

伴奏の音量が歌声に及ぼす影響：
実験による声量と声質の分析を通して

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-10-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 柴山, いづみ, 志民, 一成 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00009174

伴奏の音量が歌声に及ぼす影響

～実験による声量と声質の分析を通して～

The Influence of Piano Accompaniments on Singing Voice

: Through the Analysis of Voice Quality and Volume of Voice by the Experiment

柴山 いづみ* 志民 一成**

Idzumi SHIBAYAMA and Kazunari SHITAMI

(2014年10月2日受理)

はじめに

歌唱時に伴奏が歌手の音楽表現に影響を与えるということは、経験的にも実感があるところだが、具体的にいかなる要因が、どのように歌声に影響を及ぼすのかについて、研究によって十分な検討がなされてきたとは言い難い。

志民（2010）では、伴奏する楽器や伴奏形の違いによる音響特性の差異が、歌手が自身の歌声を聞くこと、つまりフィードバックのしやすさに影響を与える可能性を指摘した。また、実験において、歌手のフィードバックが阻害されることによって、声量が増大するという現象が確認されている（柴山, 2013）。これらのことから、伴奏の音量が増大し自分の声が聞き取りにくくなることによって、自身の声を聴こうとして声量を増している可能性があることが示唆される。

声量が大きくなることで、特に声が安定しづらい換声点付近では、閉鎖筋群（甲状披裂筋：TA等）が優位に働く、いわゆる「地声」で発声する傾向が強くなる可能性が考えられる。地声で換声点の上限まで歌おうとすると閉鎖筋群の働きが強くなるため、高音域を歌う上で不可欠な伸展筋群（輪状甲状筋：CT等）への転換がより困難になる（Titze, 1994）。これらのことを勘案すると、伴奏の音量が歌唱時の換声の難易度を左右し、さらには、歌唱の技能の習得にも影響を与えうると考えられる。

そこで我々は、歌唱において伴奏の音量が、歌声の声量や声質にどのような影響を及ぼすかについて、実験を通して明らかにし、伴奏と歌唱技能との関連について検討することにした。

1. 研究方法

1.1 実験の目的と仮説

1.1.1 実験の目的

音量の異なる伴奏を聞きながら歌唱した音声に関して、音圧と声質について音響分析をもとに比較する。教員養成大学の大学生を被験者とし、イヤフォンで再生した伴奏音源を聞きながら歌唱してもらった。また、速度の異なる伴奏を聞きながら歌うという実験も合わせて実施した。

*静岡大学大学院教育学研究科修士課程 **音楽教育講座

実験で収録した音声は、聴覚的な評価とソフトウェアを用いての音圧およびスペクトログラム¹⁾の分析を照らし合わせながら、換声や声区の使い分けに着目して検討する。

1.1.2 実験の仮説

実験の仮説を以下のように設定した。

- 1) 音量が大きい伴奏を聞きながら歌唱した場合、音量の小さい伴奏で歌唱した時よりも自分の歌っている声をフィードバックしにくくなるため、歌声の音量が大きくなることが予想される。また音量を増やそうとすることで、いわゆる「地声」で、できるだけ高音域まで歌おうとし、それにより換声点が上昇することで低音域と高音域で音色の差（いわゆる「換声点ショック」）が大きくなることが予測される。
- 2) 一方、テンポに関しては、より遅いテンポの伴奏に合わせて歌った場合、声を長く持続させるために音量がより小さくなることが予想される。また、それにより換声点が下降し、低音域と高音域で音色の差が減少すると予測される。

1.2 実験の方法

1.2.1 被験者

教員養成大学の音楽レッスンの経験のない女子大学生12名を対象に実施した。

1.2.2 使用楽曲と音源

被験者が良く知っていて、1度は歌ったことがあると推測される《チューリップ》（近藤宮子作詞／井上武士作曲）を使用楽曲とし、第1節のみを歌唱してもらった。換声点の変化を含めた換声の状況を把握するため、二長調で実験を行うこととした。実験に使用する伴奏音源は出版譜を元に、Finale2014（MAKEMUSIC社）と付属のソフトウェア音源Garritan Instrumentsで作成し、楽譜に記載された指定のテンポ（♩=92）のものと、それよりテンポの遅い音源を準備した。なお、音色は「Grand Piano」を使用した。また、それぞれの音源について、音圧を17dB大きくしたものを用意した。全ての音源の差異を表にまとめたものがTable1である。

