

風鈴の音に対する印象評価の因子分析に関する研究

●高尾 美穂
TAKAO Miho
日本大学
Nihon University

●塩川 博義
SHIOKAWA Hiroyoshi
日本大学
Nihon University

キーワード：風鈴、音印象評価、因子分析、音響解析

要旨

日本の伝統的な住宅では、ふすまや障子を利用することによって外の音が家の中にまで入るようになっていたが、現代の日本の住宅では、内と外とが厚い壁で隔てられ、そのような機会は少なくなっている。本研究では、住宅の内と外とをつなぐ役割を持つ風鈴の音に対する心理的評価および物理的評価を行っている。

本報では令和3年度および令和4年度に新たに行った風鈴の音に対するSD評価アンケートを基に因子分析を行い、令和4年度に追加した8種類の風鈴について音響解析を行ったので報告する。

令和3年度に103名に対して行った6種類の風鈴の音に対するSD評価アンケート¹⁾から因子分析をした結果、20個の表現語は大きく「美・叙述的因子」、「快適・日常因子」、「賑やかさ・明るさ因子」、「材質・素材に関する因子」の4つの因子に分かれた。そして、令和4年度の6人の被験者を対象に、前年度から8種類の風鈴を加え、14種類の風鈴の音に対するSD評価アンケートから因子分析をした結果、20個の表現語は大きく、「美・叙述的因子」、「日常因子」、「賑やかさ・明るさ因子」、「材質・素材（質感）に関する因子」、「材質・素材（重量感）に関する因子」の5つに分かれた。これらのことから、令和4年度は「材質・素材に関する因子」が質感と重量感に分かれたが、いずれも「材料・素材に関する因子」なので、風鈴の音に対する表現語は大きく「美・叙述的因子」、「快適・日常因子」、「賑やかさ・明るさ因子」、「材質・素材に関する因子」の4つの因子に分類できる。

また、風鈴の音に対する「涼しい」という評価は、SD評価において、「暖かい—冷たい」の評価軸の「冷たい」寄りに位置すると考えることができる。因子分析では、「暖かい」は材料・素材に関する因子に含まれていることから、風鈴の音を聴くことで風を感じ、涼しさを感じているだけではなく、氷がガラスや陶磁器などの器に当たってカランと鳴るような音をイメージして「涼しい」と感じている可能性も考えられる。

1 はじめに

日本の伝統的な住宅では、ふすまや障子などの利用により外の音や光などが自然と室内に入り、家の中にいながら四季を感じることができるようになっていた。しかし、現代の住宅では、採光や温度調節は照明やエアコンによって行われ、窓を開ける機会も減り、外の音が家の中にまで入る機会も少なくなっている。本研究では、住宅の内と外とをつなぐ役割を持つ風鈴の音に対する心理的評価および物理的評価を行っており、令和3年度は103名を対象として6種類の風鈴の音に対する印象評価および風鈴の音の音響解析を行った¹⁾。

本報では令和3年度および令和4年度に新たに行った風鈴の音に対するSD評価アンケートを基に因子分析を行い、令和4年度に追加した8種類の風鈴について音響解析を行ったので報告する。

2 実験対象の風鈴

今回の実験で使用した風鈴とその素材を表 1 に示す。s-1) から s-10) は単音の風鈴、m-1) から m-4) は複数音の風鈴である。

2.1 令和 3 年度

参考文献 1) の調査では、s-1) から s-3) および m-1) から m-3) の計 6 種類の風鈴を用いた。

2.2 令和 4 年度

令和 3 年度の調査¹⁾から、s-4) から s-10) および m-4) の 8 種類の風鈴を新たに加えた計 14 種類の風鈴を用いる。

表 1 使用した風鈴

名前	s-1) 江戸風鈴	s-2) 有田焼風鈴	s-3) 南部風鈴	s-4) 津軽 びいどろ風鈴	s-5) 伊万里焼 風鈴
写真					
素材	ガラス	陶磁器	鉄	ガラス	陶磁器
名前	s-6) 南部風鈴 (小)	s-7) 南部風鈴 (大)	s-8) 真鍮風鈴	s-9) 小田原風鈴①	s-10) 小田原風鈴②
写真					
素材	鉄	鉄	真鍮	砂張	砂張
名前	m-1) サヌカイト風鈴	m-2) 備長炭風鈴	m-3) ウィンド チャイム	m-4) 火箸風鈴	
写真					
素材	石	木炭	金属	鉄	

