

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20500163

研究課題名(和文) 韻律制御可能な電気式人工喉頭の訓練プログラム開発研究

研究課題名(英文) Development of training program for pitch controllable electrolarynx

研究代表者

小池 三奈子(KOIKE MINAKO)

北里大学・医学部・非常勤講師

研究者番号：50276177

研究成果の概要(和文)： 韻律制御可能な電気式人工喉頭 (Pitch controllable electrolarynx; PC-EL) の訓練プログラム開発と PC-EL による発話 (PC-EL 音声) の評価を行った。訓練は、平板型 4 モーラ単語から始め、アクセント句、イントネーション句、文と進め、ピッチ操作に慣れた段階で、抑揚型アクセントの語を訓練した。2 週間の訓練で、7 名中 5 名が自発話で訓練目標を達成した。訓練後の PC-EL 音声はピッチ固定型電気喉頭 (PF-EL) の音声と比較して、より肉声に近いと評価された。

研究成果の概要(英文)： Development of training program for pitch controllable electrolarynx (PC-EL) and evaluation of PC-EL speech were performed. Seven individuals with total laryngectomy were trained by a speech pathologist. Four-mora words with 0-type accent (pattern of Japanese accent with the last mora high and the succeeding particle also high), accent phrases including former trained words, intonation phrases and sentences were trained in order. And then words with the other accent types were trained. Five participants in seven reached the goal in their spontaneous speech after two weeks' training. Perceptual study showed that PC-EL speech sounded more like normal speech than Pitch fixed electrolarynx (PF-EL) speech.

交付決定額

(金額単位：円)

|         | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| 2008 年度 | 2,300,000 | 690,000   | 2,990,000 |
| 2009 年度 | 700,000   | 210,000   | 910,000   |
| 2010 年度 | 600,000   | 180,000   | 780,000   |
| 年度      |           |           |           |
| 年度      |           |           |           |
| 総計      | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |

研究分野：音声言語障害学・音声言語科学

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：電気式人工喉頭、ピッチ制御、リハビリテーション

## 1. 研究開始当初の背景

喉頭摘出術を受けたいわゆる喉摘者(無喉頭者)は国内に約 20,000 名いるといわれる。術後の代償的な音声(無喉頭音声)には、喉摘者の食道入口部を音源とする食道発声や

音声再建術によるシャント発声と、機器を用いる人工喉頭音声がある。人工喉頭のうち、近年国内外で多く用いられるのは電気式人工喉頭(以下、電気喉頭)である。食道発声は機器を用いず発声できるが、口腔内から食

道に摂取した空気を用いて発声するために、声が小さく、短く区切った発話になる。シャント発声は発声の駆動エネルギーとして呼吸を利用できるため、発話単位が長く、声の大きさも食道発声よりは有利だが、音源は食道発声と同様に食道入口部の粘膜であるため、十分な音量が得られない。電気喉頭は術後早期から使用することができるとともに、食道発声やシャント発声を習得後も、騒音下など、場面に応じて使用できることから、リハビリテーションにおいては、喉摘者が食道発声またはシャント発声と電気喉頭音声の2種類の無喉頭音声を使用できるようになることを勧めている。このように電気喉頭は喉摘者が比較的容易に会話可能になるという点で非常に有用な機器であり、今後も使用者が増加すると思われるが、多くの機器は音声の基本周波数が一定のため、初めて電気喉頭音声を聞く者に不自然な印象を与える点が否めない。

韻律制御可能な電気喉頭は今までも開発され、製品化された例もあるが、喉摘者に広く支持されたものはまだない。呼吸圧でピッチ（基本周波数と同義、以下同様）調整を行なう機種は、息苦しいなどの訴えがあり、日常会話では利用されていない。押しボタンスイッチを押す指の力（指圧）によってピッチを調整する方法は、実現できるピッチパターンは限定され、ピッチを細かく調整することは困難である。

