

風鈴の音の「響き」と「うなり」について

—風鈴の音に対する日本人の感性に関する研究—

塩川博義*, 高尾美穂**

Japanese “HIBIKI” and “UNARI” for Sound of Wind Bells -Study on Japanese Sensitivity to Sound of Wind Bells-

Hiroyoshi SHIOKAWA and Miho TAKAO***

Traditional Japanese houses was built by wood and paper; therefore, the inside and outside sound easily passes through and coexists. In the case of modern houses, indoors and outdoors are separated by thick walls like concrete, so the outside sound does not easily enter the space in a building, making it a highly sealed space. Further, illumination and ventilation use lighting and air-conditioning, resulting in less opportunities to feel the seasons by opening curtains and windows. This also influences wind bells (Furin) which are thought to be a noise, and some people refrain from hanging them. In recent years, desktop wind bells are being sold as indoor decorations and to enjoy wind bells indoors as sound toys or musical instruments.

In this study, psychological and physical evaluation toward the sound of wind bells is described. Japanese “HIBIKI” has two meanings, which are length of sound decay time and reverberation time in a space. According to factor analysis, “HIBIKI” is contained in not the space factor but the “beauty/lyrical factor”, therefore, its meaning is length of sound decay this time.

In psychological evaluation, “HIBIKI” is one of the important factors to evaluate the sound of wind bells.

Free description included many responses with “HIBIKI”. In comparison with negative responses like “insufficient HIBIKI” toward glass wind bells, positive responses like “pretty HIBIKI” are observed for metal wind bells. The sound of metal wind bells has a long decay time and presence of “interference beat,” and such characteristics seem to be contributing to the impression of “HIBIKI”. In the case of porcelain wind bells, answers are divided into “HIBIKI” and “not HIBIKI”. Acoustic analysis indicates shorter decay time and presence of “interference beat”, therefore, and gives the impression like “HIBIKI” more than glass wind bells that do not have “interference beat.”

Keywords: Wind Bell, HIBIKI, Interference Beat, Sound Decay Time

* 日本大学生産工学部建築工学科教授

** 株式会社鴻池組 (元日本大学大学院)

1. はじめに

日本の伝統的な住宅では、木や紙が使われているため、内と外の音が行き来しやすく、共存している。しかし、現代の住宅は、コンクリートなどの厚い壁で内と外とが隔てられているため、建物の中の空間は外からの音は入らず、密閉性の高い空間となっている。さらに、採光や通風は照明やエアコンなどによって行われ、カーテンや窓を開けて季節を感じることも少なくなっている。その影響は風鈴も受けており、「風鈴の音」は騒音の一つとされ、吊るすことを控える人も少なくない。近年では、室内で飾るような卓上の風鈴も販売され、風鈴を音具あるいは楽器として室内で楽しむようになってきており、現代のすまい方に合わせて、風鈴の楽しみ方も変化しつつある。

本研究は、現代でも「夏の風物詩」と捉え、季節を感じる人が多い「風鈴の音」に対する日本人の感性を分析するものである。

本報では、「風鈴の音」の「響き」と「うなり」について、心理的および物理的評価を用いて分析したので、その結果を報告する。

2. 研究の背景

近年、風鈴の音に関する研究が、物理的検討だけでなく、心理的な研究も増えている。森田らは、有限要素法の固有振動解析とレーザードップラ振動計を用いて振動解析を行い、南部風鈴における「うなり」の発音性状について分析している¹⁾。

土田は数多くの風鈴を用いて、その音響特性と心理的評価との関係について検討している^{2), 3)}。著者らも、数年前から、風鈴の物理的な音響分析だけでなく、心理的評価研究を行っている⁴⁾⁻⁶⁾。

前報⁶⁾では、グーグルフォームとMP3音源を用いて行った被験者と非対面のアンケート調査（以下、非対面実験と呼ぶ）とWAV音源を用いて行った被験者と対面のアンケート調査（以下、対面実験と呼ぶ）から求めた因子分析結果から、風鈴の音に対する表現語は大きく「美・叙情的因子」、「日常・快適因子」、「賑やかさ・明るさ因子」、「材料・素材に関する因子」の4つに分類できることを示した。また、自由記述結果で出現頻度が多かった「涼しい」という表現語は、SD評価アンケート項目「暖かいー冷たい」の軸上の「冷たい」寄りに位置すると考

え、そして、「暖かいー冷たい」はいずれも「材料・素材に関する因子」に含まれていることにより、風鈴の音をきくことで、風を感じ、涼しさを感じているだけでなく、氷がガラスや陶磁器などの器に当たってカランとなるような音など、暑い夏に冷たい飲み物を飲むことをイメージして涼しさを感じている可能性もあることを考察した。

3. 実験の目的

前報⁶⁾のアンケート調査における自由記述結果において「響き」という語句がいくつかの風鈴に出現する。この「響き」が「風鈴の音」の何を指すのか定かではない。おそらく「音の余韻」あるいは物理的には音の「減衰時間の長さ」のことを表しているものと考えられるが、建築空間の「響き」、すなわち、「残響」のこと表している可能性もある。また、多くの「風鈴の音」には音の「減衰時間の長さ」に大きく寄与する「うなり」が生じていることはあまり知られていない。そのため、アンケート調査における自由記述においても「うなり」という言葉はほとんど出てこない。

そこで、本報では「風鈴の音」の「響き」と「うなり」の関係を心理的および物理的評価実験から分析する。

4. 実験で使用する風鈴

前報⁶⁾によれば、ひとつの風鈴で複数個の音が鳴る複数音の風鈴の音は楽器やドアベルなどの印象が強く、風鈴の印象はあまり感じられない。本報では、単音の風鈴に絞って印象評価実験および音響解析を行う。

