



# 声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係性

横山, 史織

---

(Citation)

課題研究優秀論文集, 2024:242-281

(Issue Date)

2025-01

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/0100492584>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100492584>



2024 年度 卒業研究最終論文

# 声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の 関係性

神戸大学附属中等教育学校 11 回生

6 年 2 組 36 番

横山 史織

(指導教員 竹村 実成)

2024 年度 卒業研究最終論文  
声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係性  
神戸大学附属中等教育学校 11 回生 6 年 2 組 36 番 横山 史織  
(指導教員 竹村 実成)

## 要旨

本研究は、声に含まれる倍音と聴衆が抱く印象の関係性を明らかにすることを目的に、聞き手が受ける印象に関するアンケート調査と発話音声によって倍音成分がどのように異なるかの実験を行った。

私はコーラス部に所属しており、コンクールで他校の演奏を聞く機会が多くあった。その際に、同じ課題曲を歌っているのに違う印象を受けることがあり、この原因は何なのか疑問に思い研究を始めるに至った。

はじめに、機械音声における倍音と印象の関係を調べた。3 種類の機械音声を用いて、それぞれの音声について 3 つの楽曲を作成し、聴衆がそれぞれの音声・楽曲の組み合わせを聴いた際にどのような印象を抱くかを感情評価尺度を用いたアンケートにより調査した。「聴衆が抱く印象は、曲よりも声質による影響が大きい」ことが明らかになった。さらに、3 種類の機械音声の持続音をそれぞれフーリエ解析した上で、聴衆が抱いた印象との関係を比較した。その結果、持続音に含まれる整数次倍音と「荘重」印象の相関、非整数次倍音と「親和」「軽さ」印象の相関、13～16kHz の非整数次倍音と「強さ」印象の相関を見いだした。

次に、人の声でも機械音声と同じように倍音が含まれているのかに着目し、研究の視点を機械音声から実際の人の声に移した。自ら所属するコーラス部員の声を録音し、そのデータをフーリエ解析した。その結果、機械音声と同じような幅の倍音が含まれていることと、合唱経験によって波形の特徴に違いがあることが確認された。

さらに、「人の声の倍音は、発話者の感情によって変わっているのではないか」という仮説のもと、コーラス部部員が喜怒哀楽の 3 つの感情で出した声を録音し、その音声をフーリエ解析した。その結果、感情ごとに違う倍音の特徴がみられることと、合唱経験によって波形の特徴に違いがあることが確認された。

これらのことから、声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象には関係があり、聞き手が声の音色を識別して感情を読み取っていることが示唆された。また、発声者の感情によって声に含まれる倍音の分布が変化したことから、発声者が感情によって声の音色を変化させていることが示唆された。

声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係性

## Consideration of Overtones Contained in the Voice and Listeners' Impressions

横山 史織  
Shiori Yokoyama

### Abstract

The author is a member of the chorus club where they are consistently encouraged to "Express their emotions." However, despite singing at the same pitch, it is difficult to know how to infuse varying expressions into one's voice. The primary aim of this study is to examine how a vocalist's emotions influence the timbre of their voice and how these changes in timbre affect the listener's perception. To address these inquiries, several experiments were conducted. Initially, three machine voices performed three different chorus songs. Subsequently, students from Kobe University Secondary School (KUSS) completed a questionnaire. This survey asked participants, "How do you feel when you listen to songs sung by machine voices?" The findings of these experiments indicate that alterations in the timbre of the voice correspond with changes in the listener's impression. Furthermore, members of the KUSS chorus club vocalized various emotions, including "pleasure," "anger," and "sorrow." Consequently, when expressing "sorrow," the waveform appears flat, whereas expressing "anger" results in a dent in the frequency range of 5000 Hz to 7000 Hz.

Keywords: Overtones, Impression, Voice, Emotion

## 目次

|       |                           |    |
|-------|---------------------------|----|
| 第 1 章 | 序論                        | 1  |
| 第 1 節 | 本研究の研究動機                  | 1  |
| 第 2 節 | 本研究の背景                    | 1  |
| 第 3 節 | 本研究の目的                    | 4  |
| 第 4 節 | 本論文の構成                    | 4  |
| 第 2 章 | 機械音声における倍音と聞き手が受ける印象の関係性  | 6  |
| 第 1 節 | 本調査の目的                    | 6  |
| 第 2 節 | 機械音声に含まれる倍音の調査方法          | 6  |
| 第 3 節 | 機械音声に含まれる倍音の調査結果          | 6  |
| 第 4 節 | アンケート方法                   | 7  |
| 第 5 節 | アンケート結果                   | 7  |
| 第 6 節 | 検定方法                      | 8  |
| 第 7 節 | 検定結果                      | 8  |
| 第 8 節 | 考察                        | 9  |
| 第 9 節 | まとめ                       | 9  |
| 第 3 章 | 人の声と機械音声とに含まれる倍音の分布       | 10 |
| 第 1 節 | 本調査の目的                    | 10 |
| 第 2 節 | 調査方法                      | 10 |
| 第 3 節 | 調査結果                      | 10 |
| 第 4 節 | 考察                        | 10 |
| 第 4 章 | 発話者の感情と声に含まれる倍音の分布の関係性    | 11 |
| 第 1 節 | 人の声の単音における感情ごとの声に含まれる倍音分析 | 11 |
| 第 2 節 | AI 音声における感情ごとの倍音の分析       | 17 |
| 第 5 章 | 結論                        | 23 |
| 第 1 節 | まとめ                       | 23 |
| 第 2 節 | 今後の展望                     | 23 |
| 謝辞    |                           | 24 |
| 付録 A  | アンケート調査における生徒への質問内容       | 25 |
| 付録 B  | 実験への同意書                   | 28 |
| 付録 C  | 倫理審査書通過の旨①                | 29 |
| 付録 D  | 倫理審査書通過の旨②                | 30 |
| 付録 E  | カイ二乗検定に用いたデータ             | 31 |
| 付録 F  | コエステーションの録音画面             | 35 |
| 文献リスト |                           | 36 |

## 第 1 章 序論

### 第 1 節 本研究の研究動機

私はコーラス部に所属していて、これまでコンクール等で他校の演奏を聞く機会が数多くあった。その際に、同じ課題曲を歌っているのにもかかわらず、学校によって異なる印象を感じることがあった。この経験を通して、声の音色が変わると聞き手の印象が変わるのではないかと考えた。また、合唱の練習をしている際に、先生から「声に感情をのせて歌って。」と指導をいただくことがあった。ここから、自らが行おうとしている行動は、感情によって声の音色を変化させることで聞き手が受ける印象を変える、ということなのではないかと考えた。

これらの経験から、発話者の感情が聞き手に伝わる過程には、「発話者が感情を込めて発声する→声の音色が変わる→聞き手が感情を読み取る」というような段階があるのではないかという仮説を立てた。この仮説を検証し、具体的に音色と感情の関係性を可視化することができるのととても面白いのではないかと思い、研究を始めるに至った。

### 第 2 節 本研究の背景

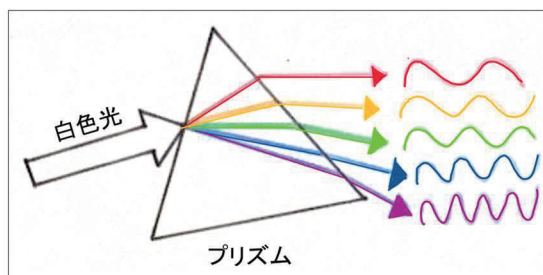
この節では、本研究の核となる用語や解析方法の説明とともに、先行研究の事例をあげながら、現時点での現状と本研究の意義について述べる。

#### 第 1 項 音と倍音

身の回りの様々な場面で日常耳にする音は、『ひとつの音として聞こえる場合でも、複数の音による複合音からなっている[1]』。そして、それらのさまざまな音がどのように含まれているかによって音色はつくられている。その音色を構成しているものが「倍音」である[1]。つまり、倍音が変わると音の音色が変わる。倍音は音の音色を決定しているものだといえる。

音と倍音の関係については、光をイメージするとわかりやすい。私たちが見ている白色光は、実は様々な色の単純な  $\sin$  波の重ね合わせで構成されている[2]。音も光と同じように、様々な周波数の単純な  $\sin$  波が重なることで構成されている（図 1）。そしてそれらの単純な波のことを倍音と呼ぶのである。

### ＜光の場合＞



### ＜音の場合＞

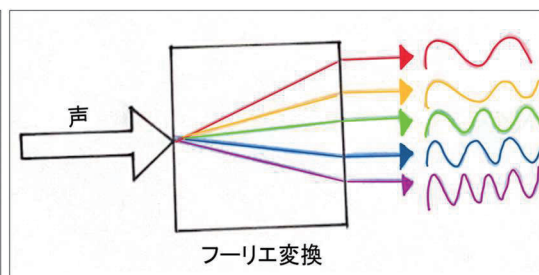


図1 光と音の仕組み（筆者作成）

以下に、倍音についての例を挙げる。図2は、機械音とギターの440 Hz、すなわちラの音の波形を示したものである。機械音が単純な波の繰り返しであるのに対し、ギターの波形はとても複雑な形をしている。これはギターに倍音が含まれている影響であり、これがギターの音色を作っている。

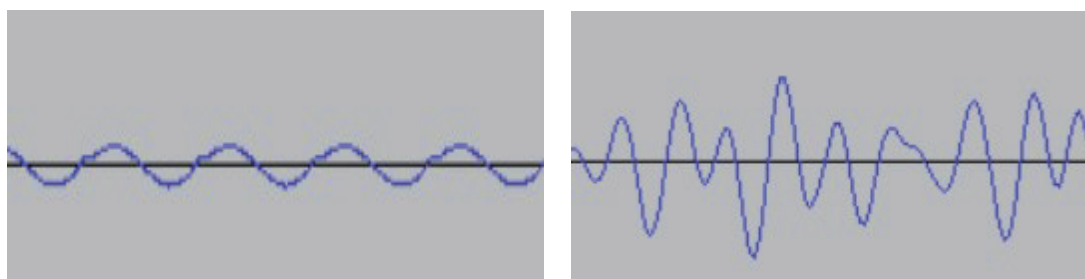


図2 機械音とギターのラの音の波形（左が機械音、右がギターの波形）

日常生活における声や音楽にも倍音は含まれており、倍音によって発話者の印象が形成されること [1]、ミュージックバンドにおいては特定の倍音を切ることによって聞き手の印象を操作できること [3] など経験的に利用している機会もある。実際、近年人工音声の開発が進んでおり、様々な場面で人に代わって人工音声が使用されている。だが、まだ人の声とは遠く、感情がないように感じることも多い。これからもこの人工音声は様々な場面で利用されることになると思われる。

## 第2項 FFT 解析

ここでは、本研究で音を分析する際に行った、高速フーリエ変換（FFT）についての説明を行う。

高速フーリエ変換（FFT）は離散フーリエ変換を高速に行う手法である。時間の世界と周波数の世界とを関連づけるものがフーリエ変換であり、周期関数に対する成分分析をすることがフーリエ変換の基本的な考えである[4]。つまり、フーリエ変換をすれば音に含まれている倍音が視覚的にわかるのである。第1項で述べた通り、私たちの周りにある音は、一見複雑な波形をしているが、単純な波の重なり合わせでできている。フーリエ変換を用

いれば、それぞれの単純な波の周波数と大きさを求めることができる。

例として図 3 に正弦波と矩形波を示した。図の上側が時間波形であり、横軸が時間、縦軸が振幅になっている。また図の下側が周波数領域のスペクトルであり、横軸が周波数、縦軸が周波数成分の大きさになっている。

