

平成 25 年度 修士論文

# 旋律概形を用いた作曲支援システムの研究

指導教員 夜久竹夫教授

日本大学大学院総合基礎科学研究科地球情報数理科学専攻

土屋 裕一

2014 年 2 月 提出

# 概 要

本論文では、音楽の非専門家が旋律を編集するための、音符によらない旋律表現を提案する。現在では、様々な自動作曲システムが開発されているものの、作成された楽曲に納得いかない場合に専門的知識を持たないユーザがその楽曲を自由に編集できるシステムはほとんどない。一般的にMIDIデータの編集はMIDIシーケンサなどに搭載されているピアノロールで行われるが、音楽経験が少ないユーザが利用することは困難である。

我々は、まず旋律を旋律概形と呼ばれる曲線に変換し、その旋律概形上での旋律編集を行う手法を提案する。旋律概形は、旋律の音高の時系列に対してフーリエ変換を行い、低次のフーリエ係数を抽出することで得ることができる。抽出された旋律概形は、マウスのドラッグ操作で簡単に書き換えることができる。その編集された旋律概形を用いて、音符列に逆変換を行う。再生成の際は、隠れマルコフモデルを用いて音階にできるだけ合った旋律のみを出力する。これにより、旋律概形を用いた旋律編集手法は、音楽的経験が少ないユーザにとって、旋律編集の試行錯誤が容易にできる。

本論文では、2章で関連研究について述べる。3章では、具体的な提案手法について述べる。ここでは、旋律から旋律概形への変換・再変換方法を中心に記す。4、5、6章では、提案手法を実装したシステムの試用実験について述べる。4章は、旋律概形を用いた旋律編集システムと、DTMソフトウェアに用いられているピアノロールを用いたシステムの比較実験について述べる。5章は、旋律概形を用いた旋律編集システムの長期試用実験についての結果と考察を中心に記す。

6章は、前章で行った実験の考察から、旋律概形とピアノロールを統合して使用すると良い効果が得られると考え、そのシステムの概要と試用実験について述べる。7章は、音符を単位としない旋律編集についてまとめ、システムの改良点や今後の課題についてまとめる。

# 目 次

目 次	iii
図目次	vii
<b>第1章 序 論</b>	<b>1</b>
1.1 研究動機 . . . . .	1
1.2 目的 . . . . .	2
<b>第2章 背景</b>	<b>3</b>
2.1 関連研究 . . . . .	3
2.1.1 A mid-level representation for melody-based retrieval in au- dio collections . . . . .	3
2.1.2 OrpheusBB . . . . .	3
2.1.3 Lazy Composer . . . . .	4
2.1.4 タイムスパン木に基づくメロディモーフィング . . . . .	4
2.1.5 確率文脈自由文法を用いた事例参照型自動作曲システム . . . . .	4
2.1.6 その他 . . . . .	5
2.2 研究方針 . . . . .	5
2.2.1 基本コンセプト . . . . .	5
2.2.2 旋律編集の流れ . . . . .	6
<b>第3章 音符列と旋律概形の相互変換手法</b>	<b>9</b>

3.1	音符列からの旋律概形抽出手法	9
3.2	旋律概形の編集	11
3.3	旋律概形からの音符列生成手法	11
<b>第4章</b>	<b>短期実験</b>	<b>17</b>
4.1	旋律概形とピアノロールを用いた実験条件	17
4.2	アンケート結果とその考察	22
4.3	課題	24
<b>第5章</b>	<b>長期実験</b>	<b>25</b>
5.1	実験条件	25
5.2	考察	27
5.2.1	インタビューからの考察	27
5.2.2	アンケートからの考察	28
5.2.3	課題	30
<b>第6章</b>	<b>概形レベルと音符レベルの編集をシームレスに行えるシステムの試用 実験</b>	<b>33</b>
6.1	システムの概要	33
6.2	実現手法	35
6.2.1	旋律概形の抽出	38
6.2.2	旋律概形からの音符列の生成	38
6.2.3	編集された音符列からの旋律概形の再抽出	39
6.3	試用実験	39
6.4	結果と考察	40
6.4.1	アンケートからの考察	40
6.4.2	編集結果からの考察	41

<b>第7章 決章</b>	<b>47</b>
7.1 結論 . . . . .	47
7.2 今後の展望 . . . . .	49
<b>付録A 長期実験の対話記録</b>	<b>53</b>
A.1 各被験者について . . . . .	53
A.2 被験者Aのインタビュー . . . . .	53
A.2.1 一週目 . . . . .	53
A.2.2 二週目 . . . . .	55
A.2.3 三週目 . . . . .	57
A.2.4 四週目 . . . . .	59
A.3 被験者Bのインタビュー . . . . .	62
A.3.1 一週目 . . . . .	62
A.3.2 二週目 . . . . .	63
A.3.3 三週目 . . . . .	65
A.3.4 四週目 . . . . .	66
A.4 被験者Cのインタビュー . . . . .	70
A.4.1 一週目 . . . . .	70
A.5 被験者Cのインタビュー . . . . .	72
A.5.1 二週目 . . . . .	72
A.5.2 三週目 . . . . .	73
A.5.3 四週目 . . . . .	76
<b>付録B 短期実験の対話記録</b>	<b>79</b>
B.1 被験者Aのインタビュー . . . . .	79
B.2 被験者Bのインタビュー . . . . .	81
B.3 被験者Cのインタビュー . . . . .	83



# 目 次

2.1	旋律概形の例 . . . . .	6
2.2	楽曲編集の流れ . . . . .	7
3.1	音符列から旋律概形を抽出する手法の概要 . . . . .	10
3.2	低次の次数の範囲で表現される旋律概形の粗さ. . . . .	11
3.3	編集後の旋律概形から音符列を再生成する手法の概要. . . . .	12
3.4	編集後の旋律概形から音符列を再生成する手法の概要. . . . .	15
4.1	(1) は旋律概形を用いた旋律編集システムの全体図 , (2) はピアノ ロールを用いた旋律変編集システムの全体図. . . . .	18
5.1	全体図. . . . .	26
6.1	編集の流れ図 . . . . .	34
6.2	概形レベルの旋律編集の例. 青色で表示された旋律概形を描き直 すと, それに合わせて音符列が自動的に更新される. . . . .	35
6.3	音符レベルの旋律編集の例. 特定の音符を編集すると, その音符が 「固定」され, 色が変わる. 固定されれば音符は, 以降旋律概形を編 集しても変更されない. . . . .	36
6.4	いくつかの音符が固定された状態 (ピンク色) での概形レベルの旋律 編集の例. 旋律概形を書き換えても, 固定された音符は変更されな いことがわかる. . . . .	37

6.5	被験者 A の編集結果	44
6.6	被験者 B の編集結果	45
6.7	被験者 C の編集結果	46
A.1	被験者 A の 1 週目の結果	56
A.2	被験者 A の 2 週目の結果	58
A.3	被験者 A の 3 週目の結果	60
A.4	被験者 A の 4 週目の結果	61
A.5	被験者 B の 1 週目の結果	63
A.6	被験者 B の 2 週目の結果	65
A.7	被験者 B の 3 週目の結果	67
A.8	被験者 B の 4 週目の結果	70
A.9	被験者 C の 1 週目の結果	72
A.10	被験者 C の 2 週目の結果	74
A.11	被験者 C の 3 週目の結果	75
A.12	被験者 C の 4 週目の結果	77
B.1	被験者 A の実験結果	80
B.2	被験者 B の実験結果	82
B.3	被験者 C の実験結果	84

# 第1章 序 論

## 1.1 研究動機

自動作曲システム [1, 2, 3, 4, 5] は, 作曲スキルのない人が手軽にオリジナル曲を得る手段として, 近年, 注目を集めつつある. これらのシステムは, ユーザが入力した歌詞などに基づき, 自動的に旋律を生成する. しかし, 実際には, ユーザがシステムに楽曲への要望を詳細に伝えることは容易ではなく, ユーザが十分に満足いく楽曲が生成されるのは, むしろまれである. このような場合, 通常は, 市販の MIDI シーケンサなどを使って手動で生成結果を編集して楽曲を仕上げていくことになるが, 作曲スキルのないユーザには, 困難な作業である. 作曲スキルのないユーザは, 音符単位でうまく表現ができないとしても, 「音が徐々に低くなって, 急速に高くなる」や「3小節目あたりから4小節目の初めにかけて音が緩やかに低くなる」のような旋律の大まかな形についてイメージを持っている場合が多いと考えられる. しかし, 専門的な知識のないユーザが MIDI シーケンサを使用すると, 編集が音符レベルのため伴奏と不協和な旋律を作成する可能性が非常に高い. したがって, ユーザが十分に満足いく楽曲を生成するための編集支援が必要となる. 本論文ではこの課題に対して, 旋律の大まかなイメージを実現するために旋律の流れを一本の曲線に変換し, その曲線を用いて編集する手法の研究を行う.

## 1.2 目的

本研究のゴールは、市販の MIDI シーケンサを使えないようなユーザでも、自動作曲システムが生成した旋律に対して修正を試行錯誤し、自分なりに満足のいく旋律を探求する環境を実現することである。非専門家が MIDI シーケンサを使うのが難しい理由は、2つあると考えられる。1つは、非専門家は、旋律を音符列として聴取しているとは限らないということである。旋律の認知や記憶には、旋律全体の輪郭が重要であると言われている [6]。そのため、編集のための旋律表現も、旋律全体の輪郭を表すような表現であれば、非専門家でも試行錯誤がしやすくなると予想される。もう1つは、非専門家には、スケール外の音や伴奏と不協和を生じさせ得る音を避けることが難しいということである。そのため、非専門家が試行錯誤しやすくするには、このような音を計算機が自動的に避ける機構が有効である。本論文では、旋律全体の輪郭を1本の曲線で表した「旋律概形」と呼ばれる旋律表現を提案する。この表現は、旋律の音高の時系列をフーリエ変換し、低次の係数のみを残して逆フーリエ変換をすることで得られる。旋律概形が得られたら、ユーザはその概形を自由に描き直すことができる。その後、その概形のフーリエ係数と元の旋律の高次のフーリエ係数を組み合わせて逆フーリエ変換することで高次の時系列を再生成し、隠れマルコフモデルを用いてスケールに合った旋律を推定する。このように、旋律の音高や音価を陽に表現せず、音楽的詳細をあえて示さないことで、音楽の非専門家が旋律の全体像の編集に注力できるようになり、非専門家にとってのユーザビリティが向上すると期待できる。

## 第2章 背景

本章では，関連研究および提案手法について述べる．

### 2.1 関連研究

本節では，初心者に向けた旋律作成支援システムに関する研究を中心に述べる．

#### 2.1.1 A mid-level representation for melody-based retrieval in audio collections

旋律を粗い表現に変換する手法の代表例として，文献 [7] などのメロディの中間表現が挙げられる．しかし，音楽検索における旋律の照合を目的としており，音符列に逆変換することは指向されていなかった．

#### 2.1.2 OrpheusBB

OrpheusBB[8] では，ユーザとインタラクションを取りながら，楽曲生成処理を繰り返して作曲していくシステムである．このシステムの特徴は，作曲された曲にユーザの意図を満たさない場合，ユーザはメロディやコード進行を自由に編集することができ，編集した部分が音楽的に不自然にならないように他の部分を自動的に再生成することである．この機能により，作曲スキルが身につけていないユーザであっても，計算機とインタラクションを取ることで，音楽的に間違っていない

い旋律作成を行うことが可能となる。しかし、編集は音符表現であるので、音楽編集経験の少ないユーザには難しいと考えられる。

### 2.1.3 Lazy Composer

LazyComposer[9]では、ユーザが一本の曲線を描くことにより、メロディーを作曲することができる。曲線から音符列を生成する点は本研究と共通しているが、音符列表現と相互変換を指向しているものではない。また、旋律の細かさを制御することはできない。

### 2.1.4 タイムスパン木に基づくメロディモーフィング

メロディモーフィング法 [10]では、あるメロディと別のメロディの間にある複数個のメロディをある尺度のもとで順序付けて作成する。本手法では、音楽理論 GTTM による楽曲分析の結果から得られるタイムスパン木は、曲中の各音の構造的な重要度を階層的に示したものであり、音楽の深層構造の分析を可能とする。初心者へのメロディー編集支援という点では共通しているが、楽曲の構造を分析する点が本研究とは異なる。

### 2.1.5 確率文脈自由文法を用いた事例参照型自動作曲システム

確率文脈自由文法を用いた事例参照型自動作曲システム [11]では、旋律の階層構造を確率文脈自由文法 (PCFG) でモデル化し、与えられた旋律に対して求められた構文木に対して、一定のノードだけを生成し直す事で大まかな構造を維持したまま新しい旋律を作成するものである。本研究では、ユーザが直接メロディーの編集を行うことを想定しており、事例曲を用いてシステムが楽曲を生成するものではない。

### 2.1.6 その他

音素材の自動挿入機能を備えたループシーケンサ [12] や Garageband[13] などでは、システムがあらかじめ多くのループ素材を用意することで、それを組み合わせる操作のみで作曲が可能である。しかし、作られた曲の部分編集を行うことは指向しているものではない。

## 2.2 研究方針

この節では、研究方針について述べる。

### 2.2.1 基本コンセプト

「旋律概形」とは、旋律の大まかな形が1本の曲線で表されたものである。旋律概形の例を図 2.1 に示す。これは、MIDI シーケンスのような音符列から自動的に得られ、ユーザがこの曲線を描きなおした後、あらためて音符列に逆変換されることを想定している。そのため、単に音高の時系列を平滑化するのではなく、編集後に音符列に戻せる仕組みが必要である。我々は、旋律概形は次の4つの要件を満たすべきと考える。

1. 各音符の音高や音価が陽には表現されない。
2. 音符表現を旋律概形に変換し、編集せずに音符表現に再変換すると、元の音符表現に戻る。
3. 旋律概形上で編集を行って音符表現に変換した場合、音楽的に不適切な音は避けられる。
4. 旋律概形に旋律のどの程度細かな動きが表現されるかは、ユーザが制御できる。



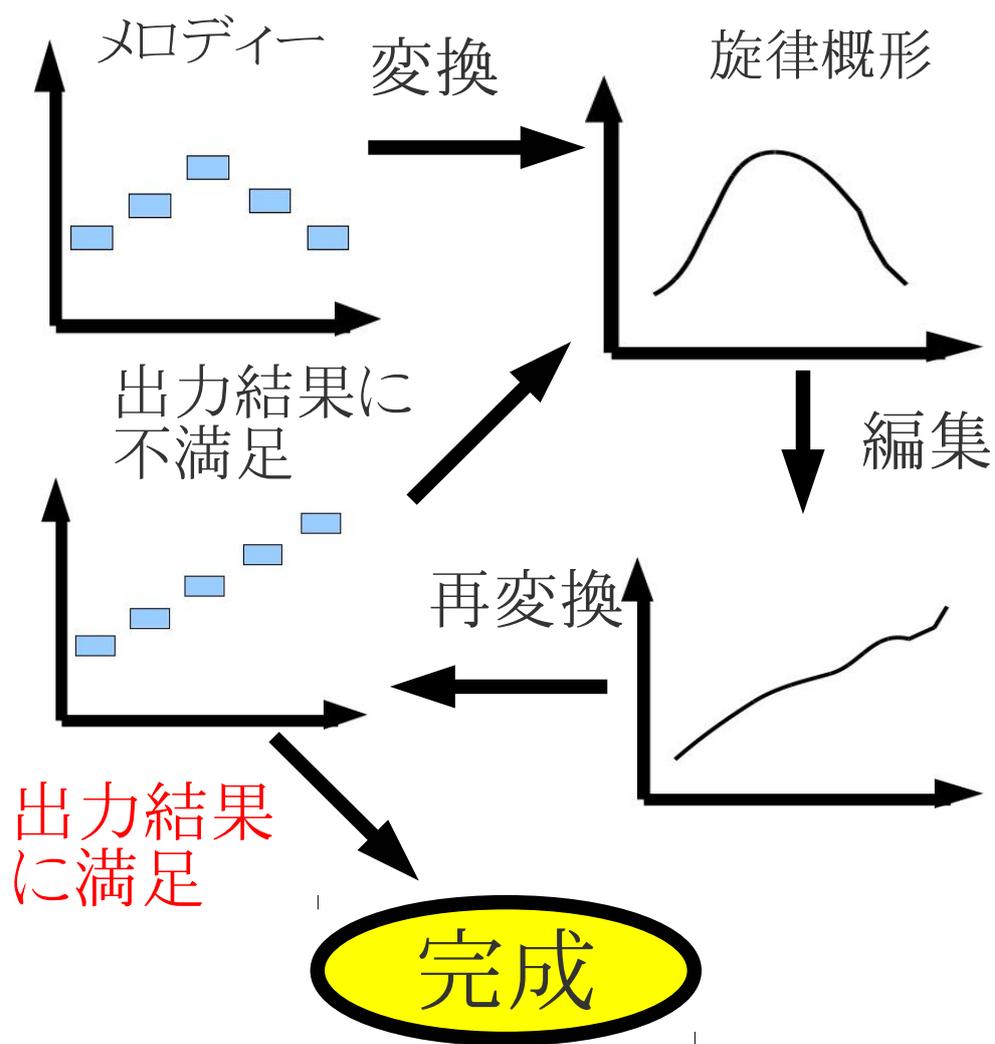


図 2.2: 楽曲編集の流れ

イクルの中で、旋律概形の「細かさ」は自由に変えることができるので、必要に応じて細かさを変えて編集することができる。たとえば、最初は細かさのパラメータを低い値にし、旋律の大まかな特徴を作った後、このパラメータの値を高くして細部を作り込んでいく、といった使い方ができる。

## 第3章 音符列と旋律概形の相互変換 手法

### 3.1 音符列からの旋律概形抽出手法

音符列から旋律概形を抽出する手法の概要を図 3.1 に示す。

まず, 入力された MIDI シーケンス ( 図 3.1(a) ) は, 音高の時系列 ( 図 3.1(b) ) に変換される。ここで言う音高の時系列とは, 旋律の音の高さを時間の流れに沿って並べられた系列のことである。音高が対数で表現され, その値は中央の C の音が 60.0, 半音が 1.0 ( ノートナンバーの表現とは異なり, 非整数値でも構わない ) となる。休符については, 直前の音が継続しているものとして扱う。

次に, この音高の時系列を周期信号とみなしてこの信号全体に対して離散フーリエ変換を行う。この時, 高次のフーリエ係数は旋律の細かい特徴を表現するのに対して, 低次のフーリエ係数は旋律の大まかな動きを表すものである。そこで, フーリエ変換で得られた係数のうち, 低次のもののみを取り出して逆フーリエ変換を行う。こうすることで, 音高の時系列から旋律の大まかな成分のみを取り出すことができる ( 図 3.1(c) ) 。

このように, フーリエ係数の低次のもののみを用いることで, 2 章で議論した基本コンセプトの (1) を満たすことができる。また, 抽出するフーリエ係数の次数の上限を変えることで, 旋律概形が表す旋律の細かさを制御することができ ( 図 3.2 ) , 基本コンセプトの (4) を満たす。

