

# 声楽発声能力の評価手法確立への検討<sup>†</sup>

## —呼気能力測定を導入—

小原 伸一\*

宇都宮大学教育学部\*

教員を目指す学生への声楽指導では、演奏家として芸術作品の音楽表現、また教師として音楽文化の継承と普及への携わりと両面に亘る実践能力を育てることになる。そこには先人たちが築き上げ自分自身もその恩恵に与った大きな体系の存在が実感できる。それは階層的に構成された多くの要素で成り立っている。

楽曲の形をもつ「エチュード」が体系の最先端だとすれば、呼気能力の開発は歌唱を支える心身的状況の最も基底に係るものでそこに指導や当人の音創りへの努力がよく反映することも感覚的に認知されている。

スポーツ界では、科学的計測手法の導入が進み、経験に頼る指導方法から脱して学習する新たな流れを作り出している。それは、客観的に数値化された努力の効果となって、学習者の自己評価を支援している。

同じく身体を道具とする声楽の指導では、こうした手法の導入は遅れているのが現状である。萩谷克己氏が吹奏楽の分野で呼気能力測定の可能性を示したのを知り、声楽の分野での効用も期待され導入を決めた。

本稿では、教育現場における科学的発声指導法の確立を目指し、先ず着手した探査的検討の結果を述べる。

キーワード：声楽 発声 呼気 評価

### 1. 課題の所在と背景

#### 1.1. 声楽における基礎訓練の構成

声楽における発声基礎訓練は、声楽分野では図1.に示すような組み立てになっている。発声は音の問題なので発声音の音響分析が科学的追及の手法となる傾向がある。しかし、発声の指導現場では、身体を発音体として仕上げるために、様々な心身強化を目指した基礎的訓練法等も経験的に開発され実行されている。声楽の発声指導者として「姿勢」と「呼吸」は発音の必須条件と意識して実践している。図1.に關係要素を構図化して示した。

近年、第一線で活躍する器楽奏者自らが発音に係る身体条件の寄与に視座を置き、科学的検討を行った例が現れている<sup>[1][2]</sup>。小原は修士研究で「姿勢」に着目し、声楽分野でのその種の追及手法の可能性を知った。ただ当時の研究は図の下側のみであり、

「呼気」に係る上側の研究も行うことで構成全体が満たされることになる。

声楽発声時の姿勢評価は、同時に起こる呼吸動作の影響を無視できないことも明らかである。図1.に示すように「共鳴・姿勢」に加え、測定器の開発を含む「発音・呼吸」への取り組みを研究課題として取り上げるようになった。

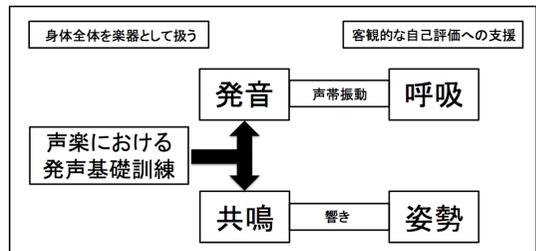


図1. 声楽発声基礎訓練の構成 (小原)

図1.の「発音」は声帯の振動により歌声を作り出す動作を指し、右の「呼吸」はその声帯振動に必要なエネルギー源である。今後は「呼吸」の定量的な計測が測定調査の対象となる。

<sup>†</sup> Shin-ichi KOHARA\*: Measuring Breathing Ability in Vocal Music: Toward a Proper Evaluation Method for Vocal Techniques

Keywords: Vocal Music, Breathing, Evaluation  
\* School of Education, Utsunomiya University  
(連絡先:koharas@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

## 1.2. 小原修士研究から導かれた課題

発声時の姿勢については、医療機器として開発されたピドスコープを用いて立位姿勢の重心安定性を測定し、表1.示す結果を得た。

表1. 発声時の重心安定性 (小原)<sup>[2]</sup>

発声姿勢		初心者	経験者
1	発声時重心位置	不安定	安定
2	重心安定性靴の効果	僅少	顕著
3	重心動揺面積	大	小
4	重心移動距離	大	小
5	前後方向	大	小
6	左右方向	大	小