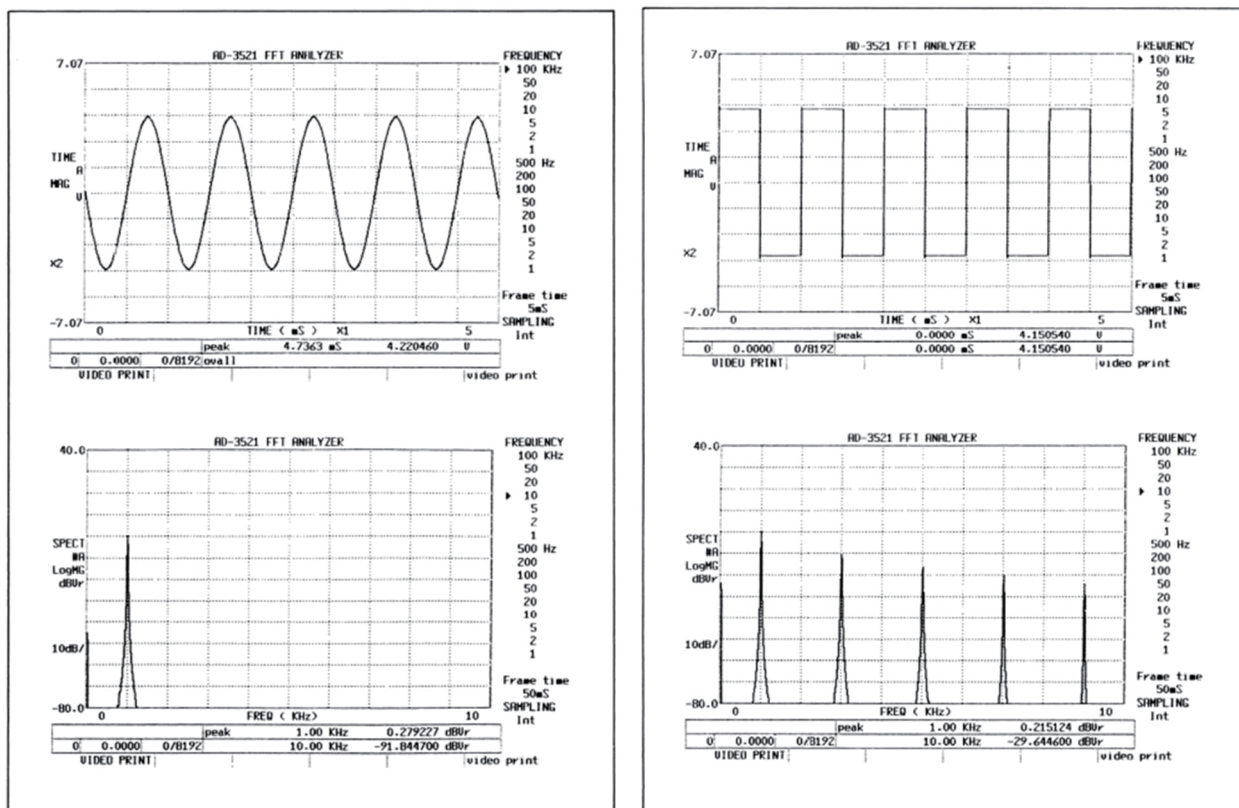


図 3 FFT 解析の例[4]

FFT 解析を用いると、感覚的である音色を物理的に可視化することが可能となる。この解析方法によって、音の三要素である音量、音高、音色はもちろん、言葉のイントネーションなどについても詳細に観察することが可能となる。

### 第 3 項 音と感情の関係性について

第 1 節の序論でも述べた通り、発話者の感情が聞き手に伝わる過程には、「発話者が感情を込めて発声する→声の音色が変わる→聞き手が感情を読み取る」というような段階があると考えられる。よって、発話者の感情と聞き手が受ける印象という観点からそれらの関係性を明かすためには、「音と聞き手が受ける印象」と「音と発話者の感情」の関係それぞれを明らかにし、それらを結び付けて考察を行う必要がある。

「音と聞き手が受ける印象の関係」については、日常生活の中でも、我々はコミュニケーションの中から相手の感情を汲み取ろうとしており、声の些細な変化をもとにして様々な事柄の推測を行っている。実際、「声質には、誰の声かという話者の個人情報とどのよう

な心的状態で話しているかという感情に関する情報がある」と言われており[5]、声質は発話者の感情と密接に関係があるとされている。しかしながら、「通常ピッチ曲線は連続的であり、それらの中から音楽的特徴に関わる中心のおよび優位的ピッチを抽出するということが困難である」といった理由で、その関係性を具体的に示した研究は数少ない[6]。

「音と発話者の感情の関係」については、発話者の感情と言葉のイントネーション、音量や音高といったことに対する研究が盛んに行われているのに対し、声質に着目した研究はまだ少ない。声質に着目し、その違いによってどのくらい感情を判別できるのかを検証した研究では、「単音節レベルの情報量では、活性次元しか判断できる自由度をもたず、快不快などの他の次元は判断できないと思われる。(中略) 短文では声質だけで 50 パーセントぐらいの確率で 4 感情が判断できることが示唆された。ただし、予測された的中率と強制選択による一致率の間に見られる差異は主にイントネーションやアクセントなど文それ自体がもつ感情価が原因であると考えられる。(中略) 声質から快不快の感情を判別するには少なくとも短文レベル以上の情報量がなければ判別できないことと結論づけられる」と述べられている[7]。

これらのことから、「音と聞き手が受ける印象の関係」や「音と発話者の感情の関係」それぞれについての研究はあるが、そもそも数が少なかったり、声質ではなく音高やイントネーションに着目したものが多かったりするということがわかった。また、数値として声質を可視化しその値と感情を結び付け、これらの関係を統合して感情伝達の過程とその音色の関係性を考察するということはまだまだ行われていない。

そこで本研究では、声質や音の音色を物理的に評価するために、数値として声質を可視化でき音声と感情を繋ぐことができる倍音に着目した。本研究が進み、聞き手に伝わる感情を構成している倍音が発見されると、機械音声や最新の音楽技術を使って倍音の調整を行うことで、相手に与える感情を操作することができると考えられる。また、声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係が明らかになると、人に感情を与えられる人工音声を作ることが可能になり、さらなる技術発展によって様々な場面での機械音声の活用、ひいては働き手不足の日本社会への貢献に繋がると考えられる。このように、発声者の感情と聞き手が受ける印象の関係性を明らかにすると、様々な分野での応用が可能となり、有意義で期待できる研究となる。

### 第 3 節 本研究の目的

本研究の目的は、機械音声や人の声を用いた実験を通して、声に含まれる倍音の分布と聞き手が受ける印象との関係性、また、発声者の感情と声に含まれる倍音との関係性を明らかにすることである。

### 第 4 節 本論文の構成

第 2 章では、機械音声を用いて声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係性について考察を行った。初めに機械音声を 3 つ用意し、各機械音声に含まれる倍音を FFT 解析によって調べた。その後それらの機械音声を使って音源を作成し、どのような印象を受けた

かについてアンケート調査した。これらの結果をもとに考察を行い、整数次倍音が多い場合と非整数次倍音が多い場合のそれぞれが異なる聞き手の印象と結びついていることが分かった。

第3章では、実際の人の声に含まれる倍音を調査した。本校コーラス部生徒に協力を依頼し、ド (262 Hz)、ミ (330 Hz)、ソ (392 Hz) の3音を「あ」で発声してもらった。その音源を第2章と同じようにFFT解析することで含まれる倍音を調べ、合唱経験年数が長くなるにつれて倍音の複雑さが増すことが示唆された。

第4章では、感情と声に含まれる倍音の関係性を調べた。初めに、AIを用いて作成した音声に喜怒哀楽の感情で「あいうえお」としゃべらせ、FFT解析を行い各母音に含まれる倍音を調べた。次に、本校コーラス部生徒に協力を依頼し、ド (262 Hz)、ミ (330 Hz)、ソ (392 Hz) の三音を「喜」「怒」「哀」の3つの感情で発声してもらった。その後それらの音源をFFT解析して含まれる倍音を調べ、発話者の持つ感情によって倍音の特徴が異なることが分かった。

以上の2-4章の内容のまとめとして、第5章で結論を述べた。

## 第2章 機械音声における倍音と聞き手が受ける印象の関係性

### 第1節 本調査の目的

この調査の目的は、機械音声における声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係性を明らかにすることである。初めに実験として3種類の機械音声に含まれる倍音を調査した。そして次に、アンケート調査に使う音源をこれらの機械音声を用いて作成した。その後、本校生徒52人にアンケートを行い、音源から受ける印象を調査した。これらの結果を結び付けて考察を行うことで、機械音声における含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係についての考察を行った。

### 第2節 機械音声に含まれる倍音の調査方法

初めに、機械音声A、B、Cを用意した。そしてそれらに262 Hzのドの音を「あー」と歌わせて、その声に含まれる倍音をフーリエ解析を行うことで調査した。

### 第3節 機械音声に含まれる倍音の調査結果

結果は図4の通りである。

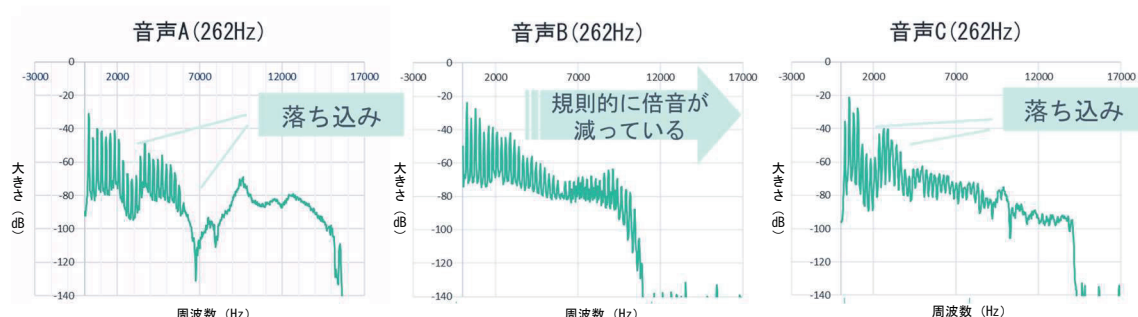


図4 各機械音声に含まれる倍音

音声Aは、6500 Hz から 16500 Hz あたりに非整数次倍音が出ている。6700 Hz あたりで落ち込みが見られる。2000 Hz から 3000 Hz にかけて倍音の量が減っている。16500 Hz より上の倍音は機械的に切られており含まれていない。整数次倍音は17個程度出ている。

音声Bは、含まれている倍音は周波数が高くなるにつれ規則的に少しずつ減っている。4800 Hz 以降は非整数次倍音になっている。10200 Hz 以降は機械的に切られている。整数次倍音がとても多く、18個程度ある。倍音が比較的規則的に並んでいることから、楽器の音に近いと言える。

音声Cは、1000 Hz から 1700 Hz にかけてと、4200 Hz あたりに少し落ち込みがみられる。2600 Hz あたりにかけて倍音の量は増えている。13650 Hz 以上は機械的に切られている。4300 Hz 以上は非整数次倍音になっている。整数次倍音は16個程度出ている。

## 第4節 アンケート方法

初めに上記の機械音声 A、B、C それぞれに、合唱曲 a、b、c のサビ部分を歌わせた。合唱曲 a は「しあわせ運べるように」、b「手紙～拝啓 十五の君へ～」は、c は「ふるさと」である。これらの曲は全てハ長調であり、曲調の影響を受けにくいのではないかと考えこれらの曲を選択した。この 9 個の音源を本校生徒 52 名に聞いてもらい、アンケートへの回答を求めた。アンケートは「音楽作品の感情価測定尺度の作成および多面的感情状態尺度との関連の検討[8]」をもとに作成しており、それぞれの印象の因子について 1（当てはまらない）から 5（当てはまる）までの五段階で評価してもらった。

## 第5節 アンケート結果

音声ごとの人数分布の結果を表 5-7 に、アンケートの評価得点を図 5 に示す。

| 音声 A          | 高揚(-) | 高揚(+) | 親和 | 強さ  | 軽さ  | 荘重  |
|---------------|-------|-------|----|-----|-----|-----|
| 1 (全くあてはまらない) | 156   | 16    | 83 | 83  | 16  | 144 |
| 2 (ややあてはまらない) | 86    | 25    | 90 | 109 | 35  | 86  |
| 3 (どちらでもない)   | 40    | 47    | 52 | 56  | 44  | 52  |
| 4 (ややあてはまる)   | 30    | 151   | 69 | 62  | 133 | 26  |
| 5 (あてはまる)     | 0     | 73    | 18 | 2   | 84  | 4   |

