

2018年度 博士論文

クラシックギターにおける奏法の違いが  
音色印象に与える影響

Impact of difference in perceived impression of timbre  
depending on technique for classical guitar

平成28年度入学  
学籍番号 2316908

志野文音  
Ayane Shino

平成30年10月31日

東京藝術大学大学院音楽研究科音楽文化学専攻  
音楽音響創造研究分野  
Research Field of Creativity of Music and Sound Tokyo  
University of the Arts

## 要旨

クラシックギターは、1本の楽器で多彩な音色を奏でることができるという魅力を持つ。同じ音高であっても奏法の違いによりあらゆる音色印象を表現することができる。クラシックギターという楽器特有の性質を生かした奏法として、弾弦位置と異弦同音の性質がある。音色変化のためのこれらの基礎的な奏法により、音色印象を様々に表現することが可能である。本研究では、弾弦位置と異弦同音という2つの奏法における音色印象と音響特徴量の対応について調査した。調査Aでは、楽器の個体差による影響を考慮に入れ、弾弦位置と異弦同音における音色の類似性（実験Ⅰ）と音色印象（実験Ⅱ）について2つの聴取実験をおこなった。調査Bでは、奏者の個人差による影響を考慮に入れ、弾弦位置と異弦同音における音色の類似性（実験Ⅲ）と音色印象（実験Ⅳ）について2つの聴取実験をおこなった。調査Aと調査Bでは、弾弦位置と異弦同音の性質に着目して音色の類似性と印象を調査するために、楽器と奏者の違い以外は全て同条件となるように聴取実験用の音刺激を作成した。音刺激には、同じ音高（E4, 331Hz）となるように1弦の開放弦、2弦の5フレット、3弦の9フレットの3本の弦について、12フレットの真上の位置からブリッジ方向に65mm、125mm、185mm、245mm、295mmの5ヶ所の位置で弾弦した計15種類を用いた。

実験Ⅰ・Ⅲでは、弾弦位置と異弦同音における15種類の音色の類似性について一対比較の聴取実験をおこない、INDSCALにより分析した。実験Ⅰでは、楽器の個体差を考慮に入れるため4本の楽器の弾弦音を用いた。実験Ⅲでは、奏者の個人差を考慮に入れるため3名の奏者の弾弦音を用いた。楽器や奏者の違いを考慮に入れておこなった2つの実験についてINDSCALの分析をおこなった結果、分析により得られた共通布置の図には、音色の類似度に関する心理的な距離が物理的距離に対応するように15種類の音色が示された。これにより、楽器や奏者の差によらず、弾弦位置と異弦同音それぞれについての音色の変化を捉えていることが分かった。また、ブリッジ寄りの位置での弾弦音に比べて、12フレット寄りの位置での弾弦音は音色変化が現れにくいことが分かった。そして、弾弦位置に対応する音響特徴量は「500Hzで分割した時の高域対低域のスペクトルエネルギー比」であり、異弦同音に対応する音響特徴量は「第4～7倍音までの時間重心の平均値」であることが明らかになった。

実験Ⅱ・Ⅳでは、弾弦位置と異弦同音における15種類の音色の印象を調査するために、12対の両極尺度の評価語を用いて評定尺度法による聴取実験をおこなった。実験Ⅰ・Ⅲと同様に、楽器と奏者の違いを考慮に入れるために、実験Ⅱでは4本の楽器、実験Ⅳでは3名の奏者の弾弦音を用いた。分析は、実験Ⅰ・Ⅲから得られた15種類の音色の類似度を表す共通布置の図をもとにして、図中に示された音色の布置と各評価語の評価得点との相関係数を算出することにより対応関係を求めた。これにより、異弦同音と弾弦位置という2つの関係性には「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はっきりした」「芯のある」「豊かな」「透明感のある」という印象が対応していることが分かった。そして、異弦同音には「明るい」という印象、弾弦位置には



「重い」「太い」「きれい」という印象が対応していることが分かった。

そして、楽器と奏者の違いが音色印象に与える影響を調査した。まず、実験Ⅱにより得られた各評価語の評価得点をもとに、楽器・異弦同音・弾弦位置による3要因の分散分析をおこなった。分析の結果、「芯のある」「丸みのある」「潤った」「太い」という印象は、楽器の個体差が評価の一部に関連する印象であることが分かった。特に、「芯のある」という印象は、弾弦位置と異弦同音における音色印象の評価の違いよりも、楽器の個体差による評価の違いの方が大きいと考えられることが明らかになった。次に、実験Ⅳにより得られた各評価語の評価得点をもとに、奏者・異弦同音・弾弦位置による3要因の分散分析をおこなった。分析の結果、「太い」「重い」という印象は、奏者の違いにより、弾弦位置のみでなく異弦同音においても印象評価の差が生じることが分かった。そして、「透明感のある」という印象は、奏者が異なることにより、弾弦位置や異弦同音における評価に有意な差があるとは言えないことが分かった。この他にも、「柔らかい」「はっきりした」「豊かな」「明るい」「重い」という印象は、奏者の違いによって印象評価に影響を与えることが明らかになった。特に、「はっきりした」と「明るい」という印象は、弾弦位置と異弦同音における音色印象の評価の違いよりも、奏者の個人差による評価の違いの方が大きいと考えられることが明らかになった。

以上の結果より、楽器の個体差や奏者の個人差によらず、弾弦位置と異弦同音における音色印象の傾向と音響特徴量との対応関係が明らかになった。この研究結果が、今後、クラシックギターが持つ多彩な音色印象を生かした演奏や指導、音楽制作に活用するための助けとなることを期待する。

# 目次

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 第1章：序論                              | 5  |
| 1.1 クラシックギターの概要                     | 5  |
| 1.1.1 歴史的変遷                         | 6  |
| 1.1.2 演奏と多彩な音色                      | 7  |
| 1.2 本研究の目的                          | 8  |
| 1.3 論文の構成                           | 9  |
| 第2章：楽器・奏法の構成要素                      | 10 |
| 2.1 楽器・弦の構成要素                       | 10 |
| 2.1.1 楽器の構造                         | 10 |
| 2.1.2 楽器の製作                         | 11 |
| 2.1.3 楽器の構造・品質と音響特性                 | 13 |
| 2.1.4 弦                             | 14 |
| 2.1.5 音の伝達                          | 15 |
| 2.2 奏法の構成要素                         | 16 |
| 2.2.1 構え方                           | 16 |
| 2.2.2 右指のテクニック                      | 16 |
| 2.2.3 左指のテクニック                      | 22 |
| 2.3 結論                              | 24 |
| 第3章：音色の多次元性                         | 26 |
| 3.1 音色研究の方法                         | 26 |
| 3.1.1 MDSとINDSCAL                   | 26 |
| 3.1.2 評価語を用いた手法                     | 29 |
| 3.1.3 クラシックギターの音色研究                 | 31 |
| 3.2 筆者の先行研究・調査                      | 35 |
| 3.2.1 INDSCAL：異弦同音と弾弦位置の違いによる音色の類似性 | 35 |
| 3.2.2 評定尺度法：異弦同音と弾弦位置の違いによる音色印象     | 38 |
| 3.2.3 楽器の違いによる音色印象に対するアンケート調査       | 39 |
| 3.3 結論                              | 40 |
| 第4章：調査A 楽器差における弾弦位置と異弦同音の違いによる音色印象  | 41 |
| 4.1 実験刺激                            | 41 |
| 4.1.1 実験刺激の種類                       | 41 |
| 4.1.2 実験刺激の録音                       | 43 |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.1.3 実験刺激の編集                             | 45        |
| 4.2 実験Ⅰ：一対比較による聴取実験                       | 46        |
| 4.2.1 実験方法                                | 46        |
| 4.2.2 実験設備                                | 46        |
| 4.2.3 実験参加者                               | 47        |
| 4.3 分析                                    | 47        |
| 4.3.1 INDSCALによる分析                        | 47        |
| 4.3.2 弾弦位置・異弦同音と音響特徴量との相関                 | 49        |
| 4.4 考察                                    | 53        |
| 4.5 実験Ⅱ：評定尺度法による聴取実験                      | 55        |
| 4.5.1 実験方法                                | 55        |
| 4.5.2 実験設備                                | 55        |
| 4.5.3 実験参加者                               | 55        |
| 4.5.4 評価語の抽出                              | 56        |
| 4.6 分析                                    | 57        |
| 4.6.1 弾弦位置・異弦同音と評価語の対応                    | 57        |
| 4.6.2 3要因の分散分析                            | 60        |
| 4.7 考察                                    | 82        |
| 4.7.1 考察1：弾弦位置・異弦同音と評価語の対応                | 82        |
| 4.7.2 考察2：3要因の分散分析                        | 83        |
| 4.8 結論                                    | 86        |
| <b>第5章：調査B 奏者差における弾弦位置と異弦同音の違いによる音色印象</b> | <b>88</b> |
| 5.1 実験刺激                                  | 88        |
| 5.1.1 実験刺激の種類                             | 89        |
| 5.1.2 実験刺激の録音                             | 89        |
| 5.1.3 実験刺激の編集                             | 89        |
| 5.2 実験Ⅲ：一対比較による聴取実験                       | 89        |
| 5.2.1 実験方法                                | 89        |
| 5.2.2 実験設備                                | 89        |
| 5.2.3 実験参加者                               | 90        |
| 5.3 分析                                    | 90        |
| 5.3.1 INDSCALによる分析                        | 90        |
| 5.3.2 弾弦位置・異弦同音と音響特徴量との相関                 | 92        |
| 5.4 考察                                    | 95        |
| 5.5 実験Ⅳ：評定尺度法による聴取実験                      | 97        |
| 5.5.1 実験方法                                | 97        |
| 5.5.2 実験設備                                | 97        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 5.5.3 実験参加者                         | 97  |
| 5.6 分析                              | 97  |
| 5.6.1 弾弦位置・異弦同音と評価語の対応              | 98  |
| 5.6.2 3要因の分散分析                      | 99  |
| 5.7 考察                              | 122 |
| 5.7.1 考察1：弾弦位置・異弦同音と評価語の対応          | 122 |
| 5.7.2 考察2：3要因の分散分析                  | 123 |
| 5.8 結論                              | 125 |
| <b>第6章：総括</b>                       |     |
| 6.1 結論                              | 127 |
| 6.1.1 実験Ⅰ・Ⅲより ～弾弦位置と異弦同音における音色の類似性～ | 127 |
| 6.1.2 実験Ⅱ・Ⅳより ～弾弦位置と異弦同音における音色印象～   | 128 |
| 6.1.3 楽器・奏者差が影響を与える音色印象             | 129 |
| 6.2 演奏・指導・音楽制作への応用と今後の展望            | 129 |
| <b>参考文献</b>                         | 131 |
| <b>巻末資料</b>                         | 135 |

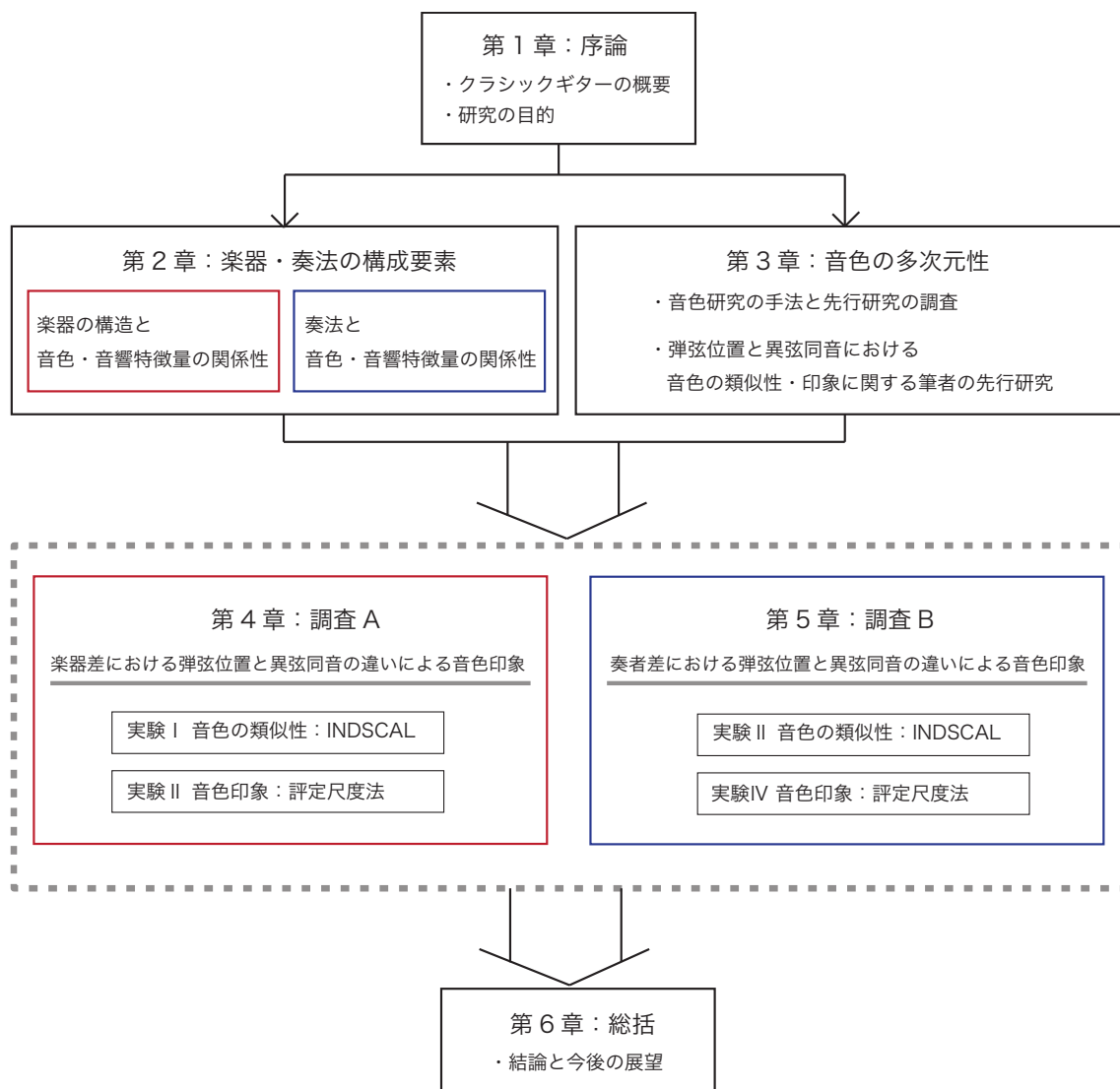


図1：本論文の流れ

# 第1章

## 序論

クラシックギターは、1本の楽器で多彩な音色を奏でることができるという魅力を持つ。演奏音にいくつもの音色を持たせることができ、同じ音高であっても奏法を変化させることで様々な音色印象を表現することができる。ギター演奏には多くの奏法が存在する。しかし、奏法の違いにより生じる音色印象を十分に把握し使いこなせるようになるには、長年の演奏経験が必要となる。奏法の中でも楽器特有の性質を生かした弾弦方法として、弾弦位置の変化や、同一の音高が異なる弦に存在するという異弦同音の性質がある。弾弦位置と異弦同音は音色変化のための基礎的な奏法となるため、これらを弾き分けることにより生じる音色印象の傾向を把握することは、演奏や音楽制作においてより表情豊かな音楽を作り上げる助けとなるだろう。

先行研究では、音色印象と奏法の関係性についてギター奏者を対象にした聞き取り調査や、弾弦方法に対応する音響特徴量を解明するための調査がおこなわれてきた。しかし、実際に弾弦位置や異弦同音に関する音色印象について主観評価実験がおこなわれた調査はなく、これらの2つの条件下によって得られる印象と音響特徴量との対応については明らかにされていない。

本論文では、弾弦位置と異弦同音の性質に着目し、音色印象の変化とそれに対応する音響特徴量の解明を目指していく。

本章ではまず初めに、導入として以下の項目に関して解説をおこなう。

1. クラシックギターの概要
2. 本研究の目的
3. 論文の構成

### 1.1 クラシックギターの概要

クラシックギターとは、ギターの分類の中で最も伝統的な楽器である。クラシック音楽の他にも、あらゆるジャンルの音楽においてしばしば用いられる。L. v. ベートーヴェン (1770～1827) やH. ベルリオーズ (1803～1869) らの作曲家によって「ギターは小さなオーケストラである」「ギターはいろいろな面を持った最も豊かな楽器である」[1]と言われ、1本の楽器でメロディーから伴奏部までも奏でることができる完結した音楽性を持っている。また、指先を用いた様々な弾弦方法により音色が緻密に変化する。このことから、多彩な音色を奏でることができるという特性を十分に生かした演奏をすることが求められる楽器である

### 1.1.1 歴史的な変遷

Wilkinson[2]による記述を元に、クラシックギターの歴史的な変遷について述べる。クラシックギターは、16世紀に、古代に起源を持つスペインの古楽器ビウエラから発達した。ビウエラはリュートと同じくらいの大きさの楽器だったと考えられている。弦はリュートと同じく複弦で、6〜7本のガット弦が2本1組で張られており、同音あるいはオクターブ同音で調弦されていた。ボディには4〜5コースの複弦が張られ、それぞれの調弦は4度と3度であった。奏法は弦をつまびく弾き方と複数の弦をかきながら弾き方が用いられていた。主に、歌や踊りの伴奏に用いられていたが、16世紀のフランスでは器楽曲としてのギター曲集も出版されるようになった。

17世紀には、現代のギターにほぼ近いものが作られるようになった。この時代のギターは、ヨーロッパ王室や貴族の間、特に婦人にもてはやされた高貴な楽器であった。次第に、弦を増やして音域を広げることにより普及していった。また、宮廷のリュート音楽の影響からR. ド・ビゼー (1650頃〜1725) らによってより複雑な楽曲も書かれるようになった。

18世紀には、6弦ギターが主流となった。低音域から高音域まで出せる独奏楽器としての楽器の改良とともに、弦そのものにも改良が見られた。こうした改変の結果、18世紀から19世紀初頭にかけてギターのレパートリーが増え、特にこの時期にはスペインとイタリアで作曲も手がけるギター奏者が次々と登場した。スペインからはF. ソル (1778〜1839) や教則本で有名なD. アグアド (1784〜1849)、イタリアからはF. カルリ (1770-1841)、M. ジュリアーニ (1781〜1829)、M. カルカッシ (1792〜1853) 等が現れた。当時、スペインでもっとも有名なギタリスト兼作曲家だったのがソルで、ヨーロッパ各地で演奏会をし、作曲も手がけた。ギターが幅広い聴衆に受け入れられるために大きな影響を与えた人物であった。また、大作曲家の作品にもギターのためのものが現れ始め、L. ボッケリーニ (1743〜1805)、C. M. v. ウェーバー (1786〜1826)、F. シューベルト (1797〜1828)、N. パガニーニ (1782〜1840) 等が作品を残している。

19世紀は、ギター音楽の黄金時代と言われている。スペインの楽器製作者A. トーレス (1817〜1892) により、ギターはようやくコンサート楽器として成立し、盛んに発展した。トーレスの考案したギターは当時のすぐれた演奏家たちに熱狂的に受け入れられた。「クラシックギター音楽の父」と言われるF. タレガ (1852〜1909) もそのひとりで、過去の作曲家による楽曲をギターで演奏できるように編曲したことで知られている。タレガに続いて、「現代クラシックギター奏法の父」と言われるA. セゴビア (1893〜1987) などの名演奏家たちが次々と登場したことにより、多くのギター作品が生まれ世界的な名声を得ていった。そして、ギターは独奏のほか、室内楽の楽器としてもてはやされた。

現代では、N. イエペス (1927〜1997) やJ. ブリーム (1933〜)、L. ブローウェル (1939〜) といった世界的名手も多く、多くの作曲家がギターのための作品を書いている。そして、ギターはクラシック音楽のみでなく、ポピュラーや歌謡曲、ロック、ジャズ、フラメンコ、フォルクローレ、ボサノバ等でも重要な存在となっている。

### 1.1.2 演奏と多彩な音色

クラシックギターは、幅広い音域と多彩な音色を持つ表現豊かな楽器として知られている。音楽が要求する旋律・和声・リズムの全てを表現することができるとともに、様々に音色を変化させることができる等、幅広い役割を担うあらゆる要素を具えた楽器である。繊細な音作りができる楽器でもあるため、演奏者は一つ一つ丁寧に、音の印象がうまく聴き手に伝えられるように心がけて演奏をおこなう必要がある。また、魅力的な演奏をおこなうためには、多彩な音色を奏でることができるという楽器の特徴を最大限に生かすことが求められている。

クラシックギターを演奏する場合には、まずは楽譜に記された内容を忠実に再現しようと試みる。その際には、歴史的に名を残す著名なギター奏者の演奏方法を参考にしたりすることがある。その一方で、クラシックギター演奏においては、他の楽器演奏に比べて運指や弾弦方法等の自由度が高い部分も多いため、演奏者独自の解釈を織り込んだ演奏もおこなわれている。また、ソルのエチュードを集めた教則本[3]の楽曲解説欄にも「このような曲の場合、長調と短調の音色を変えてひいてみるのも曲を活かす1つの方法でしょう」と書かれているように、演奏者にとって音色印象をうまく弾き分けることは、常に心がけるべき重要な要素の一つとも言えるだろう。しかし、実際の楽譜上には、右指の弾弦位置や左指で押さえる弦とポジション等の弾弦方法が細かく記譜されていない場合が多くあるため、これらのことを演奏者自身で考えて音作りをおこなう必要性が生じる。演奏者は、より良い音色表現のための弾弦方法の選択について、自身の経験に基づいて様々な観点から判断し決定しなければならないだろう。したがって、音楽に沿った魅力的な音作りをおこなうためには、弾き方や弾く位置、弾く弦の選択等の様々な弾弦の選択肢の中からより適切な方法を検討することが重要となると考える。

また、クラシックギターは、言葉で様々な音色の印象を表すことが多い楽器である。特に、ギターの演奏指導の場面において、指導者がある音色の印象を言葉で伝えた際に、学習者はそれを音として表現するためにはどのように弾けば良いのかを考えなければならない場面がある。しかし、クラシックギター経験が少なく、弾弦方法と音色印象の関係性が把握できていなければ、印象をうまく音として表現することは難しいだろう。このように、ギター奏者は、例えばどの弦を用いてどの位置を弾くかといったような音色変化のための基礎となる奏法と印象との関係性を理解することが重要である。つまり、弾弦位置と異弦同音の性質による音色変化の傾向をある程度理解しておくことが必要となる。そうすることで、ギター演奏における音色の全体的な印象を感覚的につかみやすくなると考えられる。更には、異弦同音と弾弦位置の違いによる印象の変化の関係性を基礎とすることによって、それを元に、奏でたいとイメージする音色印象に近づけるためにはどのような奏法を用いれば良いかを考えることができるならば、奏法を応用させた充実した音楽表現へと発展させることが可能になるだろう。



## 1.2 本研究の目的

前述の通り、クラシックギターは、多彩な音色変化をおこなうことができると言われている楽器である。奏法によって様々に音色を変化させることができるが、印象の緻密な操作感覚は、長年の演奏経験により培われるものである。

クラシックギターに関する先行研究では、Rossingら[4]によって楽器本体の共鳴や弦振動といったギターから音が出ることに関する物理現象について解明されてきた。しかし、ギターの奏法により生じる音色の印象をどのように知覚しているのかという心理的側面については、まだ科学的に理解されていない範囲が多い。心理的側面についての先行研究の調査では、Traubeら[5]によって音色印象と奏法の関係性についてギター奏者を対象にしたアンケート調査がおこなわれている。また、本研究で取り扱う弾弦位置や異弦同音に関する研究では、それぞれの弾弦方法に対応する音響特徴量を解明するための調査[6][7]がおこなわれてきた。しかし、実際に弾弦位置や異弦同音という2つの条件下における音色印象について主観評価実験を用いた詳細な調査はおこなわれていない。また、これらの2つの条件下によって得られる印象と音響特徴量の対応については明らかにされていない。このような調査をおこなうことによって、弾弦位置と異弦同音の弾き分けによって表現できる印象変化の仕方を具体的に示すことができれば、演奏や音楽制作においてより表情豊かな音楽を作り上げる際の助けとなるだろう。

本研究では、クラシックギターの演奏時に音色の変化をおこなうことができる代表的な奏法として①弾弦位置の変化、②異弦同音の性質による変化に着目する。その2つの奏法の関係性において、音楽のイメージに合った音色印象を奏するためには、演奏者はどのように弾く弦や位置を選択すると良いのかを明確にしていくことを目標とする。この調査により、クラシックギター演奏者が長年の経験により感覚的に捉えているであろう弾弦位置、異弦同音と音色印象の関係性を聴取実験を通して明らかにしていく。また、奏法の違いによって表される音色印象と音響特徴量との対応を解明する。

これにより、演奏の初心者にとってはその関係性から成る音色パターンの傾向をつかみやすくなり、音楽的に理想とする音色印象を聴き手に伝えることができるようになるだろうと考える。上級者にとっても、本研究の結果を土台とすることで演奏上の応用方法を検討しやすくなるだろうと考える。このように、音色変化の基礎となる弾弦位置と異弦同音の変化によって表現できる音色の印象との関係性を解明することができれば、ギター奏者にとっての演奏上の一つの指針となり、実際の演奏の場面において、あらゆる音色表現を聴き手に伝えるために役立つと期待される。また、作曲者にとっても役立つと考えられる。例えば、意図する音色印象をよりの確に奏者に伝えるための具体的な弦の選択や弾く位置を楽譜上に記すことができるようになるだろう。また、奏法の変化に伴う音色印象と音響的特性についての関係性が明らかになれば、コンピュータを用いた音楽制作の場合にも、音響特徴量を調整することにより

クラシックギターらしい繊細な音色のバリエーションを扱えるようになり、求める音楽イメージの表現の幅が広がるだろう。

### 1.3 論文の構成

本章では、導入としてクラシックギターの歴史的な変遷や、演奏によって表現できる多彩な音色について述べた。演奏者や作曲者にとって、クラシックギターという楽器の持つ最大の特徴である多彩な音色を十分に生かすことは重要となる。本研究では、音色変化のために基礎的な奏法となる弾弦位置と異弦同音の2つの奏法と音色印象、そしてそれに対応する音響特徴量の解明を目指していく。

第2章では、楽器や奏法の構成要素とそれらに対応する音響特性について述べる。第3章では、本研究で用いた音色研究の手法と、それらを用いておこなった初期の研究例について述べる。また、クラシックギターの音色印象や弾弦位置と異弦同音に関する先行研究についても述べる。その上で、筆者が過去に1本の楽器について1名の奏者による弾弦音を用いておこなった弾弦位置と異弦同音における音色印象に関する調査の概要をまとめた。第4章では、調査Aとして、楽器の個体差を考慮に入れておこなった2つの主観評価実験について詳述する。実験Ⅰでは、弾弦位置と異弦同音における音色の類似性についてINDSCALを用いて調査した。実験Ⅱでは、音色の印象について評定尺度法を用いて調査した。そして、音色印象と音響特徴量との対応について明らかにした。第5章では、調査Bとして、奏者の個人差を考慮に入れておこなった2つの主観評価実験について詳述する。実験Ⅲでは、弾弦位置と異弦同音における音色の類似性についてINDSCALを用いて調査した。実験Ⅳでは音色の印象について評定尺度法を用いて調査した。そして、音色印象と音響特徴量との対応について明らかにした。第6章では、4つの実験結果をまとめ、本研究の総括を述べる。

## 第2章

### 楽器・奏法の構成要素

#### 2.1 楽器・弦の構成要素

##### 2.1.1 楽器の構造

有棹撥弦楽器の一種（図2.1.1、図2.1.2）[8]。8の字形のボディと表面に滑らかな指板を貼った棹を持つ。楽器のボディは木製で、表面板には軟材（代表的なのはスプルース）が使用される。表面板の厚さは約2.0～2.5mmで、内側は木製の芯材（力木）で補強されている。力木の配置には、数十種類の系統がある（図2.1.3）[8]。裏板と側板には、硬材（メープルやローズウッド）が使われる。裏板にも、補強法として力木が配置されている。また、ボディにはサウンドホールと呼ばれる穴が開けられている。そして、弦と表面板の接続部分にはブリッジが存在している。ブリッジは、弦振動を表面板に与える役割をする。指板は黒檀製が多く、半音ごとに弦を押さえつける位置の目印として洋銀製のフレットがはめられている。弦を押さえる際には、このフレットの上ではなく、すぐ近く的位置を押さえる。弦の全長は楽器によって異なるが、通常650mmである。指板の先から数えて12番目のフレットの位置はギターの弦の全長のちょうど半分位置となっている。そのため、12フレットの位置はギターの弦の倍音を浮き立たせて澄んだ音を奏でることができるハーモニクス奏法を用いる時にもよく利用される。音の高さは、チューニングペグを用いて弦を巻き上げたり緩めたりすることによって調整する。弦は6本で、太い方から順に6弦～1弦まで番号がふられている。A4=440Hzとした時の調弦は、E2=82Hz、A2=110Hz、D3=147Hz、G3=196Hz、B3=247Hz、E4=330Hzである。近年のクラシックギターの調弦の傾向としては、A4=442Hzを用いることも多い。音程は、第2・第3弦の間のみ長3度、他は完全4度である。



図2.1.1：楽器の構造

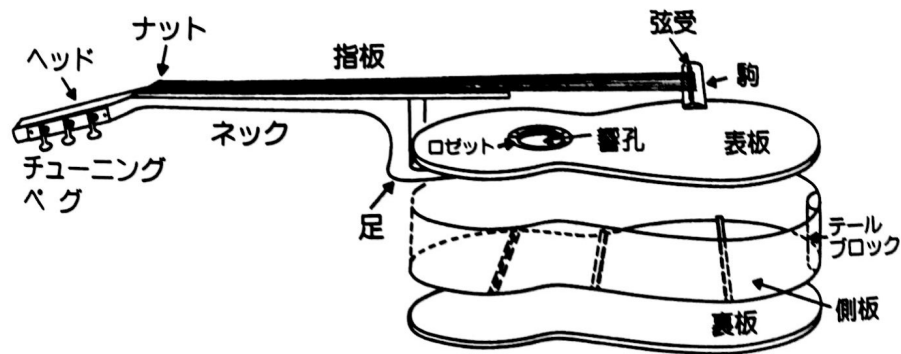


図2.1.2：ギターの外観と構造を示した分解図 (Rossing, 1982) [8]

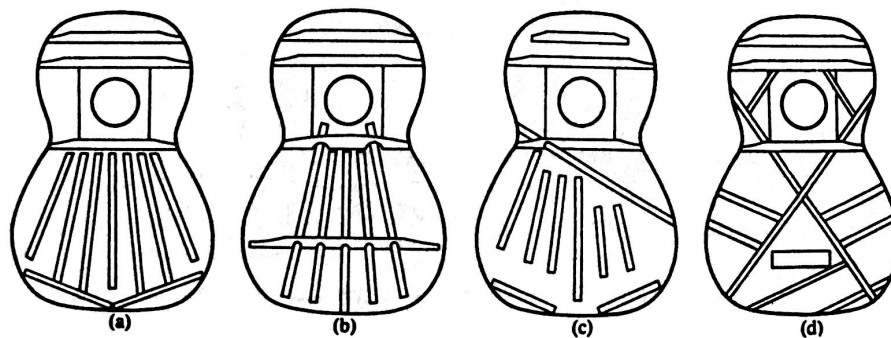


図2.1.3：力木配置の例 (Rossing, 1982) [8]

(a)トーレス以来の伝統的な扇形配置、(b)ブーシェ式 (フランス) 配置、  
(c)ラミレス式 (スペイン) 配置、(d)交差式配置。

## 2.1.2 楽器の製作

現代のギターは、19世紀に弦楽器の製作家トーレスが考案したモデルを踏襲しているものが多い。トーレスはギターの胴体を大きくし、表面板に扇状の力木をとりつけ、現代クラシックギターの発展に大きく貢献した (図2.2.1) [9]。Soloneの文献[9]によると、トーレスが考案したモデルは以下のような特徴を備えているものである[10]。

- (1)650mmの弦長
- (2)扇状に張られた表面板裏の力木
- (3)サウンドホール周辺を彩るモザイク
- (4)ドーム形状のボディ

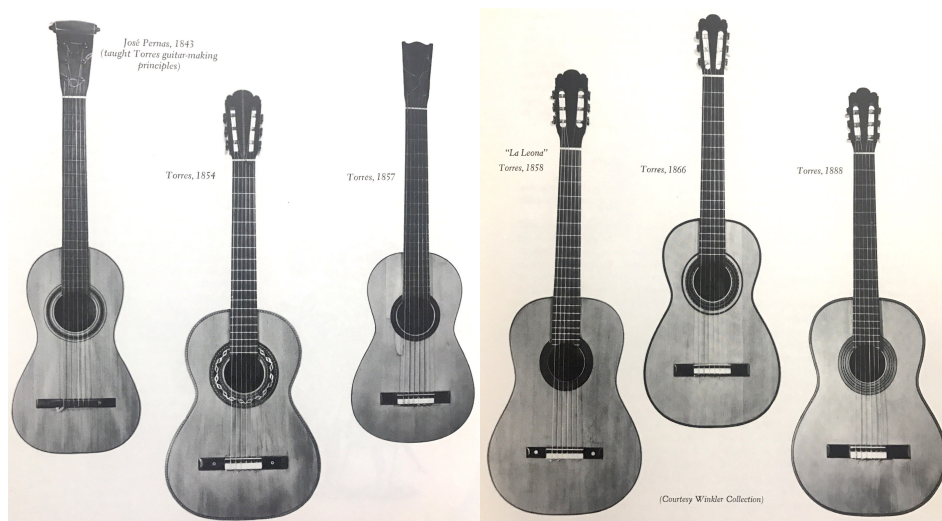


図2.2.1：トーレスが製作した楽器の変遷 (Soloane, 1966) [9]  
左から1843年、1854年、1857年、1858年、1866年、1888年。

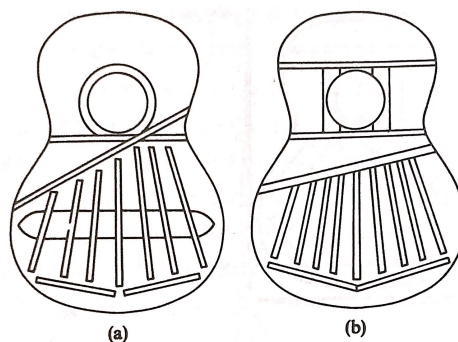


図2.2.2：表面板の力木配置が非対称な例 (Fletcher & Rossing, 1998) [4]  
(a)ハウザー（ドイツ）、(b)ラミレス（スペイン）。

また、クラシックギターという楽器の地位を確立させた「現代クラシックギター奏法の父」セゴビアが使用していたこともあり、現在では、ハウザーやラミレス系統の職人の手で作られた楽器が伝統的名器として非常に有名である。セゴビアは、最初の25年間はスペインのマドリードのM. ラミレス (1864～1916) のギターを愛用していた。その後、1937年からドイツのヘルマン・ハウザー1世 (1882～1952)を好んで使用するようになった。1960年以降は、ラミレス3世 (1922～1995) により製作された楽器が愛用されるようになった。これらの楽器は、トーレスのモデルを踏襲している。更には、表面板の剛性を増すために短く太い力木を高音側に用いることで、力木配置に非対称性を取り入れて設計されている (図2.2.2) [4]。

ドイツやスペインの製作者以外に、フランスのロベール・ブーシェ(1898～1986)の存在も有名である。ブーシェの製作方法はスペイン方式を取り入れているが、コンサート用ギターとしての外観的な美しさと同様に、かなりの音量と音の伸びを持つ楽器として知られている。ブーシェと共同製作をおこなっていたスペインのグラナダの製作者で、本研究で使用したアントニオ・マリン・モンテロ(1933～)の楽器も、現代のコンサート用の楽器として用いられている。また、近年の楽器製作の傾向としては、クラシックギターと言っても、様々な音楽ジャンルが融合されつつあるため、製作において目指す音色もそれに合わせて異なってきている。例えば、フラメンコの文化が盛んな地域では、同じスペインでも南の地域ほどフラメンコらしく明るく、立ち上がりの良い音を作る製作者が多い。

クラシックギターは、演奏家が音質をいかに制御し表現力の可能性を引き出すことが出来るかが求められている楽器である。これまでも、より良い楽器製作のために、楽器の構造を物理計測に基づいてモデル化することにより発音機構を解明し、楽器自体の音響特性を調査する多くの研究がおこなわれてきた。現在もなお、新しい楽器構造の開発が検討されている[11][12]。

### 2.1.3 楽器の構造・品質と音響特性

楽器の表面板には様々な材質が使用されるが、一般的に、表面板の材質が杉である場合にはやさしい柔らかな音色、松である場合には力強い遠鳴りする音色がされている。そして、表面板の厚さによっても響きや音色が変わる。また、力木は本来は表面板の強度を上げるために貼られるものであるが、音質に大きな影響を及ぼすと言われている。音質は、表面板の材料や塗装にも大きく影響を受け、表面板以外の部分は音色への影響は少ないとも言われる程である。また、塩幡らの研究[13]によると、ボディが振動する際に良いと考えられる音響特性として、①多くの固有振動数を含む、②低音弦の加振と高音弦の加振において振動する部分が非対称である、③3次共振のレベルが高いことが重要であることが述べられている。そのため、表面板の厚さは、固有振動数・振動振幅を考慮した上で薄くし、力木を多めに張った方が、振幅の増加、振動面の拡張において良くなると考えられている。このように、クラシックギターは表面板や力木の配置が、その楽器の音色を決定づけるため非常に重要である。

また、岡村らの研究[14]によると、ギターは、同じ楽器でも経年変化によって音色が変わることが分かっている。日頃の演奏によるギターの加振状態による時系列変化と木材、ニカワ、塗料等の材料の経時変化が加わり、長い時間の中で音質に変化が見られることをエイジングという。一般にギターは弾き方によって音質が変化するとされており、できあがったギターを弾き込むことによって全体のバランスを適切にしたり、音量感度をあげたりすることが可能であると考えられている。

徳弘らの研究[11]では、一般的に言われる良いギター音の条件として、①弾弦してから音の立ち上がりがよく、音が明瞭で大きく、余韻の減衰状態が自然に小さくなるこ

と、②正しく押さえて弾弦したときに、ビリツキがない平均した音が出ること、③タッチの位置を少しずらしても敏感に音色が変化し、爪の角度や力の入れかたで、硬い音や柔らかい音が自由に出ること、④和音を弾いたときの鳴りのバランスと音程が良いこと、⑤第10倍音以上の2.5～5kHzの倍音でスペクトル値が大きいことという5つの項目が述べられている。⑤の項目については、この周波数帯域は人間の耳の感度が最も良く、スペクトル値が大きい楽器は良い音で遠鳴りがするため、名器が持っている要件の一つであると考えられている。

また、Fohlらの研究[15]によると、高品質と言われるギターには、使用する材質や木材のシーズニングの期間、手工品であるかどうかに関係していると述べられている。高品質なギターを特定することは高確率で可能であり、高品質のギター音の分類として高弦が良い音であることが重要であることが分かっている。また、Caldersmithら[16]により、コンサートホール向きの楽器は、特に第6弦について初期の音が大きく、減衰が早いことが分かっている。その他にも、Meyerの研究[17]では、高品質性と大きな相関がある音響特徴量として①400Hz付近の共振のピークの大きさ、②共振のレベルが共振曲線のレベルに対してどれくらい高くなっているか、③共振の鋭さ(Q値)、④80-125Hzの範囲における1/3オクターブバンドでの平均レベル、⑤250-400Hzの範囲における1/3オクターブバンドでの平均レベル、⑥315-500Hzの範囲における1/3オクターブバンドでの平均レベル、⑦800-1000Hzの範囲における1/3オクターブバンドでの平均レベル、⑧200Hz付近の共振のピークの大きさが挙げられると分かっている。そして、岩永らの研究[18]により、楽器の違いには、基音から第3倍音までの低次倍音のそれぞれの大きさと高次倍音の減衰の速さが影響していることが分かっている。つまり、ギター音質においては、これらの倍音を変化させた場合に、人は異なった音と認識する。ギターの音質改良のためには、元となるギターの音質の倍音の強弱を時間的に変化させることで、目標とする音質を設定することが可能となると考えられている。

#### 2.1.4 弦

弦の歴史的な変遷について、Segermanの文献[19]を元に次のようにまとめる。1940年代までのギターには、ガット弦(動物の内部、はらわた、腱、神経、革等が使用されていたという記述もあるが、実際には羊腸の可能性が高い)が張られていた。天然のガット弦は音量は小さいが、振動の遠達性、持続性が高く、音が綺麗に伸びることが特徴である。17世紀中頃には、巻線が発明された。巻線とは、全ての張力を支える芯線のまわりに強度を増すために材料を巻き付けたものである。これにより、低音を拡張することができた。18世紀後半から、ギターに使われる巻線の芯として絹綿が標準的に使われるようになった。この弦の開発により、楽器製作者は複弦ではなく、単弦で6本張るのが良いと考えるようになった。20世紀半ばには、ギター用巻線の芯材がナイロンに置き換わった。20世紀以降は、プラスチック材や金属を含んだ弦が大半となった。

現在では主に、ナイロン弦が1、2、3弦の高音側に使用されている。昔と比較すると高音弦の銘柄による差は大きくないとされている[20]。それに対して、スチール弦が4、5、6弦の低音側に使用されている。スチール弦とは、ナイロンに金属を巻いた巻弦である。その他に、近年ではカーボン弦等も登場している。

Houstma[21]によると、各弦は、太さや張りは一様ではなく、ナイロン弦の場合には、通常50Nから80Nの張力を必要とする。一方、スチール弦は100から180Nの張力を必要とする。6本全ての弦の張力がほとんど等しくなるように弦のゲージを選択するのが良いと言われ、自分の楽器や奏法に最も適した弦を選択して使用すべきである。

### 2.1.5 音の伝達

ギターは撥弦された弦がブリッジや表板を励振し、表板から側板、裏板へと振動が伝わることで、本体やサウンドホールから音が放射される。連成振動系であり、高周波数は表板から、低周波数はサウンドホール・表板・裏板を通じて音が放射されると考えられている (図2.3) [4]。音をより良く放射するために、弦の振動はブリッジを介してボディに伝わっている。ギターの音は、弦からの振動がブリッジを介して表板に伝達し、表板が弦と同じ周波数で振動することで発生する。ボディは音を増幅する効果を持ち、特に表板による振動伝達と放射板としての役割は非常に重要である。表板の縦振動が音量や遠達性に深い影響を与えるが、裏板や側板も音に影響を及ぼす。表板の縦振動によって、ギターの外部に空気の密度変化を生じさせそれが音になる。それと同時に、ギターのボディ内にも同様な波が生じる。この波は裏板や側板にぶつかり反射してサウンドホールから外部に出るとともに、表板にもぶつかり表板の振動に影響を与える。さらに、側板からの反射波、裏板、表板からの反射波がボディ内部で複雑に反射・干渉を繰り返しながら減衰していく。このような作用によってギターの音色が生まれる。また、裏板や側板を硬くしてほとんどそれ自体が振動しないようにすれば、ボディ内部の反射による音波の減衰は小さくなる。つまり、裏板や側板が反射板の役割をするので、裏板や横板が柔らかいときよりもサウンドホールから出ていく波が大きなエネルギーを持ち、大音量が得られる。

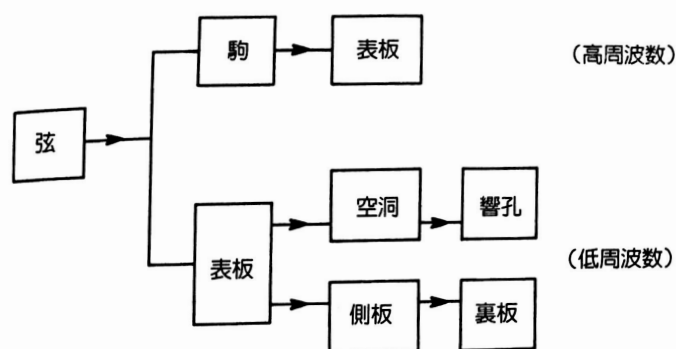


図2.3：振動伝達の概略図 (Fletcher & Rossing, 1998) [4]



## 2.2 奏法の構成要素

クラシックギターは、音色変化のための指先の繊細な調整により、演奏者それぞれの特徴が現れる楽器である。多くの奏法が存在し、右指の弦の弾き方や、左手の弦の押さえ方により自由に音色印象を作り上げることが可能である。

### 2.2.1 構え方

まず初めに、クラシックギターの基本的な構え方について述べる。低めの椅子に浅く座る。左脚を平行に足台に乗せ、膝にギターのボディのくぼみをのせる。右肘をボディのいちばん幅が広い部分に乗せる。ボディの小さい方の膨らみが胸の部分に当たるようにする。ネックのナットがおよそ肩の高さになるようにする。左手はなるべく体から離さないようにする。弦を押さえる各指はできるだけフレットに並行になるように手首を曲げ、親指はネックの裏側の中央より高音弦側に置く (図2.4) [22][23]。最近では、膝に合成樹脂の滑り止め用布を置いたり、足台の代わりにギターレストや肘置きや等の道具の使用も多い。ギターの構え方は、弾きやすくて体への負担が少なくなるように構えるのが良いとされている。



図2.4：楽器の構え方 (ビジュアル楽器図鑑, 2018) [22]

### 2.2.1 右指のテクニック

右指による弾弦が同一音高の音色表現へ影響を与える要因には、(1)アポヤンドとアルアイレという2つの基本的な奏法の違い、(2)弾弦位置、(3)爪の形、(4)指の角度と重み、(5)運指等がある。

### (1) アポヤンドとアルアイレ

アポヤンド奏法とアルアイレ奏法 (図2.5.1) [24]はクラシックギターにおいて最も基本的な奏法として用いられている。アポヤンド奏法は、弦を弾いた後、隣の弦に停止するように弾く奏法である。アポヤンド奏法は単音の場合、アルアイレ奏法よりも弾き易く安定感がある。弦の弾き間違いや、他の弦を鳴らしてしまうことが少ない。主に旋律に用いられ、豊かで太く、音量が大きなはっきりとした音をゆったりと奏するために適した奏法として使用されている。そして、アルアイレ奏法は、指が隣の弦に停止せずに空中に浮く奏法である。主に、和音を分解した音階や裏旋律を軽快にすばやく演奏するのに向いた奏法である。また、切れのある硬めの音で速く弾くときに適している。

次に、これらの奏法と音響特性の関係性について述べる。渡辺らの研究[25]によると、アポヤンド奏法は、弦が楕円運動しているときの表面板に垂直な運動成分と関係しているため、弾弦音の減衰が大きいことが分かっている。反対に、アルアイレ奏法は、パワー減衰率が小さく、音の持続時間が長いことが分かっている。また、アルアイレ奏法は、アポヤンドより基音以下のスペクトルピーク値が非常に小さい。この他にも、アポヤンドやアルアイレによる弾弦音は、時間が経過したあとのスペクトルにはさほど変化がなく、立ち上がり部分の奏法による音色の差異の影響が大きいこと、また、これらの2つの弾弦音のスペクトルにおいては、倍音成分よりもその間にあるモードに関係するスペクトルにおいて異なる部分が多いことが分かっている。そして、岡村らの研究[26]によると、アルアイレ奏法は、指先を弦に引っかけて弾くように加振するため、比較的高次成分まで膨らんだ形状をしていることが分かっている。安定性の高いアポヤンド奏法に対して、アルアイレ奏法は、弦のタッチの状態が一定でなく、弦の高次成分の制御が問題となる場合が多い。