そこで、研究分担者（菊地）は親指一本でピッチを制御できる電気喉頭を開発した。この電気喉頭は親指の上下と左右方向の変位量を使い、振動の ON/OFF とピッチを独立に制御することに特徴があり、2自由度制御方式と呼んでいる。高から低へ、低から高へなど、あらゆるピッチパターンを実現できる画期的な方法である。国内最大の喉摘者団体である公益社団法人銀鈴会や北海道喉頭摘出者福祉団体北鈴会で試用してもらったところ、操作性について高い評価を得た。また健常者での実験では、短時間の練習で、自身の発話の簡単な平叙文と疑問文などのイントネーションの違いはほぼ模倣できた。現在、企業の協力を得て製品化をめざしている。

このように独創的な発想により開発された電気喉頭であるが、その機能を効果的に使用するには、訓練プログラムを開発する必要がある。

## 2. 研究の目的

喉摘者がピッチ制御可能な電気式人工喉頭（PC-EL: Pitch controllable electrolarynx）の機能を十分に使いこなすために必要な、指運動の動特性とピッチ曲線に関する科学的根拠に基づいた段階的な訓練プログラムを開発することと、訓練後の PC-EL による発

話（PC-EL 音声）の評価を目的とした。電気喉頭を用いて随意的にピッチ操作をしながら発話するための訓練プログラムは世界的にも例がない。指運動の動特性や言語の特質を踏まえて作られるプログラムは画期的なものであり、今回のデータは無喉頭音声の領域に限らず、広く今後の韻律研究においても貴重な意味を持つものである。

## 3. 研究の方法

研究分担者の菊地らは健常者を対象にして PC-EL の指運動とピッチ曲線の関係について実験を行い、健常若年者が PC-EL のピッチ操作ユニットを容易に操作できることを明らかにした（菊地ら、2007）。しかし、実際に PC-EL を使用する喉摘者は高齢者が多く、運動機能や認知機能等が若年者とは異なる。また、喉摘者は PC-EL を圧抵する頸部の状態に個人差が大きい。そこで、訓練プログラムの開発においては、PC-EL を実際に使用することになる喉摘者を対象にしたデータ収集が不可欠である。さらに、喉摘者が PC-EL を実用的に使いこなすためには、言語課題を用いた訓練プログラムが必要である。喉頭摘出者団体の公益社団法人銀鈴会会員と北里大学病院で治療とリハビリテーションを受けている喉摘者に研究の主旨を説明し、健康状態が安定し、電気喉頭を日常の会話の手段としている喉摘者から希望者を募り、研究代表者らの考案した訓練プログラムを試行した。訓練を実施するに当たり、喉摘者に苦手意識を持たせないように配慮し、訓練の進捗を各喉摘者の達成度に合わせた。頸部への当て場所や当て方の安定、適度な構音努力、呼吸や発話速度のコントロールは電気喉頭使用時の基本的な留意点である。慣れない機器である PC-EL のピッチ操作を行う際にそれらの点が損なわれないように、注意を促した。喉摘者の負担を減らすために、訓練期間は喉摘者一人当たり2週間とした。

## 4. 研究成果

### (1) 訓練プログラムの開発研究

#### ① PC-EL の機能の設定について

試作された PC-EL は親指の上下と左右のどちらの方向の運動によってもピッチを操作できるが、長時間使用しても疲労が出にくいと思われる上下方向に設定した。基準 F0 を 100Hz または 110Hz、F0 変化幅を 20% に設定した。変化幅が広すぎると親指の僅かな運動でピッチが変化するため、不正確な操作になった場合に聴覚的な自然さが損なわれる可能性がある。多数の喉摘者が会話で使用する際には 15~20% の変化幅が妥当と思われた。