風鈴の種類と素材を **Table 1** に示す。実験に使用した風鈴は計10種類であり、それぞれ形状、素材の異なるものを使用する。S-1およびS-2はガラスの風鈴、S-3およびS-4は陶磁器の風鈴、S-5からS-10は金属の風鈴であり、S-5からS-7は鉄製で、S-8が真鍮製、S-9およびS-10は砂張（青銅）製である。

南部風鈴（S-6）および南部風鈴（S-7）はいずれも梵鐘形状だが、南部風鈴（S-5）は形状が異なる。また、南部風鈴（S-7）は他の2つの南部風鈴より大きい。小田原風鈴（S-9）および（S-10）は大きさ、形状いずれも異なり、後者の方が大きく、表面に凹凸がない。

5. 心理的評価実験

5.1 実験方法

SD法を用いて印象評価を行う。風鈴の音を、「快適－不快」のような対になる表現語を用いて、5段階で回答してもらう。表現語は音楽を対象に行った研究⁷⁾を参考とし、前報⁶⁾では20項目行った。

今回は「響き」という語句を分析するために、「響く－響かない」と風鈴が鳴っている空間を表す「室内－屋外」を加える。また、「好き－嫌い」と前報で考察した「涼しい－涼しくない」を追加して、24項目とする。項目の一覧をTable 2に示す。

非対面実験では、Table 1に示す風鈴のうち、同じような大きさでよく使用される江戸風鈴(S-1)、有田焼風鈴(S-3)および南部風鈴(S-7)の3種類を使用する。グーグルフォームを使用し、3種

類のMP3音源の音量を統一して、ヘッドフォンで聴いてもらう。幅広い年代の人から風鈴の音の印象を調査するために10代から70代以上の102名(10代以下16名、20代47名、30代2名、40代9名、50代18名、60代4名、70代以上6名)に回答してもらった。調査期間は2023年8月5日から9月30日である。

対面実験では、Table 1に示す10種類すべての風鈴を使用する。実験対象者に静かな部屋で共通のヘッドフォン(SONY MDR-1AM2)で風鈴の音を聴いてもらう。音量は統一させ、風鈴の音を聴く順番の影響を減らすため、聴く風鈴の順番はランダムとする。現代の若い世代の人の風鈴の音に対する印象を調査するため、実験対象者は20代の学生58名とする。期間は2023年10月13日から11月30日である。

非対面および対面実験いずれも風鈴の音は、無響

Table 1 10 Kinds of Wind Bells

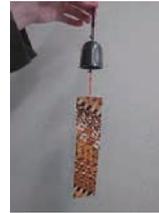
Kind	S-1(江戸風鈴)	S-2(津軽 びいどろ風鈴)	S-3 (有田焼風鈴)	S-4 (伊万里焼風鈴)	S-5(南部風鈴)
Picture					
Material	Glass	Glass	Ceramic	Ceramic	Iron
Kind	S-6(南部風鈴)	S-7(南部風鈴)	S-8(真鍮風鈴)	S-9 (小田原風鈴)	S-10 (小田原風鈴)
Picture					
Material	Iron	Iron	Brass	Bronze	Bronze

Table 2 24 Items for Impression Evaluation

1. 快適－不快	2. 日常的－非日常的	3. きれい－汚い
4. 澄んだ－濁った	5. 落ち着く－落ち着かない	6. 上品な－下品な
7. 親しみやすい－ 親しみにくい	8. 情緒がある－情緒がない	9. 静かな－うるさい
10. 暖かい－冷たい	11. 明るい－暗い	12. 柔らかい－硬い
13. 鋭い－鈍い	14. 艶がある－艶がない	15. 繊細－粗い
16. 軽い－重い	17. 湿った－乾いた	18. 華やか－地味
19. 厚みがある－薄っぺらい	20. 賑やか－寂しい	21. 室内－屋外
22. 響く－響かない	23. 好き－嫌い	24. 涼しい－涼しくない

室内で風鈴とレコーダーの距離を約1m離し、一音ずつ減衰するまで鳴らし、ダミーヘッドを用いてバイノーラル録音したものを聴いてもらう。実験時には、風鈴の素材のみを提示し、音のみで印象評価を行う。また、各風鈴を聴いてもらった後に感想を自由記述してもらう。

5.2 結果および考察

5.2.1 非対面実験の印象評価

Fig. 1に3種類の風鈴(S-1, S-3, S-7)の音の印象評価の平均値を示す。これによれば、有田焼風鈴(S-3)および南部風鈴(S-7)においては左側に寄っており、ほぼ同様な傾向を示す。

いずれの風鈴も空間を表す「室内-屋外」では中央から少し「屋外」側に位置し、有田焼風鈴(S-3)と南部風鈴(S-7)において「響き」を多く感じている。「暖かい-冷たい」ではいずれも中央から少し「冷たい」側に位置し、「涼しい-涼しくない」ではいずれも「涼しい」側に位置しているが、有田焼風鈴と南部風鈴において、より「涼しさ」を多く感じている。また、3風鈴とも好印象である。

