氣息性嗄声の定量化

深澤 達也*・本庄 巖**

Quantification of Breathy Voice

Tatsuya Fukazawa

(Nagahama Red Cross Hospital)

Iwao Honjo

(Kyoto University)

A new method for evaluating breathy voice is reported. It utilizes the difference in frequency distribution pattern between so called jet noises and other slowly changing perturbations of the wave. Because jet noise in the breathy voice changes very rapidly, its second order differentiations sum up to a large number if collected for all the sampled data. This property of the second order differentiation is utilized to construct a breathy hoarseness index. It is defined as the sum of squared second order differentiations of the voice wave normalized by the sum of the wave powers. The index proved to be a useful method of discriminating breathy from rough or normal voices, as well as of quantifying breathyness.

はじめに

嗄声はその聴覚印象によって *asthenic* (無力), *rough* (粗糙), *breathy* (氣息) 等の因子に分類され, それぞれの要素の合わさったものとして表現される. 各喉頭疾患とその音声に含まれる各嗄声因子の割合の対応関係が明らかにされている¹⁾.

一方音響分析によって嗄声を定量化する試みも従来多く行われており, それらは主としてピッチの乱れ (*jitter*) や最大振巾の乱れ (*shimmer*) が測定の対象とされている. しかし嗄声のノイズ成分は *jitter* や *shimmer* のほかに気流の摩擦音 (いわゆる *jet noise*) とから成り²⁾, *jet noise* が氣息性嗄声の物理的実体である事, 喉頭癌で氣息性成分が多くなる事等から, *jet noise* の分離抽出が喉頭疾患の診断上有用と考えられる.

今回の研究では *jitter* や *shimmer* と *jet noise* との周波数分布の違いを利用し, 時間軸での分析で *jet noise* を定量化するシステムを試作し臨床応用の可能性を検討した.

理論的根拠

一般に音声波 $f(t)$ は信号 $s(t)$ とノイズ $n(t)$ とに分けて考えることができる. *jitter* や *shimmer* と比べて *jet noise* は非常に早

い変化の波でありその周波数スペクトルはより高い領域にまで広がっている. そこで *jitter* と *shimmer* とを $s(t)$ に含めて考えれば,

*長浜赤十字病院耳鼻咽喉科

**京都大学医学部耳鼻咽喉科学教室

問題は比較的緩徐な変動 $s(t)$ とパルス様の急激な変動 $n(t)$ との分離に帰着すると考えられる (図1).

ここで $f(t)$ の2次微分の2乗を作り, 測定時間 $t_0 \sim t_1$ で積分してみる.

$$\int_{t_0}^{t_1} f''(t)^2 dt = \int_{t_0}^{t_1} \{S''(t)^2 + 2 \cdot S''(t) \cdot n''(t) + n''(t)^2\} dt \cdots (1)$$

$n(t)$ の不規則性より $2 \cdot S''(t) \cdot n''(t)$ の項は t_0 から t_1 まで積分することにより無視できるので結局(1)式は

$$\int_{t_0}^{t_1} f''(t)^2 dt = \int_{t_0}^{t_1} S''(t)^2 dt + \int_{t_0}^{t_1} n''(t)^2 dt \cdots (2)$$

となる. (2)式右辺の第一項は比較的緩徐な変動 $s(t)$ の2次微分の2乗の合計であり, 第二項は急激な変動 $n(t)$ の2次微分の2乗の合計である. 従って2次微分計算の性質より考えて(2)式の値には第二項が大きく寄与することが判る. そこで **jet noise** の強さを表わす指標として

$$Hb = \int_{t_0}^{t_1} f''(t)^2 dt / \int_{t_0}^{t_1} f(t)^2 dt \cdots (3)$$

なる値を採用することが妥当と考えられる. (3)式では音圧に依存しない様に正規化した形となっている. 我々は(3)式を **Hb-index** と仮称し, **jet noise** の寡多を表わす指標とした.

測定装置

測定装置は図2の如くである. 高い周波数成分を強調するために増強率 6dB/oct. の前増強フィルター (preemphasis filter, PEF と略す) を通し, サンプルング速度 20kHz (2万

回/秒) で12bitADコンバーターより25.6msecのデータを取り込んだ. ADコンバーターはDatel社のADC-HX12B, マイコンはNECの μ PC8001を使用した.

図1 音波 $f(t)$ は緩徐な波 $s(t)$ と **jet noise** $n(t)$ とから成る.

図2 測定装置

測定方法

正常人13名と嚔声を訴えて当科を受診した患者19名とを対象として、話声位での発声で母音/ア/の Hb-index を測定した。音圧が一定レベルを越えるとサンプリングが開始され Hb-index が計算される様にプログラムした。Hb-

index は離散的データ $f(t_1), \dots, f(t_{512})$ より差分計算で2次微分を作りその2乗和を計算した*。以上の過程はすべて BASIC で書かれたプログラムで実行されるが、データのサンプリングのみ機械語を使った。

結

正常人13名の Hb-index の平均値は14.09で標準偏差は4.81であった。

図3は正常人2名の Hb-index の再現性をみたものである。くり返しの測定でほぼ20以下の値をとることが判る。

図4は正常人の例である。上図はマイコンでサンプリングされた音声波形で PEF を通っているため高い周波数成分が強調された形となっている。全長16msec, 約2ピッチが表示されている。下図は参考のためにデータをフーリエ変換し周波数分布をみたものである。調和成分は約4kHz あたり以上で減衰している。

図3 正常男性2名の Hb-index の変動範囲

果

図5は純然たる jet noise である子音/ス/の波形である。20kHz のサンプリング速度ではほとんどパルス状の波形となり、スペクトル分布はほぼ平坦な形となっている。当然のことながら Hb-index は629と非常に高値となっている。

