

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350617

研究課題名(和文)病的音声の聴覚心理的評価熟達度と評価に関する音響パラメータの関係に関する検討

研究課題名(英文) A study on the relationship between psychoacoustic evaluation proficiency and acoustic parameters of pathological voice

研究代表者

世木 秀明 (SEKI, HIDEAKI)

千葉工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：60226636

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)：病的音声の音響分析と聴覚心理的評価を行い、嚙声では声の高さゆらぎを示すPPQ, JPおよび、雑音に関するパラメータHNR, NNEaが主な評価の手がかりであると考えられた。また、嚙声評価の初心者にはPPQ, JPを主な評価の手がかりとしているのに対して熟達者は、これらに加えHNR, NNEaなどの音響パラメータも手がかりに評価していると考えられた。

一方、側音化構音の評価は、母音部の第1, 第2フォルマント周波数(F1, F2)の強度差とF2の共鳴の鋭さを表すQ値、雑音レベルが主な評価の手がかりであると考えられた。

さらに、分析結果をもとに聴覚心理的評価訓練・学習プログラムを開発し、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)： The results of acoustic analysis and the psychoacoustic evaluation of hoarse voice showed that the main clue of psychoacoustic evaluation of hoarse voice were acoustic parameters PPQ, JP, HNR and NNEa. A beginner of psychoacoustic evaluation of hoarse voice was mainly using PPQ and JP for the clue of evaluation. As compared with this, an expert of psychoacoustic evaluation of hoarse voice was considered to use and evaluate other acoustic parameters (HNR, NNEa) at the clue of evaluation in addition to PPQ and JP. On the other hand, it was thought that the acoustical clue of the evaluation of lateral articulation voice were an intensity difference of first and second formant frequency, a Q value which indicate sharpness of second formant and a noise level of a consonant.

Furthermore, the psychoacoustic evaluation training and learning program which based on this study were developed, and a validity of the program was affirmed.

研究分野：総合領域

キーワード：病的音声 音声障害 嚙声 構音障害 聴覚心理的評価 GRBAS尺度 音響分析 病的音声評価・訓練プログラム

## 1. 研究開始当初の背景

病的音声(音声障害音声および、構音障害音声)を治療する場合、障害の程度を的確に把握し、評価した上で治療を行い、治療により発声、発話リズム、発音がどのように改善したかなどを客観的に評価する必要がある。

現在、音声障害と構音障害の主観的な評価方法である聴覚心理的評価方法として、前者は日本音声言語医学会が標準的に定めた GRBAS 尺度が、後者は構音検査表による評価が広く普及している。しかし、これらの評価方法は、主観的な評価であるため曖昧性や不安定性がさげられず、評価者ごとにその評価値が異なるなどの問題がある。また、音声・言語訓練の専門家として言語聴覚士の資格が法律で定められ、平成 10 年度 9 月から施行されており、音声・言語訓練の専門家である言語聴覚士は、音声障害や構音障害に対して的確で安定した聴覚心理的評価を行い、評価結果を基に適切な音声・言語訓練を行うことが重要な課題のひとつになっている。

このような課題に対して言語聴覚士や耳鼻咽喉科医の有志により病的音声の的確で安定した評価を行うための勉強会が開かれているが、十分な評価能力を身に付けるためには多くの時間や努力が必要とされる。また、聴覚心理的評価の練習を行うためのカセットテープ等も市販されているが、十分に普及していないのが現状である。

一方、工学的な音響分析手法を利用して客観的に病的音声の評価を支援するための分析評価方法は数多く提案されているが、聴覚心理的評価支援に直接役立てるためには十分な精度を持った結果が得られていないのが現状である。さらに、言語聴覚士を対象に聴覚心理的評価の熟達度と評価値の的確性や安定性に関する調査・研究は少なからず存在するが、どのような病的音声の音響パラメータに注目することにより的確で安定した評価ができるのか、聴覚心理的評価の熟達した評価者と初心者、未経験者では病的音声の音響パラメータの注目の仕方がどのように異なっているのか、的確で安定した聴覚心理的評価を効率的に会得できるようにするためにはどのような訓練・学習プログラムが適切なのかなどに関する研究は見あたらない。

## 2. 研究の目的

病的音声の重症度を評価する聴覚心理的評価において評価に熟達した評価者は(1)病的音声のどのような音響パラメータに注目して評価を行っているのか、(2)聴覚心理的評価の熟達した評価者と初心者、未経験者では病的音声の音響パラメータの注目の仕方がどのように異なっているのかについて病的音声の評価実験により検討し、病的音声の聴覚心理的評価熟達度と評価に關与する音響パラメータの関係を明らかにする。

