F/A, Gm7, A7, and Dm. A green line represents the reference pitch, with a label '正しく歌えた' (Sung correctly) above it. The bottom track, labeled 'ユーザ' (User), shows the user's chords: Bb, A, Am, and C. A yellow line represents the user's pitch, with a label 'ピッチずれ' (Pitch deviation) above it. The background is color-coded by chord: Bb (yellow), F/A (blue), Gm7 (teal), A7 (light green), Dm (pink), A (light green), and C (orange).

リアルタイム歌声F0推定

計算負荷の軽い Subharmonic Summation [Hermes 1988] を利用

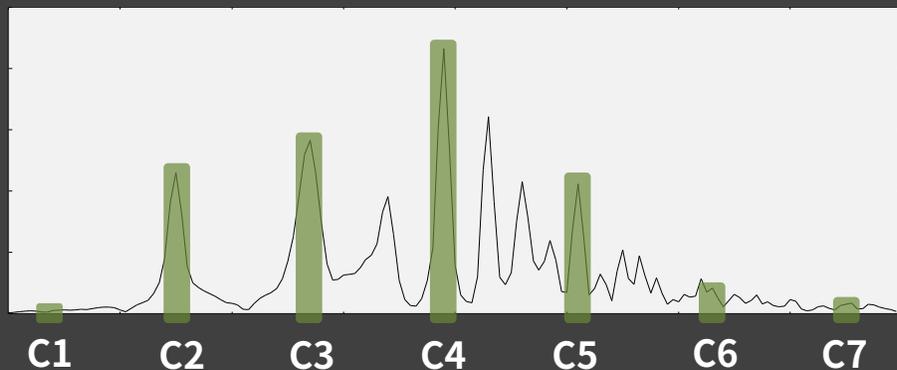
マイクが口元に近いことを想定しているため、入力音響信号はほぼ単独音であるはず



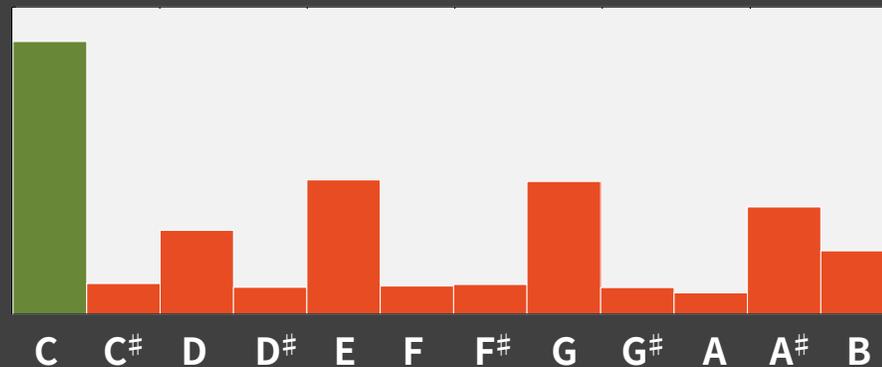
リアルタイムコード認識

各フレームごとにクロマベクトルを計算・手本コードが切り替わるまで累積
テンプレートマッチングによる識別 (ルート音12種類 x maj/min)

