

能の声乐「謡」における発声と音色の解析・考察 ～和の“渋い声”と洋の“クリスタルボイス”～

田中敏文^{†1} 於久光輔^{†2} 永原正章^{†3} 山本裕^{†4}

概要：日本音楽（伝統音楽）では、西洋音楽に比べ、和音の意識が希薄でその代わりに音色を重視する。西洋音楽が“クリスタルボイス”として透明感のある声を好むのみ対して、日本音楽は“渋い声”として太い声、かすれた声、こもった声を好む。このことに注目して謡（うたい）の声のスペクトルを解析した結果、西洋音楽の声に比べて、非整数倍音が多いことを確認し、さらに非整数倍音の発生要因を考察した。

キーワード：能、謡、音色、倍音、スペクトル、ビブラート

TOSHIFUMI TANAKA^{†1} KOSUKE OKU^{†2}
MASAAKI NAGAHARA^{†3} YUTAKA YAMAMOTO^{†4}

1. はじめに

能の声乐である「謡（うたい）」の声は、低くてこもった声、太い声、かすれた声であり、“渋い声”と言われる。謡を、西洋音楽で好まれる“クリスタルボイス”，つまり透明感のある声で謡うとかなり違和感がある。この声の違いは音色（おんしょく、ねいろ）の違いによるものである。

また謡をよく聴くと、同じ“渋い声”でも、歌唱者は曲趣や役柄によって声（音色）を使い分けていることが分かる。そしてこれは、役柄や場面にどのように感情移入するかという気持ちや感性によるだけでなく、発声法という技術が下支えとなっているはずである。

しかしながら、謡を含む日本音楽（日本の伝統音楽）では、音階、リズム、音色など音楽要素に関する理論や技術は、家元制度に代表される伝承システムのもとで、口伝、秘伝または個人の感性の範疇として暗黙知となっている部分が多い。

このような日本音楽に対して、小泉[1]の功績は大きく、アジアを中心に広範囲にわたって非西洋音楽を採取、分析し、アジアの音楽と日本音楽の音楽要素における共通的な理論を整理し、各ジャンル毎の特徴を抽出した。

その中で小泉は、西洋音楽が和音を重視するのに比べて、日本音楽では和音の意識が希薄で、その代わりに音色を重視する傾向が強く、特に「こもった、太い、かすれた」音色を好み、そのための発声法や楽器、さらには楽器の奏法が発達したと指摘している。

また尺八奏者の中村[2] [3]は、自身の米国への音楽留学の経験と国内での尺八のルーツの調査から、尺八の構造や

奏法によって発せられる「こもった、太い、かすれた」音色は、西洋音楽の楽器からは発し難い非整数次倍音（本稿では以降、非整数倍音と言う）を多く含み、これが日本の音色の特徴であると指摘している。

中村はさらに、尺八の演奏や日本の歌唱では、大腰筋で横隔膜を上下させることにより安定的に強い呼吸を発する日本古来の「密息」という呼吸法により、非整数倍音の多い音声を発すると説明している。

能楽師の安田[4][5]は、謡の「太くて強い」声は、インナーマッスル（深層筋）である大腰筋を使った呼吸によるものとして、その呼吸法を習得するためのトレーニングプロセスを提示している。この「大腰筋呼吸」は「密息」と同じ呼吸法と考えられる。

これらの文献では、日本音楽の音色や発声法が、文化論や芸術論として、もしくは肉体的または精神的な健康増進法として論じられ、その分野では画期的な研究、提唱である。しかしながら、音色や倍音に関しては聴感に頼ったものであり、科学的な裏付けがないまたは弱いと言える。

これに対して、音響学の側面からの科学的なアプローチとして、中山[6]は日本音楽の多くの歌唱者の声のスペクトルを解析しており、歌唱フォルマントや高域成分の特徴を指摘しているが、倍音成分の分析は実施していない。