#### ② 言語課題を用いた訓練プログラム開発

2008 年度は、単語から短文、文章音読まで

のプログラム案を3名の喉摘者に実施した。単語音読で正確なピッチパタンの実現が可能になった後、文、文章へと進めた。3名中2名は数回の訓練で未訓練の文音読課題に訓練効果が般化した。そのうち1名は会話においてピッチ操作が可能だったが、もう1名はピッチ操作を行わず、PF-ELと同様の発話になった<sup>6)</sup>。この結果から、2009年度は、会話におけるピッチ制御に焦点を当て、平板型の4モーラ単語、句、文で練習した後に、他の起伏型アクセントパタンの語を練習するように修正した。訓練の第一目標をイントネーション句(IP)末で下降ピッチパターンを作ること、第二目標を強調するアクセント句(AP)で正確なピッチ制御を行うこととした。7名の喉摘者に1回当たりの30~60分の個人訓練を2週間にわたり3~9回行った。

言語課題は表1に示す通りである。各段階で繰り返し練習を行った。訓練後の音声を音響分析し、訓練を受けた喉摘者を対象にアンケート調査した。

表1 訓練で使用した言語課題の例

| 訓練の順序           | 例                      |
|-----------------|------------------------|
| 1. 平板型 4モーラ語    | おやもと(親元)               |
| 2. 1の語を用いた AP   | おやもです。                 |
| 3. APをつなげた IP   | おやもとにいます。              |
| 4. IPの組み合わせ     | わたしは今まで、<br>おやもとにいました。 |
| 5. 複合語          | げつようび(月曜日)             |
| 6. 平板型以外のアクセント型 | カメラ、たまご                |
| アクセントの対比        | あめ(雨)・あめ(飴)            |

訓練終了後の対話音声の音響データより、第2段階の目標に達した者が7名中3名、第1段階の目標達成者が2名、第一段階の目標に達しなかった者が2名だった。2週間という短期間で7名中5名が会話でピッチ制御を行っていたことから、一定の効果が得られたと思われる。アンケート調査(図1)より、訓練を経験した喉頭摘出者の満足度は高かった。

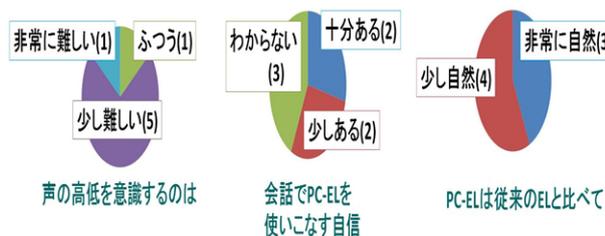


図1 喉摘者7名の訓練終了後アンケート結果

電気喉頭のピッチ制御を随意的に行うための訓練プログラムは今までなく、画期的な

ものである。本プログラムに基づいた練習用課題を2011年2月に製品化されたPC-ELの練習用テキストに記載した。今回は初期の訓練プログラム開発であるので、練習開始時から喉摘者が苦手意識を持たずに訓練でき、短期間で一定の効果を上げるという点を考慮した。今後はさらに上級者や東京アクセント以外の地域の発話者を対象とした訓練プログラムの開発が必要である。

### ③コンピュータを使った練習プログラム

概要: PC-ELが製品化され(2011年2月)使用されるようになってきたが、意図したように声の高さを変えて発声するためには練習が必要である。この練習は自分の聴覚を頼りに行うことも可能であるが、確信が持てない場合は自習することが難しい。この研究では、制御したピッチ変化が妥当であるかどうかを客観的に見ることや、練習を効率的に行うために、パーソナルコンピュータを使ったPC-ELのための自習用プログラム(ドリル)を作成した。

教師データ: 練習プログラムでは教師となる音声データを使う。音声データはカテゴリ別に保存されている。「Step1単語」は親密度の高い単語、「Step2疑問文」は日常会話に出てくるような疑問文、「Step3短文」は20~25モーラ程度の文、「Step4アクセント」は同音異義語を含む短文である。EL音声(一部)、女声、男声から選ぶことができる。各ステップは15前後の課題を含んでいる。「音階」はランプ状やステップ状に変化するピッチパターンを有する無意味音声である。

