

# 曲調に着目したリアルタイムミキシングシステム A Real-Time Mixing System That Considers Types of Musical Pieces

深山 侑花

Yuka Fukayama

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail: yuka.fukayama.5r@stu.hosei.ac.jp

## Abstract

Musical mixing during a concert or during music production is carefully performed over time, considering balance between details and a whole. Sufficient skills and experiences are required to perform accurate mixing manually, and it is not easy for inexperienced people to perform mixing. Although there has been research on automatic mixing, most of it handles only volume balance adjustment and mastering support. There are few studies on complete mixing, in which several types of instruments are relatively compared and are individually adjusted for a more audible finish. This paper presents an automatic mixing system for live concerts. It constructs mechanisms of real-time acoustic processing without delay and of performing mixing that considers types of musical pieces. By applying, to the input data, the filter that matches the selected musical type, it achieves more appropriate equalizing. By achieving high-quality mixing with minimum effort, it will be possible to shorten sound check for live performances without experienced PA engineers. To evaluate this system, a blind test was conducted that compared this automatic mixing system with conventional manual mixing. Finally, the paper discusses the points that should be improved and future directions.

## 1. はじめに

音楽ライブを支える裏方作業の1つに、バンドが鳴らしている音を大きい音で客側に鳴らすPA (Public Address)の仕事がある。PAは主にエフェクター類やモニタースピーカー、マイク、各スピーカー、各ケーブル、アンプなどを管理する。PAはライブ中に演奏を集めて、ひとつひとつの音量のバランスをとったり、イコライザで音を調節したりして、楽曲を聴きやすくまとめるミキシングの作業をリアルタイムで行う。ライブ中のミキシングは、円滑な進行を行い、常に最良のサウンドを届けるために、臨機応変かつ精度の高い作業が求められる。人手によりの確なミキシングを行うには、高度な技術と経験を必要とされ、経験の乏しい者がミキシングを行うのは容易でない。

これを支援するために、すでに automatic mixing と称される研究が存在するが、そのほとんどは音量バランスにのみ着目したものである。一部に自動イコライザについての研究もあるが、これもミキシングと類似した作業であるマスタリング支援のためのものである。マスタリングとは、個々のトラックの周波数を調整するミキシングとは異なり、楽曲全体の聞こえ方を調整するものであり、トラックごとに作業するものではない。例えばボーカル

をより明確に聞こえるようにするといった作業はできない。数種類の楽器を相対的に比較し、より聴きやすい音楽として仕上げるために個々を調節する完全なミキシングの研究はほぼないといえる。

本研究では、PAに自動ミキシングを導入することでリアルタイムに処理を行い、ライブ中に常時同じ品質のサウンドを出力するシステムを提案する。本研究の新規性は、遅延なくリアルタイムで処理する音響処理システムを構築し、また、処理を一般化するのでなく、曲ごとにその最適なミキシング処理を行うことで完成度を向上することである。曲に合わせてユーザーが選択した曲調に対応したフィルタを、入力データから生成したイコライジング用フィルタに適用する。これにより、聞きやすさだけを考慮した処理に比べ、よりその曲調を生かす処理を施すことができる。最小限の労力で高品質のミキシングを実現できるようにすることで、経験豊富なPAエンジニアを必要とせず、ライブにおけるサウンドチェック時間を短縮できるため、複数のアーティストによるライブなどで役立つ。このシステムを評価するために、従来の人手によるミキシングと本研究のシステムを利用したミキシングとでブラインドテストを行い、本システムの評価をした。最後に改善すべき点と今後の課題を述べる。

## 2. 関連研究

谷井ら [1]は、既存事例からミックスダウンのデザインを転写することで、アマチュアユーザーのミックスダウンを支援する方法を提案している。音楽データベース100曲に対し、音楽構造の解析、音色・奏法の解析を行い、ユーザーが持ち込んだ楽曲に最も類似したものを転写するテンプレートの利用は、ミックスダウン時間を短縮し、発想の幅を広げるうえで有効であると述べている。

