

# 音響分析の臨床導入

## —音声録音からサウンドスペクトログラムの観察—

臨床  
ヒント▶

南都智紀<sup>1)</sup> | 齋藤翔太<sup>1)</sup> | 児玉典彦<sup>2)</sup> | 道免和久<sup>2)</sup>  
Tomoki Nanto | Shota Saito | Norihiko Kodama | Kazuhisa Domen

**要旨** ディサースリアの臨床において、「防音室のないなかでの録音」、「分析ソフト」、「分析方法」が障壁となり、音響分析を臨床に活用できない方も多いと考えられる。本稿では、臨床評価で使用することを目的とし、録音方法や広帯域サウンドスペクトログラムを用いた発話の定性的評価方法について紹介する。

**キーワード** ディサースリア、嚙声、音響分析、サウンドスペクトログラム

いる。

### I. はじめに

ヒトの聴覚機構は微細な音の変化を捉える精密なシステムである。一方で、聴覚での音声情報処理が視覚情報に影響を受ける「マガー効果」<sup>1)</sup>に示されるように、曖昧なシステムであるともいえる。Weismer & Martin<sup>2)</sup>は“Intelligibility is as much in the ear of the listener as it is in the mouth of the speaker.”「明瞭度の決定は、話者の口(発話)と同じぐらい聞き手の耳も重要である」と強調しており、ディサースリアの発話を聴き取る際には、聴取者の「聴き方」によっても影響を受ける。ディサースリアの臨床に従事する者には発話症状の正確な評価が求められるが、臨床経験による差が生じたり<sup>3)</sup>、ディサースリア音声を聞き続けると知覚学習による影響<sup>4)</sup>を受ける。そのため発話の評価には聴覚印象評価に加えて、音響分析が導入され、これまで数多くの報告がされている<sup>5)</sup>。音響分析は発話の定量的評価を行う上では欠かすことのできない評価となっているが、本邦でのディサースリアの臨床において音響分析が広く普及しているとはいえない。その背景として、「録音機器や分析ソフトの導入にコストがかかる」、「防音室がない」、「録音や分析の方法がわからない」ことが障壁となっていることがあげられる。そこで本稿では当院で行っている録音方法や、フリーソフトを用いた広帯域サウンドスペクトログラムによる定性的評価方法について紹介し、音響分析導入のきっかけとなることを期待する。本稿の内容は、研究で行うような高音質な録音や高機能な分析ではなく、初学者が臨床評価で使用することを目的として

### II. 録音方法

#### 1. 録音機器（録音装置、マイクの指向性、録音レベルの配慮）

録音の際には、できるかぎり環境音などのノイズを減らし、評価したい音声信号を録音することに最大限努める必要がある。S/N比（音声信号と雑音信号の差）を高めるためには、マイクロフォンや録音機器の選択、ノイズ軽減に配慮を行わなければならない。

マイクロフォンの選択に関して、The National Center for Voice and Speech (NCVS)<sup>6)</sup>では、以下のような特徴を満たすマイクロフォンが推奨されている。1) コンデンサーマイクロフォン、2) 単一指向性やカーディオイドタイプ、3) 最小感度は-60 dB、4) マイク口唇間距離を一定に保つことができるヘッドマウントマイクロフォン、5) マイクの周波数特性が平坦なタイプ。しかしマイクの性能が上がるほど、価格が高くなるため、筆者は日常の臨床で使用する場合は少なくとも上記の1)、2)を満たすマイクロフォンを選択している。また録音時には発話時の呼気の音を拾わないようにウィンドスクリーン（風防）をつけ、呼気が直接あたらないようにマイクの角度を調整する。口唇からマイクの距離は10 cm未満<sup>6)</sup>とし、録音中は一定の距離を保つようにセッティングする。録音機器に関しては、臨床で使用する場合、リニアPCM録音（非圧縮方式での録音）が可能なボイスレコーダーが携帯性や価格的にも優れている。サンプリング周波数44.1 kHz、量子化16