本稿では、「日本音楽の音色の特徴が倍音構成、特に非整数倍音の多さにある」とする中村の提唱を仮説ととらえ、謡の声を音響学によって客観的に解析し、その実証を試みるものである。そして著者らは、発声法の理論化、形式知化を通じて日本音楽がより普及することを願うものである。

2. 用語の定義・確認

本稿で使う音声に関する用語を定義または確認する。

成分：音声は多数または無数の周波数の音の合成音であるが、その中のある周波数の音のこと。

基音：最も低い周波数を持つ成分。その音声の音高を決定する。基音の周波数を基本周波数と言う。

†1 金剛流能楽師
Noh Performer of Kongoh School

†2 株式会社 IHI
IHI Corporation

†3 北九州市立大学
The University of Kitakyushu

†4 京都大学
Kyoto University

倍音：基音以外の成分。上音とも言う。基音が音高を決めるのに対して、倍音が主に音色を決める。

整数倍音：基本周波数の整数倍の周波数の成分。2倍音、3倍音などと言う。整数次倍音とも言う。

非整数倍音：基本周波数の整数倍でない（非整数倍の）周波数を持つ成分。非整数次倍音とも言う。

3. 解析対象の音声

3.1 発声者と声の種類

金剛流能楽師である筆頭著者田中を発声者とする。発声者は、謡の声と西洋音楽の声とでは音色が異なること、さらにそれは主に声を響かせる体の部位による差であることを自覚していて、声を腹で響かせる謡の声だけでなく、胸で響かせるベルカント唱法[7]に代表される西洋風歌唱の声などを発し分けることができる。

今回解析対象とするのは、発声者による以下の4つの声である。なお西洋音楽（ベルカント唱法）の「胸声（きょうせい）」や「頭声（とうせい）」と区別するために、声の名称は全て訓読みとする。またこれらの声の名称は、今回の研究のために付けたものであり、世間や音楽界や能楽界で認知されたものではない。

腹声（はらこえ）：大腰筋呼吸により腹腔で共鳴させる声。謡で発する標準的な声。

胸声（むねこえ）：腹式呼吸または大腰筋呼吸により胸腔に共鳴させる声。ベルカント唱法の胸声に近いのではないかと発声者は考えている。

鼻声（はなこえ）：腹式呼吸または大腰筋呼吸により鼻腔・口顎で共鳴させる声。謡で女性役を演じる時に発する声。

頭声（あたまこえ）：腹式呼吸または胸式呼吸により頭蓋で共鳴させる声。裏声ではなく表声で発する。

発声者が実際に謡を謡った音声は、文末の付録に記載したウェブページで試聴可能である。

これら4つの声の聴感として、声の響き方と音色の形容例、そして発声者の考える謡での用例を表1にまとめる。

ここに、響き方が高い（低い）とは、実際に音高が高い（低い）のではなく、同じ音高でも聴感として高く（低く）聞こえるという意味である。また謡では、胸声を使用する

表1 各声の聴感と用例

声	共鳴部位	聴感		謡での用例
		響き方	形容例	
頭声 あたまこえ	頭蓋	高く 抜けた声	甲高い、 キンキン	まず使用しない
鼻声 はなこえ	鼻腔・口顎	高く こもった声	艶やか、 やさしい	女性の役で使用
胸声 むねこえ	胸腔	低く 抜けた声	力強い、 さわやか	例外的に使用する かもしれない
腹声 はらこえ	腹腔	低く こもった声	太い、 深い	主たる声として多用

ことはないが発声者は考えているが、他の能楽師、特に他の流儀で使用しているかもしれないので、用例については表内のように表現した。

3.2 実際に発する音声

発声者が各声で「あーいーうーえーおー」と一定の音高で発した音声を解析する。母音のみにしたのは、子音によるノイズを排除するためである。基音の周波数（音高）は185Hz近辺、平均律でF#近辺である。なお、音高に少々誤差があっても本稿での議論には影響はないと考える。