対数周波数スペクトル



12次元クロマベクトル



×

テンプレート

1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

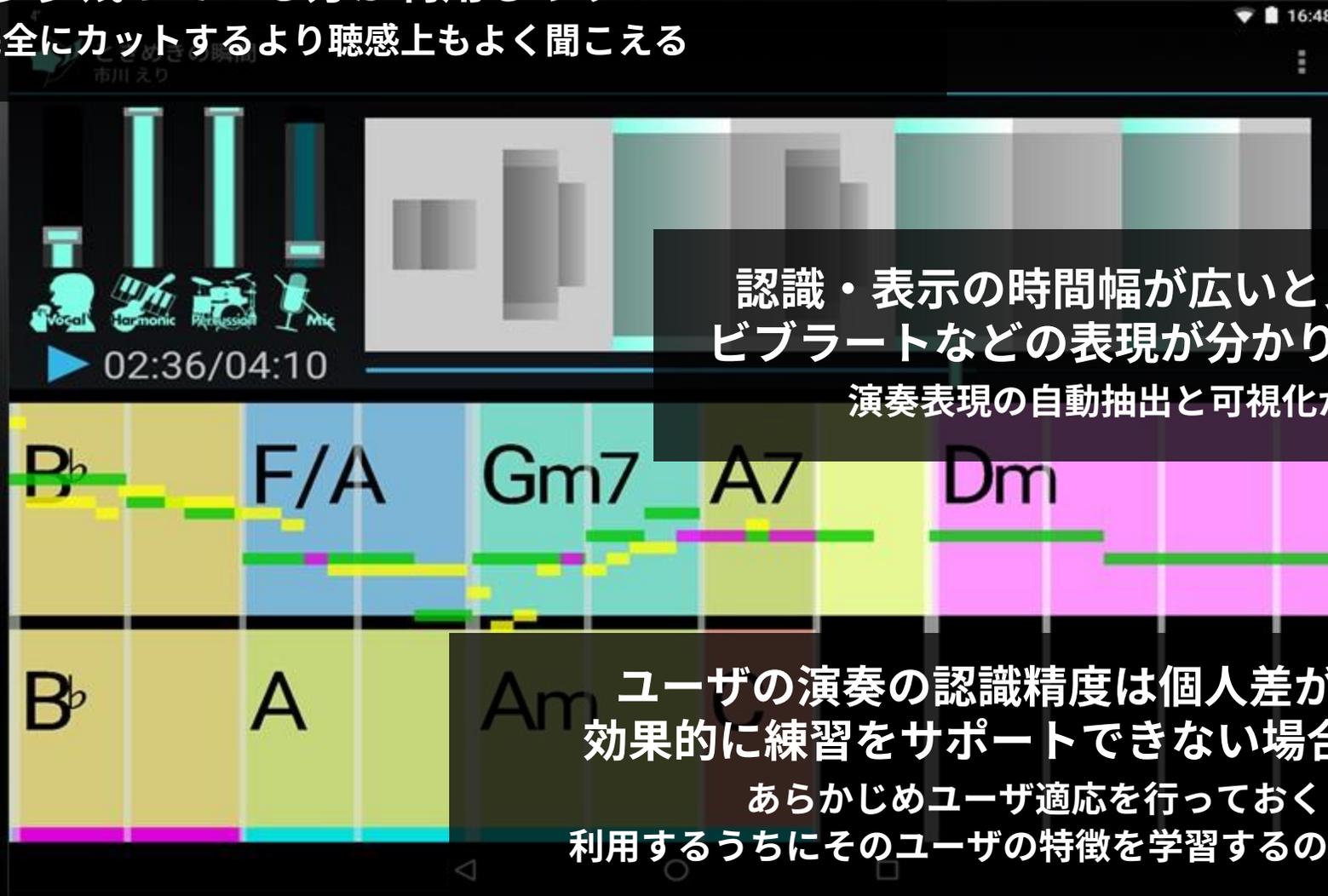
C

0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

C#

⋮

歌声や特定のパートを完全にカットしてしまうよりも
多少残っている方が利用しやすい
完全にカットするより聴感上もよく聞こえる



認識・表示の時間幅が広いと見やすいが
ビブラートなどの表現が分かりにくくなる
演奏表現の自動抽出と可視化が必要

ユーザの演奏の認識精度は個人差が大きく
効果的に練習をサポートできない場合がある
あらかじめユーザ適応を行っておく
利用するうちにそのユーザの特徴を学習するのが望ましい