表 5 音声 A の人数分布

| 音声 B          | 高揚(-) | 高揚(+) | 親和  | 強さ  | 軽さ  | 荘重  |
|---------------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| 1 (全くあてはまらない) | 97    | 5     | 6   | 27  | 100 | 17  |
| 2 (ややあてはまらない) | 120   | 41    | 25  | 57  | 132 | 49  |
| 3 (どちらでもない)   | 50    | 81    | 45  | 65  | 50  | 59  |
| 4 (ややあてはまる)   | 42    | 156   | 103 | 128 | 26  | 121 |
| 5 (あてはまる)     | 3     | 29    | 81  | 35  | 4   | 66  |

表 6 音声 B の人数分布（親和については「優しい」の B-a が入っていないことに留意。）

| 音声 C          | 高揚(-) | 高揚(+) | 親和  | 強さ | 軽さ  | 荘重  |
|---------------|-------|-------|-----|----|-----|-----|
| 1 (全くあてはまらない) | 28    | 30    | 4   | 45 | 86  | 29  |
| 2 (ややあてはまらない) | 82    | 123   | 29  | 98 | 114 | 43  |
| 3 (どちらでもない)   | 64    | 86    | 52  | 85 | 58  | 60  |
| 4 (ややあてはまる)   | 122   | 70    | 146 | 76 | 47  | 120 |
| 5 (あてはまる)     | 16    | 3     | 81  | 8  | 6   | 59  |

表 7 音声 C の人数分布

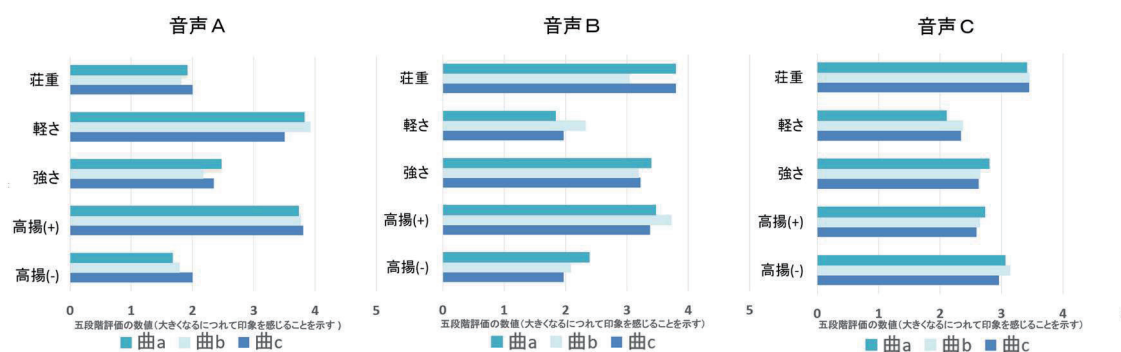


図5 アンケート結果

各印象の因子の中にある3つの横棒は、曲による違いを示している。同じ印象の因子で音声による違いと曲による違いを見比べたときに、音声が変わると聞き手が受ける印象が大きく変わっているのに対して、曲が変わっても受ける印象はあまり変わっていないことが読み取れる。これより、「聞き手が受ける印象は、曲よりも音声の影響を大きく受けているのではないか」という仮説を立てた。

## 第6節 検定方法

上記に示した仮説を検証するために、曲と印象、音声と印象のそれぞれにおいてカイ二乗検定を行った。カイ二乗検定とは、二つの分類基準間に関係があるかどうかを調べる検定であり[9]、今回の場合で言うと、曲と印象、音声と印象には独立性があるのか否かを調べた、ということである。表8にカイ二乗検定の結果を示す。

## 第7節 検定結果

| 因子    | P値                            | 因子    | P値             |
|-------|-------------------------------|-------|----------------|
| 高揚(一) | $2.17 \times 10^{-33} < 0.05$ | 高揚(一) | $0.810 > 0.05$ |
| 高揚(+) | $3.46 \times 10^{-39} < 0.05$ | 高揚(+) | $0.715 > 0.05$ |
| 親和    | $3.85 \times 10^{-2} < 0.05$  | 親和    | $0.067 > 0.05$ |
| 強さ    | $2.11 \times 10^{-20} < 0.05$ | 強さ    | $0.155 > 0.05$ |
| 軽さ    | $3.14 \times 10^{-6} < 0.05$  | 軽さ    | $0.019 < 0.05$ |
| 荘重    | $1.93 \times 10^{-49} < 0.05$ | 荘重    | $0.005 < 0.05$ |

表8 カイ二乗検定の結果

曲における各印象とのp値は軽さと荘重以外において0.05を上回っているのに対して、声における各印象とのp値は全てにおいて0.05を下回っている。

この結果より、やはり聞き手が受ける印象は曲よりも音声の影響を大きく受けているといえる。

## 第 8 節 考察

上記に述べた実験とアンケート調査より、各因子の印象を作っている倍音についての考察を行った。アンケート結果をまとめた図 5 を見てみると、以下の点が読み取れる。

- ・ 高揚(-)は音声 A と音声 B では値が低い、音声 C では低くない
- ・ 高揚(+)は音声 A と音声 B では高い、音声 C では低い
- ・ 強さは音声 B では低くない、音声 A と音声 C では低い
- ・ 軽さは音声 A では高い、音声 B と音声 C では低い
- ・ 荘重は音声 A では低い、音声 B と音声 C では低くない

これをもとに、2 つの似た印象を持つ音声には共通していて、残りの 1 つの音声には共通していない倍音の特徴を実験でのデータに戻って分析した。その結果、以下 5 点の考察が示唆された。

- ・ 整数次倍音が多く、倍音がより規則的に並んでいると“荘重”を感じやすい
- ・ 非整数次倍音が多く、倍音が規則的でないと“親和”を感じにくい
- ・ 非整数次倍音が多く、倍音が規則的でないと“軽さ”を感じやすい
- ・ 13650 Hz から 16500 Hz あたりの高い非整数次倍音が多く含まれていると、“強さ”を感じにくい

## 第 9 節 まとめ

倍音、すなわち音の音色と聞き手が受ける印象には、上記の考察で述べた関係があることが示唆された。

## 第3章 人の声と機械音声とに含まれる倍音の分布

### 第1節 本調査の目的

第2章では機械音声を用いて倍音と聞き手の印象との関係性を考察した。本章では、機械音声を人の声に置き換えた場合にどのような変化が波形に現れるのか、機械音声と同様の周波数の幅で倍音が含まれているのか、ということを明らかにするために、人が発する複数の声の倍音を調査した。この研究の目的は人の声の倍音を図に表し、その特徴を分析することである。

### 第2節 調査方法

私の所属するコーラス部員1、3、5年生に協力を依頼し、262 Hz のドの音で「あー」と発声してもらい音源を録った。その後、それらのデータをフーリエ解析して第2章と同様に図に示した。横軸が周波数 (Hz)、縦軸が音の大きさである音圧 (dB) を表している。

### 第3節 調査結果

人の声に含まれる倍音の結果を図6に示す。

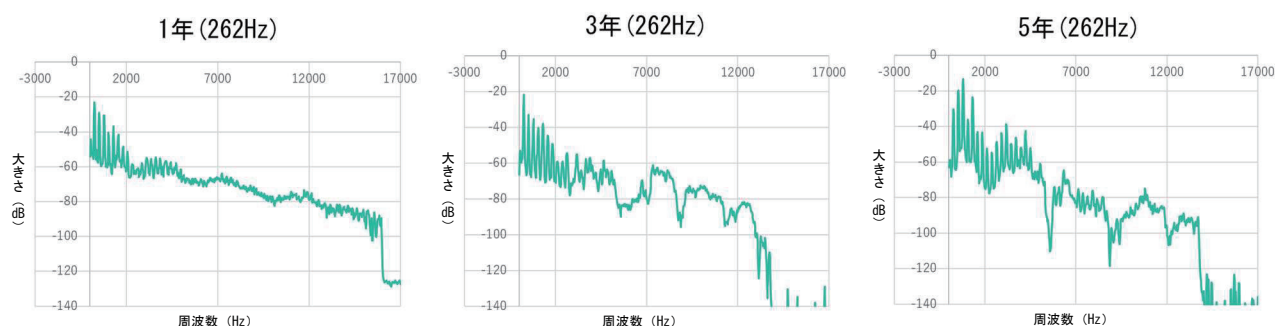


図6 人の声に含まれる倍音

グラフより、含まれている倍音の幅や特徴が機械音声と大幅にずれてはいないことが読み取れた。また、各音声を見比べてみた時に、学年が上がるにつれて含まれる倍音の凹凸が増し、グラフが複雑になっていた。

### 第4節 考察

合唱経験が増えれば増えるほど倍音の複雑さが増しているという事実はとても興味深い。また、合唱経験が少ない人ほど13000 Hz以上の倍音が多くなっている。これは、第2章の考察で述べた、「13650 Hz から16500 Hzあたりの高い非整数次倍音が多く含まれていると、“強さ”を感じにくい」という仮説と関わりがあることが示唆される。

## 第4章 発話者の感情と声に含まれる倍音の分布の関係性

### 第1節 人の声の単音における感情ごとの声に含まれる倍音分析

#### 第1項 本調査の目的

人の声をデータとしてみていく中で、声に含まれる倍音は発話者の感情によって変わるのではないか、という疑問を持った。そこで、それを調べるためにこの実験を行った。この研究の目的は、同じ単音の音であっても発話者の感情によって声に含まれる倍音が変化するのか、また変化するのならそれはどのような特徴を持つかを調べることである。

#### 第2項 調査方法

コーラス部員1、3、5年生に協力を依頼した。喜怒哀の3つの感情で、262Hzのドの音をそれぞれ「あー」と発声してもらって音源を録った。その後、それらのデータをフーリエ解析して先ほどと同じようにグラフに示した。横軸が周波数(Hz)、縦軸が音の大きさである音圧(dB)を表している。