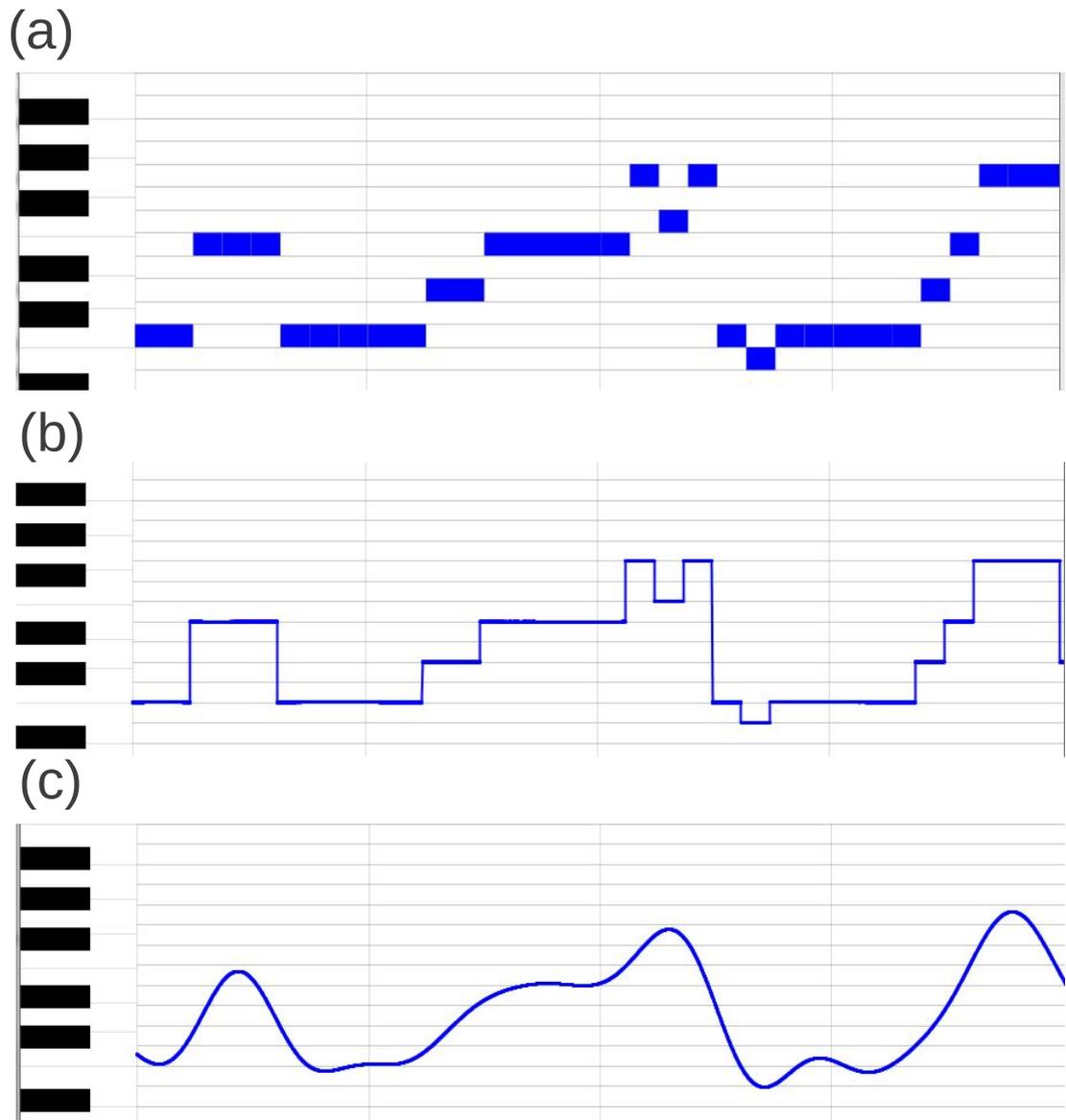


図 3.1: 音符列から旋律概形を抽出する手法の概要

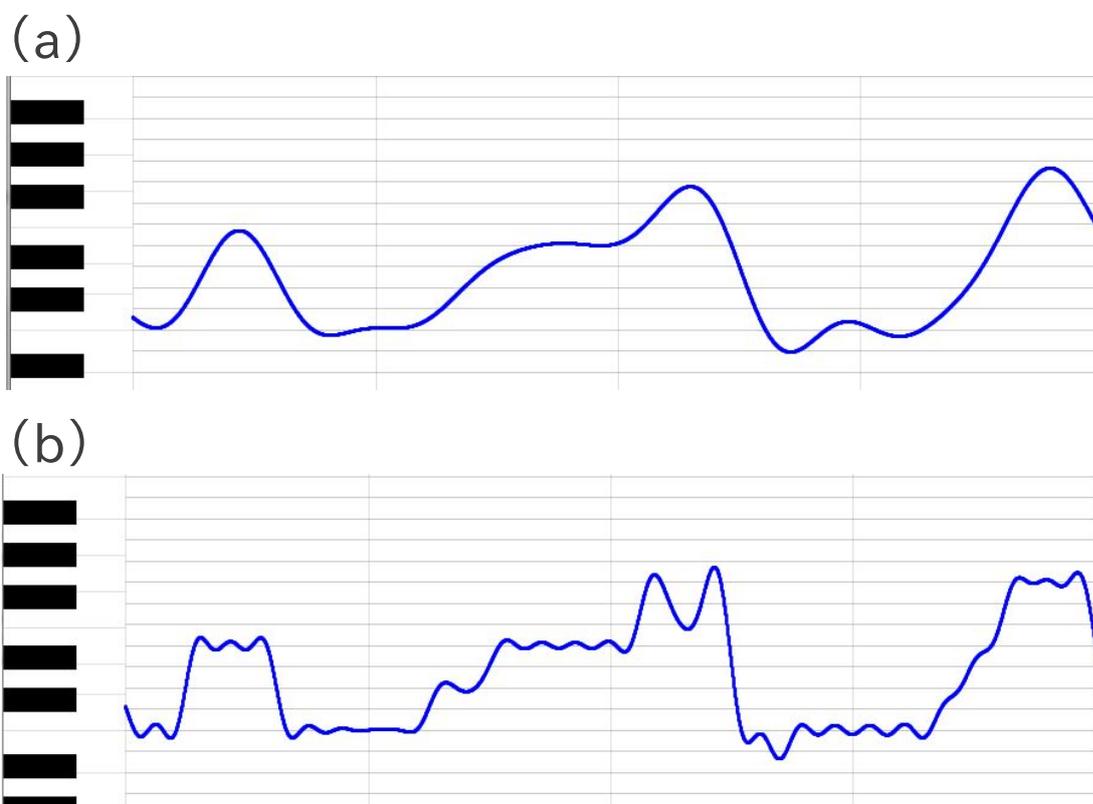


図 3.2: 低次の次数の範囲で表現される旋律概形の粗さ.

## 3.2 旋律概形の編集

旋律包概形はマウスのドラッグ操作で編集する事ができる。マウスのドラッグ操作で新たな曲線を描くと、前節と同様のフーリエ変換、低次のフーリエ係数の抽出、逆フーリエ変換が直ちに行われ、設定された次数の範囲内で表現できる旋律概形に変換される。

## 3.3 旋律概形からの音符列生成手法

編集後の旋律概形から音符列を再生成する手法の概要を図 3.3 に示す。編集後の旋律概形（図 3.3(a)）をフーリエ変換して得られたフーリエ係数と、旋律概形抽出

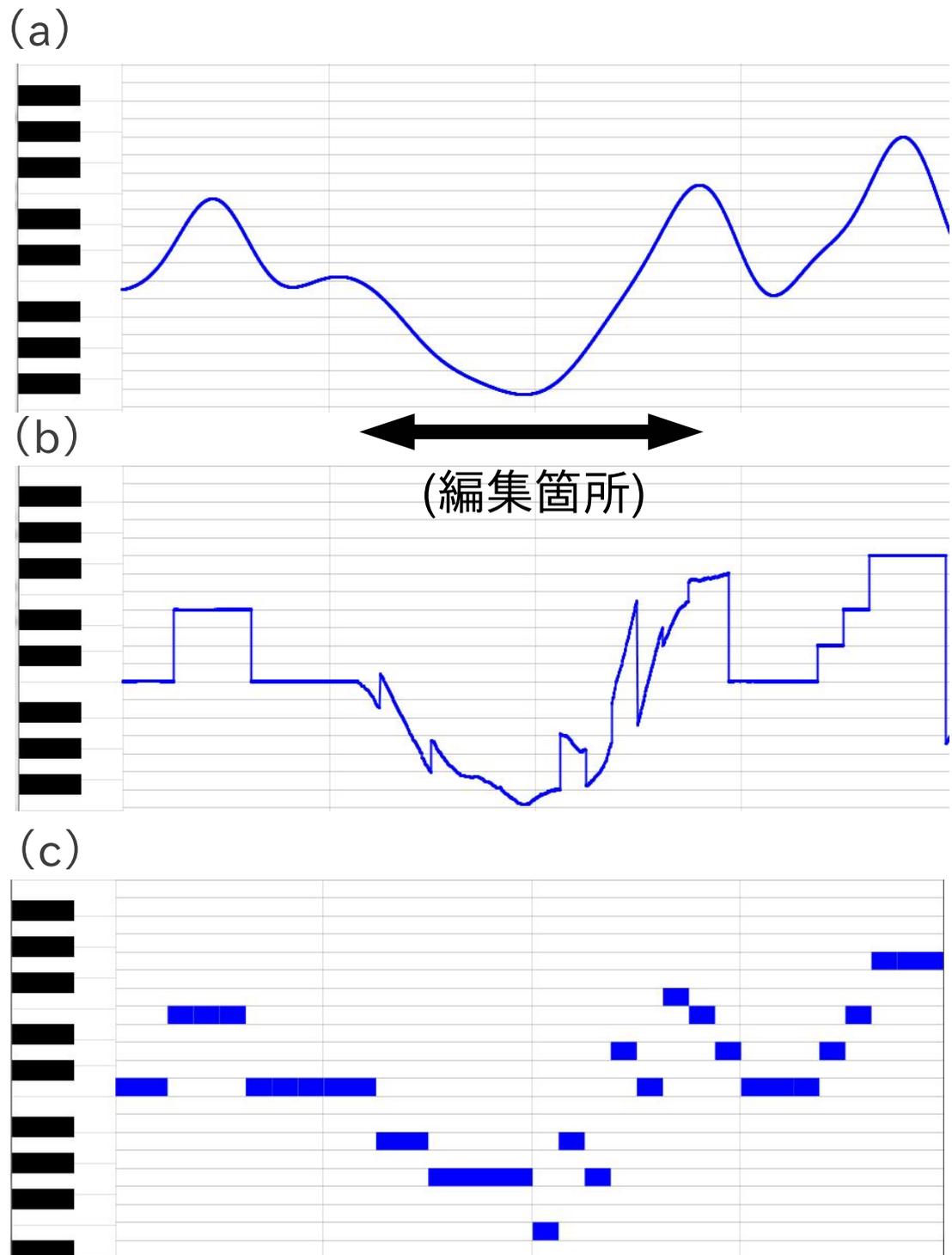


図 3.3: 編集後の旋律概形から音符列を再生成する手法の概要.

時に使用しなかった高次のフーリエ係数を結合して逆フーリエ変換を行う。これにより、旋律の大まかな流れにユーザによる操作を反映させながら、旋律の細かな動きに元の旋律の特徴を残した音高の時系列が得られる（図 3.3(b)）。また、全く編集せずにこの操作を行った場合は、元の音高の時系列と同じものが得られる（2章の基本コンセプトの(2)を満たしたことになる）。

音高の時系列が得られたら、それを音符列に変換する。簡単のため編集対象を音高のみとし、各音符の発音時刻や消音時刻は元の旋律と等しいものとする。その場合、決定すべきは各音符のノートナンバーのみなので、各音符の発音区間（発音から消音までの区間）における音高の時系列の代表値（中央値など）とすればよい。しかし、編集した箇所を音高の時系列に変換すると、図 3.3(b) のように歪みが生じる。そこで、隠れマルコフモデル（HMM）を用いて、この歪みのある音高の時系列から、スケールに即した音符列を推定する。

使用する HMM の概要を図 3.4 に示す。歪んだ音高の時系列は、音楽的に正しいノートナンバーの系列にノイズが加わって観測されたものであると考える。各状態が各ノートナンバーに対応し、正規分布に従ったノイズが付加されて音高の値が出力されると考える。例えば、ノートナンバー 60 に対応する状態は、60.0 の平均と  $\sigma^2$  の分散を持つ正規分布に従って音高の値を出力する。分散  $\sigma^2$  の値は 10 で実験的に決定する。遷移確率は、生成される旋律の主にスケール的な特徴および隣り合う音符どうしの遷移の特徴を表す。たとえば、メジャースケールの音に対応する状態への遷移確率が高く設定されている場合は、推定される音符はメジャースケールのものになりやすくなる。適切に状態遷移確率を設定することで、スケールに即していない音高が出力される可能性を抑えることができる（2章の基本コンセプトの(3)を満たしたことになる）。現状では簡単のため、楽曲全体が八長調である（転調はしない）と仮定し、八長調のダイアトニックスケールに即した音符列が出力される

ようにする. 具体的には, その音階の出現率  $p_1(s_j)$

$$p_1(s_i) = \begin{cases} 16/45 & (\text{C}) \\ 2/45 & (\text{D}) \\ 8/45 & (\text{E}) \\ 3/45 & (\text{F, A}) \\ 12/45 & (\text{G}) \\ 1/45 & (\text{B}) \\ 0 & (\text{ノンダイアトニックノート}) \end{cases}$$

前の音との音階の音差の確率  $p_2(s_i, s_j)$

$$p_2(s_i, s_j) = \begin{cases} 1/63 & (\text{増四度, 減五度, 長六度, 短七度, 長七度}) \\ 2/63 & (\text{完全一度}) \\ 4/63 & (\text{短六度}) \\ 6/63 & (\text{完全四度, 完全五度}) \\ 10/63 & (\text{短二度, 長二度, 短三度, 長三度}) \end{cases}$$

を用いて

$$P(s_j | s_i) = p_1(s_j) p_2(s_i, s_j),$$

で決定される.

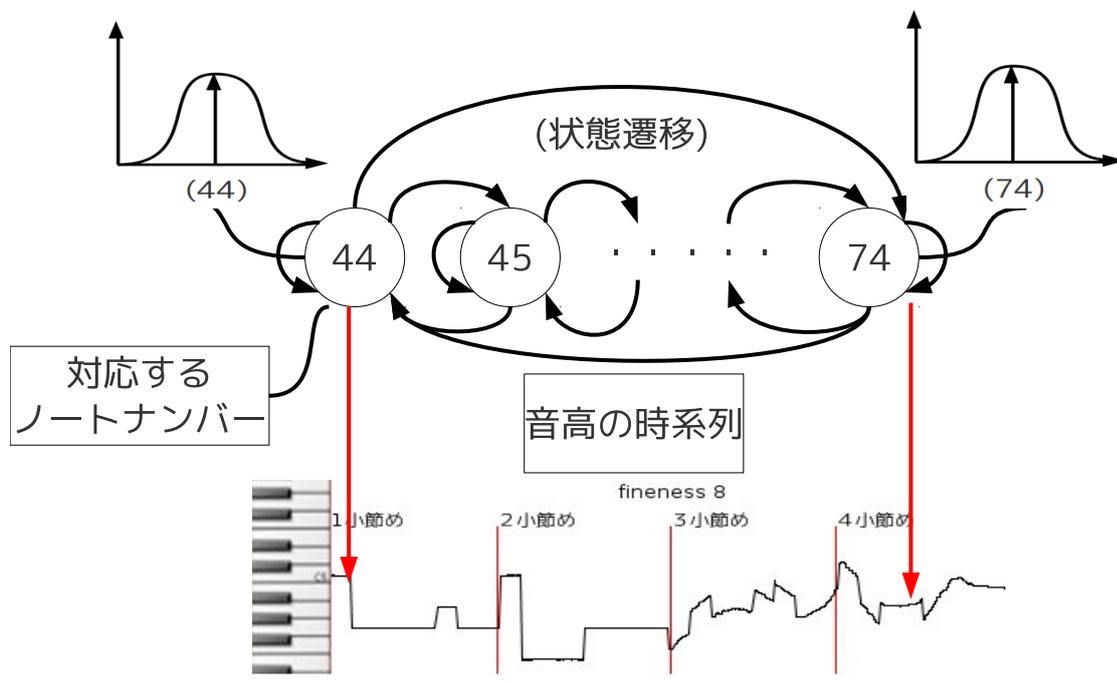


図 3.4: 編集後の旋律概形から音符列を再生成する手法の概要.



## 第4章 短期実験

本章では，旋律概形とピアノロールの試用結果を確かめるために行った短期実験について述べる．

### 4.1 旋律概形とピアノロールを用いた実験条件

本システムとピアノロールとの比較実験を行った．被験者は，本学部の学生12人（男性9人，女性3人）を対象である．本実験では，被験者を中級者と初級者という形で分類した．各被験者の作曲レベルは表4.1,4.2の通りである．編集する楽曲は，自動作曲システム Orpheus[14] を用いてあらかじめ実験者が用意した．Orpheus に入力した歌詞は，世界童謡集 [15] の中から「お日様の旅」という歌詞を選択した．この歌は「僕が枕をして寝るときも，お日様は寝ずにぐるぐると地球のまわりをまわっては，朝また朝をこしらる」という歌詞である．今回比較実験に使用するシステムは2つある．1点目は旋律概形レベルの編集のみが行えるシステム，2点目は音符レベル（ピアノロール）編集のみが行えるシステムである．2つのシステムの全体図は図4.1の通りである．このシステムを使って，実験者は編集を行う．

実験の手順は以下の通りである．まず，被験者は十分に2つのシステムのトレーニングを行う．被験者は，すべての操作方法を覚えてから3分程度自由編集時間を与えて旋律編集を行い，その後本実験を行った．本実験では，初めに十分に編集する曲の試聴を行うここでは，理系学科に所属する学生に対しては，10分間の操作説明と自由編集時間として，3分の練習時間を設けた．文系学科に所属する学生に対しては，15分間の操作説明と自由編集時間として，5分間の練習時間を設けた．

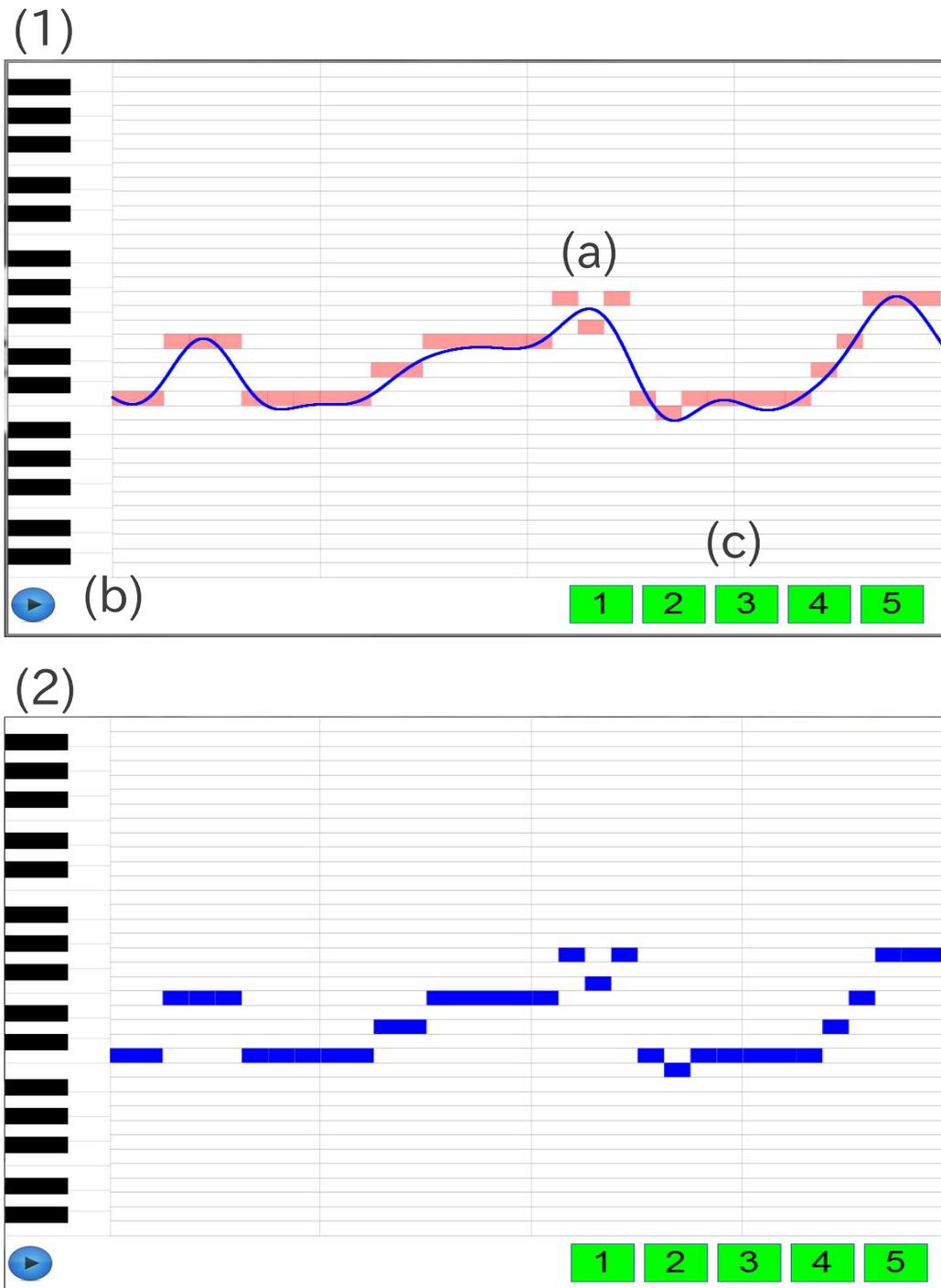


図 4.1: (1) は旋律概形を用いた旋律編集システムの全体図, (2) はピアノロールを用いた旋律変編集システムの全体図.

表 4.1: 各被験者の音楽スキル (中級者).

