

博士論文

高等学校における「響く歌声」を生み出す発声法の検討  
—「共鳴腔」と「呼吸法」の発声法の比較を通して—

2023年3月

愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科  
共同教科開発学専攻

澤田 育子

# 目 次

## I. 序 論

緒 言	1
研究の背景	1
研究の目的	2
論文の構成	2
<b>第1章「響く歌声」の文献調査と発声法の検討</b>	<b>4</b>
I.1.1 調査目的	4
I.1.2 調査方法	4
I.1.3 各分野の調査結果	5
I.1.3.1 生理学の分野	5
I.1.3.2 音声学の分野	6
I.1.3.3 音響学の分野	8
I.1.4 各分野における「響く歌声」を生み出す発声法の検討	13
I.1.4.1 生理学の分野の発声法	13
I.1.4.2 音声学の分野の発声法	14
I.1.4.3 音響学の分野の発声法	15
I.1.5 考察	15
<b>第2章 高等学校音楽教師の歌唱指導に関する調査</b>	<b>18</b>
I.2.1 調査目的	18
I.2.2 調査方法	18
I.2.3 全体集計結果と分析結果	19
I.2.3.1 教師の属性について	19
I.2.3.2 独唱または合唱における「良い歌声」について	19
I.2.3.3 授業での歌唱指導の目的について	20
I.2.3.4 独唱または合唱の授業で重要と考える「表現」、独唱または合唱の授業 で重要と考える「発声」について	20
I.2.3.5 自由記述「歌唱の授業で、生徒の声が悪くなったと実感が持てた指導法」 について	20
I.2.3.6 年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違いについて	21
I.2.3.7 教師の専攻（声楽専攻か否か）に見た重視する発声法の違いについて	21
I.2.3.8 教師のレッスン歴別に見た重視する発声法の違いについて	21
I.2.3.9 教師の歌唱指導に関する参考指導法・文献を持っているか別に見た重視 する発声法の違いについて	22

I.2.4 考察	28
I.2.4.1 独唱または合唱における「良い歌声」について	28
I.2.4.2 授業での歌唱指導の目的について	28
I.2.4.3 独唱または合唱の授業で重要と考える「表現」，独唱または合唱の授業で重要と考える「発声」について	28
I.2.4.4 自由記述「歌唱の授業で，生徒の声が悪くなったと実感が持てた指導法」について	28
I.2.4.5 年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違いについて	29
I.2.4.6 教師の専攻（声楽専攻か否か）に見た重視する発声法の違いについて	29
I.2.4.7 教師のレッスン歴別に見た重視する発声法の違いについて	29
I.2.4.8 教師の歌唱指導に関する参考指導法・文献を持っているか別に見た重視する発声法の違いについて	29
I.2.5 結論	30

## II. 本 論

第1章 高等学校の歌唱指導における「共鳴腔」と「呼吸法」の発声法の検討および歌唱の評価・分析方法	32
II.1.1 研究目的	32
II.1.2 「共鳴腔」の発声法の検討	32
II.1.2.1 国内の実践論文に見られる共鳴腔を意識した発声法	32
II.1.2.2 「響く声」の論文からの検討	33
II.1.2.3 高等学校における「共鳴腔」の発声法の検討結果	34
II.1.3 「呼吸法」の発声法の検討	35
II.1.3.1 高等学校の教科書に見られる「呼吸法」の発声法	35
II.1.3.2 論文に見られる「呼吸法」の発声法	36
II.1.3.3 「呼吸法」の発声法の検討結果	36
II.1.4 歌唱の評価方法・分析方法	37
II.1.4.1 歌唱の評価方法	37
II.1.4.2 Praat を用いた歌唱の分析方法	38
II.1.5 考察	39
II.1.5.1 「共鳴腔」の発声法について	39
II.1.5.2 「呼吸法」の発声法について	40
II.1.5.3 歌唱の評価・分析方法について	40
II.1.5.4 Praat を実験で使用する事について	40
第2章 高等学校の歌唱指導における「共鳴腔」と「呼吸法」の発声法の比較実験	42
II.2.1 研究目的	42

Ⅱ.2.2 研究方法	42
Ⅱ.2.3 分析方法	44
Ⅱ.2.4 実験結果	46
Ⅱ.2.5 考察	49
Ⅱ.2.6 結論	50
資料	52
<b>終章 総合考察と今後の課題</b>	<b>54</b>
Ⅱ.3.1 研究の概要	54
Ⅱ.3.2 総合考察	55
Ⅱ.3.2.1 高等学校における歌唱指導の目的と指導法について	55
Ⅱ.3.2.2 歌唱指導における「響く歌声」と「共鳴腔」の関係について	55
Ⅱ.3.2.3 歌唱指導における「響く歌声」の測定方法について	56
Ⅱ.3.2.4 「共鳴腔」と「呼吸法」の歌唱指導の効果の違いについて	56
Ⅱ.3.3 まとめ	57
Ⅱ.3.4 今後の課題	58
<b>引用・参考文献</b>	<b>59</b>
<b>謝辞</b>	<b>66</b>

# I. 序 論

## 緒 言

### 研究の背景

歌唱では、響く声と響かない声がある。響く声は美しく感じる。また、「よい声」と判断する基準に、著名な声楽研究家であるフースラー (F.Husler) は、著書『うたうこと』の中で、「雑音を伴わず、圧迫や持続的な過度の緊張がなく、高音で強弱が意のままにでき、よくとおる、豊かな響きをもち、柔らかく、苦しそうでない声」と述べている。また、声楽家の酒井 (1974) は、著書『発声 of の技巧とその活用法』で、「強弱のいかんを問わず広いホールの隅々にいたるまでよく通る声であること」を挙げている。

「響く声」や「よい声」が、学校の授業ではどのようにとらえられ、どのように指導されているか、具体的に調査した研究は少ない。若井 (2014) は小学校教員養成課程で学ぶ学生にアンケート調査 (回答者45名) を行い、歌唱教材を歌うことで悩んでいることについて記述させている。その中で、発声の問題は半数を占めていた。具体的には「高い声が出ない」、「低い声が汚い」、「声を通らない」、「頭声と地声のつながりがうまくいかない」などがある。内田・大川 (2019) は高校生13名に対し、独自の発声テキストを作成し、実践を行い、事前と事後のアンケート調査を行った。事前アンケートの「どんな声をめざしたいか」についての質問では、「透き通る」、「透明感」、「きれいな声」という記述が多く、事後アンケートの「発声練習をして何か変化がありましたか」という質問では、「高音が出るようになった」という記述は見られたが、事前アンケートに書いた「透き通る」、「きれいな声」という内容についての記述は得られなかった。これらのことから、これまでの発声法が生徒のめざしたい歌声に向かう発声法になっているかどうか、また、上記の「よい声」の判断基準である「よく通る声」、「響く声」が歌唱の技能として身につくような指導ができていないか検証する必要があると考えた。

一方、従前の高等学校学習指導要領 (平成 21 年告示) では、「2 内容」の「A 表現」(1) 歌唱の指導事項イに「曲種に応じた発声の特徴を生かし、表現を工夫して歌うこと」とあり、このことについて従前の『高等学校学習指導要領 (平成 21 年告示) 解説 芸術 (音楽 美術 工芸 書道) 編 音楽編 美術編』には「姿勢や身体の使い方、呼吸法、共鳴の様子などに着目して、その曲種の発声はどのような特徴をもっているのか考え、発声の特徴を生かした表現を追求していくことが考えられる」とある。これらは、多くの教師が、姿勢→身体の使い方→呼吸法→共鳴の順に指導するという手順になっていると理解する可能性がある記述になっている。教科書に見られる発声法の手順や国内の発声に関する多くの書

籍の大半が「呼吸法」についての説明が前半に掲載されていることから、「呼吸法」は重要な発声法と疑わずにその順番で指導しているとも考えられる。しかし、発声を学ぶ手順において「呼吸法」を先に行うという先行研究は見つかっていない。リード (C.L.Reid) の著書『ベル・カント唱法』には、18世紀の指導手順には「呼吸」という項目はなく、19世紀になって第1番目に「呼吸」の項目が現れたと書かれている。その理由として、19世紀以降の演奏家・教育者たちが、ある一定レベルの人を指導するために指導手順として書き残したのであろうと述べられている。それがそのまま日本に伝わり学校教育の場に持ち込まれ、活用されたものであるなら、手順について再検討する必要があると言えよう。

## 研究の目的

本研究の目的は、高等学校における「響く歌声」に適切な発声法の提案と検証である。まず、「良い声」の基準とされている「響く歌声」について、生理学、音声学、音響学の分野について文献調査し、「響く歌声」を生み出す科学的な知見と発声法について明らかにする。次に、高等学校における歌唱指導の実態調査を行い、多くの教師が重視する発声法を調査する。そして、「響く歌声」を生み出す科学的な知見をもとにした発声法（以降は、「共鳴腔」の発声法）と高等学校音楽教師が重視する発声法（以降は、「呼吸法」の発声法）について、高校生を対象に比較実験を行い、「響く歌声」に適した新しい方法を確立し、その有効性を示すことが本研究の目的である。その際、どのようにデータを記録・分析していくべきかという方法論を確立することも、副次的な目的である。

## 論文の構成

本論文は、Ⅰ.序論：「緒言」、第1章は、「『響く歌声』の文献調査と発声法の検討」、第2章は、「高等学校音楽教師の歌唱指導に関する調査」、Ⅱ.本論の第1章は、「高等学校の歌唱指導における『共鳴腔』と『呼吸法』の発声法の検討および歌唱の評価・分析方法」、第2章は、「高等学校の歌唱指導における『共鳴腔』と『呼吸法』の発声法の比較実験」、終章は、「総合考察と今後の課題」で構成されている。

序論の「緒言」では、研究の背景、研究の目的、論文の構成を示す。

序論の第1章では、「響く歌声」について、国内外の研究を生理学の分野、音声学の分野、音響学の分野に分けて文献調査を行う。その中で「響く歌声」の特徴や評価方法についても概観する。

序論の第2章では、次の項目(①「良い歌声」の判断基準、②授業での歌唱指導の目的、③重要と考える歌唱表現と発声法、④授業で行っている具体的な発声法、⑤年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違い、⑥教師の専攻(声楽専攻か否か)に見た重視する発声法の違い、⑦教師の声楽のレッスン歴別に見た重視する発声法の違い、⑧教師の歌唱指導に関する参考文献を持っているか否か別に見た重視する発声法の違い)を明らかにするため、高等学校の音楽教師に向けて質問紙による実態調査を行う。

本論の第1章では、「響く歌声」を生み出す科学的な知見をもとにした発声法（「共鳴腔」の発声法）と従来から重視されている発声法（「呼吸法」の発声法）について検討する。「共鳴腔」の発声法の検討では、序論の第1章の知見をもとに提案する。多くの教師が重視する発声法は、序論の第2章で示された結果をもとにし、高等学校の教科書や先行研究から初学者が学ぶべき一般的な歌唱における発声法を示す。次に、歌唱の評価方法や分析方法について検討する。S.F. (シンガーズ・フォルマント)<sup>注1</sup>を用いた歌唱評価の方法について、序論の第1章の知見をもとに検討する。また、高等学校での実際的な評価・分析を想定して Praat<sup>注2</sup>というソフトウェアを用いることを検討する。

本論の第2章では高等学校の普通科1年生の音楽I選択者を対象に発声法の違いによるS.F.量の変化を調査する。発声法は、本論の第1章の検討をもとにして行う。発声指導前後のS.F.量を分析し、どちらの発声法が有効かを比較・検討する。

本論の終章では、本論文の序論の第1章、第2章、本論の第1章、第2章の研究を通して得られた結果をもとに総合考察を行う。高等学校における歌唱指導の目的と指導について、歌唱指導における「響く歌声」と「共鳴腔」の関係について、歌唱指導における「響く歌声」と「S.F. (シンガーズ・フォルマント)」の関係について、「共鳴腔」と「呼吸法」の歌唱指導の効果の違いについて総合考察し、本研究で得られた成果と今後の課題を示す。

#### 【注】

注1：シンガーズ・フォルマントとは、「よく共鳴する」歌唱に見られ、母音のフォルマントとは別に2,500Hz～3,200Hzの領域に見られる音響スペクトルの山形のピークのこと。（リチャード・ミラー 著『歌唱の仕組み』p.71）

注2：Praatはアムステルダム大学のPaul BoersmaとDavid Weeninkが開発した音声分析用フリーウェア

引用：北原真冬・田嶋圭一・田中邦佳 著『音声学を学ぶ人のためのPraat入門』p.16  
Praatダウンロード用のURL <https://praat.jp.malavida.com/windows/download>

## 第1章 「響く歌声」の文献調査と発声法の検討

### I.1.1 調査目的

本章は、「響く歌声」について、これまでの諸分野での研究成果を概観するために、文献（著書や先行研究）調査を行い、その中から「響く歌声」の発声法に関する内容を検討することが目的である。

### I.1.2 調査方法

- (1) 一次調査として、声楽発声に関する過去10年（2010～2019）の論文類をCiNii（国立情報学研究所が運営する情報データベース）による検索（2019.8.22）で18点をリストアップした。
- (2) 日本声楽発声学会誌の過去10年（2010～2019）の学術論文に一定数以上引用されている著書を調査した。以下が著書である。

『ベル・カント唱法—その原理と実践』（C.L.Reid, 1987）, 『うたうこと』（F. Husler, 1987）, 『声の呼吸法』（米山文明, 2011）, 『音楽用語辞典』（C.L.Reid, 2005）, 『小学生の発声指導を見直す』（岩崎洋一, 1997）, 『児童発声』（品川三郎, 1955）, 『声のしくみ』（石井未之助, 1987）, 『声のなんでも小辞典』（和田美代子, 2012）, 『声と日本人』（米山文明, 1998）
- (3) 日本声楽発声学会誌の過去10年（2010～2019）の学術論文に一定数以上引用されている著書の著者を調査した。以下が著者である。

フースラー（F.Husler）, スンドベリ（J.Sundberg）, ミラー（R.Miller）, リード（C.L.Reid）, 米山文明
- (4) 上記の著者の専門分野から分野を区別する。

フースラー（F.Husler）：解剖学・生理学  
スンドベリ（J.Sundberg）, ミラー（R.Miller）：音声学・音響学・医学など  
米山文明：医学・音声生理学
- (5) 上記の調査から、調査研究の分野を生理学、音声学、音響学の分野に設定し、「響く歌声」をキーワードとして調査する。



### I.1.3 各分野の調査結果

#### I.1.3.1 生理学の分野

表1.1 生理学の分野

第1 著者名 (出版年) 掲載誌または出版社	タイトル (著書・論文)	研究方法	研究の概要	結論
フースラー (1987) 音楽之友社	うたうこと	歌うための機構がどのように形成されるのかについて、解剖学・生理学的に調査	喉頭, 喉頭懸垂機構, 呼吸器官の連携を解剖学的, 生理学的に説明	「良い声」とは, 喉頭懸垂機構の神経支配, 呼吸器官の連携運動, 声帯縁辺筋の筋緊張過程であることを示した
米山文明 (1998) 平凡社	声と日本人	通る声と通らない声について, 3人の成人男性の歌声の音響分析, 喉頭内の様子をストロボファイバースコープで撮影し, 比較	・ 2,500~3,000Hzの帯域で差が出た ・ 喉頭蓋の起伏角度や喉頭室の形状やスペースの変動がみられた	遠くに響く声は, 3,000Hz前後の音響エネルギーが強いことや喉頭蓋の角度が大きいことを示した
河合孝夫 (2015) 日本声楽発声学会誌	声楽発声の共鳴腔	非声楽家の歌唱発声と声楽家の声楽発声, 声楽家の声楽発声と会話発声について臨床用MRI装置を用いて撮影し比較	声楽発声においては, 低音, 中音, 高音の音高や母音の違いに関わらず, 喉頭腔~咽頭腔~鼻腔に太い管状の共鳴腔が存在する	声楽発声では, 喉頭腔~咽頭腔~鼻腔に太い管状の共鳴腔が存在することを発見し, 「音楽共鳴腔」と名付けた

フースラー (F.Husler, 1987) は, 著書『うたうこと』第12章「声の美しさ」, 「『よい』声の判断基準」の中で, 「肝要な要素(前提条件)として喉頭懸垂筋群の神経支配が徹底的に行き届いていて自動的に呼吸器官の運動が参加していること, さらに, 声帯の縁辺筋(甲状-声帯筋と披裂-声帯筋)の筋線維で行われる最高に微妙な筋緊張過程である」(p.117)と述べている。アンザツ(図1.1)で歌い手が身体の各部に感じる振動とそれに対応する発声器官の特定の働き方があると仮定し, 7か所を示し, 解剖学的知識で発声器官の働き方を示した。

米山(1998)は, 「通る声」と「通らない声」についての実験を行った。この実験では3人の成人男性(アナウンサー, テノール歌手, 声のよくないと思われる俳優)を被験者とし, ホールで, 同一曲, 同一音圧(55db)の条件で, 3人の声の通りの順位付けを聴感で行った。さらに, 歌唱の同一特定部分の音響分析をして, 「通る声」と「通らない声」の音響差は3,000Hz前後の周波数帯域のエネルギーの強さの差であることを示した。さらに, 歌唱時のストロボファイバースコープによる喉頭内腔の調節状態の観察を行い, 「通らない声」は喉頭蓋が閉じていて, 喉頭が狭くなっていることを発見した。

河合・杉本(2015)は, 歌唱時に「軟口蓋をあげる」という感覚について, 発音共鳴腔と

は別に音楽共鳴腔があると仮説を立て、非音楽家の歌唱発声と音楽家の声楽発声、音楽家の声楽発声と会話発声について臨床用 MRI<sup>注1</sup> (磁気共鳴画像法) 装置を用いて実験を行った。被験者は25歳女性 (非音楽家) と63歳男性 (音楽家) である。非音楽家の被験者には5母音をそれぞれ低音 (C<sub>3</sub>), 中音 (C<sub>4</sub>), 高音 (G<sub>4</sub>) の音高<sup>注2</sup> で20秒間発声させて、計15回の撮影を行った。音楽家の被験者には、5母音で前者と同様の音高による声楽発声と会話発声の計30回の撮影を行った。そして、声楽発声においては、低音、中音、高音の音高や母音の違いにかかわらず、喉頭腔～咽頭腔～鼻腔に太い管状の共鳴腔が存在することを示した (図1.2)。

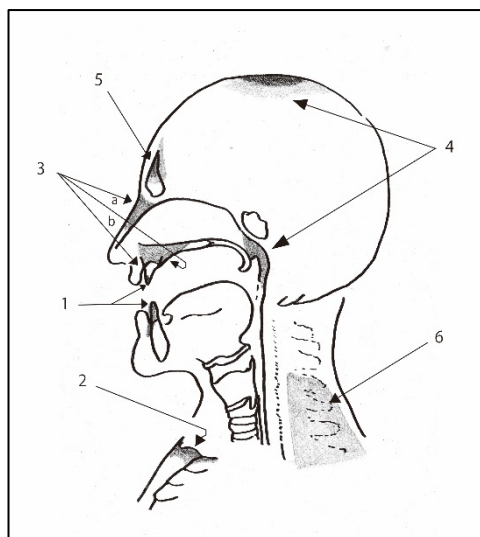


図1.1 アンザッツ

参考：フレデリック・フースラー/イヴォンヌ・ロッド  
=マーリング (1987) 『うたうこと』 p.89 図56  
数字は音楽家たちの間で用いられる声の当て場所

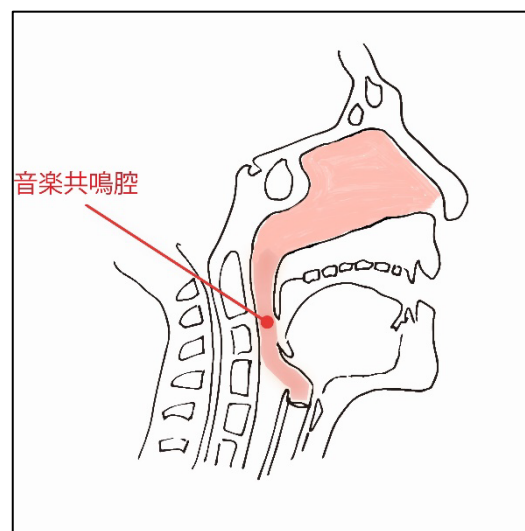


図1.2 音楽共鳴腔

河合孝夫・杉本英治 (2015) 「声楽発声の共鳴腔」  
日本声楽発声学会『声楽発声研究』No.6, pp.4-12  
上記論文を参考に筆者が作図

### I. 1. 1. 3. 2 音声学の分野

表1.2 音声学の分野

第1 著者名 (出版年) 掲載誌または出版社	タイトル (著書・論文)	研究方法	研究の概要	結論
F. D. Minifie (1973) <i>Prentice-Hall</i>	Normal Aspects of Speech, Hearing and Language	母音の違いによる舌の位置, 声道の狭窄程度, 唇との距離, 顎の開き具合, 咽頭鼻部の構えを X 線撮影し比較	前舌母音, 中舌母音と後舌母音を出す身体的な要因を明示	声道の形状とサイズで母音の音響的特性が決まる

T. Shipp (1975) JASA	Vocal frequency and Vertical larynx positioning by singers and nonsingers.	男性歌手が同一母音を歌唱・発話している時のX線写真をトレースして、垂直方向の喉頭の位置の変化を調査	歌唱時には喉頭は下降していることが、男性プロ歌手において典型的に観察された	喉頭の下降によって、喉頭室および喉頭管を取り巻く声道下部の拡大に関連していることを示唆
S. Kawahara (2014) 日本音声学 会誌	Quantifying the effects of Vowel quality and preceding consonants on jaw Displacement: Japanese data.	日本語の母音を発音するときの舌の位置や顎の開き度合いをエコーによる子音の舌の動き,EMAによる母音のあごの開きかたで調査	・響きが似ている子音の舌の動きかたの違いなども発見 ・EMA検査では、日本人の女性に「ア」「イ」「ウ」「エ」「オ」と発音させて顎の開き方を測定し、「ウ」「イ」「オ」「エ」「ア」の順に顎の開き度が高いという結果を示した	EMA検査によって発話中の顎の開きを測定し、数値化し、日本語の母音の顎の開き度合いを正確に示した

音声学の分野では、母音が明確に響くための発話について、舌の位置（舌先の位置や舌の盛り上がり具合）、喉頭の位置、顎の開き具合についての研究がある。

F.D.Minifie (1973)は声道の形状とサイズによってフィルターの特性が決まると指摘した。発話の音響と母音の形成を説明するにあたって前舌母音、中舌母音と後舌母音を出す身体的な要因を明示した。

T.Shipp and K.Izdebski(1975)は男性歌手と歌手でない男性について、周波数を上昇させた場合の垂直方向の喉頭の位置をX線写真のトレースで比較した。多くの歌手はピッチが上昇するとわずかに喉頭が下がり、歌手でない男性の喉頭は上がっているという結果を示した。この実験についてJ.Sundberg(1974)は喉頭の下降は声道を長くし喉頭下部を広くすること、それにより成人男性の第4フォルマント<sup>注3</sup>は3,500Hzから2,800Hzあたりへ下降すること、歌手の特徴であるシンガーズ・フォルマントを生成するために喉頭管が重要な役割をしていると示した。

川原ら(S.Kawahara, 2014)は、磯村(2009)のMRIの画像で同様に舌の位置を解説した後、MRI検査では対象者が体を横たえて検査を受けることで起きている時とは異なった条件になってしまうことや、検査の最中はとても大きな音が発生するため調音の動きと音を同時に測定することは難しいと述べ、エコーによる調査を行った。すると、MRI検査ではわからなかった、響きが似ている子音の舌の動きかたの違いなども発見した。さらに、EMA<sup>注4</sup>検査では、日本人の女性に「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」、「オ」と発音させて顎の開き方(口の動き)を測定し、「ウ」「イ」「オ」「エ」「ア」の順に顎の開き度が高いという結果を示した。