4. 音声の解析

倍音構成を観察するために、各音声の周波数成分（スペクトル）を解析し、スペクトログラムで表す。また、基音の音高推移をグラフで表す。

4.1 自然発声の倍音と音高

まずは、4つの声と比較するために、日本音楽や西洋音楽の歌唱の訓練をしていない一般人が発した声を解析する。この声を以下では「自然発声」を称する。実際の音声は、文末の付録に記載したウェブページで試聴可能である。

図1はスペクトログラムである。MATLABで作成した。横軸は時間（秒）、縦軸は周波数（Hz、左目盛り）、また色で音の強さ（音量）を表す。緑色が平均値で、赤いほど

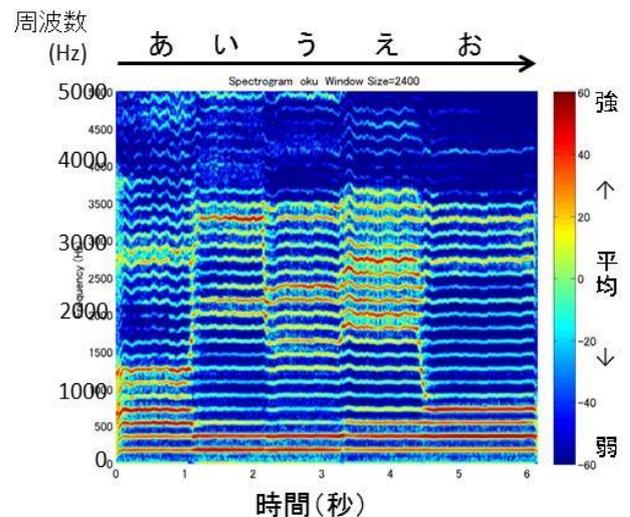


図1 自然発声の倍音

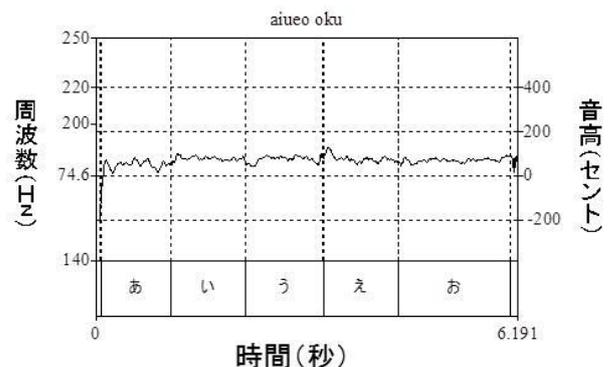


図2 自然発声の音高

強い音、青いほど弱い音として正規化されている。

図2は音高（基音の音高）である。フリーソフトウェアの Praat^{a)}で作成した。横軸は時間（秒）、縦軸は左目盛が周波数（Hz）の対数、右目盛りがセントある。セントは音程（相対的な音高差）の単位で、2つの音の周波数比の対数（2を底とする）を取って1200倍して得られる。100セントが平均律の半音、200セントが全音、1200セントが1オクターブ（周波数比が2）である。

図2では、基音の音高が185Hz近辺にあり、基音の揺れであるビブラートは極めて小さいと言える。

図1では、低周波域から高周波域にかけて全般的に、整数倍音が水平の線になって積み上がっているのが観察できる。母音の切り替わり時に一瞬だけ整数倍音の積み上げが乱れて、非整数倍音が垂直に繋がって発生している。これは、子音を排除してもなお口や声帯での母音発声の切り替えによって基音が乱れているためである。また高周波になるほど、水平線の波が大きくなっているのは、基音では極めて小さかったビブラートの振幅が、高周波域で増幅されているためである。