	A	B	C	D	E
演奏楽器	エレクトーン	ピアノ	ピアノ	ピアノ	ピアノ
年数	10年	16年	9年	7年	6年
作曲経験	あり	あり	あり	なし	なし

表 4.2: 各被験者の音楽スキル (初級者).

	F	G	H	I	J	K	L
演奏楽器	ピアノ	なし	なし	なし	なし	なし	なし
年数	2年	なし	なし	なし	なし	なし	なし
作曲経験	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし

次に、実験者が被験者に対して編集後の目標（編集した後の旋律）の指示を行う。例えば、「4小節目のすべての音をだんだん緩やかに低くしてください」などの指示を出す。今回、2通りの編集方法に出した指示は、「2小節目あたりから3小節目目辺りにかけて徐々に音を低くしていき、3小節目目辺りから3小節目の終わりにかけて音を徐々に高くしたい」である。最初は、旋律概形レベルの編集のみが行えるシステムを用いて編集を行う。被験者は実験者の指示で編集を始め、満足できるまで編集を行い終わり次第アンケートに答える。旋律概形を用いたシステムのアンケートでは以下の7点に対して回答を行う。

Q1 出力結果に満足しましたか。

Q2 あなたの編集は音楽的に不適切な音を出力していると思いますか。

Q3 編集は行いやすかったですか。

Q4 作成した曲に点数をつけるとしたら何点ですか。

Q5 旋律概形を編集した際に出力された楽曲は思い通りの出力結果でしたか。

表 4.3: 旋律概形を用いた編集のアンケート結果 (中級者) .

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	編集時間
A	6	2	3	6	2	6	3min
B	6	4	7	6	7	7	2min
C	6	3	3	6	5	6	6min
D	3	3	3	4	5	5	6min
E	6	3	2	5	5	6	4min40s
中央値	6	3	3	6	5	6	4min40s
平均値	5.4	3	3.6	5.4	4.8	6	4min30s

Q6 編集後の編集結果のイメージを指定されていますが、その指定された大まかなイメージを旋律概形で描けたと思いますか。

Q7 その他感想があれば記述してください。

次に被験者は音符レベル編集を行う。音符レベル編集も同様に、旋律概形編集と同じ編集後の目標の指示を出し、満足するまで編集を行った後アンケートに答える。

音符レベル編集のアンケート内容は以下の5通りである。

Q1 出力結果に満足しましたか。

Q2 あなたの編集は音楽的に不適切な音を出力していると思いますか。

Q3 編集はしやすかったですか。

Q4 作成した曲に点数をつけるとしたら何点ですか。

Q5 その他感想があれば記述してください。

これらのアンケートは、7段階評価で行う。なお、評価での0点は、質問に対する答えが被験者自身で判断できない場合の評価である。

表 4.4: 旋律概形を用いた編集のアンケート結果 (初級者).

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	編集時間
F	6	5	7	6	6	6	3min50s
G	1	4	2	2	0	3	8min10s
H	5	3	5	5	6	5	10min45s
I	6	2	6	6	6	7	4min50s
J	6	4	3	5	5	5	10min30s
K	6	4	6	6	5	5	4min10s
L	7	7	7	6	1	6	5min30s
中央値	6	4	6	6	5	5	6min10
平均値	5.3	4.1	5.1	5.1	4.1	5.3	6min40s

表 4.5: ピアノロールを用いた編集のアンケート結果 (中級者).

	Q1	Q2	Q3	Q4	編集時間
A	6	2	6	6	1min40s
B	3	5	1	2	4min
C	6	6	2	5	8min30s
D	5	2	6	6	5min
E	5	6	5	5	5min30s
中央値	5.5	4.5	5.5	5	5min
平均値	5.2	4.2	4.3	4.7	5min

表 4.6: ピアノロールを用いた編集のアンケート結果 (初級者) .

	Q1	Q2	Q3	Q4	編集時間
F	6	5	2	4	8min
G	7	2	2	7	9min
H	2	6	2	2	14min
I	6	3	6	5	9min20s
J	5	4	6	4	7min40s
K	6	5	2	5	7min
L	3	5	4	2	6min20s
中央値	6	5	2	4	8min
平均値	5	4.3	3.4	4.1	8min40s

## 4.2 アンケート結果とその考察

アンケート結果を表 4.3~表 4.6 に示す. まず初めに, 旋律概形を用いた編集のアンケートについて考察を行う. 出力結果に対する満足度は, 全般に比較的高い評価が得られた. 特に Q1 や Q4 の中央値では初級者, 中級者ともに 7 点満点中 6 点という高い評価であった. 一方で, 初心者の被験者 B や中級者の被験者 D からは Q1 の設問に対して, 1 点や 3 点という低い評価という結果となり満足できない結果となった. これは, 各被験者によって好みの旋律が分かれるためと考えられる. そのため, ユーザが HMM の状態遷移確率を調節できるような機能が望まれる.

Q3 の質問である「編集はしやすかったですか」という質問に対しては, 音楽経験によって差が出る結果となった. 特に平均値では, 初心者は 5.1 点, 中級者は 3.6 点である. この結果から, 旋律概形を用いたシステムは中級者よりも初心者向きと考えられ, 本研究の狙いがうまく現れた.

次にピアノロールを用いた編集のアンケートと旋律概形を用いた編集のアンケー

ト結果の比較を行う。初めに Q3 について述べる。旋律概形を用いた編集のアンケート結果では、中級者の平均値は低めでありかつ初心者平均値は中級者よりも1点以上高くなっている。また、音符レベル編集では、中級者の平均値が初心者の平均値の値を約1点以上高くなっている。しかし、全体的に平均点が4点であった。これは、中級者の被験者の自由回答で初めて使用するシステムに対して戸惑いがあったという意見があったことからこのような結果になったと考えられる。

次に Q4 の結果について着目する。作曲できた曲に対して点数をつける問に対して、音符レベル編集に対して旋律概形の編集の結果のほうが比較的高めの点数となった。特に、初級者の1人を除く他11名が4点以上の高評価であった。ピアノロールについては、初心者から2名2点という低い評価であった。この2名は自由回答の欄に「使いにくくなかったが、思い通りの出力結果にならなかった。」のような回答や、「同じことを求められているのに、後であるピアノロールの編集はうまくできるイメージができなかった」などピアノロールからの出力される結果に対する満足があまりできないことや編集操作が難しいなどの記述されていた。このことから、初心者にはピアノロールの編集は敷居が高い編集方法ということが分かる。

続いて編集時間についての考察を行う。初心者と中級者共に、旋律概形の方が編集時間が短くなる傾向が見られた。特に初心者の編集時間は、2分という大幅な時間短縮が見られた。この結果につながった要因として2点挙げられる。1点目は、HMMを用いることで、出力結果が音楽的に妥当な結果を出力することが可能となり、作曲スキルがない初心者であっても容易に編集をすることができることである。2点目は、旋律概形を用いることで、複数の音符を同時に編集することができることである。

### 4.3 課題

短期実験を終えての課題を記する。短期実験では、旋律概形を用いた編集とピアノロールを用いた編集の比較実験を行った。その課題として2点言及する。1点目は各種パラメータの調節である。現在の設定では、ダイアトニックノートを比較的出力しやすい設定となっている。現状のシステムでは、この設定を調節することはできないのでノンダイアトニックノートを含む旋律を求めているユーザに対しては対応することが困難である。例えば、旋律概形を用いた編集のアンケートで初心者の被験者Bは曲の満足度に対して最低点の評価を点けた。被験者Bは、自由回答の欄「何度も編集してもなかなか思い通り結果にならなかった」という評価や、アンケート結果からも音符レベル編集の方が高い評価であった。2点目は追加機能の実装である。特に、再生できる場所を指定し部分的に再生を行える機能や、マウスでの編集操作が行いにくいという意見も得ることができた。前者に関しては、現状では実装ができていないので、今後行うべきである。後者に関しては、タブレットPC上に実装することで、指での編集操作が行えるシステムを作成済みである。この2点は今後行うべき課題であると考えられる。

## 第5章 長期実験

本システムを長期間使用することにより，初心者がどのような対応をするのか調査するために長期実験を行った。本章では，長期実験の実験条件，結果からの考察を述べる。

### 5.1 実験条件

被験者は，本研究室の学生3人（男性2人，女性1人）を対象にした。被験者の3人は，いずれも作曲経験や楽器演奏経験したことがない学生である。実験期間は一ヶ月間とした。編集する曲は，歌詞に基づく自動作曲システム Orpheus[14]を用いてあらかじめ実験者が用意した。Orpheusに入力した歌詞は，世界童謡集[15]の中から無作為に選択されたものである。各週の用いた歌詞やパラメータは，付録に記載した。なお実装はタブレット端末で行い，指ですべての操作を行う。

実験の手順は以下の通りである。被験者は一ヶ月間本システムを用いて毎日2曲編集する。被験者は同じ歌詞であるがパラメータを変更して作曲した3曲の試聴を行う。この試聴した曲の中から，被験者が最も編集したいと感じた2曲を選択する。その後，システムの起動を行うとテキストボックスが用意されており，被験者はMIDIデータ名，編集したい小節，どのように編集したいかという3つの項目を入力する。例えば，「2小節目から3小節目にかけて音を徐々に高くしたい」というような内容で入力を行う。ここで入力する内容は，現時点での編集したい内容であり，編集の過程でこの内容が変化しても構わない。入力が完了すると図1のような編集画面が表示される。主なシステムの内容は，以下の3点で構

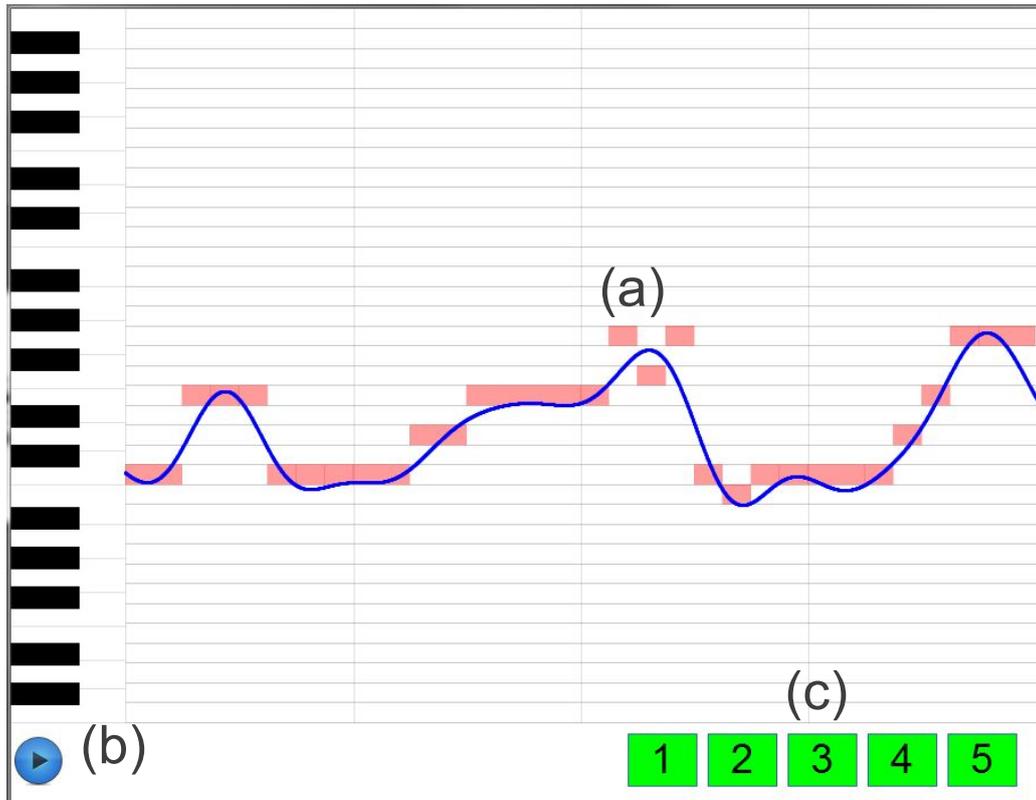


図 5.1: 全体図.

成される。図 5.1(a) は旋律概形と音符列である。MIDI データを入力すると音符列とその音符列の大まかな流れを表現した旋律概形が表示される。ユーザは旋律概形をドラッグ操作で思い通りの旋律概形に編集することが可能である。図 5.1(b) は再生ボタンであり、クリックすると現在の表示されているメロディーを試聴することが可能である。図 5.1(c) は評価ボタンである。ユーザは評価ボタンをいつでも押すことができ、その時に対する旋律の評価を行うことができる。例えば、旋律概形を編集した後の出力結果がイメージ通りだった時は、5 点（5 点満点中）を入力する。被験者はこのシステムを用いて試聴と編集を繰り返しながら作曲を行い、納得ができる旋律ができたならシステムを終了させる。

被験者は週に 1 度決めた日に集ってもらい、画面キャプチャーを行いながら旋律編集を行う。この実験では、各編集後に質問紙による次の項目について 7 段

階で回答をしてもらった。

Q1 出力結果に満足したか。

Q2 旋律概形を編集した時に出力されてきた結果は、思い通りに出力されたか。

Q3 編集はしやすかったですか。

その後に録画された映像を再生しながらインタビューを行い、以下の3点の時間を中心に質問を行った。

1. 再生ボタンがクリックされた時。
2. 旋律概形が編集された時。
3. 評価ボタンがクリックされた時。

このインタビューでは、旋律編集に対する被験者の思考の流れを調査する。特に評価ボタンをクリックされた時については、評価の意図について確認するようにした。

## 5.2 考察

この節では、インタビューの結果と考察を行う。

### 5.2.1 インタビューからの考察

インタビューの記録は、付録のページにすべて掲載した。インタビューの際に特に目立った発言を3つ取り上げる。

1点目は、音符レベルの編集を行いたいという欲求が生まれる場面があったということである。各被験者に1つの音符に対する編集を何度も行う場面が存在したのでその部分の思考を聞き出した。最初の段階ではまだ音符レベルでの明確な

目標とする旋律が存在しないことが多いのだが、編集段階が終わりに近づくとつれて音符レベルの編集を行いたいという欲求が生まれるということを知ることができた。この結果から、初心者のユーザは曲を編集する際に、各音符に対して音高を明確に編集したいとは思ふことは稀である、そして、概形レベルで編集を進めていくにつれて、音符レベルの明確な編集を行いたいと思うようになるということが判った。

2点目は、旋律概形を用いることで、旋律を曲線の流れで捉えることが可能になったという点である。旋律概形を編集した結果に満足できなかった場合、ユーザは新たな旋律概形を書き直す必要がある。この時に、その結果を出力させた旋律概形と比較して新たな旋律概形を作成できるような追加機能が欲しいという発言を被験者(C)のインタビューから得ることができた。もしこの機能が実装できれば出力結果を聞いて満足できなかった箇所を修正する際に、旋律概形レベルの比較を行えることが可能となり、編集しやすくなるのではないかという意見であった。この発言から、被験者が概形レベルで旋律を認識し始めていることが判る。

3点目は、長期間試用することによって得られた内容である。被験者(A)からは、音符列を見たときにどのような曲か想像できるようになったという意見が得られた。一ヶ月間毎日旋律編集を行うことによって、旋律を理解始めていることが判る。また被験者(C)からは、システムに入力をするるとどのような結果が返答されるか予測できるようになったという意見が得られた。このことから、被験者(C)はシステムを使いこなすようになり平均編集時間の短縮に対して影響があったと考えられる。

### 5.2.2 アンケートからの考察

表5.1~5.4は各週に実施した実験のアンケート結果である。結果全体から、すべての項目の平均点が上がっていることや平均の編集時間が大幅に短縮されていることが表から読み取ることができる。各被験者はシステムを毎日使うことにより、

表 5.1: 質問紙の結果 (1 週目の実験結果).

	Q1	Q2	Q3	平均	平均編集時間
A	6	6	6	6.3	3min30s
B	5	5	6	5.3	6min40s
C	6	5	3	5.0	5min30s

表 5.2: 質問紙の結果 (2 週目の実験結果).

	Q1	Q2	Q3	平均	平均編集時間
A	7	7	6	6.0	3min20s
B	3	4	3	4.3	4min40s
C	5	6	6	5.6	7min30s

操作方法を覚えることや編集操作に対するシステムの反応を予測できるようになった。その結果、システムに対する満足度が上がりかつ平均編集時間が短縮されている。しかし、3 週目のアンケート結果では、被験者 (A) と被験者 (C) の評価が平均的に下がっている事が見て取れる。長期間メロディ編集を繰り返し行ったことにより、メロディに対してこだわりを持つようになったことをインタビューから聞き出しており、したがってそのメロディを実現できなかったからだと考えられる。またインタビューより、旋律概形の編集を楽しんで編集を行うことができたという意見も得ることができた。被験者 (B) は、1 週目と最終週を比べて何か変わったことがありますかという質問に対して、1 週目は再生される結果だけに対して楽しんでいたが、最終週は、旋律概形の形にもこだわるようになったと答えた。このことから、旋律概形を用いることで音楽を聴覚で楽しむだけでなく視覚からも楽しんでいることがわかる。

表 5.3: 質問紙の結果 (3週目の実験結果).

	Q1	Q2	Q3	平均	平均編集時間
A	5	5	5	5.0	3min00s
B	6	5	6	5.6	3min40s
C	6	5	5	5.3	4min10s

表 5.4: 質問紙の結果 (4週目の実験結果).

	Q1	Q2	Q3	平均	平均編集時間
A	6	6	7	6.3	2min40s
B	6	5	7	6.0	3min30s
C	7	6	7	6.3	4min50s

### 5.2.3 課題

長期実験を終えて課題について述べる。長期実験では、本システムを長期間使用することによってユーザのふるまいについて調査した。その課題として、2点上げられる。1点目は、音符レベル編集に対する対応である。インタビューや編集結果からもわかるように、初心者であっても音符レベル編集に対する欲求があるということがわかった。しかし、音符レベルと並行して行うことにより、音楽的に妥当ではない出力結果を出す可能性が高くなる。そのためのシステムとのインタラクションとして、OrpheusBB[6]のようなシステムが提案されている。しかし、OrpheusBBでは、音符レベル編集のみのために初心者には敷居が高い。そこで今後の課題としては、旋律概形を用いた編集方法と、OrpheusBBのような音楽的に妥当な旋律を保つための機能を同時に満たせるようなシステムを作成することが望まれる。2点目は、編集をする時のアシスト機能である。曲を保存しておく機能や、目印にしたい旋律概形を薄く表示させるが欲しいという要望がインタ

ビューから分かった。曲を保存しておく機能は、満足いく旋律ができたが再度編集をしてより良いものを作ろうとすときに使われると想定される。この機能が実装できれば、編集が進むに連れて過去に作成した旋律が最終的にできた旋律より良いものだったというパターンが存在したため、この問題を解決するアプローチとなる。目印にしたい旋律を薄く表示させる機能は、UNDO 機能を利用した時に使われると想定される。この機能は、あまりよくない旋律が出力された旋律概形比較することで、理想の旋律は感覚的に音が高いかのか低いのかを判断し編集する際のアシスト機能となる。これらの機能を今後実装することが望まれる。



## 第6章 概形レベルと音符レベルの編集をシームレスに行えるシステムの試用実験

前章のインタビューの結果から、音符レベルで編集をしたいという欲求があることが判明した。そこで、旋律概形レベルと音符レベルの編集をシームレスに行えるシステムの実装を行った。本章では、このシステムの概要と試用実験について述べる。

### 6.1 システムの概要

本研究では、次の要件を満たすシステムを実現する。

- 旋律の概形と音符レベルの情報とが、重ね合わされて表示される。
- 概形を編集すると音符レベルの情報が、音符レベルで編集すると概形が即座に更新される。
- 音符レベルで編集すると、その後概形を編集しても、その音符は変化しない（「音符が固定される」という）。
- 各音符の固定は、手動で設定・解除することができる。

この4つの要件により、たとえば次のような使い方が実現できる (図 6.1)。

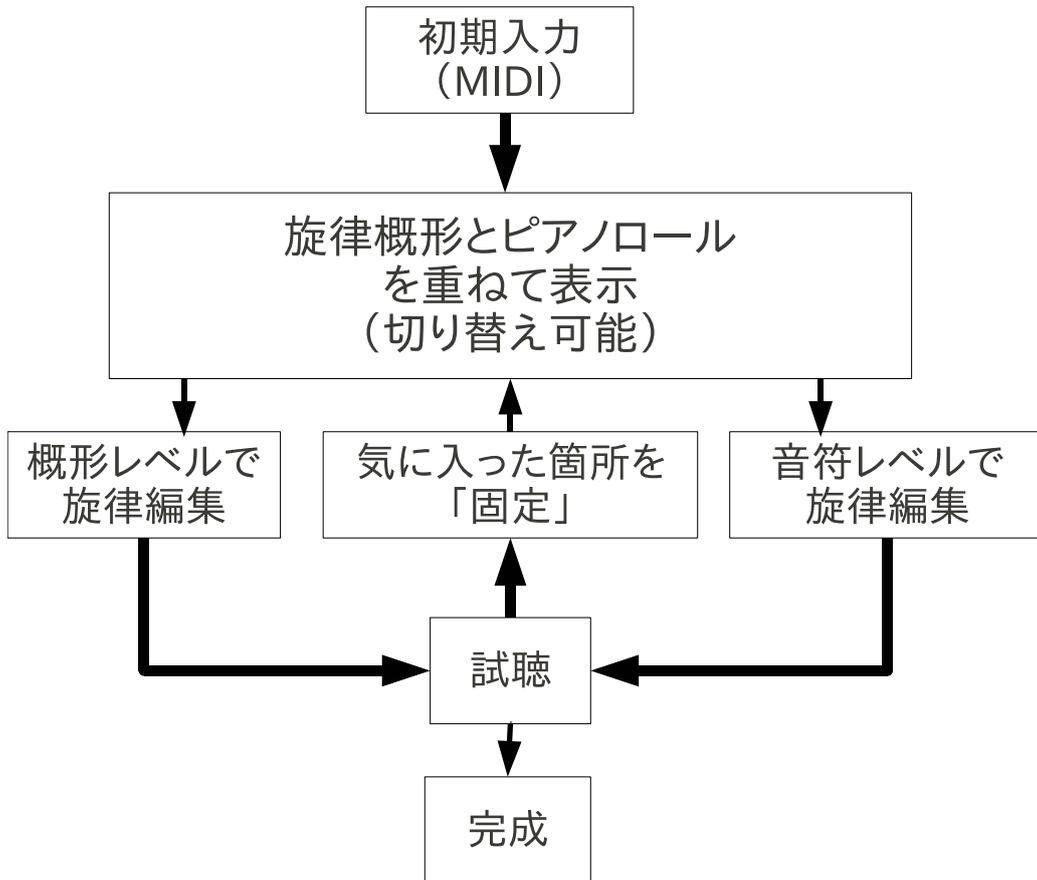


図 6.1: 編集の流れ図

1. 編集対象の旋律に対して、旋律概形を描き直して、その結果生成される旋律を試聴するというプロセスを何度も繰り返す (図 6.2).
2. 繰り返し編集する過程で、旋律全体ではなく、特定の音符を修正したい場合には、適宜編集対象を「音符レベル」に切り替えて音符レベルでの編集を行う (図 6.3).
3. 旋律概形あるいは音符レベルの旋律を編集・試聴し、気に入った箇所があれば、その音符を「固定」する。これにより、旋律概形を編集しても、その音符は変化されなくなる (図 6.4).