### I.1.3.3 音響学の分野

表1.3 音響学の分野

第1 著者名 (出版年) 掲載誌または 出版社	タイトル (著書・論文)	研究方法	研究の概要	結論
W. T. Bartholomew (1934) <i>JASA</i>	A physical definition of "good voice quality" in the male voice	喉頭管が S.F. の生成に重要な役割を果たすのではないかと考え、音響分析によって抽出することを試みた	2,400~3,200Hz のフォルマントが存在し、その生成には喉頭付近の形状が関与していると説明	音響分析により、S.F. の生成に喉頭付近の形状（声門と喉頭蓋の音響放射）が関係していると報告した
B. L. Pelsky (1942) <i>Phon. exp.</i>	La structure de quelques voyelles chantées	共鳴する歌唱時に特徴的なフォルマントのスペクトラムを調査	共鳴する歌唱時に特徴的なフォルマントのスペクトラムを、声種に従って分類	男性は 2,500 ~ 3,200Hz, メゾソプラノとアルトは 3,200Hz, ソプラノは 4,000Hz と示した
J. Sundberg (1972) <i>Report of the 11th Congress of the International Musicological Society</i>	Production and function of the Singing formant.	R. ワーグナーのオペラ《ニュルンベルクのマイスタージンガー》〈第1幕、前奏曲〉でソリストがいる時といない時、および通常発話での長時間平均スペクトルを測定	オーケストラと発話におけるもっとも強い部分音は 450Hz 近辺に現れる傾向があり、3,000Hz 付近はかたなり弱いことがわかった	S.F. と呼ばれる周波数帯域のエネルギーが高くなるようにオペラ歌手が歌うことで、オーケストラと共演してもマイクなしで客席まで響き渡ることを示した
J. Sundberg (1974) <i>JASA</i>	Articulatory interpretation of the "Singing formant."	男性プロオペラ歌手による歌唱と発話の母音のフォルマント周波数を測定	男性プロオペラ歌手の発話に現れる第3・4 フォルマントのピークが、歌唱では 20db も高く現れた	3,000Hz 付近にエネルギーのピークがあり、このことを「歌手のフォルマント」であると示した
山内昭雄 (2001) 講談社	感覚の地図帳	外界からの刺激を器官が受容し、伝達し、感覚として認識する経路を解説	ヒトの気導聴力（空気中から入ってきた音の聴力）の最高感度が 3,000~4,000Hz 付近であるのは、外耳道の共鳴によるものと解説	
ミラー (2014) 音楽之友社	歌唱の仕組み—その体系と学び方—	プロの歌手が母音で歌った場合のスペクトル振幅を測定	母音「o」を 262Hz「C <sub>4</sub> 」で歌った場合のスペクトル振幅は歌手のフォルマントを示した	母音定義領域と歌手のフォルマントの領域間の音響エネルギーのバランスが確立されていることを示した
池田操 (2000) 上越教育大学 研究紀要	音楽科学生と一般学生の歌声の音響分析と評価—シンガーズ・フォルマントを指標として—	声楽専攻女学生 3 名に対し、「喉がよく開かれていない普通の歌声」と「喉がよく開かれた歌声」の発声のスペクトルを比較	女学生 3 名の「喉がよく開かれた歌声」の母音「ア」「オ」は明確に S.F. があらわれた	S.F. が出やすい音域や母音があることや、F. Husler の喉頭懸垂機構の操作をして「喉がよく開かれた歌声」には S.F. が現れることを示した

山辺大貴 (2012) 電子情報通信 学会誌	歌声の心理的印象と音響特徴量との対応付けによる歌唱の習熟度評価に関する基礎的検討	声楽未経験の大学生4名(男性2名,女性2名)への実験で,30分間の発声指導前後の“故郷”の歌唱のパワー(db),Q値,ビブラートを調査	パワー(db)とQ値は,95%信頼区間で優位に値が向上したが,ビブラート(振幅)は,有意差は確認されなかった	指導後でパワー(db)とQ値が有意に向上したことから,短時間での歌唱指導の効果が確認できると示唆した
佐久間雄輝 (2013) 電子情報通信 学会誌	歌声の習熟度と周波数特性との関係に関する考察	非音楽系学科所属の大学生男性2名と教育学部音楽科所属の大学生女性2名を被験者とし,1か月間に4回(1回30分)の発声指導を行い,指導前後の“故郷”の歌唱のビブラートの振幅と周波数,Q値,SFRを調査した。さらに,歌唱の習熟度の高い歌唱者との比較も行った	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全員のSFRが上昇している傾向が見られた</li> <li>・Q値は一部上昇しているが,被験者全員に共通する変化は見られなかった</li> <li>・歌唱の習熟度の高い歌唱者の比較実験では,ビブラートの周波数および振幅が音高に依存しない傾向にあること,Q値とSFRの両値が比較的大きい値になった</li> </ul>	習熟度の高い歌唱者は,Q値とSFRの両値が比較的高く現れ,初学者はどちらかのみが高い,もしくは値が小さいことを示した
佐久間雄輝 (2015) 電子情報通信 学会誌	歌声の習熟度に関連する周波数特性からみた音響特徴量	非音楽系学科所属で声楽未経験の男子学生2名と教育学部音楽科所属の女子学生2名に対する実験(i),男性指導者1名と女性指導者1名に対する“鳴る”発声法で歌った歌声(良い声)と歌声として使わない発声法(使わない声)の実験(ii),実験(i)の1年経過後の実験(iii),教育学部音楽科所属の女子学生13名に対する実験(iv)を行い,指導前後の“故郷”の歌唱のQ値,SFR,2凸,2凸/1凸を比較し,4種類の音響特徴について検証した	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Q値,SFRの組み合わせによって習熟度を評価することができる</li> <li>・2凸はより初学者向きの音響特徴として使える</li> <li>・2凸/1凸を用いた場合は,分析処理の高速化ができるのでこちらを用いたほうが良い</li> <li>・2凸/1凸と2凸はSFRとQ値に比べて高速に処理できる</li> </ul>	2凸と2凸/1凸の組み合わせのグラフは,Q値とSFRの組み合わせよりも初学者の歌声の習熟度を測る簡易的な指標となりうる可能性がある
野田美春 (2016) 電子情報通信 学会誌	歌声の習熟度に関連する周波数特性に基づく音響特徴量を用いた初学者とプロ歌手の歌声評価	大学の教育学部音楽科の女子学生4名に声楽レッスンを受ける前と1年半経過した後の“故郷”の歌唱を比較する実験,男女複数名のプロ歌手の歌声の録音と分析,全被験者の歌声データの順位付けとSFR,2凸,Q値の比較をした	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大学生すべてにおいて,1年半後のSFRと2凸のQ値が高くなった</li> <li>・プロ歌手を対象とした検討では,男声と女声,声種に応じた変化が確認された</li> <li>・初学者とプロ歌手を比較した場合は,SFRと2凸の最小値共にプロ歌手の値が高かった</li> </ul>	初学者はSFRと2凸が共に低いため,長期的な歌唱訓練を経験することで上昇が確認できる。また,良い声と判断されるSFRと2凸には閾値が存在する可能性も示した

<p>田村邦光 (2017) 日本声楽発声 学会誌</p>	<p>声楽発声への音 声分析の応用事 例：音の高さ・ 倍音・フォルマ ント分析による 歌声の評価の試 み</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歌唱評価の要素で重要な高さ、響きに関して、複数の被験者標本集団において音声分析を行い、声楽への応用可能性・有効性を検討。被験者 A (15 名：合唱・声楽経験者)、B (20 名：一般歌声愛好者)、C (150 名：一般歌声愛好者) のハミングと母音の歌唱を周波数分析</li> <li>・ウグイスとウシガエルの鳴き声の音圧と周波数比較</li> <li>・オペラ歌手の歌唱録音の「ア」、「イ」または「オ」、子供、大人の合唱経験者、一般の女性の「ア」の歌唱におけるスペクトル比較実験</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハミング発声は音の高さは基準音に近く、「ア」母音の発声では音が下がる傾向にあることがわかった</li> <li>・ウグイスとウシガエル実験では、音圧レベルの振幅の幅はウグイスは小さく、ウシガエルは大きい、100m 離れたところまで響くのはウグイスの鳴き声であること、ウグイスのスペクトルを見ると、2,500 ~ 3,500Hz に音圧レベルの強い周波数帯域があった</li> <li>・母音のスペクトル比較では、オペラ歌手の「良く響き、遠くに聞こえる声」のスペクトルの特徴は、1,500Hz 以下と 2,000~3,500Hz の両方の帯域に音圧の強い倍音群があることを示した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数スペクトルによる声の高さの評価は有効だが、ばらつきがあるので複数データを取り、統計分析し平均値、標準偏差で表すことが必要かつ有効である</li> <li>・ハミング発声は基準音に近い声の高さで発声が行われ、母音発声は下がる傾向にある</li> <li>・「良く響き、遠くに聞こえる声」の特徴として、倍音の充実とともに、2,000 ~ 3,500Hz に音の強い帯域が存在する</li> </ul>
---	--	--	---	---

音響学分野では、「響く歌声」には、シンガーズ・フォルマントという音響特徴が現れるといった研究が多数見られる。「響く歌声」を出す歌手が、共通して3,000Hz付近に周波数のピークが現れる発声をしていることが多くの研究によって明らかとなっており、これらは古くからシンガーズ・フォルマント(以下S.F.と示す)と呼ばれてきた。このS.F.について、最初に名付けたのは J.Sundberg (1974) であるが、それ以前にも同様の報告はある。

W.T.Bartholomew (1934) は、喉頭管がS.F.の生成に重要な役割を果たすのではないかと考え、音響分析によって抽出することを試みた。結果、2,400~3,200Hzのフォルマントが存在し、その生成には喉頭付近の形状が関与していると説明した。特に、声門と喉頭蓋と喉頭蓋の最上縁との間の音響放射によって、響きのよい声が生成したと報告した。

J.Sundberg (1974) は、実験で、男性プロオペラ歌手による歌唱と発話の母音のフォルマント周波数を測定し、発話に現れる第 3・4 フォルマントのピークが、歌唱では 20db も高く現れることを示し、3,000Hz 付近に現れるエネルギーのピークを「歌手のフォルマント」と呼んだ。

一方、S.F.は喉頭が上がる時にも出現するという反論も出た。それは、S.Wang (1986) の実験である。S.Wang は、10 人のテノール歌手に京劇の唱法、中世期の唱法、オペラ唱法

の各唱法を母音で歌い分け（ここでは必ずしも1人が3種類歌ったわけではない）をさせ、音響分析を行った。その結果、オペラの唱法に比べて喉頭位置が明らかに高いと推察される他の2つの唱法においても、3,000Hz付近に顕著なピークが生成されることを見出した。

聴覚の特性との関連について、以下の記述がある。

J.Sundberg(1972)はR.ワーグナーのオペラ《ニュルンベルクのマイスタージンガー》〈第1幕、前奏曲〉でソリストがいる時といない時、および通常発話での長時間平均スペクトルを測った。オーケストラと発話におけるもっとも強い部分音は450Hz近辺に現れる傾向があり、3,000Hz付近はかなり弱いことがわかった。この実験により、オーケストラが大きな音を出していても、観客が歌手の声を容易に聞き分けることができることが確認された。つまり、S.F.と呼ばれる周波数帯域のエネルギーが高くなるようにオペラ歌手が歌うことで、オーケストラと共演してもマイクなしで客席まで響き渡ることが示された。

S.F.と聴覚に関連して、以下の記述がある。

山内・鮎川(2001)の著書『感覚の地図帳』では「外から入ってきた音の周波数が、共鳴を起こす周波数であった場合、その周波数の聞こえがよくなるという効果がある。ヒトの外耳道の長さはある程度決まっているのでその周波数は、3,000~4,000Hzの間にある。この周波数では、約10dbの音圧上昇効果があるとされる。そして、ヒトの気導聴力（空気中から入ってきた音の聴力）の最高感度が3,000~4,000Hz付近であるのは、外耳道の共鳴によるものであるといわれている。」とある。

次に、S.F.についての、いくつかの研究を調査する。

ミラー(R.Miller, 2014)は、「よい歌声の音」にはS.F.を調整した結果生まれる「リンとした響き(ring)」があり、この技術は喉頭で生まれた母音の共鳴管でのトラッキングとも呼ばれる<sup>註5</sup>と指摘した。さらに、S.F.の先駆けのパルジー(B.L.Pelsky, 1942)について、「共鳴する歌唱時に特徴的なフォルマントのスペクトラムを声種に従って分類した。男性は2,500~3,200Hz、メゾソプラノとアルトは3,200Hzくらい、ソプラノは最高4,000Hz」と述べている。他に、声種とS.F.の関係についてW.Seidner(1985)は男性のS.F.をバスとテノールにわけて実験をし、バス歌手は2,300~3,000Hz、テノール歌手は3,000~3,800Hzであると報告している。

一方、国内におけるS.F.の研究がある。池田・伊東(2000)はプロの歌手(ソプラノ10名、テノール5名)の歌声について分析した宮本(1995)の研究について分析した。その結果、B<sup>b</sup><sub>4</sub>とB<sup>b</sup><sub>5</sub>の音高<sup>註2</sup>では10名中3名しかS.F.が現れていなかった。次に、声楽を学ぶ大学院生4名(男子2名、女子2名)と全く学んだことがない一般学生4名(男子2名、女子2名)を被験者とし、会話(女性はC<sub>5</sub>、男性はC<sub>4</sub>の音高<sup>註2</sup>)と歌声(普通の歌声、よい声の歌声)と、音高の異なる歌声(母音:「ア」「イ」「ウ」「エ」「オ」)を録音し、周波数のスペクトル分析をした。その結果、一般的にプロの男子歌手の歌声において存在するといわれるS.F.が、声楽を学ぶ大学院生だけでなく一般の大学生にも見られたこと、また、それは母音の種類によって違いがあることが分かった。さらに、追加実験で教育学部声楽

専攻女子学生の3名による歌声（「喉がよく開かれていない歌声」と「喉がよく開かれた歌声」）の周波数のスペクトル分析も行った。その結果、「喉がよく開かれていない歌声」では1名の「ア」のみにS.F.が現れたが、それ以外は現れなかったが、「喉がよく開かれた歌声」では3名全員の「ア」「オ」にS.F.が現れた。これらの実験結果から、S.F.が出やすい母音や音域があることや、F.Huslerの喉頭懸垂機構の操作をして「喉がよく開かれた歌声」にはS.F.が現れることを示した。

山辺ら（2012）は、非音楽系学科所属で声楽未経験の大学生4名（男性2名、女性2名）に対し実験を行った。声楽発声指導者が30分間の発声指導を行い、その前後の“故郷”の歌唱のパワー（db）、Q値（S.F.のピークの鋭さ）<sup>注6</sup>、ビブラート（振幅）の変化を調査した。その結果、パワー（db）とQ値は、95%信頼区間で優位に値が向上したが、ビブラート（振幅）は、有意差は確認されなかった。これらの結果から、短時間での歌唱指導の効果が確認できたことを示した。

佐久間ら（2013）は、非音楽系学科の男子大学生2名（アマチュア合唱団に所属）と教育学部音楽科所属の女子大学生2名を被験者とし、1か月間に4回（1回30分）の発声指導を行い、指導前後の“故郷”の歌唱のビブラートの振幅と周波数、Q値、SFR（S.F.帯域に相当する倍音含有率）<sup>注7</sup>の推移を調査した。その結果、全員のSFRが上昇している傾向が見られた。Q値は一部上昇しているが、被験者全員に共通する変化は見られなかった。ビブラート発声は観測されなかった。一方、歌唱の習熟度の高い歌唱者の比較実験では、ビブラートの周波数および振幅が音高に依存しない傾向にあること、Q値とSFRの両値が比較的大きい値になった。これらの実験から、習熟度の高い歌唱者は、Q値とSFRの両値が比較的高く現れ、初学者はどちらかのみが高い、もしくは値が小さいことを示した。

佐久間ら（2015）は、非音楽系学科所属で声楽未経験の男子学生2名と教育学部音楽科所属の女子学生2名に対する実験（i）、男性指導者1名と女性指導者1名に対する“鳴る”発声法で歌った歌声（良い声）と歌声として使わない発声法（使わない声）の実験（ii）、実験（i）の1年経過後の実験（iii）、教育学部音楽科所属の女子学生13名に対する実験（iv）を行った。そして、スペクトル解析データの指導前後のLPC包絡線（線形予測符号）<sup>注8</sup>のQ値、SFR（4,000Hzまでの範囲におけるS.F.帯域の含有率）、2凸（LPC包絡線から算出する2番目の凸の高さ）<sup>注9</sup>、2凸/1凸（2凸の値を1凸の値で割った値）<sup>注10</sup>の4種類の音響特徴について検証した。その結果、Q値、SFRの組み合わせによって習熟度を評価することができること、2凸はより初学者向けの音響特徴として使えること、2凸/1凸を用いた場合は、分析処理の高速化ができること、2凸/1凸と2凸はSFRとQ値に比べて高速に処理できることを示した。そして、2凸と2凸/1凸の組み合わせは、Q値とSFRの組み合わせよりも初学者の歌声の習熟度を測る簡易的な指標となりうる可能性があることを示唆した。

野田ら（2016）は、大学の教育学部音楽科の女子学生4名に、声楽レッスンを受ける前と1年半経過した後の歌声を比較する実験、男女複数名のプロ歌手の歌声の録音と分析、



全被験者の歌声データの順位付け（よい声の条件として、「オーケストラを越えて、よく響く艶やかな声」）の実験と分析を行った。分析したのはSFR（4,000Hzまでの範囲におけるS.F.帯域の含有率）、2凸、Q値である。実験結果は、大学生すべてにおいて、1年半後の歌声のSFRと2凸のQ値が高くなった。プロ歌手を対象とした検討では、男声と女声、声種に応じた変化が確認された。初学者（歌唱を学び始めた大学生）とプロ歌手を比較した場合は、SFRと2凸の最小値共にプロ歌手の値が高かった。さらに、音響特徴量（SFRと2凸）の異なる複数の歌声を指導者に聴取させ、それぞれの印象と歌唱訓練を経た声としての順位付けの印象評価実験では、特にSFRが低い傾向にある声は、男女ともに低い順位となった。また、自由記述においては、歌声の印象評価が低い順位の歌声には「弱々しい」「細い」「こもった」という印象で、高い順位の歌声は「輝きのある」「つややか」、男性は「力強い」「張りのある」という印象の記述が見られた。しかし、SFRと2凸の値が高い歌声でも順位が低いものもあった。そういった歌声は「固い」「未成熟」という印象であったと報告している。

田村・河合(2017)は、歌唱評価の要素で重要な高さ、響きに関して、複数の被験者標本集団において音声分析を行い、声楽への応用可能性・有効性を検討した。被験者A（15名：合唱・声楽経験者）、B（20名：一般歌声愛好者）、C（150名：一般歌声愛好者）によるハミングと母音の歌唱の周波数分析比較実験、ウグイスとウシガエルの鳴き声の音圧と周波数比較実験、オペラ歌手の「ア」、「イ」または「オ」、子供、大人の合唱経験者、一般の女性の「ア」の歌唱におけるスペクトル比較実験を行った。その結果、ハミング発声の音高は基準音に近く、「ア」母音の発声では音がる傾向にあることがわかった。ウグイスとウシガエル実験では、音圧レベルの振幅の幅はウグイスは小さく、ウシガエルは大きいだが、100m離れたところまで響くのはウグイスの鳴き声であること、ウグイスのスペクトルを見ると、2,500~3,500Hzに音圧レベルの強い周波数帯域があった。母音のスペクトル比較では、オペラ歌手の「良く響き、遠くに聞こえる声」のスペクトルの特徴は、1,500Hz以下と2,000~3,500Hzの両方の帯域に音圧の強い倍音群があることを示した。そして、周波数スペクトルによる声の高さの評価は有効だが、ばらつきがあるので複数データを取り、統計分析し平均値、標準偏差で表すことが必要かつ有効であること、ハミング発声は基準音に近い声の高さで発声が行われ、母音発声は下がる傾向にあること、「良く響き、遠くに聞こえる声」の特徴として、倍音の充実とともに2,000~3,500Hzに音の強い帯域が存在することを示唆した。

#### I.1.4 各分野における「響く歌声」を生み出す発声法の検討

I.1.3で調査した各分野において、文献に記載されている発声法について調査する。

##### I.1.4.1 生理学の分野の発声法

フースラー（F.Husler, 1987）は、「響く歌声」の場所を著書『うたうこと』第8章「アン

ザッツ」(pp.89～97)で示し、<sup>こうとうけんすいきんぐん</sup>喉頭懸垂筋群の神経支配と声帯の縁辺筋(甲状-声帯筋、披裂-声帯筋)の筋線維の働きについて示した。そして、「よくとおる」、「美しい響き」を生み出すのに欠かすことのできない輪状-咽頭筋を働かすのはアンザッツ6(図1.1)であることを示した。以下が引用である。

6. 声をうなじに当てると—これを「うなじで歌う」とか「首の後下部に当てると」かいうのだが(後者はカルーソーが言った言葉であるが、この比類のない歌手の歌い方の著しい特徴である)—喉頭引き上げ筋である輪状-咽頭筋によって喉頭は下・後方へ引き下げられ、<sup>けいりゅう</sup>食道の上に繫留される。

この輪状-咽頭筋(図1.3)という筋肉の働きで、声帯は、最も強い伸展、つまり最大限のぴんとした張りをもたらすことができ、それは、美しい響き、よく通ること、充実した豊かさを作り出すために、欠くことができない。

高音域はこのアンザッツによって自由となり、まさに無限となる。いわゆる「充実した頭声」が生まれる。傑出した歌手は、意識するしないにかかわらず、みなこのアンザッツをやっている。

引用：フレデリック・フースラー/イヴォンヌ・ロッド=マーリング(1987)・須永義男 他 訳  
『うたうこと』第8章「アンザッツ」p.93

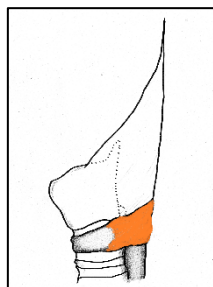


図1.3 輪状-咽頭筋：「引下げ筋」

参考：フレデリック・フースラー/イヴォンヌ・ロッド=マーリング(1987)『うたうこと』p.36 図34

#### I.1.4.2 音声学の分野の発声法

F.D.Minifie(1973)、川原ら(S.Kawahara, 2014)の研究によって、母音を明確にするためには、母音特有の舌の位置、喉頭の位置、顎の開き方があることが示された。さらに、J.Sundberg(1974)、T.Shipp and K.Izdebski(1975)によって、喉頭の位置と音響効果についてS.F.を生成するために喉頭管が重要な役割をしていることが示された。一方、前項の生理学分野で音楽共鳴腔の存在を明らかにした河合・杉本(2015)は、言葉の発音について、会話発声で主に用いる共鳴腔は、喉頭腔～咽頭腔～口腔にかけての「発音共鳴腔」と述べている。そして、初歩の学習者が歌詞をつけて歌う場合は「発音共鳴腔」だけを使って歌唱

するが、プロの歌手は「発音共鳴腔」は共鳴の半分を発音のために用い、声の美しさは「音楽共鳴腔」で響かせていることを示した。

#### I.1.4.3 音響学の分野の発声法

音響学の分野では、J.Sundberg(1974), T.Shipp and K.Izdebski(1975), W.Seidner(1985), S.Wang(1986)などの研究があるが、いずれもプロの歌手を対象にした実験を行っているため、初学者が「響く歌声」を生み出すための指導法については国内の大学生を対象にした論文から指導法を調査した。

国内では、池田・伊東(2000)、山辺ら(2012)、佐久間ら(2013・2015)、野田ら(2016)の、大学生を対象にした実験が報告されている。池田・伊東(2000)は、実験で大学院生に対して1年間、F.Huslerの喉頭懸垂機構の神経支配が行き届いている発声法を行った。実験では、「良い声で歌おうとする意識を持ち、喉がよく開かれた歌声」の指示で歌唱した「ア」と「オ」の母音でS.F.が見られた。山辺ら(2012)の実験では、30分の声楽発声指導(基本的な立ち方や呼吸法、声を響かせる発声法)を1回行った。佐久間ら(2013, 2015)の実験では、30分間の発声指導(正しい姿勢、レガート唱法、声の方向性)を1か月間に計4回行った。野田ら(2016)の実験では、1年半の発声指導(大学のカリキュラムに沿ったレッスンで、はじめの1年は基本的な呼吸法や発声法、レガート唱法やマルカート唱法等の歌唱技術の習得で、残りの半年は習得した基本的な発声法や歌唱技法を発展させる指導法)を行った。

