

温熱環境の違いが音環境評価に及ぼす影響

準会員○松本一輝*1 正会員 辻原万規彦*2 同 斉藤雅也*3 同 川井敬二*4 同 岡本孝美*5

4. 環境工学-2. 室内音響・音環境 環境工学

札幌, 熊本, アンケート調査, 人工気候室, ストレス

1. はじめに

音環境に関する研究の多くは、私たちにとって好ましくないとされる道路や航空機などの騒音を対象にしている。これらの研究では、主に法律や基準に基づき実測で得られた音源からの音圧レベルなどを評価しているが、音環境要素のみを対象とした一面的な評価になる可能性がある。たとえば、松原ら¹⁾は音環境と温熱環境の関係性を複合環境評価の観点から述べており、人が音環境を評価するときには、聴く人を取り囲む温熱環境の要素が大きく関係する可能性を示している。

この様な背景を踏まえ、本研究では音環境評価に影響する可能性のある、音環境以外の要因の中でも温熱環境に着目し、音環境評価への影響の大きさを明らかにすることを目的として2つの調査を実施した。1つは、地域差や季節差のように比較的大きい空間スケールや長い時間スケールに注目して、札幌と熊本の2地点で季節を変えて行った音の感じ方についてのアンケート調査である。もう1つは熊本県立大学の人工気候室で、比較的小さい空間スケールかつ短い時間スケールに注目して、集中的に行った温熱環境によるストレスと許容音量の関係についての実験である。

2. 住む地域や季節による温熱環境の違いが音環境評価に及ぼす影響

2-1. アンケート調査の概要

対象者は熊本県立大学と札幌市立大学の学部 1~4 年生で、主に建築やデザインを学ぶ学生である。季節での回答の違いにも着目したため、季節の変わり目に注目して、同じ内容の調査を表1のように2018年の春から冬にかけて、継続的に実施した。質問項目は個人属性と主に「音に対する感じ方」である。音の感じ方は、冒頭に「最近(ここ1週間で)、あなたが外を歩いている時のことについてお答えください」と前置きし、続いて表2のように質問した。また、「今の外の気温は何℃くらいだと思いますか」と直感で想像してもらった想像温度²⁾

と同様に想像湿度についても訊いた。アンケート調査は札幌、熊本ともに講義の中で実施³⁾し(写真1)、回答は全て講義が行われた室内で得た。なお、アンケート実施時には室内と屋外の気温と湿度を測定した(写真2)。

表1 アンケート調査の実施日と回答者数

実施回	季節	実施日	回答者数(人)
第1回	春→夏	札幌 6/8 熊本 6/12	札幌 32 熊本 46
第2回	夏	札幌 7/26 熊本 7/24	札幌 32 熊本 45
第3回	夏→秋	札幌 10/4 熊本 9/28	札幌 88 熊本 49
第4回	秋	札幌 11/1 熊本 11/9	札幌 81 熊本 39
第5回	秋→冬	札幌 11/29 熊本 12/7	札幌 25 熊本 39

表2 アンケート調査の質問項目

質問内容	選択肢(一部省略)
次の音の中で「心地よい」or「気分を害する」と思う音を選び、より強く思う順で1から3の数字をつけてください(同順位複数可)。	風、雨、雪、雷、動物、鳥、虫、声、足音、車、飛行機、空調、工事、ヘリ、鉄道
最近(ここ1週間で)印象に残っている季節の音はありますか。	はい、いいえ
上で「はい」と答えた方に質問です。それはいつの、どのような音(何の音)でしたか。	いつ(朝、午前、昼、午後、夕方、夜)、音の内容は自由記述



写真1 アンケート調査の様子 写真2 気温と湿度の測定

2-2. アンケート調査の結果と考察

「風の音」は、アンケート調査時に選択肢として挙げた音の中で、回答者が多く、比較的身近に感じることができる音と考えられる。そのため、住む地域や季節による温熱環境の違いによって、回答者の音の感じ方に違いが生じた場合、評価に最も影響すると予想した。したがって、以下では「風の音」に着目して分析した。