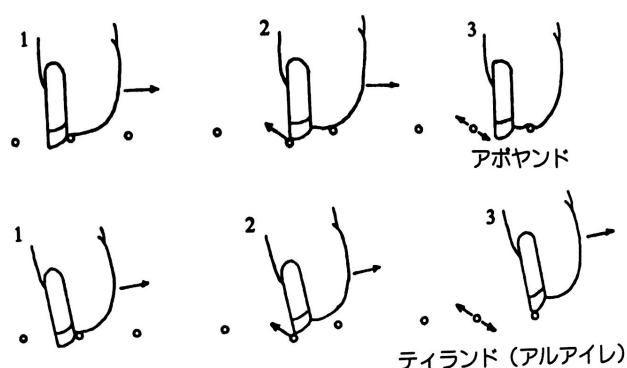


図2.5.1：アポヤンドおよびアルアイレ奏法における指使いと発生する弦の運動 (Taylor, 1978) [24]

## (2)弾弦位置

弾弦位置によって音色は変化する。ブリッジ近くを弾いた音と、指板上あたりを弾いた音とでは音色が異なる。ブリッジ寄りで弾弦することをスル・ポンティチェッロ (sul ponticello) と言い、硬く明るい金属的な音色になる。遠達性があり演奏会場の隅までよく通る音を奏でることができると言われている。一方で、弾弦位置を弦の中央、すなわち指板上の12フレット寄りで弾弦することをスル・タスト (sul tasto) と言い、柔らかく温かい音色になる。伝統的なメソッドにおいては、このように指が弦を弾く位置を変化させることが音色変化の重要な方法であった。通常の弾弦位置は、サウンドホールのブリッジ寄りの端付近の位置であるが、弾弦位置を使い分けてそれぞれの音色変化をうまく生かした配列をすることで素晴らしい効果が得られる。演奏上の表現が豊かな熟練した奏者ほど、弾弦位置の変化を巧みに扱っている。また、初心者にとっても、弾弦角度を変える等という弾弦動作よりも弾弦位置を変える方が容易であると考えられるため、音色変化のために非常に効果的な奏法であると言える。

西洋の作曲家やギター奏者は、弾弦位置を正確に定義し表記しようとした。例えば、G. ビベリアン(1944～)は、『Prisms II』 (1970) のために、演奏者が異なる音色を奏でるために使用すべき右指の弾弦位置を一覧として示した (表2.1)。その他にも、表2.2のように、作曲者が音色の印象変化を意図して、具体的な弾弦位置を指定する場合もある[27]。

次に、弾弦位置と音響特性との関係性について述べる。基本的には、弾弦位置をブリッジ寄りにすると倍音が増え、反対に12フレット寄りにすると倍音が減って基音の割合が増える。これは弦に振動を与える位置が発生する波の節となり、それに伴って波の振動のモードが異なってくることに起因する。また、一般に、弦は全長に対して支点から $1/\beta$ 地点 ( $\beta$ は任意の整数) で弾くと、 $n\beta$ 倍振動 ( $n$ はすべての整数) が抑制されることが知られている。つまり、弦振動において節となる位置を弾弦した場合には特定の倍音が欠落する。例えば、図2.5.2[28]のように、12フレットの真上 (弦の全長の中央) の位置で弾くことで、弾弦点に節ができるため偶数倍音が欠ける。原理としては、奇数倍音のみが生成されることになり、閉管楽器であるクラリネットと類似した音になると言われている。そして、弦の全長に対して $1/20$ の位置を弾いた場合には、周波数スペクトルの20番目の高調波が欠落する。このように、弾弦位置の変化によって、弦の各次数の横波の腹と節の位置の組み合わせが複雑に変化するため、音色が変わるのである。

| 略称  | 奏法名        | 意味                                       |
|-----|------------|--|
| Fo. | Flautando  | 弦長の半分の位置で弾く。                             |
| To. | Sul Tasto  | 音高に関わらず、12番と19番のフレットの間で弾く。               |
| Bo. | Sul Boca   | サウンドホールの上で弾く。                            |
| No. | Normale    | サウンドホールとブリッジの間で弾く。この時、右指はサウンドホール寄りに配置する。 |
| Po. | Ponticello | できるだけブリッジの近くで弾く。                         |

表2.1：G. ビベリアン作曲『Prisms II』(1970) における右指の弾弦位置の一覧

| 作曲者                    | 曲名                                     | 指定内容   |
|------------------------|--|--|
| C. ヘンツェ<br>(1872-1940) | Romanze in G-Dur                       | f am Steg (駒近く)、am Schalloch (響孔で)   |
| T. ダマース<br>(1925-1890) | Fantasia                               | Punticello con la superficie de las unas<br>(駒近く、それも爪で)                            |
| M. ボンセ<br>(1882-1948)  | Sonatina meridional                    | sonoridad velada (やわらかい音)、<br>sonoridad metalica (金属的な音)<br>・1小節ごとに音色を変えている        |
| D. アグアド<br>(1784-1849) | Gran Solo de Sor, Op.14                | la derecha cerca de la Tarraja<br>(響孔の近く)  |
| N. カルドーネ<br>(生没年不明)    | Amore ed Arte                          | sul manico imitando l'arpa<br>(ハープを模して指板上で弾く)                                      |
| F. カルッリ<br>(1770-1841) | Theme avec variations,<br>Op.270 no.21 | 波線*部分<br>(12フレットのあたりで駒から離れて弾く、<br>イングリッシュホルンの真似である)                                |
| J. アルカス<br>(1832-1882) | Rondena                                | セーニョの区間を駒近くをひき、遠くから聞こえる効果<br>をねらう<br>・駒近くをひく音は弱くても聞こえる音であり、やわ<br>らかい音で弱いと聞こえなくなるため |

表2.2：右指の弾弦位置を指定した曲例 [27]

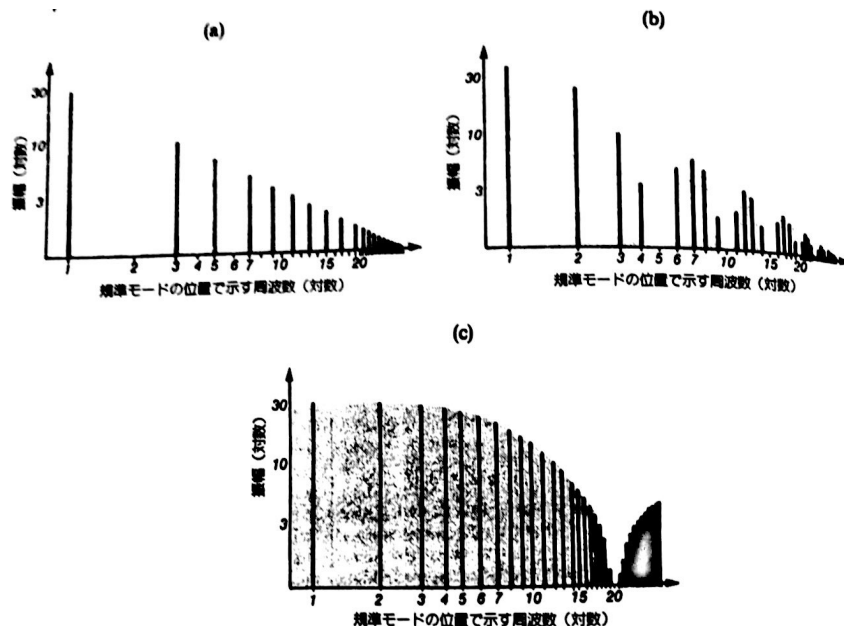


図2.5.2：(a)弦の中央、(b)ブリッジから弦の全長の1/5の位置、および(c)1/20の位置を弾いた場合の周波数スペクトル (Fletcher, 1976) [28]

### (3)指先・爪

音色の変化の要因として、爪、指、もしくはピック等、撥弦の材質が関係している。ギター奏者は指先の扱いには注意を払う必要がある。爪の厚さや形が人によって異なることは勿論のこと、奏者によって爪の形の整え方が異なる。基本的には手のひら側から見て爪が2mm程度出ている、先端がカーブを描くように鉄やガラス製のやすりで成形した上で、最終的に2000番程度の紙やすりで磨いて断面を滑らかにする。

クラシックギター演奏においては、主に、3つの流派がある。3つの流派について、タルレガ・ギター教則本[29]よりまとめる。①爪だけで弾く流派 (una流)。②最初に指の肉が弦に触れた後に爪が弦に当たる方法で指頭・爪の両方で弾く流派 (Yema Y una流)。現代の奏者のほとんどがこの方法を採用している。爪を使用することによって、音色の多彩さ、スピード、アーティキュレーションを得る能力が高まる。③爪を全く使用しない指頭派 (Yema流)。指頭で弾くことは、均一性、節度、音の太さ、透明なピッチカート、聞き取りやすいスケール、メタリックでない霊妙なトレモロが得られるとも言われている。

次に、指先・爪と音響特性との関係性について述べる。弦に対して爪を多くかけて弾くことで、鋭さや硬さが現れる。爪のみを使用すると、音はより細くなり、高周波スペクトルが含まれる。反対に、指頭で弾くと、接触面が広く柔らかくなるため、低周波スペクトルが多く含まれる。Schneider[30]によると、指先は、ローパスフィルタ

として機能する。弦に対する指先の接触幅が少ない程、カットオフ周波数が高くなると言われている。言い換えれば、弦に対する指先の接触幅を広げることは、高調波成分を減衰させる効果を持つ。渡辺らの研究[31]によっても、指による撥弦ではピックや爪に比べて高次の成分が少ないと述べられている。そして、爪による撥弦が最も音色の変化の影響が出やすいことが明らかになっている。

#### (4)指の角度

爪と指の肉を弦にかける角度の割合により音色が変化する。角度が直角に近づく程硬くはっきりとした音になり、鈍角にするほど柔らかい音になる。奏者は、音楽表現に適した角度を意図的に選択する。例えば、①スタッカート（短音）のとき、②重音が連続する場合にインパクトを与えて音楽の流れに変化を与えたいとき、③トランペットを意識するとき等に特徴付けたい場合等には、角度を垂直に変えるという方法が効果的であると考えられる。渡辺らの研究[23]によると、プロのギター奏者は、水平と垂直の弾弦音の割合を必要に応じて変化させ、自由に音を作り出せることが分かっている。

次に、指の角度と音響特性との関係性について述べる。Janssonの研究[32]によると、①表面板に対して垂直方向に引っ張ると、音レベルが大きく減衰時間が短い、②表面板に対して平行方向に引っ張ると、音レベルは小さいが減衰時間が長い、③表面板に対して斜め方向に引っ張ると、レベルは垂直時に比べてやや小さいが、減衰時間は長くなることが分かっている（図2.5.3）。また、音の始めと終わりのスペクトルは大きく変化するため、時間的なスペクトル変化に注目すべきであると述べられている。そして、谷田らの研究[33]から、弾弦時に音質に影響を与える要因としては、①弦に当たる際の衝撃力、②摩擦、③弦を離れるときの弦に与えられる初期変位、④弦にあたって滑るときに励起される高次の固有振動数、⑤弦に当たる面積が広くなることで励起される低次の固有振動数、⑥弦に対して斜めに当てることにより弦に接する面積が少なくなることで励起される高周波成分等が挙げられることが分かっている。

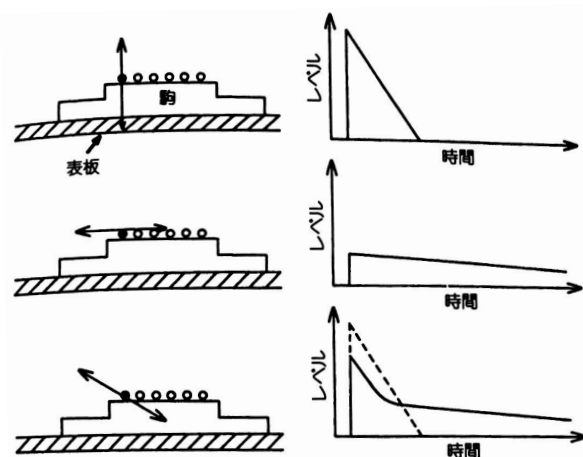


図2.5.3：異なった方向への弾き方に関するギター音の減衰率 (Jansson, 1983) [32]

## (5) 運指

右指の運指には、p (親指)、i (人差し指)、m (中指)、a (薬指)がある (図2.5.4) [29]。運指を変えることでパッセージの特徴を変えることができる。同じ指を連続して使うことで均等な音を奏でることができる。a (薬指)、m (中指)、i (人差し指)、a、m、iと3本の指を繰り返して使うことで3連符の雰囲気を出すこともできる。高音のメロディーを奏でるときには、i、m、aを使用することが多い、一方で、p (親指) は、主に低音のベースとなるようなフレーズによく用いられている。

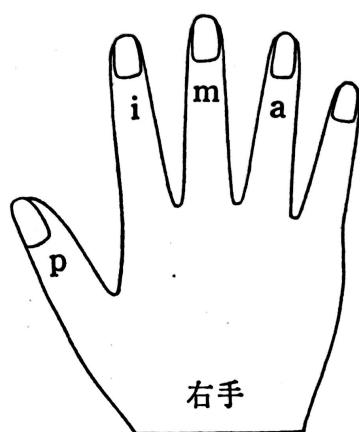


図2.5.4：右指の運指の記号 [29]

右指…mano derecha

親指…P (Pulgarの略)、人差し指…i (indiceの略)、中指…m (medioの略)、  
薬指…a (anularの略)、小指…ch (chicoの略。補助的にしか使用されない)。

## 2.2.3 左指のテクニック

左指による弦の押さえ方が同一音高の音色表現へ影響を与える要因には、(1)運指 (異弦同音)、(2)奏法 (ビブラート・ハーモニクス) がある。左指は、弦をしつかりと指先で押さえられるように爪を短く切っておく必要がある。ギター事典2[27]によると、ギターでは弦ごとに特性が全く異なり、1弦は明るい感じ、2弦は高音のメロディーを弾く時に良いとされよく歌う旋律を持たせることが多い、3弦は少し重い音でスチール弦からナイロン弦へ移る中間地帯を受け持つ、4弦は低音のメロディーを弾く時に良いとされよく歌う旋律を持たせることが多い、5弦は4弦と6弦の間の役割、6弦は太く重い音というように述べられている。

### (1) 運指(異弦同音)

左指の運指には、1 (人差し指)、2 (中指)、3 (薬指)、4 (小指) がある (図2.5.5) [29]。ギターではある一つの同じ音高に対して考えられる運指に2～3個の選択肢がある (異弦同音)。そのため、クラシックギターは楽譜によって左指の運指が異なることも多い。

例えば、1弦の開放弦、2弦の5フレット、3弦の9フレットを押さえることによって同じ音高 (E4) の音を奏でることができるため、3種類の運指が存在する。同じ音高であっても、このように押さえる弦が異なることにより音色も変化する。

出版されている楽譜に記されている運指には、次のような3通りの方式が考えられる。  
①作曲家自身が運指を付ける、②作曲家以外のギター奏者が運指を付ける、③運指が付けられていない。①については、作曲家がギター奏者 (主に、タレガ以降) の場合、運指が付けられている場合が多い。一方で、作曲家がギター奏者であっても、ソル、ジュリアーニ等の古典・ロマン派の作品については、ほとんど運指が付けられていない。この場合には、校訂者がそれぞれに運指を付けているため、数多くの種類の運指が存在している。②については、作曲家がギター奏者でない場合に、作曲家が依頼したギター奏者が運指を付ける場合が多い。③については、例えば、J. ロドリゴ (1901～1999) 作曲のアランフェス協奏曲や、H. ヴィラ＝ロボス (1887～1959) 作曲の作品のように、ごく一部しか運指が指定されていない楽曲もある。また、クラシックギター演奏においては、J. S. バッハ (1685～1750) やI. アルベニス (1860～1909) 等が作曲した他の楽器のための作品から編曲された楽曲を演奏することも多い。この場合には、編曲の数だけ異なる運指が存在する。クラシックギター演奏では、音楽的效果が直接的に運指選択に現れる。そして、運指により技術的な難易度も大きく異なる。そのため、演奏者自身が音楽的效果や難易度を考えて運指を選択することが多く、他の楽器と比較して運指選択の自由度は高い。ギター奏者には、押さえる弦とそれによって奏でられる音色印象を瞬時にイメージできる能力が重要となる。



図2.5.5：右指の運指の記号 [27]

左指…mano izquierda

親指…直接弦を押さえないため記号なし、人差し指…1、中指…2、薬指…3、小指…4。

## (2) 奏法 (ビブラート・ハーモニクス)

ビブラートを用いることにより音色に変化を付けることができる。ビブラートの方法としては、腕や手首を用いたビブラートと、指先を用いたビブラートの2種類がある。



これらの形を揺らす速さや強さにより音色に与える効果の大きさが異なる。ビブラートは、音の基本周波数の周期的な変化である。これには、ラウドネスと音色の同期振動が伴っている[34]。

ハーモニクスには、自然ハーモニクスとオクターブハーモニクスの2種類がある。自然ハーモニクスは左指を弦に軽く触れ、右指で弾弦すると同時に左指を弦から速やかに離して音を出すものである。自然ハーモニクスは、各弦の3、4、5、7、9、12、16、19フレットの8ヶ所ある。これらの位置は弦長の整数分の一となっているため、倍音の音を浮き立たせやすく、澄んだ音を奏でることができる。そして、オクターブハーモニクスは、奏でるべき音符を普通の音符と同様に左指で押さえ、次に右指の人差し指の先を左指で押さえたフレットから12番目のフレット上に置き、右指の親指を人差し指の後方に離して、この弦を弾くことで音が出る奏法である。時には、親指で他の低音弦を弾きながらオクターブのハーモニクスを出すこともある。この場合には、上記のように右指の人差し指である位置を軽く押さえ、薬指を人差し指の後方に離してこの弦を弾く。ハーモニクスは鐘のような響きを出すことができるとして、楽曲において効果的に用いられている。

## 2.3 結論

クラシックギターは、演奏家が音質をいかに制御し表現力の可能性を引き出すことが出来るかが求められている楽器である。楽器の響きや音色は、特に、表面板の材質や厚さ、力木の配置により大きな影響を受ける。現代の製作者は、トーレスにより考案されたモデルを踏襲しながらも、表面板や力木を工夫することによってそれぞれの楽器の個性を創り上げている。そのため、楽器の個体差により音色印象が異なるとされている。そして、クラシックギター演奏においては、奏者の指先が直接、弦を弾くことにより音が発生する。そのため、奏者によって異なる爪の厚さや形等の指先の状態が音色変化に影響を与える直接的な要因となる。これらのことから、調査を進めるにあたっては、楽器の個体差や奏者の個人差を考慮に入れることが必要であると考えられる。

また、2.2.2節や2.2.3節で述べたように、音色変化のための伝統的なメソッドである右指の弾弦位置や左指の運指選択（異弦同音）をおこなうことにより、あらゆる特色の音色印象を持たせることができる。この2つのテクニックは、右指の指先や角度、左指のビブラートやハーモニクスといった、より繊細なテクニックに応用させるための音色変化の基礎的なテクニックとも言える。同一音高に対して多彩な音色を作り出すことができるということは、この楽器の素晴らしい特徴である。ギター奏者が奏法の違いによる音色の繊細なバリエーションを知覚し、音色印象の変化を有効に活用することができれば、より魅力的な音楽表現ができるようになるだろう。

本研究では、楽器の個体差や奏者の個人差を考慮に入れ、音色変化の基礎的なテクニックとなる異弦同音と弾弦位置という2つの条件下において奏することができる音色印象について明らかにするために、調査を進めていく。

## 第3章

### 音色の多次元性

#### 3.1 音色研究の方法

音色は音楽表現に大きな役割を果たす。日本工業規格 (JIS) の音響用語の規格JIS Z 8106 : 2000) によると、音色は、「聴覚に関する音の属性の一つで、物理的に異なる2つの音が、たとえ同じ音の大きさおよび高さであっても異なった感じに聞こえるとき、その相違に対応する属性」と定義されている。音の3属性としては、高さ、大きさ、音色があるが、高さとは音の物理量との対応関係が比較的明確である。それに対して、音色は、心理的、物理的に多次元的な性質を持つため両者の関係を明確にすることは困難であると言われている。しかし、音色は、演奏において様々な変化を通して印象を聴き手に伝えることができる要素であり、音楽構造上の主要因の一つとして扱われている。そのため、楽器音の音色印象の解明は、作曲された楽曲を最終的に音楽に仕立てるためにも重要となる。

音色の心理学的測定法には、SD法 (Semantic Differential) や記述選択法、MDS (多次元尺度法 : Multidimensional Scaling)、精神物理学的測定法、尺度構成法等がある。3.1.1節以降では、本研究に使用したMDSとその一種であるINDSCAL (個人差尺度法 : Individual Differences SCALing)、そして評価語を用いた手法について述べていく。

##### 3.1.1 MDSとINDSCAL

MDSについて、難波の文献[35][36]を元に述べていく。MDSは、音色のような多次元属性の研究に適している。MDSを音色評価に適用した場合、刺激音間の距離として、音色の類似性が用いられる。対象間の相対的類似性 (相違) の指標に含まれている情報から心理学的空間の次元数を決定し、空間の中に対象の位置づけをおこなう。そのため、刺激音を対にして提示し、2つの音が似ている度合いを被験者に判断させる。この場合、刺激間の類似性を5段階や7段階等の尺度上で判断させる。MDSでは、このようにして得られたデータを用いて、被験者のデータを平均して作成した各刺激間の非類似性行列を元に分析をおこなう。分析により得られた図からは、刺激の類似性を示した空間において、2つの対象間の距離が2つの対象の類似性の程度を表すと考える。つまり、心理的な距離が図中の物理的距離に対応するという考え方である。もし、2つの対象が全く同じであれば、空間における対応する点間の距離は0となる。反対に、類似性の程度が減少するにつれて、対応する点間の距離は増大する。

また、個人差を考慮に入れたMDSの一種にINDSCAL[37]がある。佐藤[38]によると、個人ごとに作成した複数の非類似性行列がある場合、それらの間に有意な差がないと仮定できるのであれば、それぞれ各要素の平均を取ってMDSのように1つの行列とす

ればよい。しかし、複数の行列間に有意な差が想定される場合、INDSCALを当てはめる必要があると述べられている。INDSCALでは、共通布置 (共通空間) と重み布置 (個人空間) の2つを考える。ここでは、共通布置の各軸に各個人ごとの重みを掛けたものが個人空間となっていると仮定する。MDSとの違いは、計算結果の軸が、その方向への重みによって個人差を説明するという特別な役割を担っていることである。

MDSやINDSCALを音色研究に用いることによって、印象に関する心理量と物理量との対応を調査した初期の例として、以下に簡潔に述べる。

### (1) 楽器音色と周波数スペクトルの類似度

Plomp (1976) 自身の研究[39]として9種の楽器の音の1周期を切り出して、それぞれ反復することによって定常的複合音を作成した。その基本周波数を349Hzにすることによって高さを揃え、かつ大きさも同じに条件を揃えた。そして、音色の類似性の判断をおこない、その結果をMDSによって分析をおこなった。9種の楽器音の印象の相対的位置関係は図3.1の△印で示すように、3次元のユークリッド空間で表現された。

さらにPlompは、各刺激の部分音構造間の相違 (距離) が、心理空間上での距離を支配すると考え、刺激の部分音構造を15個の1/3オクターブ帯域フィルターによって分析し刺激のスペクトルの差を求めた。図3.1に物理量の布置を○印で示している。この図より、心理量の布置と物理量の布置が相似していることが分かる。Plompは、このような方法により音色に関する心理量と物理量の間関係を示した。

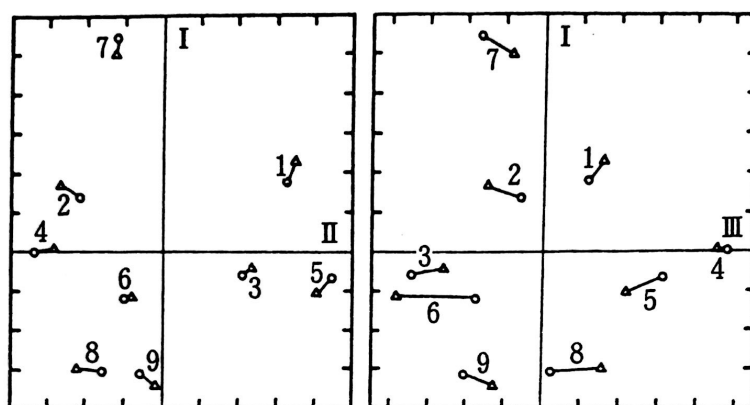


図3.1：非類似性行列から算出した音色空間 (△印) と、同じ刺激 (複合音) についてのスペクトル空間 (○印) を示す。(Plomp, 1976) [39]

### (2) 楽器音色と振幅エンベロープの類似度

Miller & Carterette (1975) [40]は、楽器の音色を規定する要因としてスペクトルの他に、時間的な特徴が重要であると示した。図3.2.1に示すように、刺激の時間条件 (振幅エンベロープの形)、図3.2.2に示す部分音構造、および基本周波数200、400、

800Hzを組み合わせた27種の人工音をコンピュータにより発生させて、音色の類似性を求める実験をおこなった。その結果をINDSCALにより分析している。分析結果の一例が図3.2.3であるが、I軸が基本周波数、II軸が弦楽器の振幅エンベロープ対非弦楽器、III軸が台形の振幅エンベロープ対非台形の軸であることが分かった。この実験により、音色の類似性を規定する要因として、基本周波数と振幅エンベロープが重要で、部分音構造の影響は知覚空間の上で大きくないことが分かった。このように振幅エンベロープの形を変え、基本周波数を変えた条件下では、複合音の部分音構造は音色の特徴を定める決定的な要因ではなく、むしろ振幅エンベロープのような時間条件や基本周波数のような高さに関する条件の方が音を特徴づけるより重要な要因になっていくことが分かった。

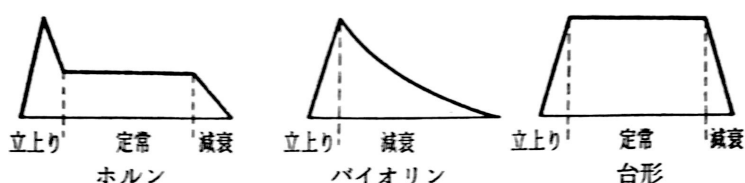


図3.2.1：刺激の時間エンベロープ (Miller & Carterette, 1975) [40]

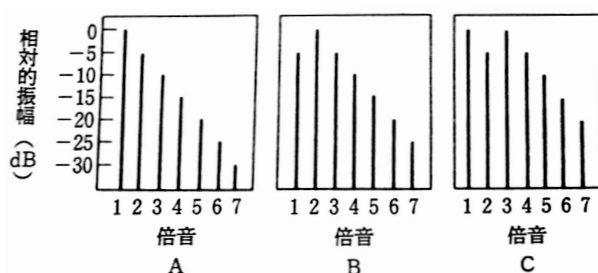


図3.2.2：刺激のスペクトル (Miller & Carterette, 1975) [40]

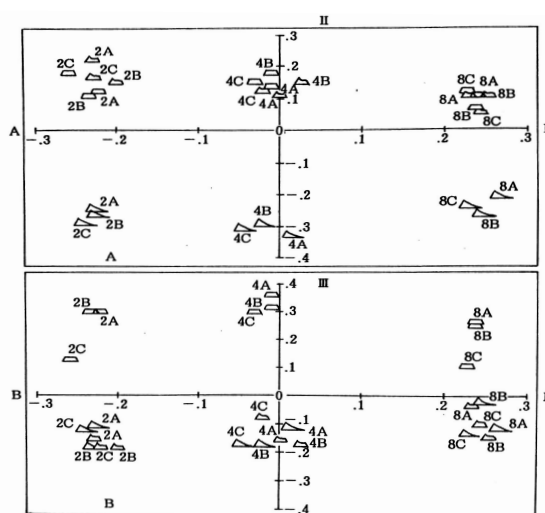


図3.2.3：INDSCALによる分析結果 (Miller & Carterette, 1975) [40]

図中の型は、図3.2.1のようにホルン、ヴァイオリン、台形を表す。  
型の中の最初の数字は基本周波数を表し、次の英字は図3.2.2中のスペクトル特性A、B、Cを示す。

例えば、2Bは基本周波数が200Hzでスペクトル特性が図3.2.2のBであることを示す。

### (3)楽器音色と周波数スペクトル・過渡的特性の類似度

Grey (1977) [41]は、16種類の楽器音について振幅包絡を直線近似して再合成した折れ線近似合成音を用いて、音色の類似性について判断させる実験をおこなった。そして、MDSを用いて分析し3次元の解を求めた (図3.3)。その結果、I軸は高域成分が含まれる程度を表すスペクトルエネルギーの分布、II軸はスペクトル変動の程度や対応を表す高次倍音の過渡部での同期生の有無、III軸は立ち上がり部分における低振幅非調波成分の有無を表すことが分かった。このようにして、基本周波数311Hzの楽器音色が周波数スペクトル構造と過渡的特性の両方に規定されていることを明らかにした。

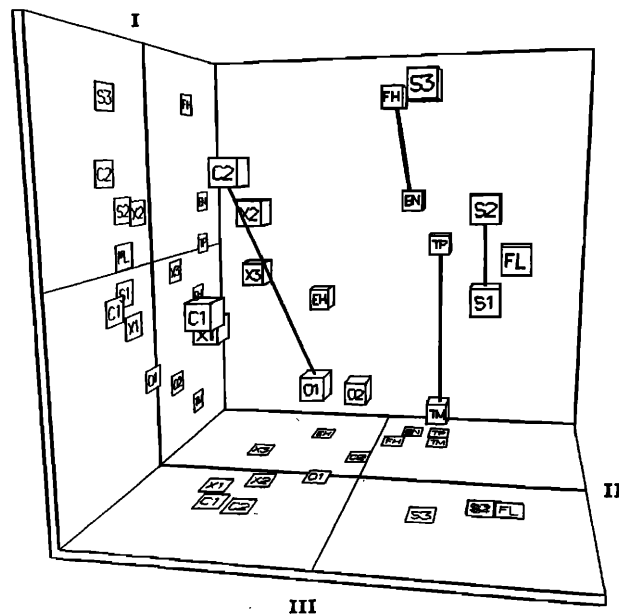


図3.3：16種類の楽器音色についての音色知覚空間 (Grey, 1977) [41]

O=オーボエ、C1=Es管クラリネット、C2=バスクラリネット、  
X1=サクソ (強弱：f)、X2=サクソ (強弱：mf)、X3=ソプラノサクソ、  
EH=イングリッシュホルン、FH=フレンチホルン、  
S1=チェロ (奏法：sul tasto)、S2=チェロ (奏法：普通)、S3=チェロ (奏法：sul ponticello)、  
TP=トランペット、TM=トロンボーン、FL=フルート、BN=バスーン

### 3.1.2 評価語を用いた手法

対象の持つ印象を形容詞を用いて評価する方法としてよく用いられる手法に、SD法がある。SD法について難波[35][36]の文献を元に、述べていく。SD法では、次のような2つの段階に分けることができる。第一が意味空間の直交次元数の算出と、その次元を代表する意味尺度の選定である。第二がその意味尺度を用いて対象を測定し、その対象を意味空間上の1点として位置づけることである。SD法における意味空間を定義

するためには、互いに直交する無相関の次元を用いる必要があるが、この直交次元を見出す数学的手法として因子分析等の多変量解析の手法と組み合わせて分析がおこなわれる。SD法では、形容詞を用いた両極尺度により評価をおこなう。評価の段階数は通常、5、7、9段階で構成する。このような方法によって得たデータは、通常、因子分析等の多変量解析の手法により少数の因子に集約した後に解釈がなされる。

本研究では、少数の因子に集約することを必要としないために、因子分析を用いなかった。そのため、同じく形容詞を用いて印象を調査する手法である評定尺度法を用いた。岩宮の文献[42]によると、評定尺度法とは、カテゴリー尺度を用いて測定する方法である。評定尺度法における判断基準は被験者の内部にあり、標準刺激との比較で判断するわけではないため、絶対判断とも言われると述べられている。このような手法では、一つの刺激音が与えられ、その印象をSD法と同様に「硬い—柔らかい」といった尺度上に当てはめた数値で表す。実験に用いる音刺激の数のみの判断で済むため、実験規模は比較的小さいという利点がある。

評価語を用いておこなった音色研究の初期の例として、以下に簡潔に述べる。実験により、音色印象を表す因子を抽出し、物理量との対応を調査している。

#### (1)音色表現語の主要な因子

Bismarck (1974a) [43]は、音色を表す形容詞における主要な因子を調査するために、35種類のスペクトル構造の合成音を用いて、SD法による音色評価実験をおこなった。この実験では音の高さ、大きさ、時間条件を同じにした上で、音色の次元を求めている。尺度については、表3.1に示す30の形容詞対を選び、7段階尺度を用いて音色の判断をおこなわせた。被験者は音楽の訓練を受けた者8名、訓練を受けていない者8名の計16名であった。因子分析により、4つの因子が抽出された。その内、主要な因子は最初の2つで、第I因子が鋭さ (sharpness)、第II因子が密度の高さ (compactness) と名付けられた。von Bismarckによると、音刺激の最高周波数が高くなるか、あるいはスペクトル・エンベロープの勾配が上昇すると鋭さは増加するとし、一方、密度の高さは被験者が複合音と雑音とを区別する属性として用いられているとしている。このように、von Bismarckは、この研究において最も重要な要素であった尺度と物理量との相関を提示した。

|                      |                    |                      |                 |                       |
|----------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|
| soft - loud          | weak - strong      | gentle - violent     | fine - coarse   | open - closed         |
| reserved - obtrusive | low - high         | dark - bright        | dull - sharp    | pleasant - unpleasant |
| soft - hard          | dim - brilliant    | relaxed - tense      | calm - restless | lively - dead         |
| rounded - angular    | dampened - ringing | smooth - rough       | heavy - light   | interesting - boring  |
| broad - narrow       | wide - tight       | thick - thin         | clean - dirty   | compact - scattered   |
| full - empty         | solid - hollow     | colorful - colorless | pure - mixed    | compact - scattered   |

表3.1： von Bismarckの音色評価実験において使用された30の形容詞対 (Bismarck, 1974) [40]

## (2)音色表現語の主要な因子と物理量との対応

Bismarck (1974b) [44] による上記に述べた音色表現語の主要な因子の調査では、4つの因子が抽出され、周波数スペクトルとの関係を提示した。その後、これらの因子の中から鋭さ (sharpness) と周波数スペクトルとの対応関係について検討されている。純音ではその周波数が、狭帯域雑音ではその中心周波数が高くなるほど主観的な鋭さが増加する。更に、広帯域雑音や調波複合音の場合には、上限周波数や下限周波数、スペクトルの傾きも音の鋭さに影響するとして、鋭さ (sharpness) に関する予測モデルを作成している。

### 3.1.3 クラシックギターの音色研究

クラシックギターの多彩な音色印象を表す音色表現語や、弾弦位置と異弦同音の性質を用いた基本的な奏法に関しておこなわれた調査について述べる。

#### (1)クラシックギターの音色表現語

クラシックギター演奏においては、多彩な音色を奏でることができることから、音色印象を言葉で表現することが多い。Traube (2004) [5]は、ギター奏者が演奏をおこなう上で、知覚し表現する様々な音色印象と奏法との対応関係を調べた。まず初めに、演奏においてよく使用する音色表現語とその演奏方法についてプロのギター奏者22名にアンケート調査をおこなった。これにより、表3.2のような音色表現語がまとめられた。また、ギター奏者22名の内の1名が、アンケート調査の中で自発的に弾弦位置の違いによって表現できる主観的な音色印象を提供していた (図3.4.1)。このことにより、音色変化における弾弦位置の重要性を再確認している。その後、アンケートにより得られた記述内容を元に、音色表現語が同義語でまとめられた。これらは図3.4.2が表すように、左下から右上にかけて弾弦位置の軸を想定するように同義語同士をグループ化した地図として作成された。図3.4.2では、地図上の左下隅の音色表現語は弦の真ん中を弾くことにより得られる印象を示している。また、右上隅にある音色表現語はブリッジ寄りの位置を弾くことにより得られる印象を示している。Traubeの調査では、このようにして音色表現語をまとめるだけでなく、音色表現語の中で最もよく定義されている形容詞を10個を取り上げ、ギター奏者から得られた同義語、反意語、直感的な音の記述やそれに関連する演奏動作をまとめた。



| Number of definitions | Adjective in English  |
|-----------------------|---|
| 14                    | metallic  |
| 13                    | round   |
| 12                    | bright  |
| 8                     | thin, warm  |
| 7                     | velvety, nasal, dry   |
| 5                     | tough, dark, muted  |
| 4                     | sweet, thick, sharp, pulpy, resonating  |
| 3                     | clear, hollow, brassy, luminous, natural, open, full, spongy, transparent, veiled |
| 2                     | damped, oval, percussive  |

表3.2：2名以上のギター奏者によって定義された形容詞 (Traube, 2004) [5]  
表の左の列の数字は形容詞を定義した人数が示されている。

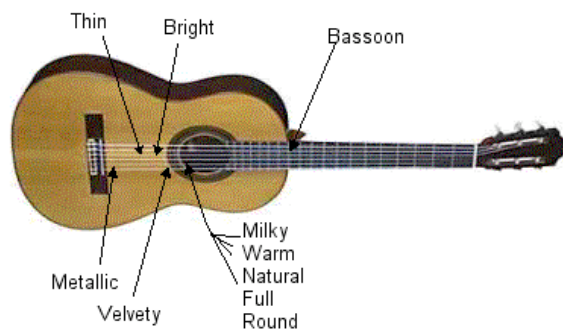


図3.4.1：1名のギター奏者が提供した弾弦位置に対応する音色表現語 (Traube, 2004) [5]

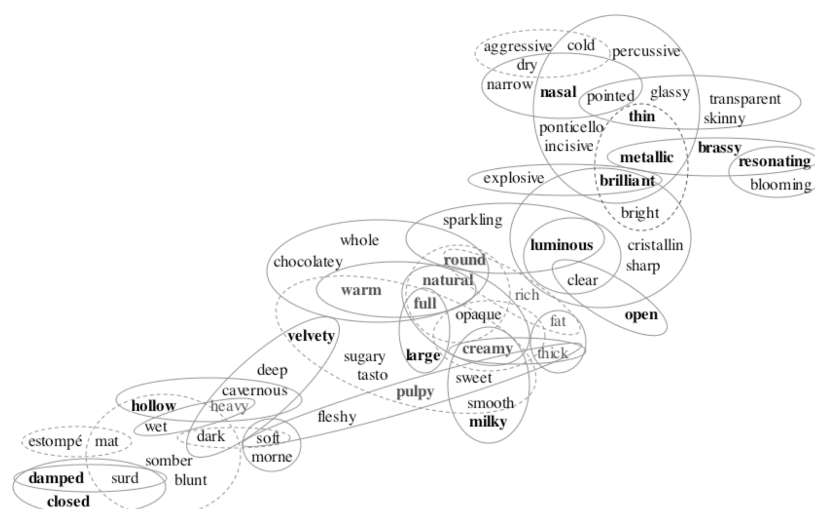


図3.4.2：音色表現語のグループ化 (Traube, 2004) [5]

左下隅の音色表現語は弦の真ん中、右上隅の音色表現語はブリッジ寄りの位置を弾くことにより得られる印象を表している。

## (2)弾弦位置の推定

ギター演奏における伝統的なメソッドにおいても、弾弦位置の違いにより音色印象の変化は有効に活用されてきた。近年の研究では、弾弦位置を推定するための手法について調査がおこなわれている。

2.2.2節に記した通り、一般に、弦は全長に対して支点から $1/\beta$ 地点 ( $\beta$ は任意の整数) で弾くと、 $n\beta$ 倍振動 ( $n$ はすべての整数) が抑制されることが知られている。つまり、弦振動において節となる位置を弾弦した場合には特定の倍音が欠落する。録音物からの弾弦位置の推定の単純な方法としては、欠落している倍音を特定することが考えられる。しかし、通常、倍音の節の位置で正確に弦が弾かれている訳ではなく、なおかつ、倍音の振幅は非常に小さいため、欠落した倍音を探すことによって弾弦位置を正確に検出することが常に可能であるとは限らない。Traube (2001) の研究[6]では、まず初めにBradley (1995) [45]らによって周波数領域からアプローチされた弾弦位置の推定方法の提案を実装している。Bradleyの提案では、各弾弦位置における弦モデルの理論上の周波数スペクトル値とサンプリングによって観測されたデータの周波数スペクトル値との誤差が最小となるような弾弦点を見つけるという方法を取っていた。この方法により推定された弾弦位置は、開放弦については実際の弾弦位置との誤差が1cm未満となった。開放弦ではなくフレットを押さえた音については、精度が低かった。これはフレットの摩耗や開放弦の共鳴が原因であると考えられた。このように、特に開放弦については推定の精度は高かった。しかし、この方法の問題点として、多数の理論上の周波数スペクトルを算出した上で、サンプリングによって観測されたデータとの比較をおこなう必要があるために、多くの計算をおこなわなければならないということが挙げられる。そこで、Traube (2004) [5] は、弾弦位置の新たな推定方法として、弾弦音のパワースペクトルがコムフィルタ形状であるという仮定に基づき、信号のコムフィルタの遅延値との自己相関を測定した。負の重み係数によって低振幅倍音の寄与を強調することで、コムフィルタの遅延を含んだ信号との自己相関を向上させた。最終的には、重み付けされた最小二乗推定を使用している。これにより推定された弾弦位置は、実際の弾弦位置との誤差が0.18cmまで減少し、推定の精度が向上した。

## (3)異弦同音の推定

ギターには、ある一つの同じ音高に対して考えられる運指に2～3個の選択肢があり、異弦同音の性質を持つ。近年の研究では、異弦同音を推定・識別するために対応する音響特徴量について調査がおこなわれている。

Barbancho (2009)らの研究[46]は、ギター演奏音のピッチと演奏弦 (異弦同音) を推定することを目的としておこなわれた。ピッチと異弦同音の推定に対応のある音響特徴量を抽出するために、ギター演奏の録音物についてスペクトル重心や非調波スペクトル重心、倍音同士の振幅スペクトルの関係性、振幅エンベロープ等の時間および周

波数特性が解析された。調査の結果、ピッチ推定は誤差なしでおこなうことができた。しかし、楽器の個体差によりこれらの音響特徴量が異なるため、異弦同音の判別は困難であった。今後は、更に、解析するデータサンプル量を増やすとともに、異弦同音に対応する音響特徴量について調査を進める必要があると提案された。

その後、夏目 (2016) ら[7]によって、異弦同音を識別するための音響特徴量に関する調査が進められた。使用した音刺激は、RWC研究用音楽データベースに収録されている1種類のアコースティックギターの音源であった。調査した音響特徴量は、①スペクトル重心、②全高調波成分に対する基音から*i*次までの高調波成分の合計の割合 ( $i = 1, 2, \dots, 10$ )、③奇数次と偶数次との高調波成分のパワー値合計の比、④音が鳴り続けている時間に対して、その高調波成分の鳴り続けている時間が*p*%である高調波成分の個数 ( $p = 10, 20, \dots, 90$ )、⑤パワー包絡線の線形最小二乗法による近似直線の傾き、⑥最大パワー値と、発音開始から*t*秒後のときのパワー値の比 ( $t = 0.15, 0.20, \dots, 0.95$ )、⑦各高調波成分に対する各時刻のピーク尖度の時間方向の平均値の7種類であった。そして、音響特徴量の組み合わせごとに識別精度が算出された。その結果、①スペクトル重心と④音が鳴り続けている時間に対して、その高調波成分の鳴り続けている時間が*p*%である高調波成分の個数とを組み合わせることにより、88.89%まで識別精度が高まることが分かった。反対に、②全高調波成分に対する基音から*i*次までの高調波成分の合計の割合 ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ) は単体で扱う方がよく、識別精度が84.88%になることが分かった。

#### (4)周波数スペクトル・時間に関する音響特徴量

クラシックギターの弾弦位置の違いに対応が見られる音響特徴量として、Gualla[47]をはじめとした先行研究では、基音に対する高次倍音の割合や全周波数スペクトルにおける高域成分の多さに着目されている。本研究では、周波数スペクトルに関する音響特徴量として一般的に利用できる指標となるため、「スペクトル重心」を算出した。また、基音と高域の周波数成分の総エネルギーの比を直接表すことができる音響特徴量として、「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」を算出した。

「スペクトル重心」とは、各音のエネルギーの総和から、その点を分割点として周波数上の上下のエネルギーが等しくなる周波数のことである。あるパワースペクトルについて、周波数のエネルギーにその周波数を乗算した和の総和を、周波数のエネルギーの総和で除算することにより求めることができ、以下の式 (1) で表される。ここで、 $L_s[n]$ は、*h*番目のフレームをフーリエ変換して得られるスペクトルの*n*番目の周波数ビンにおける振幅値である。「スペクトル重心」の値が大きければ、より多くの高周波数成分を含む。

$$(1) \quad SC = \frac{\sum_{n=1}^N L_h[n] \times n}{\sum_{n=1}^N L_h[n]}$$

「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」量は、第4章以降で述べる本研究で用いた音刺激の基音:331Hzと第2倍音:662Hzの間をの周波数を境に低域と高域に分割し、それぞれのエネルギー比をdB値で示している。ここでは、基音と第2倍音の分割周波数を500Hzとして「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」を算出した。算出値が大きい程、分割周波数よりも高域のエネルギーを多く含む。

時間に関する音響特徴量としては、「時間重心」を算出した。「スペクトル重心」が周波数スペクトルのエネルギーに関する算出値であるのに対し、「時間重心」とは、音を時間変化するエネルギーと捉えた際に、その時点を分割点として時間上の前後のエネルギーが等しくなる時間のことである。主観的に感じられる響きの量に近いもので、瞬時音圧を $p^2$ とすると以下の式 (2) で表される。算出値が大きい程、残響が長いということになる。

$$(2) \quad T_s = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \text{ [Sec]}$$

また、異弦同音の違いに対応が見られる音響特徴量として、夏目ら[7]の研究によって全倍音成分に対する基音から*i*次までの高次倍音成分の合計の割合 ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ) との対応が見られた。これにより、本研究では時間との関係にも着目し、「第1～第10倍音までの時間重心の平均値」を算出した。「第1～第10倍音までの時間重心の平均値」とは、第1～10倍音までを倍音ごとに中心周波数±150Hzの範囲で倍音成分を抽出し、倍音ごとに得られた計10個の時間重心の値の平均を取ったものである。3000Hzを超えるとノイズ情報が多くなるということと[46]、夏目らの先行研究[7]を参考にして、第1～第10倍音までの範囲を算出した。「時間重心」に対して、「第1～第10倍音までの時間重心の平均値」を算出することにより、倍音成分のみに着目した響きの量を求めた。

この他に、周波数スペクトルと時間の両方に関する音響特徴量として、「スペクトル重心が最大に到達するまでの時間」を算出した。これは、本研究で用いる2000msの音刺激において時間変化するスペクトル重心の値が最大になる時点を求めた値である。