#### I.1.5 考察

生理学の文献調査で、フースラー(F.Fusler, 1987)はアンザッツ(図1.1)で歌手が身体の各部に感じる振動とそれに対応する発声器官の特定の働き方があると仮定し、7か所を示し、解剖学的知識で発声器官の働き方を示した。このことについて、長友(2020)は「フースラーが『アンザッツ』における発声器官の運動を描写した目的は、『アンザッツ』と発声器官の運動との因果関係を実証することではなく、解剖生理学的描写によって、歌手や発声教師の有する『アンザッツ』による振動の実践的な感覚や経験を、科学と緩やかに結合させている点にあり。」(原文ママ)と述べ、学校音楽における歌唱指導への応用可能性を示唆した。フースラーは実際に、「響く歌声」の場所はアンザッツ6であることを示し「輪状-咽頭筋(図1.3)という筋肉の働きで、声帯は、最も強い伸展、つまり最大限のぴんとした張りをもたらすことができ、それは、美しい響き、よく通ること、充実した豊かさを作り出すために、欠くことができない」と説明している。このことを学校教育で応用するなら、フースラーのアンザッツ6(図1.1)と輪状-咽頭筋(図1.3)を図で示し、「うなじで歌う」とか「首の後下部に当てる」という意識をもたせて発声させることは、「響く歌声」を生み出す指導法として応用できる。

河合・杉本（2015）は、MRIの撮像から、プロの音楽発声では喉頭腔～咽頭腔～鼻腔に太い管状の音楽共鳴腔（図1.2）が存在することを示した。さらに、歌手は「発音共鳴腔」は共鳴の半分を発音のために用い、声の美しさは「音楽共鳴腔」で響かせていることを示した。和田（2004）は、日本語は喉の奥を開けずに口先だけで話すこと、他言語に比べて優先的に使う周波数が低く周波数帯域も狭い、などの特徴を挙げており、特に喉の奥を開けることは重要であると述べている。日本語で会話するときは、河合・杉本の示した「発音共鳴腔」（喉頭腔～咽頭腔～口腔）で共鳴させているということだとすると、「響く歌声」にするためには、「音楽共鳴腔」を意識して歌うことは効果的と言える。

音声学の調査では、F.D.Minifie(1973)の声道形状とサイズによってフィルターの特性が決まるとした研究がある。さらに、川原ら（S.Kawahara, 2014）の日本語の母音発声のエコーによる調査研究では、日本語の母音を発音するときの舌の位置や顎の開き度合いを示した。河合・杉本の研究で、会話は「発音共鳴腔」（喉頭腔～咽頭腔～口腔）で共鳴させているということが示されており、発音を明確にするためには口腔に共鳴させることは必須であることが分かる。しかし、顎を大きく開く母音「ア」は、音楽共鳴腔に共鳴させることが難しい。そこで、「顎を開きすぎないで」と指示して発声指導することで、「響く歌声」に変化すると思われる。

音響学の文献調査では、「響く声」を周波数で示した、S.F.（シンガーズ・フォルマント）という音響特徴についての研究が多数ある。J.Sundberg（1974）は、4名の男性歌手による様々な母音のフォルマント周波数を測定して、歌手でない人の発話でのフォルマント周波数の測定値と比較し、基音の周波数とその倍音以外にも、2,500～3,000Hz付近にエネルギーのピークがあり、歌手の響く声の正体が、この周波数領域にあらわれることを発見した。国内においては、池田・伊東（2000）、山辺ら（2012）、佐久間ら（2013, 2015）、野田ら（2016）の大学生を対象にした実験では、歌唱指導によってS.F.の値が増加する報告がある。これらの研究から、S.F.は「響く歌声」を測定する指標となると言えよう。また、佐久間らや野田らの実験から、男女を含めた実験でもS.F.の範囲を限定して増減を比較することで、指導効果を測定できることがわかった。

【注】

注1： MRI : Magnetic Resonance Imaging 磁気共鳴画像

注2：



注3： フォルマント (formant)：「音声のスペクトル包絡上で特定の領域にエネルギーが集中して生じる山。山の中央値，あるいは振幅最大の周波数をフォルマント周波数，その帯域幅をフォルマント帯域幅という。特に定常的な母音で顕著に観察される。フォルマントは，低い周波数から順に，第一フォルマント，第二フォルマント，第三フォルマントのように呼ばれる。」『新版音響用語辞典』，日本音響学会編(1988) コロナ社 p.363

注4： EMA : Electromagnetic Articulograph 電磁波調音診断法

注5： All of these sources suggest that “good singing tone” displays the “ring”, the result of desirable formant balancing. Sometimes this technique is described as the tracking of the laryngeally produced vowel by the resonator tube.

注5の出典：R.Miller(1996). The Structure of Singing: System and Art in Vocal Technique, SCHIRMER CENGAGE Learning p.56

注6： Q値 (S.F.のピークの鋭さ) : (最大ピークの周波数 $f_a$ ) ÷ (ピークの両側に - 3dbとなる周波数差 $f_b - f_c$  ( $f_b > f_c$ )) × 100

注7： SFR (Second Formant Ratio) (S.F.帯域に相当する倍音含有率) :

(S.F.帯域<sup>\*1</sup>のRMS<sup>\*2</sup>値の合計) ÷ (4,000HzまでのRMS値の合計) × 100

※1：佐久間ら (2013) は，2,000~4,000Hz，佐久間ら (2015) ，野田ら (2016) は 2,400~4,000Hzの範囲にしている。

※2：実効値 (ある一定期間の波形レベルの2乗を平均して平方根を求めたもの)

注8： LPC包絡線 (線形予測符号) : Linear Predictive Coding

注9： 2 凸 : LPC包絡線から算出する 2 番目の凸の高さ

注10： 2 凸/ 1 凸 : LPC包絡線から算出する2番目の凸の高さ<sup>\*</sup> ÷ LPC包絡線から算出する1番目の凸の高さ<sup>\*</sup>

※高さとは，LPC包絡線における1つ目山 (1凸) と2つ目の山 (2凸) の間の凹を底辺として求められるピーク値の高さである。

## 第2章 高等学校音楽教師の歌唱指導に関する調査

### I.2.1 調査目的

本章では、次の点を明らかにするため、高等学校の音楽教師に向けて質問紙による実態調査を行う。

- ① 良い歌声の判断基準
- ② 授業での歌唱指導の目的
- ③ 重要と考える歌唱表現と発声法
- ④ 授業で行っている具体的な発声法
- ⑤ 年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違い
- ⑥ 教師の専攻（声楽専攻か否か）に見た重視する発声法の違い
- ⑦ 教師の声楽のレッスン歴別に見た重視する発声法の違い
- ⑧ 教師の歌唱指導に関する参考指導法・文献があるか否か別に見た重視する発声法の違い

### I.2.2 調査方法

調査対象は、A県の公立・私立高等学校（定時制・通信制を含む）のうち、芸術科目で音楽Ⅰを開講している高等学校64校、72名の音楽教師を対象とした。

調査方法は、郵送法による質問紙調査である。調査時期は、2020年1月18日送付で、2月18日締め切りである。47名から回答を得た（回収率65%）。

調査は無記名とし、個人情報保護に努めることを明記した。以下に調査内容を示す。

まず、(1) 音楽教師の属性の9項目を尋ねた。その内訳は、職名、性別、年代、部顧問、主専攻、大学時代のレッスン経験、大学時代のレッスン年数、大学外のレッスン経験、大学外のレッスン年数である。次に(2) 発声や歌唱指導において参考としている指導法や文献について尋ねた。続いて、(3) 独唱と合唱で、それぞれの「良い声」について尋ねた(表2.1)。声の良さを表現する語彙を、教科書や指導書などを参考として、次の選択肢から選ぶように設定した。「響く声」、「透明感がある声」、「音域が広い声」、「柔らかい声」、「輝かしい声」、「優しい声」、「ダイナミクスがつけられる(声量がある)声」、「支えのある声」、「その他」の9つで、回答は重視している順に3つを選ぶ形式で調査した。さらに(4) 歌唱授業の主な目的を尋ねた(表2.2)。従前の高等学校学習指導要領(平成21年3月告示)をもとに8項目の目的を掲げ、回答者が授業で重視している項目を3つ選び○をつける形で問うた。次いで(5) 独唱と合唱で重要と考える内容について、「表現」と「発声」それぞれ分けて○をつける形にした(表2.3, 2.4)。これは、教科書や指

導書などの語句を参考として選択肢を設定した。なお、この設問の○は各項目 2 つまでとした。「表現」関係の語句は「自己のイメージを生かす表現」、「作詞・作曲の意図をくんだ表現」、「フレージング」、「ダイナミクス」、「語感」、「その他」、さらに合唱では、「まわりの声を聴くこと・一体感」、「ハーモニー」を加えた。「発声」関係の語句は「呼吸法」、「姿勢」、「顔の表情」、「身体の支え」、「母音の響き」、「共鳴腔の意識」、「声量」、「その他」である。最後に(6)自由記述で、「歌唱の授業で、生徒の声が良くなったと実感が持てた指導法」、「歌唱の授業で、遠くに響く声にするための指導法」、「その他、歌唱指導についての意見」を尋ねた。

### I.2.3 全体集計結果と分析結果

全体集計は(表2.1~2.5)、分析結果は(表2.6~2.9)に示す。

優位順を記入する質問項目については、1位を3点、2位を2点、3位を1点とした。％は、回答者(n=47)全員が1位を付けた場合の最高得点(141点)に対する割合とした。複数回答(2つまで)は全回答者数に対しての割合とした。

統計分析にあたっては、IBMのSPSS Statistics Ver.26を用いた。クロス表の分析では、全体の人数が少ないことを考慮してFisherの直接法を用いて検定を行った。

#### I.2.3.1 教師の属性について

アンケートの回答者47名(100%)中、教諭と講師の割合は53.2%(25名)と46.8%(22名)である。男女数では女性が80.9%(38名)、男性が19.1%(9名)である。年代別では50代が34.0%(16名)と他の年代に比べ多く、次いで30代が19.1%(9名)、40代が17.0%(8名)、20代(6名)、60代(6名)、70代(2名)であった。部顧問は吹奏楽が40.4%(19名)、合唱部は19.1%(9名)で、吹奏楽が多かった。大学の専攻はピアノが38.3%(18名)と最も多く、次いで声楽が34.0%(16名)、ピアノ以外の器楽が17.0%(8名)、作曲が4.3%(2名)、教育が4.3%(2名)、音楽学2.1%(1名)であった。大学での声楽レッスン経験有りは93.6%(44名)で、ほぼ受けていた。大学で声楽を習った期間の平均年数は2.7年であった。大学外の声楽レッスン経験有の教師は72.3%(34名)であった。

#### I.2.3.2 独唱または合唱における「良い歌声」について(表2.1)

この項目では、優位順(1~3位)に回答を求めたので、回答得点の最高得点(優位順1~3を1位は3点、2位は2点、3位は1点と得点に置き換えて計算した)は141点である。

独唱では、「響く声」が77.3%(109点)で1位、「支え」が40.4%(57点)で2位、「ダイナミクス」が20.6%(29点)で3位であった。合唱では「響く声」が70.2%(99点)で

1位, 「支え」が34.8% (49点) で2位, 「柔らかい」が26.2% (37点) で3位であった。どちらも1位に「響く声」, 2位に「支え」を挙げていた。

#### I. 2. 3. 3 授業での歌唱指導の目的について (表2. 2)

この項目では, 優位順 (1~3位) に回答を求めたので, 回答得点の最高得点 (優位順1~3を1位は3点, 2位は2点, 3位は1点と得点に置き換えて計算した) は141点である。

「自己のイメージをもって表現すること」が58.9% (83点), 「曲想と音楽の構造や歌詞について理解すること」が55.3% (78点) と多く, 発声に関する項目の「曲種に応じた発声について理解すること」は8.5% (12点), 「曲にふさわしい発声の技能を身につけること」は10.6% (15点) と少なかった。

#### I. 2. 3. 4 独唱または合唱の授業で重要と考える「表現」 (表2. 3), 独唱または合唱の授業で重要と考える「発声」について (表2. 4)

この項目は, 全回答者数47名 (100%) に対する割合である。

独唱と合唱の授業で重要と考える表現について比較すると, 独唱では「自己のイメージを生かす」が63.8% (30名), 合唱では「まわりの声を聴くこと・一体感」が57.4% (27名) であった。独唱と合唱の授業で重要と考える発声を比較すると, 独唱では「呼吸法」が51.1% (24名), 次いで「姿勢」が29.8% (14名), 3番目に「身体の支え」が25.5% (12名), 「共鳴腔の意識」は4番目で23.4% (11名) であった。合唱では「呼吸法」が42.6% (20名), 次いで「姿勢」が31.9% (15名), 「共鳴腔の意識」は3番目 (「身体の支え」, 「母音の響き」と同位) で25.5% (12名) であった。独唱と合唱の発声で1, 2番目の重視する項目である「呼吸法」と「姿勢」は同じであった。

#### I. 2. 3. 5 自由記述「歌唱の授業で, 生徒の声が悪くなったと実感が持てた指導法」について (表2. 5)

声楽専攻の教師とその他の専攻の教師に分け, さらに大学外でのレッスン年数を載せた。声楽専攻の教師で自由記述に回答した教師は大学外でもレッスンを受ける年数が多かった。具体的な指導法の記述内容について, 声楽専攻の教師は, 「深く息を吸う」, 「のどのアキを作るため, 笑ってほほを上げる」, 「軟口蓋をあくびののどにする」, 「ハミング」, 「ため息」, 「呼吸」, 「鼻から吸う」, 「支え, 広がり体操」, 「母音のベクトル」, 「体の使い方」, 「体操」, 「声の響く生徒の真似」, 「口が適度に開いた状態で息が気管を通り, 喉を通ってきて声が出るという感覚を意識」という記述があった。一方, その他の専攻の教師は, 「リップロール」, 「プロの声楽家の真似」, 「歌詞の内容についての意見交流」, 「何度も人に聴いてもらう」, 「イメージをもたせる」, 「ハミング」, 「呼吸」, 「母音で口を大きく開ける」, 「音程をつけずに, 大きな声を出す」, 「口の開け方」, 「姿勢」, 「腹式呼吸」, 「声を飛



ばすイメージ」,「口形」,「響きの意識」,「他団体,学校のDVDを見せて良いところに気づかせる」,「目標となる声を見つける」,「体のほぐし」,「大きな口でロングトーン」,「クラスの前で発表」,「教科書のボイストレーニング」,「鼻腔を意識し,響きの点(共鳴腔)に音(声)を当てる」,「響きを下に落とさないように,身体から上で歌う意識をもつ」,「横隔膜を広げ大きく吐く」,「呼吸がすべての原動力であることへの意識確認」という記述があった。その他の専攻の教師で1名,大学外レッスンに10年と書いた教師は「喉を開ける」,「あくびの口」といった,声楽専攻の教師に見られる指導法を記述していた。

#### 1.2.3.6 年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違いについて(表2.6)

この項目は,各年代(20・30代は15名,40・50代は24名,60・70代は8名)の人数における各項目の人数の割合とFisher直接法による分析( $p$ 値)である。

「独唱 母音の響き」は,20・30代が0.0%,40・50代は33.3%,60・70代は25.0%が重視しており,Fisher直接法による分析結果,年代と母音の響きは有意な関連があり,40・50代が他の年代より有意に割合が多かった。

#### 1.2.3.7 教師の専攻(声楽専攻か否か)に見た重視する発声法の違いについて(表2.7)

この項目は,各専攻(声楽は16名,その他は31名)の人数における各項目の人数の割合とFisher直接法による分析( $p$ 値)である。

「合唱 声量」では,声楽を主専攻とする教師は0.0%,その他の専攻の教師は25.8%が重視しており,Fisher直接法による分析結果,その他の専攻の教師は,声楽専攻の教師と比べて声量を重視する割合が有意に多かった。

#### 1.2.3.8 教師のレッスン歴別に見た重視する発声法の違いについて(表2.8)

この項目は,各レッスン歴(0～4年は21名,5～9年は13名,10年以上は11名)の人数における各項目の人数の割合とFisher直接法による分析( $p$ 値)である。

「独唱 共鳴腔の意識」では,レッスン歴0～4年は42.9%,5～9年は0.0%,10年以上は18.2%が重視しており,Fisher直接法による分析結果,0～4年の群は他の群と比べて有意に割合が多いという結果であった。しかし,「合唱 共鳴腔の意識」を見ると,レッスン歴0～4年は33.3%,5～9年は15.4%,10年以上は27.3%が重視しており,Fisher直接法による分析結果では有意差は見られなかった。また,「合唱 声量」では,レッスン歴0～4年は28.6%,5～9年は7.7%,10年以上は0.0%が重視しており,Fisher直接法による分析の結果,0～4年の群は他の群と比べて有意な傾向があったが,「独唱 声量」では,レッスン歴0～4年は28.6%,5～9年は23.1%,10年以上は9.1%が重視しており,Fisher直接法による分析の結果,0～4年の群は他の群と比べて有意な傾向が見られなかった。

### I. 2. 3. 9 教師の歌唱指導に関する参考指導法・文献があるか否か別に見た重視する発声法について（表2.9）

この項目は、参考指導法・文献の有無（有は26名、無は16名）の人数における各項目の人数の割合とFisher直接法による分析（ $p$ 値）である。

「独唱 呼吸法」では、参考有りの群は61.5%、参考無しの群は25.0%が重視しており、Fisher直接法による分析結果では、参考有りの群は無しの群より有意に割合が多かった。さらに、「合唱 共鳴腔の意識」では、参考有りの群が38.5%、参考無しの群は0.0%が重視しており、Fisher直接法の分析結果では、参考有りの群は無しの群に比べて有意に割合が多かった。

また、「合唱 声量」では、参考有りの群が7.7%、無しの群は37.5%が重視しており、Fisher直接法の分析結果では、参考無しの群は有りの群に比べて有意に割合が多かった。

表2.1 独唱または合唱における「良い歌声」について (n=47)

	良い声の基準 注1)	回答得点 注2)	%換算値 注3)
独 唱	①響く声	109	77.3
	②透明感	22	15.6
	③音域	9	6.4
	④柔らかい	20	14.2
	⑤輝かしい	9	6.4
	⑥優しい	1	0.7
	⑦ダイナミクス	29	20.6
	⑧支え	57	40.4
	⑨その他	10	7.1
合 唱	①響く声	99	70.2
	②透明感	25	17.7
	③音域	7	5.0
	④柔らかい	37	26.2
	⑤輝かしい	4	2.8
	⑥優しい	1	0.7
	⑦ダイナミクス	26	18.4
	⑧支え	49	34.8
	⑨その他	17	12.1

注1) 独唱または合唱での「良い歌声」とはどんな声かについて、以下の①～⑨の項目の中から3つ選び、優位順に1～3の数字を記入させた

①響く声、②透明感がある声、③音域が広い声、④柔らかい声、⑤輝かしい声、⑥優しい声、⑦ダイナミクスがつけられる(声量がある)声、⑧支えのある声、⑨その他

注2) 回答得点とは、1位は3点、2位は2点、3位は1点として、回答者全員の得点を合計したもの

注3) %換算値とは、最高得点141(回答者全員が3点をつけたときの最高値)を100として、各項目の回答得点がどの程度になるかを示したもの

表2.2 授業での歌唱指導の目的について (n=47)

	指導目的 注1)	回答得点 注2)	%換算値 注3)
1)	自己のイメージをもって表現すること	83	58.9
2)	曲想と音楽の構造や歌詞について理解すること	78	55.3
3)	曲種に応じた発声について理解すること	12	8.5
4)	様々な表現形態による歌唱表現について理解すること	19	13.5
5)	曲にふさわしい発声の技能を身につけること	15	10.6
6)	他者との調和を意識して歌うこと	41	29.1
7)	表現形態の特徴を生かして歌うこと	8	5.7
8)	その他	10	7.1

注1) 授業での歌唱指導の目的(上記1～8)から選ぶ)として、重視している順位順に1～3の数字を記させた

注2) 回答得点とは、1位は3点、2位は2点、3位は1点として、回答者全員の得点を合計したもの

注3) %換算値とは、最高得点141(回答者全員が3点をつけたときの最高値)を100として、各項目の回答得点がどの程度になるかを示したもの

表2.3 独唱または合唱の授業で重要と考える「表現」について (n=47)

項目	内容	延べ回答数 <small>注1)</small>	割合 (%) <small>注2)</small>
独 唱	①自己のイメージを生かす表現	30	63.8
	②作詞・作曲者の意図をくんだ表現	28	59.6
	③フレージング	16	34.0
	④ダイナミクス	6	12.8
	⑤語感	8	17.0
	⑥その他	0	0.0
合 唱	①皆でイメージを考えた表現	14	29.8
	②作詞・作曲者の意図をくんだ表現	14	29.8
	③フレージング	5	10.6
	④ダイナミクス	4	8.5
	⑤語感	4	8.5
	⑥まわりの声を聴くこと・一体感	27	57.4
	⑦ハーモニー	18	38.3
	⑧その他	0	0.0

注1) 独唱または合唱の授業で重要と考える表現について、それぞれ該当する項目を2つずつ選択させた（独唱と合唱では項目内容と項目個数が若干異なる）

注2) 割合 (%) は全回答者数47に対する割合であり、複数回答のため、合計は100%にならない

表2.4 独唱または合唱の授業で重要と考える「発声」について (n=47)

項目	内容	延べ回答数 <small>注1)</small>	割合 (%) <small>注2)</small>
独 唱	①呼吸法	24	51.1
	②姿勢	14	29.8
	③顔の表情	4	8.5
	④身体の支え	12	25.5
	⑤母音の響き	10	21.3
	⑥共鳴腔の意識	11	23.4
	⑦声量	10	21.3
	⑧その他	1	2.1
合 唱	①呼吸法	20	42.6
	②姿勢	15	31.9
	③顔の表情	7	14.9
	④身体の支え	12	25.5
	⑤母音の響き	12	25.5
	⑥共鳴腔の意識	12	25.5
	⑦声量	8	17.0
	⑧その他	0	0.0

注1) 独唱または合唱の授業で重要と考える発声について、それぞれ該当する項目を2つずつ選択させた（独唱と合唱の項目は同じ）

注2) 割合 (%) は全回答者数47に対する割合であり、複数回答のため、合計は100%にならない

表2.5 自由記述（下線は筆者）（n=47）

専攻	大学外 注) レッスン年	歌唱の授業で、生徒の声が良くなったと実感が持てた指導法がありましたら教えてください
声 楽 専 攻	7	クラス授業で（深く息を吸う。笑う顔で）、個人レッスンで（ <u>のどのアキを作るため、笑ってほほを上げる。軟口蓋をあくびのどにする</u> 。基本はハミングからのスタート、あるいは、 <u>ため息が基本</u> ）
	10	呼吸を意識すると発声が変わってくる。 <u>鼻から吸う</u> ということをよく言う
	26	アンサンブルでアカペラハモリ曲をステップ①～⑥までを順に練習したら声安定してきた。このとき、 <u>支え、広がり</u> の <u>体操</u> も取り入れた
	37	歌唱実技テストを行い、一人ずつ短いアドバイスをしている。生徒によってはそのアドバイスが効果的な場合もある
	未記入	呼吸法。 <u>母音のベクトル</u> 。 <u>体の使い方</u> 。 <u>体操</u> 。
	6	<u>声の響く生徒の真似</u> をさせる。 <u>口が適度に開いた状態で息が気管を通り喉を通ってきて声が出るという感覚を意識</u> させたときなど。出しやすい音域の感じ（喉の様子や息の流れなど）を保ちつつ音を順次上下させたときなど
	20	基本的な発声をした後、一人一人音楽に向き合わせる
	0	日々試行錯誤です
	3	息を流すためにリップロールで歌わせてから普通に歌う
	0.4	プロの <u>声楽家の真似</u> をしてみる指導
そ の 他 の 専 攻	2	歌唱の前に歌詞の内容についての意見交流を行うと、声が多まり声量や勢いのある合唱になった。また、 <u>何度も人に聴いてもらう機会</u> をたくさんとることも効果的であった
	2	生徒にイメージをもたせたら声良くなったと感じることが多い
	2	<u>ハミング</u> で歌う。恥ずかしさを取り除くために、交流をして仲を深めると良い
	未記入	<u>ハミング</u> で発声してから声を出す。録音した生徒自身の歌唱を聴かせてから歌う
	0	呼吸の練習をする。何秒ですって何秒ではなく、というような練習。一人ずつ発声を見る。（ほかの生徒には別の課題を出す）
	2	母音で口を大きく開ける。音程をつけずに、大きな声を出す。 <u>口の開け方、姿勢、呼吸</u> に注意
	0	腹式呼吸の意識。声飛ばすイメージ
	0	<u>口形、響きの意識</u>
	1	他団体、学校のDVD等を見せて良いところに気づかせる。生徒が良い声を感じるためには、小・中学校の音楽経験だけでなく、多種の <u>声楽曲</u> を聴かせ、 <u>目標となる声を見つける</u> ことが必要
	0	なし。どんどん声小さくなっていってしまう
そ の 他 の 専 攻	1	<u>姿勢、腹式呼吸、口を開ける</u> の3つです。 <u>体のほぐし、呼吸練習、大きな口でロングトーン</u> 等の練習で声の響き、声量の変化がある。 <u>クラスの前で発表させる</u> のも効果的。
	10	1.喉を開ける。2. <u>あくびの口</u> 。3. <u>おなかの支え</u> 。遠くへ「オーイ！」と叫ぶ
	0	専門が器楽なので深く掘り下げて指導していません。 <u>教科書のボイストレーニング</u> はします。
	0	<u>鼻腔を意識し、響きの点（共鳴腔）に音（声）を当てる</u> ことを常に実践した。 <u>響きを下に落とさないように、身体から上で歌う意識をもつ</u> ようにすること。 <u>横隔膜を広げ大きく吐く</u> （たくさんの呼吸が体をめぐるように）ことを体で覚えてもらうこと。 <u>呼吸がすべての原動力であることへの意識確認</u>
	0	

