

日本の音に含まれる超音波成分が人間に与える影響に関する基礎的研究

日大理工(院) ○ 桑谷佑子 内田真紀子 小川陽子 山崎恵

日大生産工(院) 伊藤隆道 東邦音楽大 田村治美 日大理工 堀田健治 日大生産工 山崎憲

1. 緒言

都市再生法の制定により都市整備が活発に行われる今日、特定地域の環境資源の発掘やそれらの保全計画は視覚的なものが主とされてきた。しかし、人間は周辺環境の刺激を全身で感じていることから、五感を考慮したうえでの計画が必要とされる。中でも聴覚は、視覚に次いで多くの情報量を有しながらも、刺激に対し受身にならざるを得ない感覚であることから、計画を行う上で重要視されている。

日本は戦後の高度成長期の発展に伴い、国外から様々な文化や技術が流入され、我々の生活環境はより機能的に変化した。今日の都市空間では高層建築物が立ち並び、それらの多くは外観やプランニングデザインなど様々な面において西洋の感性が主流となりつつある。しかしその一方で、京都などの古都に残る伝統的な街並みが現在でも多くの支持を得ている。それは情緒的な「和」の空間が古来から受け継がれる日本人の感性が反映されているものと示唆される。日本の伝統文化には西洋とは異なった文化を育んできた日本人特有の感受システムが感知するものが現存し、空間に対する快適感に大きな影響を与えていると考えられる。しかし感性といった感覚的な事柄は主観的基準に基づく評価が主流であることから、科学的根拠に基づいた定量的な評価を併せることが必要とされる。

そこで本研究は、人間の快適感に影響する環境要素の中でも音に着目し、日本人の根底に共通すると考えられる伝統的な音の特性を把握すると共に、人間の反応を生理・心理面で検討する。これにより日

本人の感性を科学的に明らかにすることで日本人の嗜好に基づいた音環境づくりへの基礎的資料を得ることを目的とする。

2. 音の特性

日本人の感受システムの形成は、自然を慈しみ敏感に享受するといった独特な自然観が大きく影響している。西洋の楽器は音の純化を重点に音文化を発展させたのに対し、日本の楽器は自然音に近い雑音を重点に置き、自然との融合を求めよう発展してきたことから、日本人の独特な音の嗜好が伺える。

また日本人の感性の根底となった自然音は、安らぎを感じる音として周知される。その理由の一つに、既往研究より自然音は人間の可聴上限を超えた周波数(20kHz)の超音波を多く含む特徴を持ち、それらが人間により影響を与えるといったことが報告されている。このことから、日本の伝統楽器は自然音と類似した特徴を有し、それらが感性に影響するのではないかと予測される。

そこで本研究では、日本の伝統的な音のなかでも、吹く管楽器の音として能管を、弾く・引くなどの弦楽器の音として箏を、自然により奏でられる音として風鈴に注目した。音の収録を行い、超音波に着目した音の特性の把握を試みた。また、自然音の中でも好まれる水の音と虫の音の周波数特性を用い、自然音との類似性の把握を行なった。

収録した音と自然音の周波数特性を図1に示す。図より、能管は右下がりの起伏の激しい波形であり、箏は右下がりでも滑らかな形の波形であることがわかる。伝統的な音と自然音すべての音に共通して、

The Fundamental Research on the Effect of Ultrasonic Waves Included in Japanese Sounds.

