 総 説

(第 56 回日本音声言語医学会パネルディスカッション：職業歌手にみられる音声障害への対処)

発声状態を評価する 2 種類のボイスマップの考案と 声帯メスを用いたファイバースコープでの声帯手術

齊田 晴仁^{1,2)}

要 約：音声障害の発症には発声の仕方が関与することはよく知られているが、客観的に発声状態や発声法を定義する方法はまだない。私はボイストレーナーや声楽指導者が従来行っている主観的で経験的な発声状態の評価法を参考に、発声のメカニズムを考えながら客観的に評価可能な 2 種類のボイスマップを考案した。第一は横軸に声の高さ、縦軸に発声機能検査装置から測定した呼気流率を示したボイスマップ E-L である。このマップ内には、4 つの声帯振動パターンも表示することが可能である。2 番目は、横軸に声道の形態、縦軸に EGG も参考にした声門閉鎖性をとったボイスマップ L-V である。これらのボイスマップは、呼気調節、喉頭調節、声道調節に分けて発声法を分析検討し、視覚的に指導することが可能で、ボイストレーニングのみでなく音声治療でも応用可能である。

歌手の声帯ポリープや声帯結節の手術的治療法は通常全身麻酔下でのマイクロラリソサージェリーである。最近、局所麻酔下での日帰り喉頭手術が行われているが、比較的大きな先端を持つ喉頭鉗子で行われるので精密な切除は難しい。私は、処置用ファイバースコープで応用可能な声帯メスを施策し応用している。病変の摘出前に病変の声門上側と声門下側に開発したメスで切開線を入れるため正確な切除が可能となり、歌手の声帯手術に応用している。

索引用語：音声障害、歌手、発声法、声帯手術、日帰り手術

Evaluation of Vocal Function Using Two Newly Developed Types of Voice-Map, and Introduction of a Videoendoscopic Surgery Technique Using a Newly Designed Surgical Knife

Haruhito Saida^{1,2)}

Abstract: Singers often do not show any noticeable vocal problem during ordinary voice evaluations at an ENT clinic, mainly because the tests administered are usually performed to evaluate simple and easy phonation. Singers, however, in general use their voice under more effortful conditions during their performances, and therefore more appropriate methods are necessary for evaluating the singing voice of singers. The present paper proposes the use of two types of voice-map for clinical evaluation of a singing voice. In addition, a videoendoscopic surgical technique using a newly designed knife is introduced. The first

ヴォイステック音声研究所¹⁾、さいだ耳鼻咽喉科気管食道科クリニック²⁾：〒222-0037 横浜市港北区大倉山 3-42-16

¹⁾Voice Tec Vocal Art Science Laboratory, ²⁾Saida Ear, Nose & Throat Clinic: 3-42-16, Okurayama, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 222-0037, Japan

2011 年 12 月 12 日受稿 2012 年 1 月 16 日受理

voice-map is Voice-Map E-L, comparing flow rate during phonation as an indication of expiratory function with voice pitch as an indication of the pattern of laryngeal control. The second is Voice-Map L-V, comparing the estimated vocal tract configuration with laryngeal control in terms of degree of glottal closure estimated by electroglottography (EGG). The use of these two maps appeared to be effective for obtaining an objective evaluation of singers' vocal abilities. The second part of the paper describes a videoendoscopic surgery technique using a newly designed surgical knife and its usefulness for day surgery to treat small benign lesions of the vocal fold.

Key words: vocal function, voice disorders, voice map, endoscopic surgery, voice therapy

はじめに

職業歌手には、さまざまな分野がある。わが国の歌唱の歴史は、常に海外からの影響を受け1400年以上になるといわれている。特にこの200年以内社会生活の急激な欧米化に伴う欧米の歌唱の流入とマイクなどのオーディオ電気機器の発展により歌唱スタイルの大きな変革が行われた。伝統文化の継承を行うわが国独自の歌唱や、国際色豊かな歌唱など、歌手の多様性は幅広く、その分野に伴う労働環境など音声障害の発症にかかわる要素も多様である¹⁾。また歌手の音声障害には、経験度も含めた本人の歌唱技術や歌手活動以外の音声の酷使、専門性の問題など個人的な要素も大きく関与し、診断と治療法は一様ではない²⁾。