次に嚔声患者の症例を呈示する。図6は声帯ポリープと喉頭炎を認めた48才男性の波形である。8msec のデータ (約1ピッチ分) を示した。聴覚印象は rough & breathy であった。Hb-index は82.0と高く、スペクトル分布では4kHz 以上にも強い成分を認めた。

図7は喉頭炎で乾燥した喀痰が声帯に付着して breathy voice を呈した症例である。波形全体に jet noise が乗っている。スペクトル分布は図6同様4kHz 以上に強い成分を認める。Hb-index は55.8と高値であった。

図8はポリープ様声帯術後の患者の波形である。聴覚印象はゴロゴロという典型的な rough voice であった。Hb-index は12.9と低値であった。スペクトル分布では4kHz 以上は低値となっているが、正常例と比べて低域でノイズの増大があるのは shimmer, jitter を反映していると考えられる。波形には jet noise らしい部分はほとんど見られない。

図9は正常人及び嚔声患者の Hb-index をプロットしたものである。Nは正常人, Rは聴覚印象で rough, Bは breathy, R・Bは rough & breathy の症例である。breathyness を含

) 実際には $f^(t_n) = f(t_{n+1}) - 2f(t_n) + f(t_{n-1})$ として計算し、 $Hb = \frac{\sum f^*(t_n)^2}{\sum f(t_n)^2} \times 100$ としている。

Hb-INDEX=11.6347

図4 正常人の波形とスペクトル分布

Hb-INDEX=629.399

図5 子音スの波形とスペクトル分布

んだ嗄声で Hb-index が有意に高値を取ることより、Hb-index は breathy voice の検出に適することが判る。定性的には波形上の jet

noise の有無と breathyness との相関も見られた。

考

嗄声は喉頭病変発見の最初の手掛りとなり、専門家の耳は嗄声の聴覚印象により病変の種類を推定できることは衆知の通りである。しかし音声波形から嗄声度の定量的データが得られる

按

なら、嗄声のスクリーニングや、悪性病変の判定に迷う場合便利である。

音響分析によって嗄声を定量化する試みには、ソナグラムのパターン分析³⁾、計算機によ

Hb-INDEX=82.0907

rough & breathy

図6 48才 声帯ポリープ, 喉頭炎

るピッチ変動や最大振幅変動の計算等がある⁴⁾⁵⁾。SN比という観点からは、ソナグラム上のSN比を計る方法、平均波形とのズレを計算する方法⁶⁾、フーリエ級数を利用してノイズ成分を算出する方法⁷⁾、高調波スペクトル強度を計算する方法⁸⁾等が研究されている。

以上の様な分析法を用いると嚙声の一成分である roughness (粗糙性) の定量化は可能である。しかし喉頭癌などの音声に roughness と共にみられる嚙声の今一つの成分である breathyness (気息性) はピッチ抽出の困難性故に

定量化が困難であった。しかし breathy voice の原因である jet noise がピッチとは関係の少ない気流の摩擦音である事を考える時、従来の様な調和分析的手法より本法の如き周波数帯域で処理する方法がピッチと関係なく施行できる点有利である。

本法の利点をまとめると①ピッチの抽出が不要でどんな波形(子音も含む)の分析にも使えること、②簡単な計算で嚙声の index が算出できること、③嚙声の一成分である breathy voice の定量化が可能であることなどである。

Hb-INDEX=55.8154

breathy voice

図7 女 69才, 喉頭炎

Hb-INDEX=12.969

rough voice
(:fV(:fV)

図8 55 ポリープ様声帯 op 后

ま と め

嗄声の一つのタイプである気息性嗄声の定量化システムをコンピューターを用いて試作し、その臨床的有用性を示した。気息性嗄声の定量化では調和分析的手法より、むしろノイズの周波数帯域に注目する方法が有利と考えられた。

本論文の要旨は第47回耳鼻咽喉科臨床会において発表した。

図9 N: 正常人, R: 粗糙性嗄声,
B: 氣息性嗄声, R・B: R+B

参 考 文 献

- 1) Isshiki N, Okamura H, Tanabe M and Morimoto M: Differential diagnosis of hoarseness. Folia phoniat 21: 9~19, 1969.
- 2) Isshiki N, Yanagihara N and Morimoto M: Approach to the objective diagnosis of hoarseness. Folia phoniat 18: 393~400, 1966.
- 3) Yanagihara N: Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness. J Speech Hear Res 10: 531~541, 1967.
- 4) Koike Y, Takahashi H and Calcaterra TC: Acoustic measures for detecting laryngeal pathology. Acta Otolaryngol (Stockh) 84: 105~117, 1977.
- 5) Kitajima K and Gould WJ: Vocal Shimmer in sustained phonation of normal and pathologic voice. Ann Otol Rhinol Laryngol 85: 377~381, 1976.
- 6) Yumoto Y and Gould WJ: Harmonics to noise ratio as an index of the degree of hoarseness. J Acoust Soci Amer 71: 1544~1550, 1982.
- 7) Kojima H, Gould WJ, Lambiase A and Isshiki N: Computer analysis of hoarseness. Arch Otolaryngol 89: 547~554, 1980.
- 8) 平岡延章, 北添康弘, 上田 寿, 田中信三, 田辺正博: 病的音声の客観的評価法. 耳鼻臨床 77: 451~456, 1984.

原稿到着: 昭和60年3月8日 急載
別刷請求先: 深澤達也
〒526 滋賀県長浜市宮前町14-7
長浜赤十字病院耳鼻咽喉科