

# 自動音量調節が可能なオーディオプレイヤーの提案

井上寛生<sup>†1</sup> 黒川真毅<sup>†1</sup> 速水治夫<sup>†1</sup>

CD やダウンロード販売によって手に入れた音楽は曲ごとに音量にばらつきがあり、音楽鑑賞時に再生する曲を変える度に聴取者が音量を変更する必要がある。また、曲によってはその途中で音量を調節しなければならないこともある。そこで、曲の音量を目標として定めた音量へ自動的に設定することで、これらの問題を解決することを試みた。本研究では音量を自動で調節して再生することのできるオーディオプレイヤーを開発し、動作実験とアンケート調査から音量の自動設定による効果を検証する。動作実験によるアプリケーションの検証とアンケート調査の結果から、ダイナミックレンジや曲調への考慮が必要であることや、アプリケーションを使用する上でよりユーザインターフェースや操作性について改善する必要があるが、音量の自動調節には実用性があるという結果が得られた。

## 1. はじめに

近年、デスクトップ・ノート・タブレットなどのコンピュータや、スマートフォン・デジタルオーディオプレイヤーが普及し、音楽の再生機能を持った端末が増加したことで誰もが自宅や出先など様々な環境で音楽を聴く機会が増えている。

発売される曲は流行や技術の進歩とともに年々変化しており、以前はアナログ機器によって曲が作られていたが、現在ではデジタル機器による制作がほとんどとなっている。アナログ機器が主流となっていた頃は、ミキシング<sup>†2</sup> やマスタリング<sup>†3</sup> などの編集作業はやり直しが困難であり、レコーディングの品質が重視されていたがデジタル機器の普及によって編集作業が容易になり、ミキシングやマスタリングも重視されるようになる。こうした背景に伴い、マスタリングによって小さい音がより聞こえるように音圧レベルを上げる傾向になり、過去から現在にかけて発売された曲には音量にばらつきが出るようになった。

本研究では、音楽鑑賞時における音量調節の手間に対して、再生する曲が変わるときに自動で音量を調節するアプリケーションを開発し、音楽鑑賞をする者への負担軽減に役立つかどうかを検証する。

## 2. 問題点と解決策

### 2.1 問題点

ジャンルや発売された年代によって曲の音圧レベルは様々であり、再生する際にいくつかの問題がある。

まず、いくつかの曲を連続で再生する際、再生する曲を変える度に聴取者が音量を調節するのは手間となる。例として、ほかの作業をしながら曲を再生するような場面があるとすると、作業時間を1時間、1曲の長さを3分と仮定したとき、すべての曲の音量を調節したとすると20回もの音量調節をすることになる。

また、曲の音量を調節する際、適切な音量の調節量は聴いてみなければわからない。ダイナミックレンジの大きい

曲では先頭部分の音量が小さく、途中で大きくなるような場合がある。このような曲では、曲が変わるときに先頭部分に対し適切な音量に調節するが、音圧レベルの高い部分が再生された際には音量が大きすぎるため、再び音量を調節しなければならないだけでなく、耳を痛めてしまう可能性もある。

これらの再生時に曲を再生するときや、曲中に音量を調節しなければならないことや、適切な音量を探さなければならないことが問題となる。

### 2.2 解決策

音量調節の手間は、曲を再生する際に曲の平均音量を解析し、解析した結果から自動で音量を調節することで解決する。また、適切な音量への調節は、オーディオプレイヤーに通常のマスタボリュームスライダに加え、ターゲットボリュームスライダを設ける。ターゲットボリュームスライダを操作することで、あらかじめ目標音量を設定し、すべての曲の音量を目標音量と同じになるように調節する。

## 3. 実装する機能

### 3.1 音量の自動調節

音量を自動で調節するためには、あらかじめ目標となる音量を設定しておく必要がある。各曲が読み込まれた際に波形を解析し、各標本点からRMSにより平均音量を算出する。目標となる音量と算出された平均音量を比較した後、その差分を再生時の音量に適用することで自動調節を試みる。

例として、目標音量を-18dBとして定める。解析結果から得られた平均音量は、曲Aを-13.93dB、曲Bを-14.80dBとする。目標音量に対し曲Aの平均音量は4.07dB大きいことになり、曲Bは3.20dB大きいこととなる。再生時に曲Aの音量を4.07dB下げ、曲Bの音量を3.20dB下げることで出力される二つの曲の平均音量は-18dBになる。

### 3.2 プレイリストによる曲の管理

再生したいファイルをその都度開くのは手間となって

<sup>†1</sup> 神奈川工科大学

<sup>†2</sup> 二つ以上のオーディオトラックを調節し、一つのオーディオトラックに混ぜ合わせること

<sup>†3</sup> 音圧レベルや質感を調節し、CDなどのメディアとして完成させること

しまうため、プレイリスト機能を実装することで連続的な再生を可能にする。オーディオデータを読み込ませる度にプレイリストに曲が追加され、既にリストに追加されている曲は後から削除できるようにする。また、追加された曲の並べ替えもできるようにする。

### 3.3 柔軟なウィンドウ操作

作業中に使用できるオーディオプレイヤーとして柔軟なウィンドウ操作をできることが望ましい。画面の最小化だけではなく、ウィンドウを移動させたとき画面端で吸着できるようにするなど、柔軟なウィンドウ操作をできるようにする。

### 3.4 好みに合わせたスキンの適用

Windows NT 6.0 以降、画面の配色などテーマを変更できるようになり、個性を生かした自由な設定ができるようになってきた。また、Windows Vista・Windows 7とWindows 8・Windows 8.1ではデザイン思想が異なり、これまで主流となっていたリッチデザインからフラットデザインへと変更された。現在、普及しているオペレーティングシステムは一つに統一されておらず、これらのデザインの変更に対応するために、ユーザがプレイヤーのデザインを変更できるようにスキン機能を実装する。