さらに、得られた知見を基に(3)さまざまな病的音声についての確で安定した聴覚心理的評価を効率的に会得するための必要な要素を明らかにするとともに、(4)聴覚心理的評価訓練・学習プログラムを作成し、その有効性について検討する。

## 3. 研究の方法

さまざまな障害の種類や重症度の病的音声(音声障害音声および、構音障害音声)を収集し、これを用いて専門医や音声・言語訓練を行う言語聴覚士(聴覚心理的評価の熟達した評価者および、初心者)、言語聴覚士を目指す専門学校などの学生(聴覚心理的評価の未経験者)を対象とした聴覚心理的評価を行う。評価熟練者の評価結果から得られた評価値と音響パラメータの関係について明らかにする。さらに、聴覚心理的評価初心者、未経験者を対象とした聴覚心理的評価実験を行い、聴覚心理的評価の熟達した評価者と初心者、未経験者では病的音声の音響パラメータの注目の仕方がどのように異なっているのかについて検討するとともに、聴覚心理的評価熟達度と評価に關与する音響パラメータの関係を明らかにする。

これに加え、上記研究により得られた知見を基に、的確で安定した病的音声の聴覚心理的評価を効率的に会得するために必要な要素を明らかにするとともに、聴覚心理的評価訓練・学習プログラムを作成し、その有効性について検討する。

## 4. 研究成果

### (1) 音声障害音声(嘔声)の聴覚心理的評価と音響パラメータの関係についての検討

音声治療に携わる専門医が嘔声と評価した表 1 に示す 133 症例の嘔声について音響分析を行った。音響分析に用いた嘔声は、母音/e/を楽な状態で 1 秒以上持続発声したもので、音響分析プログラムにより正確にピッチ抽出が可能なものとした。ここで、音響分析により測定した音響パラメータは、嘔声の特徴を表すとされる、表 2 示す 10 種類である。さらに、GRBAS 尺度による聴覚心理的評価を音響分析で使用したものと同一の嘔声を使用して行った。被験者数や被験者の言語聴覚士経験年数は表 3 に示す通りである。

嘔声の聴覚心理的評価と音響パラメータの関係についての検討は、嘔声の音響分析により得られた音響パラメータ値と GRBAS 尺度による聴覚心理的評価により得られた評価値の散布図から得られた近似直線の傾き、相関係数、Y 軸との切片を比較する方法と音響パラメータと評価値による重回帰分析により行った。図 1 は、音響パラメータ PPQ と被験者群ごとの評価値 G の散布図から得られた近似直線である。他の音響パラメータと評価値間でも同様の傾向が得られた。

表 1 評価用音声の喉頭疾患名と症例数

疾患名	症例数
声帯結節	38
声帯ポリープ	24
ポリープ様声帯	23
一側性反回神経麻痺	23
慢性・急性声帯炎	5
声帯溝症	2
声帯癒痕	7
声帯横隔膜症	2
喉頭白斑症	2
喉頭乳頭腫	2
喉頭肉芽腫	2
喉頭癌	3

表 2 嘔声の分析を行った音響パラメータ

パラメータ名	内容
APQ	声の強さの遅いゆらぎ
PPQ	声の高さの遅いゆらぎ
SP	声の強さの速いゆらぎ
JP	声の高さの速いゆらぎ
NNEa	全分析帯域を対象にした雑音レベル
NNEb	1kHz ~ 4kHz 帯域を対象にした雑音レベル
STP	スペクトルの傾斜パラメータ
HNR	調波成分と雑音成分のエネルギー比
ラフネス	ラウドネスの時間変動
シャープネス	重み付けされた臨界帯域ごとのラウドネスと普通ラウドネスの比

表 3 聴覚心理的評価を行った被験者の詳細

言語聴覚士歴	人数
言語聴覚士経験 10 年以上	11
言語聴覚士経験 5 ~ 10 年	19
言語聴覚士経験 5 年未満	22
言語聴覚士を目指す学生	79

ここで、音響パラメータと GRBAS 尺度による聴覚心理的評価の評価値の散布図から得られた近似直線を観察すると、図 1 に示すように言語聴覚士を目指す学生(ST 学生)と言語聴覚士経験 5 年未満の被験者において近似直線の傾きと Y 軸切片がほぼ同一であったことから、被験者のうち、ST 学生と言語聴覚士経験 5 年未

満の被験者を初心者群、言語聴覚士経験 5 ~ 10 年の被験者を中堅者群、言語聴覚士経験 10 年以上の被験者を熟達者群として 3 群の聴覚心理的評価の違いを検査することとした。