## 3.2 筆者の先行研究・調査

### 3.2.1 INDSCAL：異弦同音と弾弦位置の違いによる音色の類似性

筆者の先行研究[48]では、同じ音高において弾弦位置と異弦同音による音色印象について評価をおこなうために、それらの音色の類似度について調査した。

実験に用いた音刺激には、同じ音高 (E4,  $331.13 \pm 1\text{Hz}$ ) となる1弦の開放弦、2弦の5フレット、3弦の9フレットを左指で押さえた3種類の弦に対して、12フレットの真上の位置からブリッジ方向に65mm、125mm、185mm、245mm、295mmの5種類の位置で弾いた計15種類の弾弦音を用いた(図3.5.1)。音刺激の録音場所は、東京芸術大学千住キャンパス内のスタジオBにておこなった。使用楽器はアントニオ・マリン・モンテロ (2003年製) で、奏法にはアポヤンド奏法を用いた。

実験は、一対比較を用いて15種類の音刺激を提示した。実験参加者は、提示された対の音刺激の類似度について7段階で評価をおこなった。実験には、ギター奏者5名、東京芸術大学で録音・音響を専攻する学生6名、作曲者6名、学校教育以外で音楽レッスンの経験が無い者7名の計24名が参加した。実験は、ヘッドフォン再生にておこなった。

聴取実験から得られた回答について、個人間の違いを考慮した多次元尺度法の一つであるINDSCAL (INDividual Differences SCALing) を用いて分析をおこなった。共通布置の図3.5.2の記号間の距離が、音刺激の印象の非類似度を示している。図3.5.2が示すように、各弦や弾弦位置ごとに音色印象に違いがあり、各弦ごとに弾弦位置の変化に伴い、それぞれの音色は曲線を描くように配置されていることが分かった。また、弾弦位置が12フレット寄りに比べて、ブリッジ寄りで弾いた音の方が音色の違いを感じやすいことが分かった。そして、図3.5.2より、次元1は弾弦位置、次元2は弦の違いを示すような傾向にあることが考えられた。これらの2つの次元と音響特徴量との関係性については、次元1はスペクトル重心と、次元2は1000Hzでハイパスフィルタをかけた高域の周波数成分の減衰時間と関連があることが示された。

また、実験参加者の個人間の違いについて各次元に対してどのような重み付けで判断したかを調べた。図3.5.3より、ほとんどの実験参加者はほぼ等しい重み付けで判断していた。つまり、2つの次元に対して同じように重視して音色の類似度評価をおこなっていたことが分かった。

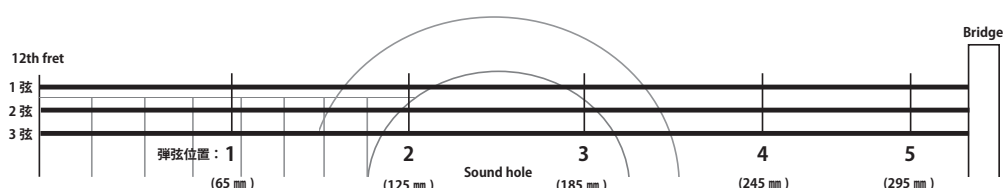


図3.5.1：音刺激に用いた3種類の弦それぞれに対する5種類の弾弦位置

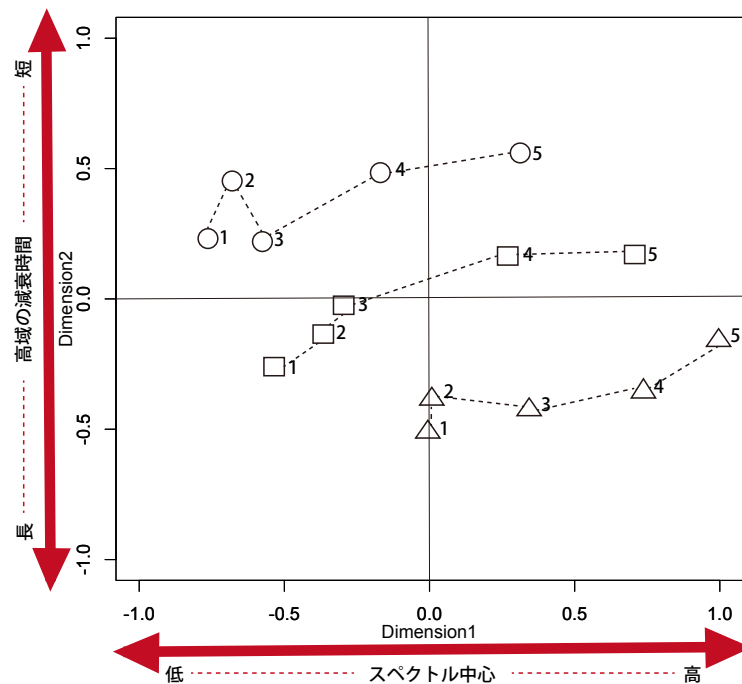


図3.5.2：15種類の音色の共通布置

図中の記号は弦の違いを示す。△：1弦、□：2弦、○：3弦を表す。数字は弾弦位置の違いを示す。12フレットの真上の位置からブリッジ方向への距離はそれぞれ、1：65mm、2：125mm、3：185mm、4：245mm、5：295mmである。次元1は弾弦位置、次元2は弦の違いを示すような傾向にある。これらの2つの次元と音響特徴量との関係性については、次元1はスペクトル重心と、次元2は1000Hzでハイパスフィルタをかけた高域の周波数成分の減衰時間と関連があることが示された。

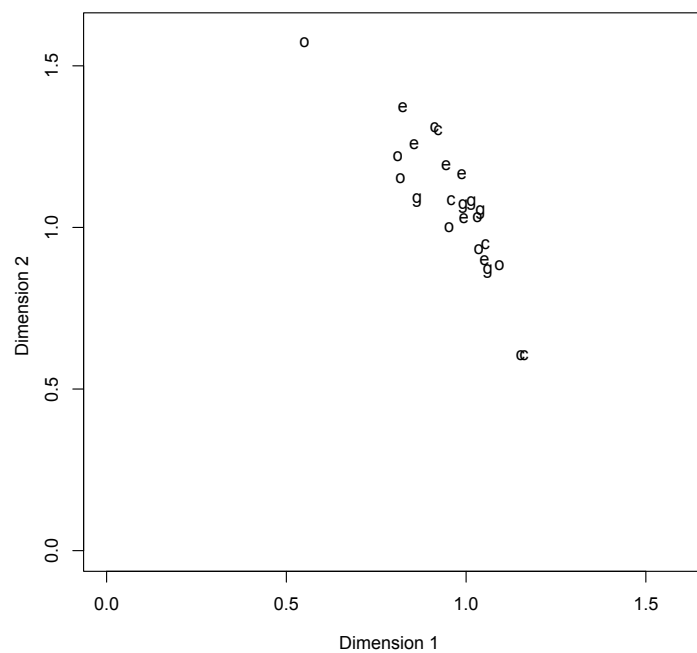


図3.5.3：被験者ごとの重み布置

g：演奏者、e：録音エンジニア、c：作曲家、o：音楽未経験者を表す。

### 3.2.2 評価尺度法：異弦同音と弾弦位置の違いによる音色印象

筆者による先行研究[48]を元に、更に、異弦同音と弾弦位置の違いによる音色印象を評価するため、評価尺度法を用いて聴取実験をおこなった[49]。実験に用いた音刺激は、非類似度を調査した際と同様の計15種類の弾弦音を用いた。実験参加者は、提示された音刺激について12対の両極尺度の評価語軸（柔らかい—硬い、明るい—暗い、豊かな—貧弱な、こもった—はっきりした、細い—太い、潤った—乾いた、丸みのある—とげとげしい、軽い—重い、冷たい—温かい、透明感のある—透明感のない、芯のある—芯のない、汚い—きれい）について、それぞれ7段階で評価をおこなった。実験には、ギター奏者15名、録音エンジニア10名の計25名が参加した。実験は、ヘッドフォン再生にておこなった。

分析では、まず、INDSCALの共通布置の図3.5.2によって表された各次元における刺激布置の値と、評価尺度法による実験から得られた各刺激の評価語の値との相関係数を各次元ごとに算出した。そして、その算出値を評価語の布置として共通布置の図に表した(図3.6)。図3.6は、15種類それぞれの音色に対する12対の評価語による判断が、INDSCALの共通布置によって提示された2つの次元とどのくらい関連があるかを、原点から引かれた直線の方角によって表したものである。図3.6内の評価語は、12対の評価語の内、どちらか一方の語が示されており、ギター演奏者が演奏をおこなう上で比較的ポジティブな印象として捉えている語を選択した。

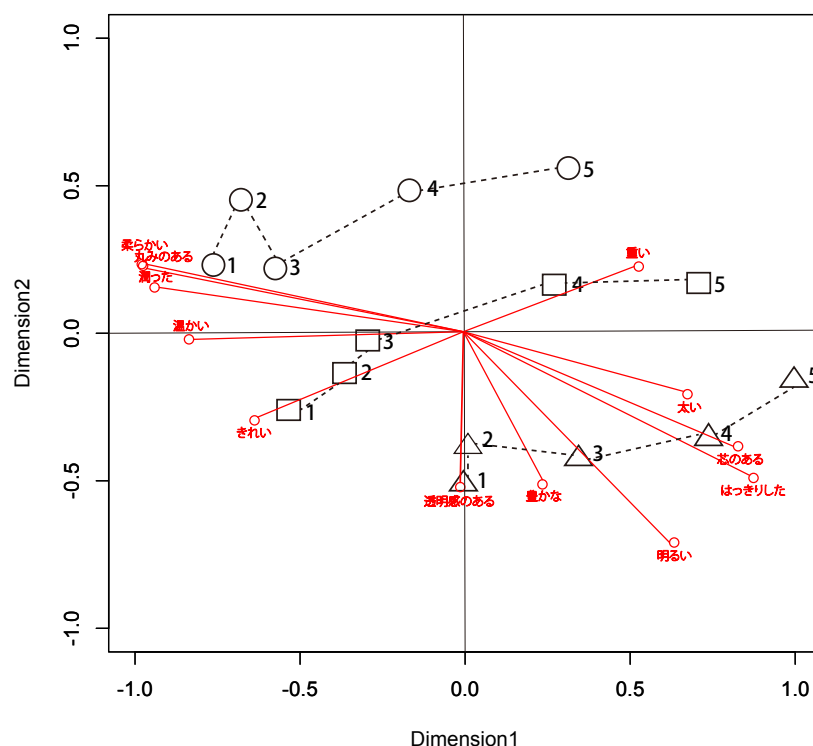


図3.6：15種類の音色の共通布置と音色印象

原点から引かれた12本の直線は各評価語を示す。INDSCALによって提示された15種類の音色に対する評価とどのように関連があるかを、原点から引かれた直線の方角によって表している。また、直線の長さは影響の強さを表している。

図3.6より、「柔らかい」「丸みのある」「潤った」「温かい」「はっきりした」「芯のある」「太い」という印象は、3弦の12フレット寄り（○：1番）から1弦のブリッジ寄り（△：5番）までの弦と位置の変化に対応していることが分かった。そして、「明るい」「豊かな」に対して「重い」「きれい」という評価語がほぼ直交しており、「明るい」「豊かな」は異弦同音、「重い」「きれい」は弾弦位置の違いに対応していることが分かった。

### 3.2.3 楽器の違いによる音色印象に対するアンケート調査

クラシックギターは、同じ音高であっても多彩な音色を持つことで知られているが、楽器の違いにより生じる音色印象の違いについて、日頃、どのように捉え方しているのかを明らかにするために簡易的なアンケート調査をおこなった。調査方法としては、クロサワ楽器日本総本店クラシックギターフロアにて開催されたイベントの来場者38名に対してアンケート調査を実施した。38名はギター音楽の愛好者で、ギターの演奏経験があった。アンケートでは、クラシックギターの楽器の違いによる音色印象について以下の項目に回答してもらった。

設問1：クラシックギターの製作者や生産国等の楽器の違いにより、音色の違いがあると感じますか？

- ①とても感じる    ②やや感じる    ③どちらともいえない    ④あまり感じない  
⑤全く感じない

設問2：設問2で①とても感じる、②やや感じると答えた方にお聞きします。  
具体的には、どのような音色の違いがあると感じますか？(自由回答)

設問1より、回答者38名の内「①とても感じる」と回答したのは22名、「②やや感じる」と回答したのは12名、「③どちらともいえない」と回答したのは4名であった。つまり、全体の約9割の回答者が楽器の違いにより音色の違いがあると感じているという結果が得られた。

また、設問2による自由回答では、楽器の違いによる音色印象を[1]形容詞で表した回答、[2]音響的特徴に関する回答が得られた。[1]形容詞で表した回答においては、甘い・透明感・張りのある・力強い・柔らかい・湿った・澄み切った・理知的な・落ち着いた・明るい・まろやかな・艶のある・温かい・色気のある・乾いた・こもった・深い・重い・優しい・薄い・硬いという音色表現語が得られた。[2]音響的特徴に関しては、音の伸び・和音の分離度・高音と低音のバランス・音の響きの度合い・低音の音量感・高音の強さが楽器によって異なると回答された。

アンケートにより、回答者の大多数が、楽器の違いによる音色印象の違いを感じていることが分かった。また、それらの印象の違いをより具体的に表すために、音色表



現語を用いることができ、音域のバランスや音の減衰等の音響的特徴についても着目していることが明らかになった。

### 3.3 結論

音色研究では、MDSやINDSCALを用いた類似性の判断や、評価語を用いて音色印象を抽出する等の音色の心理量とそれに対応する音響特徴量についての調査がおこなわれる。楽器音の音色研究は、様々な視点で研究することができる。例えば、金管楽器と弦楽器等の異なる楽器の分類による音色の違いというマクロな視点から、1種類の楽器による音色の違いというミクロな視点まで調査することができる。更には、演奏者の視点から、一つの楽器を用いた場合に奏法の違いによる音色印象まで様々な視点で調査することもできる。

クラシックギターの音色印象に関する先行研究では、アンケート調査によって奏法に対応する音色表現語の定義化がおこなわれている。また、弾弦位置や異弦同音に関する研究では、それぞれの推定方法について検討されている。しかし、弾弦位置と異弦同音を組み合わせた2つの条件下において知覚される音色印象を明らかにするために、主観的評価実験を用いた詳細な調査はおこなわれていない。

そこで、筆者の研究では、クラシックギターを用いた場合の弾弦位置と異弦同音という2つの条件下における音色印象に着目して聴取実験をおこなった。筆者の先行研究では、INDSCALを用いた分析により、各弦ごとに弾弦位置の変化に伴い音色が変化することが明らかになった。また、弾弦位置が12フレット寄りに比べて、ブリッジ寄りで弾いた方が音色の違いを感じやすいことが分かった。そして、音響特徴量との関係性については、弾弦位置の違いはスペクトル重心と、弦の違いは1000Hzでハイパスフィルタをかけた高域の周波数成分の減衰時間と関連があることが示された。また、ほとんどの実験参加者は、弾弦位置と異弦同音に対して、同じように重視して音色の類似度評価をおこなっていたことが分かった。また、評定尺度法を用いた実験により得られた筆者の先行研究結果からは、弾弦位置と異弦同音と評価語との対応関係が明らかになった。そして、楽器の違いにより生じる音色印象の違いについて、日頃、どのように捉えているのかを明らかにするためにおこなったアンケート調査から、大多数が楽器の違いによる音色印象の違いを感じていることが分かった。このことから、クラシックギターの音色印象の違いには、楽器の違いも関係すると考えられる。そのため、楽器の個体差を考慮に入れた研究をおこなっていく必要があるだろう。本研究では、新たに4本の楽器と3名の演奏者を追加し、弾弦位置と異弦同音を組み合わせた2つの条件下において楽器や奏者の違いが音色印象に与える影響について調査を進めた。

## 第4章

### 調査A 楽器差における弾弦位置と異弦同音の違いによる 音色印象

クラシックギターは、演奏音に数種類の音色を持たせることができ、同じ音高であっても弾弦方法を変化させることで多彩な音色を奏でることができる楽器である。ギター演奏には様々な弾弦方法が存在するが、弾弦位置の違いや各弦ごとに音色印象の特徴が異なるとされている[27]。つまり、同じ音高であっても弾く位置や弦の違い（異弦同音）によって音色印象を変化させることができる。

弾弦位置や異弦同音の違いに関する研究では、第3章で述べたように音響特徴量を調査したり[6][7]、それぞれの推定方法に関する研究[5][46]がおこなわれたりしている。しかし、音色変化のための代表的なこれら2つの弾弦方法が組み合わさった条件下で知覚される音色の印象については、明らかにされていない。そのため、3.2節で述べたように、筆者自身の先行研究[48][49]において、まず1本のクラシックギター（アントニオ・マリン・モンテロ、以下「マリン」と称する）を用いて弾弦位置と異弦同音の違いによる音色の類似性や印象を調査した。

本調査では、新たに3本の楽器を追加した計4本の楽器を用いることにより、楽器の個体差による影響について調べた。実験Ⅰでは、4本の楽器ごとに、同条件で作成した弾弦位置と異弦同音の違いにおける15種類の音刺激の類似性について判断を求め、INDSCALを用いて分析した。実験Ⅱでは、12対の両極尺度の評価語を用いて、それらの音刺激の印象について評定尺度法を用いて評価を求めた。また、弾弦位置と異弦同音における音色印象と音響特徴量との対応関係についても調査した。このように、2つの聴取実験をおこなうことにより、弾弦位置と異弦同音という2つの条件下における音色印象に楽器の個体差が与える影響について分析し、考察をおこなった。

#### 4.1 実験刺激

##### 4.1.1 実験刺激の種類

実験に使用する音刺激は、3.2節で述べた筆者の先行研究[48][49]と同様に、同じ音高 (E4,  $331.13 \pm 1\text{Hz}$ ) にするために異弦同音として1弦の開放弦、2弦の5フレット、3弦の9フレットを押さえた3種類の弦（図4.1.1）に対して、弾弦位置を12フレットの真上の位置からブリッジ方向に65mm、125mm、185mm、245mm、295mmの5ヶ所（図4.1.2）に設定した計15種類を用いた。これらの音刺激は、録音・編集することにより作成した。具体的な録音・編集方法は、4.1.2節、4.1.3節で述べる。

楽器の個体差による影響を調査するために対象とした楽器は、製作者（メーカー）が、マリン、松岡良治（以下、「松岡」と称する）、ヤマハ、タカミネの計4本とした（表4.1）。マリンは、プロの演奏家がコンサート用として使用できる楽器であり、松岡、ヤマハ、タカミネは教育用の初心者向けとして使用される楽器である。使用弦は、安定性が高いとされるサバレス・ニュークリスタルである。演奏者は、演奏歴19年で、日頃、演奏活動や指導をおこなっている者である。

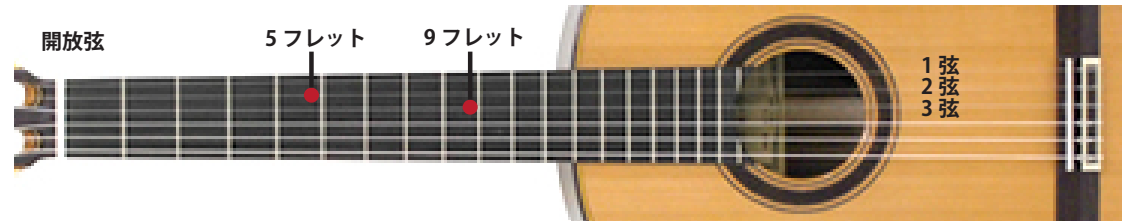


図4.1.1：音刺激に用いた同じ音高となる3種類の弦を押さえるポジション

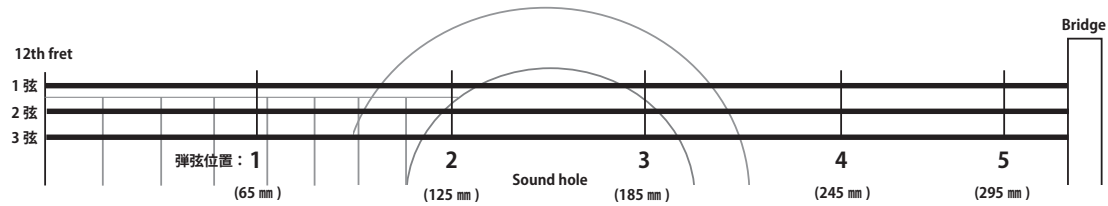


図4.1.2：音刺激に用いた3種類の弦それぞれに対する5種類の弾弦位置

|               | 製作年   | 生産国  | 表面板  |
|---------------|-------|------|------|
| マリン           | 2003年 | スペイン | 松単板  |
| 松岡良治<br>M30   | 1978年 | 日本   | 杉単板  |
| ヤマハ<br>CG171C | 2000年 | 台湾   | 米杉単板 |
| タカミネ<br>No.8  | 1987年 | 日本   | 松単板  |

表4.1：4本の楽器の製作者（メーカー）・モデル、製作年、生産国、表面板の材質。マリンはモデル名なし。

#### 4.1.2 実験刺激の録音

音刺激の録音は、東京藝術大学千住キャンパス内のスタジオBにておこなった。スタジオBは、6.8m四方、高さ4.5m、残響時間約0.3秒:500Hzの音響空間である。単一指向性のNeumann U87Aiのコンデンサマイクロホン楽器から40cm離し、サウンドホールをねらった正面の位置に設置して録音した。また、楽器を囲むように吸音板を3枚使用した。マイクロフォン、楽器、吸音板の位置関係については図4.2.1、4.2.2の通りであった。

使用機材は、Avid社のProtools、オーディオインターフェイスはAvid社のMbox2であった。録音時の標本化周波数は48000Hz、量子化ビット数は24bitであった。4本の楽器は、全て同条件で録音をおこなった。

弾弦方法としては、音高をE4にするために左指で弦を押さえる必要のある2弦5フレットと3弦9フレットについては、それぞれのフレットの近くを人差し指で弦を押さえた。1弦は開放弦であるため左指で弦を押さえる必要はなかった。右指は、iの指（人差し指）を用いてアポヤンド奏法で弾弦した。3.2.2節で述べたように、アルアイレ奏法は、弦のタッチの状態が一定でなく弦の高次成分の制御が問題となる場合が多い[26]。一方で、アポヤンド奏法であれば、弦を押さえ込むように押圧をかけて、弦を弾いた直後に隣り合う弦に指先を留めるようにして弾くため、弾き方を安定させやすいという利点がある。そのため、アポヤンド奏法を用いて弾弦することに決定した。録音時のアポヤンド奏法での弾弦手順は図4.3の通りである。

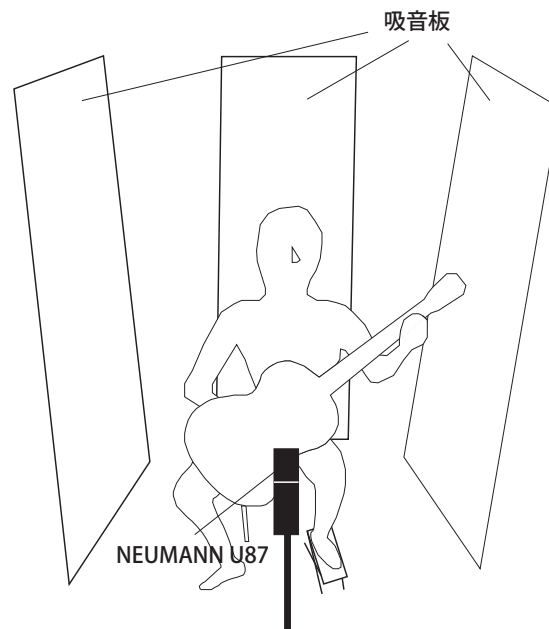


図4.2.1：録音時のマイクロフォン、楽器、吸音板の位置関係

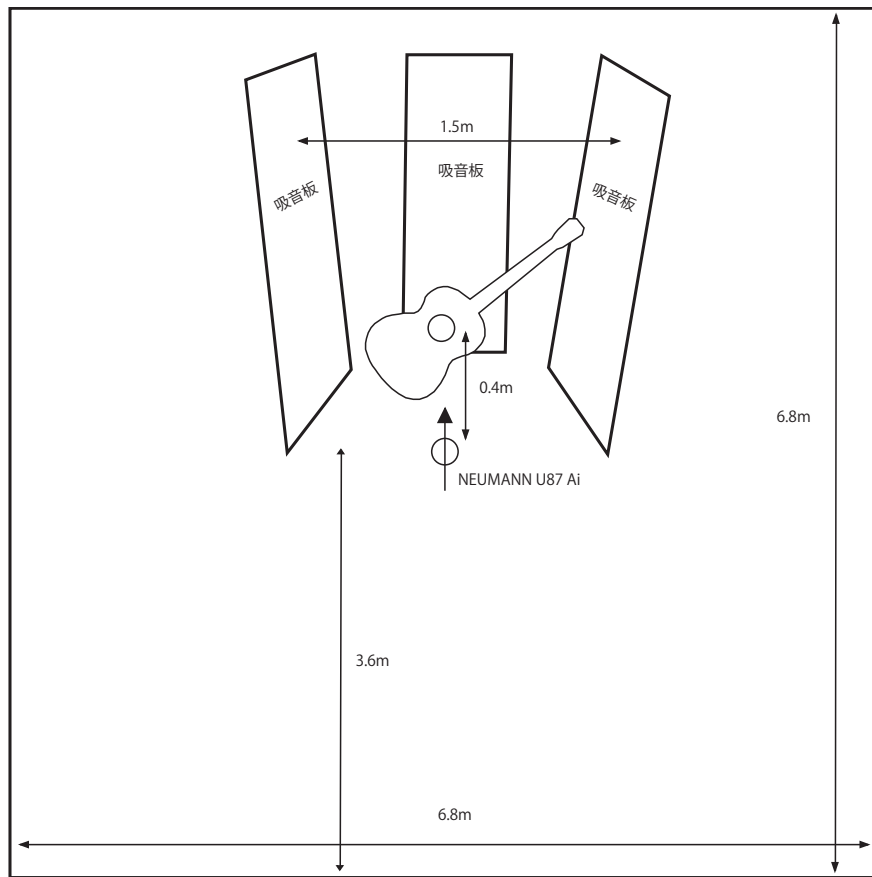


図4.2.2：録音時のマイクロフォンセッティング図

#### アポヤンド奏法の弾弦手順

- ①：指の肉部分を弦に接触させた状態から、弦を回転させつつ指を滑らせながら弦から指の肉部分を離す。
- ②：斜めに削り角度をつけた爪を弦に当てながら、弦に対して爪を滑らせていく。
- ③：弦が爪から離れる。
- ④：隣り合う弦に指を接触させたまま、余韻が消えるまでその状態を維持しておく。

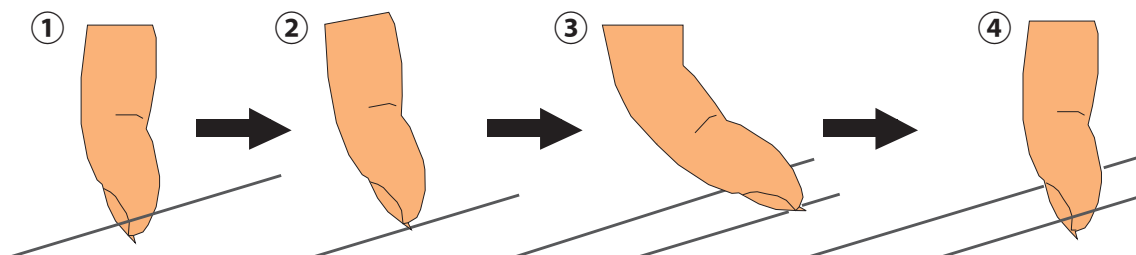


図4.3：アポヤンド奏法を用いた人差し指による弾弦方法の手順

そして、弾弦位置5ヶ所と異弦同音3弦の組み合わせから成る計15種類の弾弦音を録音した。奏者には、予め弾弦時の力加減や指先の角度について繰り返し練習をさせておいた。このようにしてある一定の弾き方を身体に定着させた上で安定した弾弦音を得られるのは6回以内であると判断した。そのため、それぞれの音についてメゾフォルテの強さで6回ずつ弾いた。5ヶ所の弾弦位置については、正確に分かるようにするため、目印として弦に油性ペンで印をつけておいた。この時、油性ペンで印を付けることによる弾弦音への聴感上の影響はなかった。

また、録音時には、余韻がなくなるまでの時間と次の音を弾くための準備時間を考慮し、弾弦の時間間隔は20秒に1回弾くようにした。Protools上で20秒ごとにクリック音を再生するように設定し、それを合図に弾弦した。1つの音刺激に対して6回分弾弦するまでは、左指はフレットに近い位置で弦をしっかりと奥まで押さえている状態を維持し、動かないようにした。

#### 4.1.3 実験刺激の編集

計15種類の音刺激を作成するために、まず、それぞれに対して6回ずつ弾いた音の中から1音ずつ選択した。実験はヘッドフォン再生にておこなうため、音刺激の選択の際には同じくヘッドフォンを用いて、弦を弾く時の強さやアタック音が統一されているかどうかに着目し、余分な雑音が入っていない音を選択するように検討した。

また、実験時間をできるだけ短縮させることで実験参加者への負担を減らすことを考え、余韻がなくなるまで録音しておいた音の長さが短くなるように編集した。いずれの弾弦音も2000msの時点では既に余韻の状態であり、音源の長さをこれよりも長くすると暗騒音の方が大きく聞こえてしまう状態であった。また、人間の音の判断は音の立ち上がり部分の影響が大きいということや[50]、安定した倍音成分が得られる時間を調査した先行研究を参考にし[51]、音源全体の長さを2000msに統一した。この時、音が発音されてから最大レベルに達するまでの音の立ち上がり時間を100ms、音源開始・終了でのノイズを低減させるためのフェードイン・フェードアウトを20msとした。また、実効値 (RMS) でレベルを揃えた (図4.4)。

本章で述べる2つの聴取実験では、楽器の違い以外は上記のように全て同条件で作成した15種類の音刺激を用いた。

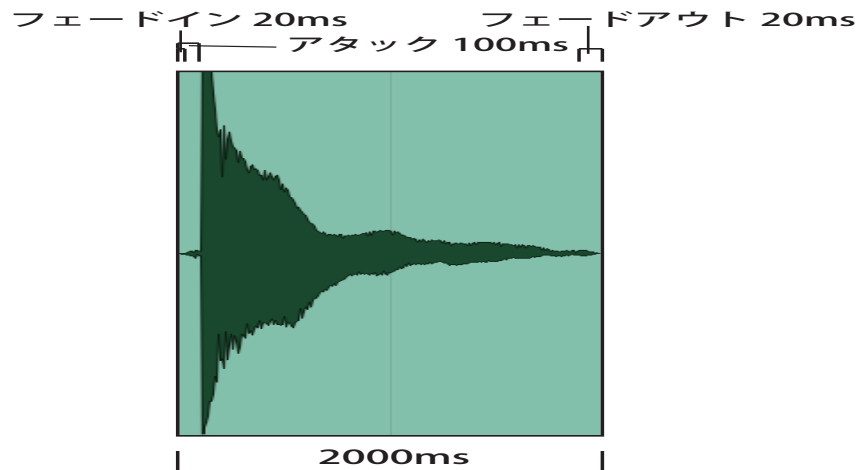


図4.4：音刺激の編集

## 4.2 実験Ⅰ：一対比較による聴取実験

### 4.2.1 実験方法

実験参加者には、4本の楽器ごとに作成した15種類の音刺激を2つずつ対にして提示した。それらの音色の非類似度を0（同じ）—6（違う）の7段階で評価してもらった。例えば、実験参加者が「6」と回答した場合、2つの音色の非類似度が最も高く、異なった音色と判断したことになる。また、「0」と回答した場合には2つの音色非類似度が最も低く、よく似た音色と判断したことになる。回答は、コンピュータ画面上でこない、比較する2つの音刺激は画面に表示されたボタンを選択することにより何度も繰り返し聞くことができるものとした。実験参加者は、15種類の音刺激から作成された120対の音刺激を試聴し評価をおこなった。また、音刺激の提示順序が評価に影響してしまうことを避けるため、実験参加者ごとにランダム順序にして全ての組み合わせで再生した。

### 4.2.2 実験設備

音刺激の試聴はヘッドフォン (SONY製 MDR-7506) を用いておこなわれた。実験に使用した機材は、PC (Panasonic Let's note CF-Y5, Windows Vista) でソフトウェア (Subjective Training and Evaluation Program (STEP) [52])を用いて音刺激を再生し、回答を収集した。再生音量は、実験開始前に例題を出した際に、実験参加者ごとに聞きやすい音量を自由に調整してもらい、その音量を固定したまま実験を開始した。実験をおこなった部屋は、比較的静かな教室であった。

### 4.2.3 実験参加者

実験には、ギター奏者5名、東京藝術大学にて録音・音響を専攻している学生5名の計10名が参加した。ギター奏者の演奏経験年数は、15年以上が1名、5年以上10年未満が2名、3年未満が2名であった。ただし、松岡、ヤマハ、タカミネは全て同じ実験参加者であったが、マリンは3.2節で述べた筆者の先行研究[48][49]のデータを用いたため、他の3本の楽器とは異なる実験参加者であった。マリンの実験参加者は、ギター奏者5名、東京藝術大学にて録音・音響を専攻している学生6名の計11名が参加していた。ギター奏者の演奏経験年数は、約40年が1名、10年以上15年未満が3名、約3年が1名であった。実験は各楽器ごとに1名ずつおこなわれ、楽器1本あたりの所要時間は約35分であった。

## 4.3 分析

本節では、一対比較を用いておこなった実験Ⅰの分析結果を示す。結果の考察は4.4節で述べる。

### 4.3.1 INDSCALによる分析

15種類の音刺激の非類似度を7段階評価してもらうことにより得られたデータを用いて、INDSCALによる分析をおこなった。3.1.1節で述べたように、INDSCALを用いて分析をおこなうことにより、15種類の音刺激の非類似度について二次元上に算出された心理的距離の共通布置と、共通布置で示された各次元を重要視する程度を示す重み布置の2種類を求めることができる。共通布置では、音色が似ている音刺激同士は近くに、似ていない音刺激は遠くに配置されるように音刺激が図中に布置される。また、重み布置では、各楽器が二次元上のどちらに偏重して音刺激の印象評価をおこなったかが、楽器の個体差の重みとして表される。

分析においては、まず、聴取実験によって得られた数値をもとに、各実験参加者ごとに非類似度行列を作成した。次に、楽器の個体差を考慮するため、作成した実験参加者ごとの非類似度行列を楽器ごとにまとめて平均するという方法を取った。そして、統計計算ソフトRのsmacofパッケージ[53]内のsmacofIndDiff関数を使用して分析をおこなった。分析から得られた共通布置を図4.5.1、重み布置を図4.6に示す。

図4.5.1を見ると、音色の分布に関しては、各弦ごとに弾弦位置の変化に伴い音色が配置されるという傾向にあることが分かった。このことから、弾弦位置と異弦同音に対応する軸が存在すると考えられる。そして、各弦ごとに見ると12フレットに近い方の位置で弾いた3つの音（1番～3番）が比較的近い位置に配置されていることが分かった。

図4.6では、各次元への重みによって4本の楽器がプロットされている。この図では、4本の楽器はおよそ同じ位置にあり、両次元にほぼ同等に重みを与えていることが見て取れた。このことから、4本の楽器の音色印象の判断はいずれも、どちらかの次元に偏



重して音色の印象評価をおこなうわけではなく、両次元に対して同じように重視していると考えられる。

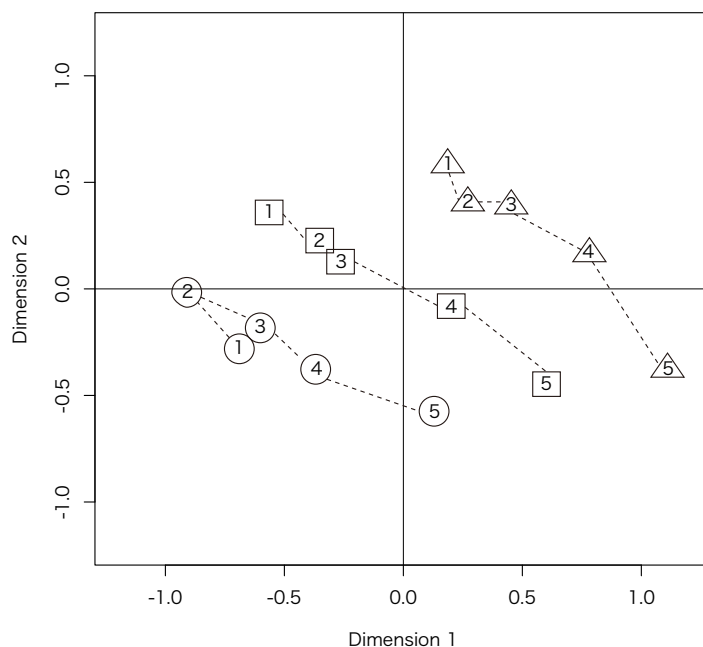


図4.5.1：15種類の音色の共通布置 (楽器)

図中の記号は弦の違いを示す。△：1弦、□：2弦、○：3弦を表す。数字は弾弦位置の違いを示す。12フレットの真上の位置からブリッジ方向への距離はそれぞれ、1：65mm、2：125mm、3：185mm、4：245mm、5：295mmである。

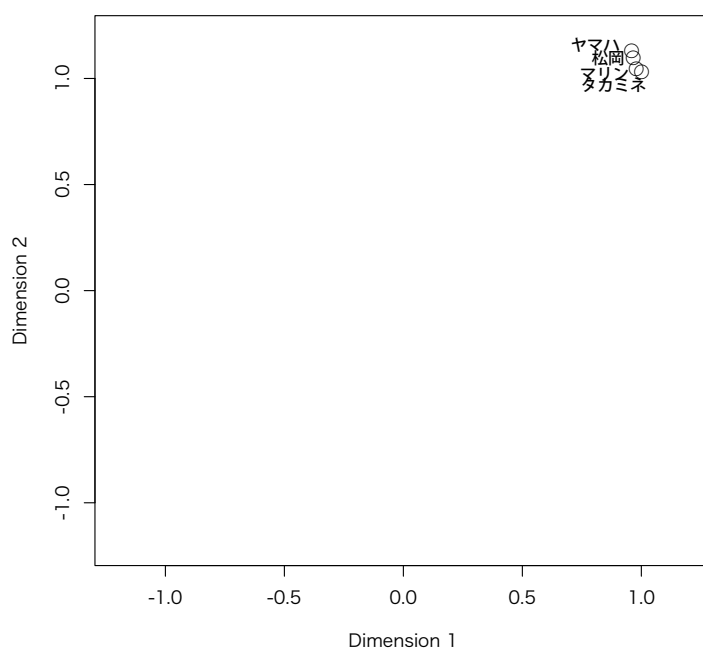


図4.6：楽器ごとの重み布置

#### 4.3.2 弾弦位置・異弦同音と音響特徴量との相関

図4.5.1によって表された結果をもとに、弾弦位置や異弦同音と音響特徴量との相関を調べる。3.1.3節で述べたように、Gualla[47]や夏目ら[7]の先行研究を参考に、「スペクトル重心」、「スペクトル重心が最大値に到達するまでの時間」、「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」、「時間重心」、「第1～10倍音までの時間重心の平均値」の5つの音響特徴量を算出した。これらの音響特徴量を算出した理由を以下に述べる。

「スペクトル重心」は、その周波数を分割点として上下でエネルギーが拮抗する、周波数成分における平均値であり、一般的に利用できる指標となるため算出した。また、スペクトル重心の時間的変化をみる音響パラメータとして、「スペクトル重心が最大値に到達するまでの時間」を算出した。そして、Guallaの研究[47]において弾弦位置に関係する音響特徴量として基音と高次倍音の割合を算出していたことから、本研究では「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」を算出した。基音に対して低域と高域の周波数を分割するという意味から、基音と第2倍音の間の周波数である500Hzで分割して音響特徴量を算出した。

また、実際に編集前の録音音源を聞いてみると、各弦ごとに弾弦位置がブリッジ寄りになる程残響時間も短くなる傾向にあると感じられたために、聴感上の響きの量と関係性があると判断し「時間重心」を算出した。「時間重心」は、音を時間変化するエネルギーと捉えた際に、その時点を分割点として時間上の前後のエネルギーが等しくなる点である。主観的に感じられる響きの量に近いものである。「第1～10倍音までの時間重心の平均値」は、第1～10倍音までを中心周波数 $\pm 150\text{Hz}$ の範囲で倍音成分を抽出し、倍音ごとに時間重心を算出し平均をとったものである。3000Hzを超えるとノイズ情報が多くなるということと[46]、夏目らの先行研究[7]を参考にして、第1～第10倍音までの範囲を算出した。「時間重心」に対して、「第1～10倍音までの時間重心の平均値」を算出することにより、倍音成分のみに着目した響きの量を求めた。これら5つの音響特徴量の算出値を表4.2.1と表4.2.2に示す。

そして、弾弦位置や異弦同音に対応する軸（図4.9中の軸d1、d2）をもとに、音刺激の布置と音響特徴量との相関係数を求めた（表4.2.3）。ここで、弾弦位置に対応する軸d1とは、各弦ごとに存在する5つの刺激布置に対する回帰直線を求め、得られた計3本の回帰直線の傾きを平均し、原点を通る直線として決定した。また、異弦同音に対応する軸d2は、原点を通りd1に直交するものとした。

そして、表4.2.3のように軸d1、d2と各音刺激の音響特徴量の算出値との相関係数を求めた。表4.2.3では、相関係数の絶対値が0.6以上のものを太字で表している。4本の楽器全てにおいて相関の値の差が少なく、弾弦位置と対応する軸d1と最も高い相関の値を示したのは「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」であった。そして、異弦同音と対応する軸d2は「第1～10倍音までの時間重心の平均値」と相関があることが分かった。全体の傾向を捉えるために、共通布置（図4.5.1）にこれらの2つの音響特徴量との相関関係を指し表すベクトルを重ねて、図4.5.2に示す。

| 楽器  | 音刺激 | スペクトル重心 (Hz) | スペクトル重心が<br>最大値に到達する<br>までの時間 (sec) | 500Hzで分割した時の<br>低域対高域のスペクトル<br>エネルギー比 (dB) | 時間重心<br>(sec) | 第1～10倍音までの<br>時間重心の平均値<br>(sec) |
|-----|-----|--------------|-------------------------------------|--|---------------|---------------------------------|
| マリン | △ 1 | 491.53       | 0.14                                | -5.24                                      | 0.39          | 2.80                            |
|     | △ 2 | 472.44       | 0.10                                | -4.29                                      | 0.39          | 2.77                            |
|     | △ 3 | 525.27       | 0.16                                | -0.9                                       | 0.35          | 2.71                            |
|     | △ 4 | 569.96       | 0.16                                | 0.78                                       | 0.32          | 2.75                            |
|     | △ 5 | 509.75       | 0.30                                | -1.37                                      | 0.25          | 2.82                            |
|     | □ 1 | 461.15       | 0.16                                | -7.73                                      | 0.33          | 2.40                            |
|     | □ 2 | 452.66       | 0.08                                | -6.54                                      | 0.30          | 2.07                            |
|     | □ 3 | 454.77       | 0.09                                | -4.31                                      | 0.41          | 2.34                            |
|     | □ 4 | 546.01       | 0.14                                | 1.14                                       | 0.26          | 2.02                            |
|     | □ 5 | 523.33       | 0.25                                | -0.28                                      | 0.23          | 2.08                            |
|     | ○ 1 | 469.12       | 0.07                                | -5.45                                      | 0.37          | 1.94                            |
|     | ○ 2 | 397.82       | 0.07                                | -12.48                                     | 0.42          | 2.20                            |
|     | ○ 3 | 417.46       | 0.09                                | -7.46                                      | 0.43          | 2.18                            |
|     | ○ 4 | 462.33       | 0.10                                | -1.14                                      | 0.32          | 1.92                            |
|     | ○ 5 | 471.53       | 0.16                                | -1.18                                      | 0.25          | 2.00                            |
| 松岡  | △ 1 | 497.97       | 0.09                                | -4.03                                      | 0.46          | 2.92                            |
|     | △ 2 | 477.36       | 0.14                                | -3.97                                      | 0.41          | 2.76                            |
|     | △ 3 | 463.58       | 0.15                                | -2.59                                      | 0.40          | 2.75                            |
|     | △ 4 | 551.88       | 0.15                                | 1.41                                       | 0.35          | 2.70                            |
|     | △ 5 | 549.6        | 0.26                                | 0.63                                       | 0.27          | 2.66                            |
|     | □ 1 | 431.60       | 0.07                                | -8.3                                       | 0.31          | 1.91                            |
|     | □ 2 | 451.94       | 0.07                                | -6.19                                      | 0.28          | 2.00                            |
|     | □ 3 | 440.69,      | 0.08                                | -4.70                                      | 0.29          | 2.11                            |
|     | □ 4 | 501.62       | 0.12                                | -1.06                                      | 0.34          | 2.22                            |
|     | □ 5 | 469.72       | 0.16                                | -1.57                                      | 0.26          | 2.19                            |
|     | ○ 1 | 407.41       | 0.06                                | -8.9                                       | 0.28          | 1.98                            |
|     | ○ 2 | 388.62       | 0.07                                | -11.99                                     | 0.29          | 1.77                            |
|     | ○ 3 | 390.16,      | 0.07                                | -9.83                                      | 0.26          | 1.81                            |
|     | ○ 4 | 395.73       | 0.07                                | -6.4                                       | 0.26          | 1.78                            |
|     | ○ 5 | 491.51       | 0.09                                | -1.31                                      | 0.22          | 1.71                            |

表4.2.1：各音刺激の音響特徴量の算出値 (楽器：マリン・松岡)

