

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1 / 3)

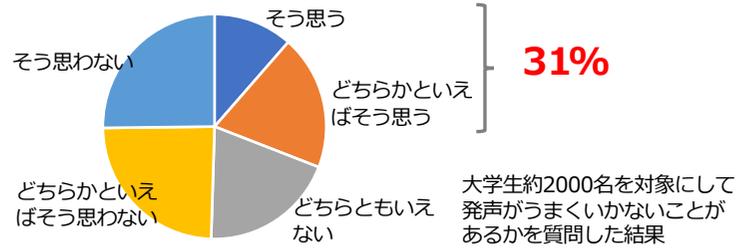
研究題目	割り箸を用いた訓練による発声改善のメカニズムの調査	報告書作成者	北村達也
研究従事者	北村達也		
研究目的	<p>一般に、音声はヒトにとって最も使い易い情報伝達手段とされているが、医学的には健常の範囲に含まれる人々の中にも発話に不自由を感じている人が存在する。発話は巧緻性の高い運動であるので、それが不得意な人がいることは実は不思議なことではない。しかし、発話はヒトの基本的能力であるため、できて当たり前という先入観もあり、発話に不自由を感じる健常者の存在は最近まで意識されることがなかった。</p> <p>この問題を最初に指摘したのは立川(2013)である。彼は発話のしにくさの自覚に関するアンケート調査を行い、対象の大学生 151 名の約半数が日常的にある程度以上発話のしにくさを自覚していたと報告した。その後、北村ら(2019)は国内の 15 大学の大学生、大学院生約 2,000 名を対象にして発話のしにくさの自覚に関するアンケート調査を行った。そして、言葉や聞こえの問題がないと回答した 1,831 名のデータを集計し、(1) 全体の 31.0 %がある程度以上発話のしにくさを自覚していた、(2) 男性の方が発話のしにくさを自覚している人が多い、(3) 発話のしにくさを自覚している人は自分の音声聞き返されることが多いと感じる傾向がある、などの報告を行った。さらに、北村ら(2020)は 30 代から 60 代の男女計 800 名を対象にして発話のしにくさの自覚に関するアンケート調査を行い、同じ傾向の結果を得ている。このように、ヒトの基本的能力であるはずの発話能力であっても、それに対する意識には個人差、性差が存在し、画一的ではない。</p> <p>本研究では、発話のしにくさを自覚する人々に、簡便、安価、かつ効果的な発声訓練法を提供することを目的とする。我々は、種々の訓練法を試みた中から、割り箸やペンなどの細い棒を前歯でくわえて下顎を固定して練習する「顎運動制約法」によって滑舌や声質が即時的に改善されることを報告した(三谷ら, 2017)。しかし、この方法で音声に変化が生じる理由は明らかになっていない。そこで、本研究では、磁気センサシステムを用いて割り箸をくわえた状態/くわえない状態の舌や唇の運動範囲や速度における差異、発声訓練によって生じる変化を計測し、その結果に基づいて効果的な発声訓練法を提案する。</p> <p>発声訓練法に関する書籍は多数出版されており、その中で様々な方法が紹介されているが、そのほとんどは効果が科学的に実証されておらず、効果が出る条件や原理も解明されていない。とはいえ、それらの発声訓練法は単なる民間療法として無視できるものではなく、効果が出る条件や原理を明らかにすることによって適切な発声訓練法として活用できる可能性がある。歌手や特定の疾患の患者を対象とした発声訓練法に関する先行研究は存在するが、一般の人々を対象とした発声訓練法に関する先行研究は国内外を見てもほとんど存在せず、本研究の取り組みは意義があると考えられる。</p>		