図1に、第1回から第4回までのアンケート調査実

施時における回答者の外気に対する想像温湿度と外気の実際温湿度の推移を示す。第1回の札幌の外気温湿度は欠測だったため、札幌管区气象台でのアンケート実施時刻の観測値で代用した。また、図2に「風の音」を心地よいと感じる人の割合と平均外気温湿度の推移を示す。平均外気温湿度は、札幌管区气象台と熊本地方气象台の値を使用し、アンケート調査実施前1週間の日平均気温と日平均湿度をさらに1週間で平均した値を使用した。これはアンケート調査で「最近(ここ1週間)」の音の感じ方について訊いたからである。

図1から、温度については熊本では第1回(6月中旬)から第4回(11月上旬)まで想像値と実際値に大差がない。一方、札幌では第1回(6月中旬)と第4回(11月上旬)に3~4℃差がある。6月と11月の札幌は、1日の屋外の寒暖差が大きく、在室時に窓を開けている時間が熊本より短いことが予想される。よって実際値に近い値を想像しにくかった可能性がある。逆に、熊本は札幌に比べて、第1回(6月中旬)から第4回(11月上旬)にかけて窓を開けている時間が長い。よって、実際の外気温に近い温度を想像しやすかったと予想される。

一方、想像湿度は、実際値と想像値の差が温度ほど小さくないが、第2回(7月下旬)と第3回(9月下旬から10月上旬)の想像湿度は、第1回(6月中旬)と第4回(11月上旬)に比べ、実際値に近い。第2回(7月下旬)は札幌の実際値が70%、熊本が60%で、いずれも相対湿度がピークになる盛夏である。そこから第3回(9月下旬から10月上旬)にかけて、札幌(40%)、熊本(50%)まで湿度が下がり、夏から秋への外気温湿度の変化を感じやすい特徴が表れていると考えられる。

また、図2から、熊本では札幌よりも第1回(6月中旬)から第4回(11月上旬)にかけて「風の音」を心地よいと感じている人が多い。これは上述の通り、熊本が札幌よりも外気温が高く、寒暖差も小さいことから窓を開けている時間が長く、屋外に加えて室内でも「風の音」を感じる機会が多くなるからと考えられる。

なお、札幌と熊本ともに第1回(6月中旬)において「風の音」を心地よいと感じる割合が最大である。札幌は、第1回(6月中旬)の調査時期が春から夏へと季節が変化する時期で、気温が上昇し、暖かい風を感じだした時期に重なることが影響していると考えられる。具体的には第1回(6月中旬)の平均気温が札幌19.7℃、熊本24℃であることから、「風の音」を心地よいと感じやすい気温の範囲が20℃~24℃と予想できる。その後、第

2回(7月中旬)では札幌と熊本ともに「風の音」を心地よいと思う人の割合が減少する。この理由は外気温湿度の上昇により暑熱感を感じる人が増えたからと考えられる。さらに、第3回(9月下旬から10月上旬)では、札幌では「風の音」を心地よいと感じる人の割合が減少するのに対し、熊本では上昇している。この理由は、第3回(9月下旬から10月上旬)での平均気温が、札幌は16℃なのに対し、熊本は23℃で、熊本は第1回(6月中旬)の平均気温に近く「風の音」を心地よく感じるが、札幌は6月の気温よりも3℃程低く、「風の音」に対して「寒さ」を感じている可能性がある。第3回(9月下旬から10月上旬)は2地点での温熱環境の差により音環境評価の違いが顕著に表れる結果となった。第4回(11月上旬)は札幌と熊本ともに、平均気温が第1回(6月中旬)を下回り、「寒さ」から札幌と熊本ともに「風の音」を心地よいと感じる人の割合が減少したと考えられる。

以上のことから、住む地域や季節の差のように大きい空間スケールや長い時間スケールでの温熱環境の違いによって、音の感じ方が変わり、その結果として、音環境評価に影響を及ぼすことがわかった。