音声障害の有無の判定では、外来診療でのGRBAS評価も含めた聴覚印象や音響分析などで解明する場合がほとんどであるが、歌手では異常が指摘できないことがある。これは、歌唱での声の使い方が、診療中の話声や音声検査で通常用いられる無関位(easy phonation)ではなく、特殊な歌唱発声を行うことに起因するからである。今日まで本学会では、病的声帯についての声の評価の研究は多いが、いずれも無関位発声で行っており³⁾、正常声帯での発声法の違いによる声の変化は研究対象外であった。歌手の音声障害を考えるうえでは、特に就業中の音声が無関位発声ではないことを考えると、歌唱時の発声状態の評価をする方法が必要と考えた。そこで発声のメカニズムに沿った評価法を2種類のボイスマップとして考案したので、その基本方針を述べる。

職業歌手は、声帯結節やポリープなど良性隆起性病変をきたすことが多い^{2,4)}。治療法は、吸入、内服などの保存的な治療法が優先されるが、声の安静が保ちにくく、改善が困難な場合もあり、手術的治療を勧めることがある。この場合は、比較的短期間での処置を

求められることが多く、外来での日帰り手術が役立つことがある⁵⁾。従来全身麻酔下でのマイクロラリngoサージェリーが歌手等には行われてきたが、私はこれまでの喉頭鉗子を用いた外来手術の欠点を改良した声帯メスを用いたファイバースコープ手術を行っているので術式を報告する。

発声状態を評価する2種類のボイスマップ

声帯結節やポリープなどの良性隆起性病変は、発声の悪習慣により発症するといわれている。古くから謡人結節といわれるように職業歌手で発症が多いとされる²⁾。それらの多くは、無理な発声など音声の酷使が原因といわれているが、その発声状態を客観的に表す指標はない。声の生成は、呼気調節と喉頭調節と声道調節の3つの要素により成り立つ。これまで個々の要素についての検査法と評価法は開発され実用されてきたが⁶⁾、この発声の3要素を関連づけるような評価法の発想はなかった。発声状態の評価や発声法を表す方法として、図1のように呼気調節と喉頭調節から声の高さと呼気流率の関係図を、喉頭調節と声道調節から喉頭と声道調節による音色図の2種類のボイスマップを考案し、発声状態、発声法の評価を試みた(図1)。

1. 声の高さと呼気流率による関係図 Voice Map E-L (E: expiration control, L: laryngeal control)

声域は低い声から高い声まで性差や個人差は大きいものの、2~4オクターブあるといわれる。同一人物に低い声からできるだけ高い声まで持続発声させると、音色の変化が起きおても声からうら声になる⁷⁾。これは声帯振動パターンの変化を表している。また同じ声の高さでも通常の話声から発声を始め徐々に息漏れを伴う声を増やし音色を変化させることも可能である。これに留意して発声機能検査装置PS-77を用い2回測定を行う。1回目にできるだけ低い声から高い声まで続けて発声する。2回目には発声可能な低い声か

ら1つの音程を一息ずつ通常の話声から息漏れの多い声を出させ、徐々に声の高さを上げてゆく。この2回の結果を合わせると声域と呼気流率を図示することができる(図2)。横軸は声の高さで縦軸は呼気流率を表している。同一被検者で新たに別の方法で計測を行

う。同じ声の高さで、おもて声とうら声を出すことが可能で、そのときの声の高さと呼気流率の関係は図3のようになる。この図2と図3を重ね合わせると図4になる。この図4では、声帯振動パターンを表すおもて声 modal voice (図4a), うら声 falsetto (図4c), ホイッスルボイス whistle voice (図4e) ボーカルフライ vocal fry (図4f), の4つの声帯振動パターンの位置付けが可能となる。これを声の高さと呼気流率による関係図 Voice Map E-L とした(E: expiration control, L: laryngeal control)。発声の仕方により、おもて声(図4a)とうら声(図4c)の変換点は意図的に調節可能で、図に示したaとcの重複する格子線のbとして表される。うら声からホイッスルボイスへの変換点のdについては、ホイッスルボイスが可能な被検者が少ないことや、聴覚的な判断が難しいこともあり判定は難しい。今後ハイスピードカメラ等で声帯振動パターンを確認し明らかにしてゆきたい。図4fはボーカルフライで

