

2017 年度 卒 業 論 文

楽曲からのリズム取得の違いによる  
音楽ゲーム譜面の難易度表現に関する研究

指導教員：渡辺 大地 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス プロジェクト  
学籍番号 M0114297  
都丸 英紀

2018 年 3 月

2017年度 卒業論文概要

論文題目

楽曲からのリズム取得の違いによる  
音楽ゲーム譜面の難易度表現に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0114297

氏名

都丸 英紀

指導  
教員

渡辺 大地 准教授

キーワード

音楽、リズムゲーム、自動化、  
旋律、リズム、拍子、難易度

ゲームジャンルの1つとして音楽ゲームというものがある。このゲームの特徴として、音楽に合った指定されるタイミングでアクションをとり、音楽を奏でる体感を覚えることに面白さを感じる点である。アクションを起こすタイミングは、ゲームのコンセプトによって多少変化はするものの、基本はプレイヤーが楽曲のリズムの流れを感じられるような作りがされている。音楽ゲームプレイヤーの間では、アクションをとるタイミングの指標を「ノーツ」と呼び、そのノーツの一連の流れを譜面と呼ぶ。音楽ゲームでは機種によって違いはあるが通常3~4段階の難易度が設定されている。そのため1つの曲に対して複数の難易度の譜面を作る必要があり手間がかかる。譜面の制作の手間を軽減するために、譜面を自動生成するための研究がいくつか行われているが、先行研究では、状況によっては自動生成に適さない場合があるという問題があると考えた。そこで、本研究では先行研究の改善として、既存音楽ゲームの特徴を考慮して、曲から取得するリズムを変えることによって既存音楽ゲームと同程度の複数の難易度の譜面を自動生成する手法を提案する。本研究では、タイミングの取得のしやすさとパートの把握のしやすさからMIDI形式の楽曲データをもとに、音楽ゲームの譜面を自動生成した。ノーツの生成に関して、本研究で定義するメロディのリズム・ドラムのリズム・ビート・ドラムの盛り上がりの4つを難易度ごとに設定して取得することにより、難易度を表現した。既存音楽ゲームのノーツは低難易度ほどドラムのリズムをもとにしたタイミングであり、高難易度ほどメロディとなる主旋律のリズムをもとにしたタイミングが多い傾向から、ノーツ生成には、低難易度ではドラムのリズムを、高難易度ではメロディのリズムを基調とし、間の中難易度はドラムとメロディのリズムの組み合わせとした。ノーツの生成のタイミングは難易度ごとにビートを変え、難易度ごとに定めたメロディもしくはドラムのリズムとビートのタイミングが一致した時生成した。また、各小節におけるドラムの音数によって盛り上がりがあるかを定め、盛り上がりによってメリハリを付けた。生成した譜面に対しての評価実験を行ったところ、低難易度に関して既存の音楽ゲーム譜面と同じような難易度を表現することを可能にしたが中難易度と高難易度に関しては部分的に同じような表現を感じるものの、既存音楽ゲームと似たような難易度にはならなかった。

# 目次

|       |                |    |
|-------|----------------|----|
| 第1章   | はじめに           | 1  |
| 1.1   | 研究背景と目的        | 1  |
| 1.2   | 論文構成           | 4  |
| 第2章   | 音楽ゲームについて      | 5  |
| 2.1   | 音楽ゲームの分類       | 5  |
| 2.1.1 | リズム型           | 6  |
| 2.1.2 | 模倣型            | 6  |
| 2.1.3 | 非模倣型           | 8  |
| 2.1.4 | 本研究の対象         | 10 |
| 2.2   | 譜面型の特徴         | 10 |
| 第3章   | 提案手法           | 13 |
| 3.1   | 難易度表現に使用する項目   | 14 |
| 3.2   | MIDIからの楽曲情報の取得 | 17 |
| 3.3   | ノーツ生成のタイミング    | 18 |
| 3.4   | 難易度ごとの設定       | 19 |
| 3.5   | ツール制作について      | 22 |
| 第4章   | 評価実験           | 24 |
| 4.1   | 実験内容           | 24 |
| 4.1.1 | 実験用譜面生成        | 24 |
| 4.1.2 | 実験検証用ツール       | 26 |
| 4.1.3 | 実験方法           | 27 |
| 4.2   | 実験結果と考察        | 28 |
| 4.2.1 | 被験者データ         | 28 |
| 4.2.2 | 評価項目           | 28 |

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| 4.2.3             | 叩けた割合 . . . . .   | 29 |
| 4.2.4             | 叩くタイミングのリズムが取りやすいと思いましたが . . . . .                      | 30 |
| 4.2.5             | 叩くタイミングが曲を通してメリハリがあると思いましたが? . . . . .                  | 31 |
| 4.2.6             | ノリがいいと感じると思いましたが? . . . . .                             | 31 |
| 4.2.7             | 叩くタイミングが音楽にあっていると思いましたが? . . . . .                      | 32 |
| 4.2.8             | A と B でどのくらい難易度が似ていると思いましたが? . . . . .                  | 33 |
| 4.2.9             | A と B でタイミングによる音楽の表現の傾向がどのくらい似ていると思<br>いましたか? . . . . . | 34 |
| 4.2.10            | 自由記述 . . . . .  | 35 |
| 4.3               | 考察とまとめ . . . . .  | 36 |
| 第 5 章 おわりに        |   | 38 |
|                   | 謝辞  | 40 |
|                   | 参考文献  | 41 |
| 付録 A 章 本手法で生成した譜面 |   | 44 |

# 目 次

|     |                               |    |
|-----|-------------------------------|----|
| 2.1 | 太鼓の達人のゲーム画面の再現画像 . . . . .    | 11 |
| 3.1 | ビートの説明 . . . . .              | 16 |
| 3.2 | ノーツ生成のタイミングの説明 . . . . .      | 19 |
| 3.3 | 4ビートの強拍のみのタイミング . . . . .     | 20 |
| 3.4 | 4ビートの強拍と中強拍のみのタイミング . . . . . | 20 |
| 3.5 | 4ビートのタイミング . . . . .          | 21 |
| 3.6 | 8ビートのタイミング . . . . .          | 22 |
| 3.7 | 情報設定の図 . . . . .              | 23 |
| 3.8 | 書き出しファイル画像 . . . . .          | 23 |
| 4.1 | 比較譜面のタイミング入力 . . . . .        | 26 |
| 4.2 | ゲームツール画面 . . . . .            | 27 |
| 4.3 | 正しく叩けた数の割合 . . . . .          | 30 |
| 4.4 | リズムが取りやすいと思ったか . . . . .      | 30 |
| 4.5 | メリハリがあると思ったか . . . . .        | 31 |
| 4.6 | ノリを感じると思ったか . . . . .         | 32 |
| 4.7 | 曲にあっていてと思ったか . . . . .        | 33 |
| 4.8 | 難易度はどのくらい似ているか . . . . .      | 34 |
| 4.9 | 表現はどのくらい似ているか . . . . .       | 35 |
| A.1 | 本手法で生成した譜面 . . . . .          | 44 |

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究背景と目的

ゲームのジャンルとして様々なものが存在するが、そのうちの 1 つに音楽ゲームというものが存在する。音楽に合わせてプレイヤーがアクションをとることによって得点を得る事ができ、指定された得点のノルマをクリアするといった遊び方をする。音楽ゲームをプレイするコミュニティの中では、いつアクションを起こすか、どこでアクションを起こすか等のタイミングの指標となるものを「ノーツ」と呼び、ノーツの一連の流れを示したものを「譜面」と呼ぶ。

音楽ゲームは幅広いプラットフォームで遊ばれ、ゲームセンター、家庭用機、スマートフォンと広がりを見せており、それぞれのゲームのコンセプトによって、ゲーム性やアクションの取り方が異なることで違いを出していることが多いが、基本となる音楽に合わせて、予測しながらタイミングよくアクションを行うことで音楽を奏でるような体感ができることに面白さを感じるという特徴は変わらない。

音楽ゲームの楽曲は、オリジナルの楽曲だけでなく有名な Jpop やアニメソングなども使用されており、最近では同人音楽やボーカロイド楽曲など多くのジャンルの曲が使用され、ますます楽曲の種類に対する譜面制作のむずかしさが上がっている。さらには、1 つの楽曲に対して基本は

少なくとも 3,4 種類の難易度別の譜面が必要となり、楽曲の特徴をとらえた難易度ごとの譜面を制作することを考える必要があり、譜面制作の手間が大変である。

譜面制作の手間を軽減するために、音楽ゲーム譜面を自動生成する研究がいくつか行われている。Chris Donahue ら [1] は音楽ゲーム譜面を、音楽ゲームシミュレーションソフトで、プレイヤーが独自に制作した譜面のサンプルデータから、機械学習によって難易度の違う譜面を生成した。しかし、これには機械学習を用いるためのサンプルデータの用意が必要となるため、新規の音楽ゲームや追加楽曲を適用させるには、データが存在しないため生成ができない恐れがある。他にも香川ら [2] は、重要なフレーズは繰り返すという考えのもと、音楽の 3 要素である、メロディ、リズム、ハーモニーから、頻出頻度を利用した重要音抽出法を用いてキーとなる音を抽出する方法により、曲の印象を強める事に効果があることを示した。しかし、繰り返し部が少ない楽曲や反対に多い楽曲だと、重要音を決めるのが難しい恐れがあるなど、曲の構成によって譜面生成が難しいと考えた。

そこで本研究では先行研究の改善として、音楽ゲーム譜面の自動生成において新たに難易度を手軽に表現する方法として、楽曲の持つリズムから譜面を生成し、既存の音楽ゲーム作品の特徴を考慮して難易度ごとに楽曲からのリズム取得の方法を変更することで、複数の難易度を表現できるのではないかと考えた。最近の音楽ゲームの傾向として、難易度が低いほど、楽曲のドラムに基づくリズムを重要視し、かつ少ないノーツ数で曲のリズムをつかんでもらうよう作られていると考えた。対して、難易度が高くなるにつれ、ドラムのリズムに対して、メロディの表現が強くなり、さらにはノーツの数が多くなる。ノーツ数が増加し、プレイ動作が忙しくなるが、音楽に合わせたリズムによって、ノリによって動けるよう作られていると考えた。また、譜面の序盤はリズムが一定で、慣れてきた後半の部分でリズムをより曲の旋律に合わせたものにするなど、曲の魅せたい部分を考慮して、リズムでメリハリをつけ、表現力を向上させる工夫もある。このように音楽ゲームは難易度の違いによってアクション数が増えることから、難易度ごとに楽曲の中

