

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：12103

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501126

研究課題名(和文) 盲ろう者の歌唱支援のための触覚フィードバックによる音声ピッチ制御の訓練方法と機序

研究課題名(英文) Training method and mechanism of voice pitch control using tactile feedback to assist singing of deaf-blind persons

研究代表者

坂尻 正次 (SAKAJIRI, Masatsugu)

筑波技術大学・保健科学部・准教授

研究者番号：70412963

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、盲ろう者・聴覚障害者の歌唱支援のための触覚フィードバックによる音声ピッチ呈示システムを用いた訓練方法の確立とその機序の解明を目的とした。本システムによる評価の結果、メロディ変化の大きさによる歌唱の正確性の違いは観察されなかった。本システムで訓練をおこなうことで、喉頭筋群の制御(固有感覚)と音程との対応が再度構築されることが示された。また、歌唱の正確性のデータを指標として訓練する方法が確立された。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research was establishment of training method and elucidation of the mechanism of voice pitch control using tactile feedback to assist singing of deaf-blind or hearing impaired persons. The results of the evaluation of our system, differences in accuracy of singing by the size of the melody change were not observed. It was indicated that the deafblind users regained the correspondence between pitch control and proprioceptive feedback of laryngeal muscles by the training using our system. Training method using data of the accuracy of singing as an indicator was also established.

研究分野：福祉工学

キーワード：触覚フィードバック 盲ろう 聴覚障害 音声ピッチ 触覚ディスプレイ 歌唱

1. 研究開始当初の背景

自らが発声した音声を知覚することのできない盲ろう者・聴覚障害者は、当然ながらその音声ピッチを知覚することができないので、ある程度の音程の正確性を持って歌唱することが非常に難しい。また、視覚を用いることのできない盲ろう者向けの触覚デバイスを用いた音声ピッチ呈示方法が提供されていない状況にあった。そこで、これまで研究代表者らは、触覚フィードバックにより音声ピッチを制御できるシステムを開発し、その有効性を確認した。しかし、本システムを用いた訓練方法はまだ確立できておらず、触覚フィードバックによる音声ピッチ制御の機序を解明できていなかったために適切な訓練の効果の検証ができない状況であった。

2. 研究の目的

そこで、(1)本システムを用いた訓練方法の確立と、(2)触覚フィードバックによる音声ピッチ制御の機序の解明を本研究の目的とした。

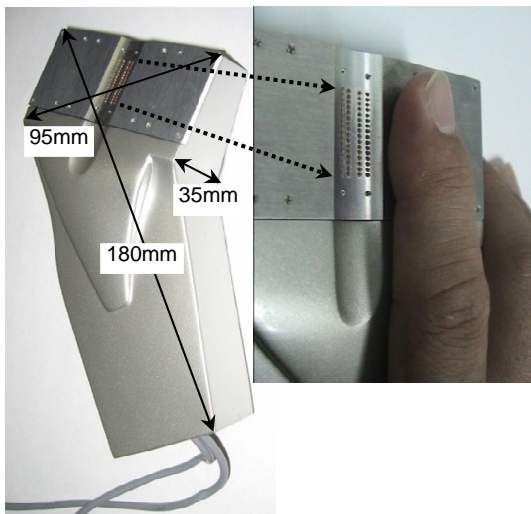


図1 音声ピッチ制御システムの触覚ディスプレイ

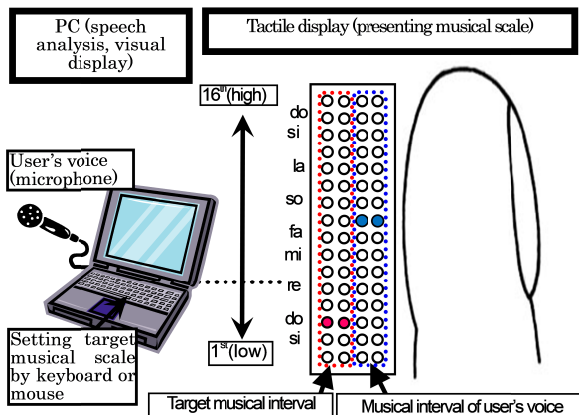


図2 音声ピッチ制御システムの概略図

3. 研究の方法

(1)の訓練方法の確立については、本システムにおける触覚フィードバックのみならず、喉頭筋群の調節による固有感覚フィードバックにも着目した評価実験をおこなうこととした。また、訓練効果を確認するための指標を得るために様々な音声ピッチの変化を含んだメロディによる評価実験をおこなった。これらの評価実験の結果から触覚フィードバックによる音声ピッチ制御の機序の解明についても検討することとした。