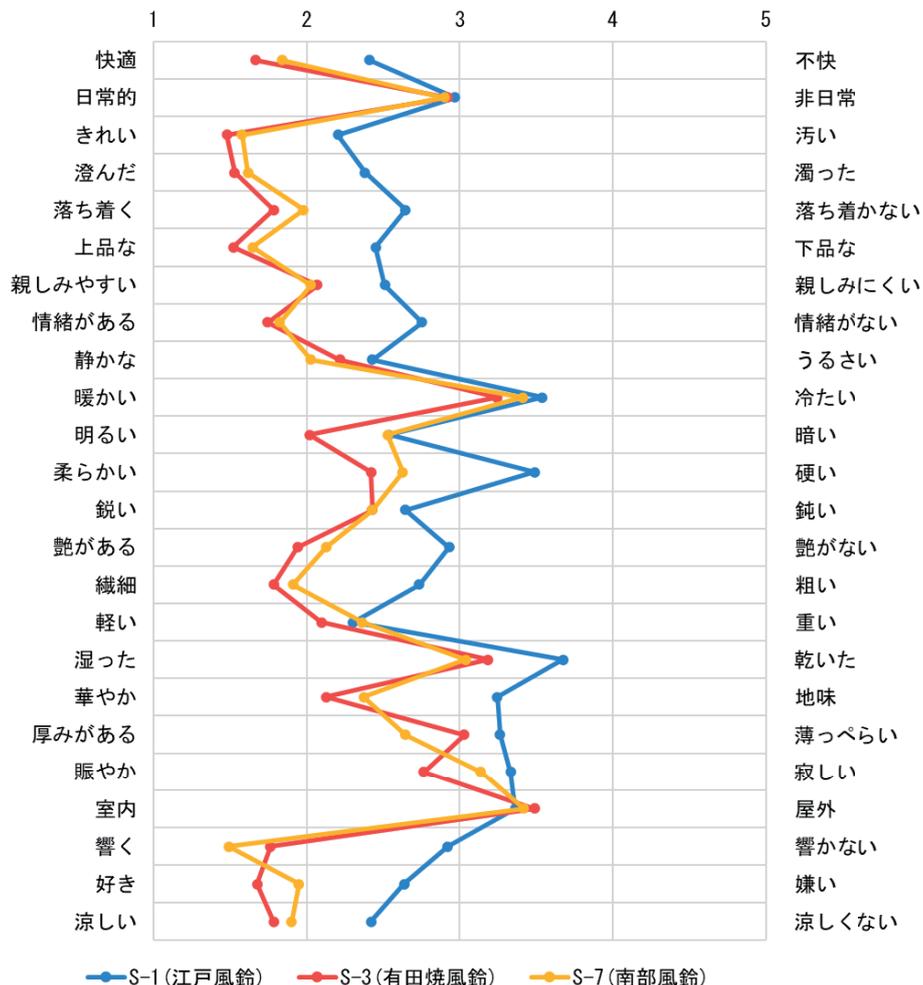


Fig. 1 Average Values of Impression Evaluation in Non Face-to-Face Experiment

5.2.2 対面実験の印象評価

Fig. 2に10種類の風鈴の音の印象評価の平均値を示す。これによれば、ガラスの風鈴は中心からやや右側に、陶磁器の風鈴は中心に、金属の風鈴は左側に集中している。このことから、風鈴の音の印象は大きくガラスの風鈴、陶磁器の風鈴、金属の風鈴で異なると考えられる。

空間を表す「室内-屋外」ではいずれも中央に固まっており、真鍮の風鈴(S-8)、江戸風鈴(S-1)および有田焼風鈴(S-3)が室内側に寄っている。金属の風鈴はいずれも「響く」側に大きく、ガラスの風鈴はいずれも「響かない」に大きく傾き、陶磁器の風鈴は中央から少し「響かない」寄りに位置している。また、いずれの風鈴も「暖かい-冷たい」の評価は「冷たい」側に位置し、「涼しい-涼しくない」では、金属の風鈴は「涼しい」側、ガラスの風鈴と陶磁器の風鈴では「涼しくない」側に位置する。「好き-嫌い」では、金属の風鈴が「好き」側、ガラスの風鈴と陶磁器の風鈴は「嫌い」側に位置する。