## 4. 開発

### 4.1 プラットフォーム

2013年12月では、世界におけるオペレーティングシステム市場の占有率はWindowsが90.73%と、そのほとんどを占めている<sup>[1]</sup>。2014年4月でサポートの終了するWindows XPを除いても占有率は59.51%と半数を超えている<sup>[2]</sup>。本研究では、開発した自動音量調節の仕組みをより多くのユーザへ利用してもらうため、Windows NT 6.0以降のオペレーティングシステムを対象としたデスクトップアプリケーションとして開発する。

### 4.2 開発環境

開発はWindows 7 Ultimate 64bitで行い、開発環境には視覚的なコントロールの配置や高度なヒンティングが行えるMicrosoft Visual Studio 2012を使用する。開発言語にはC#を用い.NET Framework 4.5で動作するアプリケーションを開発する。

### 4.3 設計

本研究では図4.1に示す設計により、アプリケーションの開発をする。

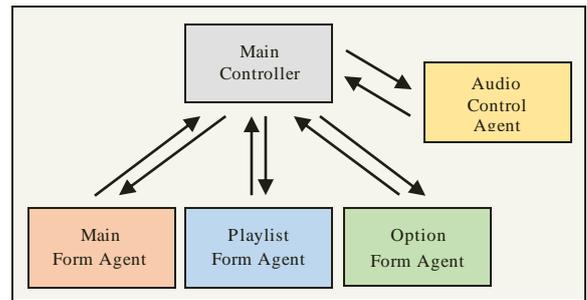


図4.1 設計

エージェント(Agent)はある目的を持った機能をまとめたものとして定義している。オーディオプレイヤーでは再生ボタンを押すことで曲を再生、シークバーの操作により再生位置を変更するため、動作上ではMain Form AgentとAudio Control Agentは互いにやりとりをしているように思える。しかし、本アプリケーションでは保守性・再帰性・再利用性を向上させるために、各エージェントは互いの状態を保持するためのメンバは一切持たせず、エージェント同士が互いにやりとりをすることがないように独立したものとなっている。Main Controllerが各エージェントのプロパティにアクセスすることによって管理・操作をする。以下に各エージェントの役割を列挙する。

#### 1) Main Controller

すべてのエージェントのインスタンスを持ち、各エージェントの管理や操作をする。起動時の状態や設定内容の保存・復元もMain Controllerが行う。

#### 2) Main Form Agent

再生ボタンやシークバーなどのユーザからの操作の受け付けや、レベルメータといったユーザに対して情報の表示をするメインウィンドウを提供する。

#### 3) Playlist Form Agent

いくつかのオーディオデータを管理するためのインターフェイスと、オーディオデータの追加や削除をするプレイリストウィンドウを提供する。

#### 4) Option Form Agent

ユーザに対しアプリケーションの動作に対する設定項目を表示し、設定内容を保持するオプションウィンドウを提供する。

#### 5) Audio Control Agent

オーディオデバイスに対する操作や平均音量の解析、出力などの音に関する機能を提供する。

### 4.4 コントロールの自作

ユーザインターフェイスにスキン機能を実装するにあたり.NET Framework 4.5で使用されるコントロールではボタンやトラックバーに画像を貼り付けることができないため、画像を貼り付けることができるコントロールを自作する必要がある。自作したコントロールにはImage型のプロ

パーティを実装し、プロパティに対して画像を設定することで見た目を変更できるコントロールを実装する。

#### 4.5 ImageButton コントロールの実装

ユーザインターフェイスにスキン機能を実装するにあたり .NET Framework 4.5 で扱われるボタンコントロールでは、画像を貼り付けた際にシステムのビジュアルスタイルが適用されてしまい変更することのできない余白ができてしまう。そこで、既存のボタンコントロールを継承し、OnPaint イベントをオーバーライドすることで独自の描画を行えるようにする。ボタンに使用する画像は一つのファイルの中にマウスアウト・マウスオーバ・マウスダウンの3つの状態を描き、マウスの座標や左クリックの状態によってトリミングし、通常のボタンと同じ動作をするImageButton コントロールを実装する。また、ImageToggleButton コントロールはトグルのONとOFFそれぞれの状態に対してマウスアウト・マウスオーバ・マウスダウンの6つの状態を描くことでONとOFFを切り替えられるトグルボタンとする。それぞれ継承メンバとして存在するImageプロパティをnewキーワードで意図的に隠し、通常のボタンコントロールと同様の操作で画像を設定できるようにする。例としてImageButton コントロールとImageToggleButton コントロールの画像の例を図4.2に示す。

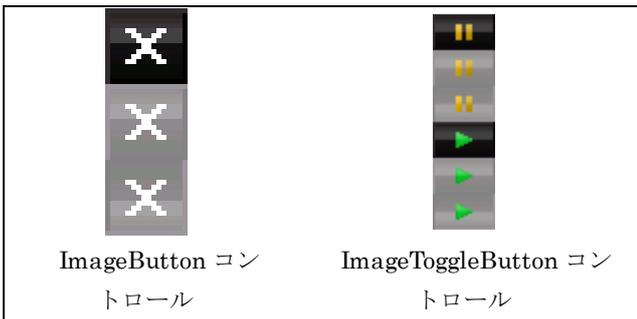


図 4.2 ImageButton コントロールと ImageToggleButton コントロールで使用する画像

#### 4.6 ImageSeekBar コントロールの実装

スキン機能を搭載したシークバーを扱うために、ImageSeekBar コントロールを実装する。ImageSeekBar コントロールは背景部分と現在の値を表示するバー部分を縦につなげた画像と、つかむためのハンドル部分の二つの画像を扱う。float 型の Value プロパティを実装することでシークバーの値を0から1の少数で設定・取得できるようにし、Direction プロパティによりシークバーを縦方向と横方向に変更できるようにする。また、マウスの座標と左クリックの状態によってシークバーを操作できるようにし、set アクセサによりプロパティに値を設定した際、瞬時に見た目が反映されるようになっている。ImageSeekBar コントロールの例として背景とバーを図4.3に、ハンドルを図4.4に示す。