Table1 使用した音源

音源	音量	テンポ
A	標準	標準（♩ = 92）
B	大きい	標準（♩ = 92）
C	標準	遅い（♩ = 60）
D	大きい	遅い（♩ = 60）

1.2.3 機器と実験環境

実験に使用した機器は、以下の通り。

- ・録音機：SONY デジタルHDビデオカメラレコーダー HDR-MV1
- ・伴奏音源の再生機：Apple iPhone4S
- ・イヤフォン：Apple EarPods

また、実験は防音設備の整ったスタジオで行った。

1.2.4 実験の手順

今回の実験は、以下の通り実施した。

- (1) まずウォーミングアップとして旋律音のみの音源（♩=92）を聴きながら1回歌う。

- (2) 次にAの音源を2回歌い、その後B, C, Dをそれぞれランダムな順で2回ずつ歌う。各課題終了後に、「自分の声の聴き取りやすさ」、「歌いやすさ」の印象についてメモを取る。
- (3) メモを参考にしながら、本実験に関するアンケートを記入する。

1.2.5 アンケート

伴奏の音量やテンポの違いが歌唱に与える影響に関して、被験者自身の感じ方の違いについても検討するため、以下の項目を設定し、実験終了後にアンケート調査を行った。

- (1) 課題ごとの伴奏の変化に気づいたかどうか。
- (2) 課題ごとの自分の声の聴き取りやすさ。(とても聴き取りやすい, 聴き取りやすい, どちらともいえない, 聴き取りにくい, とても聴き取りにくい)
- (3) 課題ごとの歌いやすさ。(とても歌いやすい, 歌いやすい, どちらともいえない, 歌いにくい, とても歌いにくい)
- (4) (2)(3)のように感じた理由。(自由記述)

2. 実験結果

2.1 声量の比較

NTTアドバンスドテクノロジー社の「音声工房 custom+Macro Ver.4.0」を用い、各課題2回歌ったうちの2回目の音源についてパワー測定²⁾の数値を書き出し、平均の音圧 (dB) を算出した。今回の比較の際には、差が1 dB以下の場合には変化無しとした。なお、歌い出しと最後の音の長さに個人差がかなりあるため、発音開始から最初の2フレーム (0.02s) を除き、曲全体の90%分のデータを分析対象とした。

まず、同じテンポで音量の異なる伴奏で歌った際の声量を比較したものが、Table2である。

Table2 音量の異なる伴奏による声量の比較

比較音源 [被験者数総数]	声量の差	被験者数
A (小) / B (大) [12]	A < B	9
	変化無し (1dB 以下)	3
	A > B	0
C (小) / D (大) [12]	C < D	11
	変化無し (1dB 以下)	1
	C > D	0

** $p < .01$

標準的なテンポでは、Aの音源と比較して伴奏の音量の大きいBの時に、歌声の声量が大きくなった被験者が9名、差が1 dB以下の被験者が3名、声量が小さくなった被験者はいなかった。また、遅いテンポのCとDの音源でも、伴奏の音量が大きいDの時に、差が1 dB以下だった1名を除き、11名の歌声の声量が大きくなった。いずれも、カイ二乗検定によると有意水準1%で有意だった。

次に、同じ音量でテンポが異なる伴奏による声量を比較したものが、Table3である。

Table3 テンポの異なる伴奏による声量の比較

比較音源 [被験者数総数]	声量の差	被験者数
A (小) / C (大) [12]	A < C	3
	変化無し (1dB 以下)	7
	A > C	2
B (速) / D (遅) [12]	B < D	6
	変化無し (1dB 以下)	5
	B > D	1