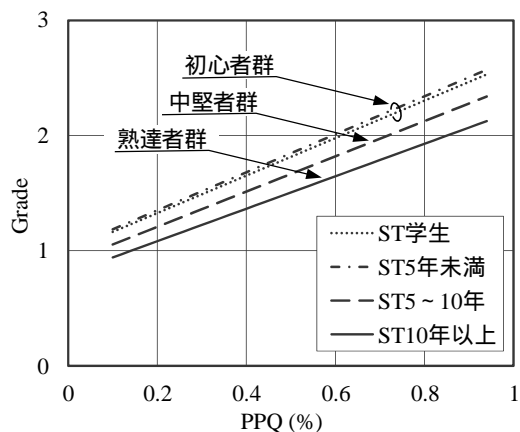


図 1 評価値 G と PPQ の相関図から得られた近似曲線

検討の結果、近似直線の傾きと Y 軸との切片がいずれも熟達者群より中堅者群、中堅者群より初心者群の方が大きな値を取るから、熟達者群に比べ、初心者群や中堅者群は聴覚心理的評価において過大評価する傾向があると考えられた。さらに、聴覚心理的評価の熟達度と評価の手がかりとなる音響パラメータの違いについて検討すると、評価の初心者は主に声の高さゆらぎに関する音響パラメータ PPQ, JP を評価の手がかりとしているのに対して熟達者は、これらの音響パラメータに加え、雑音成分に関する音響パラメータ HNR や NNEa など他の音響パラメータも評価の手がかりしていると考えられた。また、評価の熟達度と評価値の一致率について検討するために 3 群に分けた被験者群内の評価値からケンドールの一致係数を求めた。この結果を図 2 に示す。

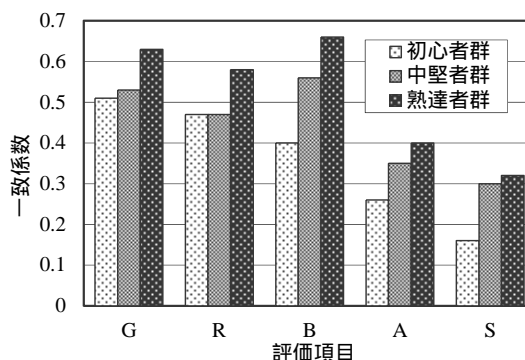


図 2 GRBAS 尺度評価の群内一致係数

図 2 に示す結果から、初心者群、中堅者群、熟達者群の順に評価値の一致係数が高くなる傾向が確認された。さらに、評価が難しいとされる評価項目 A と S の一致係数は、他の評価項目より低いことが確認された。

(2) 構音障害音声の聴覚印象評価と音響パラメータの関係についての検討

構音障害音声の1つであり、異常構音の半数以上を占めるとされている側音化構音音声の聴覚印象評価と音響パラメータの関係についての検討を行った。

最初に、正常構音音声と側音化構音音声の音響パラメータの違いについて検討するために、日本語50音表の「い」段と「え」段および、これらを含む単語を発話した正常構音音声160音声と音声治療専門家が側音化構音であると評価した197音声の母音部分のLPC分析および、HNRの測定、子音部の雑音成分の測定を行い検討した。

検討の結果、側音化構音音声は、正常構音音声と比べ、母音部の第1フォルマント周波数(F1)と第2フォルマント周波数(F2)の強度差が大きい、第2フォルマント周波数の鋭さを表すQ値が小さい、調波成分と雑音成分のエネルギー比であるHNRが大きい、さらに、子音部の2.5kHz以上の雑音レベルが大きいという結果が得られた。

次に、音響分析により得られた結果が側音化構音音声の聴覚印象評価の手がかりになっているのかを検討するために音響分析に用いた側音化構音音声を用いて側音化構音の聴覚印象評価の経験がある言語聴覚士6名を被験者としてVAS (Visual Analogue Scale)法による聴取実験を行った。

