JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	楽曲により聴取者に喚起される感情反応とRhythmに基づいた曲調変化との関係
Author(s)	川野邊，誠
Citation	
Issue Date	2001-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1447
Rights	
Description	Supervisor:宮原　誠，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

楽曲により聴取者に喚起される感情反応と Rhythm に基づいた曲調変化との関係

指導教官　宮原 誠 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報処理学専攻

川野邊　誠

2001年2月15日

Copyright 7 2001 by Makoto Kawanobe

目次

第1章　序論 ……**4**
1.1　研究の原点 ……4
1.2　本研究の背景・目的 ……5

第2章　研究方針 ……**7**
2.1　基本方針 ……7
2.2　音楽の構造に対する考え方とUNIT ……8

第3章　研究対象の絞り込み ……**11**
3.1　対象とする音楽ジャンルの絞り込み ……11
3.2　楽典について ……12
3.3　楽譜に色づけしない演奏音の実現 ……12
3.4　MIDI ……13
3.4.1　MIDIとは ……13
3.4.2　MIDIの種類 ……14
3.4.3　スタンダードMIDIファイル ……15
3.4.4　SMF Format1データ構造 ……16
3.4.5　本研究で使用するMIDI ……16

第4章　楽曲から喚起される感情の測定
（音楽による感情反応に対する人間側からのアプローチ）　……17
4.1　楽曲によって喚起される感情とは　……17
4.2　本研究における感情について　……18
4.3　楽曲から喚起される感情の共通性に関する実験　……20
4.4　評価ポイント毎の感情反応の共通性に関する実験　……34
4.4.1 目的　……34
4.4.2 実験準備　……34
4.4.3　評価者に共通の曲調変化を感知するポイントの設定　……35
4.4.4　評価ポイント毎の感情価の測定方法　……36
4.4.5　評価ポイント毎の感情価の測定結果　……36
4.4.6　考察　……60
4.5　まとめ　……61

第5章　Rhythmパターンの変化に注目した楽譜の分析と曲調変化
（音楽による感情反応に対する音楽側からのアプローチ）　……62
5.1　楽譜分析の必要性　……62
5.2　人間は何を一番聴いているのか?　（分析対象の絞り込み）　……63
5.3　楽典で見るRhythm変化の要因　……66
5.4　Rhythmの変化を客観的に判断する　……69
5.5　楽譜をSystematicに扱う方法　……70
5.5.1　音符の種類の数値情報化　……70
5.5.2　MIDIデータとの相性　……71
5.6　Rhythmパターンの変化をマッチング率で見る　……72
5.7　Rhythmパターンのマッチング率の算出結果　……75
5.8　Rhythm変化の客観的判断基準の設定と検証(まとめ)　……87

第6章　楽譜情報の変化と感情変化の関係に対する考察 ……91
6.1　ピアノソナタ第8番「悲愴」第2楽章についての考察 ……92
6.2　Pachelbelのカノンについての考察 ……95
6.3　BWM147-2-3「主よ人の喜びよ」についての考察 ……97
64　本章のまとめ ……100

第7章　結論 ……101
7.1　まとめ ……101
7.2　今後の課題 ……103
謝辞 ……106

第1章

序論

1.1　研究の原点

著者自身の研究の原点として，産能大学松下研究室において研究を行った，著者自身が掲げる研究テーマである,「聴覚障害者のための MIDI データからの自動画像生成」(以降, 大テーマと記す) がある．[1]

これは，楽曲と感性との関係，画像と感性の関係をそれぞれ明らかにし，それをもとに楽曲を画像で表現することで，視覚情報を用いて聴覚障害者に音楽を提供するという全く新しい発想に基づく研究であり，本研究はこの大テーマ達成のための基礎研究に位置付けられる．

大テーマには，情報技術を利用した聴覚障害者向けサポートが少ないという現状を改善したいという希望と，聴覚障害者が健聴者以上に音楽に対して強い関心があるので，それに何とかして応えたいということを, 聾学校との交流を通して認識したという背景がある．

また，我々健聴者が日常生活において音楽を耳にしたとき，無意識にある情景を思い描くということがよくある．これは，健聴者のみならず，聴覚障害者が音楽を体感した時にも起きる現象である．

この事から，楽曲により喚起される感情反応と，画像により喚起される感情反応には何らかの相関があるのではないかと予測した．そして，楽曲を画像で表現することは可能ではないかと考え，情報技術を利用した従来の方法とは全く異なった形での聴覚障害者に対する音楽提供の可能性を求め，大テーマを提案した．大テーマに関しては，聾学校の音楽

教諭と意見交換を行い，研究意義を確認している．

大テーマ実現の為には，まず楽曲と感情との関係を明らかにすることが必要不可欠である．そこで本研究では，楽譜を楽曲表現の基礎と捉え，楽譜の構造と感性との関係に注目した．

1.2　本研究の背景･目的

音楽は，他の科学技術分野と比較しても，早くからコンピュータの利用・応用が進んだ領域であり，その音楽情報処理の研究は 1950 年代から行われている．音楽情報処理という分野は，音楽を対象として，情報処理，芸術，音楽学，認知科学の 4 分野のコラボレーションによって成り立っており，研究分野も作曲，採譜，演奏，流通，認知等多岐にわたる．この分野は，音楽活動で言えば聴く側の立場に立っており，"音楽から何を聴き取るか"を研究対象としている．現在この分野の研究の主流は，音楽の構造解析であり，そこには本来の目的であるはずの人間(聴取者)の感情に関する研究が含まれていない．[17]

本研究は，この分析・認知の分野に位置しており,「音楽を聴いて感動する」という周知の事実を，Systematic に取り扱うことを目的としている．これは，現在，音楽情報処理の中の分析・認知の分野で主流となっている構造解析だけでなく，音楽を聴く人間の認知能力にも重点をおいた研究である．本研究は，人間が音楽を聴いて感情反応を示すメカニズムを解明するという新しい研究の第一歩であり，将来的には，人間のように感動するコンピュータの実現や自動曲調判断などに応用可能であると考えている．

しかしながら,「音楽を聴いて感動する」この一言は，多くの意味を持っている．たとえば，名演奏家の奏でる音を聴いて感動する．良い楽器の音色を聴いて感動する．合唱やオーケストラ等の一体感ある演奏を聴いて感動する.楽曲(コンテンツ)を聴いて感動する．そのどれもが,「音楽を聴いて感動する」に集約される．

このことから，音楽から得られる感動というのは，聴き方一つによっても左右される非常に複雑なものであると言える．また，1 つの楽曲には，作曲者を始め演奏者，指揮者など，その楽曲に携わった人間の様々な感性が含まれている．これらすべてをまとめて解析することは，理想ではあるが，非常に困難である．

そこで，本研究では，"楽曲(コンテンツ)を聴いて感動する．"という一面に注目する．

これは，どんな名演奏でも，その基にあるものは楽曲であると考えたからである．

また，音楽には，Rhythm, Melody, Harmony という 3 大要素と呼ばれるものが存在する．人間はこの組み合わせで音楽を聴き，その時，何らかの感情反応を示すと本研究では考える．

そのために，楽譜に注目する．楽譜は，楽曲を表現する基礎であり，音楽の 3 大要素を，大きく分けて 10 の構成要素（音符，休符，拍子，音階，音程，調，和音，装飾記号，速度記号，発想記号）で表している[2]．本研究では，この楽譜自体の解析を行い，評価実験の際には，楽譜に基づいた演奏音を評価音として使用する．

しかし，先述の通り，楽譜には様々な感性が含まれている．これらは，その楽曲を聴いた人間の感情反応に何らかの影響を及ぼすと考える．楽曲というコンテンツそのものと，そこから得られる感性との関係を探求していく上で，楽曲を作った作者(作曲者)の感性を取り除くことはできないが，それ以外の感性はできる限り排除したい．

そこで，楽曲に含まれている様々な感性(特に演奏者の感性)を副次的要因と捉え，排除するために，楽譜に色付けしない演奏音を実現する．本研究ではこれを評価音として，主観評価実験を行い，楽曲から得られる感情がどの様なものであるかを調査(人間側からのアプローチ)する．それと同時に，Rhythm に注目して楽譜そのものを分析し，楽譜構成と感情との関係を明らかにしていく(音楽側からのアプローチ)．

第2章

研究方針

本章では，過去の研究事例等を挙げながら，本研究の方針を示す．

2.1　基本方針

音楽情報処理における音楽分析・認知の分野の核心は,「音楽構造の認識である」ということがよく言われる．つまり，この分野において，音楽は構造を持ち，音楽を聴くというのは，その構造を見出すことであり，研究の目も，どの様な音楽構造があり，それをどの様に処理・認識するかに向けられている．このような考え方は，研究対象となる音楽に必然的に制約を加えることになる．[17]

まず，大前提として,「音楽は構造を持つ」という認識がある．すると，偶然音楽や確率音楽等の構造性の希薄な音楽は，研究の対象外になる．逆に構造性がしっかりしているのが，クラシックやポップスに代表される調性音楽であり，研究対象もそれらに絞り込まれてくる．

これらの考えに基づき，本研究でも研究対象とする音楽の絞り込みを行っている．それについては，第 3 章 3.1 で述べる．

現在の音楽分析・認知の分野が対象とする，認識や処理の中心は，"曲そのもの"についての認識・判断となっている．

つまり，曲の部分的な情報から判断可能なもの(サビの判別や拍子，調性の判別等)や曲

全体にわたる情報や一般知識を判別に要するもの(ソナタ形式である，小室哲也の曲のようだ，ジャス風だ等の判断)，曲名検索等の個別の曲の知識やそれとの照合を行うものに関心が向けられている．

これは，感情・情動が音楽の構造認識の結果によって喚起されるのであれば，まず構造認識に取り組むという方針であり，研究の段階としてこのようなステップを踏むことは，要点を明確にするという点では，ごく自然な流れである．

しかしながら，本研究のように，感情・情動にウエイトを置いている場合，構造認識のみを研究しても，求める解は得られない．本研究においては，音楽の分析や認知を総合的に考えることが要求される．つまり，構造分析と感情についての研究をパラレルに進めていく必要がある．

そこで，本研究では，楽曲の基礎であり，音楽分析の基本的な出発点でもある"楽譜"をもとに, 楽曲より喚起される感情反応という研究対象に対して, 2 つのアプローチを行う. 1 つは，楽譜に基づく演奏音を聴取することによって喚起される感情反応を研究する人間側からのアプローチ(第 4 章)．もう 1 つは，楽譜自体を分析し，楽曲のどの様な要素が感情反応に影響を及ぼすのかを研究する音楽側からのアプローチである(第 5 章)．

この方針に基づいて研究を進めることで，目的を達成したい．

2.2　音楽の構造に対する考え方とUNIT

音の 1 次元的な列である音楽の解析のスタートは，その列を構成する基本的な単位を明確にすることである．その基本的な単位を明らかにした後，基本的な単位が組み合わされ長い列を構成するための構成規則を明確にする．

この考え方の参考になる考察が文献[3]で論じられている．そこでは，音楽構造の意味として，2 つの側面「分割としての構造」と「制約としての構造」があることが述べられている．分割としての構造とは，曲全体を部分構造に分割することが可能である，言い換えれば, 部品・要素を組み合わせていった複合物として構造をとらえる観点である. 一方, 制約としての構造というのは, 曲が音楽としてまとまっていたり, 特定の曲種, スタイル, ジャンルに属しているために満たすべき条件(制約)として構造をとらえる観点である．

また，音楽構造の階層的な解析理論としては，GTTM(a Generative Theory of Total Music)

がある．この理論の基にあるのが，Schenker の音楽理論解析理論と Chomsky の生成言語文法理論である．Schenker は，声部書法解析という「和声と対位法が相互に影響する構造を解析する手法」を用いた．その解析手法は，楽曲の表層から深層までを前景・中景・後景といった階層構造に還元(楽譜情報から構造的に重要な部分を抽出)するものであり，楽曲解釈や演奏理論を考えるときの有力な手法である．

また，Chomsky は，言語構造を，"文－句－品詞－単語"の様な構造に階層的に解析し，構造をツリーに例えた構造図によって表記した．

Schenker と Chomsky に共通するのは，上位レベルから下位レベルまでを階層的に解析することである．GTTM は，生成文法のツリー構造解析手法を音楽に適用したものである．

これらの先行研究によって，楽曲を基本的な単位で分割し，階層的に構造解析することが可能であることが分かっている．また，基本的な単位をある規則に基づいて結合していくことで，楽曲を作成できることも分かっている．実際に，基本パーツの結合で作曲を行う作曲者も存在する．

この，楽曲を基本的な単位で分解し，階層的に構造解析を行う手法を本研究でも導入する．それでは，このような手法で解析を行うにあたり，どの様にして感情反応とリンクさせて行けばよいのだろうか．

これについて，興味深い先行研究として，現 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科の亀岡 秋男 教授の「協和性理論とその応用」[4][5][6]を紹介する．

これは，全体を，"ある感覚を生じさせる最小単位"に分解し，各々の最小単位に対応する心理量の総和によって，全体から得られる心理量を算出することが可能であることを示した研究である．

まず，和音(複合音)の協和性について，"澄んだ"，"濁った"の 2 つの感覚に限定し，協和感覚を生じさせる最小の構成要素を求め，Dyad と称して定義する．その上で，各 Dyad から得られる協和感覚を算出する．最終的には，複合音を Dyad に分割し，そこに対応する心理量の総和によって，その複合音の協和性を算出する．

これにより，無数の組み合わせが存在する複合音の協和性を計算によって求めることができる．

ただし，この亀岡秋男教授の研究は，複合音の協和性に的を絞っており，音楽情報処理の中では，楽音合成や楽器音源などの生成に関する研究を行う分野に属する．それに対し，

本研究は楽曲という広範囲にわたって研究を行っており，分野も異なる．このことから，先行研究の手法を本研究に導入すると先行研究に比べて複雑性を増すことが考えられる．

しかしながら，先行研究で考案された手法は，以下に示す構想から，本研究においても有効であると考える．

・感情反応が喚起されるレベルで，楽曲を構成する最小単位(以下，UNIT と称す)を定義

・UNIT とそこから喚起される感情との対応付け，その結果をデータベース化

・楽曲を UNIT に分解し，各 UNIT と対応する感情反応(感情価)を検索

・検索結果から得た感情価の論理和によって楽曲から喚起される感情を算出

これはあくまでも構想で，本論文においては実現にいたってはいない．しかしながら，本研究はこの構想の実現を目指しており，本論文中に記していることは，この UNIT 作成のためには必要不可欠なことであることを書き添えておく．

また，今後，本エリアの類似研究のサーベイは続行していく．

第3章

研究対象の絞り込み

本章では，研究対象の絞り込みについて述べる，また，本研究で用いる楽典と MIDI についての説明を行う．

3.1　対象とする音楽ジャンルの絞り込み

音楽には様々なジャンルが存在するが，現在のところ，すべてのジャンルをまとめて取り扱うことは考えていない．

第 2 章 2.1 で示した理由に加え，以下の理由からも研究対象とする音楽ジャンルの絞り込みを行う．

先述の通り，本研究では作曲者以外の感性(演奏者や指揮者等の感性)は，楽曲から喚起される感情反応に影響を及ぼす副次的要因として極力排除する方針をとる．したがって，JAZZ の様な演奏者の感性が深く影響するジャンルは，本研究には適さないと考える．

また，本研究では，楽譜と感性との関係を明らかにするために，楽譜自体の解析を行う．その際，**楽典**規則を越えたところに表現のポイントがある様なジャンルは，解析を行う際，複雑かつ困難になる可能性があり，研究対象としては不適切である．

したがって，本研究では，楽典規則に則しており，古くから作品に関する研究が広く行われているクラシックを研究対象として採用することにした．

3.2　楽典について

音楽は時間的芸術であり，刻々と流れ去っていってしまうものである．そのため，これを記憶するには限度があり，現代のような録音装置の無かった時代に，何らかの形で書き残す方法が考えられた．

様々な記号を用いて，紙の上に音楽を書き表した楽譜がそれである．作曲者は，これによって創作したものを記録し，演奏者はその楽譜によって，作曲者の作曲したものを音楽として再現することができる．楽譜が完全であればあるほど，作曲者の考えに近いものを表現することが可能となる．この記録方法を記譜法，または楽譜法という．

楽典とは，この記譜法のための色々な約束(音楽基礎理論)をまとめたものである．つまり，楽典に記されていることは．音楽上の文法，規約であり，楽典の上に音楽が成り立っていると言っても過言ではない．[2]

したがって，本研究において楽譜の解析を行う際は楽典理論に基づいて行う．また，研究の対象とする音楽のジャンルも楽典規則を越えたところに表現のポイントがあるようなジャンルは研究の対象から外している．

3.3　楽譜に色づけしない演奏音の実現

楽譜と感性の関係を探るにあたって，記譜された楽曲を何らかの形で演奏音にする必要がある．なぜなら，評価者は楽譜を眺めることで感情反応を示すわけではなく，演奏音が刺激となって初めて感情反応が喚起されると考えるからである．

しかし，人間が演奏を行うと，その演奏音には演奏者の感性が含まれる．仮に，楽譜通りに演奏を行ったとしても，演奏者は楽譜に自分なりの解釈を加え，無意識のうちに楽譜に色付けを行っていると考えられる．したがって，人間が演奏を行う限り，演奏音には，楽曲より喚起される感情反応に影響を及ぼす，副次的な要因が混入してしまうのである．これでは,「音楽を聴いて感動する」という複雑な研究対象を，絞り込んで極力シンプルに捉えるという研究の特色が無くなり，結局，音楽のどの要素と感性との関係を探求しているのかが分からなくなってしまう危険性がある．

そこで，この副次的要因を排除するために，コンピュータによる自動演奏を活用できないかと考えた．その中で，本研究では，MIDI（Musical Instrument Digital Interface）に注目した．MIDI 自体は，楽器のデジタルインターフェース規格であり，ハードウェア間の通信プロトコルの一種であるが，そのデータ構造の関係上，楽譜をほぼそのまま演奏音に translate する事が可能である．しかも，演奏音を出力する際に，人間のように楽譜に色付けすることはない．また，データ作成の際に，楽譜に含まれる情報を余すこと無くステップ入力により MIDI データに translate することで，データ作成時にも副次的要因が混入しないよう配慮する．

MIDI を用いた自動演奏によって，完全に楽譜に色付けしない演奏音が実現できているかと言うと，判断が難しい．しかし，人間が演奏するよりも，感性の介入する可能性は遙かに低い．また，評価実験を行う際，何度演奏を繰り返しても，その演奏音は常に一定であることも利点である．したがって，本研究では MIDI を用いた自動演奏により，楽譜に色付けしない演奏音を実現することにした．

3.4 MIDI

3.4.1 MIDIとは

MIDI とは，Musical Instrument Digital Interface の頭文字を組み合わせた言葉で，"楽器のデジタルインターフェース規格"を意味し，ハードウェア間の通信プロトコルの一種である．

MIDI は，電子楽器同士を接続し，演奏情報や音色情報などを伝送するために電子楽器メーカーが共同で開発・作成された世界統一規格である．したがって，メーカーや楽器の種類が異なる場合でも，MIDI 規格に対応した電子楽器であれば，データを受送信する事ができる．当然，機器それぞれの機能に差があるので，伝送可能な情報の種類は，機器の組み合わせ次第で変わってくる．しかしながら，出力される音の音程や長さといった基本的な情報が送受信できないということはない．

MIDI は音そのものを伝送するのではなく，「いつ，どの音を鳴らす」といった演奏情報を伝送するものである．したがって，MIDI は楽器間で出力する音データを受送信するだ

けではなく，演奏情報を保存，編集，再生することも可能である．そのような演奏情報を保存したものが MIDI ファイルと呼ばれるもので，パーソナルコンピュータ上やインターネット上での音楽配信等にも使用されている．

3.4.2　MIDIの種類

MIDI には，いくつかの種類がある．これは基本となる MIDI 規格を各電子楽器メーカーがそれぞれ拡張し，より豊かな表現力を MIDI に持たせたためである．各社とも表現力を豊かにするために，音色の拡張や，エフェクト構成の拡張を行っている．

拡張規格の代表的なものに，YAMAHA(株)が提唱する XG，ローランド(株)が提唱する GS というものがある．

これらの独自規格の基本となっているのが，GM と呼ばれる規格である．GM の正式名称は，General MIDI System Level 1 である．これは，音源の互換性を高め，MIDI の演奏の再現性を高める事を目的として開発されたものである．パート数や同時発音数，内蔵音色の配列が決められているため，GM 音源を使用すれば，異なる機種でもある程度演奏を再生する事が可能である．

しかし，GM で決められている音源仕様は，規定と言うより協定のようなものであり，ある程度共通したコントロールを可能にすることを目的としている．そのため，GM 規格に基づいた音源だからといって，完全に演奏が再現できるわけではない．ただし，どのメーカーも GM 規格をサポートしている以上，現状ではこの GM 規格に基づくのが一番汎用性が高い．現在，GM 規格は拡張され GM2(General MIDI System Level2)という規格がリリースされており，規格対応音源も普及し始めている．GM2 は，拡張された分，GM に比べ表現力が豊かになった．

本研究では，基本的に標準であり汎用性のある GM 規格，表現力と汎用性を持ち合わせた GM2 規格に基づいてデータの作成を行う．しかしながら，GM や GM2 では表現力に不満があるため，場合によっては YAMAHA(株)が提唱する XG 規格も使用する．現状では，この XG 規格が一番強力な表現力を持っており，汎用性もある程度は持っている．

3.4.3　スタンダードMIDIファイル

これまでの MIDI の説明で，MIDI がハードウェア間の通信プロトコルの一種であることは理解していただけたと思うが，MIDI を用いて作成された演奏データを保存するには，ファイルとして保存する必要がある．ここでは，そのファイルフォーマットについて説明する．

ファイルフォーマットには，いくつかの種類があるが，ここでは本研究で音楽データの作成に使用する，スタンダード MIDI ファイルについて説明する．

Standard MIDI File（SMF）は，シーケンス演奏データの互換性を得ることを目的に開発された．一般的にファイル拡張子は，"mid"が使用される．通常，MIDI ファイルというと，この SMF のことを指す．

演奏データを SMF として保存することで，異なるシーケンスソフト間でも演奏データを再生することが可能となる．SMF は，ファイルフォーマットのみを規定しており，記憶メディア等については特に定めていない．

SMF は，GM，GM2，XG，GS 規格の機器はもちろんのこと，これら以外の規格の機器でも使用することが可能である．しかし，SMF はデータの伝送方式については定義していないので，MIDI ケーブルを使用してデータ伝送する場合には，ファイルダンプする必要がある．

SMF のフォーマット形式には，フォーマット 0/1/2 の 3 種類がある．フォーマット 0 はシングルトラック（マルチ MIDI チャンネル），フォーマット 1 はマルチトラック構成されている．フォーマット 2 はマルチソング（パターン）をサポートしているが，現在ほとんど使用されていない．

本研究では，この 3 種類のフォーマットの中のフォーマット 1 を使用する．

3.4.4　SMF Format1データ構造

SMF は，チャンクと呼ばれるいくつかのデータ群によって構成されている．

チャンクは，機能によって 2 つに大別されている．1 つは，ヘッダーチャンク呼ばれるもので，ファイル全体に関する情報を格納する．もう 1 つは，トラックチャンクと呼ばれるもので，実際の演奏データを格納する．

SMF Format1 は，マルチトラック，シングルチャンネル構成である．実際のデータは，1 つのヘッダーチャンクに続き，複数のトラックチャンクを持っている．トラックの数は，2B のデータバイトで指定できる数（65,536）以内であれば，何トラックでも構わない．通常は，16 トラック，多くても 32 トラック程度である．

SMF　Foramt1 の場合，基本的に，1 つのトラックには，1 つのチャンネルが割り当てられる．つまり，それぞれ独立したトラックに 1 つのチャンネルという非常にシンプルな構造になっている．

3.4.5　本研究で使用するMIDI

これまでの説明の中でも，所々で述べてきたが，ここで本研究で使用する MIDI についてまとめる．

まず，本研究で使用する MIDI 規格だが，これは GM，GM2，XG の 3 規格を使用する．汎用性と表現力を基準に選出した．したがって，MIDI データは，これら 3 規格の音色配列，MIDI イベントを使用して作成することになる．使用する MIDI 音源は，これら 3 規格に対応している，YAMAHA（株）の MU2000 を使用する．

MIDI データの保存形式は，SMF フォーマット 1 を使用する．フォーマット 1 に限定したのは，フォーマット 1 のデータ構造がシンプルであることから，データの作成や，将来的なデコードが容易であると考えたためである．

また，実際のデータ作成は，MIDI 楽器を弾きながらデータ作成をするリアルタイム入力ではなく，楽譜情報を 1 つ 1 つ手作業で入力していくステップ入力で行う．この手法によって，データ作成時に副次的要因が混入するのを極力さける事が可能となる．

第4章

楽曲から喚起される感情の測定
（音楽による感情反応に対する人間側からのアプローチ）

本章では，楽曲の聴取によって喚起された感情がどのようなものであるのか，その感情に共通性はあるのかを調査している．

これは，音楽の聴取によって喚起された感情がどのようなものであるのか，という音楽によって生じた感情反応に対する取り組みであり，音楽による感情反応に対する人間側からのアプローチである．

4.1　楽曲によって喚起される感情とは

人間は，楽曲を耳にしたとき，何らかの感情反応を示す．ある情景を思い浮かべたり，心地よくなったり，寂しくなったりとその種類は千差万別ではあるが確かに何らかの感情反応は示す．

その感情反応の変化は，ステレオ等で自分の好きな音楽を聴くといった，積極的に楽曲を聴いたときには大きく，逆に，環境の中における BGM のように消極的に楽曲を聴くときには小さいと言われている．

それでは，なぜ音の連続である音楽が，単なる音のまとまりとして認知されるにとどまることなく，人を感動させる力を持つのだろうか．それは，人間がそれらの音に意味を付

与するから(Sloboda, 1985)だと言われている．Merriam(1964)によれば，音楽はすべての社会で音楽以外の事柄, 観念, 行動の抽象的な表現として機能するものである. また, Meyer(1956)は，音楽には非音楽的な事象を指示する指示的意味があると言っている．音楽と感情との関係では，Dowling & Harwood(1986)は，音楽はサインによって感情を表象したり生起させると述べている．認知心理学では，音楽において，表現したい感情を過去の経験との連合によって表現したり，形式的な類似性を通じて表すと考えられる．

しかしながら，これでは楽曲から喚起される感情は，過去の経験等の個人差が大きく，共通性を持たないことになる．

ところが，日常を見る限り，実際はある楽曲に対する共通の印象というものは，個人差などを越えて存在すると考えられる．たとえば，ヒット曲が生まれる事実．大多数の人間が, ある同一の楽曲を支持しなければ, 大ヒットを記録する楽曲の登場などはあり得ない．その楽曲を支持する(好む)人の間には，その楽曲から喚起される何らかの感情反応に共通するものがあるのではないだろうか．またある楽曲に喚起される感情反応に共通性が無いとしたら，多くの人がある楽曲に涙したり，勇気づけられたりする理由はどう説明するのであろう．心理学では，音楽作品から得る感情反応の一般化や，感情反応の共有，音楽を媒体としたコミュニケーションに対する研究は広く行われており, その研究成果の一部は, 音楽療法等にも応用されている(例:[7][8]).

本研究では，楽曲から得られる感情はどの様なものなのか，そして，楽曲によって喚起される感情はどれ程の共通性を持つのかを，評価実験によって調査する．そして，楽曲から喚起される普遍的な感情を聴覚障害者と共有する感情として，大テーマにフィードバックしたいと考えている．

4.2 本研究における感情について

楽曲から得られる感情は，多種多様であり，その中で共通性を追求するためには，ある程度限定する必要が出てくる．

そこで，本研究では，評価実験で評価語として使用する，谷口高士氏による「音楽作品の感情価測定尺度項目」[7][9](表 4.1)に含まれる形容語で表すことができる感情に限定する事とする．

この「音楽作品の感情価測定尺度項目」を作成した谷口高士氏は，"音楽によって喚起される感情がどれくらいの普遍性をもつのか"という問題に対し認知心理学的な立場からアプローチしている．また，「音楽作品の感情価測定尺度項目」の作成方法は以下の通りである．

・先行研究で良く使用される形容語 50 語を収集
・5 段階の単極評定尺度で 5 曲について 209 名で評定
・因子分析によって 5 因子を抽出(高揚因子のみ両極性)
・単極性の因子からは，各因子に負荷の高い項目を 4 語ずつ，両極性の因子からは正の高い負荷を持つ 4 項目と負の高い負荷を持つ 4 項目の 8 語を選出
・別の被験者に同様の評定を行わせ，尺度の因子的妥当性，内的一貫性を検証

これを見る限り，この「音楽作品の感情価測定尺度項目」の信頼性は非常に高いと判断できるため，現段階で本研究ではこれを楽曲から得られる感情とし，評価実験用の評価語として使用した．

表 4.1　谷口高士氏による「音楽作品の感情価測定尺度項目」

高揚因子	**親和因子**	**軽さ因子**
(高揚傾向)	愛しい	落ち着きのない
明るい	恋しい	浮かれた
楽しい	優しい	気まぐれな
陽気な	おだやかな	軽い
うれしい		
(抑鬱傾向)	**強さ因子**	**荘重因子**
沈んだ	強烈な	崇高な
哀れな	刺激的な	厳粛な
悲しい	強い	気高い
暗い	断固とした	おごそかな

4.3　楽曲から喚起される感情の共通性に関する実験

4.3.1 目的

楽譜に色付けすることのない演奏音から，聴取者に感情反応は起こるのか，また，その感情反応に共通性はあるのかを主観評価実験によって確認する．

また，評価語を使用しない評価も同時に行い，その共通性も調査する．

4.3.2　実験方法

評価者

楽器演奏経験者(4/11人)，非経験者(7/11人)，普段の生活で音楽をよく耳にする者(9/11 人)，しない者(2/11人)，音楽知識のある者(5/11人)，無い者(6/11人)，併せて 11 人を評価者とした．

テストソース

市販されている楽譜をもとに，MIDI データを作成した．曲数は 6 曲，各 2~4 分である．選曲は耳にする機会の多い曲とそうでないものをクラシックの中から選んだ．ただし，6 曲中 1 曲は，著者本人が作曲した物(以下，楽曲 6)で，これに限り，ジャンルはクラシックではない．楽曲 6 に関する詳しいことは，4.3.4 で記す．

テストソースの，作曲者名，曲名，演奏時間を，表 4.2 に示す．

表 4.2　実験で使用した楽曲の一覧

No.	作曲者名	曲名	演奏時間
1	J.S.Bach	オルガン小曲集より No.14	2' 41
2	Beethoven	ピアノソナタ第 8 番 ハ短調 作品 13「悲愴」第 2 楽章	3' 18
3	Chopin	Etude no.12 , op.10-12 「革命」	2' 37
4	J.S.Bach	小フーガ ト短調	4' 25
5	R.Clayderman	Ballade Pour Adeline	2' 37

実験環境

実験場所は，北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科宮原研究室の AV 実験室である．実験で使用した機材等は，表 4.3 に示す．

表 4.3　実験で使用した機材の一覧

データ入出力ソフトウェア	YAMAHA　XG WORKS Ver.4.0
MIDI 音源	YAMAHA MU2000 （PLG150-PF, PLG150-VL, PLG150-DX 装着）
AMP	SANSUI AU-D907 Ltd.
Speaker	YAMAHA NS-1000M, Jordan Watts Acoustic 12cm

評価方法

評価語には，谷口高士氏による「音楽作品の感情価測定尺度項目」[7][9](表 4.1)を使用した．評価は各項目に対し 5 段階評価で行った．評価スケールは，1 から 5 までの数字で，その楽曲がその項目に対して，全くあてはまらない(1)，ややあてはまる(2)，どちらともいえない(3)，ややあてはまる(4)，よくあてはまる(5)とした．

また，評価語による 5 段階評価の他に自由記入欄を設け，楽曲から得られるイメージを自由に記述してもらうとともに，評価語による評価を行う際に，楽曲のどの部分に注目したかを記述してもらった．

4.3.3 評価語による評価結果

表 4.2 にある楽曲に対する評価語による評価実験の結果は以下の通りである（楽曲 No. は表 4.2 を参照）.