#### 第3項 調査結果

結果は以下のグラフのようになった。5年生の発声者をA、B、C、D、3年生の発声者をE、F、G、1年生の発声者をH、I、Jとする。

<発声者 A>

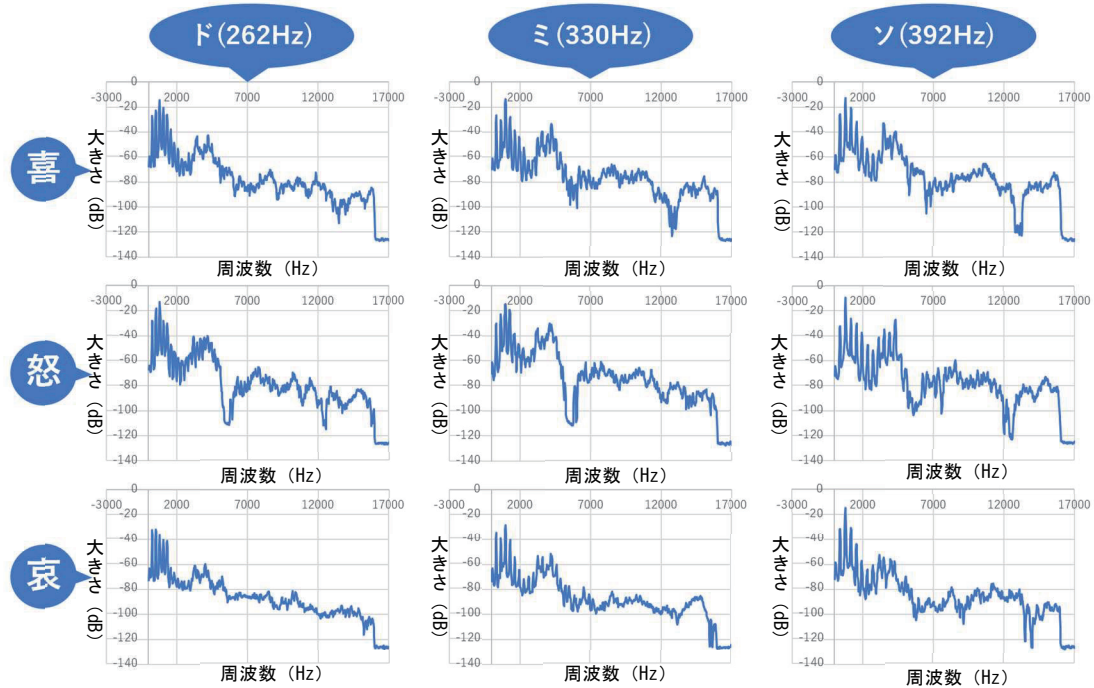


図7 発声者 A の各感情における声に含まれる倍音

<発声者 B>

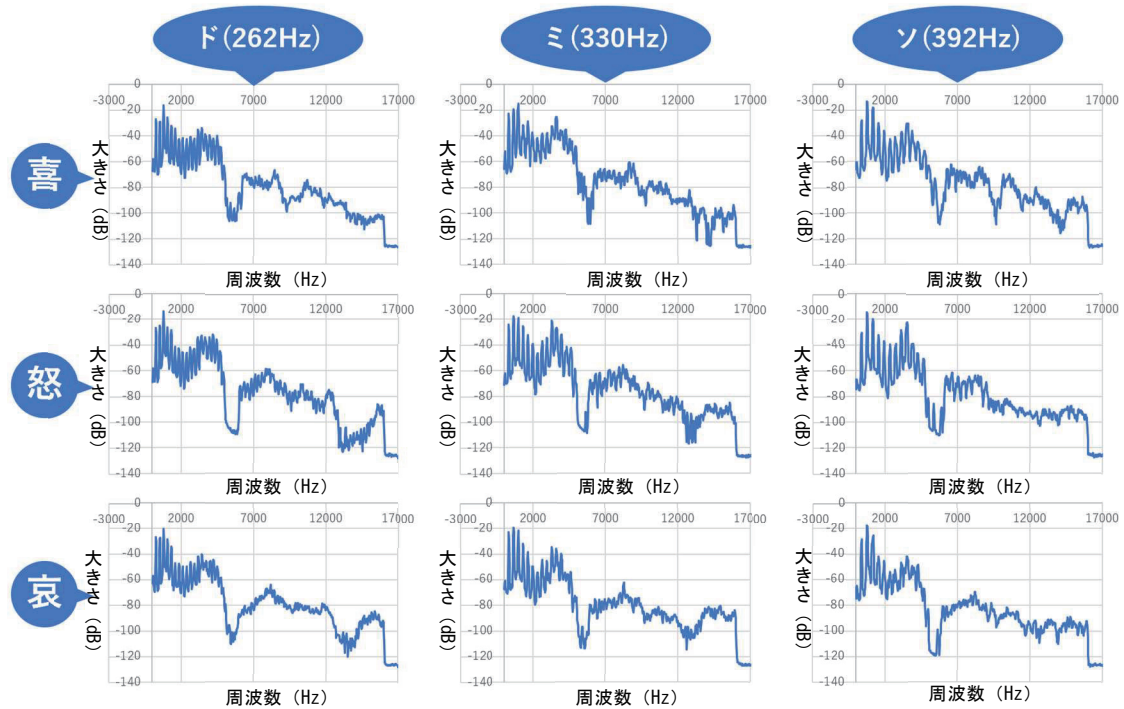


図8 発声者 B の各感情における声に含まれる倍音

<発声者 C>

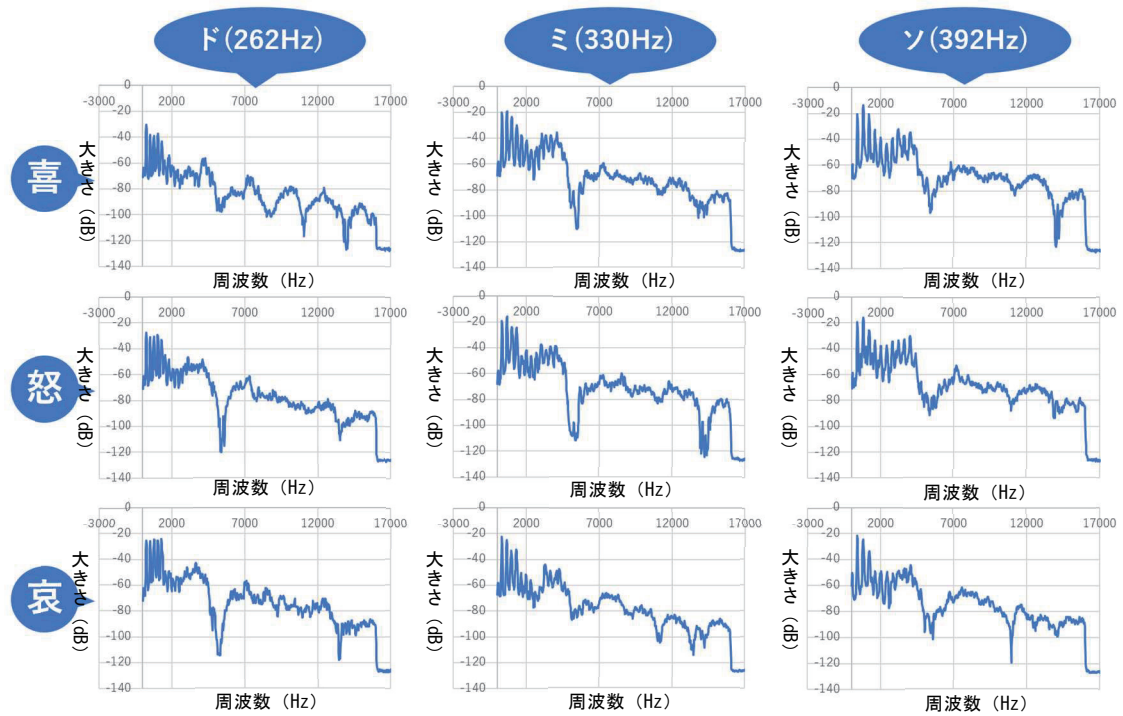


図9 発声者 C の各感情における声に含まれる倍音

<発声者 D>

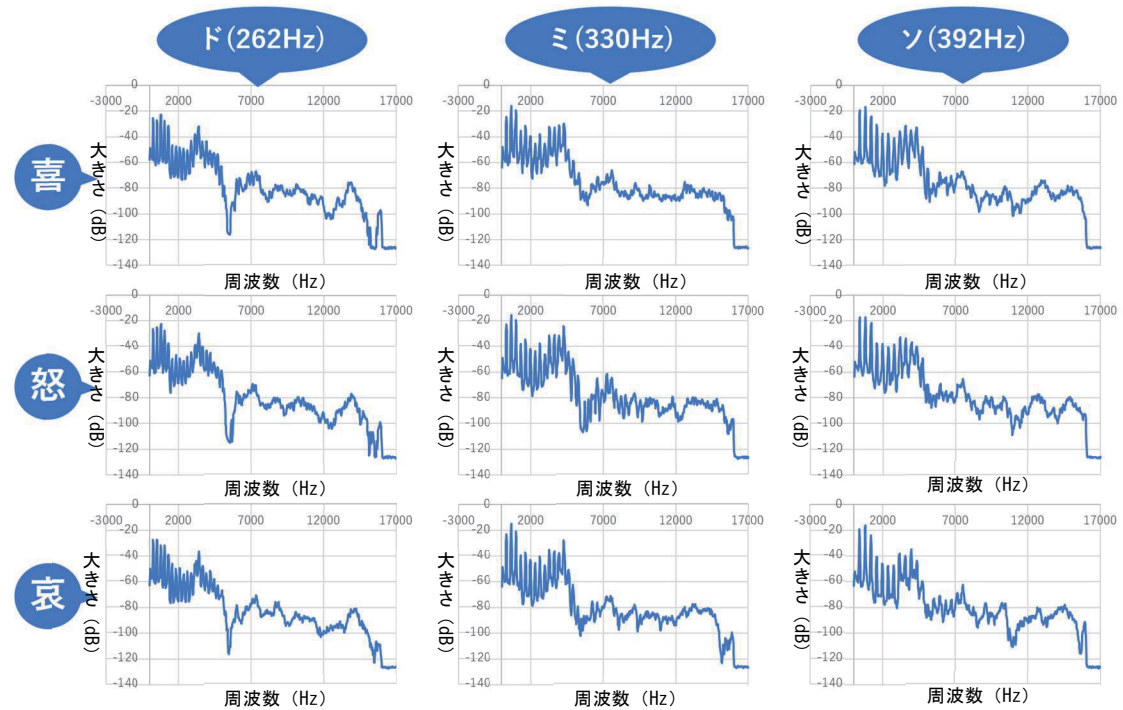


図10 発声者 D の各感情における声に含まれる倍音

<発声者 F>

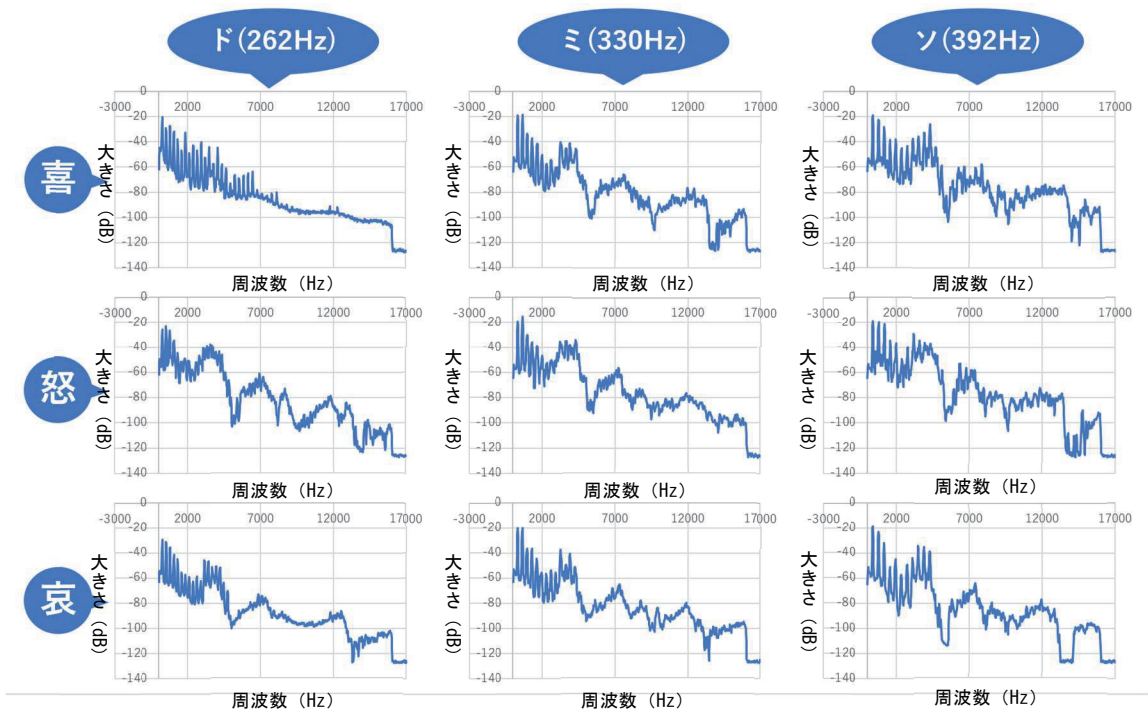


図 11 発声者 F の各感情における声に含まれる倍音

<発声者 G>

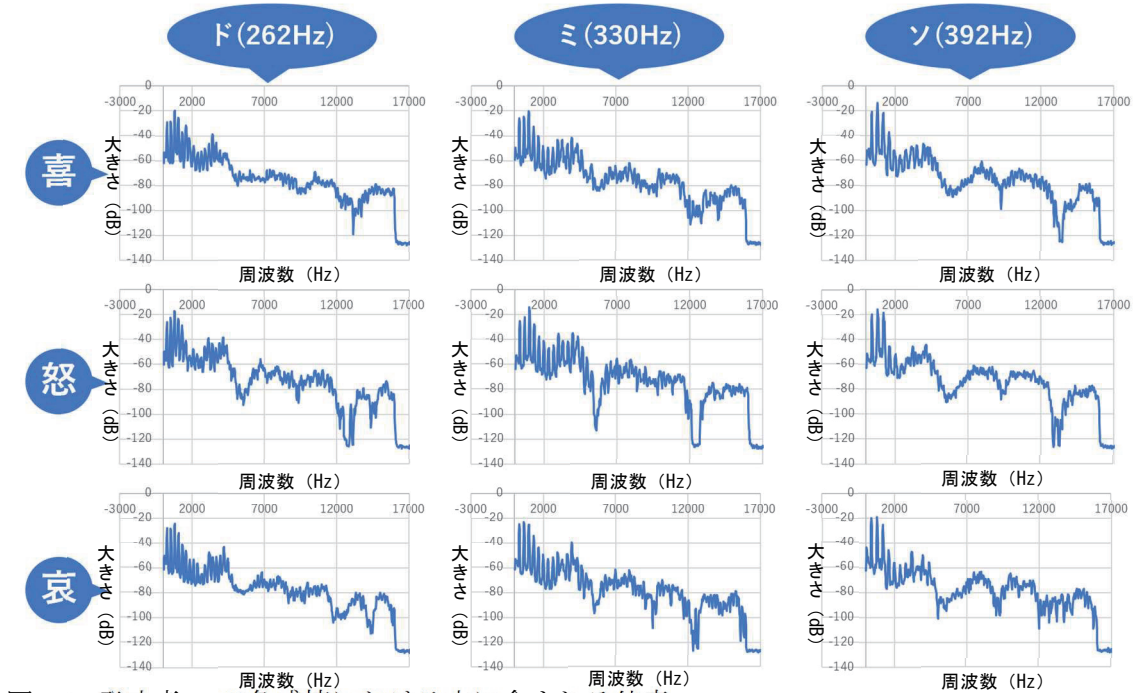


図 12 発声者 G の各感情における声に含まれる倍音

<発声者 H>

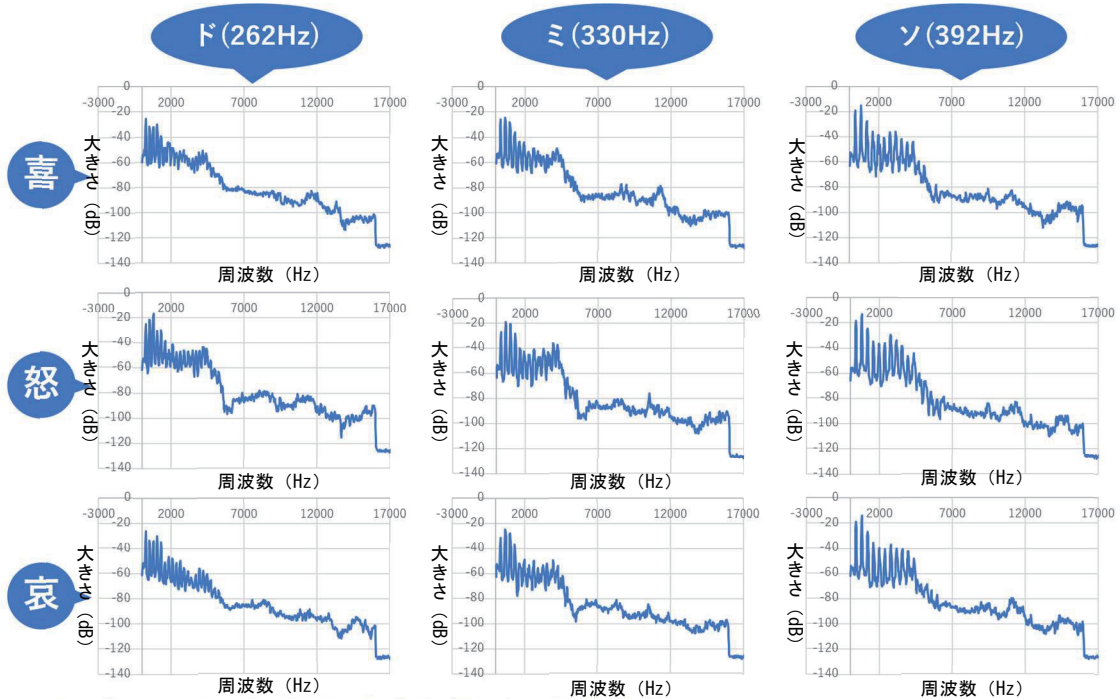


図 13 発声者 H の各感情における声に含まれる倍音

<発声者 I>

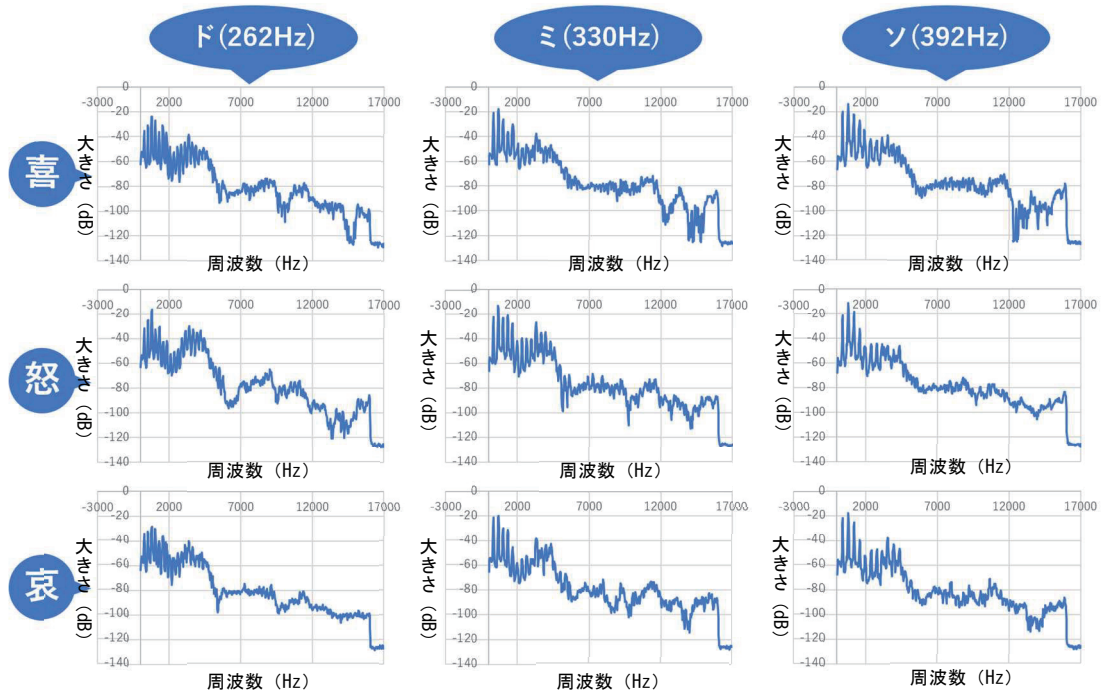


図 14 発声者 I の各感情における声に含まれる倍音

<発声者 J>

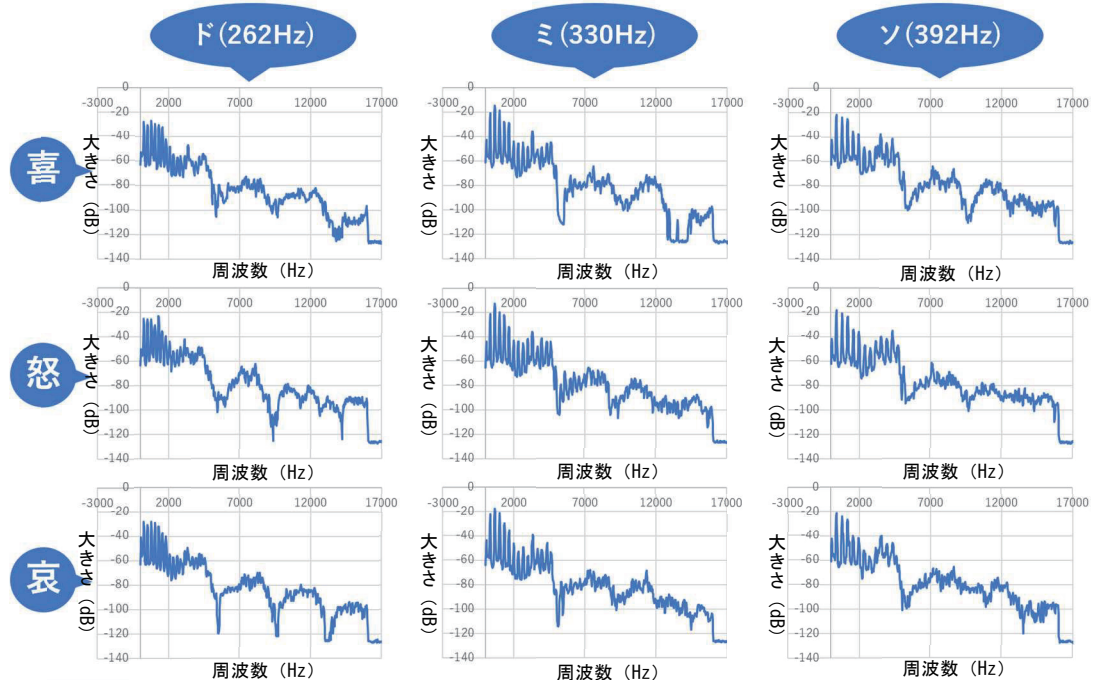


図 15 発声者 J の各感情における声に含まれる倍音