4.2 発声者による4つの声の倍音と音高

発声者による4つの声の解析結果を示す。実際の音声は、文末の付録に記載したウェブページで試聴可能である。

図3-1から図3-4は、それぞれ頭声、鼻声、胸声、腹声のスペクトログラムである。これらの図では、水平の線が

低周波域から波形になっており、高周波域で基音のビブラート（揺れ）が増幅され、上下の波形が重なって、整数倍音の境界が消滅している部分が見受けられる。これは、非整数倍音が発生していると解釈できる。さらに、頭声、鼻声、胸声、腹声の順に、非整数倍音が発生する周波数域が拡大、しかも下降していることが観察できる【観察結果1】。

図4-1から図4-4は、それぞれの声の音高（基音の音高）である。いずれも、自然発声に比べてビブラートがかなり大きく、しかも頭声、鼻声、胸声、腹声の順に大きくなっていることが観察できる【観察結果2】。

5. 観察結果の定量化

観察結果1と2をより客観化するために、指標による定量化を試みる。観察結果1については、非整数倍音が発生し始める周波数「非整数倍音下限」を、検察結果2については、ビブラートによる周波数の揺れの最大幅「ビブラート最大振幅」と回数「ビブラート振動数」を指標とする。

各声の各指標の値を表2に示す。ただし、これらの指標を客観的かつ自動的に計測するツールがないので、次のように、図からの目測で読み取った概数である。

「ビブラート最大振幅」は、それぞれのスペクトログラムにおいて、このあたりから水平の波形が重なっているという周波数を目視で決定した。

「ビブラート最大振幅」は、音高グラフから、母音の切

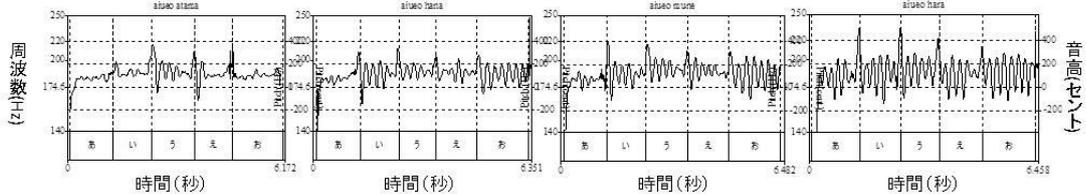
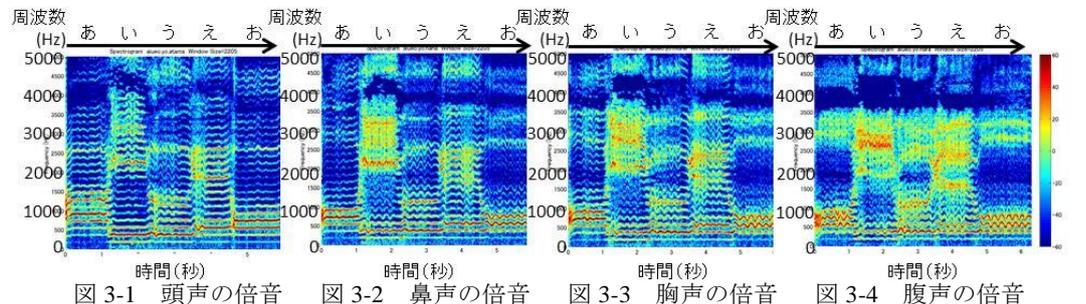


表2 各声の聴感と指標（倍音と音高のグラフからの目測値）

声の種類	頭声（あたまこえ）	鼻声（はなこえ）	胸声（むねこえ）	腹声（はらこえ）
聴感 （響き方、形容例）	高くて抜けた声 甲高い、キンキン	高くてもった声 艶やか、やさしい	低くて抜けた声 力強い、さわやか	低くてもった声 太い、深い
指 標	非整数倍音下限	3000Hz	2000Hz	1500Hz
	ビブラート最大振幅	100セント	200セント	250セント
	ビブラート振動数	極小	4.4回/秒	4.6回/秒

a) <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

り替わり時のノイズを除いて、グラフ内の最大の揺れ幅を目視で決定した。

「ビブラート振動数」は、音高グラフ内のビブラートがはっきり観察できる範囲での揺れの回数(山または谷の数)をカウントし、その範囲の時間(秒)を目測し、回数を時間で除して算出した。

