

咳検出システムの自動判定条件の 導出に関する研究

高橋識有[†] 石川力[†] 矢島邦昭[†]

呼吸器疾患が増加傾向にあり、症状の一つとして特徴のある咳をするということが挙げられている。日常生活で常時録音して、そのデータから咳のみを検出し、手軽に自分で検診できるシステムの開発している。これは、咳が突発的であることや、病院での診察が罹患者の負担になることを考慮している。本研究では、録音したデータから咳の自動判定を行うために、先行研究で開発されたアプリケーションを用いて声と咳の身体的特徴による特性について調査する。

Study on detect of the automatic judgment condition of the cough detection system

Satona Takahashi[†] Chikara Ishikawa[†] Kuniaki Yajima[†]

Population of patients with respiratory diseases is in a tendency to increase. One of the initial symptoms is a unique cough. We are developing the system that always record voice in daily life and detect only coughs from the data and which you can check-up by yourself easily. We consider that the cough is sudden and the medical examination at the hospital is burden from affected individual. Therefore I have researched about physical features of voice and coughs to detect the cough from the recorded data automatically.

1. はじめに

近年、呼吸器疾患者は増加傾向にある。特に、喫煙が主な原因とされる肺癌や慢性閉塞性肺疾患（COPD）等は、自覚症状に乏しく、早期発見が難しい。初期症状の一つとして咳が挙げられるが、咳は突発的なものであり、どのような咳で、どのくらいの頻度で起こるのか医師は把握できない。現在の検査方法として胸部の X 線写真を撮ることで呼吸器疾患の有無の確認や、肺活量を測定することで換気機能レベルを測定することなどが行われている。しかし、罹患者の身体的・精神的負担につながることや、遠方から来る罹患者の時間的コストがかかることなどが問題点として挙げられる。そこで、常時 IC レコーダなどで録音することで負担を減らすことができ、咳を記録として残すことで後から確認することも可能となる。しかし、日常会話におけるプライバシー情報が含まれる恐れがあるため、会話を取り除いて咳のみを検出する仕組みが要求される。

先行研究にて開発された解析アプリケーションは、これまでに得られた研究成果より解析した結果から自動で分析領域の抽出と、咳と声の判別をしている。この結果を基に分析領域の音を自分の耳で聞いて咳と声を再判定している。本研究はこのアプリケーションを用いて身体的特徴による咳検出時のパラメータの変化について調査、検出パラメータの動的設計のための調査を行う。

2. 解析アプリケーション

2.1 発声の原理

声と咳の大きな違いは声帯にある。声は母音（有声音）と子音（無声音）の2種類の組み合わせであり、声帯が呼気の通り道を狭め、その隙間を呼気が通過する際に声帯が振動することで音が出る。その音を声道で反響させ声となる。咳は、のどや気管に異物が混入した際、声帯を閉じ一気に肺の中の空気を押し出す反射的行為であり、気管の閉塞を防ぐ。咳を出す際は、声帯は振動しないことから、無声音となる。

また、発声に個人差がある要因として、声帯の動きに加え、声道の長さや太さが影響している。

[†] 仙台高等専門学校広瀬キャンパス
Sendai National College of Technology Hirose Campus

2.2 咳検出パラメータ

先行研究にて開発されたアプリケーションは、音声データを読み込ませたとき咳検出用の5つのパラメータを自動で算出する。

(1) 継続時間

アプリケーションに音声データを読み込ませた時の音声波形から、変化が大きい部分を抽出しその時間領域を1音の発声時間とする。

(2) 微分値

(1)で抽出した領域の微分値を求め、変化率を求める。

(3) ケプストラムの最大値

声帯と声道を通して発声されるメカニズムを、音声信号として声帯を音源、声道をフィルタとする信号処理に置き換える。声と咳の大別は声帯であるため、音源の特性をみるために、対数を取り逆フーリエ変換することで音源とフィルタを分離して考えられる。これをケプストラム解析という。この方法を用いて、(1)で抽出した領域を解析し最大値を咳検出のパラメータとする。

(4) ケプストラムの最小値

(3)と同じ方法で抽出領域の最小値を咳検出のパラメータとする。

(5) スペクトルの最大値の割合

音声データをケプストラム解析したとき、声は周期的な特徴が得られるが、咳は氣息雑音の為、ゲインが小さく周期的な特徴はない。この違いから、スペクトル全体の総和をとり、最大値が抽出領域の中でどのくらいの割合を占めるのかを比較することで声と咳の判定が期待される。