研究内容	<p>本研究では磁気センサシステム(NDI Wave Speech Research System)を用いて発声訓練中およびその前後の舌、口唇の運動を計測した。磁気センサシステムは、舌や口唇に小型のセンサー貼り付け、発声中のセンサーの位置をリアルタイムに追跡できる装置である。実験に用いた発話資料は、カ行、ガ行、サ行、ザ行、タ行、ダ行、ラ行の5音(例えばカ行ならカキクケコ)を含む文を各行につき2文、計14文用意した。実験参加者に自由に発声訓練させた場合と割り箸を用いて顎運動制約法により発声訓練させた場合の舌や口唇の運動を比較したところ、後者の方がセンサーの移動範囲と速度が増加することが明らかになった。つまり、割り箸をくわえて下顎を固定しているにもかかわらず、舌や口唇の移動範囲が拡大する。これによって舌や口唇の運動が下顎の運動と分離して訓練され、開口度の増加や調音空間の拡大などの効果をもたらすと考えられる。</p> <p>以上のような結果、およびボイストレーナーが実際に訓練する様子の観察から、顎を固定しながらも舌、口唇、表情筋などを十分に動かすこと、声を十分に出すこと、トレーナーが適宜フィードバックすることが重要との認識に至った。そこで、顔面の動きと音声の大きさをリアルタイムにフィードバックするシステムを開発した。顔面の動きとして、カメラ画像から算出したオプティカルフロー(OF)における顔領域の総移動量を用いた。同時に、OF そのものも表示することにより、訓練者は自分の顔のどの部分が動いているか/動いていないかを把握することができる。音声の大きさは、マイクから取得した音声のレベルを表示した。訓練中、顔面の動きと声の大きさを維持させるため、レベルメーターの値が閾値を一定時間下回ると、口の動きもしくは声を大きくするよう促すメッセージが表示される。これはボイストレーナーによる声かけに対応するものである。また、声帯振動の代表的な訓練法であるチューブ発声法についても研究を行い、この訓練を支援する「スマートチューブ」を開発した。このシステムは、訓練時の効率的な発声を意味する口唇周辺の振動をユーザーに視覚的にフィードバックするものである。</p> <p>本研究にて得られた成果については以下の通り発表を行った。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 北村ら、顔面の動きをフィードバックとして用いる発話訓練システムの検討、日本音響学会研究発表会(2019年9月)。2. 川村、北村、チューブ発声訓練における評価指標としての口唇周辺の皮膚振動の有用性、日本音声言語医学会学術講演会(2019年10月)。3. 北村ら、発話のしにくさに関する自覚と発話訓練、日本音響学会騒音・振動研究会(2019年11月)。4. 川村ら、チューブ発声法による音声リハビリ支援システム「スマートチューブ」の試作、日本音響学会関西支部若手の会(2019年12月)。5. 川村ら、チューブ発声法による音声リハビリ支援システム「スマートチューブ」の開発、日本音響学会研究発表会(2020年3月)。
------	---

研究のポイント	<p>申請者らの調査によると、大学生の約 30%が日常的に発話のしにくさを自覚している。これらの人々の問題を改善するため、本研究では割り箸やペンをくわえて発声する訓練法(顎運動制約法)が調音運動に及ぼす影響を調査し、効果的な訓練プログラムを開発することを目指した。舌や口唇に貼り付けた小型のセンサーの位置をリアルタイムに追跡できる磁気センサシステムを用い、訓練中の舌や口唇の動きを計測した。この実験を通して、顎運動制約法による訓練時には舌に加えて表情筋も大きく動かすことが重要であることを見いだした。そこで、画像処理により訓練中の表情筋の動きをフィードバックするソフトウェアを開発し、これによって訓練が促進されることを確認した。また、声帯振動の代表的な訓練法であるチューブ発声法についても研究を行い、この訓練を支援する「スマートチューブ」を開発した。このシステムは、訓練時の効率的な発声を意味する口唇周辺の振動をユーザーに視覚的にフィードバックするものである。</p>
研究結果	<p>磁気センサシステムにより、顎運動制約法による訓練中とその前後の通常発声時の舌や口唇の運動を計測した。その結果、訓練効果が出る話者では、訓練時に(顎が動かないようにしているにもかかわらず)舌や口唇の移動範囲と速度が増加することが明らかになった。この結果は、舌や口唇の運動が顎の運動と分離されて独立に運動することによって、舌や口唇の動きが改善することを意味している。訓練時に舌や口唇を大きく動かすと顔の皮膚が大きく動く。この原理を利用して、顎運動制約法による訓練中の顔画像から皮膚の動き(オプティカルフロー)を計算し、視覚的にフィードバックするソフトウェアを開発した。そして、このソフトウェアを利用して訓練することによって、効率的に訓練できることを確認した。この他、声帯振動を改善するチューブ発声法による訓練を支援するスマートチューブを開発した。このシステムは、安価なマイコン(Arduino Uno)と加速度センサーを用いて訓練時の口唇周辺の振動をフィードバックするものである。</p>
今後の課題	<p>現在、顎運動制約法の支援ソフトウェアは PC 上でしか動作しないため、一般の人が気軽に使用するのは難しい。そこで、次年度はこのソフトウェアをスマートフォンやタブレットなどで動作するアプリとして移植する予定である。PC と比較して計算能力が低いこれらの情報機器でも快適に動作させるためには、画像処理に要する計算コストの削減が必要となる。また、発声訓練による効果を客観的に評価するため、音声の明瞭度や滑舌に対応するわかりやすい指標を開発する。この指標をユーザーにフィードバックする仕組みを上記のアプリに組み込む。一方、スマートチューブに関しては、発声に関する悩みを持つ人を対象にした実証実験を行う。そして、実用化に向けた問題の洗い出しを行うとともに、訓練に対する意欲の維持に効果があるか否かを評価する。</p>