3 印象評価実験

3.1 実験方法

風鈴の音を無響室でバイノーラル録音をする。録音した風鈴の音をそれぞれ聴いてもらい、「快適ー不快」「きれいー汚い」など反対語の対からなる評価項目を 20 項目用いて各風鈴の評価を行う。各評価尺度は、「1 非常に、2 やや、3 どちらでも、4 やや、5 非常に」の 5 段階で回答してもらう。アンケート調査表を表 2 に示す。令和 3 年度は MP3 データの音源を使用し、103 名にアンケートに回答してもらった。また、風鈴の音を聴いた後に自由記述で感想を記述してもらった。調査は 2021 年 10 月 15 日から 2021 年 12 月 6 日に行った。令和 4 年度は、WAV データの音源を使用し、14 種類に増やして 6 名で実験を行う。実験は 2022 年 12 月 12 日に行った。

SD 評価の結果をもとに風鈴の音の因子分析を行う。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。因子分析では、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。

表 2 アンケート調査表

	非常に	やや	どちらでもない	やや	非常に	
快適	1	2	3	4	5	不快
日常的	1	2	3	4	5	非日常的
きれい	1	2	3	4	5	汚い
澄んだ	1	2	3	4	5	濁った
落ち着く	1	2	3	4	5	落ち着かない
上品な	1	2	3	4	5	下品な
親しみやすい	1	2	3	4	5	親しみやすい
情緒がある	1	2	3	4	5	情緒がない
静かな	1	2	3	4	5	うるさい
暖かい	1	2	3	4	5	冷たい
明るい	1	2	3	4	5	暗い
柔らかい	1	2	3	4	5	硬い
鋭い	1	2	3	4	5	鈍い
艶がある	1	2	3	4	5	艶がない
繊細	1	2	3	4	5	粗い
軽い	1	2	3	4	5	重い
湿った	1	2	3	4	5	乾いた
華やか	1	2	3	4	5	地味
厚みがある	1	2	3	4	5	薄っぺらい
寂しい	1	2	3	4	5	賑やか

3.2 結果および考察

3.2.1 因子分析の結果

a) 令和 3 年度

令和 3 年度の因子分析の結果を表 3 に示す。また、網掛けされている項目は因子負荷量の絶対値が 0.4 以上の項目である。表 3 によれば、風鈴の音色に対する 20 項目の表現語は、5 つの因子に分けることができる。第 1 因子は、「上品な」「きれい」「繊細」「艶がある」「澄んだ」「情緒がある」「華やか」「快適」の 8 個の表現語からなり、「美・叙情的因子」といえる。第 2 因子は、「親しみやすい」「日常的」「落ち着く」「快適」「静かな」の 5 個の表現語からなり、「日常・快適因子」

といえる。第3因子は、「厚みがある」「軽い」「暖かい」「鋭い」「湿った」の5個の表現語からなり、「材料・素材に関する因子」といえる。第4因子は、「賑やか」「明るい」の2個の表現語からなり、「賑やかさ・明るさ因子」といえる。第5因子は、「柔らかい」の1個の表現語からなり、「柔らかさ因子」といえる。表3によれば、「柔らかい」の項目において因子3の因子負荷量が0.309と2番目に大きいことから、「材料・素材に関する因子」にも含まれるものと考え、風鈴の音は、大きく「美・叙情的因子」、「賑やかさ・明るさ因子」、「日常・快適因子」、「材質・素材因子」の4つの因子に分けることができる。