標準的な音量では、Aと比較して伴奏のテンポが遅いCの時に、歌声の声量が大きくなった被験者が3名、差が1dB以下の被験者が7名、声量が小さくなった被験者は2名であった。また、音量の大きいBとDの音源は、伴奏のテンポが遅いDの時に、歌声の声量が大きくなった被験者が6名、差が1dB以下の被験者が5名、声量が小さくなった被験者は1名であった。いずれも、有意差は認められなかった。

2.2 聴取による印象評価の比較

被験者が歌った音源を、音楽教育を専攻する4名の大学生に聴取してもらい、それぞれの音源の「換声」(換声がスムーズか)と「音程」(音程が正確か)について5点満点で評価してもらった。なお、各課題2回歌ったうちの2回目の音源についてのみ、聴取による評価を実施した。比較においては、4名の評価点の平均点を小数点第一位まで算出したものを用いた。

2.2.1 換声の評価の比較

Table4 は、音量の異なる伴奏同士の換声の評価点の比較である。

Table4 換声に関する評価の比較 (音量の異なる伴奏)

比較音源 [被験者数総数]	評価の平均点の差	被験者数
A (小) / B (大) [12]	A < B	8
	A = B	2
	A > B	2
C (小) / D (大) [12]	C < D	4
	C = D	1
	C > D	7

** $p < .05$

まず、標準的なテンポでは、Aの音源と比較して伴奏の音量の大きいBの時、換声の評価点が高くなった被験者が8名、評価点が低くなった被験者が2名、評価点が変わらなかったものは2名で、有意水準5%で有意であった。一方、遅いテンポのCとDの音源では、伴奏の音量が大きいDの時に、換声の評価点が高くなった被験者が4名に対し、評価点が低くなった被験者が7名、評価点が変わらなかったものは1名で、有意差は認められなかった。

次に、同じ音量でテンポが異なる伴奏同士の評価点を比較する (Table5)。

Table5 換声に関する評価の比較 (テンポの異なる伴奏)

比較音源 [被験者数総数]	評価の平均点の差	被験者数
A (速) / C (遅) [12]	A < C	9
	A = C	0
	A > C	3
B (速) / D (遅) [12]	B < D	6
	B = D	1
	B > D	5

** $p < .01$

標準的な音量では、Aと比較して伴奏のテンポが遅いCの時に、換声の評価点が低くなった被験者が3名であるのに対し、評価が高くなった被験者が9名で、1%水準で有意に多かった。一方、音量の大きいBとDの音源では、伴奏のテンポが遅いDの時に、換声の評価点が高くなった被験者が6名、評価点が低くなった被験者が5名、評価点が変わらなかったものは1名で、有意差は認められなかった。

2.2.2 音程の正確さの評価の比較

次に、音程の正確さに関する評価点を比較する。Table6 は、音量の異なる伴奏による音程の正確さに関する評価の平均点の比較である。

Table6 音程に関する評価点の比較 (音量の異なる伴奏)

比較音源 [被験者数総数]	評価の平均点の差	被験者数
A (小) / B (大) [12]	A < B	10
	A = B	2
	A > B	0
C (小) / D (大) [12]	C < D	3
	C = D	1
	C > D	8

** $p < .01$ / * $p < .05$

まず、標準的なテンポでは、Aの音源と比較して伴奏の音量の大きいBの時、音程の評価点が高くなった被験者が10名、評価点が変わらなかったものは2名で、評価点が低くなった被験者はいなかった(1%水準で有意)。一方、遅いテンポのCとDの音源では、伴奏の音量が大きいDの時に、音程の評価点が高くなった被験者が3名に対し、評価点が低くなった被験者が8名、評価点が変わらなかったものは1名であった(5%水準で有意)。

最後に、同じ音量でテンポが異なる伴奏での音程の評価点を比較する (Table7)。

Table7 音程に関する評価点の比較 (テンポの異なる伴奏)

比較音源 [被験者数総数]	評価の平均点の差	被験者数
A (速) / C (遅) [12]	A < C	11
	A = C	1
	A > C	0
B (速) / D (遅) [12]	B < D	5
	B = D	2
	B > D	5

