

頭の動きを用いた抑揚制御型電気喉頭の評価

Evaluation of an Electrolarynx having an Intonation Control Function by using Head Movement

○ 村松良介(大分大学大学院) 上見憲弘(大分大学)

Ryosuke MURAMATSU, Oita University Graduate School
Norihiko UEMI, Oita University

Abstract: An electrolarynx is one of the artificial larynges for the person who has removed his larynx. In order to improve a naturalness of a voice produced by an electrolarynx, we have evaluated an electrolarynx having an intonation control function by using head movement. Our recent studies suggested possibility that this method got higher evaluation than the method by using finger pressure in operability.

In the first experiment, we clarified a correspondence relation between intonation and head movement when the subjects spoke a sentence while moving the head. In the next experiment, we investigated transform functions from the view point of a subjective evaluation in operability and a listener's evaluation about whether or not the intonation controlled by using head movement is similar to the intonation of presented voice. It was difficult to find an appropriate function on the experimental condition of this report.

Key Words: Communication, Intonation, Artificial Larynx

1. はじめに

喉頭摘出者が発声に用いる電気喉頭は習得が容易だがその声は不自然である。そこでその音声に抑揚を付加する事で声を自然にする方法を探ってきた。過去の研究から呼気圧を用いて抑揚をつけると、その音声が自然になることがわかっている。しかし、呼気圧検出器をあてる気管孔の形によっては息漏れのため使えない場合がある⁽¹⁾。今までに、藤崎モデルの考え方に従った指圧制御型電気喉頭の研究が行われている。この方法は、ある程度適切な抑揚をつけることができるが、通常の会話を実験では、瞬時に適切なイントネーションをつけることは難しかった⁽²⁾。そこで、頭を上下に動かすことで抑揚をつける方法を検証した結果、操作のしやすさについては、従来の指の操作より評価が高かった⁽³⁾。

そこで本報告ではまず、頭の上下による制御の実用性について調べた。実験では、会話しながら頭を動かしてもらうことで抑揚と頭の動きの関係性やフレーズ成分の必要性を調べた。次に、頭の動きで声の高さを制御する電気喉頭を作成し、操作のしやすさと音声の抑揚と同じ抑揚をつけられるかについての観点から、頭の角度と声高きの周波数の適切な関係式を探った。

2. 首の動きと抑揚の関係の検証

本節ではまず被験者に普段通り話してもらい、抑揚と頭の動きの関係性を調べた。次に、文章を話しながら頭を動かした場合に、声が高くなるときに頭を上下どちらに動かすかどうかや、フレーズ成分の必要性について調べた。

2-1 実験方法

日本語の高きアクセントをつける基本単位をモーラといい、標準語ではモーラ数+1種類のアクセント型がある。例えば3モーラの単語では4種類のアクセントがある。このような3モーラ単語を含む4種の文章を被験者に1文章につき3回読んでもらう。

Table 1 Sentences that are used in the experiment

	平板型	頭高型	中高型	尾高型
3モーラ単語	なまえを かく	えがおに なる	ななめに なる	ながめが よい

Table1に発声した文章を示す。文字の上の線はアクセントが付いているところである。

1回目は頭の動きを意識せず普段通りに話し、2回目、3回目は話した声の高さに合わせて頭を動かすように指示した。その後、声が高くなる場所で頭を上下どちらに動かしたかも答えてもらった。頭の角度の計測はFASTRACK(Polhemus社)で行った。被験者は10名である。

2-2 実験結果

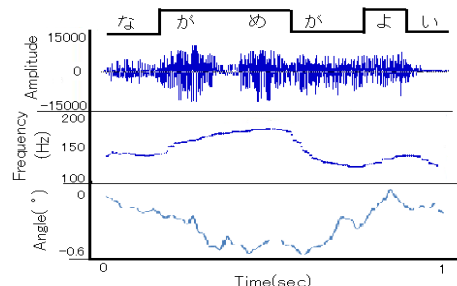


Fig. 1 Pitch frequency of the voice and the angle of the head when a subject speaks the sentence /nagamegayoi/ as usual