この音声データは標準的な形式の音声ファイルであり、任意に追加・削除を行うことができる。

練習プログラム: 練習プログラムのPC画面上での表示の様子を図2に示す。

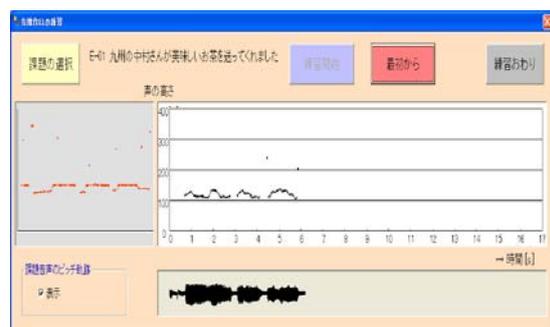


図2 練習プログラムのPC画面表示

練習プログラムの処理の流れを以下に示す。  
1) 課題の選択ボタンをクリックすることで図3のダイアログボックスが開く。音声を選択する。  
2) 練習開始のボタンをクリックする。以下の処理が行われる。

- ①課題として選んだ音声再生される。
- ②課題音声のピッチ軌跡の表示のチェックボックスがチェックされている場合には、音声の再生と並行して赤い色でピッチパターンが表示される。

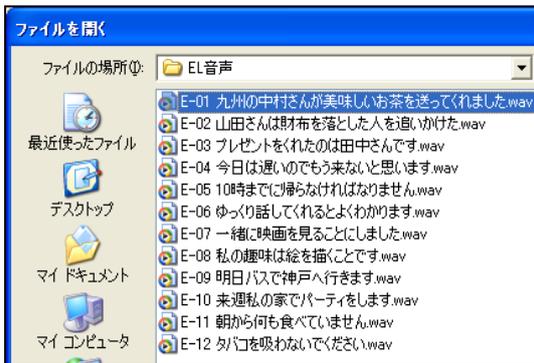


図3 課題音声の選択

3) 音声を入力しながら無音か否かの判断を行い、無音でなければその音声波形の表示とその音声の分析結果であるピッチを黒い色でプロットする。

この練習は17秒間行うことができる。繰り返し行いたいときには、再度、練習開始ボタンをクリックする。

その他：開発した練習プログラムはMicrosoft社のWindowsのもとで動作する。Windows XP, Vista, 7での動作が確認できている。動作にはマイクロホンとスピーカをパーソナルコンピュータに接続する必要があるが、これらを内蔵したノート型PCであればそのまま練習を行うことができる。

### (2) PC-EL 音声の単語理解度に関する研究

分節音の明瞭性が必ずしも十分でない喉摘者が、PC-EL を使って、日本語の特徴であるピッチアクセントを正しく実現することによって、単語の理解度が向上することが期待されるが、その効果について検討した<sup>4,5)</sup>。

発話者は1名の男性喉摘者(65歳)。ピッチ固定型電気喉頭使用歴は約2年3ヶ月。PC-ELの操作訓練を、1回当たり30分~90分で、合計9回行った。訓練内容は、ボタンの基本的な操作法、2~4モーラ語のアクセント型及びアクセント句の制御、挨拶・短文・文章朗読。評価用単語は、0型(平板型)から3型の4種類のアクセント型をもつ4モーラ高親密度単語を各4種類、計16単語選出した。例えば、0型:ベテラン、1型:カ'マキリ、2型:アザ'ラシ、3型:メダタ'イ。これらの16単語を、PF-EL (Pitch fixed electrolarynx) とPC-ELで発話してもらった。東京方言環境で育った9名の成人男女にランダムに並べた単語を1回ずつ聞かせ、単語をカナで書き取らせた。

2型アクセントの単語「アザ'ラシ」のPC-EL

による発話から求めたピッチ曲線の例を図1に示す。2モーラ目のアクセント核でピッチが下降し、低高低低というピッチパターンを実現させている。単語理解度試験の結果をアクセント型ごとに表1に示す。

