声楽未習熟者における歌唱時の体表面運動データの動作解析と特徴抽出

Motion Analysis and Feature Extraction of Physical Movement Data During Singing by inexperienced vocalist

伊藤　仁城[*1]，召田　優子[*1]，永井　孝[*2]，小畑　朱実[*3]，谷　友博[*3]，山口　道子[*3]，
池田　京子[*4]，山下　泰樹[*6]，香山　瑞恵[*5]
Masaki ITO[*1],Yuko MESUDA[*1],Takashi NAGAI[*2],Akemi OBATA[*3],Tomohiro Tani[*3],
Michiko YAMAGUCHI[*3],Kyoko IKEDA[*4], Yasuki YAMASHITA[*6],Mizue KAYAMA[*5]
[*1] 長野工業高等専門学校，[*2] ものつくり大学，[*3] 武蔵野音楽大学，
[*4] 椙山女学園大学，[*5] 信州大学，[*6] 長野県工科短期大学校
[*1]NIT, NAGANO COLLEGE, [*2] INSTITUTE OF TECHNOLOGISTS, [*3]Musashino Academia Musicae,
[*4]Sugiyama Jogakuen University,[*5]Shinshu University, [*6] Nagano Prefectural Institute of Technology
Email: y_mesuda@nagano-nct.ac.jp

あらまし：本研究では，先行研究で発見された声楽習熟者に多く見られる「支え（歌い始めの準備動作）」において，声楽未習熟者にも観測されるのか解析すると共に，声楽未習熟者における，ブレス時と歌唱時の腹部運動の傾向を確認した結果，未習熟者はブレスにより腹部が膨張しきった後すぐに歌い始める傾向にあり，準備時間を十分に確保できていないことが確認された．さらに習熟者と未習熟者では体の使い方が違うことが示唆された．

キーワード：歌唱，呼吸，評価，教育，動作

1.　はじめに

現在の歌唱教育の現場においては，指導者の長年の経験や感性に基づく，主観的な評価および指導が主流となっている．指導の際は体の使い方に関するものもあり実際にできているかを定量的かつ客観的に評価するシステムがあれば，指導者の歌唱教育の援助に貢献できると考えられる．また，学習者の効率的な自己研鑽を促すだけでなく，歌唱技術の向上に貢献できる可能性がある．

2.　目的

本研究は，歌唱中の腹部および胸部の体表面の変動をセンサにより計測し，主に声楽未習熟者を対象としてブレス間の腹部および胸部の運動および歌唱中の体の動きに着目して解析を行う．さらに声楽習熟者と比較することで新たな特徴の抽出を試みる．

3.　先行研究

先行研究では,声楽習熟者の歌唱中の腹部と胸部の動作特徴等について研究した．結果，声楽習熟者には，ブレス時の腹部の膨張による極大値が歌い始めより前にくる特徴がみられ，これは歌い始めの準備動作（支え）ではないかと考察された[(1)]．加えて，ブレス後の腹部の変位について，胸部が収縮しているにも関わらず腹部が変動していない，または膨張している箇所が一部の人に見られていた[(2)]．

しかし，先行研究では主に声楽習熟者を対象に研究されていたため，声楽未習熟者のデータ数が少なく，声楽未習熟者にも同様の特徴が現れるのか詳しく分析できていない．そのため，本研究では未習熟者に焦点を当て，ブレスから歌い始めまでの時間と歌唱中の腹部変位に相関があるか調べる．

4.　実験方法

本研究では，腹部および胸部の体表面変動データの取得のためにウェアラブルセンサとして Hexoskin を用いた．声楽未習熟者に Hexoskin を装着してもらい「ふるさと(図 1)」を表 1 の条件で歌唱してもらった歌唱範囲を①～④の 4 フレーズに分け，被験者に各フレーズの前でブレスを意識的に入れてもらった．

実験の様子を体正面および体側面から録画し，さらに音声の録音も行った．データの同期に関しては，Hexoskin のロガーをカスタネットに加速をつけて接触させることで，ロガー内の加速度センサと音声波形を同期させた．被験者は声楽未習熟者 10 名である．

表 1　実験条件

曲	「ふるさと」 声楽習熟者：うさぎおいし～かのやま 声楽未習熟者：うさぎおいし～かのかわ
被験者	声楽習熟者:プロの声楽家 7 名,先行研究で取得 声楽未習熟者：19 歳男性 10 名
測定箇所	胸部：指定なし，腹部：へそ下 1cm
姿勢	立位
メトロノーム	声楽未習熟者のみBpm82 3/4でサポートを行う．
測定回数	声楽習熟者：2 回／人，声楽未習熟者：4 回／人

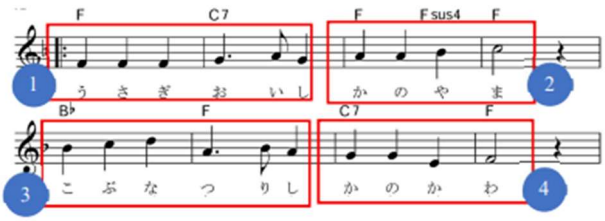


図 1　ふるさと楽譜

5.　実験結果と考察

図 2 に未習熟者の代表データを示す. 腹部(青線)と胸部（緑線）の体表面データに加え，歌唱の開始を黒, 終了を赤の垂直線でそれぞれ示した. 縦軸は, 深呼吸の最大・最小値を基準（100%・0%）とした各部位の膨らみ割合である．図 3 は，腹部膨張の極大値から歌い出しまでの経過時間（横軸）と，各フレーズ区間の全要素を近似した直線の傾き（縦軸）との相関図である．未習熟者を青，習熟者を橙の点でプロットしている．表 2 には図 3 で得た相関図を元に，各フレーズで相関係数を導出し，まとめたものを示す．以下に，解析した結果と考察を述べる．