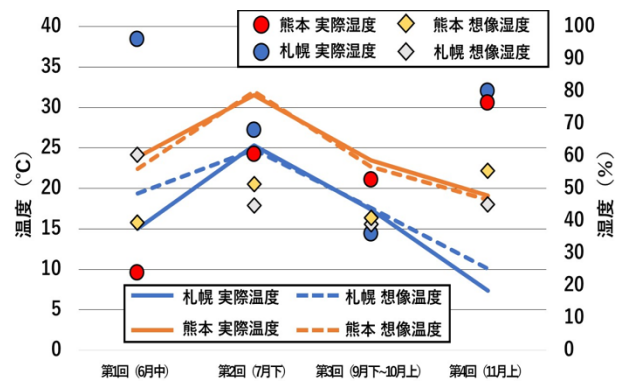


図1 札幌・熊本での外気温湿度の想像値・実際値の推移

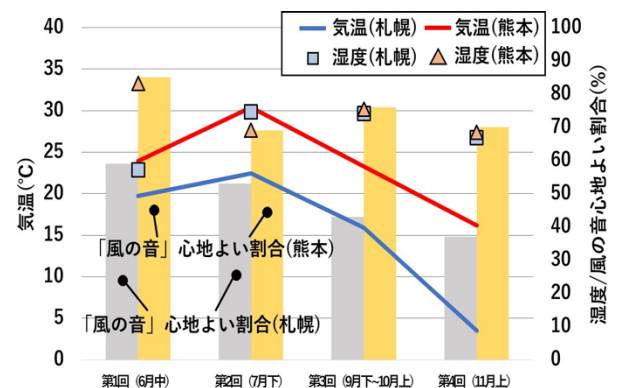


図2 「風の音」を心地よいと感じる人の割合と平均温湿度

3. 温熱環境によるストレスの変化が音環境評価に及ぼす影響

3-1. 人工気候室を用いた実験の概要

被験者は、熊本県立大学の学生6名(男性3名,女性3名)である。表3に示す日程で人工気候室内に用意された温熱環境A(室温 35°C, 相対湿度 50%)と温熱環境B(室温 25°C, 相対湿度 50%)についてそれぞれ同様の実験を行った(写真3)。図3の中段に示すスケジュールに従い被験者はヘッドホンを装着して人工気候室内に座り、読書6分, 教示1分, ノイズ呈示3分の計10分間の実験を4セット繰り返した。ヘッドホンに呈示するノイズは、ホワイトノイズ(以下, WN)とピンクノイズ(以下, PN)を組み合わせたもので、WN 1分間, PN 1分間, WN 1分間の順で再生した。被験者には、写真4の音量調整器具(可変抵抗)のつまみを操作し、ヘッドホンに流れるノイズの音量をうるさいと思うところまで大きくして止めるように依頼した。この音量を「ノイズの許容音量」とする。記録者は音量調整器具の電気抵抗値からノイズの音量の変化を読み取ることができる。このようにして、3分の間、20秒ごとに被験者が聴いた音量を記録した。また、ストレスの変化はニプロ社製の唾液アミラーゼモニターを使用し、唾液中のアミラーゼ量入室前, 2セット目終了時, 4セット目終了時に測定することにより把握した。被験者のストレスの増減はアミラーゼ量が前回の測定時に比べて何倍になったかで把握した。また、実験前には SRS-18⁴⁾により、被験

者のここ 2, 3 日の抱えるストレスも把握した。また実験の最後には、人工気候室の温熱環境を温冷感 9 段階(非常に暑い~非常に寒い), 快適感 4 段階(非常に不快~快適), 適温感 3 段階(もっと涼しい方がよい~もっと暖かい方がよい) で評価してもらった。なお本実験は熊本県立大学倫理委員会に承認を得て実施した。

表3 実験の日程(2018年10月)

	8日	9日	10日	11日	12日	13日
温熱環境A(35°C, 50%)	女①	女②	男②	男①	女③	男③
温熱環境B(25°C, 50%)	男①	女③	男③	女①	女②	男②

注) 女①: 「女性の通し番号①」の意味で女性①の略

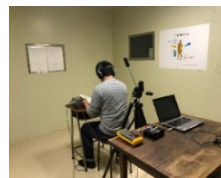


写真3 実験の様子



写真4 被験者の音量調整器具

3-2. 人工気候室を用いた実験の結果と考察

実験結果の一例として、女性①の結果を図3に示す。ヘッドホンで呈示する音は、正確に物理量を把握することが難しいため、被験者の音量調整器具から読み取る電気抵抗値から音の大きさを「音量レベル」として段階的に表した。音量レベル0はノイズがない状態を示し、音量レベル20はノイズの最大音量⁴⁾に対応する。