初心者と経験者の比較から、発声時の姿勢安定性は経験者の方が高くなっていることがわかる。音楽レッスンを継続して受け、発声の訓練を積み重ねた人は、全体として演奏時の立位姿勢が安定するという結果が得られた。発声時の姿勢安定性を調べることで、発声技能の習得とともに発声時に無駄な動きが減少し、効率の良い体の使い方ができるようになるという指導効果の一側面が明らかになった。発声時の姿勢を調べることによって、経験者は身体の動きを制御できるようになるという重要な学習の成果を、発声時の姿勢を調べることから得ることができたのである。当時から見れば計測を支援する基礎技術の進歩発展は著しい。その意味で、「姿勢」関係の計測装置の改良も課題となっている。

呼吸能力計測の導入は、図1.で当時取り残していた発声の基礎要因として意味がある。「姿勢」の安定性に「呼吸」も深く関わりを持っている。

### 1.3. 萩谷克己氏の実験

東京藝術大学の音響研究室の先輩であるトロンボーン奏者で吹奏楽指導者でもある萩谷克己氏は、修士論文研究で呼吸能力調査の可能性を示した<sup>[3]</sup>。そこでは管楽器奏者の口腔内の気圧と流量を、音高と音量の違いによる条件設定で気圧特性を測定し、その相関性を明らかにしている。

そして近年、図2.にその例を示すように、高等学校の吹奏楽部員を対象として、自作の計測器を用いて示唆に富む呼吸能力調査の成果を出している。

萩谷の測定器は簡易で安価、学生が各自、自分用を持ち、科学的根拠をもつ情報を得て自己評価の支援を受けられる、そのような将来の利用状況も想像

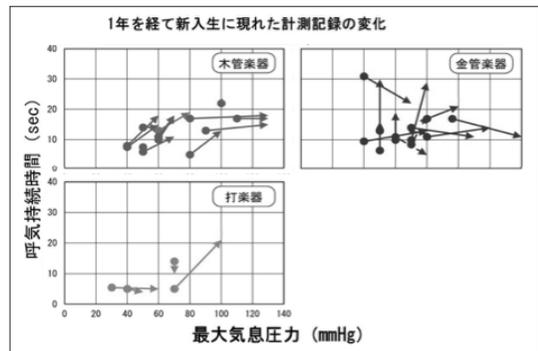


図2. 高校吹奏楽部員の呼吸能力調査 (萩谷)

できる機能性を備えているところが魅力的である。

図2.を見ると訓練で伸ばしやすい能力(息の圧力)とそうではない能力(氣息=肺活量)があること、扱う楽器によって特徴が現れているのがわかる。

そこで、萩谷氏の教示を受け、写真2. のような測定器を自作し、研究室として呼吸能力について一連の試行的で探索的な測定を行った。

## 2. 小原研究室での呼吸能力測定導入の実践

### 2.1. 呼吸能力調査における測定量

計測量は次の2項目3種類である。

- ①最大呼吸圧 (排出弁全開)
- ②呼吸持続時間20mmHg (排出弁全開)
- ③呼吸持続時間10mmHg (排出弁全開)

①の最大呼吸圧は、排出側の弁を閉じて被験者が息を吹き込んだ時の圧力である。呼吸の流れはなく、静的圧力といえる。

②③は、排出弁を開き、指定する気圧計の指示値を保持しながら呼吸を吹き込んだ場合の持続時間。

肺活量の計測に似ているが、計測内容と条件は異なる。呼吸は測定器側と弁を開いた排出側とに分かれて送られている。

### 2.2. 自作測定器について



写真1. 萩谷製作測定器



写真2. 小原製作測定器

測定器は市販の気圧計 (マノメータ)、分岐弁、

導気管で構成される。分岐弁には家庭で鑑賞魚などを飼う水槽の空気供給装置の分流部品を利用している。

### 2.3. 自作器による試行実験と検討

表2. 小原自作器による試行的測定値

No	M/F	最大呼気圧 / mmHg	20mmHg 持続時間/秒	10mmHg 持続時間/秒
1	M	106	38	42
2	F	52	27	48
3	F	92	30	44
4	F	40	不可	51
5	F	80	17	45
6	F	82	30	53
7	F	92	30	49
8	F	100	29	42
9	M	106	35	62