音刺激の記号は、△：1弦、□：2弦、○：3弦を表す。数字は弾弦位置の違いを示す。12フレットの真上の位置からブリッジ方向への距離はそれぞれ、1：65mm、2：125mm、3：185mm、4：245mm、5：295mmである。

| 楽器   | 音刺激 | スペクトル<br>重心 (Hz) | スペクトル重心が<br>最大値に到達する<br>までの時間 (sec) | 500Hzで分割した時の<br>低域対高域のスペクトル<br>エネルギー比 (dB) | 時間重心<br>(sec) | 第1～10倍音までの<br>時間重心の平均値<br>(sec) |
|------|-----|------------------|-------------------------------------|--|---------------|---------------------------------|
| ヤマハ  | △1  | 542.15           | 0.13                                | -2.16                                      | 0.56          | 3.10                            |
|      | △2  | 543.58           | 0.13                                | -0.07                                      | 0.50          | 3.00                            |
|      | △3  | 563.04           | 0.13                                | 1.19                                       | 0.45          | 2.94                            |
|      | △4  | 606.55           | 0.15                                | 2.22                                       | 0.40          | 2.92                            |
|      | △5  | 685.29           | 0.21                                | 2.30                                       | 0.31          | 2.82                            |
|      | □1  | 461.15           | 0.09                                | -6.71                                      | 0.58          | 2.55                            |
|      | □2  | 464.25           | 0.13                                | -3.29                                      | 0.51          | 2.39                            |
|      | □3  | 468.81           | 0.12                                | -0.59                                      | 0.46          | 2.42                            |
|      | □4  | 527.95           | 0.13                                | 1.90                                       | 0.42          | 2.44                            |
|      | □5  | 571.94           | 0.16                                | 1.24                                       | 0.38          | 2.43                            |
|      | ○1  | 458.12,          | 0.10                                | -3.25                                      | 0.33          | 2.08                            |
|      | ○2  | 388.65           | 0.08                                | -11.03                                     | 0.35          | 2.54                            |
|      | ○3  | 427.73           | 0.12                                | -4.82                                      | 0.35          | 2.17                            |
|      | ○4  | 462.49           | 0.11                                | -0.70                                      | 0.32          | 2.08                            |
|      | ○5  | 458.27           | 0.17                                | -1.16                                      | 0.30          | 2.07                            |
| タカミネ | △1  | 418.67           | 0.16                                | -6.21                                      | 0.50          | 3.13                            |
|      | △2  | 453.32           | 0.17                                | -2.81                                      | 0.42          | 3.09                            |
|      | △3  | 407.07           | 0.17                                | -1.09                                      | 0.43          | 3.06                            |
|      | △4  | 489.48           | 0.17                                | -0.56                                      | 0.40          | 3.03                            |
|      | △5  | 446.98           | 0.18                                | -2.55                                      | 0.31          | 2.92                            |
|      | □1  | 410.15           | 0.15                                | -7.88                                      | 0.65          | 2.71                            |
|      | □2  | 398.34           | 0.15                                | -6.58                                      | 0.62          | 2.53                            |
|      | □3  | 402.60           | 0.15                                | -5.16                                      | 0.60          | 2.52                            |
|      | □4  | 480.87           | 0.15                                | -0.02                                      | 0.44          | 2.46                            |
|      | □5  | 433.53           | 0.16                                | -2.51                                      | 0.34          | 2.34                            |
|      | ○1  | 380.08           | 0.08                                | -9.35                                      | 0.49          | 2.97                            |
|      | ○2  | 364.64           | 0.15                                | -11.31                                     | 0.49          | 2.68                            |
|      | ○3  | 384.38           | 0.09                                | -8.33                                      | 0.50          | 2.41                            |
|      | ○4  | 422.44           | 0.15                                | -3.01                                      | 0.45          | 2.28                            |
|      | ○5  | 448.00           | 0.16                                | -1.65                                      | 0.35          | 2.18                            |

表4.2.2：各音刺激の音響特徴量の算出値 (楽器：ヤマハ・タカミネ)

音刺激の記号は、△：1弦、□：2弦、○：3弦を表す。数字は弾弦位置の違いを示す。12フレットの真上の位置からブリッジ方向への距離はそれぞれ、1：65mm、2：125mm、3：185mm、4：245mm、5：295mmである。

|                                       |      | d1           | d2          |
|---------------------------------------|------|--------------|-------------|
| スペクトル重心                               | マリン  | <b>0.72</b>  | <b>0.67</b> |
|                                       | 松岡   | <b>0.78</b>  | <b>0.76</b> |
|                                       | ヤマハ  | <b>0.84</b>  | <b>0.77</b> |
|                                       | タカミネ | <b>0.71</b>  | 0.55        |
| スペクトル重心が<br>最大値に到達するまでの時間             | マリン  | <b>0.85</b>  | 0.44        |
|                                       | 松岡   | <b>0.88</b>  | <b>0.60</b> |
|                                       | ヤマハ  | <b>0.92</b>  | 0.43        |
|                                       | タカミネ | 0.55         | <b>0.68</b> |
| 500Hzで分割した時の<br>高域対低域の<br>スペクトルエネルギー比 | マリン  | <b>0.81</b>  | 0.41        |
|                                       | 松岡   | <b>0.89</b>  | <b>0.66</b> |
|                                       | ヤマハ  | <b>0.81</b>  | 0.56        |
|                                       | タカミネ | <b>0.78</b>  | 0.55        |
| 時間重心                                  | マリン  | <b>-0.72</b> | -0.13       |
|                                       | 松岡   | -0.09        | <b>0.77</b> |
|                                       | ヤマハ  | -0.41        | 0.55        |
|                                       | タカミネ | <b>-0.85</b> | -0.19       |
| 第1～10倍音までの<br>時間重心の平均値                | マリン  | 0.29         | <b>0.86</b> |
|                                       | 松岡   | 0.44         | <b>0.94</b> |
|                                       | ヤマハ  | 0.23         | <b>0.92</b> |
|                                       | タカミネ | 0.00         | <b>0.66</b> |

表4.2.3：弾弦位置に対応する軸d1、および異弦同音に対応する軸d2と音響特微量との相関係数 (楽器)  
太字は相関係数の絶対値が0.6以上のものである。

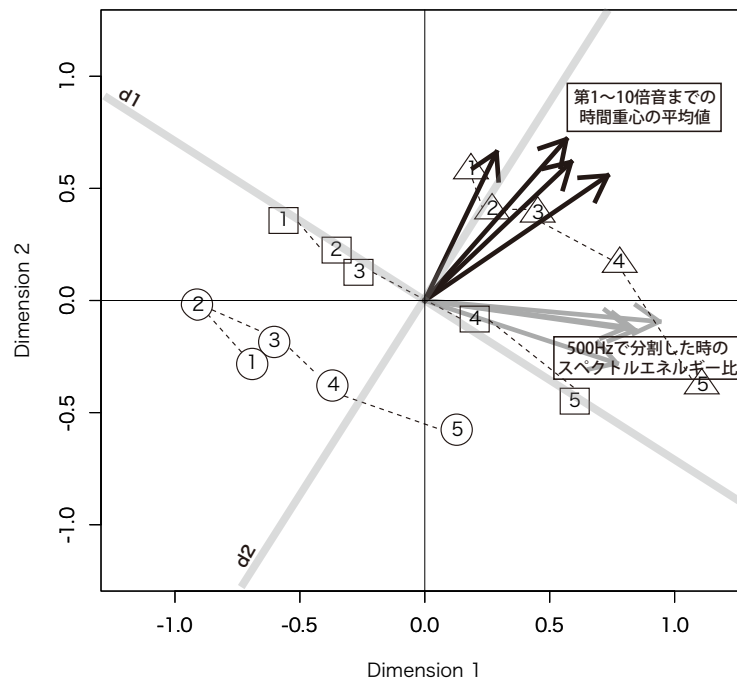


図4.5.2：15種類の音色の共通布置と音響特微量 (楽器)

図中の薄い太線は、弾弦位置に対応する軸d1、異弦同音に対応する軸d2を示す。矢印は楽器ごとの音響特微量と音刺激の布置との相関を表す。薄い矢印は「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」、濃い矢印は「第1～10倍音までの時間重心の平均値」を示す。

## 4.4 考察

同じ音高における弾弦位置と異弦同音の違いによる音色印象の非類似度の心理的距離の分布を表す共通布置の図4.5.1は、各弦ごとに弾弦位置の変化に伴い、音色が配置されるという傾向にあった。このことは、演奏経験を通してギター奏者が感覚的に捉えている弦の違いによってそれぞれ音色の特徴が存在すると捉えている感覚と一致している。また、各弦ごとに12フレット寄りの位置からブリッジ寄りの位置までの範囲で弾弦位置を変化させることで、音色変化をおこなうことができると捉えている感覚とも一致している。実際の演奏においては、楽譜上に表記されたsul tasto (指板寄り、12フレット寄り) やsul ponticello (ブリッジ寄り) というような弾弦位置の指示に従うことで音色変化をおこなうことができると感覚的に知られている通り、本実験の分析結果からも同様に、12フレット寄りからブリッジ寄りの位置までの範囲において弾弦位置の順番に音色の違いを捉えていることが明らかになった。

そして、各弦ごとに見ると12フレット寄りに近い方の位置で弾いた3つの音 (1番、2番、3番) が比較的近い位置に分布している。それに比べてブリッジ寄り (3番、4番、5番) になると各音が離れた位置に分布している。このことから、12フレット寄りに近い位置での演奏は、弾弦位置を変えることでの音色変化が現れにくく、音色変化を感じにくくなると考えられる。それに対して、弾弦位置がブリッジ寄りになるにつれて弾弦位置の違いによる影響が音色変化にも現れやすくなるのではないかと考えられる。また、実際の演奏では、演奏者の多くが弾弦位置3番の位置 (サウンドホールのブリッジ側の端付近) を基本位置として演奏している[54]。この事実について、本実験の結果と対応させて考えると、弾弦位置3番付近はちょうど音色印象の違いが大きくなるブリッジ方向への指の移動を少なくすることが可能なため、音色操作の自由度がより高くなり合理的な演奏位置となっていることが分かる。

図4.6では、4本の楽器はおよそ同じ位置にあり、両次元にほぼ同等に重みを与えていることが見て取れた。このことから、4本の楽器の音色印象の判断はいずれも、どちらかの次元に偏重して音色の印象評価をおこなうわけではなく、両次元に対して同じように重視していると考えられる。

音響特徴量との関係性については、弾弦位置の違いには「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」と相関があることが分かった。この結果は、Guallaら[47]の弾弦位置の違いによる基音に対する高次倍音の割合を調査した研究から得られた「弦長が640mmである場合にブリッジから160mm (12フレットの真上の位置から160mmとなり、本研究に置き換えると弾弦位置3番と4番の間の位置) までは基音が主な音であり、ブリッジから50mm (12フレットの真上の位置から270mmとなり、本研究ではおよそ弾弦位置4番と5番の間の位置) では10倍音以上が現れるため、基音に対する高次倍音の影響が強くなる」という結果にも対応していることが分かる。また、ブリッジ側に近い位置での弾弦音は高次成分が持ち上がり、12フレット寄りに近い位置では、低次倍音の弦振動の腹部が多く存在そのため、低次成分が持ち上がるためであると考えられる。そして、共通布置の図4.5.1において、12フレット寄りの位

置 (弾弦位置1番、2番、3番) の音色がブリッジ寄りの位置 (弾弦位置4番、5番) の音色に比べて類似していると知覚されるという結果についても、上記の理由により、ブリッジ寄りの位置程、高域成分が多くなることが影響しており、基音に対してどのように高域成分が混じるかにより音色が変化すると考えられる。

そして、異弦同音による各弦の違いの判断には「第1～10倍音までの時間重心の平均値」との関係性が得られた。この結果は、夏目ら[7]の第1倍音を含めた高調波成分のパワーや持続時間を計算し、「高調波成分の減衰が異弦同音に大きく関係している」ことを明らかにした研究と対応していると考えられる。

このように音響特徴量との関係性を明らかにすることで、実際の演奏の場面において、弾く弦や位置をどのように選択し決定するかを考える際の助けとなるだろう考えられる。例えば、高域成分を多くするためには弾弦位置をブリッジ寄りにすればよく、反対に、基音をより多くするためには、弾弦位置3番よりも12フレット寄りの位置で弾弦すると言えるだろう。また、共通布置と音響特徴量の図4.5.2から読み取れるように、同じ弾弦位置である場合に、1弦よりも高域成分の影響を小さくするためには、弾く弦を2弦や3弦に変えるという方法をとるとよいだろう。そして、倍音成分の響きの長さを多くするためには、弾く弦を変えるとよいと考えられ、響きの多いものから順に1弦、2弦、3弦となる。このように、どの楽器を用いても、弾弦位置と異弦同音における音色変化に対して同様の傾向を持っており、高域成分の影響や倍音成分の響きの長さを変化させることができると考えられる。

## 4.5 実験Ⅱ：評定尺度法による聴取実験

### 4.5.1 実験方法

弾弦位置と異弦同音の違いによる音色印象を調査するため、評定尺度法を用いて聴取実験をおこなった。3.1.2節で述べたように、評定尺度法とは、主に一般的に使用されるような形容詞、また形容的な表現による評価語を用いて、それぞれの刺激についての判断を求める方法である。

本実験に使用した音刺激は、音色の類似性判断を求めた実験Ⅰと同様の15種類の音刺激を用いて、実験参加者ごとにランダム順序で聞かせた。回答は、各音刺激について計15問について、12対の両極評価語尺度を用いて音色印象を7段階評価してもらった。回答用紙(図4.7)に示された12対の評価語軸において示された7つの目盛りの内、あてはまる印象の度合いの目盛りに丸印を付けてもらうという方法をとった。例えば、「柔らかい—硬い」という評価語軸で評価をおこなう場合に、両端の目盛りを回答するとその音色は「とても柔らかい」や「とても硬い」という評価がなされたことになる。真ん中の目盛りを回答すると「どちらでもない」という評価がなされたことになる。

### 4.5.2 実験設備

音刺激の試聴はヘッドフォン (SONY製 MDR-7506) を用いておこなわれた。実験に使用した機材は、PC (MacBook Air, OS X El Captain 10.11.16) で音源再生ソフトウェア (iTunes 12.5.4) を用いて音刺激を再生し、回答用紙(図4.7)に回答してもらった。再生音量は、実験開始前に例題を出した際に、実験参加者ごとに聞きやすい音量を自由に調整してもらい、その音量を固定したまま実験を開始した。実験をおこなった部屋は、比較的静かな教室であった。

### 4.5.3 実験参加者

実験には、一対比較による実験Ⅰと同様のギター奏者5名、東京藝術大学にて録音・音響を専攻している学生5名の計10名が参加した。ただし、松岡、ヤマハ、タカミネは全て同じ実験参加者であったが、マリンは3.2節で述べた筆者の先行研究[48][49]のデータを用いたため、他の3本の楽器とは異なる実験参加者であった。マリンの実験参加者は、ギター奏者15名、東京藝術大学にて録音・音響を専攻している学生10名の計25名が参加していた。実験は各楽器ごとに1名ずつおこなわれ、楽器1本あたりの所要時間は約15分であった。



|        |       |        |
|--------|-------|--------|
| 硬い     | ----- | 柔らかい   |
| 暗い     | ----- | 明るい    |
| 貧弱な    | ----- | 豊かな    |
| はっきりした | ----- | こもった   |
| 太い     | ----- | 細い     |
| 乾いた    | ----- | 潤った    |
| とげとげしい | ----- | 丸みのある  |
| 重い     | ----- | 軽い     |
| 温かい    | ----- | 冷たい    |
| 透明感のない | ----- | 透明感のある |
| 芯のない   | ----- | 芯のある   |
| きれい    | ----- | 汚い     |

図4.7：印象評価のための回答用紙

#### 4.5.4 評価語の抽出

実験では、全ての実験参加者に対して12対の両極尺度の評価語（柔らかいー硬い、明るいー暗い、豊かなー貧弱な、こもったーはっきりした、細いー太い、潤ったー乾いた、丸みのあるーとげとげしい、軽いー重い、冷たいー温かい、透明感のあるー透明感のない、芯のあるー芯のない、汚いーきれい）を提示した。また、ギター奏者は共通して音色を表す表現語の意味を捉えているものと考え、ギター奏者の実験参加者には実験開始前に参考として作成した各評価語の定義を提示した。本実験で使用した12対の評価語には、3.2.2節で述べた筆者の先行研究[49]と同様の評価語を用いている。各評価語の抽出と定義付けの方法は、筆者の先行研究[55]から引用し、以下に述べる。

12対の評価語の選定とギター奏者に提示する評価語の定義付けの方法は、次のようにおこなった。まず、5名のギター奏者に以下のような6つの項目についてインタビューをおこなった。

##### [インタビュー内容]

- (1)：クラシックギターの「音色」を表現する際に、形容詞・形容動詞で表せる言葉で思い付くものを全て教えてください。
- (2)：(1)で挙げた言葉の中から対にできそうなものがあれば教えてください。
- (3)：(1)で挙げた言葉について演奏上での意味を説明できそうなものがあれば、自由な表現で構いませんので教えてください。
- (4)：日頃、どのような部分を聞いて音色の印象を判断していますか。
- (5)：演奏をする際には、どんな音が出したいですか。
- (6)：日頃、ギターの音色を表す際によく使っている言葉はありますか。

インタビュー内容の(1)の項目についての回答時には、ギターの音色を表す表現語の参考例を提示し、その中から選択することも可とした(巻末資料に示す)。これらの表現語は全部で82語ある。雑誌「月刊 現代ギター」[56]の2014年6月号から2015年6月号までの1年分の内容から、筆者の判断により、音色を表すと考えられる言葉を選択して提示した。また、82語の言葉が雑誌1年分の内容の中で何回記載されていたかを数えておき、実験に使用する評価語を決める際に、それらの言葉の使用頻度の高さを評価語選定の要素の一つとした。また、インタビュー項目(5)のどんな音を出したいか、そして項目(6)のギターの音色を表す際によく使っている言葉についての回答を参考にし、評価語の選定をおこなった。

音色の印象の定義付けは、実験で提示する12対の各評価語が表す音色をどのような意味としてギター奏者は使い分けているのかについて、インタビュー項目(3)を元にしながら最終的に筆者が内容をまとめた(表4.3)。定義付けの内容には、それぞれの評価語が持つ音色の印象の全体的なイメージと、その評価語が表す音色は曲においてどのような場面で使われるかが記されている。具体的には、例えば弾弦位置のどの辺りで演奏するのか、どのような弾弦(タッチ)の方法によって弾き分けることができるのか等を各評価語ごとにまとめている。これらの内容を試聴実験をおこなう前にギター奏者の実験参加者らに目を通してもらい、各評価語が表す音色の印象の定義として参考にしながら評価をおこなってもらった。

## 4.6 分析

4.6.1節では、評定尺度法を用いておこなった実験Ⅱの分析結果を示す。4.6.2節では、それぞれの評価語について回答された印象の評価に影響すると考えられる3つの要因「楽器」「異弦同音」「弾弦位置」について分散分析をおこなう。そして、分散分析の結果、および分散分析を元にした多重比較についての結果を示す。結果の詳細な考察は4.7節で述べる。

### 4.6.1 弾弦位置・異弦同音と評価語の対応

本実験では、12対の両極尺度の評定尺度法を用いて、15種類の音刺激に対する音色印象について調査した。実験では、それぞれの評価語について実験参加者ごとにおこなった7段階の評価をおこなってもらった。分析では、それらの評価を1～7点までの点数として扱った。得点が高い程、その評価語の印象が強まることを表す。そして、点数化することにより得られた全てのデータと、INDSCAL分析における共通布置(図4.5.1)から得られた15種類の音刺激の座標値との相関係数を算出することによりおこなった。手順としては、得られた全ての評価得点をもとに、評価語ごとに1つのデータ列を作成する。これに対応するように、15種類の刺激の次元1の座標値を同じベクトルを繰り返して配置したデータ列を作成する。2組のデータ列の相関係数の算出値を次

| 評価語    | 定義内容  |
|--------|---|
| 柔らかい   | 優しくなげるようなイメージ。脱力感と弾力感を持つような音。<br>(サウンドホールの上またはそれよりも指板よりの位置で撥弦することが多い。)  |
| 硬い     | ハリがあるしまりを持つ音。強さが加わった金属的な音として感じることもある。<br>(サウンドホールよりもブリッジ寄りの位置で撥弦することが多い。楽曲の中では攻撃的な意味付けであったり、アクセント等として特徴付けしたいする場面で用いることがある。) |
| 明るい    | 元気で楽しいイメージ。<br>(楽曲の中では例えば、長調、長三和音、速いテンポやはねるようなリズムで演奏する場合に用いたりする。)   |
| 暗い     | 悲しく気が沈んだイメージ。<br>(楽曲の中では例えば、短調、短三和音、ゆっくりとしたテンポで演奏する場合に用いたりする。)  |
| 豊かな    | のびのびとした大きな気持ちと、広々としたイメージ。響きを十分に備えた音。  |
| 貧弱な    | 細く縮こまったイメージ。響きが十分でなく乏しい音。   |
| こもった   | すっきりせずぼやけており、人の耳に届きにくいと感じる音。  |
| はっきりした | 鮮明でハリがある音で、輪郭があり人の耳にしっかりと届くと感じる音。   |
| 細い     | 弱々しいイメージ。倍音成分の多い音。<br>(サウンドホールよりもブリッジ寄りで撥弦することもある。)   |
| 太い     | 厚みがある、倍音成分の少ない音。  |
| 潤った    | しなやかさかつ艶を持ち、伸びがある音。   |
| 乾いた    | 湿り気がなく、伸びがない音。  |
| 丸みのある  | 温かく柔らかなイメージ。<br>(指板に近い位置で撥弦したり、爪を短めにしてやや指の部分を多く弦にかけて引くことを意識することもある。)  |
| とげとげしい | 冷たく固いイメージ。<br>(ブリッジに近い位置で撥弦したり、爪を多く弦にかけて弾くことを意識することもある。)  |
| 軽い     | 主張せず、音の密度が低く鋭敏さがある。   |
| 重い     | 質感を保ちながら伸びていく音。鈍い音ではない。<br>(よりアクセントを付けたり対象となる音やフレーズを主張したいときに使うことがある。)   |
| 冷たい    | 冷徹、冷酷、冷淡、冷静等の状態を表し、マイナスなイメージを持つ金属的な音。<br>(ブリッジに近い位置で撥弦することが多い。)   |
| 温かい    | ぬくもりを感じ、柔らかさを備えた金属的でない音。<br>(指板に近い位置で撥弦することが多い。)  |
| 透明感のある | 真っ直ぐで澄んだイメージ。きれいに響き、雑音のない音。   |
| 透明感のない | 澄んだ感じや伸びがなく、雑音を含んだ音。  |
| 芯のある   | しっかりとした密度の高い輪郭のある音。<br>(弦をつかむイメージで弾く。クラシックギター奏者が常に意識してこの音を出せるようにしていきたいと思う音で、 ピアニッシモ(pp)であっても耳にしっかりと届くような音。)                 |
| 芯のない   | 軽くて密度が低く輪郭のない音。遠くまで耳に届きにくい音。  |
| 汚い     | 乱暴なイメージを持ち、雑音を含んだ音。   |
| きれい    | 輪郭と透明感のある粗さや雑さを感じない丁寧な音。  |

表4.3：音色印象を表す評価語と定義内容 [55]

元1における評価語の座標値とする。次元2についても同様に算出する。このようにして、次元ごとに得られた算出値を共通布置内における各評価語の布置とし、図4.5.2上に重ねて、図4.5.3に示した。先端に○印が付いた原点から引かれた12本の直線は各評価語を示す。図中の評価語は、12対の評価語の内の片方の語であり、ギター奏者が演奏をおこなう上で比較的ポジティブな印象として捉えている語を選択した。この12本の直線の方角によって、INDSCALによって提示された15種類の音色とどのように関連があるかを表している。また、直線の長さは影響の強さを表している。

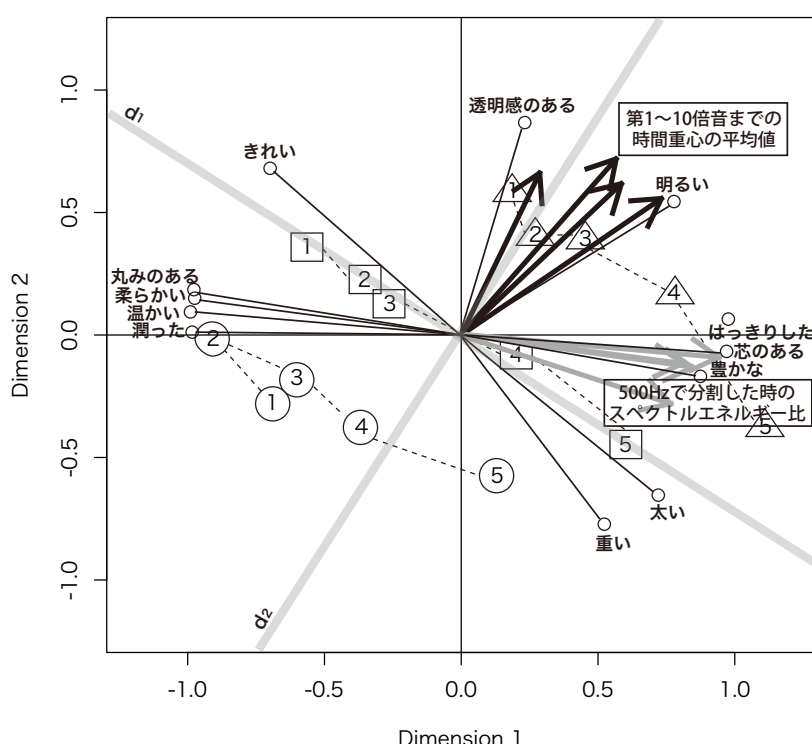


図4.5.3：15種類の音色の共通布置、音響特微量と音色印象 (楽器)

先端に○印が付いた原点から引かれた12本の直線は各評価語を示す。INDSCALによって提示された15種類の音色に対する評価とどのように関連があるかを、原点から引かれた直線の方角によって表している。また、直線の長さは影響の強さを表している。図中の薄い太線は、弾弦位置に対応する軸d1、異弦同音に対応する軸d2を示す。矢印は楽器ごとの音響特微量と音刺激の布置との相関を表す。薄い矢印は「500Hzで分割した時のスペクトルエネルギー比」、濃い矢印は「第1～10倍音までの時間重心の平均値」を示す。

図4.5.3から、「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はっきりした」「芯のある」「豊かな」という印象は、3弦の12フレット寄り (○：1番) から1弦のブリッジ寄り (△：5番) までの異弦同音と弾弦位置の変化に対応していることが分かった。反対に、1弦の12フレット寄り (△：1番) から3弦のブリッジ寄り (○：5番) までの異弦同音と弾弦位置の変化に対応している印象は「透明感のある」であった。そし

て、「明るい」は異弦同音の違い、「重い」「太い」「きれい」は弾弦位置の違いに対応していることが分かった。

#### 4.6.2 3要因の分散分析

実験Ⅱから実験参加者ごとにそれぞれの評価語について得られた1～7点までの評価得点のデータを用いて、各楽器における音色印象の評価の違いと、弾弦位置や異弦同音における音色印象の評価の違いについて分析した。ここでは、実験参加者が全て同じであったことから、ヤマハ、タカミネ、松岡について、評価語ごとに、楽器（3種類）、異弦同音（3本）、弾弦位置（5ヶ所）の3要因被験者内計画の分散分析をおこなった。3.1節の音色研究の手法にて詳述しなかった分析手法である分散分析について、南風原の文献[57]をもとに以下に述べる。

分散分析とは、3群以上のデータ間の平均値を比較する統計的手法の一つである。データの値の変化に影響すると考えられる要因による効果の有無の検定ができる。本実験では、それぞれの評価語について回答された印象の評価に影響すると考えられる3つの要因「楽器」「異弦同音」「弾弦位置」について分散分析をおこなう。分析をおこなうことで、各要因の主効果、また要因と要因の組み合わせである交互作用によって、回答された印象評価が有意に異なったかどうかを検定する。各効果の有意性については有意水準を設けて判定するが、本実験では有意水準 $\alpha=0.05$ を採用した。分散分析表に示されているp値が0.05を下回った場合には、それぞれの要因による印象評価に有意な差があったと言える。有意差が見られた場合には、多重比較と呼ばれる検定法を用いて、どの群とどの群に有意差があるかを調べることができる。多重比較には様々な検定法があるが、本実験ではライアンの方法を用いた。ライアンの方法では、名義的有意水準（ $\alpha'$ ）という概念が使われる。k群の場合、全ての2群の平均値の差を検定する場合には、 $kC_2$ 回の検定をおこなう。平均値が最大・最小の群から多重比較を始め、次に最大・第2最小、最小と第2最大……という順序で比較を進めていく方法である。

##### 【柔らかい】

図4.8.1は、「柔らかい」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「柔らかい」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果（ $F(2,18)=56.356, p<0.00001$ ）、弾弦位置の主効果（ $F(4,36)=50.247, p<0.00001$ ）に有意差が見られた（表4.4）。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図4.8.2は「柔らかい」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は2.933点、2弦は3.693点、3弦は5.060点であった。1、2、3弦の順に「柔らかい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.8.3は「柔らかい」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.700点、2番は4.556点、3番は4.367点、4番は3.589点、5番は2.267点であった。弾弦位置が12フレット寄りである程「柔らかい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番同士の違いはなく、これらの3ヶ所の全ての位置に対して残りの弾弦位置4番、5番のそれぞれの位置とに有意差が見られた。

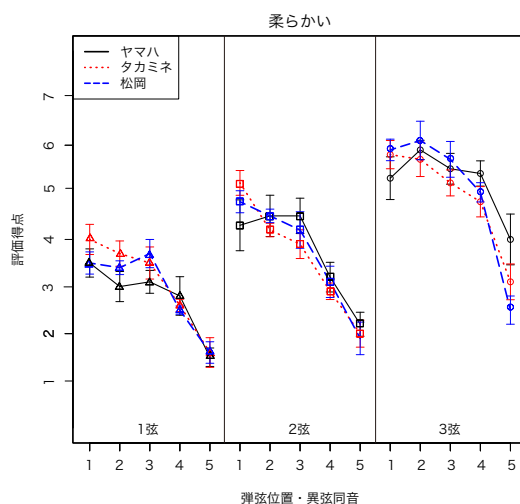


図4.8.1：「柔らかい」の評価得点の平均値および95%信頼区間

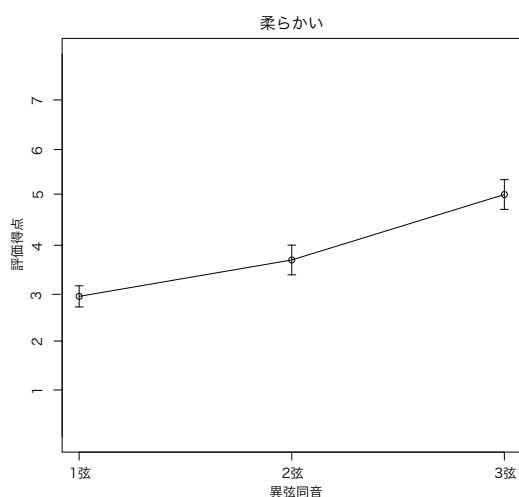


図4.8.2：「柔らかい」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

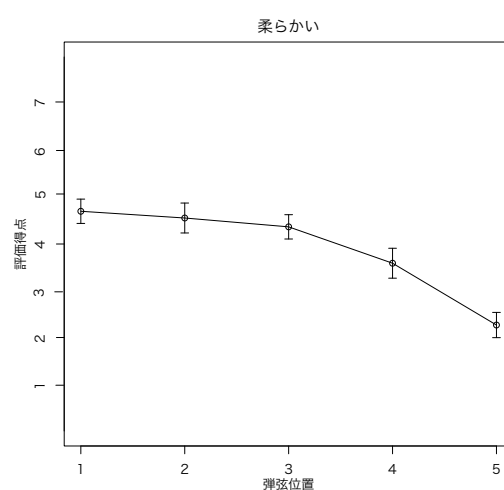


図4.8.3：「柔らかい」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS           | df  | MS          | F      | p           |
|---|--------------|-----|-------------|--------|-------------|
| subject   | 31.6466667   | 9   | 3.1562963   |        |             |
| A：楽器  | 0.0844444    | 2   | 0.0422222   | 0.042  | 0.9587      |
| error [AS]  | 17.9600000   | 18  | 0.9977778   |        |             |
| B：異弦同音  | 348.4044444  | 2   | 174.2022222 | 56.356 | 0.0000 **** |
| error [BS]  | 55.6400000   | 18  | 3.0911111   |        |             |
| C：弾弦位置  | 364.6800000  | 4   | 91.1700000  | 50.247 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 65.3200000   | 36  | 1.8144444   |        |             |
| AB  | 4.7022222    | 4   | 1.1755556   | 1.200  | 0.3274      |
| error [ABS]   | 35.2533333   | 36  | 0.9792593   |        |             |
| AC  | 15.2933333   | 8   | 1.9116667   | 1.849  | 0.818 +     |
| error [ACS]   | 74.4400000   | 72  | 1.0338889   |        |             |
| BC  | 15.9733333   | 8   | 1.9966667   | 1.302  | 0.5265      |
| error [BCS]   | 110.266667   | 72  | 1.5337973   |        |             |
| ABC   | 11.2533333   | 16  | 0.7033333   | 0.823  | 0.6575      |
| error [ABCS]  | 123.0133333  | 144 | 0.8542593   |        |             |
| Total   | 1274.0911111 | 449 |             |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |              |     |             |        |             |

表4.4：「柔らかい」3要因の分散分析結果

### 【明るい】

図4.9.1は、「明るい」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「明るい」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果( $F(2,18)=15.522$ ,  $p<0.0001$ )に有意差が見られた(表4.5)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図4.9.2は「明るい」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は4.493点、2弦は4.107点、3弦は3.447点であった。3、2、1弦の順に「明るい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、1弦と2弦との間に違いはなく、これら2つの弦と3弦とに有意差が見られた。

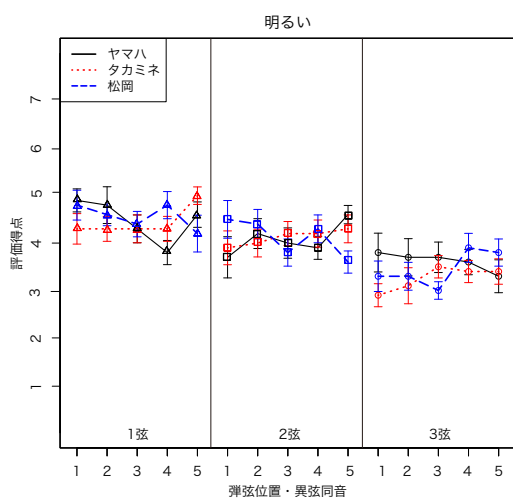


図4.9.1：「明るい」の評価得点の平均値  
および95%信頼区間

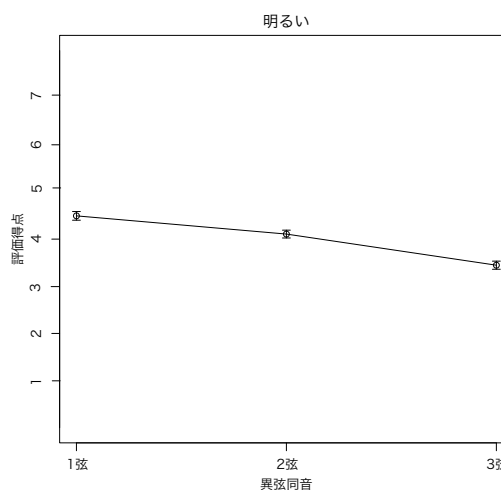


図4.9.2：「明るい」の異弦同音の違いによる  
評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 67.4688889  | 9   | 7.4965432  |        |             |
| A：楽器  | 1.2977778   | 2   | 0.6488889  | 0.790  | 0.4691      |
| error [AS]  | 14.7911111  | 18  | 0.8217284  |        |             |
| B：異弦同音  | 84.0311111  | 2   | 42.9155556 | 15.522 | 0.0001 **** |
| error [BS]  | 48.7244444  | 18  | 2.7069136  |        |             |
| C：弾弦位置  | 1.5466667   | 4   | 0.3866667  | 0.190  | 0.9420      |
| error [CS]  | 73.2088889  | 36  | 2.0335802  |        |             |
| AB  | 2.3822222   | 4   | 0.5955556  | 0.949  | 0.4472      |
| error [ABS]   | 22.5955556  | 36  | 0.6276543  |        |             |
| AC  | 14.7466667  | 8   | 1.8433333  | 1.976  | 0.0617 +    |
| error [ACS]   | 67.1644444  | 72  | 0.9328395  |        |             |
| BC  | 4.4133333   | 8   | 0.5516667  | 0.626  | 0.7537      |
| error [BCS]   | 63.4977778  | 72  | 0.8819136  |        |             |
| ABC   | 15.5733333  | 16  | 0.9733333  | 1.193  | 0.2800      |
| error [ABCS]  | 117.4488889 | 144 | 0.8156173  |        |             |
| Total   | 598.891111  | 449 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表4.5：「明るい」の3要因の分析結果



### 【豊かな】

図4.10.1は、「豊かな」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「豊かな」についての分散分析の結果、弾弦位置の主効果( $F(4,36)=5.684$ ,  $p=0.0012$ )に有意差が見られた(表4.6)。

弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.10.2は「豊かな」という印象について弾弦位置1番(12フレット寄り)～5番(ブリッジ寄り)までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は3.467点、2番は3.733点、3番は3.833点、4番は4.278点、5番は4.444点であった。弾弦位置がブリッジ寄りである程「豊かな」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番に対して4番や5番、また、2番に対して5番とに有意差が見られた。その他の弾弦位置では有意差が見られなかった。

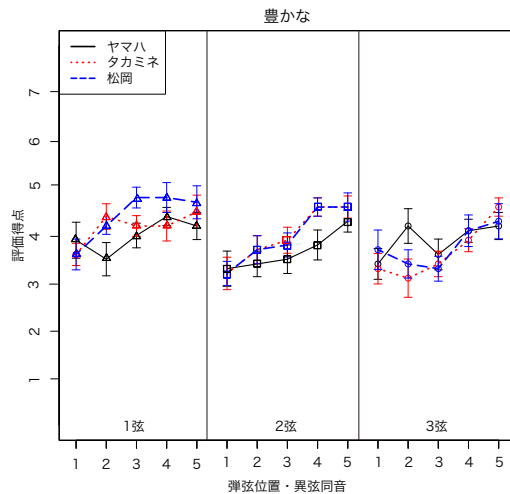


図4.10.1：「豊かな」の評価得点の平均値および95%信頼区間

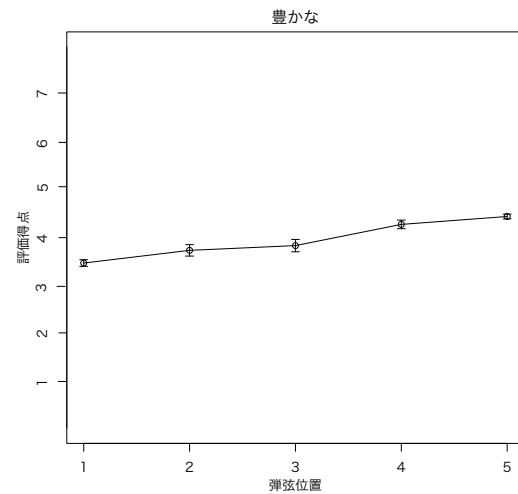


図4.10.2：「豊かな」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F     | p          |
|---|-------------|-----|------------|-------|------------|
| subject   | 44.4800000  | 9   | 4.9422222  |       |            |
| A：楽器  | 3.0044444   | 2   | 1.5022222  | 2.510 | 0.1093     |
| error [AS]  | 10.7733333  | 18  | 0.5985185  |       |            |
| B：異弦同音  | 14.7911111  | 2   | 7.3955556  | 2.207 | 0.1389     |
| error [BS]  | 60.3200000  | 18  | 3.3511111  |       |            |
| C：弾弦位置  | 58.1466667  | 4   | 14.5366667 | 5.684 | 0.0012 *** |
| error [CS]  | 92.0755556  | 36  | 2.5576543  |       |            |
| AB  | 6.5288889   | 4   | 1.6322222  | 2.311 | 0.0765 +   |
| error [ABS]   | 25.4266667  | 36  | 0.7062963  |       |            |
| AC  | 3.1066667   | 8   | 0.3883333  | 0.349 | 0.9431     |
| error [ACS]   | 80.0044444  | 72  | 1.1111728  |       |            |
| BC  | 8.3866667   | 8   | 1.0483333  | 1.469 | 0.1839     |
| error [BCS]   | 51.3911111  | 72  | 0.7137654  |       |            |
| ABC   | 14.3600000  | 16  | 0.8975000  | 1.403 | 0.1481     |
| error [ABCS]  | 92.1288889  | 144 | 0.697840   |       |            |
| Total   | 564.9244444 | 449 |            |       |            |
| + p<.10,      * p<.05,      ** p<.01,      *** p<.005,      **** p<.001 |             |     |            |       |            |

表4.6：「豊かな」の3要因の分析結果

### 【はっきりした】

図4.11.1は、「はっきりした」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「はっきりした」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=34.404$ ,  $p<0.00001$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=29.357$ ,  $p<0.00001$ ) に有意差が見られた (表4.7)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図4.11.2は「はっきりした」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は5.173点、2弦は4.353点、3弦は3.100点であった。3、2、1弦の順に「はっきりした」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.11.3は「はっきりした」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は3.600点、2番は3.756点、3番は3.978点、4番は4.478点、5番は5.233点であった。弾弦位置がブリッジ寄りである程「はっきりした」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番同士の違いはなく、これらの3ヶ所の全ての位置に対して残りの弾弦位置4番、5番のそれぞれの位置とに有意差が見られた。

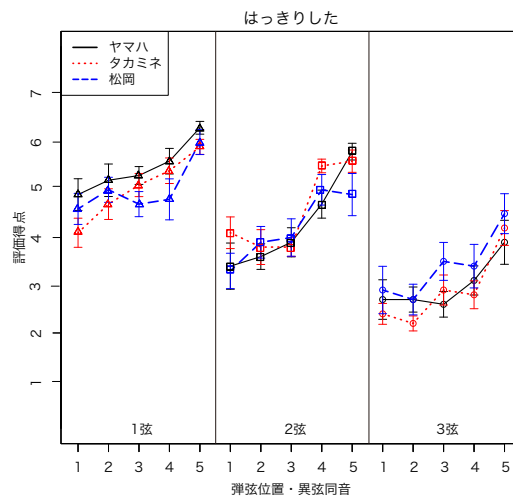


図4.11.1：「はっきりした」の評価得点の  
 平均値および95%信頼区間

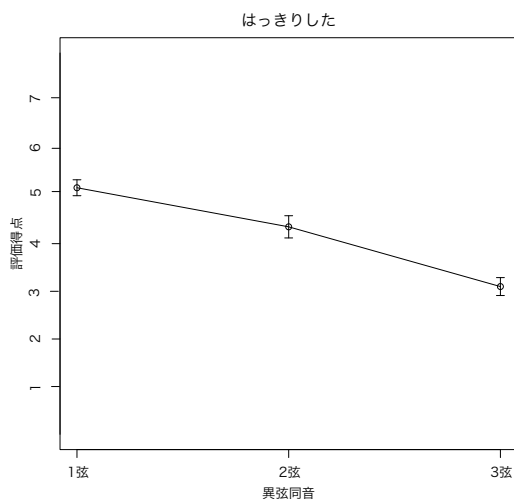


図4.11.2：「はっきりした」の異弦同音の違い  
 による評価得点の平均値および95%信頼区間

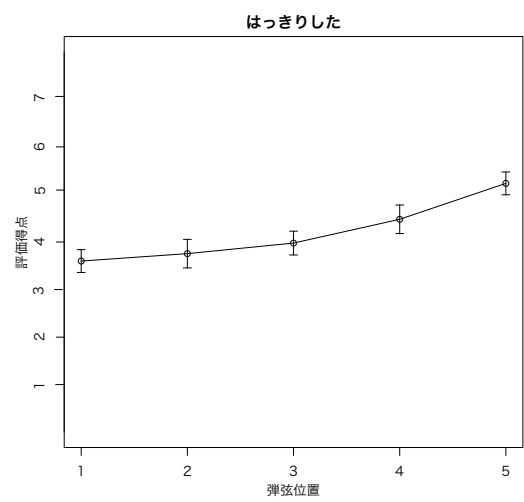


図4.11.3：「はっきりした」の弾弦位置の違い  
 による評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS           | df  | MS          | F      | p           |
|---|--------------|-----|-------------|--------|-------------|
| subject   | 28.6311111   | 9   | 3.1812346   |        |             |
| A：楽器  | 0.4844444    | 2   | 0.2422222   | 0.144  | 0.8670      |
| error [AS]  | 30.3155556   | 18  | 1.6841975   |        |             |
| B：異弦同音  | 327.0977778  | 2   | 163.5488889 | 34.404 | 0.0000 **** |
| error [BS]  | 85.5688889   | 18  | 4.7538272   |        |             |
| C：弾弦位置  | 157.6311111  | 4   | 39.4077778  | 29.357 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 48.3244444   | 36  | 1.3423457   |        |             |
| AB  | 15.9822222   | 4   | 3.9955556   | 2.210  | 0.874 +     |
| error [ABS]   | 65.0844444   | 36  | 1.8079012   |        |             |
| AC  | 2.7822222    | 8   | 0.3477778   | 0.295  | 0.9654      |
| error [ACS]   | 84.8622222   | 72  | 1.1786420   |        |             |
| BC  | 17.3688889   | 8   | 2.0461111   | 1.752  | 0.1011      |
| error [BCS]   | 84.0755556   | 72  | 1.1677160   |        |             |
| ABC   | 14.4177778   | 16  | 0.9011111   | 1.024  | 0.4353      |
| error [ABCS]  | 126.7377778  | 144 | 0.8801235   |        |             |
| Total   | 1088.3844444 | 449 |             |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |              |     |             |        |             |

表4.7：「はっきりした」の3要因の分析結果

## 【太い】

図4.12.1は、「太い」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「太い」についての分散分析の結果、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=11.512$ ,  $p<0.00001$ )、楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用 ( $F(16,144)=1.953$ ,  $p=0.0201$ ) に有意差が見られた (表4.8)。

弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.12.2は「太い」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は3.100点、2番は3.356点、3番は3.567点、4番は3.989点、5番は4.678点であった。弾弦位置がブリッジ寄りである程、特に弾弦位置5番は他の位置に比べて「太い」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置5番に対してその他の全ての弾弦位置とに有意差が見られた。

楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたことについて述べる。楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ、楽器の個体差が影響を及ぼす弾弦位置と異弦同音の組み合わせは、2弦の弾弦位置4番と、3弦の弾弦位置3番であることが分かった。これらの組み合わせでは、楽器の個体差により評価得点に有意な差があることが分かった。

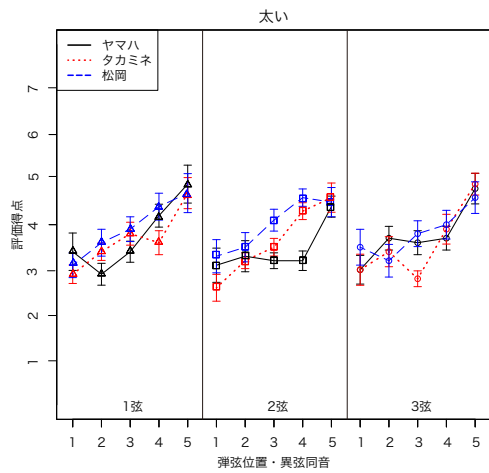


図4.12.1：「太い」の評価得点の平均値および95%信頼区間

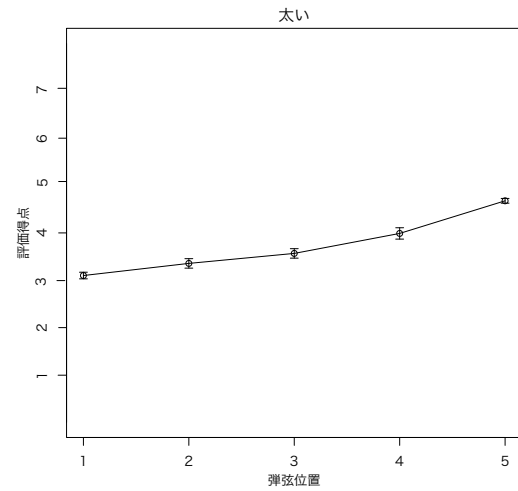


図4.12.2：「太い」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 26.1244444  | 9   | 2.9027160  |        |             |
| A：楽器  | 7.4844444   | 2   | 3.7422222  | 3.262  | 0.0618 +    |
| error [AS]  | 20.6488889  | 18  | 1.1471605  |        |             |
| B：異弦同音  | 0.7777778   | 2   | 0.3888889  | 0.149  | 0.826       |
| error [BS]  | 46.9555556  | 18  | 2.6086420  |        |             |
| C：弾弦位置  | 137.5911111 | 4   | 34.3977778 | 11.512 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 107.5644444 | 36  | 2.9879012  |        |             |
| AB  | 3.6355556   | 4   | 0.9088889  | 0.913  | 0.4668      |
| error [ABS]   | 35.8311111  | 36  | 0.9953086  |        |             |
| AC  | 8.7822222   | 8   | 1.0977778  | 0.717  | 0.6755      |
| error [ACS]   | 110.1955556 | 72  | 1.5304938  |        |             |
| BC  | 3.4888889   | 8   | 0.4361111  | 0.762  | 0.6373      |
| error [BCS]   | 41.2222222  | 72  | 0.5725309  |        |             |
| ABC   | 16.8977778  | 16  | 1.0561111  | 1.953  | 0.0201 *    |
| error [ABCS]  | 77.8577777  | 144 | 0.5406790  |        |             |
| Total   | 645.0577778 | 449 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表4.8：「太い」の3要因の分析結果