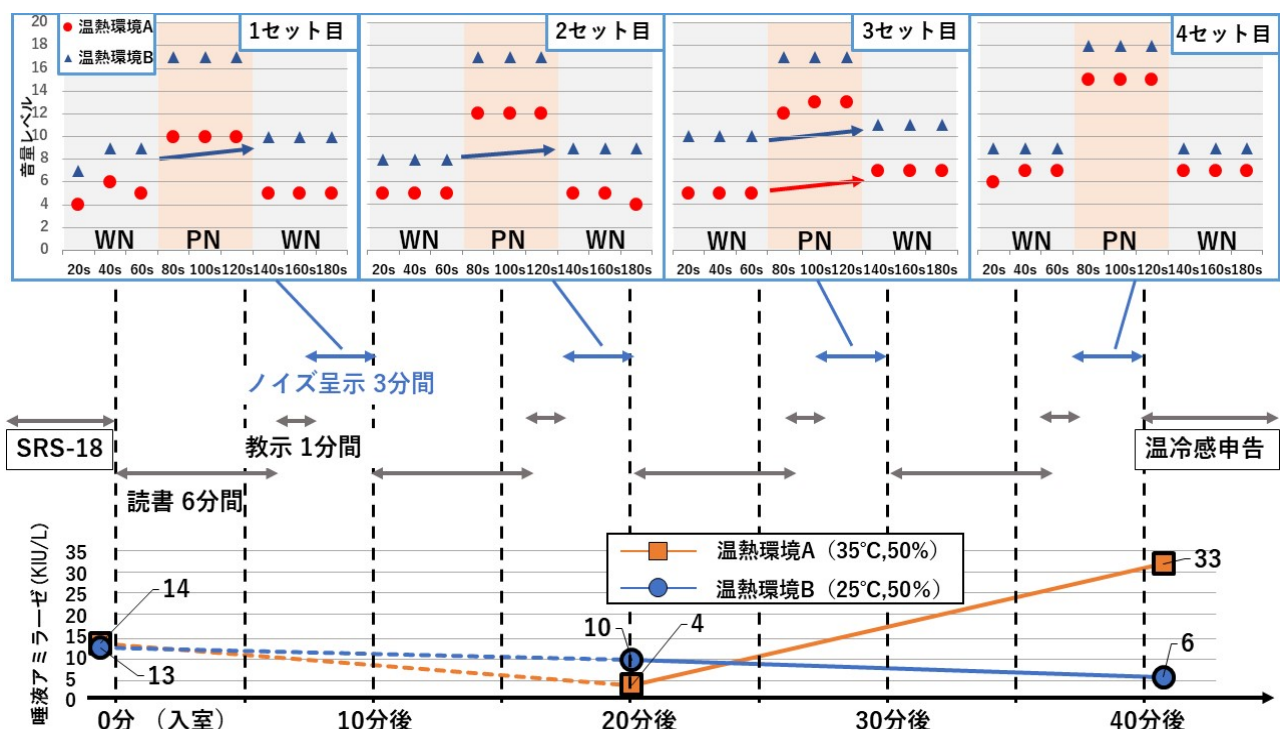


図3 実験のスケジュールと女性①の実験結果

女性①は、温熱環境A(35℃)のノイズの許容音量の方が温熱環境B(25℃)のときより小さくなった。女性①は温冷感申告で、温熱環境A(35℃)に対して快適感と適温感で不快と評価しており、気温が上昇し、不快感を抱くとノイズの許容音量が低くなったといえる。

また、1~4セットでそれぞれ2回呈示されるWNの許容音量を比較すると、温熱環境A(35℃)と温熱環境B(25℃)ともに2回目に呈示されるWNの許容音量が1回目に呈示されるWNの許容音量より大きくなった。これは1回目のWNと次のPNを2分間継続的に聴いたことで、ノイズに対し慣れが生じたためと考えられる。

次に、時間経過によるストレスの変化とノイズの許容音量の変化の関係に注目する⁶⁾。2セット目と4セット目の終了後に測定した女性①の唾液アミラーゼ値を比べると、温熱環境A(35℃)では値が増加したが、温熱環境B(25℃)では逆に値が低下した。よって温熱環境A(35℃)に滞在を続けることによって、ストレスが増加したと考えられる。また、2セット目と4セット目でのノイズの許容音量は、温熱環境A(35℃)では音量レベルが5から7へと上がり、温熱環境B(25℃)では9から9へと変化がなかった。ストレスの増加によってノイズの許容音量が小さくなるとの予想に反し、女性①の許容音量はストレスの増加に伴って大きくなった。これはストレスにより感覚が鈍くなるからだと推測できる。