これらの目測値は、いずれもかなり大まかな概数であり、主観を排除し切れていないことを承知の上での定量化である。しかし観察結果1および2を裏付けるには十分であると考えられる。今後、指標算出のさらなる客観化、自動化、必要ならば指標自体の改善に期待する。

6. 非整数倍音発生要因の考察

6.1 非整数倍音とビブラートとの関係

ここまでの解析と議論、特に表2から、「非整数倍音の発生はビブラートの大きさ(振幅と振動数の大きさ)と関係するのではないか」という推測が出てくる。

これを確認するために、図5のようなシミュレーションを行った。図中のグラフはMicrosoft Excelで作成した。音高が100Hzを中心に±10Hzの振幅で振動数4回/秒で揺れる基音のビブラートにその整数倍音を乗せてA(中央)のグラフを作成した。模擬スペクトログラムである。

同様にして、基音のビブラートの振幅をAの1.5倍(±15Hz)にしたB(左)の模擬スペクトログラム、基音のビブラートの振動数をAの1.5倍(6回/秒)にしたC(右)の模擬スペクトログラムを作成した。ここに波形の色は、上下の波形と区別するために便宜的に付けたもので、特に意味はない。

これを見ると、Aに比べてBやCの方が、高周波域になるほど上下の整数倍音の波形の間隔は狭くなっているが、重なりはしない。振幅や振動数をいくら大きくしても、基音と各整数倍音の波は同期して上昇・下降するので、これだけでは上下の波形は決して重なることはない。

6.2 非整数倍音と残響との関係

図5をよく見ると、波の線幅が横に太くなれば上下の波形が重なることが推測できる。線幅が横に太くなるという

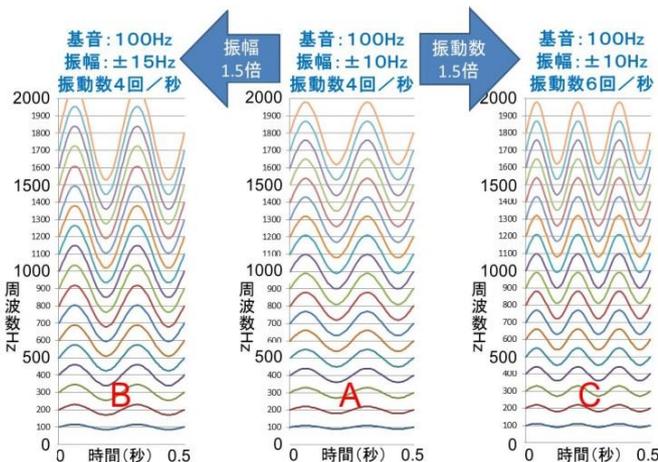


図5 ビブラートの大きさと模擬スペクトログラム

ことは、その音が時間的に長く持続する、つまり残響が大きいということである。ただしここで言う「残響」とは、体内での残響のことで、体外に出た声のはね返し(こだま、エコー)やマイクのエコーによる残響のことではない。「体内残響」と言ってもいい。

そこで残響を考慮したシミュレーションを行った。図6の左の模擬スペクトログラムは図5のAと同じでものある。真中のDは、Aの各波形を時間軸で20msec右にシフトしたものを元のAに重ねたもので、20ミリ秒の残響を模擬したものである。高周波域になるほど、上下の波形は接近するが、この程度の残響では2000Hz付近でも重ならない。