** $p < .01$

標準的な音量では、Aに比較して伴奏のテンポが遅いCの時に、音程の評価点が低くなった被験者がいなかったのに対し、評価が高くなった被験者が11名で、1%水準で有意に多かった。それに対し、音量の大きいBとDの音源では、伴奏のテンポが遅いDの時に、換声の評価点が高くなった被験者および低くなった被験者ともに5名、評価点が変わらなかったものは2名で、有意差は認められなかった。

2.3 換声点の比較

アルカディア社の「Acoustic Core Ver.8.0」の狭帯域スペクトログラム³⁾を使用し、視覚的に確認しながら聴取によって換声点を分析した。

その結果、ほとんどの被験者は音源の差異によって、換声点の変化は見られなかったが、2名の被験者で、標準的な音源よりもテンポが遅いCの音源の時、他の音源での歌唱時に比べ換声点が下降したケースが確認できた。

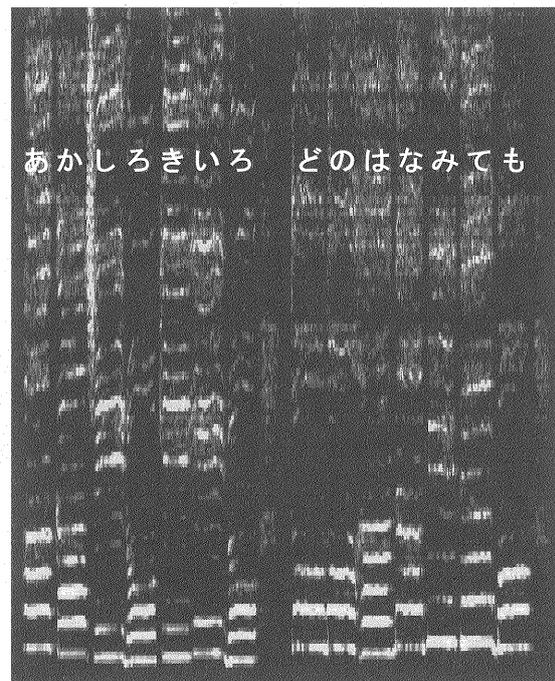
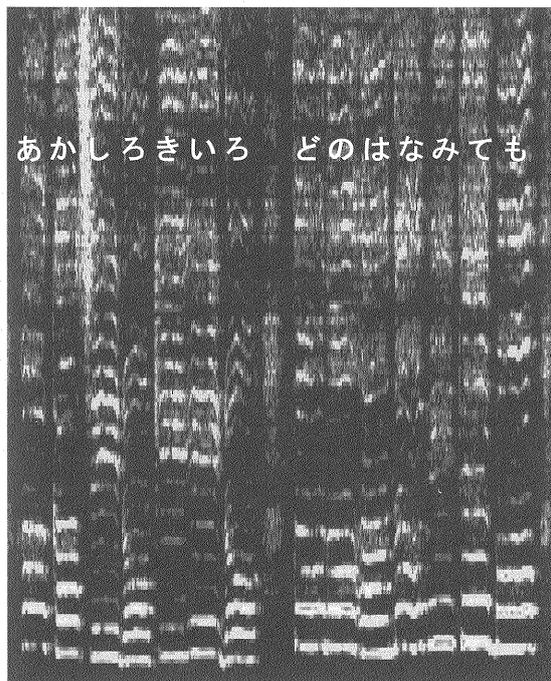


Fig.1 音源Aのスペクトログラム (被験者Y) Fig.2 音源Cのスペクトログラム

Fig.1および2は、被験者Yが歌っている時の歌声のスペクトログラムで、「♪あかしろきいろ、どのはなみても」の部分のみを抜粋して示している。音源Aの伴奏を聞きながら歌った時のFig.1に比べ、音源CのFig.2では後半の「♪どのはなみても」の倍音が減少しているのが明確に読み取れる。音源Aの時は「♪なみても」の部分のみ、いわゆる「頭声」の様な軽い声に換声しているが、音源Cでは「♪どのはなみても」のフレーズを、全て軽い声で歌っており、換声点が2半音下降している。