### 【潤った】

図4.13.1は、「潤った」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「潤った」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=18.830$ ,  $p<0.00001$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=11.628$ ,  $p<0.00001$ )、楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用 ( $F(16,144)=2.388$ ,  $p=0.0034$ ) に有意差が見られた (表4.9)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図4.13.2は「潤った」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は3.113点、2弦は3.680点、3弦は4.587点であった。1、2、3弦の順に「潤った」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.13.3は「潤った」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.122点、2番は4.067点、3番は4.022点、4番は3.611点、5番は3.144点であった。弾弦位置が12フレット寄りに近い3ヶ所の弾弦位置では評価得点の差は少ない。しかし、全体的に見ると、弾弦位置が12フレット寄りである程「潤った」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番同士の違いはなかった。弾弦位置3番と4番を除いて、主に、弾弦位置1番、2番、3番と弾弦位置4番、5番のそれぞれの位置とに有意差が見られた。

楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたことについて述べる。楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ、楽器の個体差が影響を及ぼす弾弦位置と異弦同音の組み合わせは、1弦の弾弦位置2番と3番、そして、3弦の弾弦位置1番であることが分かった。これらの組み合わせでは、楽器の個体差により評価得点に有意な差があることが分かった。

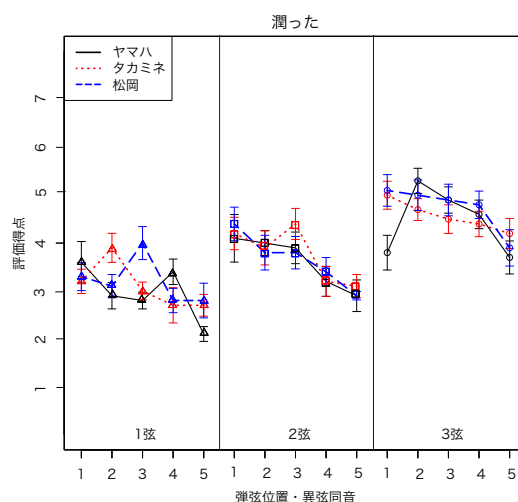


図4.13.1：「潤った」の評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 69.024444   | 9   | 7.6693827  |        |             |
| A：楽器  | 1.9600000   | 2   | 0.9800000  | 1.765  | 0.1996      |
| error [AS]  | 9.9955556   | 18  | 0.5553086  |        |             |
| B：異弦同音  | 165.6933333 | 2   | 82.8466667 | 18.830 | 0.0000 **** |
| error [BS]  | 79.1955556  | 18  | 4.3997531  |        |             |
| C：弾弦位置  | 62.0577778  | 4   | 15.5144444 | 11.628 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 48.0311111  | 36  | 1.3341975  |        |             |
| AB  | 1.2266667   | 4   | 0.3066667  | 0.470  | 0.7573      |
| error [ABS]   | 23.4844444  | 36  | 0.6523457  |        |             |
| AC  | 6.5955556   | 8   | 0.8244444  | 0.916  | 0.5082      |
| error [ACS]   | 64.7822222  | 72  | 0.8997531  |        |             |
| BC  | 8.6622222   | 8   | 1.0827778  | 0.916  | 0.5085      |
| error [BCS]   | 85.1155556  | 72  | 1.1821605  |        |             |
| ABC   | 32.2844444  | 16  | 2.0177778  | 2.388  | 0.0034 ***  |
| error [ABCS]  | 121.6711111 | 144 | 0.8449383  |        |             |
| Total   | 779.7800000 | 449 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表4.9：「潤った」の3要因の分析結果

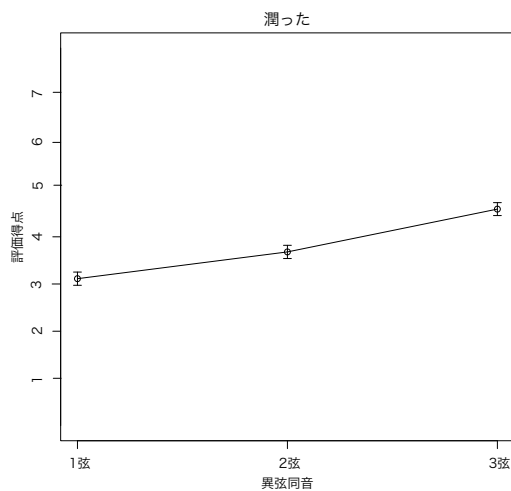


図4.13.2：「潤った」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

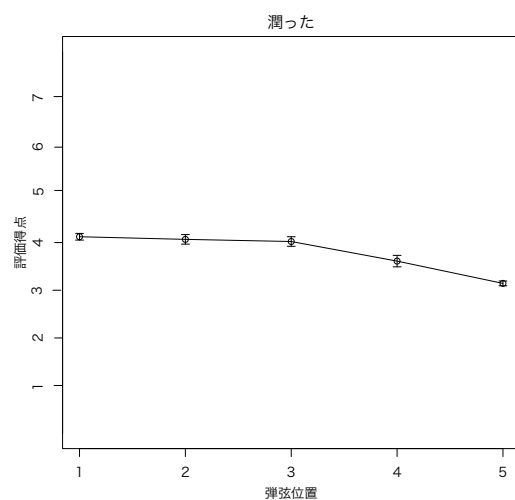


図4.13.3：「潤った」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

### 【丸みのある】

図4.14.1は、「丸みのある」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「丸みのある」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=81.145, p<0.00001$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=51.874, p<0.00001$ )、楽器×弾弦位置の交互作用 ( $F(8,72)=2.215, p=0.0360$ )、異弦同音×弾弦位置の交互作用 ( $F(8,72)=2.434, p=0.0218$ ) に有意差が見られた (表4.10)。

楽器×弾弦位置の交互作用と異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたが、評価の傾向を見るために、まず、異弦同音の主効果の分析をおこなう。図4.14.2は「丸みのある」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は3.260点、2弦は4.133点、3弦は5.247点であった。1、2、3弦の順に「丸みのある」という印象の評価得点が高くなっているという傾向にある。また、多重比較より、傾向としては全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.14.3は「丸みのある」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.989点、2番は4.856点、3番は4.633点、4番は3.889点、5番は2.700点であった。弾弦位置が12フレット寄りに近い3ヶ所の弾弦位置では評価得点の差は少ないが、全体的に見ると、弾弦位置が12フレット寄りである程「丸みのある」という印象の評価得点が高くなっているという傾向にある。また、多重比較により、傾向として、弾弦位置1番、2番、3番同士の違いはなく、これらの3ヶ所の全ての位置に対して残りの弾弦位置4番、5番のそれぞれの位置とに有意差が見られた。

しかし、楽器×弾弦位置の交互作用と異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られた。このことから、これらの要因が組み合わさることによって、互いに評価得点の差に影響を及ぼすことが分かる。まず、楽器×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたことについて述べる。図4.14.4は、各弾弦位置に対する楽器ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。楽器×弾弦位置の交互作用について単純主効果の検定をおこなったところ、弾弦位置に対して3本全ての楽器には有意差が見られた。より詳しく見ていくため、多重比較をおこなったところ、弾弦位置1番では楽器の個体差により評価得点に有意な差が見られた。また、楽器ごとに各弾弦位置について多重比較をおこなったところ、楽器の個体差によって有意な差が生じる弾弦位置の組み合わせが異なることが分かった。

次に、異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたことについて述べる。図4.14.5は、各弾弦位置に対する弦ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ、異弦同音と弾弦位置の全ての組み合わせにおいて有意差が見られた。図4.14.5より、傾向としては、やはり1弦、2弦、3弦の順に「丸みのある」という印象の評価得点が高くなっていることが分かる。また、弾弦位置が12フレット寄りである程「丸みのある」という印象の評価得点が高くなっている傾向にあることが分かる。しかし、多重比較



をおこなうと、異弦同音と弾弦位置の違いによって印象の評価得点に有意な差が見られる組み合わせが異なることが分かった。

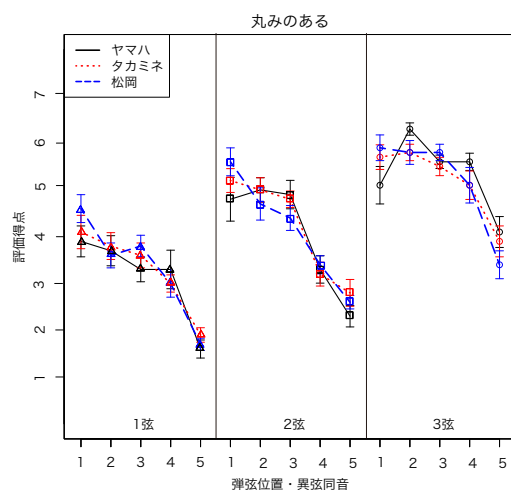


図4.14.1：「丸みのある」の評価得点の  
平均値および95%信頼区間

| source  | SS           | df  | MS          | F      | p          |
|---|--------------|-----|-------------|--------|------------|
| subject   | 20.8088889   | 9   | 2.3120988   |        |            |
| A：楽器  | 0.1600000    | 2   | 0.0800000   | 0.057  | 0.9452     |
| error [AS]  | 25.4844444   | 18  | 1.4158025   |        |            |
| B：異弦同音  | 297.4533333  | 2   | 148.7266667 | 81.145 | 0.000 **** |
| error [BS]  | 32.9911111   | 18  | 1.8328395   |        |            |
| C：弾弦位置  | 322.7200000  | 4   | 80.6800000  | 51.874 | 0.000 **** |
| error [CS]  | 55.9911111   | 36  | 1.5553086   |        |            |
| AB  | 1.8266667    | 4   | 0.4566667   | 0.587  | 0.6739     |
| error [ABS]   | 27.9955556   | 36  | 0.7776543   |        |            |
| AC  | 12.9733333   | 8   | 1.6216667   | 2.215  | 0.0360 *   |
| error [ACS]   | 52.7155556   | 72  | 0.7321605   |        |            |
| BC  | 24.8800000   | 8   | 3.1100000   | 2.434  | 0.0218 *   |
| error [BCS]   | 92.0088889   | 72  | 1.2779012   |        |            |
| ABC   | 6.7066667    | 16  | 0.4191667   | 0.665  | 0.8245     |
| error [ABCS]  | 90.8044444   | 144 | 0.6305864   |        |            |
| Total   | 1065.5200000 | 449 |             |        |            |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |              |     |             |        |            |

表4.10：「丸みのある」の3要因の分析結果

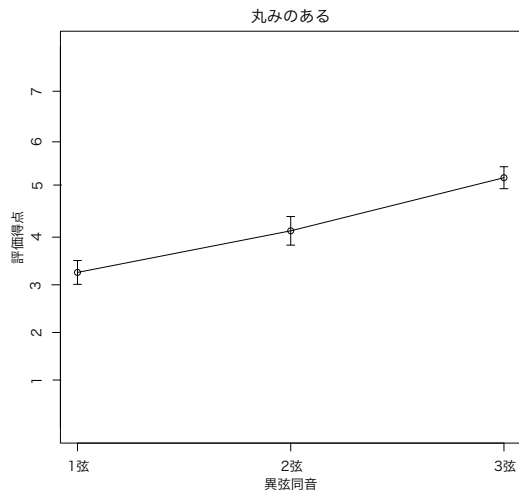


図4.14.2：「丸みのある」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

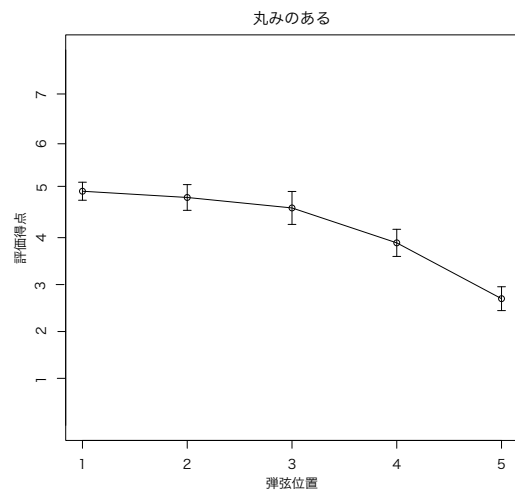


図4.14.3：「丸みのある」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

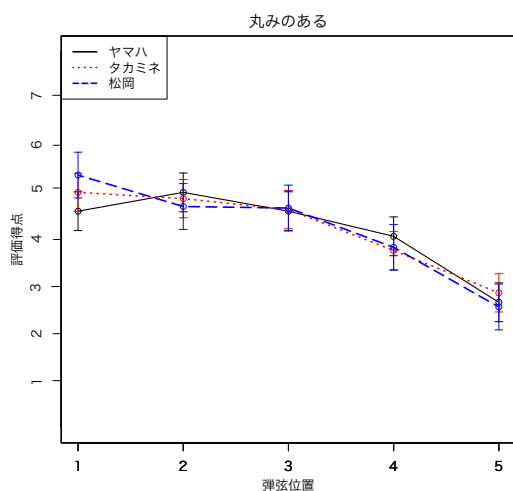


図4.14.4：「丸みのある」の各弾弦位置に対する楽器ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間

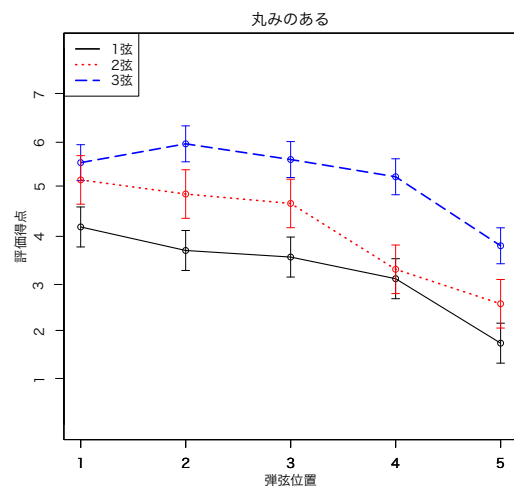


図4.14.5：「丸みのある」の各弾弦位置に対する弦ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間

## 【重い】

図4.15.1は、「重い」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「重い」についての分散分析の結果、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=6.909$ ,  $p=0.0003$ ) に有意差が見られた (表4.11)。

弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.15.2は「豊かな」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は3.056点、2番は3.267点、3番は3.511点、4番は3.944点、5番は4.400点であった。弾弦位置がブリッジ寄りで

ある程「重い」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番に対して4番に、1弦、2弦、3弦に対して5番に有意な差が見られた。また、弾弦位置1番、2番、3番には有意差が見られなかった。

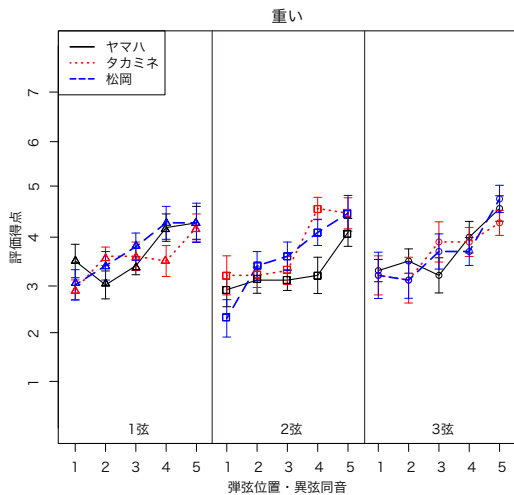


図4.15.1：「重い」の評価得点の平均値および95%信頼区間

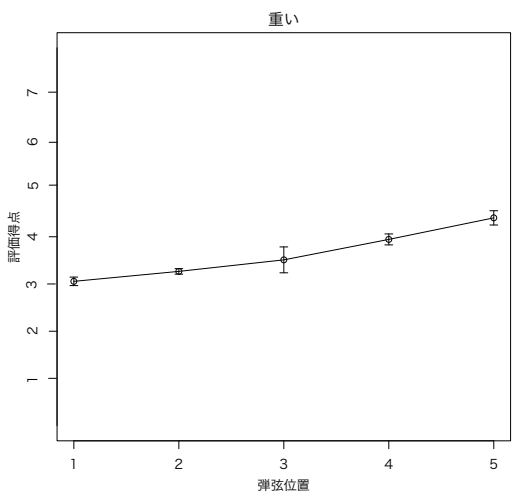


図4.15.2：「重い」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F     | p           |
|---|-------------|-----|------------|-------|-------------|
| subject   | 36.6755556  | 9   | 4.0750617  |       |             |
| A：楽器  | 1.2977778   | 2   | 0.6488889  | 0.312 | 0.7360      |
| error [AS]  | 37.4577778  | 18  | 2.0809877  |       |             |
| B：異弦同音  | 2.1377778   | 2   | 1.0688889  | 0.264 | 0.7709      |
| error [BS]  | 72.8844444  | 18  | 4.0491358  |       |             |
| C：弾弦位置  | 105.0977778 | 4   | 26.2744444 | 6.909 | 0.0003 **** |
| error [CS]  | 136.9022222 | 36  | 3.8028395  |       |             |
| AB  | 5.6355556   | 4   | 1.4088889  | 2.250 | 0.0829 +    |
| error [ABS]   | 22.5422222  | 36  | 0.6261728  |       |             |
| AC  | 6.7688889   | 8   | 0.8461111  | 0.648 | 0.7349      |
| error [ACS]   | 94.0311111  | 72  | 1.3059877  |       |             |
| BC  | 4.2622222   | 8   | 0.5327778  | 0.707 | 0.6845      |
| error [BCS]   | 54.2711111  | 72  | 0.7537654  |       |             |
| ABC   | 17.4311111  | 16  | 1.0894444  | 1.620 | 0.0704 +    |
| error [ABCS]  | 96.8355556  | 144 | 0.6724691  |       |             |
| Total   | 694.2311111 | 449 |            |       |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |       |             |

表4.11：「重い」の3要因の分析結果

### 【温かい】

図4.16.1は、「温かい」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「温かい」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果( $F(2,18)=8.981$ ,  $p=0.0020$ )に有意差が見られた(表4.12)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図4.16.2は「温かい」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は3.573点、2弦は4.013点、3弦は4.400点であった。1、2、3弦の順に「温かい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、1弦と3弦にのみ有意差が見られた。

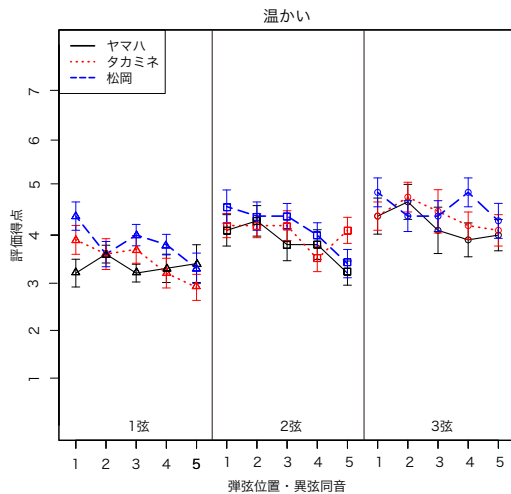


図4.16.1：「温かい」の評価得点の平均値および95%信頼区間

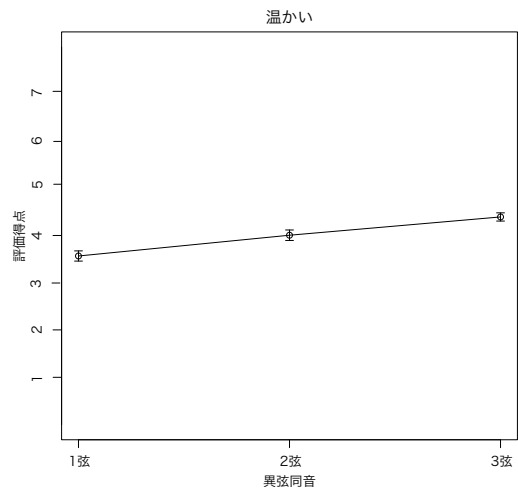


図4.16.2：「温かい」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F     | p          |
|---|-------------|-----|------------|-------|------------|
| subject   | 34.4355556  | 9   | 3.8261728  |       |            |
| A：楽器  | 9.5511111   | 2   | 4.7755556  | 2.034 | 0.1599     |
| error [AS]  | 42.2711111  | 18  | 2.3483951  |       |            |
| B：異弦同音  | 51.3244444  | 2   | 25.6622222 | 8.981 | 0.0020 *** |
| error [BS]  | 51.4311111  | 18  | 2.8572840  |       |            |
| C：弾弦位置  | 18.6577778  | 4   | 4.6644444  | 2.216 | 0.0867 +   |
| error [CS]  | 75.7866667  | 36  | 2.1051852  |       |            |
| AB  | 0.8755556   | 4   | 0.2188889  | 0.110 | 0.9783     |
| error [ABS]   | 71.7022222  | 36  | 1.9917284  |       |            |
| AC  | 11.5822222  | 8   | 1.4477778  | 1.849 | 0.0818 +   |
| error [ACS]   | 56.3733333  | 72  | 0.7829630  |       |            |
| BC  | 4.5422222   | 8   | 0.5677778  | 0.634 | 0.7466     |
| error [BCS]   | 64.4800000  | 72  | 0.8955556  |       |            |
| ABC   | 9.0577778   | 16  | 0.5661111  | 0.669 | 0.8209     |
| error [ABCS]  | 121.9200000 | 144 | 0.8466667  |       |            |
| Total   | 623.9911111 | 449 |            |       |            |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |       |            |

表4.12：「温かい」の3要因の分析結果

### 【透明感のある】

図4.17.1は、「透明感のある」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「透明感のある」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=7.019$ ,  $p=0.0056$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=7.639$ ,  $p=0.0001$ ) に有意差が見られた (表4.13)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図4.17.2は「透明感のある」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は4.307点、2弦は4.100点、3弦は3.367点であった。3、2、1弦の順に「透明感のある」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、1弦と2弦に対して3弦とに有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.17.3は「透明感のある」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.200点、2番は4.022点、3番は4.111点、4番は3.922点、5番は3.367点であった。弾弦位置が12フレット寄りに近い3ヶ所の弾弦位置では評価得点の差は少ない。しかし、全体的に見ると、弾弦位置が12フレット寄りである程「透明感のある」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置5番に対してその他の全ての弾弦位置とに有意差が見られた。

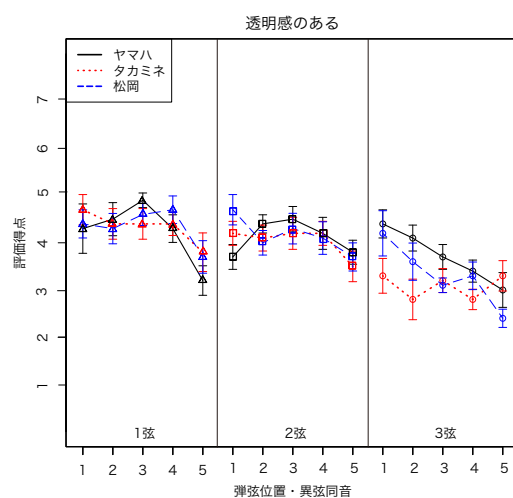


図4.17.1：「透明感のある」の評価得点の  
 平均値および95%信頼区間

| source       | SS          | df  | MS         | F     | p           |
|--------------|-------------|-----|------------|-------|-------------|
| subject      | 36.6311111  | 9   | 4.0701235  |       |             |
| A：楽器         | 3.2044444   | 2   | 1.6022222  | 1.652 | 0.2195      |
| error [AS]   | 17.4622222  | 18  | 0.9701235  |       |             |
| B：異弦同音       | 73.2044444  | 2   | 36.6022222 | 7.019 | 0.0056 **   |
| error [BS]   | 93.8622222  | 18  | 5.2145679  |       |             |
| C：弾弦位置       | 38.8311111  | 4   | 9.7077778  | 7.639 | 0.0001 **** |
| error [CS]   | 45.7466667  | 36  | 1.2707407  |       |             |
| AB           | 7.9822222   | 4   | 1.9955556  | 2.120 | 0.0984 +    |
| error [ABS]  | 33.8844444  | 36  | 0.9412346  |       |             |
| AC           | 8.7955556   | 8   | 1.0994444  | 1.078 | 0.3882      |
| error [ACS]  | 73.4266667  | 72  | 1.0198148  |       |             |
| BC           | 9.6622222   | 8   | 1.2077778  | 1.251 | 0.2826      |
| error [BCS]  | 69.4933333  | 72  | 0.9651852  |       |             |
| ABC          | 15.7511111  | 16  | 0.9844444  | 1.002 | 0.4583      |
| error [ABCS] | 141.4933333 | 144 | 0.9825926  |       |             |
| Total        | 669.4311111 | 449 |            |       |             |

+ p<.10, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.005, \*\*\*\* p<.001

表4.13：「透明感のある」の3要因の分析結果

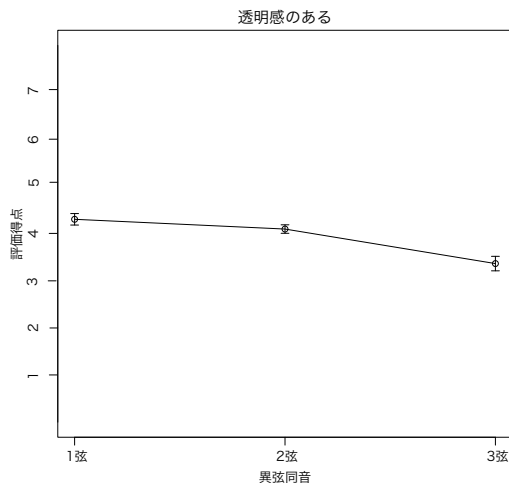


図4.17.2：「透明感のある」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

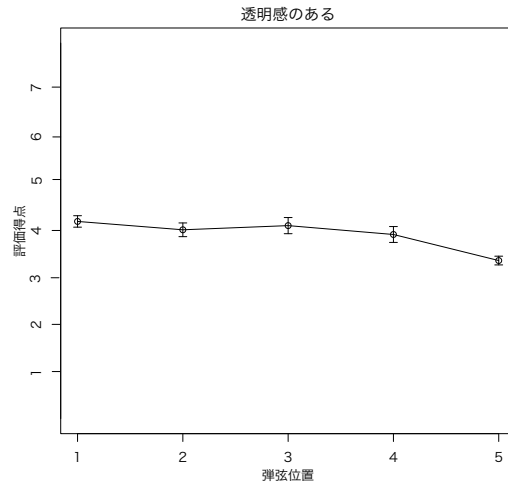


図4.17.3：「透明感のある」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

### 【芯のある】

図4.18.1は、「芯のある」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「芯のある」についての分散分析の結果、楽器の主効果 ( $F(2,18)=3.803$ ,  $p=0.0419$ )、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=24.749$ ,  $p<0.00001$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=44.548$ ,  $p<0.00001$ ) に有意差が見られた (表4.14)。

まず、楽器の主効果の分析をおこなう。図4.18.2は「芯のある」という印象について楽器の違いにおける評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。ヤマハの平均値は4.660点、タカミネは4.333点、松岡は4.527点であった。多重比較により、ヤマハとタカミネの楽器では「芯のある」という印象についての評価得点に有意差が見られた。

次に、異弦同音の主効果の分析をおこなう。図4.18.3は「芯のある」という印象について異弦同音の違いにおける評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は5.140点、2弦は4.643点、3弦は3.740点であった。3、2、1弦の順に「芯のある」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.18.4は「芯のある」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は3.922点、2番は4.056点、3番は4.344点、4番は4.767点、5番は5.444点であった。弾弦位置がブリッジ寄りである程、特に弾弦位置5番は他の位置に比べて「芯のある」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番と2番、2番と3番の組み合わせ以外の全ての組み合わせで有意差が見られた。

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 45.1022222  | 9   | 5.0113580  |        |             |
| A：楽器  | 8.0933333   | 2   | 4.0466667  | 3.803  | 0.0419 *    |
| error [AS]  | 19.1511111  | 18  | 1.0639506  |        |             |
| B：異弦同音  | 151.0000000 | 2   | 75.5000000 | 24.749 | 0.0000 **** |
| error [BS]  | 54.9111111  | 18  | 3.0506173  |        |             |
| C：弾弦位置  | 136.6577778 | 4   | 34.1644444 | 44.548 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 27.6088889  | 36  | 0.7669136  |        |             |
| AB  | 1.3866667   | 4   | 0.3466667  | 0.385  | 0.8181      |
| error [ABS]   | 32.4355556  | 36  | 0.9009877  |        |             |
| AC  | 7.5955556   | 8   | 0.9494444  | 1.456  | 0.1885      |
| error [ACS]   | 46.9377778  | 72  | 0.651936   |        |             |
| BC  | 10.8222222  | 8   | 1.3527778  | 1.232  | 0.2931      |
| error [BCS]   | 79.0444444  | 72  | 1.0978395  |        |             |
| ABC   | 12.5244444  | 16  | 0.7827778  | 0.978  | 0.4834      |
| error [ABCS]  | 115.2088889 | 144 | 0.8000617  |        |             |
| Total   | 748.4800000 | 449 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表4.14：「芯のある」の3要因の分析結果

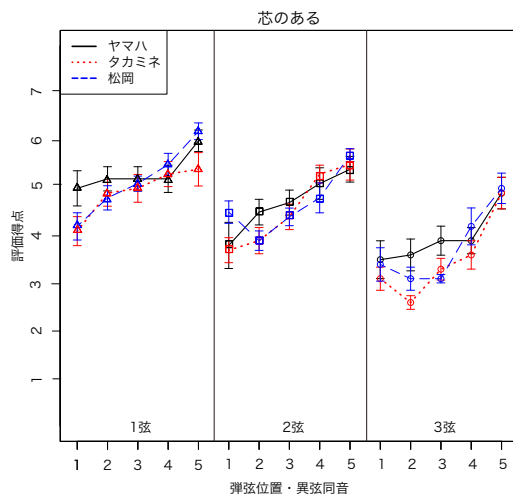


図4.18.1：「芯のある」の評価得点の  
平均値および95%信頼区間

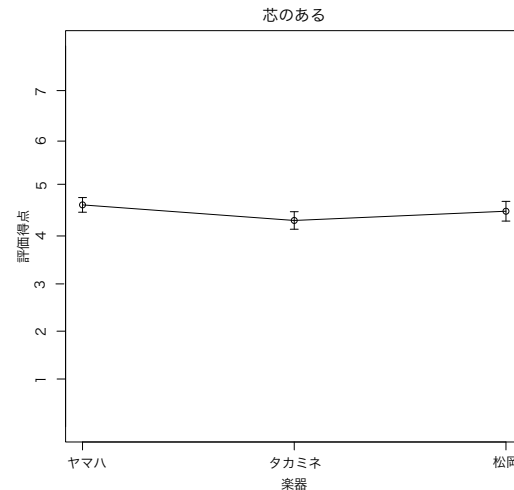


図4.18.2：「芯のある」の楽器の違いによる  
評価得点の平均値および95%信頼区間



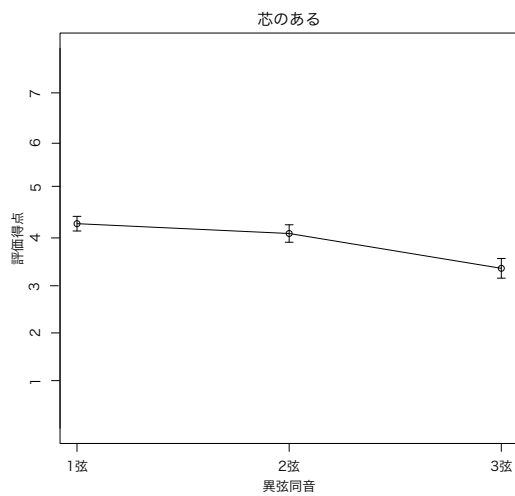


図4.18.3：「芯のある」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

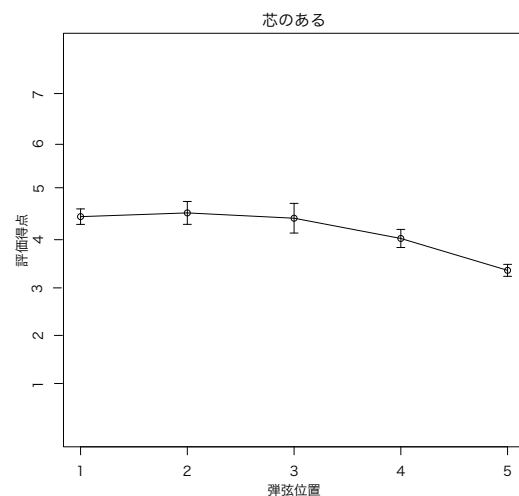


図4.18.4：「芯のある」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

### 【きれい】

図4.19.1は、「きれい」に関する評価得点についての楽器の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「きれい」についての分散分析の結果、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=13.733, p<0.00001$ ) に有意差が見られた (表4.15)。

弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図4.19.2は「きれい」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.489点、2番は4.567点、3番は4.467点、4番は4.044点、5番は3.378点であった。弾弦位置が12フレット寄りに近い3ヶ所の弾弦位置では評価得点の差は少ない。しかし、全体的に見ると、弾弦位置が12フレット寄りである程「きれい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置5番に対してその他の全ての弾弦位置とに有意差が見られた。

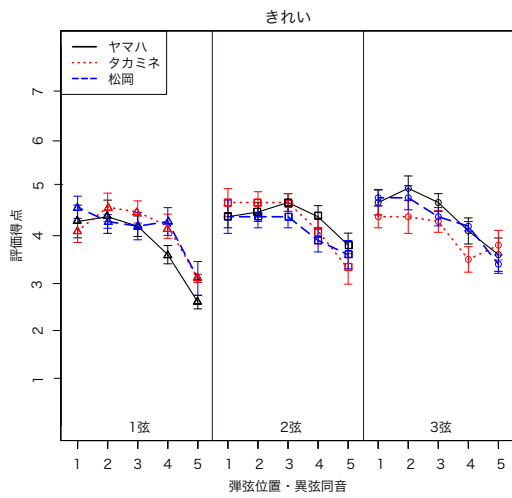


図4.19.1：「きれい」の評価得点の平均値  
および95%信頼区間

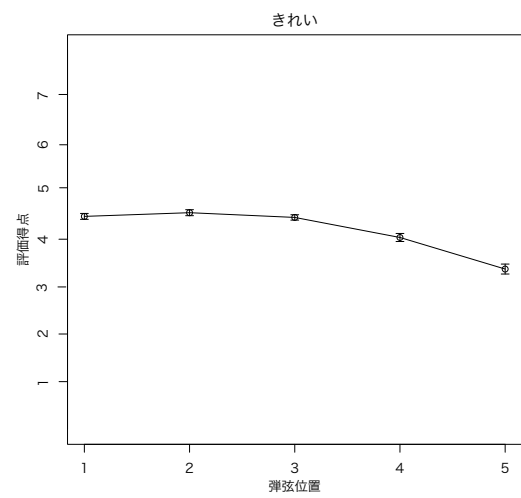


図4.19.2：「きれい」の弾弦位置の違いに  
よる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source       | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|--------------|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject      | 26.1000000  | 9   | 2.9000000  |        |             |
| A：楽器         | 0.0311111   | 2   | 0.0155556  | 0.018  | 0.9822      |
| error [AS]   | 15.6133333  | 18  | 0.8674074  |        |             |
| B：異弦同音       | 7.5244444   | 2   | 3.7622222  | 1.841  | 0.1873      |
| error [BS]   | 36.7866667  | 18  | 2.0437037  |        |             |
| C：弾弦位置       | 88.9777778  | 4   | 22.2444444 | 13.733 | 0.0000 **** |
| error [CS]   | 58.3111111  | 36  | 1.6197531  |        |             |
| AB           | 5.8888889   | 4   | 1.4722222  | 2.431  | 0.0652 +    |
| error [ABS]  | 21.8000000  | 36  | 0.6055556  |        |             |
| AC           | 2.2355556   | 8   | 0.2794444  | 0.400  | 0.9172      |
| error [ACS]  | 50.3422222  | 72  | 0.6991975  |        |             |
| BC           | 6.0088889   | 8   | 0.7511111  | 1.084  | 0.3844      |
| error [BCS]  | 49.9022222  | 72  | 0.6930864  |        |             |
| ABC          | 9.5777778   | 16  | 0.5986111  | 0.959  | 0.5040      |
| error [ABCS] | 89.8444444  | 144 | 0.6239198  |        |             |
| Total        | 468.9444444 | 449 |            |        |             |

+ p<.10, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.005, \*\*\*\* p<.001

表4.15：「きれい」の3要因の分析結果

クラシックギターは多彩な音色を持つことが最大の特徴であるため、各評価語によって表される個々の音色が持つ意味を詳細に記述することが重要である。そのため、一つ一つの評価語ごとに分散分析をおこない、その結果を上記に述べた。

この他に、分散分析から得られた全体的な結果としては、楽器の主効果が有意であった「芯のある」、楽器×弾弦位置の交互作用が有意であった「丸みのある」、楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用が有意であった「潤った」「太い」という印象のみ、楽器の要因によってこれらの印象の評価得点に有意差があることが分かった。この4つの評価語を除く全ての評価語においては、楽器の要因には有意差が見られなかった。

## 4.7 考察

### 4.7.1 考察1：弾弦位置・異弦同音と評価語の対応

図4.5.3から「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はっきりした」「芯のある」「豊かな」「透明感のある」という印象は、3弦の12フレット寄り（○：1番）から1弦のブリッジ寄り（△：5番）までの弦と位置の変化に対応していることが分かった。より具体的には、3弦の12フレット寄りの位置程「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」という印象が強まり、1弦のブリッジ寄り程「はっきりした」「芯のある」「豊かな」という印象が強まるということが見て取れる。反対に、1弦の12フレット寄り（△：1番）から3弦のブリッジ寄り（○：5番）までの異弦同音と弾弦位置の変化に対応している印象は「透明感のある」であった。これらの印象は、異弦同音と弾弦位置という2つの関係性が互いに影響していると考えられる。それに対して、「明るい」と「重い」「太い」「きれい」は、異弦同音または弾弦位置のどちらか一方のみを変化させることで音色印象を変化させることができる印象であると考えられる。より具体的には、「明るい」は、3弦、2弦、1弦の弦の違いの順に印象が強まる。そして、「重い」「太い」は、弾弦位置がブリッジ寄りの位置程それらの印象が強まり、「きれい」は、12フレット寄りの位置程その印象が強まるということが見て取れる。

INDSCALの分析によって得られた共通布置と音響特徴量、音色印象との関係性について示した図4.5.3から、音響特徴量と音色印象について考察を進めていく。図4.5.3より、「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はっきりした」「芯のある」「豊かな」「透明感のある」という印象は異弦同音弦と弾弦位置の変化に対応していた。このことから、弾弦位置に対応する「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」や異弦同音に対応する「第1～10倍音までの時間重心の平均値」の両方の音響特徴量と関係していると考えられる。つまり、これらの印象には、高域成分の多さと倍音成分の響きの長さが関係しているだろう。より具体的には、高域成分が少なく倍音成分の響きが短い程「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」という印象が強まり、反対に高域成分が多く倍音成分の響きが長い程「はっきりした」「芯のある」「豊かな」という印象が強まると考えられる。また、高域成分が少なく倍音成分の響きが長い程「透明感のある」という印象が強まると考えられる。

そして、「重い」「太い」「きれい」は弾弦位置に関係していることから「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」との対応があるだろう。12フレット寄りの位置を弾くことで、基音の影響が大きくなると「きれい」という印象が強まり、反対に、ブリッジ寄りの位置を弾くことで、基音に対する高域成分のエネルギーが大きくなると「重い」「太い」という印象が強まると考えられる。そして、「明るい」は異弦同音に関係していることから「第1～10倍音までの時間重心の平均値」と対応があるだろう。3弦、2弦、1弦の順に倍音成分の響きの量が多くなると「明るい」という印象が強まると考えられる。

#### 4.7.2 考察2：3要因の分散分析

次に、分散分析の結果について考察を進めていく。楽器の個体差の影響を受けず、INDSCALの分析により得られた15種類の音色の共通布置、音響特徴量と音色印象を示した図4.5.3上の評価語の布置と同様の傾向を表している評価語は、「柔らかい」「はっきりした」「透明感のある」「明るい」「重い」「きれい」であった。「柔らかい」「はっきりした」「透明感のある」という印象は、異弦同音と弾弦位置の両方に対応している。「明るい」は異弦同音に対応している。「重い」「きれい」は弾弦位置に対応している。

まず、異弦同音と弾弦位置の両方に対応している「柔らかい」「はっきりした」「透明感のある」という印象について述べる。異弦同音との関係については、多重比較により、全ての弦の組み合わせが有意であったことから、弦ごとに印象評価に差があると考えられる。弾弦位置との関係については、多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番には違いがなく、これら3ヶ所の位置に対して弾弦位置4番と5番とに評価の違いがあることが分かった。12フレット寄りに近い位置である弾弦位置1番、2番、3番には違いがなく、ブリッジ寄りに近い弾弦位置4番と5番とに違いがあったという結果は、INDSCALの分析により得られた共通布置の図4.5.1の音刺激の布置とも類似した傾向が得られていると考えられる。「柔らかい」「はっきりした」「透明感のある」は、異弦同音と弾弦位置のどちらか一方を変化させることでも印象評価に差が生じるが、2つの条件が互いに関係し合うことによってその印象をより強めることができる印象であると考えられる。例えば「柔らかい」という印象は、評定尺度法による聴取実験をおこなうための評価語を抽出するためにおこなった4.5.4節で述べたギター奏者に対するアンケート調査において「サウンドホールの真上またはそれよりも指板寄りの位置で撥弦することが多い」という回答が得られた。このように、弾弦位置のみでも変化が生じる印象であり、ギター奏者の視点からはまず第一に弾弦位置がもたらす変化として捉える傾向にあった。しかし、弾く弦には3弦を用い、弾く位置には弾弦位置3番(サウンドホールの真上の位置)より12フレット寄りの位置を組み合わせることにより更に印象を強めることができるだろうと考えられる。そして、「透明感のある」という印象について、まず異弦同音については、「透明感のある」という印象が、3弦、2

弦、1弦の順に強まると考えられる。更には、多重比較により、1弦と2弦に対して3弦に有意差が見られた。3弦は他の2つの弦と比較して「透明感のある」という評価に差があることから、最も印象が弱いと考えられる。そして、弾弦位置については、12フレット寄りである程「透明感のある」という印象の評価が高かった。多重比較により、弾弦位置5番に対してその他の全ての弾弦位置が有意であることが分かった。このことから、弾弦位置5番は他の位置に比べて「透明感のある」という印象が弱いと言える。以上のことから、異弦同音と弾弦位置の2つの関係性について述べると、3弦の弾弦位置5番で弾いた場合に、最も「透明感のある」という印象が弱まると考えられる。

次に、異弦同音に対応している「明るい」という印象について述べる。分析結果としては、「明るい」は、太い弦（ここでは3弦）よりも細い弦（ここでは1弦（開放弦））の方が印象が強まるとして、ギター奏者の経験による感覚と一致していた。多重比較からは、1弦と2弦は「明るい」という印象の評価に違いは得られなかったが、これらの2つの弦に対して3弦とには評価に違いがあることが分かった。このことから、異弦同音に対応する「明るい」という印象について明らかになったこととして、1弦と2弦には「明るい」という印象にあまり差はないが、この印象を弱めたい場合には特に3弦を用いると良いことが考えられる。

次に、弾弦位置に対応している「重い」「きれい」という印象について述べる。多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番には印象の評価の差がないことが分かった。また、これらの弾弦位置に対して弾弦位置5番には有意差が見られた。この結果についても、INDSCALの分析により得られた共通布置の図4.5.1の音刺激の布置とも類似した傾向が得られていると考えられる。また、全体の印象傾向としては、「重い」についてはブリッジ寄りである程、「きれい」については12フレット寄りである程印象が強くなり、異弦同音と弾弦位置の2つの条件下においては対称的な印象であると考えられる。

また、「潤った」と「太い」という印象は、図4.5.3上の評価語の布置と分散分析の結果は同様の傾向を表していた。つまり、「潤った」という印象は、異弦同音と弾弦位置の両方の要因によって評価に差が生じ、「太い」という印象は弾弦位置の要因によって評価に差が生じる傾向にあった。しかし、これらの2つの評価語には、楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差があった。このことから、これらの3つの要因が組み合わさることで印象評価に差が生じると考えられる。「潤った」という印象について、具体的に楽器の個体差が影響を及ぼす弾弦位置と異弦同音の組み合わせは、1弦の弾弦位置2番と3番、そして、3弦の弾弦位置1番であることが分かった。「太い」という印象については、2弦の弾弦位置4番と、3弦の弾弦位置3番であることが分かった。これらの組み合わせでは、ある一部の弾弦位置と異弦同音の組み合わせに楽器の個体差による影響が見られると考えられる。これらの評価語は、楽器の個体差による影響も印象に含まれていると考えられるだろう。

上記に述べた「柔らかい」「潤った」「はっきりした」「透明感のある」「潤った」「明るい」「重い」「太い」「きれい」以外の評価語である「温かい」「豊かな」「丸みのある」「芯のある」については、分散分析をおこなうことで、よりそれらの印象

の評価に影響を与えると考えられる要因を明らかにすることができた。まず、「温かい」という印象については異弦同音の主効果に有意差が見られた。評価語を抽出するために、ギター奏者にアンケート調査をおこなった際には表4.3に示したように「指板に近い位置で撥弦することが多い」という回答が得られたことや、図4.5.3からも弾弦位置にも関係する印象として考えていたが、評価の差には異弦同音による影響もあると考えられる。また多重比較により、1弦と3弦のみ有意差があったことから、2弦は、1弦にも3弦にも印象の評価に差がない弦であると考えられる。

「豊かな」という印象は、弾弦位置の主効果に有意差が見られた。図4.5.3から、異弦同音にも関係する印象として考えていたが、評価の差には弾弦位置による影響もあると考えられる。ブリッジ寄りである程「豊かな」という印象が強くなる傾向にあることが分かった。多重比較により、特に印象の違いが顕著に現れるのは、12フレットに最も近い位置である弾弦位置1番に対してブリッジ寄りに近い位置である弾弦位置4番や5番であると考えられる。

