

研究ノート

環境音楽による道路交通騒音の心理的軽減効果

金基弘*¹ 城島隼人*² 高田正幸*³ 岩宮眞一郎*³

【要旨】騒音暴露下の音環境に演出音を付加することによる心理的な騒音軽減効果を探るため、自動車の走行音と環境音楽(BGM+自然音)を組み合わせた条件下で各種の音響心理実験を行った。50~70 dBの道路交通騒音に対して-2 dB以上に環境音楽のレベルを設定すれば、騒音が軽減されることが示唆された。さらに、50 dBの道路交通騒音を除き、全体的に道路交通騒音よりも-2 dB程度小さい環境音楽を付加すると、音環境の印象が快適になることがわかった。ただし、環境音楽の付加レベルを上げすぎると音環境が不快になる。また、道路交通騒音が70 dBになると、環境音楽で騒音軽減を考えることは現実的ではないようである。

【キーワード】環境音楽、道路交通騒音、騒音軽減、快適感

1. まえがき

一般に、騒音問題の本質的な解決策としては、騒音源の音圧レベルを低下させる、防音壁などで遮音する、能動制御を用いて逆位相の音で消音するなどの方法がある。また、簡易的ではあるが、音楽や別のノイズを使って、騒音をマスキングすることによって、騒音のうるさを軽減させる方法もある。本研究は、騒音暴露下の音環境に演出音を付加することによる心理的な騒音軽減効果について、音響心理実験を通して検討を行ったものである。

道路交通騒音は、環境問題を引き起こす代表的な騒音源の一つである。数少ないが、これまで道路交通騒音のマスキングに関する研究が幾つか行われている。藤原と和田守¹⁾は、店舗内で聞こえる道路交通騒音を効果的にマスキング（アノイアンスの軽減）するためのBGM(background music)の特徴について検討を行ない、「道路交通騒音とスペクトルが類似する」「歌詞がない」「心地よい印象」のBGMによって騒音軽減効果を示している。また、小松²⁾は、風による葉擦れ音によって道路交通騒音をマスキングすることの可能性を検討している。

以上の先行研究では、BGMや自然音を用いた道路交通騒音軽減の有効性を実証している。しかし、この分野における基礎的研究がまだまだ不足しているのが現状である。本研究の目的は、環境音楽を導入することで、道路交通騒音の心理的軽減や音環境改善の可能性を探ることである。特に、環境音楽の付加レベルによる道路交通騒音の聴覚的な印象との関係を明らかにする。

2. 環境音楽による騒音軽減効果

2.1. 実験1

実験1では、環境音楽の付加による騒音軽減効果を実証するために、恒常法による道路交通騒音の大きさの比較実験を行った。実験は、「標準刺激」としての道路交通騒音と、この道路交通騒音に環境音楽を組み合わせた「比較刺激」を用いて行った。被験者には、標準刺激と比較刺激を経時的に呈示し、標準刺激の道路交通騒音に対して、比較刺激に含まれる道路交通騒音の大きさを「大きい」「等しい」「小さい」の3件法で評定させた。道路交通騒音に付加する「環境音楽」には、歌詞がなく心地よい印象を持つ市販のBGM CD『アントニック・サウンド・シリーズ』³⁾より抜粋し

た曲(「Green Wave」)と、一般的に好まれ落ち着く印象を持つ自然音(鳥や水の音など)を組み合わせたものを用いた。使用曲は、数種類の音楽の中から好みの影響が少なく、自然音と組み合わせたときに違和感が少ないものを選定した。

道路交通騒音は、『建築と環境のサウンドライブラリ』^[4]より抜粋した乾燥時における自動車の走行音(「2-1-1-46騒音」)を用いた。この音は、従来の一般舗装(密粒舗装)の路面を乗用車が通過する際に発生する音を収録したものである。