また、これ以外にも同じCの音源での歌唱時に、換声点の上下で声質の変化が少なくなった例が、2人の被験者で見られた。Fig.3および4は、いずれも被験者Pの歌声のスペクトログラムである。

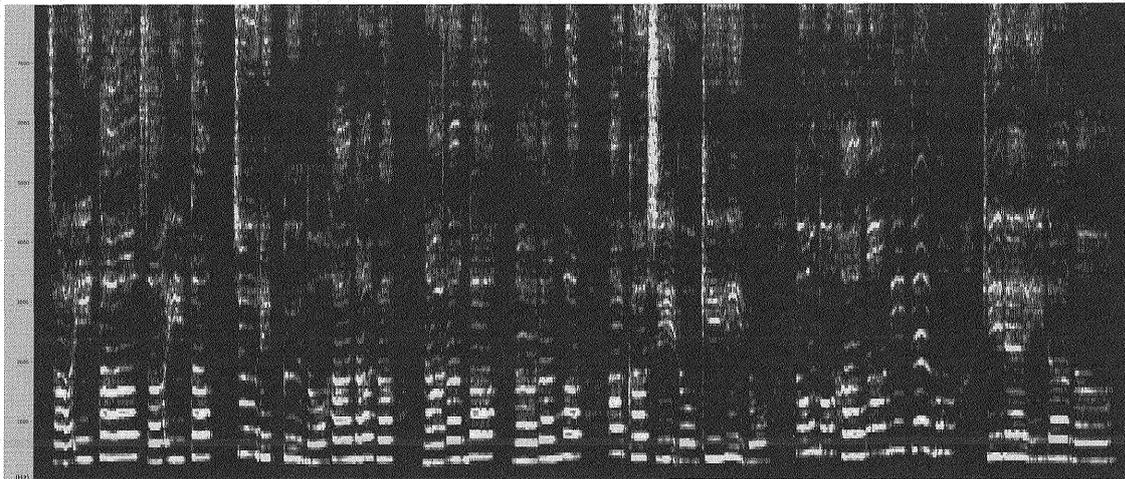


Fig.3 音源Aのスペクトログラム（被験者P）

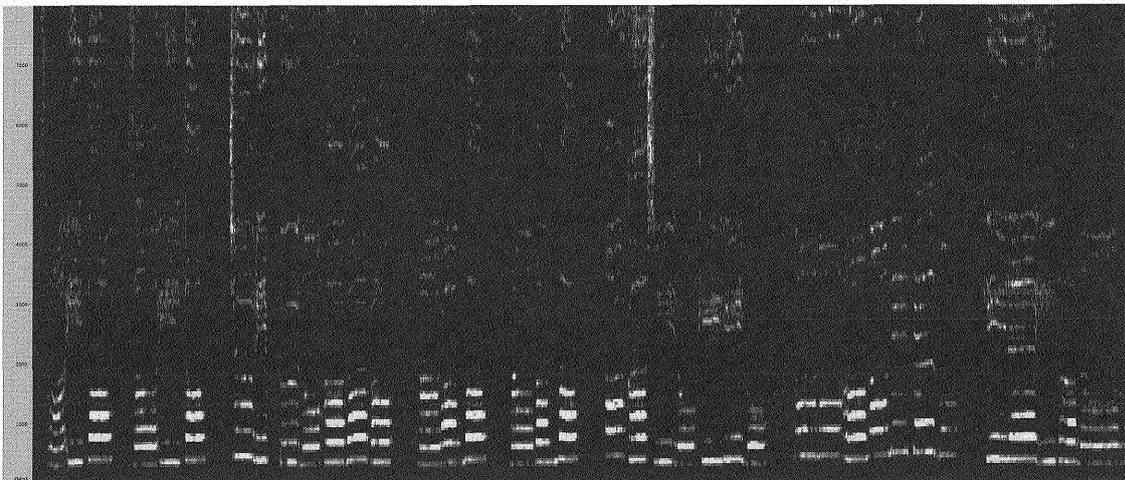


Fig.4 音源Cのスペクトログラム（被験者P）

Fig.3の音源Aと比較して、Fig.4の音源Cでは全体的に倍音が減少しており、曲全体にわたって、より裏声に近い軽い声で歌っていることがわかる。このような全体の声質の変化により、換声点の上下で声質の差異が目立たなくなり、円滑に換声が行われるようになったと考えられる。