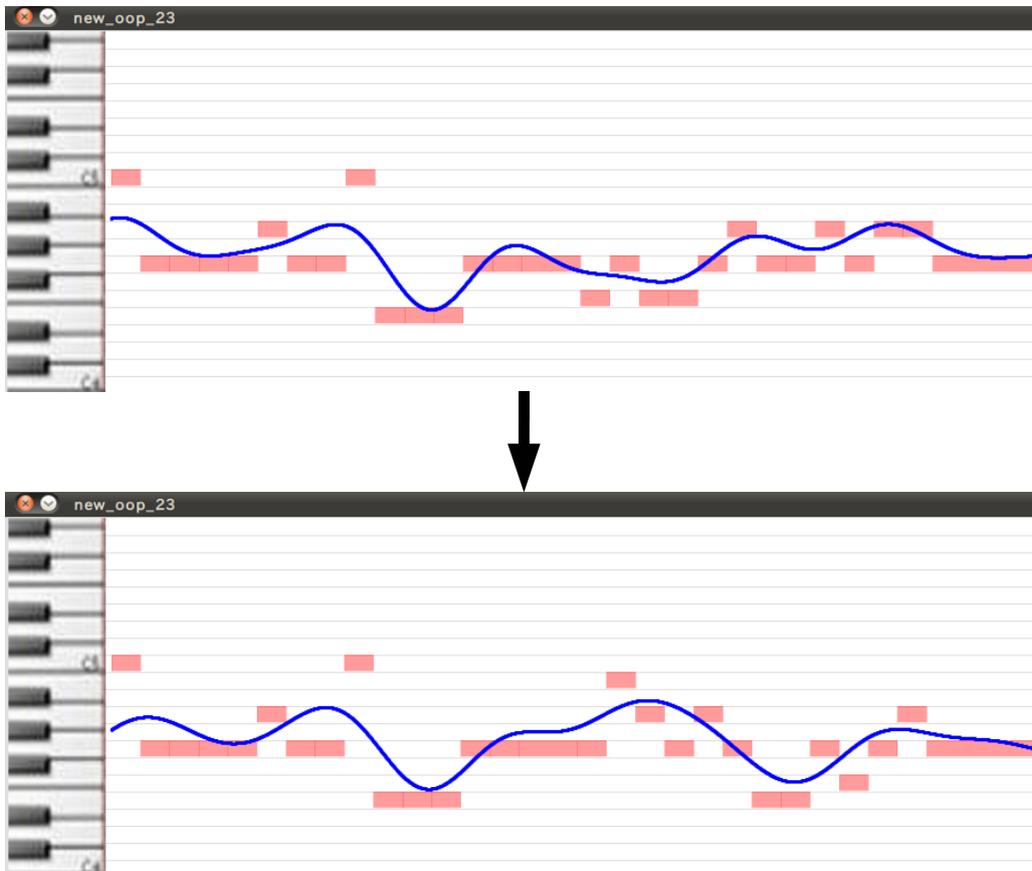


図 6.2: 概形レベルの旋律編集の例. 青色で表示された旋律概形を描き直すと, それに合わせて音符列が自動的に更新される.

## 6.2 実現手法

本システムは, 入力旋律から旋律概形を求める部分, 編集された旋律概形からその概形に沿った音符列を求める部分, 編集された音符列から改めて概形を求める部分に分けることができる. 以下, 各々の手法について述べる.

36第6章 概形レベルと音符レベルの編集をシームレスに行えるシステムの試用実験

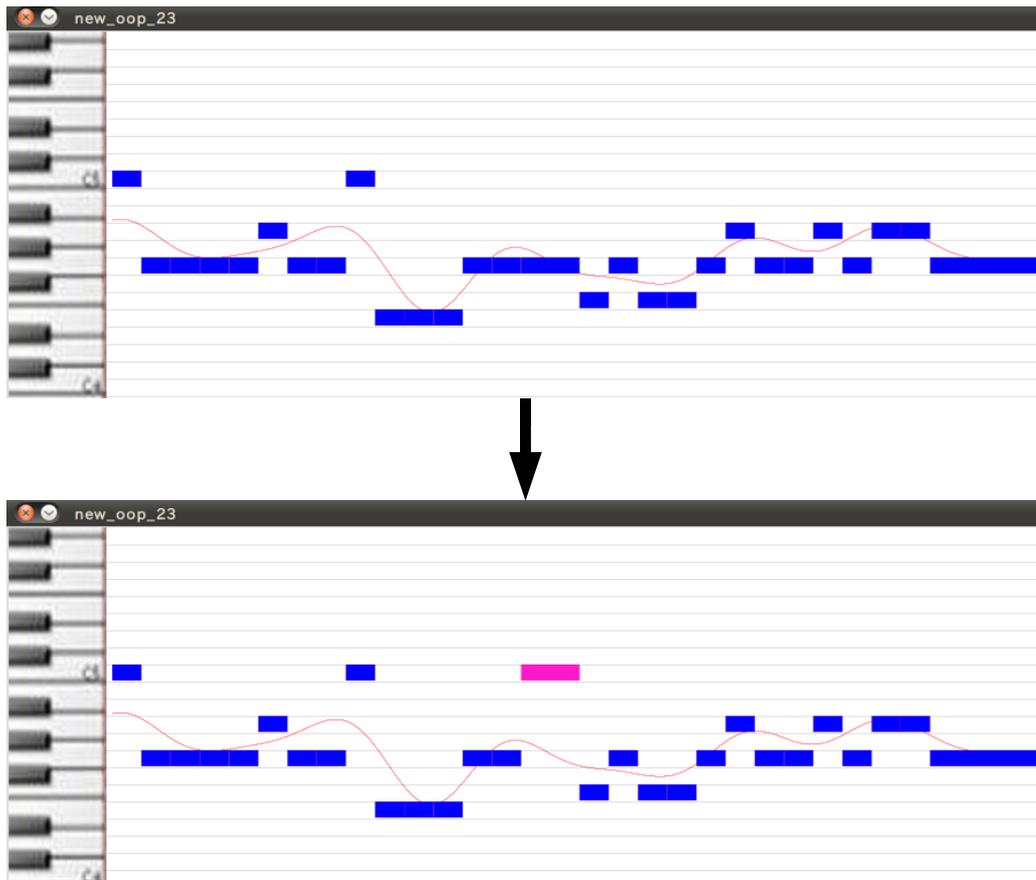


図 6.3: 音符レベルの旋律編集の例. 特定の音符を編集すると, その音符が「固定」され, 色が変わる. 固定されれば音符は, 以降旋律概形を編集しても変更されない.

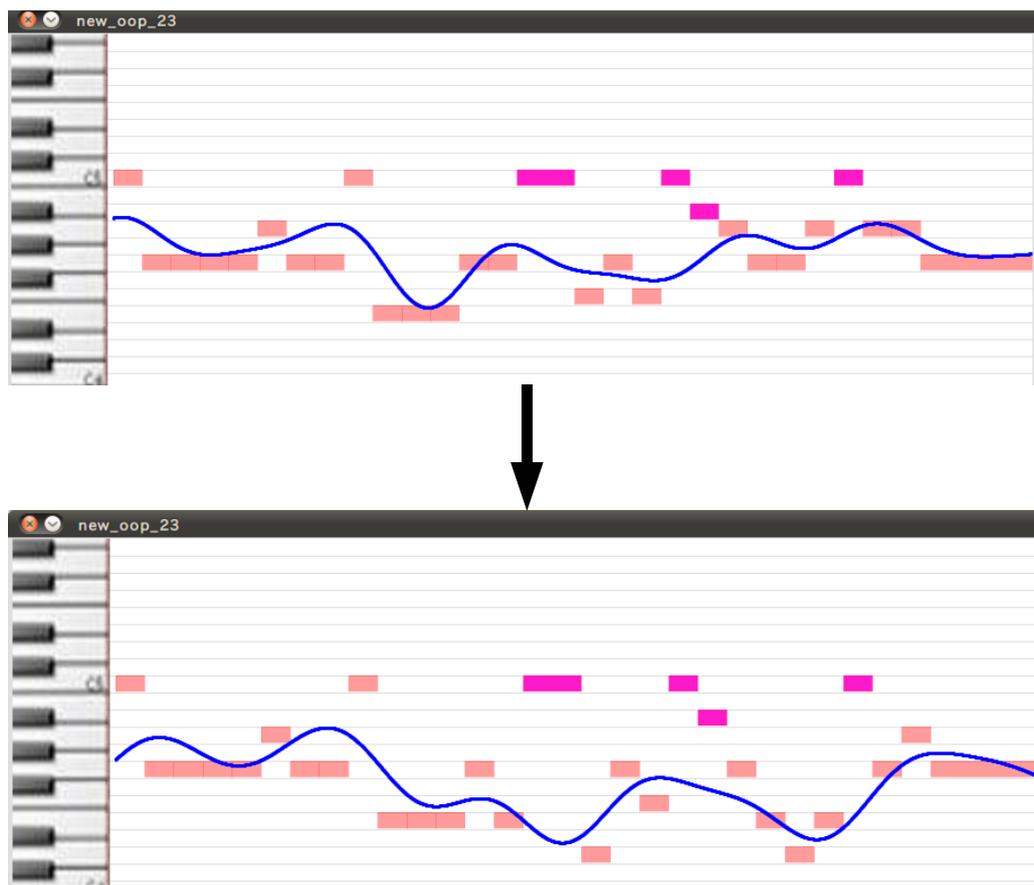


図 6.4: いくつかの音符が固定された状態 (ピンク色) での概形レベルの旋律編集の例. 旋律概形を書き換えても, 固定された音符は変更されないことがわかる.

### 6.2.1 旋律概形の抽出

入力旋律から旋律概形を求めるのは、音高の時系列にフーリエ変換を適用することで実現する。まず、与えられた旋律 (図 3.1(a)) を音高の時系列 (図 3.1(b)) に変換する。次に、この音高の時系列に対してフーリエ変換を行う。このとき、低次のフーリエ係数が旋律の大まかな流れを表し、高次のフーリエ係数が旋律の細かな動きを表す。そこで、低次のフーリエ係数のみを取り出して、逆フーリエ変換をすることで、旋律の大まかな流れ (旋律概形, 図 3.1 (c)) を得る。

### 6.2.2 旋律概形からの音符列の生成

旋律概形からの音符列の生成についても同様の手法で行う。まず、編集後の旋律にフーリエ変換を行って得られた低次のフーリエ係数と、編集前の高次のフーリエ係数を結合して逆フーリエ変換をすることで、ユーザが入力した全体の流れに沿いつつ、元の旋律の微細な特徴を反映させた音高の時系列を得る。次にこの音高の時系列から、音楽的に適したノートナンバー系列を隠れマルコフモデル (HMM) で推定する。この HMM では各状態  $s_n$  が各ノートナンバー  $n$  に対応し、平均  $n$ 、分散  $\sigma^2$  の正規分布に従って音高の値を出力する。分散  $\sigma^2$  の値はすべての状態で共通であり、実験的に定める。

ただし、音符の固定機能を実現する必要がある。そこで、固定された音符が書き換えられないように、状態  $s_i$  から状態  $s_j$  への状態遷移確率  $P(s_j|s_i)$  を次のように定義する。

$$P(s_j|s_i) = p_1(s_j) p_2(s_j) p_3(s_j - s_i)$$

ここで、 $p_1(s_j)$  は遷移先の音符が固定されているときに、その音符が書き換えられ

なくするためのもので、遷移先の音符が固定されているときは、

$$p_1(s_j) = \begin{cases} 1 & (\text{遷移先の音符がノートナンバー } j \text{ で固定} \\ & \text{されているとき)} \\ 0 & (\text{遷移先の音符が } j \text{ 以外のノートナンバー} \\ & \text{で固定されているとき)} \end{cases}$$

と定義し、遷移先の音符が固定されていないときには、 $p_1(s_j)$  は等確率として定義する。 $p_2(s_j)$  は、音符列ができるだけ特定のスケールに収まるようにするためのもの、 $p_3(s_j - s_i)$  は、音高が極端に跳躍するのを防ぐためのものであり、現状では手動で実験的に定めた値を用いている。

### 6.2.3 編集された音符列からの旋律概形の再抽出

旋律が音符レベルで編集された場合は、6.2.1 節と同じ手法により旋律概形を再抽出する。

## 6.3 試用実験

提案した手法に基づき、旋律を編集するシステムを実装し試用した。被験者は、前章で長期実験を行った被験者 3 名を対象にした。編集する曲は、歌詞に基づく自動作曲システム Orpheus[14] を用いてあらかじめ実験者が用意した。実装は、ノート PC で行い、編集操作はマウスを用いて行う。なお、ノート PC、ヘッドホン、マウスは同じものを使用した。

実験の手順は以下の通りである。被験者は、本章で提案したシステムを実装したシステムを 1 週間試用してもらう。これにより被験者、システムの使用方法を覚えた状態で実験に取り組む。本実験では、被験者は課題曲である 1 曲を試聴する。その後、システムを起動を行うと、テキストボックスが用意されており、被験者

40第6章 概形レベルと音符レベルの編集をシームレスに行えるシステムの試用実験は MIDI データ名, 編集したい小節, どのように編集したいかという3つの項目を入力する。ここで入力する内容は, 現時点での編集したい内容であり, 編集の過程でこの内容が変化しても構わない。被験者は, 満足できるまで編集を行い, 終わり次第アンケートに答える。

アンケート内容は以下の7点に対して7段階評価で回答を行う。

Q1 出力結果に満足しましたか。

Q2 あなたの編集は音楽的に不適切な音を出力していると思いますか。

Q3 編集は行いやすかったですか。

Q4 固定機能は使いやすかったですか。

Q5 前の編集方法(旋律概形のみ)と今日使ってもらった編集方法を比べて, どちらのが編集しやすかったですか。

Q6 作成した曲に点数をつけるとしたら7点満点中, 何点ですか。

Q7 その他感想があれば記述してください。

その後に録画された映像を再生しながらインタビューを行った。

## 6.4 結果と考察

### 6.4.1 アンケートからの考察

アンケート結果を表6.1に示す。まず始めに, Q1,3,4,6においてすべての被験者から5点以上と比較的高い点数を得ることができた。そして, 各被験者はQ5の回答で新手法のが使いやすいという結果となった。そこで, なぜ使いやすかったのかという質問をしたところ, 被験者A, Cからは, 音符を固定する機能が使い易い点や, 各音符を置きたい音高に編集できる点を挙げた。これは, 概形レベルのみの編集手法では実現できなかったことなので, より使い易くなったことがわかる。しかし, 被験者Bの回答は, 使いやすかったものの不協和音を感じる場面が多かったという回答を得ることができた。これは, 音符レベルの編集を認めたため

表 6.1: アンケート結果 (旋律概形と音符レベルを統合したシステム) .

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	編集時間
A	6	3	6	6	新手法の方が使いやすい	6点	3min30s
B	6	6	7	6	新手法の方が使いやすい	5点	2min40s
C	7	3	7	6	新手法の方が使いやすい	7点	4min10s

表 6.2: 各被験者の編集後の目標.