実験結果を示す各図は，縦軸が 5 段階評価の評点，横軸が評価語の各因子である．Max, Ave，Min は，それぞれ評価の最大値，平均値，最小値を示しており，グラフからは，評価のばらつきと平均値を見ることが出来る．

楽曲 1 の評価結果（図 4.1）より，高揚，軽さ，荘重の各因子に共通性見られる．また，各因子の評点より，楽曲 1 は，高揚傾向より抑鬱傾向が強く，軽さのない荘重感の強い楽曲であると言える．しかし，個人差の大きかった，親和，強さ因子からは，明確な結果を述べることは難しい．

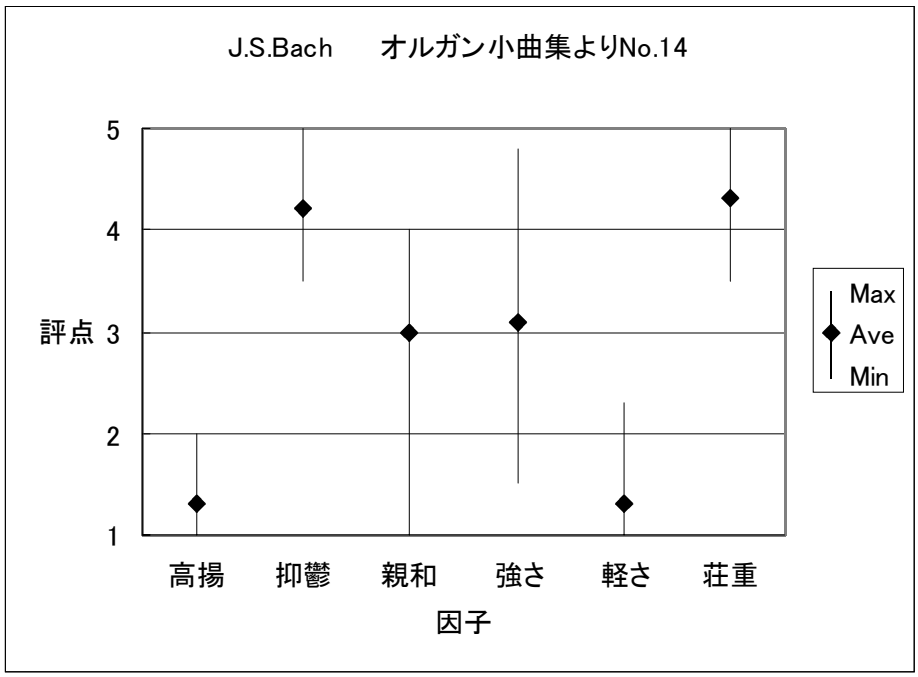

図 4.1　楽曲 1 の評価結果

楽曲 3 の評価結果(図 4.2)からは，高揚，抑鬱，親和，強さ，軽さの因子に共通性が見られる．中でも，高揚，強さの共通性が非常に高い．各因子の評点より，楽曲 3 は，高揚感よりも抑鬱感が強く，親和性と軽さのない，強さを感じる曲であると言える．

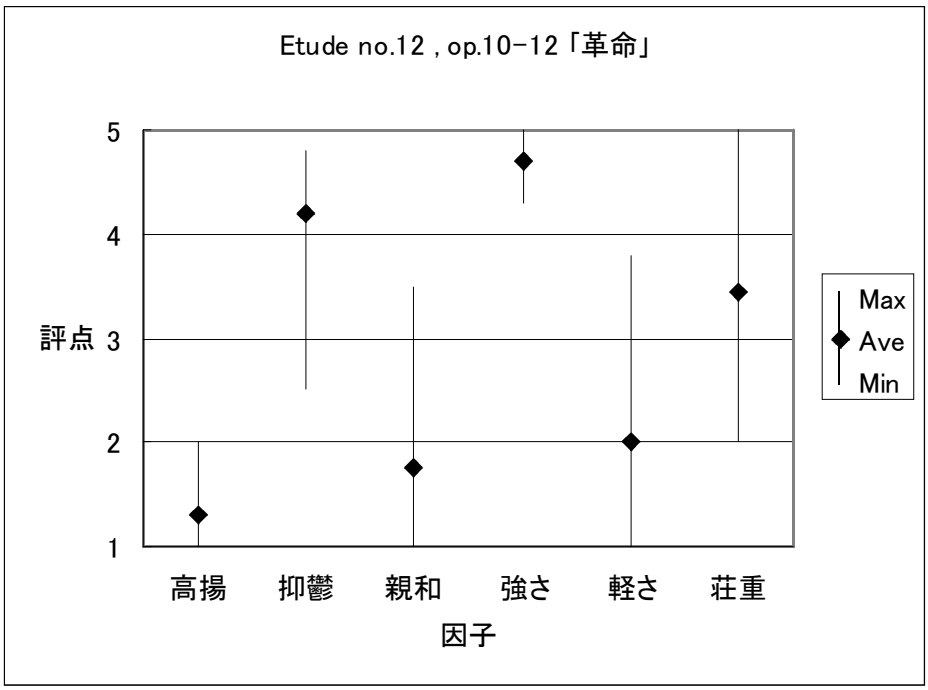

図 4.2　楽曲 3 の評価結果

同様に，楽曲 4 の評価結果(図 4.3)からは，高揚，強さ，軽さ，荘重の因子に共通性が見られる．中でも，高揚，強さ，軽さの共通性が非常に高い．各因子の評点より，楽曲 4 は，高揚感と軽さのない，強さと荘重感を感じる曲であると言える．

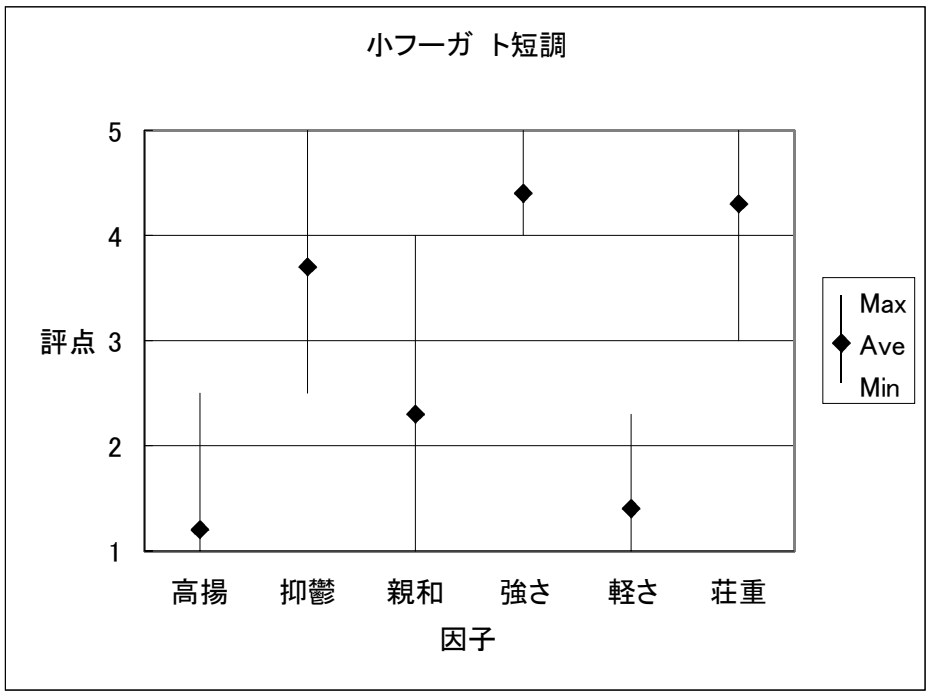

図 4.3　楽曲 4 の評価結果

続いて，楽曲 2 に対する評価結果を図 4.4(a)に示す．これは，上記 3 楽曲に対する評価結果とは異なり，各因子のばらつきが大きく，これまでと同様の判断を行う事ができなかった．この理由としては，楽曲 2 に含まれる，途中での曲調の極端な変化ではないかと考えた．

そこで，各評価者が，楽曲のどの部分(評価ポイント)で評価を行ったのかを調査した結果，曲全体で評価した評価者と曲の前半で評価した評価者の 2 グループに分けることができた．それぞれのグループごとに評価結果を集計すると，全体で評価したグループの評価結果(図 4.4(b))は，ばらついているが，前半で評価したグループの結果(図 4.4(c))からは，これまでと同様に，楽曲 2 の前半部分から喚起される感情反応に共通性が見られる．

評価のポイントを曲の前半に置いた評価結果からは，楽曲 2 の前半部分が，抑鬱傾向が無く，高揚傾向の強い曲で，親和性があり，軽さと荘重感を感じにくい曲であると判断できる．

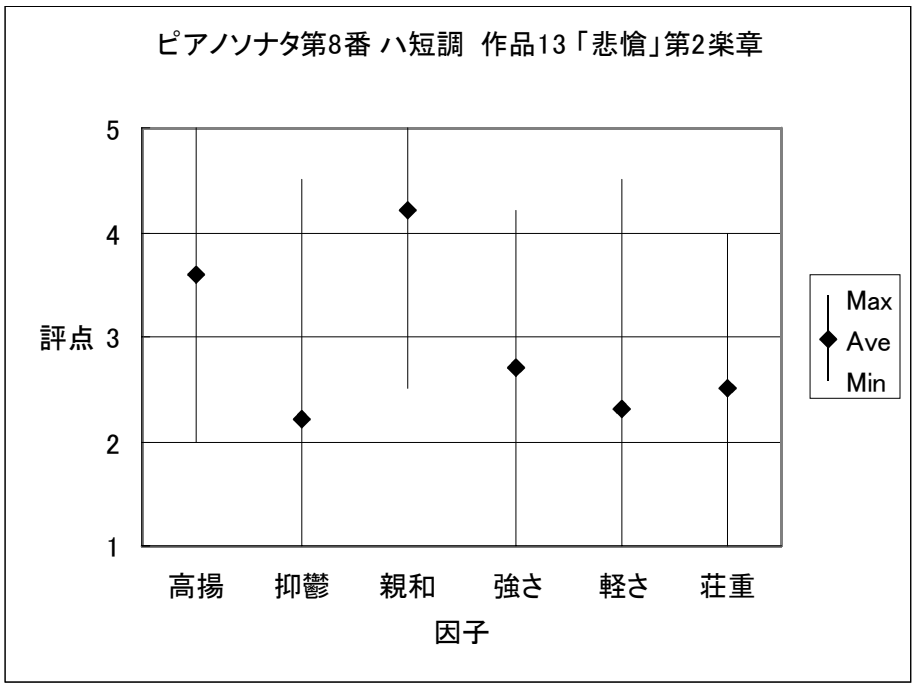

図 4.4(a)　楽曲 2 の評価結果

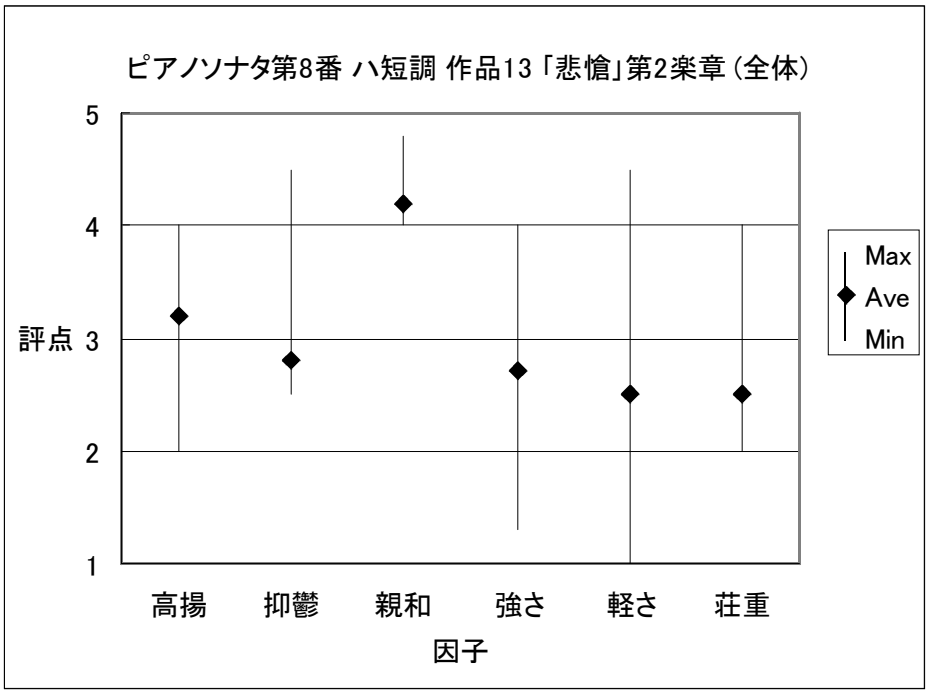

図 4.4(b)　楽曲 2(評価ポイント:全体)の評価結果

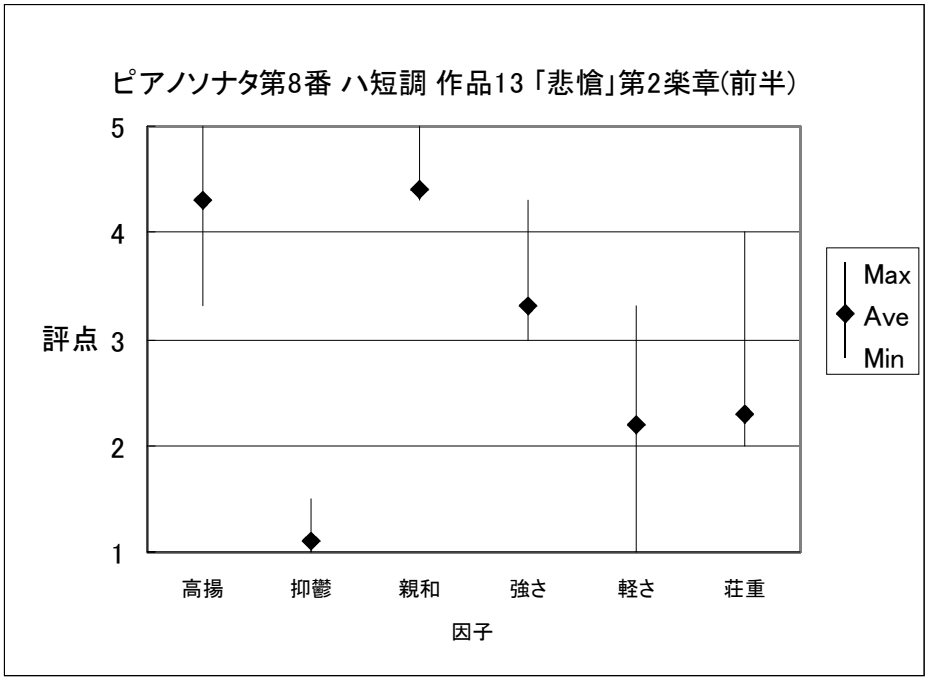

図 4.4(c)　楽曲 2(評価ポイント:前半)の評価結果

楽曲 5 も，楽曲 2 と同様の性質を持つ楽曲である．楽曲 5 に対する評価者全員の評価結果を集計したものを図 4.5(a)に示す．楽曲 2 の時とは少し異なり，高揚と親和の両因子には共通性が言えるものの，全体的に各因子のばらつきが大きいことが確認できる．そこで，楽曲 2 の時と同様に，各評価者の，評価ポイントを調査した結果，曲全体で評価した評価者と曲の前半で評価した評価者の 2 グループに分けることが出来た．それぞれのグループ毎に評価結果を集計すると，全体で評価したグループの評価結果(図 4.5(b))は，図 4.5(a)とほとんど変化が無く，ばらついているが，前半で評価したグループの結果(図 4.5(c))からは，これまでと同様に，楽曲 5 前半部分から喚起される感情反応に共通性が見られる．

評価のポイントを曲の前半に置いた評価結果からは，楽曲 5 の前半部分が，抑鬱傾向が無く，高揚傾向の強い曲で，親和性があり，軽さを感じにくいにもかかわらず，荘重感の無い曲であると判断できる．

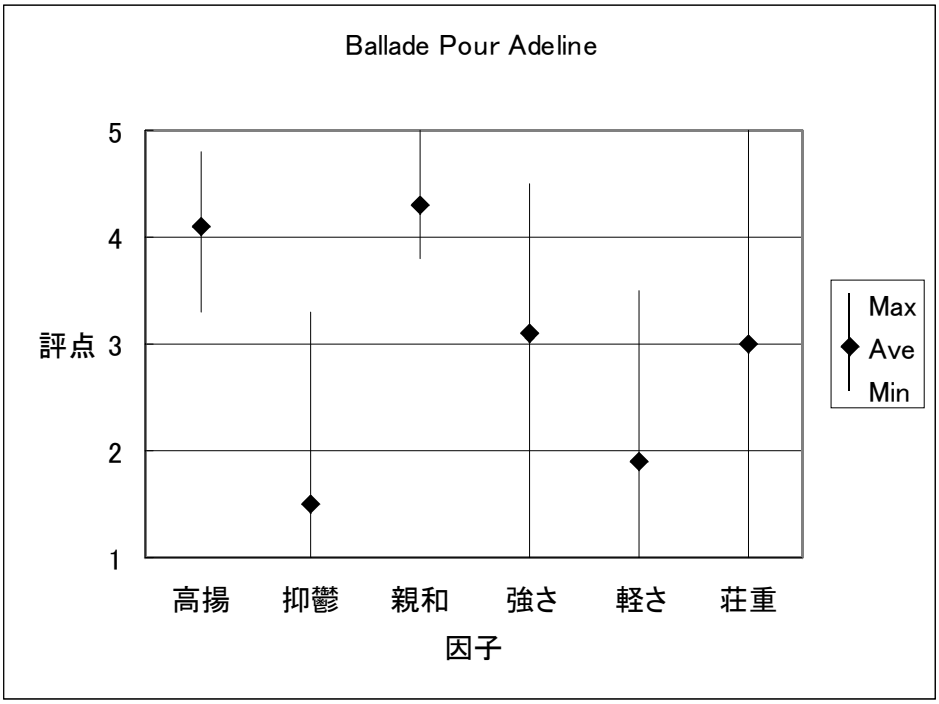

図 4.5(a)　楽曲 5 の評価結果

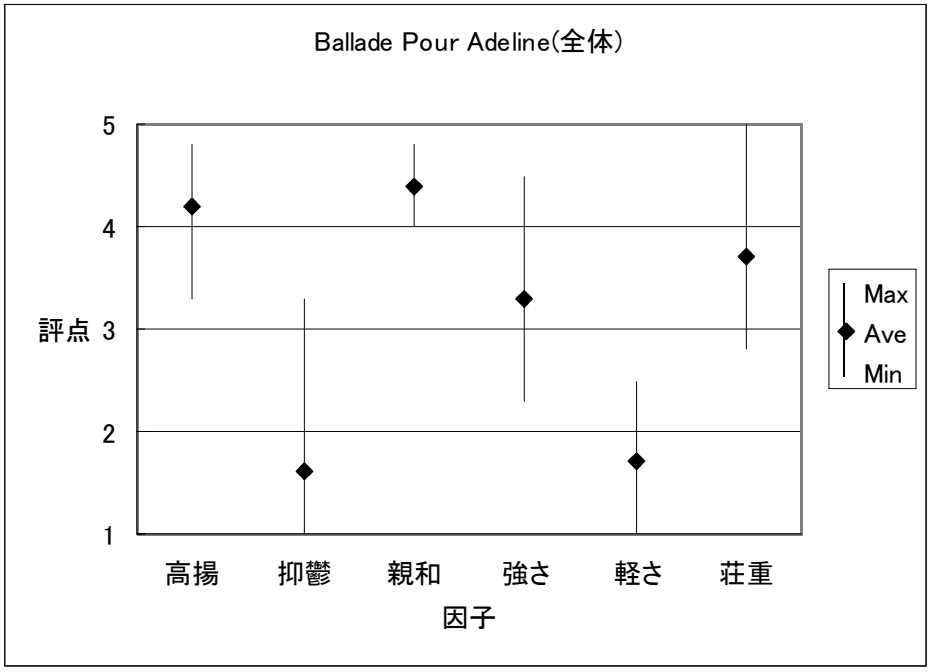

図 4.5(b)　楽曲 5(評価ポイント:全体)の評価結果

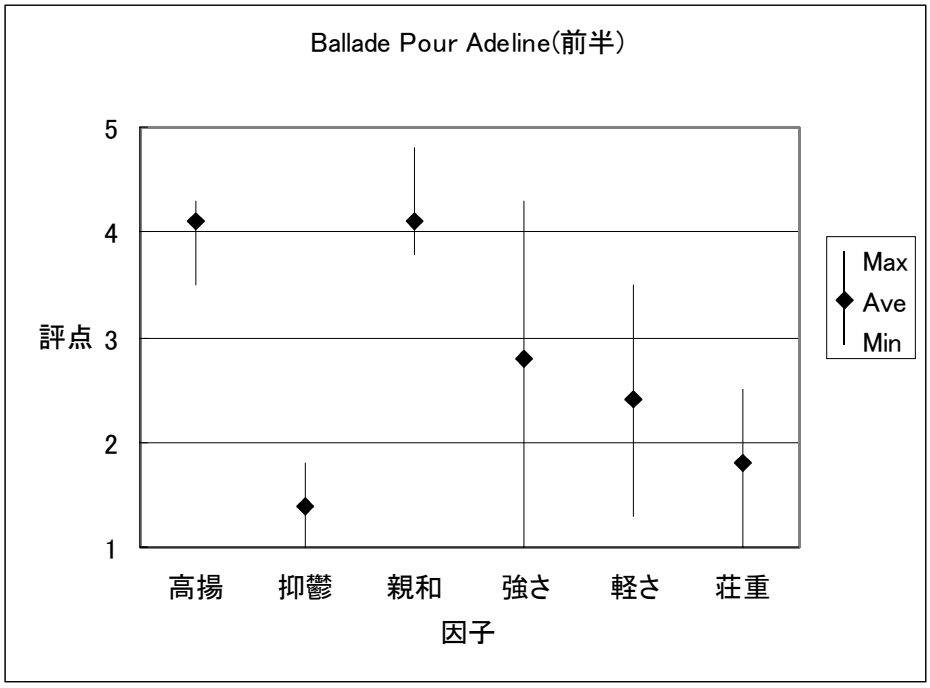

図 4.5(b)　楽曲 5(評価ポイント:前半)の評価結果

4.3.4 自由記入による評価結果

評価の際に，評価者には自由記入欄に楽曲を聴いて，思い描いたイメージ等を文章や絵で記入してもらっている．表 4.1 の各楽曲に対する自由記入欄を調査した結果，表 4.4 ～表 4.9 のような評価結果を得ることができた．

表 4.4　楽曲 1 に対する自由記入欄の評価結果

記入欄の要約	記入者数(9 人中)
哀しみを感じる	7 人
壮大さを感じる	6 人
教会のイメージ	6 人
死者に対する寂しさ	6 人
優しさに包まれる	6 人
崇高さ，重厚さを感じる	4 人

表 4.5　楽曲 2 に対する自由記入欄の評価結果

記入欄の要約	記入者数(8 人中)
心が穏やか(のどか)になる	7 人
力強さを感じる	5 人
懐かしさを感じる	4 人
幸福感がある	4 人
子を見つめる親(厳しさの中の愛)	4 人
起承転結がある(ストーリー性を感じる)	4 人
優しさを感じる	3 人
希望あふれる	3 人

表 4.6　楽曲 3 に対する自由記入欄の評価結果

記入欄の要約	記入者数(9 人中)
激しい感情をぶつける感じ	9 人
力強さを感じる	5 人
悲しみを感じる	5 人
何かが襲ってくる，何かに追われてる(崖に打ち寄せる波等)	5 人
怒りに満ちている	4 人
おびえている	3 人
血のにおい	1 人

表 4.7　楽曲 4 に対する自由記入欄の評価結果

記入欄の要約	記入者数(9 人中)
教会，中世ヨーロッパの城の中が思い浮かぶ	9 人
迫力がある，壮大な感じがする	6 人
厳かな感じ	5 人
１人さまよう感じ	5 人
暗い空間(夜)	4 人
優しさをのぞかせる	2 人
恐怖を感じる	2 人
悲しい	1 人

表 4.8　楽曲 5 に対する自由記入欄の評価結果

記入欄の要約	記入者数(8 人中)
大自然をイメージした	8 人
（良く晴れた空）	7 人
（草原，花畑のそよ風）	5 人
（自然の中の夜明け）	2 人
（川のせせらぎ）	1 人
さわやかさを感じた	8 人
ゆったりとした感じ（心が和む）	8 人
優しい感じがする	5 人
力強さを感じた	5 人
愛	4 人
日曜の昼	2 人

以上の結果から，自由記入欄への記入者の数は楽曲により違いはあるものの，各記入事項は，多いもので 100%，各上位 3 位までで見ると，約 50%以上の共通性が見られる．

楽曲に喚起される感情は，思い入れや，過去の経験などが深く影響するため，個人差があると言われ，かつ，評価語による評価に比べ，かなりのばらつきを予想していたにもかかわらず，楽曲から喚起される感情反応に共通性があることを確認することができた．

この結果より，楽曲に対する共通の印象というものは，ある程度，個人差などを越えて存在すると言える．

また，自由記入欄を見る限り，評価者は楽曲を聴きながら，それぞれのヴァーチャル世界を作り上げていると考えられる．しかも，それらにはかなりの共通性が見られる．やはり，人間は音楽を聴きながら，ある情景を思い描いていて，それには共通するものがある．大テーマでは，この頭に描いている情景を理論に基づいて，CG 化することで，楽曲を画像で表現したいと考えている．

4.3.5 考察

本実験で，楽譜に色付けすることなく演奏された楽曲を聴くことにより，聴取者にある程度共通性のある感情反応が起こることを証明することができた．

また，途中で曲調が極端に変化する楽曲では，各聴取者毎に注目する評価ポイントの違いから，楽曲全体より喚起される感情反応に共通性を見いだすことができなかった．しかし，注目する評価ポイントが共通する聴取者をグルーピングした場合，それぞれの評価ポイントで，共通性のある感情反応を得ることが出来た．

評価者の自由記入からは，楽曲を聴いてイメージする情景にかなりの共通性があることを確認でき，楽曲を画像で表現することは可能であることを確信した．

本実験を通して，評価ポイントを区切り，そのポイント毎で評価結果を集計することで，感情反応の共通性が高くなることが確認できた．本実験では，極端な曲調変化のある楽曲のみ，評価ポイント毎の集計を行った．しかし，日常，楽曲を聴いていて，どんな楽曲にもある程度の曲調変化を感じることは，経験上分かっている．

このことから，評価者に共通する曲調変化を感じるポイントを見つけだし，そのポイント間を評価ポイントとし，評価することで，より一層共通性が高まると予測できる．

4.4　評価ポイント毎の感情反応の共通性に関する実験

4.4.1 目的

楽曲を聴いた評価者に共通な，曲調変化を感知するポイントを設定する．その上で，そのポイント間を評価ポイントとし，評価ポイント毎の感情価の測定を行う．

この実験により，評価ポイントの細分化によって，喚起される感情反応の共通性が高まる事を確認し，評価ポイント毎に測定した感情価を基に，楽曲から喚起された評価者の感情反応の推移(その楽曲がどのような感情反応を喚起させる楽曲なのか)を検証する．

4.4.2　実験準備

評価者

楽器経験者(5/9 人)，非経験者(4/9 人)の計 9 人を評価者とした．

テストソース

市販されている楽譜を元に MIDI データを作成した．

テストソースの，作曲者名，曲名，演奏時間を，表 4.9 に示す．

表 4.9　実験で使用した楽曲の一覧

No.	作曲者名	曲名	演奏時間
1	Beethoven	ピアノソナタ第 8 番 ハ短調 作品 13「悲愴」第 2 楽章	3' 18
2	Pachelbel	Canon	4' 20
3	J.S.Bach	BWM147-2-3(主よ人の喜びよ)	3' 00

4.4.3　評価者に共通の曲調変化を感知するポイントの設定

評価方法

評価者には，PC のモニタに映し出される譜表を見ながら，楽曲を聴いてもらい，曲調が変化したと感じた箇所の小節番号を書き出してもらった. 評価は評価者 1 人ずつ行った.

また，モニタに映し出される譜表は，空の譜表であり，そこには実際に演奏される楽譜情報は表示されない.

曲調変化ポイントの設定

各評価者が曲調変化を感じた箇所を集計すると，各テストソースで 9 人全員が曲調変化を感知している箇所がいくつか存在した.

また，楽器経験者の 5 人のみが曲調変化を感知している箇所も数カ所存在する.

本実験では，原則として 9 人全員が曲調変化を感知した箇所を，評価者に共通の曲調変化の感知ポイントとして設定することにした．ただし，次で述べる実験では，評価ポイント毎の感情反応の共通性を見るために，9 人全員が曲調変化を感知したポイントに加え，9 人未満が曲調変化を感知したポイントおよび，楽器経験者全員が感知したポイントを数カ所を含めることにした.

4.4.4　評価ポイント毎の感情価の測定方法

評価場所は，北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科宮原研究室の AV 実験室である．使用した機材は，表 4.3 にある通りである．

評価方法は，AV 実験室のスクリーンに演奏の進行状況を表示し，先に設定した曲調変化ポイントを明示した．評価者は，スクリーンを見ながら評価音を聴き，スクリーンに曲調変化ポイントが明示された時点で評価シートを変えて評価を行った．

評価語には，表 4.1 にある谷口高士氏による「音楽作品の感情価測定尺度項目」の 6 因子を代表すると考えられる評価語 6 つを使用して評価を行った．評価は，5 段階絶対評価である．

4.4.5　評価ポイント毎の感情価の測定結果

表 4.9 にある楽曲に対する評価語による評価実験の結果は以下の通りである（楽曲 No. は表 4.9 を参照）.