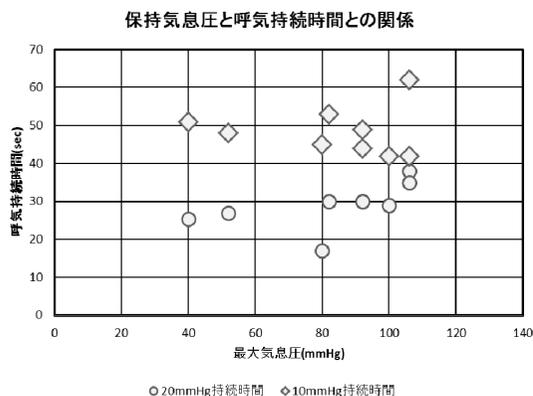


図3. 小原自作器による試行的測定の結果

図3は小原の自作器を用いて測定した“初データ”の図表化である。なお、被験者は学部学生9名で、男性2名、女性7名であった。表2.にその数値を示した。

一般的には、文系の学生がこのような理工科系の計測作業に違和感を抱くのではという懸念があるかも知れない。確かに、われわれにとっては挑戦的な課題である。しかしこの研究課題の追及は、丁寧に地道な努力を重ねて行きたい。

萩谷氏は呼吸持続時間測定における標準測定条件として保持呼吸圧力条件を20mmHgとしている。経験によりそれが適当と判断しての設定であった。

ただ被験者の中に20mmHg条件では呼吸吹き込みが困難な状況になることがあり、その場合は10mmHgで測定し、その測定値を1/2にして「評価

用の数値」としている。

そこで小原研の試験実験ではすべての被験者に2種類の試験条件での測定を行って見た。1名が20mmHg条件が困難だった。そこで補正処理をして扱うことにした。(表2.参照)

最大呼気圧は40～108mmhgと2倍以上の差が指摘できる。それに比較すると持続時間は全体に一定の範囲に収まっている。被験者4は20mmhgの持続が困難であった。

同一被験者の20mmhgと10mmhgの時間比は1.1倍から2.6倍の開きとなっている。全体として持続時間は保持する気圧値が高いほど短くなる傾向が認められた。

### 2.4. 探査的実験の成果

#### 2.4.1. 呼吸持続時間値への導管部構成の影響

小原の自作器を用いた試行的測定結果を萩谷氏の測定結果と比較すると持続時間の値が全体的に大きいことが判った。それが正しいかどうか確かめる手始めとして、まず部品についての検討をした。

①気圧計は、萩谷氏の指導で同機種を購入。それには感度の調整や校正の機能は本来付いていない。

②排出弁は独自に関係店で入手したものであり、今、写真1.2.を見比べればわかるように、同じ製品ではないことが判った。

そこで、測定値に影響を与える原因を調べるため萩谷氏と比較試験をする機会を設けた。

ここからは大変貴重な知見を得ることが出来た。

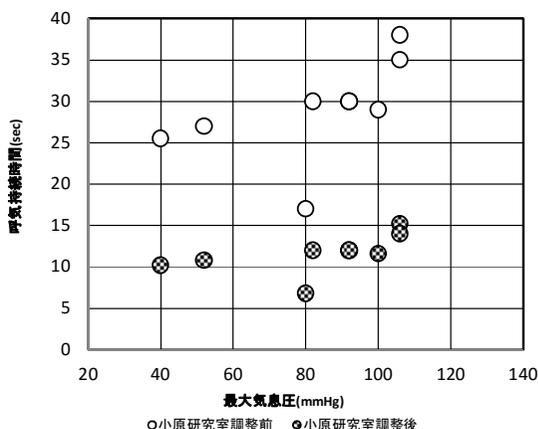


図4. 萩谷器基準調整で補正された測定値

比較試験の結果、最大気息圧については、両測定器の指示値間に問題となるような差異は現れなかった。

これにより、持続時間の値に現れた問題は気圧計以外にあると考えられた。試験では呼気の吹き込みに対する抵抗感に明らかな差異があり、小原器は萩谷器に比べ抵抗感が明らかに小さいことが感じられた。原因は排出弁の仕様の違いとともに導気管の接続法も含む導管部の構成にあることが判明した。