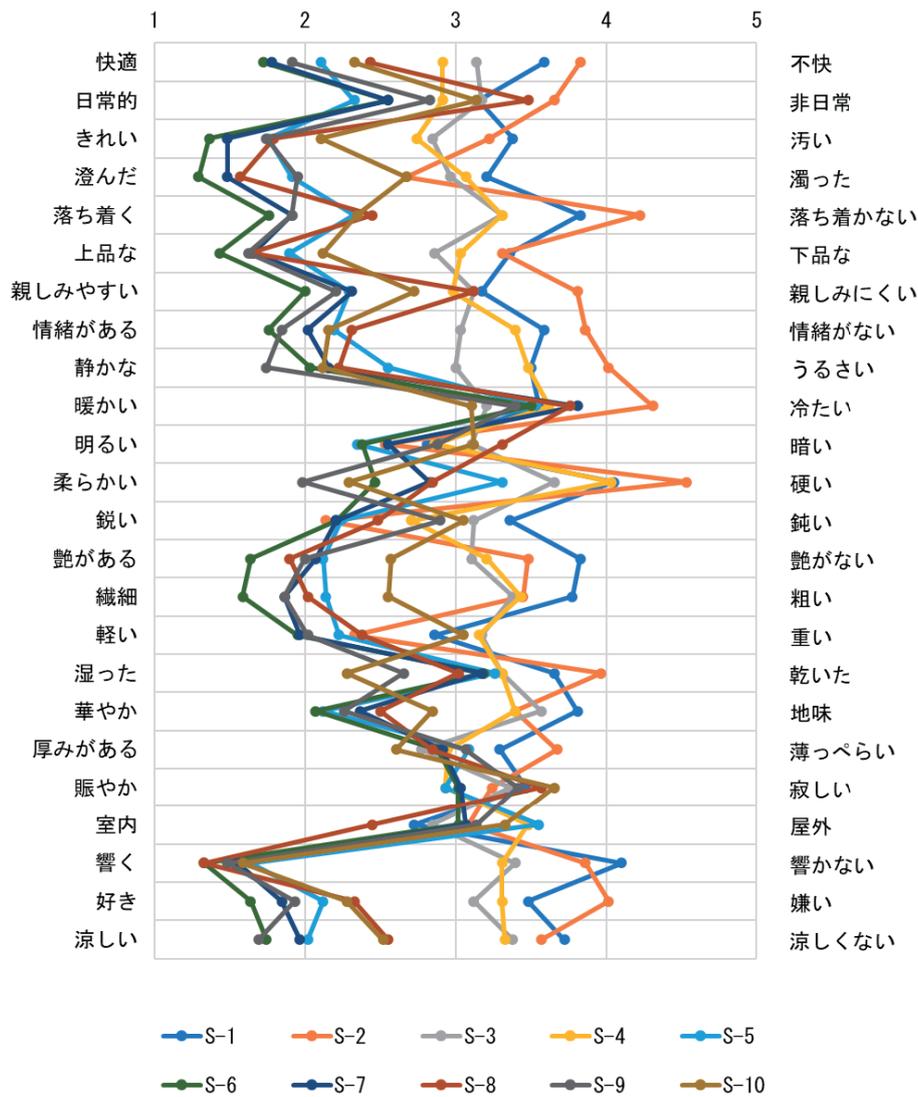


Fig. 2 Average Values of Impression Evaluation in Face-to-Face Experiment

5.2.3 因子分析

本報では因子分析を行い、その結果が前報⁶⁾と同じく大きく4つの因子に分かれ、「室内-屋外」と「響く-響かない」が同じ因子で結びつくが確認する。因子分析にはエスミ Excel 統計解析シリーズ Excel 多変量変換 Ver.8.0 を使用する。主因子法を用い、初期値を重相関係数の二乗、因子の数を固有値1以上の数、斜交回転 ($\kappa = 4$) とする。

Table 3 に非対面実験および対面実験すべての印象評価 (160 名) の因子分析結果を示す。黄色い項目は、因子負荷量の絶対値が0.4以上の項目である。

これによれば、風鈴の音色に対する24項目の表現語は、前報⁶⁾と同様に大きく4つの因子に分けられ、因子1は「美・叙情的因子」、因子2は「日常・快適因子」、因子3は「体感・重量感 (既報では材料・素材) に関する因子」、因子4は「賑やかさ・明るさ因子」といえる。

空間を表す「室内-屋外」と「響く-響かない」

は異なる因子に含まれており、結びつきは薄い。

また「涼しい」は「美・叙情的因子」に含まれており、「暖かい-冷たい」が含まれる「体感・重量感に関する因子」とはマイナスにはなっているが結びつきはやはり薄い。

5.2.4 自由記述

Table 4 に各風鈴の音を聴いた後の感想の中で一部の語句を除いて出現回数が5回以上の語句を示す。語句は左から出現回数が多い順に並んでいる。これによれば、いずれの風鈴でも「響き」の回答数が多いことがわかり、ガラスの風鈴に対しては「響きが足りない」、金属の風鈴に対しては「響きが綺麗」のような回答がみられる。また、陶磁器の風鈴においては、「響く」「響かない」の回答が分かれる。このことから、風鈴の音を評価するうえで「響き」が重要な要素のひとつであると考えられる。

また、「コップを叩いたような音」「お寺の鐘のよ

うな音」のように生活の中の音に結び付けるような回答も多い。

5.3 まとめ

10代から70代以上を対象とした年配者を含む非

Table 3 Factor Analysis

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
響く	0.911	-0.274	0.138	0.011
繊細	0.888	-0.112	-0.190	-0.145
上品な	0.881	-0.009	-0.065	-0.096
艶がある	0.876	-0.164	0.064	0.145
きれい	0.735	0.150	-0.084	-0.015
澄んだ	0.684	-0.018	-0.260	0.099
華やか	0.666	-0.130	-0.008	0.389
情緒がある	0.658	0.149	0.166	-0.052
涼しい	0.641	0.133	-0.058	0.056
好き	0.629	0.337	0.122	0.014
落ち着く	0.602	0.358	0.116	-0.071
静かな	0.600	0.241	0.048	-0.325
柔らかい	0.593	0.053	0.373	0.034
快適	0.562	0.388	0.018	-0.010
親しみやすい	0.079	0.776	-0.026	0.141
日常的	-0.047	0.631	-0.115	0.148
暖かい	-0.101	0.206	0.593	0.244
厚みがある	0.175	-0.136	0.577	0.000
湿った	0.280	-0.149	0.448	-0.065
鋭い	0.284	-0.081	-0.532	0.139
軽い	0.297	0.191	-0.543	0.028
賑やか	-0.013	0.037	0.187	0.724
明るい	-0.018	0.262	-0.139	0.615
室内	0.069	-0.099	0.043	-0.245

対面実験と20代の若者を対象とした対面実験とでは、印象評価が異なる。SD評価によれば、前者では南部風鈴と有田焼風鈴が「響く」の回答が多いが、後者では金属の風鈴が「響く」側、ガラスの風鈴と陶磁器の風鈴は「響かない」側に寄っている。また、「涼しい」では、前者では3つの風鈴いずれも「涼しい」側であるが、後者では金属の風鈴が「涼しい」側、ガラスの風鈴と陶磁器の風鈴は「涼しくない」側に位置している。

「響く」は空間における「残響」と音の「減衰時間の長さ」を表すふたつの意味が考えられるが、因子分析によれば、空間を表す「室内-屋外」と「響く-響かない」は異なる因子であり、結びつきは薄い。これより、「響く」は空間における「残響」と捉えるより、音の「減衰時間の長さ」と捉えていると考えられる。

自由記述によれば、「響き」の回答数が多く、ガラスの風鈴に対して「響きが足りない」のようなネガティブな回答、金属の風鈴に対して「響きが綺麗」のようなポジティブな回答がみられる。陶磁器の風鈴においては、「響く」「響かない」の回答が分かれる。因子分析によれば、「響く」は「美・叙情的因子」に含まれており、美的感覚に繋がると考えることができる。そして、印象評価において「響く」の回答の多い風鈴は全体的にも好印象である。また、「涼しい」という語は、非対面実験では出現するが、対面実験では出てこない。