3. 性別の違いによる比較

学生31名（うち女子学生7名）に協力して頂き、ICレコーダを用いて50音のあとに咳を5回するという声と咳が含まれた音声データを収集した。検出に用いたパラメータは、1音の継続時間と、その微分値、基本周波数におけるスペクトルの最大値の割合、ケプストラムの最大値と最小値である。図1は咳の音を1000として、性別の違いで声の音にどのような特徴があるかを見るために各パラメータを正規化し比較した結果である。この結果から、検出におけるパラメータにおいて、性別の違いによる大きな差がない。声は、音の高低や周波数などで男女に違いがある。しかし、この結果から「咳をする」という呼吸を使い異物を吐き出す生理現象においては、性別に依存しないといえる。

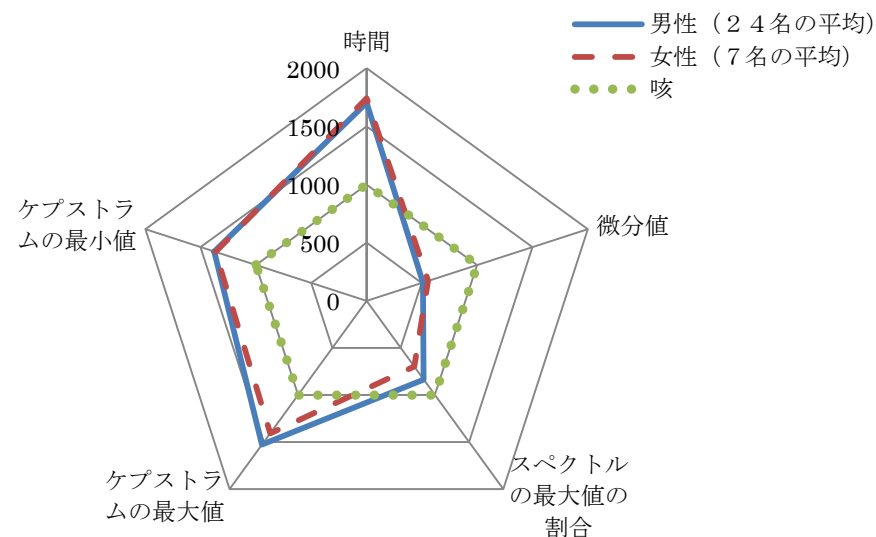


図 1 性別の違いによる発声の特徴

4. 体型の違いによる比較

体型を表現する指標としてBMIが一般的である。式(1)はBMIを求める式である。体型による違いを比較する上で、このBMIの値を基準とし、1音の発声の継続時間と、その微分値、基本周波数におけるスペクトルの最大値の割合、ケプストラムの最大値と最小値の5つのパラメータで調査した。図2～6はBMIと各パラメータで比較した結果である。

$$\text{BMI} = \text{体重}[\text{kg}] / (\text{身長}[\text{m}] \times \text{身長}[\text{m}]) \quad (1)$$

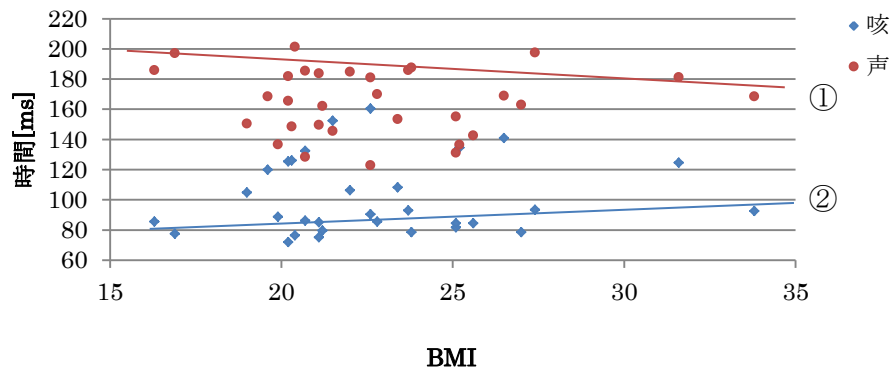


図 2 BMI-時間特性

図 2 は BMI と 1 音の継続時間の特性であり，①は声の傾向，②は咳の傾向である。声は BMI が高くなると時間は短くなるが，咳は長くなる傾向が得られた。この結果から，BMI が高いほど発声によるストレスを軽減させようとする生理現象によるものではないかと考えられる。