#### ①測定器の調整

新しい仕事をするためには新しい装置や測定器の開発から取り掛かなければならないこともある。

呼吸能力調査のための測定にはその課題が含まれている。事象を数値として捉えることが出来れば、その後はパソコン利用の情報処理が導いてくれる。測定器の要件はその指示値の信頼性である。大小関係が指示されるだけでは役を果たせない。

個別に実験していた2組の測定器を初めて同一の場所で測定する機会を得ることができた。

表3. 萩谷器と小原器との比較

	萩谷器	小原器
静的気圧計感度	基準値	萩谷器と一致
呼気吹き込み抵抗感	かなり強い	弱い
呼気持続時間実測値	基準値	長くなる
排気弁(空気分流部品)	2分岐型	3分岐型
導気管太さ	内径 4mm	内径 4mm

集合場所の都合があり実験室の様な計測はできないが、呼気利用の熟練者による検討には意味がある。

注目されるのは、呼気吹き込みに抵抗感が少ないと呼気持続時間が長くなることである。意外な結果であったが明らかな事実であり、これは呼吸能力を理解する入口になるかも知れないとの感触を持った。

#### ②実測値補正推定の方法

幸いなことに、小原が購入した水槽に空気を供給する気流分岐部品は3分岐型であった。呼気測定で排気通路となる部分を三つ目の弁を調整して抵抗感を合わせられることが判った。

これによって小原器による測定条件を萩谷器に合わせることが出来た。

#### ③調整前の測定結果からの推定

調整前の測定値を無効として破棄するのが、最も正しい。しかし、次のような考え方で、調整後の値

を推定できる。その結果はすでに図4.に示している。

萩谷氏が自作の測定器と調整前の小原器との使い比べをした。その結果、継続時間について、小原器での値は萩谷器の約2.5倍の値となった。

そこで小原研の測定結果の値を一律に40%にする修正値の推定を行った。

簡単なようであるが、その背景には演奏者として鍛え備えた技術、そして気圧計で管理する一定気流条件を前提に比例法則を当てはめた論理がある。

この作業では、測定値を補正することの必要性を認識するとともに、接続するパイプの長さや分岐弁のタイプなど、周辺器材を含め異なるセットでの測定を行ったとしても、器材間の校正（キャリブレーション）を適切に行うことが必要である。

どのような空気抵抗条件で測定するのが最善かという問いに、まだ結論を得ていない。それは今後の研究課題である。

#### ④萩谷氏の成果と比較。

応急的な修正値ではあるが、先行する萩谷氏の調査結果に重ねてみた。

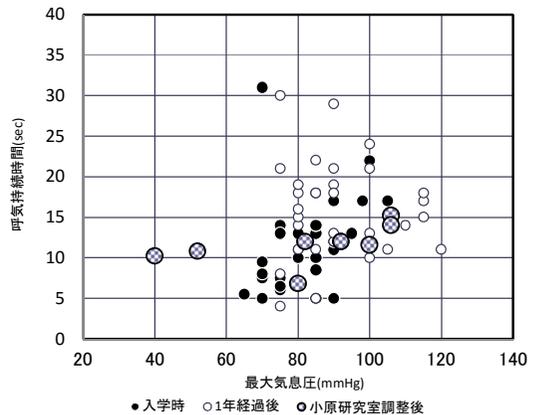


図5. 高校吹奏楽部員に対する萩谷調査

呼吸能力測定の導入した実践を通して、今後の測定に備え予め整えておくべき新たな知見を得ることができ、それらをまとめることができた<sup>[4]</sup>。

#### 2.4.2. 専門による影響

スポーツにおける測定値と、音楽における測定値の比較及び相関について検討することも関心のある課題であるが、今回の条件の中で結論を出すことはまだ慎重を要する。スポーツの異なる種目ではトレーニングによって鍛えられる身体部分に共通する

部分と異なる部分があるように、音楽においても異なる専門ごとに同様のことが存在しているのではないかと考えている。特に、声楽に必要な基礎能力の評価を行うための専門性を踏まえた適正化は今後の課題としたい。