注) 大学外レッスン年とは、大学以外で声楽のレッスンを受けた経験有の教師が習った期間の年数

表2.6 年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違いについて 注1)

	A) 20・30歳代			B) 40・50歳代			C) 60・70歳代			Fisherの直接法	
	n=15	%	注2)	n=24	%	注2)	n=8	%	注2)	p値	注3)
独 唱	①呼吸法	9	60.0	10	41.7	5	62.5	0.452			
	②姿勢	7	46.7	6	25.0	1	12.5	0.199			
	③顔の表情	1	6.7	2	8.3	1	12.5	1.000			
	④身体の支え	5	33.3	5	20.8	2	25.0	0.745			
	⑤母音の響き	0	0.0	8	33.3	2	25.0	0.032	*		
	⑥共鳴腔の意識	5	33.3	3	12.5	3	37.5	0.219			
	⑦声量	3	20.0	7	29.2	0	0.0	0.282			
合 唱	①呼吸法	7	46.7	8	33.3	5	62.5	0.350			
	②姿勢	6	40.0	8	33.3	1	12.5	0.454			
	③顔の表情	1	6.7	5	20.8	1	12.5	0.646			
	④身体の支え	3	20.0	7	29.2	2	25.0	1.000			
	⑤母音の響き	3	20.0	7	29.2	2	25.0	0.902			
	⑥共鳴腔の意識	6	40.0	3	12.5	3	37.5	0.099			
	⑦声量	3	20.0	5	20.8	0	0.0	0.512			

注1) 独唱または合唱の授業で重要と考える発声について、それぞれ該当する項目を2つずつ選択させたもの(表2.4)を年代別に再集計したもの

注2) 数字は人数と、年齢階層別の%を表す(複数回答のため、合計は100%にならない)

注3) それぞれの項目ごとに、年齢階層別にそれぞれの項目を重視する/しないの人数をクロス集計し、Fisherの直接法で検定を行った \*:  $p<0.05$

表2.7 教師の専攻(声楽専攻か否か)に見た重視する発声法の違いについて 注1)

	A) 声楽専攻			B) その他の専攻			Fisherの直接法	
	n=16	%	注2)	n=31	%	注2)	p値	注3)
独 唱	①呼吸法	8	50.0	16	51.6	1.000		
	②姿勢	5	31.3	9	29.0	1.000		
	③顔の表情	1	6.3	3	9.7	1.000		
	④身体の支え	4	25.0	8	25.8	1.000		
	⑤母音の響き	5	31.3	5	16.1	0.274		
	⑥共鳴腔の意識	3	18.8	8	25.8	0.725		
	⑦声量	2	12.5	8	25.8	0.457		
合 唱	①呼吸法	9	56.3	11	35.5	0.220		
	②姿勢	5	31.3	10	32.3	1.000		
	③顔の表情	4	25.0	3	9.7	0.208		
	④身体の支え	4	25.0	8	25.8	1.000		
	⑤母音の響き	2	12.5	10	32.3	0.176		
	⑥共鳴腔の意識	5	31.3	7	22.6	0.725		
	⑦声量	0	0.0	8	25.8	0.038	*	

注1) 独唱または合唱の授業で重要と考える発声について、それぞれ該当する項目を2つずつ選択させたもの(表2.4)を教師の専攻(主専攻が声楽専攻か否か)別に再集計したもの

注2) 数字は人数と、専攻別の%を表す(複数回答のため、合計は100%にならない)

注3) それぞれの項目ごとに、専攻別にそれぞれの項目を重視する/しないの人数をクロス集計し、Fisherの直接法で検定を行った \*:  $p<0.05$

表2.8 教師の声楽のレッスン歴別に見た重視する発声法の違いについて 注1)

	A) 0~4年			B) 5~9年			C) 10年以上			Fisherの直接法
	n=21	%	注2)	n=13	%	注2)	n=11	%	注2)	p値 注3)
独 唱	①呼吸法	9	42.9	7	53.8	7	63.6	0.555		
	②姿勢	4	19.0	6	46.2	3	27.3	0.254		
	③顔の表情	1	4.8	2	15.4	1	9.1	0.798		
	④身体の支え	7	33.3	2	15.4	3	27.3	0.623		
	⑤母音の響き	3	14.3	3	23.1	4	36.4	0.381		
	⑥共鳴腔の意識	9	42.9	0	0.0	2	18.2	0.011 *		
	⑦声量	6	28.6	3	23.1	1	9.1	0.582		
合 唱	①呼吸法	6	28.6	7	53.8	7	63.6	0.137		
	②姿勢	6	28.6	4	30.8	4	36.4	0.918		
	③顔の表情	2	9.5	2	15.4	3	27.3	0.375		
	④身体の支え	6	28.6	4	30.8	2	18.2	0.827		
	⑤母音の響き	6	28.6	4	30.8	2	18.2	0.827		
	⑥共鳴腔の意識	7	33.3	2	15.4	3	27.3	0.623		
	⑦声量	6	28.6	1	7.7	0	0.0	0.079 (*)		

注1) 独唱または合唱の授業で重要と考える発声について、それぞれ該当する項目を2つずつ選択させたもの(表2.4)を教師の声楽のレッスン歴(大学外で声楽のレッスンを受けた期間)別に再集計したもの

注2) 数字は人数と、レッスン歴別の%を表す(複数回答のため、合計は100%にならない)

注3) それぞれの項目ごとに、レッスン歴別にそれぞれの項目を重視する/しないの人数をクロス集計し、Fisherの直接法で検定を行った \*:  $p < 0.05$ , (\*):  $p < 0.08$

表2.9 教師の歌唱指導に関する参考指導法・文献があるか否か別に見た重視する発声法について 注1)

	A) 参考文献有り		B) 参考文献無し		Fisherの直接法	
	n=26	% 注2)	n=16	% 注2)	p値 注3)	
独 唱	①呼吸法	16	61.5	4	25.0	0.029 *
	②姿勢	7	26.9	6	37.5	0.510
	③顔の表情	3	11.5	0	0.0	0.275
	④身体の支え	6	23.1	5	31.3	0.720
	⑤母音の響き	5	19.2	4	25.0	0.711
	⑥共鳴腔の意識	8	30.8	1	6.3	0.119
	⑦声量	4	15.4	6	37.5	0.142
合 唱	①呼吸法	13	50.0	4	25.0	0.195
	②姿勢	8	30.8	7	43.8	0.511
	③顔の表情	2	7.7	3	18.8	0.352
	④身体の支え	7	26.9	4	25.0	1.000
	⑤母音の響き	8	30.8	2	12.5	0.270
	⑥共鳴腔の意識	10	38.5	0	0.0	0.007 * *
	⑦声量	2	7.7	6	37.5	0.038 *

注1) 独唱または合唱の授業で重要と考える発声について、それぞれ該当する項目を2つずつ選択させたもの(表2.4)を教師の歌唱指導に関する参考文献の有無別に再集計したもの

注2) 数字は人数と、文献の有無別の%を表す(複数回答のため、合計は100%にならない)

注3) それぞれの項目ごとに、文献の有無別にそれぞれの項目を重視する/しないの人数をクロス集計し、Fisherの直接法で検定を行った \*:  $p < 0.05$ , \* \*:  $p < 0.01$

## I.2.4 考察

### I.2.4.1 独唱または合唱における「良い歌声」について（表2.1）

独唱・合唱の両方に「響く声」を挙げている。これは他の項目と明らかに差があった。「響く声」についての具体的な指導法については、従前の『高等学校学習指導要領（平成21年告示）解説 芸術（音楽 美術 工芸 書道）編 音楽編 美術編』に記載されているわけではない。しかし、「響く声」は「良い声」と考える音楽教師が多いということである。

### I.2.4.2 授業での歌唱指導の目的について（表2.2）

「曲にふさわしい発声の技能を身につけること」は10.6%と割合が少なかった。歌唱指導の授業は、歌唱技術に関して指導すること以上にイメージや曲想を重視していることがわかった。教師の属性から見て、声楽専攻の教師が全体の34.0%（大学の専攻はピアノが38.3%，ピアノ以外の器楽が17.0%，作曲が4.3%，教育が4.3%，音楽学2.1%）ということから考えると、専門性が必要とされる技能のために敬遠しているとも考えられる。

### I.2.4.3 独唱または合唱の授業で重要と考える「表現」について（表2.3）、独唱または合唱の授業で重要と考える「発声」について（表2.4）

独唱と合唱の授業で重要と考える発声は「呼吸法」（独唱は51.1%，合唱は42.6%）と「姿勢」（独唱は29.8%，合唱は31.9%）であることが分かった。一方、「共鳴腔の意識」は、独唱は4番目で23.4%，合唱は3番目（「身体の支え」、「母音の響き」と同位）で25.5%であった。従前の『高等学校学習指導要領解説（2009）』には、「姿勢や身体の使い方、呼吸法、共鳴の様子などに着目して、その曲種の発声はどのような特徴をもっているのか考え、発声の特徴を生かした表現を追求していくことが考えられる」とあり、その順番が結果に現れていると思われた。

### I.2.4.4 自由記述「歌唱の授業で、生徒の声が悪くなったと実感が持てた指導法」について（表2.5）

声楽以外の専攻の教師に「口を大きく開ける」という記述があった。「口を開ける」と「口の奥を開ける」ということでは指導法に大きな違いがあると思われる。品川（1956）は著書『児童発声』の中で、口を大きく開けるということについて、これを要求する適切な時期、つまり共鳴についての一般的な技術が身についた頃にこそ、大いに強調すべきであると述べている。さらに、酒井（1974）は著書『発声技巧とその活用法』の中で、口を大きく開けることは共鳴腔をフルに活用するためと、舌を自由に活動させるように構えることがその主目的で、不必要に口先ばかり開けたり、下顎を押しつけるような開け方をしたりしないように気をつけることが大切であると述べている。



#### 1.2.4.5 年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違いについて (表2.6)

「独唱 母音の響き」に着目した歌唱指導は、20・30代が0.0%であったのに対し、40・50代の33.3%が重視していた。年代と「独唱 母音の響き」は有意な関連があり、20・30代の教師は「独唱 母音の響き」に着目せず歌唱指導していることが明らかとなった。声楽の教本に『コンコーネ50番』という教則本がある。この教則本を発声練習で用いる場合は、各母音で歌唱する。最近の高等学校の教科書にはコンコーネではなく楽曲の歌唱をしながら発声法を学ぶものが多い。そのため、20・30代の教師に母音で歌唱することの重要性が薄くなったとも考えられる。著名な声楽指導者であるミラー (R. Miller, 2014) は著書『歌唱の仕組み』の中で「歌唱では『純粋な』母音の生成を実現することを目指しているので、母音確定するときには高度な音響学的正確性が求められるのです」と述べているように、初心者が会話発声から声楽発声に技能を獲得する過程では、母音を重視して練習することは大切であり、それを40・50代の教師は認識しているということである。

#### 1.2.4.6 教師の専攻 (声楽専攻か否か) に見た重視する発声法の違いについて (表2.7)

声楽を主専攻とする教師は合唱で声量を重視しないのに対し、その他の専攻の教師は声量を重視する割合が有意に多かった。この結果は、声楽を専攻する教師とその他の専攻の教師とで、合唱の指導法で重視することが異なっていることを明らかにした。ミラー (R. Miller, 2009) が著書『上手に歌うためのQ&A』のNo.154で、「教師が目指すのは声を大きくすることではなく、声を自由にして、持てるものすべてを聴かせられるようにすること」と述べているように、大きな声を出す指導ではなく、生徒の声の可能性を開くことが声楽専攻の教師の常識となっており、その差が現れていると思われる。

#### 1.2.4.7 教師のレッスン歴別に見た重視する発声法の違いについて (表2.8)

「独唱 共鳴腔の意識」では、レッスン歴0~4年の群は他の群と比べて有意に割合が多いという結果について、レッスン歴が短い教師は独唱や合唱の知識を得るために参考文献や参考の指導法に頼っているということも考えられる。

#### 1.2.4.8 教師の歌唱指導に関する参考指導法・文献があるか否か別に見た重視する発声法の違いについて (表2.9)

「独唱 呼吸法」では、参考有りの群は有意に割合が多く、「合唱 共鳴腔の意識」では、参考有りの群は有意に割合が多かった。「合唱 声量」では、参考無しの群は有意に割合が多かった。このことは、声楽を専門に勉強をしていない教師は声量を重視し、勉強している教師は「呼吸法」や「共鳴腔の意識」を重視していることを示唆している。

例えば、清水 (2013) は著書『必ず役立つ合唱の本』の中で、美しいハーモニーを作り出すためには、「声を響かせる」ということが必要であると述べて、口の開け方や鼻腔共鳴について説明している。さらに、野本 (2015) は著書『学級担任のための合唱の本』の

中で、発声法のポイントを、「『呼吸』『振動』『共鳴』」と述べており、どちらの著書にも共通して共鳴についてその重要性を述べている。また、佐々木(2015)は、中学校コーラス部の生徒を対象にした調査で、生徒が歌唱時に意識しているポイントは「“声の大きさ” “音程” “声の響き”」であると述べ、それらをふまえた授業実践を行った結果、授業後「授業前と比べて声に響きがついた」、「高い音が楽に歌えた」など、発声上の変化や発声への効果についての成果を報告した。このように、最近の著作物や調査研究からも、共鳴腔を意識した指導法が有効であると示されており、レッスン歴の短い教師が、独唱・合唱初心者に共鳴を意識させる指導を試みて、その効果を実感したと思われる。

### I.2.5 結論

調査目的の①の良い歌声の判断基準では、「響く声」を挙げた教師は77.3%（表2.1）と圧倒的に多く、これが主な判断基準ということが分かった。調査目的②授業での歌唱指導の目的は、「イメージをもって表現すること」や、「曲想と音楽の構造や歌詞について理解すること」が主であった（表2.2）。③の重要と考える歌唱表現では、独唱は「自己のイメージを生かす表現」や「作詞・作曲者の意図をくんだ表現」、合唱は「まわりの声を聴くこと・一体感」であった（表2.3）。③の重要と考える発声法では、独唱は「呼吸法」、合唱も「呼吸法」であった（表2.4）。④の授業で行っている具体的な発声法では、声楽以外の専攻の教師に「口を大きく開ける」という記述があった（表2.5）。⑤の年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違いでは、20・30代の教師は「母音の響き」を重視していないこと（表2.6）がわかった。⑥の教師の専攻（声楽専攻か否か）に見た重視する発声法の違いでは、声楽を主専攻とする教師は合唱で声量を重視しないことがわかった（表2.7）。⑦のレッスン歴と重視する発声法の関係では、「独唱 共鳴腔の意識」では、レッスン歴0～4年の群は他の群と比べて有意に割合が多かった（表2.8）。⑧の教師の歌唱指導に関する参考指導法・文献を持っているか別に見た重視する発声法の違いでは、「独唱 呼吸法」や「合唱 共鳴腔の意識」において、参考指導法・文献有りの群に有意差が見られた。「合唱 声量」では、参考無しの群は有意に割合が多かった（表2.9）。このことは、声楽を専門に勉強をしていない教師は声量を重視し、勉強している教師は「呼吸法」や「共鳴腔の意識」を重視していることを示唆している。

これら①～⑧の結果から、音楽教師は「響く声」は「良い声」と判断し、「呼吸法」が重要な発声法と考えていることがわかる。しかし、⑤では20・30代の教師は「母音の響き」を重視していないこと、⑥では声楽を主専攻とする教師は合唱で声量を重視しないこと、⑦ではレッスン歴0～4年の教師で「独唱 共鳴腔の意識」を重視していることがわかり、指導法に差異が見られた。特に、多くの教師が「呼吸法」の発声法を重視する中、レッスン歴が少ない教師が「共鳴腔の意識」を重視した発声法を行っていることに筆者は着目した。共鳴腔を重視する発声法は①の「響く声」と関係がある発声法と思われるが、多くの

教師が重視して行っていないことについて，その理由を説明する必要があると考えた。

## Ⅱ. 本 論

### 第 1 章 高等学校の歌唱指導における「共鳴腔」と「呼吸法」の 発声法の検討および歌唱の評価・分析方法

#### Ⅱ.1.1 研究目的

本章では、序論の第 1, 2 章の知見から浮かび上がった「共鳴腔」の発声法と多くの音楽教師が重視する「呼吸法」の発声法を比較実験するために、具体的な実施方法について検討する。また、実験を行うにあたっての評価・分析方法について、序論第 1 章の「響く歌声」に現れる音響特徴である S.F.を用いた先行研究をもとに検討する。

#### Ⅱ.1.2 「共鳴腔」の発声法の検討

ここでは、Google Scholar (2019年以前) で検索した国内の歌唱に関する実践論文と序論第 1 章の「響く歌声」に関する論文を調査し、高等学校の歌唱指導における「共鳴腔」の具体的な発声法を検討する。

##### Ⅱ.1.2.1 国内の実践論文に見られる共鳴腔を意識した発声法

小原 (2003) は、高等学校の歌唱指導の実践から、発声に関わる事項をステップ 1～7 (ステップ 1 は、アの母音で安定して歌う。ステップ 2 は、その他の母音で安定して歌う。ステップ 3 は、ステップ 2 の各母音に M や L の子音を入れて歌う。ステップ 4 は、歌詞の子音をとり、母音をつなげて歌う。ステップ 5 は、歌詞の最初の音節の子音だけを残し、それ以外は歌詞の母音で歌う。ステップ 6 は、省略したすべての子音を加えて歌う。ステップ 7 は、歌詞で歌う。) にまとめた。この中で、発声の基本は母音を響かせることであると説明している。

松下 (2004) は、高等学校の歌唱指導の実践から、会話発声の状態で歌唱している生徒の特徴①～⑥ (①口腔内が狭い、②顎や唇、舌、首の周りが硬直している、③共鳴の働きが少ない、④息が浅く、平たい声でのびやかさに欠ける、⑤高音から低音、低音から高音への滑らかな移行が困難である、⑥声の方向は口腔から前方へ直線的に向けられる) を挙げ、話し声の発声から歌声発声のイメージ転換が必要であることを示した。そして、イメージ転換の指導項目として①～⑤ (①ハミング唱、②母音唱、③腹部の動きを意識させる呼気練習、④歌唱時の脱力感を体感させる練習、⑤指揮の仕方の重要性) を挙げた。

宮下（2004）は、小学校の合唱クラブの児童に対して共鳴の発声指導として「おどかさ真似」を行った。この発声法では、中咽頭腔、下咽頭腔の共鳴を利用することが可能であることが示された。

藤本（2013）は、「初心者に対する指導では発声器官の鍛錬に十分な時間をかける必要があるが、教員養成課程のように限られた期間で一定の歌唱力を養わなければならない場合は、呼吸から発声までを一体化した発声練習を使用して、まずは学生自身に“声の道”を体感させることが重要で、最も効率的である」と述べている。そして、発声指導の第1段階で歌唱にふさわしい声色の形成を掲げ、喉頭蓋から声帯までの距離を伸ばして喉頭腔を広くすること（喉仏の位置を下げる）で声に深みが増すと説明し、“欠伸を噛み殺す”方法を提案している。

今釜（2014）は、5歳児6名、小学3年生6名に対し「オ」母音をいろいろな声かけ（「普通に」「大きく」「きれいに」「にっこりして」「口を開けて」「お腹から声を出して」「目から声が出るように」「遠くに向かって」）で歌唱させ、そのピッチ、音圧、周波数を測定し、分析した。その結果、「遠くに」と声かけした場合は多方面で効果が高く万能であるという結果であった。

渡邊は（2017）は、小学生に歌を指導する場合に、共鳴腔を活かした「頭声」を意識させることが重要であると述べ、実際に指導する際に最も効果的であったのは、手のひらを伸ばした状態で鼻の下あたりに垂直に近づけ、その状態で歌わせることであると示した。

#### II.1.2.2 「響く声」の論文からの検討

序論第2章で示した共鳴に関する先行研究では共鳴について、W.T.Bartholomew（1934）は「喉頭管」と表現している。ミラー（R.Miller, 2014）は「良い歌声の音にS.F.を調整した結果生まれるリンとした響き（ring）は喉頭で生まれた母音の共鳴管でのトラッキング」と表現している。序論第1章（I.1.3.1）の河合・杉本の研究（2015）では、喉頭腔～咽頭腔～鼻腔に太い管状の「音楽共鳴腔」が存在することを示している。つまり、声帯の振動で生まれた喉頭原音は、通り道である声門上部～中咽頭～上咽頭で共鳴しながら鼻腔、口腔に到達するのである。このことから、共鳴を意識した発声法は口腔、鼻腔を意識する発声法ではなく、声門上部～中咽頭～上咽頭を意識した発声法を提示する必要があると言えよう。上記のW.T.Bartholomew（1934）は「喉頭管」、ミラー（R.Miller, 2014）は「共鳴管」と表現し、共鳴腔は管状であることを示した。そこで筆者は、本論第2章の実験で使用する図は（図3.2）が適していると考え、これを「管状音楽共鳴腔」と示した。一方、池田・伊東（2000）の実験では、「良い声で歌おうとする意識を持ち、喉がよく開かれた歌声」の指示で歌唱した「ア」母音と「オ」母音にS.F.が見られたことから、「喉を開く」という指示語は有効であると考え、実験での指示語の参考とした。

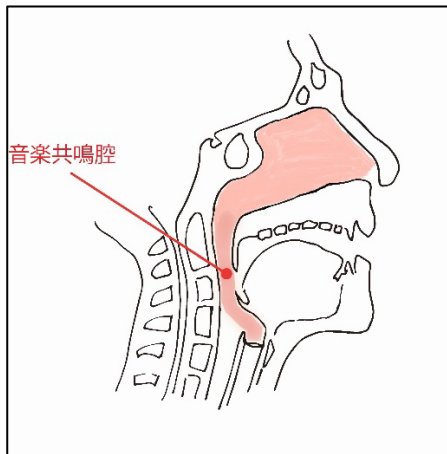


図 3.1 音楽共鳴腔

(序論第 1 章では 図 1.2)

河合孝夫・杉本英治 (2015) 「声楽発声のコルカタ」  
日本声楽発声学会『声楽発声研究』No.6,pp4-12  
上記論文を参考にし、筆者が作図

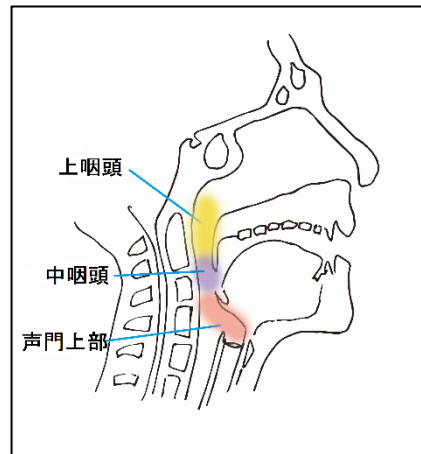


図3.2 管状音楽共鳴腔

河合・杉本 (2015) が提唱した「音楽共鳴腔」  
を参考とし、筆者が新たに考案した図

### II. 1. 2. 3 高等学校における「共鳴腔」の発声法の検討結果

実践論文からの具体的な指導方法については、「母音唱」、「ハミング」、「おどかす真似」、「欠伸を噛み殺す」、「遠くに」、「手のひらを伸ばした状態で鼻の下あたりに垂直に近づけ、その状態で歌わせる」があがった。特に高等学校での実践では、小原の「母音唱」や松下の「ハミング」は有効な指導法であると考え。「おどかす真似」、「遠くに」、「手のひらを伸ばした状態で鼻の下あたりに垂直に近づけ、その状態で歌わせる」は小学生を対象とした発声指導であり、指導者の経験から生み出されたものであるが、共通点がないため一般化しづらいと考える。「欠伸を噛み殺す」は大学生を対象としており、年齢的には近いが、これも指導者の経験から生み出された指導法であり、一般化しづらいと考える。本研究は高校生を対象としており、共鳴については解剖図 (図3.2) を見せて共鳴腔を理解させることは可能で有効な手段だと考える。前項 (II.1.2.2) で示した「管状音楽共鳴腔」 (図3.2) を見せながら声門上部～中咽頭～上咽頭の共鳴腔を意識して母音を発声させるようにすることは効果があると考え。しかし、高校生といえども、初学者が自分で見えない場所を意識して歌唱することは困難であるため、中咽頭を意識させるために「喉 (中咽頭) の奥に涼しい息を吸い込む」と声かけをするとよいと考えた。次に、声帯の位置を確認し、声帯から中咽頭にかけて、息の流れを意識させるために、後ろ側に息を回すように発声させると効果的であると考えた。さらに、ハミングにより上咽頭を意識することができると考えた。つまり、効果的に「共鳴腔」の発声法を行うには、「喉の奥に涼しい息を吸い込み中咽頭を意識して発声する」、「息は声帯から後ろへ回すようにして発声する」、