By Yuko KUMEGAI, Makiko UCHIDA, Yoko OGAWA, Megumi YAMAZAKI,

Takamichi ITO, Harumi TAMURA, Kenji HOTTA and Ken YAMAZAKI

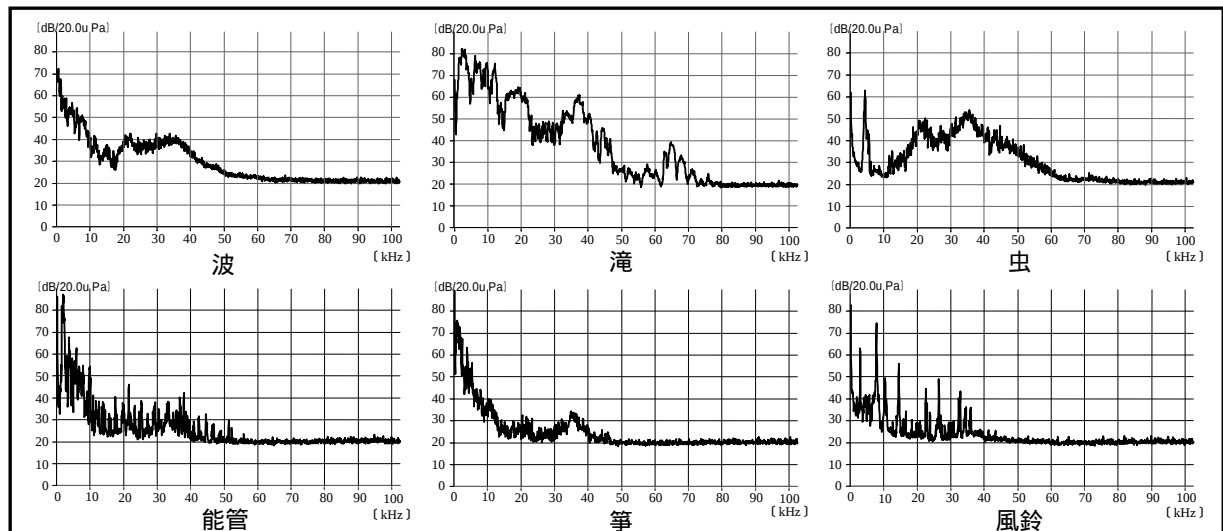


図1 周波数特性

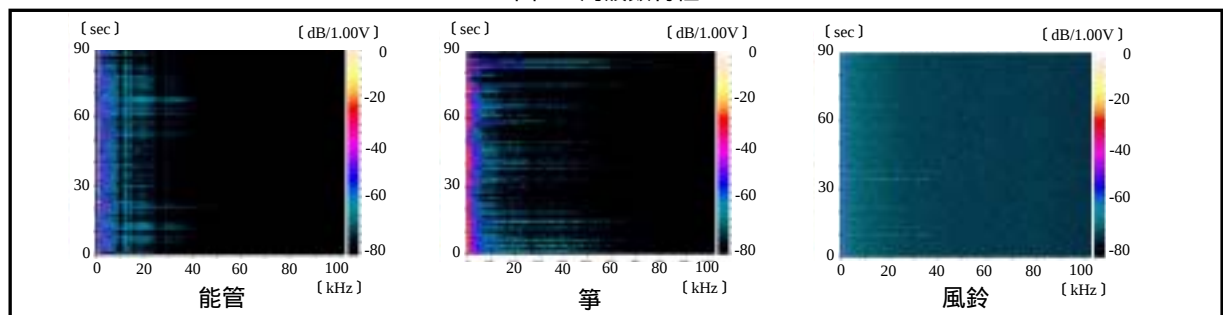


図2 ウィグナー分布

超音波が豊富に含まれることが明らかとなった。また、それらは特に日本独特の音や奏法に多く含まれることが把握できた。

3.実験概要

既往の研究より、自然音に含まれる超音波がリラックス時に現れる脳波中のα波が活性化することが報告されている。そこで、今回収録した3種類の音に含まれる超音波が自然音と類似した効果を与えるか確認するため、これらの音を呈示した際の人間の反応を生理・心理反応で検証する。

3-1.実験時間及び被験者

2004年8月2日から同年8月4日に行い、被験者は聴覚正常な20～21歳の学生7名（男性4名、女性3名）とした。

3-2.呈示音

各音を可聴音のみの音(Low Pass Sounds: LPS)と可聴音に超音波を加えた音(Full Pass Sounds: FPS)にわけた計6種類とした。図2に各音のFPSのウィグナー分布を示す。