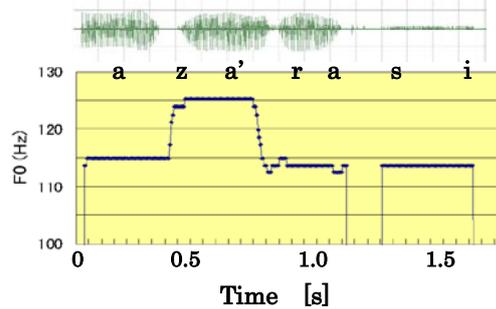


図4 「アザ'ラシ」の音声波形とピッチ周波数。

平板型(0型)アクセント語では、PC-ELとPF-ELでほとんど差がないが、他の起伏型ではPC-ELの方が、平均13%ほど理解度が高い。なお、平板型でPC-ELの方が若干低くなっているのは、「ウワバキ」の「バ」の構音が不完全であることによる。このように、PC-ELの操作による正しい語アクセント情報が加わることによって、起伏型アクセントをもつ語の分節音が不完全な場合、補償される傾向があることが分かった。

### (3) PC-EL 音声の心理的評価とそれに関する韻律特性に関する研究

①PC-EL 音声「肉声らしさ」と「聞きやすさ(緊張しないで楽に聞ける)」の点でPF-EL 音声と違いがあるか、また、複数の話者の間でそのような評価に違いがあるとすれば、それはどのような韻律特性(ピッチ制御方法)によるものかについて調べた<sup>2)</sup>。

発話者は2009年度にPC-ELの訓練を受けた4名の男性喉摘者(67歳~78歳)。術後1年6ヶ月から8年4ヶ月で、ピッチ固定型電気喉頭を使用している。評価用音声はPC-ELとPF-ELで発話した1短文と2対話。評定者は成人女性3名(音声学の知識がない一般人)評価実験は、話者ごとに、朗読音声と対話音声それぞれのPC-ELとPF-ELを聞き比べて、「肉声らしさ」と「聞きやすさ」を評価させた。また、朗読音声と対話音声それぞれについて、4名の話者すべての組合せを聞かせ、同様の心理的評価の観点からどちらが優れているかを判断させた。

その結果、4名の話者すべてで、PC-ELの方が、PF-ELより、2つの評価項目で高い評価を得た。4名の話者の中では、朗読発話でも、対話発話でも、「肉声らしさ」と「聞きやすさ」の総合評価で、優劣がついた。

総合評価で高い評価を得るには以下のような分節的・韻律的特性が重要であることが分かった。1)構音が正確であるほうが評価が

高い、2)ピッチレンジは大きい方が評価が高い、2)話速は遅いほど評価が低くなり、単調なリズム構造をもつより局所話速の変化がある方が評価が高い、3)ポーズの挿入位置が適切で少ないほど評価が高い、4)イントネーションが多様なほど評価が高い、5)平叙文では文末でピッチが下降する方が評価が高い。

②喉摘者1名の3種類の発話課題におけるPC-EL音声とPF-EL音声を聴覚心理学的に評価した。発話者は術後9年の男性喉摘者(66歳)。PC-ELの訓練プログラムに則った訓練を週に1回計2回受け、自宅での自習を含めて2週間練習した。評価用音声は、PC-ELとPF-ELで発話した自発話1題、模擬対話文の音読2題、感情表現文の音読2題である。自発話は絵に示された状況を説明(状況絵説明)、模擬対話文音読は、対話を模した文を相手役と交互に音読(対話文)、感情表現文音読は、「怒った気持ち」と「感謝の気持ち」を込めて短文を音読してもらった。

20名の健常学生が評価用音声を聞き、各課題において、肉声の発話への近さの程度(3課題)、楽に聞ける程度(状況絵説明)、楽に会話できそうな程度(対話文)、感情表現の程度(感情表現文)をVisual Analog Scale(VAS)で評価し、次に、形容詞10対(表2)について6段階評価を行った。評価結果の統計的分析および音響分析を行った。