	何小節目をどのように編集を行いたい
A	2小節目を盛り上げたい
B	3小節目と4小節目を少し明るめに編集したい
C	3小節目を高くしたい

に編集過程で不協和音を生じることもあるということである。この問題を解決するために、ユーザが音符レベルで編集をした箇所の前後をシステムが自動的に編集してくれるようなアシスト機能の実装が望まれる。

#### 6.4.2 編集結果からの考察

以下の3つの画像は、実験条件に沿って行った、各被験者の編集結果である。各編集者の編集後のイメージは表 6.2 の通りである。

被験者 A は、2小節目を盛り上げたいイメージで編集を行った。その結果、2小節目から3小節目の初めにかけて音が高くなっていることが図 6.5 から読み取ることができる。2小節目の初めのファの音の並びに固定機能を使用している。これは、最初に概形編集を行った後に視聴を行い、その後固定機能を使用した。被験者 A は、最初の編集段階ではあまり明確な音まで想像できなかったので概形編集を行い、その後最初の2つの音は変更しなくなかったので、2つの音に固定機能

42第6章 概形レベルと音符レベルの編集をシームレスに行えるシステムの試用実験

を利用したとインタビューで語った。そして、2小節めの残りの部分を編集を行った。その過程で、音符レベル編集でダイアトニックノートからノンダイアトニックノートへの編集を行ったが、音の違和感に気付き修正した。ここから読み取れることは、専門的知識がない初心者であっても、不協和音に気付き修正する能力がある初心者もいるということである。しかし、被験者Aはその不協和音が生じている音符を、次にどこに動かしたら良いか迷う場面が見てとることができた。今後、このような、被験者に対応するために不協和音を生じている音を修正する機能の実装が望まれる。

被験者Bは3小節目を少し明るめに編集をしたいというイメージで編集を行った。その結果、3小節目の初めから4小節目の最後にかけて音が徐々に高くなっていること図6.6から読み取ることができる。被験者Bは、4小節目を徐々に音符を高くしてき最後の音が一番高くなるように編集を行った。そこで、4小節目の最後の音符に対して固定機能を使っている。この音符を目標にして、徐々に高くなるような編集を行った。このように、特定の音符に対して理想の音高が存在するなら固定機能が有効と考えられる。

被験者Cは、3小節目のすべての音符を高くするように編集した。その結果、3小節目のあたり音が高くなっていることが図6.7から読み取ることができる。被験者Cは、編集したい箇所の音符を前から順番に音高を決め、音高が決定された音符に対して固定機能を設定している。インタビューでは、編集したくない部分の音符に対して固定機能を設定すれば変更されることがないので、使いやすいという意見が得られた。被験者Cが以前行った長期実験の時には、概形レベルのみの編集の場合編集したくない部分の音が変わってしまうという意見を述べていたため、改善されたと考えられる。しかし、音符レベルの編集が可能になったことにより、不協和音を出力する場合が存在したという意見も得られた。したがって、不協和音に対する編集支援が望まれる。

今回の実験では、作成された旋律にノンダイアトニックノートが含まれない旋

律となり、音楽的に良い旋律となった。被験者の満足度も比較的高い結果となり、システムの試用結果として良いものとなった。新たに実装を行った固定機能は、被験者により使用する場合は異なるものの、使いやすいという結果となった。今後は、4小節以上の旋律に対する対応を行いたい。

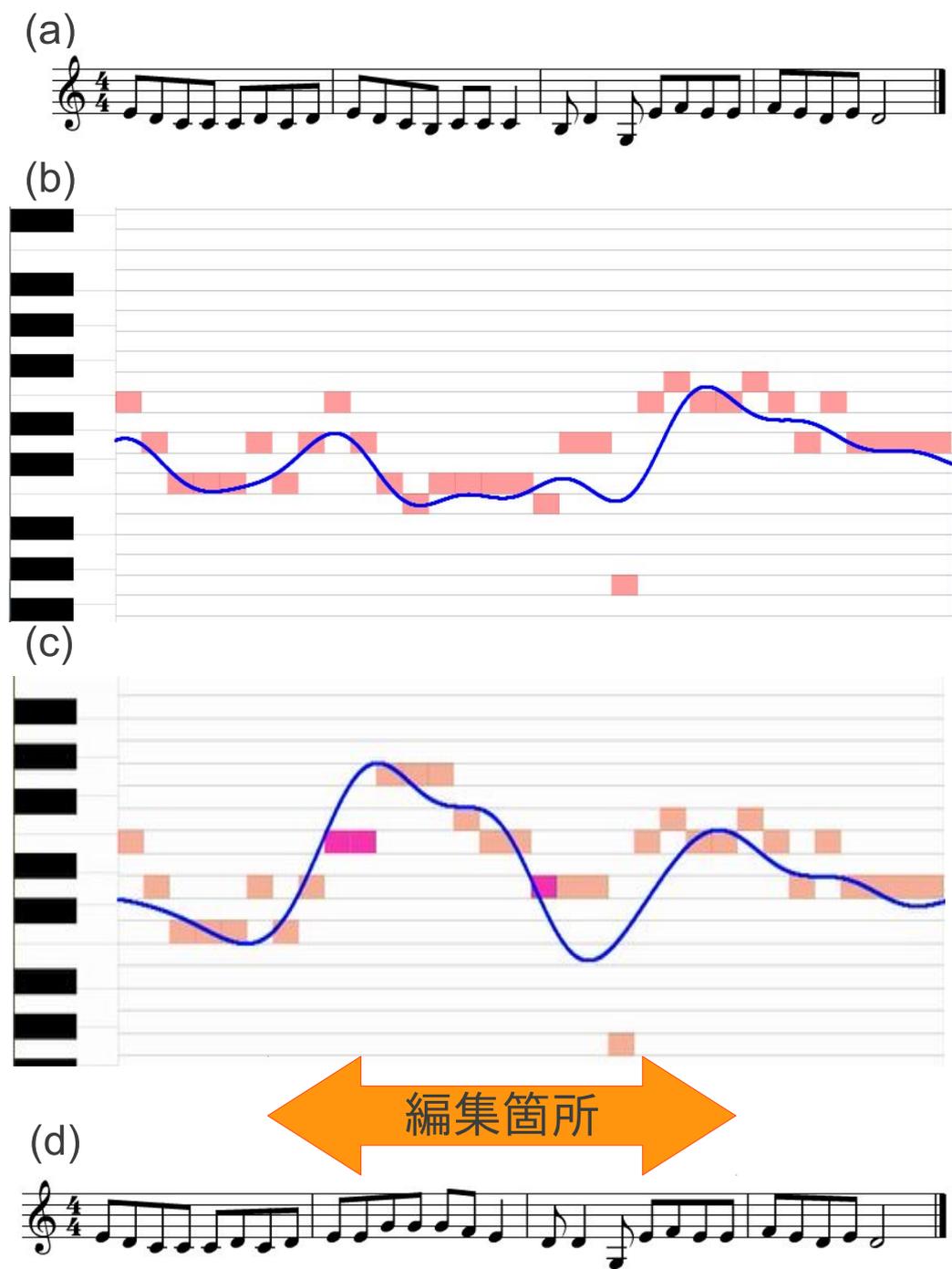


図 6.5: 被験者 A の編集結果



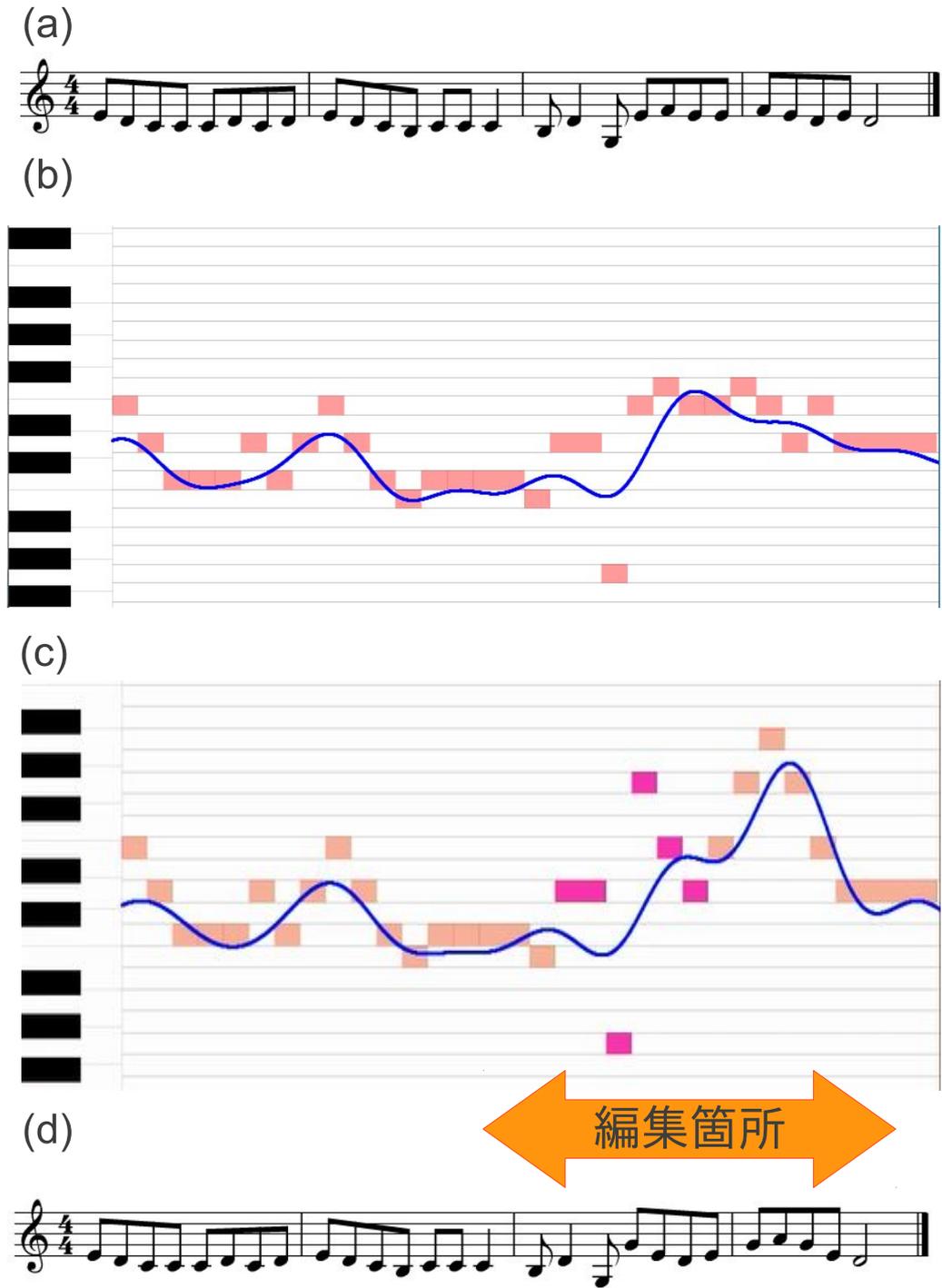


図 6.7: 被験者 C の編集結果

## 第7章 決章

本論文の結論，今後の展望について述べる。

### 7.1 結論

本論文では，旋律概形と呼ばれる旋律の表現法を提案し，これを旋律からフーリエ変換によって抽出する手法を提案した。

1章では，本システムを作成するまでの動機や目的を述べた。現状のMIDIシーケンサは作曲スキルを伴わないユーザにとって敷居が高い事を指摘し，そのユーザに対しての旋律編集支援をすることを目的としたシステムの実装を行った。

2章では，関連研究を元に本研究の研究方針を述べた。研究方針では，本研究の基本コンセプトや，本研究が理想とする旋律編集の流れをまとめた。作曲スキルを伴わないユーザが旋律編集を容易にできるようなシステムにするために，旋律概形というものに着目し，その旋律概形の定義を行った。基本旋律概形の基本コンセプトを4つ定義し，それを実現するために旋律解析手法としてフーリエ変換を適用した。

3章では，旋律概形を用いた旋律編集手法の実装について述べた。音符列から旋律概形への変換では，編集するメロディーが周期信号と仮定し，フーリエ変換の適用を行った。その結果から，低次の周波数のみを逆フーリエ変換を行うことによって，旋律概形を抽出した。旋律概形の編集はマウスおよび指のドラッグ操作で書き換えることができる。編集された旋律概形から音符列への再変換では，編集された旋律概形に対してフーリエ変換を行って得られた低次の周波数と編集前

の高次のフーリエ係数を結合して逆フーリエ変換を行うことで得ることができる。次に、この音高の時系列から、音楽的に適したノートナンバー系列を隠れマルコフモデル (HMM) で推定する。

4章では、旋律概形レベルのシステムと音符レベルのシステムの比較実験を行った。被験者は、あらかじめ実験者が指示した編集後の目標とする旋律のイメージに向かい、それぞれの手法で編集を行う。満足ができるまで編集を行い、その後に編集の難易度や完成した曲の満足度に関わるにアンケートに答える。実験の考察では、楽器演奏経験年数に着目し、被験者を中級者と初心者に分類し考察を行った。アンケート結果から、編集がやりやすかったですかという問いに対して、初心者の方が中級者によりも比較的高い点数となった。作曲された曲に対して点数をつける内容においては、旋律概形レベルのシステムは概形レベルのシステムよりも比較的高い点数となった。

5章では、1ヶ月間の長期使用実験について述べた。実験内容は、旋律概形を用いた旋律編集システムを毎日使ってもらい使い慣れた状態でどのような知見を得られるのか検証を行った。被験者 (B) のインタビュー結果からは、最終週になるにつれて旋律概形の形にもこだわるようになったと答え、旋律概形を用いることで聴覚で楽しむだけではなく、視覚からも楽しんでいることがわかった。他にも、満足度や編集の行いやすさの面でも、良い結果を得られることができた。しかし、概形レベルのみではなく、音符レベルでの編集を行いたいという欲求がある場面が多々あることがインタビュー結果からわかった。

そこで6章では、5章の結果を元に、概形レベルと音符レベルの編集をシームレスに行えるシステムの実装を行った。このシステムでは、概形レベルの編集と音符レベルの編集を切り替えながら旋律作成をすることができる。2つの編集方法を、1つのシステムに取り入れるために音符の固定機能を実装した。これにより、固定された音符に対して概形レベルの編集を行っても音高は変更されない。このシステムの実装を行い、簡単な試用実験を行った。実験内容は、編集するメロディー

に対して、編集後の目標（何小節目をどのように編集を行いたい）を定めて満足できるまで編集を行った。被験者は編集が終了次第アンケートに答え、その直後にインタビューを行った。その結果から、旋律概形のみ編集方法に比べて、編集のしやすさや作成された曲に対する満足度の面で高い評価を得られることができた。

本研究では、専門的な知識のないユーザに対して、旋律を旋律概形に変換しそれ上で編集を行う手法の提案を行った。この手法を用いることで、編集後の大まかなイメージだけで簡単に旋律の編集を行うことが可能となった。

## 7.2 今後の展望

今後は、編集後の旋律概形から音符列を生成する処理について改良を進めていく。まず、和音に応じて HMM の状態遷移確率を切り替える仕組みを導入したい。長期実験の考察で、同じ箇所を何度も編集する場面があった。このようなケースでは、ユーザに明確な編集後の目標が存在している場面が多いが、現状のシステムでは満足な編集を行うことができない。そのため、各音高の状態遷移確率の調節ができることが望まれる。この際に、状態遷移確率を実楽曲のコーパスから学習することが望ましい。他にも直前の音符のみでなく、より長い履歴を元に状態遷移先を決定するようにすることが挙げられる。これを行うことにより、状態遷移確率をベースになった旋律となり中級者からの満足度の評価が上がることが予想される。



## 参考文献

- [1] L. Hiller, L. Isaacson, “Musical composition with a high-speed digital computer”, *Journal of Audio Engineering Society*, (1958).
- [2] C. Ames, M. Domino, “Cybernetic composer: An overview,” in *Understanding Music with AI*, AAAI Press, pp.186-205, (1992).
- [3] D. Cope, “Computers and Musical Style”, Oxford University Press, (1991).
- [4] 安藤 大地, P. dahlstedt, M. G. Nordaxhl, 伊庭 斉志, “対話型 GP を用いたクラシック音楽のための作曲支援システム”, *芸術科学会論文誌*, Vol.4, No.2, pp.77–86(2005).
- [5] J. A. Boles, “Genjam: A genetic algorithm for generating jass solos”, in *Proc. ICMC*, (1994).
- [6] D. J. ハーグリーブス : “音楽の発達心理学”, 田研出版株式会社 (1993).
- [7] Matija Marolt : “A mid-level representation for melody-based retrieval in audio collections”, *IEEE Transactions on Multimedia*, 10 (8). pp. 1617-1625, (2008).
- [8] 北原 鉄朗, 深山 覚, 片寄 晴弘, 嵯峨山 茂樹, 長田 典子 : “OrpheusBB : Human-in-the-loop 型の自動作曲システム”, *インタラクシオン* 2011, pp.57–64, (2011).
- [9] 池田 輝政, 菱田 隆彰 : “劇伴の作成を支援する楽曲作成システム「Lazy Composer」”, *情報処理学会研究報告*, 2011-MUS-91-10, pp.1–4, (2011).

- [10] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条敏 : “タイムスパン木に基づくメロディモーフィング法”, 情報処理学会研究報告, 2008-MUS-74-19, Vol. 2008, pp. 107-112, (2008).
- [11] 風谷 真志, 北原 鉄朗, 片寄 晴弘: ”確率文脈自由文法を用いた事例参照型自動作曲システム”, 情報処理学会 第70回全国大会, 3X-3, (2008).
- [12] 岡田 美咲, 山下 雄史, 北原 鉄朗: ”音素材の自動挿入機能を備えたループシーケンサ”, 情報処理学会研究報告, 2013-MUS-100-36, (2013).
- [13] <http://www.apple.com/jp/ilife/garageband/>
- [14] 深山 覚, 中妻 啓, 米林 雄一郎, 酒向 慎司, 西本 卓也, 小野 順貴, 嵯峨山 茂樹: “Orpheus : 歌詞の韻律に基づいた自動作曲システム”, 情報処理学会研究報告, 2008-MUS-76-30, pp.179-184, (2008).
- [15] 坂本 起一, “世界童謡集”, 富山房百科文庫, (1991).

## 付録 A 長期実験の対話記録

この章では、長期実験において行ったインタビューのまとめである。

### A.1 各被験者について

表 A.1: 各被験者の音楽スキル.

	A	B	C
音楽経験	なし	なし	なし
作曲経験	なし	なし	なし
年齢	22	24	22
性別	男性	男性	女性

各被験者についてのデータは以下の通りである。各被験者ともに音楽経験や作曲経験がない本研究室の学生である。なお、付録 B の対話記録も同じ被験者である。付録 A の各被験者が選択した、楽曲とパラメータは表の通りである。

### A.2 被験者 A のインタビュー

#### A.2.1 一週目

土屋「それではよろしくお願いします」

表 A.2: 各被験者の音楽スキル.

	歌詞	コード進行	リズム	被験者		
				A	B	C
1 週 目	坊や坊や見に来てごらん	シンプル2	8ビート(シンプル)			
	のどかなやさしい春が来たんだよ	シンプル2	8ビート(シンコ)			
	恵みを給えとおっしやいよ	シンプル2	8ビート(変)			
2 週 目	エメラルドは草のように	シンプル2	8ビート(普)			
	緑ルビイは血のように	シンプル2	16ビート(歯)			
	まっ赤なサファイヤは空のように	シンプル2	8ビート(変)			
3 週 目	長くうねりくねって	シンプル2	16ビート(歯)			
	小川は歌っているうえに	シンプル2	16ビート(リ)			
	かぶさる空は微笑んでいる	シンプル2	8ビート(変)			
4 週 目	お月さんお疲れか霧のベールに	シンプル2	8ビート(シンプル)			
	つつまれて青白いお顔	シンプル2	8ビート(シンコ)			
	東から西へお空をはかって	シンプル2	8ビート(変)			