本研究課題で用いた音声ピッチ制御システムを図1に示した。音声ピッチ制御システムは、PCと触覚ディスプレイ本体から構成されている。右手の示指(人差し指)第1関節の腹側を触覚ディスプレイ部分に置いて触知するように設計されている。図2に音声ピッチ制御システムの概略図を示す。本システムでは、目標音階をPCで設定し、その目標音階と同じ音階(音声ピッチ周波数)になるように、盲ろう者・聴覚障害者が発声する。PCに接続されたマイクロフォンから入力された音声から音声ピッチ周波数がリアルタイムで算出される。算出された音声ピッチ周波数に対応する音階がPC上に表示されるとともに、触覚ディスプレイ上にも対応する音階位置に振動刺激が呈示される。触覚ディスプレイの左側2列は目標音階を触覚呈示するために、右側2列は盲ろう者・聴覚障害者自身の音声ピッチ周波数に対応した音階を触覚呈示するためである。目標音階側、盲ろう者側ともに同一行の2列分が同時に振動する。行方向には刺激ピンが16行あるが、これは音声ピッチ周波数に対応している。ピン番号1が最も低いピッチ周波数に、ピン番号16が最も高い周波数に対応している。本システムにおける音階は12平均律である。1つの刺激ピンが半音に対応している。

評価実験1

本システムを用いた訓練による固有感覚フィードバックの効果を確認するために評価実験1をおこなった。被験者は、発話及び聴力が正常な成人男性4名と女性4名の計8名である。

実験の手順は次のようになる。まず初めに、(1)ヘッドフォンでノイズを付加した状態で触覚デバイスを用いない状態、すなわち筋感覚等の固有感覚フィードバックのみで発声する課題をおこなった。次に、(2)ヘッドフォンでノイズを付加した状態で、触覚デバイスを用いた状態、すなわち固有感覚フィードバックと触覚フィードバックにより発声する課題をおこなった。(2)の場合は、音階のカードを示す前に目標音程を設定し、目標音程の振動位置を自分の音声ピッチの音階位置が一致するように発声する。上記(1)と(2)を1回目の課題としておこなった直後に、2回目の課題として(1)と(2)を繰り返した。1回目の課題の後に2回目の

課題を繰り返したのは、1回目の本システムを用いた触覚フィードバックの訓練が、2回目の(1)の固有感覚フィードバックのみによる課題にどのような影響を及ぼすのかを調べるためである。課題を繰り返すことにより触覚フィードバックの訓練効果を確認することもできる。

評価実験2

次に様々な音声ピッチの変化を含んだメロディによる評価実験をおこなった。

被験者は、盲ろうの障害をもつ60歳代の女性1名(被験者A)と40歳代の男性1名(被験者B)の計2名である。両被験者ともに、中途障害の盲ろう者で、被験者Aは聴力を失ってから28年、被験者Bは10年経過している。両被験者ともに全盲である。両被験者ともに気道聴力レベルが平均で100dBを超えており、重度の聴覚障害といえる。

実験にあたっては、開始前に実験内容を被験者に説明し、各被験者から書面で同意を得た。

実験における課題曲として「かえるの合唱」と「チューリップ」を設定した。なお、両被験者ともにこの2曲のメロディをほとんど記憶しているので評価のための課題曲として適している。「かえるの合唱」はメロディにおける音程の変化が全体として継時的なものに対して、「チューリップ」は「かえるの合唱」と比較すると音程の変化が大きくなっている。このように音程の変化の違いにより本システムでの音声ピッチ制御の正確性に違いがあるかどうかを検討する。