で重要視する部分を変えることで音楽の表現とゲーム性を合わせていると考えた。

本研究では、音楽ゲームの譜面制作において、楽曲から取得するリズムの設定を変更することによって低難易度から高難易度までの3段階の難易度表現を行う手法を提案する。また、生成する譜面の難易度は、既存の音楽ゲームと同程度の難易度・表現を持つような譜面になるようにすることを目指した。本研究で対象とする音楽ゲームの形式として、近年多く見られる画面を流れるノーツによってアクションを行い、アクションが特定の動作を模倣していないものとした。手順として、フリーのゲームエンジンである「Unity」を用いて自作の音楽ゲーム譜面制作ツールを作成し、MIDI形式の楽曲ファイルからリズムを取得した。譜面作成におけるリズム取得に関して、本研究で定義するメロディのリズム・ドラムのリズム・ビート・ドラムの盛り上がりの各項目を調節することで難易度の違う音楽ゲーム用譜面を自動生成した。3段階のうち低い難易度は、ドラムのリズムを基準に生成し、中間の難易度はドラムとメロディのリズムを合わせたものを基準に生成し、高い難易度はメロディのリズムを基準に生成した。ノーツを生成するタイミングは、4分の4拍子におけるアクセントの概念をもとに、難易度ごとに指定したビートによるタイミングの時に難易度別に基準としたメロディまたはリズムの音が鳴っている時とした。さらに、ドラムパートの1小節における音数を用いてドラムが盛り上がっているかを決め、盛り上がりがある部分によって調整を加えることでメリハリを付けた。実際に生成した譜面を既存の音楽ゲーム譜面と比べて、生成した譜面に対して、難易度の表現ができているかどうか、楽曲のリズムを損なうものになっていないかなどを評価実験を行った。実験の結果、低難易度には本手法が既存音楽ゲーム譜面のような難易度を表現することに成功した。中難易度と高難易度に関しては、一部譜面表現は似ているが難易度は似ていないという結果になった。

## 1.2 論文構成

本論文の構成を説明する。第2章では既存音楽ゲームを分類し、本研究が分類した音楽ゲームの中でどの部類を対象としているのかと、音楽ゲームの基本的な特徴を述べる。第3章では本研究における難易度表現の詳しい手法の説明と、本手法のために制作した音楽ゲーム譜面生成ツールについて述べる。第4章では本研究の手法が有効であるか、生成した譜面を使用して行った実験とその考察について述べる。第5章では終わりとして、本研究を通しての総括を述べる。

## 第 2 章

# 音楽ゲームについて

第 2 章では、本研究内の理解において、音楽ゲームがどのようなものであるかについて述べる。まず 2.1 節では、既存の音楽ゲームの分類について説明し、本研究における対象を述べる。2.2 節では本研究対象となる音楽ゲームの特徴を遊び方や譜面傾向をもとに説明する。なお、本研究においてはゲームごとにおける細かい操作方法やアクションには触れず、多くのゲームにおいて共通する部分についてのみを扱うものとする。

### 2.1 音楽ゲームの分類

現在音楽ゲームは今では、ゲームセンターをはじめ、家庭用機、スマートフォンなど幅広いプラットフォームで遊ぶことができる、基本的な特徴は共通しているが、本研究では、既存の音楽ゲームをアクションの起こすきっかけが、先に示されるリズムをまねる物である「リズム型」と、音楽をもとにした譜面による物である「譜面型」の 2 つに分けた。さらに「譜面型」の内で、アクションが特定の動作を模倣しているか否かで「模倣型」と「非模倣型」の 2 つに分けた。そのうえで、本研究が 3 つの中でどの分類を対象としているのかを説明する。

### 2.1.1 リズム型

音楽ゲームは音楽のリズムに乗ってアクションを起こすことから、別称でリズムゲームともいわれることが多い。そのうえで既存音楽ゲームの中でも特にリズムを重視し、リズムに合わせてノる事を楽しむゲームをリズム型に分類した。作例として「パラッパラッパー」シリーズ [3] や「リズム天国」シリーズ [4] があげられる。これらの最大の特徴は曲のリズムに合わせて先に示されたお手本を繰り返す、もしくは一定のパターンをまねるという点である。「パラッパラッパー」シリーズでは、ラップバトルというコンセプトのもと、先に相手に示されるタイミングと同じようにアクションを起こすことでゲームが進んでいく。「リズム天国ゴールド」シリーズでは、示されたリズムパターンごとにアクションが異なり、曲に合わせて指示されたリズムパターンのアクションを行うことを繰り返すことでゲームが進んでいく。このようにリズム型は他の二つに比べリズムが最重要視されている。

また、リズム型は、相手のリズムをまねる、指示されたタイミングでアクションを起こすというコールアンドレスポンスのようなゲーム性から、譜面というものは基本存在せず、難易度もリズムの取り方の違いで表現している。そして相手をまねるという遊び方から、リズムに対するノリがとても感じられる作りになっており、それが面白さにつながっている。

### 2.1.2 模倣型

譜面型の中でも音楽に合わせるアクションそのものが、特定の動作を模倣しているものがあり、これを模倣型と分類した。作例として「太鼓の達人」シリーズ [5] や「ドラムマニア」シリーズ [6]、「ダンスダンスレボリューション」シリーズ [7] があげられる。特徴は音楽に合わせて行うアクションが特定の動作の模倣であり、その模倣を楽しむという点である。この模倣のために、音楽ゲームの筐体ごとゲームのコンセプト通りに作ることが多く、ゲームセンターに多い傾向にあ

る。「太鼓の達人」シリーズでは、プレイするための操作に筐体についている太鼓を使用する。太鼓の前にある画面で流れてくる譜面のタイミングに合わせて、太鼓の面や縁を付属のバチを叩くことによってゲームが進んでいく。「ドラムマニア」シリーズでは筐体に簡易ドラムセットのような物がついており、「太鼓の達人」シリーズ同様、目の前にある画面に流れてくる譜面のタイミングに合わせてドラムをたたくことでゲームが進んでいく。「ダンスダンスレボリューション」シリーズでは、筐体自体がダンスをするステージのようになっており、足元に上下左右の矢印のパネルがある。このパネルを目の前にある画面に流れてくる譜面のタイミング通りに踏んでいくことでゲームが進んでいく。

模倣型はアクションをするにあたる譜面にも特徴があり、そのほとんどは使用楽曲のリズムをコンセプトに合わせてアレンジされているというものである。「太鼓の達人」シリーズでは、太鼓の叩く上での独特なリズムがゲーム内でも使われていて、このリズムを基本として、譜面を制作している。そのため、実際にプレイをすることで、様々な楽曲に対して、自分が太鼓を演奏している感覚を味わうことができるのである。同様に「ドラムマニア」シリーズでは、譜面が使用楽曲のドラムパートをゲーム用にアレンジしたものとなっており、プレイを行うことでドラムを演奏する雰囲気味わうことができる。「ダンスダンスレボリューション」シリーズでは、床の上下左右のパネルを譜面通りに踏んでいくことで、プレイヤーの動きが曲に合わせてダンスをしているような作りになっている。このように模倣型の譜面は、コンセプトとなる模倣の物の特徴を加えたものになっている。これによって、プレイをすることによってただ、アクションを模倣しているだけでなく、実際に行っているかのような体験ができる。

そして、この模倣型では他の音楽ゲームと違い、自分がプレイを行うとき、譜面通りに完璧にアクションを行うという楽しみかたの他に、自分の模倣姿を表現する「魅せるプレイ」ができるという楽しみ方もあることが特徴である。ゲームを完璧にプレイすること自体が、コンセプト元となっている物の模倣につながるため、プレイがうまくなるほどにプレイヤーは模倣しているも

のになりきることができ、それを見ている人からは模倣しているもののプロのように見えることになる。つまりは観客に見せる表現者を演じることができ、いかに周りにかっこよく魅せるかという、楽しみ方ができるのである。

### 2.1.3 非模倣型

譜面型の中でも、アクションが特定の動作の模倣なわけではなく、ゲーム機独自のアクションや操作方法によって音楽ゲームをプレイするものを非模倣型と分類した。作例として「ポップンミュージック」シリーズ [8] や「maimai」シリーズ [9]、「アイドルマスターシンデレラガールズ スターライトステージ」 [10] があげられる。近年では音楽ゲームというこの分類が多くなり、ゲームセンターはもちろんのこと、スマートフォンが登場し、アプリとして音楽ゲームが登場するようになってからは、作品のマルチメディア展開の一つとして音楽ゲームを出すようになるなど、その数を増やしている。特徴となるのは、独自のアクションによって音楽ゲームを楽しむという点である。ボタンを叩かせる物や、画面をタッチさせる物、特殊な動きをさせる物など、機種によってそれぞれオリジナルの操作方法やアクションをさせることで、ゲームを楽しむことができる。模倣型と違って、譜面に模倣元の特徴を取り入れる必要はないため、使用されている楽曲ジャンルが幅広く、ゲームオリジナルの楽曲もあれば、人気の Jpop やクラシック、アニメソング・ゲームソングなどの、有名な曲を扱っているという事も特徴である。近年では、ボーカロイド楽曲や同人音楽なども扱われている。

譜面の傾向は、音楽を楽しむための作りとなっており、多少の違いはあるが、基本はメロディを意識して作られている。同じ曲でも、難易度が上がるにつれより一つの曲として感じる事ができる作りがされている。この音楽を譜面で表現したものを、シンプルな操作でゲームとして遊ぶことで、音楽を体感的に楽しむのである。非模倣型のアクションは指定のボタンを押すか長押しするか同時に複数押すかというアクションが基本となる。このシンプルなアクションを機種に

よっては様々な形に変化させて、変わった形で楽しませるという物が、近年では多く見られる。「ポップンミュージック」シリーズでは、目の前の画面に流れる譜面のタイミング通りにボタンを押すことでゲームを進めていくが、基本アクションとなるボタンを押す、または複数同時に押す、といったシンプルなアクションで音楽を楽しむ。この機種では、ボタンが9つもあり、ボタンが多い分表現の幅が広いのが特徴である。「maimai」シリーズは、アクションは基本通りながらも、ボタンが円形状になっており、真ん中に画面がある。ノーツも真ん中から外に向かうように進む流れで動くという、基本の上から落ちてくるといったものとは違うことで遊びの楽しみ方を変えている。また、画面をタッチすることができ、ボタンを押した後画面をスライドさせるというアクションもあり、円形の画面を使った面白いアクションで音楽を楽しむことができる。「アイドルマスターシンデレラガールズスターライトステージ」はスマートフォンでの音楽ゲームを代表する作品の1つである。ボタンを押す代わりに画面をタップするという方法で、アクションを行う。スマートフォンの音楽ゲームでは加えて、スライドをさせるアクションが多い。タッチパネルという特徴を生かしたスライドという行為は、アクションを増やすというだけでなく、画面をスライドすることで、音をつなげる役割をしていることが多く、音の流れを意識できることが、表現を上げている。このように、アクションはシンプルながらも、筐体ごとにアクションのやり方を変えることによって同じ音楽でも様々な遊びを表現してくれるものが特徴である。