評価ポイント毎の感情価測定結果を示す各図は，縦軸が 5 段階評価の評点，横軸が評価語の各因子である．Max，Ave，Min は，それぞれ評価の最大値，平均値，最小値を示しており，グラフからは，評価のばらつきと平均値を見ることが出来る．

また，各楽曲に対する各因子の傾向を示す図は，縦軸が 5 段階評価の評点，横軸が評価ポイント(小節)である.折れ線は評価ポイント毎で測定した各因子の平均値を結んでおり，このグラフからは，楽曲から喚起された評価者の感情反応の推移(その楽曲がどのような感情反応を喚起させる楽曲なのか)を見ることができる．

楽曲 1 の評価結果

楽曲 1 の評価ポイント毎の感情価の測定結果を以下に示す．

楽曲 1 は，8 つの評価ポイントに区切ることができた．その評価ポイント毎の感情価測定の結果が図 4.6(a)～図 4.6(h)である(図のタイトルにある人数は，その評価ポイントが

始まる小節で曲調変化を感知した評価者の人数)．8 つの評価ポイントの内，4 つの評価ポイント(図 4.6(a，b，e，g))が，評価者 9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントである．残りの 4 つの評価ポイントは 9 人未満(詳しい人数は，それぞれの図のタイトルに明記)の評価ポイントである．

それぞれのグラフを見て分かる通り，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果の方が，9 人未満が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果に比べ，評価のばらつきが少なく，より共通性のある感情反応が喚起されていると言える．

試しに，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントと，9 人未満の評価ポイントで，各因子に対する評価の分散値の平均を算出してみた．その結果，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの分散値の平均は，0.54．9 人未満の評価ポイントの分散値の平均は，0.86 であった．このことからも，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果の方が，9 人未満が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果に比べ，評価のばらつきが少ないと言える．

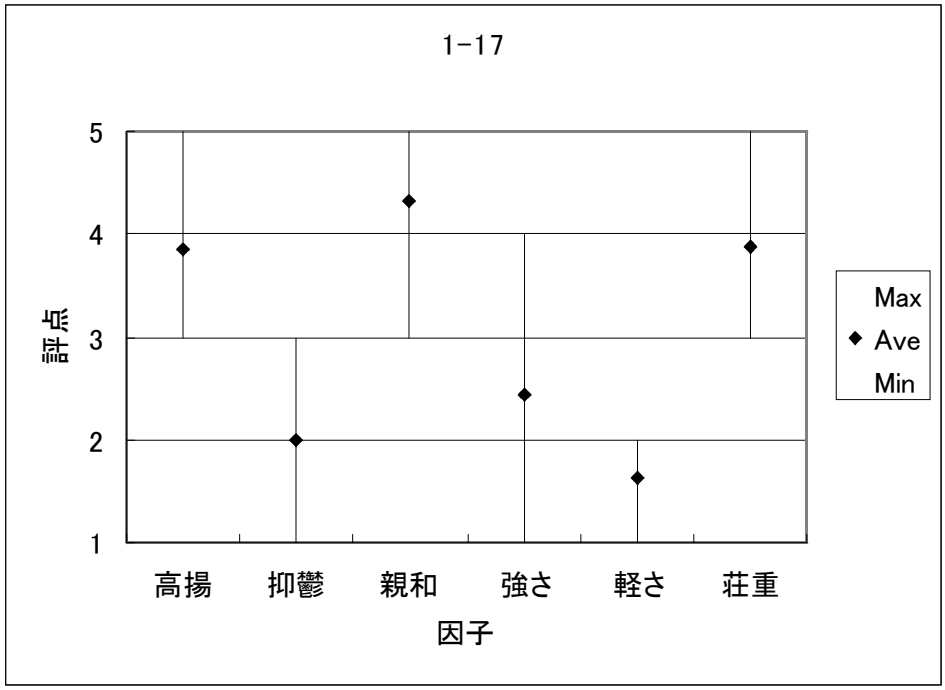

図 4.6(a)　楽曲 1(1 ～ 17 小節:曲冒頭につき 9 人と見なす)の評価結果

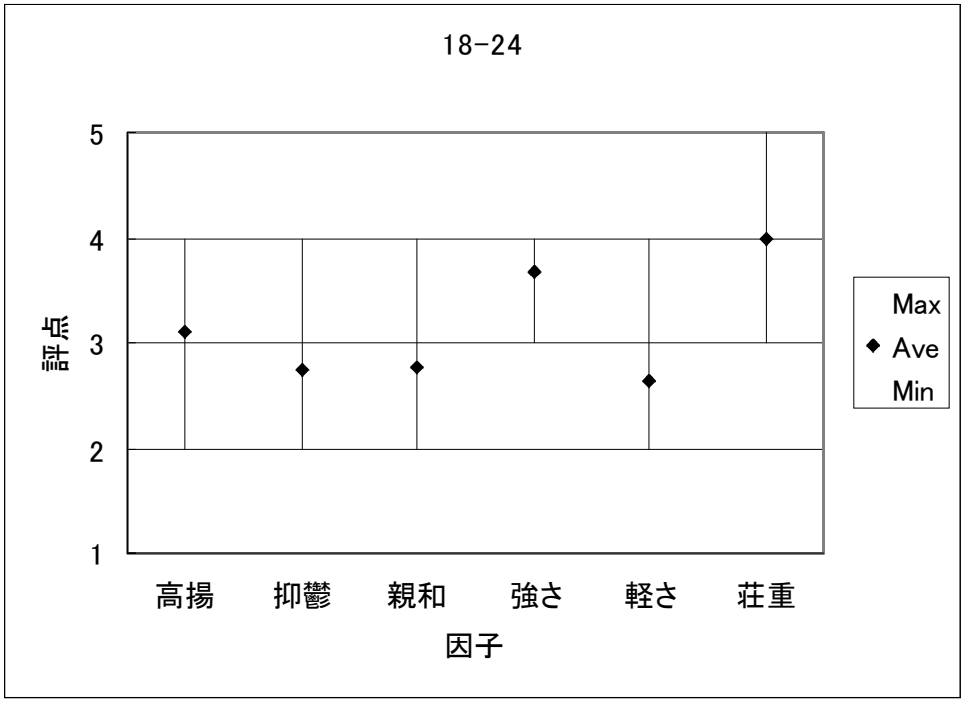

図 4.6(b)　楽曲 1(18 ～ 24 小節:9 人)の評価結果

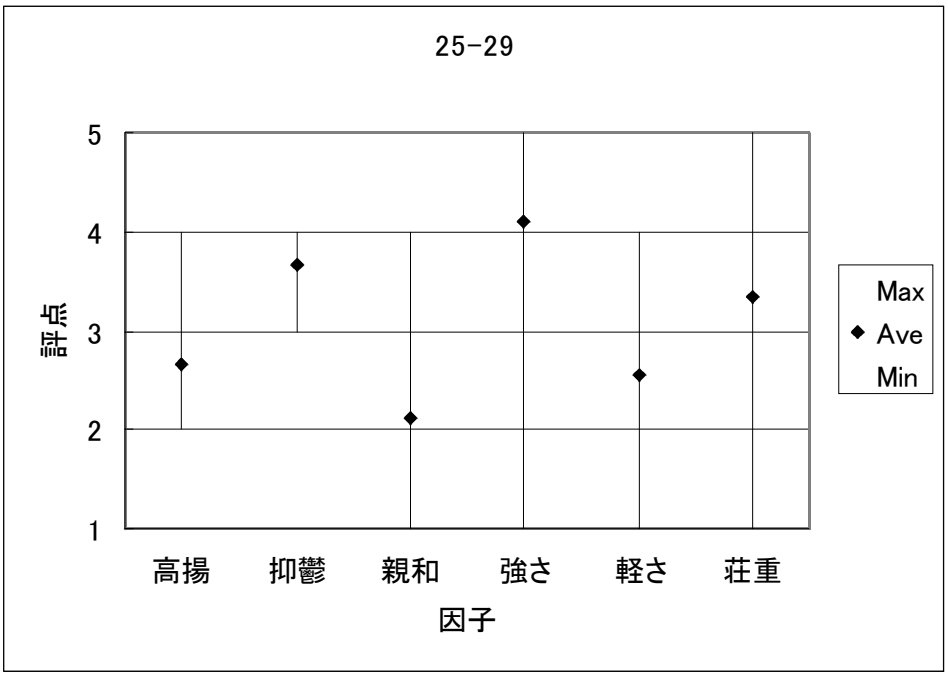

図 4.6(c)　楽曲 1(25 ～ 29 小節:7 人)の評価結果

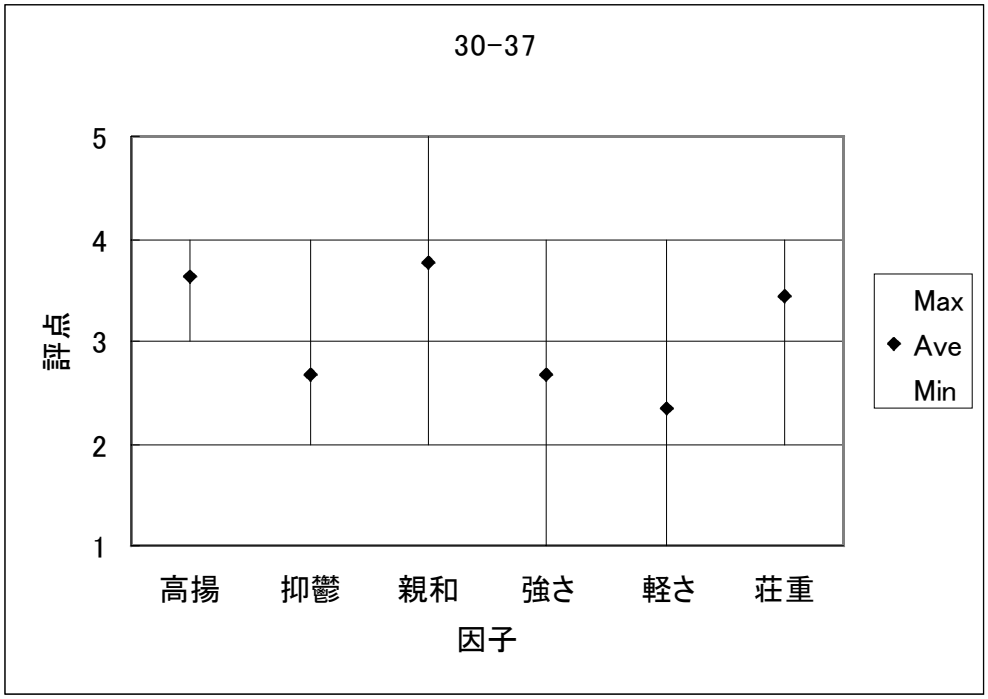

図 4.6(d)　楽曲 1(30 ～ 37 小節:8 人)の評価結果

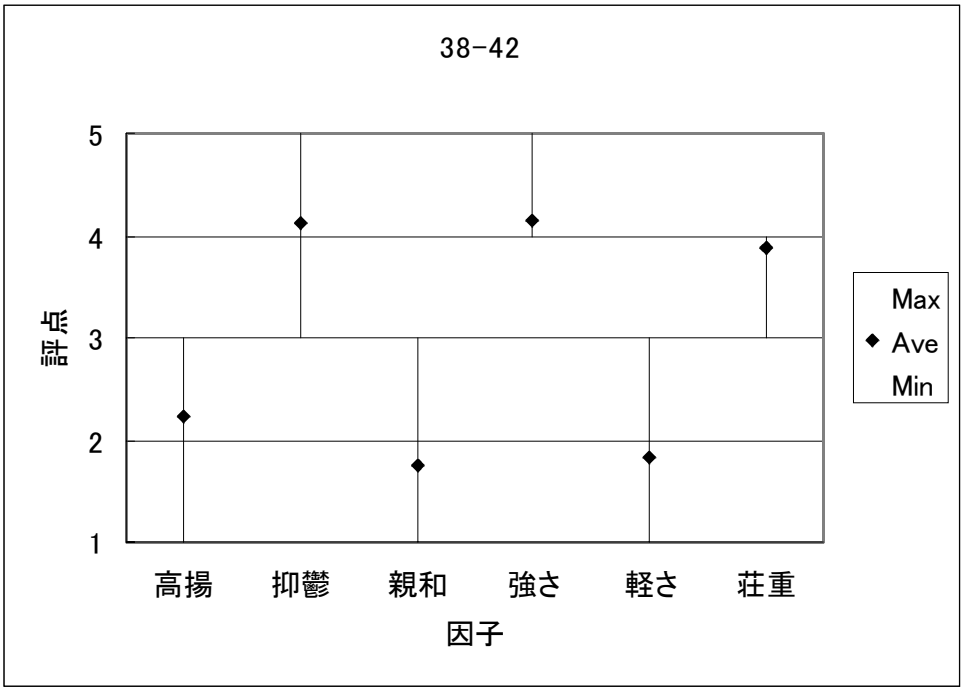

図 4.6(e)　楽曲 1(38 ～ 42 小節:9 人)の評価結果

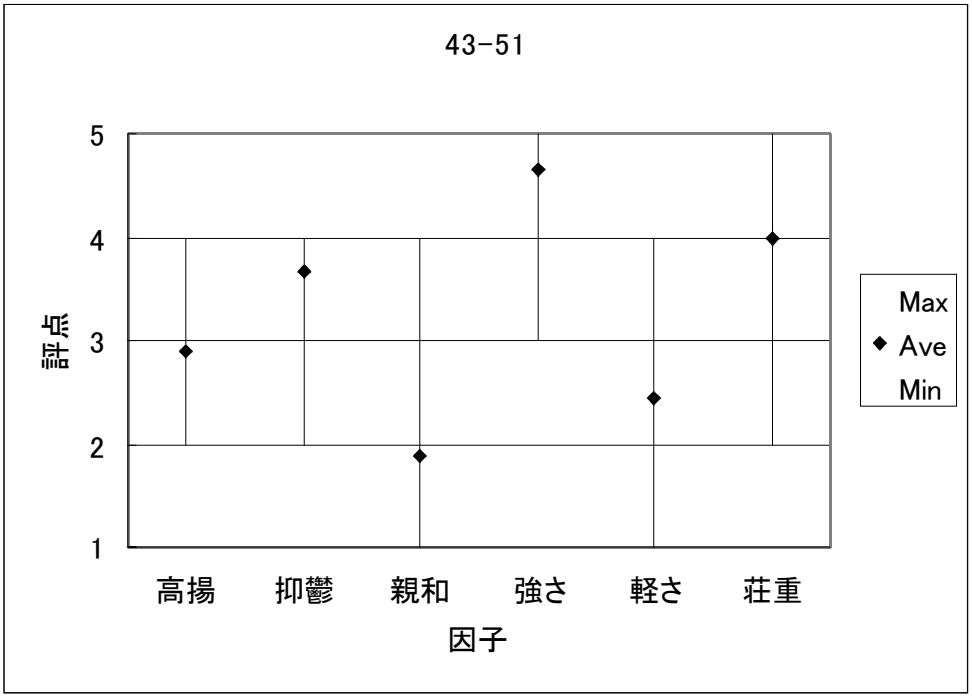

図 4.6(f)　楽曲 1(43 ～ 51 小節:楽器経験者 5 人+1 人)の評価結果

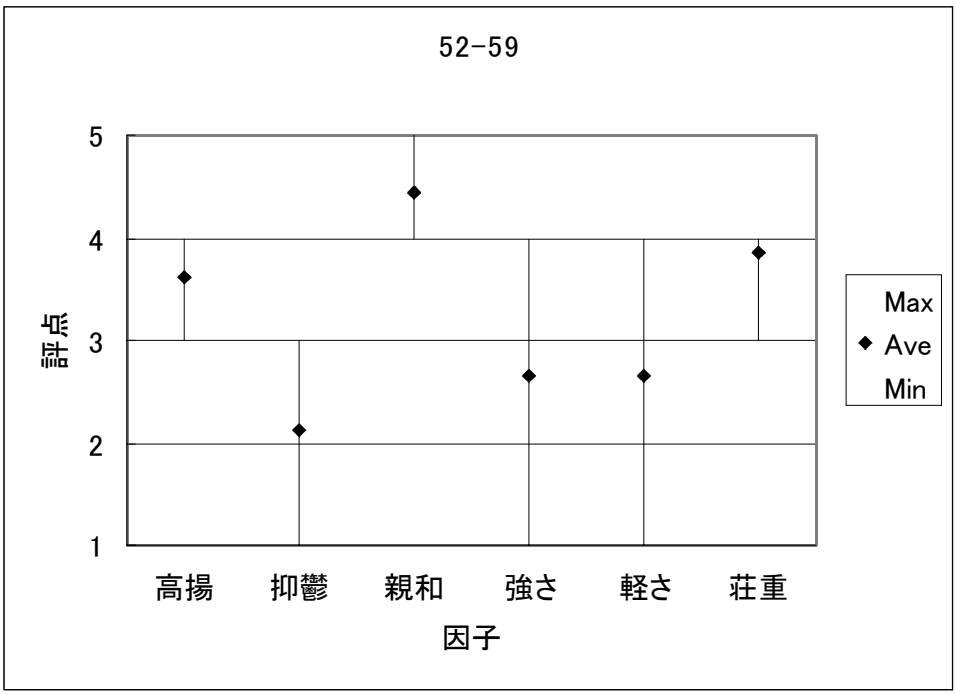

図 4.6(g)　楽曲 1(52 ～ 59 小節:9 人)の評価結果

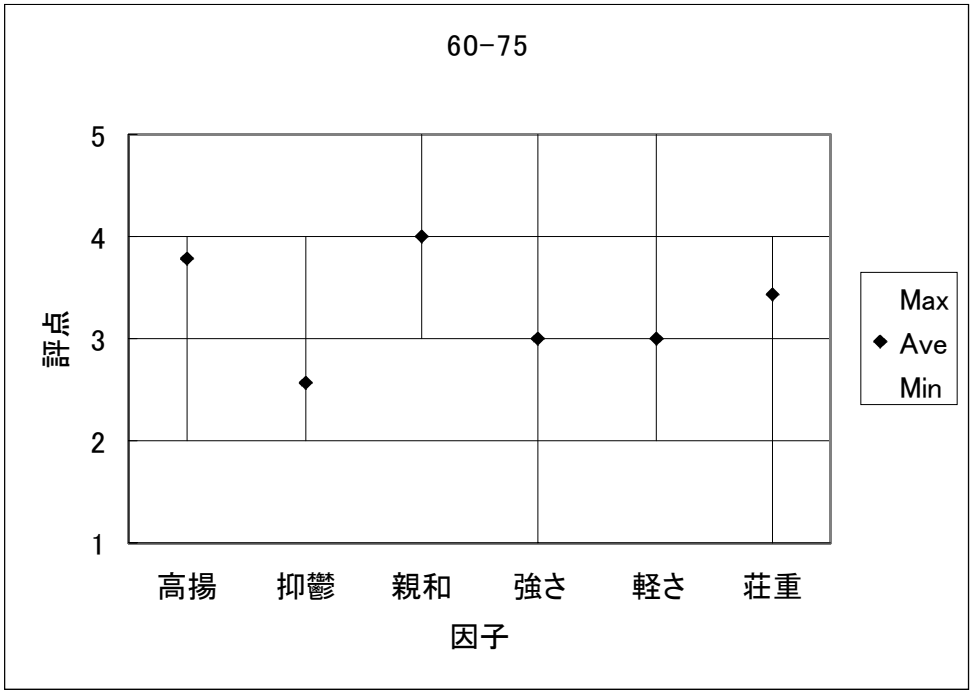

図 4.6(h)　楽曲 1(60 ～ 75 小節:楽器経験者 5 人のみ)の評価結果

続いて，楽曲 1 において，曲調変化ポイントを境に感情反応にどのような変化が起きるのかを図 4.7(a)～図 4.7(c)で見てみる．

まず，図 4.7(a)からは，高揚と抑鬱の変化を見ることができる．グラフより以下のような傾向が読みとれる．

全体の流れは次の通りである．冒頭は，高揚傾向が強く，冒頭から 24 小節目までは，高揚傾向は徐々に弱まり，代わりに抑鬱傾向が徐々に高まってくる．25 小節目から 29 小節目の間で高揚傾向がやや強まり，それに伴い抑鬱傾向もやや弱まる．続いて，30 小節目から 37 小節目の間で急激に抑鬱傾向が強くなり，同時に高揚傾向が弱くなる．その後，51 小節までの間，緩やかに抑鬱傾向は弱まっていき，徐々に高揚傾向が強まり，高揚傾向が強いまま楽曲が終わる．

次に，図 4.7(b)を見てみる．このグラフは親和と強さの変化を見ることができ，以下のような傾向が読みとれる．

冒頭は，親和性が非常に強く，24 小節目に向けて急激に親和性が失われていく，それに伴い，冒頭で感じられなかった強さが急激に強まってくる．その後，29 小節目に向けて再び，親和性が強くなるが，37 小節目から 42 小節目の間では，親和性は無くなり，強

さが非常に高まる．51 小節目からは，急激に親和性が高まり，そのまま楽曲が終わる．

最後に，図 4.7(c)を見てみる．このグラフからは，軽さと荘重の変化を見ることができる．

この，軽さと荘重のグラフは一度も交わることがない．したがって，多少の上下はあるものの，曲を通して，荘重傾向が強く，軽さは感じられないと言える．

これまでの事をまとめると，楽曲 1 は，終始，荘重傾向が強く，高揚傾向と親和性を持って始まる楽曲で，その後高揚と抑鬱，親和と強さが交互に入れ替わり，高揚傾向と親和性を持って終わる楽曲であると言える．

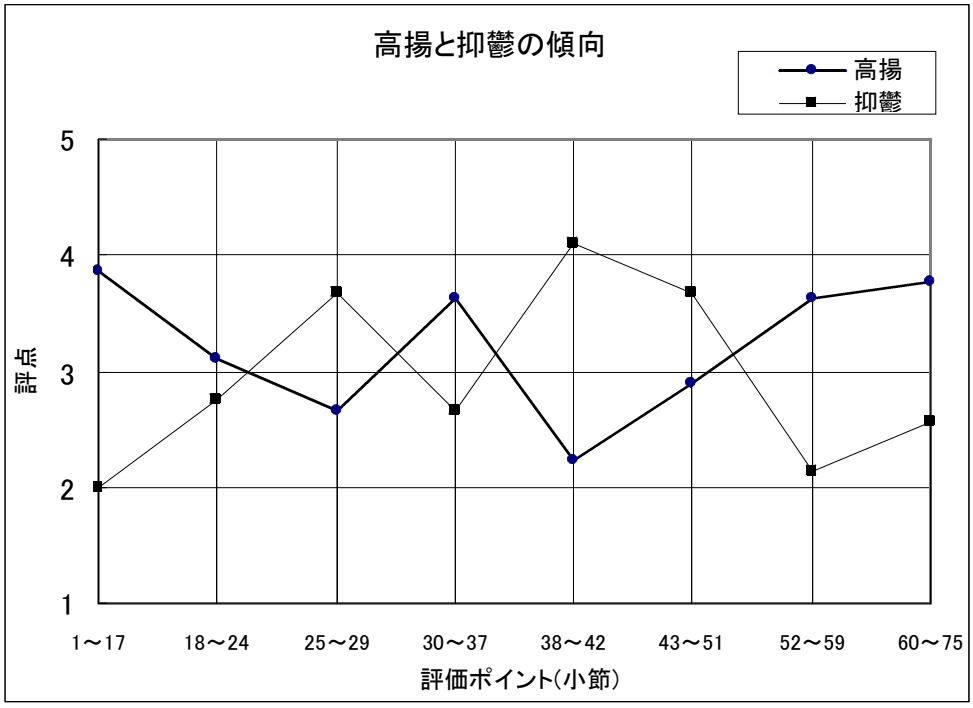

図 4.7(a)　楽曲 1 全体の高揚と抑鬱の傾向

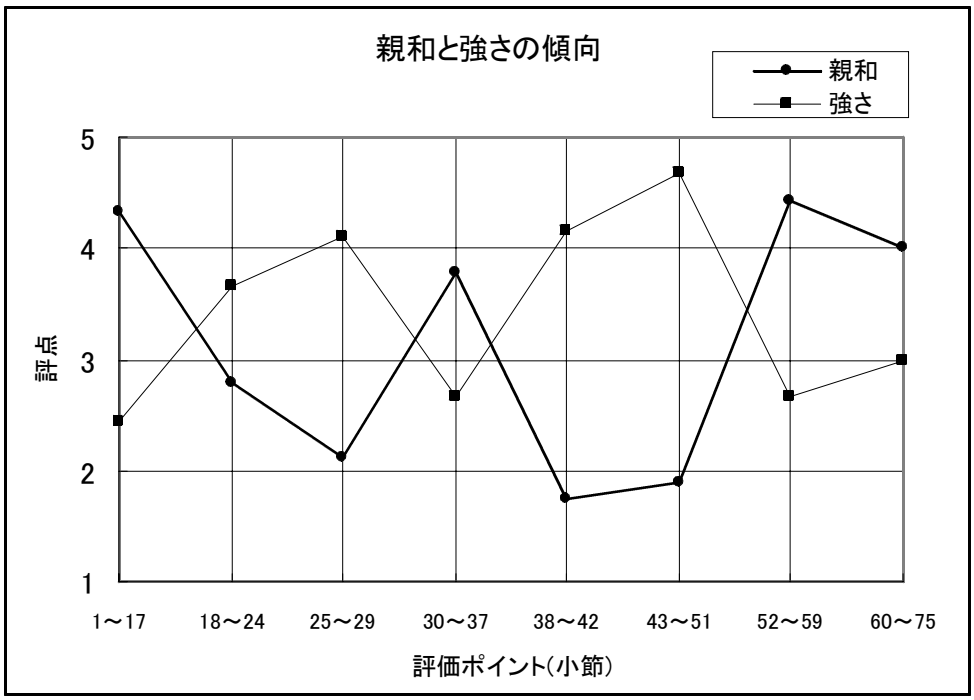

図 4.7(b)　楽曲 1 全体の親和と強さの傾向

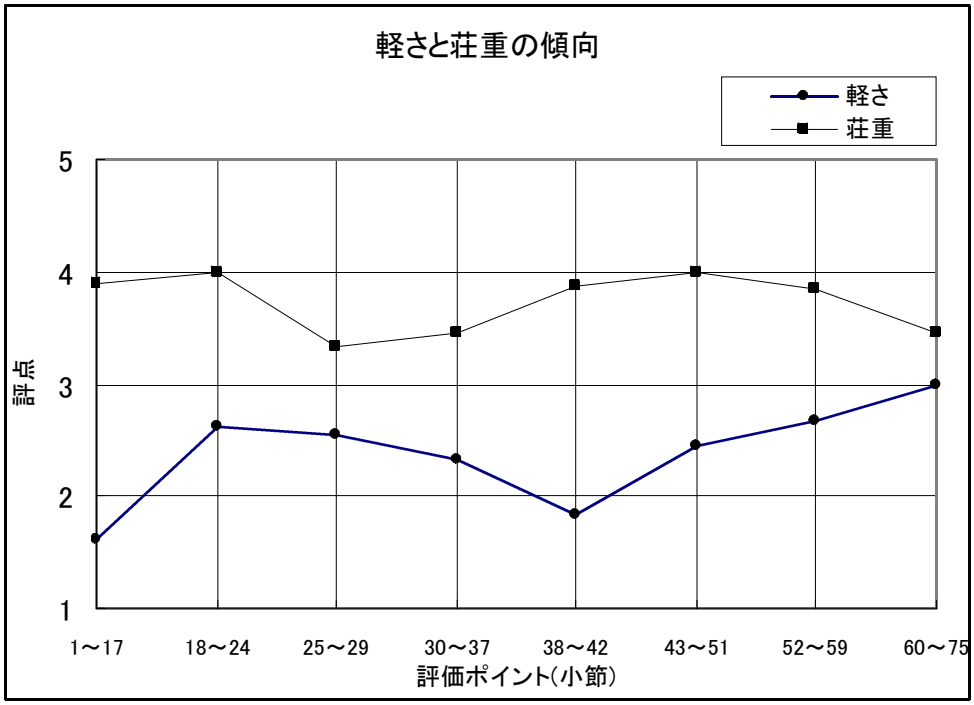

図 4.7(c)　楽曲 1 全体の軽さと荘重の傾向

楽曲 2 の評価結果

楽曲 2 の評価ポイント毎の感情価の測定結果を以下に示す．

楽曲 2 は，9 つの評価ポイントに区切ることができた．その評価ポイント毎の感情価測定の結果が図 4.8(a)～図 4.8(i)である．9 つの評価ポイントの内，5 つの評価ポイント(図 4.8(a，b，d，e，f))が，評価者 9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントである．残りの 4 つの評価ポイントは 9 人未満の評価ポイントである．

それぞれのグラフを見て分かる通り，楽曲 2 においても，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果の方が，9 人未満が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果に比べ，評価のばらつきが少なく，より共通性のある感情反応が喚起されていると言える．

楽曲 1 の時と同様，試しに，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントと，9 人未満の評価ポイントで，各因子に対する評価の分散値の平均を算出してみた．その結果，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの分散値の平均は，0.50．9 人未満の評価ポイントの分散値の平均は，0.73 であった．ここでも，やはり 9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果の方が，9 人未満が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果に比べ，評価のばらつきが少ないと言える．