「ハミングをして上咽頭に共鳴させる」という内容で、声帯上部～中咽頭～上咽頭の「管状音楽共鳴腔」を意識した発声法を提案する。

### Ⅱ.1.3 「呼吸法」の発声法の検討

歌唱の指導法については第2章の調査研究で、高等学校の音楽教師の多くが過去のレッスン経験で学んだことを指導の根拠としていることがわかっている。多くの音楽教師が歌唱で重要視している呼吸法を意識した指導法について、平成28年3月、文部科学省検定済みの高等学校音楽Ⅰの教科書（3社6種類）と最近の論文をもとに、具体的な指導法について調査する。

#### Ⅱ.1.3.1 高等学校の教科書に見られる「呼吸法」の発声法

音楽之友社の『On! 1』では「姿勢・呼吸・母音の発音」の項の「呼吸」に、「胸郭（肋骨）を素早く広げ、自然に空気が入ってくるのを確かめよう。一番下の肋骨に手を当てて行くとわかりやすい。」と具体的な指導法を記載している。

同社の『高校生の音楽1』も、『On! 1』と同様に、「姿勢・呼吸・母音の発音」の「呼吸」の項に、「胸郭（肋骨）を素早く広げ、自然に空気が入ってくるのを確かめよう。一番下の肋骨に手を当てて行くとわかりやすい。」と記載している。

教育芸術社の『高校生の音楽1』では、「響きづくりのポイント」の「呼吸は歌声の命」の項で、「（…略…）腹部や腰回りに空気を入れ、そこから息を吹き上げるようなイメージで呼吸をしましょう。」と記載している。

同社の『MOUSA 1』では、「ヴォイス・トレーニング」のEXERCISE 1に「姿勢と呼吸」の項があり、「おなかだけでなく、腰回り全体にも空気を入れるような感じで吸おう。」、「息を吸ったらいったん止め、一定の強さで長く息を吐こう。」と説明があり、図で「腹式呼吸の確認」として、「腰に手を当てて息を吸い、腰が膨らむのを確認しよう。」と解説している。

教育出版社の『Tutti 1』では、「発声とヴォイス・トレーニング」の「腹式呼吸」の項で、「（…略…）肺は息を吸うことによって空気で満たされ、胸郭と腹部を分けている横隔膜が下がり、腹部が圧迫されます。肋骨で広がりにくい胸部だけではなく、腹部を拓げて、力強い呼吸を行う腹式呼吸が歌唱には効率がよいとされています。」と説明があり、図で「腹式呼吸をしよう」として、「前かがみになり両手を腹に当てて、動きを意識しながら、ゆっくり呼吸してみよう。」、「二人ペアになって、脇腹に手を当てて、動きを確認しあおう。」と解説している。さらに、「歌う前のウォーミング・アップ」では、「腹式呼吸の練習」として「すばやく息を吸って『スー』と細く長く息を吐いてみよう。同様に『スッ、スッ』と強く短く断続的に吐いてみよう。」と具体的な指導法を記載している。

同社の『Music View』では、「豊かな歌声のエクササイズ」のSTEP 1として「体のウォー

ミング・アップ」として「呼吸」の項があり、「①両足を軽く開いて立ち、息を吐きながらゆっくりと体を前に倒し、そのままの姿勢で息を吸ったり吐いたりしながら、呼吸によって膨らむ脇腹や背中動きを意識する。②次に、骨盤の上に真っ直ぐに上半身が乗るように静かに体を起こし、おなかや背中ふくらみを感じながら鼻と口から静かにたつぷりと息を吸う。」という説明と図を記載している。

音楽之友社の『On! 1』と『高校生の音楽1』は肋骨を広げる呼吸法であり、教育芸術社の『高校生の音楽1』と『MOUSA 1』，教育出版社の『Tutti 1』と『Music View』は腹部や腰回りに空気を入れる腹式呼吸法を提示していた。

### II.1.3.2 論文に見られる「呼吸法」の発声法

齊田・齊田(2009)は、4本のストレインゲージを上胸部、下胸部、上腹部、下腹部に設置して歌唱での複雑な呼吸運動をリアルタイムで調査した。調査結果として、歌唱での呼吸は、下胸部と上腹部のゲージの動きが顕著に増加するが、上胸部と下腹部はあまり動かないことを示した。そして、歌唱の呼吸について「一般に提唱されている腹式呼吸とは、下胸部、上腹部を拡げて行う呼吸法と考えることができ、胸腹式呼吸とってよいと考える。腹式呼吸を指導する場合、単に腹を突き出す呼吸法では胸郭が狭くなり吸気が不十分になってしまうので、同時に胸を張り胸郭が狭くならないようなアドバイスも必要かと思われる。さらに芸術歌唱を行う声楽訓練においては、下胸部から上腹部を拡げ胸郭を拡げて、十分吸気を行いながら、腹囲を拡げることにより、腹部臓器の下降を行い、横隔膜を下げる呼吸法を指導すべきだと考える。」と考察している。さらに、「初心者では、息を吸わせると胸を高く上げてしまう場合がある。これは、ストレインゲージでは上胸部の拡張と表される。この場合、胸骨、鎖骨が上がってしまい、それに付着する外喉頭筋も上方に移動し内腔を圧迫し、結果的に咽頭腔が狭くなり共鳴腔の狭小化を引き起こすので望ましくない。胸を上にあげるだけでは、胸郭は十分に拡がらず、横隔膜の下降も起きにくい。また胸郭を拡げないで下腹を突き出すと、胸郭が狭まってしまう場合があるので注意が必要である。」と指導法についても具体的に示した。

### II.1.3.3 「呼吸法」の発声法の検討結果

呼吸法については、教科書に記してある方法は、音楽之友社の『On! 1』と『高校生の音楽1』は肋骨を広げる呼吸法であり、教育芸術社の『高校生の音楽1』，『MOUSA 1』，教育出版社の『Tutti 1』と『Music View』は腹部や腰回りに空気を入れる腹式呼吸法を提示していた。先行研究に見られる齊田の歌唱の呼吸法は、下胸部から上腹部を拡げ胸郭を拡げて、十分吸気を行いながら、腹囲を拡げることにより、腹部臓器の下降を行い、横隔膜を下げる呼吸法を指導すべきだと示されていた。つまり、教科書にある肋骨の最下部を意識して横に広げながら息を吸う活動と、横隔膜を下げて腹部を圧迫する呼吸法を両方行う必要があると考える。しかし、初心者は呼吸で胸を高く上げてしまう上胸部の拡張の弊害



や、腹を突き出す呼吸法によって胸郭が狭くなり吸気が不十分になってしまう弊害が起こることを斉田は示唆しており、初学者は下胸部から上腹部を拡げて吸気を行う方法、つまり肋骨の最下部に手を置いて、吸気とともに前後左右の方向に胸郭を拡げる方法をまず指導するのが効果的であるという斉田の指導法を第2章の実験で活用したい。また、肋骨を広げる指導方法を明記していた音楽之友社の『On! 1』と『高校生の音楽1』の指導方法を参考とする。

## Ⅱ.1.4 歌唱の評価方法・分析方法

### Ⅱ.1.4.1 歌唱の評価方法

著名な声楽研究家が「良い声」について以下のように述べている。フースラー (F.Husler, 1987) は著書『うたうこと』の第12章に「よい」声の判断基準について、「『よい』声とは、雑音を伴わず、圧迫や持続的な過度の緊張がなく、高音での強弱が意のままにでき、よくとおり、豊かな響きをもち、柔らかく、苦しそうでない声のことである」と述べている。リード (C.L.Reid, 1987) は『ベル・カント唱法』の中で、「ベル・カントの歌唱は、声が自由でなければ不可能であって、声が十分に自由だと、それは広い音域にわたって真に共鳴した音となって現れ、また、最強音から最弱音までを完全にコントロールでき、楽に、しなやかに演奏できるというところに現れてきます。」と述べている。このように、「良い声」についての表現が多様でしかも、主観的であるため、学校教育での評価が難しかった。そこで、声が視覚化でき上達を確認できる方法がないか調査すると、プロの声楽家の音響特徴に S.F.があり、その周波数をグラフで示すことができることがわかった。以下は、この S.F.についての研究である。

W.T.Bartholomew (1934), J.Sundberg (1974), S.Wang (1983) による S.F. という音響特徴についての研究がある。これらの研究で、オペラ歌手に共通して 3,000Hz 付近に明確な周波数のピークが顕れることがわかっている。

この S.F. について、池田・伊東 (2000) は声楽を専門に学ぶ大学院生 4 名 (男子 2 名, 女子 2 名) と、全く学んだことがない一般学生 4 名 (男子 2 名, 女子 2 名) を被験者とし、会話 (女子は C<sub>5</sub>, 男子は C<sub>4</sub> の音高) と歌声 (普通の歌声, よい声の歌声) と、音高の異なる歌声を録音し、周波数のスペクトル分析をしている。その後、2007 年に、S.F. について研究した J.Sundberg (2007) の著書『歌声の科学』の翻訳書が出版されたのをきっかけとして、日本国内に歌声を科学的に研究しようとする流れができた。たとえば、齋藤ら (2008) は大学院生 11 名に対し、80 種類の音声データからより歌声らしいものの順位付けと、その際に用いた表現語を記述させ、11 種類の音声データを選定し、その音響特徴を分析することで歌声らしさの知覚モデルを提案している。佐久間ら (2013) は声楽未経験の大学生 2 名と教育学部音楽科所属の大学 1 年生 2 名を被験者とし、1 か月間に 4 回 (1 回

30分)の発声指導を行い、S.F.のピークの鋭さ(Q値)と倍音含有率(SFR)の推移を調査した。分析では2,000~4,000Hzの周波数帯域に着目し、SFRは0~4,000Hzにおける2,000~4,000Hzの倍音含有率で値を計算した。2014年の『日本音響学会誌』(70巻9号)では「歌声の科学」の小特集があり、竹本(2014)はソプラノの高音域のフォルマント同調のメカニズムを解説している。野田ら(2016)は、大学の教育学部音楽科の女学生4名に声楽レッスンを受ける前と1年半経過した後の歌声を比較する実験や、男女複数名のプロ歌手の歌声の録音と分析、全被験者の歌声データの順位付け(よい声の条件として、「オーケストラを越えて、よく響く艶やかな声」)の実験と分析を行った。分析では2,400~4,000Hzの周波数帯域に着目し、SFRは0~4,000Hzにおける2,400~4,000Hzの倍音含有率で値を計算した。

このように、S.F.に関する論文が日本音響学会、電子情報通信学会などで多数見られるようになり、歌声の評価にS.F.を用いて分析を行うことが有効であることが示された。そこで本研究においても、発声指導の評価としてS.F.を用いて分析することは妥当であると考えた。なお、序論第1章(I.1.3.3)に、声種についてS.F.のピーク値が異なるという研究報告を示した。パルジー(B.L.Pelsky, 1942)は、男性は2,500~3,200Hz、メゾソプラノとアルトは3,200Hzくらい、ソプラノは最高4,000Hzまで、W.Seidner(1985)は、男性をバスとテノールにわけて実験をし、バス歌手は2,300~3,000Hz、テノール歌手は3,000~3,800Hzと報告している。このことは、男女が同数程度存在する高等学校の音楽の授業で分析できる範囲について検討するときは無視できないことである。そのため、上記の数値を念頭に置いて分析範囲を決める必要があると考えた。

#### II.1.4.2 Praat<sup>注</sup>を用いた歌唱の分析方法

S.F.の研究で分析に用いられている方法について調査してみると、工学系の論文では窓関数はハニング窓でFFT(高速フーリエ変換)の方法による分析を行っている。池田・伊東(2000)の研究では、音声入出力ボード(CANOPUS Sound Master V)およびパーソナルコンピュータ(NEC PC-9821Xs)、CDの歌声信号およびコンデンサ・マイクロフォンを通してDATに録音された歌声信号はサンプリング周波数8kHz、量子化8ビットのデジタル信号に変換し、FFTによるスペクトル分析を行っている。佐久間ら(2013)は歌声の分析ツールとして音声工房(NTTアドバンステクノロジー)を用いた。分析の指標としてS.F.のピーク値(Q値)と倍音含有率(SFR)を用いた。音声の収集に用いたレコーダーはSANYO:ICR-PS605 RMで、音声のサンプリング周波数は44.1kHz、量子化ビット数は16bitで収録された。野田ら(2016)の研究では、佐久間らの行ったQ値やSFRに加え、1つ目の山の底と2つ目の山のピーク値である2凸の値も算出している。これらの値を算出するにあたってFFTを行った。このときのサンプリング周波数は44.1kHz、フレーム長は2,048ポイント、窓関数はハニング窓である。

これらの研究から、歌唱の習熟度の評価にS.F.のQ値、SFR値、2凸の高さを用いてい

ることが分かった。しかし、初学者の場合は S.F.の Q 値や 2 凸の高さが明確に出現しないと思われる。野田らの論文では、Q 値や 2 凸の説明によく分かるグラフを用いて説明を行っているが、これは実際のグラフではない。実際は Q 値も 2 凸もなだらかな山なので判別が困難であると思われる。それに比べ、SFR の含有率は周波数の範囲で区切っているので数値は出しやすく、指導前後を比較する方法としては分かりやすいと思われる。SFR の含有率の計算については、佐久間らは 2,000~4,000Hz、野田は 2,400~4,000Hz の周波数帯域に注目している。佐久間の被験者は大学生 4 名（男性 2 名、女性 2 名）で、野田らは大学生 4 名（女性 4 名）で、被験者の年齢や経験値が異なるが、S.F.の SFR 値の範囲を決めるにあたってはこの 2 つの研究を根拠とした。

一方、Praat を用いて分析を行っている論文がある。眞田ら（2015）は、児童の頭声発声と胸声発声について音響学的な比較をするために、Praat を用いている。録音には内蔵型デジタルレコーダー（TASCAM portable digital recorder DR-07）を用い、録音機と児童の距離は 20 cm、高音域（D5）と低音域（D4）の頭声と胸声を a,i,u,e,o の順でそれぞれ 9 秒間、3 回ずつ発声させたものを分析した。加藤・山本（2020）は、日本人小学生の英語音声の音響的・時間的分析を Praat で行っている。このソフトウェアは、スペクトログラムにかける場合、デフォルトでは Gaussian 窓にかけた上で FFT にかけるという手続きを踏んでいる。Praat は音声を分析、変換、合成する機能以外にもラベリングや統計解析などの様々なツールが備わっていて、しかも Windows, Mac, Linux など様々な OS に対応している。また、頻繁にバージョンアップが行われている無償ソフトウェアであるため、日本音声学会、日本音響学会、日本音楽発声学会の論文で、広く用いられているソフトウェアである。

このように、Praat が音声分析に一般的に使用されていることを考えると、本研究で使用するものの障壁はないように思われる。

## II.1.5 考察

### II.1.5.1 「共鳴腔」の発声法について

序論第 1 章（I.1.3.1）でフースラー（F.Husler, 1987）は、「響く歌声」の場所を輪状-咽頭筋を働かすアンザツ 6 で示しており、それは、首の後ろ側を意識することで生み出される。そこで、アンザツ 6（図 1.1）を意識させる指示語を使う必要があると思われる。また、本章（II.1.2.1）の高等学校での実践では、小原の「母音唱」や松下の「ハミング」は有効な指導法であると言える。さらに、序論第 2 章で、W.T.Bartholomew(1934)は「喉頭管」、ミラー（R.Miller, 2014）は「共鳴管」と表現し、共鳴腔は管状であることが示されたこと、河合・杉本の「音楽共鳴腔」が歌唱の重要な共鳴腔であることが示されたことから、「響く歌声」を生み出すのは管状の音楽共鳴腔であることが明らかになった。そこで、「管状音楽共鳴腔」（図 3.2）を本論第 2 章の実験で使用する事とした。本章（II.1.2.3）

で検討した指示語「喉の奥に涼しい息を吸い込み中咽頭を意識して発声する」、「息は声帯から後ろへ回すようにして発声する」、「ハミングをして上咽頭に共鳴させる」を用い、声帯上部～中咽頭～上咽頭の「管状音楽共鳴腔」を意識した発声法を「共鳴腔」の発声法として新たに提案する。

#### Ⅱ.1.5.2 「呼吸法」の発声法について

「呼吸法」の発声法は、多くの音楽教師が重要視している発声法である。しかし、本章(Ⅱ.1.3.1)で示したように、「腹部や腰回りに空気を入れて横隔膜を下げる」という発声法を実践している教師がいる。斉田・斉田(2009)は、初心者は呼吸で胸を高く上げてしまう上胸部の拡張の弊害や、腹を突き出す呼吸法によって胸郭が狭くなり吸気が不十分になってしまう弊害が起こるため、その呼吸法は上達してからの方が効果的であると報告している。そこで、高等学校の「呼吸法」の発声法としては、肋骨の最下部に手を置いて、吸気とともに前後左右の方向に胸郭を拡げる方法で指導することを提案する。

#### Ⅱ.1.5.3 歌唱の評価・分析方法について

序章の研究背景に示したように、これまでの発声指導では、高校生がめざしたい「透き通る」「きれいな声」に変化したという実感が薄かった。また、序論第2章(I.2.3.3)で示したように、歌唱指導の目的に「曲にふさわしい発声の技能を身に付けること」とした教師の割合が極端に低い(10.6%)ことから、専門性が必要とされる技能のために実施して評価する教師が少ない。そこで、序論第1章の「響く歌声」の音響分野の調査(I.1.3.3)から、プロの音楽家の音響特徴にS.F.があり、その周波数をスペクトラムで示すことができることがわかった。この音響特徴を国内の大学生に於いて調査したのが池田・伊東(2000)、山辺ら(2012)、佐久間ら(2013,2015)、野田ら(2016)である。このように、国内の大学生に対してS.F.に関する研究報告が多数見られるようになり、歌声の評価にS.F.を用いて分析を行うことが有効であることが示された。そこで本研究においても、発声指導の評価としてS.F.を用いて分析することは妥当であると考えた。なお、声種についてS.F.のピーク値が異なるという研究報告があり、男女が同数程度存在する高等学校の音楽の授業で分析できる範囲について、佐久間ら(2013)の範囲(2,000Hz～4,000Hz)、野田ら(2016)の範囲(2,400Hz～4,000Hz)を参考とし、2,000Hz～4,000Hzが妥当であると判断した。

#### Ⅱ.1.5.4 Praat を実験で使用するということについて

S.F.の研究で分析に用いられている方法について調査してみると、工学系の論文から窓関数はハニング窓でFFT(高速フーリエ変換)の方法で分析を行っている研究が見られた。佐久間ら(2013)、野田ら(2016)の研究から、歌唱の習熟度の評価にS.F.のQ値、SFR値、2凸の高さを用いていることが分かった。しかし、初学者の場合はS.F.のQ値や2凸の高さが明確に出現しないと思われる。それに比べ、SFRの含有率は周波数の範囲で区

切っているので数値は出しやすく、指導前後を比較する方法としては分かりやすいと思われる。SFRの含有率の計算については、佐久間ら(2013)は2,000~4,000Hz、野田ら(2016)は2,400~4,000Hzの周波数帯域に注目している。佐久間らの被験者は大学生4名(男性2名、女性2名)で、野田らは大学生4名(女性4名)で、被験者の年齢や経験値が異なるが、S.F.のSFR値の範囲を決めるにあたってはこの2つの研究を根拠とした。

一方、Praatを用いて分析を行っている眞田ら(2015)、加藤・山本(2020)の研究がある。このソフトウェアは、スペクトログラムにかける場合、デフォルトではGaussian窓にかけた上でFFTにかけるという手続きを踏んでいる。Praatは音声进行分析、変換、合成する機能以外にもラベリングや統計解析などの様々なツールが備わっていて、しかも様々なOSに対応している。また、頻繁にバージョンアップが行われている無償ソフトウェアであるため、高等学校でも容易に使用できると考えた。

#### 【注】

「Praatはアムステルダム大学のPaul BoersmaとDavid Weeninkが開発した音声分析用フリーウェアで、1990年代後半から広く普及し始め、現在では音声分析にとどまらず、知覚実験の遂行、統計解析、音声合成など、音声学・音韻論にまつわる多様なツールの集合体となっている。」 引用：北原真冬・田嶋圭一・田中邦佳 著『音声学を学ぶ人のためのPraat入門』p.16

Praatダウンロード用のURL <https://praat.jp.malavida.com/windows/download>

## 第2章 高等学校の歌唱指導における「共鳴腔」と「呼吸法」の発声法の比較実験

### Ⅱ.2.1 研究目的

本章では、新たに考案した「共鳴腔」の発声法と従来からある「呼吸法」の発声法について、高校生を対象としてS.F.を指標とした比較実験を行い、高校生に効果的な発声法を検討することを目的とした。

### Ⅱ.2.2 研究方法

#### (1) 対象

予備実験はA県立B高等学校の合唱部の生徒6名を対象とした。

本実験はA県立B高等学校の普通科1年生の音楽I選択者121名を対象とした。

#### (2) 実験時期

予備実験は2019年12月～2020年8月に実施した。

本実験は2020年11月～12月に実施した。

#### (3) 実験の内容

##### ①予備実験

共鳴腔の発声法を検討するために、周波数測定を繰り返し行った。周波数測定には、無料で公開されている音声分析ソフト「Praat<sup>注1</sup>」を用いた。

予備実験から得た有効な指導方法として以下のことが挙げられた。

- 声道を意識させるために、「ハミングをして共鳴腔を意識する」、「喉の奥に涼しい息を当てるように吸い込み、その部分を意識して発声する」、「口先をあまり開けないで、口の奥を開くように発声する」、「息を前に出すのではなく後ろにまわすように発声する」、「後頭部を壁に付けたまま後ろに息を回す」などが有効な指導である。
- スペクトル<sup>注2</sup>を見せながら説明することで、声の特徴を理解し目標とする周波数の形に近づきたいという意欲がもてるようになる。
- 共鳴腔を意識した発声ができるようになると、S.F.が高まる傾向にあり、さらに倍音以外の周波数が減り音色がクリアになる。
- 管状音楽共鳴腔（本論第1章 図3.2）を解剖図で理解した上で歌唱練習を行うと、共鳴する部分のイメージをもって歌唱することができる。

##### ②本実験

#### (1) 方法

- 生徒にはあらかじめ研究の趣旨を説明し、同意書を配布する。
- 調査は3クラスで行い、調査に同意した生徒を対象とする。

- ・発声を指導する時間は週 2 回の授業の最初の10分間で合計 6 回行う。1 組は共鳴腔の発声法，2 組は呼吸法の発声法，3 組は発声指導を行わず通常の授業を行う。
- ・指導者は通常授業を行っている20代の教諭（大学の主専攻はピアノ）が行う。
- ・録音は比較的静かなレッスン室（図4.1）で行う。発声前にピアノでファ<sup>注3</sup>（F<sub>4</sub>）の音を提示する。「イ」→「エ」→「ア」→「オ」→「ウ」の順<sup>注4</sup>に各母音を 2 秒以上歌唱する。母音間はブレスを入れる。録音<sup>注5</sup>は個別に行う。生徒と録音機の距離は 2 m<sup>注6</sup>とした。

