

## カラオケのためのハモリパート練習支援システム ～試作システムを用いた被験者実験の報告～

小笠原 梢<sup>†</sup>      白石 美南<sup>†</sup>      北原 鉄朗<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 日本大学 文理学部 情報科学科

### 1. はじめに

近年カラオケは世代関係なく普及しており、グループでのカラオケ、ヒトカラなど、カラオケの楽しみ方は多く存在する。グループでの楽しみ方の一つとして、主旋律と副旋律を2人で歌ってハーモニーを奏でることがあげられる。しかし副旋律（いわゆるハモリパート）の練習を行う際に、副旋律のメロディーラインが分からない、副旋律が存在しない曲でハモることができない、主旋律につられてしまい上手く歌えない、曲のキーを変更した場合に副旋律の音高が分からなくなってしまうなど、副旋律の習得が困難なことが問題であった。しかし、音痴矯正や歌唱習得支援の研究はあるものの<sup>2)</sup>、カラオケにおけるいわゆるハモりに着目した歌唱練習支援システムは開発されていなかった。これらを踏まえ、本研究では通常のポピュラー楽曲に対して、副旋律を自動生成し、グラフィクスと音で提示することで副旋律の歌唱練習ができるシステムの開発を進めている。文献<sup>1)</sup>において副旋律の自動生成とその手法及び歌唱練習システムの実装について詳しく報告した。本稿では、試作したシステムが前述に挙げた問題を実際に解決可能か被験者実験を行った。

### 2. ハモリパート練習支援システム

我々が実装したハモリパート練習支援システム<sup>1)</sup>は、主旋律と副旋律を音とグラフィクスで確認しながら副旋律の歌唱練習を行えるシステムである。(図1)副旋律の自動生成を行い、元々副旋律の存在しない楽曲も扱うことができる。

副旋律の練習において問題となるのは、副旋律担当の歌唱者にとって主旋律に比べて馴染みが薄いために、歌唱時に主旋律につられてしまったり、キーを変更するだけで副旋律が分からなくなったりしてしまうことである。こういった問題を解決するため、本システムには次の機能が実装されている。

- 副旋律のメロディーラインを音とグラフィクスで確認できるのに加え、マイクから入力された歌唱音声ヘッドフォンを通じて歌唱練習者にループバックされ、音声の音高(F0)が画面に表示されることで、正しい音高で歌えているかを目と耳で確認できる。これにより、つられているかどうかを自覚しながら練習することができる。
- キーを変更して練習することで、主旋律担当の歌唱者の音域に合ったキーで練習することができる。また、副旋律を主旋律よりも高い音高に付ける（いわゆる「上でハモる」）か低い音高に付ける（いわゆる「下でハモる」）かを切り替えることができるので、副旋律担当の歌唱者の音域に合わせて選ぶことができる。

### 3. 実験 1

実験1では、音高リアルタイム表示機能、ループバック調節機能（返し音量変更を促す機能）が、前述で指摘した主旋律につられてしまう問題を解決可能かどうか実験を行う。ま



図1 本システムの画面例

た、実際に本システムを用いて副旋律が習得可能か確かめる。

#### 3.1 実験手順

「ループバック無し+音高表示有り」条件、「ループバック有り+音高表示無し」条件、「ループバック有り+音高表示有り」条件の各々について、次の手順で実験を行った。

- (1) 1曲目の練習歌唱 (2分)
- (2) 1曲目の本番歌唱 (1), (2) を3回繰り返す
- (3) アンケートへの回答
- (4) 2曲目の練習歌唱 (2分)
- (5) 2曲目の本番歌唱 (4), (5) を3回繰り返す
- (6) アンケートへの回答

練習歌唱では本システムを用いて1人で副旋律を練習する一方、本番歌唱ではどの条件でもループバック有り、音高表示無しとし、実験者の歌う主旋律に合わせて副旋律を歌ってもらった。副旋律の習得度を確認するため、DIO<sup>3)</sup>を用いて音高推定を行った。アンケートでは、

- Q1 自分の歌っている音の高さが正しいか把握できたか  
Q2 練習は本番歌唱に役立ったと思うか  
Q3 練習において主旋律につられない練習ができたか  
Q4 本番において主旋律につられなかったか