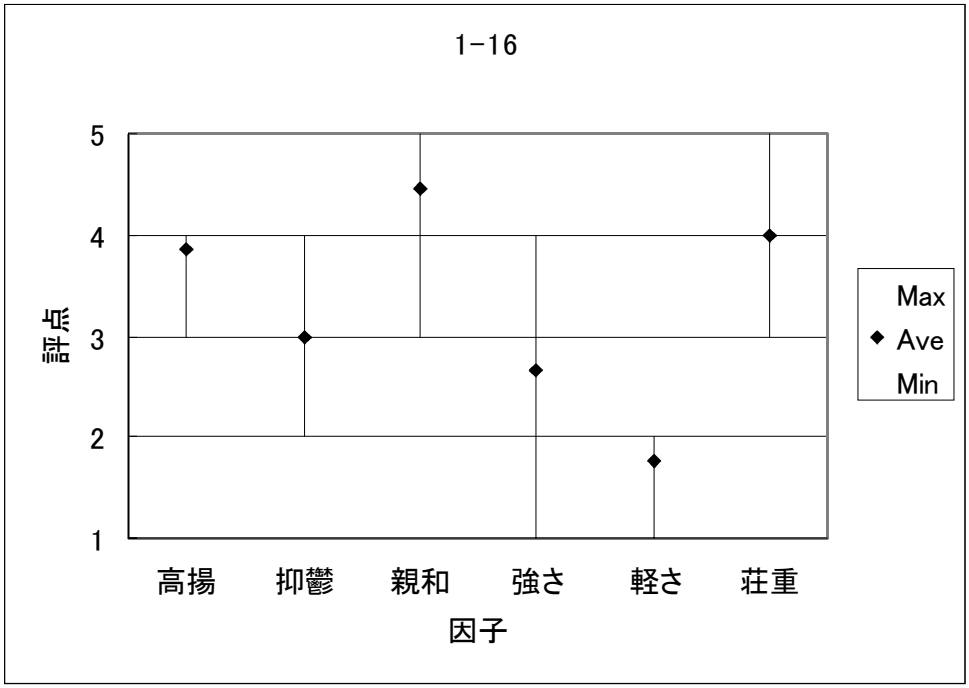

図 4.8(a)　楽曲 2(1 ～ 16 小節:冒頭につき 9 人とみなす)の評価結果

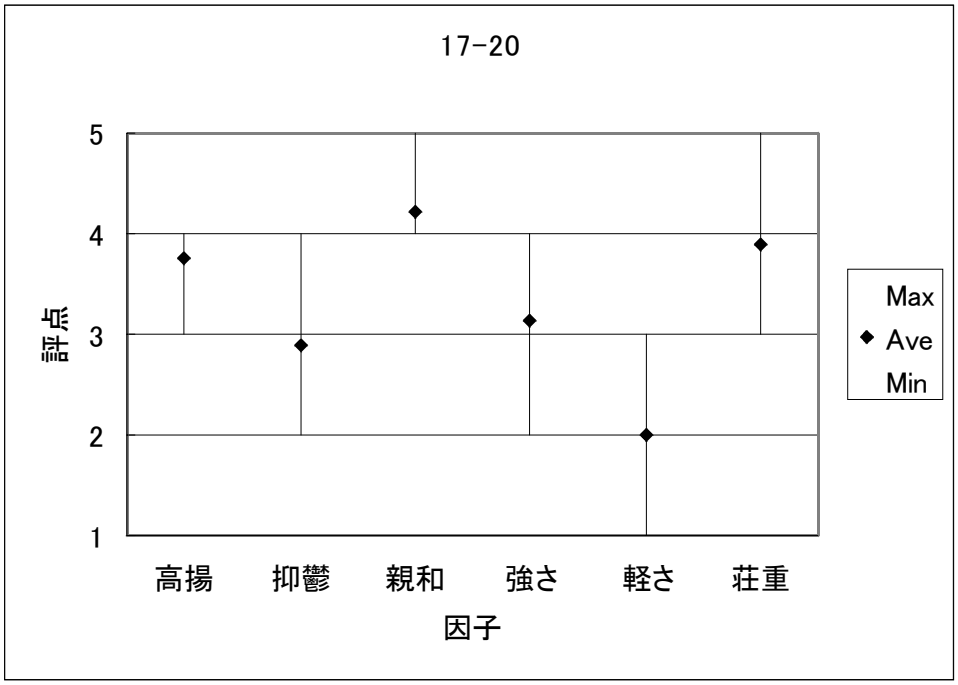

図 4.8(b)　楽曲 2(17 ～ 20 小節:9 人)の評価結果

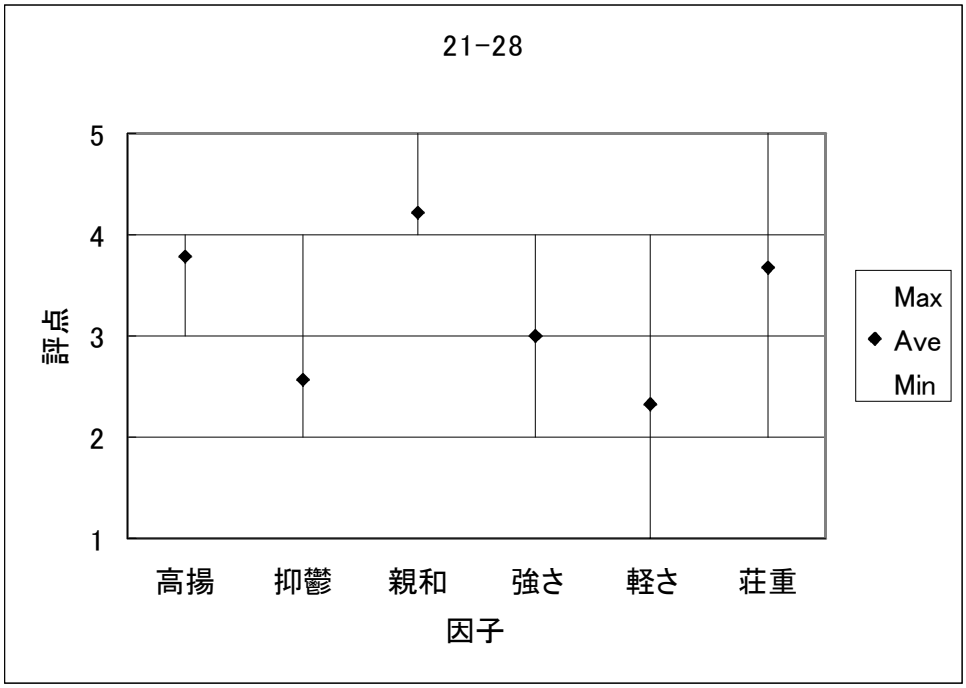

図 4.8(c)　楽曲 2(21 ～ 28 小節:7 人)の評価結果

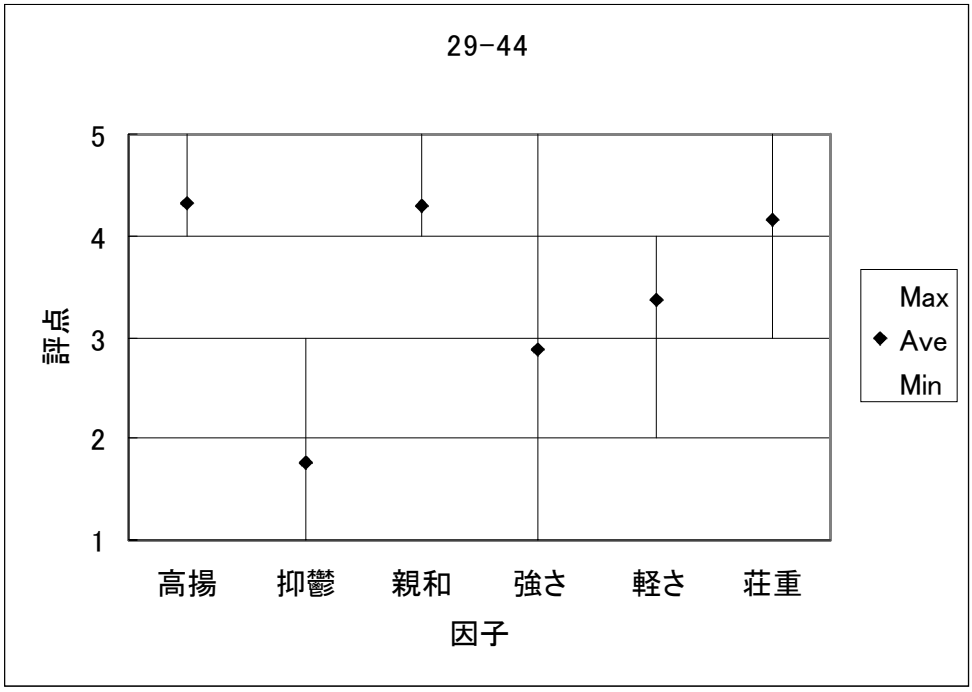

図 4.8(d)　楽曲 2(29 ～ 44 小節:9 人)の評価結果

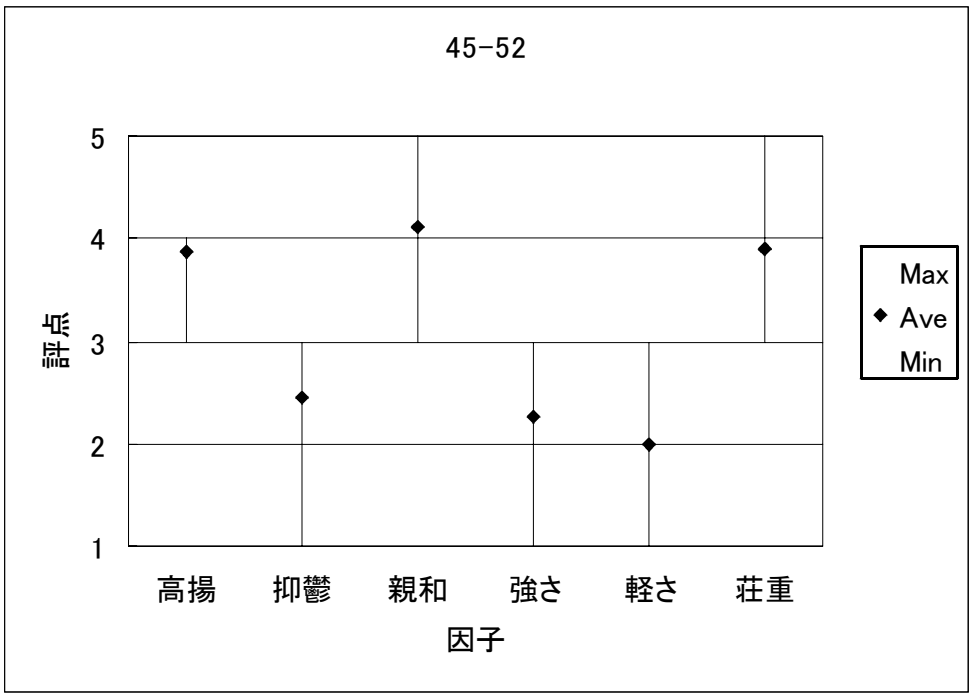

図 4.8(e)　楽曲 2(45 ～ 52 小節:9 人)の評価結果

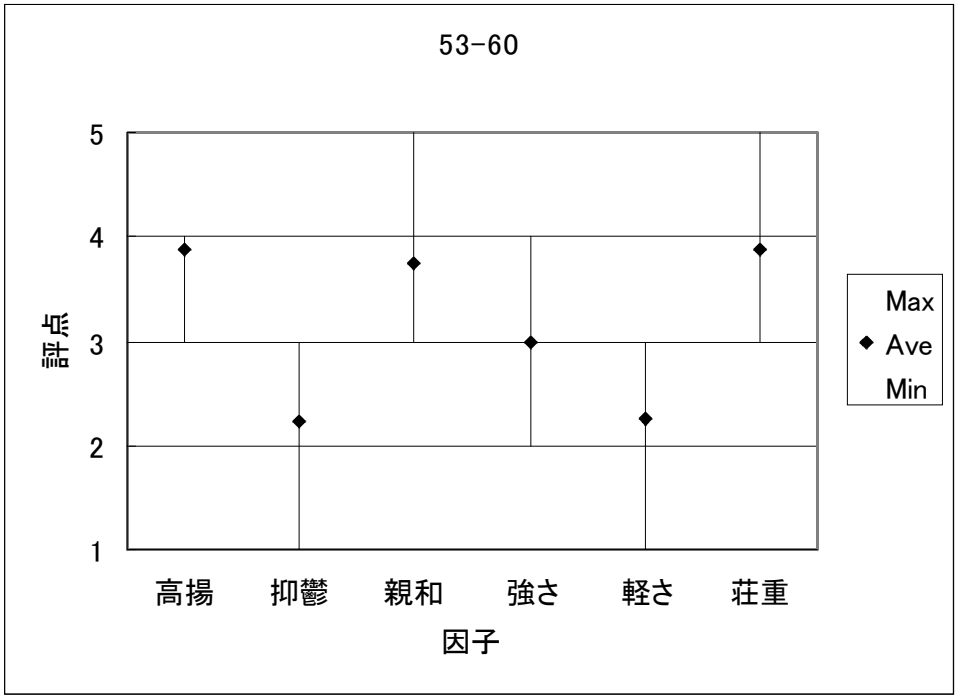

図 4.8(f)　楽曲 2(53 ～ 60 小節:9 人)の評価結果

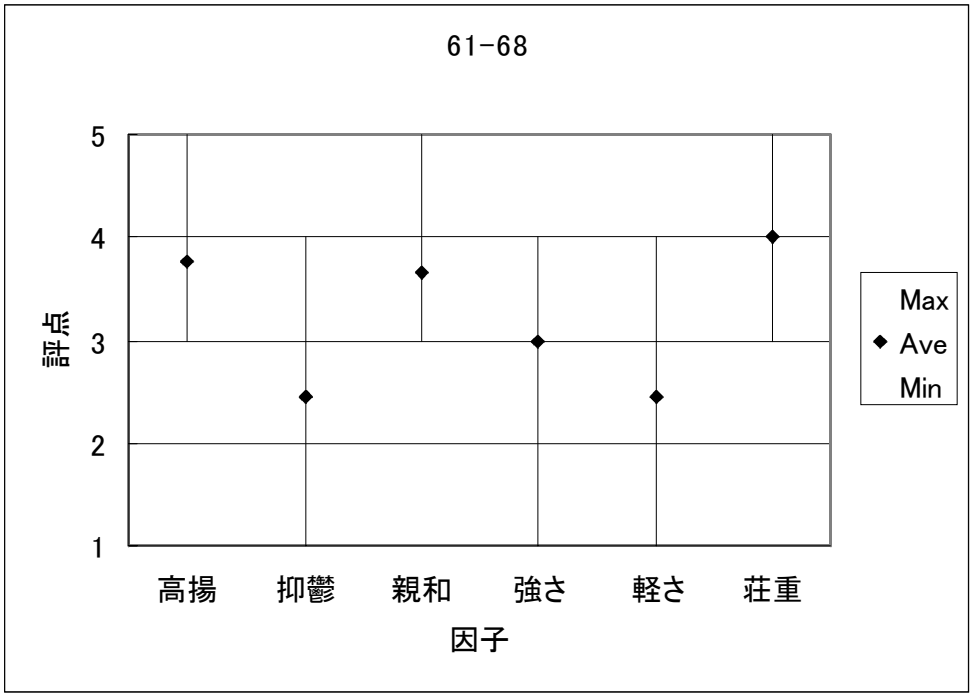

図 4.8(g)　楽曲 2(61 ～ 68 小節:8 人)の評価結果

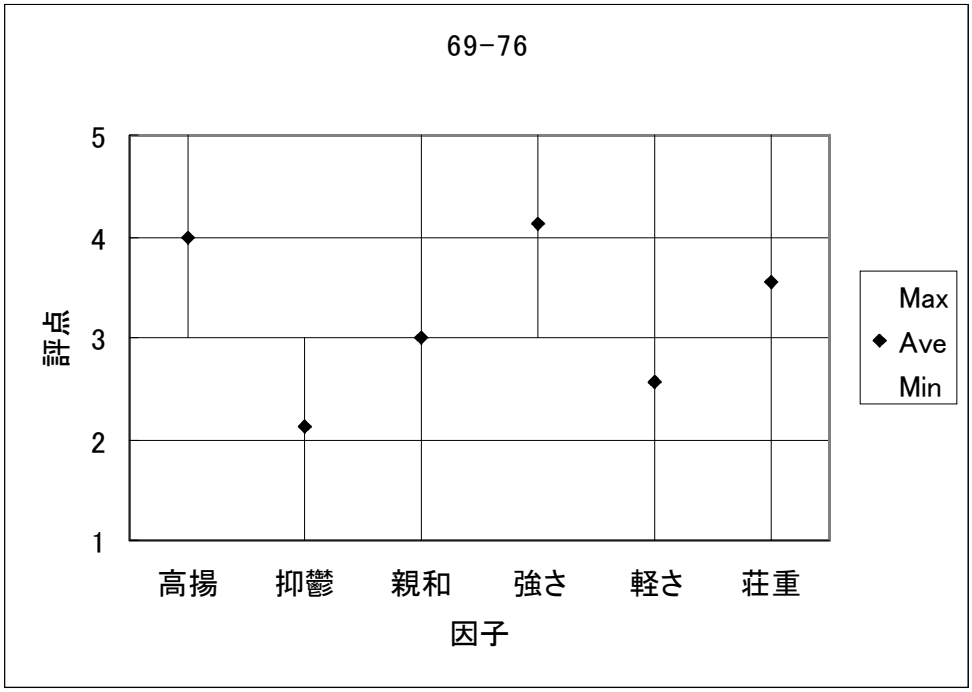

図 4.8(h)　楽曲 2(69 ～ 76 小節:楽器経験者 5 人)の評価結果

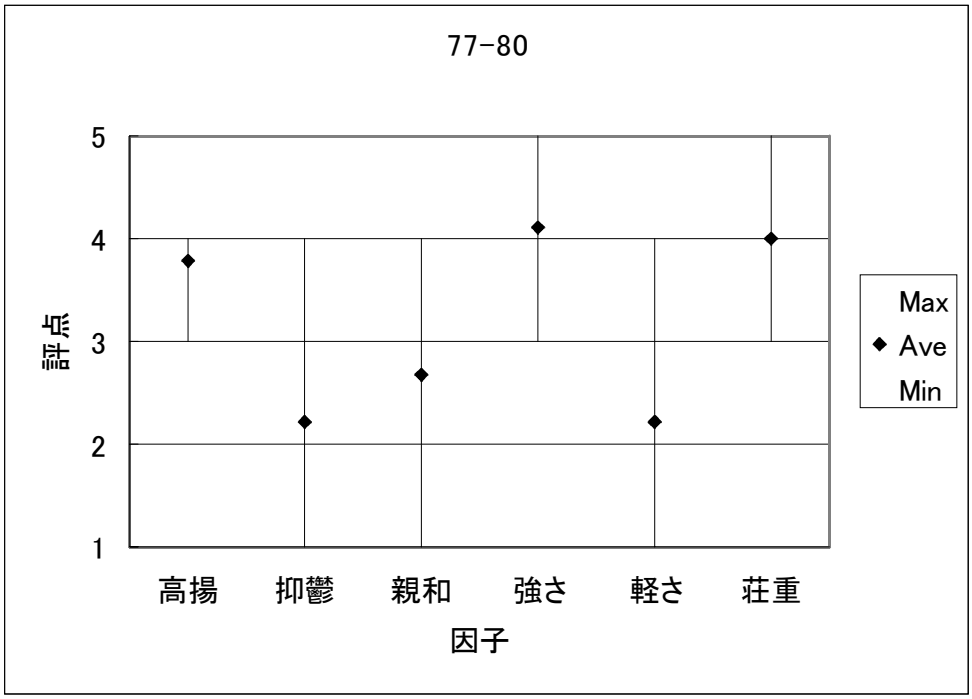

図 4.8(i)　楽曲 2(77 ～ 80 小節:楽器経験者 5 人+2 人)の評価結果

続いて，楽曲 2 において，曲調変化ポイントを境に感情反応にどのような変化が起きるのかを図 4.9(a)～図 4.9(c)で見てみる．

まず，図 4.9(a)で高揚と抑鬱の変化を見てみると，曲全般を通して，高揚傾向が強い事が分かる．多少の変化はあるものの，変化の割合は非常に少ない．

次に，図 4.9(b)から，親和と強さの変化を見ると，以下のような傾向が読みとれる．

冒頭から，親和性が強いのだが，曲の後半に向けて，徐々に親和性が弱まっていく．後半，61 小節目以降，親和性よりも強さを感じる傾向にあると言える．

最後に，図 4.9(c)から，軽さと荘重の変化を見る．

終始，荘重傾向が強く，その変化の幅も非常に少ない．途中，29 小節目付近で，軽さが若干強まるが，その後，軽さはほとんど感じられない．

これまでの事をまとめると，楽曲 2 は，終始，荘重傾向，高揚傾向が強く，親和性は曲の終盤に向けて徐々に弱まっていき，最後は親和性よりも，強さを感じる楽曲であるといえる．また，カノンという曲の形式は，1 つのフレーズをそのまま，または少しずつ変化させながら繰り返すため，各因子の変化の幅も非常に小刻みになっている．このことからも，このグラフが的確に楽曲から喚起される感情反応の変化を表していると言える．

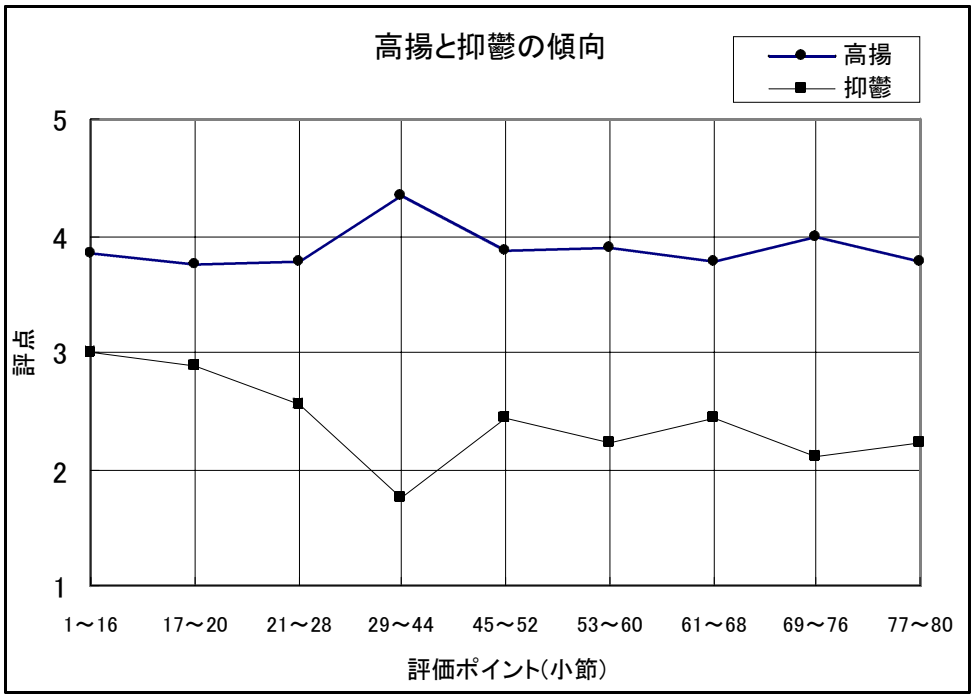

図 4.9(a)　楽曲 2 全体の高揚と抑鬱の傾向

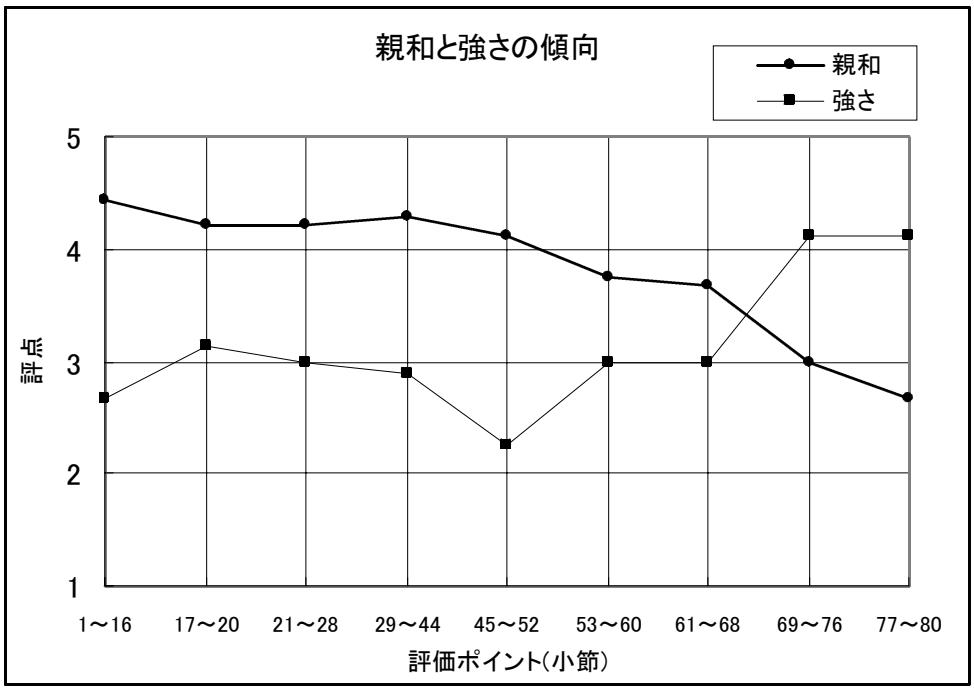

図 4.9(b)　楽曲 2 全体の親和と強さの傾向

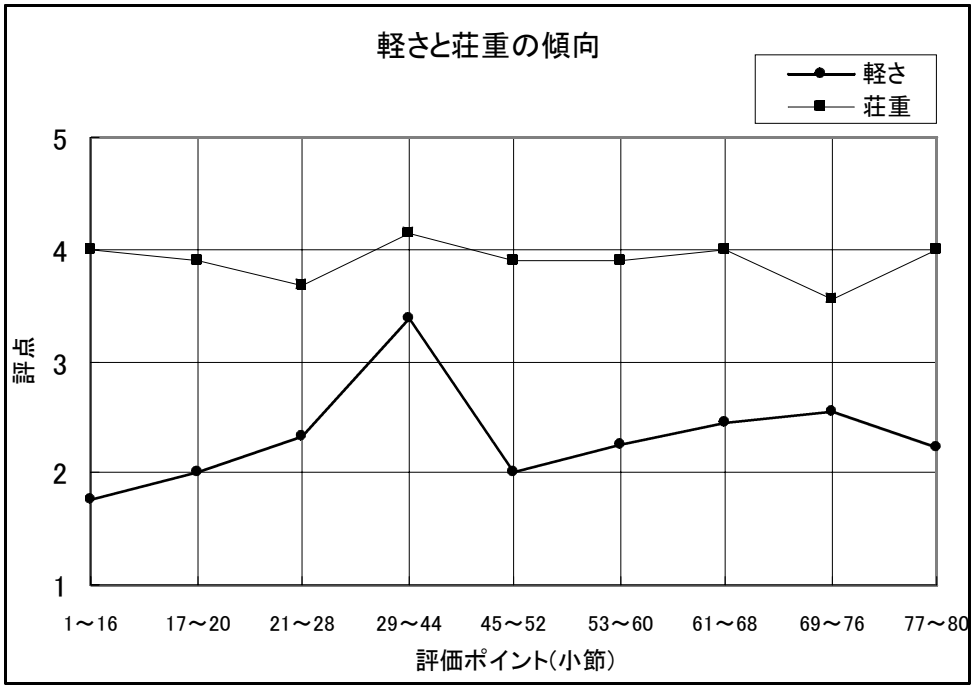

図 4.9(c)　楽曲 2 全体の軽さと荘重の傾向

楽曲 3 の評価結果

楽曲 3 の評価ポイント毎の感情価の測定結果を以下に示す．

楽曲 3 は，10 個の評価ポイントに区切ることができた．その評価ポイント毎の感情価測定の結果が図 4.10(a)〜図 4.10(j)である．10 個の評価ポイントの内，5 つの評価ポイント(図 4.10(a，b，d，f，g))が，評価者 9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントである．残りの 5 つの評価ポイントは 9 人未満の評価ポイントである．

それぞれのグラフを見て分かる通り，楽曲 3 においても，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果の方が，9 人未満が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果に比べ，評価のばらつきが少なく，より共通性のある感情反応が喚起されていると言える．

これまでと同様，試しに，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントと，9 人未満の評価ポイントで，各因子に対する評価の分散値の平均を算出してみた．その結果，9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの分散値の平均は，0.36．9 人未満の評価ポイントの分散値の平均は，0.63 であった．楽曲 3 でも，やはり 9 人全員が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果の方が，9 人未満が曲調変化を感知した評価ポイントの測定結果に比べ，評価のばらつきが少ないと言える．