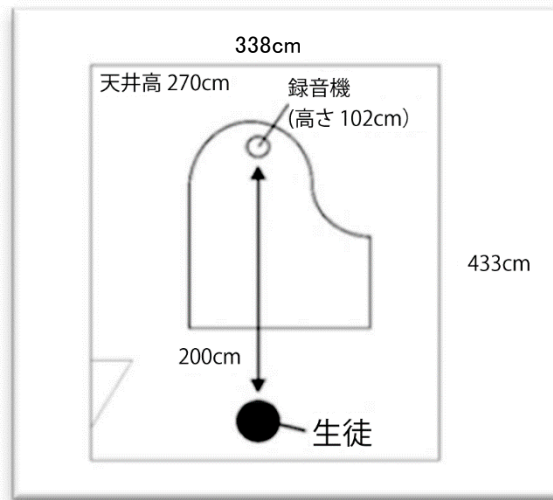
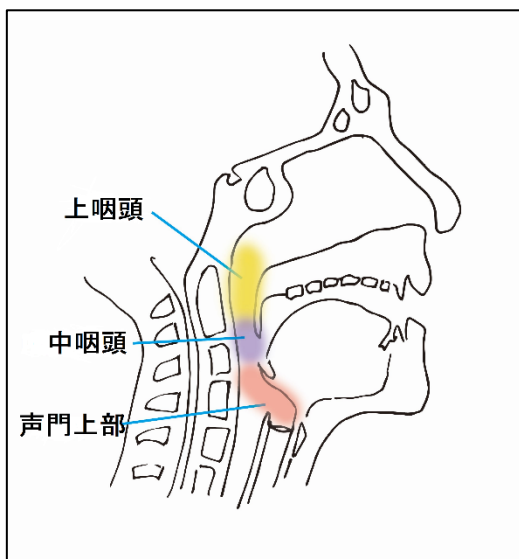


図4.1 レッスン室



管状音楽共鳴腔（本論第1章 図3.2）

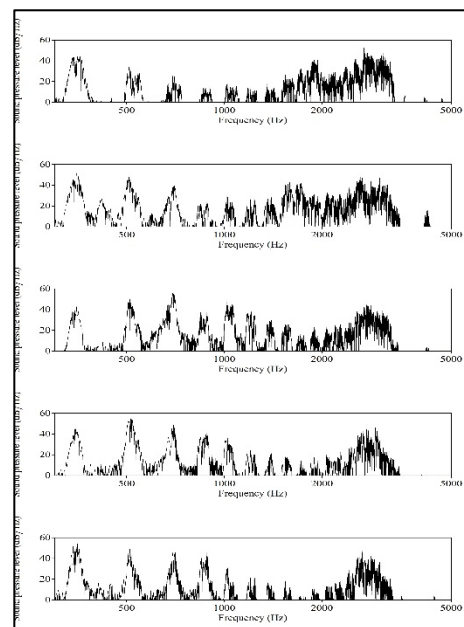


図4.2 プロのテノール歌手のスペクトル

- ・ 1 組は共鳴腔の発声法による実験。

喉の奥を広げることと、管状音楽共鳴腔（本論第 1 章 図 3.2）を見せて、声を声道に響かせる。イメージとハミングによる声道を意識した発声法を実施し、発声指導の

前後の母音「イ」、「エ」、「ア」、「オ」、「ウ」を録音する。1回目の録音の次の授業で、目標とするプロのスペクトル（図4.2）と1回目録音の生徒のスペクトルを示す。6回の授業の冒頭で共鳴腔の発声練習を行い、2回目を録音する。

・2組は、呼吸法の発声法による実験。

肋骨を広げ、横隔膜を意識した発声法（図4.3）を指導し、発声指導の前後の母音「イ」、「エ」、「ア」、「オ」、「ウ」を録音。1回目の録音の次の授業で、目標とするプロのスペクトルと1回目録音の生徒のスペクトルを示す。6回の授業の冒頭で呼吸法の発声練習を行い、2回目を録音する。

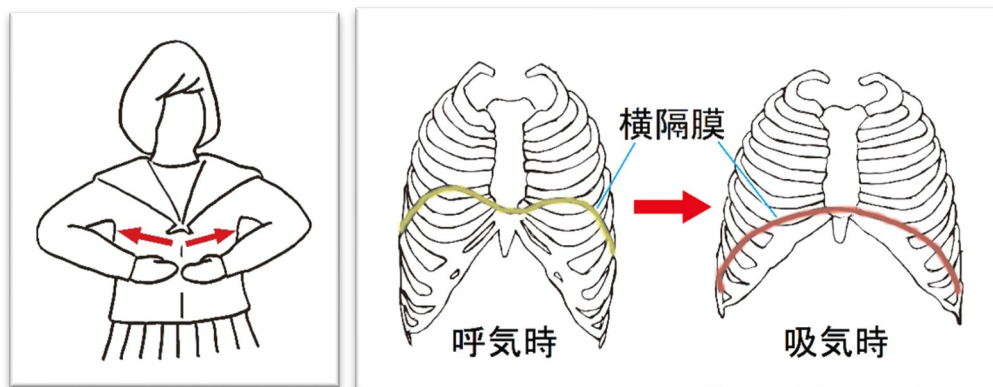


図4.3 横隔膜を意識した発声法

・3組は通常授業では発声の指導は行わない統制群。

1回目の母音「イ」、「エ」、「ア」、「オ」、「ウ」を録音し、次の授業で生徒にスペクトルを見せる。6回の通常授業後、2回目を録音する。

### Ⅱ.2.3 分析方法

Praatに録音データ（Midiデータ）を読み込む際、音量の正規化を行った。全員の音圧を一定にするため Praatの設定（Scale intensity）を70dbに統一し、音声の最大振幅の絶対値（Scale absolute peak）を0.99、Pitch rangeを75-500Hzに設定した。スペクトルを表示する際、グラフの縦軸のDynamic range(db)は0 db～60db、横軸は2,000～4,000Hz<sup>注7</sup>にした。1回目の録音と2回目の録音の各母音の音声波形の中央部分の2秒間を範囲指定（図4.4）し、スペクトルを測定する。2つのグラフを並べるようにスクリプトを作成し、グラフ（図4.5）を画像ファイル（.JPG）に保存（Save as 300-dpi PNF file）する。さらに、スペクトルのグラフをすべて同じサイズ（幅：2983pixel、高さ：2478pixel）のPDFファイルにした後、フォトショップ<sup>注8</sup>でPDFのファイルサイズを固定し、各母音の長方形の枠を選択し、面積を測定（図4.6）し、数値化する。統計分析にあたっては、IBMのSPSS Statistics Ver. 28を用いる。



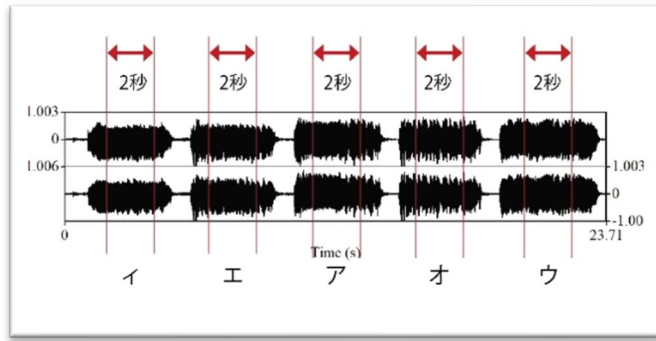


図4.4 音声データの2秒間の範囲指定

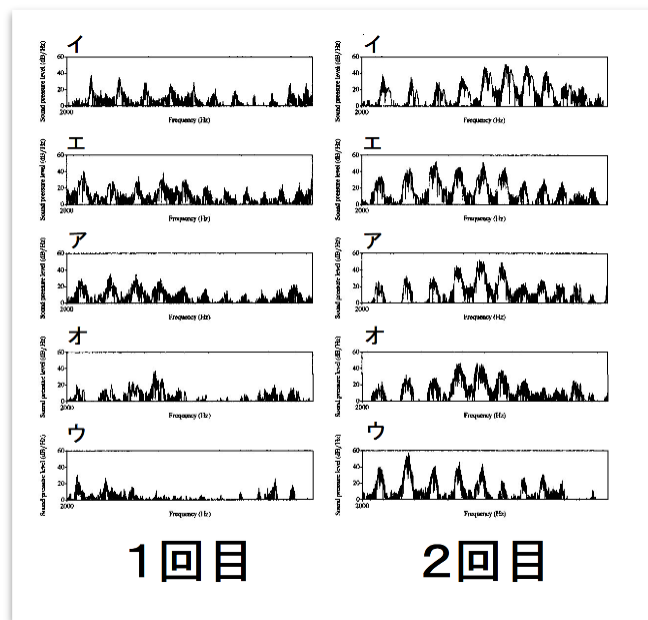


図4.5 左側が1回目，右側が2回目録音のS.F. 帯域 (2,000~4,000Hz) のスペクトル

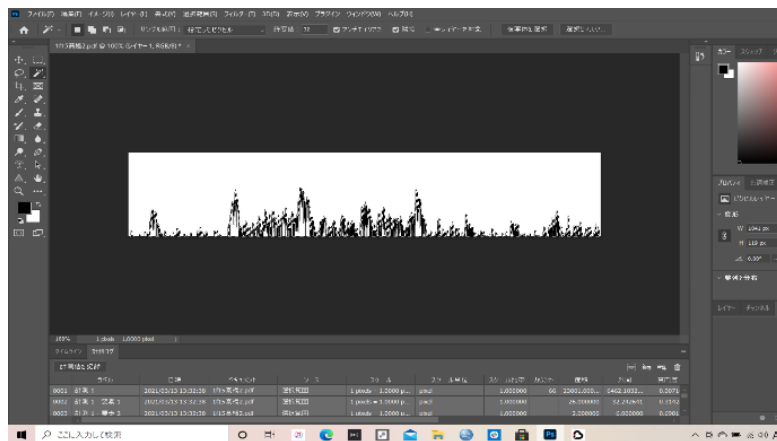


図4.6 フォトショップによる面積測定

## II. 2. 4 実験結果

同意書未提出者と欠席者を除いた被験者数は110名。うち、1組36名（男子16名、女子20名）、2組37名（男子16名、女子21名）、3組37名（男子16名、女子21名）である。男子の人数は同数だったが、2組と3組の女子が1組に比べて1名多かったので、1組の女子の欠席者の出席番号と同じ出席番号の女子生徒を2組、3組から除外し、男女比をそろえて分析した。

1～3組の母音「イ」、「エ」、「ア」、「オ」、「ウ」の指導前歌唱と指導後歌唱のS.F.量に生じる差を検証するために、独立変数をクラスと指導前後、従属変数をS.F.量とする2要因の反復測定分散分析を行った。

その結果、クラス要因（対応なし要因）の主効果および指導前後要因（対応あり要因）の主効果、さらに交互作用が有意であった。次に、クラス要因の各水準における指導前後要因の単純主効果の検定を行ったところ、1組はすべて有意差があったが、2組は母音「イ」、「エ」、「ア」、3組は母音「イ」が有意であった。指導前後の水準でクラス要因の単純主効果の検定を行った（表3.1）（図4.7.1～4.7.5）ところ、すべての母音において有意差があったためクラス要因の多重比較を行った。その結果、単純主効果のクラス間比較では、指導前はすべて3つのクラス間で有意差はなかった。指導後では、母音「オ」、「ウ」において1組（共鳴腔）が2組（呼吸法）及び3組（統制群）よりも平均値が有意に高いことが明らかとなった。また、母音「オ」、「ウ」において2組（呼吸法）と3組（統制群）の平均値に有意差は見られなかった。さらに、3組（統制群）の母音「イ」について、平均値が有意に低くなった。

表3.1 歌唱指導前後におけるS.F.量(2,000～4,000Hz)の変化（反復測定分散分析）

母音	クラス 注1)	指導前(pixel) 注2)		指導後(pixel) 注2)		被験者内効果の検定 F値(ρ値) 注3)		単純主効果の検定(多重比較) (ρ値) 注3)	
		平均値 (pixel)	標準偏差 (pixel)	平均値 (pixel)	標準偏差 (pixel)	時期 (主効果)	時期×クラス (交互作用)	クラス間の比較 (指導後の結果のみ記載)注4)	前後比較
イ	1組(n=36)	35317	21233	53997	17142	F=28.0(ρ<0.001)	F=23.2(ρ<0.001)	1組-2組(ρ=0.067)	1組:前<後(ρ<0.001**)
	2組(n=36)	35512	17287	45084	17287			1組>3組(ρ<0.001**)	2組:前<後(ρ<0.001**)
	3組(n=36)	29271	16957	24014	14280			2組>3組(ρ<0.001**)	3組:前>後(ρ=0.038*)
エ	1組(n=36)	39190	19421	56724	16129	F=42.1(ρ<0.001)	F=21.6(ρ<0.001)	1組-2組(ρ=0.241)	1組:前<後(ρ<0.001**)
	2組(n=36)	39234	15544	50059	14803			1組>3組(ρ<0.001**)	2組:前<後(ρ<0.001**)
	3組(n=36)	35173	16874	32151	17036			2組>3組(ρ<0.001**)	3組:前-後(ρ=0.183)
ア	1組(n=36)	23401	16135	30919	14496	F=17.8(ρ<0.001)	F=5.4(ρ=0.006)	1組-2組(ρ=0.979)	1組:前<後(ρ<0.001**)
	2組(n=36)	21765	12898	27759	12635			1組>3組(ρ=0.001**)	2組:前<後(ρ=0.001**)
	3組(n=36)	19409	12331	19067	13596			2組>3組(ρ=0.023*)	3組:前-後(ρ=0.850)
オ	1組(n=36)	17656	14702	24692	17383	F=5.7(ρ=0.018)	F=7.5(ρ<0.001)	1組>2組(ρ=0.026*)	1組:前<後(ρ<0.001**)
	2組(n=36)	15800	11554	16653	8544			1組>3組(ρ<0.001**)	2組:前-後(ρ=0.591)
	3組(n=36)	13441	10973	12107	10492			2組-3組(ρ=0.397)	3組:前-後(ρ=0.401)
ウ	1組(n=36)	21268	16500	31829	17297	F=13.4(ρ<0.001)	F=13.0(ρ<0.001)	1組>2組(ρ=0.017*)	1組:前<後(ρ<0.001**)
	2組(n=36)	19197	11502	22289	11589			1組>3組(ρ<0.001**)	2組:前-後(ρ=0.088)
	3組(n=36)	18200	14652	15899	13624			2組-3組(ρ=0.186)	3組:前-後(ρ=0.202)

- 注1) 各組の男女数は1組(16, 20), 2組(16, 21), 3組(16, 21)であったため, 3クラスの女子の数を20に揃えた(1組の欠席者の出席番号と同じ番号の生徒を分析対象から外した)
- 注2) pixelの数値: praatのグラフを300dpi PNG fileに保存し, PDF fileに変換したときの値(幅3508 pixel 高さ2480 pixel)を縦横比固定して算出したもの
- 注3) \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$
- 注4) 単純主効果のクラス間の比較では, 指導前はすべて3つのクラス間で有意差なし

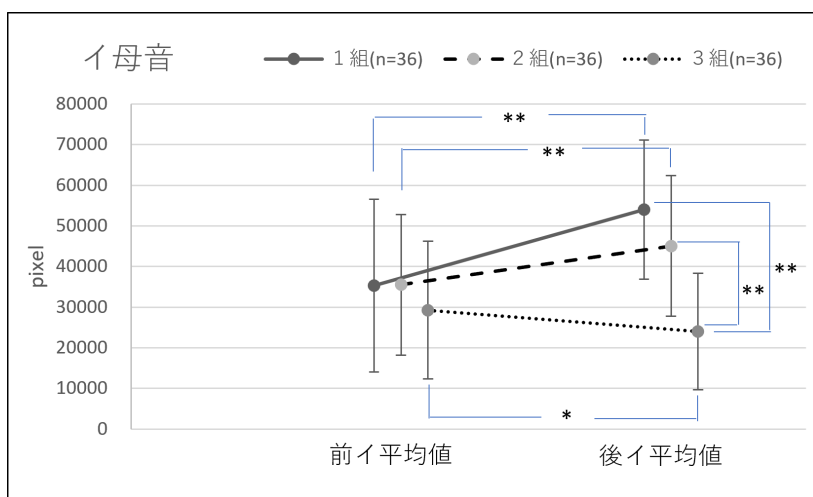


図4.7.1 指導前後イ母音の平均値・標準偏差の推移 (\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )

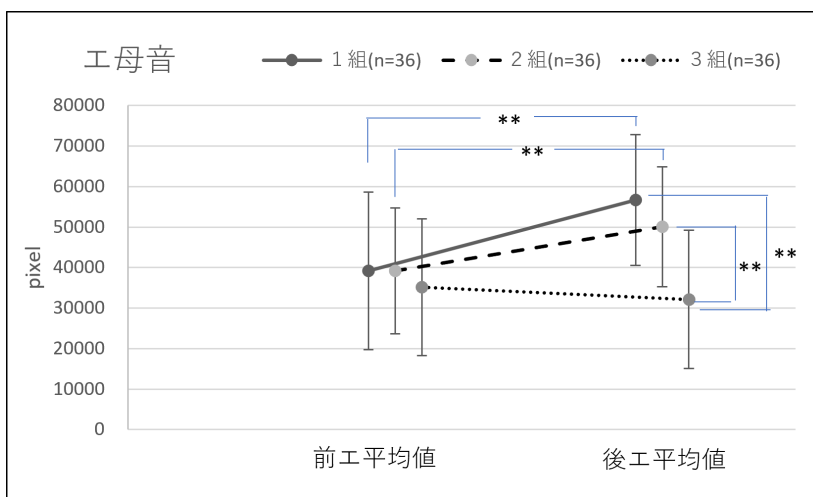


図4.7.2 指導前後エ母音の平均値・標準偏差の推移 (\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )

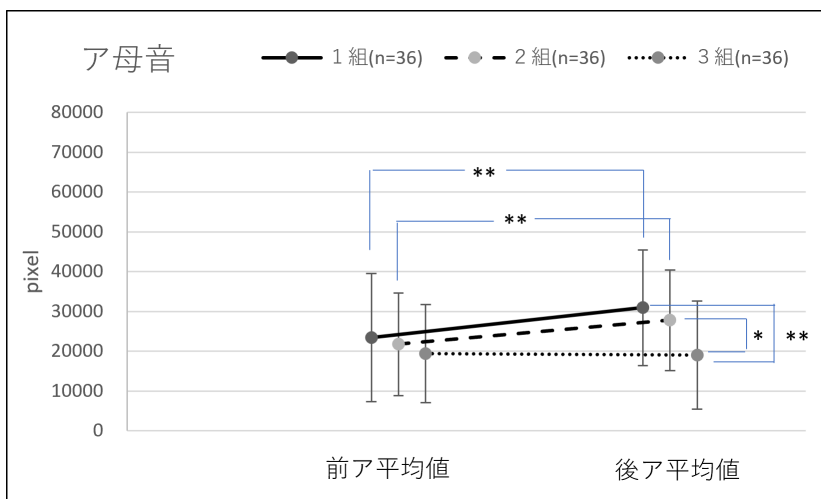


図4.7.3 指導前後ア母音の平均値・標準偏差の推移 (\*: $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )

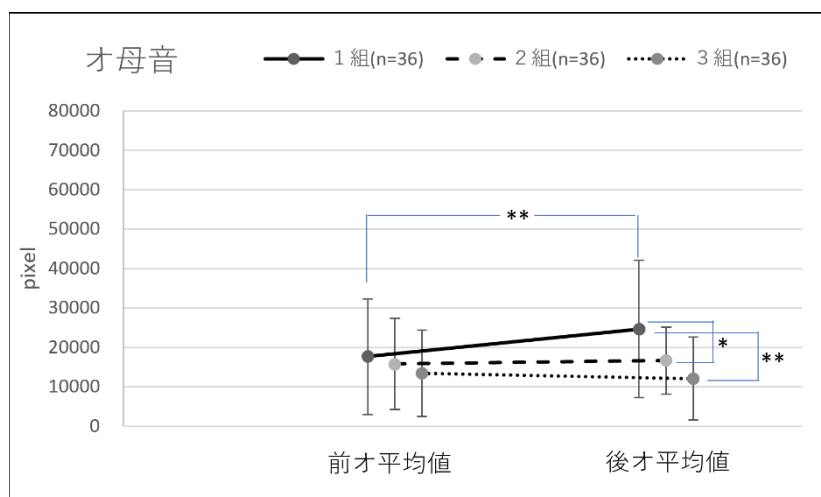


図4.7.4 指導前後オ母音の平均値・標準偏差の推移 (\*: $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )

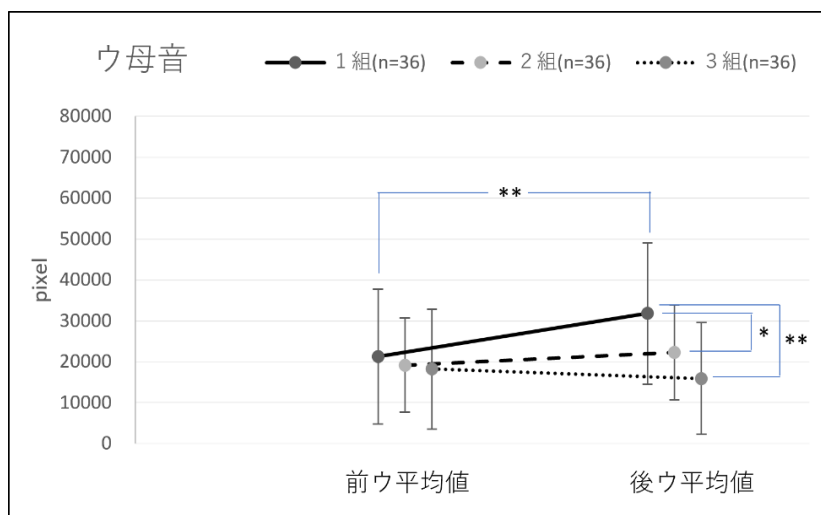


図4.7.5 指導前後ウ母音の平均値・標準偏差の推移 (\*: $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )

## Ⅱ.2.5 考察

本研究では、「共鳴腔」の発声法の習熟によって、高校生が目指したい「通る声」、「飛ぶ声」や質問紙調査で音楽教師が良い声の基準に挙げた「響く歌声」が実現できるのではないかという仮説を立て、それを明らかにするために「共鳴腔」の発声法と「呼吸法」の発声法という異なる指導を行う実験的手法によって比較・検証した。「響く歌声」の音響的特徴にはS.F.があり、その山型の大きさや鋭さ、S.F.帯域の含有率などで声楽初学者の発声の習熟度を測る研究があり、それらを参考にしながら本研究ではS.F.量をグラフの面積から算出し、指導前後で増加率を検討することとした。

まず第1回目の録音を分析し、単純主効果のクラス間の比較を行い、実験群(1,2組)と統制群(3組)の指導前の母音のS.F.量に有意差は見られないことを確認した。その後、異なる指導を1組と2組に行い、事後のS.F.の変化を検討した。

その結果、(表3.1)に示したように、母音「オ」、「ウ」において1組(共鳴腔の発声法)が2組(呼吸法の発声法)・3組(統制群)よりも指導後の平均値が有意に高いことが明らかとなった。

日本語の母音は「イ」、「エ」が前舌母音で、「ア」、「オ」、「ウ」が後舌母音である<sup>注9</sup>。したがって舌の隆起した位置からノドにかけては「イ」、「エ」が広い。さらに、母音を発音するときの顎の開き度合いは「ア」>「エ」>「オ」>「イ」>「ウ」の順に狭くなっており<sup>注9</sup>、顎を開ける「オ」はノドが狭くなる傾向にあるため、ノドの周辺の腔を開けることができなかつたからと思われる。さらに、母音「ア」は低母音なので舌全体が下がっている。その結果、中咽頭～上咽頭～鼻腔に共鳴させる母音「イ」、「エ」、「ア」は全体的に2,000～4,000Hzという高周波の平均値が高くなった。

母音「イ」、「エ」、「ア」が1,2組の間では有意差が出なかつたことについて、これらの母音は前述のように、もともとノドの空間が広く、声門上部～中咽頭～鼻腔に共鳴しやすい母音であるため有意差が見られなかつたと考えられる。しかし、3組(統制群)との比較においては、母音「イ」、「エ」は極めて有意に高くなったこと、さらに1,3組の比較では母音「ア」は極めて有意に高くなり、2,3組の比較では母音「ア」は有意に高くなったという分析結果が出た。このことは、母音「イ」、「エ」、「ア」については、共鳴腔の指導法と呼吸法の指導法のどちらも共鳴を高めるために有効な指導法であることを示している。