2.4 アンケート結果の分析

2.4.1 「声の聴き取りやすさ」と「歌いやすさ」の評価の比較

被験者が各伴奏音源について、「自分の声の聴き取りやすさ」と「歌いやすさ」を5点満点で評価した得点を平均し、グラフ化したものをFig.5に示す。

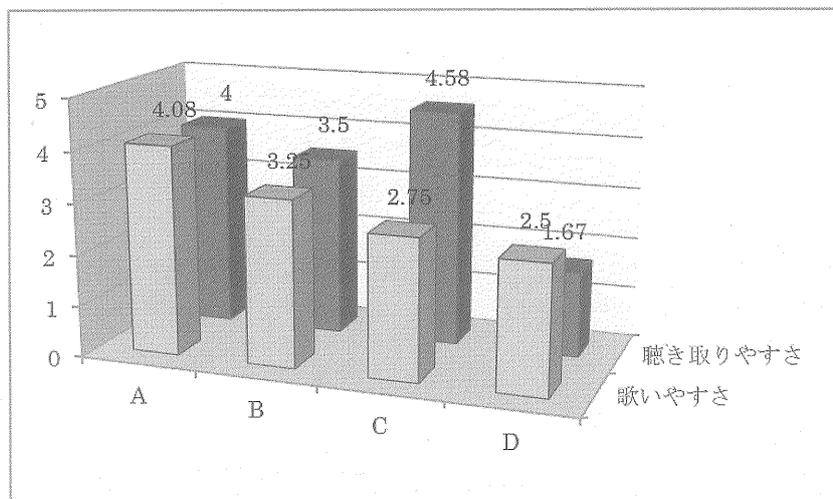


Fig.5 「声の聴き取りやすさ」と「歌いやすさ」の評価の平均点

この結果から、「聴き取りやすさ」については音量がより小さい伴奏音源の評価点が高く、「歌いやすさ」においては音量がより小さく、テンポが速い音源の評価点が高いという結果になった。しかしながら、「聴き取りやすさ」に関しては、音量の同じ音源同士を比較した場合、音量の大小によって正反対の結果となった。また、「聴き取りやすさ」と「歌いやすさ」では必ずしも同様の傾向を示していないことが分かる。これらの要因については、次項の自由記述の分析において、より詳細に検討してみたい。

2.4.2 自由記述にみる評価の比較

次に、被験者自身による「自分の声の聴き取りやすさ」と「歌いやすさ」の評価について、その理由を書いてもらった自由記述を分析する。まず、「聴き取りやすさ」においてより評価が低い音量の大きい伴奏音源に関して、「音が大きいので自分の声が聴き取れなかった」（被験者F／音源B）、「声が伴奏に負ける」（被験者W／音源D）などといった記述がみられたことから、伴奏の音量が大きい場合に歌声のフィードバックが阻害されていた可能性が伺える。

また、「歌いやすさ」においてAの評価点が高かったが、その理由として「伴奏の速さも音量もちょうどよかった」「リズムが取りやすいので流れるように歌えた」という記述が見られた一方で、「伴奏の小ささが多少不安になって音を探ってしまう」（被験者H／音源A）という声もあった。しかし、「練習と同じ伴奏だったから歌いやすかった⁴⁾」（被験者Y／音源A）という記述もあり、Aは練習と同じテンポであることと、練習後一番はじめに歌ったために「歌いやすさ」への評価が高くなった可能性は否めない。

続いて、テンポの違う音源同士の記述を比較していく。標準の音量であるAとCを比べると、「間が長いので確認しながら歌える」（被験者W／音源C）という記述がみられた。テンポが遅い音源では自分の歌声を確かめながら歌うことができるため、聴き取りやすいと感じたのだろう。一方、音量の大きいBとDについては、標準的なテンポのBについて「伴奏は大きかった