3-3.実験場所

本実験は、安定した音環境及び周辺環境刺激が一定である日本大学生産工学部無響室にて行った。図3に無響室の実験室仕様図を示す。

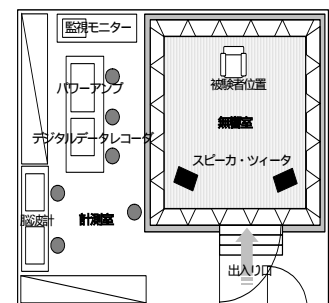


図3 実験室仕様図

3-4.呈示方法

全被験者に実験室入室後における閉眼を指示した。椅子に着席後30秒間の安静を保ち、各呈示音を90秒間呈示し、計120秒間の脳波を計測した。また、前の呈示音の影響が残らないよう脳波計測後10分間の休憩時間を設け、各休憩時間を使用しSD法を行った。以上の工程を各呈示音ごとに行った。

3-5.測定項目

3-5-1.生理反応

脳波計は国際脳波学会が推進する10-20電極法に

基づき、頭皮上計 12 箇所にて電極を装着した。

3-5-2.心理反応

呈示音による被験者の心理状況を把握するため、SD 法を行った。SD 法とは相反する形容詞対を複数用意して評価を求めることにより、多様な側面を持つ呈示音の有する様々な意味内容を把握する手法である。本実験のアンケートは 20 項目の形容詞対からなる 7 段階評価を用いた。

4.測定結果及び考察

4-1.生理反応

実験で得た 120 秒間の脳波データを FFT 解析より求めた結果、図 5 に呈示音ごとの α 波の平均含有量を示す。図より、すべての音で LPS に比べ、FPS 呈示時の方が α 波含有量の多い結果となった。

図 6 に LPS 呈示時に対する FPS 呈示時の α 波の平均増減率を示す。図より、すべての音で α 波の活性化傾向が確認できた。したがって、これらの音に含まれる超音波は α 波を活性化させる効果があると示唆される。

次に超音波の活性化傾向に差が見られたことから各音別に比較を行う。 α 波(8 ~ 13Hz)は $\alpha 1$ (8 ~ 10Hz)と $\alpha 2$ (11 ~ 13Hz)に分けられ、 $\alpha 1$ は主に睡眠時に近いリラックス時に、 $\alpha 2$ は覚醒時でのリラックス時に優位に出現する特徴を持つ。図 6 より、能管は $\alpha 1$ の活性化傾向が顕著に現れていることより、被験者は睡眠時に近いリラックス状態にあったといえ、箏と風鈴に関しては $\alpha 2$ が高い活性化傾向にあったことから、覚醒時でのリラックス状態であっ

たといえる。箏は、能管、風鈴に比べ高い α 波の増減率を示した。その理由として、図 3 のウィグナー分布図より、箏は能管、風鈴に比べ、超音波が多く含まれていることが影響していると考えられる。このことから、超音波の量は α 波の活性化に関連することが示唆された。