表3 令和3年度の因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
上品な	0.870	0.009	0.087	-0.032	-0.057
きれい	0.805	0.098	0.090	0.065	-0.086
繊細	0.751	-0.117	-0.117	-0.193	0.232
艶がある	0.739	-0.140	-0.003	0.037	0.146
澄んだ	0.731	0.024	-0.195	0.054	-0.011
情緒がある	0.712	0.165	0.100	-0.055	-0.066
華やか	0.594	-0.321	-0.045	0.387	0.114
親しみやすい	0.013	0.786	-0.093	0.155	0.008
日常的	-0.231	0.638	-0.150	0.048	0.001
落ち着く	0.399	0.598	0.082	-0.069	0.016
快適	0.522	0.525	0.089	0.021	-0.108
静かな	0.289	0.446	-0.007	-0.286	0.127
厚みがある	0.218	-0.130	0.644	0.196	-0.045
湿った	0.043	-0.217	0.499	-0.117	0.311
暖かい	-0.152	0.196	0.455	0.298	0.280
鋭い	0.382	-0.177	-0.453	0.047	-0.186
軽い	0.045	0.269	-0.584	0.054	0.261
賑やか	-0.095	0.032	0.159	0.773	-0.095
明るい	0.151	0.212	-0.102	0.499	0.128
柔らかい	0.105	0.012	0.309	-0.040	0.875

b) 令和4年度

14種類の風鈴のSD評価の回答に対して因子分析を行った結果を表4に示す。また、網掛けされている項目は因子負荷量の絶対値が0.4以上の項目である。

表4によれば、風鈴の音色に対する20項目の表現語は、5つの因子に分けることができる。第1因子は、「きれい」「上品な」「静かな」「澄んだ」「快適」「繊細」「情緒がある」の7個の表現語からなり、「美・叙情的因子」といえる。第2因子は「賑やか」「華やか」「明るい」「艶がある」の4個の表現語からなり、「賑やかさ・明るさ因子」といえる。第3因子は「親しみやすい」「日常的」「落ち着く」3個の表現語からなり、「日常因子」といえる。第4因子は「湿った」「柔らかい」「暖かい」「鋭い」の4個の表現語からなり、「材質・素材（質感）に関する因子」といえる、第5因子は「軽い」「厚みがある」の2個の表現語からなり、「材質・素材（重量感）に関する因子」といえる。

表 4 令和4年度の因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
きれい	0.920	0.158	-0.136	0.044	-0.009
上品な	0.852	0.033	-0.092	-0.145	0.028
静かな	0.695	-0.360	-0.112	-0.007	-0.103
澄んだ	0.672	0.254	0.009	-0.076	0.006
快適	0.660	0.047	0.117	0.034	0.024
繊細	0.606	-0.058	-0.079	0.256	0.074
情緒がある	0.576	0.102	0.127	-0.121	0.083
賑やか	-0.364	0.944	-0.055	-0.016	-0.096
華やか	0.214	0.755	-0.063	0.070	-0.093
明るい	0.212	0.684	-0.004	-0.042	0.168
艶がある	0.353	0.526	0.097	-0.027	-0.105
親しみやすい	-0.140	-0.022	1.032	0.037	-0.017
日常的	-0.132	0.030	0.933	-0.149	0.063
落ち着く	0.374	-0.172	0.611	0.135	-0.056
湿った	0.050	-0.004	-0.095	0.864	0.010
柔らかい	0.047	0.053	0.214	0.733	0.041
暖かい	-0.305	0.192	-0.185	0.530	0.103
鋭い	-0.038	0.206	0.063	-0.559	0.109
軽い	0.073	-0.020	0.141	0.089	0.879
厚みがある	0.109	0.194	0.249	0.163	-0.480

3.2.2 自由記述の結果

令和3年度のアンケート調査において、一部の動詞と否定語を除いて103名分の風鈴を聴いた後の感想の中から、SD評価に含まれていない言葉で出現回数5回以上に限定した結果を表5に示す。

表5によれば、江戸風鈴は「夏」「ガラス」「涼しげ」、有田焼風鈴は「涼しげ」「高い」「心地良い」、南部風鈴は「高い」「響き」「涼しげ」、サヌカイト風鈴は「店」「重なり」「心地良い」、備長炭風鈴「響き」「楽器」「カラカラ」、ウインドチャイムは「店」「楽器」「ベル」のような言葉が挙げられる。

単音の風鈴において、いずれも「涼しげ」という言葉が現れている。自由記述によれば、「音が高く軽くて涼しさを感じる」「音が軽く涼しさを感じた」との回答がみられる。また、複数音の風鈴において、「店」や「楽器」という言葉が現れている。自由記述によれば、「店のドアに吊るされているような印象」「鉄琴のような音」との回答がみられることから、複数音の風鈴に対して、ドアベルや楽器をイメージしていることがわかる。