実験刺激は、アドビシステム社の「Adobe Audition 3.0」を用い、道路交通騒音と環境音楽を組み合わせて作成した。道路交通騒音は、静かな環境からうるさい環境を考慮し、50, 55, 60, 65, 70 dBの5条件を設定した。環境音楽は、調整法による予備実験の結果を参考に、道路交通騒音の各呈示レベルを基準とし、 $-10 \sim +10$ dBの範囲を、2 dB ステップで変化させた11条件(0 dBの条件では、両方の呈示レベルが同一)を設定した。実験刺激の呈示音圧レベルは、いずれも等価騒音レベルで規定した。すべての刺激音の持続時間は11秒であり、サンプリング周波数は44.1 kHz、量子化ビット数は16 bitsである。実験1に用いた道路交通騒音と環境音楽の音響特性として、オーバーオールレベル60 dBのスペクトルおよびラウドネスを図1と図2に各々示す。道路交通騒音は80 Hz以下の低域成分と1 kHz前後の中域成分が支配的であり、環境音楽は100~500 Hzの低域と4 kHz前後の高域が卓越している。なお、ラウドネスは6秒までは環境音楽が、6秒以降は道路交通騒音の方が比較的に支配的である。

実験は、九州大学大橋キャンパスの音響心理実験室で行った。実験室内の暗騒音は29 dB(A特性音圧レベル)であった。刺激音は、オーディオインターフェイス(Hammerfall DSP Multiface II)とヘッドホンアンプセット(STAX SRM-313 & SR-303)を介して被験者の両耳に呈示した。刺激音の呈示順序は、道路交通騒音の呈示レベル条件ごとにランダムにした。被験者の回答は、パーソナルコンピュータ(Lenovo ThinkPad T510)を用

いて収集した。刺激音の呈示音圧レベルの校正には、人工耳(Brüel & Kjær Type 4153)と普通騒音計(Rion NA-29)を使用した。

被験者は、正常な聴力を持つ22~27歳(平均年齢24.3歳)の九州大学の大学生および大学院生13名(男性9名、女性4名)である。このうち、道路交通騒音の呈示レベル条件ごとに、5名ずつが実験に参加した。被験者の課題は、5秒の無音を挟んで呈示される標準刺激(道路交通騒音)と比較刺激(道路交通騒音と環境音楽の組み合わせ)の刺激対を聴取し、比較刺激の道路交通騒音の大きさを判定することであった。なお、判定に際しては、可能な限り比較刺激の環境音楽を無視するよう教示した。被験者が判定に迷った場合には、刺激対の再度の聴取を認めた。各被験者には、判定

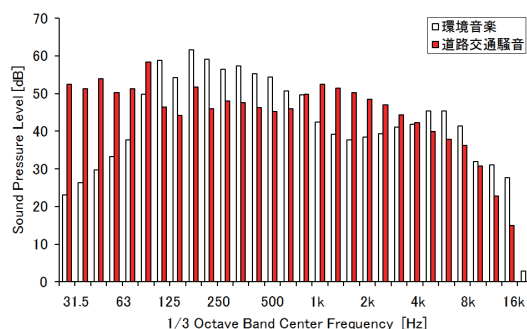


図1 刺激音として用いた道路交通騒音と環境音楽の1/3オクターブバンド分析結果

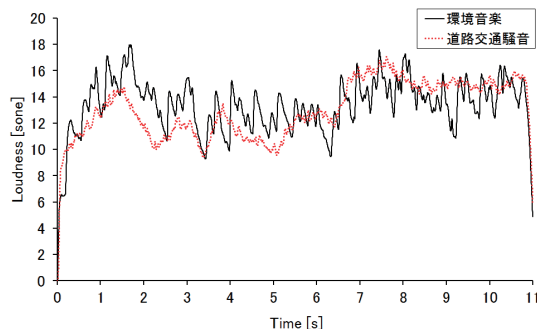


図2 刺激音として用いた道路交通騒音と環境音楽のラウドネス分析結果

の安定性を考慮し、本試行に移る前に十分な練習試行を行なわせた。本試行では、刺激対の呈示順序の入れ替えも含め、同じ課題を3セッションずつ行い、得られたすべてのデータを分析に用いた。被験者の疲労軽減のため、セッションの間には10分間の休憩を入れた。