図1 声の生成と検査、ボイスマップの関係

図2 声の高さと呼気流率の関係図

発声機能検査装置 PS-77 では 1000 Hz までが連続測定による図示が可能。

図3 同じ声の高さでの声区別呼気流率、被検者(52歳ソプラノ声楽)

一定の声の大きさになるように声区を変えて発声、この被検者ではおもて声よりもうら声のほうが呼気流率が多かった。

図4 声の高さと呼気流量による関係図 Voice Map E-L

a: おもて声, b: おもて声とうら声の変換領域, c: うら声, d: うら声からホイッスルボイスへの変換領域, e: ホイッスルボイス, f: ボーカルフライ, g: 息漏れの多い気息性発声

図5 喉頭調節と声道形態による音色図 Voice Map L-V

横軸に声道形態（ゼロ：意図しない状態，マイナス側：声道長が長い，声帯側が広い，プラス側：声道長が短い，口側が広い），縦軸に声門閉鎖性を表わす喉頭調節（ゼロ：意図しない状態，マイナス側：声門閉鎖が強い，プラス側：声門閉鎖が弱い）。

a のおもて声への変換の判断は容易である。図 4g は、息漏れの多い気息性発声となる。

今回考案した声の高さと呼気流量による関係図 Voice Map E-L は、個人の発声能力を表す従来のフォ

ノグラムやボイスプロファイルとは異なり⁶⁾、声域と呼気流量の関係図の中に予測される声帯振動パターンを表すことが特徴である。呼気調節と喉頭調節で声帯振動パターンが決まり、そのときの声帯振動数で声の

高さが決まる。歌手では、これらの調節を自由に行い声帯振動パターンと声の高さを決めている。歌唱の発声指導では、おもて声とうら声の声区の変換の説明は重要であるが、歌唱の分野や性別によっても異なり説明は難しかった。また最近の流行であるポピュラー歌手などの息漏れを伴う声の発声状態の位置付けなど、従来説明が難しかった声帯振動パターンと声の高さの関係を図示できるのでボイストレーニングや音声治療でも役立つものと考ええる。

2. 喉頭調節と声道形態による音色図 Voice Map L-V (V: vocal tract control)

喉頭原音は、声帯の振動の仕方でも音色が変わる。その喉頭原音は声道形態の変化でさらに音色が変わり口唇から声として発せられる。この喉頭調節と声道調節の関係を喉頭調節と声道形態による音色図 Voice Map L-V とした (図 5)。横軸に声道形態 (意図しない状態をゼロ、マイナス側を声道長が長い、声帯側が広い、プラス側を声道長が短い、口唇が広い) とし、縦軸に声門閉鎖性を表す喉頭調節 (意図しない状態をゼロ、マイナス側を声門閉鎖が強い、プラス側を声門閉鎖が弱い) とした。一般に一方が開いた管の最も低い共振周波数は、 $\text{周波数} = \text{音速} / \text{波長}$ で表される。したがって声道長が長くなると共振周波数も低くなる⁸⁾。横軸の声道形態に影響を与える因子は長さのみではない。声道長が延びる場合、声門側が広がる場合も単に長くなるのみの場合も想定されるので複雑である。内視鏡で喉頭と下咽頭の形状、口蓋垂の位置、外観からの喉頭の高さ、顎関節の開口具合、口唇形状などで声道形態を推測し判断した。声門閉鎖性の判断は、electroglottograph を用いた。縦軸でマイナス側は声門開放時間率 open quotient が低く、プラス側では声門閉鎖がない状態では 1 になる。喉頭の位置が高く、口唇が開くと声道は横軸方向にも短くなるためボイストレーナーや被検者にもイメージとしてわかりやすいため横軸を声道因子とした。被検者の無関位での状態をマップでの中央値ゼロとすると、喉頭の高さや声門閉鎖性の違いにより、同一人物でマップ上にさまざまな音色が配置される。音声治療やボイストレーナーが発声指導する場合、声道形態因子と喉頭調節因子を分けて考えることが可能なため、具体的な発声指導が容易になる。また発声状態を図面上で表すことができるので、被検者にもわかりやすく説明できると考える。実際には、喉頭調節の変化は内喉頭筋等の筋緊張による声帯の形状の変化がかかわるため、声道の起始部である声帯上の喉頭室や下咽頭の形態の変化も起こさせ