「8ビート(シンコ)」は「8ビート(シンコペーション)」を表す。

「8ビート(変)」は「8ビート(変化のある)」を表す。

「8ビート(普)」は「8ビート(普通)」を表す。

「16ビート(歯)」は「16ビート(歯切れの良い)」を表す。

「16ビート(リ)」は「16ビート(リズム)」を表す。

「 」はユーザが選択した曲であり、かつインタビューを行った旋律を表す。

「 」はユーザが選択した曲であるが、インタビューを行わなかった旋律を表す。

被験者 A 「お願いします」

土屋 「最初はどのような感じに編集したいと思っていましたか」

被験者 A 「後半のほうが高めになっていたので最後のほうの音を全体的に低く編集したかったです」

土屋 「1度編集をして、その結果 (図 A.1(2)) を視聴してみてどう思いましたか」

被験者 A 「編集した箇所の音符が急激にさがってしまっているので前の音符をすこしさげるように編集をしました」

土屋 「編集をした曲を視聴したとき (図 A.1(3)) に評価 2 を押していますが、それはなぜですか」

被験者 A 「実際に曲を視聴してみたときに、編集したところが少し気持ち悪かったからです」

被験者 A 「イメージ的には階段のように音を上げたいと思った」

土屋 「画面の端のほうは編集しにくそうに見えましたがどうですか」

被験者 A 「そうですね、もうちょっと工夫してほしかったです」

土屋 「最終的な出力結果 (図 A.1(4)) については何点をつけたいですか」

被験者 A 「70点ですね」

土屋 「残りの30点は何が足りなかったですか」

被験者 A 「まだ思った通りにシステムを動かせていないと思うので、しっかりと動かせるようになれば30点満たせると思います」

土屋 「そうですね、なかなか難しいそうでしたね。また来週もよろしくお願いします」

被験者 A 「お願いします」

## A.2.2 二週目

土屋 「それでは今週もよろしく申し上げます」

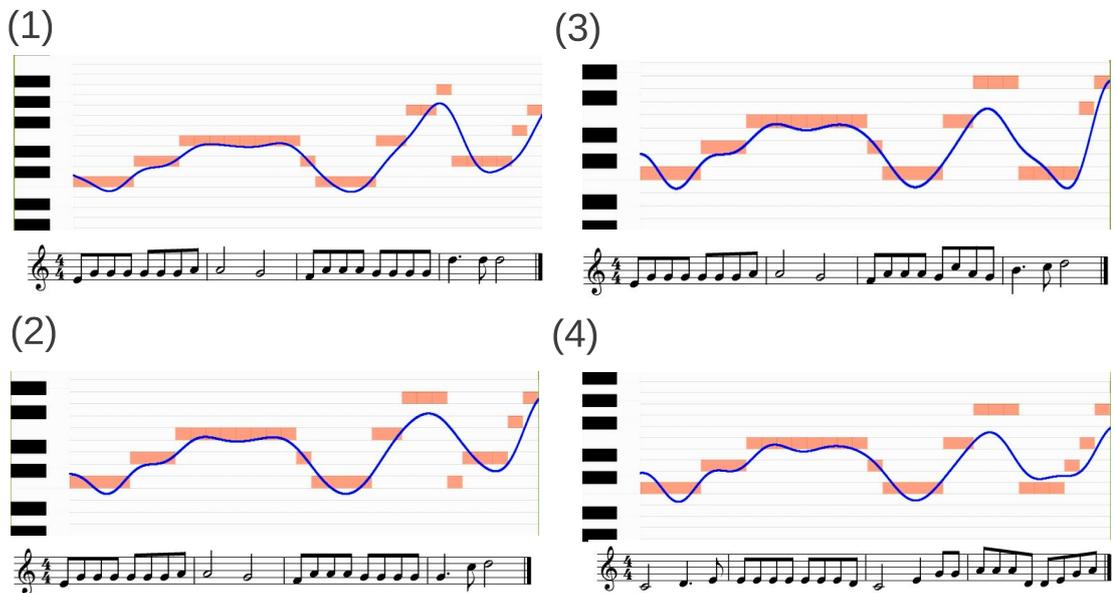


図 A.1: 被験者 A の 1 週目の結果

土屋「編集の意図は盛り上げたいということですがどのような感じですか」

被験者 A「あんまりうまく表現ができないのですが、上がって、下がって、下がって、ってというような感じです」

被験者 A「もう少し音楽っぽく言うと、「てれって」っていう様な擬音語だったらもう少しうまく表現できるかもしれないです」

土屋「ありがとうございます」

土屋「なかなか意図を相手に伝えるってことが結構難しいそうですね」

土屋「2 回目の再生の時 (図 A.2(2)) にはかなり音を高く編集を行いましたね」

被験者 A「このような感じで盛り上げるように編集を行いたかったので、編集しやすかったです」

土屋「評価 4 をつけた理由もその辺りですか」

被験者 A「はい、そうです」

土屋「4 小節目の最後辺りの音符を何回も編集している場面がありますがこれ

については何かありましたか」

被験者 A 「曲を編集していく (図 A.2(3)) うちに、特定の音符を指定した位置に動かしてみたいと思ったからこのように何度も編集しました」

被験者 A 「ただ、結果的になかなかそのようにできなかったです」

土屋 「今のシステムの実装上では、なかなか特定の位置に動かすことが難しいですからね。」

土屋 「もし、実際に 1 つの音符を自由に編集できるとした時にできるメロディーはいいものができると思いますか」

被験者 A 「そうですね、実際にやってみないとわからないですが、多分あまり良い方向には行かないと思います」

土屋 「そうですか」

土屋 「今回の曲 (図 A.2(4)) の満足度は 100 点中何点をつけたいですか」

被験者 A 「90 点です。なかなかうまくできたと思います」

土屋 「残りの 10 点はどの辺りですか」

被験者 A 「先ほどの言ったとおりで、1 つの音符に対して編集してみたかったから」

被験者 A 「動かしたいところを動かすと、逆に動かしたくないところも動いてしまうので。1 つの音符に対して操作できるんですか」

土屋 「現状の実装だと難しいと思います」

土屋 「今週はここまでです。ありがとうございました」

被験者 A 「ありがとうございました」

### A.2.3 三週目

土屋 「3 小節目を高くしたいイメージですがどれだけ明確になっていますか」

被験者 A 「結構形になってきているので、1 音で編集したい気持ちはあります」

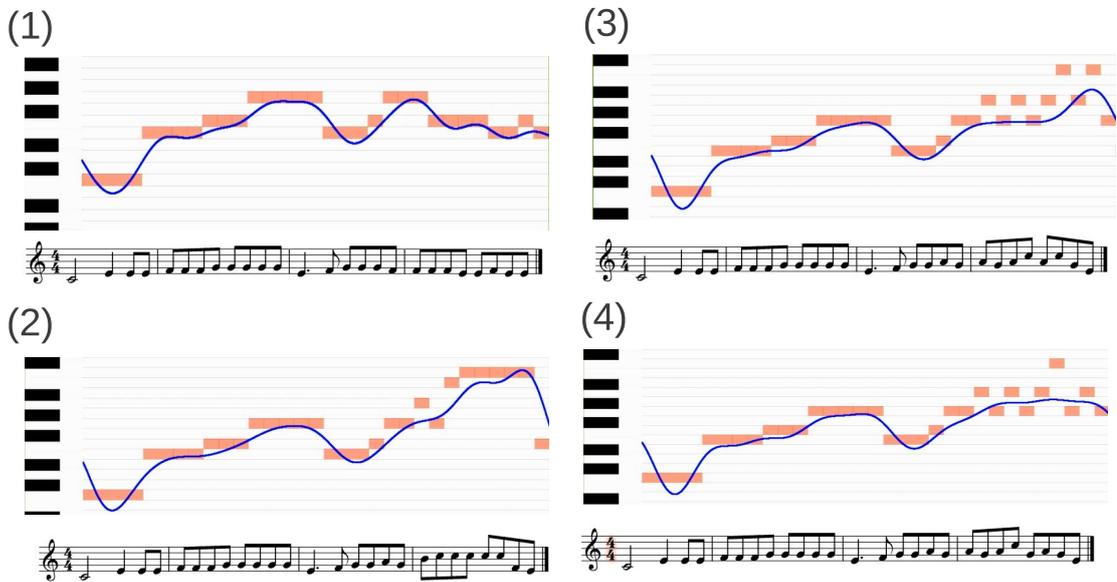


図 A.2: 被験者 A の 2 週目の結果

被験者 A 「ただあまりやったことがないのでどのような結果が返ってくるか微妙です」

編集から再生へ

土屋 「この曲 (図 A.3(2)) をきいてどのような印象をうけましたか」

被験者 A 「編集結果は想像していた音とは違っていました」

土屋 「どのへんの音ですか」

被験者 A 「それは 3 小節目の最後の 3 つの音に違和感があったのでここを編集していきなと思った」

土屋 「それからかなり同じ部分を何回も編集していますよね」

土屋 「これはどのようなイメージで編集を行ったのですか」

被験者 A 「結果的に平らにならずにばらばらになってしまいました」

被験者 A 「これ以上編集を行ってもなかなか自分の思い通りにいかないかなと思ったので、何回か UNDO をして戻りました」 土屋 「このときに曲を保存し

ておく機能とかほしいと思いませんでしたか」

被験者 A 「はい，思いました。ある程度良い曲だったのに、さらに良くしようとして編集してしまい最終的な出力結果があまりうまくいかないことがあったので、そういった曲を保存しておく機能とかがあるととてもいいと思います」

被験者 A 「同じ音の連続があまりなかったのもそういったところも調節したいと思いました」

土屋 「確かにそうですね、現在の実装では遷移確率をユーザが決めることができないのでユーザが設定したり，調節したりする機能があればもう少し使いやすくなるのかもしれないですね」