割り箸を用いた訓練による発声改善のメカニズムの調査

健常者であっても発話のしにくさを感じている人が**31%**存在する (北村ら, 2019)



簡便、安価で効果の高い発声訓練法が必要！

割り箸やペンをくわえた状態で発声訓練をすると、**発声が大幅に改善**する (三谷ら, 2017)

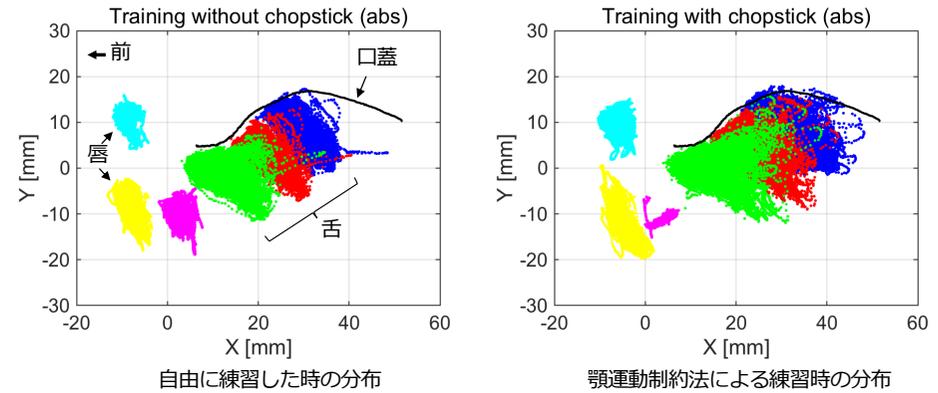
1. 声の高さ (基本周波数) の変化幅の拡大
2. 声量の増大
3. 口や舌の運動範囲の拡大
4. 子音の発声エラーの減少
5. 音声の明瞭性の向上



訓練の様子

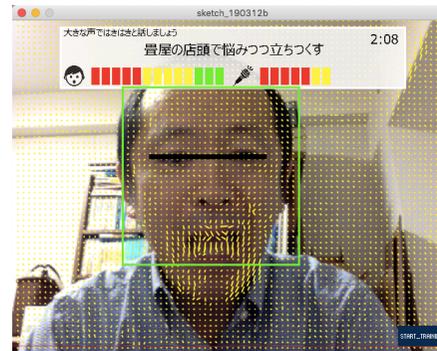
磁気センサシステム (NDI社 Wave) を用いて発声が改善するメカニズムを調査する

舌や唇の運動範囲の比較結果



顎運動制約法による訓練時の方が舌や唇の運動範囲、速度が大きい

実験結果に基づいて顎運動制約法による訓練を支援するソフトウェアを開発



- 声の大きさと顔面のオプティカルフローをフィードバック
- 顔面のオプティカルフローは表情筋の動きに対応
- 閾値を一定時間下回ると警告メッセージを表示