そして、非模倣型では他の2つに比べて、スコアや完璧さを重視する傾向にある事も特徴である。特に模倣型がいかに模倣元らしくプレイできるかという物とは反対に、非模倣型はいかに全部のタイミングでアクションを正確にこなすかを楽しみ方の一つとしている。完璧にアクションをこなすことによる達成感を得るというゲーム性が強くみられる。

## 2.1.4 本研究の対象

本研究では、3つに分けた分類の中から対象を非模倣型にした。理由としては、近年の音楽ゲームの多くが譜面型に分類されること、本研究における難易度表現を行う手法で、譜面の概念がそこまでないリズム型や、模倣元の特徴をとらえる必要がある模倣型では、難易度表現が難しいと考えたためである。そのため本研究では、非模倣型でのプレイを想定した譜面における難易度表現を行った。

## 2.2 譜面型の特徴

本節では音楽ゲームの特徴について説明する。なお近年では音楽プレイヤー内では音楽ゲームというと本研究内で分類したうちの「譜面型」を連想させる。また、基本の遊び方についても重なる部分が多いため、本研究の対象となる「模倣型」と「非模倣型」の共通する特徴を説明する。

譜面型の音楽ゲームはプラットフォームの種類を問わず遊ばれているが、基本である音楽に合わせてアクションを起こすという遊び方は「模倣型」と「非模倣型」で変わらない。機種によって演出の差はあるが、譜面型で遊び方の基本となるのは、画面内で動作を行うタイミングとなる「ノーツ」というものが音楽に合わせて流れてくる。このノーツがタイミングを起こす目安となるラインや印に重なった時に動作を行うことで判定を行う。アクションをしたタイミングが合っていればスコアが加算する。早すぎたり遅すぎたり押せなかった場合はミスとなり、スコアが入らない、もしくは減ってしまう。曲の終了時にスコアが一定のノルマに到達していればゲームクリアとなる。反対にスコアがノルマに到達しない場合はゲームオーバーとなる。ゲームによってはミスをしすぎることによってゲームオーバーになるものもある。ゲーム画面の例として「太鼓の達人」シリーズをあげる。図 2.1 は「太鼓の達人」のノーツが流れるレーン部分を簡易的に表現したものである。黒いノーツが流れるレーンの上を画面右から赤や青のノーツが流れていき、レーン左側

にある白い丸の場所に重なった時にアクションを行うという物になっている。

ノーツが流れてくる方向はゲームごとに違い、「太鼓の達人」シリーズのように右から左の場合もあれば、「ポップン」シリーズのように上から下の場合や、「maimai」シリーズのように中央から外側に向かう場合もある。

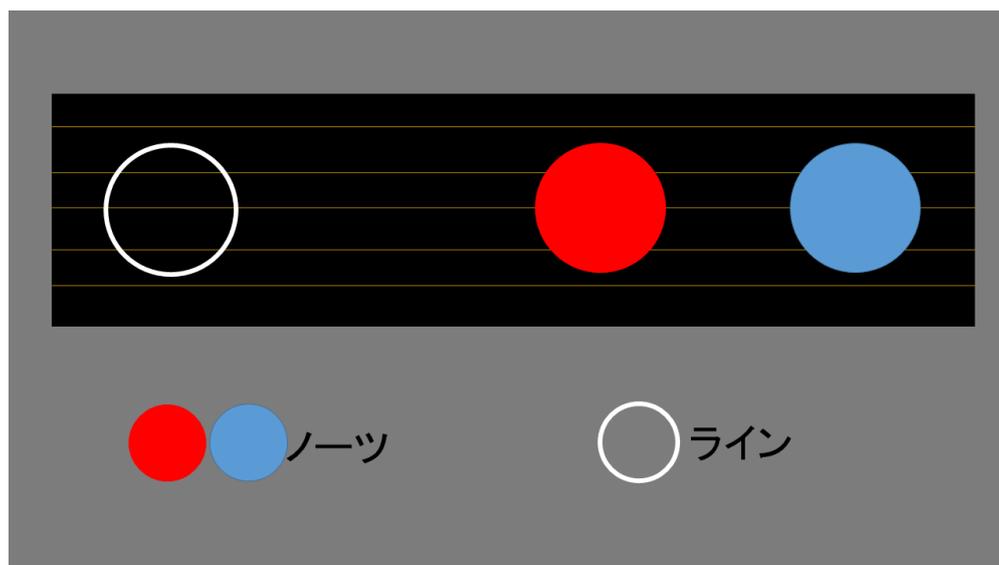


図 2.1 太鼓の達人のゲーム画面の再現画像

譜面型で使用されている楽曲のジャンルは、ゲームごとに個性があり、Jpop やクラシック、童謡やアニメソングなど幅広いジャンルを多数扱っているものもあれば、「アイドルマスターシンデレラガールズスターライトステージ」のような、作品そのものを音楽ゲームにしたものによく見られる、ゲームオリジナル曲だけの物もある。最近では同人音楽やボーカロイド楽曲が使われるようにもなってきており、使用楽曲のジャンル幅は広がっている。

譜面型の共通の特徴と言えるのが、タイミングに合わせてリズムよくアクションを起こすことで、プレイヤー自身が音楽をノリよく奏でるような感覚が楽しめるということである。操作の違いや模倣の有無の差はあるものの、ゲームを行うことで音楽に合わせて能動的にアクションをすることで音楽演奏表現に自分が関わっているような楽しさが味わえる。

アクションのタイミングはゲームごとに特徴があるが、基本はプレイをしていてノリを感じて

もらえるようリズムが取れるように設定されている。難易度ごとにノーツの数は変わっていき、低難易度ほどノーツの数は少なく、高難易度ほど多くなっていく。また、難易度が高くなるにつれてボタン数やアクションの種類が増える物もあるが、同時に限られたゲーム操作表現で音楽の表現を上げる事につながっていることもあり、ボタンやアクションの種類は増えても音楽には合わせられるようなものになっていることが多い。リズムに関しては、多くのゲームはメロディに合わせた作りのものが多い傾向にある。低難易度では、楽曲の基本となる単純なリズムで作られた譜面がよくみられる。難易度が高くなるほど、さらにリズムは複雑になり、ノーツが単に曲のリズムを刻むものから、メロディやドラムなど、特定の音を意識したリズムが追加され、アクションに対する意味が深くなり、より自分のアクションが音楽に関わっていると感ずることができる。

## 第 3 章

# 提案手法

第 3 章では本研究の提案手法について述べる。本研究では、譜面の自動生成において、ノーツ生成のタイミングに関して、本手法で定めたメロディのリズム・ドラムのリズム・拍子のアクセント・ビート・ドラムの盛り上がりの項目を使用および調節して譜面にすることで、同じ楽曲に対して 3 段階の既存音楽ゲームと同程度の難易度表現がある譜面の自動生成を行うことを目標にした。本研究のために音楽ゲーム用譜面作成ツールを独自に制作し、これを用いて難易度の違う譜面の生成を行った。なお、本研究の対象および定義として、音楽ゲームは前節に述べた通り、「譜面型」の中の「非模倣型」をさすものとした。形式として上から下にノーツが落ちてくるもので、レーンが複数あるものであり、対象楽曲は主旋律となるメロディと、ドラムのパートが入っているもので、比較的一般である 4 拍子のものとした。

3.1 節から 3.4 節ではリズムの取得の違いによる難易度表現の手法を述べる。3.5 節では前節で述べた手法をもとに作成した、音楽ゲーム用譜面の生成ツールについて述べる。

### 3.1 難易度表現に使用する項目

本研究において難易度表現に使用する項目を、メロディ (主旋律) のリズム、ドラムのリズム、ビート、ドラムの盛り上がりの4つとした。

メロディのリズムとは楽曲におけるメロディパートの音の鳴るタイミングからなるリズムの事である。メロディのリズムは、既存の音楽ゲームにおいてメロディに合わせた譜面が多く、難易度が上がるにつれ、より顕著に表れる傾向にあると考えた。また、音楽を表現する3要素の一つとしても扱われるものであり、深山ら [11] の研究では、楽曲の自動生成において、メロディのリズムを利用することで楽曲生成に多様性を持たせる手法を提案した。また、バレエについてのブログ [12] では、メロディラインが変わることで受け取るリズムが変わることを示した。このように、楽曲の表現や難易度の多様性においてメロディのリズムを利用することは有効であると考えた。

ドラムのリズムとは、ドラムパートの音の鳴るタイミングからなるリズムの事である。ドラムは、楽曲において曲のリズムというものを一番表現している物である。既存の音楽ゲームにおいてメロディとは対照に難易度が下がるにつれ、曲のテンポやリズムをとらえやすくさせるために、より顕著に表れる傾向にあると考えた。作曲講座のサイト [13] ではドラムのリズムの取り方によって同じ楽曲でもリズムの表現は大きく変わり、全く違った印象に聞こえるほどドラムが与えるリズムは楽曲表現に重要なものであると示している。また、栗原ら [14] の研究では、カラオケを盛り上げるためのタンバリン演奏支援システムの制作において楽曲のスネアドラムのタイミングを利用してシステムを作り、カラオケが盛り上がる役立つ事を示した。音楽ゲームにおいても、楽曲の表現と盛り上がりに関してドラムのリズムを使うのは有効であると考えた。本手法では、ドラムパート内で、曲の全体を通してリズムを刻んでいるもので、過度にリズムが変わらず曲のテンポを表す音色を決め、その音の鳴るタイミングをドラムのリズムとして使用した。

ビートとは、通常音楽用語では拍子を刻む単位として扱われるが、本研究では、小節内のタイ

ミングの集合と再定義する。ビートは、1小節内で鳴る音に対してどのタイミングでノートを生成するか基準となる物である。音楽ゲーム内では難易度が低いほど、単純なリズムで表現することが多く、難易度が高くなるほど複雑なリズムで表現することが多いと考えた。これは、杉本ら [15] がジャズダンスにおいて、上級者よりも初心者の方が音楽ビートと運動ビートの同期の差が広いことを示したように、高難易度ほどリズムを複雑にすることで難易度を表現していると考えた。このリズムを単純にするか複雑にするかの調節にあたり、本研究ではビートを利用した。本研究では4ビートと8ビートを用いて譜面を生成した。図3.1はその説明の図である。4ビートとは、図3.1の上段の様に、1小節を4分音符4拍で刻んだときの頭のタイミングの集合の事を言う。8ビートとは、図3.1の下段の様に、1小節を8分音符8拍で刻んだ時の頭のタイミングの集合の事を言う。