る。すなわち喉頭調節の変化は声道形態に影響を与えながら、声道独自の形態変化が加わり音色の変化を起こすことになる。声道中間部の上咽頭腔や鼻腔への共鳴の関与など複雑で今後の課題である。しかし発声指導や発声状態を考える場合に、このように声道調節因子と喉頭調節因子を分けて考えることは有益だと考える。

3. 発声状態、発声法の評価の必要性

これまで音声障害患者の診察にあたっては、基本的に声や喉頭の検査が行われ、声楽指導者やボイストレーナーが指摘するような喉頭の高さやのどの閉め方など、聴覚的な声からの判断と視覚的な外観から観察可能な発声状態、発声法を評価する習慣はなかったといえる。発声法が疾患の発生に直接関係していると理解している音声治療に興味をもつ医師が増えてきたものの、いまだに発声状態を客観的に表わす言葉はなく、“のど声” など主観的で経験的な表現が使われてきた。音声障害を考える場合には、発声のメカニズムを考慮した客観的な立場から発声状態や発声法の評価を行うことは治療のためにも大切なことである⁹⁾。今回考案した Voice Map E-L と Voice Map L-V は、これまで発声指導者が主観的で経験的に行ってきた発声状態、発声法を客観的な立場から評価することを目的に考案した。発声状態や発声法の評価は、歌手などの現場での発声状態の把握や音声治療やボイストレーニングでの被検者への視覚的説明に用いるのに有益であると思われる。具体的な使用法や計測法については今後提示することにして今回は基本方針について解説した。

声帯メスを用いたファイバースコープでの声帯手術

職業歌手は、音声の酷使により良性隆起性病変をきたすことが多く、基本的には吸入、内服などの保存的な治療法が優先される¹⁰⁾。しかし改善が困難な場合は手術加療を勧めることがある。通常行われている全身麻酔下でのマイクロラリngoサージェリーは、咽頭反射が強い症例でも病変部位を静止させることが可能で、術者が両眼視により病変を立体拡大視しながら、両手操作で行えるなど術者にはメリットが大きい。一方、全身麻酔で弛緩した声帯は発声時の状態とは異なっていたり、切除などの処置後、すぐストロボスコプで声帯振動を確認できないなど手術時のデメリットや全身麻酔のリスクや設備、費用など医療サイドの問題などがある。最近患者のニーズにより外来日

帰り手術がどの分野でも求められてきた。これまで喉頭鉗子を用いた外来手術が報告されているが¹¹⁾、職業歌手など繊細な手術が求められる場合は、適応がないと考える。私はファイバースコープによる声帯手術で使用可能な声帯メスを開発し多くの職業歌手に行っているため術式を述べる。この術式は、局所麻酔で行うため咽頭反射が比較的少ない例に限られるためすべての患者に適応があるわけではないが、これまで80%ほどの症例で可能であった。手術法は鉗子挿入口が付属している処置用喉頭ファイバースコープで画質上は電子スコープが望ましい。食道静脈瘤硬化療法穿刺針(NM-201L-0425, 0623, 0625, 0823)の先端形状をメス状に低いだものを使用する(図6)。病変の大きさにより前もって使用する針タイプを決めておく。これをファイバースコープ鉗子口より挿入し病変に近づき先端を出す。切開部位はストロボスコープで低い声から高いうら声まで出させ、病変周囲の声帯振動を確認し、できるだけ粘膜波動起始部である声帯下縁は触れないよう注意する。図7, 8は、声帯ポリープ症例の手術で、