#### 第 4 項 考察

実験結果のグラフより、発話者の感情によって倍音の特徴に違いが見られていることが確認された。「怒」の時は 5000-6000Hz の倍音にへこみが見られる。また、「哀」の時は凹凸が少なく、なだらかなグラフになっていることが読み取れる。

さらに、学年を比べて特徴を確認すると、合唱経験が増えるにつれて感情によって倍音が大きく変化していることがわかる。

また、高い音になるほど感情ごとの違いが出にくくなっている。地声の音域から離れているのが原因だと考えられる。

結果より、声に含まれる倍音を使い分けることによって相手に与える感情を操作している可能性があるのではないかと考えられる。

#### 第 5 項 まとめ

人の声においては、発話者の感情が変わるとグラフの波形が大きく変わった。これらより、私たちは普段声に含まれる倍音を操作することで声の音色を変化させ、それにより相手に与える感情を操作していると考えられる。

## 第2節 AI 音声における感情ごとの倍音の分析

### 第1項 本調査の目的

本研究の目的は、第1節の研究を踏まえて、人の声ではなく人工音声において感情によってどのように倍音の分布が変わっているのかを調べることである。人の声と人工音声の比較も行う。

### 第2項 調査方法

コエステーションを用いて実験を行った。今回は音声を学習させる人を2名用意した。(以下、発話者 A、発話者 B とする。) アプリケーションより指示された単語を 100 文読み、AI に発話者の音声を学習させた。その後発話者 A、発話者 B それぞれの AI 音声に①なにも操作しない状態②「喜び」の感情を最大にした場合③「怒り」の感情を最大にした場合④「悲しみ」の感情を最大にした場合の 4 パターンで「あいうえお」と発話させた。その後それらの各音声を **audacity** というソフトで FFT 解析し、感情ごとの倍音の特徴を考えたうえで、先行研究等を参考にしながら音声のイントネーションや音高にも注目して考察を行った。音声入力画面は付録に記載している。