また、低難易度の譜面表現のために、より楽曲のリズムで重要視する部分を扱う方がよい考えたため、4ビートにおいて4分の4拍子におけるアクセントの概念を適用した。4分の4拍子では、アクセントとなるのは1拍と3拍となり、これを強拍と言う。反対に2拍と4拍は弱拍と言う。場合によっては2拍目を中強拍言う場合もある。赤坂ら [16] は研究において拍子の強弱による抑揚について説明した。また、長嶋 [17] は、研究において強拍弱拍という考え方は、リズムにおけるアクセントが音楽のノリを意識するものであることを説明した。ノリに関して松本氏ら [18] は音楽演奏におけるリズムが関係している事を示した。低難易度はノート数が少ないため、少ない中でのノリの良さが必要となる。そこで本研究ではノリの良さを出すためにこのアクセントの概念を使用した。

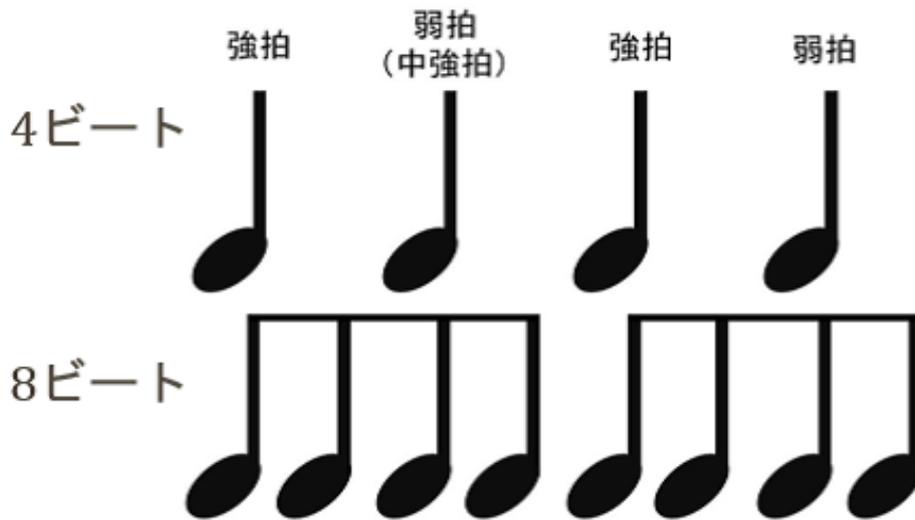


図 3.1 ビートの説明

ドラムの盛り上がりとは、ドラムパートで1小節内で鳴る音の数の事である。既存の音楽ゲームでは、楽曲において一定のメリハリを出すためにリズムに変化を持たせている。本手法では、このメリハリを演出するためにドラムパートの音数を利用して盛り上りを計算し、これを利用してタイミングに変化を起こしメリハリを生むようにした。まず、ドラムのパートを全音色ごと解析し、各小節ごとのドラムの音数を算出した。この算出した各小節ごとの音数の平均を出し、その平均より音数が多い小節はドラムの盛り上がりが高いとした。反対に平均より音数が少ない小節はドラムの盛り上がり低いとした。式 (3.1) はこれを式にしたもので、求める平均を  $a$ 、各小節ごとのドラム音数を  $p$ 、小節の総数を  $b$  としている。

$$a = \frac{p}{b} \quad (3.1)$$

## 3.2 MIDI からの楽曲情報の取得

譜面を自動生成するにあたり、楽曲から譜面の生成に必要な情報を取得する必要がある。本研究では楽曲からの情報の取得の手段として、MIDI 形式の楽曲データを解析して使用した。MIDI は、長谷川ら [19] の様に楽曲の特徴から作曲家を判別する研究や、岩見ら [19] の様に楽曲のドラムを取得しドラム練習システムを制作する研究の様に、楽曲のデータを取得し扱いやすいものである。

MIDI の解析に関しては chiepomme 氏が keijiro 氏のプログラムをもとに調整を加えた「SmfLite」 [19] というライブラリを使用した。また、使用する MIDI 楽曲のデータの確認と再構成のために MIDI を扱うことができるフリーソフトである「Domino」 [20] を使用した。楽曲の MIDI データを扱うにあたり、そのままの状態ではタイミング取得に関して最重要の情報となる「ノートオン」という音になるタイミングの情報が扱いづらい状態であることがあったため、一度「Domino」に読み込みを行い、再度書き出した MIDI データを扱った。

書き出した MIDI 形式楽曲データを「SmfLite」にてバイナリデータとして読み込むことで、曲のテンポ情報をはじめ、音が鳴るタイミングの「ノートオン」や消えるタイミングの「ノートオフ」、MIDI での時間「ティック」といったタイミングに関するイベント情報の他、音高・音量といった音の細かい情報を検出することができる。また、使用するトラックを指定することによって必要なパートごとの情報を扱うことができる。この検出した情報をもとに譜面生成を行った。

MIDI 形式音楽データでは実時間での単位でタイミングを取得できないので、「ティック」と呼ばれる MIDI での時間の単位を用いて、算出した。1 ティックは「分解能」という 4 分音符を何ティックにするかという指標と、楽曲のテンポによって計算され、ティックを  $k$ 、テンポを  $t$ 、分

解能を  $r$  としたとき、式 (3.2) の様に、60 秒をテンポと分解能で割ることで求められる。

$$k = \frac{60}{tr} \quad (3.2)$$

これをもとに、対象の音が鳴るときに合計何ティック経過したかを算出することで、対象の音の曲における経過時間を求めた。この経過時間を譜面生成時のノーツのタイミングに使用した。そのため、曲途中テンポが変わると正確な曲の経過時間が求められない事から本研究ではテンポが変わる楽曲を想定していない。

### 3.3 ノーツ生成のタイミング

まず初めに、楽曲からの取得対象となるリズムを「リズム A」と定義した。これは 3.1 節で説明した、メロディのリズム・ドラムのリズムが該当する。次に、楽曲から取得するためのリズムを「リズム B」と定義した。これは 3.1 節で説明した、ビートが該当する。そしてこのリズム A とリズム B が一致するタイミングの時、ノーツを生成した。図 3.2 はこれを説明した図であり、リズム A をドラムのリズム・リズム B を 4 ビートと設定している。上段はリズム A を表し、ドラムのリズムが図 3.2 上段の様に刻んでいたとする。図 3.2 下段はリズム B を表し、4 ビートのリズムが示されている。このリズム A のうち、リズム B と一致する部分、つまりは赤色の音符のタイミングのみがノーツとして生成される。リズム A で音が鳴っていてもリズム B と一致していなければノーツにはならず、反対も同じように、リズム B のタイミングでリズム A の音が鳴っていなければノーツにはならない。

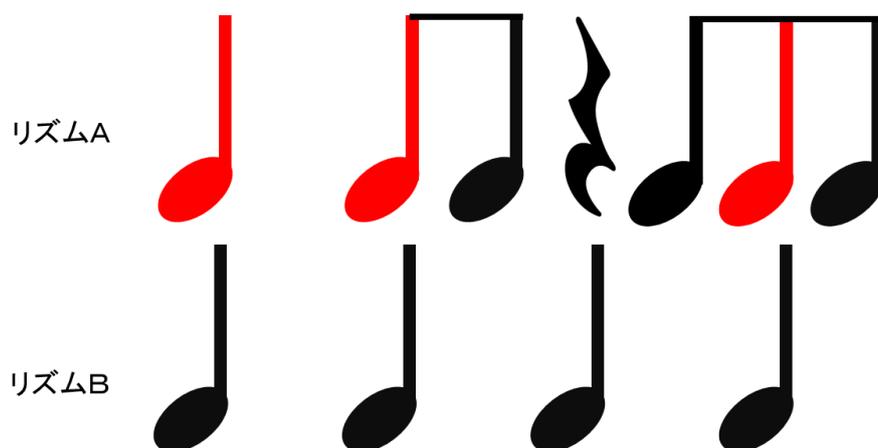
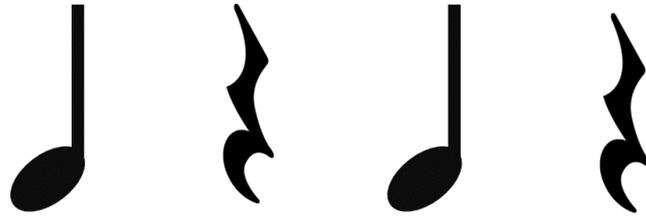


図 3.2 ノーツ生成のタイミングの説明

### 3.4 難易度ごとの設定

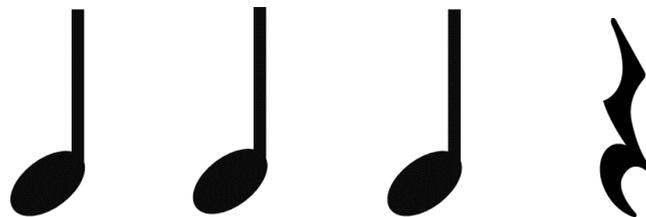
MIDI 形式の楽曲データから情報を取得して譜面を生成する段階で、難易度ごとに 3.3 で定義したリズム A とリズム B を設定を変えることで 3 段階の難易度を表現した。以降難易度の名称をそれぞれ「低・中・高」とする。

まずは低難易度の譜面の生成について説明する。既存音楽ゲームにおいては、低難易度ほどノーツの数が少なく、楽曲のリズムの表現となるドラムによる単純なリズムを意識させることで初心者にも楽曲のリズムがつかみやすいものになっていると考えた。作曲においても基本はリズムで、その上にメロディやハーモニーが乗るものであるという考えもあることから、曲のリズムをつかむことは低難易度においては必要なことだと考えた。よって低難易度ではリズム A をドラムのリズムと設定し、リズム B を 4 ビートの強拍と設定して譜面を生成した。さらには、メリハリを生み出すために、ドラムの盛り上がりが高い小節のみ、リズム B を 4 ビートの強拍と中強拍と設定を変更した。図 3.3 と図 3.4 は 4 ビートの強拍のみのタイミングと 4 ビートの強拍と中強拍のみのタイミングの図である。



### 4ビートの強拍のみ

図 3.3 4ビートの強拍のみのタイミング



### 4ビートの強拍と中強拍のみ

図 3.4 4ビートの強拍と中強拍のみのタイミング

次に、中難易度の譜面の生成について説明する。既存音楽ゲームにおいては、低難易度の一つ上となる中難易度は、ノーツの数が少し増え、低難易度のドラムに加え、メロディの要素が感じられる部分が足されていき、楽曲の雰囲気が掴みやすいものになっていると考えた。よって中難易度ではリズム A でドラムのリズムとメロディのリズムの両方を設定した。どちらを使うかはドラムの盛り上がりによって決めている。ドラムの盛り上がりが高い小節はリズム A をメロディのリズ