「丸みのある」という印象については、異弦同音と弾弦位置の主効果が有意であり、異弦同音と弾弦位置との関係における全体の傾向としては、「柔らかい」「潤った」「はっきりした」と同様の傾向が得られた。しかし、楽器×弾弦位置と異弦同音×弾弦位置の2つの交互作用に有意差が見られた。交互作用に有意差が見られたということは、これらが組み合わさることで互いに影響を及ぼし合う関係にあるということである。まず、楽器×弾弦位置の交互作用に有意差があったことについて、楽器の個体差によって評価得点に有意差が見られた弾弦位置は弾弦位置1番であった。弾弦位置1番は、楽器の個体差によって「丸みのある」という印象評価に差が生じる位置であると考えられる。また、多重比較により、楽器ごとに有意差が見られる位置の組み合わせが異なっていた。このことから、弾弦位置における「丸みのある」という印象の変化は、楽器の個体差により異なると考えられる。そして、異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差があったことについては、弦ごとに各弾弦位置に対する「丸みのある」という印象の評価に差があると分かる。反対に、弾弦位置ごとに見ても、各弦に対する評価に差があると言える。つまり、「丸みのある」という印象は、全体の傾向としては、「柔らかい」「潤った」「はっきりした」という印象と同様の傾向を持つが、楽器と弾弦位置や、異弦同音と弾弦位置の組み合わせが互いに影響を及ぼし合う関係にある印象であると考えられる。

「芯のある」という印象については、これまでに述べた評価語と同様に異弦同音の主効果と弾弦位置の主効果にも有意差が見られたが、他の評価語とは違い、唯一、楽器の主効果にも有意差が見られた。つまり、楽器の個体差により「芯のある」という印象の評価には違いがあることが分かった。また、異弦同音の主効果と弾弦位置の主効果に有意差が見られたことにより、それぞれ多重比較をおこなった。全体の傾向としては、異弦同音については、各弦ごとに印象の評価に違いがあることが分かった。弾弦位置については、弾弦位置1番と2番、弾弦位置2番と3番の組み合わせ以外の全ての組み合わせで有意差があった。「芯のある」は、弾弦位置の違いにより変化が現れやすい印象であると考えられる。

この他に、分散分析の結果から楽器の要因によってこれらの印象の評価得点に有意差がある評価語をまとめると、楽器の主効果が有意であった「芯のある」、楽器×弾弦位置の交互作用が有意であった「丸みのある」、楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用が有意であった「潤った」「太い」であることが分かった。この4つの評価語を除く評価語においては、楽器の要因には有意差が見られなかった。このことから、「芯のある」「丸みのある」「潤った」「太い」という印象は、楽器の個体差による影響が関連していると考えられる。また、楽器の主効果に有意差が見られた「芯のある」以外の弾弦位置と異弦同音における音色印象の評価の違いは、楽器の個体差による音色印象の評価の違いよりも大きいと考えられる。

## 4.8 結論

本章では、弾弦位置と異弦同音における音色印象と楽器の個体差による影響を調査した。調査の結果、以下の結論が得られた。

### [音色印象の非類似度]

楽器の個体差における弾弦位置と異弦同音の違いがもたらす音色印象の知覚傾向を明らかにすることができた。非類似度に関する音色の分布は、弾弦位置と異弦同音に対応する軸が存在するように、各弦ごとに弾弦位置の変化に伴い音色が配置されるという傾向にあることが明らかになった。

### [弾弦位置・異弦同音と音色特徴量の対応]

共通布置から得られた弾弦位置に対応する軸には「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」、異弦同音に対応する軸には「第1～10倍音までの時間重心の平均値」が対応していることが分かった。

### [弾弦位置・異弦同音と音色印象の対応]

弾弦位置と異弦同音における音色印象の対応関係について全体の傾向を見るために、共通布置により得られた弾弦位置と異弦同音に対応する2つの軸と各評価語の評価得点の相関係数を算出した。これにより、異弦同音と弾弦位置という2つの関係性には「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はつきりした」「芯のある」「豊かな」「透明感のある」という印象が対応していることが分かった。そして、異弦同音には「明るい」という印象、弾弦位置には「重い」「太い」「きれい」という印象が対応していることが分かった。また、分散分析により、「温かい」は異弦同音の要因によって、「豊かな」は弾弦位置の要因によって更に印象評価の差が生じると考えられると分かった。

[楽器の個体差による影響]

楽器の主効果が有意であった「芯のある」、楽器×弾弦位置の交互作用が有意であった「丸みのある」、楽器×異弦同音×弾弦位置の交互作用が有意であった「潤った」「太い」という印象のみ、楽器の要因によってこれらの印象の評価得点に有意差があることが分かった。また、楽器の要因の主効果に有意差が見られた「芯のある」という印象を除くその他の印象についての評価は、楽器の個体差による音色印象の評価の違いよりも、弾弦位置と異弦同音における音色印象の評価の違いの方が大きいと考えられることが明らかになった。



## 第5章

### 調査B 奏者差における弾弦位置と異弦同音の違いによる 音色印象

第4章で述べた調査Aでは、楽器の個体差における弾弦位置と異弦同音の違いによる音色印象について調査した。調査Aにより、楽器の個体差によらず、弾弦位置と異弦同音の違いがもたらす音色印象の知覚傾向を明らかにすることができた。

しかし、ギター音は楽器と奏者の相互関係で成り立つものであるため、ギターの音響特徴量の特定として、奏者が変わると識別性能が下がってしまうとも言われている[15]。そのため、本調査では、新たに2名の奏者を追加した計3名の奏者の弾弦音を用いて調査Aと同様の実験をおこなうことにより、奏者が異なる場合の音色印象について調べた。実験Ⅲでは、実験参加者に対し、異なる3名の奏者ごとに同条件で作成した弾弦位置と異弦同音について異なる15種類の音刺激の非類似度について判断を求め、INDSCALを用いて分析した。実験Ⅳでは、12対の両極尺度の評価語を用いて、それらの音刺激の印象について評定尺度法を用いて評価を求めた。2つの聴取実験をおこなうことにより、弾弦位置と異弦同音という2つの弾弦方法の組み合わせにおける奏者の個人差の影響について分析し、考察をおこなった。

第5章で述べる実験Ⅲ・Ⅳは、楽器の違いから奏者の違いへの変更以外は、実験Ⅰ・Ⅱと全て同様の実験方法、刺激の種類、刺激の録音・編集方法、実験設備となるように実験をおこなった。

#### 5.1 実験刺激

##### 5.1.1 実験刺激の種類

刺激は実験Ⅰ・Ⅱと同様に、同じ音高 (E4,  $331.13 \pm 1\text{Hz}$ ) にするために異弦同音として1弦の開放弦、2弦の5フレット、3弦の9フレットを押さえた3種類の弦に対して、弾弦位置を12フレットの真上の位置からブリッジ方向に65mm、125mm、185mm、245mm、295mmの5ヶ所に設定した計15種類の音刺激を録音し、編集することにより作成した。

奏者の個人差による影響を調査するため、計3名のギター奏者を対象とした。ここでは、3名のギター奏者をそれぞれ奏者A、奏者B、奏者Cと名付ける。本実験で新たに追加した2名の奏者Aと奏者Bは、東京音楽大学器楽専攻クラシックギター科を卒業し、現在、演奏や指導の活動をおこなっている者である。使用楽器は、3.2節で述べた筆者の先行研究[48][49]や実験Ⅰ・Ⅱで使用したマリンド、使用弦はサバレス・ニュークリスタルで統一した。

### 5.1.2 実験刺激の録音

実験Ⅰ・Ⅱと同様に、録音は、東京藝術大学千住キャンパス内のスタジオBにておこなった。単一指向性のNeumann U87Aiのコンデンサマイクロホンを楽器から40cm離し、サウンドホールをねらった正面の位置に設置して録音した。また、楽器を囲むように吸音板を3枚使用した。使用機材は、Avid社のProtools、オーディオインターフェイスはAvid社のMbox2であった。録音時の標本化周波数は48000Hz、量子化ビット数は24bitであった。3名の奏者全てにおいて、同条件で録音をおこなった。

弾弦方法としては、左指はフレットの近くを人差し指で弦を押さえた。右指は、人差し指でアポヤンド奏法を用いた。

また、弦を弾く音の強さは、メゾフォルテの強さとなるように指示した。奏者には、録音前に予め、弾弦時の力加減や爪のかけ方について何度も練習を繰り返すことで、ある一定の弾き方で弾弦できるようにさせた。また、録音時には、弾く際の時間間隔として20秒に1回弾くようにした。1つの音刺激に対して6回分弾弦するまでは、左指はフレットに近い位置で弦をしっかりと奥まで押さえている状態を維持し、動かないようにした。

### 5.1.3 実験刺激の編集

実験刺激は、音源全体の長さを2000msに統一した。また、音が発音されてから最大レベルに達するまでの音の立ち上がり時間を100ms、音源開始・終了でのノイズを低減させるためのフェードイン・フェードアウトを20msとした。実効値（RMS）でレベルを揃えた。

## 5.2 実験Ⅲ：一対比較法による聴取実験

### 5.2.1 実験方法

実験参加者には、3名の奏者ごとに作成した15種類の音刺激を2つずつ対にして提示した。それらの音色の非類似度を0（同じ）—6（違う）の7段階で評価してもらった。回答は、コンピュータ画面上でおこない、比較する2つの音刺激は何度も繰り返し聞けるものとした。実験参加者は、15種類の音刺激から作成された120対の音刺激をランダム順序で全ての組み合わせで聴き、評価をおこなった。

### 5.2.2 実験設備

音刺激の聴き取りは、ヘッドフォン（SONY製 MDR-7506）を用いておこなわれた。実験に使用した機材は、PC（Panasonic Let's note CF-Y5, Windows Vista）でソフトウェア（Subjective Training and Evaluation Program (STEP) [52]）を用いて音刺激を再生し、回答を収集した。再生音量は、実験開始前に例題を出した際に、実験参加者ごと

に聞きやすい音量を自由に調整してもらい、その音量を固定したまま実験を開始した。実験をおこなった部屋は、比較的静かな教室であった。

### 5.2.3 実験参加者

実験には、ギター奏者5名、東京藝術大学にて録音・音響を専攻している学生5名の計10名が参加した。ギター奏者の演奏経験年数は、15年以上が1名、5年以上10年未満が1名、3年未満が3名であった。ただし、奏者A、奏者Bの弾弦音についての類似性の評価は全て同じ実験参加者であったが、奏者Cの弾弦音についての類似性の評価は3.2節で述べた筆者の先行研究[48][49]のデータを用いたため、他の2名の奏者とは異なる実験参加者であった。奏者Cについての実験参加者は、ギター奏者5名、東京藝術大学にて録音・音響を専攻している学生6名の計11名が参加していた。ギター奏者の演奏経験年数は、約40年が1名、10年以上15年未満が3名、約3年が1名であった。実験は各奏者ごとに1名ずつおこなわれ、奏者1名あたりの所要時間は約35分であった。

## 5.3 分析

本節では、一対比較を用いておこなった実験Ⅲの分析結果を示す。結果の詳細な考察は5.4節で述べる。

### 5.3.1 INDSCALによる分析

15種類の音刺激の非類似度を7段階評価してもらうことにより得られたデータを用いて、INDSCALによる分析をおこなった。分析では、まず、聴取実験によって得られた数値をもとに、各実験参加者ごとに非類似度行列を作成した。次に、奏者の個人差を考慮するため、作成した実験参加者ごとの非類似度行列を奏者ごとにまとめて平均するという方法を取った。そして、統計計算ソフトRのsmacofパッケージ[53]内のsmacofIndDiff関数を使用して分析をおこなった。分析から得られた共通布置を図5.1.1、重み布置を図5.2に示す。

図5.1.1を見ると、音色の分布に関しては、各弦ごとに弾弦位置の変化に伴い、音色が配置されるという傾向にあることが分かった。このことから、弾弦位置と異弦同音に対応する軸が存在すると考えられる。そして、各弦ごとに見ると12フレットに近い方の位置で弾いた3つの音（1番～3番）が比較的近い位置に配置されていることが分かった。

図5.2では、各次元への重みによって3名の奏者がプロットされている。この図では、3名の奏者はおおよそ同じ位置にあり、両次元にほぼ同等に重みを与えていることが見て取れた。このことから、3名の奏者の音色印象の判断はいずれも、どちらかの次元に偏重して音色の印象評価をおこなうわけではなく、両次元に対して同じように重視していると考えられる。

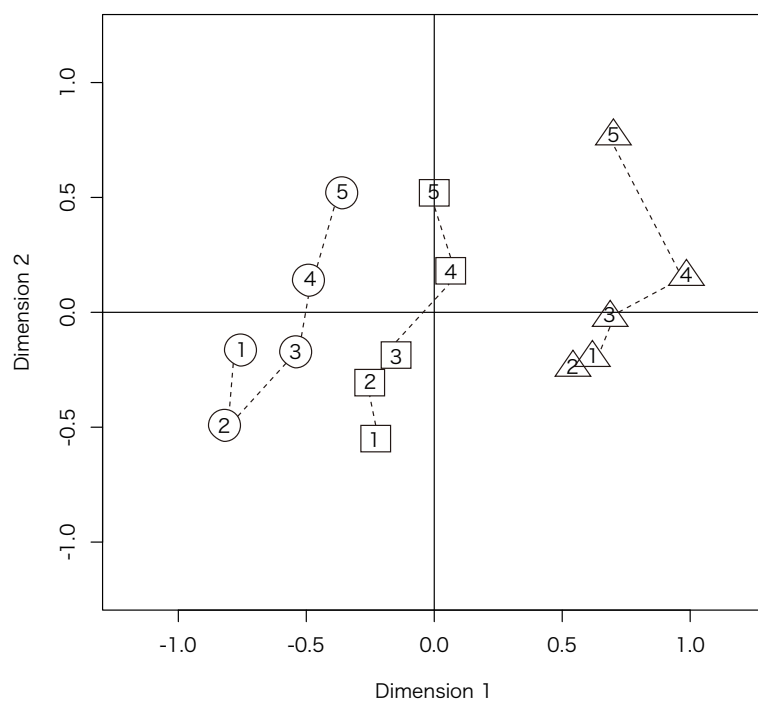


図5.1.1：15種類の音色の共通布置 (奏者)

図中の記号は弦の違いを示す。△：1弦、□：2弦、○：3弦を表す。数字は弾弦位置の違いを示す。12フレットの真上の位置からブリッジ方向への距離はそれぞれ、1：65mm、2：125mm、3：185mm、4：245mm、5：295mmである。

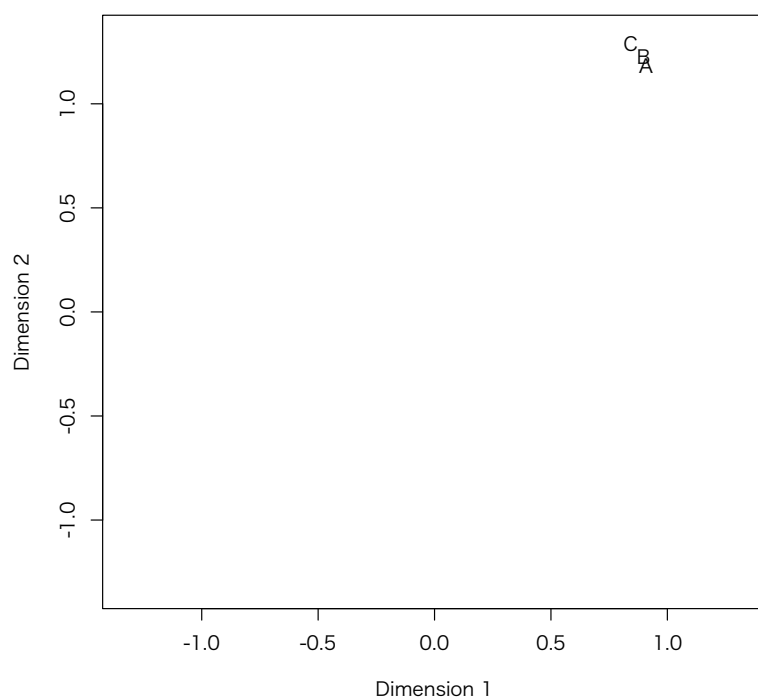


図5.2：奏者ごとの重み布置

図中のA、B、Cは3名の奏者の違いを表す。

### 5.3.2 弾弦位置・異弦同音と音響特徴量との相関

図5.1.1によって表された結果をもとに、弾弦位置や異弦同音と音響特徴量との相関を調べる。まず、本節では、調査Aと同様に「スペクトル重心」、「スペクトル重心が最大値に到達するまでの時間」、「500Hzで分割したときの低域対高域のスペクトルエネルギー比」、「時間重心」、「第1～10倍音までの時間重心の平均値」の5つの音響特徴量を算出した。奏者A・Bに関するこれら5つの音響特徴量の算出値を表5.1.1に示す。奏者Cの弾弦音は、実験Ⅰ・Ⅱと同じであるため4.3.2節の表4.2.1に記載したマリンの算出値と同様である。

そして、弾弦位置や異弦同音に対応する軸（図5.3中の軸d1、d2）をもとに、音刺激の布置と音響特徴量との相関係数を求めた（表5.1.2）。4.3.2節で述べたように、弾弦位置に対応する軸d1とは、各弦ごとに存在する5つの刺激布置に対する回帰直線を求め、得られた計3本の回帰直線の傾きを平均し、原点を通る直線として決定した。また、異弦同音に対応する軸d2は、原点を通りd1に直交するものとした。

表5.1.2のように軸d1、d2と各音刺激の音響特徴量の算出値との相関係数を求めたところ、3名の奏者全てにおいて相関の値の差が少なく、弾弦位置と対応する軸d1と最も高い相関の値を示したのは「500Hzで分割したときの低域対高域のスペクトルエネルギー比」であった。しかし、異弦同音と対応する軸d2と相関がある音響特徴量はなかった。

調査Aでは、異弦同音と対応する軸d2とは「第～10倍音までの時間重心の平均値」と相関があることが分かっていた。調査Bでは奏者が異なるため、弾弦する過程での指先の弦への接触により演奏音の音質が変化し[26]、第1～10倍音までの倍音の範囲に奏者の違いによる影響が現れたと考える。そこで、より限定した倍音の範囲で時間重心の平均値を算出することにした。まず、弦に初期変位を与える瞬間に、弾弦時の弦との接触幅を変化させることで、低次（第1～第3倍音）の固有振動バランスや励起される高次固有振動の強さも変わるが変わることから[31]、第1～3倍音と高次成分を除くことにする。また、高次倍音の範囲の選択については、一般に、第7倍音成分前後までの倍音成分のピーク点をつなぐ包絡線の形状がギターの演奏音の音質と相関があると言われているため[26]、第8～10倍音を除いた第7倍音までの範囲を算出する。以上の理由により、「第4～7倍音までの時間重心の平均値」を算出した。その結果、異弦同音と対応する軸d2は「第4～7倍音までの時間重心の平均値」と相関があることが分かった。全体の傾向を捉えるために、共通布置（図5.1.1）にこれらの2つの音響特徴量との相関関係を指し表すベクトルを重ねて、図5.1.2に示す。

| 奏者 | 音刺激 | スペクトル<br>重心 (Hz) | スペクトル重心が<br>最大値に到達する<br>までの時間 (sec) | 500Hzで分割した時の<br>低域対高域のスペクトル<br>エネルギー比 (dB) | 時間重心<br>(sec) | 第1～10倍音までの<br>時間重心の平均値 (sec) | 第4～7倍音までの<br>時間重心の平均値<br>(sec) |
|----|-----|------------------|-------------------------------------|--|---------------|------------------------------|--------------------------------|
| A  | △ 1 | 440.80           | 0.09                                | -3.88                                      | 0.36          | 0.26                         | 1.01                           |
|    | △ 2 | 473.13           | 0.10                                | -0.95                                      | 0.35          | 0.27                         | 1.09                           |
|    | △ 3 | 496.71           | 0.08                                | 0.95                                       | 0.33          | 0.24                         | 0.91                           |
|    | △ 4 | 512.78           | 0.13                                | 2.05                                       | 0.36          | 0.28                         | 1.09                           |
|    | △ 5 | 435.17           | 0.33                                | -1.54                                      | 0.32          | 0.26                         | 1.01                           |
|    | □ 1 | 413.07           | 0.08                                | -9.53                                      | 0.45          | 0.23                         | 0.82                           |
|    | □ 2 | 404.09           | 0.11                                | -6.54                                      | 0.41          | 0.24                         | 0.93                           |
|    | □ 3 | 413.55           | 0.11                                | -3.26                                      | 0.39          | 0.24                         | 0.92                           |
|    | □ 4 | 466.54           | 0.12                                | 0.44                                       | 0.36          | 0.22                         | 0.76                           |
|    | □ 5 | 389.83           | 0.16                                | -2.64                                      | 0.32          | 0.23                         | 0.80                           |
|    | ○ 1 | 409.97           | 0.08                                | -5.36                                      | 0.37          | 0.20                         | 0.75                           |
|    | ○ 2 | 372.95           | 0.09                                | -13.70                                     | 0.40          | 0.22                         | 0.76                           |
|    | ○ 3 | 378.07           | 0.10                                | -8.01                                      | 0.40          | 0.24                         | 0.75                           |
|    | ○ 4 | 415.09           | 0.11                                | -2.24                                      | 0.32          | 0.23                         | 0.66                           |
|    | ○ 5 | 394.43           | 0.14                                | -2.05                                      | 0.32          | 0.23                         | 0.79                           |
| B  | △ 1 | 394.43           | 0.09                                | -6.85                                      | 0.39          | 0.28                         | 1.13                           |
|    | △ 2 | 349.34           | 0.09                                | -8.16                                      | 0.37          | 0.30                         | 1.15                           |
|    | △ 3 | 415.90           | 0.08                                | -2.43                                      | 0.32          | 0.23                         | 0.93                           |
|    | △ 4 | 447.81           | 0.08                                | -0.25                                      | 0.30          | 0.24                         | 0.99                           |
|    | △ 5 | 434.43,          | 0.32                                | -2.77                                      | 0.30          | 0.27                         | 1.07                           |
|    | □ 1 | 346.27           | 0.09                                | -13.84                                     | 0.44          | 0.25                         | 0.88                           |
|    | □ 2 | 360.74           | 0.12                                | -9.03                                      | 0.38          | 0.26                         | 0.98                           |
|    | □ 3 | 363.60           | 0.10                                | -5.57                                      | 0.38          | 0.24                         | 0.91                           |
|    | □ 4 | 414.88           | 0.08                                | -1.97                                      | 0.32          | 0.20                         | 0.75                           |
|    | □ 5 | 352.04,          | 0.22                                | 5.14                                       | 0.32          | 0.23                         | 0.80                           |
|    | ○ 1 | 338.77           | 0.08                                | -12.20                                     | 0.44          | 0.26                         | 0.93                           |
|    | ○ 2 | 345.40           | 0.78                                | -16.43                                     | 0.43          | 0.25                         | 0.81                           |
|    | ○ 3 | 344.61           | 0.10                                | -9.31                                      | 0.42          | 0.24                         | 0.76                           |
|    | ○ 4 | 393.98           | 0.11                                | -2.97                                      | 0.38          | 0.25                         | 0.66                           |
|    | ○ 5 | 373.22           | 0.13                                | -3.59                                      | 0.35          | 0.20                         | 0.70                           |

表5.1.1：各音刺激の音響特徴量の算出値 (奏者：A・B)

音刺激の記号は、△：1弦、□：2弦、○：3弦を表す。数字は弾弦位置の違いを示す。12フレットの真上の位置からブリッジ方向への距離はそれぞれ、1：65mm、2：125mm、3：185mm、4：245mm、5：295mmである。

|                                       |     | d1           | d2          |
|---------------------------------------|-----|--------------|-------------|
| スペクトル重心                               | 奏者A | 0.41         | <b>0.85</b> |
|                                       | 奏者B | <b>0.71</b>  | <b>0.66</b> |
|                                       | 奏者C | <b>0.73</b>  | <b>0.67</b> |
| スペクトル重心が<br>最大値に到達するまでの時間             | 奏者A | <b>0.74</b>  | 0.22        |
|                                       | 奏者B | <b>0.69</b>  | 0.10        |
|                                       | 奏者C | <b>0.83</b>  | 0.42        |
| 500Hzで分割した時の<br>低域対高域の<br>スペクトルエネルギー比 | 奏者A | <b>0.77</b>  | <b>0.62</b> |
|                                       | 奏者B | <b>0.83</b>  | 0.51        |
|                                       | 奏者C | <b>0.83</b>  | 0.43        |
| 時間重心                                  | 奏者A | <b>-0.81</b> | -0.25       |
|                                       | 奏者B | <b>-0.90</b> | -0.60       |
|                                       | 奏者C | <b>-0.70</b> | -0.08       |
| 第1～10倍音までの<br>時間重心の平均値                | 奏者A | 0.46         | <b>0.83</b> |
|                                       | 奏者B | -0.19        | 0.30        |
|                                       | 奏者C | 0.32         | <b>0.90</b> |
| 第4～7倍音までの<br>時間重心の平均値                 | 奏者A | 0.33         | <b>0.87</b> |
|                                       | 奏者B | 0.11         | <b>0.72</b> |
|                                       | 奏者C | 0.31         | <b>0.92</b> |

表5.1.2：弾弦位置に対応する軸d1、および異弦同音に対応する軸d2と音響特徴量との相関係数 (奏者)  
太字は相関係数の絶対値が0.6以上のものである。

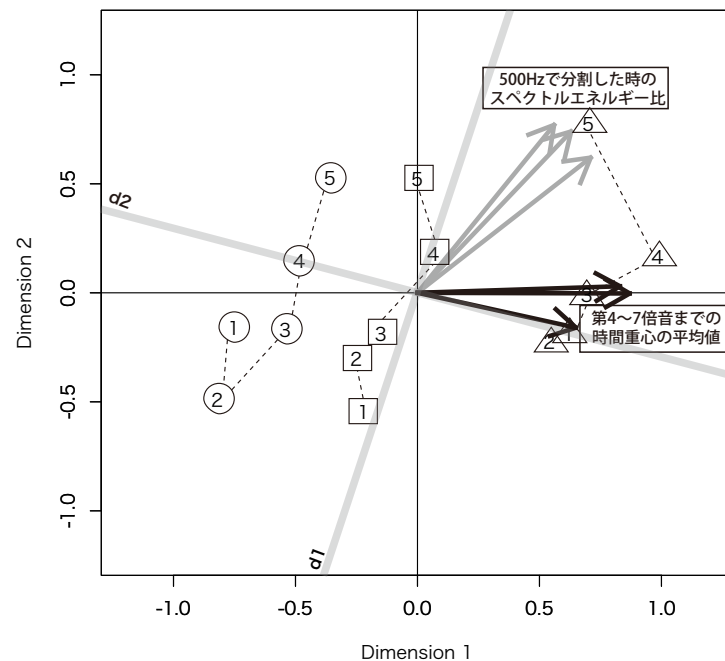


図5.1.2：15種類の音色の共通布置と音響特徴量 (奏者)

図中の薄い太線は、弾弦位置に対応する軸d1、異弦同音に対応する軸d2を示す。矢印は奏者ごとの音響特徴量と音刺激の布置との相関を表す。薄い矢印は「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」、濃い矢印は「第4～7倍音までの時間重心の平均値」を示す。

## 5.4 考察

同じ音高における弾弦位置と異弦同音の違いによる音色印象の非類似度の心理的距離の分布を表す共通布置の図5.5.1は、各弦ごとに弾弦位置の変化に伴い音色が配置されるという傾向にあった。調査Aと類似した結果が得られた。このことから、楽器の個体差や奏者の個人差によらず、各弦ごとの音色印象の違いや、弾弦位置の変化に伴う音色印象の違いを捉えていると考えられる。

そして、各弦ごとに見ると12フレットに近い方の位置で弾いた3つの音（1番、2番、3番）は、ブリッジ寄り（3番、4番、5番）に比べて比較的近い位置に配置されていることが分かった。このことについても、調査Aと同様の結果が得られた。

図5.2では、3名の奏者はおよそ同じ位置にあり、両次元にほぼ同等に重みを与えていることが見て取れた。このことから、3名の奏者の音色印象の判断はいずれも、どちらかの次元に偏重して音色の印象評価をおこなうわけではなく、両次元に対して同じように重視していると考えられる。

音響特微量との関係性については、弾弦位置の違いには「500Hzで分割したときの低域対高域のスペクトルエネルギー比」と相関があることが分かり、調査Aと同様の結果が得られた。このことから、楽器や奏者が異なっても、弾弦位置の違いには「500Hzで分割したときの低域対高域のスペクトルエネルギー比」と相関があると考えられる。また、調査Aの結果と異なる点としては、本実験では弾弦位置の違いには「時間重心」も相関があることが分かった。調査Aでは、マリンとタカミネの楽器については「時間重心」と弾弦位置とに相関があったが、松岡とヤマハには相関がなかった。本実験では、全てマリンの楽器を使用していることから、「時間重心」はこの楽器の個体差の影響が現れる音響特微量であったと考えられる。

異弦同音による各弦の違いの判断には「第4～7倍音までの時間重心の平均値」との関係性が得られた。調査Aでは、異弦同音の判断には「第1～10倍音までの時間重心の平均値」との関係性が得られたが、本実験では異なる結果となった。これは、奏者ごとに、弦に初期変位を与える瞬間にの弦に対する指先の弾弦角度の傾きや接触幅が異なることで、生成される自由振動の固有振動バランスが変化したためであると考えられる[31]。弦に対する指先の接触幅が広くなると、初期変位形状が台形になり低次の固有振動を励起する。また、弾弦時の指先の傾きが大きくなることで、爪が弦を滑る際の弦に与える断続的なインパルス状の加振力が変化し、高次の固有振動が励起される。奏者の違いによる影響を含む場合には、低次倍音と高次倍音を除いた第4～7倍音までの範囲における時間重心の平均値を算出することにより、異弦同音との対応が得られると考えられる。この結果を受けて、調査Aで用いた楽器の異なる弾弦音についても「第4～7倍音までの時間重心の平均値」を算出し(表5.2.1)、弾弦位置に対応する軸d1と異弦同音に対応する軸d2との相関係数を算出した。相関係数の算出値を表5.2.2に示す。表5.2.2より、楽器が異なる場合にも同様に、異弦同音に対応する軸d2と「第4～7倍音までの時間重心の平均値」には相関が得られることが分かった。



| 音刺激 | マリン  | 松岡   | ヤマハ  | タカミネ |
|-----|------|------|------|------|
| △ 1 | 1.05 | 1.08 | 1.13 | 1.07 |
| △ 2 | 1.05 | 1.04 | 0.94 | 1.17 |
| △ 3 | 1.05 | 1.02 | 1.06 | 1.14 |
| △ 4 | 1.05 | 1.08 | 1.11 | 1.08 |
| △ 5 | 1.06 | 1.02 | 1.02 | 1.06 |
| □ 1 | 0.95 | 0.74 | 0.86 | 0.93 |
| □ 2 | 0.92 | 0.79 | 0.81 | 0.90 |
| □ 3 | 0.91 | 0.77 | 0.87 | 0.88 |
| □ 4 | 0.77 | 0.77 | 0.81 | 0.88 |
| □ 5 | 0.83 | 0.85 | 0.82 | 0.86 |
| ○ 1 | 0.68 | 0.62 | 0.74 | 1.14 |
| ○ 2 | 0.76 | 0.68 | 0.82 | 1.06 |
| ○ 3 | 0.81 | 0.61 | 0.78 | 0.86 |
| ○ 4 | 0.70 | 0.68 | 0.74 | 0.70 |
| ○ 5 | 0.75 | 0.68 | 0.75 | 0.78 |

表5.2.1：楽器ごとの第4～7倍音までの時間重心の平均値 (sec) (楽器)

音刺激の記号は、△：1弦、□：2弦、○：3弦を表す。数字は弾弦位置の違いを示す。12フレットの真上の位置からブリッジ方向への距離はそれぞれ、1：65mm、2：125mm、3：185mm、4：245mm、5：295mmである。

|           |      | d1   | d2          |
|-----------|------|------|-------------|
| 第4～7倍音までの | マリン  | 0.29 | <b>0.92</b> |
| 時間重心の平均値  | 松岡   | 0.50 | <b>0.96</b> |
|           | ヤマハ  | 0.34 | <b>0.91</b> |
|           | タカミネ | 0.00 | 0.53        |

表5.2.2：第4～7倍音までの時間重心の平均値と弾弦位置に対応する軸d1と異弦同音に対応する軸d2との相関係数 (楽器)

太字は相関係数の絶対値が0.6以上のものである。

以上のことから、調査Aと同様に、奏者が異なる場合であっても、高域成分を多くするためには弾弦位置をブリッジ寄りにすればよく、反対に、基音をより多くするためには、弾弦位置3番よりも12フレット寄りの位置で弾弦すると言えるだろう。また、共通布置と音響特徴量の図5.1.2から読み取れるように、同じ弾弦位置である場合に、1弦よりも高域成分の影響を小さくするためには、弾く弦を2弦や3弦に変えるという方法をとるとよいだろう。そして、奏者が異なる場合には、異弦同音の違いによる音色の変化には、低域と高域を除いた倍音成分の響きの長さが関係しており、響きの多いものから順に1弦、2弦、3弦となる。このように、どの奏者であっても、弾弦位置と異弦同音における音色変化に対して同様の傾向を持っており、高域成分の影響や倍音成分の響きの長さを変化させることができると考えられる。

## 5.5 実験Ⅳ：評定尺度法による聴取実験

### 5.5.1 実験方法

弾弦位置と異弦同音の違いによる音色印象を調査するため、評定尺度法を用いて聴取実験をおこなった。本実験は、楽器の違いから奏者の違いへの変更以外は、実験Ⅱと対応しており、全て同様の実験・分析をおこなった。

本実験に使用した音刺激は、類似性の判断を求めた実験Ⅲと同様の15種類の音刺激を用いて、実験参加者ごとにランダム順序で全ての組み合わせで聞かせた。回答方法は、調査Aと同様であり、各音刺激の音色印象について計15問について、12対の両極評価語尺度(柔らかい—硬い、明るい—暗い、豊かな—貧弱な、こもった—はっきりした、細い—太い、潤った—乾いた、丸みのある—とげとげしい、軽い—重い、冷たい—温かい、透明感のある—透明感のない、芯のある—芯のない、汚い—きれい)を用いて、7段階評価してもらった。

### 5.5.2 実験設備

音刺激の試聴はヘッドフォン (SONY製 MDR-7506) を用いておこなわれた。実験に使用した機材は、PC (MacBook Air, OS X El Captain 10.11.16) で音源再生ソフトウェア (iTunes 12.5.4) を用いて音刺激を再生し、回答用紙に回答してもらった。再生音量は、実験開始前に例題を出した際に、実験参加者ごとに聞きやすい音量を自由に調整してもらい、その音量を固定したまま実験を開始した。実験をおこなった部屋は、比較的静かな教室であった。

### 5.5.3 実験参加者

実験には、一対比較法による実験Ⅲと同様のギター奏者5名、東京藝術大学にて録音・音響を専攻している学生5名の計10名が参加した。ただし、奏者A、奏者Bの弾弦音についての類似性の評価は全て同じ実験参加者であったが、奏者Cの弾弦音についての類似性の評価は3.2節で述べた筆者の先行研究[48][49]のデータを用いたため、他の2名の奏者とは異なる実験参加者であった。奏者Cについての実験参加者は、ギター奏者5名、東京藝術大学にて録音・音響を専攻している学生6名の計11名が参加していた。実験は各奏者ごとに1名ずつおこなわれ、奏者1名あたりの所要時間は約15分であった。

## 5.6 分析

5.6.1節では、評定尺度法を用いておこなった実験Ⅳの分析結果を示す。5.6.2節では、それぞれの評価語について回答された印象の評価に影響すると考えられる3つの要因「奏者」「異弦同音」「弾弦位置」について分散分析をおこなう。そして、分散分析の結

果、および分散分析を元にした多重比較についての結果を示す。結果の詳細な考察は5.7節で述べる。

### 5.6.1 弾弦位置・異弦同音と評価語の対応

本実験では、12対の両極尺度の評定尺度法を用いて、15種類の音刺激に対する音色印象について調査した。分析方法は、調査Aと同様であり、それぞれの評価語について得られた7段階の評価得点の全データと、INDSCAL分析における共通布置（図5.1.1）から得られた15種類の音刺激の座標値との相関係数を算出することによりおこなった。次元ごとに得られた相関係数の算出値を共通布置内における各評価語の布置とし、図5.1.1上に重ねて示した（図5.1.3）。先端に○印が付いた原点から引かれた12本の直線は各評価語を示す。この12本の直線の方角によって、INDSCALによって提示された15種類の音色に対する評価とどのように関連があるかを表している。また、直線の長さは影響の強さを表している。

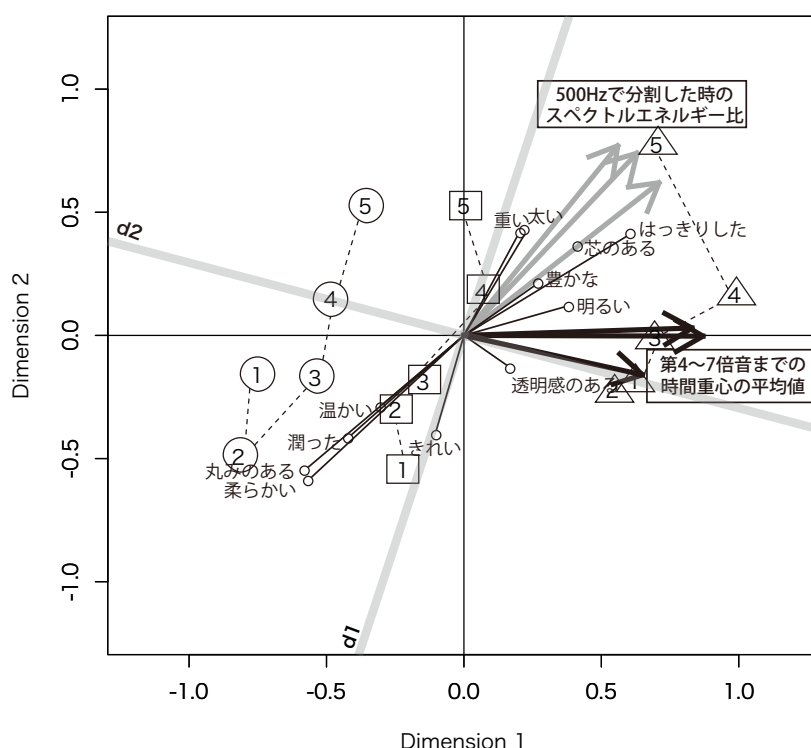


図5.1.3：15種類の音色の共通布置、音響特徴量と音色印象 (奏者)

先端に○印が付いた原点から引かれた12本の直線は各評価語を示す。INDSCALによって提示された15種類の音色に対する評価とどのように関連があるかを、原点から引かれた直線の方角によって表している。また、直線の長さは影響の強さを表している。図中の薄い太線は、弾弦位置に対応する軸d1、異弦同音に対応する軸d2を示す。矢印は奏者ごとの音響特徴量と音刺激の布置との相関を表す。薄い矢印は「500Hzで分割した時のスペクトルエネルギー比」、濃い矢印は「第4～7倍音までの時間重心の平均値」を示す。

図5.1.3から、「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はっきりした」「芯のある」「豊かな」という印象は、3弦の12フレット寄り(○：1番) から1弦のブリッジ寄り(△：5番) までの弦と位置の変化に対応していることが分かった。反対に、1弦の12フレット寄り(△：1番) から3弦のブリッジ寄り(○：5番) までの異弦同音と弾弦位置の変化に対応している印象は「透明感のある」であった。そして、「明るい」は異弦同音の違い、「重い」「太い」「きれい」は弾弦位置の違いに対応していることが分かった。

### 5.6.2 3要因の分散分析

実験Ⅳから得られたデータを用いて、各奏者における音色印象の評価の違いと、弾弦位置や異弦同音における音色印象の評価の違いについて分析した。ここでは、実験参加者が全て同じであったことから、奏者Aと奏者Bの2名の奏者について、評価語ごとに、奏者(2名)、異弦同音(3本)、弾弦位置(5ヶ所)の3要因被験者内計画の分散分析をおこなった。

#### 【柔らかい】

図5.3.1は、「柔らかい」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「柔らかい」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果( $F(2,18)=33.857, p<0.00001$ )、弾弦位置の主効果( $F(4,36)=42.765, p<0.00001$ )、奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用( $F(8,72)=2.207, p=0.0367$ )に有意差が見られた(表5.3)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.3.2は「柔らかい」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は2.740点、2弦は4.1010点、3弦は5.260点であった。1、2、3弦の順に「柔らかい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.3.3は「柔らかい」という印象について弾弦位置1番(12フレット寄り)～5番(ブリッジ寄り)までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.817点、2番は4.717点、3番は4.600点、4番は3.283点、5番は2.600点であった。弾弦位置が12フレット寄りである程「柔らかい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番同士の違いはなく、これらの3ヶ所の全ての位置に対して残りの弾弦位置4番、5番のそれぞれの位置とに有意差が見られた。

奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたことについて述べる。奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ、奏者の個人差が影響を及ぼす弾弦位置と異弦同音の組み合わせは、1弦の弾弦位置2番、

2弦の弾弦位置3番と5番であることが分かった。これらの組み合わせでは、奏者の個人差により評価得点に有意な差があることが分かった。

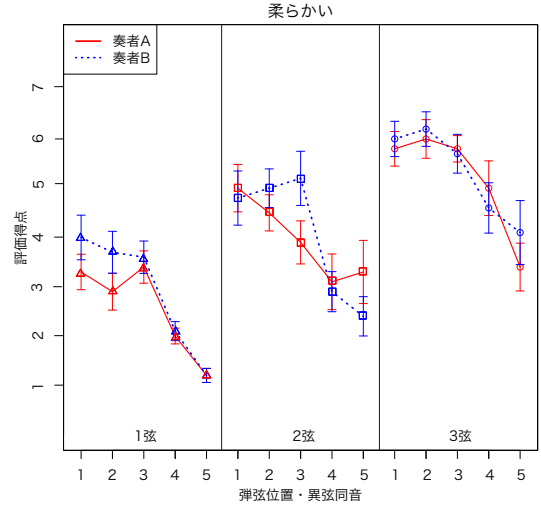


図5.3.1：「柔らかい」の評価得点の平均値および95%信頼区間

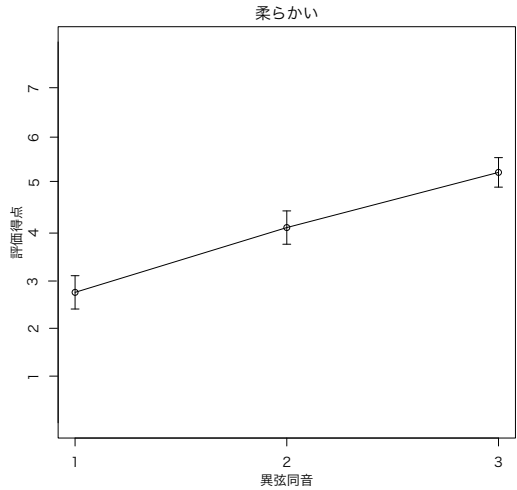


図5.3.2：「柔らかい」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

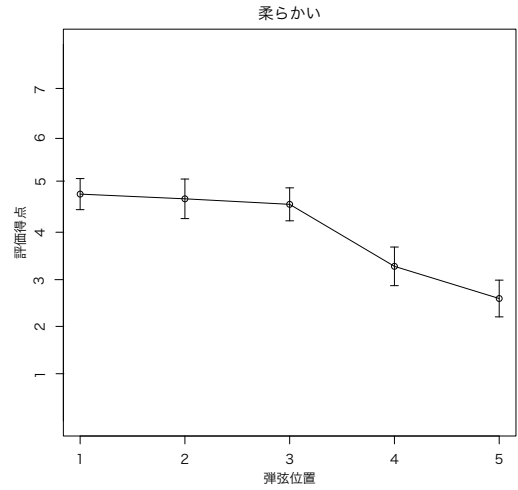


図5.3.3：「柔らかい」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS           | df  | MS          | F      | p           |
|---|--------------|-----|-------------|--------|-------------|
| subject   | 47.9633333   | 9   | 5.3292593   |        |             |
| A：奏者  | 2.8033333    | 1   | 2.8033333   | 2.532  | 0.1460      |
| error [AS]  | 9.9633333    | 9   | 1.1070370   |        |             |
| B：異弦同音  | 317.5266667  | 2   | 158.7633333 | 33.857 | 0.0000 **** |
| error [BS]  | 84.4066667   | 18  | 4.6892593   |        |             |
| C：弾弦位置  | 240.8466667  | 4   | 60.216667   | 42.765 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 50.6866667   | 36  | 1.4079630   |        |             |
| AB  | 1.0466667    | 2   | 0.5233333   | 0.865  | 0.4377      |
| error [ABS]   | 10.8866667   | 18  | 0.6048148   |        |             |
| AC  | 5.5133333    | 4   | 1.3783333   | 1.823  | 0.1458      |
| error [ACS]   | 27.2200000   | 36  | 0.7561111   |        |             |
| BC  | 7.3733333    | 8   | 0.9216667   | 0.528  | 0.8317      |
| error [BCS]   | 125.6933333  | 72  | 1.7457404   |        |             |
| ABC   | 14.3866667   | 8   | 1.7983333   | 2.207  | 0.0367 *    |
| error [ABCS]  | 58.6800000   | 72  | 0.8150000   |        |             |
| Total   | 1004.9966667 | 299 |             |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |              |     |             |        |             |

表5.3：「柔らかい」3要因の分散分析結果

### 【明るい】

図5.4.1は、「明るい」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。分散分析の結果、奏者の主効果 ( $F(1,9)=8.668$ ,  $p=0.0164$ ) と異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=15.522$ ,  $p<0.0001$ ) に有意差が見られた (表5.4)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.4.2は「明るい」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は4.780点、2弦は3.940点、3弦は3.470点であった。3、2、1弦の順に「明るい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、2弦と3弦同士の違いはなく、これら2つの弦と1弦とに有意差が見られた。