### 2.4.3. 呼気持続時間測定における 保持気息圧の影響

今回、持続時間については2種類の保持気圧値を設定して測定を行った。これは、保持気息圧間の関係がどのようになっているかを調べるためでもあった。10mmHgと20mmHg実際の測定値の時間比率を図6.である。

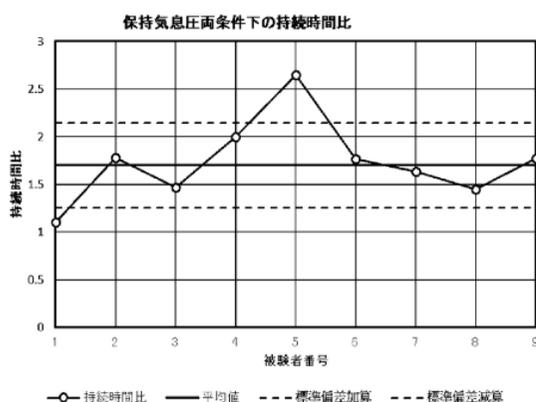


図6. 呼気持続時間測定における保持気息圧の影響

計測の結果、保持気息圧が1/2になれば持続時間はほぼ2倍程度と考えることができる。このため、今後は特定の保持値を設定し測定することで保持時間能力としての評価ができそうである。設定値をどの程度とするかは今後検討の余地がある。

### 3. 今後の課題と研究の方向

声楽の授業では、学生がより高度な演奏能力を習得できるように様々な方法で発声指導が行なわれている。身体を使って特定の動作をするという点から音楽における歌う行為はスポーツ界の運動と共通している部分が多い。

スポーツ競技の記録を伸ばすため、その指導者は選手の体力状況を科学的に計測し、そのデータの記録・分析を基にトレーニング方法を考えている。声楽もこれと同様に学習者の歌唱能力状況を科学的に計測し、そのデータに基づく発声指導を行うことは十分可能である。

そこで必要になるのが、レッスン室で簡単な装置により簡易な方法で発声の基礎能力を評価できるデータを得られるようにすることである。今回はそのための探査的な測定実験を行い、呼気能力に着目し自作測定器の実用性について測定データを含めて検証した。

今回の小原研究室測定で被験者となった学生は、声楽演奏を想定した自己の呼気能力の測定を行うことに非常に高い興味と関心を持ち参加していた。今回の手法が、学生が教員となり教育現場で子どもたちの歌唱指導を実践する場で用いられるようになれば、歌う力をこれまでとは異なるアプローチで学ぶことができるようになると考えている。経験や勘を大切にしながら、科学的な根拠を持った学習の支援も行えるようになる。

そのためにも、測定器材は簡易で入手しやすく、測定時の心理的・肉体的負担が少なく、リアルタイムで測定値が認識できるものでなくてはならない。

また、教育現場の指導者のニーズに応えられる評価方法を確立することも必要である。

小原研究室での今回の測定は、試行的な段階での実施ということもあり、被験者の継続的な変化を測定するところまで至っていない。今後は機器の改良と開発を行いながら指導方法について検討を行いたい。また、従来取り組んできた姿勢評価と呼気能力の関連も視野に入れ研究を進めたいと考えている。

### 4. 謝辞

本研究を行なうにあたり、音響学の立場から中村俊一先生より多大なる支援と協力をいただきました。また、萩谷克己氏より呼気測定器の技術的な情報提供及び測定方法に関する具体的な提案をいただきました。深く感謝を申し上げます。

### 参考文献

- [1] 向井将・峯岸壮一、「吹奏中の胸部の動き」音楽音響研究会資料,MA92-5,pp1-7,1992年.
- [2] 小原伸一,日本音響学会平成4年度秋季研究発表会講演論文集,I,1-5,日本音響学会,pp.603-604,1992年.
- [3] 萩谷克己,「吹奏時の氣息の分析から見たトロンボーン奏法の考察」,日本音響学会研究会資料,Ma83-4,Vol.2,No.2,1-5,日本音響学会,1983年.
- [4] 小原伸一,萩谷克己,中村俊一,「呼気による楽奏の背景にあるもの-声楽家として-」日本音響学会

2017年春季研究発表会講演論文集,I,3-4-2,日本音響  
学会,pp.741-742,2017年.

平成29年3月31日 受理