ムにした。ドラムの盛り上がりが高い小節はリズム A をドラムのリズムにした。リズム B はリズム A で使用しているリズムがドラムかメロディかによって変えた。リズム A がドラムのリズムの時は、リズム B を低難易度で使用した 4 ビートの強拍と中強拍のみとした。リズム A がメロディのリズムの時は、リズム B を 4 ビートの時とした。図 3.5 は 4 ビートのタイミングの図である。

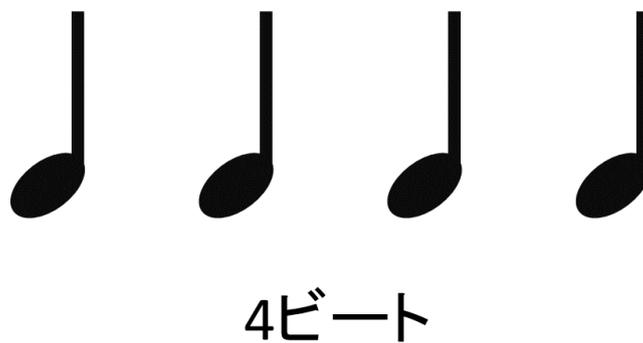
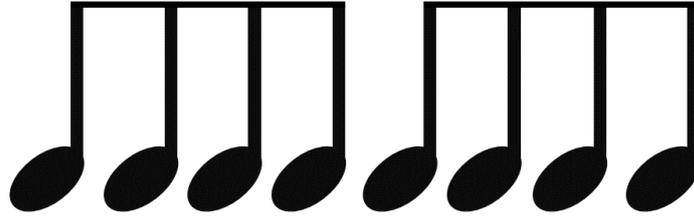


図 3.5 4 ビートのタイミング

最後に高難易度の譜面生成について説明する。既存の音楽ゲームにおいては、中難易度の一つ上となる高難易度はさらなるノーツ数の増加に伴い、メロディの表現が顕著に表れる傾向にあると考えた。また、高難易度においてはノーツ数の多さを利用し、曲の中で一番を印象あたえるメロディを基調とすることが音楽表現につながっていると考えた。よって高難易度では、リズム A をメロディのリズムとした。しかし、これではメロディのリズムがない小節はノーツができなくなる恐れがあるため、メロディのリズムがない小節のみドラムのリズムを使用した。リズム B は 4 ビートに設定した。さらにはメリハリを出すためにドラムの盛り上がりが高い小節のみ、リズム B を 8 ビートに変更した。そして、ドラムのリズムを使用している場合は 4 ビートとした。図 3.6 は 8 ビートの図である。



## 8ビート

図 3.6 8ビートのタイミング

### 3.5 ツール制作について

本研究の手法をもとに譜面を生成するにあたり、楽曲から音楽ゲーム用の譜面を自動生成するツールを作成した。制作にはゲームエンジンの「Unity」[21]を用いて制作した。譜面の生成には、あらかじめ「Domino」を用いて書き出しをしておいた MIDI 形式の楽曲データと、同じく「Domino」を用いて確認した、メロディのパートのトラック番号、ドラムのパートのトラック番号、ドラムのパートの中で、譜面生成に使用する一定のリズムを刻む音色の音高番号を入力として扱った。図 3.7 は実際のツールの設定箇所画像である。上から、MIDI の名前、メロディのパートのトラック番号、ドラムのパートのトラック番号、ドラムのパートで使用する指定の音色の音高番号、生成する難易度を表している。それぞれの欄に情報を入力し、生成したい難易度を選択することによって、本研究の手法に基づいて取得したタイミングによって譜面が自動生成される。

生成した譜面の情報は CSV ファイル形式として生成した。図 3.8 は生成した CSV ファイルの画像である。書き出した情報には、タイミングとどこのレーンにノーツを落とすかという情報のみ書き出されている。

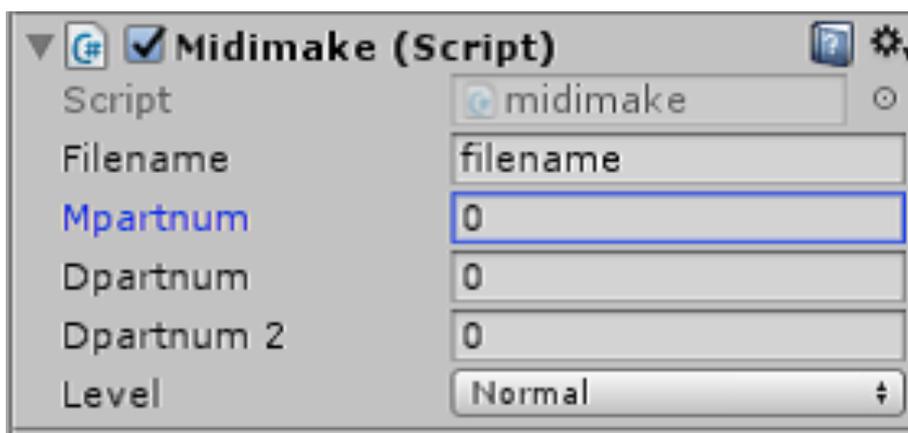


図 3.7 情報設定の図

|    | A        | B | C | D | E | F | G | H |
|----|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1  | 1.714286 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 2  | 3.428571 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 3  | 5.142857 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 4  | 6.857143 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 5  | 7.714286 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 6  | 8.571428 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 7  | 10.28571 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 8  | 11.14286 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 9  | 12       | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 10 | 13.71429 | 2 |   |   |   |   |   |   |
| 11 | 15.42857 | 2 |   |   |   |   |   |   |

図 3.8 書き出しファイル画像

# 第 4 章

## 評価実験

第 4 章では実際に本研究の手法を用いて自動生成をした譜面を実際に遊んで評価してもらい、各難易度の譜面生成について既存音楽ゲームと同程度の難易度表現であるかを検証した。

### 4.1 実験内容

本手法が音楽ゲーム譜面の自動生成において既存音楽ゲームの難易度をどのくらい表現できているかを評価実験した。実験方法として、既存音楽ゲームの譜面を理想の譜面と仮定し、同一楽曲に対して既存の音楽ゲームで遊ばれている譜面のタイミングと、本手法で生成した譜面のタイミングに対してそれぞれの印象を比較するアンケート調査を行った。なお、本手法では難易度表現に関してタイミングのみを考慮しており、譜面の並びやアクションについては扱わないものとした。

#### 4.1.1 実験用譜面生成

今回譜面生成に使用する MIDI データは一般公開されている「夏祭り」[22]とした。この楽曲を使う理由は、実際の音楽ゲームで使用されていること、メロディ、ドラムが使用されていること

ること、テンポが速く音楽に対するノリを生み出しやすいことを考慮した。生成には、曲の1番と1番前後の伴奏の部分を扱った。

まずは本手法をもとに MIDI データから3種類の難易度の譜面を生成した。生成するための情報として、メロディは、使用した MIDI データで主旋律を表現している2トラック目の情報を利用した。ドラムは、MIDI データでドラムのパートになっている11トラック目を指定し、その中からバスドラムの音色のタイミングを利用した。

比較対象となる譜面は、本研究対象である譜面型の非模倣型に該当し、ノーツがゲーム内画面で一定方向に流れてくるもの、さらには使用する「夏祭り」が収録されている「チュウニズム」シリーズ [23] の物を用いた。「チュウニズム」内に収録されている「夏祭り」の、4段階ある難易度のうち3つを利用した。本研究ではアクションの種類は対象としていないので、「チュウニズム」で使われるさまざまなアクションは、そのタイミングのみを使用し、変換には、ボタンを叩くというアクションに変換した。譜面は、本研究で MIDI データの書き出しに使用した「Domino」を使用して、「チュウニズム」の譜面でのアクションを行うタイミングを、MIDI データで音の発生となる「ノートオン」の情報と見立て、譜面として生成しなおした。図 4.1 は「Domino」でタイミングを入力したものである。

表 4.1 は生成された譜面の総ノーツ数である。ノーツ数は難易度ごとにほぼ同じような数が生成された。

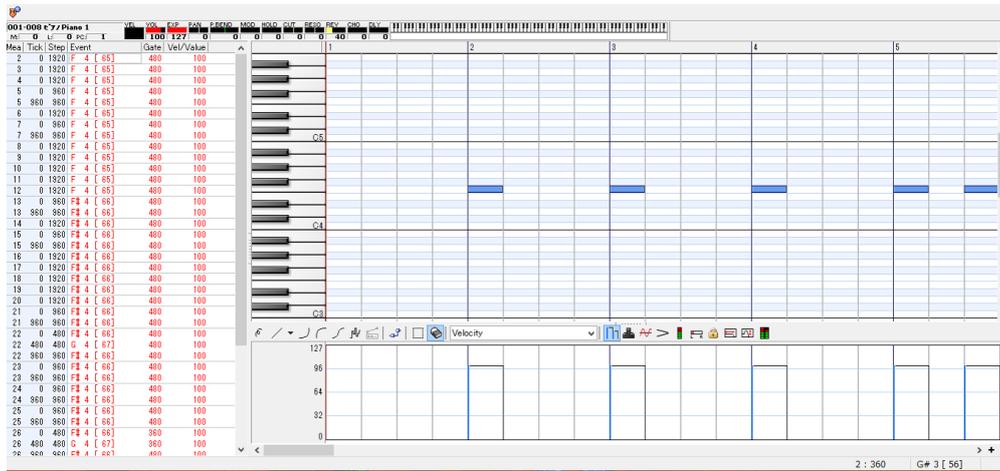


図 4.1 比較譜面のタイミング入力

表 4.1 譜面ごとの総ノーツ数

| 難易度 | 譜面  | 総ノーツ数 |
|-----|-----|-------|
| 低   | 本手法 | 50    |
| 低   | 既存  | 47    |
| 中   | 本手法 | 72    |
| 中   | 既存  | 98    |
| 高   | 本手法 | 112   |
| 高   | 既存  | 139   |

本手法で生成した譜面は付録 A として論文最後に掲載した。

#### 4.1.2 実験検証用ツール

評価実験するにあたり、生成した譜面情報を用いた検証用ツールを制作した。図 4.2 はそのツールの画面である。使用するアクションは、ノーツがアクションを行うタイミングの印に重なった時にボタンを押すのみであり、既存の音楽ゲームではボタンの長押しや同時押しなどの複数アクションが出来る物が多いが、本研究の目標となる、タイミング情報の違いによる検証をするため今回は多様なアクションは扱わないものとした。また、流れてくるレーンも真ん中 1 レーンのみとして、配置の差異による印象の誤差を出さないようにした。