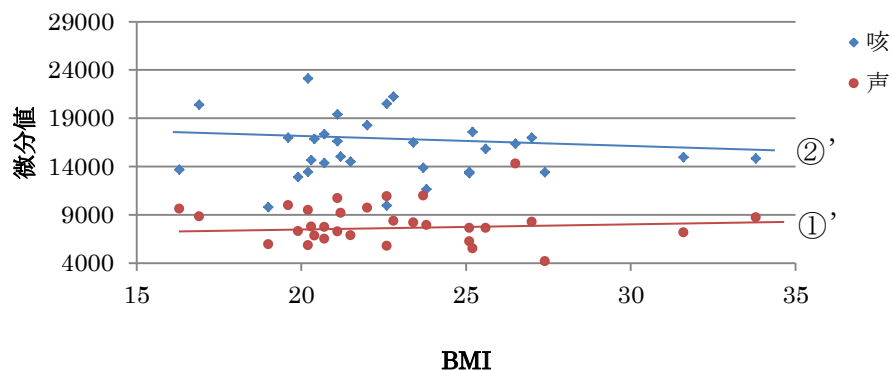


図 3 BMI-微分値特性

図3はBMIと微分値の特性であり，①'は声の傾向，②'は咳の傾向である。BMIが高くなると声の値は大きくなり，咳の値は小さくなる傾向が得られた。この結果から，BMIが低いほど異物を押し出す突発的な力が強いのではないかと考えられる。

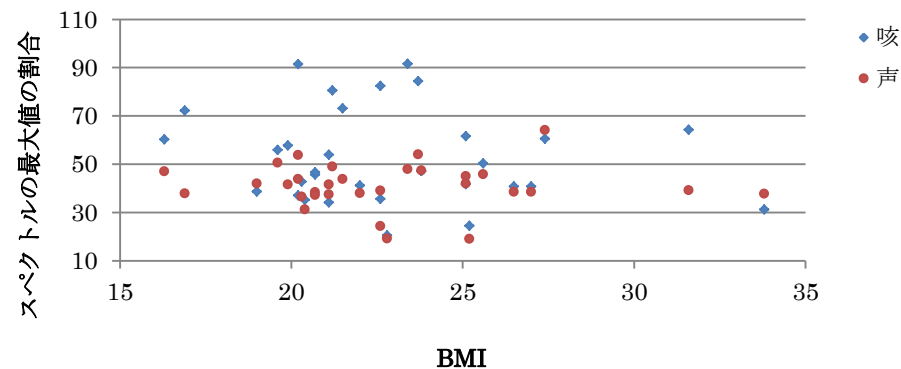


図 4 BMI-スペクトルの最大値の割合特性

図4はBMIとスペクトルの最大値の割合の特性である。この結果からは，声と咳のプロットエリアが重なりBMIに依存する傾向が得られない。

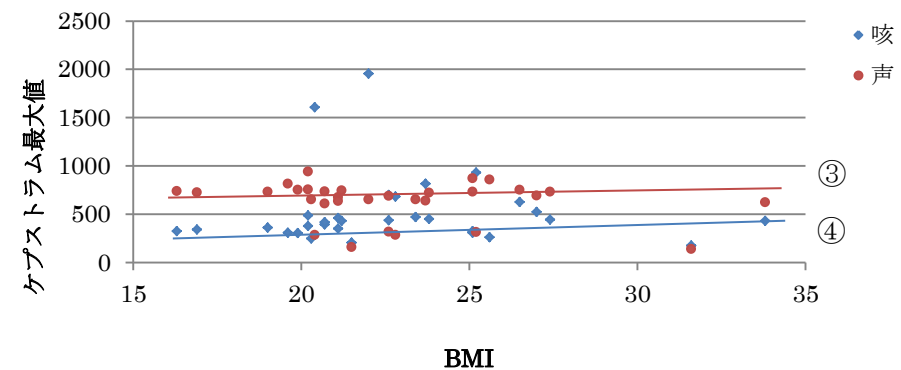


図 5 BMI-ケプストラム最大値特性

図 5 は BMI とケプストラムの最大値の特性であり，③は声の特性，④は咳の特性である。この結果から，声も咳も BMI が高くなると最大値が増加する傾向が得られた。