「うなり」という記述語は、Table 4には出てこないが、20代の若者を対象とした対面実験の金属

Table 4 Appearance Word More Than Five Times

Experiment	Wind Bell	Word
Non Face-to-Face	S-1)江戸風鈴	夏、響き、軽い、涼しい、綺麗、ガラス、涼しげ
	S-3)有田焼風鈴	綺麗、涼しげ、響き、涼しい、ガラス、高い、きれい、好き、落ち着く、夏、軽い、高音
	S-7)南部風鈴	響き、綺麗、好き、寂しい、落ち着く、良い
Face-to-Face	S-1)江戸風鈴	響き、ガラス、コップ、風
	S-2)津軽びいどろ風鈴	響き、耳、ガラス、高い
	S-3)有田焼風鈴	響き、落ち着く
	S-4)伊万里焼風鈴	響き、高い、耳
	S-5)南部風鈴	夏、高い、心地よい、強い、鉄、響き
	S-6)南部風鈴	響き、綺麗、高い、落ち着く
	S-7)南部風鈴	落ち着く、響き、綺麗
	S-8)真鍮風鈴	響き、高い、お寺、耳、落ち着く、綺麗
	S-9)小田原風鈴	落ち着く、綺麗、夏、響き
	S-10)小田原風鈴	響き、落ち着く、余韻

製風鈴にいくつか記述されている。ただし、これらの大半は著者の研究室のゼミナール生の回答と考えられ、風鈴の音は「うなり」が生じているということを手で教えている。これらのことから、上述したように、多くの「風鈴の音」には「うなり」が生じていることはあまり知られていないことがわかる。

6. 物理的評価実験

風鈴のような周期性複合音は基本周波数といくつかの高次倍音成分で構成されている。この「風鈴の音」を構成するいくつかの成分音の中で、基本周波数は基本的に一番低く、レベルが一番大きく、その風鈴の音高となり、音色を決める重要な要素となる。また、今回実験で使用している釣鐘型風鈴には、中心軸が45°ずれたふたつの振動モードが存在し、この2つの振動の腹の位置に対応する材料の重みが異なるときに、重さの違いに応じてわずかに異なる振動周波数となり、基本周波数に「うなり」が生じ¹⁾、やはり、風鈴の音色に大きく寄与する。このふたつの振動モードが2つの振動の腹の位置に対応

する材料の重みが同じで、振動周波数が同じ場合は、二つの音は位相がずれているため、うち消し合い、レベルが少し小さくなり、減衰も早く、音が鳴っている時間も短くなる。「うなり」が生じているときは、1秒間に、この異なる二つの周波数差の回数だけ、時系列波形に「うなり」が現れる（もちろん、1秒より早く音が減衰してしまえば、現れる「うなり」の回数は少ない）。

そこで、「風鈴の音」の基本周波数に「うなり」が生じているかを判断するために、その時系列波形と周波数特性を実験で求める。

6.1 測定方法

風鈴の音を無響室でリニア PCM レコーダー（24ビット、サンプリング周波数192kHz）を用いてオーバーロードがつかないように録音する。風鈴とレコーダーの距離は10cmほどとする。