図 4.3 ImageSeekBar コントロールの背景とバー画像



図 4.4 ImageSeekBar コントロールのハンドル画像

#### 4.7 TransparentLabel コントロールの実装

.NET Framework 4.5 で扱われる Label コントロールは背景に透過色を設定することができない。そこで、コントロールのスーパークラスとなる Control クラスを継承し、WndProc メソッドと OnPaint イベントをオーバーライドすることでコントロールに直接文字を描画し、背景の透過処理には TransparentLabel コントロールの直下にある背景を自身の背景画像として反映させることで擬似的な透過を行えるようにする。また、文字の大きさによってコントロールの大きさを自動で適用する AutoScale プロパティと、文字揃えを変更できる TextAlign プロパティを設ける。

#### 4.8 LevelMeter コントロールの実装

出力した音の大きさをメータで表示するための LevelMeter コントロールを実装する。LevelMeter コントロールは画像を表示するための PictureBox コントロールを継承し、新たに設けた Value プロパティに0から1のfloat型の値を設定することで表示できるように設計する。また、メータは値を直接表示できるリニアと音の大きさをわかりやすい値で表示できるデシベルの2種類に対応している。

#### 4.9 Main Form Agent の実装

メインウィンドウに自作したコントロールを配置し、各コントロールが操作されたときに呼び出されるイベントを実装することで Main Controller から Main Form Agent の操作を検知できるようになっている。メインウィンドウのユーザインターフェイスと各部名称を図4.5に示す。

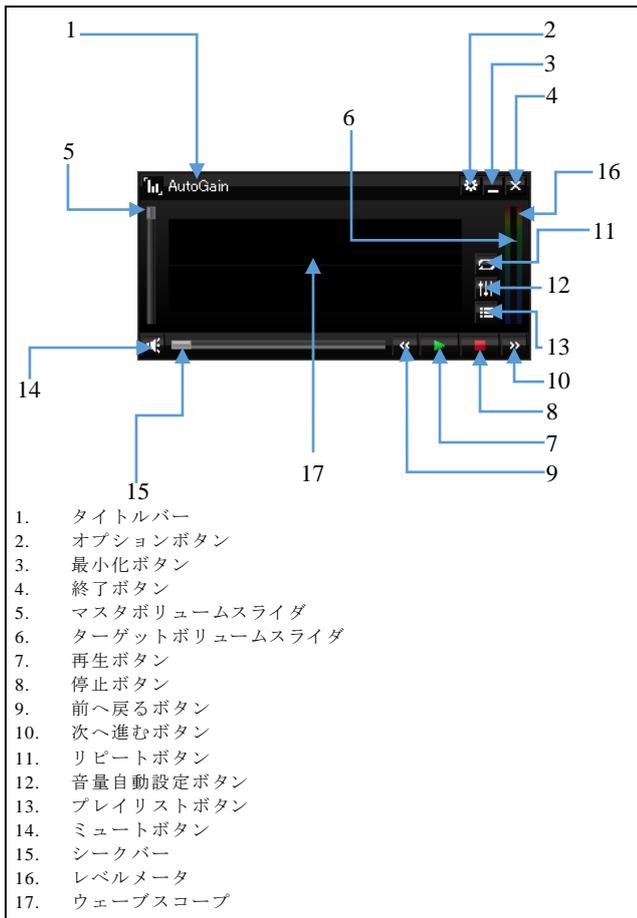


図 4.5 メインウィンドウの各部名称

#### 4.10 Playlist Form Agent の実装

プレイリストウィンドウには自作したコントロールとオーディオファイルを管理するためのリストとして.NET Framework 4.5 で用意されている DataGridView を配置する。通常、DataGridView は項目の並べ替えができないが、マウスの座標と DataGridView で用意されているイベントを組み合わせることで並べ替えができるようになっている。また、プレイリストの項目が選択されたときやウィンドウが閉じられたときのイベントを実装し、メインウィンドウと同様に Main Controller から扱えるように設計する。プレイリストウィンドウのユーザインターフェイスと各部名称を図 4.6 に示す。

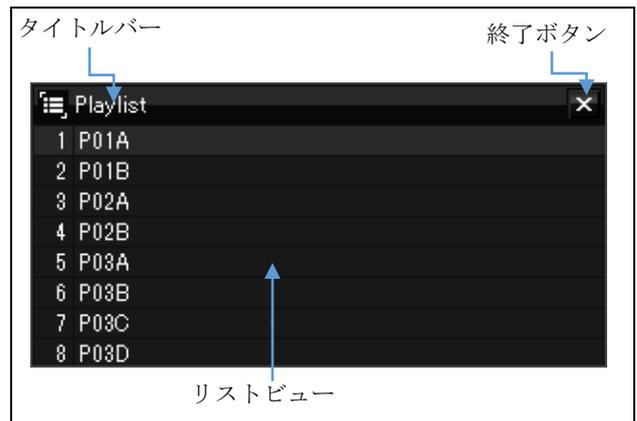


図 4.6 プレイリストウィンドウの各部名称

#### 4.11 Option Form Agent の実装

オプションウィンドウには.NET Framework 4.5 で用意されているコントロールを使用し、アプリケーションの動作の設定をできるようにする。Option Form Agent は各設定項目のプロパティと、設定が完了したときのイベントを実装することで Main Controller から設定が確定したときの検出と設定内容の取得を行えるようにする。オプションウィンドウのユーザインターフェイスを図 4.7 に示す。