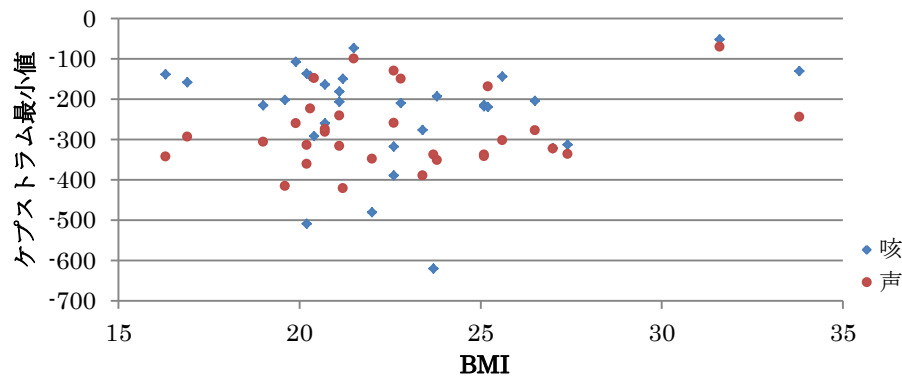


図 6 BMI-ケプストラム最小値特性

図6はBMIとケプストラムの最小値の特性である。この結果からは、声と咳のプロットエリアが重なり、BMIに依存する傾向は得られない。

図2, 3, 5から、直線①, ①', ③は声の傾向、直線②, ②', ④は咳の傾向を示す。声は、BMIが高くなると継続時間が短くなり、ケプストラムの最大値は増加傾向にあることがわかる。これは発声によるストレスを軽減させようとする生理現象によるものではないかと考えられる。

咳は、BMIが高くなるにつれ継続時間と最大ケプストラム値は増加傾向にあり、微分値は減少傾向にあることがわかる。これは、BMIが高いほど時間的に長く呼吸によって異物を押し出すことができ、BMIが低いほど異物を押し出す突発的な力が強いのではないかと考えられる。また、空気を吸い込み吐き出せる肺の容量の違いも関係しているのではないかと考えられる。

図4, 6から、基本周波数におけるスペクトルの最大値の割合とケプストラムの最小値は声と咳のプロットエリアが重なり、各々のパラメータがBMIに依存する関係性はないといえる。

5. 年齢の違いによる比較

これまで解析に用いてきたデータはすべて20歳のデータである。年齢の違いによる咳と声の特徴を比較する目的として、年齢幅を広げるために学生、OB、OGに音声データの収集を促すウェブページを公開した。図7は自作したウェブページの概観図

である (URL:<http://yaji-cafe.ectr.sendai-nct.ac.jp/cough/indexj.html>)。



図 7 ウェブページの概観図

このウェブページより今回収集できたデータは6名である。表1に収集した年齢の詳細を示す。また、図8~12はこのページを用いて収集したデータを元に、年齢の違いによる咳の比較を1音の発声の継続時間と、その微分値、基本周波数におけるスペクトルの最大値の割合、ケプストラムの最大値と最小値の5つのパラメータを用いて解析した結果である。

表 1 ウェブページより収集したデータ

年齢	性別	人数
23	男	1
24	男	2
28	男	1
35	男	1
36	男	1

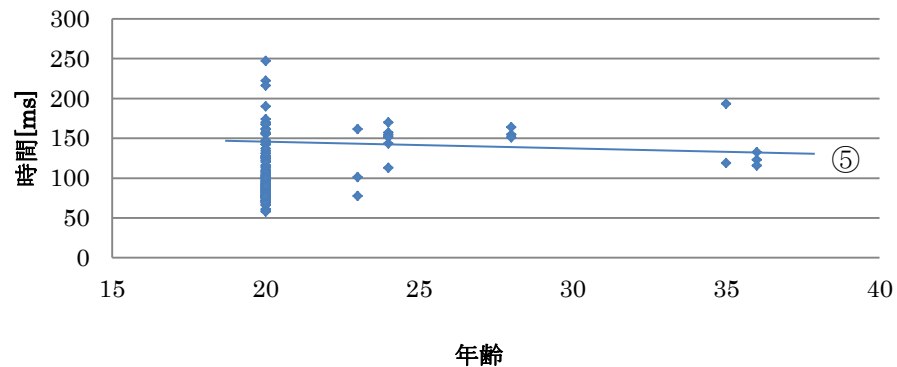


図 8 年齢-時間特性

図 8 は年齢と 1 音の継続時間の咳の特性であり，⑤はその傾向である．年齢が高くなると，時間は短くなる傾向にあることがわかる．この結果から，年齢による身体の衰えからくる肺の柔軟性の違いによるものではないかと考えられる．