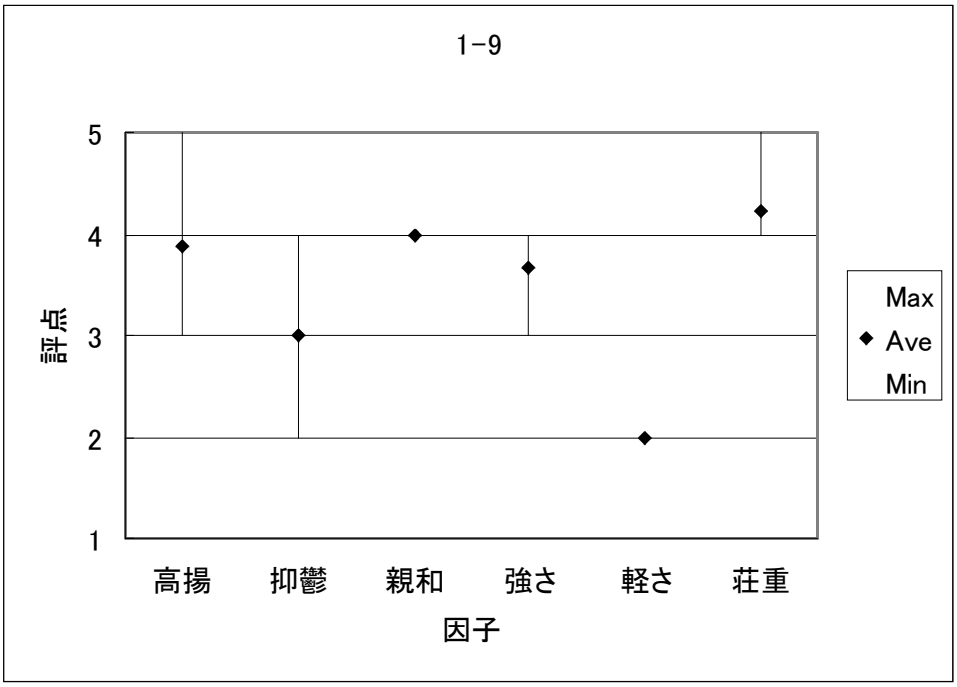

図 4.10(a)　楽曲 3(1 ～ 9 小節:冒頭につき 9 人とみなす)の評価結果

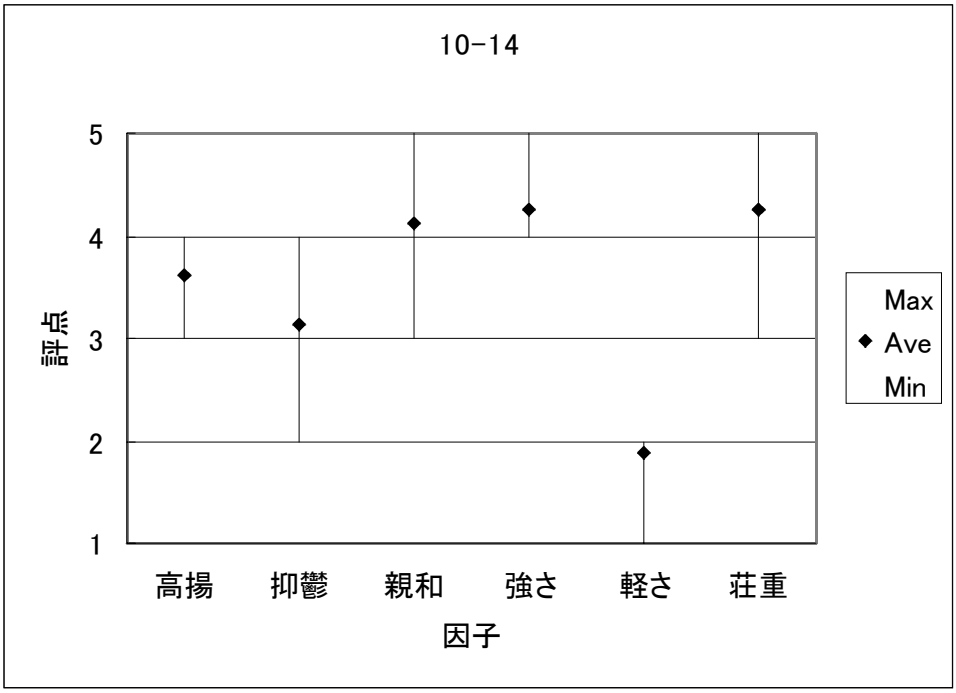

図 4.10(b)　楽曲 3(10 ～ 14 小節:9 人)の評価結果

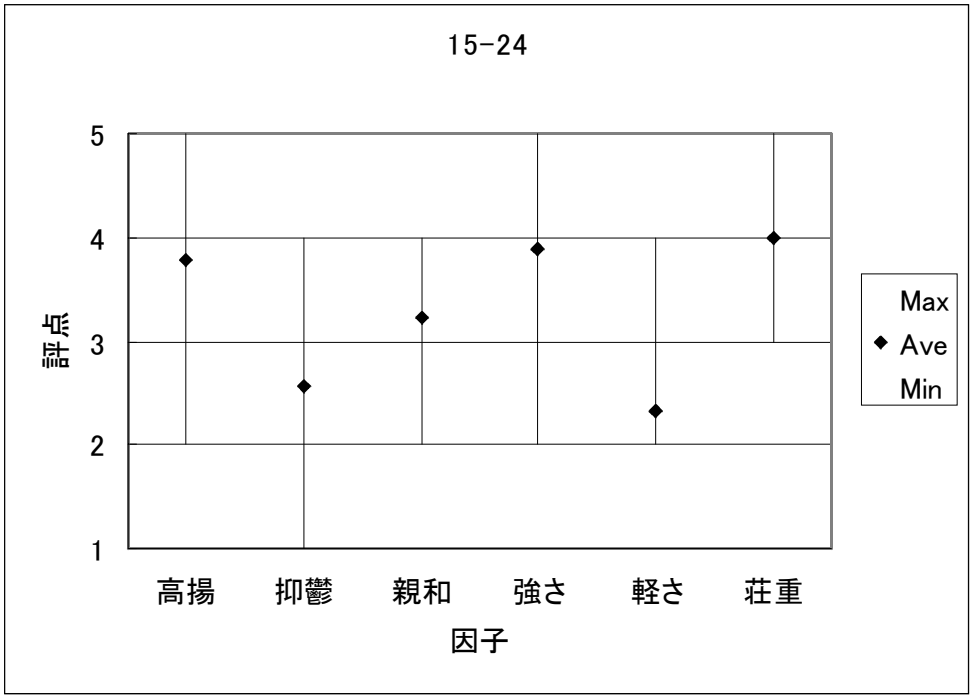

図 4.10(c)　楽曲 3(15 ～ 24 小節:6 人)の評価結果

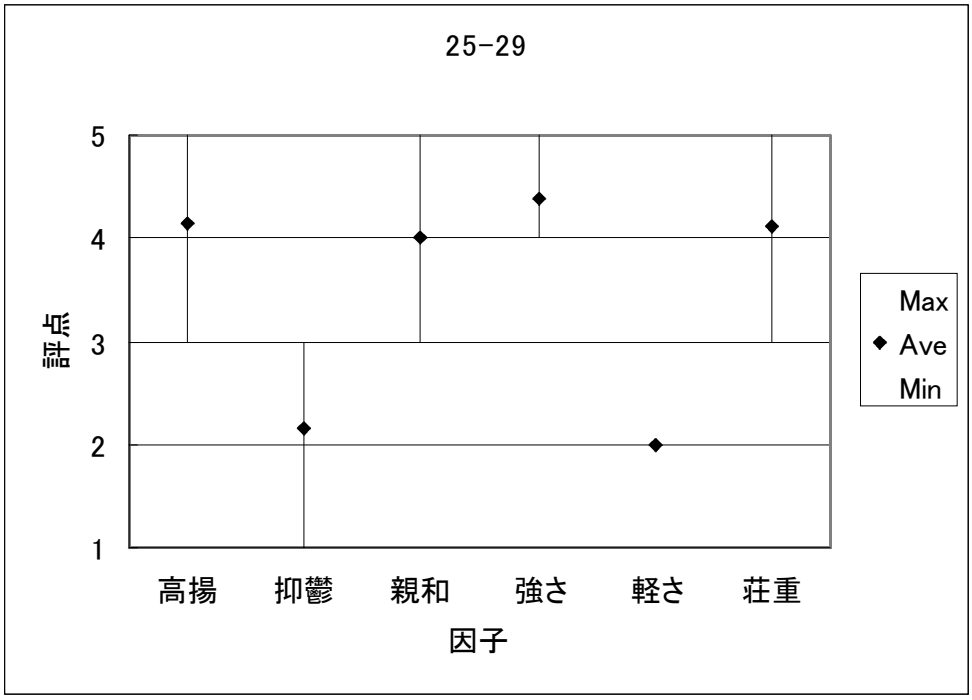

図 4.10(d)　楽曲 3(25 ～ 29 小節:9 人)の評価結果

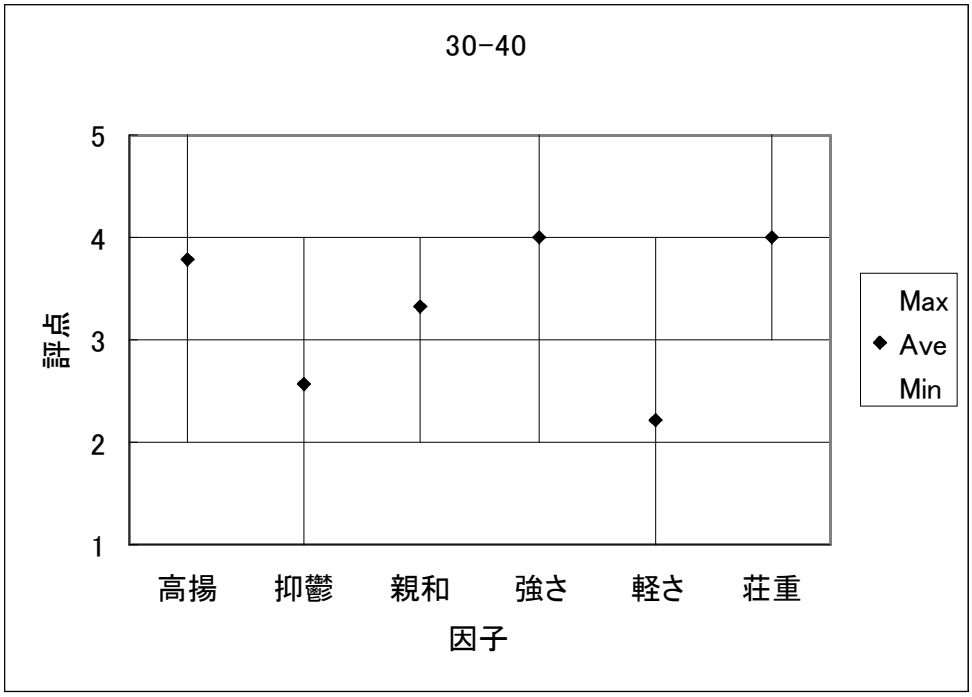

図 4.10(e)　楽曲 3(30 ～ 40 小節:7 人)の評価結果

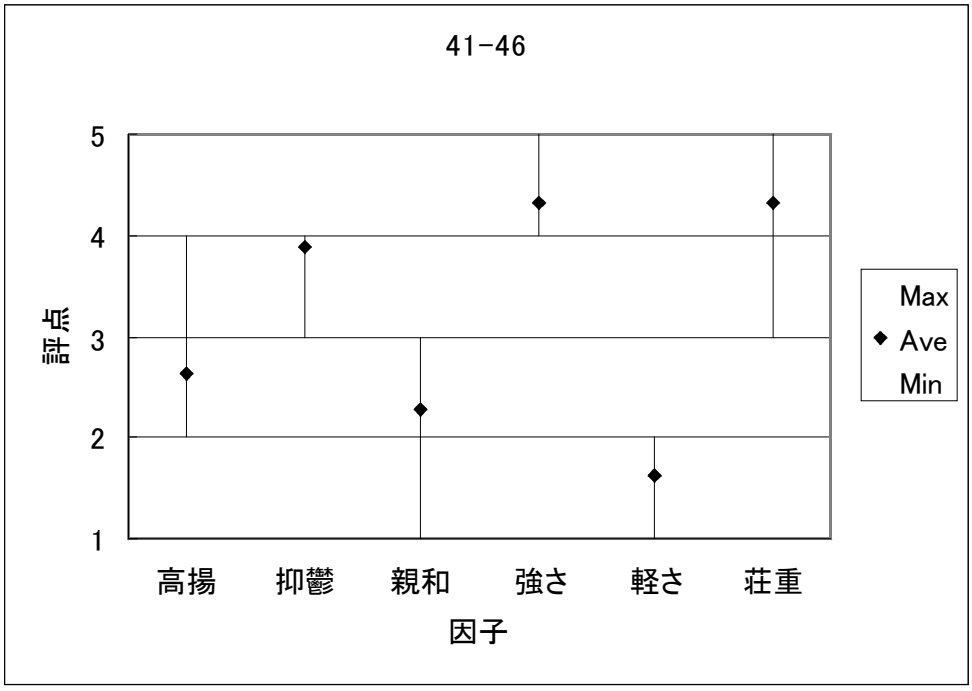

図 4.10(f)　楽曲 3(41 ～ 46 小節:9 人)の評価結果

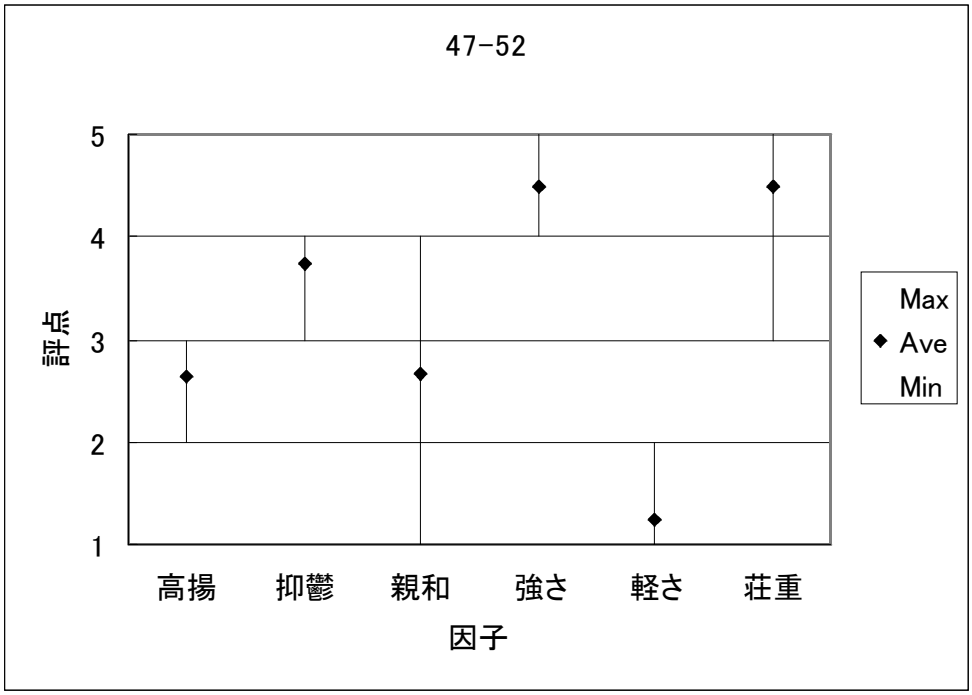

図 4.10(g)　楽曲 3(47 ～ 52 小節:9 人)の評価結果

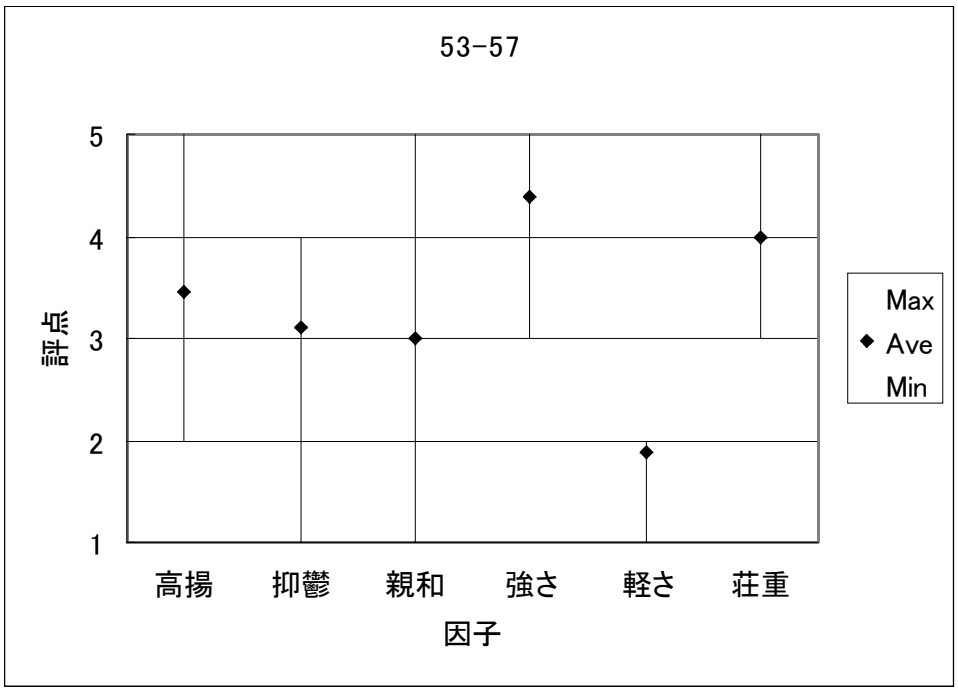

図 4.10(h)　楽曲 3(53 ～ 57 小節:7 人)の評価結果

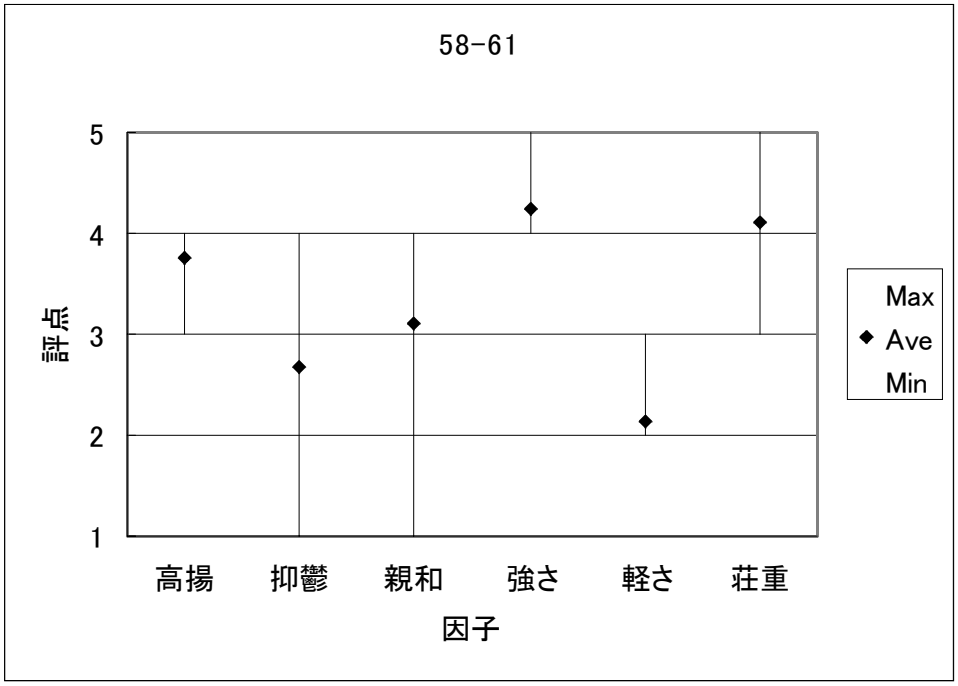

図 4.10(i)　楽曲 3(58 ～ 61 小節:6 人)の評価結果

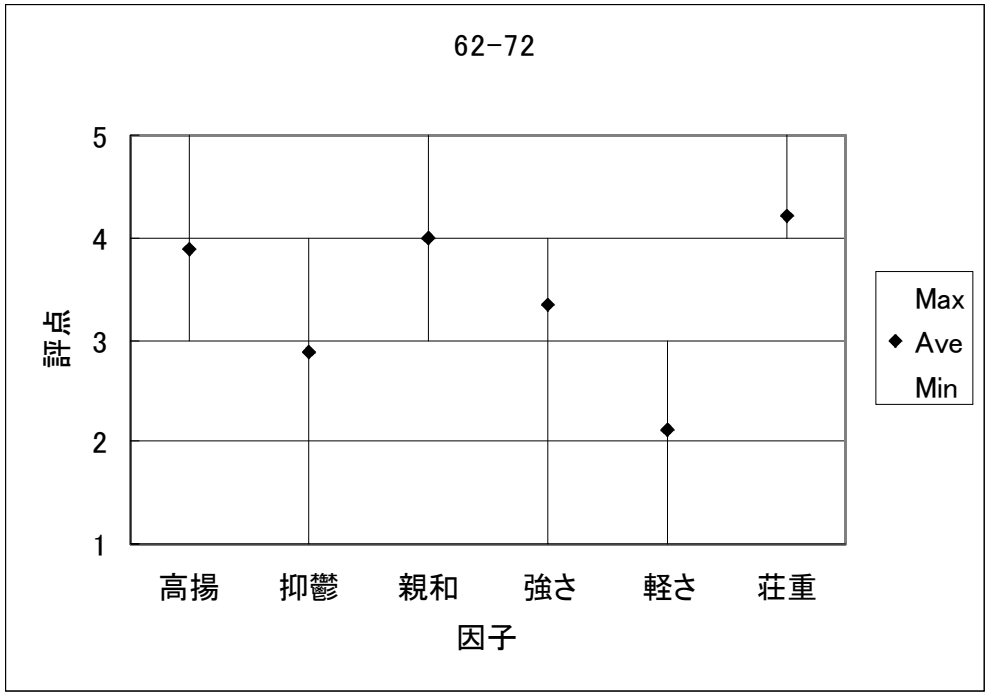

図 4.10(j)　楽曲 3(62 ～ 72 小節:楽器経験者 5 人)の評価結果

続いて，楽曲 3 において，曲調変化ポイントを境に感情反応にどのような変化が起きるのかを図 4.11(a)〜図 4.11(c)で見てみる．

まず，図 4.11(a)で高揚と抑鬱の変化を見てみる．曲の前半では高揚傾向が強い．25 小節目付近で，抑鬱傾向がさらに弱くなるが，その後徐々に強くなり，それに伴い高揚傾向が弱まってくる．30 〜 40 小節の間に両者が逆転し，その後，抑鬱傾向が強まる．52 小節付近で，再び両者逆転し，高揚傾向が強まったまま曲が終わる．

次に，図 4.11(b)から，親和と強さの変化を見ると，以下のような傾向が読みとれる．

前半は，親和性と強さがともに強い状態が続き，25 小節目を境に親和性が徐々に弱まっていく．41 小節目から，再び親和性が強まっていき，終盤，親和性と強さが共に強い状態に戻る．強さは，終始強く感じると判断できる．

最後に，図 4.11(c)から，軽さと荘重の変化を見る．

終始，荘重傾向が非常に強く，その変化の幅も非常に少ない．軽さは，曲を通して，ほとんど感じられない．

これまでの事をまとめると，楽曲 3 は，終始，強さと荘重傾向が強い．全体を通して，高揚傾向が強いが，中盤に抑鬱傾向が強まる．また，親和性は曲の冒頭と終盤で感じられ，軽さは，曲を通して感じることができない楽曲であると判断できる．

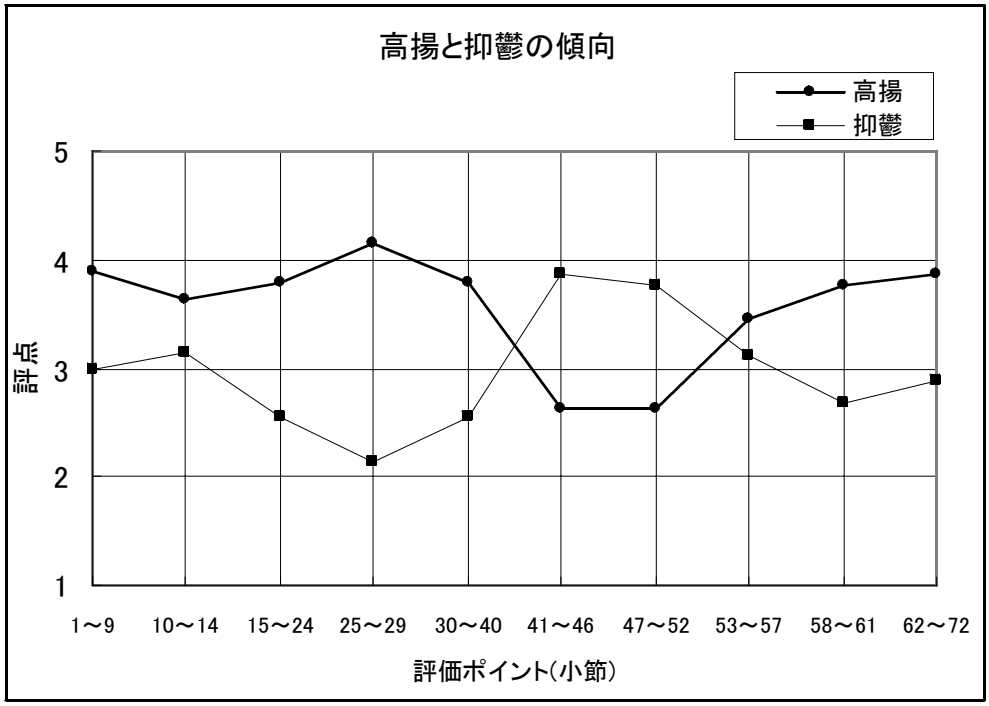

図 4.11(a)　楽曲 3 全体の高揚と抑鬱の傾向

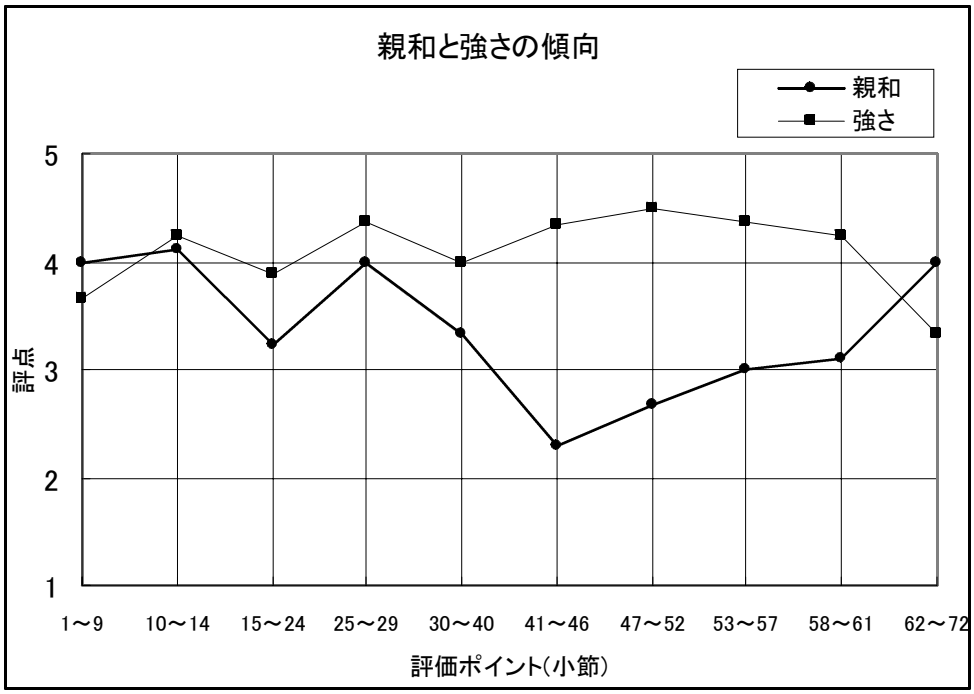

図 4.11(b)　楽曲 3 全体の親和と強さの傾向

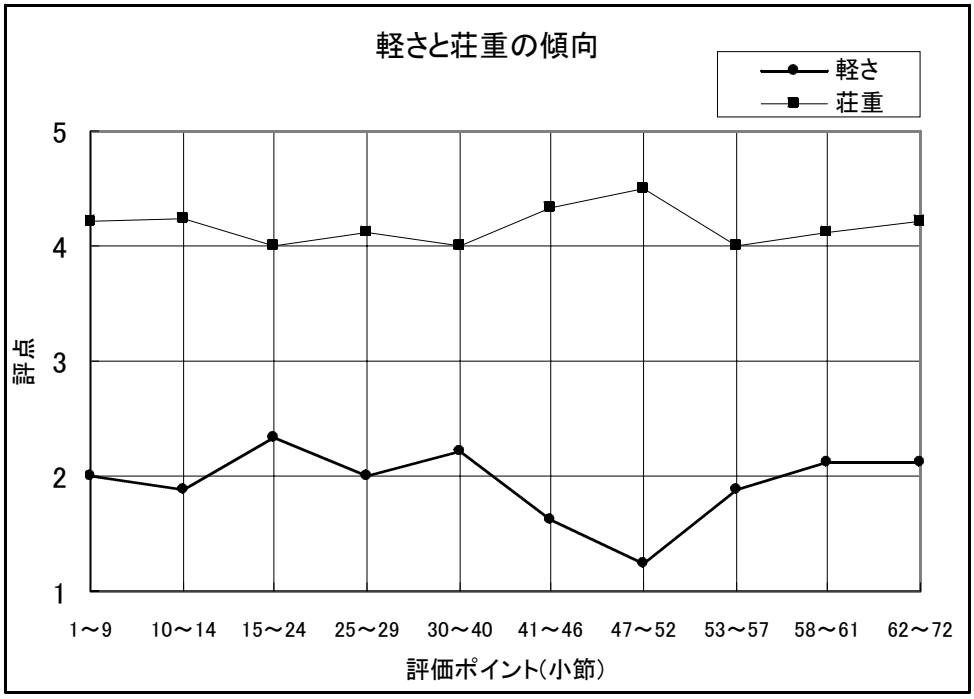

図 4.11(c)　楽曲 3 全体の軽さと荘重の傾向

4.4.6　考察

本実験において，楽曲を聴いた評価者に共通な，曲調変化を感知するポイントを設定，そのポイントの間を評価ポイントとし，評価ポイント毎の感情価の測定を行った結果，評価ポイントの細分化によって，喚起される感情反応の共通性が高まる事が確認できた．さらに，評価者全員が曲調変化を感知した評価ポイントの方が，そうでないものに比べ，評価にばらつきが少なく，評価の共通性がより一層高まることも確認した．

また，評価ポイント毎に測定した感情価を基に，楽曲から喚起された評価者の感情反応の推移(その楽曲がどのような感情反応を喚起させる楽曲なのか)も検証することができ，実験結果から簡単な曲調判断も行うことができた．この曲調判断が，どれ程の共通性を持つのかは，今後調査する必要があると考えられる．

4.5　まとめ

本章では，楽曲から喚起される感情反応がどのようなものであるのか，その感情反応に共通性はあるのかを調査した．

実験の結果，評価語を使用して感情を特定のものに絞り込んだ場合，自由記入による感情を絞り込まない場合，共に感情反応にかなりの共通性があることが分かった．中でも，評価語を使用した測定の場合，楽曲を評価者が曲調変化を感知したポイントで区切り，評価ポイントを分けることによって，感情反応の共通性はより一層高まった．また，その評価結果を利用しての簡単な曲調判断も行うことができた．

本章の結果より，評価ポイントをより細分化していくことで，感情反応の共通性が増すことが予測できる．さらなる評価ポイントの細分化をすることで，そのばらつきが抑えられるのではないかと考えた．その細分化を進めていくと，最終的には，第 2 章で述べた UNIT(感情反応が喚起されるレベルで，楽曲を構成する最小単位)というものが発見できると考えている．

ここからは，大きな構想になるが，その UNIT とそこから喚起される感情の対応付けを行い，その UNIT とそこから喚起される感情のデータベースを作成する．そのデータを基に，楽曲を UNIT に分解し，各 UNIT と対応する感情反応を検索，その組み合わせによって，曲調の自動判断を可能にしたい．そうすることによって，大テーマの音楽的な基礎研究が終了することになると考えている．

そこで，次章では，主観に基づく客観的な曲調変化の判断基準によって，楽曲の細分化を可能にするため，本章の主観的なデータに基づいて楽譜の分析を行い，曲調変化の客観的な判断基準の設定を目指す．

第5章

Rhythmパターンの変化に注目した楽譜の分析と曲調変化

（音楽による感情反応に対する音楽側からのアプローチ）

本章では，楽譜の分析を行い，第 4 章で示した，評価者に共通の曲調変化の感知が，楽曲の同様な要素によって引き起こされるのかを調査する．

これは，音楽のどのような要素が感情と結びつくのか，音楽によって感情が生じる仕組みについての取り組みであり，音楽による感情反応に対する音楽側からのアプローチである．

5.1　楽譜分析の必要性

第 4 章 4.4 で，評価者に曲調変化を感知したポイントを挙げてもらったが，それはあくまでも，"聴いて"曲調の変化を感じたポイントであり，何が曲調の変化を感知させたのかまでは判断できない．

そこで，聴いた楽曲の基データである楽譜に，曲調変化を感じた要因があると考えた．この考えが正しければ，人間に曲調変化を感知させる要因を，楽譜を分析することで明らかにすることができる．

要因を特定した後，さらに解析を進め，曲調変化の客観的な判断基準の設定ができれば，評価ポイントのさらなる細分化が可能となり，第 2 章で示した，UNIT の実現に向け一歩前進したことになる．

また，曲調変化が起こったときに，要因となる楽譜情報の変化と感情の変化の関係の対応付けを行うことができ，こちらも UNIT の実現に近づくことになる．

したがって，楽譜の分析を行うことは，本テーマ及び，大テーマ実現のためには必要不可欠である．

5.2　人間は何を一番聴いているのか？ （分析対象の絞り込み）

本論文の冒頭で，音楽には，Rhythm，Melody，Harmony という 3 大要素と呼ばれるものが存在し，人間はこの組み合わせで音楽を聴き，その時，何らかの感情反応を示すと述べた．ただし，研究を進めていく上で，この 3 大要素をまとめて扱っていくのは困難である．

そこで，3 大要素のいずれかに分析対象を絞ることを考えた．3 大要素は互いに密接な関係を持っているのだが，その関係を見てみると，以下のようなことが分かった．

Melody，Harmony の 2 要素は，音の高さ，大きさ，音色等で密接な関係を持っており，2 者の結びつきは非常に強いと考えられる．それに対し，Rhythm は，音の大きさという点で他の 2 要素と接点があるものの，基本的に時間要素が主となる．したがって，Rhythm は，3 大要素の中で一番独立性が高い要素であると考えられる．

3 大要素の相互関係だけで見てみると，まずは Rhythm に絞って研究を行うという方向性が見えてくる．

さらに楽典では，音楽の根底となるのは Rhythm であり，他の 2 要素に比べ独立性が高いと述べられている．また，楽典に挙げられている音楽起源説には，ヒルンの肉体衝動説やワラシェークらのリズム起源説をはじめとして，音楽の起源は Rhythm によるとされている説も見られる．

また，「周知の楽曲の旋律をその「リズム」を無くして，音高だけを聴かせるとその楽曲名を言い当てる確率が非常に落ちるが，逆に音高を無くして「リズム」だけを聴かせた場合は相当な的中率を保つことがリズムの音楽における基本性を証明している」[10]をは

じめとし，音楽学，心理学の文献の中では Rhythm が音楽の根底となっていることを述べていることが多い(例:[11][12])．

そして，大テーマにある聴覚障害者への音楽の伝達という視点で見てみると，現状の聴覚障害者の音楽の楽しみ方は，音(主に低音)の振動感とそこから伝わる Rhythm が中心となっている．文献[13]の研究や，パイオニア(株)がボディソニックを使用した聴覚障害者のための音楽会(「身体で聴こう音楽会」)を定期的に開催しているが，そこでも主に Rhythm を振動と映像で伝達を目指す等，研究・開発も，振動モーターを用いて身体に振動で音楽情報(Rhythm)を伝達する手法が一般的である．

ここまでの，考察，一般的な見解，大テーマとの関係性を見る限り，3 大要素の中で Rhythm に分析対象を絞ることは妥当であると考えられる．

そこで，本研究にて Rhythm に絞り込むことが有効かどうかを，これまでの実験結果を基に調査した．その結果を以下に示す．

第 4 章 4.4 の実験で使用したテストソース(表 4.9 参照)の楽譜を解析し，評価者が曲調変化を感じたポイントで，楽譜上にどのような変化が起きているのかを調査して見ることにした．表 4.9 の楽曲 1 の分析結果を例として示す．評価者全員が特に強く曲調変化を感じた 4 箇所では，楽譜分析の結果，Rhythm の大きな変化が見られた．ちなみに，この 4 箇所のうち 3 箇所は，主旋律の Rhythm の刻みに大きな変化が認められた．残り 1 箇所は，伴奏の Rhythm に大きな変化があった．さらに，評価者 9 人中 6 人がこの 4 箇所以外に曲調変化を感じた箇所として，7 箇所挙げていたが，この 7 箇所でも，主旋律の Rhythm の刻みに変化が見られた．その他の曲調変化を感知したポイントでの楽譜上の変化は，転調や，主旋律の極端な音程変化などが確認されたが，(特に主旋律の)Rhythm の変化が際立って多いことが分かった．この傾向は，他の 2 曲からも確認できた．

このことから，(主旋律における)Rhythm の変化が曲調の変化を感じさせる重要な要因である可能性が高いと考えられる．この確信を得るために，さらに以下のような追加実験を行った．

評価実験

・目的

曲調変化を感じるポイントをピックアップし，そこで楽譜上にどのような変化があるのかをテストソースのサンプル数を増やして調査する．

調査の結果，様々な楽譜上の変化が確認されることが予測されるが，その中で，曲調変化に Rhythm の変化が大きく関与していることを確認する．

・実験方法

評価者は，著者自身．テストソースは，クラシックとポップスの MIDI データ，曲数は 95 曲である．

評価方法は，PC のモニタ上に映し出される空譜表を見ながら曲調変化を感じるポイントをピックアップし，その後，楽譜を見ながら曲調変化を感じ取ったポイントで，楽譜上にどのような変化が起きているのかを確認した．

・実験結果

実験の結果，曲調変化を感じるポイントでは，主に以下のような変化が起きている事が判明した．

・主に，主旋律における Rhythm の変化（Rhythm）

・主旋律の極端な音程変化（Melody）

・転調（Harmony）

・Part の増減（Harmony）

・articulation の変化（Rhythm and Melody）

※ articulation:音楽の演奏において，各音の切り方，あるいは次の音との続け方のこと，**音長の相違も含む．**演奏上，フレーズ内部の分節を明確にする表現手段．レガート・スタッカートが代表格．

なかでも，Rhythm の変化によって，曲調の変化を感じ取ったケースは全体の約 6 割近くを占めることから，Rhythm の変化と曲調変化が大きく関係していることが確認できた．

また，以上の５点はいずれも旋律の単元（動機）の区切りとなることも確認できた．

今回の実験結果，先の考察，一般的な見解，大テーマとの関係性から，Rhythm の変化が曲調の変化を感じさせる重要な要因であると予測可能である．Rhythm によって曲調変

化を感じるということは，楽曲を聴く際，人間はそれだけ Rhythm に注目していると考えることができる．

したがって，本研究では，人間が 3 大要素の中で Rhythm を一番重視して楽曲を聴いていると仮定して以後，Rhythm に注目して研究を進めていく．

5.3　楽典で見るRhythm変化の要因

楽典には，Rhythm の変化を引き起こすとさせる 5 つの要因がある．音楽のルール的存在である楽典のなかで，定義されている Rhythm 変化の要因には，ある程度の客観性があると考えられる．

先の，主観的な Rhythm 変化の判断も，この要因を参考にしておこなっていることから，ここに挙げておく．（[2]より抜粋）

完全小節と不完全小節

同一曲において，小節に含まれる拍数は同じでなければならないが，図 5.1 の(a)と(b)の小節は決められた拍子を備えていない．

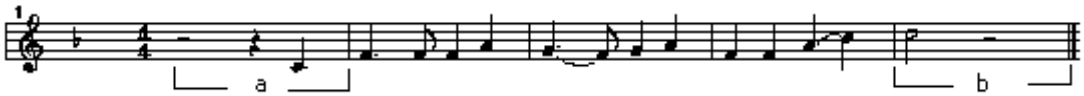

図 5.1　完全小節と不完全小節の例

この場合，(a)，(b)の様な小節を**不完全小節**という．それに対し，正しい拍数を持つものを**完全小節**という．

一般的に，強拍で始まる曲（**強起の構成**）は完全小節で作られ，弱拍で始まる曲（**弱起の構成**）は不完全小節で始まる．

楽曲の中には，弱起の構成ではじまっても，途中から強起の構成に変わる場合，またはその逆の場合がある．図 5.2 は，弱期の構成→強起の構成のパターンの例である．

この構成が入れ替わる際に，曲調の変化を感じ取ることができる．

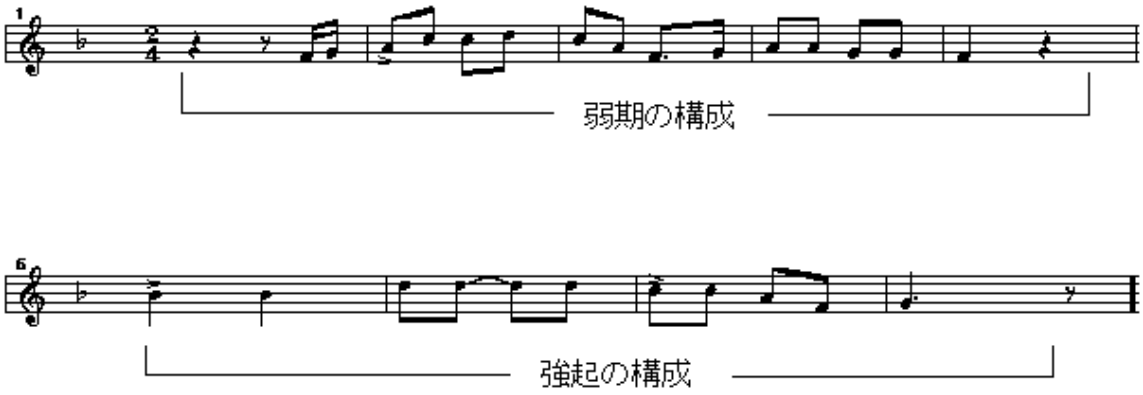

図 5.2　強期構成と弱期構成の入れ替わりの例

シンコペーション（Syncopation）

小節内の強弱の順序は，拍子記号によって明確に決められている．しかし，拍子感に変化を与える為に，アクセントの位置を変えることが可能である．図 5.3 の(a)のフレーズを(b)の様にタイで結ぶと，拍子感が変化する．

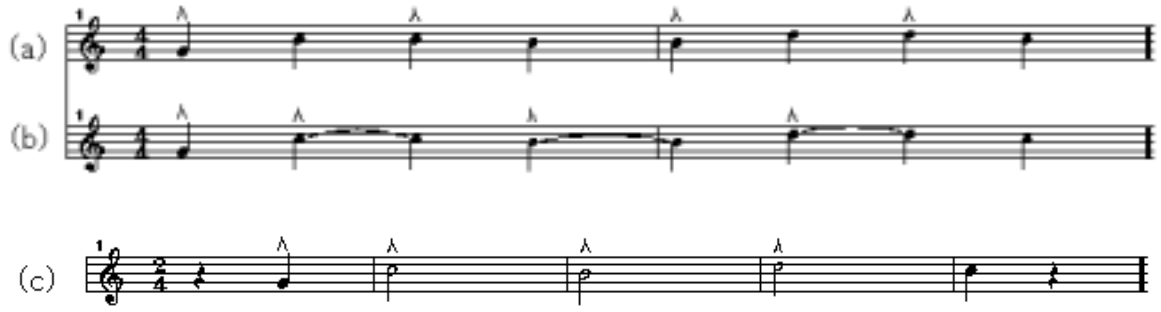

図 5.3　シンコペーションの例

この(b)のフレーズは，図 5.3 の(c)のフレーズと等しくなり，事実上拍子が変化したことと同等の意味を持つ．

（b）のタイで結ばれた 2 音はいずれも弱拍から強拍へと結ばれているため，アクセントは前方に移り，強弱が置き換えられる．これにより，拍子の感じに変化が生じる．

臨時強勢

臨時強勢を用いて，拍子を強調，または変化を与える．図 5.4 の(a)のフレーズは 4 拍子の正しい例である．これに，(b)のフレーズのように臨時強勢を付加し，スラーで繋ぐことで，3 拍子と同じ効果が得られる．