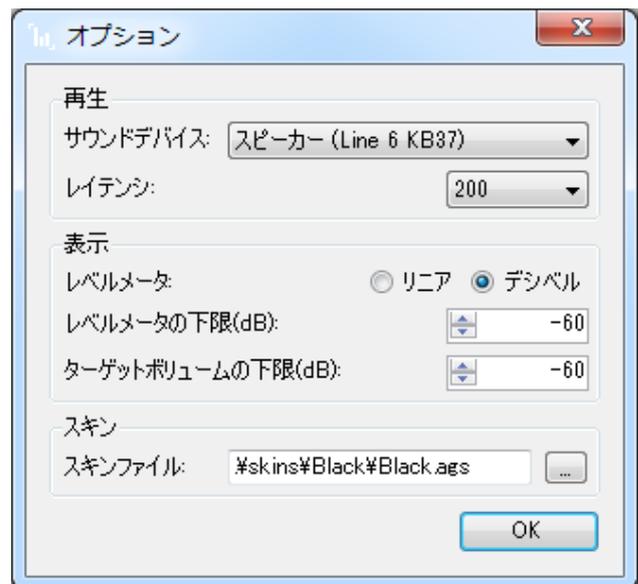


図 4.7 オプションウィンドウのインターフェイス

#### 4.12 Audio Control Agent の実装

Audio Control Agent は平均音量の解析や、再生・停止といった音を出力するための機能を実装する。本研究で開発するアプリケーションでは、オーディオファイルを容易に扱うために Microsoft Public License でライセンスされている NAudio ライブラリを使用する。また、Windows Vista と Windows 7 でミキサーコントロールを扱うために Code Project Open License でライセンスされている Vista Core Audio API Master Volume Control ライブラリをプログラムに組み込む。

#### 4.13 Main Controller の実装

Main Controller はユーザインターフェイスを持たず、各

エージェントとのやりとりやスキンファイル・設定ファイルの読み書きを行う。

Main Controller が曲をプレイリストに追加し、再生するまでの流れを以下に示す。

- 1) Playlist Form Agent がオーディオファイルを受け付け、プレイリストにファイルを追加する。
- 2) Main Form Agent が、再生ボタンが押されたことを検知し Main Controller へ通知する。
- 3) Main Controller が Playlist Form Agent へ選択されているファイルの問い合わせをする。

Main Controller が Main Form Agent へ設定されているターゲットボリュームの問い合わせをする。

- 4) Main Controller が Audio Control Agent へ選択されているファイルの初期化を依頼する。

Main Controller が Audio Control Agent へターゲットボリュームの設定を依頼する。

- 5) Main Controller が Audio Control Agent へファイルの再生を依頼する。

#### 4.14 ウィンドウ吸着機能の実装

ウィンドウ吸着機能の実装にあたり、標準の Form クラスを継承した自作フォームにウィンドウがディスプレイの画面端に近づくとき吸い付く処理を施し、Main Form Agent と Playlist Form Agent に継承させることでメインウィンドウとプレイリストウィンドウが画面端で吸着するようにしている。また、ウィンドウの吸着は画面端だけでなく、ウィンドウ同士でも吸着するようにもなっているため、画面上でのウィンドウの配置が容易になっている。

#### 4.15 スキン機能の実装

アプリケーションの外観をスキンファイルによって変更できる仕組みを実装する。スキンファイルは XML で記述し、コントロールの位置や画像へのファイルパス、色が指定されており、スキンファイルが読み込まれた際に XML の構造を解析しアプリケーションへ適用する。各コントロールは set アクセサにより外観が即時反映されるため、スキンファイルが読み込まれると瞬時に外観が変わるようになっている。

## 5. 実験

### 5.1 使用機材

本実験で使用した機材、ソフトウェアを表 5.1 に示す。

表 5.1 実験で使用した機材およびソフトウェア

機能	メーカー	名前
オペレーティングシステム	Microsoft	Windows 7 Ultimate 64 bit
オーディオインターフェイス	Focusrite	Scarlett 18i20

ヘッドフォン	AKG	Q701
スピーカ	KRK	V4 Series 2
オーディオケーブル	CANARE	SPC01
開発環境	Microsoft	Visual Studio 2012
実行環境	Microsoft	.NET Framework 4.5
DAW ソフト	Steinberg	Cubase 6.5
音声波形編集ソフト	Coderium	SoundEngine Free

### 5.2 使用楽曲

使用する楽曲は平均音量に対しての効果を確認するため、音圧の高いものから低いものまで様々な曲を用意する。楽曲は著者が制作したものを使用するが、様々なジャンルの曲を用意するため、P02A・P02B に神奈川工科大学情報学部情報ネットワーク・コミュニケーション学科四年生の守屋将斗が作曲した曲を、許可を得て使用している。P01B は P01A を -12dB した音源であり、P02B は P02A をマスタリングしていない音源となっている。ファイルはすべてサンプリングレートが 44.1kHz、ビットデプスが 16bit の WAV フォーマットである。本研究の実験で使用する楽曲を表 5.2 に示す。

表 5.2 実験で使用した楽曲のテンポとジャンル

ファイル名	テンポ	ジャンル
P01A	87	アンビエント
P01B	87	アンビエント
P02A	170	ドラムステップ
P02B	170	ドラムステップ
P03A	180	ロック
P03B	204	フュージョン
P03C	165	ポップ
P03D	180	ロック
P03E	70	オーケストラ
P03F	122~142	オーケストラ