4-2.心理反応

全被験者における SD 法アンケートの結果より得た平均プロフィールを図 7 に示す。図より、すべての項目において LPS と FPS 呈示時の顕著な差は見

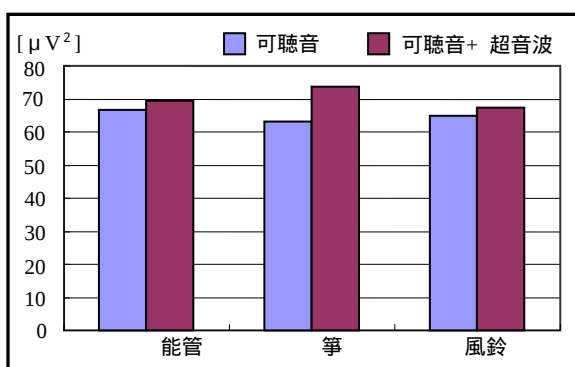


図 5 平均 α 波含有量

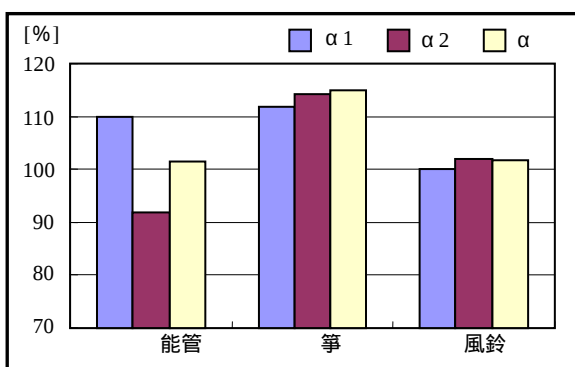


図 6 平均 α 波増減率

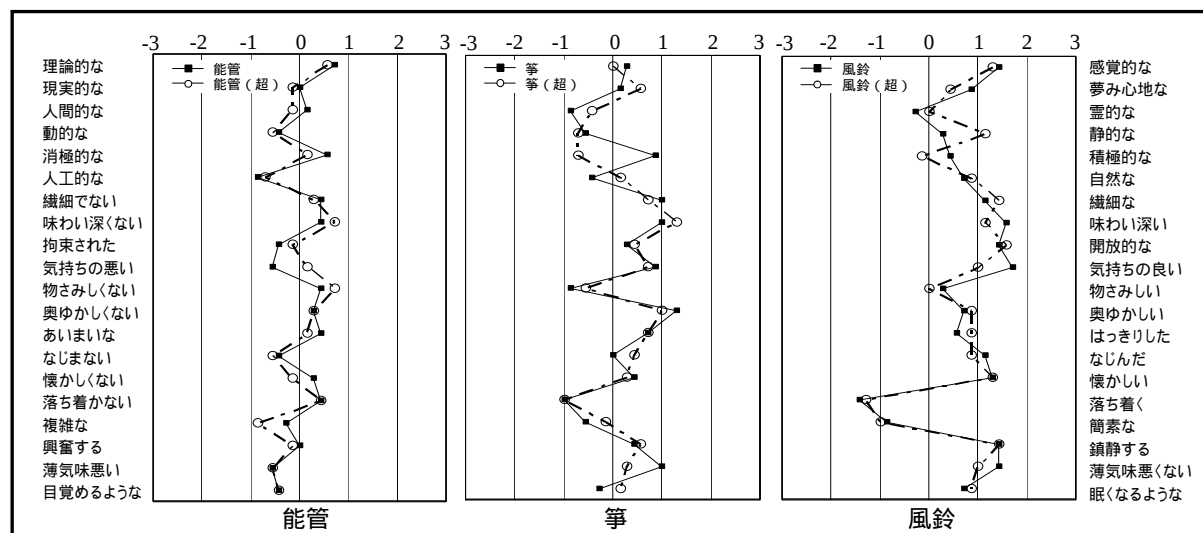


図 7 平均プロフィール

られなかった。その理由として心理解析は主観的評価を用いた検討のため、人間の可聴範囲を超えた周波数の超音波は知覚されにくいことから直接的な影響を与えにくいことが考える。しかし生理反応では音ごとの超音波の活性化傾向に差が出たことから、音の印象の違いによる影響も関係すると考えられるため、音の印象の検討を行った。その結果、能管と箏において図の中央部付近に集中した形となった。風鈴では多くの項目において正の評価が多い傾向にあった。また、能管と箏に比べ「自然な」の項目で高い評価を得たことから、自然に関係する様な比較的良好印象の音であると考えられる。

すべての呈示音において「繊細な」、「味わい深い」、「奥ゆかしい」の項目で正の評価となった。これらの形容詞は、日本人ならではの感覚を表した情緒的な言葉と捉えられることから、日本人の音の感性がこれらの音に反映されていると推測される。

更に、各呈示音から得られたデータで因子分析を行った。解析方法は項目間の相関の高い因子軸を抽出するためにバリマックス法を用いた。その結果を表1に示す。因子負荷量 0.400 以上を基準に軸を検出した結果、5つの因子軸が検出され、第5因子までの累積寄与率は 67.657% となった。各因子は形容詞群から第1因子は『快適性』、第2因子は『穏便性』、第3因子は『開放性』、第4因子は『想像性』、第5因子は『静寂性』を表す計5つのイメージで因子軸が構成された。

図8に因子分析によって得られた因子得点を階級化し、各音ごとの平均をレーダーチャートで表したものを示す。図より、超音波の有無を比較した結果、どの因子軸においても LPS と FPS は同様な形状・得点を示し、顕著な差は見られなかった。理由は平均プロフィールと同様なことが考えられる。