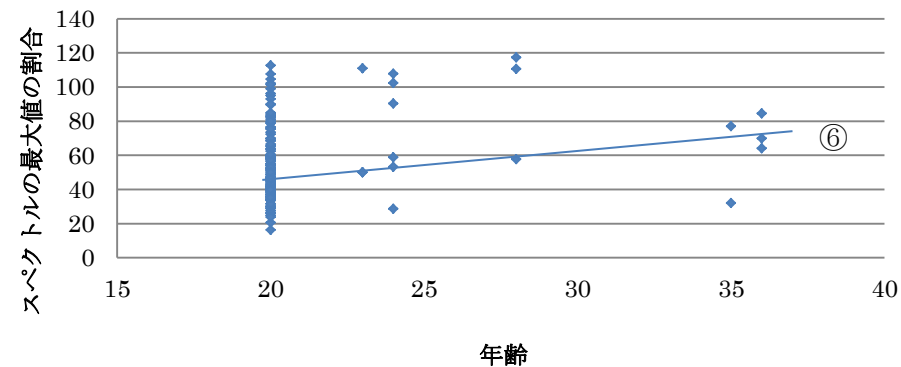


図 10 年齢-スペクトルの最大値の割合特性

図 10 は年齢とスペクトルの最大値の割合の咳の特性であり，⑥はその傾向である．年齢が高くなるにつれパラメータ値は大きくなる傾向が得られた．

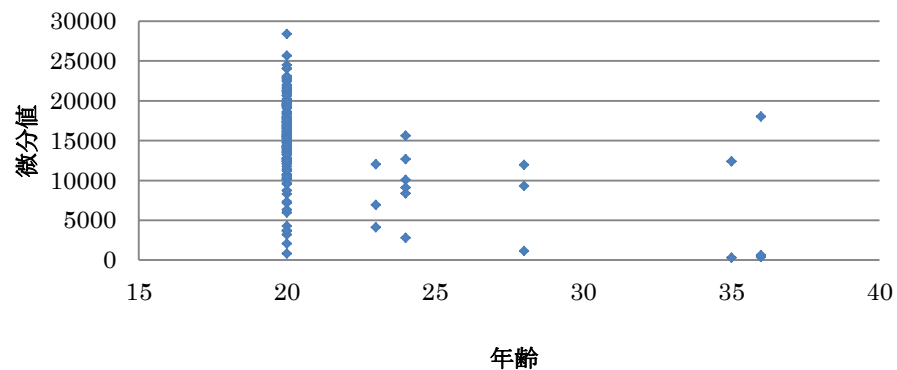


図 9 年齢-微分値

図 9 は年齢と微分値の咳の特性である．この結果から，プロットのバラつきが大きく，年齢に依存する傾向は得られないため，今後データ数を増やし細かくプロットをとって傾向を調査する必要があると考えられる．

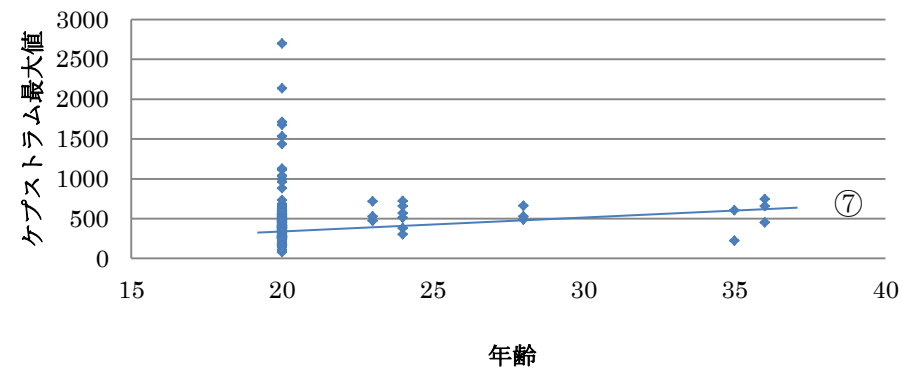


図 11 年齢-ケプストラム最大値特性

図 11 は年齢とケプストラムの最大値の咳の特性であり，⑦はその傾向である．この結果から，年齢が高くなるにつれ最大値も増加する傾向が得られたが，医学的な因果関係は不明である．