<sup>1)</sup> 兵庫医科大学病院リハビリテーション部（〒663-8501 兵庫県西宮市武庫川町1番1号）

<sup>2)</sup> 兵庫医科大学リハビリテーション科（〒663-8501 兵庫県西宮市武庫川町1番1号）

[連絡先] 南都智紀：兵庫医科大学病院リハビリテーション部（〒663-8501 兵庫県西宮市武庫川町1番1号）

TEL：0798-45-6345 FAX：0798-45-6948 E-mail：to-nanto@hyo-med.ac.jp

受稿日：2017年6月30日 受理日：2017年10月24日



図1 録音時のマイク入力レベル

音声録音時の入力レベルが低い (A) と S/N 比が低くなりやすいため、クリッピングしない程度に入力レベルを調整する (B)。

bit 以上で録音できるタイプを選択してほしい。PC に録音する場合には、マイクは外付けのオーディオインターフェイスを介して PC に接続し、録音する。またファンの音が入らないようマイクと PC を離し、ノイズを軽減する対策も必要となる。臨床での評価を行う際には、PC での録音はボイスレコーダーよりも携帯性が劣るが、録音後すぐにモニターで音響分析を行える点やモニター上で患者にフィードバックできる点が利点である。

高い S/N 比を確保するためには、録音レベルの設定が重要となる。はじめに録音する発話と同じように発話させ、録音機器側の設定でマイクの感度調整を行う。クリッピングしない (レベルメーターが振り切れない) 範囲で、できるかぎり入力レベルが高くなるように感度を調整する (図 1)。また症例の経過を追うような場合には、マイクと口唇間の距離やマイクの角度、入力レベルの設定は常に一定に保ち、できるかぎり同じ環境、同じ条件で録音しなければならない。

## 2. 録音環境

NCVS<sup>6)</sup> では、周囲のノイズが 50 dB 未満の防音室での音声録音が推奨されている。しかし、一部の施設を除いて、臨床現場で録音を行う場合には、防音室などの設備がなく、病室や個室での録音を行う場合が多い。録音にあたっては扉や窓を閉めることで、不要な環境音を軽減したり、カーテンを閉めることで反響音を軽減することができる。また空調設備や PC の冷却ファンの音が影響を与えやすい<sup>7)</sup> ため、あらかじめ切っておくか、マイクの位置を遠くに設置したり、マイクをノイズの発生源と反対方向に向けるなど、S/N 比を高めるような配慮が必要である。ICU のような環境では、近年騒音が問題となっており<sup>8)</sup>、モニターや輸液ポンプのアラーム音 (70 dBA) や医療カートの音 (80 dBA) など、ノイズが発生しやすい環境といえる。音声を録音する際には、ノイズがない瞬間を狙って録音することで、S/N 比を高めることもできる。しかし、あくまでも防音室がない環境で録音する場合の配慮であり、研究を目的とした音声録音を行う場合はノイズに配慮した環境が望ましい。S/N 比の目安として、Deliyski ら<sup>9)</sup> の報告では音響分析の許容レベルは S/N 比 30 dB 以上 (推奨レベル 45 dB 以上) としている。筆者の経験では、ICU であっても前述

したような点に配慮することで、S/N 比を 30 dB 以上に保つことが可能である。

## Ⅲ. 音響分析

### 1. 音響分析ソフト

音響分析ソフトは、Multi-Dimensional Voice Program (MDVP), Dr. Speech, CSL など高機能なソフトが多数存在する。本稿では音響分析を初めて行う方でも導入しやすいように、開発者のホームページから無料でダウンロードできる (2017 年 4 月現在) 「Praat」<sup>10)</sup> という音響分析用ソフトを紹介する。Praat は世界中の研究者が使用しており、MDVP との比較や妥当性の検証も行われている<sup>11-15)</sup>。また、ソフトは英語であるものの、Web 上には日本語版のマニュアル (非公式) が配布されているため、初学者でも導入しやすい。今回は Praat を用いて、広帯域サウンドスペクトログラムを表示し、嚁声や構音の歪みを定性的に評価する方法を紹介する。なお、紹介する方法は執筆時点で公開されている Praat (Windows 64-bit edition) での方法である。