### 第3項 調査結果

<発話者 A>

#### ① 通常時

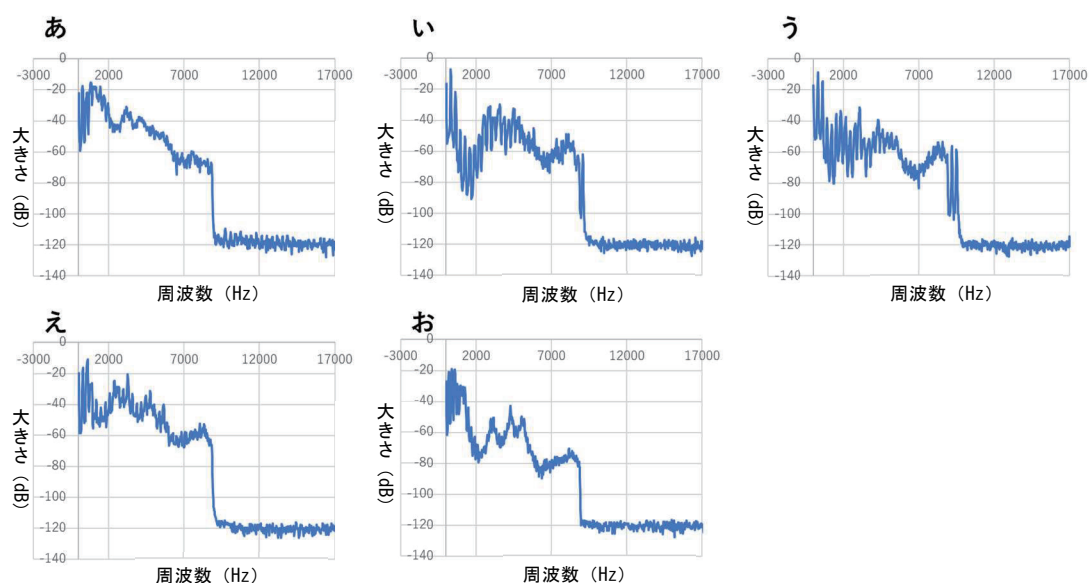


図 16 発話者 A の通常時の声に含まれる倍音

② 「喜び」を最大にした場合

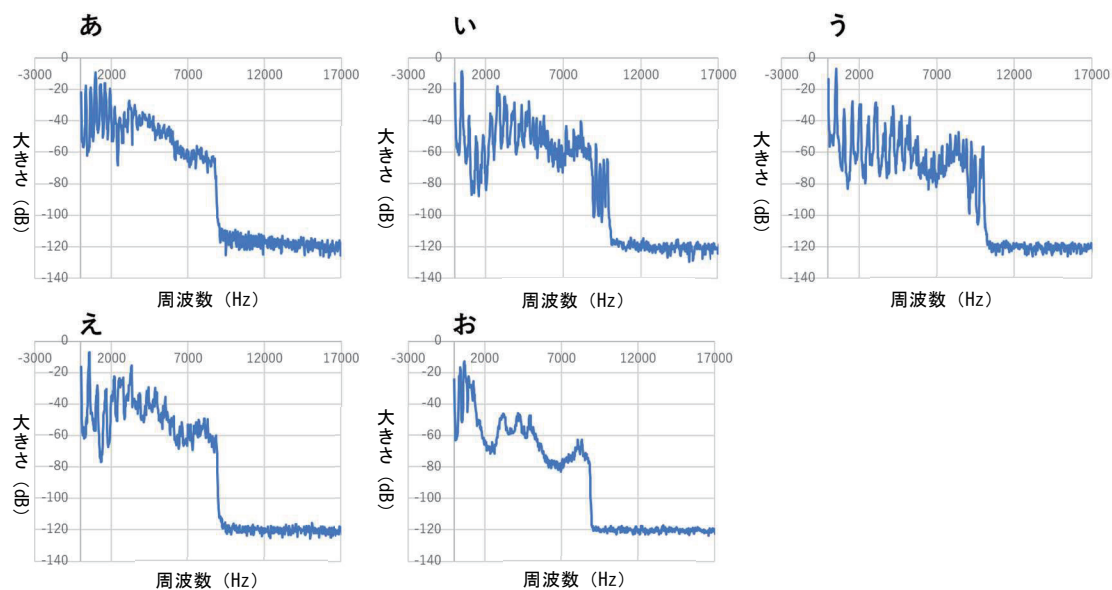


図 17 発話者 A の喜びを最大にした時の声に含まれる倍音

③ 「怒り」を最大にした場合

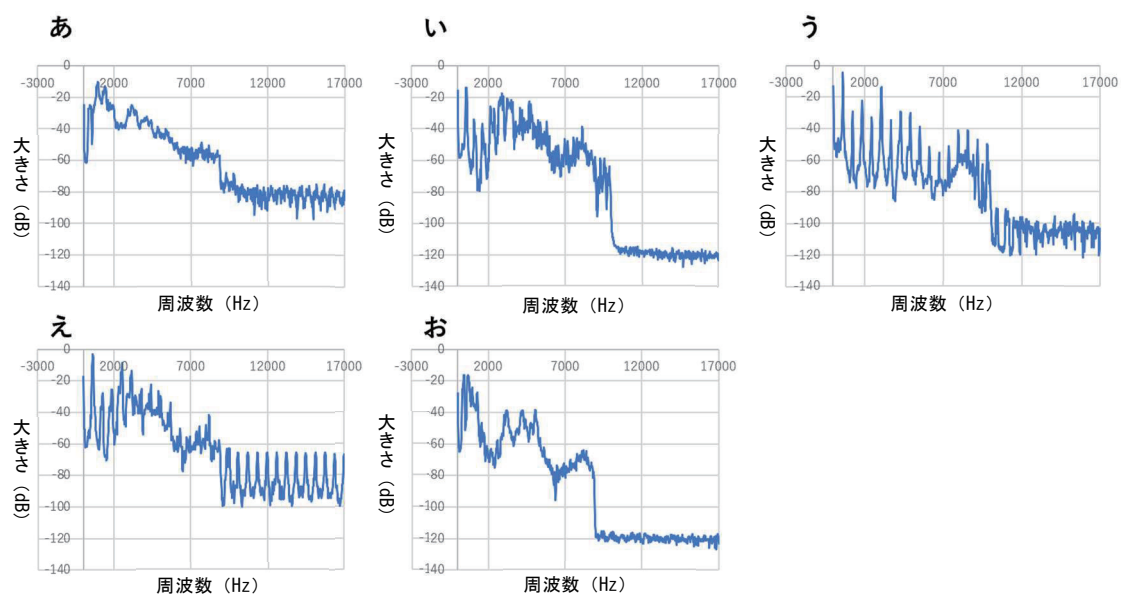


図 18 発話者 A の怒りを最大にした時の声に含まれる倍音

④ 「悲しみ」を最大にした場合

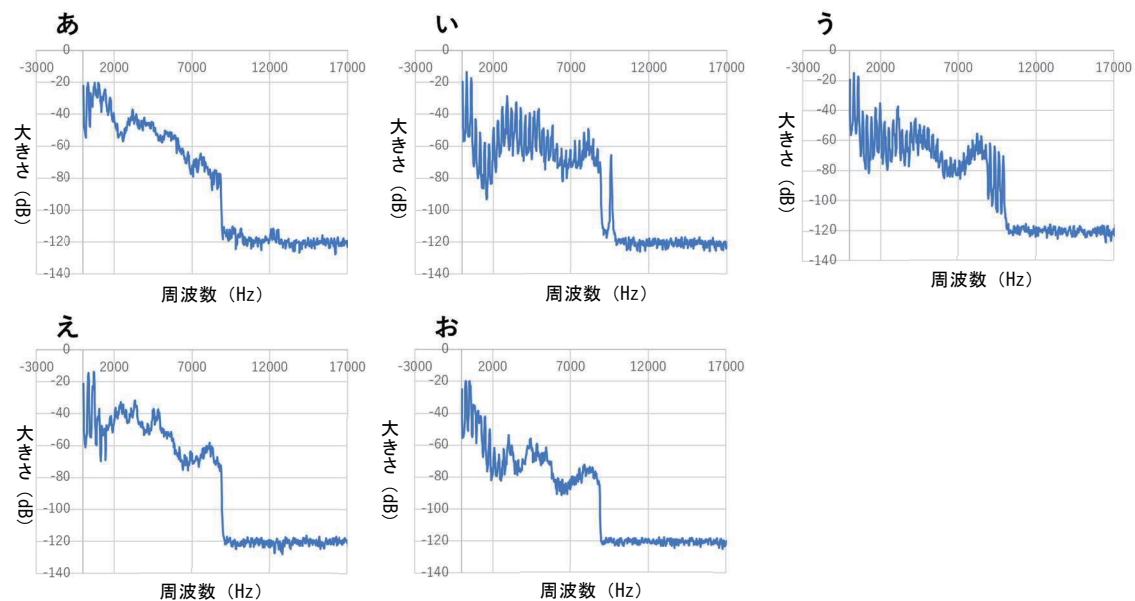


図 19 発話者 A の悲しみを最大にした時の声に含まれる倍音

<発話者 B>

⑤ 通常時

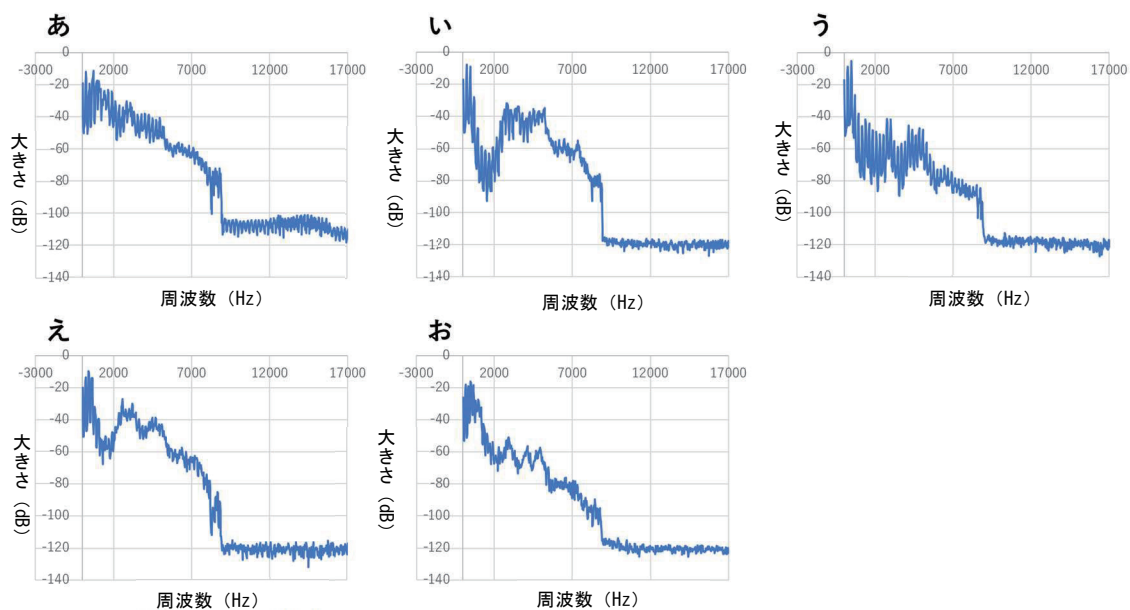


図 20 発話者 B の通常時の声に含まれる倍音

⑥ 「喜び」を最大にした場合

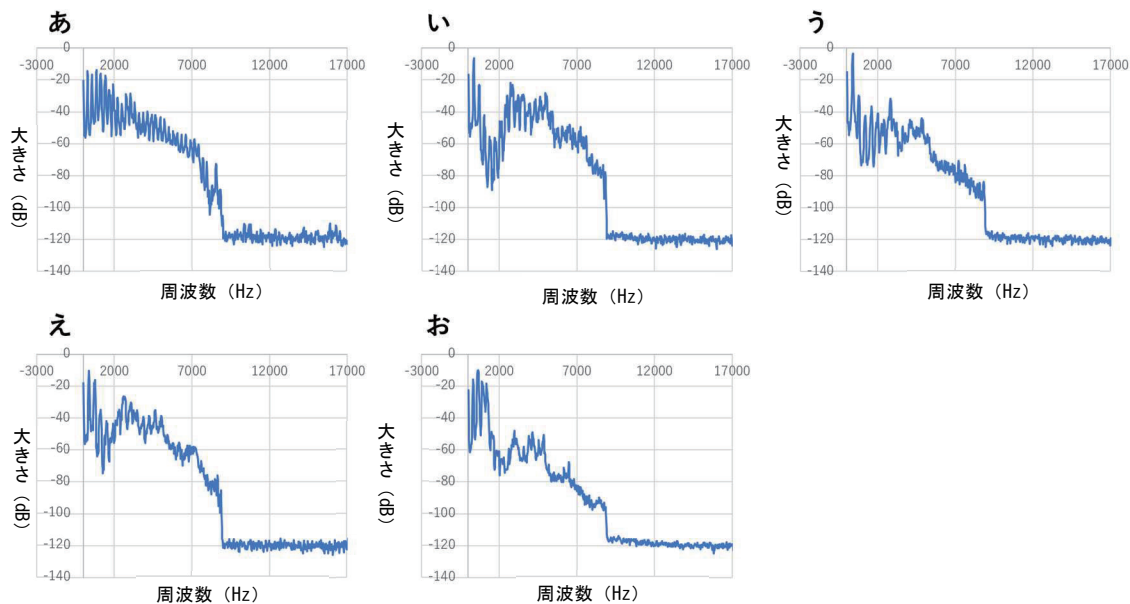


図 21 発話者 B の喜びを最大にした時の声に含まれる倍音

⑦ 「怒り」を最大にした場合

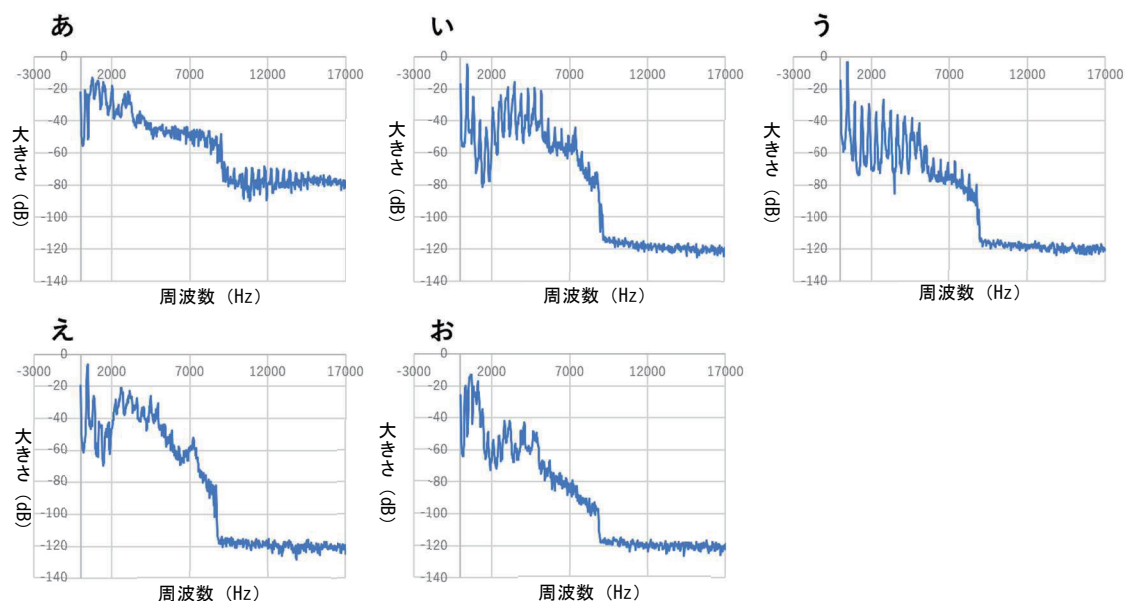


図 22 発話者 B の怒りを最大にした時の声に含まれる倍音

⑧ 「悲しみ」を最大にした場合

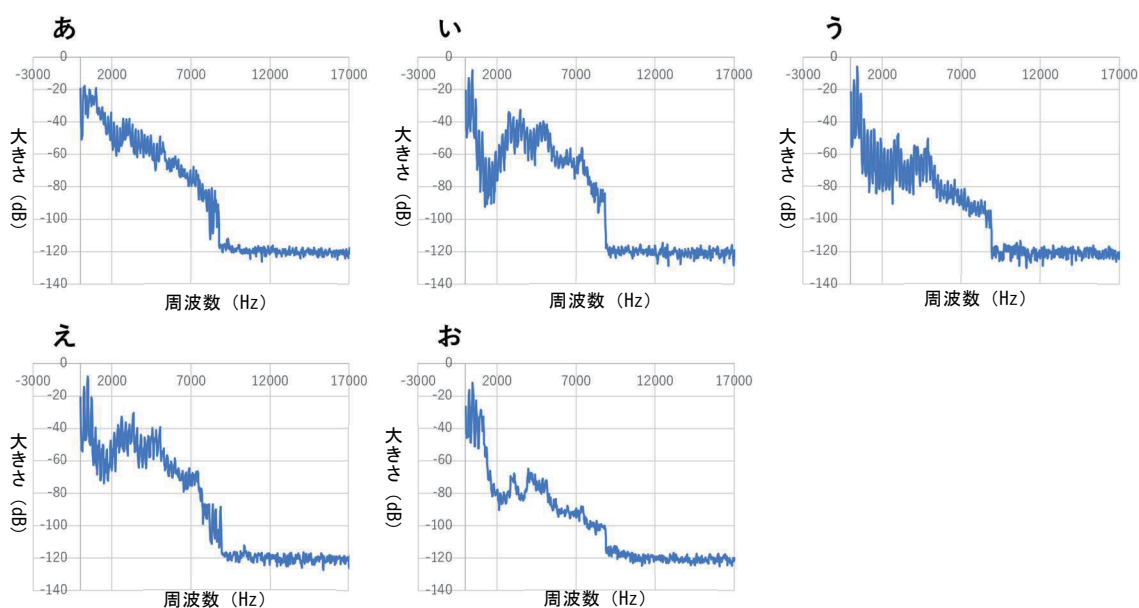


図 23 発話者 B の悲しみを最大にした時の声に含まれる倍音

#### 第 4 項 考察

母音ごとに音声を見ていくと、全体の波形の形は大まかには一致しているが、倍音の出ている幅が感情ごとに変わっていることがわかる。例えば発話者 A の「う」母音を見ると、2000Hz までに、突出した倍音が通常時は 7 個、喜びを最大にした時は 5 個、怒りを

最大にした時は4個、悲しみを最大にした時は8個ある。これらの突出した倍音にその感情の情報が含まれている可能性がある。他の母音、音声についても同じことが言える。

倍音の幅についてみると、悲しみ、通常時、喜び、怒りの順でグラフの幅が大きくなっており、倍音の分布の密度が小さくなっている。悲しみでは細かい多くの倍音に情報をのせており、怒りでは音量を重視して少ない倍音で感情を表現しているといった仮説が示唆された。

## 第5項 まとめ

人工音声においては、感情によって突出した倍音の個数や周波数の幅が異なっていた。これは人の声には見られなかった特徴である。反対に、人の声のように感情によって一定の倍音が少なくなったり増えたりといった波形の大きな変化は見られなかった。人工音声において特定の周波数をきると特定の感情を聞き手に伝えることができるのかというのは興味深い新たな問いである。

## 第 5 章 結論

### 第 1 節 まとめ

機械音声による調査より、声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象には、以下の関係があるのではないかという仮説が立った。

- ・ 整数次倍音が多く、倍音がより規則的に並んでいると“荘重”を感じやすい
- ・ 非整数次倍音が多く、倍音が規則的でないと“親和”を感じにくい
- ・ 非整数次倍音が多く、倍音が規則的でないと“軽さ”を感じやすい
- ・ 13650 Hz から 16500 Hz あたりの高い非整数次倍音が多く含まれていると“強さ”を感じにくい

また、人の声による調査により、感情と倍音にも以下の関係があるのではないかという仮説が立った。

- ・ 「怒」の時は 5000-6000Hz の倍音が少なくなる
- ・ 「哀」の時は凹凸が少なく、なだらかな倍音の分布になる
- ・ 高い音は感情ごとの倍音の変化がつきにくい

そのほかにも、倍音の幅によって与える印象が変わるのではないかという仮説もたった。これからはこの仮説を検証していく研究を行いたい。

### 第 2 節 今後の展望

今回の研究では、仮説として倍音と聞き手が受ける印象の関係がいくつか示唆された。ただ、実際のコミュニケーションにおいては単音で同じ音程の言葉を発することなどなく、表情やイントネーションなども踏まえて相手に与える印象を作っている。この声質以外の要因と声質を合わせた、聞き手に与える印象の関係性がわかったらとても意義のある研究になるのではないか。どの要因がどのくらい印象に影響を与えるのかにも興味がある。

今回は単音で「あ」という言葉を歌ってもらったものを解析したが、文章で実際に話しているものを解析したいため、今後の研究ではドラマやアニメから音源を抽出し、それぞれの母音をフーリエ解析して含まれる倍音を調べようと考えている。

また、これらすべての実験を経て得られた仮説を検証するために、実際に倍音を調整した音源を自分で作って、そこからどのような印象を受けたかについてのアンケート調査を行おうと考えている。この調査を行うことで、自身が調べてきた仮説の検証が可能となる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、横浜国立大学准教授の馬場基彰先生、並びに東京国際芸術協会伴奏ピアニストの河上薫様には、終始熱心なご指導をいただきました。心から感謝いたします。

また、神戸大学附属中等教育学校の竹村実成先生には本研究遂行にあたり多大なご助言、ご協力いただきました。

本校コーラス部の皆さんにも、調査に使う音源を録音させてもらい協力していただきました。また、コーラス部の皆さんに加え 2022 年度の 4 年 2 組の皆さんには本研究のアンケート調査に協力していただきました。

私一人では実行できなかった研究でした。本当にありがとうございました。