表 5 SD 評価に含まれていない言葉で出現回数 5 回以上の記述語

風鈴の種類	記述語
s-1) 江戸風鈴	夏、ガラス、涼しげ
s-2) 有田焼風鈴	涼しげ、高い、心地良い
s-3) 南部風鈴	高い、響き、涼しげ
m-1) サヌカイト風鈴	店、重なり、心地良い
m-2) 備長炭風鈴	響き、楽器、カラカラ
m-3) ウインドチャイム	店、楽器、ベル

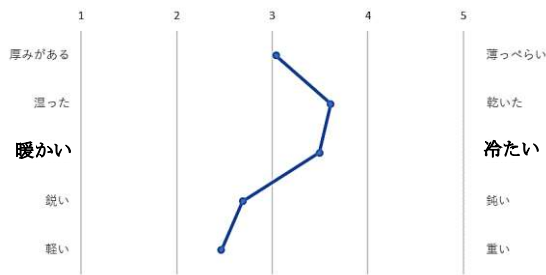


図 1 江戸風鈴の SD 評価（令和 3 年度）

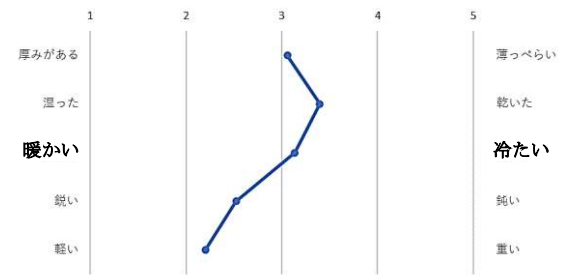


図 2 有田焼風鈴の SD 評価（令和 3 年度）

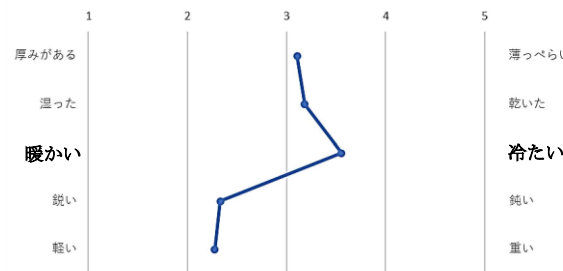


図 3 南部風鈴の SD 評価（令和 3 年度）

3.2.3 考察

令和 3 年度から令和 4 年度の結果を比較すると、「静かな」が「日常・快適因子」から「美・叙述的因子」、「快適」が「美・叙述的因子」、「華やか」「艶がある」が「美・叙述的因子」から「賑やかさ・明るさ因子」へと移動している。また、令和 4 年度は「材質・素材に関する因子」が質感と重量感に分かれたが、いずれも「材料・素材に関する因子」であり、因子の種類や数は大きく変わらない。このことから、風鈴の音に対する表現語は大きく「美・叙述的因子」、「日常・快適因子」、「賑やかさ・明るさ因子」、「材質・素材に関する因子」の 4 つの因子に分類できる。

令和3年度の自由記述の結果によれば、3種すべての単音の風鈴において、「涼しげ」という言葉が現れている。また、令和3年度の単音の風鈴のSD評価の結果から一部抜粋したものを図1から図3に示す。これらによれば、「暖かいー冷たい」の評価はいずれも「冷たい」に寄っており、「涼しい」という表現語は「暖かいー冷たい」の評価軸上の「冷たい」寄りに位置するとも考えることができる。さらに、因子分析の結果によれば、「暖かい」はいずれも「材質・素材に関する因子」に含まれている。これらから、風鈴の音を聴くことで、風を感じ、涼しさを感じているだけではなく、氷がガラスや陶磁器などの器に当たってカランと鳴るような音など、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考えられる。

4 風鈴の音響解析

4.1 解析方法

令和 4 年度に新たに追加した s-4) 津軽びいどろ風鈴、s-5) 伊万里焼風鈴、s-6) 南部風鈴（小）、s-7) 南部風鈴（大）、s-8) 真鍮風鈴、s-9) 小田原風鈴①、s-10) 小田原風鈴②および m-4) 火箸風鈴の 8 種類の風鈴の音の音響解析を行う。これらの音が無響室でリニア 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。火箸風鈴に関しては、1 本ずつ録音を行う。解析では録音した風鈴の音の WAV データから DFT 解析を行い、周波数特性を求める。