土屋 「今回の最終結果 (図 A.3(4)) は 1 0 0 点満点中何点ですか」

被験者 A 「今回は 1 0 0 点ですね。最終的な結果はかなり良くできたと思います」

土屋 「今回でもう 3 週目になりますが、なにか変わってきた点とかありますか」

被験者 A 「旋律概形を編集したときに出力される結果がなんとなくですが予想できるようになったと思います」

土屋 「なかなか高度な技ですね」

被験者 A 「はい」

土屋 「今週はおわりです」

被験者 A 「ありがとうございました」

#### A.2.4 四週目

土屋 「それでは始めたいと思います」

被験者 A 「よろしくお願いします」

土屋 「最初に一ヶ月編集を行ってみてなにか変化はありましたか」

被験者 A 「音符をみただけでだいたいこんなメロディーなんだなっていうのがわかりました」

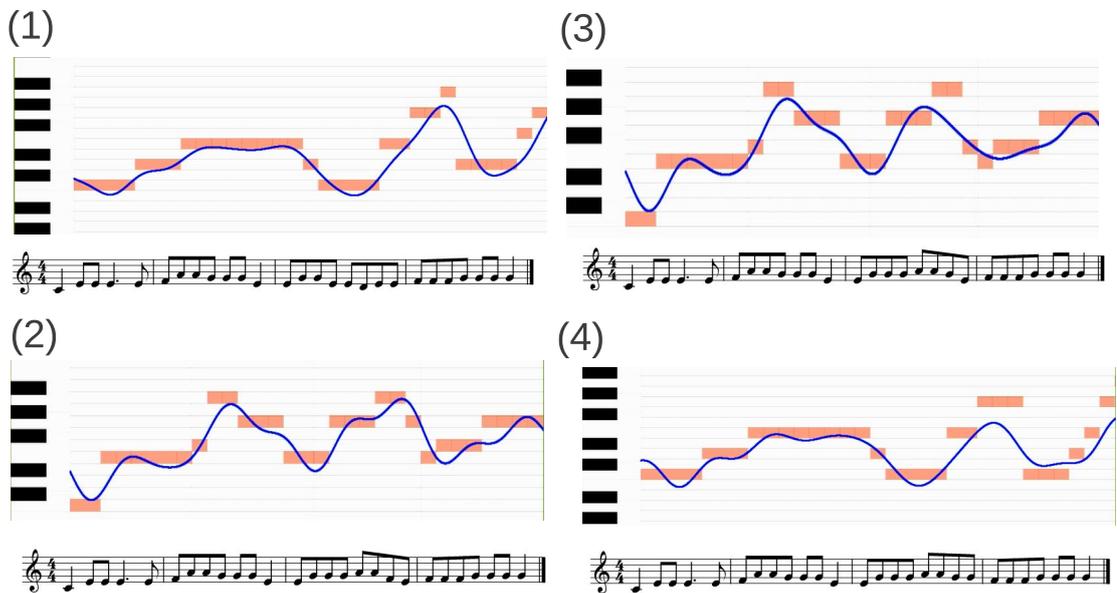


図 A.3: 被験者 A の 3 週目の結果

土屋「それっていうのは、概形を見てそういったことが判るのか音符を見てわかるのかどちらですか」

被験者 A「音符列です」

土屋「それだけでもかなりの進歩ですよ。なかなか初心者にはできないことだと思います」

土屋「それでは編集を見ていきましょうか」

土屋「イメージは 3 小節目を高くしたいですが具体的にはどのような感じにしたいというのはありますか。」

被験者 A「後ろの音をそろえて出力させたかった」

被験者 A「これも 1 音ごとに編集できればなと思いました」

土屋「そうですか。(曲を聞いてみて)(図 A.4(2)) 実際にどのような印象を受けましたか」

被験者 A「終わりらへんがもう少し高くなってくればよかったです」

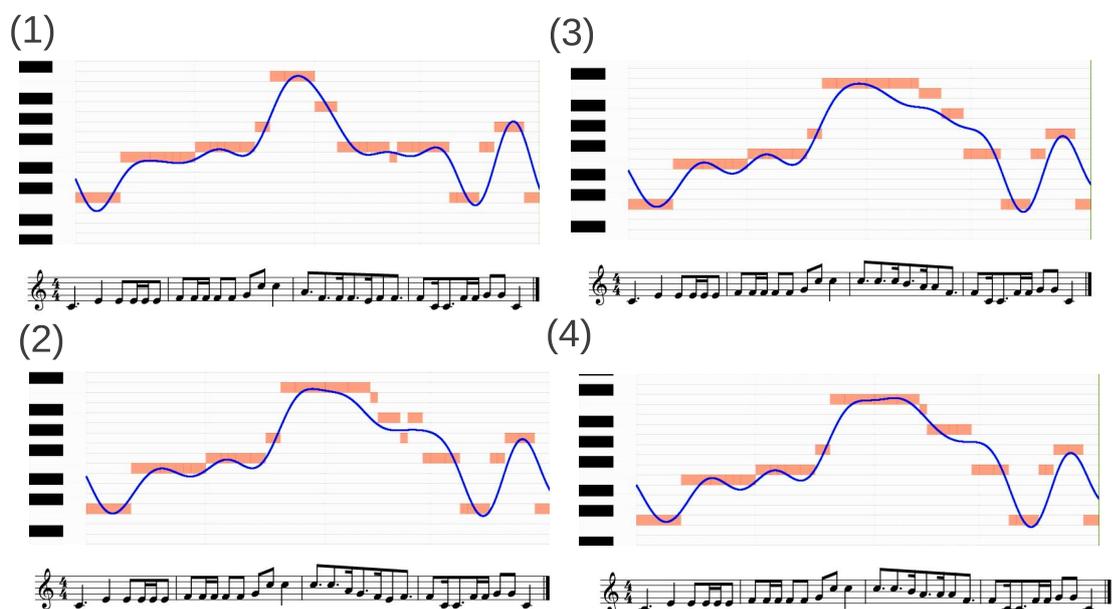


図 A.4: 被験者 A の 4 週目の結果

土屋「そうですか。次の編集は実際にその通りに編集を行われていますね」

土屋「編集はしやすかったですか。」

被験者 A「この点にかんしては編集はしやすかったです。」

被験者 A「ですが後ろの音をそろえたいために何回も次から編集を行っていると思います。」

土屋「この曲 (図 A.1(4)) の満足度は何点ですか」

被験者 A「90 点くらいですかね」

土屋「結構高いですね。結構早い編集時間でしたが、一番良い曲は最後に再生した曲でよろしいですか」

被験者 A「そうですね。だから終了しました」

土屋「お疲れ様でした」

被験者 A「ありがとうございます」

## A.3 被験者 B のインタビュー

### A.3.1 一週目

土屋「それではよろしくお願いします」

被験者 B「お願いします」

土屋「1小節目を高く編集したいとのことでしたが、何か具体的な目標とかはありましたか」

被験者 B「曲が同じ音を何度も繰り返す部分があったので、その部分をうまく散らばるような編集がしたいと思いました」

土屋「そうですか」

土屋「最初のほうの編集(図 A.5(2))で視聴せずに何度も編集を繰り返し行っていますが、何か目標があったのですか」

被験者 B「特にこの部分をこうしたいというのはなかったのですが、1つの音符を編集したかったです」

被験者 B「しかし、なかなかうまく音符が編集されずにうまくいきませんでした」

土屋「概形にたいして、音符がかなり散らばっており、旋律に沿っていない概形となっていますがこの辺は違和感がありましたか」

被験者 B「そうですね、実際にやっててかなりやりにくかったです。もう少し概形にそってくれればよかったですね」

被験者 B「特に1つの音符(図 A.5(3))がかなり上に上がってしまったので、ここをどうにかしたかったです」

土屋「まだ一週目なので、もうちょっと使い方が判るようになると、こういったところもうまくできるようになるかもしれないので、練習してください」

土屋「今回の曲(図 A.5(4))に対する満足度は何点ですか」

被験者 B「5点中3点ですね」

被験者 B「編集したい音符が全然編集することができなかったの」

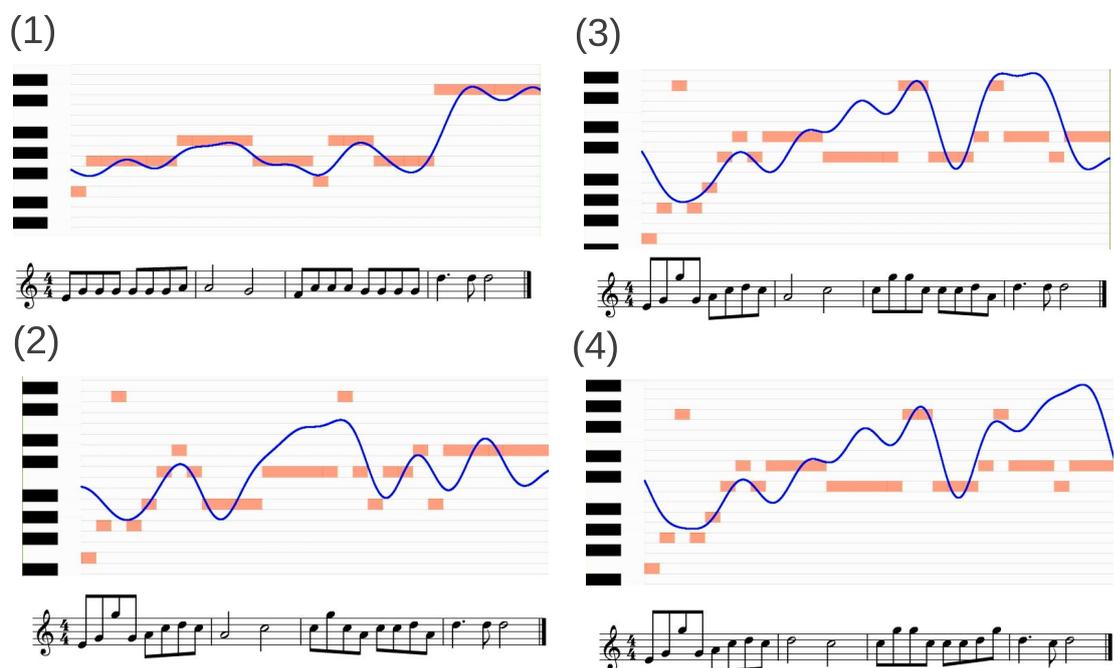


図 A.5: 被験者 B の 1 週目の結果

土屋「そうですね、わかりました。来週もよろしくお願いします」

被験者 B「お願いします」

### A.3.2 二週目

土屋「それでは始めたいと思います」

土屋「先週に比べて今週の編集はどうでしたか」

土屋「先週は、かなり操作に苦しんでいたイメージが僕にはありました」

被験者 B「先週に比べて結構やりやすくなってきたと思います」

土屋「そうですね、それでは見ていきたいと思います」

土屋「編集後のイメージ（明るくしたい）通りに概形を上昇させるように書き換えていますが、この辺りは編集しやすかったですか（図 A.6(2)）」

被験者 B 「はい、しやすかったです。特にあげたい箇所の音符を適当に上げたり下げたりできるのでものすごくやりやすかったです」

土屋 「同じ箇所を何度も編集する場面が多く見られましたがこの辺はどうでしたか」

被験者 B 「どうしても、特定の音符を特定の高さに編集をしたいのになかなかうまくできませんでした」

土屋 「普段の練習を含めてそういったことを考えることってありますか」

被験者 B 「たまにありますね。あと編集したい箇所の音符が連続になっていない時とかもよく困ることがあります」

被験者 B 「連続になっていると、そのまま一気に編集ができたやりやすいのですが、連続になっていないと、個々の編集になってしまい操作しにくいです」

被験者 B 「しかも、編集したくないところまで、たまに変わってしまいすごく時間がかかります」

土屋 「そうですね」

土屋 「途中の編集の時点で、自分の目標としているゴールは明確になってきましたか」

被験者 B 「なかなかそこまでいけなくて、曲を編集、視聴しながらさ迷っているって感じですね」

土屋 「編集を繰り返していくうちに自分の理想が変化したり、近づいていったりって感じですか」

被験者 B 「そうです」

土屋 「評価 4 点 (図 A.6(3)) を 1 度つけていますがこれはなぜですか」

被験者 B 「もう少しで自分の理想とする旋律になってるからです」

土屋 「そうですか、それでは最後に今回の曲 (図 A.6(4)) の満足度は何点ですか」

被験者 B 「100 点中 80 点ですね」

土屋 「残りの 20 点は何がたりないですか」

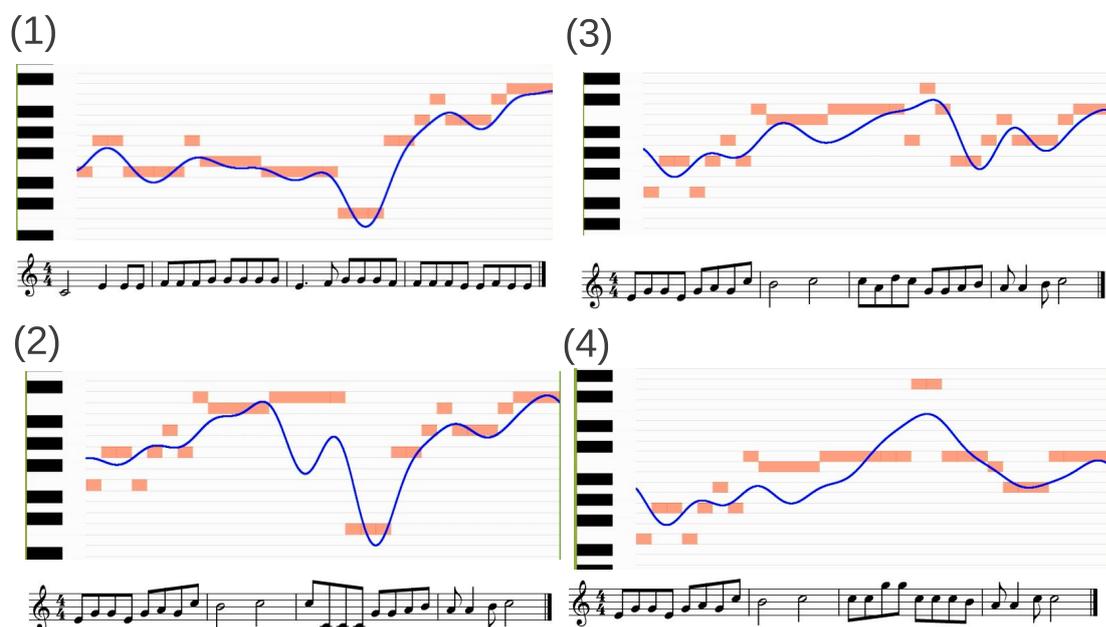


図 A.6: 被験者 B の 2 週目の結果

被験者 B 「なんか目標が結局のところかなりぶれてしまったので」

被験者 B 「編集していくうちに自分の想像しているよりも、いい曲がかなりでてくるので困ります」

### A.3.3 三週目

土屋 「はじめに今回この M I D I を選んだ理由とかがあって何かありますか」

土屋 「個人的には細かい音はかなり含まれているので、かなり特徴的な曲を選ばれたなという印象を受けましたが」

被験者 B 「聞いたかんで編集しやすそうだったと感じたからです」

土屋 「そうですね、では進めていきましょう」

土屋 「1 小節目をもっと明るくというようなイメージで編集を行われていますが、最初の編集 (図 A.7(2)) ではイメージ通り編集できましたか」

被験者「そうですね、概形の編集はとても簡単なので行いやすかったです。でてくる出力結果も良い感じに音符が散らばってくれたし、実際の曲も聞きやすかったです」

土屋「途中から最初のイメージとは違い後半のほうを編集されていますが何か意図はあったんですか」

被験者 B「曲を聴いるうちに後半のほうも編集したくなったので編集を行いました」被験者 B「結構自分好みの曲ができたとおもうのでよかったです」

土屋「こういった細かい音符が連打する曲は、1度編集するとかなり曲のイメージが変わると思いますが実際どうでした」

被験者 B「その通りですね。実際に編集を少しするだけで、かなりの音符の数が動いてしまい全然違う曲になってますからね」

被験者 B「だから今回はUNDO機能をうまくつけて編集ができたと思います」

土屋「そうですか」

土屋「今回の曲(図 A.7(4))に満足度の点数をつけるとしたら何点くらいですか」

被験者 B「100点満点中80点くらいですね」

土屋「その理由は？」

被験者 B「実際に自分好みの曲ができたという点ですかね」

土屋「そうですか。ありがとうございました。来週最後となります。」

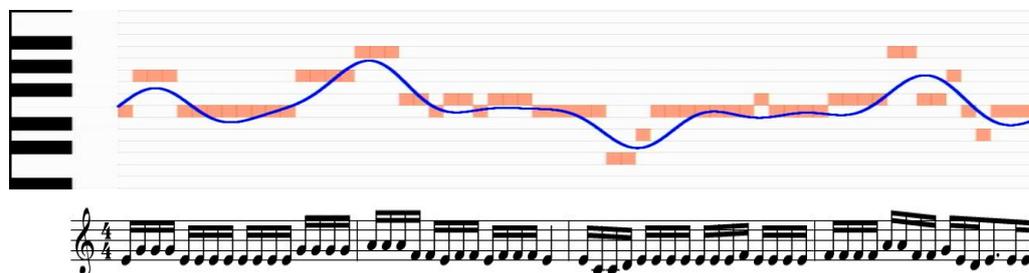
#### A.3.4 四週目

土屋「それではよろしくをお願いします」

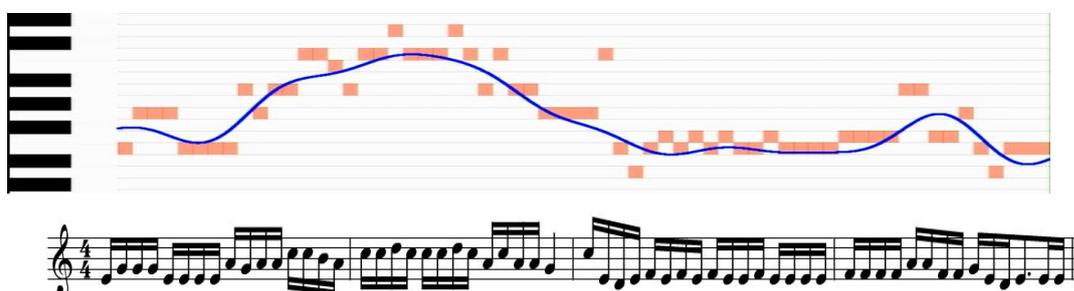
被験者 B「お願いします」

土屋「最初の編集後のイメージとして2小節目明るくしたいというイメージで編集していますが最終的には全箇所編集をしているように見えたが何か意図があったのですか」

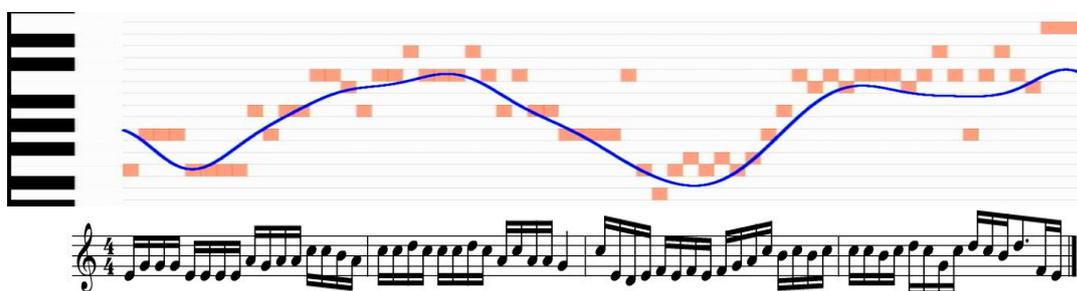
(1)



(2)



(3)



(4)



図 A.7: 被験者 B の 3 週目の結果

被験者B「最初は2小節目だけを編集したいと思っていましたが、自分のより好む旋律を作成するためには全箇所編集したほうがより好みの旋律ができると思います編集をしました」

土屋「最初の編集では、イメージした通りに音を高く編集されてますが、曲(図A.8(2))を聞いてみてどうでしたか」

被験者B「最初の編集にしては、以外に良いものができたと思います」

土屋「次に編集を行っていますが、それはもっとこうしたいというイメージがあったのですか」

被験者B「自分好みではない部分があったのでその部分を編集しました」

被験者B「自分好みの部分はいじりませんでした」

土屋「曲を聞いてみてどうでしたか」

被験者B「もう少し良い感じにしたいと思ったのでまた編集しました」

土屋「1度編集を行って、UNDO機能をつかって戻しましたね。これは何か意図がありましたか」

被験者B「編集を行った時に自分の良い部分は残したかったのに、そこが変わってしまったので戻しました」

土屋「次の編集の結果(図A.8(3))としてどうでしたか」

被験者B「さっきの編集した曲に比べてよかったです」

土屋「この時点で最終的な自分好みの曲というのが、明確になっていましたか」

被験者B「それは最初の段階ですか」

土屋「いや、今再生されている画面の時点です」

被験者B「あー、イメージはあがってって下がってもう1度上がっていきって言うイメージがありました」

土屋「ではこの音符はこの音だっていうところまではできるようになってますか」

被験者B「達成できてないです」

土屋「次の編集ではかなり編集しにくそうにしていたのですが、実際のところどうでしたか」

被験者B「はじめのところだったので、ちょっといじりにくかったです。このときはある程度ここに音符をおきたいというイメージでやっていたので編集がやりずらかったです」

土屋「この音をここに置きたいという明確なイメージではないですね」

被験者B「そうですね、僕は結構音で聞かっていうよりも、視覚で考えてるほうが多いですね。視覚から判断して、実際に音で聞くというような流れです」

土屋「確かに端の編集がやりにくいですね、改善する必要があると思います」

土屋「ある程度編集を進めてきましたが、かなり曲に独自性があって良いように聞こえますがどうでしたか」

被験者B「そうですね、実際はかなり変化してよくなってきたと思います」

土屋「曲(図A.8(4))の満足度は100点中何点ですか」

被験者B「80点です」

土屋「それはなぜですか」

被験者B「自分が想像していたよりもよくできたと思います」

土屋「1ヶ月間システムを使ってきて何か変わりましたか」

被験者B「単純にシステムの使い方とか、編集したときの反応がわかるようになったと思います」

被験者B「最初は少ない音符に対して動かそうという感じで」

土屋「曲に対するこだわりは何かできましたか、率直にお願いします」

被験者B「曲に対するこだわりはあまりまだ浮かびません」

被験者B「作曲をするというよりかは、おもちゃみたいな言う感覚でやっていました」

被験者B「特に音が簡単に編集できて目で見ながらできるので楽しかったです」

土屋「それでは終了です」

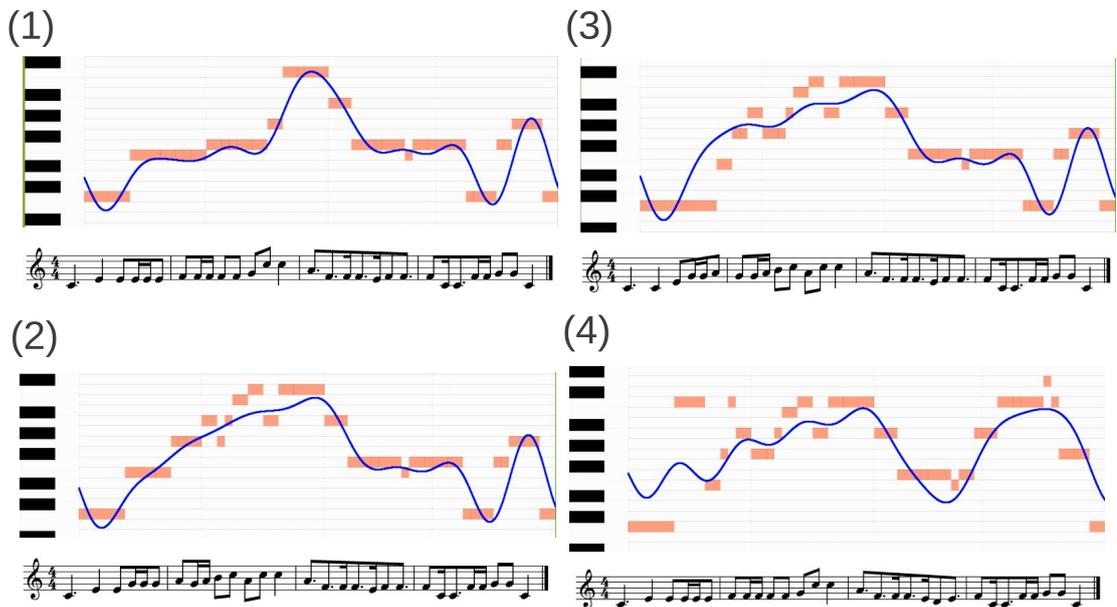


図 A.8: 被験者 B の 4 週目の結果

土屋「ありがとうございました」

被験者 B「ありがとうございました」

## A.4 被験者 C のインタビュー

### A.4.1 一週目

土屋「それではよろしくお願いします」

被験者 C「お願いします」

土屋「編集後のイメージが 3 小節目のはじめをだんだん高くして、その後低くなるように編集がしたいということですが、具体的なイメージがありますか」

被験者 C「特に具体的というわけではないのです」

土屋「そうですか」

土屋「最初の編集から再生 (図 A.9(2)) を行ってその曲に対する評価 2 ですが、どういう意味でこの評価をつけましたか」

被験者 C「編集を行ってから実際に曲を聞いてみて、中央の音がでこぼこしたところの音の流れがあまりよくなかったからこの評価をつけました」

土屋「ここの音 3 つ分のことですか」

被験者 C「はい、そうです」

土屋「こういった音符に対して、1 つの音符に対する編集をしたいと思いますか」

被験者 C「そうですね、ただ旋律概形でももう少し高くとか低くとかっていう指示が線で書き換えるだけでできるので編集はしやすいです」

被験者 C「ただ自分の理想がこうしたいっていう明確なものがあるときは使いにくいです」

土屋「曲の好みとかってありますか」

被験者 C「普段やっている曲もそうですが、かなり同じ音が繰り返し連続する部分があるので、そういったメロディーに対してでこぼこを作るようにしようと思っています」

被験者 C「なんかあまり同じ音の連続だと聞いてて面白味がないので」

土屋「そうですか」

土屋「2 回目の評価 2 (図 A.9(3)) に対するコメントを聞かせてください」

被験者 C「4 小節目に合うようなメロディーがほしかったのですが、あまりよくないと感じたからです」

土屋「このときに、最後にあうようなメロディーが自分の中で明確になっていますか」

被験者 C「特に明確になっていないので、聞いて自分で選択するというような感じですね」

土屋「今回の曲 (図 A.9(4)) に対する満足度は 100 点中何点ですか」

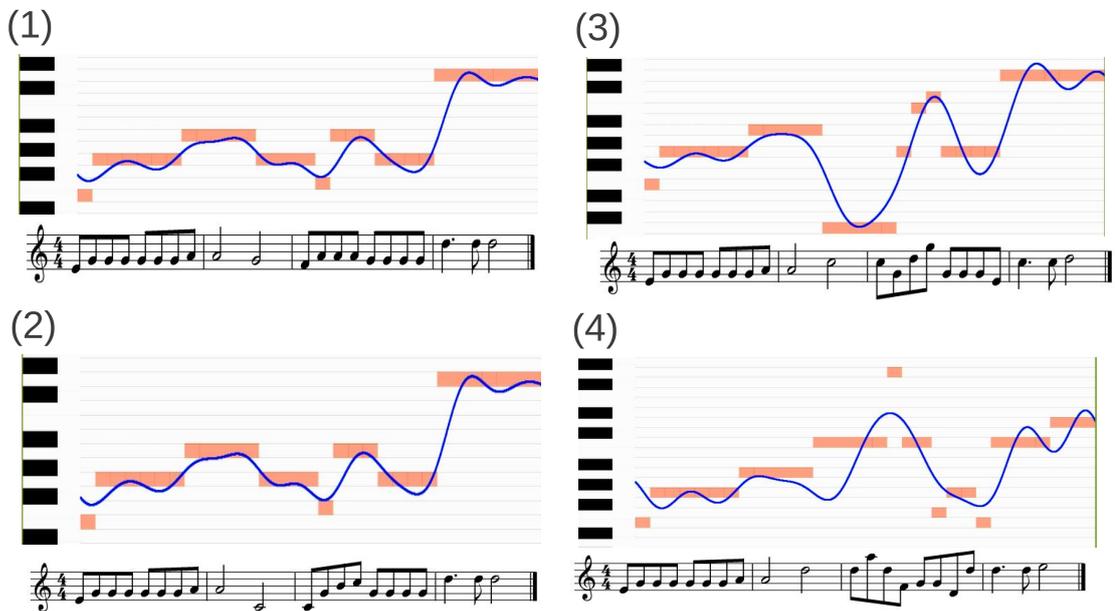


図 A.9: 被験者 C の 1 週目の結果

被験者 C 「70 点くらいですね」

土屋 「残りの 30 点はどの編ですか」

被験者 C 「最終的にできた曲が完全に納得できるものじゃなからです」

被験者 C 「もっとうまく操作できたらより良い曲ができる気がするので、もっと使ってみたいです」

## A.5 被験者 C のインタビュー

### A.5.1 二週目

土屋 「それではよろしくお願ひします」

土屋 「編集後のイメージが 1 小節目の真ん中で低くなり、2 小節目の最後は高くするようなイメージで編集するということでしたが、最初の編集はどうですか」

被験者 C 「最初の編集はとてもやりやすかったです。自分の編集のイメージが大まかな感じなイメージしかないので、概形はやっぱり使いやすいです」

土屋 「実際の出力結果 (図 A.10(2)) はどうでしたか」

被験者 C 「結果自体はあまり満足いくものでなかったです」

土屋 「どの辺りが満足できなかったですか」

被験者 C 「長い音符が 2 つあるのですが、この 2 つの音符がなかなか自分の納得いく音にならなくて難しかったです」

被験者 C 「こういうときに 1 つの音符ごとに編集できたらいいなと思いました」

土屋 「編集の操作感についてどのような印象を受けましたか」

被験者 C 「使い方的には 2 週目ですが結構慣れてきたと思います」

被験者 C 「ただ今回に関しては、評価の 4 をつけてからかなり苦戦しました」

土屋 「どんな感じで苦戦しましたか」

被験者 C 「なかなか良い感じに編集することができなくて、途中で作った曲が良い曲になっていたということです」

土屋 「こういったときに曲を保存しておく機能とかほしいと思いますか」

被験者 C 「そうですね、保存しておいて、またそこから編集できる機能とかあれば良いと思います」

土屋 「今回の編集では曲に対する満足度 (図 A.10(4)) は 100 点満点中何点くらいですか」

被験者 C 「評価 4 をつけて曲に関しては 70 から 80 点で最後にできた曲は 40 から 50 点ですね」

土屋 「そうですか、また来週もよろしくお願いします」

### A.5.2 三週目

土屋 「それでは 3 週目のインタビューを始めたいと思います」

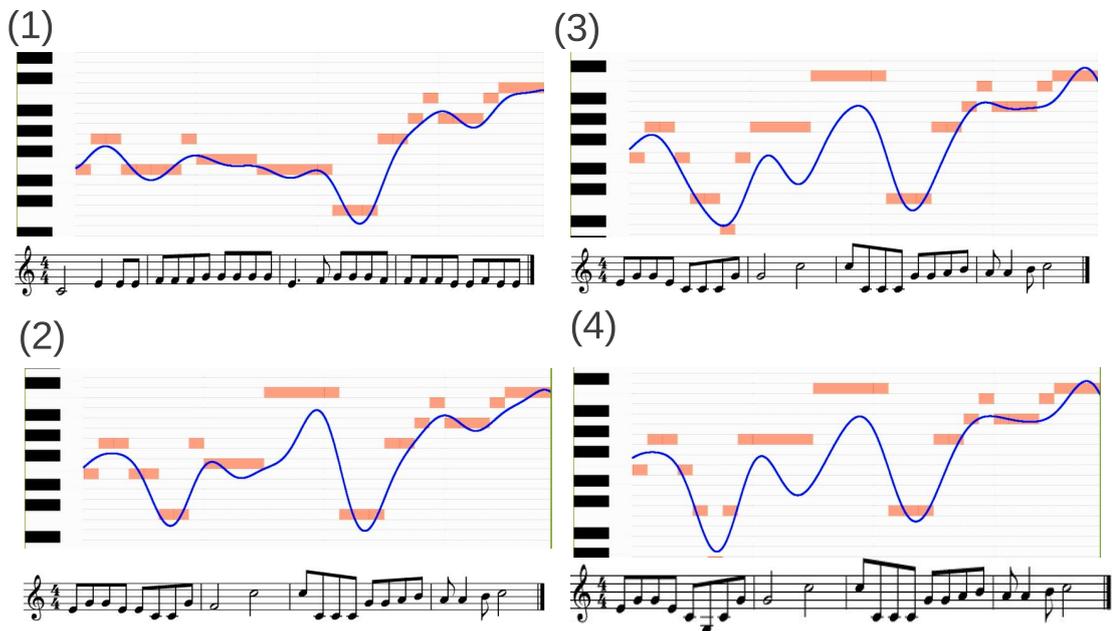


図 A.10: 被験者 C の 2 週目の結果

被験者 C 「お願いします」

土屋 「3小節目をだんだん上がってから下がってっていうイメージで最初の編集を行っていますが、実際に編集後の結果(図 A.11(2))を聞いてみてどう思いましたか」

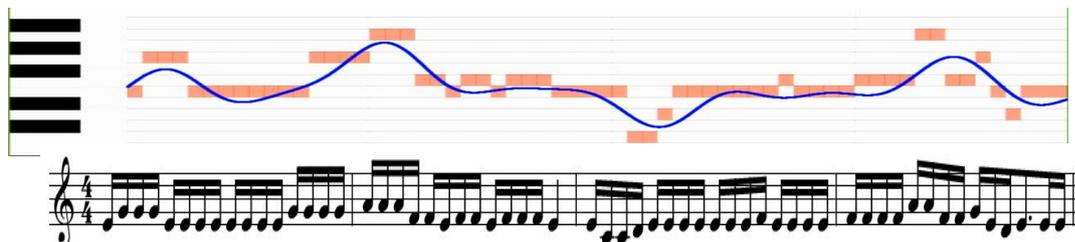
被験者 C 「イメージ通りに編集することができました。旋律概形に沿ってメロディーも作成されているので自分のイメージ通りになっています」被験者 C 「もう少し修正を行いたいと思ったので、修正を進めていきました」

土屋 「個々の音符に対する編集を行っているように見える場面があると思ったのですがそのへんどうでしたか」

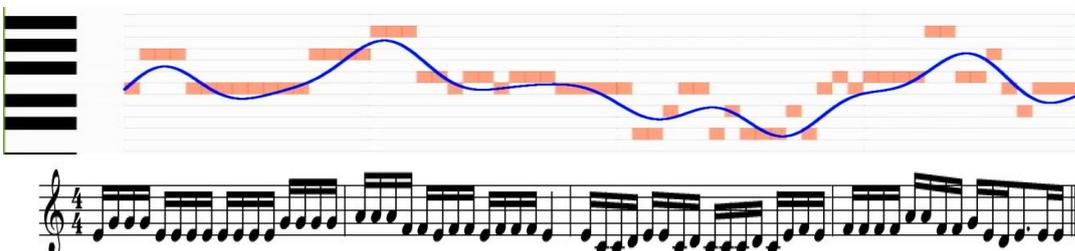
被験者 C 「編集したい場面はありましたね。実際に編集を行った結果を聞くのが怖いですが」