が歌いにくいほどではない」と答えている被験者Wが、テンポの遅いDについては「声が伴奏に負ける」と答えている。他にも同様の回答をした被験者が5名いたことから、同じ音量であっても、テンポの遅い音源の方が、より自分の歌声が聴き取りにくいと感じていた者が多くいたことが伺える。

また、Bについて「伴奏の音量が大きくなって、自分の声は聴き取りにくいですが、少し声を張って歌えたのか、高音が歌いやすかった」（被験者Y／音源B）といった記述もあり、伴奏の音量が大きい分声量が増したために安定した声で歌えたと感じたケースもあったようだ。さらに、Cについて「自分の声が聴こえる分、音程やリズムを考えるようになり少し歌いにくい」（被験者M／音源C）、「自分の声がすごく聴こえて歌いにくい。自分の下手さがわかってしまって緊張する」（被験者P／音源C）といったような記述があり、自分の声を聴き取りやすいと感じる音源では、かえって自分の歌声の音程等が気になることで、歌いにくさを感じる結果になったと推察される。これらの理由が、「聴き取りやすさ」と「歌いやすさ」が完全に一致しなかった要因として考えられるだろう。

3. 考察

これまでの分析結果を総合し、考察を試みる。

3.1 音量の異なる伴奏音源での比較

まずは音量の異なる伴奏音源同士の比較についてまとめると次のようになる。

- 1) 同じテンポで音量の異なる伴奏を聞きながら歌った際の「声量」を比較すると、2つのテンポの音源のいずれにおいても、伴奏の音量が大きい音源で歌声の声量が大きくなった被験者が有意に多かった。
- 2) 音量の異なる伴奏による「換声」の評価点の比較では、標準的なテンポでは、伴奏の音量が大きい音源の時、換声の評価点が高くなった被験者が有意に多かったが、遅いテンポの音源同士では有意差は認められなかった。
- 3) 一方、「音程の正確さ」に関する評価点の比較では、標準的なテンポでは伴奏の音量の大きい音源の時、音程の評価点が高くなった被験者が有意に多かった一方で、遅いテンポの音源では、伴奏の音量が大きい音源の時に評価点が低くなった被験者が有意に多かった。
- 4) 被験者による「声の聴き取りやすさ」と「歌いやすさ」についての評価では、いずれも音量がより小さい伴奏音源の評価点が高いという結果となり、自由記述にも、音量の大きい伴奏音源に関して「声が伴奏に負ける」などの記述がみられた。

1) および4)の結果から、伴奏の音量が大きくなることで、被験者は自分の声が聴き取りにくく、そして歌いにくくなったと感じ、また、歌う声の音量を増していることがわかった。

2)の換声および3)の音程の評価において、標準的なテンポの場合に後で歌った音量の大きい音源で評価が高くなったのは、比較対象の標準的な音量の音源を必ず最初に歌っており、実験への慣れによる影響を否定できない。一方、演奏順がランダムになっていた遅いテンポの音源同士では、伴奏の音量が小さい音源で音程の評価が高くなっており、フィードバックが歌唱時の音程の正確さに影響を及ぼす可能性が示唆されよう。

3.2 テンポの異なる伴奏音源での比較

次に、テンポの異なる伴奏音源での比較について、分析結果をまとめる。

- 1) 同じ音量でテンポが異なる伴奏による「声量」の比較では、2つのテンポの音源のいずれも有意差は認められなかった。
- 2) 「換声」および「音程」の評価点についてはどちらも、標準的な音量では、伴奏のテンポが遅い音源で、評価点が高くなった被験者が有意に多かったが、音量の大きい音源では、伴奏のテンポの違いによる有意差は認められなかった。
- 3) 被験者による「歌いやすさ」についての評価では、テンポが速い音源の評価点が高いという結果になった一方で、「聴き取りやすさ」に関しては、音量の同じ音源同士を比較した場合、音量の大小によって正反対の結果となった。自由記述からも、音量の大きい音源同士の場合、同じ音量であってもテンポの遅い音源の方が、より自分の歌声が聴き取りにくいと感じていた者が多くいたことが確認された。