このツールは PC 上で動作し操作はキーボードのボタンを使用する。使用するキーは G のみであり、対応するマークにノーツが重なるときにキーを押すことで判定が出る仕組みである。判定はタイミング通りに押せたか押せなかったかの 2 通りとし、画面上には全ノーツ数と押せた総数を表示した。また、タイミング通り押せた判定の時のみ効果音が鳴るようになっており、聴覚的にも押せたかどうかを判別できる。そして、「間奏」や「サビ」のように現在音楽のどのパートかを示す表示を右上に表示した。

ゲームを開始すると、生成した譜面情報をもとに、ノーツが上から流れ落ちるようになっている。BGM の音楽に関しては「Unity」が MIDI 形式の音楽ファイルを再生できないので、MIDI 形式音源ファイルを「Unity」で再生できる別形式の音楽ファイルを別に用意し、ノーツが流れ始めるタイミングに合わせるように同時に再生するようにした。

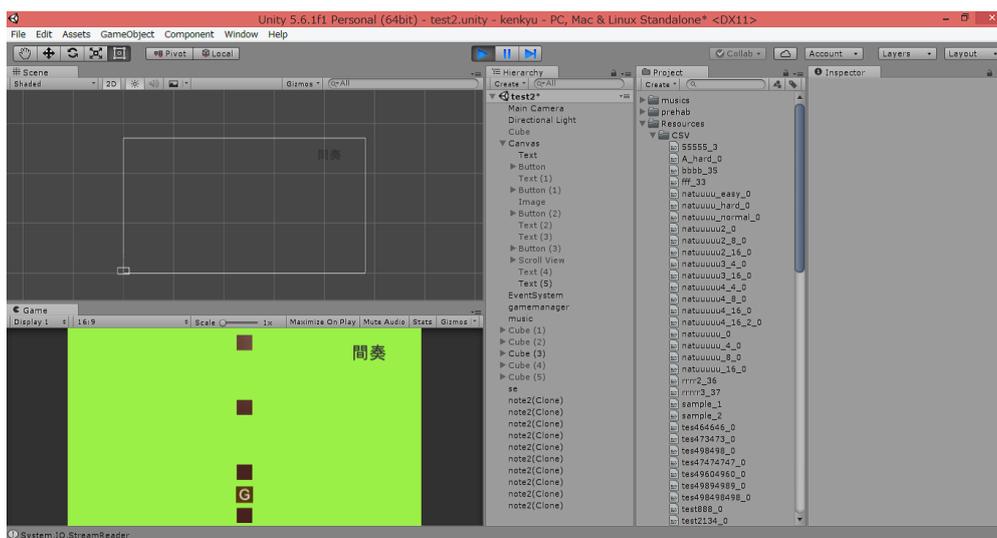


図 4.2 ゲームツール画面

### 4.1.3 実験方法

それぞれの難易度ごとに、本手法で生成した譜面のタイミングと、既存音楽ゲーム譜面のタイミングとで比較評価を行うアンケートを実施した。実験は、検証用ツールを用いて行い、本手法

の譜面と、既存音楽ゲームの譜面を難易度ごとに交互に遊んでもらい、それぞれの譜面に対しての評価アンケートを答えてもらった。実験は、差異が起これないために先に本手法の譜面を遊ぶグループと先に既存音楽ゲームの譜面を遊ぶグループに分けた。また、既存音楽ゲームの譜面を A、本手法の譜面を B と名付け、どちらが本手法の譜面かわからないようにした。

## 4.2 実験結果と考察

アンケートの結果を項目ごとに示し考察を行った。なおグループは、先に既存音楽ゲーム譜面を行ったグループをグループ A、本手法の譜面を行った方をグループ B と表記している。

### 4.2.1 被験者データ

被験者は 20 代の 12 名であらかじめ音楽ゲームをどのくらいプレイしているかについて、よくやる・すこしやる・あまりやらない・まったくやらないの 4 段階のうち自己評価で答えてもらった。表 4.2 に 12 人の所属グループと音楽ゲームをどのくらいプレイしているかのデータを示す。

### 4.2.2 評価項目

本実験では各譜面の表現・難易度・曲の表現力に関して以下の項目を調査した。

- 叩けた割合
- リズムが取りやすいと思いましたか
- メリハリを感じると思いましたか
- ノリを感じると思いましたか
- 音楽にあっていると思いましたか
- 難易度はどのくらい似ていると思いましたか
- 表現力はどのくらい似ていると思いましたか

- 自由回答

表 4.2 被験者リスト

| ID | グループ | 音楽ゲームのプレイ頻度 |
|----|------|-------------|
| 1  | A    | よくやる        |
| 2  | A    | よくやる        |
| 3  | A    | まったくやらない    |
| 4  | A    | よくやる        |
| 5  | A    | すこしやる       |
| 6  | A    | よくやる        |
| 7  | B    | あまりやらない     |
| 8  | B    | すこしやる       |
| 9  | B    | すこしやる       |
| 10 | B    | あまりやらない     |
| 11 | B    | あまりやらない     |
| 12 | B    | すこしやる       |

### 4.2.3 叩けた割合

本項目は難易度を確かめる一つの指標となる「正しく叩けた数」について調査した。その結果を図 4.3 に示す。グラフの数値は、外れ値をはずすために上下 10% を除いた物の平均であり、難易度ごとに比べると、低難易度に関しては、本手法の譜面が叩きにくかったという結果となった。中難易度と高難易度は本手法の方が叩きやすかったという結果となった。

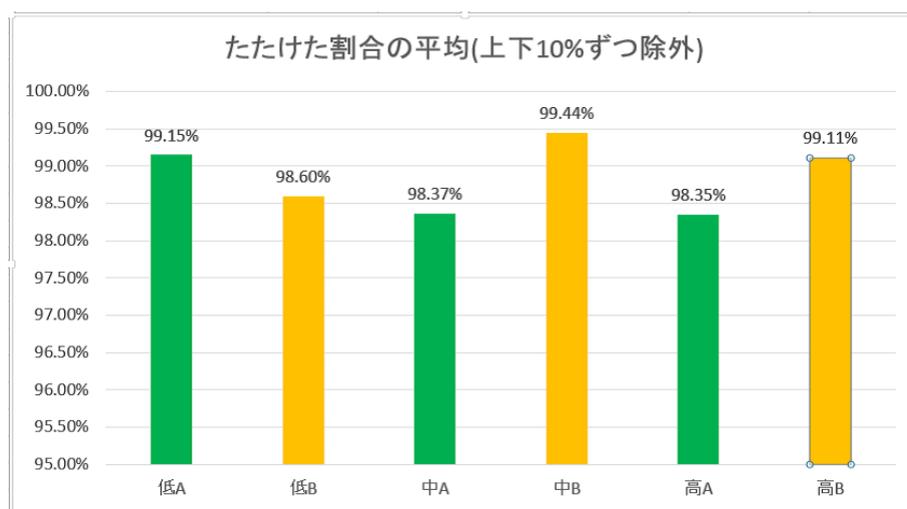


図 4.3 正しく叩けた数の割合

#### 4.2.4 叩くタイミングのリズムが取りやすいと思いましたが

本項目は、ノーツの予測に関するリズムの取りやすさについて調査した。その結果を図 4.4 に示す。グラフの数値は、思う・ややそう思う・ややそう思わない・思わないを 1~4 の 4 段階評価に置き換えた物の平均値である。低難易度と高難易度では、本手法の譜面の方がリズムが取りにくいという結果となった。対して中難易度はリズムが若干取りやすいという結果となった。

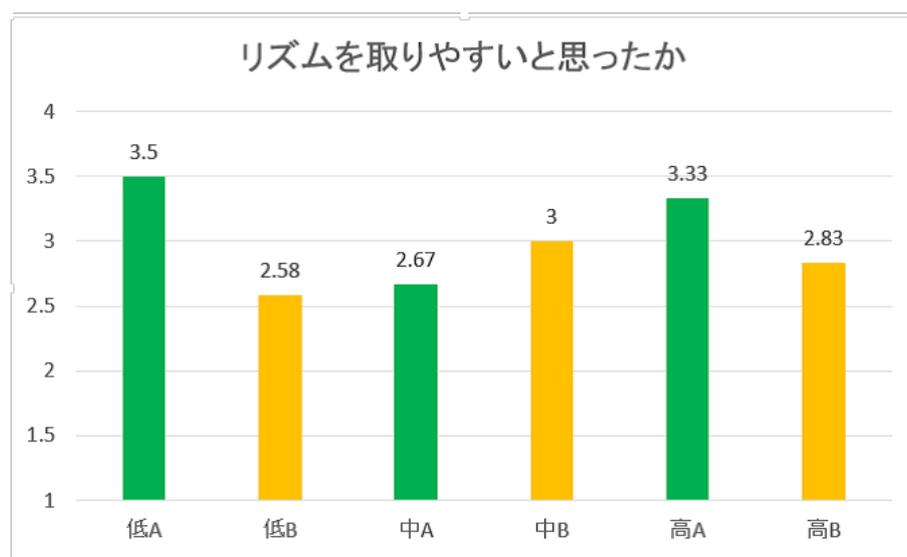


図 4.4 リズムが取りやすいと思ったか

#### 4.2.5 叩くタイミングが曲を通してメリハリがあったか？

本項目は、譜面のアクセントとなるメリハリについて調査した。その結果を図 4.5 に示す。グラフの数値は、思う・ややそう思う・ややそう思わない・思わないを 1~4 の 4 段階評価に置き換えた物の平均値である。全難易度とも本手法の方が少しメリハリがないという結果となった。

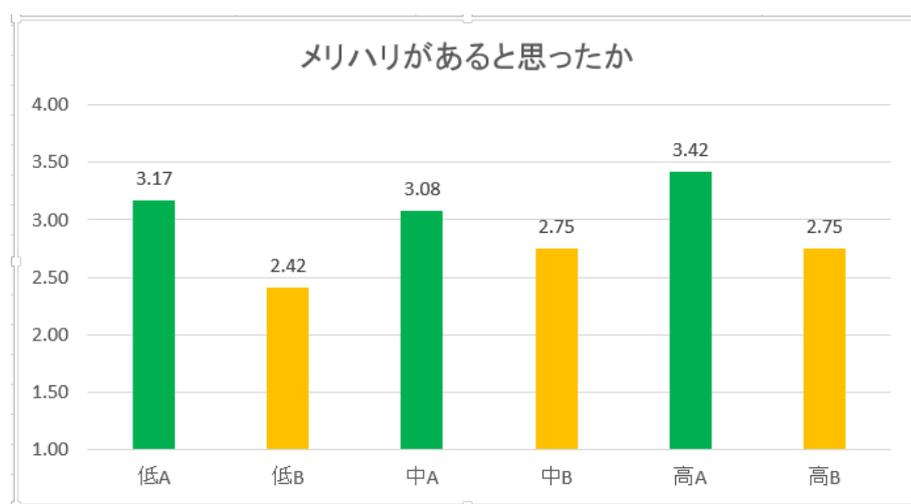


図 4.5 メリハリがあったか

#### 4.2.6 ノリがいいと感じると思いましたが？

本項目は、音楽ゲームの楽しさにつながるノリについて調査した。その結果を図 4.6 に示す。グラフの数値は、思う・ややそう思う・ややそう思わない・思わないを 1~4 の 4 段階評価に置き換えた物の平均値である。全難易度とも本手法の方がメリハリがないという結果となった。