Perez-Gonzalezら [2]は、ライブ中のミキシングのゲイン(音量)レベルを最適化する手法を述べている。各チャンネルの大きさをリアルタイムで評価するために、相互適応アルゴリズムを使用し、チャンネルゲイン値に反映させるシステムを提案している。

Goto [3]は楽曲構造把握のために繰り返し区間を検知し、他区間との関係を分析する手法を提案した。繰り返し区間の類似性から、変調にも対応し、100の楽曲のうち80曲で正しく推定することに成功した。

### 3. 対象とする曲調

本研究では、ミキシングの際に着目する曲調を以下の5つに限定する。

1. 王道ロック：本研究ではこれをデフォルトの設定とする。聞く人を選ばないようなサウンドであり、ギターロックとも称す。ギターサウンドをやや強調する。
2. ラウド系ロック：王道ロックに比べ、サウンドに重みや圧がある。これを実現するために、重低音を強調し、また、音が薄くならないために、イコライジング調整を最小限にする。
3. メロコアパンク：メロディックハードコアパンクの略。2よりもポップな要素を含んだ、メロディーや歌詞を聞かせるタイプのロックジャンルである。ギターサウンドやキック、低音域をやや強調する。
4. バラード：いわゆる「歌もの」と呼ばれるジャンルであり、落ち着いたメロディーをもつ。ボーカルをメインに高音域のハイハット、タム、シンバルや低音域のベース、キック等を部分的にやや強調させる。
5. オルタナティブ：「型にはまらないロック」、 「新しいロック」というニュアンスをもつ。本研究では、上記1～4に当てはまらないような楽曲を指す。一般に「オシャレである」と感じるようなジャンルである。このジャンルでは、ギターサウンドに個性をもったような曲が多いため、それを失わないようその他のイコライジングをメインとし、ややベースサウンドやボーカルを強調する。

### 4. 提案手法

本研究では、サウンドの周波数調整の自動化、そして音量自動調整機能も備えたミキシングのリアルタイム処理を行う。

#### 4.1. イコライジング処理

イコライジング処理では、重複や過疎を検知し、周波数帯をカットしたり、増幅させたりする処理を自動化させる。音作りにより、同じ楽器でも高音が響きやすかったり低音が響きやすかったりする。複数の楽器が存在するバンド演奏では、それぞれの楽器が発する周波数帯の重複により、同じ音量でも聞こえにくい、音が通りにくい現象が発生する。また、重複とは反対に、全ての楽器で周波数全体をカバーすることが聞こえやすい音源であるのにも関わらず、楽器音が分散しすぎてしまうことによって、薄い周波数帯が存在してしまうこともある。これらの問題を防ぐために、サウンドの周波数調整を自動化させる。

音響は各楽器だけでなく、そのときの空間環境も影響するため、その環境も考慮したミキシングを行う必要がある。本研究で空間音響の把握は人間の能力に頼るものとし、その空間に合わせて、ユーザーがミキシングの特徴を変更できるようにする機能を搭載する予定であったが、現時点ではリアルタイム処理と自動イコライジングの性能についての研究を行うために、調整機能の実装は行わなかった。また、バラードであったらボーカルをより聞こえや

すく、ドラムの最も低い音（キック音）を目立ちにくくしていたり、ラウド系ロックならばドラム音を目立たせ音圧をあげたりするように、曲調によってもそれぞれ適したミキシングが存在する。イコライジング処理設定を1つに限定せず、その曲調に最適なフィルタ設計することでミキシングの完成度を向上する。

#### 4.2. リアルタイム処理

周波数調整と音量バランス調整をリアルタイムで自動処理する。ライブ中は10個前後の楽器があり、これらの音信号に常時計算を行うと処理に時間がかかり、目の前で見ている演奏とのズレが起きてしまう。リアルタイムに処理を行うためには、音信号に対する計算をその音より短い時間で行う高速性と、過去の情報を使って計算する因果性の2つが必要となる。そのためには、アーティストが必ずライブ前に行うサウンドチェック時とライブ中での処理方法を異なるものにする。サウンドチェック時には、多少のラグも考慮しつつ、正確に音を調整し、その調整データを元にライブ中は音信号の比較をし、大きな差異が発生した場合に補正を行うものとする。ライブ中の処理をできるだけ少なくし、演奏との出力音のラグが起これないようにしている。