## 付録 A アンケート調査における生徒への質問内容

第2章で述べた質問紙調査で用いた質問紙を示す。

## 「声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象に関するアンケート」

私は、神戸大学附属中等教育学校 4 年生の横山史織です。

本研究の目的は声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係性を明らかにすることです。このアンケートは、声から聞き手が受ける印象について検討するために実施するものです。

調査データは調査者によって厳重に保管されます。個人のプライバシーの保護については十分配慮し、回答者にご迷惑をおかけすることはありません。

ご協力いただきました調査データに基づき論文を作成し、神戸大学附属中等教育学校に提出することを予定しております。研究目的以外には使用いたしません。

上記の趣旨を理解いただき、率直にありのままのお考えをご回答ください。なお、調査への協力は任意であり、協力しなかったことで回答者が不利益を被ることはありません。アンケート調査への回答および用紙の提出によって、本研究への協力について同意していただいたこととみなさせていただきます。

記入に当たっては、記入漏れのないようにお願いいたします。

回答には 10 分程度かかります。

不明な点がありましたら、下記にご連絡ください。

### ＜本研究の問い合わせ先＞

研究実施者:神戸大学附属中等教育学校 4年2組 横山史織

(連絡先: [REDACTED])

研究責任者:神戸大学附属中等教育学校 指導教員 竹村実成

## 声に含まれている倍音と聞き手が受ける印象に関するアンケート

11 回生の横山史織です。私は KP で「声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象」についての研究をしています。アンケートにご協力をお願いします。回答は任意です。所要時間は 10 分程度です。

調査データは調査者によって厳重に保管されます。個人のプライバシーの保護については十分配慮し、回答者にご迷惑をおかけすることはありません。

1. 学年を選んでください

- ☐ 1 0 回生
- ☐ 1 1 回生
- ☐ 1 2 回生
- ☐ 1 3 回生
- ☐ 1 4 回生

2. 性別を選んでください

- ☐ 男性 ☐ 女性 ☐ 答えたくない

3. 所属している部活動を選んでください

- ☐ バスケットボール部
- ☐ バレー部
- ☐ テニス部
- ☐ 卓球部
- ☐ サッカー部
- ☐ 陸上部
- ☐ 吹奏楽部
- ☐ コーラス部
- ☐ ESS 部
- ☐ 科学技術研究部
- ☐ 家庭科研究部
- ☐ 演劇部
- ☐ PC 部

4. 部活や習い事等で普段音楽に触れる機会（触れていた機会）はありますか？

- ☐ ある ☐ ない

5. 普段音楽を聞きますか？

- ☐ よく聞く
  - ☐ 時々聞く
  - ☐ 聞かない
-

以下の音源を聞いて、それぞれの項目に当てはまるものを選んでください。音源は 9 つあります。多いですが、丁寧に回答するようお願いします。

<https://drive.google.com/file/d/1wgVgivwyjx51LsEZqY88goA5fgksJl8D/view?usp=sharing>

|       | 全くあてはまらない(1)             | ややあてはまらない(2)             | どちらでもない(3)               | ややあてはまる(4)               | あてはまる(5)                 |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 悲しい   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 暗い    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 嬉しい   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 明るい   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 優しい   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 神聖な   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 強い    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 断固とした | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 気まぐれな | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 軽い    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| おごそかな | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 気高い   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

-----  
 上記のようなアンケート表を用いて、「リンクに示された音源をきいてもらい、受けた印象を五段階で評価してもらうという」作業を 9 回繰り返した。以下に用いた音源のリンクを示す。(アンケート内容について、2 つ目の音声については「優しい」が入っていないことに留意。)