7段階(0~6)で回答、Q4のみ値が低いほど高評価である。

#### 3.2 使用曲

「さくらんぼ(大塚愛)」「夏の日の1993(class)」「GLAMOROUS SKY(中島美嘉)」「明日への扉(I WiSH)」「RPG(SEKAI NO OWARI)」「未来予想図 II(Dreams Come True)」の6曲を用いた。ただし、実験時間を短縮するためサビのみとし、「ラララ」で歌ってもらった。

#### 3.3 被験者

被験者は一般の大学生12名(男性5名、女性7名)で、2名が過去にピアノを習っていたが音楽的訓練は受けていない。

#### 3.4 実験1結果

##### 3.4.1 アンケート結果

アンケート結果を、表1に示す。

Q1では、ループバック有り+音高表示有り条件が他の条件よりも回答の平均値が高かった。特に、ループバック有り+音高表示無し条件と比べると、回答の平均値が2.0以上高く、95%信頼区間の重なるの全く見られないことから、音高表示機能が音の高さの把握に効果的であることが確かめられた。

Q2も、ループバック有り+音高表示有り条件が他の条件よりも回答の平均値が0.5前後高かった。しかし、95%信頼

A Support System for Practicing Harmonized Singing in Karaoke: A Report of Subjective Experiments by Kozue Ogasawara, Mina Shiraishi and Tetsuro Kitahara (Nihon Univ.)

表 1 実験1 アンケート結果 (95%信頼区間)

	ループ有+音高有	ループ有+音高無	ループ無+音高有
Q1	4.876 ± 0.124	2.666 ± 1.073	4.291 ± 0.542
Q2	4.500 ± 0.374	3.916 ± 0.895	4.083 ± 0.521
Q3	3.791 ± 0.860	3.541 ± 0.635	3.708 ± 0.854
Q4	4.291 ± 0.617	4.458 ± 0.349	4.500 ± 0.261

表 2 実験2 アンケート結果 (95%信頼区間)

	キー変更可	キー変更不可
Q1	4.600 ± 0.398	3.3 ± 0.587
Q2	3.160 ± 1.113	1.9 ± 0.532
Q3	2.700 ± 1.169	1.37 ± 0.551
Q4	2.290 ± 0.931	4.6 ± 0.882

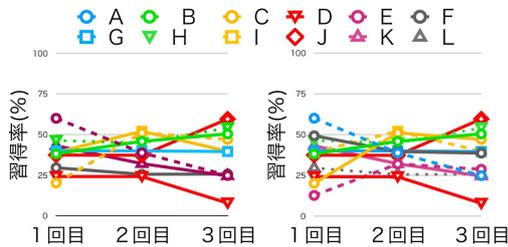


図 2 実験1における習得度 (左:ループバックあり+音高表示あり条件, 右:ループバックあり+音高表示なし条件)

区間の重なりが大きく、必ずしも十分な差とは言いがたい。

Q3もQ2と同様に、ループバック有り+音高表示有り条件が他の条件よりもわずかに回答の平均値が高かったが、95%信頼区間の重なりが大きく、十分な差は得ることができなかった。この理由として、実験における練習時間が短く、練習内で主旋律を意識する状況に達するのが難しかった点、現在の実装では主旋律はMIDI音源の音色で演奏されるため、そもそもつられやすい状況になっていなかったことがあげられる。

Q4では、ループバック有り+音高表示有り条件が他の条件よりも回答の平均値が低くなった。しかし、Q2、Q3と同様に必ずしも大きいとは言えない差であった。とはいえ、実験後のインタビューでは4人の被験者が「ループバックあり+音高表示有り条件の方が、ループバックあり+音高表示なし条件よりも主旋律につられなかった」と答えていた。ここから、音高表示機能は、本番で主旋律でつられないための練習として一定の効果を持っている可能性がある。