好きな楽曲で歌唱や楽器演奏を楽しめる 音楽練習支援システムを開発

- 音源分離：歌声・伴奏音・打楽器音に分解
- 手本提示：原曲のコードやビートを自動解析・表示
- 演奏解析：ユーザの演奏内容をリアルタイム解析

ユーザビリティの向上が今後の課題

- 携帯端末上で音源分離をリアルタイム・スタンドアロンで実行
- ユーザの演奏への自動追従
- 音高を変化させないように元音源を時間伸縮

評価実験：条件

被験者

ボーカルパート3人 + 伴奏パート4人

使用曲

地上の星/中島みゆき

チェリー/スピッツ

レット・イット・ゴー ～ありのままで～/松たか子

実験内容

自由にアプリを使用してアンケートに回答

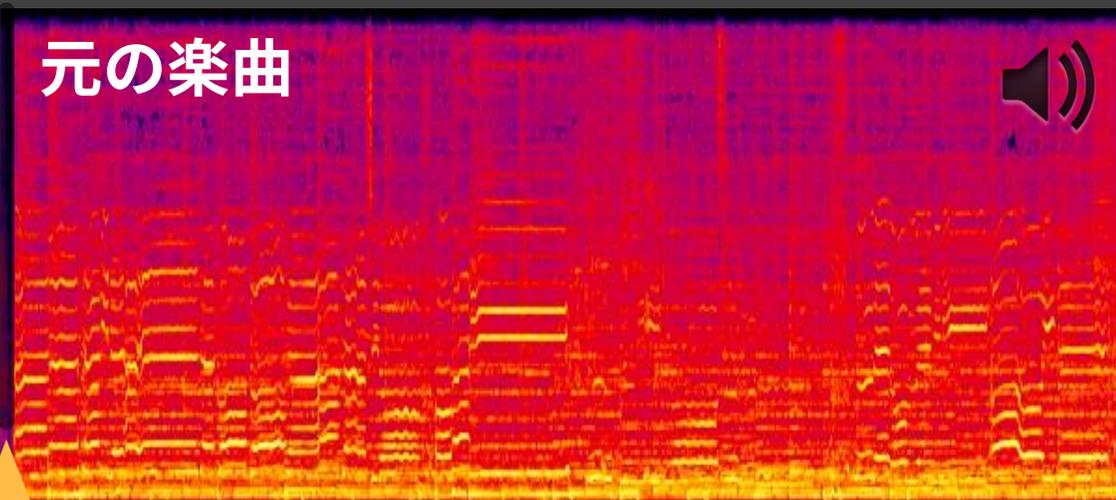
評価実験：結果

質問事項		ギター演奏支援		歌唱支援		
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
インタフェース全体の操作性		6	2	7	2	
音量調節機能	適切だと思う 音量設定[%]	歌声	95	10	33	21
		伴奏音	56	35	100	0
		打楽器音	95	10	67	58
	この機能は必要だった		8	1	9	0
	スキル向上に役立った		7	2	7	1
	この機能を楽しめた		8	1	9	1
演奏認識機能	この機能は必要だった		8	1	8	1
	スキル向上に役立った		7	3	7	2
	この機能を楽しめた		8	1	8	1