表2 6段階評価で用いた形容詞対

|       |   |         |
|-------|---|---------|
| 澄んだ   | — | にごった    |
| 聞きやすい | — | 聞きにくい   |
| 流暢な   | — | 途切れ途切れな |
| 好きな   | — | 嫌いな     |
| 抑揚豊かな | — | 抑揚に乏しい  |
| 自然な   | — | 機械的な    |
| きれいな  | — | きたない    |
| 柔らかい  | — | 硬い      |
| 明瞭な   | — | 不明瞭な    |
| 感じのよい | — | 感じの悪い   |

表3 提示したPC-EL音声とPF-EL音声の音響学的特徴

| 統計量             | 状況絵  |      | 対話文1 |      | 対話文2 |      | 感情表現文1 |      | 感情表現文2 |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|--------|------|
|                 | PF   | PC   | PF   | PC   | PF   | PC   | PF     | PC   | PF     | PC   |
| 句の数             | 14   | 16   | 6    | 5    | 6    | 7    | 2      | 3    | 3      | 4    |
| 総EL発話長(sec)     | 16.5 | 18.1 | 7.6  | 7.6  | 7.2  | 7.5  | 2.7    | 2.4  | 4.0    | 3.7  |
| ポーズ間の平均発話長(sec) | 1.0  | 1.1  | 1.1  | 1.3  | 1.0  | 0.9  | 1.2    | 1.1  | 1.2    | 1.1  |
| 平均発話速度(mora/s)  | 5.1  | 5.3  | 6.4  | 6.5  | 7.0  | 6.6  | 7.4    | 7.8  | 6.1    | 6.9  |
| ピッチ平均値(Hz)      | 100  | 102  | 100  | 107  | 100  | 108  | 100    | 108  | 100    | 106  |
| ピッチレンジ(cent)    | -    | 184  | -    | 282  | -    | 228  | -      | 144  | -      | 192  |
| 正しいピッチ制御実現率(%)  | -    | 0.53 | -    | 0.40 | -    | 0.29 | -      | 0.67 | -      | 0.50 |

F0レンジは144~282centと狭かった。発話速度はPC-ELとPF-EL間に有意差がなく、発話時に親指でPC-ELのピッチ操作を行っても発話速度が遅くならなかった。東京アクセントが正しく実現できたアクセント句の割合は35~75%だった。

「肉声の発話への近さ」についてのVASの結果は、対応のあるt検定で、PC-ELの評価がPF-ELよりも有意に高かった(t(19)=3.56, p<.01)。発話課題別では、対話文2を除く全ての発話課題でPC-EL音声がPF-EL音声よりも有意に高い評価になった。状況絵説明では、「どの程度聞いていて楽か」について有意なし。対話文では、「自分が対話相手だとしたらどの程度楽に対話できると思うか」について、対話文1は有意差を認め、対話文2は有意差がなかった。感情表現文では、「どの程度感情がこもっているか」について、感情表現文1,2とも有意差を認めた。

形容詞10対を用いた6段階評価において、全ての発話課題の合計では、PC-ELの評価が有意に高かった(t(19)=3.30, p<.01)。発話課題別では、対話文1,感情表現文1,2で有意差を認めた。形容詞対別に見ると、「自然な-機械的な」「抑揚豊かな-抑揚に乏しい」「好きな-きらいな」「柔らかい-硬い」は多くの発話課題で有意差および有意傾向を認め、「流暢な-途切れ途切れな」は少なかった。VAS2項目と形容詞10対の6段階評価結果との相関は高かった。形容詞対10対の評価結果について主成分分析を行ったところ1個の成分が抽出されたことから、今回の評価をPC-EL音声の総合評価と考えてよいと思われた。

表4 形容詞10対の成分分析結果

| 成分行列*        |      |
|--------------|------|
|              | 成分   |
|              | 1    |
| 自然な・機械的な     | .881 |
| 感じのよい・悪い     | .878 |
| 好きな・嫌いな      | .858 |
| 聞きやすい・聞きにくい  | .842 |
| 柔らかい・硬い      | .826 |
| 抑揚豊かな・抑揚に乏しい | .822 |
| きれいな・きたない    | .816 |
| 澄んだ・にごった     | .793 |
| 明瞭な・不明瞭な     | .762 |
| 流暢な・途切れ途切れな  | .671 |