聴取実験結果の代表例を図3に示す。

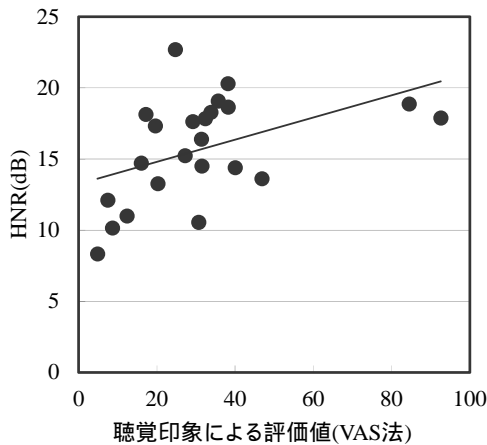


図3 HNRと聴覚印象評価値の関係

図3は、音響パラメータHNRとVAS法により評価した評価値の相関図である。音響分析を行った4種類の音響パラメータと聴覚印象評価により得られた評価値の関係について検討は、(1)の音声障害音声(嚙声)の聴覚心理的評価と音響パラメータの関係についての検討と同様に音響分析により得られた音響パラメータとVAS法による評価値から作成した散布図から近似直線を求め、近似直線の傾き、相関係数、Y軸との切片を比較する方法と音響パラメータ

と評価値による重回帰分析により行った。

検討の結果、HNRと子音部の2.5kHz以上の雑音レベルが構音の異常性を評価する最も大きな手がかりであり、F1-F2の強度差やF2の共鳴の鋭さを表すQ値も構音の異常性を評価するための重要な手がかりになっていることが示唆された。また、聴覚印象評価の熟達度による評価値の違いはほとんど見られなかったことから、評価の初心者でも評価の手がかりとなる音響パラメータに気付くことができると評価熟達者と同等の評価が行えるのではないかと考えられた。

(3) 病的音声の聴覚心理的評価訓練・学習プログラムの開発と訓練効果の検討

嚙声の聴覚心理的評価熟達者6名がGRBAS尺度により評価した嚙声210音声と側音化構音音声70音声を使用して嚙声と側音化構音音声の評価訓練・学習ができる病的音声の聴覚心理的評価訓練・学習プログラムを開発した。プログラムの開発には、一般的なブラウザやiPadなどの携帯型情報端末で評価訓練学習を行えるようにすることを考慮し、HTML5, JavaScript, PHP5, CSS3を使用して開発した。また、サーバーOSにLinux, WebサーバーにApache, データベースサーバにMySQLを使用した。

開発した嚙声の聴覚心理的評価訓練・学習プログラムのアルゴリズムを図4に示す。

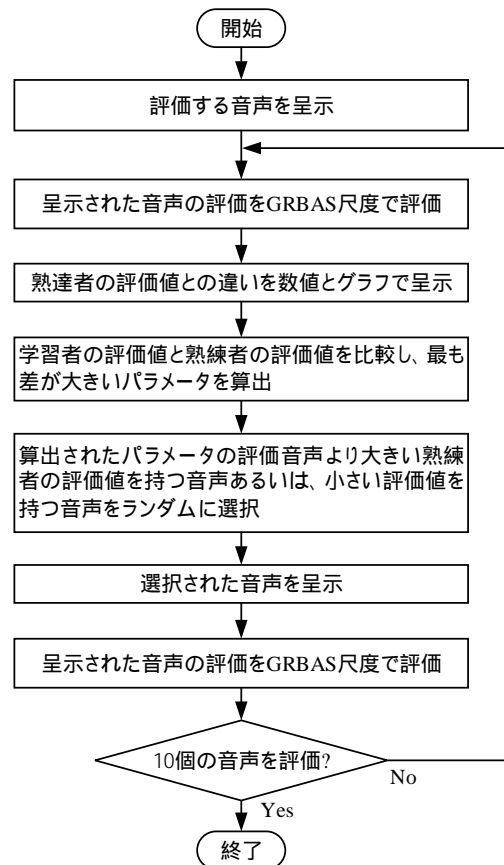


図4 嚙声の評価学習アルゴリズム

学習者は、呈示された評価音声について GRBAS 尺度により評価を行う。学習プログラムでは、学習者が評価した評価値とデータベースに保存されている熟達者の評価値を比較し、熟達した評価者と学習者の評価値の差を数値とグラフにより呈示した後、差が最も大きかった評価値より大きい評価値を持つ嚙声あるいは、小さい評価値を持つ嚙声をランダムに呈示するものである。また、学習者は 1 回の評価学習訓練で 10 個の嚙声評価を行う。

本研究で開発した評価訓練プログラムを言語聴覚士を目指す学生(ST 学生)13 名と嚙声の評価の経験が無い一般学生 5 名が試用し、評価訓練効果の検証を行った。ST 学生 13 名と一般学生 5 名が約 2 週間で嚙声の評価訓練学習を 10 セット行った時の評価値の平均の変化を図 5、図 6 に示す。