[https://drive.google.com/file/d/1xRPg8gus\\_SE-FE\\_gQSEILDl8ooGN3FO1/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1xRPg8gus_SE-FE_gQSEILDl8ooGN3FO1/view?usp=sharing)  
[https://drive.google.com/file/d/1\\_jQvypQJuV3sNgv4AuUMk11zST7Ilw6t/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1_jQvypQJuV3sNgv4AuUMk11zST7Ilw6t/view?usp=sharing)  
<https://drive.google.com/file/d/1AA8OgdZzIb7uzKyQQ9H5rTLeWZN15O4f/view?usp=sharing>  
<https://drive.google.com/file/d/1gWfqxntCfAOdOJypSM9U1SOb5oY-RH-/view?usp=sharing>  
<https://drive.google.com/file/d/14lsm4PeoyNe5KgLy-5JXXm2YOplkjW6k/view?usp=sharing>  
<https://drive.google.com/file/d/1I74UhHBBdx0Bg-u-XS1HP2e17BPKuez/view?usp=sharing>  
<https://drive.google.com/file/d/1aE4J3FsSHSw-WbHaSBc53hKimKWAFLt0/view?usp=sharing>  
<https://drive.google.com/file/d/1CT4LqxiciWiufM2-bgYnDBc1Hj7Br12rM/view?usp=sharing>

## 付録 B 実験への同意書

第2章で述べた実験への同意書を以下に示す。

令和5年11月18日

同意書

研究テーマ：声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係性

研究実施者：横山史織（神戸大学附属中等教育学校

連絡先：[REDACTED]）

研究責任者：竹村実成（神戸大学附属中等教育学校教諭）

私は、研究テーマ「声に含まれる倍音と聞き手が受ける印象の関係性」に関する以下の事項について、研究実施者より説明を受けました。

- ・研究の目的について
- ・測定（調査）の内容について
- ・研究にともなう危険性について
- ・研究への参加の自由について
- ・測定結果の返却について
- ・研究に対する質問、連絡先について
- ・個人情報の守秘について
- ・結果の公表、プライバシーの保護について
- ・この研究により病気や事故が生じた場合の対応について
- ・研究によってもたらされる利益について

これらの事項について説明を聞き、理解した上で、この研究に参加することに同意します。

令和5年11月 日

本人 署名

保護者（研究対象者が18歳未満の場合）

署名

続柄

神戸大学附属中等教育学校 年生

説明者（署名）

## 付録 C 倫理審査書通過の旨①

第2章で述べたアンケート調査の倫理審査書を以下に示す。

### ① 調査目的

声に含まれている倍音と、聞き手が受ける印象の関係を調べる。

### ② 調査内容

(ア) 調査対象：本校生徒

(イ) 人数：70名程度

(ウ) 場所：教室

(エ) 日時：12月20日火曜日、12月24日土曜日

(オ) 概要：3つの機械音声で作成した音源9曲を聞いてもらい、アンケートに回答してもらう。

### ③ 被調査者に負担を与える必然性および負担を最小限にするための措置

(ア) 音源の数を最低限に減らした。

(イ) 質問項目を少なくした。

### ④ インフォームド・コンセントに関する措置

研究内容をしっかり伝えてアンケート調査を行う。

### ⑤ 個人情報保護に関する措置

調査データは厳重に保管する。個人のプライバシーの保護については十分配慮し、回答者に迷惑をかけることはない。

### ⑥ 発表予定の媒体

論文、ポスター。

### ⑦ 承認番号

22-101

## 付録 D 倫理審査書通過の旨②

第4章で述べた実験の倫理審査書を以下に示す。

### ① 調査目的

「コーラスにおける良い響きとは～声の圧力に着目して～」という問いで、良い響きの特徴を知り、自分たちの合唱にいかす。

### ② 調査内容

(ア) 調査対象：本校コーラス部生徒

(イ) 人数：60名程度

(ウ) 場所：集会室

(エ) 日時：夏休み

(オ) 概要：地声と歌声で高音、中音、低音を出してもらい音の変化をグラフでとる。  
響きのある声にはどのような特徴があるのかをそれらの結果から考察する。

### ③ 被調査者に負担を与える必然性および負担を最小限にするための措置

(ア) 出してもらう音は最小限にする

(イ) 発声時間はデータを計測できる最小限の時間にする

(ウ) 発声がしんどくなったらやめてもらう

(エ) 換気のある部屋で行う

### ④ インフォームド・コンセントに関する措置

実験は任意である。実験・研究以外にその他の目的として使用することはない。同意書をとる。

### ⑤ 個人情報保護に関する措置

とった音声、データは適切に保管し適切に処分する。

### ⑥ 発表予定の媒体

論文、ポスター。

### ⑦ 承認番号

21-004

## 付録 E カイ二乗検定に用いたデータ

本付録では、第2章のカイ2乗検定の際に用いたデータを示す。

親和については、曲2と曲3、音声Aと音声Bのみで検定を行ったため、そのデータのみを記載している。表にある「マイナス」はアンケートで1(全くあてはまらない)、2(ややあてはまらない)と答えた人のことで、「プラス」は4(ややあてはまる)、5(あてはまる)と答えた人のことである。

### ① 曲と印象についての人数分布表

| 高揚(-) | 曲 a | 曲 b | 曲 c | 合計  |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| マイナス  | 180 | 193 | 196 | 569 |
| プラス   | 63  | 72  | 78  | 213 |
| 合計    | 243 | 265 | 274 | 782 |

| 高揚(+) | 曲 a | 曲 b | 曲 c | 合計  |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| マイナス  | 81  | 80  | 79  | 240 |
| プラス   | 149 | 172 | 161 | 482 |
| 合計    | 230 | 252 | 240 | 722 |

| 強さ   | 曲 a | 曲 b | 曲 c | 合計  |
|------|-----|-----|-----|-----|
| マイナス | 140 | 155 | 124 | 419 |
| プラス  | 100 | 99  | 112 | 311 |
| 合計   | 240 | 254 | 236 | 730 |

| 軽さ   | 曲 a | 曲 b | 曲 c | 合計  |
|------|-----|-----|-----|-----|
| マイナス | 168 | 140 | 175 | 483 |
| プラス  | 88  | 116 | 96  | 300 |
| 合計   | 256 | 256 | 271 | 783 |

| 荘重   | 曲 a | 曲 b | 曲 c | 合計  |
|------|-----|-----|-----|-----|
| マイナス | 114 | 139 | 115 | 368 |
| プラス  | 148 | 106 | 142 | 396 |
| 合計   | 262 | 245 | 257 | 764 |

| 親和   | 曲 b | 曲 c | 合計  |
|------|-----|-----|-----|
| マイナス | 95  | 83  | 178 |
| プラス  | 150 | 184 | 334 |
| 合計   | 245 | 267 | 512 |

② 曲と印象についての期待値

| 高揚(+) | 曲 a      | 曲 b      | 曲 c      |
|-------|----------|----------|----------|
| マイナス  | 176.812  | 192.8197 | 199.3683 |
| プラス   | 66.18798 | 72.18031 | 74.63171 |

| 高揚(-) | 曲 a      | 曲 b      | 曲 c      |
|-------|----------|----------|----------|
| マイナス  | 76.45429 | 83.76731 | 79.77839 |
| プラス   | 153.5457 | 168.2327 | 160.2216 |

| 強さ   | 曲 a      | 曲 b     | 曲 c      |
|------|----------|---------|----------|
| マイナス | 137.7534 | 145.789 | 135.4575 |
| プラス  | 102.2466 | 108.211 | 100.5425 |

| 軽さ   | 曲 a      | 曲 b      | 曲 c      |
|------|----------|----------|----------|
| マイナス | 157.9157 | 157.9157 | 167.1686 |
| プラス  | 98.08429 | 98.08429 | 103.8314 |

| 荘重   | 曲 a     | 曲 b      | 曲 c      |
|------|---------|----------|----------|
| マイナス | 126.199 | 118.0105 | 123.7906 |
| プラス  | 135.801 | 126.9895 | 133.2094 |

| 親和   | 曲 b      | 曲 c      |
|------|----------|----------|
| マイナス | 85.17578 | 92.82422 |
| プラス  | 159.8242 | 174.1758 |

③ 音声と印象についての人数分布表

| 高揚(-) | 音声 A | 音声 B | 音声 C | 合計  |
|-------|------|------|------|-----|
| マイナス  | 242  | 217  | 110  | 569 |
| プラス   | 30   | 45   | 138  | 213 |
| 合計    | 272  | 262  | 248  | 782 |

| 高揚(+) | 音声 A | 音声 B | 音声 C | 合計  |
|-------|------|------|------|-----|
| マイナス  | 41   | 46   | 153  | 240 |
| プラス   | 224  | 185  | 73   | 482 |
| 合計    | 265  | 231  | 226  | 722 |

| 強さ   | 音声 A | 音声 B | 音声 C | 合計  |
|------|------|------|------|-----|
| マイナス | 192  | 84   | 143  | 419 |
| プラス  | 64   | 163  | 84   | 311 |
| 合計   | 256  | 247  | 227  | 730 |

| 軽さ   | 音声 A | 音声 B | 音声 C | 合計  |
|------|------|------|------|-----|
| マイナス | 51   | 232  | 200  | 483 |
| プラス  | 217  | 30   | 53   | 300 |
| 合計   | 268  | 262  | 253  | 783 |

| 荘重   | 音声 A | 音声 B | 音声 C | 合計  |
|------|------|------|------|-----|
| マイナス | 230  | 66   | 72   | 368 |
| プラス  | 30   | 187  | 179  | 396 |
| 合計   | 260  | 253  | 251  | 764 |

| 親和  | 音声 A | 音声 C | 合計  |
|-----|------|------|-----|
| 1.2 | 173  | 33   | 206 |
| 4.5 | 87   | 227  | 314 |
| 合計  | 260  | 260  | 520 |

④ 音声と印象についての期待値

| 高揚(-) | 音声 A     | 音声 B     | 音声 C     |
|-------|----------|----------|----------|
| マイナス  | 197.913  | 190.6368 | 180.4501 |
| プラス   | 74.08696 | 71.36317 | 67.54987 |

| 高揚(+) | 音声 A     | 音声 B     | 音声 C     |
|-------|----------|----------|----------|
| マイナス  | 88.08864 | 76.7867  | 75.12465 |
| プラス   | 176.9114 | 154.2133 | 150.8753 |

| 強さ   | 音声 A    | 音声 B     | 音声 C     |
|------|---------|----------|----------|
| マイナス | 146.937 | 141.7712 | 130.2918 |
| プラス  | 109.063 | 105.2288 | 96.70822 |

| 軽さ   | 音声 A    | 音声 B     | 音声 C     |
|------|---------|----------|----------|
| マイナス | 165.318 | 161.6169 | 156.0651 |
| プラス  | 102.682 | 100.3831 | 96.93487 |

| 荘重   | 音声 A     | 音声 B     | 音声 C     |
|------|----------|----------|----------|
| マイナス | 125.2356 | 121.8639 | 120.9005 |
| プラス  | 134.7644 | 131.1361 | 130.0995 |

| 親和  | 音声 A | 音声 C |
|-----|------|------|
| 1.2 | 103  | 103  |
| 4.5 | 157  | 157  |

## 付録 F コエステーションの録音画面

第4章で述べた「コエステーション」のアプリの録音画面である。  
下記の画面は発話者 B の喜びを最大にした時のものである。



## 文献リスト

- [1] 中村明一. 倍音一音・ことば・身体の文化誌. 春秋社, 2010.
- [2] 都筑卓司. なっとくする音・光・電波. 講談社, 1998.
- [3] ユニペックス株式会社 音に関するお役立ち情報「音ものがたり」グラフィックイコライザー, [http://www.unipex.co.jp/seihin/story/pdfdata/pa\\_story10.pdf](http://www.unipex.co.jp/seihin/story/pdfdata/pa_story10.pdf) (2023 年 12 月 11 日参照).
- [4] 中村尚五. デジタルフーリエ変換. 東京電機大学出版局, 1989.
- [5] 日本音響学会. 音響用語辞典. コロナ社, 1988.
- [6] 藤澤隆史, & 高見和彰, & Norman D.Cook. 感情的発話における音楽性: 基本周波数を用いた和音性の定量化について.
- [7] 池本真知子, & 鈴木直人. 感情判別における声質の影響ー単音節、短文を用いてー. The Japanese Journal of Research on Emotions 2009, Vol. 16, No. 3, 209-219, 2009.
- [8] 谷口高士. 音楽作品の感情価測定尺度の作成および多面的感情状態尺度との関連の検討. 心理学研究, 65(6), 463-470, 1995.
- [9] 小田利勝, ウルトラ・ビギナーのための SPSS による統計解析入門, プレアデス出版, 2007.