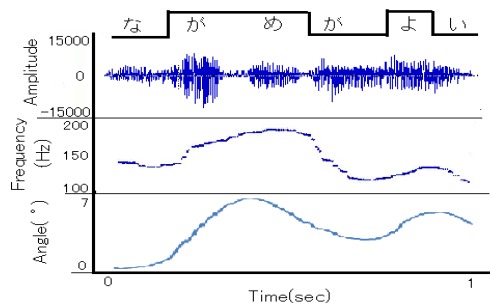


Fig.2 Pitch frequency of the voice and the angle of the head when a subject speaks the sentence /nagamegayoi/ while he moves his head according to his voice pitch

声高さを音声分析ソフト Multi-Speech3700(KAY社)で分析した。Fig.1に「眺めが良い」の1回目普段通り話した場合の1名の例を示す。上段から音声波形、声のイントネーション、頭の角度を示す。頭の角度は話し始めた時0°とし、上げるとプラスになる。横軸は時間である。図より、頭の

角度変化はイントネーションと合っていない。他の被験者も同様であったため、普段通り話した時の頭の角度とイントネーションに係りはなく、頭を意識して動かさなければ、頭の動きを利用して電気喉頭音声に抑揚をつけることができないといえる。

Fig.2に頭の動きを意識した3回目の「眺めが良い」の波形の1例を示す。健常者音声には時間がたつにつれて徐々に周波数が下がるフレーズ成分があることが知られている²⁾。頭の角度が高くなったあと角度が徐々に全体的に低くなっているように見える。この傾向が他の被験者でも多くみられたため、今のところは制御方法にフレーズ成分をあえて加える必要はないと考えている。しかし、今後フレーズ成分の有無についての検証は必要だと考えている。

また、被験者10人全員で声が高くなった時、頭を上げたと答えた。解析してみると、8文章中被験者1名で1回、他1名で3回、計2名で声が高くなる時に頭が下がることがあったが、この時はたまたま頭を上手く動かさなかったと考えている。次の実験では、頭を上げることで周波数が増加する制御法について検討した。

3. 頭を上げる制御法のパラメータの検証

第2節により、声が高くなる時に合わせて頭を上にも動かすことが分かったことから、頭を上げることで声が高くなる抑揚制御型電気喉頭のパラメータについて調べた。

3-1 操作者による検証

操作者にパラメータを変えながら自分の音声の抑揚に合わせて抑揚制御型電気喉頭で操作させ、操作のしやすさと抑揚を合わせられたかについて評価させた。

3-1-1 実験方法

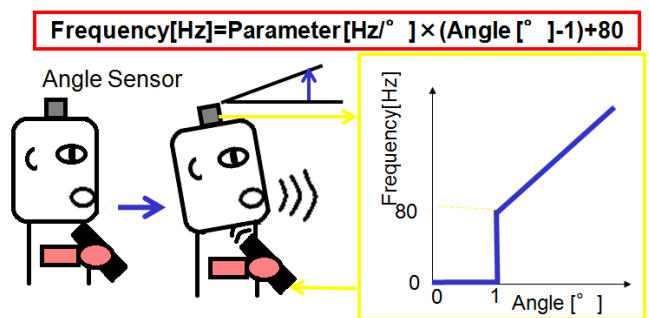


Fig. 3 Mechanism of an electrolarynx having an intonation control function by using head movement

Fig.3に電気喉頭と頭の角度の関係を示す。図中の式のように頭に付けた角度センサの角度によって電気喉頭の振動周波数を変化させる。パラメータは2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5とした。また、頭の角度が1[°]になると80[Hz]で振動が始まり、角度が-5[°]になると振動が止まるように設定した。実験では電気喉頭を喉に当てて声の音源とし、提示した文と同じ言葉を話した声を記録している。

Table2に実験に用いた3モーラ単語を含む文章を示す。A, B, C, D, Eは操作者のことを示している。文章の違いによってパラメータによる評価の差が出ないように、実験を表の上から順に行うことで、操作者によってその順番を変えた。また文章のアクセント型は、①は平板型、②は頭高型、③は中高型、④は尾高型である。