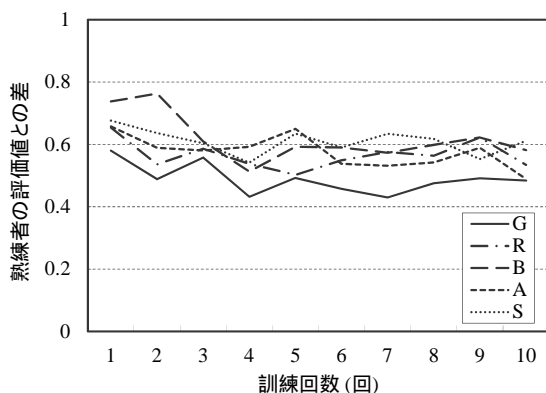


図 5 ST 学生 13 名の評価値の平均の変化

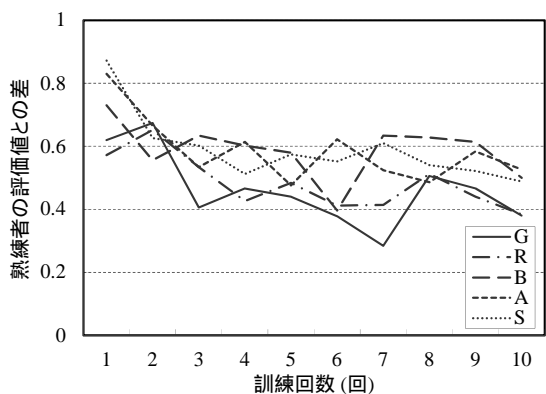


図 6 一般学生 5 名の評価値の平均の変化

ST 学生と一般学生の評価結果から、訓練回数 1 回目では、一般学生の方が ST 学生より熟達者の評価値との差が大きかった。さらに、訓練回数ごとの評価値のばらつきは、ST 学生の方が一般学生より小さい傾向が見られた。これは、ST 学生は音声障害と声の聴覚心理的評価について既に学んでいることが大きな要因となっていると考えられた。また、訓練回数が増えるに従い ST 学生、一般学生の評価値は、共に熟達者の評価値に近づいていく傾向が見られ、訓練回数 10 回目では熟達者との評価値

の差が両群ともほぼ同じであった。これは、学習者個人内での再現性が高まった結果であると考えられた。

これらのことから、本研究で開発した訓練プログラムの訓練アルゴリズムは妥当なものであったと思われる。さらに、両群共に GRBAS 尺度のうち、尺度 A と S の評価値は尺度 G, R, B の評価値よりも熟達者の評価値に近づく割合が小さかった。これは、尺度 A と S は、尺度 G, R, B に比べ評価が困難であることが知られており妥当な結果であると考えられた。

図 7 に側音化構音の評価経験が無い一般学生 11 名が約 2 週間で側音化構音の評価訓練学習を 7 回行った時の評価値の平均の変化を示す。

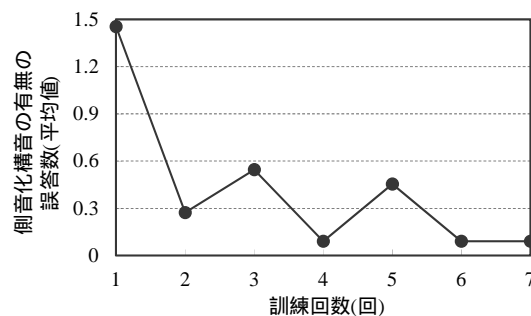


図 7 一般学生 11 名の評価学習結果

図 7 に示す側音化構音の評価訓練学習結果から、嚙声の評価訓練学習とは異なり、評価の初心者でも評価の手がかりとなる音響パラメータに気付くことができると嚙声の評価に比べて早期に評価熟達者と同等の評価が行えるようになるのではないかと考えられた。この結果は、(2)の構音障害音声の聴覚印象評価と音響パラメータの関係についての検討結果を支持するものであると考えられた。

以上の結果より、開発した病的音声の評価訓練・学習プログラムは病的音声の聴覚心理的評価の習熟度向上に有効であると考えられた。

## 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 1 件)

[1] 嚙声の聴覚心理的評価訓練プログラムの開発、世木秀明、渡辺陽子、日本福祉教育専門学校 研究紀要 第 24 巻、査読あり、51-54 (2016)

〔学会発表〕(計 1 件)

[1] 嚙声の聴覚心理的評価熟達度と評価に関わる音響パラメータの関係についての検討、世木秀明、渡辺陽子、第 60 回日本音声言語医学会総会・学術講演会、愛知県産業労働センター(愛知県名古屋市) (2015 年 10 月 15 日～2015 年 10 月 16 日)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

世木 秀明 (SEKI, Hideaki)

千葉工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：60226636