同様に右のEは、各波形を時間軸で20ミリ秒ずつ3回右にシフトしたものを元のAに重ねたもので、60ミリ秒の残響を模擬したものである。これを見ると、500Hz附近(①)では上下の波形は重なっていないが、1000Hzに近づくに従い(②)重なりはじめ、1000Hzよりも高い周波数域(③)では完全に重なっていることが観察できる。

実際の残響は、連続的かつ時間経過とともに減衰し、また周波数域により強弱があるのでシミュレーションとしては不完全であるが、模擬的に非整数倍音の発生を確認するにはこれで十分と考えられる。

以上より、当初の推測「非整数倍音の発生はビブラートの大きさ(振幅と振動数の大きさ)と関係するのではないか」は、「非整数倍音の発生には、ある程度大きなビブラート(振幅と振動数)は必要であるが、それだけでは不十分で、ある程度大きな体内残響も必要である」という仮説に発展し、さらには「ビブラートが大きいほど、もしくは体内残響が大きいほど非整数倍音の発生する周波数域は下降する」という仮説が新たに成立すると考えられる。

6.3 残響と呼吸法および発声法との関係

体内残響を大きくするための条件として、

- (1)発声時に、強い呼気で、声にエネルギーを与えること
- (2)声を体外に発散せずに、内部に蓄積すること

の2点が考えられる。

- (1)については、中村と安田がそれぞれ提唱する「密息」

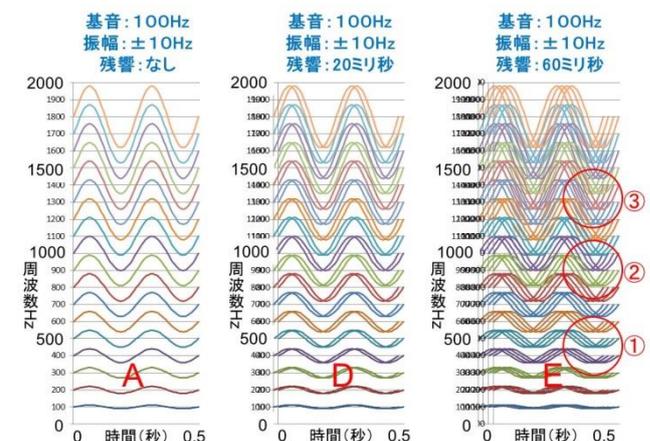


図6 残響を伴った場合の模擬スペクトログラム

もしくは「大腰筋呼吸」(この2つの呼吸は同等のものと考えられる)によって実現可能であると考えられる。

(2)については、胸声や頭声よりも、腹声と鼻声によって実現が容易になると考えられる。胸声と頭声は、体外との境界にある骨(胸や頭の骨)に響かせて外部に発散する。これは西洋音楽の胸声(きょうせい)と頭声(とうせい)の元来の目的そのものである。

一方で腹声と鼻声は、声を響かせる部位が筋肉(腹や頬の筋肉)に囲まれていて、声が吸収されて外部に発散しにくい。その状態で呼吸が強く声のエネルギーが高くなると、体内残響を伴って“こもった”声として外部に聞こえる。これが日本音楽特有の“渋い”音色の発声メカニズムと考えられる。

7. 文化・芸術論としての考察

最後に、西洋音楽が“クリスタルボイス”を、日本音楽が“渋い声”を好む理由を、文化・芸術論として考察する。

西洋では人工的(artificial)な造形物を芸術(art)として好む傾向があり、日本では自然や日常に溶け込む、または寄り添うような芸術を好む傾向がある。ブルガリア人のスラブ・ペトコ[8]は、能に魅せられて様々な研究・普及活動を展開している。そして、西洋と日本の美意識について、日常生活から分離/日常生活と融合、人間中心/自然中心、永遠と完璧を追求/儂くて曖昧でいい、複雑で写實的/単純で連想的、個性重視/伝統重視(いずれも、前者が西洋/後者が日本の美意識)、と整理し指摘している。