まず練習で使う「青い屋根の家」と実験で使うTable2に示した3モーラ単語を含む文章を上から順に操作者に自分の声で話してもらい録音した。

Table 2 Sentences and parameters of each subject used in the experiment

Subject	A	B	C	D	E
Sentence	Parameter[Hz/°]				
②荷物を持つ	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5
①絵の具を買う					
③おでこに貼る					
④真上を見る	7.5	10.0	12.5	2.5	5.0
①囿になる					
④ぬめりを取る					
②笑顔になる	12.5	2.5	5.0	7.5	10.0
③飲み屋に行く					
④帰りを待つ					
③いとこに会う	5.0	7.5	10.0	12.5	2.5
①裏目に出る					
②涙が出た					
③お通夜に行く	10.0	12.5	2.5	5.0	7.5
②名古屋に行く					
④おはぎを買う					
①見分けがつく	10.0	12.5	2.5	5.0	7.5
②落ち葉を踏む					
④役場に行く					
①桜が咲く					
③うちわを買う					

まず、実験に入る前に、各パラメータで練習を行った。操作者は、録音した「青い屋根の海の家」という音声聞き、抑揚制御型電気喉頭を使って声を出し、抑揚が似ていると感じるまで練習する。

練習後、会話を想定し瞬時に抑揚をつけられるかということ念頭に、パラメータごとに以下のように実験した。まず、録音したTable2の最初の文の音声を聞かせたのち、聞いた音声の抑揚に合わせて実験装置の電気喉頭を頭の動きで制御し、電気喉頭音声に抑揚をつけてもらった。

操作者に、聞いた音声の抑揚にこの電気喉頭で抑揚を合わせることができたかどうかを5段階(5:抑揚がつけることができた, 3:どちらともいえない, 1:できなかった)で評価させた。この実験を1文につき3回、上から順に20文章行った。1つのパラメータの実験が終わるごとに操作のしやすさを5段階(5:操作しやすい, 3:どちらともいえない, 1:しにくい)で評価させた。操作者は5名で行った。

3-1-2 実験結果と考察

Fig.4に各パラメータでの操作のしやすさの評価結果を示す。各操作者で評価が高いところに星印をつけた。グラフから5名中3名で7.5[Hz/°]の評価が高かったが、パラメータが大きくなると評価が高くなるとか、ピークになるパラメータがあるなどの一定の傾向は被験者ごとには見られず、どのパラメータがよいとはいえずら結果だった。

Fig.5に各パラメータでの操作者自身による「聞いた声と電気喉頭の声の抑揚を合わせることでできたか」の評価結果を示す。各操作者で評価が高いところに星印をつけた。平均値でいえば、操作者Aは全体的に評価が低く、Bは12.5[Hz/°]が低い。CとEは2.5と5.0[Hz/°]が、Dは7.5[Hz/°]の評価が高かった。また、各結果のバラツキは大きかった。

次にFig.4とFig.5を比較すると、A以外は傾向が似ていた。しかしどちらのグラフも、パラメータの増加に対して

D, E 以外は一定の傾向が見られない。また標準偏差が大きいことから、どのパラメータが良いとは言いづらい。

標準偏差が大きくなった理由について、以下のように考察した。実験で用いた音声と電気喉頭音声のイントネーション波形を分析してから比較し、2つの波形が一致しているか調べた。C, D はほとんど合わせられておらず A, B, E も一致している割合が半分に満たなかった。また、同じ文章で3回行ったが、B, C, D は、3回とも、電気喉頭音声で同じようなイントネーション波形になっている場合が半分以下であり、試行錯誤しながら抑揚をつけていたと考える。A, E は同じような波形が、20文章中、半分程度であった。これらのことから、操作者の評価がばらついたと考える。この比較による考察は3-2-2, 3-3 で詳しく述べる。