6.2 結果および考察

各風鈴の時系列波形を Fig. 3 から Fig. 5 に示す。各図の上段は音の取り込み時間までの波形を示し、下段は視覚的に「うなり」の有無を判断するために、

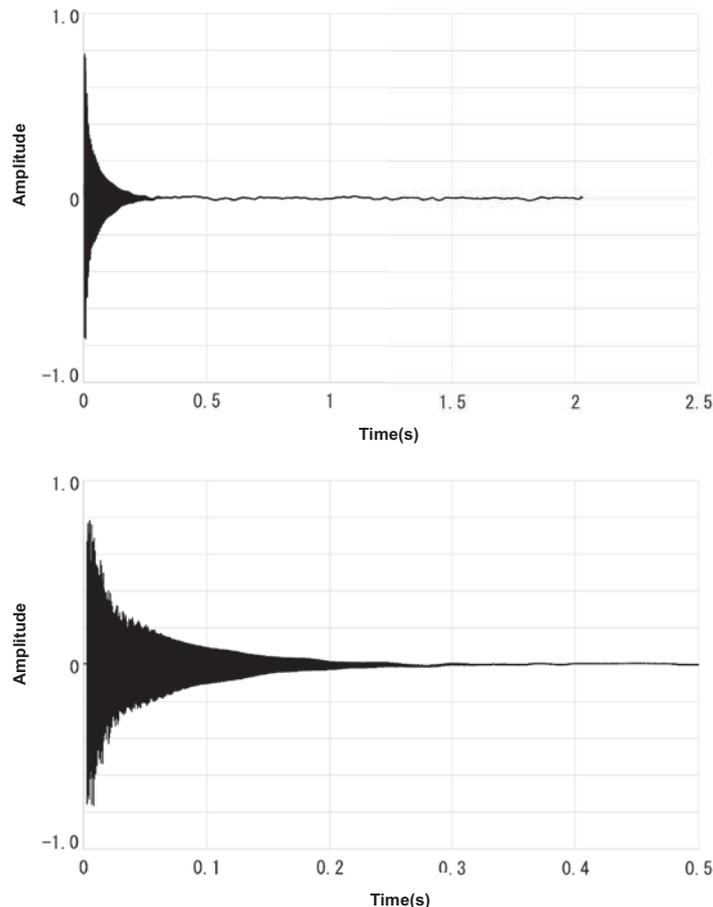


Fig. 3 Waveform of S-1

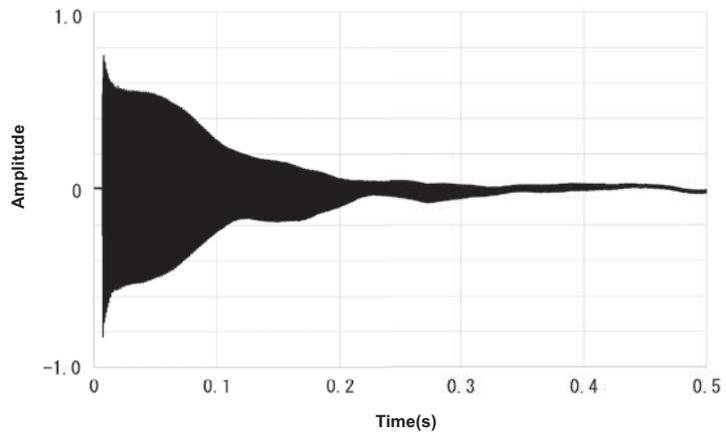
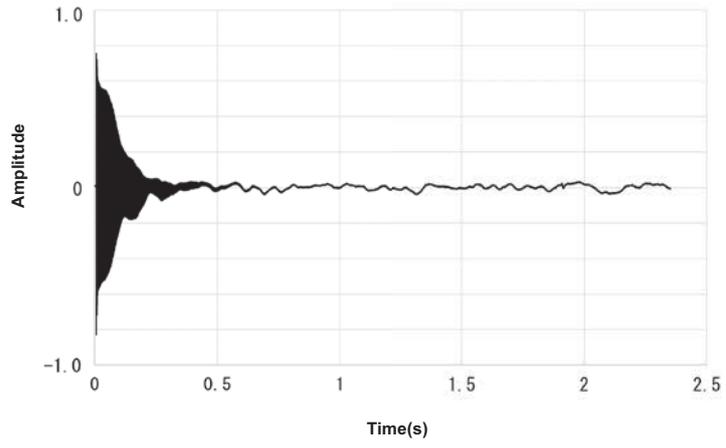


Fig. 4 Waveform of S - 3

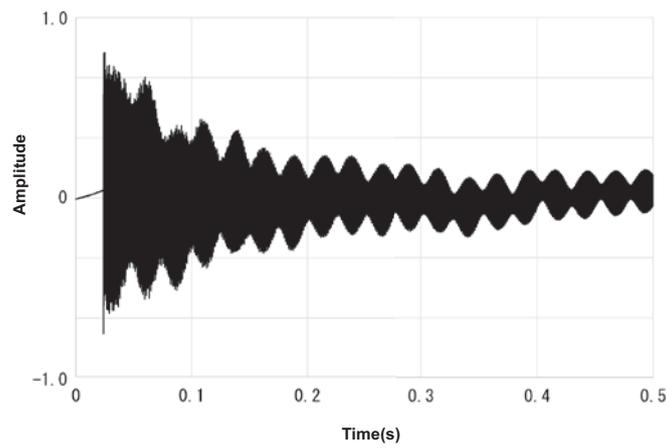
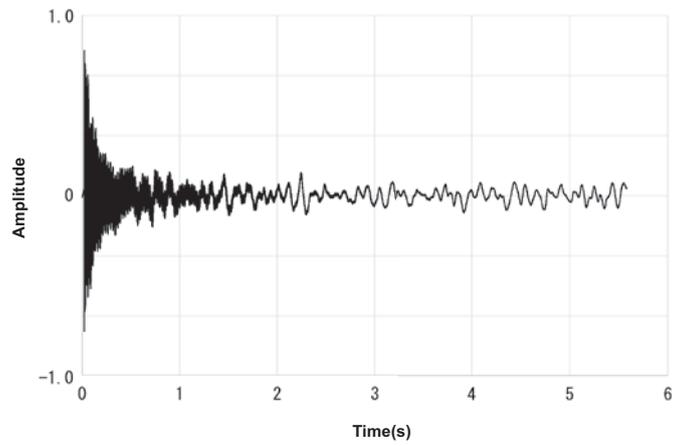
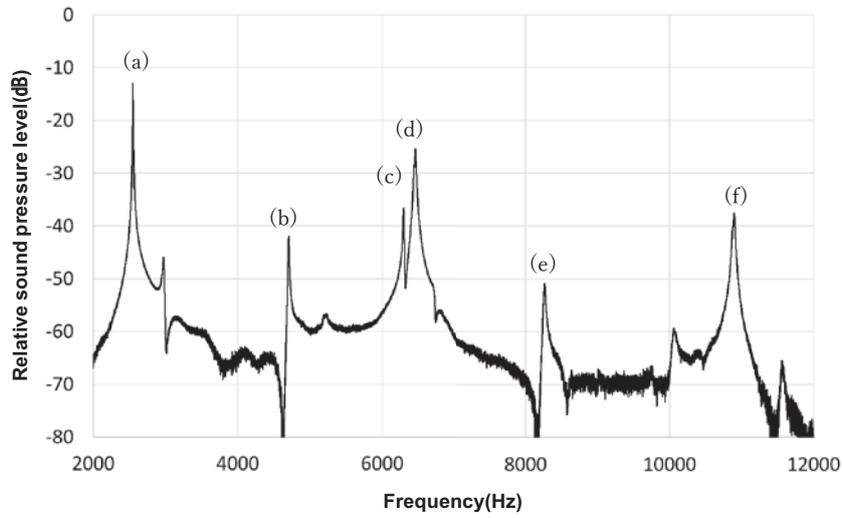