以上から、十分な差とはいえないものの、ループバック機能と音高表示機能が、本番でつられないための副旋律練習に一定の効果をもたらしている可能性がある。

### 3.4.2 習得度

ループバックあり+音高表示あり条件、ループバックあり+音高表示なし条件における習得度の変化を図2に示す。ここで、習得度は、F0推定結果と譜面通りのF0の差が200cent以内のフレーム数の割合である。ただし、この差が800cent以上の場合、無声区間のためにF0が推定されないフレームは除外し、50%以上のフレームが除外された被験者は、以降の分析からは省くこととする。音高表示あり条件では、被験者10名中7名に習得度の向上が見られた一方、音高表示なし条件で習得度の向上が見られたのは、10名中3名であった。このことから、音高表示が副旋律の習得に有効であることが確かめられた。しかし被験者Jは、音高表示あり条件では習得度の向上が見られず、音高表示なし条件で習得率の向上が見られた。この一因として、この被験者は音高なし条件の方を後に実験したことが考えられる。実際、徐々に慣れていき、後の実験の方が習得度が向上したと被験者が答えていた。以上から、ループバック機能と音高表示機能が副旋律の習得に有効であることがわかった。

## 4. 実験 2

練習時に曲のキーを変更できることで、本番時に原曲と異なるキーで副旋律の歌唱が可能になることを示すため、本シ

ステム機能からキー変更機能を省いたものと比較実験を行う。

実験1と同じく、2分間の練習歌唱と本番歌唱を3回繰り返し、アンケートに答えてもらった。実験1との違いは、「キー変更可能」と「キー変更不可能」の2条件であること、各条件3曲実験したことである。本番歌唱では、キーを原曲より長2度高く設定し、練習歌唱では、「キー変更可能」条件では被験者が自由にキーを変更し、「キー変更不可能」条件ではキーを原曲と同じものに固定した。また、アンケートの設問は次の通りである。

- Q1 練習は本番での歌唱に役立ったと思ったか
  - Q2 本番では、うまく歌えたと思ったか
  - Q3 本番では、副旋律を歌うことは簡単だったか
  - Q4 本番ではキーが原曲と異なり、ハモりにくいと感じたか
- 7段階(0~6)で回答、Q4のみ値が低いほど高評価である。

### 4.1 使用曲

実験1と同じ6曲を使用した。

### 4.2 被験者

実験1とは異なる一般の大学生13名(男性6名、女性7名)である。うち6名に5年以上のピアノ経験、1名に5年以上のベース経験がある。

### 4.3 実験結果(アンケート結果)

アンケート結果を、表2に示す。

Q1~Q3では、キー変更可能条件が不可能条件よりも回答の平均値が1.3以上高く、95%信頼区間の重なりも全く見られなかった。ここから、キー本番と同じものに設定できることで、練習を本番時の歌唱に役立てられると言える。

Q4では、キー変更可能条件が不可能条件よりも回答の平均値が2.0以上低かった。加えて、95%信頼区間の重なりはほとんど見られないことから、キー変更可能条件を使用した方がハモリやすいという結果が得られた。よって原曲のキーで覚えたハモりを原曲と異なるキーで歌うことは容易ではないと考えられる。

以上から、原曲キーで副旋律を練習すると異なるキーでの歌唱には簡単には対応できないことがわかった。ここからキー変更機能は必要であることがわかった。

## 5. おわりに

本稿では、文献<sup>1)</sup>で提案したハモリパート練習支援システムの評価実験について述べた。実験の結果、本システムの音高表示機能およびループバック機能により主旋律につられない練習ができ、キー変更機能により原曲とは異なるキーでのハモリ練習に有用であることが分かった。今後は、長期的な実験の実施により本システムの有効性を検証していきたい。

謝辞 本研究は、日本学術振興会の科学研究費補助事業、16K16180、16H1744、16KT0136、17H00749から支援を受けた。

## 参考文献

- 1) 白石美南 他:カラオケのためのハモリパート練習支援システム~ハモリパートの自動生成および練習支援システムの試作~, 第80回情処全大(2018).
- 2) 福本愛由星 他: RelaPitch:歌って鍛える相対音感習得支援システム, エンターテイメントコンピューティングシンポジウム(EC2016), (2016)
- 3) 森勢将雅 他: "基本波検出に基づく高SNRの音声を対象とした高速なF0推定法," 電子情報通信学会論文誌(D), Vol. J93-D, No. 2, pp. 109-117,(2010).