### 2. サウンドスペクトログラムの表示

Praat 起動後には「Praat Objects」と「Praat Picture」の 2 つのウィンドウが表示される。その後は簡単な手順 (図 2) で、広帯域サウンドスペクトログラムを表示することができる。詳細な使用方法や設定は本稿では割愛するため、Praat のヘルプやマニュアルを参照してほしい。

### 3. サウンドスペクトログラムを用いた定性的評価

広帯域サウンドスペクトログラムを用いて行う、母音発声時の嚁声やディアドコキネシス時の構音の評価について紹介する。まず健常者の/a/発声時のサウンドスペクトログラムを図 3A に示す。広帯域サウンドスペクトログラム上では声帯震動の周期に同期して縦縞状の声紋 (glottal pulse) が表示され、声門の閉鎖-開放の周期を視覚的に確認できる。ピッチや声量を変化させない場合には、縦縞が等間隔で表示される。また有声音の場合には、サウンドスペクトログラム上に基音を示すボイスバー<sup>5)</sup> が出現する。

一方、嚁声 (G3R2B3A1S0) を呈した症例でのサウンドスペクトログラム (図 3B) では、縦縞が不明瞭となり、声

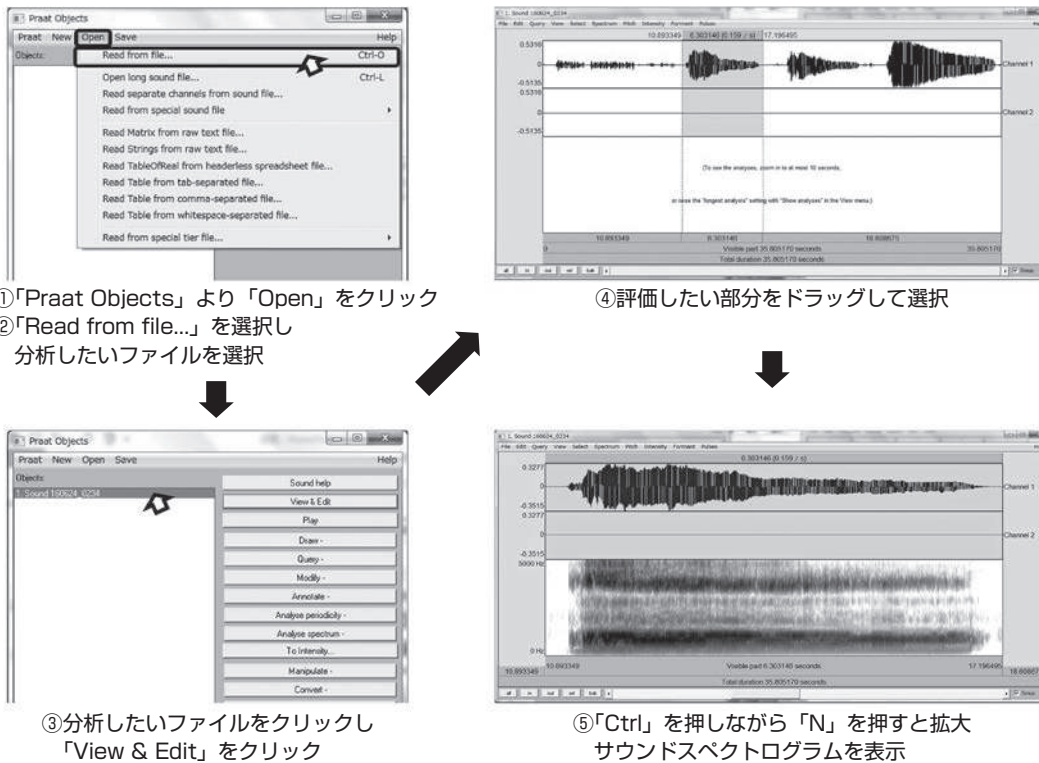


図2 Praatでの広帯域サウンドスペクトログラム表示方法

Praatでは①～⑤の手順で広帯域サウンドスペクトログラムを表示することができる。

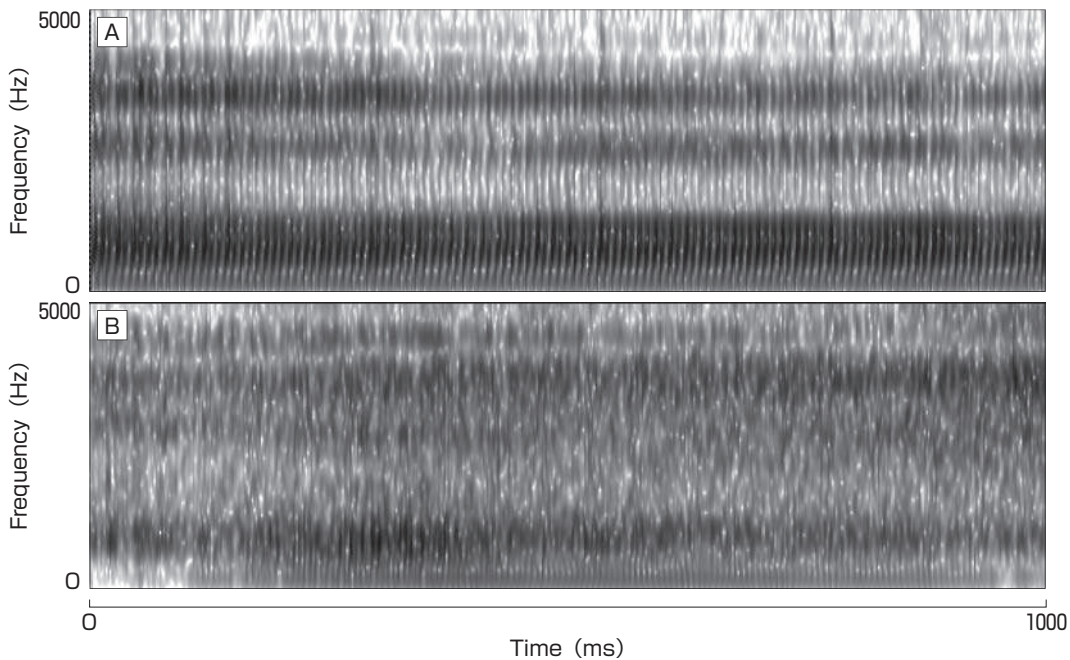


図3 /a/ 発声時の広帯域サウンドスペクトログラム

健常者 (A) と嚁声を呈した症例 (B) の広帯域サウンドスペクトログラム。

帯振動の周期性が確認できない。Rontal ら<sup>16)</sup>は氣息性嚁声では声門閉鎖不全により声門閉鎖区間での呼気が流出し、サウンドスペクトログラム上で中～高周波数でのランダムな溝が生じることを示している。また粗糙性嚁声では不規則な glottal pulse も生じる<sup>17)</sup>。

ディアドコキネシスにおいては、閉鎖子音の歪み、リズムの変動、無声子音の有声化を確認することができる。図4に下顎歯肉癌、舌癌症例における/ta/連続構音時のサウンドスペクトログラムを示す。術前(図4A)は各音の先頭に子音/t/の破裂成分(バースト)が存在し、その後母音

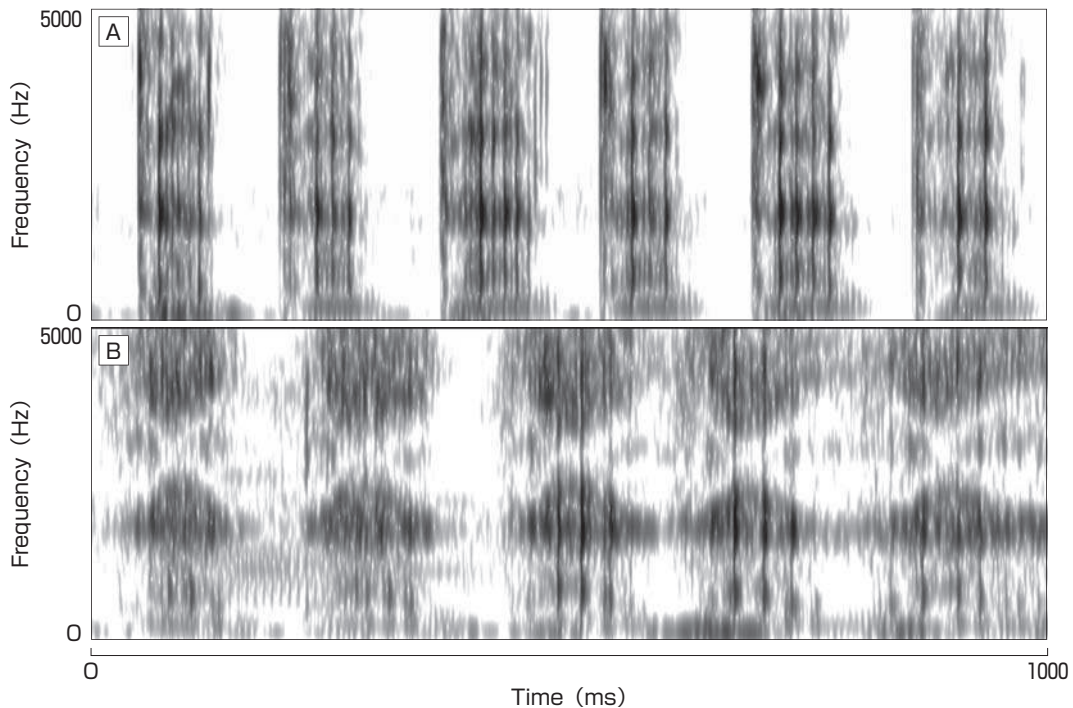


図4 下顎歯肉癌および舌癌症例における /ta/ の連続構音。  
術前 (A) と術後 (B) の広帯域サウンドスペクトログラム。

部が生じていることが確認できる。しかし、術後 (図4B) にはバーストが減弱または消失し、術前にみられた破裂成分が生成できていない。また各音節間での境界が不明瞭となっており、無音区間が不明瞭または消失している<sup>18)</sup>。また子音部でボイスバーが生じている部分があり、無声破裂子音の有声化が起こっていることも確認できる。聴覚印象評価においても、術後は発話の歪みが著明であった。サウンドスペクトログラムを用いた定性的な評価では、症状が重症化するほど健常者との違いが明確となるため、まずは重症例と健常者でのサウンドスペクトログラムを比較するところから始めると理解しやすい。

#### IV. 当院での事例紹介

当院でサウンドスペクトログラムによる定性的評価を行った症例を紹介する。

##### 症例

70歳代、男性。

診断名：不安定狭心症。

既往歴：糖尿病、肝血管腫、石綿肺。

現病歴：心臓カテーテル検査にて冠動脈に狭窄を認め、当院心臓血管外科にて冠動脈バイパス術施行。術後声門閉鎖不全を呈したため、ST介入を開始した。

評価：口腔顔面の運動範囲制限は認めず。発声持続6秒。重度の嚙声 (G3R1B3A2S0) を認めた。内視鏡検査では両

側声帯が開大位で固定。発声や咳嗽での閉鎖が困難であった。CT検査では披裂軟骨の脱臼は認めなかった。

音声録音：音声録音はデジタルボイスレコーダー (Voice Trek V822, OLYMPUS 社製) と小型の単一指向型コンデンサーマイク (ECM-DM5P, SONY 製) を使用した (図5)。毎回の録音時に口唇とマイクの距離を一定に保つため、定規を用いて図5のように録音を行った。今回、抜管当日の録音はICUにて行っている。当院のICUでの騒音は付近でアラーム音が鳴っていない場合には約40 dBAであった。その後の音声は周囲の雑音が少ない病室で録音している。

##### 音響分析：

図6に本症例での/a/発声時のサウンドスペクトログラムを示す。本症例では抜管当日は強い気息性嚙声を示し、Praatで行った音響分析の結果、Harmonics to Noise Ratio<sup>19, 20)</sup>は-1.87 dB、Jitterは気息性嚙声が強くと計測困難であった。サウンドスペクトログラム上でもほぼ声門閉鎖-開放の周期性が確認できず、雑音成分が多い状態であった。しかし、抜管17日、39日、62日と経過を追うに従って嚙声が改善し、サウンドスペクトログラム上でも声門閉鎖-開放の周期性が明瞭化し、雑音成分が減少した。Harmonics to Noise Ratioは17.2 dB、Jitterは0.66%と音響分析のパラメータにおいても改善を認めた。本症例は声の改善に対する認識が乏しい症例であったため、改善の様子をサウンドスペクトログラムで示しながら説明した。