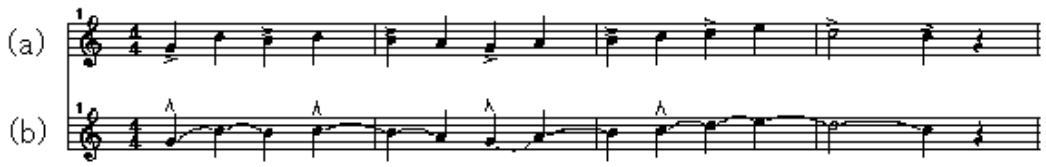

図 5.4　臨時強制の例

句読法（Punctuation）

スラーは，なめらかに演奏するのが本来の目的であるが，**旋律の単位をはっきりさせる**句読法にも用いる．この際スラーの初めの音にアクセントが移る．

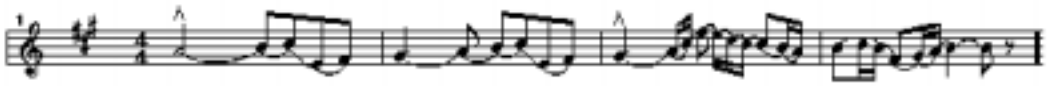

図 5.5 句読法の例

変拍子

拍子の各拍の音符は，それぞれ 2 分，4 分，8 分されるが，それ以外に分割されるものを変拍子という．変拍子は連符によって表現する．代表的な連符には三連符，五連符，六連符，七連符がある．また，3 拍子系拍子を 2 拍子系にするための二連符，四連符などもある．

5.4　Rhythmの変化を客観的に判断する

これまで，楽譜分析を行い，曲調変化を感じるポイントでは，Rhythm の変化が起こっていることを確認した事実を述べてきた．

楽譜分析を行い，Rhythm が変化していると判断した基準は楽典に基づいているとはいえ，判断自体はあくまでも主観的なものである．したがって，先述の"人間が 3 大要素の中で Rhythm を一番重視して楽曲を聴いている"という仮定は，客観性を持っていないと言える．

第 2 章で述べた，UNIT の実現のためには．何らかの客観的分割規則が必要となる．そこで，まず Rhythm の変化を客観的に判断する事ができないかと考えた．5.3 で紹介した，楽典で定義されている Rhythm 変化のを引き起こす要因(技法)も，客観的な判断基準の 1 つになり得ると考えられる．

しかし，これだけでは不十分であり，何とかして楽譜を Systematic に取り扱うことを考え，その上で Rhythm 変化の客観的な判断基準を定めたい．

5.5　楽譜をSystematicに扱う方法

本研究は現在のところ Rhythm に絞り込んで研究を行っている．この Rhythm を表現するために必要不可欠な楽譜情報は，音符の種類，打拍の強さ，テンポ，拍子となる．

テンポや拍子は，もともと数値情報である．打拍の強さも，MIDI では velocity という形で数値情報として保持している．問題は，一番重要な，四分音符や八分音符といった，音符の種類である．

実際に，楽譜を一見して Rhythm が変化していると判断する際，判断基準となるのは，テンポや，拍子を把握した上で，楽譜内に存在する音符の種類，数，配列パターンである．実際の人間の判断をモデル化し数理的な解析をするためには，どうしても音符の種類を数値情報化する必要がある．

これは，検討当初，音符の種類とその出現頻度をカウントしているときに，テンポが変わると同種の音符でも聴覚上価値が変化してしまうことに気がついたことに起因する．例えば，♩=60 の時，♩一拍は 1 秒である．しかし，♩=120 にテンポチェンジした場合，♩ 一拍は，0.5 秒となり，見た目は同じ♩でも，聴覚上の価値が異なる．この様なケースは，テンポチェンジに限らず他にも存在する．

この事から，単純に音符記号で音符の種類を分類し，カウントしても，無意味ではないかと考え，音符の種類を数値情報化することの必要性を感じ，その方法を検討した．

5.5.1　音符の種類の数値情報化

考案した音符の種類を数値情報化する手法は，音符の種類を周波数に見立てるというものである．

音符の種類の聴覚上の価値とは，音符の発音時間(秒)である．この発音時間の逆数をとれば周波数が出てくる．

♩=60 の時，♩ 一拍は 1 秒であるから，1Hz と表せる．同様に♪一拍は 0.5 秒であるから，2Hz．この様に，楽譜の種類を周波数に見立てて数値情報化する．

この手法によって，テンポチェンジや連符の出現にも対応でき，上述の同じ音符の種類

でも，長さが同じとは限らないという問題を回避することができる．

この，音符の種類を周波数に見立てる手法により，Rhythm パターンや各音符の出現頻度を正確に数値で表現することが可能となる．

5.5.2　MIDI データとの相性

音符の種類を周波数に見立てる手法は，MIDI データとの相性も抜群に良いと言える．

MIDI データは，音符の種類自体をデータとして保持しているわけではない．MIDI データは，音の発音タイミング(NOTE　ON)と消音タイミング(NOTE　OFF)をタイミングバイトにデルタ･タイムというデータとして持っていて，NOTE　ON と NOTE　OFF の間だけ発音しているにすぎない．実際の演奏時間は，デルタ･タイムとテンポなどから計算可能である．

NOTE ON と NOTE OFF のデータ構造は，以下の通りである．

･NOTE ON

Timing Byte	NOTE ON Message	Key	Velocity

･NOTE OFF

Timing Byte	NOTE OFF Message	Key	Velocity

実際の演奏時間の計算方法は以下の通りである．

C_1:NOTE ON のデルタ･タイム

C_2:NOTE OFF のデルタ･タイム

とすると，実際の演奏時間 T(単位:msec.)は，

$$T = \frac{(c_2 - c_1)}{4\text{分音符分解能}} \times Tempo \qquad \cdots(5.1)$$

この T を sec.に変換し，逆数をとることで，音符の種類を分類できることを考えると，

今後のデータ分析をする際の自動化も比較的容易に行うことができる．

また，Rhythm による曲調変化の判断をコンピュータシステム化する際にも，非常に優位であると考えられる．

5.6　Rhythmパターンの変化をマッチング率で見る

Rhythm 変化を客観的に判断するために，その判断基準となる何らかの閾値が必要である．

実際に，人間が楽譜を一見して Rhythm が変化していると判断する際，判断基準となるのは，テンポや，拍子を把握した上で，楽譜内に存在する音符の配列パターン(Rhythm パターン)であると考えられる．つまり，Rhythm パターンがどのくらい変わるのかが問題となってくる．

そこで，閾値を Rhythm パターンのマッチング率で考えて見ることにした．マッチングは，Rhythm 変化が起因すると考えられる曲調変化ポイントの前後 2 小節の音符の種類と配置で行い，そのマッチング率で閾値を設定する．

今回の解析では，Velocity(強拍，弱拍等の打拍の強さ)を含めない．これは，Velocity 値をすべて一定にしたテストソースを使用して，曲調変化の感知への影響を調べた予備的な実験で，打拍の強弱が無くても，曲調の変化を感知しており，変化を感じた箇所では，やはり Rhythm の変化が確認されているためである．

しかしながら，打拍の強弱は Rhythm においてとても重要なファクターであることには変わりはない．今回の閾値設定では取り扱いを保留するが，今後，打拍の強弱を基にした Rhythm 変化の判断基準に対する研究は行う必要がある．

したがって，今回の解析では，5.3 で紹介した楽典ルールの中で，打拍の強弱に関する要因が曲調変化を引き起こしていると考える箇所を解析対象から除外する．

具体的な解析手順は以下にまとめる．

・主観評価実験によって，Rhythmに起因する曲調変化ポイントをピックアップ

・ピックアップしたポイントの前後2小節を，数値情報化

2 小節である理由:楽典(楽式論)上，旋律の最小単位は動機(Motive, or Subject)であり，この動機は通常 2 小節単位で作られる.

2小節をその楽曲に使用されている最小の音符の1つ小さい音符の単位(16分音符がその楽曲で使用される最小音符であれば，32分)に分割した表を作成し，その表の適切なセルに数値情報化した音符の種類を入力していく(表5.1参照). 完成された表のマッチングをとり，前後2小節のマッチング率を算出する.

音符の種類の数値情報化は，以下の式で行う.

・音符の種類の数値情報化の方法

k:単位音符を1とした場合の音符の長さ

(例:単位音符が4分音符の時，8分音符=0.5，2分音符=2)

$$\text{音符の種類(Hz)} = \frac{1}{\left(\dfrac{60}{Tempo} \times k\right)} \quad \cdots(5.2)$$

$$\text{休符の種類(Hz)} = -\frac{1}{\left(\dfrac{60}{Tempo} \times k\right)} \quad \cdots(5.3)$$

以下にマッチングの取り方を示す.

表 5.1　数値化した楽譜の例

小節1-2												
グリッド	1	2	3	4	5	…	60	61	62	63	64	
音符	2.44				1.22	…		2.44				
小節3-4												
グリッド	1	2	3	4	5	…	60	61	62	63	64	
音符	0.61					…		2.44				
												Mutching Rate
T/F	0	2	2	2	0	…	2	1	2	2	2	x

表 5.1 の例のような形で，表を作成し，楽譜を数値化する．例では，第 1,2 小節と第 3,4 小節のマッチングを取る例である．ここでは，1 小節を 32 分しているため，2 小節分のセルの数は 64 個になる．

この例では，Tempo は ♩=73である．Tempo 表記の通り，単位音符は 4 分音符である．上記，計算式に基づいて計算すると，2 分音符=0.61Hz，4 分音符=1.22Hz，8 分音符=2.44Hz となる．T/F の欄は，2 区間の同一グリッドのマッチングの結果である．

マッチングは図 5.6 のような方法でとっている．

```
//////////////////////////////////////////////////
FMGは曲調変化ポイントの前2小節の各グリッドのデータ

RMGは後2小節の各グリッドのデータ
//////////////////////////////////////////////////


if (FMG==RMG && FMG != "" && RMG != "") return 1;   //TRUE
else if (FMG == "" && RMG == "") return 2;            //共にグリッドがNULL
else return 0;                                        //FALSE
```

図 5.6　数値化した楽譜の例

表 5.1 では，x になっているマッチング率は，以下のように算出している．

$$\text{Matching Rate}(\%) = \frac{(\text{Matching結果の総和} - \text{Matching結果が2のグリッド数} \times 2)}{(\text{グリッド総数} - \text{Matching結果が2のグリッド数})} \times 100 \quad \cdots(5.4)$$

5.7　Rhythmパターンのマッチング率の算出結果

5.6 で示した，Rhythm パターンのマッチング率の算出方法に基づいた解析の結果を以下に示す．解析は，第 4 章 4.4 に記した実験で使用した 3 曲について行った．

カノン(Pachelbel)の解析結果

Pachelbel のカノンに対する解析結果は，以下のようになっている．

まず，図 5.6 にカノンの主旋律全体の Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係を示す．グラフは，縦軸にそれぞれ，人数，Rhythm パターンのマッチング率，横軸は小節番号である．折れ線は隣接 2 小節の Rhythm パターンのマッチング率を表し，棒グラフは，曲調変化を感知した人数を示す．このグラフからは，Rhythm パターンの変化率と曲調変化感知者数の関係が読みとることができる

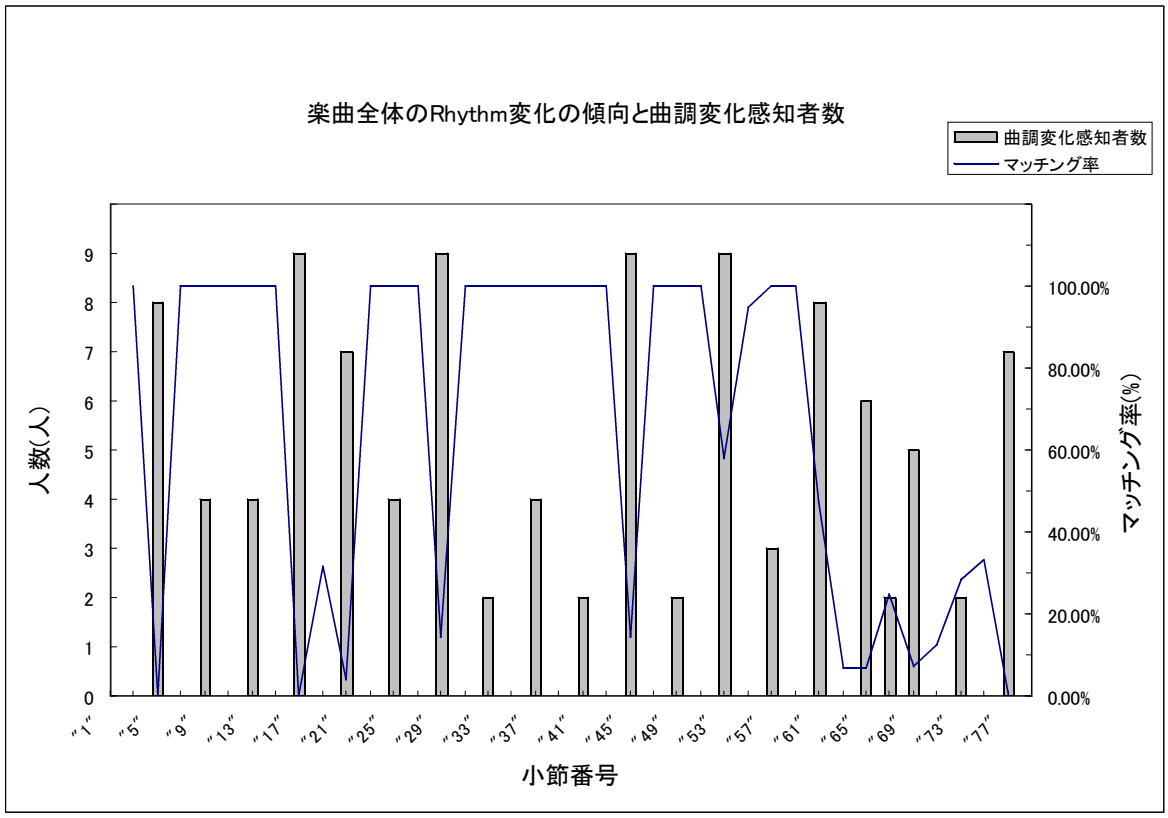

図 5.7　主旋律全体の Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係

図 5.7 から，曲調変化を感じている人数が多い箇所のほとんどで，Rhythm パターンの変化が大きい(マッチング率が低い)ことが分かる．このことから，Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じる人数には，負の相関関係があると考えられ，"Rhythm の変化が曲調の変化を感じさせる重要な要因である"という仮定が正しいという方向性が確認できる．

また，曲調変化を感じている評価者の人数が多い箇所では，小節番号 61 以外全て，折れ線が"谷"となっていることが読みとれる．このことから，折れ線の"谷"となっている箇所を基点に，その前後で何らかの楽譜情報の変化が起こり，それが曲調変化を引き起こしていると考えることができる．このことに関しては，現段階ではここまでの考察にとどめておき，ここからは以下のような形で解析結果を示す．

図 5.7 の小節番号 17，21，29，45，53，61，69，77 は，第 4 章 4.4 の実験で評価ポイントの区切りとした箇所で，以降このポイントに注目した結果を提示する．

図 5.8(a)は，主旋律における Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数との関係を示すグラフである．グラフ中の曲調変化ポイント(21-22):(23-24)は，評価者が曲調変化を感知していないポイントの例として，結果に含めた．このグラフから，曲調変化を感知した人が多い箇所の大部分で，マッチング率が低いことが分かる．

しかしながら，(11-12):(13-14)，(51-52):(53-54)，(59-60):(61-62)の 3 箇所は，上記傾向から外れている．これについては，次のように考える．(11-12):(13-14)は，別パートの旋律の開始点であるため，ここから新しい旋律が加わっている．これは，Rhythm 変化よりも，それ以外のもの(恐らく Harmony)が要因となっていると考えるのが妥当であって，今回の Rhythm パターンに的を絞った解析では，無視すべき結果であると考える．また，(51-52):(53-54)，(59-60):(61-62)の 2 箇所は，5.3 で紹介した完全小節と不完全小節にあたり，強起構成と弱起構成の入れ替わりが起こっている．これは 5.6 で示した，今回の閾値設定の方法で扱わない Velocity(打拍の強弱)が強く影響している可能性が強いと判断し，今回の解析では無視すべき結果であると考える．

以上の 3 点の解析結果を除外し，Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数の相関を取った結果．相関係数-0.86 という値を得た．

図 5.8(b ～ d)の 3 パートのグラフをみると，先ほどの主旋律の解析結果のような傾向がほとんど見られない．これら 3 パートの結果に関しても，主旋律の時と同様に相関を取ると，Part No.2 は-0.05，Part No.3 で-0.08，Part No.4 では-0.27 の相関係数を得た．

続いて，図 5.8(e)をみてみると，曲の中盤 3 点 (27-28):(29-30)，(43-44):(45-46)，(51-52):(53-54)で，マッチング率と人数に負の相関関係が強く見られる(ただし，(51-52):(53-54)は，上述の理由で解析結果からは外されている)．Part No.5 の相関係数は，-0.45 である．しかしながら，上記 3 点のマッチング率 0.00%という数値の背景には，長い休みが続いて，それぞれの各ポイントから新たに旋律が始まっているという共通点がある．これは，先に解析結果から外した(11-12):(13-14)と同様のケースであると言える．したがって，このような要因を多く含む旋律は，不確定要素が多く，今回の解析ではその結果を使用するのは避ける方が無難であると考える．

したがって，この楽曲を構成する 4 つのパートの解析結果に注目する．すると，各パートにおける Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数の相関は，表 5.2 のようになる．

表 5.2　各旋律の Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化感知者数の相関関係

Part	相関係数
主旋律	-0.86
No.2	-0.05
No.3	-0.08
No.4	-0.27

この結果より，主旋律の負の相関が非常に高いことから，主旋律の Rhythm がこの楽曲における曲調変化に深く関係していることが予測できる．それに比べて，No.2，No.3 の相関係数は，0 に近く，これらのパートの Rhythm は，この楽曲における曲調変化には関係していないと言える．No.4 も，相関係数から判断して，曲調変化には関係していないと考えられる．

また，日常においても，鼻歌などである楽曲を口ずさむ際，人間は無意識に主旋律を口ずさむことが多い．これは，主旋律を記憶しているためであり，楽曲を聴くときに主旋律に注目していることの現れである．音楽心理学や認知心理学においても，Melody（特に主旋律）の認知や記憶に関する研究は，音楽の感情的側面の理解につながるとして，幅広く行われている（例:〔7〕〔10〕〔14〕〔15〕）．よって，人間が音楽を聴く時に，主旋律に注目していると考えることができる．

したがって，上の理由と 5.2 の内容から，この楽曲では主旋律の Rhythm が曲調変化に深く関係していると判断する．

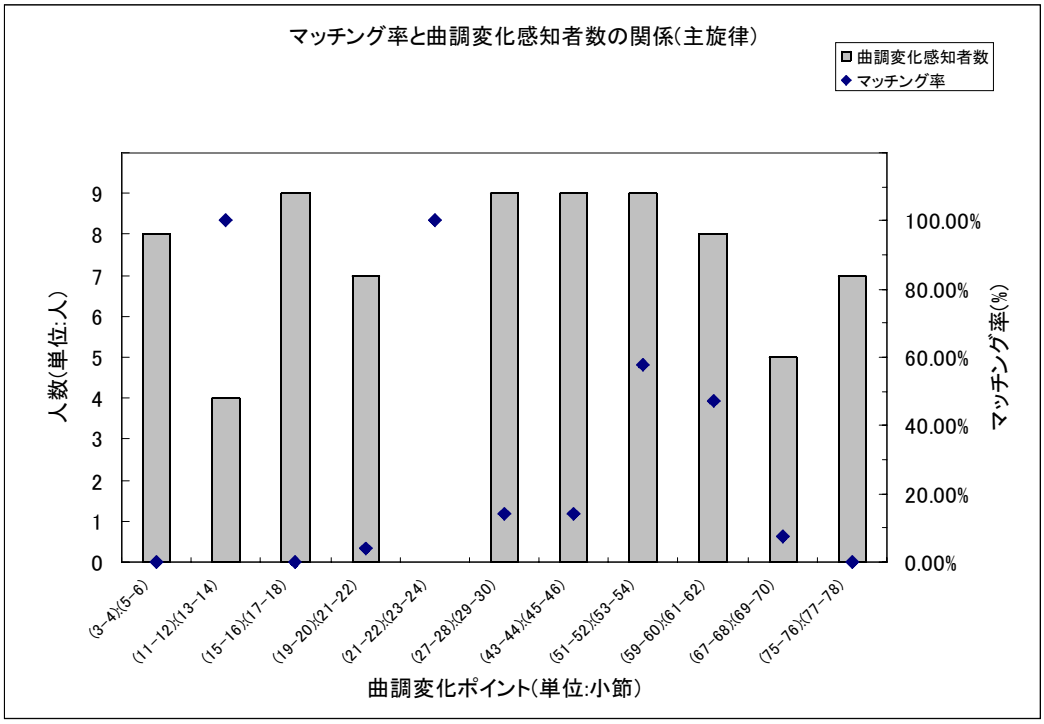

図 5.8(a)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(主旋律)

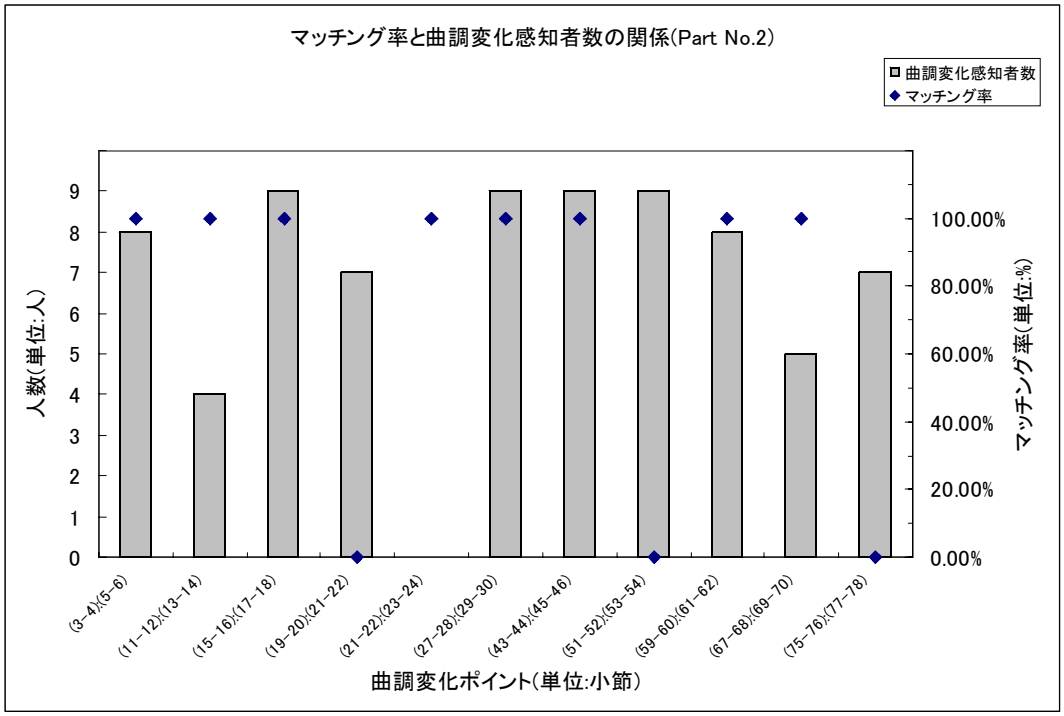

図 5.8(b)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(Part No.2)

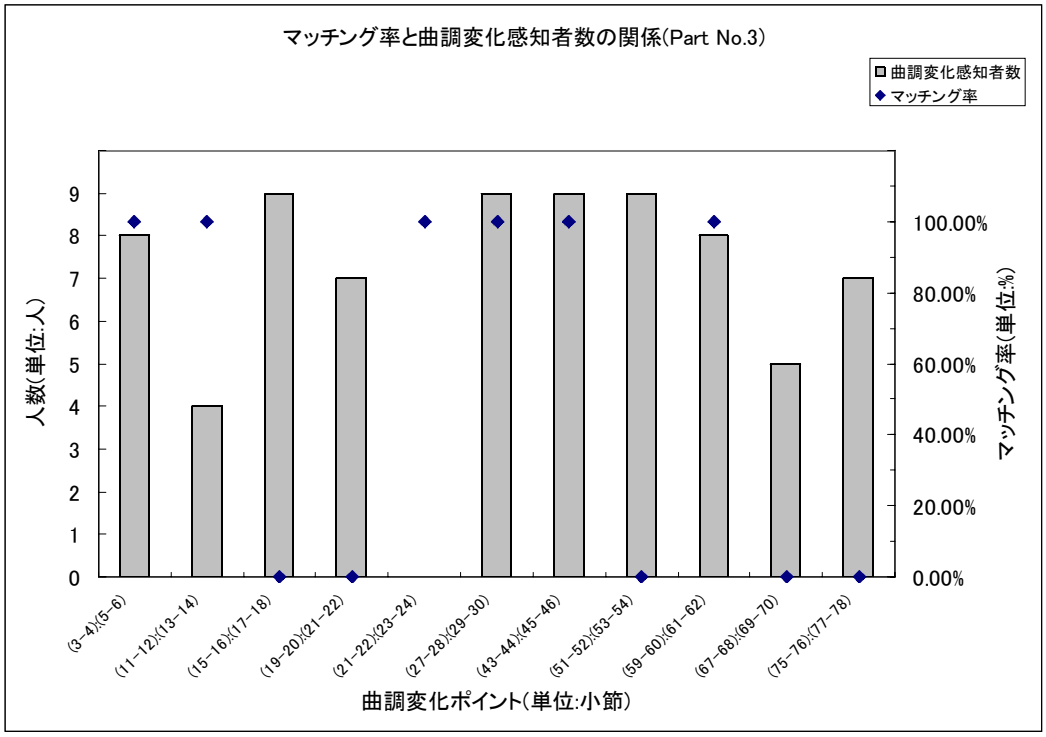

図 5.8(c)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(Part No.3)

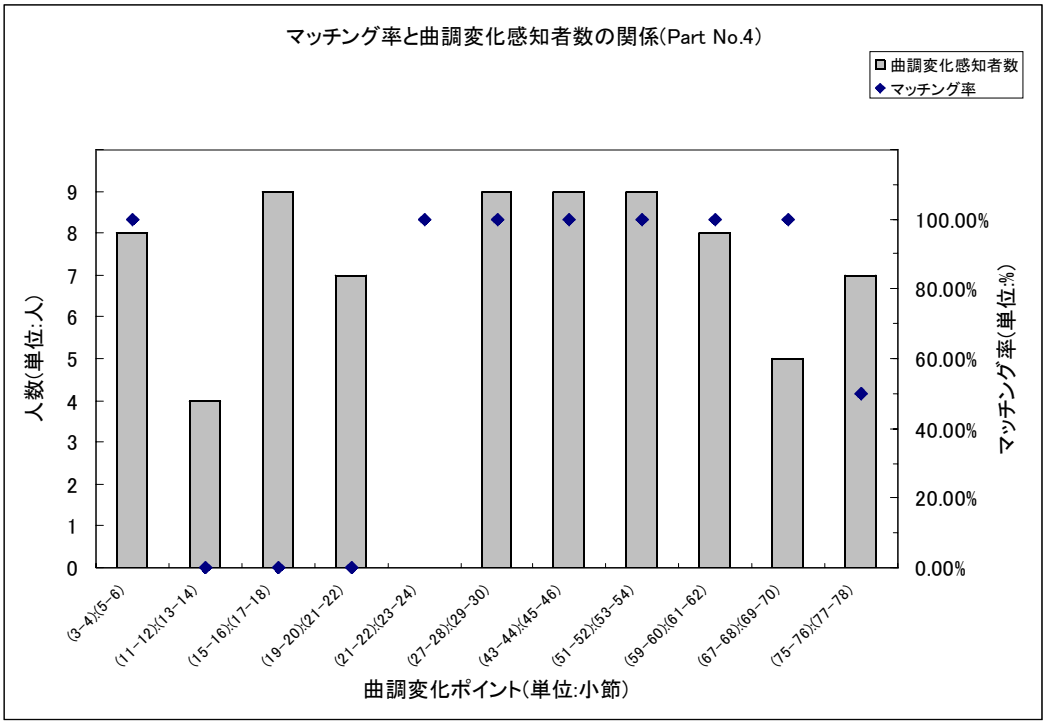

図 5.8(d)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(Part No.4)

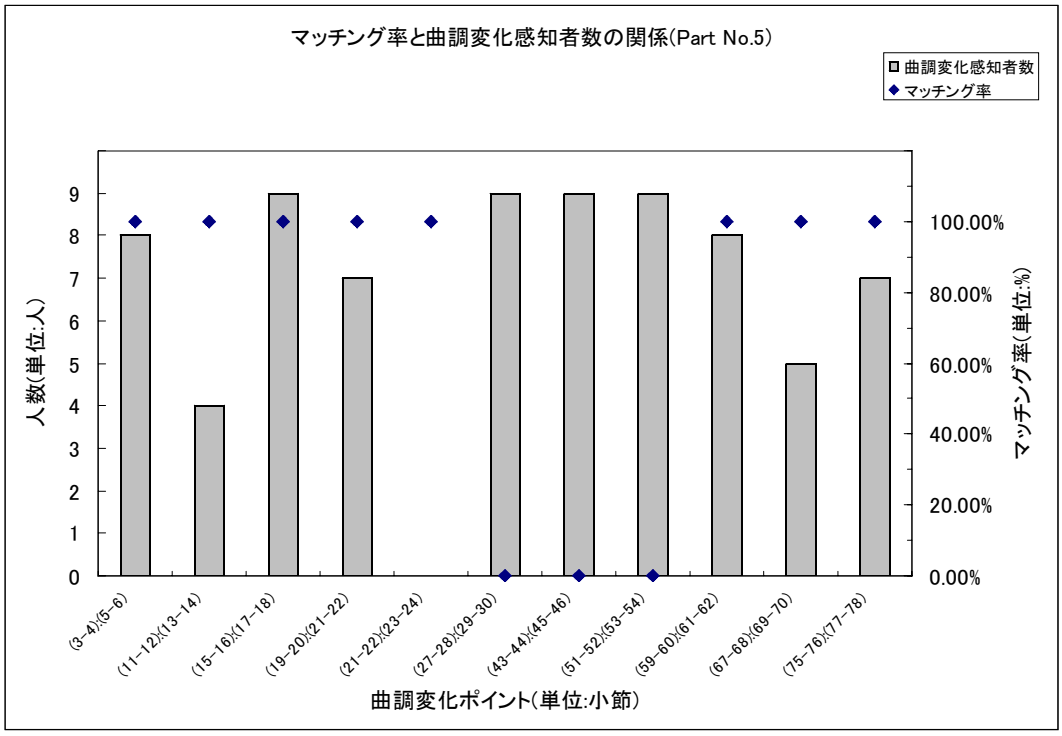

図 5.8(e)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(Part No.5)

ピアノソナタ第 8 番「悲愴」第 2 楽章(Beethoven)の解析結果

Beethoven のピアノソナタ第 8 番「悲愴」第 2 楽章の解析結果は以下の通りである．この曲についても，カノンの時と同様の全体の傾向が見られた．したがって，第 4 章 4.4 の実験で評価ポイントの区切りとした箇所に注目した結果を提示する．

図 5.9(a)は，主旋律における Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数との関係を示すグラフである．グラフ上の(11-12):(13-14)は，評価者が曲調変化を感知していないポイントの例として，結果に含めた．この結果より，曲調変化を感知した人数が多い箇所のマッチング率が低いことがよく分かる．主旋律における Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数の相関を取ると，相関係数-0.78 という値を得た．この数値から，この楽曲においても，主旋律の Rhythm が曲調変化に深く関係していると言

える．

図 5.9(b)は，Part　No.1 の解析結果を示すグラフである．このパートもグラフを見た限りでは，主旋律の時と同様の傾向が見られ，相関係数を計算すると-0.57 という値を得ることができた．しかしながら，(23-24):(25-26)と(28-29):(30-31)の 2 点は，旋律の冒頭になっており，カノンの Part　No.5 の時と同様の性質を持っている．したがって，今回の解析では，このパートのデータは使用しない．

最後に，図 5.9(c)に Part　No.2 のデータを示すが，このパートも Part　No.1 と同じ理由から，今回の解析では使用しない．ちなみに，このパートの相関係数は-0.54 である．