### 5. 実装

各トラックの音響信号データの入力に対し、リアルタイムでミキシングを行うまでの処理を図1の手順で実施する。楽器数分用意しているマイクの各ラインからの入力から周波数重複と楽曲構造把握の解析を行う。これを元に重複解消を目的とするイコライジング用フィルタを生成し、元データに適用する。その後ユーザーが選択した曲調に合わせたフィルタを適用し、出力する。

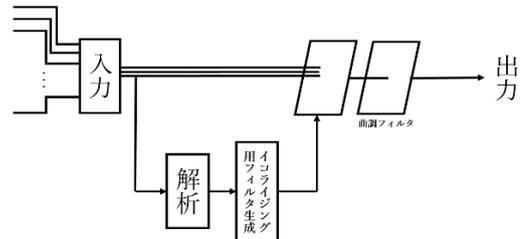


図1 システム構造図

#### 5.1. イコライジング処理

##### 5.1.1. 解析

周波数解析と演奏トラック情報の解析の2つを行う。周波数解析では、音の聞こえにくさを解消するために、各音響信号データが占める周波数帯を求め、他のデータと重複している周波数帯を調べる。解析対象の周波数帯は人間の可聴領域である20～12000Hzとし、約0.5～1オクターブごとに13の帯域を設定した。

演奏トラック情報解析は、楽曲構造把握のために行う。一定時間の間、入力のあるトラックの組み合わせから、現在の演奏位置を推定するものである。1つの楽曲には、イントロ・Aメロ・Bメロ・サビ・間奏・Cメロ・アウ

トロといったような楽曲構造が存在する。本研究ではリアルタイム処理を行うために、演奏中のある時点が楽曲全体のどのあたりであるかを把握することができない。ゆえに直前までと現在の演奏の比較から区間を検知し、[3]の手法を応用する。実際のライブ中では、より効果的な演出をするために、その構造を意識したミキシング処理が実際に行われているため、これを実現させるための処理である。

### 5.1.2. 重複解消処理

解析結果をもとにバンドパスフィルタを用いて、周波数帯の重複による演奏の聞こえにくさを改善する。処理の際には、被っている2つ以上のトラックに対して、2つの処理優先基準を設定した。1つは、そのトラックの基本周波数から重複周波数帯がどれだけ離れているか、2つ目は、あらかじめ設定してある優先順位を元に、より優先度の高いトラックに処理を施すものである。

### 5.1.3. 曲調に合わせた処理

5つの曲調の特徴に合わせたフィルタを設計し、重複解消処理後のデータに対して適用する。これによって、楽曲をより効果的に聞かせることができる。

## 5.2. リアルタイム処理

### 5.2.1. 仮イコライジング

演奏前にアーティストが行うサウンドチェックを利用したイコライジングである。若干の処理反映遅延を考慮したうえでイコライジング処理を行う。この際の入力データやフィルタのデータを次項のデータに流用する。

### 5.2.2. 演奏中イコライジング

前項 5.2.1 データとの比較でイコライジング処理のパラメータを徐々に変化させている。これは、人手によるイコライジング処理に近づけるためであり、また突然処理が大きく変化することを防ぐためである。

## 6. 実験

### 6.1. 実験の目的と被験者

実際の演奏を用いて、本研究の提案手法を用いた処理と PA による処理とのブラインドテストを行い、ミキシング処理の性能評価・有用性を調べた。被験者は 11 人で、PA 経験のある者を 6 人含んでおり、全員バンド演奏やコンサートへ参加の経験がある者である。

### 6.2. 手順

本実験では、演奏楽曲をバラード曲・王道ロック曲・ラウド系ロック曲の3つとする。演奏は以下で行う。

1. 調整なし
2. PA (人手)
3. 提案手法を用い、曲調処理を楽曲に合わせる
4. 提案手法を用い、曲調処理を楽曲のジャンルと異なるものにする
5. 提案手法を用い、曲調処理を楽曲のジャンルとも4とも異なるものにする