4.2 解析結果

各風鈴の周波数特性を図 4 から図 11 に示す。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、うなりあるいはラフネス（粗さ）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。

4.2.1 津軽びいどろ風鈴（s-4）

図 4 によれば、基本周波数、約 2.1 倍音、約 3.6 倍音および約 4.1 倍音に大きなピークがある。また、(B) と (C) において 13.2Hz の周波数差が見られる。

4.2.2 伊万里焼風鈴（s-5）

図 5 によれば、基本周波数、約 2.7 倍音および約 4.8 倍音に大きなピークがある。(A) と (B) において 41.5Hz、(D) と (E) において 51.8Hz の周波数差が見られる。

4.2.3 南部風鈴（小）（s-6）

図 6 によれば、基本周波数および約 2.7 倍音に大きなピークがある。(A) と (B) において 2.1Hz、(C) と (D) において 82.7Hz の周波数差が見られる。また、基本周波数に比してレベルは小さいが、(E) および (F) において超音波が生じている。

4.2.4 南部風鈴（大）（s-7）

図 7 によれば、基本周波数および約 2.7 倍音に大きなピークがある。(A) と (B) において 39.5Hz、(C) と (D) において 23.9Hz の周波数差が見られる。また、基本周波数に比してレベルは小さいが、(E) において超音波が生じている。

4.2.5 真鍮風鈴（s-8）

図 8 によれば、基本周波数、約 1.3 倍音および約 2.6 倍音に大きなピークがある。(A) と (B) において 4.5Hz の周波数差が見られる。また、基本周波数に比してレベルは小さいが、(E) において超音波が生じている。

4.2.6 小田原風鈴①（s-9）

図 9 によれば、基本周波数、約 1.8 倍音および約 2.6 倍音に大きなピークがある。(A) と (B) において 2.6Hz、(E) と (F) において 19.9Hz の周波数差が見られる。

4.2.7 小田原風鈴②（s-10）

図 10 によれば、基本周波数、約 1.4 倍音および約 2.7 倍音に大きなピークがある。(A) と (B) において 22.5Hz、(D) と (E) において 88.7Hz の周波数差が見られる。

4.2.8 火箸風鈴（m-4）

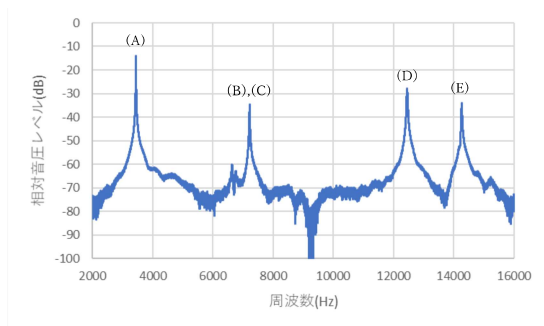
図 11 によれば、基本周波数、約 2.1 倍音、約 3.9 倍音、約 6.3 倍音、約 9.1 倍音、約 12.5 倍音、約 16.4 倍音、約 20.7 倍音に大きなピークがある。また、(A) において 8.2Hz、(B) において 12.8Hz、(C) において 17.6Hz、(D) において 48Hz、(E) において 56.4Hz、(F) において 52.1Hz、(G) において 73.1Hz、(H) において 144.7Hz の周波数差が見られる。また、基本周波数に比してレベルは小さいが、(I) (J) および (K) において超音波が生じている。

4.3 考察

解析結果によれば、基本周波数が 2000Hz から 4000Hz の間に含まれている風鈴が多いが、他の風鈴と形状が異なる棒状の火箸風鈴は、倍音成分が多く、特徴的な周波数特性をしている。津軽びいどろ風鈴には基本周波数のピークは 1 つだが、それ以外の風鈴には基本周波数に 2 つのピークがある。金属製の風鈴において、南部風鈴（小）、南部風鈴（大）、真鍮風鈴および火箸風鈴は、基本周波数に比してレベルは小さいが、20kHz 以上の超音波にピークがある。しかし、砂張風鈴である小田原風鈴①および小田原風鈴②は、超音波にピークはない。