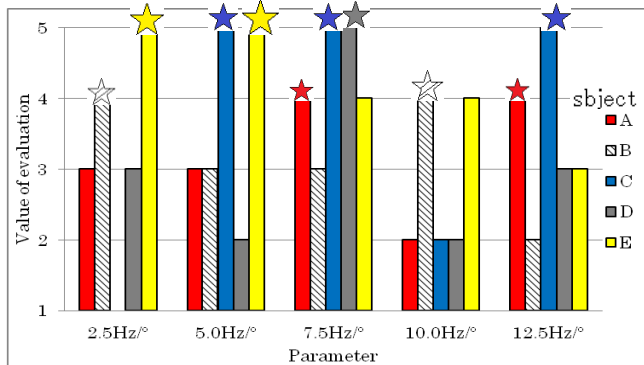


Fig. 4 Evaluation of operability of an electrolynx by using head movement

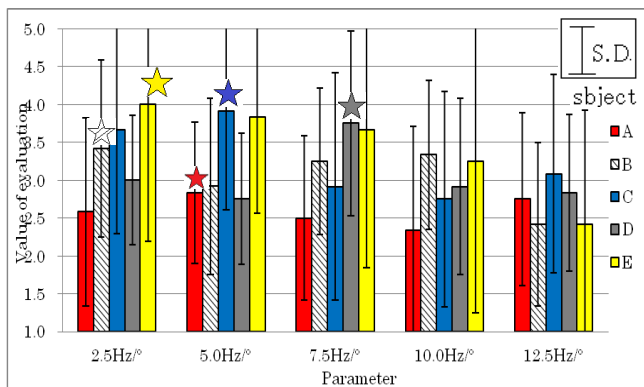


Fig. 5 Similarity evaluation between the intonation of the normal voice and that of the electrolynx voice by subjects

次の実験では、客観評価を得るため聴取者に操作者の音声と抑揚制御型電気喉頭音声を聞かせて抑揚が似ているかどうかの聴取実験を行った。

3-2 聴取実験での抑揚の評価による検証

3-1 の実験では抑揚が似ているかの評価が1名の結果であるため、本実験では多くの聴取者により再評価した。つまり3-1の実験で録音した操作者の音声と電気喉頭音声を、聴取者に聞かせて比較し評価させた。本節では操作ミスの評価への影響を取り除くこと、聴取者への負担を減らすことを目的として、1つの文章につき3回から2回の評価に減らしている。

3-2-1 実験方法

3-1の実験で各操作者の電気喉頭音声を、1文章3回ずつ録音してある。この3つの電気喉頭音声のうち、操作者の「抑揚を合わせることができたか」の実験で評価が高い2つを選ぶ。評価が同じ場合は、操作者の音声と電気喉頭音

声のイントネーション波形を分析し、変化の仕方が似ている方を選んだ。これは、たまたま起こった操作ミスの評価への影響を取り除くこと、聴取者への負担を減らすことを目的としている。聴取者には操作者の音声と抑揚制御型電気喉頭音声の抑揚が似ているかどうかを5段階で(5:音声の抑揚に似ている, 3:どちらともいえない, 1:似ていない)評価させた。これをTable2の文章(20種)×2回×操作者5名=200回で行った。聴取者は10名である。

3-2-2 実験結果と考察

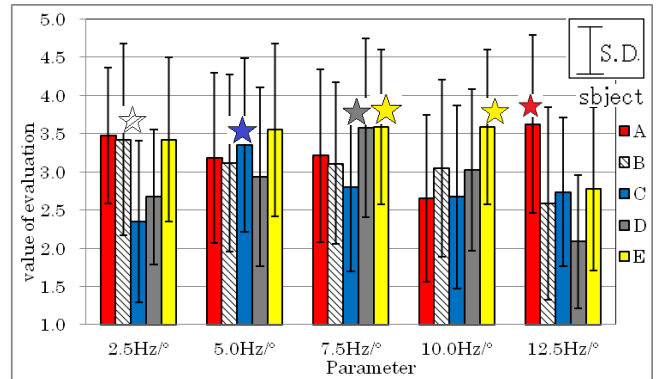


Fig. 6 Similarity evaluation between the intonation of the normal voice and that of the electrolynx voice by listeners

Fig.6に各パラメータでの聴取者による「聞いた声と電気喉頭音声の抑揚を合わせることでできたか」の評価結果を示す。図より、まずどれも評価が3付近であることから、あまり抑揚を合わせられていないことが分かる。各操作者で評価の平均値が高かったところに星印をつけている。操作者ごとに見てみると、Aは12.5, 次に2.5[Hz/°]が高く、離れた値が高い。Bは2.5, Cは5.0, Dは7.5, Eは7.5, 10.0[Hz/°]の評価が高かった。標準偏差より評価の値のバラツキが大きいことから、適切なパラメータを決めることは難しい。