### 5.3 実験方法

開発したアプリケーションを使用し、平均音量の違う 2 曲を録音しながら再生する。録音した 2 曲の平均音量の差が、自動調節前の平均音量の差より小さくなっているかを確認する。

アンケートを実施し、自動調節前の音量差と自動調節後の音量差が小さくなっているかを確認してもらい、聴覚上でも有効であるか調査する。比較は P01A と P01B、P02A と P02B、P01A と P03A~P03F の 9 通りで行う。P01A と P01B の比較では同じ曲だが単純に片方の音量を下げた場合、自動調節により正しく音量が戻っているかを確認し、P02A と P02B では同じ曲だがマスタリングによってダイナ

ミックレンジが異なる曲を比較する。P01A と P03A-P03F の比較では異なる曲同士の比較をする。

#### 5.4 実験の準備

オーディオインターフェイスの TRS<sup>†</sup>出力端子と TRS 入力端子をオーディオケーブルで繋ぎ、オーディオインターフェイスのソフトウェアミキサで TRS 出力端子から TRS 入力端子へ経路を設定し、再生した音をそのまま録音できるようにする。

オーディオインターフェイスの再生サンプリングレートと録音サンプリングレートは再生する曲に合わせて 44.1kHz とし、ビットデプスは 16bit とする。

アプリケーションのターゲットボリュームは最大値から 4 割の位置に設定する。オプションウィンドウにてターゲットボリュームの下限を -60dB に設定してあるため、4 割の位置は -24dB となる。また、確認のため開発環境のコンソールヘッターターゲットボリュームの値を出力したところ、ターゲットボリュームスライダの Value プロパティが 0.4、ターゲットボリュームが -24dB になっていることを確認した。

#### 5.5 平均音量の計算と比較

各曲の平均音量は波形編集ソフト SoundEngine Free を使用し、波形編集ソフト内の平均音量の項目を各曲の平均音量として扱う。

自動調節前と自動調節後の正しい平均音量得るには、比較する二つのデータの先頭と後尾の無音部分を揃え、発音タイミングとデータの長さを合わせる必要がある。無音部分が長いとそのデータの平均音量は小さくなり、互いの無音部分が異なると同条件での比較ができなくなるため、DAW ソフトを使用してサンプル単位で波形の位置を合わせた後、データの先頭と後尾が同じになるように揃える。波形の位置を揃えたデータをサンプリングレート 44.1kHz、ビットデプス 16bit の WAV フォーマットで出力し、調節前の曲のファイルサイズと出力したファイルのサイズが等しく、データの長さが同じであることを確認し、調節前の曲と出力したファイルから平均音量を得る。

#### 5.6 アンケート調査

アンケートでは音量の自動調節の効果を聴覚上でも体感できるかを調査する。開発したアプリケーションを実験協力者に使用してもらい、すべての機能を使いアプリケーションの操作性や機能の評価もしてもらい、アンケートの内容を以下に列挙する。

音楽を鑑賞する際の環境について

音量の自動調節の効果があつたか

- 1) アプリケーションのメインウィンドウの機能の理解について
- 2) アプリケーションのプレイリストウィンドウの操作性について

- 3) アプリケーションのオプションウィンドウの機能の理解について

また、アンケートの最後に開発したアプリケーションに対する意見を記述してもらう項目を設けた。

## 6. 結果

### 6.1 実験の結果

各楽曲の平均音量と実験によって得られた結果を表 6.1 に示す。

表 6.1 各曲の平均音量と実験結果

ファイル名	平均音量		調節量
	調節前	調節後	
P01A	-10.82dB	-24.00dB	-13.18dB
P01B	-22.82dB	-24.00dB	-1.18dB
P02A	-7.78dB	-24.00dB	-16.22dB
P02B	-18.40dB	-24.00dB	-5.60dB
P03A	-10.40dB	-24.00dB	-13.60dB
P03B	-14.62dB	-23.99dB	-9.37dB
P03C	-16.61dB	-24.00dB	-7.39dB
P03D	-17.32dB	-24.00dB	-6.68dB
P03E	-18.16dB	-23.99dB	-5.83dB
P03F	-24.95dB	-23.99dB	0.96dB

### 6.2 音楽を鑑賞する際の環境についてのアンケート結果

設問 1 の(イ)から(エ)において実験協力者の環境について調査した結果を表 6.2 に示す。

表 6.2 音楽を鑑賞する際の環境についての結果

設問	“はい” の割合
普段音楽鑑賞をするか	91.3%
作曲・レコーディング・エンジニア (PA 等) に携わったことがあるか	52.6%
曲ごとの音量にばらつきを感じたことがあるか	95.7%

設問 1 の(オ)において、実験協力者が利用している鑑賞手段についての調査結果を表 6.3 に示す。

表 6.3 鑑賞手段についての結果

鑑賞手段	回答数
iTunes	12
ニコニコ動画	11
Windows Media Player	10
YouTube	9
AIMP3	1

<sup>†</sup> プラグ内部で Tip, Ring, Sleeve の 3 極に分かれたアナログ信号を扱うためのバランス伝送型オーディオケーブルのこと

foobar2000	1
LISMO	1
尺八チューンズ	1
無回答	1

設問 1 の(カ)において、実験協力者が使用しているオペレーティングシステムについての調査結果を表 6.4 に示す。

表 6.4 オペレーティングシステムについての結果

オペレーティングシステム	回答数
Windows 7 Ultimate 64bit	3
Windows 7 Enterprise 64bit	2
Windows 7 Professional 64bit	6
Windows 7 Home Premium 64bit	3
Windows 7 Home Premium 32bit	1
Windows 8 64bit	1
無回答	7