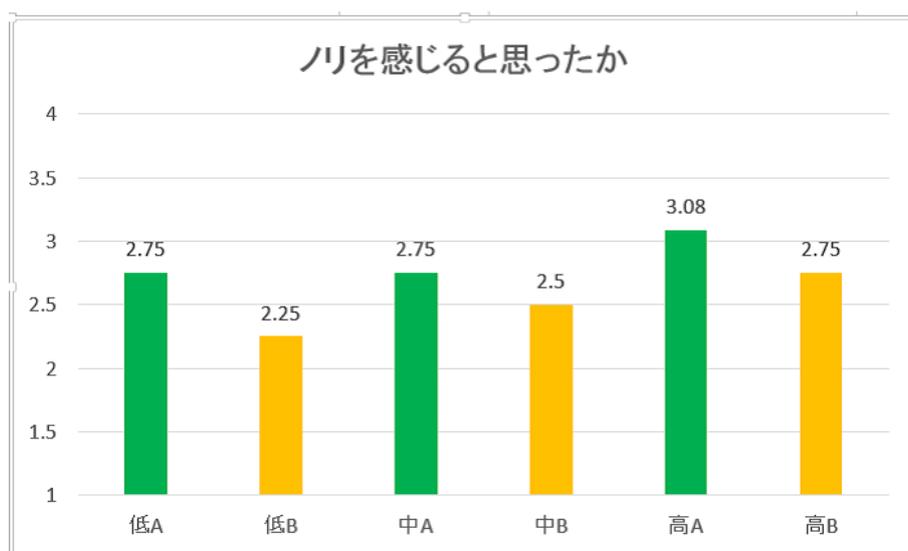


図 4.6 ノリを感じると思ったか

#### 4.2.7 叩くタイミングが音楽にあっていると思いましたか？

本項目は音楽ゲームの音楽表現につながるタイミングの表現について調査した。その結果を図 4.7 に示す。グラフの数値は、思う・ややそう思う・ややそう思わない・思わないを 1~4 の 4 段階評価に置き換えた物の平均値である。全難易度とも本手法の方が音楽にあっていると思う割合が低い結果太なった。感想として、曲のどの部分があっているかを聞いた。低難易度はある程度全体的に、中難易度は前後の間奏部を除く 1 番の部分、高難易度はサビ部分が似ているという結果になった。

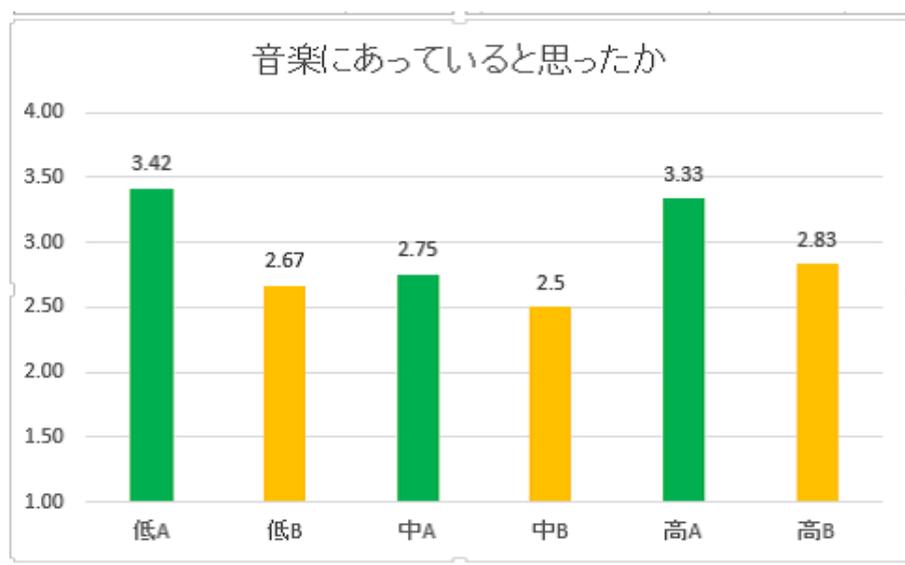


図 4.7 曲にあっていて思ったか

#### 4.2.8 A と B でどのくらい難易度が似ていると思いましたか？

本項目は本研究の本題である難易度の類似性について調査した。その結果を図 4.8 に示す。数値は 1 を似ていない、5 を似ているとして 5 段階で答えてもらった物の累計の平均である。低難易度は 3.92 と比較的高く難易度表現が似ていると思われる結果となった。中難易度と高難易度は、どちらも中央値である 3 に近い値となり、難易度表現が似ているとは言えない結果となった。感想として、曲のどの部分が似ているか聞いた。低難易度は主にサビ部分、中難易度では 1 番前後の間奏部、高難易度ではサビ部が似ているという結果になった。

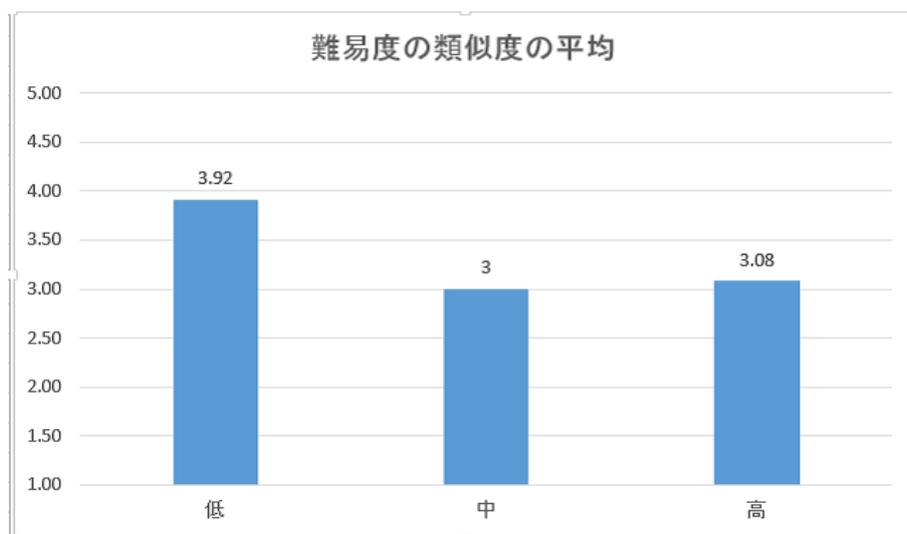


図 4.8 難易度はどのくらい似ているか

#### 4.2.9 A と B でタイミングによる音楽の表現の傾向がどのくらい似ていると思いましたか？

本項目は、音楽傾向がどのくらい似ているかの類似性について調査した。その結果を図 4.9 に示す。数値は 1 を似ていない、5 を似ているとして 5 段階で答えてもらった物の累計の平均である。全難易度とも中央値の 3 に近い値となり、類似性が見られるとは言えない結果となった。感想として、曲のどの部分が似ているか聞いた。低難易度では 1 番のサビの前、中難易度はサビとそのあとの間奏部分、高難易度はサビの部分が似ているという結果になった。

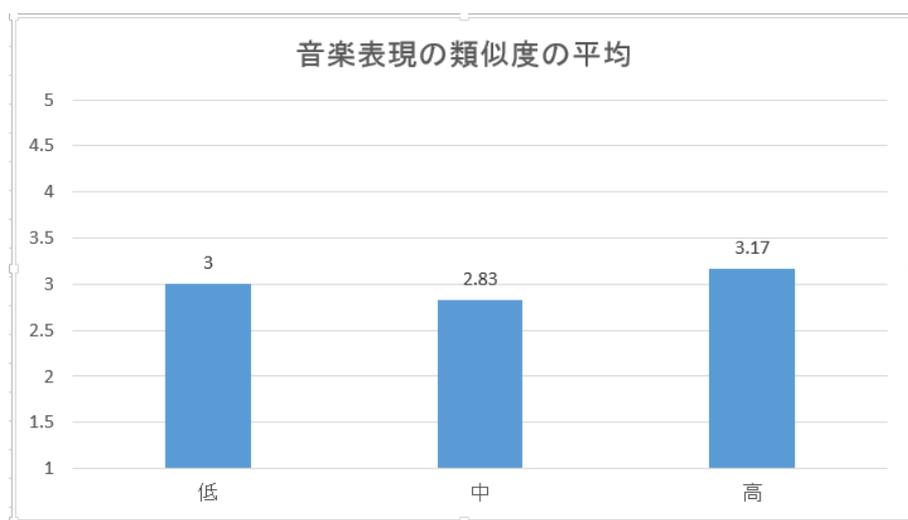


図 4.9 表現はどのくらい似ているか

#### 4.2.10 自由記述

本項目は難易度ごとにおける、本手法譜面と既存音楽ゲーム譜面との比較に関して、自由記述による感想の一部を抜粋する。まず、低難易度に関するものを示す。

- 違いはよくわからなかった
- A、B 共にノーツが少ない分難易度は確かに低いが、B のイントロ部分はノーツが少し多く感じた
- A のほうがより音楽と合っているように感じた。B のほうもそれなりにはあっていたが、ところどころ虫食いのように抜けていたように感じられた

本手法の譜面において、難易度の類似性が感じられる意見があった中で、ドラムの激しさによるリズムの変化によって、リズムが抜けているように感じられる部分があるという意見があった。

次に中難易度に関するものを示す。

- A がテンポに合わせてで少し難しかった。B が歌詞に合わせてでやりやすかった。

- A は一定タイミングごとにノーツが出てくるように感じられた一方、B は同じリズムのループしている箇所なのにノーツがなかったりしたので違和感があった

本手法の譜面において、メロディとリズムを混ぜることで、叩きやすさが上がったという意見が多数あった。しかし、本手法のドラムの激しさによるドラムのリズムとメロディのリズムを切り替えに違和感があったと感じられる意見もあった。