こちら換声および音程のいずれの評価においても、最初に演奏した音源の評価が相対的に低くなっており、実験への慣れによる影響を看過することはできない。そのことを勘案すると、今回の実験では、テンポの異なる伴奏音源によって、声量や換声に関して何らかの傾向を見出すことはできなかったと言えよう。

3.3 伴奏の音量およびテンポの換声へ影響

ほとんどの被験者については、音源の差異によって換声点の変化は見られなかったが、2名の被験者で、標準的な音源よりもテンポが遅いCの音源の時、他の音源での歌唱時に比べ換声点が2半音程度下降したケースが確認できた。これ以外にも、音源Cでの歌唱時に、音源Aと比較して全体的に声の倍音が減少するなど、換声点の上下で声質の変化が少なくなった例も2人の被験者で見られた。このことから、伴奏の音量およびテンポの違いにより、全体の声質が変化することで、換声にも影響を及ぼす可能性が示唆された。

なお、被験者自身による自由記述からは、伴奏の音量が大きい分、声量が増したために安定した声で歌えたと感じた被験者もいたことがわかった。さらに、自分の声を聴き取りやすいと感じる音源では、かえって自分の歌声の音程等が気になることで、歌いにくさを感じたという記述も見られ、慎重に歌うことで声が不安定になったとも考えられよう。これらの要因が、自分の声を聴き取りやすい音源が、必ずしも歌いやすい音源と一致しなかった結果に結びついていないのだろうか。これら「歌いやすさ」と換声の関係についても、今後さらに検討していく必要があるだろう。

今後の課題

今回、実験の被験者が、教員を志望する学生や、吹奏楽等の音楽活動の経験が豊富な大学生が多かったこともあり、比較的歌唱が安定しており、伴奏による声質の変化や換声への顕著な影響は見られなかった。しかし、被験者の年齢や歌唱経験の違いによって、実験結果が異なる可能性が大いにあると考える。特に、幼児や小学校の低学年の児童では、換声の技能も発達途上であり、いわば自分の歌い方を模索している段階だと考えられるため、伴奏の音量やテンポによって声の様相が大きく影響を受けることも十分想定される。今後は、幼児や小学校の低学

年の児童を対象にした実験を検討し、歌唱技能の発達がめざましい時期にふさわしい歌唱伴奏のあり方を探っていくことにしたい。

註

- 1) フーリエ変換 (FFT) という手法を用い、ある時点の音声波形を周波数ごとの音の強さに変換したものがスペクトルであるが、このスペクトルの時間経過による変化を見られるようにしたものがスペクトログラムである。なお、今回分析に使用したソフトウェア「音声工房」では、「ソナグラム」と称している。
- 2) パワー測定は、ある区間の音声パワー (音圧) を算出したものだが、分析に使用した「音声工房」では「パワー包絡」と称している。
- 3) スペクトログラムは、表示する際に周波数を平均化する帯域幅の違いによって、狭帯域と広帯域の2つの方法があるが、狭帯域スペクトログラムはより周波数の分解能に優れている。
- 4) 1. 2. 4で述べた通り、実際には練習時の音源に伴奏は付いていないため、被験者Yはテンポや音量がほぼ同じであるという意味で、こう記述したと推測される。

引用および参考文献

- 石井直樹 (2002) 『音声工房を用いた音声処理入門』コロナ社。
- 志民一成 (2010) 「音響的特性から歌声と伴奏の『相性』を考える：自主シンポジウム (日本保育学会第63回大会) 報告『そこにピアノがあるから』ですかー子どもの表現を支えるために」『保育の実践と研究』スペース新社保育研究室。
- 柴山いづみ (2013) 「歌唱におけるピアノ伴奏の在り方に関する研究－伴奏による歌い手への影響を視点として－」(平成24年度静岡大学教育学部卒業論文)。
- Titze, Ingo R. (1994) 新美成二監訳『音声生成の科学 発声とその障害』医歯薬出版。