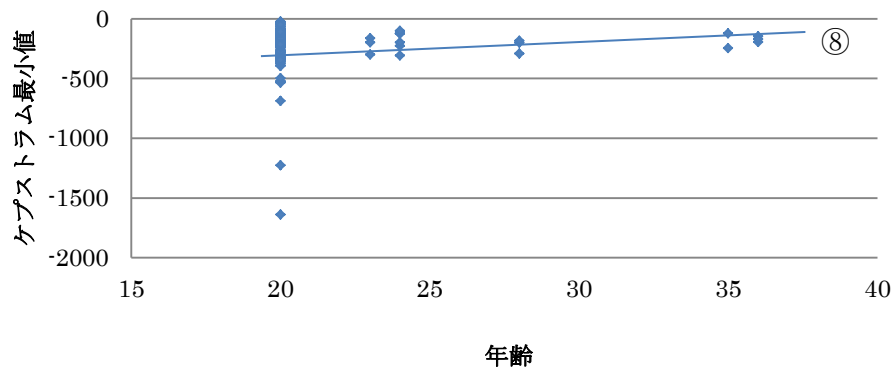


図 12 年齢-ケプストラム最小値特性

図 12 は年齢とケプストラムの最小値の咳の特性であり，⑧はその傾向である．この結果から，年齢が高くなるにつれ最小値は大きくなる傾向が得られたが，医学的な因果関係は不明である．

音声データの収集ページから全部で 6 人分のデータを収集できた．体型の違いで比較した際の 20 歳のデータ（本科 5 年生 31 名分）と，この 6 人分のデータを比較したところ，各パラメータの特徴として直線⑤～⑨の結果が得られた．直線⑤から，年齢が高くなると咳の継続時間は短くなる傾向にあり，直線⑥～⑧においては，年齢が高くなるにつれそれぞれのパラメータ値も増加傾向にあることがわかる．しかし，今回集められたデータ数は少ないため，今後さらにデータを収集できれば傾向がより鮮明になる可能性があり医学的な因果関係について検討できるのではないかと考えられる．

6. まとめ

声と咳を判断するためのパラメータとして，発声の継続時間と，その微分値，基本周波数におけるスペクトルの最大値の割合，ケプストラムの最大値と最小値を用いた．レーダーチャート上で性別の違いによる比較をした結果，大差がみられず咳は性別に依存しないといえる．

体型の違いでは，図 2 の直線①は発声によるストレスを軽減させようとする生理現象から，BMI が高くなると継続時間が短くなる傾向にあるのではないかと考えられる．図 3 の直線①'，②'からは，BMI が高いほど時間的に長く呼気で異物を押し出すこ

とができ，BMI が低いほど異物を押し出す突発的な力が強いのではないかと考えられる．また，図 5 の直線③，④から，BMI が高くなるとケプストラムの最大値も増加傾向にあることがわかる．

年齢の違いによる比較は，5 年生や女子寮生からの協力で音声データを収集していたが，10 代半ばから 20 代前半と年齢における幅が狭いという問題が生じた．本校学生，OB，OG の方に音声データの収集用ウェブページを作成し公開したが，収集状況が悪く比較対象は少ない．多くの人に協力してもらえよう，音声データの収集においてより効率の良いウェブページに改善していき，今後さらにデータ数を増やして調査する必要がある．

また，比較した際に直線と大きく離れた場所にいくつかプロットがあるが，今回収集したデータに咳と咳払いが混合していたことや，音量に個人差があることが原因として考えられる．改善策として，咳の種類による分類や音量や音圧を正規化して比較するなどが考えられる．

参考文献

- 1) 日本音声言語医学会，声の検査法，1982. 2.
- 2) 上野正彦，知識ゼロからの身体の不思議 入門，2010. 4.
- 3) 呼吸器内科 || 大阪医科大学附属病院，
http://hospital.osakamed.ac.jp/~test/about/dept_listdepartments/medicine/m08/index.html 内，ラストアクセス 2014. 2.
- 4) 中村雅夫，飛田渉，池田裕次，佐々木英忠，実践！呼吸機能検査—理論・測定・法規—，2005. 1