土屋 「そうですね、1度自分でDTMソフトとか使ってみても面白いかもしれないですね」

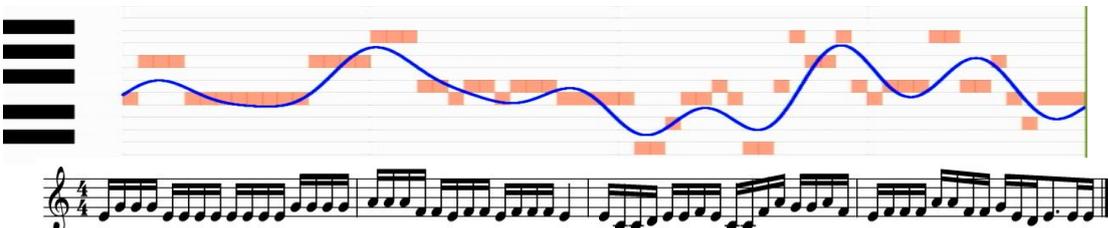
(1)



(2)



(3)



(4)

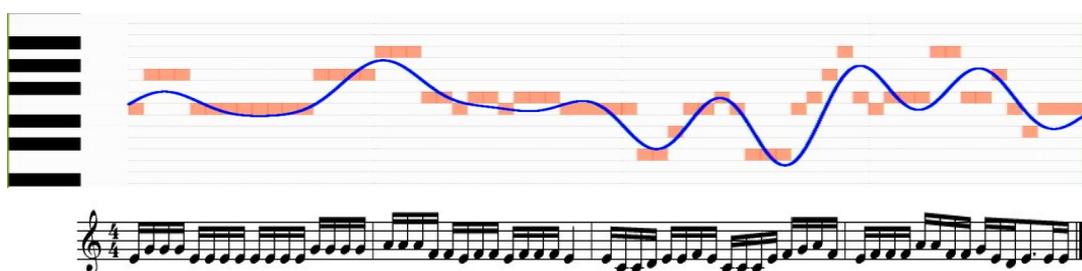


図 A.11: 被験者 C の 3 週目の結果

土屋「話が変わりますが、今回この旋律をなぜ編集したいと思いましたが」

被験者 C「同じ音高の連続している箇所が沢山あったことと、細かい音符がかなり多かったのでこの旋律を選びました」

土屋「そうですか、他の被験者の人たちも同様にこの旋律を同じ理由で選んでいるのでとても人気がある旋律なんですよ。」

被験者 C「編集しにくそうでしたが意外に簡単に編集できました」

土屋「細かい音符と大まかな音符どちらが編集しやすいですか」

被験者 C「細かい音の連打のほうが、編集したときの結果が極端に変わってくれるので聞いてて楽しいです」

土屋「そうですか」

土屋「今回の曲 (図 A.11(4)) に対する、満足度は 100 点中何点ですか」

被験者 C「80 から 90 点くらいですかね」

土屋「残りの点数はどの部分が足りないですか」

被験者 C「前半の部分をいじっても面白くなるのかなって所ですね」

土屋「そうですか。今週はここまでです。ありがとうございました」

### A.5.3 四週目

土屋「それでは最終インタビューです」

土屋「よろしくお願いします」

被験者 C「お願いします」

土屋「システムを 1 ヶ月間使い続けてきて何か変わりましたか」

被験者 C「最初はある編集対象の曲に対して編集しようという気持ちで編集を行っていたのですが、今では半作曲システムのような感じで使用しております」

土屋「最初の編集で再生された曲 (図 A.12(2)) は評価 2 をつけられていますが」

被験者 C「実際に概形での編集はイメージ通りにできたのですが、出力結果がいまいちでした」

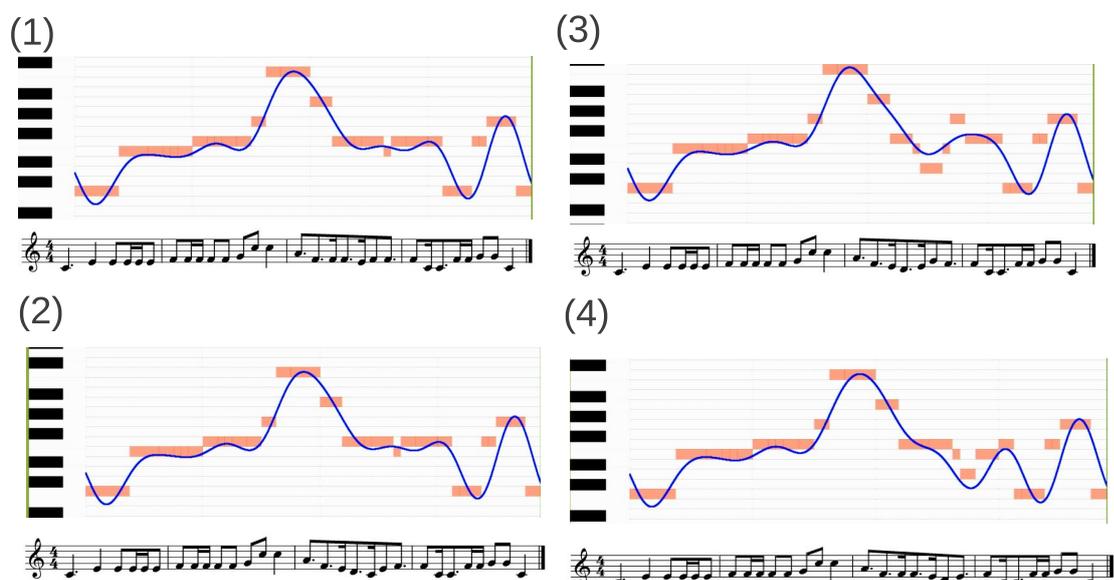


図 A.12: 被験者 C の 4 週目の結果

土屋「その後のUNDO機能を利用して戻って、再度編集しておりますが何か意図があってやったのですか」

被験者 C「そうですね、最近よくこの方法をつかうのですが、編集した旋律が気に入らなかった時に、UNDO機能を利用して、さきほどの旋律概形と大体で比較して編集を再度行うことをしています」

被験者 C「例えば、ちょっと高すぎる旋律になってしまったなと思ったら、UNDO機能を使って概形を比較して音を少しさげるような感じで再度概形を編集したりしていました」

土屋「じゃあ概形を薄く表示して比較できるような機能があったほうがいいですかね」

被験者 C「そうですね、色を変えて表示したりすれば比較できそうですね、そうすると使いやすいと思います」

土屋「そうですか、是非検討したいと思います」

土屋「その後に評価2をつけている旋律がありますがここはどのような理由でこの評価をつけたのですか」

被験者C「編集結果に対してあまり満足できなかったので再度編集をしました」

土屋「最終的に出力された曲(図A.12(4))に対する満足度は100点満点中何点ですか」

被験者C「90から100点です」

被験者C「結構自分なりに満足ができる曲ができました」

土屋「そうですか。最後なので良かったですね」

土屋「システムを1ヶ月間使ってきて何か曲に対するこだわりとかできましたか」

被験者C「実験で使ってきた曲が同じ音の連続が多かったので、この繰り返される音符を良い感じに崩した曲にするっていう感じですね」

土屋「そうですか」

土屋「一ヶ月間お疲れ様でした」

被験者C「お疲れ様でした」

## 付録B 短期実験の対話記録

この章では、長期実験において行った対話記録のまとめである。

### B.1 被験者Aのインタビュー

土屋「システムはどれくらい使いましたか」

被験者A「5回くらいです」

土屋「かなり使い慣れている感がありましたね」

被験者A「ありがとうございます」

土屋「前はPCだったんですけど、タブレットPCと比べてどちらのがやりやすかったですか」

被験者A「PCだとしっかりレスポンスが帰ってくるので、そちらのが良かったです」

土屋「最初の編集(図B.1(2))を試みて、音の違和感とかありましたか」

被験者A「最初では、2小節目の最初の方はまあまあ良かったのですが、後半の方はまだ全然納得できませんでした」

土屋「その後、1つの音符に対しての編集を、何回もやってるようにみえますが、音符レベルでの編集をしようとおもいませんでしたか」

被験者A「概形で編集してしまう癖みたいなものがあるのと、自分で編集を行うとあまり良い音が出ない時があるのでそのようにしました。」

土屋「二回目編集(図A.9(3))を行った時はどのような印象を受けましたか」

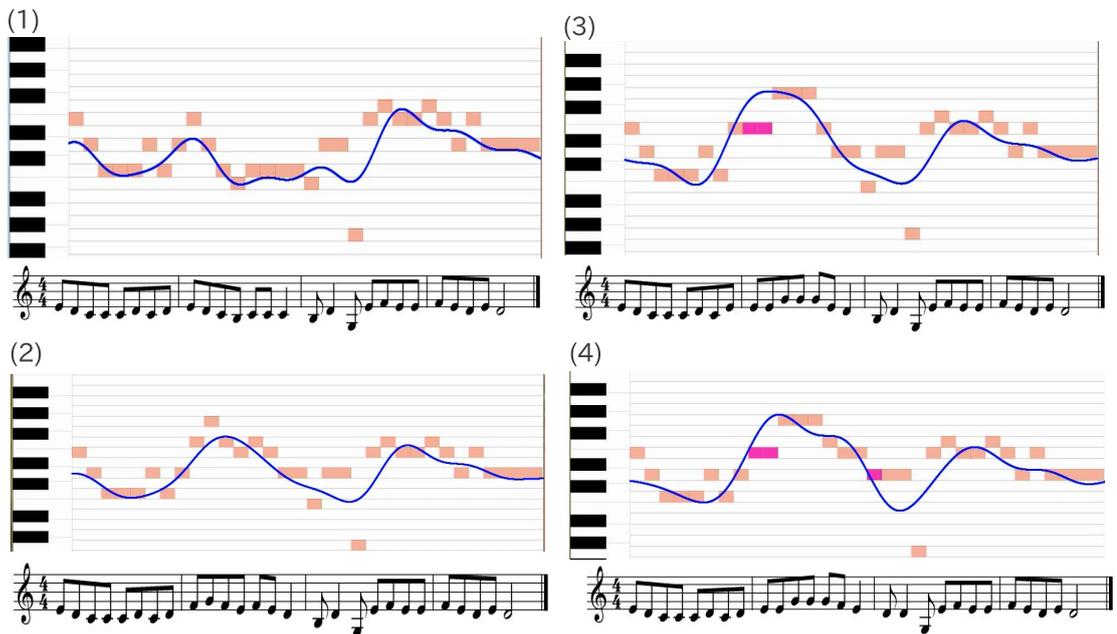


図 B.1: 被験者 A の実験結果

被験者 A 「2小節目の固定した次の音符があまりよくないと思ったので編集をしました」

土屋 「そうですね、固定機能についてはどうですか」

被験者 A 「使いやすかったですね。絶対に変更したくない音があった時に有効だと思いました」

土屋 「音符レベルの編集についてはどのように思いますか」

被験者 A 「概形の出力音について不協和だなと思うことがほとんどないですか、音符レベルで編集を行うとたまにあれっと思うときがあります」

土屋 「実際に編集したときに出てくる曲は、概形と音符レベルの編集はどちらが良かったですか」

被験者 A 「ここ部分にこの音符を動かしたいなという明確なものがあれば音符レベルのがいいです」

土屋 「そうですね。ありがとうございます」

## B.2 被験者Bのインタビュー

土屋「まず初めに概形のみを使用するシステムと、この新しく使用し始めてたシステムはどの点が利用しやすかったですか」

被験者B「前回に比べて、概形みのシステムだと、編集でうまくいかなかった時に何度も同じように編集しなきゃいけなかったんで、その点今回のシステムは自分で動かせることも可能な所が利用しやすかった一番の要因です」

土屋「アンケート用紙には、使いやすいけれども不協和音が生じる場面が増えたと書いてありますがどのような時にそのようなことを思いましたか」

被験者B「音符レベルで編集を行った時に不協和音が出力されているなど感じました」

土屋「最初の方の編集(図 B.2(2))で一番最後の音符を高く上げて固定機能を利用していますが、何か意図があったのですか」

被験者B「編集するメロディの音を徐々に高くして行って、最後の音に向かって流れるように高くしていきたかったからこのようにしました」

土屋「実際に音符レベルの編集をしてみてどうでしたか」

被験者B「一番最後の音符はかなりいい感じに編集できたと思います」

土屋「固定機能に使いやすかったですか」

被験者B「はい、使いやすかったです。変更したくない部分もそのままにできるので」

土屋「次の音符レベルの編集についてどのような印象をうけましたか」

被験者B「この時は結果に対して違和感を感じました」

被験者B「過去に長期実験をやった時は概形レベルのみだったのであまり不協和音と思うのはなかったのですが、今回のように音符レベルのみで編集を行うと不協和音だなと思うことがあります」

土屋「不況和音とそうでない音の判断は自分でできますか」

被験者B「ある程度できるようになったと思います」

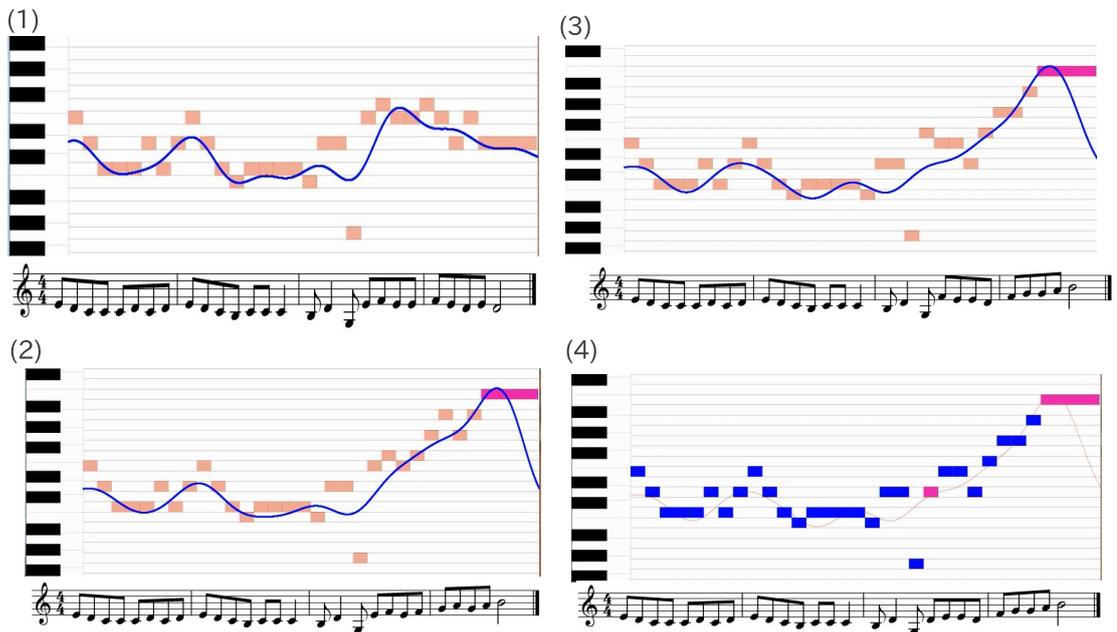


図 B.2: 被験者 B の実験結果

土屋「この不況和音を慌てて直してますね」

土屋「その後、1個から2個くらいの音符を概形レベルで編集を行っていますが、これは音符でやろうと思わなかったですか」

被験者 B「今、見返すとそのようにやった方がよかったですと思いますが、概形レベルのほうが不協和音が発生しないので頼ってしまう部分があります」

土屋「次に音符2つに対して音符レベル編集を行っていますが、何か意図がありましたか」

被験者 B「少し下に音を下げたかったので下げってみました」

土屋「実際に音符レベルで編集を行った出力結果を聞いてみてどのような印象を受けましたか」

被験者 B「不協和音がなくうまくできたと思います」

土屋「そうですか、それでは終わりです」

## B.3 被験者 C のインタビュー

土屋「それでは実験を始めたいと思います」

土屋「3小節目の音を高くしたいというイメージで編集を行っていますが、どの程度明確になっていますか」

被験者 C「本当に漠然なイメージなので、音符レベルでこの音はこの高さでという明確なものではありません」

被験者 C「ただ最初、再生をした時に、3小節目あたりに低くなっている音符があり、そこは気に入っているので変更しませんでした」

土屋「そうですか、最初の旋律概形で編集(図 B.3(2))を行っていますが、実際に出力結果を聞いてみてどのような印象を受けましたか」

被験者 C「最初視聴した旋律が結構よかったことに気づいて、音符レベル編集で良い部分を元にもどしました」

土屋「そうですか、固定機能についてはどのように使っていますか」

被験者 C「編集したくない部分を固定して置けばその音は概形で編集を行っても変わらないので使いやすかったです」

土屋「動画を見ている感じだと、編集したい箇所の音符を前の音符から順番に固定機能をつけていっているように見えますが」

被験者 C「そうですね、普段からそのようにつかっています」

土屋「音符レベルでの編集と、概形レベルでの編集をどのように使い分けていますか」

被験者 C「明確にここに置きたいというときは音符レベルで編集を行います」

土屋「この2つの編集方法の出力結果についてはいかがですか」

被験者 C「音符レベル編集の時は、結果としてあまりよくない時があります」

被験者 C「概形レベルの編集の時は、イメージと全然違う旋律ではあるが、出力される結果を聞くと予想外にいいなと思うときがたくさんありました」

土屋「そうですか」

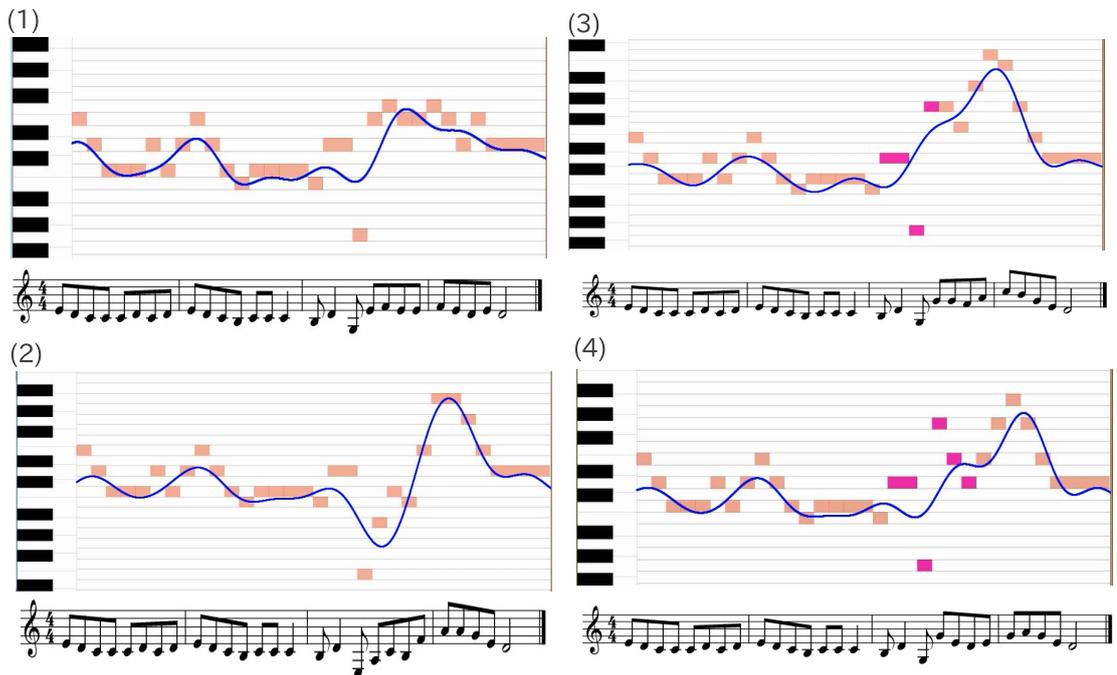


図 B.3: 被験者 C の実験結果

被験者 C 「この裏切られるような感じに期待して、イメージとは違うように概形で編集することもあります」

土屋 「曲の良い、悪いについては、どのような観点で判断されてますか」

被験者 C 「実際に聞いてみた感じで判断を行います。音符レベルでのイメージという所までなかなか考えることができないので」

土屋 「そうですか、ここで終了です」

被験者 C 「ありがとうございました」

# 謝 辞

本論文を作成するにあたり、北原鉄朗専任講師から、丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。