実験データ計測の手順は次のようになる。まず、目標音階をド(C3)に固定し、被験者はド(C3)に音声ピッチが合うように数回程度発声をする。被験者がド(C3)に合ったと確認できたところで、課題曲のメロディを歌う。これを一試行とし、この試行を5回繰り返す。なお、テンポについては、他の触覚刺激等で規定することは難しいことが予想されたので、被験者の自由とした。発声時には歌詞ではなく音階名を発音した。

4. 研究成果

評価実験1の結果は次のようになる。(1)のノイズを付加し、触覚フィードバックがない状態で課題をおこなった結果の1回目を図3に、2回目を図4示した。2回目は1回目比べて全体的に目標音程と音声ピッチの差が小さくなっている。1回目と2回目の実験条件は同一であるが、ピッチ差の値は2回目の方が著しく減少している。これは1回目の触覚フィードバックによる訓練により固有感覚フィードバックによるピッチ制御能力が一時的に強化されたことによるものと考えられる。

次に、評価実験2の結果のまとめを図5及び図6に示した。図5に「かえるの合唱」の音階毎にまとめたピッチ差の平均値を示し

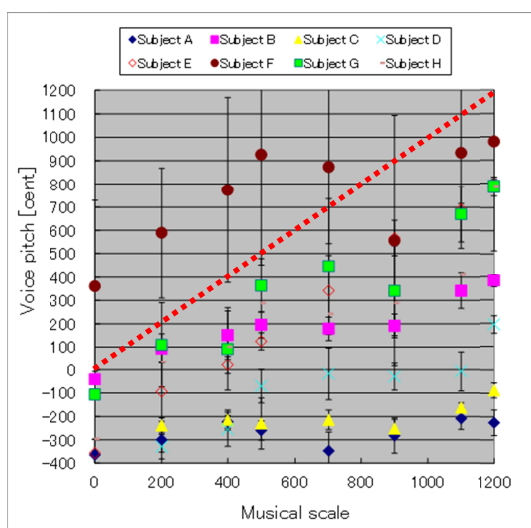


図3 1回目ノイズ付加:触覚フィードバックなし

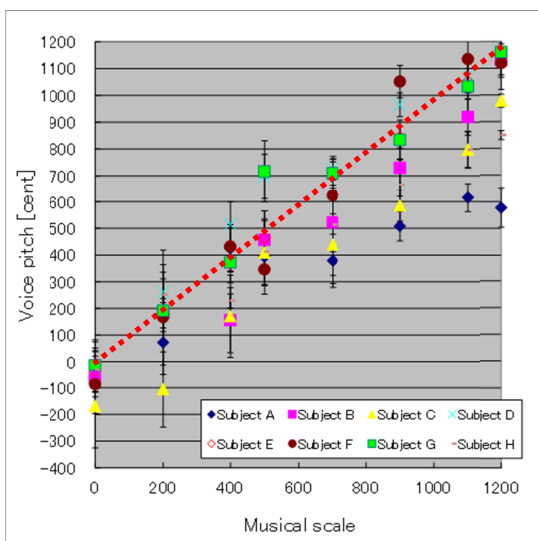


図4 2回目ノイズ付加:触覚フィードバックなし

た。同様に図6に「チューリップ」の音階毎のピッチ差の平均値を示した。図6では、両被験者とも「ソ」においてピッチ差が最大であったが、図5では被験者Aが「ミ」で被験者Bが「ファ」でピッチ差が最大となった。「かえるの合唱」(第1回目と第2回目)におけるピッチ差の全平均は110.9[cent](SD:79.1)であった。「チューリップ」(第3回目と第4回目)におけるピッチ差の全平均は109.9[cent](SD:79.0)であった。これらの結果から継時的に音程が変化する「かえるの合唱」とある程度音程の変化がある「チューリップ」の場合とでピッチ差に大きな違いは確認されなかった。