2.2. 結果

図3は、50～70 dBの道路交通騒音に-10～+10 dBの範囲を2 dB ステップで変化させた環境音楽を付加した場合、環境音楽が付加されていない道路交通騒音に対して付加されている道路交通騒音の方が小さく聞こえた割合を示している。なお、両方が「等しい」という判定は、回答を「大きい」「小さい」のカテゴリに半分ずつ振り分けた。

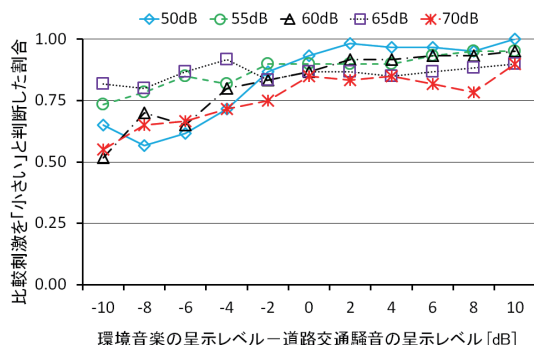


図3 道路交通騒音に付加した環境音楽のレベルの違いによる騒音軽減効果

図3をみると、道路交通騒音のすべての呈示レベル条件において、全データが50%以上に付置されていることが分かる。標準刺激の道路交通騒音と比較して環境音楽付加時の比較刺激の道路交通騒音を小さく判断した確率が50%の条件は、両者がほぼ同じ大きさである条件と考えられる。確率100%の条件は、標準刺激の道路交通騒音の方が必ず大きく判断されている状態である。本研究では、この中間の確率75%を、環境音楽が道路交通騒音を軽減する効果の目安と考える。

図3によると、環境音楽を組み合わせた条件が-2～+10 dBの範囲において、道路交通騒音の呈示レベルにかかわらず、比較刺激の道路交通騒音の方が小さく判断された割合はいずれも75%以上であり、環境音楽による騒音軽減効果が十分認められる。特に、道路交通騒音が65 dBの条件(□)では、小さいと判断された割合がすべて75%以上である。また、道路交通騒音が55 dBの条件(○)では、-10 dB以外のすべての判断の割合が75%以上である。これらの条件では、道路交通騒音に対して、環境音楽の付加レベルがかなり低くても騒音軽減効果が認められる。

一方、道路交通騒音の呈示レベルが50 dBの条件(◇)と70 dBの条件(*)では、環境音楽を-10～-4 dBで付加した条件において、比較刺激の道路交通騒音の方が小さく判断された割合は75%に達しておらず、環境音楽による騒音軽減効果は十分でない。道路交通騒音が60 dBの条件(△)では、環境音楽を-6 dB以下で付加した場合は小さいと判断された割合は75%に達しておらず、十分な騒音軽減効果が得られていない。これらの条件では、環境音楽の付加レベルを道路交通騒音のレベルに近づけないと、騒音軽減効果が得られない。

3. 環境音楽の付加が音環境の印象に及ぼす影響

3.1. 実験2

実験1により、50～70 dBの道路交通騒音に対して、その呈示音圧レベルよりも-2 dB以上で環境音楽を付加することにより、道路交通騒音が小さく感じられることが示唆された。しかし、環境音楽を大きくしすぎると、環境音楽自体がうるさく感じられることになり、音環境は不快な印象になることが予想される。そこで、実験2では、道路交通騒音に環境音楽を付加したときの印象を測定し、環境音楽の最適付加レベルについて検討を行った。

実験2に用いた道路交通騒音と環境音楽は、実験1で用いたものと同じである。道路交通騒音の呈示レベルも実験1と同じく50, 55, 60, 65, 70 dBの5条件とし、付加する環境音楽のレベルも実験1と同じく道路交通騒音を基準に-10～+10 dBの範囲を2 dB ステップで変化させた。