各パラメータの平均は、アクセント型4種×5文章×各3回の合計で求めている。人工喉頭音声のイントネーション波形と音声のイントネーション波形の変化が一致しているかを確認し、アクセント型の違いや、文章の違いにより傾向がないか確認した。アクセント型については、Bは中高型、尾高型の文章で、Eは頭高型、中高型で半分以上一致していた。これ以外の型は半分以下であったため、アクセント型による違いがバラツキの原因の一つと考えられる。他の操作者にアクセント型による傾向はなかったため、すべての操作者で特につけやすいアクセント型やつけにくいアクセント型はなかった。

また文章については、操作者全員ではつけやすい文章はなかった。

次に評価結果とイントネーション波形の関連について考察する。イントネーション波形を見ると、前半のアクセント型の分は合わせられているが、Fig1のイントネーション波形の「よ」のように、文の後半の動詞の最初の文字で高くなる変化が大きくなりすぎたため、似ていないと判断されたと考えられる場合があった。Eのパラメータの値が大きい時に特にこの傾向が見られた。フレーズ成分をつけるなどの方法で改善できるか今後検討したい。

また目視による波形の評価が合っているようでも、その中で半分程度、聴取の評価が高くなかった。これは声高さの変化量や、アクセントタイミングの微妙な違いが影響していると考えている。

3-3 適したパラメータについての考察

Fig.4, Fig.5, Fig.6 の3つの結果を比較する. 平均値で言えば操作者 B は 2.5, C は 5.0, D は 7.5[Hz/°]が3つの全ての評価で1番高かった. A は3つの結果で 12.5[Hz/°], E は 2.5, 5.0, 7.5, 10.0[Hz/°]の評価が高かった. 操作者ごとに平均値のピークになるパラメータが違っていた.

本実験では前項で述べたように, 評価値も低くイントネーションを合わせられていない場合も多く, 今回の実験条件では即座に頭の動きでイントネーションを合わせること自体が難しいといえた.

Fig.5, Fig.6 のグラフは, 評価方法が同じであるが操作者 A, C はピークになるパラメータが違っている. また操作者の評価が高くて, 目視による波形が合っていないことが多かったことから, 操作者自身が自分の声のイントネーションを認識できていない可能性がある. 自分の声を聞いてイントネーションを正しく認識できるのか確認する必要があると考える.

4. まとめ・展望

今回はまず, 頭の動きと抑揚の関係性を調べ, 普段通り話した時には, 関係性がなく, 抑揚をつけるためには意識して頭を動かさなければならないこと, 声が高くなる時に頭を上げる傾向があることが分かった. ここではフレーズ成分が必要ないと判断したが, 次に行った実験や音声の自然さの観点からその必要性についても今後検証する.

次に, 会話を想定し瞬時に抑揚をつけられるかということ念頭に, 頭を上げる制御法に適したパラメータについて操作性と発した音声のイントネーションの比較聴取実験で調べたが, 全体的に評価が低いこと, 音声と電気喉頭音声のイントネーション波形が一致していないことが多いことから, 今回の実験条件では即座に頭の動きでイントネーションを合わせること自体が難しいといえた. また, 平均値から言えば, 操作者ごとに適したパラメータが違っていたが, バラツキも大きくははっきりしたことは言えなかった.

今後はまず, 1つの文章であれば練習により適切な抑揚をつけることができるので, 1つの文章でパラメータの暫定値を決めてから, 訓練による効果の検証を行う予定である. また, ある程度最適なパラメータが見つければ, 従来の方式である指圧による制御法との比較を行うなどして, どの程度頭の動きでイントネーションの制御が可能かどうか検討したい. 最終的には, 訓練が少なく, 操作のしやすい頭を動かす角度の小さいパラメータがあるかを探っていく.

参考文献

- (1) 上見憲弘, 須貝保徳, 橋場参生, 伊福部達, 抑揚制御型人工喉頭の問題点と改良方法について, 信学技報, SP2000-4, pp.17-22, 2000.
- (2) 坂口達紘, 上見憲弘, 適切なイントネーション付加を目的とした指圧制御型電気喉頭の実用性の検討, 平成23年電子情報通信学会九州支部・第19回学生会講演会講演論文集(CDROM), A-06, 2011.
- (3) 村松良介, 上見憲弘, 習得の容易さを目指した人工喉頭のイントネーション制御方法の検討. 平成26年電子情報通信学会九州支部・第22回学生会講演会講演論文集(CDROM), D-25, 2014.