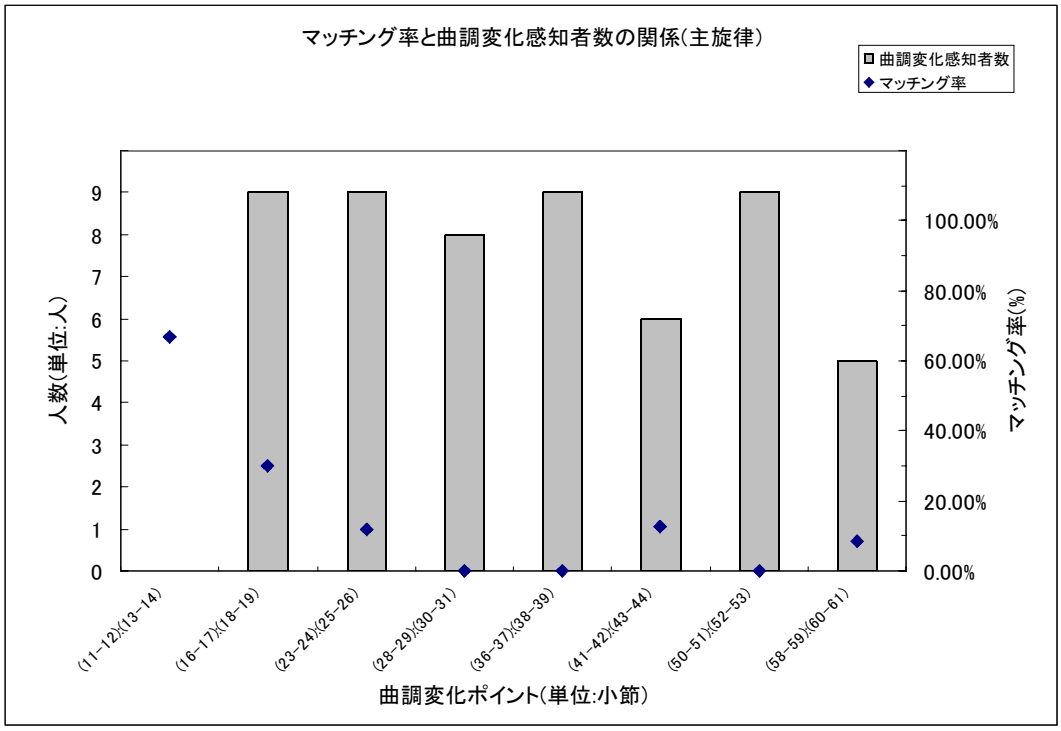

図 5.9(a)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(主旋律)

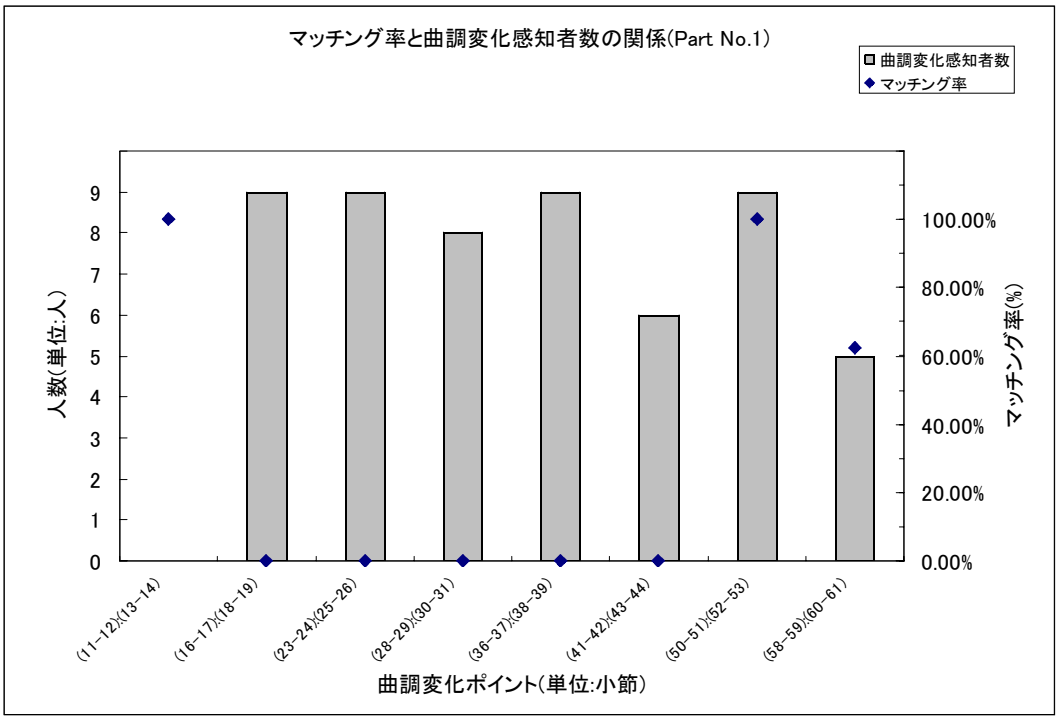

図 5.9(b)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(Part No.1)

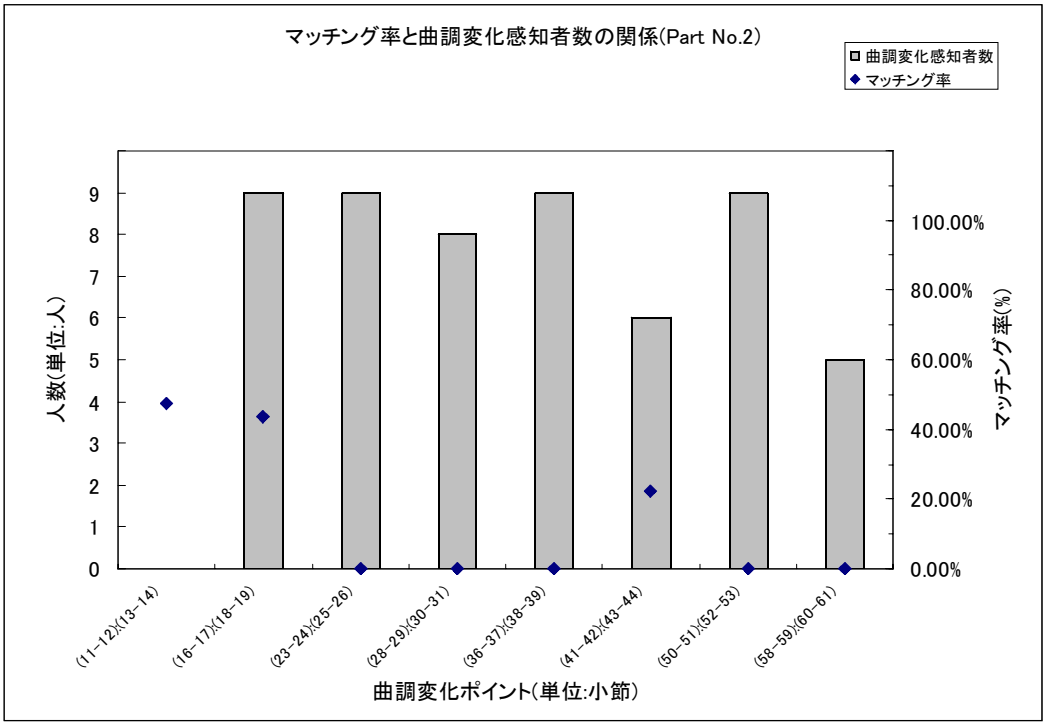

図 5.9(c)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(Part No.2)

BWM147-2-3「主よ人の喜びよ」(J.S.Bach)の解析結果

J.S.Bach の BWM147-2-3「主よ人の喜びよ」の解析結果は以下の通りである．この曲についても，これまでと同様の全体の傾向が見られた．よって，ここでも第 4 章 4.4 の実験で評価ポイントの区切りとした箇所に注目した結果を提示する．

図 5.10(a)は，主旋律における Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数との関係を示すグラフである．グラフ上の(65-66):(67-68)は，評価者が曲調変化を感知していないポイントの例として，結果に含めた．この結果より，曲調変化を感知した人数が多い箇所のほとんどで，マッチング率が低くなっていることがよく分かる．主旋律における Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数の相関を取ると，相関係数 -0.86 という値を得た．この数値から，これまでの例と同様に，この楽曲においても，主旋律の Rhythm が曲調変化に深く関係していると言える．

図 5.10(b)は，Part No.2 の解析結果を示すグラフである．グラフからは，主旋律の時と同様の傾向は認められない，相関係数を計算すると 0.03 という値を得た．これにより，このパートの Rhythm は，この楽曲における曲調変化には関係していないと言える．

最後に，図 5.10(c)に Part No.2 のデータを示すが，このパートの解析結果からは，主旋律の時と同様の傾向が見られ，相関係数も-0.83 という値を得ている．しかしながら，グラフ上マッチング率が 0.00%となっている箇所は，すべて長い休みの後に旋律が始まる，いわば旋律の冒頭となっている．したがって，これまでと同じ理由で，今回の解析ではこのパートの解析結果は使用しない．

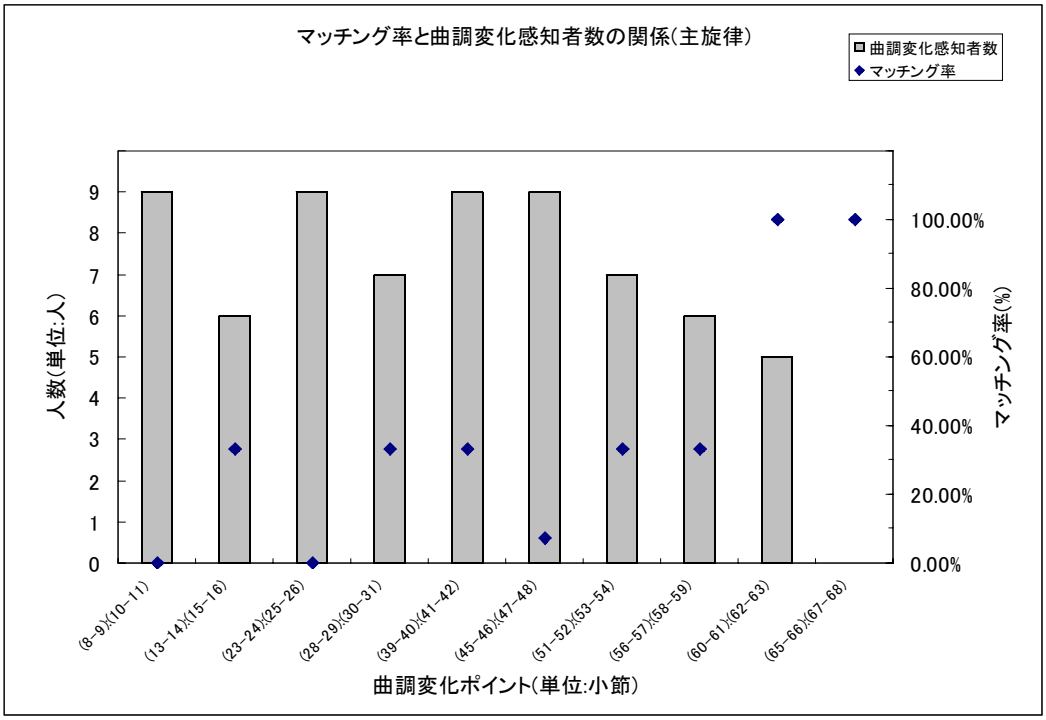

図 5.10(a)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(主旋律)

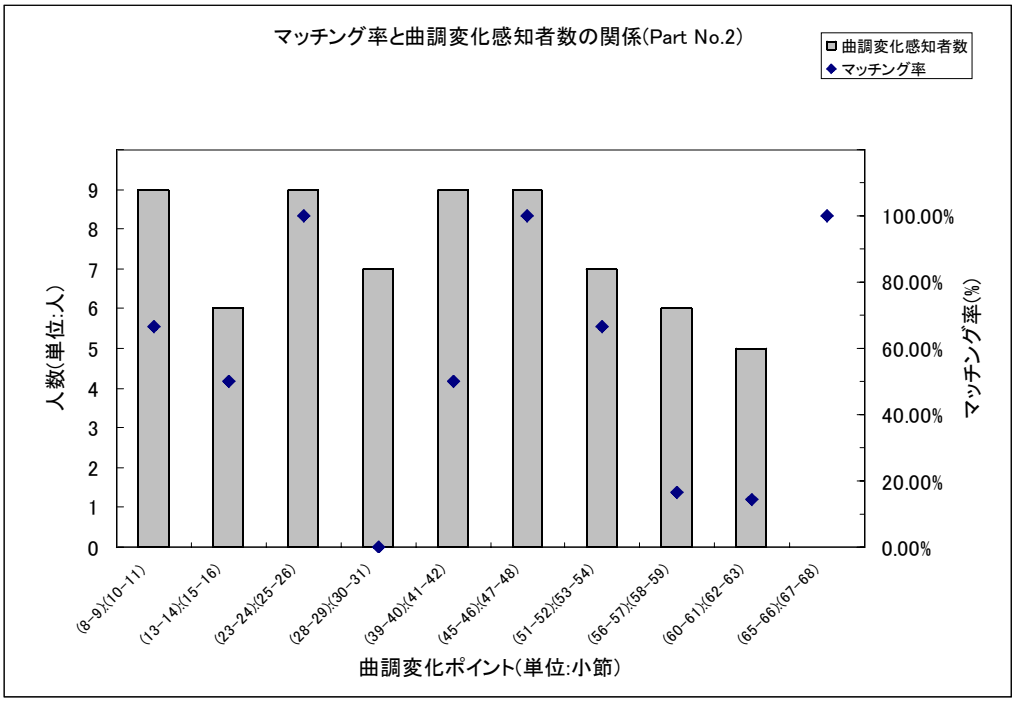

図 5.10(b)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(Part No.2)

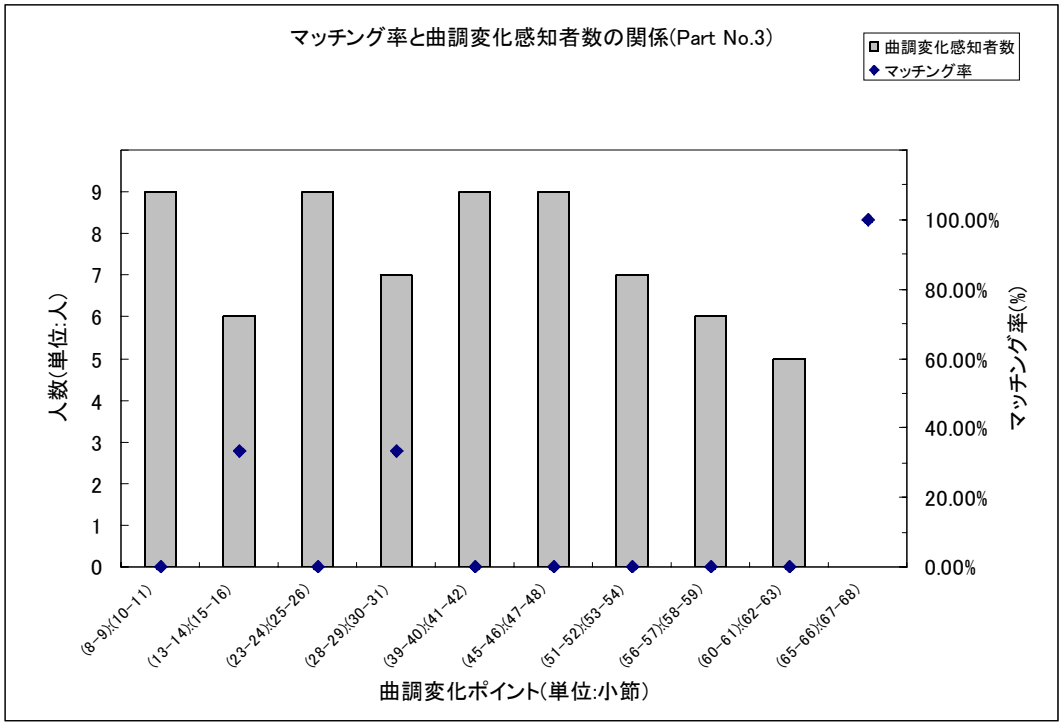

図 5.10(c)　Rhythm パターンの変化の傾向と曲調変化の感知者数の関係(Part No.2)

考察

今回の解析で，Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数には，強い負の相関関係があり，Rhythm パターンの変化と曲調変化は強く関係していることが分かった．このことから，Rhythm パターンの変化が曲調変化を引き起こす重要な要因の 1 つであることを証明できた．

また，今回解析した楽曲全てのパートの Rhythm パターンのマッチング率と曲調変化を感じた人数の相関係数から，本章の 5.2 で示した，"(主旋律における)Rhythm の変化が曲調変化を感じさせる要因である"という予測が正しいものであると言える．

5.8　Rhythm変化の客観的判断基準の設定と検証(まとめ)

本研究で曲調変化を引き起こす重要な要因と考えている Rhythm パターンの変化の客観的判断基準となる閾値を，これまでに得られた解析結果を基に算出し，妥当性を検証することを目指してきた．しかしながら，現段階ではサンプルが少ないこともあり，閾値設定をするには至らない．

したがって，今回は，Rhythm パターンのマッチング率が低い箇所で曲調変化を感知することの妥当性を示すにとどまる．

Rhythm 変化の客観的判断基準の設定に対する研究方針の検証

検証は，これまでの研究で行ってきた作業の逆手順で行う．まず，検証用の楽曲の楽譜をこれまでの方法によって解析し，隣接 2 小節の Rhythm パターンのマッチング率を算出する．これにより，楽曲全体の中で，Rhythm パターンのマッチング率の低い箇所が判明する．もし，これまでの研究方針が正しければ，ここで判明したマッチング率の低い箇所で，曲調変化を感知する人数が多くなるはずである．

続いて，主観評価実験を行い，評価者に曲調変化を感じたポイントをピックアップしてもらう．この主観評価実験のデータで，評価者全員(もしくは評価者のほとんど)が曲調変化を感じているポイントと，先の解析結果でピックアップされたポイントが一致すれば，Rhythm パターンの変化率によって，曲調変化の客観的判断基準のひとつを設定するという，本研究の方針の妥当性を確認できる．

5.2 の内容と，これまでの実験結果，及び 5.7 のカノンに対する実験結果報告中で述べた理由から，主旋律の Rhythm に注目して，検証を行う．

今回，検証用の楽曲は 1 曲しか用意することができなかった．テストソースには，ドイツ国歌を使用した．これは，より適切な評価が可能であると考えたからである．理由は以下に示す．国歌はもともと主旋律のみで成立していることが多く，主旋律単音でも聴覚上の違和感が少ないと考えたからである．また，楽曲自体の長さもそれほど長くなく，外国の国歌であれば，日常耳にすることもほとんどなく，ましてや，楽譜を目にすることはまずあり得ないと考えたためである．これらの理由から，国歌を検証用のテストソースとし

た．ただし，クラシックを研究対象にしていることから，その流れを汲む国のものに限定する．その中で，今回楽譜を入手できたのは，ドイツ国歌のみであったので，これを使用する．

また，テストソース作成の際，今回の解析から外している打拍の強弱をデータ上でも排除し，全て一定の Velocity となっている．

評価者は 5 人である．

図 5.11 に，楽譜解析の結果を示す．

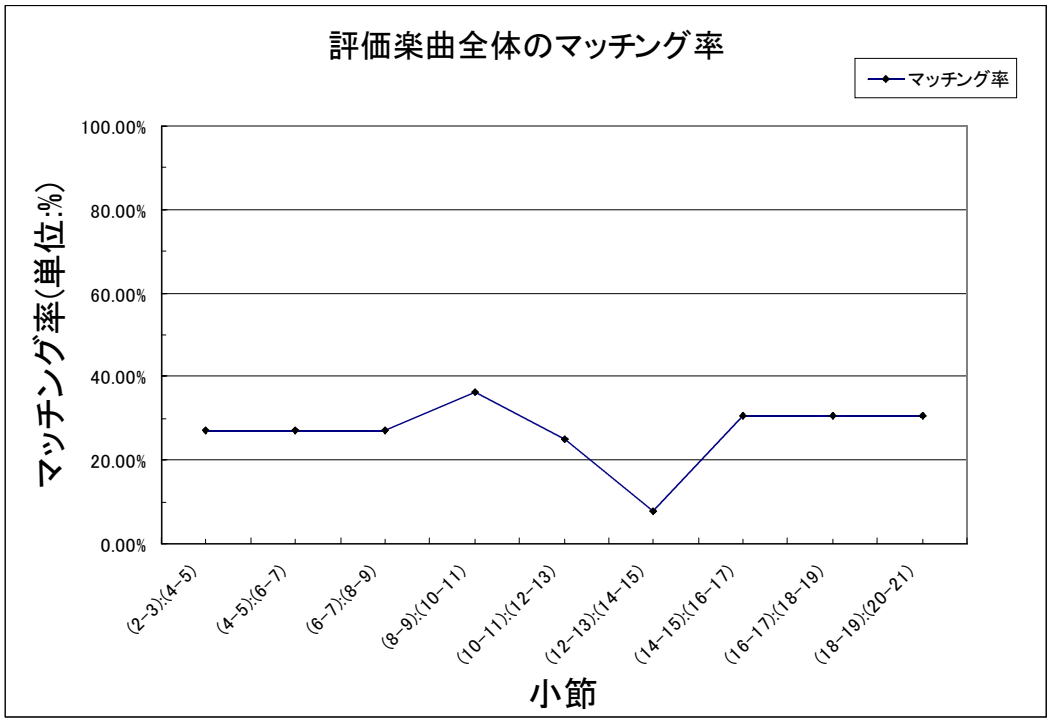

図 5.11　ドイツ国歌の解析結果

図 5.11 のグラフを見ると，全体を通してマッチング率低くなっている箇所は，(12-13):(14-15)の 1 箇所である．ということは，このポイントで，評価者全員が曲調変化を感知していれば，これまでの研究方針の妥当性が確認できる．

図 5.12 にその結果を示す．

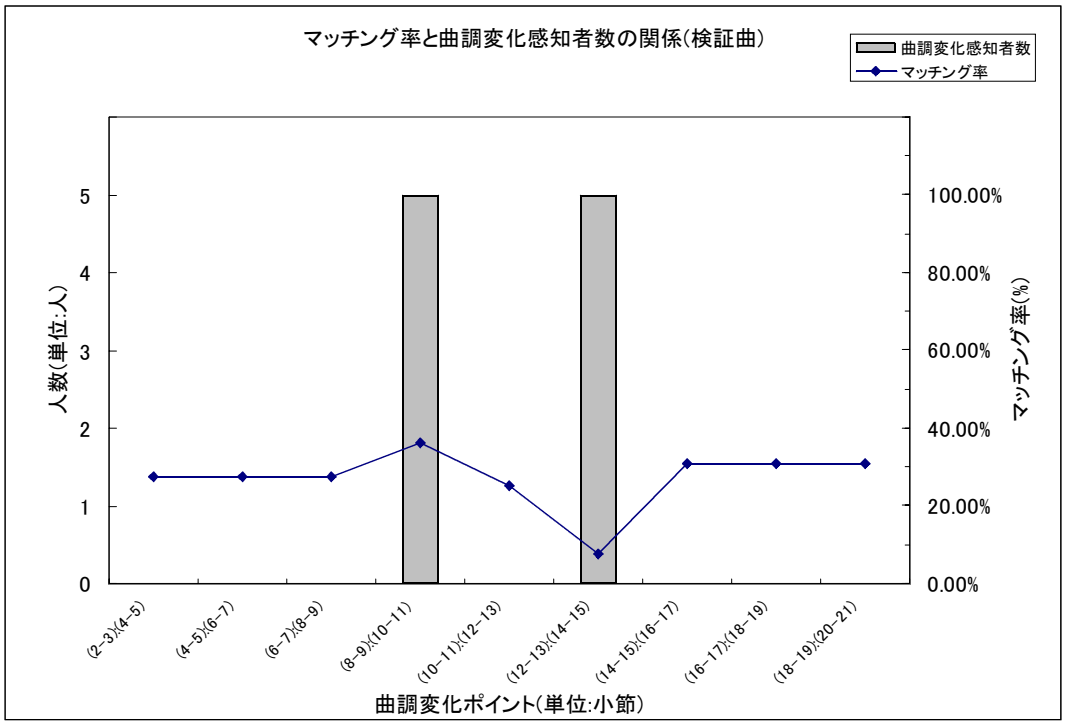

図 5.12　検証結果

図 5.12 のグラフから，先の解析でピックアップしたポイント，(12-13):(14-15)において，評価者 5 人全員が曲調変化を感知していることが確認できる．これにより，本研究の研究方針とこれまでの結果の妥当性が確認できると考える．

今回の検証で，現在の研究の妥当性が確認できたため，今後はサンプル数を増やし，判断基準となる閾値を設定する．

現段階では，Rhythm のパターンに限定して解析を行っているが，Velocity をはじめ，Rhythm にはまだ重要なファクターが残っている．今後は，これらについても順次検討していく．

また，グラフ上では，(8-9):(10-11)でも，評価者全員が曲調変化を感知しているが，これはこのポイントで起こっている転調が起因するものと考えられる．

このグラフだけでなく，図 5.7 のグラフからも言えることだが，マッチング率を示す折

れ線の"谷"や"山"となっている箇所で，曲調変化を感じている傾向がある．これが，曲調変化とどの様な関係があるのかは，現段階では分からないが，このような箇所が曲調変化を感じる基点となっている可能性は十分に考えられる．今後，このような箇所の前後の楽譜構成を分析して，曲調変化との関係性を調査する必要があると考えている．

第6章

楽譜情報の変化と感情変化の関係に対する考察

本研究では, 楽曲による感情反応という研究対象に対して, 2 つのアプローチを行った. 1 つは，楽曲の聴取によって喚起される感情がどの様なものなのか，それにはどれ程の共通性が見られるのかを研究してきた，人間側からのアプローチ．もう 1 つは，楽曲のどのような要素が感情反応に影響を及ぼすのかを，Rhythm パターンに限定して研究してきた，音楽側からのアプローチである．

ここで，2 つのアプローチで行ってきた研究結果が，どのような関係を持っているのかを考察してみる必要がある．ただし，今回の研究では，Rhythm パターンがどのように変化したかまでは，明らかになっていないため，詳しい考察はできないが，双方の変化の傾向に関する考察は可能である．

そこで, これまで研究で使用してきた, Beethoven のピアノソナタ第 8 番「悲愴」, Pachelbel のカノン，J.S.Bach の BWM147-2-3「主よ人の喜びよ」の 3 曲の感情価測定結果と Rhythm パターンの変化の分析結果を用いて，以下のようなグラフを作成した．グラフは，縦軸が Rhythm パターンのマッチング率と評価語に対する 5 段階評点，横軸が実験で評価ポイントを設定した小節番号となっている．これらのグラフからは，楽曲全体における，評価語の各因子の変化の傾向(感情変化)と，主旋律の Rhythm パターン変化(楽譜情報の変化)の傾向にどのような関係があるのかを考察可能である．

6.1　ピアノソナタ第8番「悲愴」第2楽章についての考察

ピアノソナタ第 8 番「悲愴」における，各因子と Rhythm パターン変化の関係を，図 6.1(a)～(c)に示す．

図 6.1(a)は，高揚・抑鬱因子と Rhythm パターン変化の関係をグラフで示したものである．グラフ中の小節番号，(28-29):(30-31)，(36-37):(38-39)，(41-42):(43-44)，(58-59):(60-61)の 4 箇所で，高揚．抑鬱の両因子が評点 3 を越えて大幅に変動しており，高揚と抑鬱が入れ替わっていることが読みとれる．これら 4 箇所では，評価ポイントの境界となっている箇所(曲調変化を感知したポイント)の前後 2 小節の Rhythm パターンのマッチング率が 0%(2/4 箇所)，もしくは 10%前後(2/4 箇所)の低い値をであることが分かる．このマッチング率の低い箇所が基点となり，両因子共に大きな変化をしていることが分かる．

図 6.1(b)は，親和・強さ因子と Rhythm パターン変化の関係を示したグラフである．小節番号，(28-29):(30-31)，(36-37):(38-39)，(50-51):(52-53)，(58-59):(60-61)の 4 箇所で，親和と強さの両因子は評点 3 を越える大幅な変動をしている．これらの 4 箇所では上記同様にマッチング率が低く，0%(3/4 箇所)及び 10%弱(1/4 箇所)となっている．親和・強さの両因子についても，これらマッチング率の低い箇所が基点となって，大きな変化をしていることが分かる．

図 6.1(c)は，軽さ・荘重因子と Rhythm パターンの変化の関係を示している．これらの 2 因子については，上記 4 因子と比べて急激な変化が起きていないことが確認できる．軽さで，やや変化のあるところは，小節番号(23-24):(25-26)と(41-42):(43-44)の 2 箇所であるが，評点 3 を越えての変動ではない．また，これまでマッチング率 0%の箇所では，各因子に対する評点の大幅な変動が見られたが，軽さ因子に関してはその傾向が見られない．荘重因子は，マッチング率 0%の(28-29):(30-31)において，やや変化が見られるが，これも評点 3 を越えての変動ではない．このほかの箇所における大幅な変動も確認できない．

以上のことから，「悲愴」では，高揚・抑鬱・親和・強さの各因子の評点が，マッチング率の低い箇所を基点として，評点 3 を跨ぐ大幅な変動をしていることが分かった．また 4 因子が大きく変化する 4 箇所の内，3 箇所が同一箇所であることが分かった．このことから，この 3 箇所を基点にする前後の評価ポイントに，4 因子に大きな変動を引き起こす要因があることが考えられる．変動の基点となっている 3 箇所では，マッチング率が低い(Rhythm パターンの変化率が高い)ことから，4 因子に大幅な変動を与えた要因に Rhythm

が関係していることも考えられる．

一方，軽さと荘重の両因子については，曲全体を通して大幅な変動はない．しかも，比較的マッチング率が低く，上記 4 因子が大幅な変動な変動をした基点となる，共通の 3 箇所でも両因子に大幅な変動は見られない．このことから，この 3 箇所を基点とする前後の評価ポイントには，高揚・抑鬱・親和・強さの 4 因子に大きな変動を引き起こす要因があるが，軽さ・荘重の 2 因子に変動を及ぼす要因は含まれていないと考えられる．