設問 1 の(キ)において、実験協力者が使用しているオーディオインターフェイスについての調査結果を表 6.5 に示す。

表 6.5 オーディオインターフェイスについての結果

メーカー	製品名	回答数
BEHRINGER	U-CONTROL UCA222	1
Creative	Sound Blaster X-Fi Xtreme Audio	1
Creative	X-Fi Go!Pro	1
Focusrite	Scarlett 2i4	1
LINE6	TONE PORT KB37	1
Native Instruments	KOMLETE AUDIO 6	1
Realtek	High Definition Audio	3
Roland	EDIROL UA-4FX	1
Roland	QUAD-CAPTURE	1
SONY	UAB-80	1
Steinberg	CI1	1
TASCAM	US-144MKII	1
	無回答	9

設問 1 の(ク)において、実験協力者が使用しているヘッドフォンおよびスピーカについての調査結果を表 6.6 に示す。

表 6.6 ヘッドフォンおよびスピーカについての結果

メーカー	製品名	出力形式	回答数
FOSTEX	RS-N2	スピーカ	1
AKG	K271MK2	ヘッドフォン	1

audio-technica	ATH-SJ11	ヘッドフォン	1
audio-technica	ATH-WS55X	ヘッドフォン	1
Logicool	X-140	スピーカ	1
Panasonic	RP-HT260	ヘッドフォン	1
Razer	Orca	ヘッドフォン	1
Sennheiser	HD598	ヘッドフォン	1
SONY	MDR-CD900ST	ヘッドフォン	3
SONY	MDR-ZX700	ヘッドフォン	1
SONY	SRS-A201	スピーカ	1
SONY	XBA-1	ヘッドフォン	1
SteelSeries	5Hv2	ヘッドフォン	2
	無回答		8

### 6.3 音量の自動調節の効果についてのアンケート結果

設問 2 の(ア)から(ツ)において、アンケート調査の結果と実験での結果をまとめたものを表 6.7 に示す。

表 6.7 音量の自動調節における効果についての結果

設問	音量が大きいと感じた割合			効果を感じた人の割合
	前者	後者	同じ	
P01A と P01B の比較	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
P02A と P02B の比較	95.7%	4.3%	0.0%	87.0%
P01A と P02A の比較	0.0%	100.0%	0.0%	82.6%
P01A と P03A の比較	13.0%	78.3%	8.7%	87.0%
P01A と P03B の比較	81.8%	9.1%	9.1%	100.0%
P01A と P03C の比較	91.3%	4.3%	4.3%	82.6%
P01A と P03D の比較	91.3%	4.3%	4.3%	82.6%
P01A と P03E の比較	52.2%	34.8%	13.0%	56.5%
P01A と P03F の比較	95.7%	4.3%	0.0%	87.0%

### 6.4 操作性についてのアンケート結果

設問 3.1 の(ア)から(タ)において、各機能の役割を理解できていたか調査結果を表 6.8 に示す。

表 6.8 メインウィンドウについての結果

設問	“はい”の割合
終了ボタン	100.0%
最小化ボタン	100.0%
オプションボタン	95.7%
再生ボタン	100.0%
停止ボタン	100.0%
前へ戻るボタン	100.0%
次へ進むボタン	100.0%
リピートボタン	95.7%
音量自動設定ボタン	95.7%
プレイリストボタン	100.0%
ミュートボタン	100.0%
マスタボリュームスライダ	100.0%
ターゲットボリュームスライダ	95.7%
シークバー	100.0%
レベルメータ	91.3%
ウェーブスコープ	95.7%

設問 3.2 の(ア)から(ウ)において、プレイリストの操作性について、各操作を行えたか調査した結果を表 6.9 に示す。

表 6.9 プレイリストウィンドウについての結果

設問	“はい”の割合
オーディオファイルの追加	95.7%
オーディオファイルの削除	73.9%
オーディオファイルの並べ替え	100.0%

設問 3.3 の(ア)から(カ)において、オプションウィンドウの各設定項目の理解について、オプションを変更しその役割について理解できたか調査した結果を表 6.10 に示す。

表 6.10 オプションウィンドウについての結果

設問	“はい”の割合
再生デバイス項目	100.0%
レイテンシ項目	78.3%
レベルメータ項目	82.6%
レベルメータの下限(dB)項目	78.3%
ターゲットボリュームの下限(dB)項目	87.0%
スキンファイル項目	95.7%

設問 3.4 の(ア)から(エ)において、アプリケーション全般についての調査結果を表 6.11 に示す。

表 6.11 アプリケーション全般についての結果

設問	“はい”の割合
音量の自動調節により音質の変化が感	17.4%

じられたか	
ウィンドウの吸着機能は適切に動作していたか	90.9%
スキン機能によってプレイヤにオリジナリティは出るか	95.5%
普段使用するオーディオプレイヤーとして使用できるか	45.5%

## 7. 考察

### 7.1 音量の自動調節による効果の考察

実験で得られた平均音量の値について考察を述べる。考察を述べるに当たり、自動調節の適用前と適用後の平均音量をグラフにしたものを図 7.1 に示す。

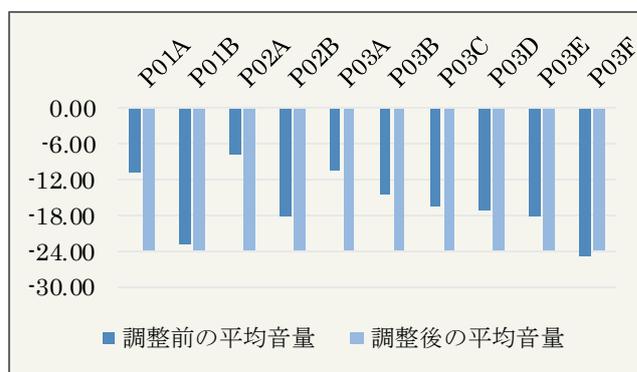


図 7.1 音量の自動調節前と調節後の平均音量

P01B は P01A を-12dB した音源であり、調節前の音量は P01A が-10.82dB、P01B が-22.82dB となっていることがわかる。この二つの音源に対し音量の自動調節をした結果、調節後はどちらも-24.00dB となり、その差は 0dB と同じ音量になり、目標音量に調節できていることがわかる。