最後に高難易度に関するものを示す。

- Aの方が曲のタイミングに合っているような感じがあったため叩きやすかった
- Aの方が叩きやすかった Bは合わなかった

本手法の譜面において、既存音楽ゲームの譜面と比べて比較的叩きにくい、音楽にのりづらいという意見が多数あった。

### 4.3 考察とまとめ

難易度の類似度に関して、低難易度では難易度の類似性の設問や自由記述の感想から、本手法が難易度表現に関しては有効であるという結果となった。曲のリズムの基盤となるドラムのリズムを4分の4拍子においてアクセントの意識が高い強拍のみのタイミングでノーツを生成したことがちょうどよいノーツ数と難易度を表現できたと考えた。中難易度では、叩けた割合やリズムの取りやすさなど、一部項目では本手法の譜面が良い印象を持つことがあったが、難易度表現に関しては、類似度の設問や自由記述の感想から、本手法が難易度表現に関しては有効とはいえない結果となった。中難易度では、ドラムの盛り上がりによってメロディのリズムとドラムのリズムを切り替えていたが、これにより被験者にとって、本手法の譜面が比較的より難しく感じるか、より簡単に感じるかで意見が分かれた事が、難易度表現の類似度が低い要因であると考えた。高

難易度では、難易度の類似度の設問や自由記述の感想から、本手法が難易度表現に関しては、有効とは言いがたい結果となった。本手法において高難易度では、主にメロディのリズムでノーツを生成したが、叩きやすさやノリの良さにおいて比較的既存音楽ゲームのほうが高い意見が多かったことから、ノーツ数の多い高難易度では本手法の方が難しく感じられ、これが難易度表現の類似度が低い要因となったと考えた。

次に、難易度とは別に、譜面における楽曲表現の類似度に関しても比較したが、楽曲表現の類似度やノリのよさ、メリハリの項目から見て、全難易度とも表現力は既存音楽ゲーム譜面よりも低く、類似しているとは言いがたいという結果となった。本手法では、低難易度ではドラム、高難易度ではメロディのリズムを主に扱い、中難易度ではメロディとドラムをミックスしたものを扱った。その結果、譜面の印象としてはドラム・メロディのみを扱う低・高難易度よりもミックスさせた中難易度の方が比較的印象は良いように感じた。

結果、本手法では難易度表現に関しては低難易度に関してのみ有効であり、中・高難易度には有効であるとはいいがたいものとなった。譜面の表現力に関しては、難易度ごとに、一部似ているという意見はあるものの表現力の類似度は全難易度とも低いものとなった。

## 第 5 章

# おわりに

本研究では、音楽ゲーム譜面を自動生成する研究の改善策として、本手法で定めた楽曲の主旋律となるメロディのリズムと、曲全体のリズムを表現するドラムのリズム、ビート・ドラムの盛り上がりの各項目を難易度ごとに設定して、同じ楽曲に対して複数の難易度の譜面を自動生成するとともに、生成した譜面に関して既存音楽ゲームと同程度の難易度表現の譜面にする手法を提案した。既存の音楽ゲームの特徴を考察したうえで、難易度が低いものにはドラムのリズム、高いものにはメロディのリズム、中間の難易度にはドラムとメロディのリズムをミックスしたものによってノーツを生成した。ノーツの生成タイミングは各難易度に定めたメロディもしくはドラムのリズムとビートのリズムのタイミングが一致する時とした。結果 3 段階の難易度の譜面は生成する事ができた。そのうえで、低難易度については難易度表現の有効性が見られたものの、中難易度と高難易度に関しては有効性を出すことができなかった。また、音楽表現に関しては特定の部分では似ているという意見はあるものの、全体的に見た場合度の難易度とも既存音楽ゲームのような音楽表現はできていなかった。今後の展望としてはあまり効果の得られなかった中難易度と高難易度に関して、メロディとドラムの組み合わせやビートの調整などを見直し、難易度の類似性を向上するとともに、譜面の音楽表現を高める事を目指したい。また、本研究では音楽ゲー

ムの譜面自動生成に関する研究として、難易度ごとのノーツのタイミングのみに着目して研究した。しかし、譜面生成に関してはまだまだ課題があり、ノーツの生成タイミングはもちろん生成したノーツをゲームでどう並べるか、ノーツにどのようなアクションをさせるかなどによっても表現や難易度は変わってくる。今後は、生成したノーツをに関して、どのような配置やアクションが望ましいかについて考察や改善を行っていきたい。

# 謝辞

本論文を執筆するにあたり、指導していただいた渡辺大地准教授、阿部雅樹実験助手、忙しい中実験に協力していただいた研究室の皆、そして支えていただいたすべての人に感謝いたします。本当にありがとうございました。

## 参考文献

- [1] Chris Donahue, Zachary C. Lipton, and Julian McAuley. Dance dance convolution. *CoRR*, Vol. abs/1703.06891, , 2017.
- [2] 香川俊宗, 手塚宏史, 稲葉真理. 音楽の重要な構成要素の抽出の提案-音楽ゲーム用譜面自動生成のために-. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム, Vol. 2015, pp. 326–333, 2015.
- [3] ソニーコンピュータエンタテインメント. パラッパラッパー. <https://www.jp.playstation.com/games/parappa-the-rapper-ps4/>. 参照: 2018.01.19.
- [4] 任天堂. リズム天国. <https://www.nintendo.co.jp/n08/brij/>. 参照: 2018.01.19.
- [5] バンダイナムコエンターテインメント. 太鼓の達人シリーズ公式サイトドンダーページ. <http://taiko-ch.net/>. 参照: 2018.01.19.
- [6] KONAMI. Gitadoraoverdrive. <http://www.konami.jp/bemani/gfdm/gitadora/>. 参照: 2018.01.19.
- [7] KONAMI. Ddr global gateway. <http://www.konami.jp/bemani/ddr/jp/>. 参照: 2018.01.19.
- [8] KONAMI. ポップンミュージックワールド. <http://takabosoft.com/domino>. 参照:

2018.01.19.

- [9] SEGA. maimai milk. <https://maimai.sega.jp/>. 参照: 2018.01.19.
- [10] バンダイナムコエンターテインメント. アイドルマスター シンデレラガールズ スターライト ステージ. <http://cinderella.idolmaster.jp/sl-stage/>. 参照: 2018.01.19.
- [11] 深山覚, 中妻啓, 酒向慎司, 西本卓也, 小野順貴, 嵯峨山茂樹. 音楽要素の分解再構成に基づく日本語歌詞からの旋律自動作曲. 情報処理学会論文誌, Vol. 54, pp. 1709–1720, 2013.
- [12] バレエの学校. リズムとメロディ. <https://dfun.jp/?p=521>. 参照: 2018.01.19.
- [13] 作曲ラボ. ステップ1: リズム (ドラム) を決める. <http://kaymusic-online.com/index.php?%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%83%E3%83%97%E3%83%91%E3%83%AA%E3%82%BA%E3%83%A0%28%E3%83%89%E3%83%A9%E3%83%A0%29%E3%82%92%E6%B1%BA%E3%82%81%E3%82%8B>. 参照: 2018.01.19.
- [14] 拓也栗原, 尚洋木下, 竜之介山口, 有希子横溝, 美夏竹腰, 哲晃馬場, 鉄朗北原. カラオケを盛り上げるためのタンバリン演奏支援システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 5, pp. 1073–1092, may 2017.
- [15] 杉本恵哉, 平山高嗣, 間瀬健二. ジャズダンスにおける音楽ビートと運動ビートの同期生に関する分析. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 26, pp. 1–4, sep 2012.
- [16] 赤坂朋香, 楠俊明, 福富彩子, 田邊隆. リズムと拍子の認知に関する一考察-単純拍子と複合拍子の相違、そしてシンコペーション-. 愛知大学養育学部紀要, Vol. 63, pp. 149–160, 2016.
- [17] 長嶋洋一. 音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果. 芸術科学会論文誌, Vol. 3, No. 1, pp. 108–148, 2004.
- [18] 松本息吹, 高橋美樹. 音楽的空間における「ノリ」の研究. 高地大学教育学部研究報告, Vol. 70, pp. 169–180, 2010.
- [19] Qiita. Unity で音楽に合わせたデータを作るのに midi ファイル + smflife が楽だった.

<https://qiita.com/chiepomme/items/ea524fdb40f21a8101f9>. 参照: 2017.6.25.

[20] TAKABO SOFT. Midi 音楽編集ソフト「domino(ドミノ)」. <http://takabosoft.com/domino>. 参照: 2017.10.30.

[21] Unity. Unity technologis. <https://unity3d.com/jp>. 参照: 2017.6.25.

[22] MIDI 素材ピアノソロ倶楽部. 夏祭り. <http://www.urban.ne.jp/home/ike/ha%20gyou%20kasyu%20betu%202.htm>. 参照: 2017.10.30.

[23] SEGA. チュウニズムスター. <https://chunithm.sega.jp/player/>. 参照: 2018.01.19.

## 付録 A

# 本手法で生成した譜面

本手法によって生成した3段階の譜面をのせる。上段赤色が低難易度・中段緑色が中難易度・下段水色が高難易度である。

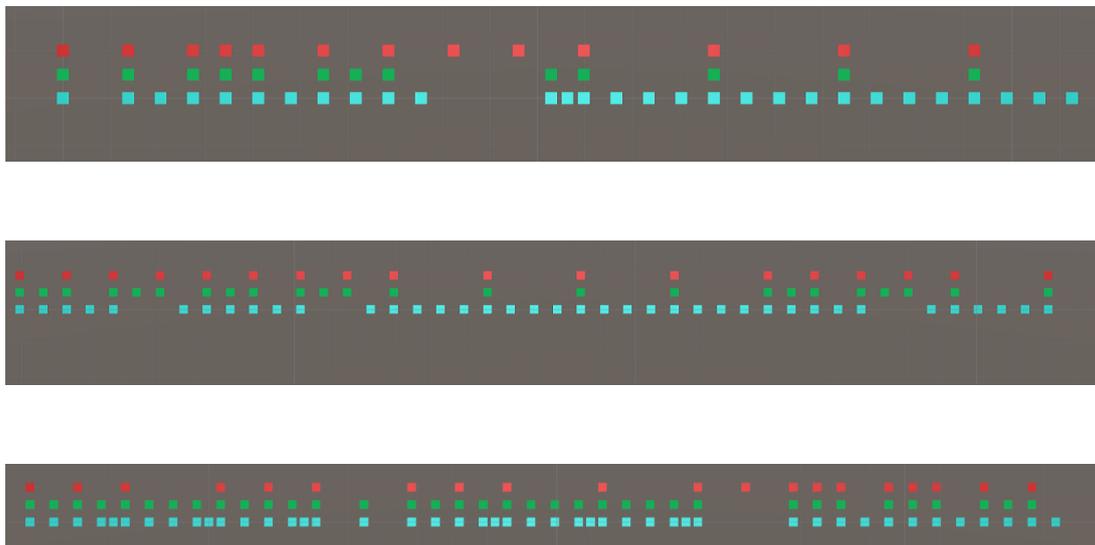


図 A.1 本手法で生成した譜面