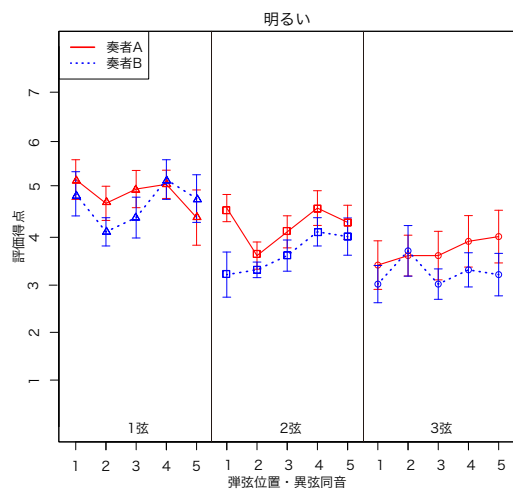


図5.4.1：「明るい」の評価得点の平均値  
および95%信頼区間

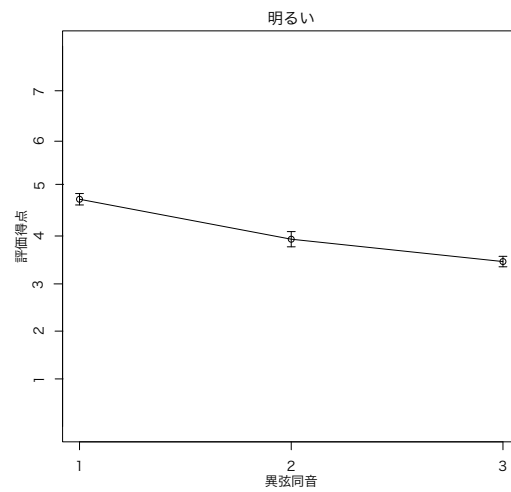


図5.4.2：「明るい」の異弦同音の違いによる  
評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 76.1633333  | 9   | 8.4625926  |        |             |
| A：奏者  | 13.2300000  | 1   | 13.2300000 | 8.668  | 0.164 *     |
| error [AS]  | 13.7366667  | 9   | 1.5262963  |        |             |
| B：異弦同音  | 88.0866667  | 2   | 44.0433333 | 10.735 | 0.0009 **** |
| error [BS]  | 73.8466667  | 18  | 4.1025926  |        |             |
| C：弾弦位置  | 9.6466667   | 4   | 2.4116667  | 1.243  | 0.3100      |
| error [CS]  | 69.8200000  | 36  | 1.9394444  |        |             |
| AB  | 2.0600000   | 2   | 1.0300000  | 1.878  | 0.1817      |
| error [ABS]   | 9.8733333   | 18  | 0.5485185  |        |             |
| AC  | 2.4866667   | 4   | 0.6216667  | 0.859  | 0.4976      |
| error [ACS]   | 26.0466667  | 36  | 0.7235185  |        |             |
| BC  | 10.8133333  | 8   | 1.3516667  | 1.188  | 0.3184      |
| error [BCS]   | 81.9200000  | 72  | 1.1377778  |        |             |
| ABC   | 7.9733333   | 8   | 0.9966667  | 1.492  | 0.1753      |
| error [ABCS]  | 48.0933333  | 72  | 0.6679630  |        |             |
| Total   | 533.7966667 | 299 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表5.4：「明るい」の3要因の分析結果

### 【豊かな】

図5.5.1は、「豊かな」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「豊かな」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=5.278$ ,  $p=0.0157$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=18.878$ ,  $p<0.00001$ )、奏者×弾弦位置の交互作用 ( $F(4,36)=2.882$ ,  $p=0.0361$ ) に有意差が見られた(表5.5)。

奏者×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたが、評価の傾向を見るために、まず、異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.5.2は「豊かな」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は4.470点、2弦は3.870点、3弦は3.580点であった。3、2、1弦の順に「豊かな」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、2弦は他の弦との組み合わせで有意差がないが、1弦と3弦とに有意差が見られた。

弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.5.3は「豊かな」という印象について弾弦位置1番(12フレット寄り)～5番(ブリッジ寄り)までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は3.333点、2番は3.267点、3番は3.917点、4番は4.600点、5番は4.750点であった。傾向としては、弾弦位置がブリッジ寄りである程「豊かな」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番と2番、4番と5番以外の組み合わせで有意差が見られた。

しかし、奏者×弾弦位置の交互作用に有意差が見られた。このことから、これらの要因が組み合わさることによって、互いに評価得点の差に影響を及ぼすことが分かる。図5.5.4は、各弾弦位置に対する奏者ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。奏者×弾弦位置の交互作用について単純主効果の検定をおこなったところ、弾弦位置1番では奏者の個人差により評価得点に有意な差が見られた。また、奏者ごとに各弾弦位置について多重比較をおこなったところ、奏者の個人差によって有意な差が生じる弾弦位置の組み合わせが異なることが分かった。

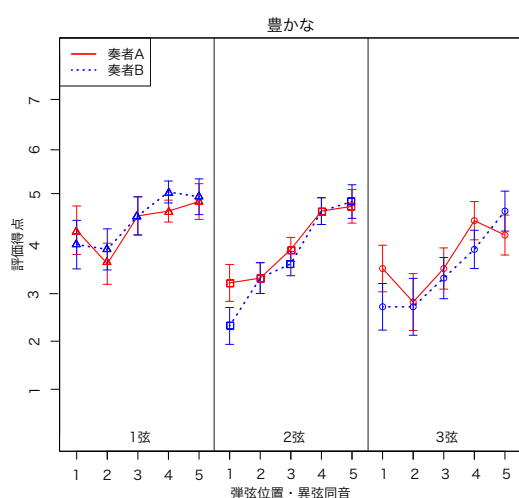


図5.5.1：「豊かな」の評価得点の平均値および95%信頼区間

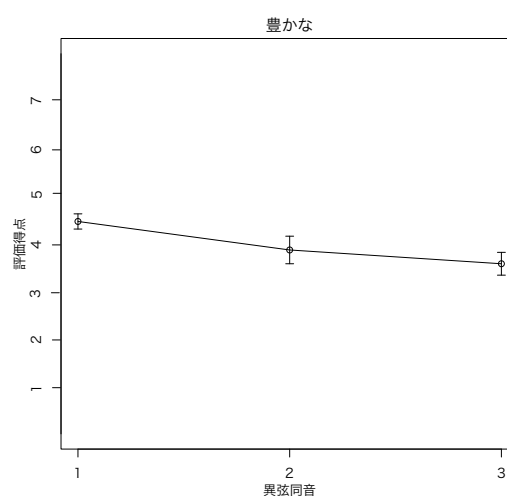


図5.5.2：「豊かな」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間



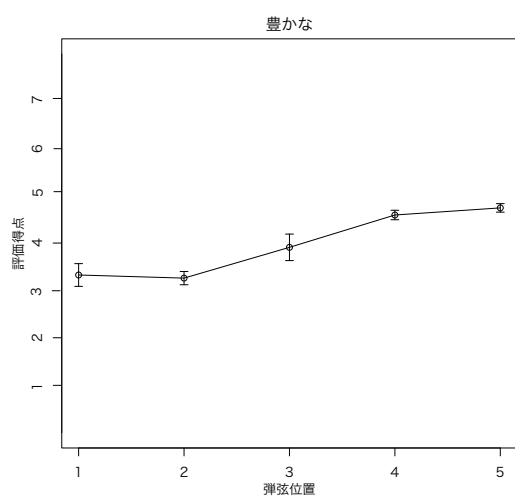


図5.5.3：「豊かな」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

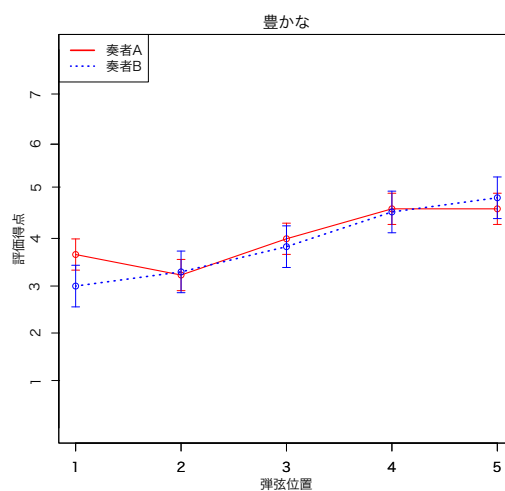


図5.5.4：「豊かな」の各弾弦位置に対する奏者ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 86.7200000  | 9   | 9.6355556  |        |             |
| A：奏者  | 1.0800000   | 1   | 1.0800000  | 1.976  | 0.1934      |
| error [AS]  | 4.9200000   | 9   | 0.5466667  |        |             |
| B：異弦同音  | 41.2066667  | 2   | 20.6033333 | 5.278  | 0.0157 *    |
| error [BS]  | 70.2600000  | 18  | 3.9033333  |        |             |
| C：弾弦位置  | 114.4866667 | 4   | 28.6216667 | 18.878 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 54.5800000  | 36  | 1.5161111  |        |             |
| AB  | 1.8200000   | 2   | 0.9100000  | 1.492  | 0.2515      |
| error [ABS]   | 10.9800000  | 18  | 0.6100000  |        |             |
| AC  | 6.9533333   | 4   | 1.7383333  | 2.882  | 0.0361 *    |
| error [ACS]   | 21.7133333  | 36  | 0.6031481  |        |             |
| BC  | 13.2933333  | 8   | 1.6616667  | 1.590  | 0.1429      |
| error [BCS]   | 75.2400000  | 72  | 1.0450000  |        |             |
| ABC   | 2.9466667   | 8   | 0.3683333  | 0.495  | 0.8560      |
| error [ABCS]  | 53.5866667  | 72  | 0.7442593  |        |             |
| Total   | 559.7866667 | 299 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表5.5：「豊かな」の3要因の分析結果

### 【はっきりした】

図5.6.1は、「はっきりした」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「はっきりした」についての分散分析の結果、奏者の主効果  $F(1,9)=8.825$ ,  $p=0.0157$ 、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=27.560$ ,  $p<0.00001$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=13.255$ ,  $p<0.00001$ )、奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用 ( $F(8,72)=2.872$ ,  $p=0.0079$ ) に有意差が見られた (表5.6)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.6.2は「はっきりした」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は5.450点、2弦は4.070点、3弦は2.810点であった。3、2、1弦の順に「はっきりした」という印象の評価得点が低くなっている。また、多重比較より、全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.6.3は「はっきりした」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ~5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は3.617点、2番は3.783点、3番は3.717点、4番は4.517点、5番は4.917点であった。弾弦位置がブリッジ寄りである程「はっきりした」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番同士の評価に違いはなく、これらの3ヶ所の全ての位置に対して残りの弾弦位置4番、5番のそれぞれの位置とに有意差が見られた。また、弾弦位置4番と5番の評価にも違いがあった。

奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたことについて述べる。奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ、奏者の個人差が影響を及ぼす弾弦位置と異弦同音の組み合わせは、2弦の弾弦位置3番、3弦の弾弦位置5番であることが分かった。これらの組み合わせでは、奏者の個人差により評価得点に有意な差があることが分かった。

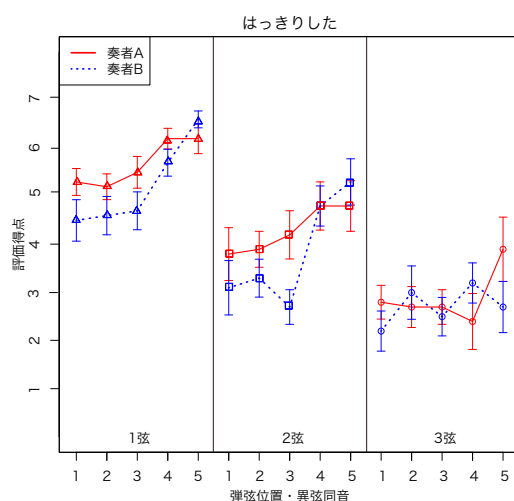


図5.6.1：「はっきりした」の評価得点の平均値および95%信頼区間

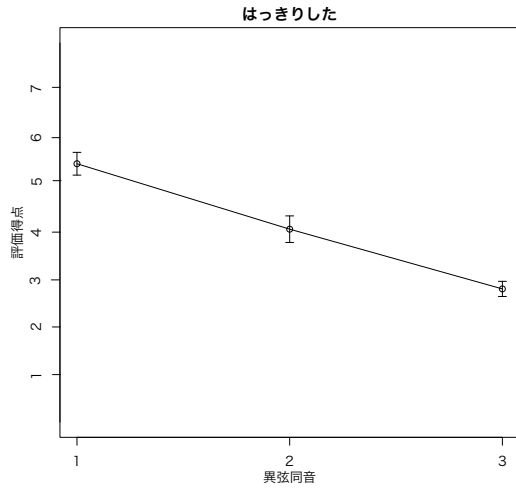


図5.6.2：「はっきりした」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

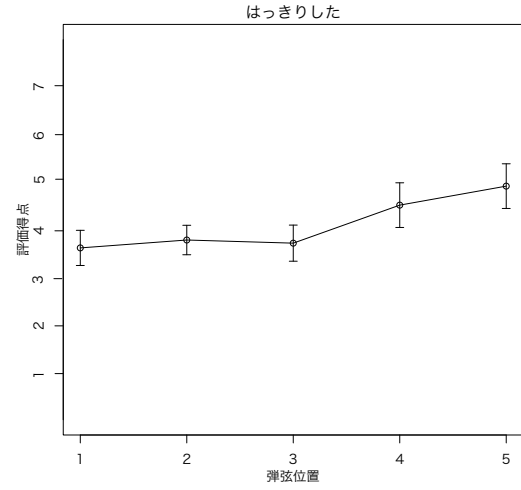


図5.6.3：「はっきりした」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS          | F      | p           |
|---|-------------|-----|-------------|--------|-------------|
| subject   | 54.4700000  | 9   | 6.0522222   |        |             |
| A：奏者  | 10.0833333  | 1   | 10.0833333  | 8.825  | 0.0157 *    |
| error [AS]  | 10.2833333  | 9   | 1.1425926   |        |             |
| B：異弦同音  | 348.7200000 | 2   | 174.3600000 | 27.560 | 0.0000 **** |
| error [BS]  | 113.8800000 | 18  | 6.3266667   |        |             |
| C：弾弦位置  | 79.2533333  | 4   | 19.8133333  | 13.255 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 53.8133333  | 36  | 1.4948148   |        |             |
| AB  | 1.3066667   | 2   | 0.6533333   | 1.775  | 0.1979      |
| error [ABS]   | 6.6266667   | 18  | 0.3681481   |        |             |
| AC  | 9.3333333   | 4   | 2.3333333   | 2.059  | 0.1067      |
| error [ACS]   | 40.8000000  | 36  | 1.1333333   |        |             |
| BC  | 15.6566667  | 8   | 1.9558333   | 1.497  | 0.1736      |
| error [BCS]   | 94.0866667  | 72  | 1.3067593   |        |             |
| ABC   | 19.1266667  | 8   | 2.3908333   | 2.872  | 0.0079 **   |
| error [ABCS]  | 59.9400000  | 72  | 0.8325000   |        |             |
| Total   | 917.3700000 | 299 |             |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |             |        |             |

表5.6：「はっきりした」の3要因の分析結果

## 【太い】

図5.7.1は、「太い」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「太い」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=4.632$ ,  $p=0.0238$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=36.542$ ,  $p<0.00001$ ) に有意差が見られた (表5.7)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.7.2は「太い」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は4.270点、2弦は4.000点、3弦は3.770点であった。3、2、1弦の順に「太い」という印象の評価得点が低くなっている。また、多重比較より、1弦と3弦に有意差が見られた。

弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.7.3は「太い」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は2.967点、2番は3.117点、3番は3.700点、4番は4.717点、5番は5.567点であった。弾弦位置がブリッジ寄りである程、「太い」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番と2番、2番と3番以外の全ての弾弦位置とに有意差が見られた。

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 31.4800000  | 9   | 3.4977778  |        |             |
| A : 奏者  | 0.2133333   | 1   | 0.2133333  | 0.249  | 0.6299      |
| error [AS]  | 7.7200000   | 9   | 0.8577778  |        |             |
| B : 異弦同音  | 12.5266667  | 2   | 6.2633333  | 4.632  | 0.0238 *    |
| error [BS]  | 24.3400000  | 18  | 1.3522222  |        |             |
| C : 弾弦位置  | 294.3133333 | 4   | 73.5733333 | 36.542 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 72.4866667  | 36  | 2.0135185  |        |             |
| AB  | 2.8466667   | 2   | 1.4233333  | 1.016  | 0.3819      |
| error [ABS]   | 25.2200000  | 18  | 1.4011111  |        |             |
| AC  | 2.5533333   | 4   | 0.6383333  | 0.964  | 0.4393      |
| error [ACS]   | 23.8466667  | 36  | 0.6624974  |        |             |
| BC  | 6.5066667   | 8   | 0.8133333  | 1.022  | 0.4275      |
| error [BCS]   | 57.2933333  | 72  | 0.7957407  |        |             |
| ABC   | 4.7866667   | 8   | 0.5983333  | 1.274  | 0.2706      |
| error [ABCS]  | 33.8133333  | 72  | 0.469626   |        |             |
| Total   | 599.9466667 | 299 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表5.7：「太い」の3要因の分析結果

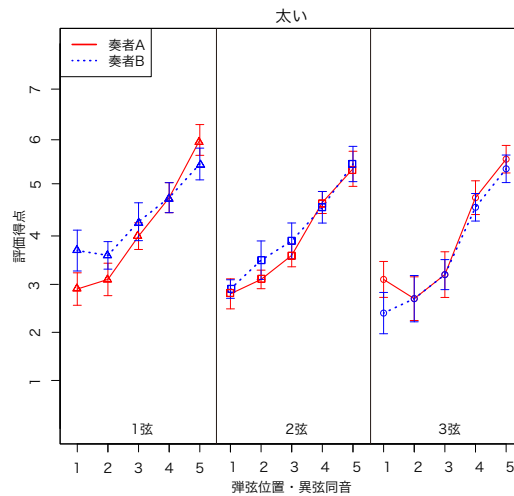


図5.7.1：「太い」の評価得点の平均値および95%信頼区間

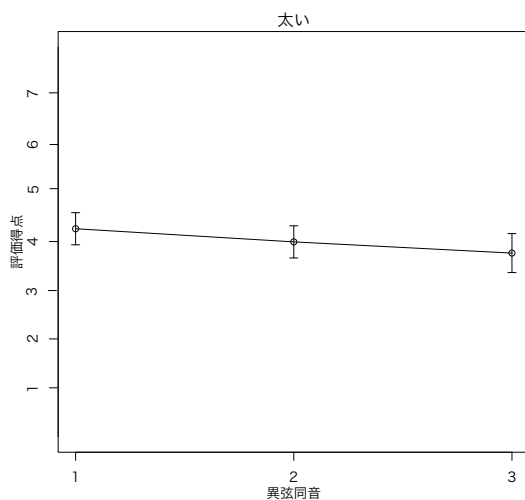


図5.7.2：「太い」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

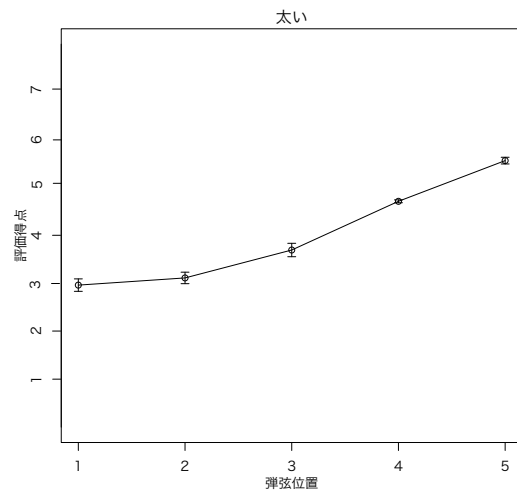


図5.7.3：「太い」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

### 【潤った】

図5.8.1は、「潤った」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「潤った」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=9.797$ ,  $p=0.0013$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=8.049$ ,  $p=0.0001$ ) に有意差が見られた (表5.8)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.8.2は「潤った」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は3.280点、2

弦は4.000点、3弦は4.980点であった。1、2、3弦の順に「潤った」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、1弦と3弦、2弦と3弦に有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.8.3は「潤った」という印象について弾弦位置1番(12フレット寄り)～5番(ブリッジ寄り)までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.367点、2番は3.967点、3番は4.700点、4番は3.917点、5番は3.483点であった。5ヶ所の弾弦位置の内、中心に位置する弾弦位置3番が最も評価得点が高くなった。また、多重比較により、弾弦位置3番に対して2番、4番、5番に有意差が見られた。両端に位置する弾弦位置1番と5番にも有意差が見られた。

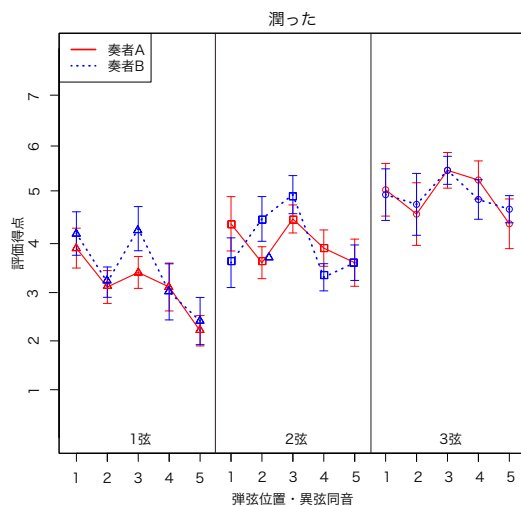


図5.8.1：「潤った」の評価得点の平均値および95%信頼区間

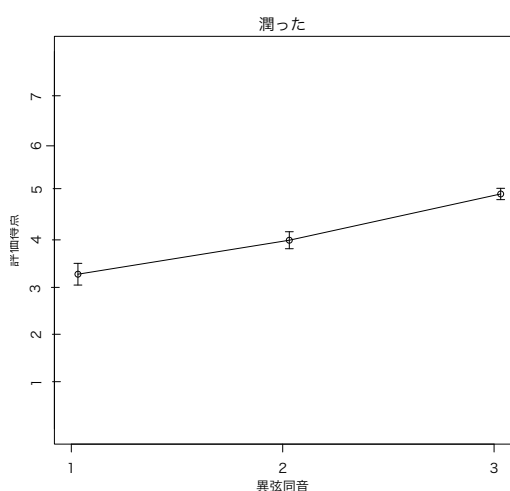


図5.8.2：「潤った」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

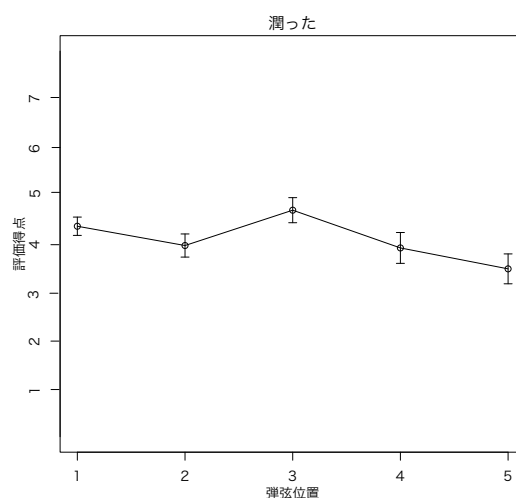


図5.8.3：「潤った」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F     | p           |
|---|-------------|-----|------------|-------|-------------|
| subject   | 42.5466667  | 9   | 4.7274074  |       |             |
| A：奏者  | 0.6533333   | 1   | 0.6533333  | 1.374 | 0.2712      |
| error [AS]  | 4.2800000   | 9   | 0.4755556  |       |             |
| B：異弦同音  | 145.6266667 | 2   | 72.8133333 | 9.797 | 0.0013 **** |
| error [BS]  | 133.7733333 | 18  | 7.4318519  |       |             |
| C：弾弦位置  | 51.7133333  | 4   | 12.9283333 | 8.049 | 0.0001 **** |
| error [CS]  | 57.8200000  | 36  | 1.6061111  |       |             |
| AB  | 1.3066667   | 2   | 0.6533333  | 0.556 | 0.5832      |
| error [ABS]   | 21.1600000  | 18  | 1.1755556  |       |             |
| AC  | 8.0466667   | 4   | 2.0116667  | 1.780 | 0.1543      |
| error [ACS]   | 40.6866667  | 36  | 1.1301852  |       |             |
| BC  | 16.0066667  | 8   | 2.0008333  | 1.229 | 0.2951      |
| error [BCS]   | 117.2600000 | 72  | 1.6286111  |       |             |
| ABC   | 6.5933333   | 8   | 0.8241667  | 1.404 | 0.2097      |
| error [ABCS]  | 42.2733333  | 72  | 0.5871296  |       |             |
| Total   | 689.7466667 | 299 |            |       |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |       |             |

表5.8：「潤った」の3要因の分析結果

### 【丸みのある】

図5.9.1は、「丸みのある」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「丸みのある」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=39.106$ ,  $p<0.00001$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=19.445$ ,  $p<0.00001$ ) に有意差が見られた (表5.9)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.9.2は「丸みのある」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は3.200点、2弦は4.290点、3弦は5.550点であった。1、2、3弦の順に「丸みのある」という印象の評価得点が高くなっているという傾向にある。また、多重比較より、全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.9.3は「丸みのある」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.767点、2番は4.633点、3番は4.867点、4番は4.050点、5番は3.417点であった。弾弦位置が12フレット寄りに近い3ヶ所の弾弦位置では評価得点の差は少なく、全体的に見ると、弾弦位置が12フレット寄りである程「丸みのある」という印象の評価得点が高くなっているという傾向にある。また、多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番同士の違いはなく、

これらの3ヶ所の全ての位置に対して残りの弾弦位置4番、5番のそれぞれの位置とに有意差が見られた。

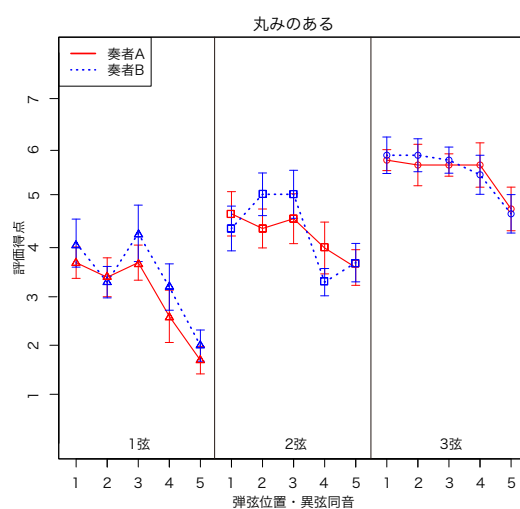


図5.9.1：「丸みのある」の評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS          | F      | p          |
|---|-------------|-----|-------------|--------|------------|
| subject   | 100.8800000 | 9   | 11          |        |            |
| A：奏者  | 1.6133333   | 1   | 2088889     | 1.474  | 0.2557     |
| error [AS]  | 9.8533333   | 9   | 1.6133333   |        |            |
| B：異弦同音  | 276.6066667 | 2   | 1.0948148   | 39.106 | 0.000 **** |
| error [BS]  | 63.6600000  | 18  | 138.3033333 |        |            |
| C：弾弦位置  | 88.9133333  | 4   | 3.5366667   | 19.445 | 0.000 **** |
| error [CS]  | 41.1533333  | 36  | 22.2283333  |        |            |
| AB  | 1.7266667   | 2   | 1.1431481   | 2.426  | 0.1168     |
| error [ABS]   | 6.4066667   | 18  | 0.8633333   |        |            |
| AC  | 2.2200000   | 4   | 0.3559259   | 0.811  | 0.5267     |
| error [ACS]   | 24.6466667  | 36  | 0.5550000   | 1.494  |            |
| BC  | 17.3266667  | 8   | 0.6846296   | 2.434  | 0.1747     |
| error [BCS]   | 104.4066667 | 72  | 2.1658333   | 1.472  |            |
| ABC   | 6.5400000   | 8   | 1.4500926   | 0.665  | 0.1827     |
| error [ABCS]  | 39.9933333  | 72  | 0.8175000   |        |            |
| Total   | 785.9466667 | 299 | 0.5554630   |        |            |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |             |        |            |

表5.9：「丸みのある」の3要因の分析結果



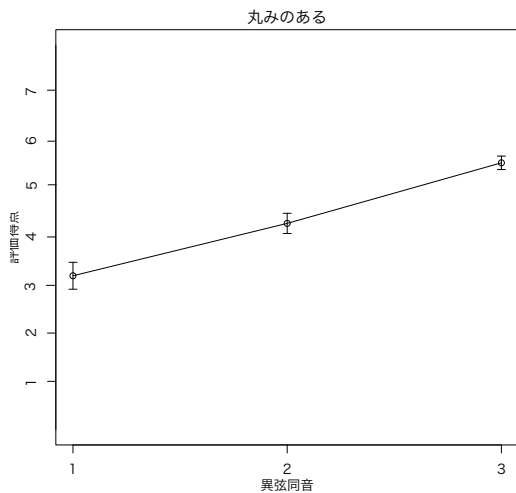


図5.9.2：「丸みのある」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

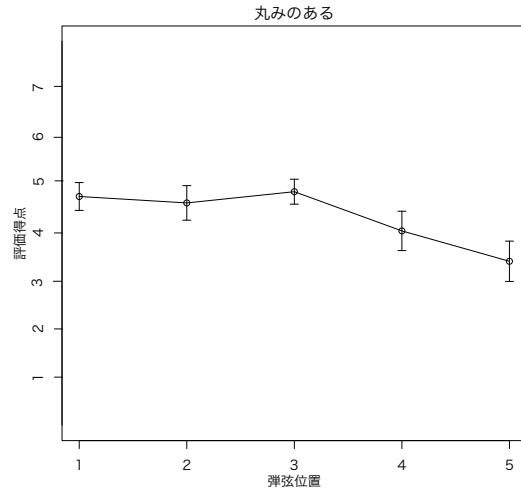


図5.9.3：「丸みのある」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

### 【重い】

図5.10.1は、「重い」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「重い」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=13.087$ ,  $p=0.0003$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=31.277$ ,  $p<0.00001$ )、異弦同音×弾弦位置の交互作用 ( $F(8,72)=2.071$ ,  $p=0.0498$ )、奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用 ( $F(8,72)=3.781$ ,  $p=0.0009$ ) に有意差が見られた (表5.10)。

交互作用に有意差が見られたが、評価の傾向を見るために、まず、異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.10.2は「重い」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は4.160点、2弦は3.550点、3弦は3.370点であった。3、2、1弦の順に「重い」という印象の評価得点が高くなっているという傾向にある。また、多重比較より、傾向としては、1弦と2弦、1弦と3弦に有意差が見られた。

次に、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.10.3は「重い」という印象について弾弦位置1番 (12フレット寄り) ～5番 (ブリッジ寄り) までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は2.950点、2番は3.033点、3番は3.400点、4番は4.017点、5番は5.067点であった。弾弦位置がブリッジ寄りである程「重い」という印象の評価得点が高くなっているという傾向にある。また、多重比較により、傾向として、弾弦位置1番、2番、3番同士の違いはなく、これらの3ヶ所の全ての位置に対して残りの弾弦位置4番、5番のそれぞれの位置とに有意差が見られた。

しかし、異弦同音×弾弦位置の交互作用には有意差が見られた。このことから、これらの要因が組み合わさることによって、互いに評価得点の差に影響を及ぼすことが

分かる。図5.10.4は、各弾弦位置に対する弦ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ異弦同音と弾弦位置4番と5番以外の全ての組み合わせにおいて有意差が見られた。図5.10.4より、傾向としては、やはり3弦、2弦、1弦の順に「重い」という印象の評価得点が高くなっていることが分かる。また、弾弦位置がブリッジ寄りである程「重い」という印象の評価得点が高くなっている傾向にあることが分かる。しかし、有意差が見られた組み合わせについて多重比較をおこなうと、3弦では、弾弦位置が12フレット寄りである弾弦位置1番2番、3番同士の組み合わせにのみ有意差が見られなくなっていた。各弦についての全体的な傾向としては、1弦、2弦、3弦の順に弾弦位置の評価得点に有意な差が見られる組み合わせが少なくなっていた。

奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたことについて述べる。奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ、奏者の個人差が影響を及ぼす弾弦位置と異弦同音の組み合わせは、1弦の弾弦位置2番と4番と5番であることが分かった。これらの組み合わせでは、奏者の個人差により評価得点に有意な差があることが分かった。

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 74.3200000  | 9   | 8.2577778  |        |             |
| A：奏者  | 0.6533333   | 1   | 0.6533333  | 1.100  | 0.3217      |
| error [AS]  | 5.3466667   | 9   | 0.5940741  |        |             |
| B：異弦同音  | 34.2866667  | 2   | 17.1433333 | 13.087 | 0.0003 **** |
| error [BS]  | 23.5800000  | 18  | 1.3100000  |        |             |
| C：弾弦位置  | 183.8866667 | 4   | 45.9716667 | 31.277 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 52.9133333  | 36  | 1.4698148  |        |             |
| AB  | 0.8866667   | 2   | 0.4433333  | 0.648  | 0.5348      |
| error [ABS]   | 12.3133333  | 18  | 0.6840741  |        |             |
| AC  | 1.0466667   | 4   | 0.2616667  | 0.423  | 0.7912      |
| error [ACS]   | 22.2866667  | 36  | 0.6190741  |        |             |
| BC  | 10.8133333  | 8   | 1.3516667  | 2.071  | 0.0498 *    |
| error [BCS]   | 46.9866667  | 72  | 0.6525926  |        |             |
| ABC   | 9.0133333   | 8   | 1.1266667  | 3.781  | 0.0009 **** |
| error [ABCS]  | 21.4533333  | 72  | 0.297930   |        |             |
| Total   | 499.7866667 | 299 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表5.10：「重い」の3要因の分析結果

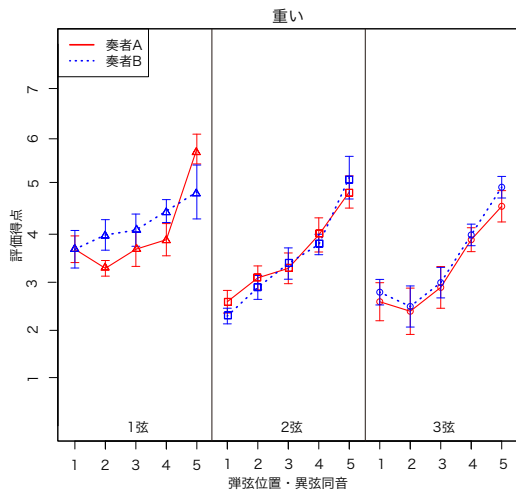


図5.10.1：「重い」の評価得点の平均値および95%信頼区間

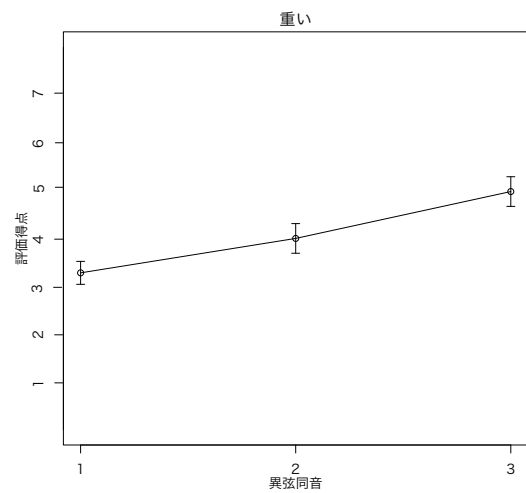


図5.10.2：「重い」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

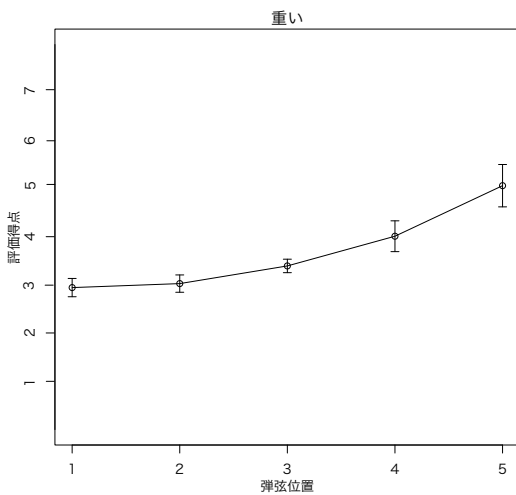


図5.10.3：「重い」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

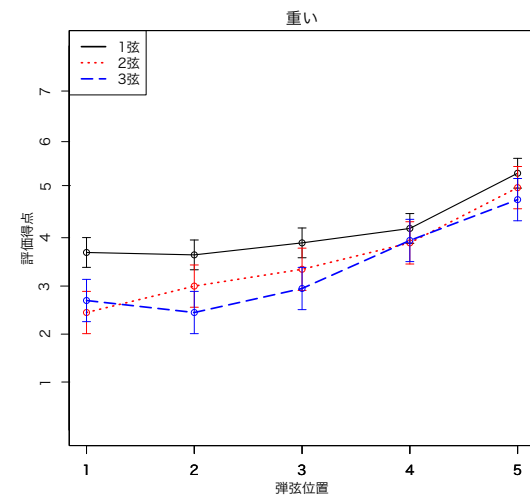


図5.10.4：「重い」の各弾弦位置に対する弦ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間

## 【温かい】

図5.11.1は、「温かい」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「温かい」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=14.307$ ,  $p=0.0002$ )、異弦同音×弾弦位置の交互作用 ( $F(8,72)=2.177$ ,  $p=0.039$ ) に有意差が見られた (表5.11)。

異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたが、評価の傾向を見るために、まず、異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.11.2は「温かい」という印象について、1弦、2弦、3弦の評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は3.490点、2弦は4.270点、3弦は4.870点であった。1、2、3弦の順に「温かい」という印象

の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、全ての弦の組み合わせで有意差が見られた。

しかし、異弦同音×弾弦位置の交互作用には有意差が見られた。このことから、これらの要因が組み合わさることによって、互いに評価得点の差に影響を及ぼすことが分かる。図5.11.3は、各弾弦位置に対する弦ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ弾弦位置と2弦、3弦以外の全ての組み合わせにおいて有意差が見られた。図5.11.3より、傾向としては、やはり1弦、2弦、3弦の順に「温かい」という印象の評価得点が高くなっていることが分かる。また、弾弦位置が12フレット寄りである程「温かい」という印象の評価得点が高くなっている傾向にあることが分かる。しかし、有意差が見られた組み合わせについて多重比較をおこなうと、有意差が見られる弦の組み合わせが弾弦位置により異なることが分かった。また、1弦については5ヶ所全ての弾弦位置の組み合わせに有意差が見られなかった。

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 86.8700000  | 9   | 9.6522222  |        |             |
| A：奏者  | 1.2033333   | 1   | 1.2033333  | 0.460  | 0.5149      |
| error [AS]  | 23.5633333  | 9   | 2.6181481  |        |             |
| B：異弦同音  | 95.7600000  | 2   | 47.8800000 | 14.307 | 0.0002 **** |
| error [BS]  | 60.2400000  | 18  | 3.3466667  |        |             |
| C：弾弦位置  | 8.5200000   | 4   | 2.1300000  | 1.923  | 0.1278      |
| error [CS]  | 39.8800000  | 36  | 1.1077778  |        |             |
| AB  | 0.1866667   | 2   | 0.0933333  | 0.201  | 0.8195      |
| error [ABS]   | 8.3466667   | 18  | 0.4637037  |        |             |
| AC  | 5.8133333   | 4   | 1.4533333  | 2.250  | 0.0829 +    |
| error [ACS]   | 23.2533333  | 36  | 0.6459259  |        |             |
| BC  | 17.1400000  | 8   | 2.1425000  | 2.177  | 0.0392 *    |
| error [BCS]   | 70.8600000  | 72  | 0.9841667  |        |             |
| ABC   | 5.2466667   | 8   | 0.6558333  | 0.860  | 0.5538      |
| error [ABCS]  | 54.8866667  | 72  | 0.7623148  |        |             |
| Total   | 501.7700000 | 299 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表5.11：「温かい」の3要因の分析結果

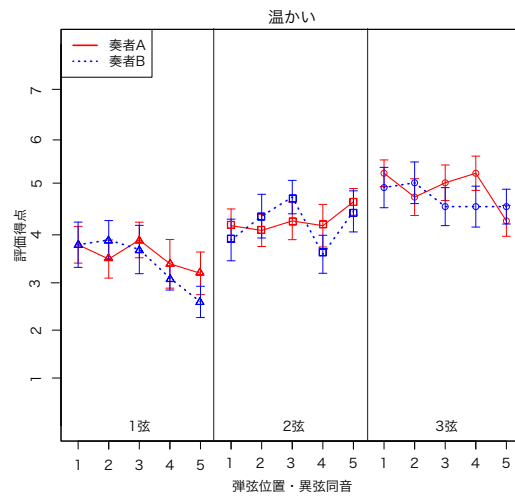


図5.11.1：「温かい」の評価得点の平均値  
および95%信頼区間

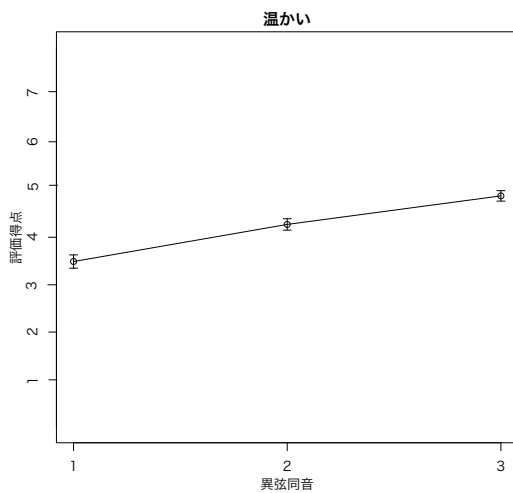


図5.11.2：「温かい」の異弦同音の違いによる  
評価得点の平均値および95%信頼区間

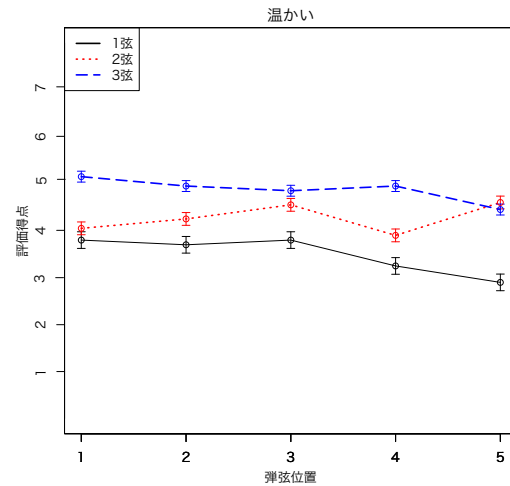


図5.11.3：「温かい」の各弾弦位置に対する  
弦ごとの評価得点の平均値および95%  
信頼区間

### 【透明感のある】

図5.12.1は、「透明感のある」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「透明感のある」についての分散分析の結果、奏者×弾弦位置の交互作用 ( $F(4,36)=5.997$ ,  $p=0.0008$ ) に有意差が見られた (表5.12)。

奏者×弾弦位置の交互作用に有意差が見られた。このことから、これらの要因が組み合わさることによって、互いに評価得点の差に影響を及ぼすことが分かる。図5.12.2は、各弾弦位置に対する奏者ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。図5.12.2より、奏者Aは奏者Bと比較して、各弦ごとに弾弦位置がブリッジ寄りになる程、印象の評価得点が低くなっていることが分かる。奏者×弾弦位置の交互作用について

単純主効果の検定をおこなったところ、弾弦位置1番と2番では奏者の個人差により評価得点に有意な差が見られた。

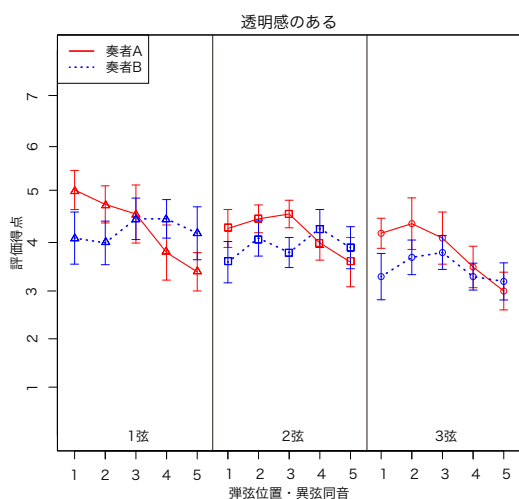


図5.12.1：「透明感のある」の評価得点の  
平均値および95%信頼区間

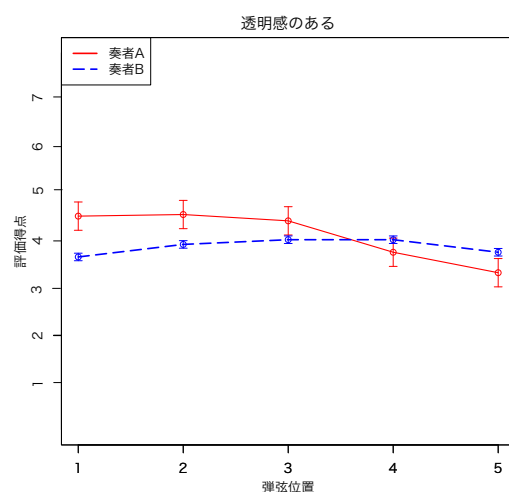


図5.12.2：「透明感のある」の各弾弦位置  
に対する奏者ごとの評価得点の平均値およ  
び95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F     | p           |
|---|-------------|-----|------------|-------|-------------|
| subject   | 40.8533333  | 9   | 4.5392593  |       |             |
| A：奏者  | 4.3200000   | 1   | 4.3200000  | 3.467 | 0.0955 +    |
| error [AS]  | 11.2133333  | 9   | 1.2459259  |       |             |
| B：異弦同音  | 21.7266667  | 2   | 10.8633333 | 1.415 | 0.2687      |
| error [BS]  | 138.2066667 | 18  | 7.6781481  |       |             |
| C：弾弦位置  | 20.3533333  | 4   | 5.0883333  | 2.528 | 0.0574 +    |
| error [CS]  | 72.4466667  | 36  | 2.0214074  |       |             |
| AB  | 1.1400000   | 2   | 0.5700000  | 0.726 | 0.4973      |
| error [ABS]   | 14.1266667  | 18  | 0.7848148  |       |             |
| AC  | 19.2466667  | 4   | 4.8116667  | 5.997 | 0.0008 **** |
| error [ACS]   | 28.8866667  | 36  | 0.8024074  |       |             |
| BC  | 4.7066667   | 8   | 0.5883333  | 0.560 | 0.8073      |
| error [BCS]   | 75.6933333  | 72  | 1.0512963  |       |             |
| ABC   | 3.8933333   | 8   | 0.4866667  | 0.713 | 0.6796      |
| error [ABCS]  | 49.1733333  | 72  | 0.6829630  |       |             |
| Total   | 505.9866667 | 299 |            |       |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |       |             |

表5.12：「透明感のある」の3要因の分析結果

### 【芯のある】

図5.13.1は、「芯のある」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「芯のある」についての分散分析の結果、異弦同音の主効果 ( $F(2,18)=21.342,449, p<0.00001$ )、弾弦位置の主効果 ( $F(4,36)=16.080, p<0.00001$ )、奏者×異弦同音の交互作用 ( $F(2,18)=4.362, p=0.0285$ )に有意差が見られた(表5.13)。

異弦同音の主効果の分析をおこなう。図5.13.2は「芯のある」という印象について異弦同音の違いにおける評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1弦の平均値は5.470点、2弦は4.450点、3弦は3.820点であった。3、2、1弦の順に「芯のある」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較より、1弦と2弦、1弦と3弦に有意差が見られた。

弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.13.3は「芯のある」という印象について弾弦位置1番(12フレット寄り)～5番(ブリッジ寄り)までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.050点、2番は4.150点、3番は4.333点、4番は4.967点、5番は5.400点であった。弾弦位置が12フレット寄りに近い3ヶ所の弾弦位置では評価得点の差は少なく、全体的に見ると、弾弦位置がブリッジ寄りである程「芯のある」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置1番、2番、3番と弾弦位置4番、5番の組み合わせ以外に有意差が見られた。