一方、3組(統制群)の母音「イ」の指導後の平均値が有意に低くなつたことについては、まったく歌唱指導を受けずに録音したため、歌い始めの音がうまく共鳴しなかつたと考えられる。その他の母音は有意に低下していないこと、また1,2組は母音「イ」は指導後に極めて有意に高くなつていることを考えると、変容がはっきりわかる母音であると言える。一般的に発声練習が「イ」→「エ」→「ア」→「オ」→「ウ」の順に行われることの意味合いから考えると、「イ」は他の母音より高周波の響きを生み出しやすい母音であると言えよう。

母音「オ」、「ウ」については、ノドに響かせないでそのまま発声した2,3組に対して、「ノドに涼しい息を当てるように吸い込み、その部分を意識して発声する」、「口先をあまり開

けないで、口の奥を開くように発声する」という指導を受けていたことにより、もともと狭い状態だったノドが広がり、それに伴い中咽頭～上咽頭～鼻腔にかけての息の流れも意識して歌唱することができ、有意差が出たと思われる。池田・伊東（2000）が「普通の歌声」と「良い歌声」の双方を発声できる教育学部音楽科女子学生3名に対して行った追加実験でも、母音「ア」、「オ」において、「良い声で歌おうとする意識を持ち、咽がよく開かれた歌声」で発声した場合、3名の「ア」、「オ」すべてにS.F.が出現したという結果であったことから裏付けられる。今回の実験で行ったように意識的にノドを開け、声帯上部～中咽頭～上咽頭を意識する発声法（管状音楽共鳴腔）を行えば、響く歌声に変化すると言えよう。

## Ⅱ.2.6 結論

本研究では、高等学校の普通科1年生の音楽I選択者を対象に発声法の違いによるS.F.量の変化を調査した。発声指導前後のS.F.量を分析した結果、S.F.量を増加させる発声法は、「呼吸法」の発声法より「共鳴腔」の発声法が効果的であることが示された。特に「共鳴腔」の発声法では、母音「オ」、「ウ」が効果的であることがわかった。

高等学校の歌唱の授業では、「呼吸法」の発声法を重視しているが、本研究で「共鳴腔」の発声法が「呼吸法」の発声法に比べて有効であることが明らかとなった。「共鳴腔」の発声法を学んだ生徒の2回目録音後の感想（資料pp.52-53）を見ても、「声の出し方を変えたことで自分でもよく声が飛ぶようになったと実感しました」、「息を喉の奥に送るようにして歌ったら口をあまり開けなくても声が良く響くようになってびっくりしました」、「以前練習したときよりも遠くへ声が飛んでいるような気がしました。」、「自分で声を出しているとき、前より声が響いていることがわかりました」など、声の変化を実感したことが記述されていた。つまり、S.F.量の増加という結果だけでなく、生徒自身が上達したという実感を得たという結果であった。これらのことから、今後はこの知見をもとに、共鳴腔の発声法を呼吸法の発声法の前段階に行うことを提案していきたい。

また、この研究でS.F.に着目したことで、歌声の上達を視覚と聴覚で理解できたことも効果的であった。さらに、音楽の時間に発声の生理学的な仕組みや音響学的な仕組みを取り入れて学ぶ学習過程は、高校生にとって、より理解と習熟が深まる学びができたと言える。

一方、本研究は共鳴腔と呼吸法の発声法を比較したに過ぎず、課題もある。母音「イ」、「エ」、「ア」の分析結果では呼吸法の発声法は共鳴腔の発声法と変わらず有効であることが示されており、共鳴腔の発声法と呼吸法の発声法を組み合わせることでさらに響く声になるということが予測できる。今後は、共鳴腔と呼吸法を組み合わせる発声指導を行った場合のS.F.量の増加率の比較実験を行う必要があると考える。また、S.F.が現れる声には「固い声」、「未成熟な声」のような「良い声」でないものも含まれるため、良い声の印象

評価も併せて行う必要があると言えよう。

【注】

注1：Praat はアムステルダム大学の Paul Boersma と David Weenink が開発した音声分析用フリーウェア

注2：スペクトル (spectrum) とは、「信号を構成している周波数成分の振幅や位相の分布を周波数の関数として表したものの一般的呼称」（『新版 音響用語辞典』日本音響学会編 コロナ社, p.190）

注3：この音高は、合唱部の予備実験で男女ともにS.F.が多く出やすい音域を調査して決定した。

注4：河合・杉本（2015）は、「声楽発声の共鳴腔」の実験で、母音を「イ」、「エ」、「ア」、「オ」、「ウ」の順で行ったこと、また、国際的に著名な声楽指導者のミラー（R.Miller）は著書（『歌唱の仕組み』音楽之友社 p.122）で、歌唱の母音のパターンを[i], [e], [ɛ], [a], [ɔ], [o], [u] と示していることに基づいている。

注5：録音で使用したIC機器は SONY ICZ-R100録音モードはMp3, 192kbps, マイク感度は音声用, 録音フィルターはNCF(Noise Cut), VORオフ

注6：佐久間ら（2013）の研究では、音声の収音を静かな教室で行っていること、さらに、歌唱者はレコーダーから 2 m離れた正面において立唱で歌唱させており、それを参考とした。

注7：佐久間ら（2013）は 2,000～4,000Hzの周波数帯域、野田ら（2016）は 2,400～4,000Hzの周波数帯域に着目したのを参考とし、本実験の 1 回目と 2 回目の全生徒のスペクトルを比較した上で、周波数帯域を 2,000～4,000Hzと定めた。

注8：Adobe Photoshop ver.22.3.1

注9：川原繁人『音とことばのふしぎな世界』岩波書店, pp.52-58

## 【資料】

「共鳴腔」の発声法を実施した生徒の感想
結果が変化していてびっくりしました。発声方法を変えるだけであんなにも周波数のグラフが変化するのだと思い驚きました。この研究はすごい効果があるのだとわかりました。
響かせるという感覚がわからなかった。息を吸い込んだ時に風が来るところを広げるという感覚はわかるけど広げていくということができなかった。
明らかに変化している点としては雑音が減ったことで安定性が増加したと思う。S.F.はあまり変化していないが、 <u>普段歌うときなどから前に出すというよりも後ろに引いてくるような歌い方で高音が楽に無駄な緊張なく出せている実感もある</u> 。今までは喉を閉めに行きやすかったけどむしろ開けていくようなイメージをどんな場面でも意識して楽に通る声を修得したい。
測定の時寒くて声を出しづらかった。でも、結果は少し良くなっています。ということは、少ない力で大きな力を生み出せるようになったと言えると思います。
<u>声の出し方を変えたことで自分でもよく声が飛ぶようになったと実感しました</u> 。また、実際の録音結果でも前回よりも雑音が減り、1つ1つの山がはっきりしました。今回こんなにも変わることをすごく実感したので、これからもっと良い声になれるように声の出し方を意識していきたいです。
グラフを見てみると雑音が減って山がはっきり見えるようになっていた。さらにS.F.が少しだけ出るようになっていたのですごくいいと思った。 <u>前に歌った時よりも、中で声が響く感じがしたので上手くできたと思う</u> 。
「い」「え」「あ」は雑音が減り改善できている。「あ」「う」はこの前より音が小さくなってしまっているので改善し3KHz付近のパワーを意識していけるとよい。
今までは口先で歌っていた感じだったけど、 <u>息を喉の奥に送るようにして歌ったら口をあまり開けなくても声が良く響くようになってびっくりしました</u> 。とにかく前に声を出せ出せ！と思ってこれまで歌ってきたのでむしろ後ろに息を送るような感覚は不思議でした。これからは歌を歌うときには教えてもらったことを意識してきれいに気持ちよく歌いたいです。レッスンを受けられて良かったです。
「い」「え」のS.F.がすごくわかりやすくなるようになった。 <u>確かに喉が良く開いて声も震えずにできたと感じた</u> 。
前回よりS.F.が出ていたので良かった。「う」が特に大きく変化した。でもまだ雑音があったり、S.F.が山のように出ていないのもっと意識してできるようにしたい。
S.F.の量が出るようになっていましたが雑音はまだ出てしまっているようです。いつもの練習でここまで変化するとは自分でもとても驚きです。これを続けていくと高音も出せるということなので続けて頑張りたいと思います。
「い」と「お」の雑音が格段に減りました。しかし、まだS.F.が全然出ていないので引き続き発声練習をしていきたいです。また、「お」と「う」はまだつかめていませんが、「い」「え」「あ」の時の発声は少し楽になった気がします。
1つ1つの山がはっきりして、雑音が前回より減ったと思います。 <u>喉からがーっと地声を出すよりもレッスンを受けた後の方が楽に声を出すようになったと体感することができました</u> 。ただ、まだまだだと思うので家で練習してきれいな声を出したいです。
雑音がものすごく減ったと思います。S.F.を意識して声を上へ飛ばすように意識したら雑音が減りました。S.F.は残念ながらあまり変化がありませんでした。もっと練習をしていけばもっと結果が良くなっていたかなと思いました。自分の声を視覚的にみることができて良かったです。
周波数からは雑音が少なくなってS.F.も少しははっきりしたかなと思いました。 <u>自分で歌っていても力まなくても声が遠くまで響くようになった</u> 。
「あ」の時、3KHz～4KHzのところに少し山が見られるようになった。また、「え」と「う」も雑音が減ったように思う。1回目の時よりは楽に音を出すことができたけど、緊張で声がかすれることや「え」の音が横に広がってしまったりすることをもう少し変えていきたいと思った。
前よりも周波数がきれいに出ている部分があって良かった。先生に声がきれいといほめてもらえて自信ができました。 <u>自分でも前より声が出しやすくなって少しは遠くに響いた感覚があったので</u> 、これからもっと教えてもらったことを意識して成長させたい。
<u>以前練習したときよりも遠くへ声が飛んでいるような気がしました</u> 。また、1回目と2回目を比べてみるとS.F.が少し大きくなっていて、練習をすればするほど上達するのだということが実感できた。一方、依然と比べ「う」がなかなか山ができていなかったのもっと大きな山のS.F.を作れるようにしたいと思った。
※赤字は生徒が声の変化を実感して記述していると筆者が判断した部分
下線は本文に引用した感想



「共鳴腔」の発声法を実施した生徒の感想
前よりも雑音が消えたことがグラフからわかりました。 <u>自分で声を出しているとき、前より声が響いていることがわかりました。</u> S.F.がまだしっかり出せていないのでそれをはっきり出るようにしたいです。今まで前に声を出すイメージで歌っていたけど、頭の後ろの方を意識することで前を意識するよりも遠くに声が響くこともわかりました。
いつでもすぐに声を出せるようにしたい
特に「あ」と「お」の音が良く響くようになっていました。歌うときも良く意識するようになりました。他校の友達に歌い方を聞かれた時に論理的に説明できるようになりました。 <u>話すときはまだただ歌で遠くに聞こえる声を出せるようになりました。</u> これからも教わったことを意識したいです。
あまり練習していなかったので変化していませんでした
3K~4KHzくらいにS.F.が前よりできていた感じがした。雑音も前より少なくなりひとつひとつがはっきりしたと思います。後ろを意識した練習をすることでこんなに変わるのだとびっくりしました。まだ結構雑音があるのでもっと上手になりたいと思いました。
特に「イ」の音が1回目より山が大きくなった。5KHz以降の山も大きくなった。まだ、3KHz辺りがもう少しできそうなので満足のいく発声にしていきたい。
前回よりS.F.が大きくなっていましたので良かったと思う。若干雑音が増えてしまったので気を付けるようにしたい。また、前回と変わらず音量が少ないと感じたのでそこも直せると良いと思った
「いえあお」は前に比べて良くなったと思う。 <u>壁に頭をつけてやっていたので自然と奥の方に声をやることができたため良かった。</u> 「う」は途中で声がかすれてあまりよくなかった
3K~4KHzくらいに山ができるようになった。まだ山が小さいのもっと響かせる声を意識して頑張りたい。
S.F.を鍛えることができたと思う。しかし、変化が小さかったのもっと練習したい。家や学校でも空き時間にやってみたい。
以前よりも声の出し方が正しくわかった気がします。前より、2KHz~5KHzに音が少し出てきたのでうれしかったです。
「お」の音での3KHz~4KHzあたりの山が大きくなっていて、自分の声の変化を目で見えて感じ取ることができました。しかしまだ、自分の声を後ろに飛ばすイメージがつかみづらいし、前よりも山が小さくなってしまった音もあったので自分の音を後ろに飛ばすイメージを明確につかめるようになるまで練習してS.F.の山を大きくできるようにしたいです。
周波数という数字ではあまりかわっていないけれど、それでも山の数が増えたかなと思います。まだまだお手本の形には程遠いけど、少しでも近づけるようにこの歌い方を練習していきたいです。
ほんの少しだけ最後の方に山が見えて良かったです。でも、雑音はまだたくさんあって、そこをもっと少なくなりたいと思いました。
雑音がとても減っていました。自分ではそこまで成長した実感はなかったけど、遠くに響くきれいな声が出たようになったのだと目に見えたことがうれしかったです。この発声の仕方を今の授業でやっている「荒野の果てに」にも活かしたいと思います。
「お」と「う」で周波数の山が見えるようになって1つ1つの山がはっきりするようになりました。また、「い」はプロの形に近づいたので良かったです。まだ実感はないのもっと練習して合唱などに生かしたいと思います。
1回目の周波数より2回目の周波数の方が3KHz~4KHz辺りの山が大きくなった。またすべての母音に山ができてうれしかった。実際に歌った時に喉の奥を開いて歌うと頭が振動して震える感じがわかるようになった。 <u>私は喉だけで歌っていたので高音が難しかったけどこの歌い方をすることで高音が出しやすくなった。</u>
前回後ろの方に山が作れていなかった「う」の音に少しだけ山を作って歌えるようになっていて、前より進歩したと思う。毎日の練習でこれから声の山をもっとはっきりとさせていい声を出せるように練習をしていきたいと思う。
※赤字は生徒が声の変化を実感して記述していると筆者が判断した部分
下線は本文に引用した感想

## 終章 総合考察と今後の課題

### Ⅱ.3.1 研究の概要

本研究の目的は、「響く歌声」に適切な発声法の提案と検証である。

まず、「良い声」の基準とされている「響く歌声」について、生理学、音声学、音響学の分野について文献調査し、「響く歌声」を生み出す科学的な知見と発声法について明らかにする。

次に、高等学校における歌唱指導の実態調査を行い、多くの教師が重視する発声法を調査する。

そして、「響く歌声」を生み出す科学的な知見をもとにした発声法と高等学校音楽教師が重視する発声法について、高校生を対象に比較実験を行った。

そして、その実験結果を検討することで、「響く歌声」を生み出す新しい方法を確立し、その有効性を示すことが本研究の目的である。その際、どのようにデータを記録・分析していくべきかという方法論も確立することも、副次的な目的である。

序論の第1章では、「響く歌声」について、国内外の研究を生理学の分野、音声学の分野、音響学の分野に分けて文献調査を行った。その中で「響く歌声」の特徴や評価方法についても概観した。

序論の第2章では、次の項目(①「良い歌声」の判断基準、②授業での歌唱指導の目的、③重要と考える歌唱表現と発声法、④授業で行っている具体的な発声法、⑤年齢階層別に見た教師の重視する発声法の違い、⑥教師の専攻(声楽専攻か否か)に見た重視する発声法の違い、⑦教師の声楽のレッスン歴別に見た重視する発声法の違い、⑧教師の歌唱指導に関する参考文献を持っているか否か別に見た重視する発声法の違い)を明らかにするため、高等学校の音楽教師に向けて質問紙による実態調査を行った。

本論の第1章では、「響く歌声」を生み出す科学的な知見をもとにした発声法(「共鳴腔」の発声法)と従来から重視されている発声法(「呼吸法」の発声法)について検討した。「共鳴腔」の発声法の検討では、序論の第1章の知見をもとに「管状音楽共鳴腔」を考案した。多くの教師が重視する発声法は、序論の第2章で示された結果をもとにし、高等学校の教科書や論文から初学者が学ぶべき一般的な歌唱における発声法を示した。次に、歌唱の評価方法や分析方法について検討した。S.F.(シンガーズ・フォルマント)を用いた歌唱評価の方法について、序論の第1章の知見をもとに検討した。また、高等学校での実際的な評価・分析を想定してPraatというソフトウェアを用いることを検討した。

本論の第2章では高等学校の普通科1年生の音楽I選択者(121名)を対象に発声法の違いによるS.F.量の変化を調査した。発声法は、序論の第1,2章、本論の第1章の検討をもとにした「共鳴腔」の発声法と「呼吸法」の発声法で行った。発声指導前後のS.F.量を分析

し、どちらの発声法が有効かを比較・検討した。

## Ⅱ.3.2 総合考察

### Ⅱ.3.2.1 高等学校における歌唱指導の目的と指導法について

序論の第2章で述べたように、高等学校の音楽教師の質問紙調査において、良い声の基準に「響く声」を挙げた教師は77.3%（表2.1）と圧倒的に多かった。しかし、授業での歌唱指導の目的で「曲にふさわしい発声の技能を身につける」と回答した教師は全体の10.6%と少なかった（表2.2）。一方、独唱・合唱の授業で重要と考える発声で1番目に挙げたのが「呼吸法」、2番目に挙げたのが「姿勢」で、「共鳴腔の意識」は独唱が4番目、合唱が3番目であった（表2.4）。このことから、良い声は「響く声」と考えるが、発声指導は「呼吸法」と「姿勢」を重視しているということが分かった。また、歌唱の授業では発声指導より「イメージをもって表現すること」や「曲想と音楽の構造や歌詞について理解すること」を主たる目的として行っていることが分かった。

早川・虫明（2012）によると、音楽教師に歌唱に関するアンケート調査を行った結果、「楽しんで歌う指導」、「やる気にさせる歌唱指導」、「歌唱が苦手な生徒への指導」といった記述が多く、「きれいな声」、「美しい声」について、具体的に指導法を学びたいという記述が少なかった。これらのことから、音楽教師は歌唱の授業で発声法を教えることに重きを置いていないこと、発声法について学びたいという意識が薄いことが分かる。

一方、従前の高等学校学習指導要領（平成21年告示）では、「2 内容」の「A 表現」（1）歌唱の指導事項イに「曲種に応じた発声の特徴を生かし、表現を工夫して歌うこと」とあり、このことについて従前の『高等学校学習指導要領解説（2009）』には「姿勢や身体の使い方、呼吸法、共鳴の様子などに着目して、その曲種の発声はどのような特徴を持っているのか考え、発声の特徴を生かした表現を追求していくことが考えられる」とある。しかし、着目する事柄の中で視覚確認できないのが「共鳴の様子」である。呼吸法というのは、斉田・斉田（2009）の論文に示されているように、筋肉の動きで判断できる部分があり、指導しやすいと思われる。逆に、「共鳴腔」というのは体の中にあり筋肉運動が見えないものであり、指導が難しいともいえる。

今回の研究では、目に見えない部分のわずかな筋肉運動の変化を周波数の波形によって示すことができた。このことは、これまで専門家が行っていた共鳴腔の発声法を専門家以外でも取り組むことができる可能性を示唆した。

### Ⅱ.3.2.2 歌唱指導における「響く歌声」と「共鳴腔」の関係について

J.Sundberg（2007）は、著書『歌声の科学』（P.22 図2.11）の中で、G.Fant（1960）の「声道形状は、声道の側面図にあるように、調音の位置によって決定される：口唇、顎の開き、舌

形状、軟口蓋、喉頭」を引用している。また、F.D.Minifie (1973)、川原(2014)の研究によって、母音を明確にするためには母音特有の舌の位置、喉頭の位置、顎の開き方があることが示されている。J.Sundberg(2007)の『歌声の科学』(P.23)にも、「第1フォルマントは特に顎の開きに敏感であり、第2フォルマントは舌形状に敏感に影響を受ける。第3フォルマントは舌尖の位置に影響を受ける」と書かれており、響く声の条件に、母音の響きをつくる共鳴腔の特性があることが示されている。

河合・杉本(2015)は、MRIの撮像で比較検討し、母音の発音は「発音共鳴腔」、声の美しさは「音楽共鳴腔」が響かせてくれると示唆した。そこで、本論の第1章で、「響く歌声」の音響は管状の音楽共鳴腔にあるとし、「管状音楽共鳴腔」(図3.2)を考案した。そして、本論の第2章の実験で、「共鳴腔」の発声法に「管状音楽共鳴腔」の図(図3.2)を示して指導を行った。実験結果では「共鳴腔」の発声法の群のS.F.は統制群に比べ有意に増加していることが分かり、「共鳴腔」の発声法が有効な指導法であることが示された。

### II.3.2.3 歌唱指導における「響く歌声」と測定方法について

J.Sundberg(1974)をはじめ、多数の研究者がプロの音楽家の音響特徴にS.F.があることを報告している。一方、国内の音楽を学ぶ学生を対象とした研究{池田・伊東(2000)、山辺ら(2012)、佐久間ら(2013, 2015)、野田ら(2016)}にも大学生の発声指導後にS.F.が増加したと報告されている。これらの研究から、高等学校の歌唱指導に「響く歌声」の評価としてS.F.を活用することにした。国内の大学生の研究では、歌唱の子音や母音が混ざった状態を分析しており、前後の母音や子音による影響を受けていることや音高が一定でないため、正しく比較できているか判断が難しかった。そこで、本論の第2章の「高等学校の歌唱指導における『共鳴腔』と『呼吸法』の発声法の比較実験」では、これらの問題点を検討し、分析の条件(音高、母音)を一定にした。さらに、国内の研究では、データ解析にオシロスコープやコンデンサーマイク、音声入出力ボードやIC録音機といった専用機器や専用ソフトウェアを用いたのに対し、学校教育に普及しているパーソナルコンピュータやICレコーダーのみで行えるように検討した。その結果、世界的に利用されているPraatというソフトウェアを用いて、発声指導前後の各母音のS.F.を(周波数帯域を限定して)計測し、それを定量化し、生徒自身が声の変化をグラフで見て確認できるようにした。さらに、画面上に現れるグラフの長さを一定に保って、その面積を測定できる仕組みを開発し、そこから増加率を割り出す方法を見出した。この結果、「共鳴腔」と「呼吸法」の歌唱指導の効果の違いを示すことにつながった。

### II.3.2.4 「共鳴腔」と「呼吸法」の歌唱指導の効果の違いについて

本研究では、「共鳴腔」と「呼吸法」の歌唱指導の効果の違いについて、指導前後のS.F.量をグラフの面積から算出し、増加率を検討することで調査した。まず指導前に、各母音の録音を分析し、単純主効果のクラス間の比較を行い、実験群(1, 2組)と統制群(3組)の

指導前の母音のS.F.量に有意差は見られないことを確認した。次に、1組に「共鳴腔」の発声法、2組に「呼吸法」の発声法を行い、指導前後のS.F.の変化を分析した。その結果、統制群との比較では、1組（「共鳴腔」の発声法）は、母音「イ」、「エ」、「ア」、「オ」、「ウ」において有意差が見られ、2組（「呼吸法」の発声法）は、母音「イ」、「エ」、「ア」において有意差が見られた。1組と2組の比較では、母音「オ」、「ウ」において1組が2組よりも指導後の平均値が有意に高いことが明らかとなった。一方、母音「イ」、「エ」、「ア」は1、2組の間では有意差が出なかった。

この結果から、すべての母音において統制群との比較で有意差が出たのは「共鳴腔」の発声法であり、「響く歌声」を生み出すのは、「呼吸法」の発声法より「共鳴腔」の発声法が有効であることが示唆された。しかし、母音「イ」、「エ」、「ア」は1、2組の間では有意差が出なかったことや、2組（「呼吸法」の発声法）と3組（統制群）の比較では、2組（「呼吸法」の発声法）の母音「イ」、「エ」、「ア」に有意差が見られたことから、「呼吸法」も有効な発声法であることも示された。