入力チャンネル数は、バラード曲 13ch, 王道ロック曲 12ch, ラウド系ロック曲 16ch であり、いずれも 2ch 出力

とした。まず実際に演奏の場に立ち会ってもらい、リアルタイム処理の性能について評価してもらった。そしてその際、演奏を録音し、後で全演奏データを視聴してもらい、ブラインドテストを行った。提案手法適用時の設定曲調は、各曲調の実験と比較しやすくするために、バラード、王道ロック、ラウド系ロックの3種とする。

なお、ミキシングには音量バランス調整の処理も含まれているが、本システムにはその処理を搭載していない。そのため、音量バランス調整は、人手による作業とする。また、使用機器の関係上、リバーブなどのエフェクト処理は一切行わない。

### 6.3. アンケート調査

ブラインドテスト後にアンケート調査を行った。その際、以下の設問を含めた。

- 演奏とスピーカー出力にズレを感じたか
- 最も良いと感じた演奏 (処理) はどれか

加えて、最後に演奏の処理方法を開示したうえで、比較を行って処理に対し感じたことについて自由記述をもらった。

### 6.4. 結果と考察

バラード曲での実験を実験 1 とし、王道ロック曲、ラウドロック曲の実験をそれぞれ実験 2、3 とする。各実験に対し、演奏とのズレを感じたかについての集計結果を表 1 に示す。数値は被験者 11 人中「はい」と答えた人数を示している。

表 1 演奏と出力にズレを感じたか

	調整なし	PA	バラード	王道	ラウド
実験 1	0	0	8	9	5
実験 2	0	0	5	3	2
実験 3	0	0	11	11	11

リアルタイム処理については、満足のいく結果とはならず、提案手法適用時にはほとんどの実験で過半数の人が演奏とのズレを感じる事となった。また、実験ごとに比較すると、実験 3 では手法適用時は全員がズレを感じたと答えている。これは、入力チャンネル数が最も多いために処理データ量が増えたことで、より多くの人がわかる程度の出力ズレが生じたと推測する。実験 1 と実験 2 では、正確に計測したわけではないが、どちらも確かに演奏と比べて出直に若干遅れが生じているが、この 2 実験のズレの差はほとんど変わらない。それでも実験 1 で「はい」と答えた人が多かったのは、バラードという曲の特性によるものであると推測する。抑揚の多い特徴があり、その抑揚は演奏楽器数に由来するところもある。急激に演奏中の楽器数すなわち入力有チャンネル数が変化することによって、それに対応した処理が少し遅れて適用されたことにより、より多くの人がズレを感じる結果になったのだと考える。実験 2 の際は、抑揚の小さい曲であったこともあり、処理も曲中大きく変化することがなかったため、ズレを感じる人が比較的少なかったと考える。被験者 11 人に、最も良いと感じたミキシン

グについて、それぞれの実験で 1 票ずつ投票してもらった結果を表 2 に示す。

表 2 最も良いミキシングへの投票結果

	調整なし	PA	バラード	王道	ラウド
実験 1	0	6	1	3	1
実験 2	0	5	1	3	2
実験 3	0	5	0	0	6

提案手法のシステムによる処理に良い評価を得られたことは確認できる。しかし、どの実験においても約半数の人が従来の PA (人手) による処理が最適であると解答した。加えて、実験 3 のみ、提案手法かつ曲調設定を楽曲に合わせた処理に過半数の評価を得ることができているが、他の 2 実験では、対応した曲調に対する評価は高くはないことがわかる。また、ブラインドテスト後の投票後に、処理方法を開示したうえでの感想を自由記述してもらった。それらをまとめたものを以下に示す。自由記述は解答必須項目ではない。そのため、以下の解答の横に類似した解答をした人数を示しているが、未回答な者、2 つ以上解答した者もいるため、回答数の合計が 11 になるとは限らない。

- 提案システムによる処理が適していないわけではないが、PA による処理に比べると劣る。(5 人)
- 処理方法に正解がないため、「最も良いミキシング」の基準がわかりにくい。(3 人)
- ズレはあったが、PA によるものと近い処理が行われていると感じた。(3 人)
- バラード対応処理と王道ロック対応処理の違いがわかりにくい。(3 人)
- ベース音が好きのため、低音の良く聞こえる処理が好ましいと感じた。(2 人)

## 7. 議論

実験結果から、リアルタイム処理・イコライジング処理・曲調対応処理について、いずれも人手による PA 処理には劣っていたことがわかった。まずリアルタイム処理について、処理データ量の増加により遅延が発生してしまうことが大きな問題点である。出力音源自体はなめらかに出力されていて、一見遅延に気づきにくい。しかし、ライブ中には演奏者がいるため、見えているものと聞こえてくるものに差ができてしまうことはリアルタイム処理として機能しているということとはできない。本実験で最大チャンネル数は 16 であったが、実際のライブでは 20 を超えることが少なくない。どんなにチャンネル数が増えても、遅延を起ささないために、処理をさらに効率化する必要がある。全データを毎時チェックし、全データを毎時修正していく本研究のような処理ではなく、必要データのみ抽出して処理を行えるようにすることが望ましいと考える。また、本システムにはミキシングの 1 つの音量バランス調整機能が含まれていない。完全なミキシング自動化をするうえで、この機能を搭載することにより、さらなる処理量増加で遅延が起こることにも対応していく必要がある。

イコライジング処理に関しては、自由回答記述の意見にもあったように、正しいとされる基準のものがないために、人の好みによって評価された部分が多いと考える。より特徴的な処理を施したラウド系ロック対応処理では、他曲調対応処理に比べ差異を作ることができ、そのぶん高評価を得られたのだろう。イコライジング処理は、熟練した PA と初心者の PA では経験値の違いにより完成度に差異ができる。しかし、熟練した PA 同士の比較でも、PA 当事者の好みにより、イコライジング具合が変化する。本研究の実験でのイコライジング基準は、ミキシング初心者である著者とミキシング経験者の好みに依存したととらえることもできる。評価基準が曖昧なため、本研究の実験結果は一概に「提案手法の成功・失敗」と断言しにくいものとなった。さらに多くの被験者を用意し、より一般的な結果を出す必要があったと考える。また、イコライジングの処理内容に関しては、PA による処理が良いと答えた人が多かったが、それに対する提案手法システムの改善点について有用な意見を得ることができなかった。改善箇所が異なったり、また意見が食い違ったりすることもあり、これも各々の感覚・好みに依存すると推測する。

結果として、提案手法のシステムが正常に動作し、50%ほどの評価を得ることができたという点では、ミキシングシステムは開発できたといえる。しかし、反対に 50%は評価を得られてないうえに、完全リアルタイムでの処理が実現できてないことを踏まえると、「曲調に着目したリアルタイム」ミキシングシステムが開発できたとは言い難い。

## 8. おわりに

PA エンジニアを必要とせず安定した処理を行うリアルタイムミキシングシステムを提案した。自動イコライジングシステムと曲の完成度を高めるために、曲調に合わせて処理を対応させる仕組みを導入した。

ブラインドテストから、多くの高評価を得られず、リアルタイム処理・イコライジング処理ともに現時点では有用ではないことが示された。この問題は、処理の高速化とより多くの PA によるレビューでの処理修正を行うことで改善できると考えられる。

## 文 献

- [1] 谷井章夫, 後藤真孝, 片寄晴弘, "事例を利用したミックスダウン支援インターフェース," 情報処理学会シンポジウム論文集: インタラクション, vol. 2005, no. 4, pp. 245-252, 2005.
- [2] E. Perez-Gonzalez and J. Reiss, "Automatic Gain and Fader Control for Live Mixing," *Proc. IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics*, pp. 1-4, 2009.
- [3] M. Goto, "A Chorus Section Detection Method for Musical Audio Signals and Its Application to a Music Listening Station," *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 43, no. 4, pp. 314-329, 2004.