因子抽出法: 主成分分析  
a. 1個の成分が抽出されました

提示したEL音声の平均発話速度、ピッチレンジ、正しくピッチ制御できた割合とPF-ELとPC-ELの評価間には相関がなかった。

2週間という短期間の練習後の音声評価でPC-ELが全体として高い評価を得たことはPC-ELの実用性を示唆していると思われる。一方、PC-ELとPF-ELの評価に有意差のない発話課題もあった。今後さらに発話者を増やして評価することが必要である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 6 件)

- ① 小池三奈子, 堀口利之, 粕谷英樹, 菊地義信, 鈴木牧彦, 岡本牧人, “ピッチ制御可能な電気式人工喉頭による 3 種類の発話課題の聴覚心理的評価”, 第 55 回日本音声言語医学会学術講演会, 2010 年 10 月 14 日, 学術総合センター (東京).
- ② 粕谷英樹, 菊地義信, 小池三奈子, 堀口利之, “ピッチ制御可能な電気式人工喉頭による朗読・対話音声発話の韻律特性” 日本音響学会春季研究発表会, 2010 年 3 月 8 日, 電気通信大学 (東京都).
- ③ 小池三奈子, 堀口利之, 粕谷英樹, 菊地義信, 鈴木牧彦, 岡部早苗, 上田綾子, 岡本牧人, “ピッチ制御可能な電気式人工喉頭の訓練プログラム案—その 2—”, 第 54 回日本音声言語医学会学術講演会, 2009 年 10 月 16 日, コラッセふくしま (福島県).
- ④ 粕谷英樹, 菊地義信, 小池三奈子, 堀口利之, “ピッチ制御可能な電気式人工喉頭による単語理解度の改善” 第 54 回日本音声言語医学会学術講演会, 2009 年 10 月 16 日, コラッセふくしま (福島県).
- ⑤ 粕谷英樹, 菊地義信, 小池三奈子, 堀口利之, “ピッチ制御可能な電気式人工喉頭による音声発話の韻律特性の評価” 日本音響学会秋季研究発表会, 2009 年 9 月 17 日, 日本大学 (福島県).
- ⑥ 小池三奈子, 堀口利之, 粕谷英樹, 菊地義信, “韻律制御可能な電気式人工喉頭の訓練プログラム案”, 第 53 回日本音声言語医学会学術講演会, 2008 年 10 月 23 日, 三原市学術文化センター (広島県三原市).

[図書] (計 3 件)

- ① 小池三奈子, 音声障害 (藤田郁代編, 「標準言語聴覚障害学・言語聴覚障害学概論」第 1 章 1 節), 医学書院, 2010, pp. 52-59.
- ② 小池三奈子, 無喉頭音声 (熊倉勇美他編, 「標準言語聴覚障害学・発声発話障害学」第 1 章 7 節), 医学書院, 2010, pp. 84-93.
- ③ 小池三奈子, 無喉頭音声の訓練 (廣瀬肇編, 「ST のための音声障害臨床マニュアル」第 7 章), インテルナ出版, 2008, pp. 167-175.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小池 三奈子 (KOIKE MINAKO)  
北里大学・医学部・非常勤講師  
研究者番号: 50276177

### (2) 研究分担者

粕谷 英樹 (KASUYA HIDEKI)  
宇都宮大学・工学研究科・名誉教授  
研究者番号: 20006240

菊地 義信 (KIKUCHI YOSHINOBU)  
国際医療福祉大学・保健医療学部・准教授  
研究者番号: 20091944

堀口 利之 (HORIGUCHI SATOSHI)  
北里大学・医療衛生学部・教授  
研究者番号: 30157078

### (3) 連携研究者

鈴木 牧彦 (SUZUKI MAKIHIKO)  
北里大学・一般教育部・教授  
研究者番号: 90226548 (2009-2010 年度)