次に P02A と P02B の比較をする。P02B は P02A のマスタリング前の音源であり、音圧レベルが低くなっているため平均音量も P02A より小さい。この二つの音源に対し音量の自動調節をした結果、どちらも平均音量は-24.00dB とその差が無くなり目標音量に調節できている。

P01A とその他各曲との比較では、平均音量のもっとも大きいものは P02A の-7.78dB、もっとも小さいものは P03F の-24.95dB となっている。それに対し、自動調節後はどれも-24dB 付近となり、平均音量の最大値と最小値の差は自動調節前が 17.17dB、自動調節後は 0.01dB と大幅に小さくなっていることがわかる。

以上の結果より、音量の自動調節によってそれぞれの音量が揃ったといえる。

### 7.2 ターゲットボリュームと自動調節後の平均音量につ

## いての考察

今回の実験ではターゲットボリュームを4割の位置に設定し、目標となる平均音量が-24dBになるようにしている。しかし、実験結果では自動調節後の平均音量はそのほとんどが-24dBへと調節されたが、P03B・P03E・P03Fは-23.99dBとなっている。自動調節した曲の平均音量を求めるに当たって出力した音を録音した際、デジタル信号をアナログ信号へと変換し再びアナログ信号からデジタル信号へと変換したこと、録音した際のノイズが0.01dBの差として現れたと推測する。

### 7.3 実験結果とアンケートの調査結果の比較と考察

実験から得られた結果とアンケートの調査結果から、調節前の平均音量と自動調節の効果について実験により得られた値と聴覚上の結果の違いについて考察を述べる。考察を述べるにあたり、アンケートの設問に対する結果と実験結果を以下の表7.1表7.1と表7.2に示す。

表 7.1 実験結果とアンケートから得られた音量の比較

設問	音量が大きいと感じた割合			実験結果	
	前者	後者	同じ	前者	後者
P01AとP01	100.0%	0.0%	0.0%	-10.82dB	-22.82dB
P02AとP02	95.7%	4.3%	0.0%	-7.78dB	-18.40dB
P01AとP02	0.0%	100.0%	0.0%	-10.82dB	-7.78dB
P01AとP03	13.0%	78.3%	8.7%	-10.82dB	-10.40dB
P01AとP03	81.8%	9.1%	9.1%	-10.82dB	-14.62dB
P01AとP03	91.3%	4.3%	4.3%	-10.82dB	-16.61dB
P01AとP03	91.3%	4.3%	4.3%	-10.82dB	-17.32dB
P01AとP03	52.2%	34.8%	13.0%	-10.82dB	-18.16dB
P01AとP03	95.7%	4.3%	0.0%	-10.82dB	-24.95dB

表 7.2 自動調節の効果を感じた人の割合

設問	自動調節の効果を感じた人の割合
P01AとP01B	100.0%
P02AとP02B	87.0%
P01AとP02A	82.6%
P01AとP03A	87.0%

P01AとP03B	100.0%
P01AとP03C	82.6%
P01AとP03D	82.6%
P01AとP03E	56.5%
P01AとP03F	87.0%

聴覚上の曲の平均的な音量は、実験により得られた平均音量と比較すると概ね合っていることがわかる。しかし、P01AとP03Aの比較では、実験結果は-10.82dBと-10.40dBとなっており、さほど平均音量に差はないにもかかわらず、アンケートの調査結果では“同じ”と回答した者は少なく、P03Aの方が大きいと回答した者が多い結果となっている。P01AとP03Eの比較においても実験結果では-10.82dBと-18.16dBとなっており、大きな差があるにもかかわらずアンケートの調査結果では回答にばらつきが出ている。この結果について曲を聴き比べてみると、P03AとP03Eはどちらも出だしの音の大きいピアノから始まり、P03Eはパート数や音数も少なく音量の大きい部分と小さい部分の差があるダイナミックレンジの大きい曲であった。本研究で開発したアプリケーションは再生時に曲の音量を決定し、ダイナミックレンジを変化させずに音量調節をする仕組みであるため、ダイナミックレンジの小さい曲では大音量部分と小音量部分の差は小さいが、ダイナミックレンジの大きい曲では大音量部分と小音量部分の差が大きくなる。ダイナミックレンジの大きい曲は小さい曲より最大音量が大きくなるためこのような結果になったと推測できる。

また、音量の自動調節による効果についてアンケートの調査結果では、ほとんどの曲において効果の体感ができたと回答した者が80%を超える結果が得られた。P01AとP03Eの比較では自動調節による効果を体感できた者が56.5%しかいないことについて、P03Eはダイナミックレンジが大きいため実験協力者によっては大音量部分と小音量部分の異なる箇所を聴き比べたため結果が分かれたと推測できる。

### 7.4 メインウィンドウにおける機能の理解と操作性についての考察

アンケート調査によりメインウィンドウにおける機能の理解は、すべてにおいて90%以上が理解できたという結果が出ている。これは関連性のある機能を同じ箇所に配置し、動作に対する結果をアイコンとしてボタンに表示することで、使用者が各機能の動作に対してアプリケーションが起こす反応に対し理解しやすくなったからと思われる。

アンケートの設問4におけるアプリケーションに対する意見では標準スキンでトグルボタンのONとOFFの状態がわかりづらいという意見が多かった。標準スキンではトグルボタンがONのときはボタンの背景画像の上部が暗く下部が明るくなっており、OFFのときは上部が明るく下部が