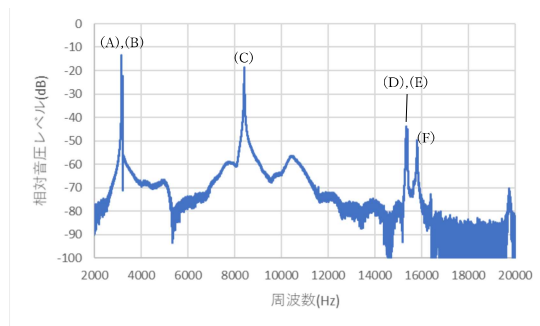
また、うなりは津軽びいどろ風鈴、南部風鈴（小）、真鍮風鈴、小田原風鈴①、および火箸風鈴に生じている。ラフネス（粗さ）は伊万里焼風鈴、南部風鈴（大）および小田原風鈴②に生じている。

しかし、周波数特性のグラフからは判断できるが、風鈴の種類によって時間減衰の長さの違いなどから、実際には判断しにくい風鈴もある。



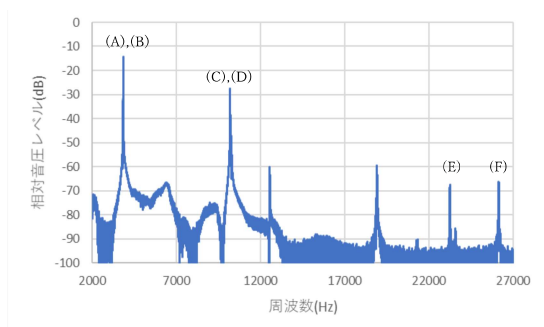
(A) 3450.9Hz (B) 7228.1Hz (C) 7241.3Hz
(D) 12450.1Hz (E) 14270.1Hz

図 4 津軽びいどろ風鈴



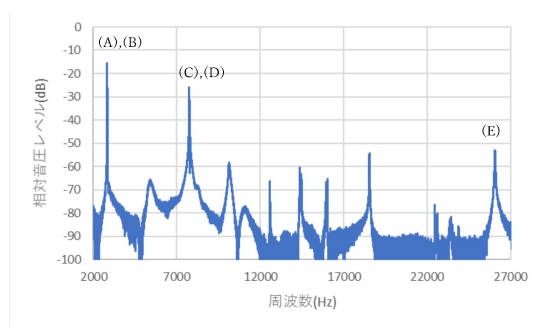
(A) 3165.5Hz (B) 3207.0Hz (C) 8411.9Hz
(D) 15343.9Hz (E) 15395.7Hz
(F) 15812.6Hz

図 5 伊万里焼風鈴



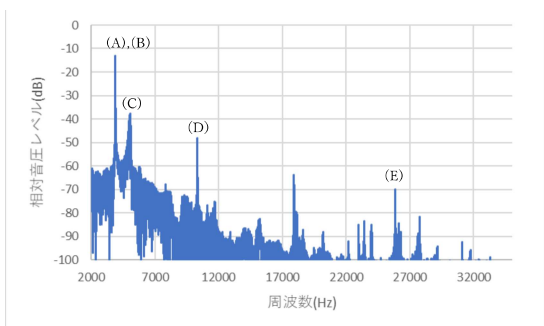
(A) 3843.1Hz (B) 3845.2Hz (C) 10197.9Hz
(D) 10280.6Hz (E) 23236.7Hz 23246.1Hz
23255.4Hz (F) 26160.5Hz

図 6 南部風鈴 (小)



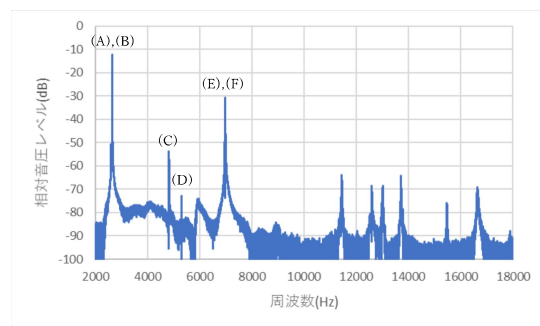
(A) 2828.6Hz (B) 2868.1Hz (C) 7737.1Hz
(D) 7761.0Hz (E) 26049.2Hz

図 7 南部風鈴 (大)