### Ⅱ.3.3 まとめ

これまで高等学校の歌唱の授業で重視されてきたのは「呼吸法」の発声法であった。しかし、他の発声法がある中、その効果について比較検証している研究が見られなかった。そこで、「響く歌声」に関する文献調査を行ったところ、「響く歌声」を生み出しているのは「音楽共鳴腔」であることがわかった。そこで高校生にわかりやすくするために、「管状音楽共鳴腔」を考案し、その部分を意識した発声法を「共鳴腔」の発声法とした。そして、「共鳴腔」の発声法と従来からある「呼吸法」の発声法との比較実験を行い、検証することとした。「響く歌声」の文献調査では、音響特徴にS.F.があるということが分かり、さらに、研究方法について調査する中でPraatというソフトウェアが有効であることがわかった。これまで、歌唱の評価が主観的であることから、高等学校の音楽教師の間では客観的な評価が難しいと考えられていたが、視覚化することで評価の助けになることがわかった。そして、それらの研究方法を用いて、高等学校1年生の普通科3クラスを「共鳴腔の発声法の群」、「呼吸法の発声法の群」、「統制群」に分けて実験を行い、S.F.の増加率を分析した。その結果、「共鳴腔」の発声法は、「呼吸法」の発声法より「オ」、「ウ」において有意であることがわかった。さらに、統制群との比較では、すべての母音で「共鳴腔」の発声法が有意であることがわかった。これまで、高等学校の歌唱の授業で主に行ってきた「呼吸法」の発声法であるが、今回の比較実験によって「共鳴腔」の発声法が「呼吸法」の発声法より効果的であることが示唆された。今後、声楽が主専攻でない教師もPraatのようなソフトウェアを用い、聴覚と視覚の両方で発声指導ができるようになると、発声指導の効果も変わってくると思われる。また、「共鳴腔」による発声法についても、今後、実践事例が増えることを期待したい。また、今回、声を周波数測定で視覚化し比較することができるこ

とが分かったので、歌唱教育での評価方法のアイデアとして示すことができたことも成果としたい。

### Ⅱ.3.4 今後の課題

本研究は「共鳴腔」と「呼吸法」の発声法を比較したが、そもそも発声法というのは段階があり、今回は、初歩の段階の発声法として比較実験を行ったが、それぞれの発声法の手順や段階をふまえた実験なども必要となってくると思われる。さらに、今回の実験はA県のB高等学校のみの調査であるため、別の高等学校での追実験を行っていく必要があると思われる。それは今後の課題としたい。

また、「共鳴腔」と「呼吸法」の分析結果では、母音「イ」、「エ」、「ア」においては、「呼吸法」の発声法は「共鳴腔」の発声法と変わらず有効であることが示されている。このことは、「共鳴腔」の発声法と「呼吸法」の発声法を組み合わせることでさらに響く歌声になるということが予測できるということで、発声法のさらなる効果を求めるためにも、「共鳴腔」と「呼吸法」を組み合わせた発声法を行った場合のS.F.量の増加率の実験を行う必要があると考える。

一方、本論第2章の実験では「響く歌声」の評価をS.F.の増加率のみで測ったが、野田ら(2016)はS.F.が現れる声には「固い声」、「未成熟な声」のように「良い声」でないものも含まれるため、良い声の印象評価も併せて行っている。今後の実験では、複数の音楽教師による聴取による印象評価も併せて行うことも検討したい。

本論の第2章の実験で行った指導は、約1か月間で6回(各回10分程度)の発声指導であったため、生徒の歌声の微妙な変化を教師でさえも聴き取るのは難しいと感じた。しかし、分析で使用したPraatは耳で聞き取れないほどのわずかな変化もグラフで明確に示すことができた。つまり、Praatのようなソフトウェアを発声の効果を高めるために使用したり、生徒自身が発声法を工夫するために使用したりできるように、今後も継続的に使用してその効果を検証していく必要があると言えよう。

## 引用・参考文献

### 【I. 序論】

- コーネリウス・L・リード(1987). 渡部東吾訳. 『ベル・カント唱法 その原理と実践』音楽之友社, p.116
- フレデリック・フースラー, イヴォンヌ・マーリング (1987). 須永義男/大熊文子訳『うたうこと 発声器官の肉体的特質—歌声のひみつを解くかぎ—』音楽之友社
- 北原真冬・田嶋圭一・田中邦佳 (2017). 『音声学を学ぶ人のためのPraat入門』ひつじ書房
- 高等学校学習指導要領 (平成21年告示) (2009). 文部科学省, p.98
- 文部科学省 (2009). 高等学校学習指導要領 (平成21年告示) 解説 芸術 (音楽 美術 工芸 書道) 編 音楽編 美術編, 教育出版社, p.13
- リチャード・ミラー(2014). 岸本宏子・八尋久仁代訳『歌唱の仕組み—その体系と学び方—』音楽之友社, pp.64-72
- 酒井弘(1974). 『発声的技巧とその活用法』音楽之友社, pp.22-24
- 内田恵美子・大川晶也 (2019). 「発声テキストの導入と効果 —アンケート調査を通して—」『東海学院大学短期大学部紀要』45, pp.9-16
- 若井健司(2014)「小学校教員養成のための歌唱指導」『香川大学教育実践総合研究』28, pp.67-77

### 【I. 序論 第1章】

- A. Goodwin (1980). Acoustic study of individual voices in choral blend. *J of Res.in Singing* 3(2) pp.15-36
- B.L.Pelsky(1942) La structure de quelques voyelles chantées. *Archs néerl.Phon.exp.*17 pp.135-136
- コーネリウス・L・リード (1987). 渡部東吾訳『ベル・カント唱法 その原理と実践』音楽之友社
- コーネリウス・L・リード (2005). 移川澄也訳・監修『音楽用語辞典 コーネリウス・リードによる解剖と分析』キックオフ
- F.D.Minifie(1973). Normal Aspects of Speech, Hearing and Language, ed.by Fred D.Minifie, Thomas J.Hixon, and Frederick Williams. Englewood Cliffs, NJ: *Prentice-Hall* pp.235-284
- フレデリック・フースラー, イヴォンヌ・マーリング(1987). 須永義男/大熊文子訳『うたうこと 発声器官の肉体的特質—歌声のひみつを解くかぎ—』音楽之友社
- F.Winckel(1953). Physikalischen Kriterien für objective Stimmbeurteilung. *FP5:(Separatum)* pp.232-252

- ホイットマン・リチャーズ, 石川正保, 平原達也 (1994). 『ナチュラルコンピューテーション聴覚と触覚・カセンシング・運動の計算理論』 パーソナルメディア, p.61
- 池田操・伊東一典 (2000). 「音楽科学生と一般学生の歌声の音響分析と評価 —シンガーズ・フォルマントを指標として—」 『上越教育大学研究紀要』 19(2) , pp.493-509
- 石井未之助 (1987). 『声のしくみ 声を使う人のためのやさしい音声学入門』 音楽之友社
- 磯村一弘 (2009). 『音声を教える』 国際交流基金, ひつじ書房, CD-ROM
- 岩崎洋一 (1997). 『小学生の発声指導を見直す』 音楽之友社
- J.Sundberg (1972). Production and function of the Singing formant. In *Report of the 11th Congress of the International Musicological Society*, vol. 2., ed. H. Glahn, S.Sorenson, and P.Ryom, pp.679-88. Copenhagen:Edition Wilhelm Hansen.
- J.Sundberg(1974). Articulatory interpretation of the “Singing formant.” *JASA* 55 pp.838-44
- ヨハン・スンドベリ, 榊原健一監訳 (2007). 『歌声の科学』 東京電機大学出版局, p.121
- J.Sundberg (1977b) .Singing and timbre. In *Music, room, acoustics* pp.57-81 Stockholm : Royal Swedish Acad. of Music
- J.Sundberg (1987). The Science of the Singing Voice, *Northern Illinois University Press* p.172
- 川原繁人 (2015). 『音とことばのふしぎな世界—メイド声から英語の達人まで』 岩波書店
- 河合孝夫・杉本英治 (2015). 「声楽発声の共鳴腔」 『声楽発声研究』 日本声楽発声学会誌, No.6, pp.4-12
- 長友洋喜 (2020). 「学校音楽科教育における歌唱指導に関する予備的考察」 『安田女子大学 紀要』 48, pp.209-218
- 野田美春・香山瑞恵・池田京子・山下泰樹・伊東一典・浅沼和志 (2016). 「歌声の習熟度に関連する周波数特性に基づく音響特徴量を用いた初学者とプロ歌手の歌声評価」 電子情報通信学会 『信学技報』 IEICE Technical Report ET2015-91(2016-01) , pp.35-40
- リチャード・ミラー (2014). 岸本宏子・八尋久仁代訳 『歌唱の仕組み—その体系と学び方—』 音楽之友社, pp.64-72
- 酒井弘 (1974). 『発声の技巧とその活用法』 音楽之友社, pp.22-24
- 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典 (2013). 「歌声の習熟度と周波数特性との関係に関する考察」 電子情報通信学会 『信学技報』 IEICE Technical Report ET2013-102(2013-12), pp.85-90
- 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・橋本昌巳・伊東一典 (2015). 「歌声の習熟度に関連する周波数特性からみた音響特徴量」 電子情報通信学会 『信学技報』 IEICE Technical Report ET2014-80(2015-1), pp.45-50
- 品川三郎 (1955). 『児童発声 児童の美しい発声のために』 音楽之友社
- S.Kawahara, H.Masuda, D.Erickson, J.Moore, A.Sue-mitsu &Y.Shibuya (2014). Quantifying the effects of Vowel quality and preceding consonants on jaw Displacement: Japanese data.



- 『音声研究18』, pp.54-62
- S.Wang (1986). Singer's high formant associated with different larynx position in styles of singing. *Acoust. Soc. Jpn.* (E)7,6, pp.303-314
- 田村邦光・河合孝夫(2017). 「声楽発声への音声分析の応用事例：音の高さ・倍音・フォルマント分析による歌声の評価の試み」日本声楽発声学会『声楽発声研究』 No.8, pp.37-48
- T.D.Rossing (1985). J.Sundberg, and S.Ternström. (1986). “Acoustic comparison of voice use in solo and choir singing” *JASA* 79, pp.1975-81.
- T.Shipp and K.Izdebski (1975). Vocal frequency and Vertical larynx positioning by singers and nonsingers. *JASA* 58, pp.1104-6
- 和田美代子 (2012). 『声のなんでも小辞典 発声のメカニズムから声の健康まで』講談社
- W.Seidner, H.K.Schutte, J.Wendler and A.Rauhant (1985). Dependence of the high singing formant on pitch and vowel in different voice types. SMAC 83, Proc. of the Stockholm Music Acoustics Conference Publications, *Royal Swedish Academy of Music*, No.46:1
- W.T.Bartholomew (1934). A physical definition of “good voice quality” in the male voice *JASA* 6 , pp.25-33
- 山辺大貴・池田京子・香山瑞恵・大谷真・橋本昌巳・伊東一典・山下泰樹・浅沼和志(2012). 「歌声の心理的印象と音響特徴量との対応付けによる歌唱の習熟度評価に関する基礎的検討」電子情報通信学会『信学技報』IEICE Technical Report ET2012-75(2012-10), pp.61-66
- 山内昭雄・鮎川武二 (2001). 『感覚の地図帳』講談社, p.40
- ヨハン・スンドベリ(2007). 榊原健一監訳『歌声の科学』東京電機大学出版局
- 山内昭雄, 鮎川武二著(2001). 『感覚の地図帳』講談社, p.40
- 米山文明 (1998). 『声と日本人』平凡社, pp.122-123
- 米山文明 (2011). 『声の呼吸法』平凡社

## 【 I . 序論 第 2 章】

- 畑中良輔 編著 (1955). コンコーネ50番 中声用, 全音楽譜出版社
- 高等学校学習指導要領 (平成21年3月告示) (2009). 文部科学省, p.98
- 文部科学省 (2009). 『高等学校学習指導要領解説 芸術 (音楽 美術 工芸 書道) 編 音楽編 美術編』, 教育出版社, p.13
- 野本立人(2015). 『必ず役立つ 学級担任のための合唱の本』 ヤマハミュージックエンタテイメントホールディングス出版部, p.52
- リチャード・ミラー (2014). 岸本宏子・八尋久仁代訳『歌唱の仕組み—その体系と学び方—』音楽之友社, p.85
- リチャード・ミラー (2009). 岸本宏子・長岡英訳『上手に歌うためのQ&A 歌い手と教師

- のための手引書』音楽之友社, pp.246-247
- 酒井弘 (1974). 『発声的技巧とその活用法』音楽之友社, p.68
- 佐々木直樹・玉野佑佳・竹内美咲, 伊東薫 (2015). 「教員養成課程における発声指導の考察(2)－発声理論と発声器官に着目して－」 『教育臨床総合研究14 2015研究』, pp.191-205
- 清水敬一 (2013). 『必ず役立つ 合唱の本』ヤマハミュージックエンタテイメントホールディングス出版部, p.20
- 品川三郎 (1956). 『児童発声』音楽之友社, pp.60-61

## 【Ⅱ. 本論 第1章】

- B.L.Pelsky(1942) La structure de quelques voyelles chantées. *Archs néerl. Phon.exp.*17 pp.135-136
- コーネリウス・L・リード(1987). 渡部東吾訳『ベル・カント唱法 その原理と実践』音楽之友社, p.27
- フレデリック・フースラー, イヴォンヌ・マーリング(1987). 須永義男/大熊文子訳『うたうこと 発声器官の肉体的特質—歌声のひみつを解くかぎ—』音楽之友社, pp.116-118
- 藤本いく代 (2013). 「教員養成課程における初心者への発声指導の試み：発声器官開発を主眼として」『宮崎大学教育学部紀要』芸術・保健体育・家政・技術 第28巻, pp.1-11
- 池田操・伊東一典(2000). 「音楽科学生と一般学生の歌声の音響分析と評価 —シンガーズ・フォルマントを指標として—」『上越教育大学研究紀要』19(2), pp.493-509
- 今釜亮 (2014). 「歌唱指導における, 子どもへの声かけによる音響変化」『筑紫女学園大学短期大学部人間文化研究所年報』第25号, pp.237-250
- J.Sundberg(1974). Articulatory interpretation of the “Singing formant.” *JASA* 55 pp.838-844
- 加藤恒夫・山本誠一(2020). 「日本人小学生の英語音声の継続的収録と英語単母音の音響的・時間的分析」日本音声学会『音声研究』No.24, pp.71-83
- 河合孝夫・杉本英治(2015). 「声楽発声の共鳴腔」『声楽発声研究』日本声楽発声学会誌, No.6, pp.4-12
- 眞田真里絵・城本修・眞田友明(2015). 「児童の頭声発声と胸声発声との比較による音響学的・生理学的一考察」日本声楽発声学会『声楽発声研究』No.6, pp.13-20
- 松下正樹 (2004). 「話し声と歌声の比較を通して歌声を育てる—高校生の発声に関する現状とその改善法—」日本声楽発声学会『日本声楽発声学会誌』第32号, pp.20-25
- 宮下茂 (2004). 「発声法研究Ⅳ：児童への指導 (2)」『長崎大学教育学部紀要』教科教育 No.43, pp.55-64
- 野田美春・香山瑞恵・池田京子・山下泰樹・伊東一典・浅沼和志 (2016). 「歌声の習熟度に関連する周波数特性に基づく音響特徴量を用いた初学者とプロ歌手の歌声評価」電子情報通信学会『信学技報』, ET2015-91, pp.35-40

- 小原伸一 (2003). 「歌唱教材と指導法の研究—高等学校における指導実践を通して—」,  
『宇都宮大学教育学部紀要』第1部, pp.59-73
- リチャード・ミラー(2014). 岸本宏子・八尋久仁代訳『歌唱の仕組み—その体系と学び  
方—』音楽之友社, pp.64-72
- 斉田正子・斉田晴仁(2009). 「声楽発声指導者の立場から—リアルタイム呼吸運動チェック  
システム (ストレーニングゲージ) を用いた歌唱指導について—」『音声言語医学』Vol.50,  
No.2, pp.153-160
- 齋藤毅・辻直也・鶴木祐史・赤木正人(2008). 「歌声らしさの知覚モデルに基づいた歌声特  
有の音響特徴量の分析」日本音響学会『日本音響学会誌』64巻5号, pp.267-277
- 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典(2013). 「歌声の習熟度と  
周波数特性との関係に関する考察」電子情報通信学会『信学技報』IEICE Technical  
Report ET2013-102(2013-12), pp.85-90
- 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・橋本昌巳・伊東一典(2015) 「歌声の習熟度に関連する  
周波数特性からみた音響特徴量」電子情報通信学会『信学技報』IEICE Technical Report,  
ET2014-80(2015-1), pp.45-50
- S.Wang (1986) . Singer's high formant associated with different larynx position in styles of  
singing. *Acoust.Soc.Jpn.*(E)7,6 , pp.303-314
- 竹本浩典 (2014) 「声楽家の高音域におけるフォルマント同調—」日本音響学会『日本音  
響学会誌』70 (9), pp.506-511
- 渡邊寛智 (2017). 「小学校教育に必要とされる歌唱指導力—発声器官の理解と発達段階に  
応じた歌唱指導—」, 『人間と文化』, pp.75-80
- W.T.Bartholomew (1934). A physical definition of “good voice quality” in the male voice.  
*JASA* 6, pp.25-33
- ヨハン・スンドベリ(2007). 榊原健一監訳『歌声の科学』東京電機大学出版局

参考とした教科書 (文部科学省検定2016)

教育芸術社『高校生の音楽1』pp.10-11

教育芸術社『MOUSA 1』pp.4-5

教育出版社『Music View』pp.14-15

教育出版社『Tutti 1』pp.24-25

音楽之友社『On! 1』pp.8-9

音楽之友社『高校生の音楽1』pp.28-29

## 【Ⅱ. 本論 第2章】

- 池田操・伊東一典(2000). 「音楽科学生と一般学生の歌声の音響分析と評価—シンガーズ・  
フォルマントを指標として—」『上越教育大学研究紀要』19(2) pp.493-509

- 川原繁人 (2015). 『音とことばのふしぎな世界』 岩波書店
- Kawahara, S., H.Masuda, D.Erickson, J.Moore, A.Suemitsu & Y.Shibuya (2014), Quantifying the effects of vowel quality and preceding consonants on jaw displacement: Japanese data. 『音声研究18』 pp.54-62
- 河合孝夫・杉本英治 (2015) 「声楽発声の共鳴腔」 日本声楽発声学会 『声楽発声研究』 No.6 , pp.4-12
- 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典(2013). 「歌声の習熟度と周波数特性との関係に関する考察」 電子情報通信学会 『信学技報』 EA2013-102, pp.85-90
- 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・橋本昌巳・伊東一典 (2015). 「歌声の習熟度に関連する周波数特性からみた音響特徴量」 電子情報通信学会 『信学技報』 IEICE Technical Report ET2014-80(2015-1) pp.45-50
- 澤田育子 (2021). 「高等学校の音楽教師の歌唱指導に関する調査研究」 教科開発学論集 9, pp.113-119
- 野田美春・香山瑞恵・池田京子・山下泰樹・伊東一典・浅沼和志 (2016) 「歌声の習熟度に関連する周波数特性に基づく音響特徴量を用いた初学者とプロ歌手の歌声評価」 電子情報通信学会 『信学技報』 ET2015-91, pp.35-40
- 山辺大貴・池田京子・香山瑞恵・大谷真・橋本昌巳・伊東一典・山下泰樹・浅沼和志 (2012). 「歌声の心理的印象と音響特徴量との対応付けによる歌唱の習熟度評価に関する基礎的検討」 電子情報通信学会 『信学技法』 IEICE Technical Report ET 2012-75 (2012-10), pp.61-66
- リチャード・ミラー, 岸本宏子・八尋久仁代訳 (2014) 『歌唱の仕組み—その体系と学び方—』 音楽之友社

## 【Ⅱ. 本論 終章】

- F.D.Minifie(1973). Speech acoustics. Normal of Speech, Hearing and Language, ed. by Fred D.Minifie, Thomas J.Hixon, and Frederick Williams. Englewood Cliffs, NJ: Prentice -Hall pp.235-284
- G.Fant(1960). Acoustic theory of speech production.The Hague: Mouton
- 早川倫子・虫明眞砂子(2012). 「歌唱指導における教師力の育成について～免許状更新講習の実践を通して～」 『岡山大学教師教育開発センター紀要』 第2号 別冊, pp.60-70
- 池田操・伊東一典(2000). 「音楽科学生と一般学生の歌声の音響分析と評価—シンガーズ・フォルマントを指標として—」 『上越教育大学研究紀要』 19(2), pp.493-509
- J.Sundberg(1974). Articulatory interpretation of the “Singing formant.” JASA 55, pp.838-44
- 河合孝夫・杉本英治(2015). 「声楽発声の共鳴腔」 日本声楽発声学会 『声楽発声研究』 No.6, pp.4-12
- 高等学校学習指導要領 (平成21年告示) (2009). 文部科学省, p.98

- 文部科学省 (2009). 高等学校学習指導要領 (平成21年告示) 解説 芸術 (音楽 美術 工芸 書道) 編 音楽編 美術編, 教育出版社, p.13
- 野田美春・香山瑞恵・池田京子・山下泰樹・伊東一典・浅沼和志 (2016). 「歌声の習熟度に関連する周波数特性に基づく音響特徴量を用いた初学者とプロ歌手の歌声評価」 電子情報通信学会『信学技報』 ET2015-91, pp.35-40
- 斉田正子・斉田晴仁 (2009). 「声楽発声指導者の立場から—リアルタイム呼吸運動チェックシステム (ストレーンゲージ) を用いた歌唱指導について—」 『音声言語医学』 Vol.50, No.2, pp.153-160
- 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典 (2013). 「歌声の習熟度と周波数特性との関係に関する考察」 電子情報通信学会『信学技報』 IEICE Technical Report ET2013-102 (2013-12) pp.85-90
- 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・橋本昌巳・伊東一典 (2015). 「歌声の習熟度に関連する周波数特性からみた音響特徴量」 電子情報通信学会『信学技報』 IEICE Technical Report ET2014-80 (2015-1) pp.45-50
- Kawahara, S., H.Masuda, D.Erickson, J.Moore, A.Suemitsu & Y.Shibuya (2014). Quantifying the effects of vowel quality and preceding consonants on jaw displacement: Japanese data. 『音声研究18』 pp.54-62
- 山辺大貴・池田京子・香山瑞恵・大谷真・橋本昌巳・伊東一典・山下泰樹・浅沼和志 (2012). 「歌声の心理的印象と音響特徴量との対応付けによる歌唱の習熟度評価に関する基礎的検討」 電子情報通信学会『信学技報』 IEICE Technical Report ET2012-75 (2012-10) pp.61-66
- ヨハン・スンドベリ (2007). 榊原健一監訳 『歌声の科学』 東京電機大学出版局

## 謝 辞

研究をすすめるにあたり、諸先生には多くのご助言やご指導をいただき、深く感謝いたします。

前愛知教育大学教授の古田真司先生（令和 3 年 3 月ご退職、現在：椙山女学園大学教授）と現愛知教育大学教授の飯島康之先生には主指導教員としてご指導をいただきました。古田先生からは、論文を書き上げるために何をすべきかを的確にご指導、ご助言をいただきました。飯島先生からは、博士論文の構成について丁寧にご指導いただきました。お二人とも音楽教育の分野ではないのですが、私にとっては大変心強い先生方でした。ここまで導いてくださりましてありがとうございました。

愛知教育大学教授の石川恭先生は、副指導教員として博士論文最終審査にむけて、ご指導をいただきました。ありがとうございました。

静岡大学教授の紅林秀治先生には副指導教員としてたくさんのご指導をいただきました。同大学教授の新保淳先生はセミナーの事前発表会に招いてくださり、多くのご指導、ご助言をいただきました。また、同大学教授の村越真先生からは統計の文章の書き方についてのご意見やご指導をいただきました。ありがとうございました。

本論文の調査にご協力いただきましたA県の高等学校の音楽教師の皆さん、A県立B高等学校の音楽 I を選択した生徒の皆さん、授業を行っていただきました松野美樹先生、声の録音を提供していただきましたテノール歌手の城宏憲さん、ご協力ありがとうございました。また、論文に図を描いていただきました別所洋輝先生、歌声の録音に協力していただきました皆様、ありがとうございました。

この他、愛知教育大学・静岡大学大学院教育研究科共同教科開発学専攻の諸先生には、教科開発学原論、教科開発学実践論、教育評価実証方法論、教育プログラム開発論、表現・鑑賞論、教育フィールド調査論、教育工学論研究、外国語教育内容論研究、数学教材論研究、保健教育内容論研究、技術教育教材論研究、教科開発学セミナー I・II・III の授業で様々な研究分野の視点からご指導いただきました。ありがとうございました。

本論文の執筆にあたり、同じ音楽教育の研究者として、河合紳和先生からは多くのご助言をいただきました。ありがとうございました。

皆様に支えられて、ここまでこられて感謝しかありません。本当にありがとうございました。