暗くなっている。ボタンの状態が背景画像の明暗だけであることや、アイコン部分は状態にかかわらず常に白色であることが状態の違いを把握しづらい原因であると推測する。これに対しアイコン部分を OFF のときは灰色にし、有効になっていないことを表すことで解決できると思われる。

## 7.5 プレイリストウィンドウにおける操作性についての考察

アンケート調査によりプレイリストウィンドウにおける操作の理解はオーディオファイルの追加が 95%以上、オーディオファイルの並べ替えが 100%であり、オーディオファイルの削除は 73.9%という結果が得られた。

オーディオファイルの追加は、オーディオファイルをプレイリストウィンドウにドラッグ&ドロップすることで追加でき、並べ替えは対象となる曲をドラッグすることで行う。しかし、オーディオファイルの削除はキーボードの Delete キーで行うため、マウスによる操作とキーボードによる操作が混在したことが、オーディオファイルの削除のみ少ない 73.9%になった原因と思われる。

## 7.6 オプションウィンドウにおける設定項目の理解についての考察

アプリケーションのオプションウィンドウにおける設定項目の理解について考察する。考察を述べるにあたり、事前アンケートとオプションウィンドウの各設定項目の理解についての調査結果を表 7.3 に示す。

表 7.3 オプションウィンドウにおける設定項目の理解についての結果

設問	全体	作曲等の経験	
		有り	無し
再生デバイス項目の役割	100.0%	100.0%	100.0%
レイテンシ項目の役割	78.3%	91.7%	63.6%
レベルメータ項目の役割	82.6%	91.7%	72.7%
レベルメータの下限 (dB) 項目の役割	78.3%	91.7%	63.6%
ターゲットボリュームの下限 (dB) 項目の役割	87.0%	100.0%	72.7%
スキンファイル項目の役割	95.7%	100.0%	90.9%

オプションウィンドウにおける設定項目の理解は、アンケート調査により 78%以上が理解できたという結果が得られた。作曲・レコーディング・エンジニア (PA 等) に携わったことがある者は 91%以上が理解していたのに対し、携

わったことのない者の理解は少なかった。レイテンシやレベルメータの下限に対する理解は特に少ない結果となっている。

レイテンシは再生する際の安定性にかかわる項目であり、設定した値が大きいほど再生ボタンを押してから発音されるまでの時間が遅くなるが安定した再生ができる。値が極端に小さい場合、音が途切れるなどの安定した再生ができなくなる。レベルメータの下限は表示するメータで無音とする値を設定する項目であり、標準では -60dB となっている。出力した音が -60dB を下回るとメータは最低値となり、値が表示されなくなる。これらは作曲・レコーディング・エンジニアに携わったことのある者は目にする機会が多いため、経験による有無が設定項目の理解に影響したと推測できる。

## 7.7 アプリケーション全般における調査結果についての考察

アンケート調査による結果から音量の自動調節により音質に変化が感じられたと回答した者は全体の 17.4%であり、80%以上が音質に変化を感じられなかったという結果が得られた。実験ではもっとも調節量の大きかった曲は P02A の -16.22dB であり、これは情報量に直すとおよそ 3bit の損失に相当する。変化を感じられたと回答した者のうちほとんどが作曲・レコーディング・エンジニアに携わったことのある者であり、16bit のデータに対し 3bit 分の音質の変化を感じただと思われる。

普段使用するオーディオプレイヤーとして使用できるかという設問に対し、“はい”と答えた者は 45.5%しかおらず、アンケートの設問 4 の回答にて対応しているファイルフォーマットが少ないことや、標準スキンでのトグルボタンの状態が確認しづらいことが、普段使用する上での問題となっていたと推測する。

## 8. おわりに

本研究では、音楽鑑賞時における音量調節の手間に対し、自動で音量を調節するアプリケーションを開発することで音楽鑑賞における負担軽減を試みた。

実験によりアプリケーションが様々な曲に対して正しく音量の調節ができていることを確認し、アンケート調査の結果からも音量の自動調節は聴覚上において効果的であることがわかった。しかし、ダイナミックレンジの大小や曲調によっては音量を揃えるのが難しいことや、インターフェイスや操作性が普段使用するオーディオプレイヤーとして重要な要素であることもアンケート調査の結果から得ることができた。

したがって、音量調節の手間と最適な音量への調節はアプリケーションによる自動設定で軽減することができ、実用性はあるがダイナミックレンジや曲調への考慮が必要であるということ、アプリケーションを使用する上でユーザ

インターフェイスや操作性は重要な要素であることの二つの問題点について解決が必要であるといえる。以上の二つの問題点の解決を今後の課題とし、音楽鑑賞時における負担軽減のための方法を更に追求していく。

## 9. 謝辞

本研究において、ご指導を頂いた神奈川工科大学情報学部情報メディア学科黒川真毅准教授と神奈川工科大学情報学部情報メディア学科速水治夫教授に深く感謝を申し上げる。また、実験に必要なデータを提供して頂いた神奈川工科大学情報学部情報ネットワーク・コミュニケーション学科四年守屋将斗と、実験の際に協力を引き受けて下さった皆様に深く感謝する。

## 参考文献

- 1) Microsoft. (日付不明). Windows XP、Office 2003 サポート終了の重要なお知らせ. 参照先: Microsoft:  
[https://www.microsoft.com/ja-jp/windows/lifecycle/xp\\_eos.aspx](https://www.microsoft.com/ja-jp/windows/lifecycle/xp_eos.aspx)
- 2) NetMarketShare. (2013 年 12 月). Desktop Operating System Market Share. 参照先: NetMarketShare:  
<http://www.netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx>