Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) および Praat を用いた音響分析結果の比較

井手 美稀¹⁾ 川越 仁¹⁾ 湯本 英二²⁾ 兒玉 成博³⁾

要 約 : MDVP は高価にもかかわらず音響分析に広く使用されている。一方, Praat はフリーソフトウェアである。無関位持続発声母音/ア- /を用いて, 正常声 60 音声 (男性 30 名, 女性 30 名) と嚁声 73 音声 (男性 21 名 41 音声, 女性 17 名 32 音声) を分析した。正常音声と病的音声を録音しデジタル化された音声ファイルであり, 定常的な中央 1 秒区間を分析に使用した。同じ音声ファイルを用いて 2 つの異なるソフトウェア (MDVP と Praat) で音響パラメータ (F_0 , jitter, shimmer, HNR) を測定し両ソフトウェアで得られた結果を比較した。著者らは MDVP と Praat の両ソフトウェアを使用し各パラメータの測定値を比較し正常値を設定した。両ソフトウェアの測定結果は高い相関が見られた。 F_0 は両ソフトウェアの測定結果がよく一致したが jitter は MDVP より Praat の測定値が有意に小さく, HNR は Praat の測定値が MDVP の約 2 倍と有意に大きかった。shimmer は有意差がなかった。そのため, 施設およびおのおののソフトウェアごとに正常値を設定する必要がある, 学会発表や論文記載時には録音時の機器を含めた状況および測定に用いたソフトウェア (バージョン) を明記しておくことが望ましいと考えられた。

索引用語 : 音響分析, MDVP と Praat, 音響パラメータ測定値の相違

Comparison of Acoustic Parameter Measurements Derived from Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) and Praat

Miki Ide¹⁾, Jin Kawagoe¹⁾, Eiji Yumoto²⁾ and Narihiro Kodama³⁾

Abstract : MDVP is widely utilized for acoustic analysis but rather expensive. On the other hand, Praat is a software available for free download. In this study, we analyzed 60 normal voice samples (30 male and 30 female) and 73 pathological voice samples (41 male and 32 female) of the sustained vowel /a/ using both MDVP and Praat. Each sample was digitized and a stable portion approximately 1 second in duration was stored for analysis. These were fed to the two softwares to measure fundamental frequency (F_0), jitter, shimmer, and harmonics-to-noise ratio (HNR). The authors compared the measurements of these parameters as derived by the two softwares. All parameters showed a linear correlation between respective measurements. F_0 showed agreement between the measurements.

朝日野総合病院総合リハビリテーションセンター¹⁾, 耳鼻咽喉科²⁾ : 〒861-8072 熊本市北区室園町 12 番 10 号
熊本保健科学大学リハビリテーション学科言語聴覚学専攻³⁾ : 〒861-5598 熊本市北区和泉町 325

¹⁾Rehabilitation Center, ²⁾Department of Otolaryngology, Asahino General Hospital: 12-10, Murozono-cho, Kita-ku, Kumamoto 861-8072, Japan

³⁾Department of Speech and Hearing, Kumamoto Health Science University: 325 Izumi-cho, Kita-ku, Kumamoto 861-5598, Japan
2018 年 4 月 13 日受稿 2018 年 12 月 28 日受理

Jitter as measured by Praat was significantly smaller than that measured by MDVP, and HNR as measured by Praat showed a significantly greater value than that measured by MDVP. No significant difference was found between shimmer measurements. These results suggested that normal values of acoustic parameters should be examined on the basis of the software used by each laboratory. Furthermore, it is recommended that whenever acoustic measurements are presented, the environment of the voice recording and analysis, including the specific facilities for voice recording and software utilized, should be clearly indicated.

Key words: acoustic analysis, MDVP and Praat, differences between acoustic measurements derived from softwares utilized

はじめに

嗄声の客観的評価法の一つとして、音響分析 (F_0 , jitter, shimmer, HNR 等) が行われる¹⁾。日本では MDVP を使用した音響分析の報告は多いが、フリーソフトウェアである Praat を用いた報告が少なく^{2,3)}、両ソフトウェアの測定値間の相違を比較検討した報告は細川ら⁴⁾を除いて見られない。第一著者の所属する施設では 2016 年 4 月から Praat を用いて嗄声の音響分析を開始し嗄声を客観的に評価することで診療に役立ててきた。しかし、MDVP と Praat の基本周波数、周期ゆらぎ、振幅ゆらぎ、調波対雑音比に関して、異なる計算方法を用いているので、値そのものを直接比較することが困難であった。したがって、著者らの施設で得られた結果をそのまま MDVP を用いた他施設からの報告と比較することができなかった。そこで、本研究では、正常音声と病的音声を録音しデジタル化された同じ音声ファイルを用いて MDVP と Praat 両ソフトウェアで音響パラメータを測定し両ソフトウェアで得られた結果を比較した。さらに、正常音声の測定結果を基に著者らの施設での正常値を設定した。

対 象

音声障害の既往のない健常者(男性 30 名, 女性 30 名)と著者らの所属する 2 施設の音声外来を受診した音声障害患者(治療前後を含む男性 21 名 41 音声, 女性 17 名 32 音声)を対象とした。詳細を表 1 に示した。また表 2 に音声障害患者の疾患別音声サンプル数を示した。

条 件

録音は、無響室あるいは防音室で行った。録音には、ダイナミック型マイクロフォン(朝日野総合病院はパナソニック RP-VK35, 熊本大学病院は WM-421)と PCM レコーダ(朝日野総合病院は TEAC DR-05, 熊

表 2 疾患別音声サンプル数

	男声	女声	計
声帯麻痺	23	21	44
声帯ポリープ	11	12	23
喉頭肉芽腫	2	0	2
声帯腫瘍	2	0	2
声帯結節	0	1	1
披裂軟骨脱臼	1	0	1

表 1 対象者の年齢、性

	朝日野病院	熊本大学病院	合計
正常	男性 10 名 (平均年齢 25.4 ± 1.50 歳)	20 名 (平均年齢 31.35 ± 4.87 歳)	30 名
	女性 10 名 (平均年齢 24.9 ± 1.76 歳)	20 名 (平均年齢 27.85 ± 4.43 歳)	30 名
病的音声	男性 11 名 (21 音声) (平均年齢 59.8 ± 16.91 歳)	10 名 (20 音声) (平均年齢 55.2 ± 10.08 歳)	21 名
	女性 7 名 (12 音声) (平均年齢 55.9 ± 13.16 歳)	10 名 (20 音声) (平均年齢 60.8 ± 12.42 歳)	17 名
計	38 名	60 名	98 名 (133 音声)

本大学病院は Marantz PMD-671) を使用した。口唇とマイクの距離は約 20 cm とした。音声は、サンプリング周波数 44.1 kHz, 量子化は 16 ビットにてデジタル録音をした。なお、録音時に量子化ビット数 16 ビットを最大限に利用できるよう録音時の入力ゲインを調整した。表 3 に両施設で共通に用いている発声タスクを示した。

方 法

無関位持続発声母音/アー/の定常的な中央 1 秒区間を用いた。音響分析ソフトウェア MDVP (ver. 3.1.6) および Praat (ver. 6.0.20) を用いて、基本周波数 (F_0 , Hz), 周期のゆらぎ (jitter, %), 振幅のゆらぎ (shimmer, %), 調波成分と雑音成分の音響エネルギー比 (HNR: harmonics-to-noise ratio, dB) を測定した。なお, jitter は MDVP では jitt, Praat では jitter (local), shimmer は MDVP では Shim, Praat では Shimmer (local) を用いた。MDVP では HNR が出力されるので式 $HNR = 10 \times \log(1/NHR)$ を用いて HNR に換算した。Praat では, mean harmonics-to-noise ratio(HNR) を用いた。パラメータごとに男女別に両ソフトウェアで測定した平均値と中央値を算出したところ、平均値と中央値に大きな差はなかった。分布はほぼ対称的であると考えパラメトリックな統計手法を用いた。パラメータごとに両ソフトウェアによる測定値の散布図を作成し、ピアソンの相関係数を男女別に算出した。t 検定を用いて、 $p < 0.05$ のときに有意差ありと判定した。健常群の各パラメータについて男女別に正常範囲 (平均 ± 1.96 SD, 95% 信頼区間) を設定した。

結 果

1. MDVP と Praat における各パラメータの比較

すべての音声サンプルを用いて両ソフトウェアによる各パラメータの測定値の散布図と、ピアソンの相関係数、回帰直線を男女別に図 1 に呈示した。 F_0 (男性: $r = 0.901$, 女性: $r = 0.680$) と jitter (男性: $r = 0.933$, 女性: $r = 0.706$) については、女性に比べ男性のほうが高い相関となった。shimmer は、女性が $r = 0.839$, 男性が $r = 0.962$ と男女ともに高い相関となった。HNR (男性: $r = 0.746$, 女性: $r = 0.768$) は、男女差とも高い相関であり性差はなかった。各パラメータとも男女間の相関係数に有意な差は見られなかった。各パラメータは正規分布すると仮定してピアソンの相関係数を計算した。相関係数の差の検定には、 r_1 , r_2 を z 変換した値を用いた。

表 3 著者らの所属する 2 施設で用いている発声タスク

- ① 日付, 名前
- ② /イー/
- ③ /アー/
- ④ /ウー//オー//アー//エー//イー/
- ⑤ (高い声で) /アー/
- ⑥ (低い声で) /アー/
- ⑦ 北風と太陽

「ある日、北風と太陽が力くらべをしました。旅人の外套を脱がせた方が勝ちということに決めて、まず、風から始めました」

*⑤⑥以外は楽な大きさと高さで発声する。

2. MDVP と Praat における各パラメータの正常範囲

健常音声から得られた各パラメータの分布は対称的で正規分布で近似できると考えられたので、95% 分布区間を平均値 ± 1.96 SD として男女およびソフトウェアごとに算出して表 4 に示した。 F_0 は、両ソフトウェアともよく一致した。shimmer についても、大きな差はなかった。jitter については男女ともに MDVP と比較して Praat のほうが低い値となった。HNR については、MDVP と比較して Praat のほうが約 2 倍の大きい値となった。

考 察

音響分析は嗄声の客観的な評価法として広く用いられている¹⁾。分析結果は録音環境、録音機器、AD 変換時のサンプリング周波数・量子化ビット数や分析に用いるソフトウェアなどに影響されるため、適切な録音環境でのデータ収集の必要性があると考えられる⁵⁾。しかしながら、音響分析パラメータの施設間の相違や分析ソフトウェアによる分析結果の相違について検討した報告は本邦では細川らの報告⁴⁾ 以外には見られない。本邦では市販のソフトウェアである MDVP を用いられることが多いが、高価なために導入できない施設もある。一方、Praat は Boersma と Weenink によって開発されたフリーソフトウェアで作成者のホームページ (<http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>) からダウンロードして自由に使用できるという利点がある。本研究では、健常音声と病的音声を録音しデジタル化された同じ音声ファイルを用いて MDVP と Praat で音響パラメータ (F_0 , jitter, shimmer, HNR) を測定しその結果を比較した。また、音声障害のない男女各 30 名の測定結果から著者らの施設における各パラメータの正常範囲を設定した。

F_0 については、男女とも両ソフトウェア間で差異

図1 各パラメータの測定値の散布図，ピアソンの相関係数および回帰直線
横軸：Praatの測定値，縦軸：MDVPの測定値

表4 MDVP と Praat における各パラメータの著者らの施設における健常者の正常範囲

	F ₀	Jitter	Shimmer	HNR
男性 (MDVP)	125~145 Hz	0.74% 以下	3.50% 以下	8.45 dB 以上
男性 (Praat)	125~145 Hz	0.33% 以下	3.35% 以下	17.5 dB 以上
女性 (MDVP)	215~243 Hz	1.84% 以下	4.91% 以下	8.18 dB 以上
女性 (Praat)	212~242 Hz	0.40% 以下	5.33% 以下	15.0 dB 以上

表5 過去の報告との正常声各パラメータ (F₀, Jitter, Shimmer, HNR) の平均値の比較

	F ₀	Jitter	Shimmer	HNR
男声				
MDVP 21 名 (Kay 社：2002 年)	145.223 Hz	0.589%	2.523%	9.136 dB
MDVP 100 名 (西尾ら：2002 年)	132.049 Hz	0.528%	2.766%	8.570 dB
本研究 MDVP 30 名	134.686 Hz	0.593%	3.066%	8.666 dB
本研究 Praat 30 名	134.682 Hz	0.314%	2.861%	18.824 dB
女声				
MDVP 21 名 (Kay 社：2002 年)	244.973 Hz	0.633%	1.997%	9.508 dB
MDVP 100 名 (西尾ら：2002 年)	251.47 Hz	0.731%	3.016%	9.208 dB
本研究 MDVP 30 名	229.324 Hz	1.387%	4.214%	8.501 dB
本研究 Praat 30 名	227.275 Hz	0.376%	4.363%	16.692 dB

を認めず、よく一致した。jitter は、MDVP に比べ Praat の測定値が半分以下あり、一方、HNR は、Praat の測定値が MDVP の約 2 倍となり、両ソフトウェア間で測定値が有意に異なっていた。shimmer は、男女ともに両ソフトウェア間で大きな差はなかった (表 4)。また、各パラメータとも両ソフトウェアによるそれぞれの測定値は高い相関が見られた (図 1)。

Praat と MDVP で jitter と HNR の測定結果が異なる要因として、両ソフトウェアにおいて基本周波数を同定する方法の違いが考えられる。MDVP は波形が 1 周期中にピークに達する時点を算出してピーク間の間隔を基に抽出する極大値検出法にて算出する。一方、Praat は、1~2 サイクルに相当する波形を時間軸に平行移動させて次のサイクルと最も一致する時点を基に抽出する波形整合法を行う^{6,7)}。shimmer の測定よりも、周期間の境界をどこと判定するかが jitter の測定値に大きく影響することから^{6,7)}、両ソフトウェアによる jitter の測定値に差が生じたと考えられた。嗄声の分析では、極大値検出法による周期の抽出は波形整合法による抽出よりも雑音成分による影響の大きいことが報告されている⁷⁾。このことが HNR 測定にも影

響している可能性が高い。したがって、音響分析結果を報告する際には分析に用いたソフトウェア (種類、バージョン) を明記し、用いたパラメータの詳細を記述することが望まれる。

男女間で jitter と shimmer の測定結果が異なる要因として、女性に比べて男性は F₀ の値が約 2 倍弱となっており、同じサンプリング周波数で AD 変換したことによる影響が考えられた。1 周期に含まれるデータ数が女性は男性の半分ほどになるため、測定値の精度が悪くなると考えられた。HNR についても男女間で有意差はないものの両ソフトウェアの測定結果はいずれも男性のほうがわずかに大きい値であった (表 4)。

著者らの所属する 2 施設の録音環境に大きな違いがなかったため両施設から収集した健常音声の測定値を基にして男女別に正常範囲を設定した (表 4)。使用するソフトウェアによって同じ音声の分析結果が変わってくるので異なる施設からの報告と比較する場合には注意が必要である。さらにマイクロフォンなどの録音環境によっても測定結果が変わってくることに留意しなければならない。

過去に報告された正常声の分析結果を今回の結果と

ともに表5に示す。対象は男性21名・女性32名(MDVP使用, Kay社資料), 男女各100名(MDVP使用, 西尾ら⁸⁾)である。本研究では, F_0 についてはMDVPとPraatの測定値にほとんど違いが見られなかったが, MDVPを用いた3つの報告間(Kay社資料, 西尾ら⁸⁾, 今回の研究)で若干の相違が見られた。言語の違い, 国内の地域による発声習慣の違い, 録音時の録音環境と指示の違いなどが主な原因と考えられた。jitterについてはMDVPを用いた測定では, 本研究の女声の結果を除けば, ほぼ一致した値であった。shimmerについては男声では大きな相違はなかったが, 女声では3つの報告間で大きく異なっていた。HNRについてはMDVPを用いた3つの報告間で大きな相違はなかった。

MDVPとPraatで測定された各パラメータは有意な正の相関が見られたことから, どちらかのソフトウェアで得られた結果から他のソフトウェアでの値をおおよそ推定することができると考えられた。また, 各施設での録音機器と環境, 録音時の被験者への指示, 分析に用いるソフトウェアが一定でないことから, 施設ごとに正常値を定める必要がある。さらに, 学会発表や論文記載時には録音時の機器を含めた状況および測定に用いたソフトウェア(種類, バージョン)を明記し, 用いたパラメータの詳細を記述することが必要である。

ま と め

1. MDVPとPraatを用いた各パラメータ(F_0 , jitter, shimmer, HNR)の測定値は高い相関が見られた。

2. 著者らの施設における両ソフトウェアで測定した各パラメータ(F_0 , jitter, shimmer, HNR)の正常範囲を男女別に設定した。

3. 各施設での録音機器と環境, 録音時の被験者への指示, 分析に用いるソフトウェアが一定でないこと

から, 施設ごとに正常値を定める必要がある。さらに, 学会発表や論文記載時には録音時の機器を含めた状況および測定に用いたソフトウェア(種類, バージョン)を明記し, 用いたパラメータの詳細を記述することが必要である。

利益相反自己申告: 申告すべきものなし。

謝辞 本論文を執筆するにあたり多くの示唆をいただいた細川清人先生に感謝します。

文 献

- 1) 大森孝一, 粕谷英樹, 新美成二, 他: 新編 声の検査法(日本音声言語医学会編), 医歯薬出版, 東京, 2-275頁, 2009.
- 2) 羽石英理, 齋藤 毅, 城本 修, 他: 音楽療法士を対象とした発声訓練プログラム—開発に向けた予備的研究—, 音声言語医学, 54: 186-196, 2013.
- 3) 松本かおり, 中川秀樹: 職業の違いによる音声障害のリスクについての検討—自覚的評価および客観的評価による分析—, 音声言語医学, 56: 315-320, 2015.
- 4) 細川清人, 岩橋俊彦, 小川 真, 他: 音響分析の概念と実際. 喉頭, 28(2): 78-87, 2016.
- 5) Deliyski DD, Evans MK and Shaw HS: Influence of data acquisition environment on accuracy of acoustic voice quality measurements. J Voice, 19: 176-186, 2005.
- 6) 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.
- 7) Boersma P: Should jitter be measured by peak picking or by waveform matching? Folia Phoniatr Logop, 61: 305-308, 2009.
- 8) 西尾正輝, 新美成二: Multi-Dimensional Voice Programを用いた音声の解析. 総合リハ, 30: 927-933, 2002.

別刷請求先: 〒861-8072 熊本市北区室園町12番10号
医療法人朝日野会朝日野総合病院
総合リハビリテーションセンター
井手美稀