女性①以外の5人の被験者の結果も同様に分析し、6人の2つの環境での反応を表4のように分類した。最も多かったのは、ストレスが増加したときにノイズの許容音量も大きくなる反応であった。しかし、中立で快適とされる温熱環境B(25℃)でもストレスが増加する被験者がみられ、温熱環境による影響だけでなく、人工気候室のような特殊な環境に滞在したことでストレスが増加した可能性がある。さらに、このとき、ノイズの許容音量が大きくなる反応も小さくなる反応もあった。

したがって、暑熱環境によって感じるストレスの変化により、音環境評価における感覚が鈍くなることが多いものの、感覚が過敏になることもあるといえる。さらに、中立で快適な環境でもストレスを感じることもあり、このストレスによっても同様に感覚が鈍くなる場合も過敏になる場合もあった。すなわち、温熱環境の違いに加えて、非日常的な環境に滞在することによっても感じるストレスが変わり、その結果として、音環境

評価に影響を及ぼすと考えられる。

表4 ストレスと許容音量の変化における被験者の反応一覧

ストレスの変化	許容音量の変化	被験者
増加	増加	男①A, 男①B 男③A, 女①A
	低下	男②B, 女③A
	変化なし	女②B
低下	増加	男②A
	低下	男③B, 女②A
	変化なし	女性①B
変化なし	増加	女性③B

注) 男①A:「男性①が温熱環境Aで実験した時の反応」の意味

4. まとめ

アンケート調査の結果からは、地域や季節の違いなどのように、大きい空間スケールや長い時間スケールでの温熱環境の違いが、音環境評価に影響を及ぼすと考えられた。また、人工気候室の実験からは、地域差や季節差が考慮されない小さい空間スケールや短い時間スケールでも、温熱環境の違いが音環境評価に影響を与えられたと考えられた。つまり、音環境は物理的な音の大きさで評価するだけでなく、音を聴く人を取り囲むその他の環境の違いに考慮し、総合的に評価する必要があるといえる。しかし、周囲の環境のどの因子が音環境評価に強く影響するのかが明確にできておらず、今後の課題である。

謝辞

札幌市立大学の川村希和子さんをはじめ、札幌市立大学、熊本県立大学の学生の皆様にご協力いただきました。ここに記し謝意を示します。

参考文献・注

- 1) 松原斎樹, 蔵澄美仁, 河上由香里, 西応浩二, 合掌頭: 環境音・温度・色彩の複合環境, 日本建築学会東北大会学術講演梗概集, pp. 827-828, 2000. 9
- 2) 斎藤雅也, 辻原万規彦: ヒトの想像温度の形成プロセスに関する考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 269-272, 2018. 9
- 3) 講義の成績とアンケート調査への協力の有無や回答内容は一切関係ないと伝えた上で、アンケートを実施した。
- 4) SRS-18 は早稲田大学大学院人間科学研究科の鈴木伸一らが開発した心理的ストレス反応測定尺度である。
- 5) ノイズの最大音量は別の被験者3人に対して呈示したところ、およそ80dB(騒音計で測定)であった。
- 6) SRS-18によって把握した被験者の2,3日前のストレス反応は、男性①の温熱環境B(25℃)と女性②の温熱環境A(35℃)の2つで「やや高い」を示したしかし、それ以外は「普通」または「弱い」であった。「やや高い」を示した2つの実験に関しても、「普通」または「弱い」だった被験者の実験と同様に、唾液アミラーゼ値の異常や実験中の被験者の健康状態に影響を及ぼすことはなかった。

*1 熊本県立大学
*2 熊本県立大学 教授・博士(工学)
*3 札幌市立大学 教授・博士(工学)
*4 熊本大学 准教授・博士(工学)
*5 熊本県立大学 助手・修士(工学)

Prefectural University of Kumamoto
Prof., Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.
Prof., Sapporo City University, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Kumamoto University, Dr. Eng.
Assistant, Prefectural University of Kumamoto, M. Eng.