また音ごとの比較を行った結果、能管は箏、風鈴に比べ快適性の軸で高い得点となり、風鈴は能管、箏に比べ想像性の軸で高い得点になり快適性の軸では得点が低くなった。箏においては、能管、風鈴に比べ静寂性の軸で低い得点となる結果が得られた。これは各音ごとの印象や特徴による違いの表れ

と示唆される。しかし、心理解析を行うにあたってデータ量が少ないことから生理反応との明確な関連性を把握するには至らなかった。

表1 因子分析結果（因子負荷量）

		因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
快適性	落ち着かないー落ち着く	0.8423	-0.1754	-0.2104	-0.2235	0.0859
	気持ちの悪いー気持ちの良い	-0.6840	0.4638	0.2801	0.1154	-0.1440
	興奮するー鎮静する	-0.6800	0.0004	0.0275	0.0955	0.2843
	なじまないーなじんだ	-0.7890	0.2382	0.1473	0.1421	-0.0818
穏便性	奥ゆかしいー奥ゆかしい	-0.0745	0.7248	0.1907	0.1429	-0.2999
	味わい深くないー味わい深い	-0.2122	0.6450	0.5713	0.1295	-0.1647
	繊細でないー繊細な	-0.1697	0.6357	0.1012	0.1787	0.1531
開放性	人工的なー自然な	-0.2828	0.1957	0.6358	0.2570	-0.0839
	現実的なー夢み心地な	-0.1243	0.3212	0.5937	0.2311	0.4051
想像性	理論的なー感覚的な	-0.1480	0.2589	0.2525	0.7261	0.2036
	懐かしくないー懐かしい	-0.2496	0.3751	0.3228	0.6616	-0.1405
	複雑なー簡素な	0.4604	0.1133	0.4035	-0.4683	-0.2067
静寂性	動的なー静的な	-0.3123	-0.1099	0.0194	0.0411	0.7473
	物さみしくないー物さみしい	0.3256	-0.0475	-0.0559	0.0609	0.5841
負荷量の二乗和		2.94	2.02	1.61	1.47	1.43
寄与率(%)		20.98	14.46	11.49	10.51	10.22
累積寄与率(%)		20.98	35.44	46.93	57.44	67.66

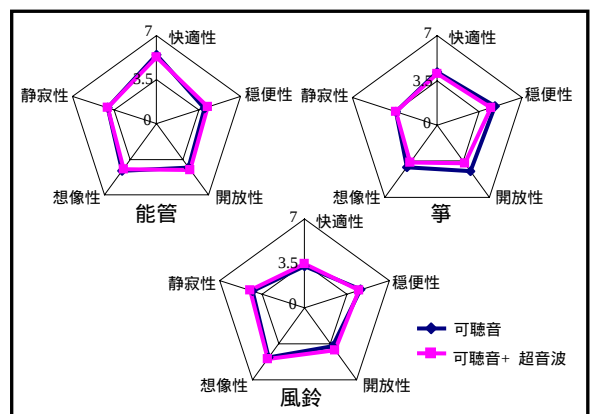


図8 因子得点の平均レーダーチャート

5.総括

今回、自然音と類似した効果が日本の伝統的な楽器にも見られたことから、日本人は自然の持つ効能を無意識に感じていたと推測される。それは自然と密接に関わりあってきた日本人特有の豊かな感性を窺わせる結果と考えられる。

今後、更なる音資料や被験者を増やし、また精度を高めた実験を行うことでより詳細なデータ収集し、日本人の感性を明らかにすることが期待される。

【参考文献】

- 1) 小林享：『風景の調律』鹿島出版会、1999.11.10
- 2) 崔鍾仁：「沿岸域の波の音に含まれる自然超音波が人間に与える生理的影響」第33回生産工学部学術講演会 pp39-42、2000
- 3) 吉川英史：『日本の楽器』東京書籍、2002.10.30
- 4) 鳥越けい子：「聴覚的景観資源を生かした環境計画」財団法人日立環境財団、機関誌環境研究 No 98、pp100-106、1995