図6 ファイバースコープでの手術用に開発した声帯メス
メス先の長さは調節可能。

図8は歌手に多い内容が透けて見える水胞性ポリープ症例である。病変の声門上側の下縁と声門下側の下縁をまず声帯縁に平行に切開線を入れる(図7, 8)。切開線を入れた後は、通常の術式と同様でファイバースコープ用の鉗子を用い病変を摘出する。前もって切開線があるため病変部位を正確に切除可能で、通常の鉗子で引きちぎる操作で生じる副損傷はない。また小さな病変の場合は、大きな喉頭鉗子の先端では見えづらくなるが、ファイバースコープ用鉗子は小さいため手術中に切除部位の観察が十分可能である(図9)。病

図9 喉頭鉗子とファイバースコープ用鉗子の先端
前者先端は閉じて5ミリぐらいあるが、後者の先端幅は約2ミリで、視野が良好で病変の把持が正確である。

図7 声帯ポリープ症例

1, 2:ファイバースコープ用メスでポリープの上縁と下縁に切開線を入れ, 3. ファイバースコープ用鉗子で把持, 4: 摘出する。

図8 水胞性ポリープ症例

1. 隆起性病変内に水胞様病変が透けて見える, 2, 3: 水胞の上縁と中縁に切開線を入れ, 4. ファイバースコープ用の鉗子先を切開線に挿入し小さく開き病変を把持, 5: 摘出する。

変を鉗除するには、ファイバースコープ用鉗子は、2ミリ以下の病変には対応できるが、それよりも大きいと不可能になる。大きなポリープなどの症例では、喉頭鉗子でも鉗除できない場合がある。この場合ファイバースコープ用声帯メスで切開線を入れれば、ファイバースコープ用鉗子で把持しスコープごと病変を抜き取ることが可能なので、大きな病変への対応も可能となる。本術式は、経鼻のみであるため患者への負担が少ない。喉頭鉗子を用いた手術では、閉じて5ミリ以上ある太い鉗子先端で病変が見つらなくなる。なおかつ最近報告されている観察用にファイバースコープを用いる術式では、狭い咽喉頭腔の中で喉頭鉗子とファイバースコープの挙動が交差し操作がたいへん難しい。これに対してファイバースコープ用声帯メスを利用した声帯手術は、手術手技も容易で、繊細で正確な手術が可能であり、何よりも患者の苦痛が少ない外来声帯手術法である。今後ファイバースコープ用声帯メスの市販化が行われれば、外来での喉頭手術の適応が広がり患者サイドに大きなメリットがもたらされると考える。

稿を終えるにあたり校閲いただきました東京大学名誉教授 廣瀬 肇先生に深謝いたします。

文 献

- 1) 齊田晴仁：音声障害の診断，社会の変化と耳鼻咽喉科専門診療。耳鼻と臨床，40：261-264，1994.
- 2) Saida H: A clinical study of vocal disorders in patients singing classical songs. Ann Bull RILP, 26: 123-132, 1992.
- 3) 小池靖男：呼気流量測定法。声の検査法基礎編，第2版，91頁，医師薬出版，東京，2005.
- 4) 齊田晴仁：音声治療を実施する耳鼻咽喉科開業医の立場から—LED ストロボスコーピーとストレインゲージを用いた呼吸運動の分析等—。音声言語医学，50：144-152，2009.
- 5) 齊田晴仁：喉頭（音声）の day surgery, 外来での音声外科。耳鼻と臨床，45(2)：174-176，1999.
- 6) 日本音声言語医学会編：新編 声の検査法，医師薬出版，59-247，192-203頁，2011.
- 7) 齊田晴仁，今泉 敏，廣瀬 肇：歌声声区変換機構の空気力学的，音響学的検討。喉頭，6：24-32，1994.
- 8) 廣瀬 肇：新ことばの科学入門，医師薬出版，東京，2008.
- 9) 廣瀬 肇，城本 修，小池三菜子，他：STのための音声障害診療マニュアル，インテルナ出版，東京，2008.
- 10) 齊田晴仁：声帯疾患，咽喉頭炎の局所療法，外来処置ハンドブック。JOHNS, 15(4)：661-664，1999.
- 11) 中村一博，渡邊雄介，吉田知之，他：術者単独で施行する外来日帰り局所麻酔下喉頭内視鏡下手術。気食，61(5)：445-451，2010.

別刷請求先：〒222-0037 横浜市港北区大倉山 3-42-16
さいだ耳鼻咽喉科気管食道科クリニック
齊田晴仁