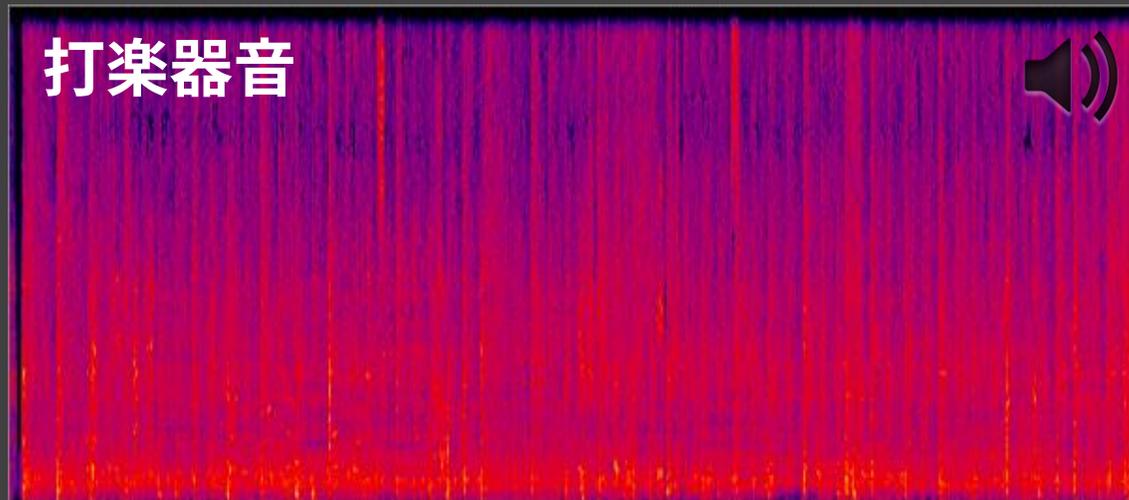
機能の必要性・スキル向上における有用性・楽しさでいずれも高評価

歌声・伴奏・打楽器音分離

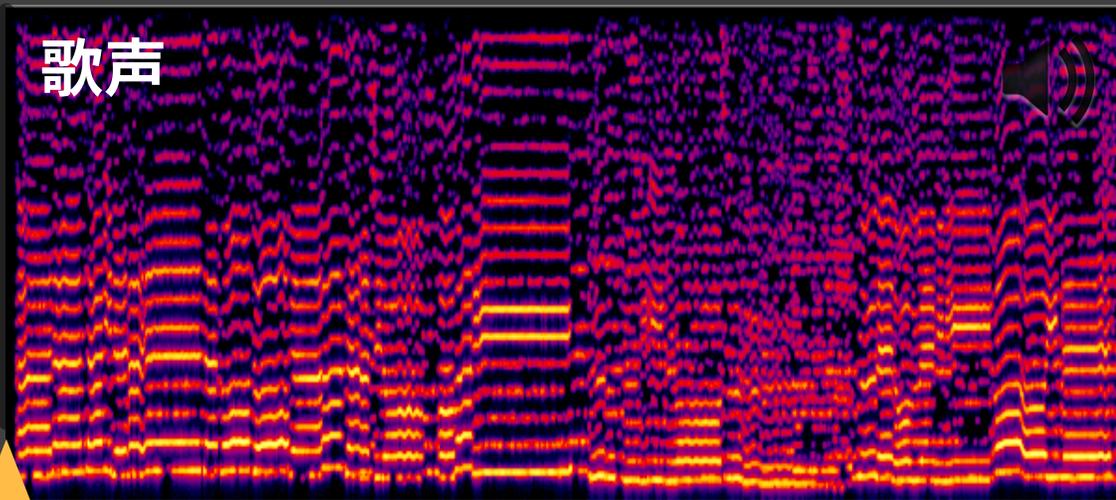
元の楽曲



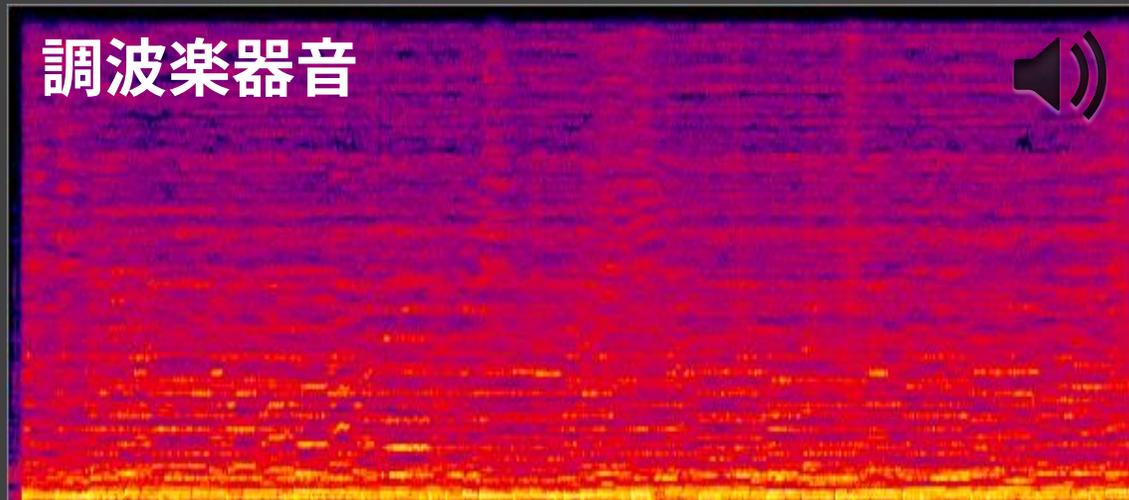
打楽器音



歌声



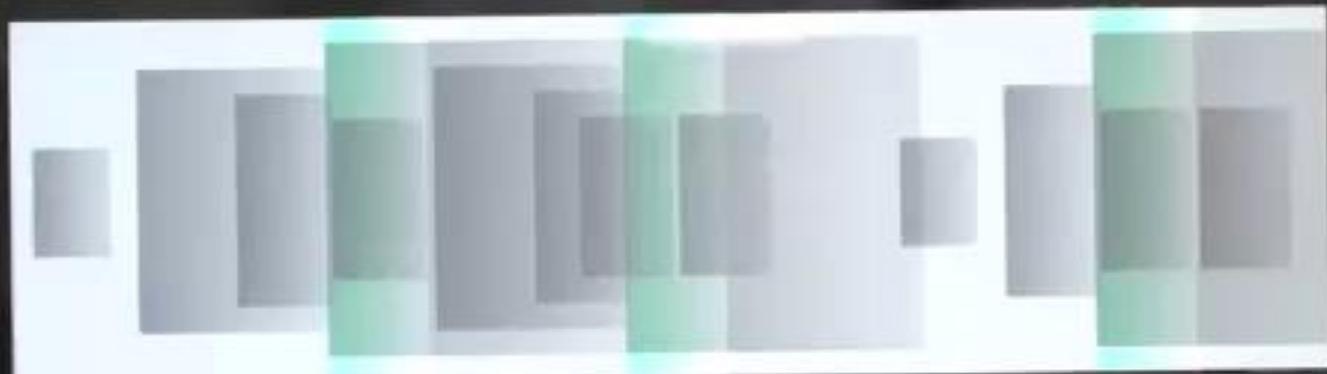
調波楽器音



チェリー
スピッツ



▶ 00:00/04:23



4

16:48

ときめきの瞬間
市川えり

Audio player interface showing volume sliders for Vocal, Harmonic, Percussion, and Mic. Below the sliders is a track visualization with a play button and a progress bar.

▶ 02:36/04:10

Chord chart for guitar with two rows of chords and a fretboard diagram. The first row contains chords B^b, F/A, Gm7, A7, and Dm. The second row contains chords B^b, A, Am, and C. The fretboard diagram shows the string positions for each chord.

B ^b	F/A	Gm7	A7	Dm
B ^b	A	Am	C	