以上の結果をまとめると次のようになる。

- 盲ろう被験者は本システムにより成人健聴者あるいは健聴幼児と同程度の正確さをもって歌唱が可能であることが示された。
- メロディ変化が継時的な曲(かえるの合

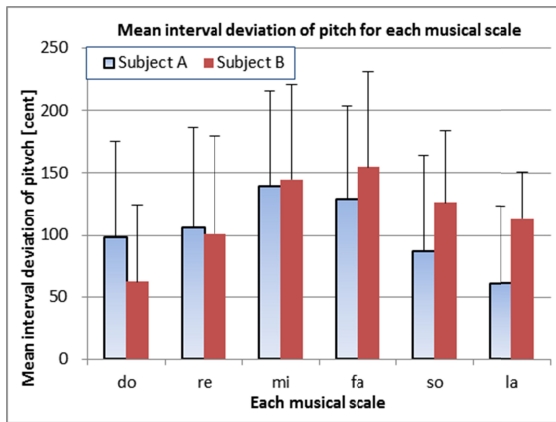


図5 「かえるの合唱」の各音程におけるピッチ差の平均

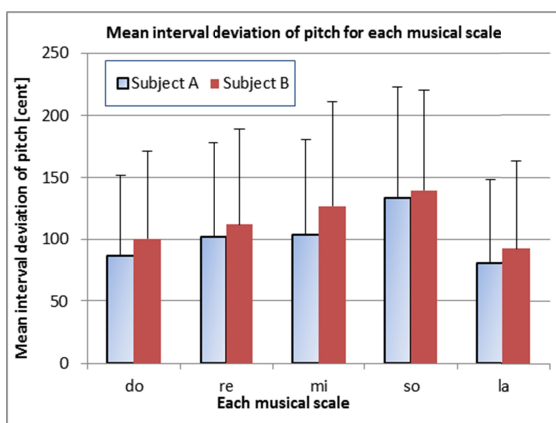


図6 「チューリップ」の各音程におけるピッチ差の平均

唱)とメロディ変化が継時的でない曲(チューリップ)で歌唱の正確性を評価したところ、大きな違いはなかったが、その要因が喉頭筋群の制御に起因する固有感覚フィードバックであることが確認された。

- 本システムを用いて音声ピッチ制御の訓練をおこなうことにより、失われた喉頭筋群の制御(固有感覚)と音程との対応が再度構築されるという機序により、非継時的なメロディの曲であってもピッチの正確性が低下しないことがわかった。

以上のことから、固有感覚フィードバックにより筋感覚と音程との対応を強化し、その能力を評価する訓練方法が重要であることが明らかとなった。

本研究の結果、このように触覚フィードバックによる音声ピッチ制御の機序が明らかになり、その機序に基づく歌唱の正確性のデータを指標として訓練する方法が確立された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4件)

Sakajiri M, Miyoshi S, Onishi J, Ono T, Ifukube T. Tactile pitch feedback system for deafblind or hearing impaired persons -Singing accuracy of hearing persons under conditions of added noise-. Proceedings of the 2014 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence in Robotic Rehabilitation and Assistive Technologies, 2014:31-35. 査読有

Sakajiri M, Miyoshi S, Nakamura K, Fukushima S, Ifukube T. Evaluation of voice pitch control in songs with different melodies using tactile voice pitch feedback display. NTUT Education of Disabilities. 2014;12:6-10. 査読無

Sakajiri M, Miyoshi S, Nakamura K, Fukushima S, Ifukube T. Accuracy of voice pitch control in singing using tactile voice pitch feedback display. 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. 2013:4201-4206. 査読有

Sakajiri M, Miyoshi S, Nakamura K, Fukushima S, Ifukube T. Effect of voice pitch control training using a two-dimensional tactile feedback display system. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. 2012:2937-2941. 査読有

〔学会発表〕(計 2件)

坂尻正次, 三好茂樹, 中邑賢龍, 福島智, 伊福部達. 触覚フィードバックによる音声ピッチ制御~歌唱時のピッチの正確性について~. 電子情報通信学会 第16回福祉情報工学研究会(WIT) 2013.8.30, 北海道大学札幌キャンパス(北海道札幌市).

坂尻正次, 三好茂樹, 中邑賢龍, 福島智, 伊福部達. 触覚フィードバックによる音声ピッチ制御と固有感覚フィードバックに及ぼす影響. 電子情報通信学会 応用音響研究会(EA)2012年7月研究会, 2012.7.19, 北海道医療大学札幌サテライトキャンパス(北海道札幌市).

6. 研究組織

(1)研究代表者

坂尻 正次 (SAKAJIRI Masatsugu)
筑波技術大学・保健科学部・准教授
研究者番号: 70412963