Fig. 5 Waveform of S - 7

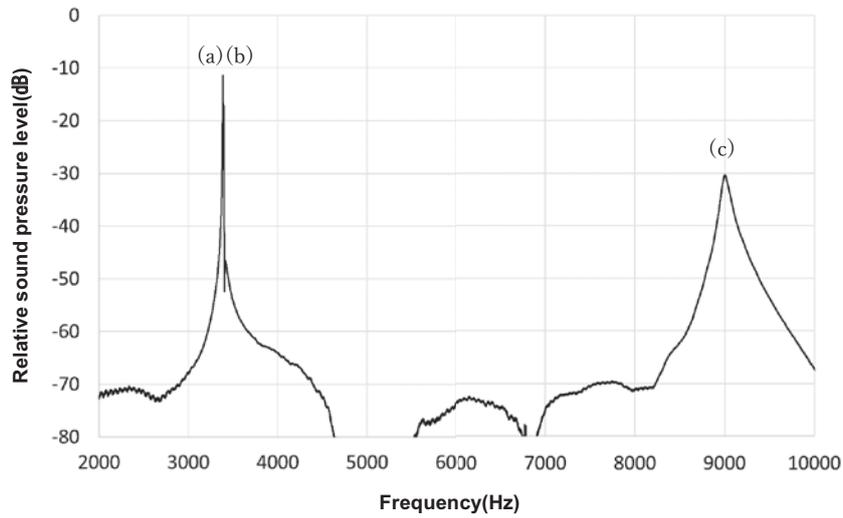
上段における 0.5 秒までの波形を拡大している。また周波数特性を Fig. 6 から Fig. 8 に示す。周波数

特性においては、ピークレベルが大きい基本周波数および倍音成分の周波数を各図下部に示す。また、



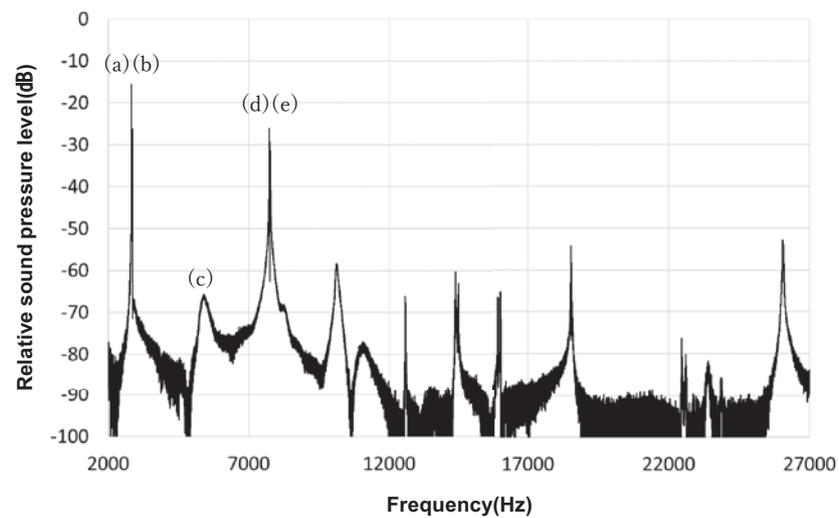
(a) 2548.2Hz (b) 4707.8Hz (c) 6297.7Hz (d) 6462.5Hz (e) 8264.0Hz (f) 10894.6Hz

Fig. 6 Frequency Characteristics of S-1



(a) 3387.4Hz (b) 3395.7Hz (c) 9010.1Hz

Fig. 7 Frequency Characteristics of S-3



(a) 2828.7Hz (b) 2868.1Hz (c) 5347.9Hz (d) 7737.1Hz (e) 7761.0Hz

Fig. 8 Frequency Characteristics of S-7

「うなり」の有無を判断するために、近接するピーク周波数の差を求める^{注)}。心理的評価によれば、風鈴の印象は大きくガラスの風鈴、陶磁器の風鈴、金属の風鈴で異なるため、音響解析においては非対面実験で使用した江戸風鈴 (S-1)、有田焼風鈴 (S-3) および南部風鈴 (S-7) の3種類の風鈴に対して行う。

なお、本報では、「うなり」を判断するために、「減衰時間」を音が立ち上がってから減衰して暗騒音とほぼ同じくらいのエネルギーになるまでに要する時間の長さとしている。

6.2.1 江戸風鈴 (S-1)

Fig. 3 および **Fig. 6** によれば、江戸風鈴 (S-1) の減衰時間は1.0秒以下と短く、0.3秒くらいでほぼ暗騒音と同じになる。また、基本周波数、約1.8倍音、約2.5倍音、約3.2倍音および約4.3倍音に大きなピークがある。基本周波数 (a) は、2548.2Hzであり、時系列波形には基本周波数の「うなり」は現れていない。

6.2.2 有田焼風鈴 (S-3)

Fig. 4 および **Fig. 7** によれば、有田焼風鈴 (S-3) の減衰時間はやはり1.0秒以下と短い、「うなり」が生じているため、江戸風鈴 (S-1) の倍の長さ0.6秒くらいでほぼ暗騒音と同じになる。また、基本周波数および約2.7倍音に大きなピークがある。基本周波数 (a) と (b) において8.3Hzの周波数差が見られ、時系列波形にも長さ0.12秒 (1秒間に8回強) くらいの「うなり」が3回 (見方によって4回) ほど確認できる。

6.2.3 南部風鈴 (S-7)

Fig. 5 および **Fig. 8** によれば、南部風鈴 (S-7) の減衰時間は長く、基本周波数および約2.7倍音に大きなピークがある。基本周波数 (a) と (b) において39.4Hzの周波数差がみられる。時系列波形においても長さ0.025秒 (1秒間にほぼ40回) の「うなり」が現れている。

6.3 まとめ

周波数特性によれば、江戸風鈴 (S-1) には「うなり」がなく、有田焼風鈴 (S-3) および南部風鈴 (S-7) においては基本周波数に「うなり」がある。また、減衰時間は、江戸風鈴 (S-1) および有田焼風鈴 (S-3) が1秒以下と短い、後者には「うなり」が生じているために前者より減衰時間がほぼ倍の長さになっている。南部風鈴 (S-7) は金属製なので、減衰時間は長い「うなり」も生