図5 ボイスレコーダーを用いた録音

ボイスレコーダーを用いた録音。口唇-マイク間距離を一定に保つため、定規(点線)を下顎に軽くあてる。呼気がマイクに直接あたらないように、レコーダーの角度は傾ける。

## V. ま と め

コンピュータが普及した現代では、研究分野だけではな

く、臨床現場においても容易にサウンドスペクトログラムを利用することができる。サウンドスペクトログラムを臨床で利用する最大の利点は「見えない」発話を視覚的に表示できる点にある。サウンドスペクトログラムを用いると発話症状への理解が得られやすいため、発話評価に限らず、ディサースリア症状を本人へ説明する際にも利用価値が高いと考えている。今回紹介したサウンドスペクトログラムの観察は定性的な評価であるため、発話症状を数値化することはできないが、観察することにより得られる情報量は多い。本稿が音響分析を始めるきっかけになれば幸いである。

## 謝 辞

本稿を執筆するにあたり、ご支援をいただきました川崎医療福祉大学感覚矯正学科教授、福永真哉先生と、第3回ディサースリア臨床研究会シンポジウム座長、名古屋大学神経内科田中康博先生に心より御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) McGurk H, MacDonald J : Hearing lips and seeing voices. Nature, 264 : 746-748, 1976.
- 2) Weismer G, Martin R : Acoustic and perceptual approaches to the study of intelligibility. Kent RD (Ed.) "Intelligibility in speech disorders : Theory measurement and management", John Benjamin, Amsterdam, p68, 1992.
- 3) Ghio A, Dufour S, Wengler A, et al : Perceptual evaluation of