しかし、奏者×異弦同音の交互作用に有意差が見られた。このことから、これらの要因が組み合わさることによって、互いに評価得点の差に影響を及ぼすことが分かる。図5.13.4は、異弦同音に対する奏者ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。奏者×異弦同音の交互作用について単純主効果の検定をおこなったところ、2弦には奏者の個人差により評価得点に有意な差が見られた。

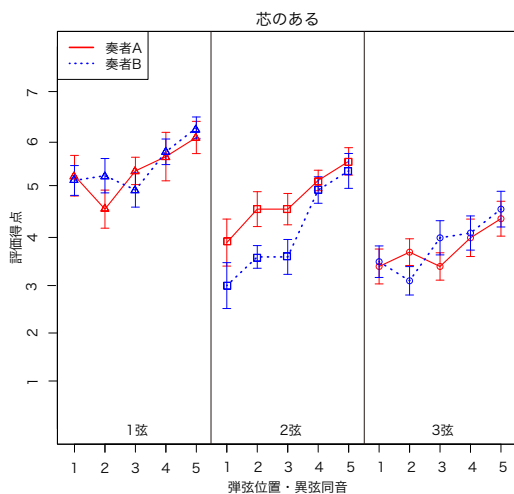


図5.13.1：「芯のある」の評価得点の平均値および95%信頼区間

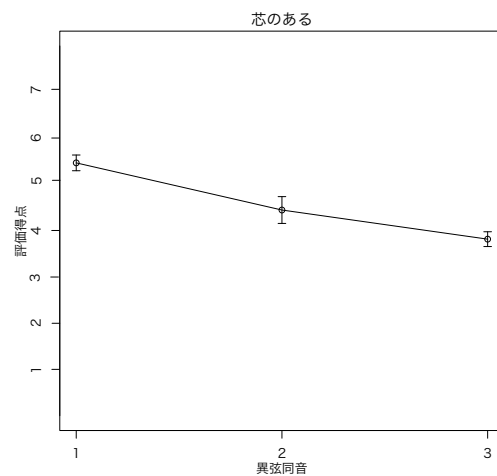


図5.13.2：「芯のある」の異弦同音の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F      | p           |
|---|-------------|-----|------------|--------|-------------|
| subject   | 21.5466667  | 9   | 2.3940741  |        |             |
| A：奏者  | 1.9200000   | 1   | 1.9200000  | 1.931  | 0.1980      |
| error [AS]  | 8.9466667   | 9   | 0.9949741  |        |             |
| B：異弦同音  | 138.6600000 | 2   | 69.3300000 | 21.342 | 0.0000 **** |
| error [BS]  | 58.4733333  | 18  | 3.2485185  |        |             |
| C：弾弦位置  | 80.9133333  | 4   | 20.2283333 | 16.080 | 0.0000 **** |
| error [CS]  | 45.2866667  | 36  | 1.2579630  |        |             |
| AB  | 9.3800000   | 2   | 4.6900000  | 4.362  | 0.0285 *    |
| error [ABS]   | 19.3533333  | 18  | 1.0751852  |        |             |
| AC  | 1.9133333   | 4   | 0.4783333  | 0.742  | 0.5699      |
| error [ACS]   | 23.2200000  | 36  | 0.6450000  |        |             |
| BC  | 11.4066667  | 8   | 1.4258333  | 1.430  | 0.1989      |
| error [BCS]   | 71.7933333  | 72  | 0.9971296  |        |             |
| ABC   | 8.6866667   | 8   | 1.0858333  | 1.643  | 0.1278      |
| error [ABCS]  | 47.5800000  | 72  | 0.6608333  |        |             |
| Total   | 549.0800000 | 299 |            |        |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |        |             |

表5.13：「芯のある」の3要因の分析結果

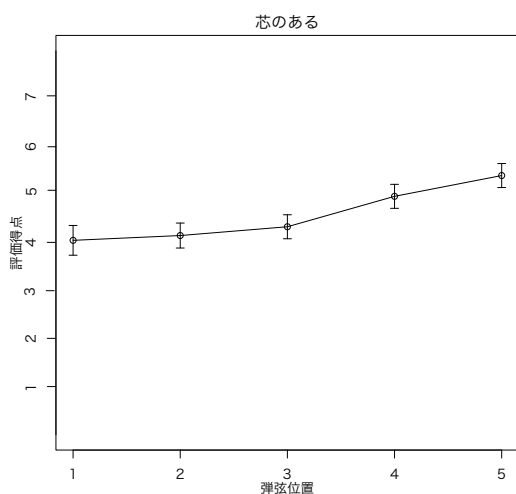


図5.13.3：「芯のある」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

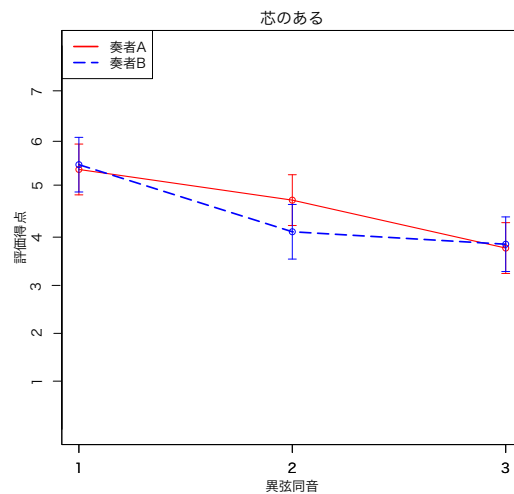


図5.13.4：「芯のある」の各異弦同音に対する奏者ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間



### 【きれい】

図5.14.1は、「きれい」に関する評価得点についての奏者の違いにおける平均点と95%信頼区間を示す。「きれい」についての分散分析の結果、弾弦位置の主効果 ( $F(2,18)=7.609$ ,  $p=0.0002$ )、異弦同音×弾弦位置の交互作用 ( $F(8,72)=3.098$ ,  $p=0.0046$ ) に有意差が見られた (表5.14)。

異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られたが、評価の傾向を見るために、まず、弾弦位置の主効果の分析をおこなう。図5.14.2は「きれい」という印象について弾弦位置1番(12フレット寄り)～5番(ブリッジ寄り)までの5ヶ所の弾弦位置における評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。1番の平均値は4.850点、2番は4.633点、3番は4.767点、4番は4.333点、5番は3.750点であった。弾弦位置が12フレット寄りに近い3ヶ所の弾弦位置では評価得点の差は少なく、全体的に見ると、弾弦位置が12フレット寄りである程「きれい」という印象の評価得点が高くなっている。また、多重比較により、弾弦位置5番に対するその他の4ヶ所の弾弦位置に有意差が見られた。

しかし、異弦同音×弾弦位置の交互作用には有意差が見られた。このことから、これらの要因が組み合わさることによって、互いに評価得点の差に影響を及ぼすことが分かる。図5.14.3は、各弾弦位置に対する弦ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間を示す。異弦同音×弾弦位置の交互作用における単純主効果の検定をおこなったところ、異弦同音に対して弾弦位置1番と5番に有意差が見られた。また、弾弦位置に対しては全ての弦で有意差が見られた。そして、有意差が見られる弦の組み合わせが弾弦位置により異なることが分かった。

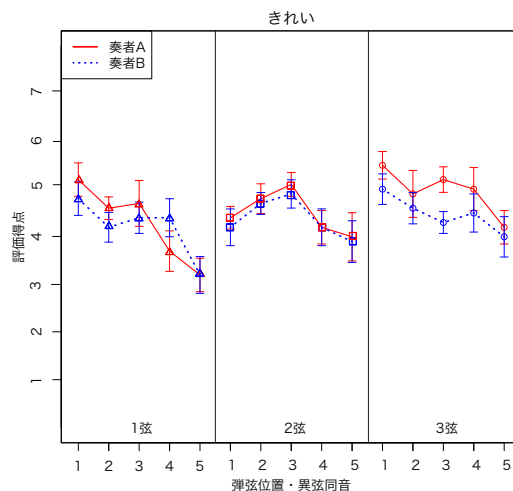


図5.14.1：「きれい」の評価得点の平均値および95%信頼区間

| source  | SS          | df  | MS         | F     | p           |
|---|-------------|-----|------------|-------|-------------|
| subject   | 71.0666667  | 9   | 7.8962963  |       |             |
| A：奏者  | 3.8533333   | 1   | 3.8533333  | 4.401 | 0.0653 +    |
| error [AS]  | 7.8800000   | 18  | 0.8755556  |       |             |
| B：異弦同音  | 11.6266667  | 2   | 5.8133333  | 1.890 | 0.1799      |
| error [BS]  | 55.3733333  | 18  | 3.0762963  |       |             |
| C：弾弦位置  | 47.7666667  | 4   | 11.9416667 | 7.609 | 0.0002 **** |
| error [CS]  | 56.5000000  | 36  | 1.5694444  |       |             |
| AB  | 2.4266667   | 2   | 1.2133333  | 1.396 | 0.2730      |
| error [ABS]   | 15.6400000  | 18  | 0.8688889  |       |             |
| AC  | 2.7133333   | 4   | 0.6783333  | 1.293 | 0.2911      |
| error [ACS]   | 18.8866667  | 36  | 0.5246296  |       |             |
| BC  | 16.4733333  | 8   | 2.0591667  | 3.098 | 0.0046 ***  |
| error [BCS]   | 47.8600000  | 72  | 0.6637222  |       |             |
| ABC   | 3.2066667   | 8   | 0.4008333  | 0.919 | 0.5058      |
| error [ABCS]  | 31.3933333  | 72  | 0.4360185  |       |             |
| Total   | 392.6666667 | 299 |            |       |             |
| + p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001 |             |     |            |       |             |

表5.14：「きれい」の3要因の分析結果

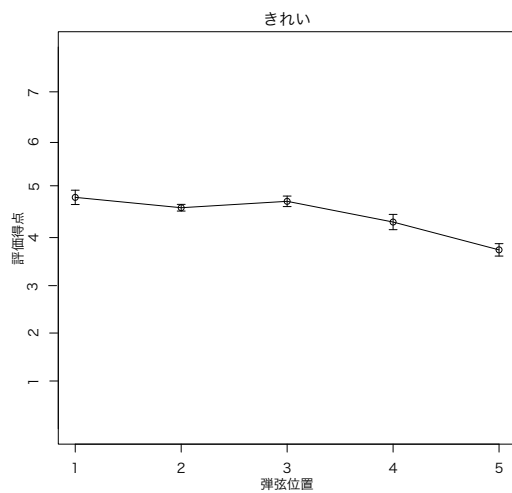


図5.14.2：「きれい」の弾弦位置の違いによる評価得点の平均値および95%信頼区間

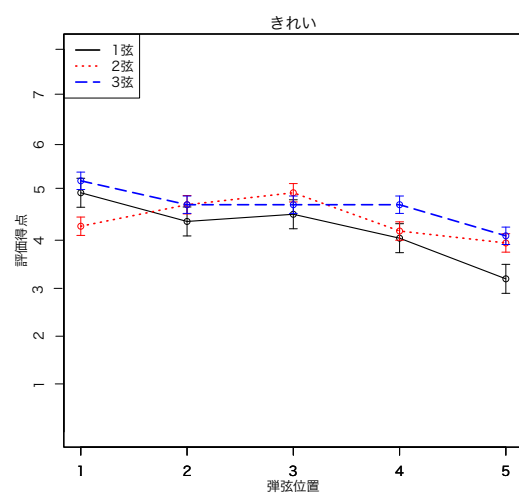


図5.14.3：「きれい」の各弾弦位置に対する弦ごとの評価得点の平均値および95%信頼区間

## 5.7 考察

### 5.7.1 考察1：弾弦位置・異弦同音と評価語の対応

調査Aと同様に、図5.1.3から、3弦の12フレット寄りの位置程「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」という印象が強まり、1弦のブリッジ寄り程「はっきりした」「芯のある」「豊かな」という印象が強まるということが見て取れる。反対に、1弦の12フレット寄り (△：1番) から3弦のブリッジ寄り (○：5番) までの異弦同音と弾弦位置の変化に対応している印象は「透明感のある」であったこれらの印象は、異弦同音と弾弦位置という2つの関係性が互いに影響していると考えられる。それに対して、「明るい」は異弦同音の違いに対応する印象であり、「重い」「太い」「きれい」は弾弦位置の違いに対応する印象であると考えられる。より具体的には、調査Aと同様に、「明るい」は、3弦、2弦、1弦の弦の違いの順に印象が強まる。「重い」「太い」は、弾弦位置がブリッジ寄りの位置程それらの印象が強まり、「きれい」は、12フレット寄りの位置程その印象が強まるということが見て取れる。

INDSCALの分析によって得られた共通布置と音響特徴量、音色印象との関係性について示した図5.1.3をもとに、音響特徴量と音色印象について考察を進めていく。図5.1.3より、「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はっきりした」「芯のある」「豊かな」「透明感のある」という印象は異弦同音弦と弾弦位置の変化に対応していることから、弾弦位置に対応する「500Hzで分割した時の低域対高域スペクトルエネルギー比」や異弦同音に対応する「第4～7倍音までの時間重心の平均値」の両方の音響特徴量と関係していると考えられる。つまり、これらの印象には、高域成分の多さと低域と高域を除いた倍音成分の響きの長さが関係しているだろう。より具体的には、高域成分が少なく中域の倍音成分の響きが短い程「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」という印象が強まり、反対に、高域成分が多く中域の倍音成分の響きが長い程「はっきりした」「芯のある」「豊かな」という印象が強まると考えられる。また、高域成分が少なく中域の倍音成分の響きが長い程「透明感のある」という印象が強まると考えられる。

そして、「重い」「太い」「きれい」は弾弦位置に関係していることから「500Hzで分割した時の低域対高域スペクトルエネルギー比」との対応があるだろう。12フレット寄りの位置を弾くことで、基音の影響が大きくなると「きれい」という印象が強まり、反対に、ブリッジ寄りの位置を弾くことで、基音に対する高域成分のエネルギーが大きくなると「重い」「太い」という印象が強まると考えられる。そして、「明るい」は異弦同音に関係していることから「第4～7倍音までの時間重心の平均値」と対応があるだろう。3弦、2弦、1弦の順に中域の倍音成分の響きの量が多くなると「明るい」という印象が強まると考えられる。

### 5.7.2 考察2：3要因の分散分析

次に、分散分析の結果について考察を進めていく。奏者の個人差の影響を受けず、INDSCALの分析により得られた15種類の音色の共通布置、音響特徴量と音色印象を示した図5.1.3上の評価語の布置と同様の傾向を表している評価語は、「潤った」「丸みのある」であった。「潤った」「丸みのある」という印象は、異弦同音と弾弦位置の両方に対応している。「潤った」「丸みのある」は、異弦同音と弾弦位置のどちらか一方を変化させることでも印象評価に差が生じるが、2つの条件が互いに関係し合うことによってその印象をより強めることができる印象であると考えられる。

また、「柔らかい」と「芯のある」という印象についても、図5.1.3上の評価語の布置と同様の傾向を表していた。つまり、「柔らかい」と「芯のある」という印象は、異弦同音と弾弦位置の両方の要因によって評価に差が生じる傾向にあった。しかし、「柔らかい」は奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差があり、「芯のある」は奏者×異弦同音の交互作用に有意差が見られたことから、これらの要因が組み合わさることで印象評価に差が生じると考えられる。具体的には、「柔らかい」という印象において奏者の個人差が影響を及ぼす弾弦位置と異弦同音の組み合わせは、1弦の弾弦位置2番、2弦の弾弦位置3番と5番であることが分かった。「芯のある」という印象においては、2弦には奏者の個人差により評価得点に有意な差が見られた。このことから、特に2弦は、奏者の個人差による影響を受けやすいと考えられる。

上記に述べた「潤った」「丸みのある」「柔らかい」「芯のある」以外の評価語である「温かい」「豊かな」「きれい」「太い」「重い」「はっきりした」「透明感のある」「明るい」については、分散分析をおこなうことで、よりそれらの印象の評価に影響を与えると考えられる要因を明らかにすることができた。まず、「温かい」という印象については異弦同音の主効果と異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られた。評価語を抽出するために、ギター奏者にアンケート調査をおこなった際には表4.3に示したように「指板に近い位置で撥弦することが多い」という回答が得られたことや、図5.1.3からも弾弦位置にも関係する印象として考えていたが、評価の差には異弦同音による影響もあると考えられる。また多重比較により、全ての弦の組み合わせで有意差が見られたことから、弦ごとに印象評価に差があることが分かった。このことから、「温かい」という印象は、異弦同音という要因が印象の評価により影響を与えていると考えられる。

「豊かな」という印象は、異弦同音の主効果、弾弦位置の主効果、奏者×弾弦位置の交互作用に有意差が見られた。異弦同音と弾弦位置との関係における全体の傾向としては、図5.1.3と同様に、異弦同音と弾弦位置の両方に対応するという傾向が得られた。しかし、奏者×弾弦位置の交互作用に有意差が見られた。交互作用に有意差が見られたということは、これらが組み合わさることで互いに影響を及ぼし合う関係にあるということである。ここでは、奏者の個人差によって評価得点に有意差が見られた弾弦位置は弾弦位置1番であった。弾弦位置1番は、奏者の違いによって「豊かな」という印象評価に差が生じる位置であると考えられる。また、多重比較により、奏者ご

とに有意差が見られる位置の組み合わせが異なっていた。このことから、弾弦位置における「豊かな」という印象の変化は、奏者の個人差により異なると考えられる。

「きれい」という印象は、評価の全体の傾向としては、弾弦位置の変化により、印象に差が生じる評価語であると考えられる。弾弦位置の要因の主効果における多重比較により、弾弦位置5番に対するその他の4ヶ所の弾弦位置に有意差が見られた。つまり、弾弦位置5番以外の位置の「きれい」という印象の評価に差はないため「きれい」について同様の印象を表すことができるだろう。それに対して、弾弦位置5番は他の位置と比較すると、最も「きれい」という印象が低いと考えられる。しかし、異弦同音×弾弦位置の交互作用にも有意差が見られた。特に、弾弦位置1番と5番において異弦同音の違いによる影響を受け、評価得点に差が生じることが分かった。これらのことから「きれい」という印象は、弾弦位置1番と5番のように弾弦位置がブリッジや12フレット寄りのような端の位置である場合に、弦の違いにより評価の差が生じやすく印象が弱まりやすいと考えられる。これは、弾弦位置が端であることによる弾弦しづらいことが影響していると考えられる。

「太い」と「重い」という印象については、図5.1.3より、弾弦位置と対応のある評価語として捉えていたが、分散分析では弾弦位置の主効果以外に異弦同音の主効果にも有意差が見られた。このことから、これら2つの印象評価の差には異弦同音による影響もあると考えられる。また、調査Aでは、異弦同音の主効果に有意差がなかったことから、これらの印象は奏者の違いという要因が加わることで、異弦同音にも評価の差が生じると考えられる。また、「重い」は奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用に有意差が見られた。具体的には、1弦の弾弦位置2番と4番と5番において奏者の影響が現れていた。ことから、異弦同音と弾弦位置という2つの条件下において、特に1弦については、奏者の個人差によって評価の差が生じやすい印象であると考えられる。

「はっきりした」と「明るい」という印象については、奏者の主効果にも有意差が見られた。つまり、奏者の個人差によりこれらの印象の評価には違いがあることが分かった。しかし、全体として、「はっきりした」は異弦同音と弾弦位置の両方に対応があり、「明るい」は異弦同音に対応があったことは、図5.1.3と同様の傾向が得られた。

「透明感のある」という印象については、奏者×弾弦位置の交互作用に有意差が見られた。弾弦位置については有意差が見られる奏者とそうでない奏者がいた。図5.1.3の評価語の布置からは、異弦同音と弾弦位置の両方に対応があるという結果が見て取れた。しかし、分散分析からは異弦同音の主効果には有意差が見られなかった。このことから、奏者の要因を含めて考えた場合には、異弦同音の評価には有意な差はなく、奏者によっては弾弦位置による印象評価の差もないと考えられる。つまり、図5.1.3から見て取れるように、傾向としては異弦同音と弾弦位置に対応がある印象であると考えられるが、奏者が異なる場合にはこれらの2つの条件下における印象評価には有意な差はないと考えられる。

この他に、分散分析の結果から奏者の要因によってこれらの印象の評価得点に有意差がある評価語をまとめると、奏者の主効果が有意であった「はっきりした」「明るい」、奏者×弾弦位置の交互作用が有意であった「透明感のある」「豊かな」、奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用が有意であった「柔らかい」「重い」であることが分かった。これら以外の評価語においては、奏者の要因には有意差が見られなかった。このことから、「はっきりした」「明るい」「透明感のある」「豊かな」「柔らかい」「重い」という印象は、奏者の個人差による影響が関連していると考えられる。また、奏者の主効果に有意差が見られた「はっきりした」「明るい」以外の弾弦位置と異弦同音における音色印象の評価の違いは、奏者の個人差による音色印象の評価の違いよりも大きいと考えられる。

## 5.8 結論

本章では、弾弦位置と異弦同音における音色印象と奏者の個人差による影響を調査した。調査の結果、以下の結論が得られた。

### [音色印象の非類似度]

奏者の個人差における弾弦位置と異弦同音の違いがもたらす音色印象の知覚傾向を明らかにすることができた。非類似度に関する音色の分布は、弾弦位置と異弦同音に対応する軸が存在するように、各弦ごとに弾弦位置の変化に伴い音色が配置されるという傾向にあることが明らかになった。

### [弾弦位置・異弦同音と音色特徴量の対応]

共通布置から得られた弾弦位置に対応する軸には「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」、異弦同音に対応する軸には「第4～7倍音までの時間重心の平均値」が対応していることが分かった。

### [弾弦位置・異弦同音と音色印象の対応]

弾弦位置と異弦同音における音色印象の対応関係について全体の傾向を見るために、共通布置により得られた弾弦位置と異弦同音に対応する2つの軸と各評価語の評価得点の相関係数を算出した。これにより、異弦同音と弾弦位置という2つの関係性には「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はっきりした」「芯のある」「豊かな」「透明感のある」という印象が対応していることが分かった。そして、異弦同音には「明るい」という印象、弾弦位置には「重い」「太い」「きれい」という印象が対応していることが分かった。また、分散分析により、「温かい」は異弦同音の要因によって更に印象評価の差が生じると考えられると分かった。

[奏者の個人差による影響]

奏者が異なることにより、「太い」「重い」という印象は、弾弦位置のみでなく、異弦同音についても評価の差が生じる印象であると考えられる。そして、「透明感のある」という印象は、奏者が異なる場合には、弾弦位置と異弦同音における印象評価には有意な差があるとは言えないと考えられる。また、奏者の主効果が有意であった「はっきりした」「明るい」、奏者×異弦同音の交互作用が有意であった「芯のある」、奏者×弾弦位置の交互作用が有意であった「透明感のある」「豊かな」、奏者×異弦同音×弾弦位置の交互作用が有意であった「柔らかい」「重い」という印象には奏者の要因によってこれらの印象の評価得点に影響を与えていることが分かった。また、奏者の要因の主効果に有意差が見られた「はっきりした」「明るい」という印象を除くその他の印象についての評価は、奏者の個人差による音色印象の評価の違いよりも、弾弦位置と異弦同音における音色印象の評価の違いの方が大きいと考えられることが明らかになった。

## 第6章

### 総括

クラシックギターは、1本の楽器で多彩な音色を奏でることができるという魅力を持つ。同じ音高であっても、奏法の違いによりあらゆる音色印象を表現することができる。そのため、奏法と音色印象との対応関係について理解を深めることは重要である。しかし、これには長年の演奏経験が必要である上、非常に感覚的に捉えられているものである。

クラシックギターという楽器における音色変化のための基礎的な奏法に、弾弦位置と異弦同音の性質がある。これらの奏法を用いることにより、同じ音高であっても音色印象を様々に表現することが可能である。筆者の先行研究[48][49]では、1本の楽器を1名の奏者が演奏するという条件で、弾弦位置と異弦同音における音色印象について調査した。これにより、2つの奏法と音色印象の対応関係の傾向が明らかになった。しかし、クラシックギターにおいて、楽器や奏者の違いは、音色に大きな影響を及ぼす要因となると考えられる。そこで、本研究では、楽器の個体差や奏者の個人差を考慮に入れ、弾弦位置と異弦同音という2つの奏法における音色印象と音響特徴量の対応について調査した。

### 6.1 結論

#### 6.1.1 実験Ⅰ・Ⅲより ～弾弦位置と異弦同音における音色の類似性～

実験Ⅰでは、楽器の個体差による影響を考慮に入れるため4本の楽器について、実験Ⅲでは、奏者の個人差による影響を考慮に入れるために3名の奏者について、弾弦位置と異弦同音における音色の類似性を判断する聴取実験をおこなった。INDSCALを用いた分析をおこなった結果、楽器や奏者の差によらず、弾弦位置と異弦同音それぞれについての音色の変化を捉えていることが分かった。つまり、弾弦位置については12フレット寄りからブリッジ寄りの位置までの範囲において弾弦位置の変化に伴い音色の違いを捉えているということである。そして、異弦同音については、弾く弦の違いを捉えているということである。その他に、ブリッジ寄りの位置での弾弦音に比べて、12フレット寄りの位置での弾弦音の方が音色変化が現れにくいことが分かった。また、楽器や奏者の差によらず、弾弦位置に対応する音響特徴量は「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」であり、異弦同音に対応する音響特徴量は「第4～7倍音までの時間重心の平均値」であることが明らかになった。

このような結果は、ギター奏者が演奏経験を通して感覚的に捉えている、弦の違いによってそれぞれ音色の特徴が存在するという認識や、12フレット寄りからブリッジ寄りの位置までの範囲で弾弦位置を変化させることで音色が変化するという認識とも一致していると言える。



### 6.1.2 実験Ⅱ・Ⅳより ～弾弦位置と異弦同音における音色印象～

実験Ⅱでは4本の楽器、実験Ⅳでは3名の奏者それぞれについて弾弦位置と異弦同音における音色印象を調査するために、12対の両極尺度による評価語を用いて評定尺度法による聴取実験をおこなった。調査の結果、2つの条件下における音色印象としては、楽器や奏者の差によらず、全体としては以下のような傾向を持つことが明らかになった(表6.1)。

| 奏法            | 印象     | 奏法と印象の対応   |
|---------------|--------|--|
| 異弦同音・弾弦位置 (1) | 丸みのある  | 3弦の12フレット寄りから1弦のブリッジ寄り   |
|               | 柔らかい   | までの異弦同音と弾弦位置の変化に対応。  |
|               | 温かい    | 3弦の12フレット寄りの位置程、印象が強まる。  |
|               | 潤った    |  |
|               | はっきりした | 1弦のブリッジ寄りの位置程、印象が強まる。  |
|               | 芯のある   |  |
|               | 豊かな    |  |
| 異弦同音・弾弦位置 (2) | 透明感のある | 1弦の12フレット寄りから3弦のブリッジ寄り<br>までの異弦同音と弾弦位置の変化に対応。<br>1弦の12フレット寄りの位置程、印象が強まる。 |
| 異弦同音          | 明るい    | 異弦同音に対応。<br>3弦、2弦、1弦の順に印象が強まる。   |
| 弾弦位置          | きれい    | 弾弦位置に対応。<br>12フレット寄りの位置程、印象が強まる。   |
|               | 太い     | ブリッジ寄りの位置程、印象が強まる。   |
|               | 重い     |  |

表6.1：弾弦位置と異弦同音と音色印象の対応

### 6.1.3 楽器・奏者差が影響を与える音色印象

楽器・異弦同音・弾弦位置による3要因の分散分析の結果、「芯のある」「丸みのある」「潤った」「太い」という印象は、楽器の個体差が評価の一部に関連すると考えられる印象であることが分かった。特に、「芯のある」という印象は、弾弦位置と異弦同音における音色印象の評価の違いよりも、楽器の個体差による評価の違いの方が大きいと考えられることが明らかになった。つまり、これらの印象については、異なる楽器を使用することによって、印象を強めたり弱めたりすることができると考えられる。

また、奏者・異弦同音・弾弦位置による3要因の分散分析の結果、「太い」「重い」という印象は、奏者の違いにより弾弦位置のみでなく異弦同音にも評価の差が生じる印象であると考えられる。そして、「透明感のある」という印象は、奏者が異なることにより、弾弦位置や異弦同音における評価に有意な差があるとは言えなかった。つまり、「透明感のある」とは、評価語の定義（表4.3）からもきれいに響き、雑音のない音であることから、弾弦時に奏者が指先をコントロールすることができれば、弾弦位置や異弦同音に関係なく表現することができる印象であると考えられる。この他にも、「柔らかい」「はつきりした」「豊かな」「明るい」「重い」という印象は、奏者の違いによって印象評価に影響を与えることが分かった。特に、「はつきりした」と「明るい」という印象は、弾弦位置と異弦同音における音色印象の評価の違いよりも、奏者の個人差による評価の違いの方が大きいと考えられることが明らかになった。つまり、これらの印象には、奏者の違いが反映されると考えられる。

## 6.2 演奏・指導・音楽制作への応用と今後の展望

本研究で使用した4本の楽器には、それぞれ材質、表面板の厚さや力木の配置、生産国、使用目的がコンサート用・教育用といった違いがあったが、どの楽器を用いた場合にも共通して、弾弦位置と異弦同音という2つの奏法の組み合わせにより表現することのできる音色印象の傾向とそれらに対応する音響特徴量が明らかになった。また、3名の奏者には、手の大きさや指先の肉の厚さ、爪の長さや整え方に違いがあったが、弾弦位置と異弦同音という2つの奏法の組み合わせにより表現することのできる音色印象の傾向とそれらに対応する音響特徴量が明らかになった。つまり、本研究により、楽器や奏者が異なる場合にも共通して、表6.1のような音色印象の傾向が得られることが分かった。具体的には、異弦同音と弾弦位置の両方に対応する音色印象は、「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」「はつきりした」「芯のある」「豊かな」「透明感のある」であった。「丸みのある」「柔らかい」「温かい」「潤った」は、3弦の12フレット寄りの位置程、印象が強まる。「はつきりした」「芯のある」「豊かな」は、1弦のブリッジ寄りの位置程、印象が強まる。「透明感のある」は、1弦の12フレット寄りの位置程、印象が強まる。また、異弦同音に対応する音色印象は、「明るい」であった。「明るい」は、3弦、2弦、1弦の順に印象が強まる。そして、弾弦位

置に対応する音色印象は、「きれい」「太い」「重い」であった。「きれい」は、12フレット寄りの位置程、印象が強まる。「太い」「重い」は、ブリッジ寄りの位置程、印象が強まる。また、楽器や奏者の差によらず、弾弦位置に対応する音響特徴量は「500Hzで分割した時の低域対高域のスペクトルエネルギー比」であり、異弦同音に対応する音響特徴量は「第4～7倍音までの時間重心の平均値」であることが明らかになった。そして、本研究で用いた音色印象の中でも、6.1.3に記述したように、楽器や奏者の違いによる影響を受けやすい音色印象があることも分かった。

以上のことから、実際の演奏指導の場面において、指導者と学習者が用いる楽器に違いがあっても、学習者は指導者と同様の音色の印象表現を目指すことができると考えられる。また、奏者にとって、音色変化のための基礎となるこれらの2つの奏法により表現することができる印象傾向を把握しておくことは、数多くある奏法の選択肢の中から音楽表現に沿ったより適切な弾弦方法を検討する助けとなるだろう。そして、このような2つの奏法と印象の関係性を土台として、それに加えてより細かく弾弦時の指先の角度や弦にかける重さ、弾弦速度等の弾弦方法を工夫することで、さらに音色の表情豊かな魅力的な演奏をおこなうことができるようになるだろう。また、作曲者にとっても、音色印象を表現するための具体的な弾弦位置や弦の選択方法を楽譜に記すことができるようになるため、演奏者に対してイメージをよりの確に伝える助けとなると考えられる。

本研究では、音色変化のための基礎的な2つの奏法に着目し、音色印象や音響特徴量との対応について調査した。しかし、クラシックギターという楽器の最大の特徴である多彩な音色表現をおこなうためには、他にも多くの奏法が存在する。例えば、弦を弾く指先の角度や爪の掛け方といった繊細な弾弦方法によっても、更にクラシックギターから発せられる音色に彩りを与えることができるだろう。今後の課題として、クラシックギターの演奏におけるより繊細な弾弦方法をはじめとしたあらゆる奏法と音色印象の関係性について一つ一つ明らかにしていく必要があるだろう。このように、奏法と音色印象との関係性について理解を深めることで、演奏者にとっては演奏時の音色操作をおこないやすくなるだろう。また、奏法の変化に伴う音色印象だけでなく、音響的特徴量との関係性についても明らかにしていくことで、コンピュータを用いた音楽制作の場合にも、クラシックギターらしい繊細な音色のバリエーションを扱えるようになり、求める音楽イメージの表現の幅が広がっていくだろう。より繊細なあらゆる奏法について更に調査を進めることで、求める音色印象を奏でるためにはどのような弾弦条件が揃っている必要があるのかを解明していきたい。

こんなにも多彩な音色を扱うことができる楽器は他にないだろう。多彩な音色をうまく使いこなせないままにギターを弾く者もたくさんいる。そのような状況から、クラシックギターを用いた音楽表現において、音色変化を時と場合に応じた生きた表現として扱うための助けとなる研究をおこなっていきたいと考える。奏法がもたらす音色印象を解明することによりそれらを芸術的に組み合わせることができれば、音楽に素晴らしい効果が生まれるだろう。

## 参考文献

- [1] 高橋功、もう一度読みたい ギターへの招待、音楽之友社、1999年4月。
- [2] フィリップ・ウィルキンソン『50の名器とアイテムで知る 図説 楽器の歴史』大江聡子訳、株式会社 原書房、2015年。
- [3] 西野博編『ソル32のエチュード』全音楽譜出版社、1971年。
- [4] N. H. Fletcher, T. D. Rossing, “The Physics of Musical Instruments” Springer-Verlag New York, 1998.
- [5] C. Traube, “An Interdisciplinary Study of the Timbre of the Classical Guitar” Thesis for Doctor’s Degree of McGill University, 2004.
- [6] C.Traube, J.O.Smith III, “Estimating the Fingering and the Plucking Point on a Guitar String from a Recording” IEEE, Application of Signal Processing to Audio and Acoustic, pp.7-10, 2001.
- [7] 夏目紘寿、大村英史、武田正之「ギターにおける音色の特徴量を用いた演奏弦の識別」情報処理学会研究報告、2016-MUS-110(3)、1～6頁、2016年。
- [8] T.D. Rossing, “The Science of Sound” Addison - Wesley, Reading, Massachusetts, 1982.
- [9] I. Sloane, “Classical Guitar Construction” Clarke, Irwin & Company Limited, 1966.
- [10] 尾崎雄人、菅野由弘「一般化調和解析を用いたギターの音色解析」早稲田大学、学士論文、2011年。
- [11] 徳弘一路、佐川有志、渡邊浩嵩、梅田勲「新規構造クラシックギターの特性計測実験と評価」一般社団法人 日本人間工学会、2012年。
- [12] S. ITAKO, K. ITAKO, ”Study on Tone Quality of Guitar with Different Sound Hole Using Frequency Spectral Analysis” Journal of Advanced Science vol.25, No.1 & 2, 2013.
- [13] 塩幡宏規、鈴木真理「ギター表面板モデルの振動特性の解明」一般社団法人 日本機械学会、茨城講演会講演論文集、2003年。
- [14] 岡村宏、長谷川浩志、永海雄太「クラシックギターのエイジングの研究ーフィジビリティテスト結果の報告ー」一般社団法人 日本機械学会、Dynamics and Design Conference 2014、USB論文集、2014年。

- [15] W. Fohl, I. Turkalj, A. Meisel, “A Feature Relevance Study for Guitar Tone Classification” International Society for Music Information Retrieval, 2012.
- [16] G. W. Caldersmith, E.V. Jansson, “Frequency Response and Played Tones of Guitars” Quarterly Report, Department of Speech Technology and Music Acoustics, Royal institute of Technology, Stockholm, pp.50-6, 1980.
- [17] J. Mayer, “Quality Aspects of the Guitar Tone” In “Function, Construction, and Quality of the Guitar” E.V.Jansson,ed., pp.51-75, Stockholm: Royal Swedish Academy of Music, 1983.
- [18] 岩永尚文、大久保信行、戸井武司「過渡音に着目したアコースティックギターの振動音響解析」一般社団法人 日本機械学会、講演論文集、2015年。
- [19] E. Segerman, “A Primer on the History and Technology of Strings” NRI Manchester, 2005.
- [20] 『月刊 現代ギター』現代ギター社、10頁、1986年9月号。
- [21] A. J. M. Houstma, “Fret Positions and String Parameters for Fretted String Instruments” J. Acoust, Doc. Am. 58, S131, 1975.
- [22] 『楽器ビジュアル図鑑 (1) 弦楽器・鍵盤楽器』こどもくらぶ、2018年。
- [23] 濱田滋郎、村治佳織『CDでわかるギターの名器と名曲』ナツメ社、2011年。
- [24] J. Taylor, “Tone Production on the Classical Guitar” Musical New Services, Ltd., 1978.
- [25] 渡辺久晃、徳弘一路「ギターのアポヤンド奏法とアルアイレ奏法」神奈川工科大学研究報告 B-20、1996年。
- [26] 岡村宏、長谷川浩志「クラシックギター本体構造の音響伝達特性について」一般社団法人 日本機械学会、Dynamics and Design Conference 2015、USB論文集、2015年。
- [27] 小倉俊『演奏と記譜法 ギター事典2』音楽之友社、1974年。
- [28] N. H. Fletcher, “Physics and Music” Heinemann Educational Australia, Richmond, 1976.
- [29] 溝淵浩五郎編『合理的・総合的・漸進的な タルレガ・ギター教則本』全音楽譜出版社、1998年。

- [30] J. Schneider, “The Contemporary Guitar” California: University of California Press, 1985.
- [31] 渡辺真郷、若槻尚斗、水谷孝一、海老原格「ギターにおけるピックおよび指における撥弦の観察」日本音響学会音楽音響研究会資料、第33巻4号、2014年。
- [32] E.V. Jansson, ‘Acoustics for the Guitar Player’, in “Function, Construction, and Quality of the Guitar”, Royal Swedish Academy of Music, pp.7-26, 1983.
- [33] 谷田涼、内野敬太、松村雄一「ピックを用いたギターの弾弦によって励起される弦の過渡応答の発生機序」一般社団法人日本機械学会、Dynamics and Design Conference 2010、CD-ROM論文集、2010年。
- [34] C. E. Seashore, “Psychology of Music” New York: Dover, 1967.
- [35] 難波精一郎『一環境研究上極めて重要なテーマを科学的に解説した一音色の測定・評価法とその適用例』応用技術出版、1992年。
- [36] 難波精一郎、桑野園子『音の評価のための心理学的測定法』日本音響学会編、音響テクノロジーシリーズ4、コロナ社、1998年。
- [37] J. Carroll, J. D. Chang, “Analysis of Individual Differences in Multidimensional Scaling via an N-way Generalization of “Eckart-Young” Decomposition” Psychometrika, pp.283-319, 1970.
- [38] 佐藤和「多次元尺度構成法の経営学への適用可能性」慶応大学三田商学研究、第37巻2号、1994年。
- [39] R. Plomp, “Aspect of Tone Sensation” A Psychological Study, New York: Academic Press, 1976.
- [40] J. R. Miller, E. C. Carterette, “Perceptual Space for Musical Structures” Journal of the Acoustical Society of America 58, pp.711-720, 1975.
- [41] J. M. Grey, “Multidimensional perceptual scaling of musical timbres” J. Acoust. Soc. Am., 61, pp.1270-1277, 1977.
- [42] 岩宮眞一郎『音色の感性学—音色・音質の評価と創造—』コロナ社、2011年。
- [43] G. von. Bismark, “Timbre of Steady Sounds: A Factorial Investigation of its Verbal Attributes” Acustica, 30, pp.146-159, 1974a.
- [44] G. von. Bismark, “Sharpness as an Attribute of the Timbre of Steady Sounds” Acustica, 30, pp.159-172, 1974b.

- [45] K. Bradley, M. H. Cheng, V. L. Stonick, “Automated Analysis and Computationally Efficient Synthesis of Acoustic Guitar Strings and Body” in Proc. IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, 1995.
- [46] I. Barbancho, L. J. Taron, A. M. Barbancho, S. Sammartino, “Pitch and Played String Estimation in Classic and Acoustic Guitars” Audio Engineering Society, Convention Paper 7701 Presented at the 126th Convention, 2009.
- [47] J. Gualla, “Modeling the Wave Motion of a Guitar String” Revised Version of the Extended Essay submitted for the IB Diploma Programme, 2011.
- [48] 志野文音、丸井淳史、亀川徹「クラシックギターにおける異弦同音と弾弦位置の違いによる音色変化」日本音響学会音楽音響研究会資料、第33巻8号、7～12頁、2015年。
- [49] 志野文音、丸井淳史、亀川徹「クラシックギターにおける異弦同音と弾弦位置の違いによる音色の印象変化」日本音響学会音楽音響研究会資料、第35巻1号、7～12頁、2016年。
- [50] 大蔵康義『人は音・音楽をどのように聴いているのか—統計による実証と楽曲リスト』「出力エンベロープの受容感覚」国書刊行会、2010年。
- [51] 林洋次「ギターの摩擦振動と音響振動」一般社団法人 日本機械学会、日本機械学会関東支部第7期総会講演会公演論文集、2001年。
- [52] Audio Research Labs, Subjective Training and Evaluation Program(STEP) User Manual, Version1.07: A Computer - controlled System for Audio Presentation and Subjective Evaluation, pp.25-26, 2008.
- [53] J. d. Leeuw, P. Mair, “Multidimensional Scaling Using Majorization: SMACOF in R” Journal of Statistical Software, American Statistical Association, 2009.
- [54] アベル・カルレバーロ『ギター演奏法の原理 新時代のための合理的なアプローチ』高田元太郎翻訳、現代ギター社、2001年。
- [55] 志野文音「クラシックギターにおける異弦同音と弾弦位置の違いによる音色変化」東京藝術大学大学院音楽研究科、修士論文、2015年。
- [56] 『現代ギター』現代ギター社、第48巻6号～第49巻6号、2014年6月～2015年6月。
- [57] 南風原朝和『心理統計学の基礎—統合的理解のために』有斐閣アルマ、2002年。

## 巻末資料① 一対比較による実験の教示

### クラシックギターの音色の類似性に関する評価実験

東京芸術大学大学院 志野文音

#### 本実験について

この度は実験にご参加頂き、誠に有り難うございます。本研究は、クラシックギターの音色について調査することを目的としており、同じ音高においての音色を聞いた場合の類似度を評価していただくものです。実験の手順は以下の通りです。

#### 実験方法

クラシックギターの弦を弾いた音をヘッドフォンを使用して聞いていただきます。実験では、1試行あたり2種類の音を比較して聞き、それらの音色の類似度について7段階評価をおこなっていただきます。

- (1) コンピュータ画面上に表示された「▶」のボタンを押すと音が再生されます。
- (2) 画面上の「A」「B」のボタンで2種類の音を切り替えることができます。
- (3) 再生した2種類の音がどのくらい似ているかを画面上の7つのボタンから1つ選んでお答えください。
- (4) 評価が終わったら、「NEXT」のボタンを押すと次の評価に移ります。

・この実験では、「A」「B」のボタンを何度も切り替えて音を確認していただいても構いません。但し、1つの音を再生してからその音が完全に停止するまでは次の音を再生しないでください。

・実験に先立ち、まず初めに本実験のテスト練習をおこないます。音量調整に関しては、その際に聞きやすいと判断する音量を自由に設定してください。その状態で実験を開始していきます。

#### 注意事項

実験開始後、気分がすぐれない場合や、その他の理由で、実験を中止することができます。その際は、遠慮なくご連絡ください。また、途中で休憩をとりたい場合には、いつでも手を挙げて実験の中断を申し出てください。

本実験では、実験結果が実験担当者以外に漏れないように取り扱いを慎重におこないます。またその他得られた情報についても、本研究のためだけに用います。



## 巻末資料② 音色印象を表す言葉の参考例

評定尺度法による実験に使用する評価語の選定と、評価語が表す音色印象の定義付けをおこなうために、5名のギター奏者にインタビューをおこなった。その際に、提示したギターの音色印象を表す言葉は以下の通りである。

これらの言葉は全部で80語あり、雑誌「月刊 現代ギター」の2014年6月号から2015年6月号までの1年分の内容から、音色印象を表す言葉を収集した。

| 雑誌内での言葉の使用回数 | 雑誌内で使用された音色印象を表す言葉   |
|--------------|--|
| 87回          | 美しい  |
| 13回          | 明るい  |
| 12回          | 柔らかい   |
| 11回          | きれいな   |
| 9回           | 甘い   |
| 6回           | 硬い・クリアな・繊細な・澄んだ  |
| 4回           | 暗い・太い・汚い・心地よい・明瞭な・芯のある   |
| 3回           | 透明感のある・温かい・軽い  |
| 2回           | はっきりとした・曇った・芯の通った・統一感のある・艶のある・豊かな・均質な・きらびやかな・内省的な・丸い・楽しい・軽い・力強い・鋭い   |
| 1回           | 丸みのある・奥行き感のある・一体感のある・深みのある・色気のある・ハリのある・華やかな・明快な・まるやかな・静かな・不明瞭な・印象的な・クールな・しなやかな・軽やかな・純粋な・上品な・芳醇な・艶やかな・伸びやかな・派手な・穏やかな・怪しげな・愛らしい・優しい・素晴らしい・暖かい・強い・弱い・分厚い・細い・粗い・深い・悪い・辛い・輝かしい・密度の濃い・凝縮された・開放感に満ちた・夢想的な・端正な・湿った・しっとりした・洗練された・乾いた・のびのびとした・哀愁を帯びた |

## クラシックギターの音色の印象に関する評価実験

東京芸術大学大学院 志野文音

### 本実験について

この度は実験にご参加頂き、誠に有り難うございます。本研究は、クラシックギターの音色について調査することを目的としており、同じ音高においての音色を聞いた場合の印象を評価していただくものです。実験の手順は以下の通りです。

### 実験方法

クラシックギターの弦を弾いた音をヘッドフォンを使用して聞いていただきます。実験では、1試行あたり1種類の音を聞き、それらの音色の印象について12個の評価語対を7段階で評価をおこなっていただきます。

- (1) 再生された音について、12個の各評価語対で音色の印象としてあてはまる箇所に丸印を付けて評価してください。
- (2) 12個の評価語対全ての評価を終えたら、手を挙げる等して知らせてください。次の試行に移ります。
- (3) 同様の手順で計15種類の音刺激について評価をおこなっていただきます。

・実験に先立ち、まず初めに本実験のテスト練習をおこないます。音量調整に関しては、その際に聞きやすいと判断する音量に設定していただき、その状態で実験を開始していきます。

### 注意事項

実験開始後、気分がすぐれない場合や、その他の理由で、実験を中止することができます。その際は、遠慮なくご連絡ください。また、途中で休憩をとりたい場合には、いつでも手を挙げて実験の中断を申し出てください。

本実験では、実験結果が実験担当者以外に漏れないように取り扱いを慎重におこないます。またその他得られた情報についても、本研究のためだけに用います。137