じているので、さらに長くなっている。これらより、江戸風鈴 (S-1) は「うなり」がなく減衰時間の短い音、有田焼風鈴 (S-3) は基本周波数に「うなり」があり減衰時間は短い江戸風鈴 (S-1) のほぼ倍の長さがある音、南部風鈴 (S-7) は基本周波数に「うなり」があり減衰時間の長い音といえる。

7. 心理的および物理的評価の比較

印象評価および音響解析によれば、ガラスの風鈴、陶磁器の風鈴、金属の風鈴で特徴が異なる。

心理的評価において、風鈴の音を評価するうえで「響き」が重要な要素のひとつであり、特に、金属の風鈴において「響きが綺麗」のような回答がみられる。音響解析によれば、金属の風鈴の音は減衰時間が長く「うなり」があるため、これらの特徴から「響き」を感じていることがわかる。

また、陶磁器の風鈴においては、「響く」「響かない」の回答が分かれる。音響解析によれば、減衰時間は短い「うなり」があるため、多少音の余韻を感じ、「うなり」のないガラスの風鈴よりも「響く」ように感じ好印象であると考えられる。ただし、既報⁴⁾によれば、江戸風鈴 (ガラス) および南部風鈴 (鉄) では「うなり」が生じ、有田焼風鈴 (陶磁器) では「うなり」がなく、今回の風鈴とは逆になっている。江戸風鈴 (ガラス) や有田焼風鈴 (陶磁器) には製作上南部風鈴のように凹凸のある形状のものは少なく、厚さを均一に製作しやすく「うなり」が生じない風鈴も製作できる。なお、既報⁴⁾の印象評価では、「うなり」が生じた江戸風鈴 (ガラス) は、それが生じてない有田焼風鈴 (陶磁器) よりも好印象である。これらの結果からも風鈴の音で生じる「うなり」は好印象につながる事がわかる。

8. おわりに

因子分析において、風鈴の音を表す24項目の表現語は、大きく「美・叙情的因子」「日常・快適因子」「体感・重量感に関する因子」「賑やかさ・明るさ因子」の4因子に分けることができる。

印象評価実験において、風鈴の音を「響き」という言葉を使って評価している人が多く、物理的実験において、「響く」との回答の多い風鈴の音は「うなり」があり減衰時間が長いことが分かった。また、それは印象評価において「美・叙情的因子」に属し、

全体的に好印象である。これらのことから、日本人の感性では、「うなり」も風鈴の音を評価するうえで重要な要素になると考えられる。

風鈴の音を聴いて「涼しい」と感じるのは世代によって異なり、若い世代があまり涼しさを感じていない傾向が見られた。これは地球温暖化により夏は窓を閉め切ってエアコンで過ごすことが多くなり、窓を開けて風鈴の音を楽しむ習慣自体が少なくなっている生活環境の変化が影響しているものと考えられるが、さらに詳細な実験が必要である。今後の検討課題としたい。

注) 文献8) では、二つの純音の周波数差が20Hz以下であるときを「うなり」と呼び、20Hz以上で臨界帯域幅（臨界帯域幅を超えると2音が分離して聴こえる）までのものを「粗さ(roughness)」と呼んでいるが、本論ではいずれも「うなり」としている。

【謝辞】

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21H00485（基盤研究 (B)、研究代表者：塩川博義、課題名：音響解析を用いた金属製打楽器の変遷—「うなり」の文化としての東洋音楽史—、令和3年度～令和7年度）を受けて行われた。本報をまとめるにあたり、実験に協力していただいた被験者の方々の労を多とした。ここに記して深謝する。

参考文献

- 1) 森田一真, 松橋彩花, 永井仁史, 藤岡豊太, 阿部正人, 田中隆充, 平塚貞人, 堀江皓, 鈴木幸一: 南部風鈴の振動解析に関する検討, *計測自動制御学会東北支部第280回研究集会*, 280-5, (2013), 1-6
- 2) 土田義郎: 風鈴の音色に関する研究 各種風鈴の音響特性と心理的評価の関係について, *日本音響学会講演論文集*, (2023), 1521-1524
- 3) 土田義郎: 風鈴の音色に関する研究 鳴動パターンを統一した心理的評価, *日本音響学会講演論文集*, (2024), 1413-1416
- 4) 塩川博義: 風鈴の音響解析および音印象評価に関する研究, *日本サウンドスケープ協会2021年度春季研究発表会論文集*, (2021), 1-5
- 5) 高尾美穂, 塩川博義: 現代における風鈴の音印象に関する研究, *日本サウンドスケープ協会, 2022年度春季研究発表会論文集*, (2022), 1-10
- 6) 高尾美穂, 塩川博義: 風鈴の音に対する印象評価の因子分析に関する研究, *日本サウンドスケープ協会, 2023年度春季研究発表会論文集*, (2023), 10-19
- 7) 境久峰, 中川剛: 『聴覚と音響心理』, コロナ社, (1995), 199-209
- 8) Diana Deutsch: 『音楽の心理学(上)』, 西村書店, (1990), 17-20

Biographical Sketches of the Authors



Hiroyoshi SHIOKAWA was born in March 31, 1961 in Kanagawa Prefecture, Japan. He obtained his Bachelor's Degree of Engineering in 1983, his Master's Degree of Engineering in 1985 and his Doctoral Degree of Engineering in 1994 from Nihon University. Dr Shioyoshi is a professor of department of Architecture and Architectural Engineering, College of Industrial Technology, Nihon University. He is a member of The Acoustical Society of Japan (ASJ), The Society for Research in Asiatic Music (Tôyô Ongaku Gakkai, TOG), and Soundscape Association of Japan (SAJ) and the Architectural Institute of Japan (AIJ),



Miho TAKAO was born in July 12, 1999 in Shizuoka Prefecture, Japan. She obtained his Bachelor's Degree of Engineering in 2022 and her Master's Degree of Engineering in 2024 from Nihon University. She works in KONOIKE CONSTRUCTION CO.,LTD..