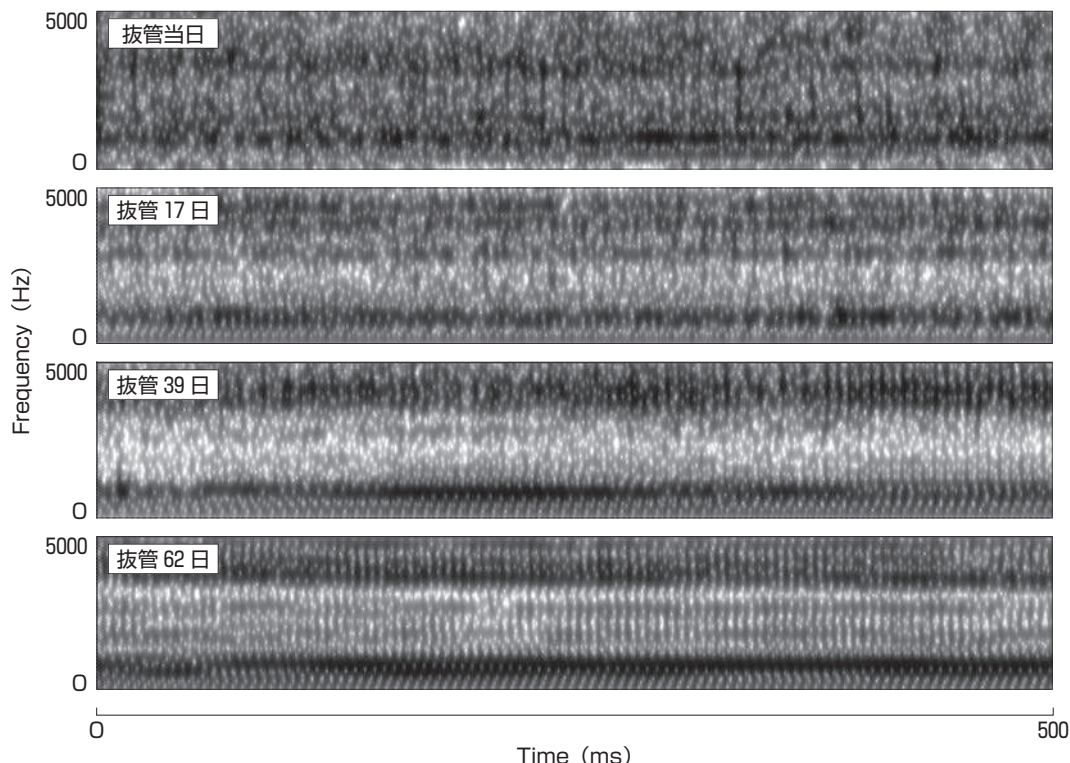


図6 広帯域サウンドスペクトログラム上での嚙声の改善経過

症例の/a/発声時の広帯域サウンドスペクトログラム。上図から抜管当日、抜管17日、39日、62日を示す。

- dysphonic voices : can a training protocol lead to the development of perceptual categories? *J Voice*, 29 : 304-311, 2015.
- 4) Borrie SA, McAuliffe MJ, Liss JM : Perceptual learning of dysarthric speech : a review of experimental studies. *J Speech Lang Hear Res*, 55 : 290-305, 2012.
  - 5) Kent RD, Weismer G, Kent JF, et al : Acoustic studies of dysarthric speech : methods, progress, and potential. *J Commun Disord*, 32 : 141-186, 1999.
  - 6) Titze IR : Summary statement: workshop on acoustic voice analysis. *National Center for Voice and Speech*, 26-30, 1995.
  - 7) Ueng SK, Luo CM, Tsai TY, et al : Human voice quality measurement in noisy environments. *Technol Health Care*, 24 : S313-S324, 2016.
  - 8) Stafford A, Haverland A, Bridges E : Noise in the ICU. *Am J Nurs*, 114 : 57-63, 2014.
  - 9) Deliyski DD, Shaw HS, Evans MK : Adverse effects of environmental noise on acoustic voice quality measurements. *J Voice*, 19 : 15-28, 2005.
  - 10) Boersma P, Weenink D : Praat : doing phonetics by computer. <http://www.praat.org/>. (アクセス日 : 2017年5月7日)
  - 11) Lovato A, De Colle W, Giacomelli L, et al : Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) vs Praat for assessing euphonic subjects : A preliminary study on the gender-discriminating power of acoustic analysis software. *J Voice*, 30 : 765.e1-765.e5, 2016.
  - 12) Manfredi C, Giordano A, Schoentgen J, et al : Validity of jitter measures in non-quasi-periodic voices. Part II : the effect of noise. *Logoped Phoniatr Vocol*, 36 : 78-89, 2011.
  - 13) Maryn Y, Corthals P, De Bodt M, et al : Perturbation measures of voice : a comparative study between Multi-Dimensional Voice Program and Praat. *Folia Phoniatr Logop*, 61 : 217-226, 2009.
  - 14) Deliyski DD, Shaw HS, Evans MK : Influence of sampling rate on accuracy and reliability of acoustic voice analysis. *Logoped Phoniatr Vocol*, 30 : 55-62, 2006.
  - 15) Deliyski DD, Shaw HS, Evans MK et al : Regression tree approach to studying factors influencing acoustic voice analysis. *Folia Phoniatr Logop*, 58 : 274-288, 2006.
  - 16) Rontal E, Rontal M, Rolnick MI : The use of spectrograms in the evaluation of vocal cord injection. *Laryngoscope*, 85 : 47-56, 1975.
  - 17) Rontal E, Rontal M, Jacob HJ, et al : Quantitative and objective evaluation of vocal cord function. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 92 : 421-423, 1983.
  - 18) Ackermann H, Ziegler W : Articulatory deficits in parkinsonian dysarthria : an acoustic analysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 54 : 1093-1098, 1991.
  - 19) Yumoto E, Gould WJ, Baer T : Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness. *J Acoust Soc Am*, 71 : 1544-1549, 1982.
  - 20) Yumoto E : The quantitative evaluation of hoarseness. *Arch Otolaryngol*. 109 : 48-52, 1983.