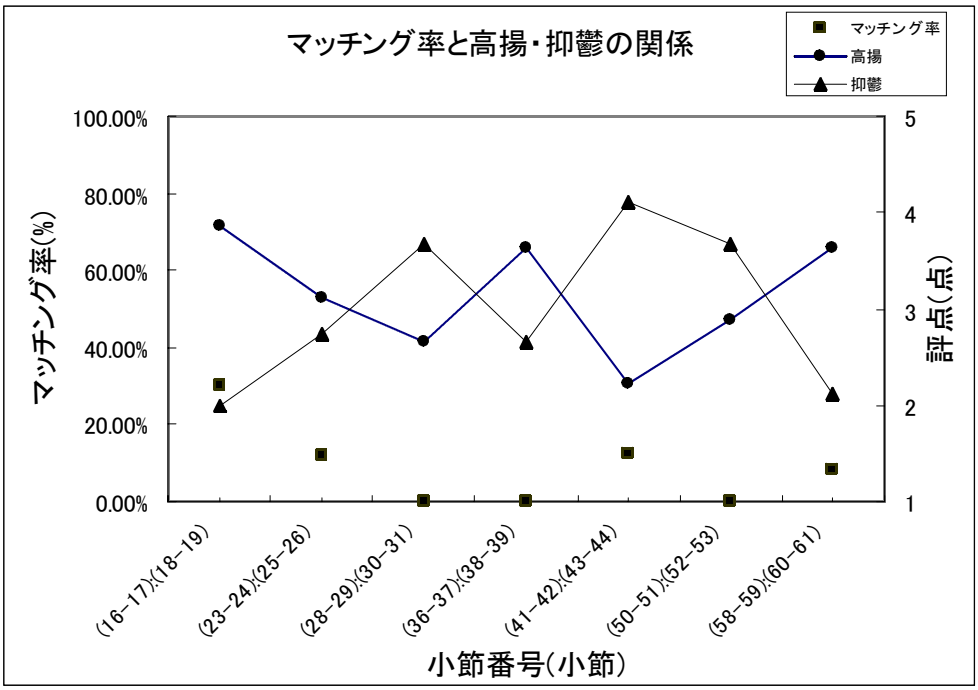

図 6.1(a)　「悲愴」における高揚・抑鬱因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

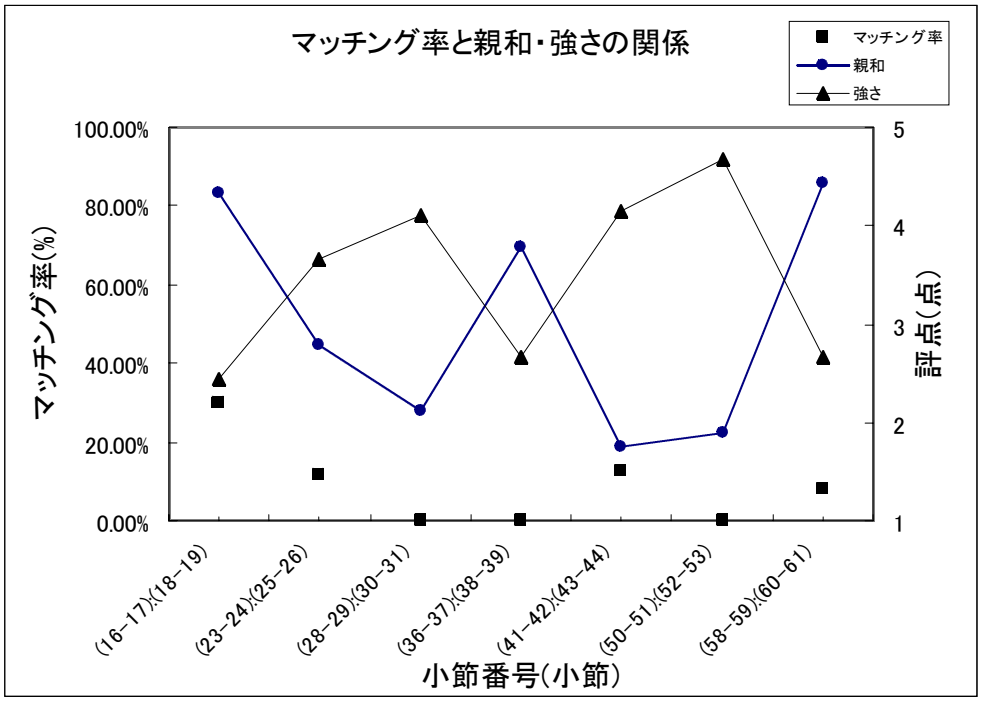

図 6.1(b)　「悲愴」における親和・強さ因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

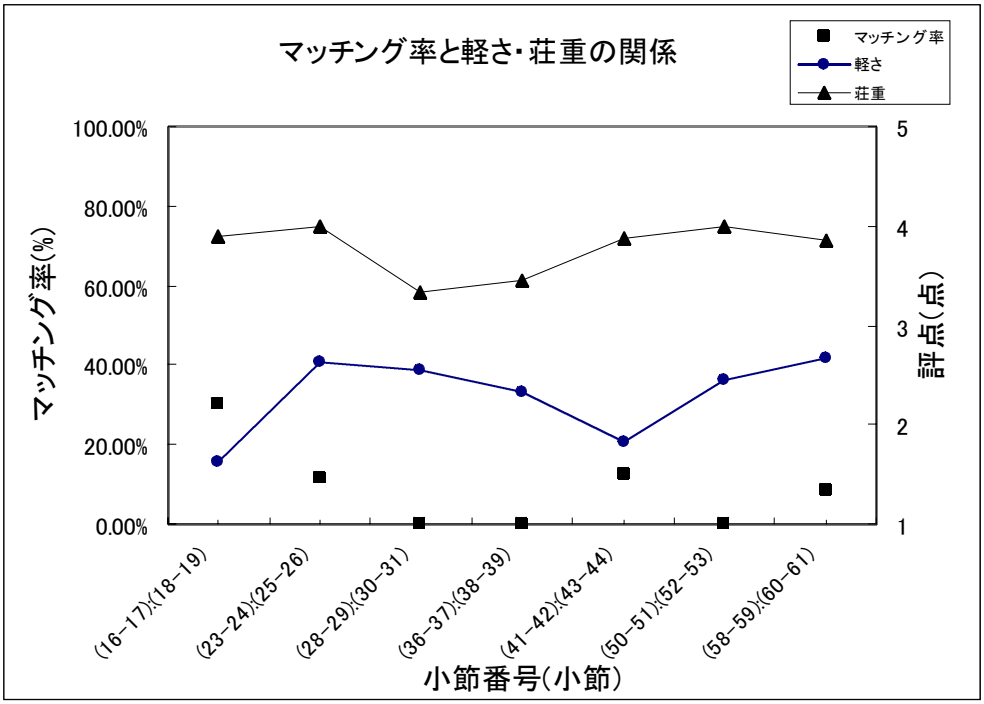

図 6.1(c)　「悲愴」における軽さ・荘重因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

6.2　Pachelbelのカノンについての考察

Pachelbel のカノンにおける，各因子と Rhythm パターン変化の関係を，図 6.2(a)～(c)に示す．

図 6.2(a)は，高揚・抑鬱因子と Rhythm パターン変化の関係をグラフで示したものである．カノンにおいて，高揚と抑鬱の両因子が共に比較的大きな変化をしている箇所が，小節番号(43-44):(45-46)である．高揚・抑鬱共に評点 1 程度の変化である．この箇所のマッチング率は 20%弱で，グラフ中では際立って低い値ではない．

図 6.2(b)は，親和・強さ因子と Rhythm パターン変化の関係を示している．ここでは，強さ因子に評点 1 程度の変化が起きている箇所が，1 箇所確認できる．その変化の基点となる箇所が，小節番号(67-68):(69-70)で，マッチング率は 10%程度となっている．曲全体を通して，親和因子に変化はほとんど見られない．

図 6.3(c)は，軽さ・荘重因子と Rhythm パターンの変化の関係を示している．荘重因子には，曲全体を通して大きな変化は認められない．一方，軽さ因子は，小節番号(43-44):(45-46)を基点に，評点 3 を跨ぐ大幅な変化が見られる．

この，小節番号(43-44):(45-46)は，親和・荘重・軽さ因子に共通する変化の基点となっており，この前後の評価ポイントにこれら 3 因子を変化させる要因が含まれていると考えられる．同時に，そこには，親和・強さ・荘重因子に変化を引き起こす要因は含まれていないと考えられる．

一方で，小節番号(67-68):(69-70)は，強さ因子のみの変化の基点となっているが，その前の評価ポイントは上記 3 因子の変化を引き起こす要因も含まれていると考えらる．つまり，そこには，上記 3 因子に加え強さを感じさせなくなる要因も含まれていると考えられる．ちなみに，基点(小節番号(67-68):(69-70))より後ろの評価ポイントには，基点より前の評価ポイントに比べ，強さを感じさせる要因が含まれていると考えられる．

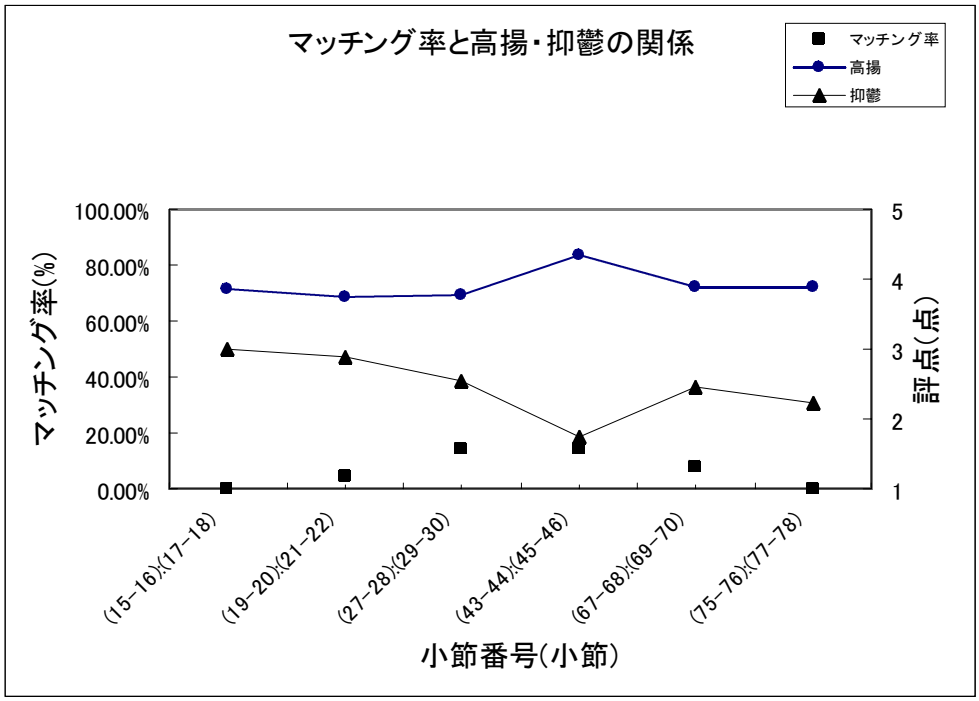

図 6.2(a)　カノンにおける高揚・抑鬱因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

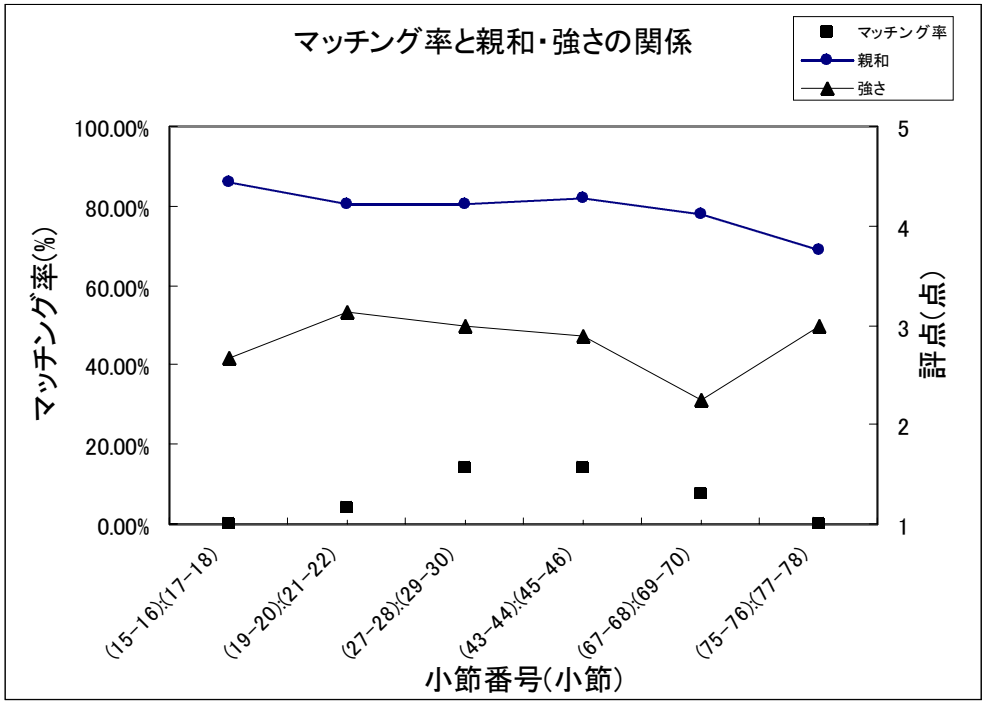

図 6.2(b)　カノンにおける親和・強さ因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

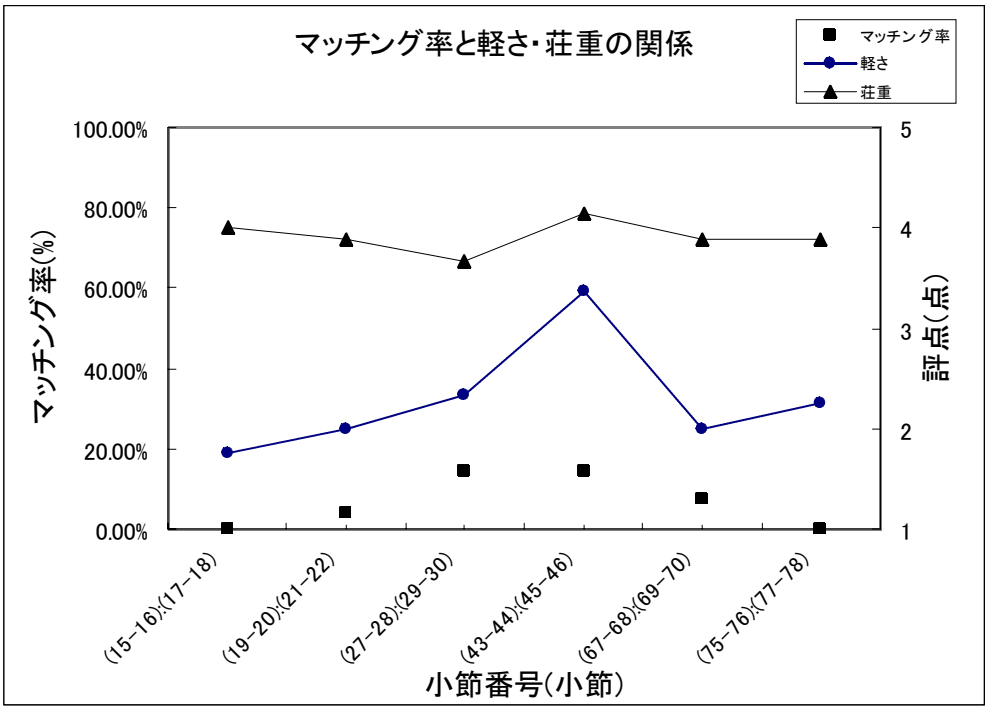

図 6.2(c)　カノンにおける軽さ・荘重因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

6.3　BWM147-2-3「主よ人の喜びよ」についての考察

BWM147-2-3「主よ人の喜びよ」における，各因子と Rhythm パターン変化の関係を，図 6.3(a)～(c)に示す．

図 6.3(a)は，高揚・抑鬱因子と Rhythm パターン変化の関係をグラフで示したものである．高揚・抑鬱因子が共に大きく変化する基点となる箇所は，小節番号(28-29):(30-31)，(45-46):(47-48)の 2 箇所である．前者のマッチング率は，約 40%と高く，後者は 5%程度と低くなっており，これまでの傾向とやや違ってきている．

図 6.3(b)は，親和・強さ因子と Rhythm パターンの関係を示している．親和因子は，小節番号(23-24):(25-26)，(28-29):(30-31)，(45-46):(47-48)を基点として，大幅な変化をしているのが確認できる．さらに，強さ因子も小節番号(23-24):(25-26)，(28-29):(30-31)を基点にして小幅ではあるが，変化している．マッチング率は，(28-29):(30-31)を除いては，

低い値である．

また，小節番号(28-29):(30-31)，(45-46):(47-48)は，高揚・抑鬱・親和・強さの 4 因子に共通する変化の基点になっていることが分かる．

図 6.3(c)は，軽さ・荘重因子と Rhythm パターンの変化の関係をグラフで示したものである．荘重因子は，楽曲を通して大きな変化は認められない．軽さ因子が大幅な変化をする基点は，小節番号(51-52):(53-54)である．この箇所を変化の基点としている因子は，軽さのみである．

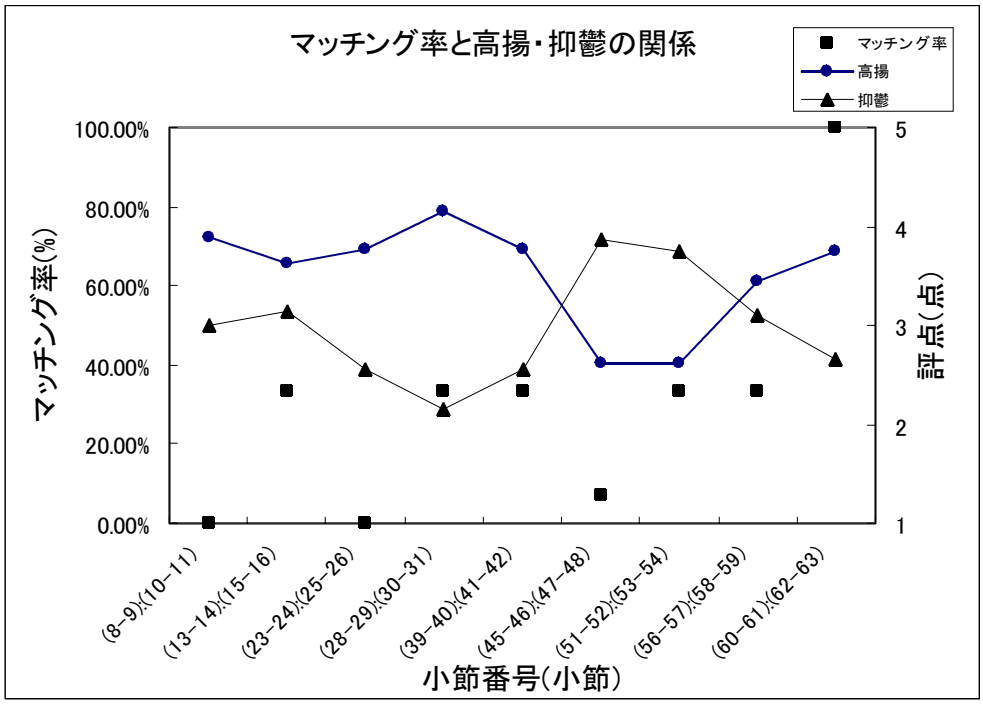

図 6.3(a)　BWM147 における高揚・抑鬱因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

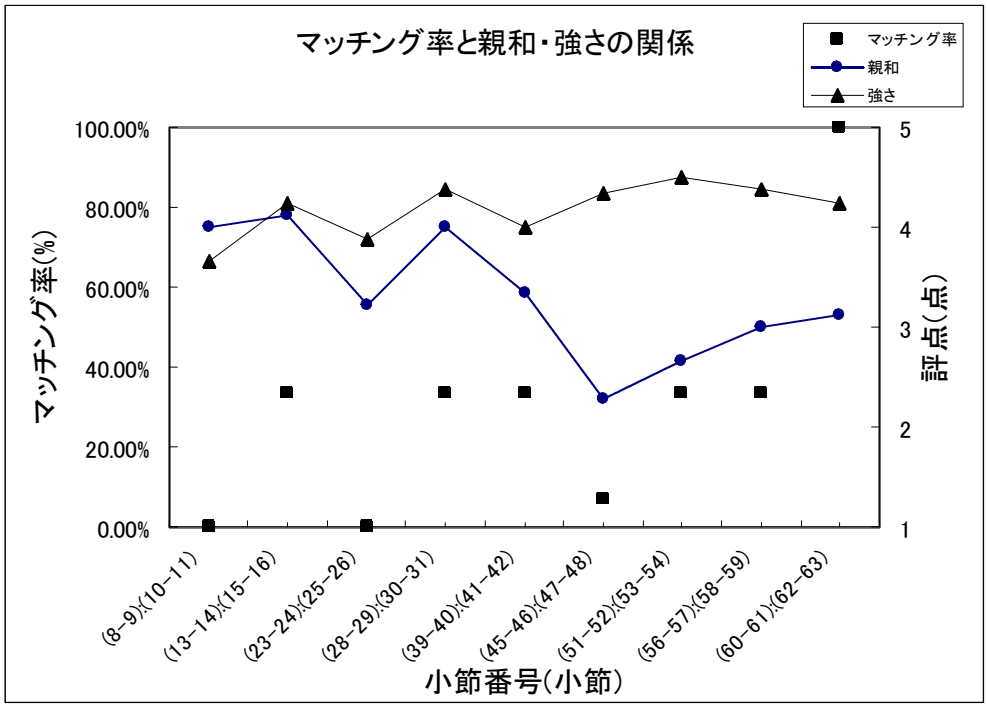

図 6.3(b)　BWM147 における親和・強さ因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

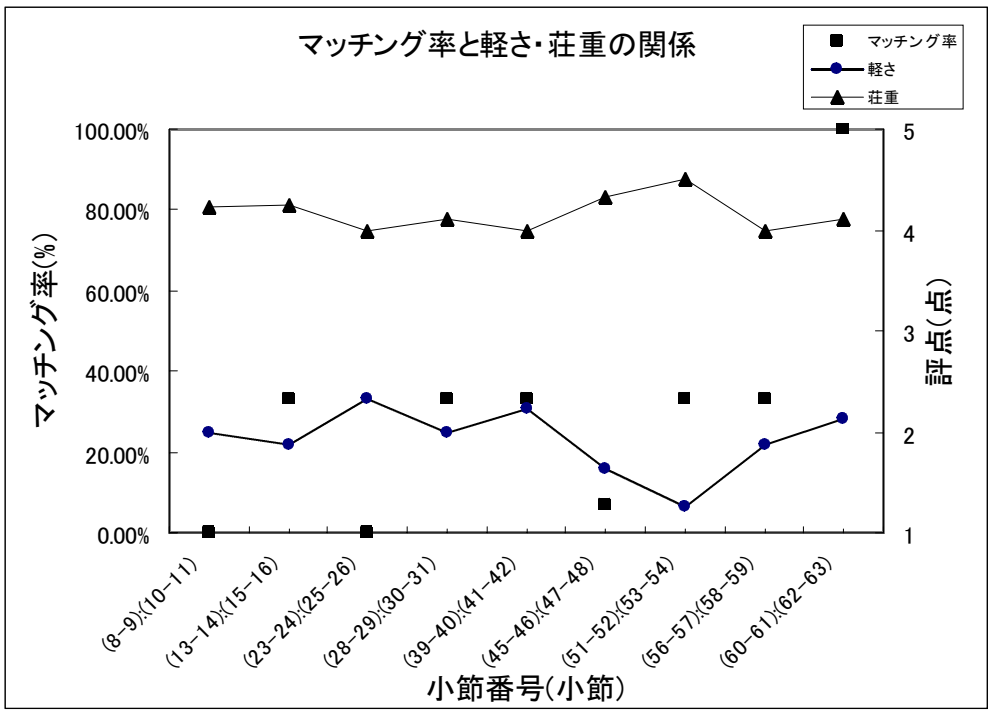

図 6.3(c)　BWM147 における軽さ・荘重因子の変化と Rhythm パターン変化の関係

6.4　本章のまとめ

今回の考察は，非常に簡素なものであった．しかし，Rhythm パターンが大きく変化する箇所が，主観評価実験で得られた各評価語に対する評価の大幅変動の基点になっていることが考察できた．このことから，その基点の前後の楽譜を分析することで，様々な感情反応に変化をもたらす要因を発見できると予測し，今後研究を続けていく．

また，本考察より，楽曲に喚起される感情反応は，楽曲の構成要素と密接に関係していることが考えられ，将来的に感情反応と楽曲の構成要素との対応を明らかにすることができる可能性が高いことを確認できた．

第7章

結論

7.1　まとめ

本研究は，背景にある大テーマの音楽的基礎研究の一部として位置づけられている．大テーマ達成のためには，楽曲から得られる感情反応がどの様なものなのか，そこから得られる感情反応にどの程度の共通性が見られるのかを明らかにする必要がある．一方で，楽譜を基に自動で曲調判断を行う必要もある．双方共に，楽曲から得られる感情反応に深く関係する．

そこで，本研究では，楽曲による感情反応という研究対象に対して，2 つのアプローチを行った．1 つは，楽曲の聴取によって喚起される感情がどの様なものなのか，それにはどれ程の共通性が見られるのかを研究する，人間側からのアプローチ．もう 1 つは，楽曲のどのような要素が感情反応に影響を及ぼすのかを研究する，音楽側からのアプローチである．本研究では，双方のアプローチから以下のような研究成果を得た．

人間側からのアプローチでは，主観評価実験より，評価語を使用して感情を特定のものに限定した場合，自由記入による感情を絞り込まない場合，共に感情反応にかなりの共通性があることが分かった．中でも，評価語を使用した測定の場合，楽曲を評価者が曲調変化を感知したポイントで区切り，評価ポイントを分けることによって，感情反応の共通性はより一層高まった．また，その評価結果を利用しての簡単な曲調判断も行うことができた．

この結果より，評価ポイントをより細分化していくことで，感情反応の共通性が増すことが予測できる．

また，自由記入の評価結果は，各曲，多いもので 100%，各上位 3 位までで見ると，約 50%以上の共通性が見られる．

楽曲に喚起される感情は，思い入れや，過去の経験などが深く影響するため，個人差があると言われ，かつ，評価語による評価に比べ，かなりのばらつきを予想していたにもかかわらず，これほどの共通性があることを確認することができた．

この結果より，楽曲に対する共通の印象というものは，ある程度，個人差などを越えて存在すると言える．

また，自由記入の評価結果を見る限り，評価者は楽曲を聴きながら，それぞれのヴァーチャル世界を作り上げていると考えられる．しかも，それらにはかなりの共通性が見られる．このことから，人間は音楽を聴きながら，ある情景を思い描いていて，それには共通するものがあることを確信した．大テーマでは，この頭に描いている情景を理論に基づいて，CG 化することで，楽曲を画像で表現したいと考えている．

続いて，音楽側からのアプローチでは，調査研究において，Rhythm の変化が曲調変化に関係していることが予測されたことから，音楽の 3 大要素の中でまず Rhythm に注目して分析を行った．

分析を行うためには，楽譜を Systematic に取り扱う必要があった．そこで，音符の種類を周波数に見立てて数値化する方法を考案し，音符の種類と配置パターンに限定した Rhythm パターンのマッチングを試みた．そのマッチング率と主観評価実験の結果から，曲調変化の感知者数と Rhythm パターンのマッチング率には強い負の相関関係があることを突き止めた．また，中でも主旋律の Rhythm パターンの変化が，曲調変化を感知させる特に重要な要因であることも突き止めた．

さらに，これまでの結果を検証したところ，マッチング率の低い箇所において，全ての評価者が曲調変化を感知した．このことから，研究方針の妥当性を確認できた．今後，研究を進めて曲調変化を感知するリズムパターン変化率の閾値を算出し，Rhythm パターンの変化に起因する曲調変化の判断を自動化したい．

最後に，これまで得られた双方のアプローチの結果を使用して，楽譜情報の変化と感情変化の関係に対する考察を行った．考察結果は，非常に簡素なものであったが，Rhythm パターンが大きく変化する箇所が，主観評価実験で得られた各評価語に対する評価の大幅変動

の基点になっていることが考察できた．このことから，その基点の前後の楽譜を分析することで，様々な感情反応に変化をもたらす要因を発見できると予測し，今後研究を続けていく．また，この考察より，楽曲に喚起される感情反応は，楽曲の構成要素と密接に関係していることが考えられ，将来的に感情反応と楽曲の構成要素との対応を明らかにすることができる可能性が高いことを確認できた．

7.2　今後の課題

Rhythm 変化に起因する曲調変化の判断基準の設定

まず，本研究で案した方法によって，Rhythm パターンの変化に起因する曲調変化の判断基準を決定する．

設定までのプロセスの妥当性は，本研究によって確認できたため，当面は，判断基準に使用するデータ数を増やすために，評価者，テストソースのサンプルを増やして，実験を続けていく．

また，現段階では，閾値を算出する方法が決まっていないため，最適な方法を考案する．

今回の解析で，対象から除外した打拍の強弱についても研究を行っていく．Rhythm パターンと打拍の強弱を数値表現することで，楽典において Rhythm 変化の要因とされているものを数値表現することができ，Rhythm 変化に起因する曲調変化の判断を楽典規則に基づいて行うことも可能となると考えている．

最終的には Rhythm の変化がどの様な感情反応と密接な関係を持っているのか，そして，Rhythm の変化によって，感情反応にどの様な変化が起きるのかを解析的に求めたい．

感情反応の変化と楽譜情報の変化の関係に対する研究

第 6 章で述べた考察から，各因子の評点が大幅な変化を起こす基点が，今回研究を行った Rhythm パターンが大きく変化する箇所(マッチング率の低い箇所)となっていることが分かった．

この基点の前後の評価ポイントに着目し，解析を行っていくことで，各因子の評点が大幅に変化する要因を発見することができると考えている．

しかし，高揚・抑鬱・親和・強さの各因子に対する評点が大幅に変化する基点は，共通する箇所が多い．その基点の前後の評価ポイントには，これら 4 因子を変化させる要因が含まれていると考えられる．したがって，これらの評価ポイントに着目して研究を行っていっても，そこには 4 因子を変化させる要因が混在していることが考えられ，各因子を変化させる要因を発見するのは困難である．

一方で，軽さ・荘重因子の評点が大きく変化する時の基点は，他の因子の変化の基点と重複するケースが少ない．よって，軽さ・荘重因子が変化している基点の前後の評価ポイントに着目して研究していくことで，軽さ・荘重因子に変化をもたらす要因が発見できる可能性が高い．

その要因が発見できれば，要因の変化と軽さ・荘重因子に対する評点の変化の対応付けに着手できると考えている．

UNIT の作成

研究を進展させ，楽譜情報の変化と感情変化の関係がある程度解明された段階で，感情反応が喚起されるレベルで，楽曲を構成する最小単位(以降，UNIT と称す)の作成に入る．まずは比較的大きな区切りで感情との対応付けを行い，その組み合わせで曲調判断が可能かどうかを確認する．

その上で，段階的に区切りを細かくして，UNIT の大きさを決定する．決定された UNIT とそこから喚起される感情の対応付けを行い，その UNIT とそこから喚起される感情のデータベースを作成する．そのデータを基に，楽曲を UNIT に分解し，各 UNIT と対応する感情反応を検索，その感情価の論理和によって，曲調の自動判断を可能にしたい．

これにより，本研究は，背景にある「聴覚障害者のための MIDI データからの自動画像生成」という大テーマにフィードバックされると考えている．

大テーマに対する調査研究

大テーマ達成のために必要な調査研究を行う．

特に大テーマの発想の中核である，音楽を聴いたときのイメージと映像を見たときのイメージにどうのような相関があるのかについての調査研究が必要である．

調査研究については，心理学，脳生理学，感性情報工学，福祉工学をはじめとする多種多様の学問分野について行う．

謝辞

本研究の遂行にあたり，研究に対する取り組み方，及び物事の本質を見極める洞察について終始熱心な御指導を賜りました本学情報科学研究科の宮原 誠 教授に心から謝意を表します．

本研究を推進するにあたり，貴重な御指導と御教授を賜りました産能大学経営情報学部の松下 武 教授，本学知識科学研究科の亀岡 秋男 教授，東京藝術大学の瀧井 敬子 助手をはじめとする東京藝術大学の関係者の皆様，ならびに本学情報科学研究科の小谷 一孔 助教授に深く感謝いたします．

また，日頃より多大なる議論と激励をいただきました本学情報科学研究科の亀田 昌志 助手，実験に協力していただいた皆様に厚く御礼申し上げます．

最後に，陰で私を支えてくれた両親，妹，彼女，友人に心から感謝します．

参考文献

［1］川野邊誠："聴覚障害者のための MIDI データからの自動画像生成"，産能大学卒業論文（1999,3）

［2］黒沢隆朝："楽典＜三訂＞"，音楽之友社（1998）

［3］R.West, P.Howell and I.Cross : "Musical Structure and knowledge Representation", In P.Howell, R.West and I.Cross（Eds.）:*Representing Musical Structure*, Academic Press, pp.1-30（1991）

［4］亀岡秋男："協和性理論とその応用"，東京芝浦電気株式会社総合研究所（1973）

［5］Akio Kameoka and Mamoru Kuriyagawa, "Consonance Theory Part I : Consonance of Dyads", *Acoustical Society of America*, Vol.45, No.6, pp.1451-1459（1969）

［6］Akio Kameoka and Mamoru Kuriyagawa, "Consonance Theory Part II : Consonance of Compley Tones and Its Calculation Method", *Acoustical Society of America*, Vol.45, No.6, pp.1460-1469（1969）

［7］谷口高士："音楽と感情"，北大路書房（1998）

［8］ロマン・インガルデン："音楽作品とその同一性の問題"，関西大学出版部（2000）

［9］梅本堯夫："音楽心理学の研究"，ナカニシヤ（1996）

［10］大蔵康義："音と音楽の基礎知識"，国書刊行会（1999）

［11］谷口高士："音は心の中で音楽になる"，北大路書房（2000）

［12］大串健吾："音楽の認知心理学"，誠信書房（1998）

［13］杉谷邦明，合志和洋，古賀広昭，小山善文："体につけた振動モーターによる音楽情報伝達と感性"，映情学技法，Vol.24, No.51, pp.83-40（2000）

［14］改田明子，箱田裕司："メロディーの記憶におけるプロトタイプと事例情報－反復要因の選択効果"，心理学評論，Vol.31, pp.323-336（1988）

［15］改田明子，箱田裕司："メロディーの記憶におけるプロトタイプの抽出と事例情報の保持の関係"，心理学研究，Vol.57, pp.365-371（1987）
［16］長尾真，宇津路武仁，島津明，匂坂芳典，井口征士，片寄晴弘："文字と音の情報処理"，岩波書店（2000）
［17］長島洋一，橋本周司，平賀譲，平田圭二："コンピュータと音楽の世界－基礎からフロンティアまで－"，共立出版（1998）
［18］新井純："SMF リファレンス．ブック"，リットーミュージック（1996）
［19］リットーミュージック出版編集部："MIDI バイブル I"，リットーミュージック（1998）
［20］リットーミュージック出版編集部："MIDI バイブル II"，リットーミュージック（1998）