これらの美意識に音声、特に音色を当てはめると、“クリスタルボイス”の目指す整数倍音の豊富な音声は、自然界では単独に存在し難く、人間が自然を克服したという意味で完璧な音声である。しかも永遠ではないが比較的長い時間響く。一方“渋い声”は非整数倍音の比率が高く、自然界のいたるところで、また日常生活のあらゆる場面で存在するありのままの音声である。吸収され減衰しやすく、儂く消えて行く。しかも非整数倍音が極端に多い音声は、音高が特定しにくい曖昧な音でもある。

また、西欧の乾燥気候と石や煉瓦の建造物の環境では、整数倍音が美しく響き、逆に非整数倍音は吸収されるので、整数倍音を強調する発声や楽器、さらには楽器の奏法が発達した。一方日本の多湿気候と木や土の建造物の環境では、整数倍音は吸収されて響かず、相対的に非整数倍音が目立つ。そのために人間は非整数倍音に敏感になり、その結果として非整数倍音の多い発声や楽器、さらには楽器の奏法が発達した。

このように気候・風土・生活の違いも、音色の好みに影響している。また地理、歴史、宗教なども関係していると思われる。

8. 今後の研究方向

今回は筆頭著者である能楽師田中の4つの声により、当初目的とした「日本音楽の音色の特徴が倍音構成、特に非整数倍音の多さにある」とする仮説の実証ができた。さらにビブラートと残響との関係を考察して新たな仮説を立てた。

同一発声者による複数の声による比較は、発声・収録条件の同一性が確保できるので効率的である。しかし十分なサンプル数の確保としては課題が残る。

今後は他の能楽師、さらには他の日本音楽や西洋音楽のジャンルの歌唱者による音声を解析対象として広げていきたい。そのためには、文献[6]で収集され解析された音声データ[9]の活用が有効であると考えられる。

しかしそれに先立って、解析の質と効率を向上させるために、5章で実施した定量化における指標算出の客観化、自動化、そして指標の見直しを強化を実施すべきである。さらに6章の考察や仮説を裏付けるための方法論も確立しなければならない。音声解析だけでなく、音声合成や機械学習などの技術も必要になると考える。

そして何よりもこの研究を発展させるためには、日本音楽の専門家と音響学の専門家による協働研究体制の確保と維持が重要である。

謝辞 本研究の一部は、一般財団法人カワイサウンド技術・音楽振興財団の支援によるものである。

参考文献

- [1] 小泉文夫, “日本の音—世界のなかの日本音楽”, 平凡社ライブラリー, 1994年
- [2] 中村 明一, “「密息」で身体が変わる”, 新潮選書, 2006年
- [3] 中村 明一, “倍音 音・ことば・身体文化誌”, 春秋社, 2010年
- [4] 安田登, “身体能力を高める「和の所作」”, ちくま文庫, 2010年
- [5] 安田登, “疲れない体をつくる「和」の身体作法 能に学ぶ深層筋エクササイズ”, 祥伝社黄金文庫, 2011年
- [6] 中山一郎, “邦楽と洋楽の歌唱はどう違うか?-共通の歌詞を用いた歌唱表現法の比較-”, 日本音響学会誌, 56(5)343-348, 2000年
- [7] 秋山隆典, “ベルカント唱法”, <http://t-acchi.music.coocan.jp/belcanto.htm>
- [8] スラブ・ペトコ, 講演“日本伝統芸能を語る”, 公益財団法人山本能楽堂平成28年度文化庁劇場・音楽堂等活性化事業, 2016年
- [9] 中山一郎, “映像アーカイブ「日本語を歌・唄・謡う」DVD4枚組”, アド・ポポロ, 2008年

付録

本稿で解析・考察の対象とした音声データは、以下のウェブページで試聴できる。

<http://anjy.lekumo.biz/life/onsei170227.html>