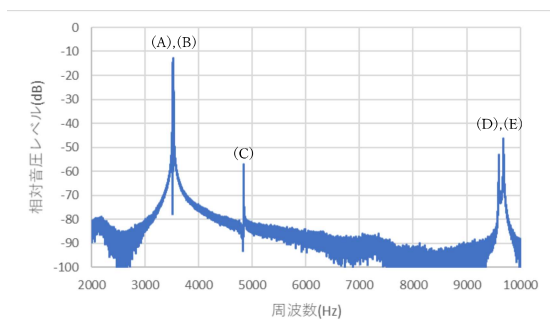
(A) 3906.6Hz (B) 3911.1Hz (C) 5047.1Hz
(D) 10337.9Hz (E) 25856.0Hz

図 8 真鍮風鈴



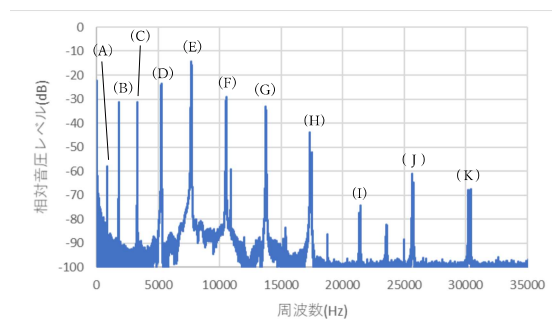
(A) 2651.3Hz (B) 2653.9Hz (C) 4824.8Hz
(D) 5302.5Hz (E) 6957.9Hz (F) 6977.8Hz

図 9 小田原風鈴①



(A) 3508.6Hz (B) 3531.1Hz (C) 4838.2Hz
(D) 9598.9Hz (E) 9687.6Hz

図 10 小田原風鈴②



(A) 839.3Hz, 847.5Hz (B) 1801.8Hz,
1814.6Hz (C) 3303.4Hz, 3321.0Hz
(D) 5259.0Hz, 5307.0Hz (E) 7664.4Hz,
7720.8Hz (F) 10489.9Hz, 10542.0Hz
(G) 13737.1Hz, 13810.2Hz (H) 17344.4Hz,
17489.1Hz (I) 21330.4Hz, 21453.4Hz
(J) 25639.8Hz, 25748.8Hz (K) 30216.2Hz,
30414.5Hz

図 11 火箸風鈴

5 おわりに

因子分析の結果によれば、風鈴の音は大きく「美・叙情的因子」「日常・快適因子」「材質・素材に関する因子」および「賑やかさ・明るさ因子」の4つの因子に分けることができる。また、自由記述の結果によれば、単音の風鈴において、「涼しげ」という言葉が現れている。令和3年度の単音の風鈴のSD評価の結果によれば、「暖かい—冷たい」の評価はいずれも「冷たい」に寄っており、「涼しい」という表現語は「暖かい—冷たい」の評価軸上の「冷たい」寄りに位置するとも考えることができる。さらに、因子分析の結果によれば、「暖かい」はいずれも「材質・素材に関する因子」に含まれている。これらから、風鈴の音を聴くことで、風を感じ、涼しさを感じているだけではなく、氷がガラスや陶磁器などの器に当たってカランと鳴るような音など、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考えられる。

音響解析の結果によれば、基本周波数が2000Hzから4000Hzの間に含まれている風鈴が多い。火箸風鈴は倍音成分が多く、他の風鈴と異なる周波数特性になっている。

金属製の風鈴において、南部風鈴（小）、南部風鈴（大）、真鍮風鈴および火箸風鈴は、基本周波数に比してレベルは小さいが、20kHz以上の超音波にピークがある。しかし、砂張風鈴である小田原風鈴①および小田原風鈴②は、超音波にピークはない。

【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、実験に協力してくれた被験者の方々、また、日本大学生産工学部の元卒研究生、相場都晶氏、中台梨乃氏、吉村花菜子氏の労を多とした。ここに記して深謝する。

【参考文献】

- 1) 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, 1-10, 2022.

- 2) 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, 日本大学生産工学部第 55 回学術講演会講演概要, 256-259, 2022
- 3) 境久峰, 中川剛：『聴覚と音響心理』, (コロナ社, 1995) .
- 4) Diana Deutsch: 『音楽の心理学 (上)』, (西村書店, 1990) .