・声楽未習熟者の準備時間の有無について

図 2 より，多くの未習熟者が歌い始め前に極大値が来る動きを確認することができた（図 2 中四角部分）．しかし，図 3（b）において，習熟者と比較すると極大値から歌い始める時間が短い箇所に分布していることが読み取れる．このことより，準備しているとは言い難いほど短いため準備時間が確保できているとは言えないと考えられる．

・歌唱中の胸部および腹部変位について

図 3（a）より，未習熟者の分布が習熟者の分布より y=0 に近いことが読み取れ，未習熟者の方が胸の変動が少ない可能性がある．実際に呼吸により空気が入るのは呼吸方式に依らず, 肺である. そのため, 未習熟者では歌唱中に胸部周りの筋肉に余計な力が入り胸部周りの収縮がうまくできていない可能性も考えられる．

図 3（b）において，フレーズ①歌唱中の腹部変動の傾きが習熟者よりも小さい（y<-10）ものを丸で囲った．負の傾きが小さいということは腹部の収縮速度が速いことを示している．このことから，フレーズ①において，このグループは習熟者と比較し腹部の膨らみを保てていない傾向にある可能性がある. 先行研究での腹部を一定に保つ特徴が一部の習熟者に見られたという報告から，傾きが小さいという特徴は未習熟者に見られるものである可能性がある．

しかし，ブレス時に腹部の膨張が小さいケースでは，制御の成否に関わらず腹部の収縮がすぐに限界に達し，傾きが過小に出ている場合がある．また，フレーズが短い場合は腹部が急激に動くと考えられ習熟者であっても傾きが急になる可能性がある．分析の妥当性を高めるには，腹部の可動範囲の再確認に加え，腹部動作への意識に関する聞き取り調査やさらなる特徴の抽出が必要である

・相関係数について

表 2 より，大半のフレーズで両群に有意な相関は認められなかったが，腹部において②のフレーズで有意差が出た．このフレーズでは，習熟者が正の相関（準備時間が長いほど膨張）を示すのに対し，未習熟者は負の相関（準備時間が長いほど収縮）を示した．この対照的な結果から，準備時間の長さが習熟者では腹部の膨張に，未習熟者では逆に収縮に関与している可能性が示唆される．

6.　まとめ

本研究は，声楽未習熟者を主対象として歌唱の特徴および傾向について研究した．結果，声楽未習熟者にも歌い始め前の準備時間はあるが，声楽習熟者に比べて短い傾向にあることが分かった．また歌い始め前の準備時間の大きさは，歌唱中の腹部および胸部の使い方に習熟者と未習熟者で差が見られた．

7.　謝辞

本研究に際し，歌唱中におけるデータ収集にご協力いただいた武蔵野音楽大学の教員の皆様に，心より感謝申し上げます．本研究は JSPS 科研費 JP22K00237 の助成を受けたものです．

参考文献

(1) 近藤由英, “歌唱時における呼吸データの傾向と特徴” 教育システム情報学会 2022 年度学生研究発表会，2023.
(2) 早川瑞貴, “声楽習熟者における歌唱中の腹部及び胸部運動の傾向”, 教育システム情報学会 北信越地区　2024 年度学生研究発表会

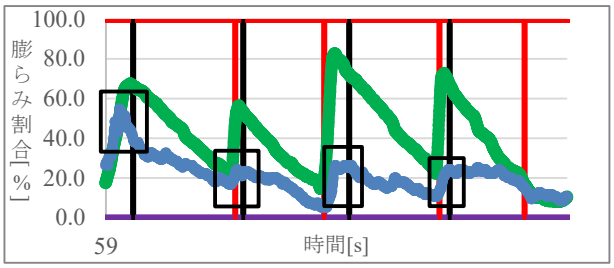
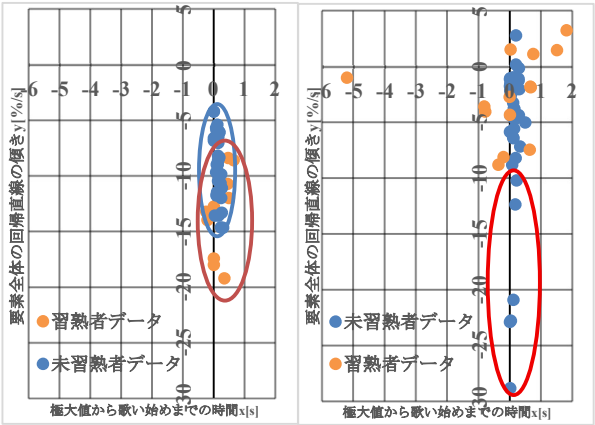


図 2　ふるさと歌唱時声楽未習熟者体表面データ



(a)胸グラフ　　(b)腹グラフ

図 3　準備時間-体表面変位相関図

表 2　相関係数結果

	胸		腹	
	①	②	①	②
習熟者	-0.09067	-0.14148	0.178797	0.498012
未習熟者	-0.53819	0.015045	-0.06253	-0.362