実験は、実験1と同じ場所（九州大学大橋キャン

ンパスの音響心理実験室)で実施した。実験に用いた装置も,パーソナルコンピュータ(Dell Optiplex 745)とオーディオインターフェイス(Card Deluxe CDX-01)を除いて,実験1と同様である。印象評定実験は,練習課題の終了後,道路交通騒音の呈示レベル条件ごとに行った。被験者には,ランダムな順序に呈示した「道路交通騒音のみ」「環境音楽のみ」「道路交通騒音と環境音楽の組み合わせ(以降,複合刺激音と記す)」に対し,SD(Semantic Differential)法によりそれぞれの刺激音の印象を評定させた。印象評定に用いた7段階の尺度は,騒音あるいは音楽を評定する形容詞対から構成された24種類であるが,実験後の内観報告より被験者2名以上が評定しにくいと答えた尺度を除き,16種類の評定尺度(表1)から得られたデータを分析に用いた。

被験者は,正常な聴力を持つ21~27歳(平均年齢23.9歳)の九州大学の大学生および大学院生11名(男性7名,女性4名)である。このうち,道路交通騒音の呈示レベル条件ごとに7名ずつが実験に参加した。

3.2. 結果

実験2より得られたデータをもとに,16種類の評定尺度における各評定値の被験者間の平均値を求め,評定尺度を変量とし,主因子法による因子分析を行った。バリマックス回転後の因子負荷行列を表1に示す。

表1より,第1因子は「騒がしいー静かな」「イライラするー落ち着く」「不快なー快い」などの評定尺度に負荷が高く,「快適さ」を表す因子であると考えられるため「快適性因子」と命名した。第2因子は「ものたりないー迫力のある」「ほけたー鮮やかな」「暗いー明るい」などの評定尺度に負荷が高く,「鮮明性因子」と命名した。快適性因子と鮮明性因子に対する各刺激音の因子得点をそれぞれ図4と図5に示す。

まず,図4の道路交通騒音の呈示レベル条件ごとの各刺激音に対する快適性因子得点をみると,騒音のみの全条件は原点より低く,音楽のみの全条件は原点より高い。複合刺激音条件(道路交通

表1 各印象評定尺度における因子負荷行列

印象評定尺度	因子	
	第1	第2
騒がしいー静かな	.93	-.11
イライラするー落ち着く	.90	.30
不快なー快い	.89	.37
激しいー穏やかな	.85	.30
嫌いー好き	.81	.49
気になるー気にならない	.80	.22
悪いー良い	.79	.51
あわただしいーゆっくりした	.75	.53
魅力のないー魅力のある	.71	.63
ものたりないー迫力のある	-.27	.92
ぼけたー鮮やかな	.30	.91
暗いー明るい	.47	.83
安っぽいー高級な	.47	.78
きたないー美しい	.59	.76
とげとげしいー丸みのある	.60	.70
鋭いー鈍い	.48	.51
寄与率(%)	48.3	36.7

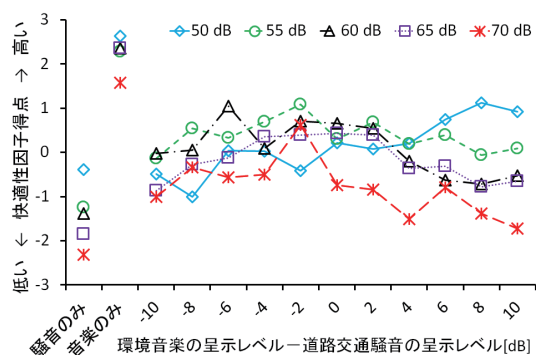


図4 各実験刺激に対する快適性因子得点。騒音のみの場合は道路交通騒音の等価騒音レベル,音楽のみの場合は環境音楽の等価騒音レベルを表す。

騒音と環境音楽を組み合わせで呈示した条件)の場合,50 dBの道路交通騒音における-10 dB,-8 dB,-2 dBを除いた全複合刺激音条件において,

道路交通騒音のみを呈示した条件よりも快適性因子得点が高い。一方、55～70 dB の道路交通騒音の場合は、道路交通騒音に対して環境音楽を大きくしていくと快適性因子得点がある程度高くなるが、環境音楽の付加レベルを大きくしすぎると快適性因子得点は低くなる。なお、すべての複合刺激音条件で、環境音楽のみを呈示したときの快適性因子得点までは上昇することはない。表2に、各複合刺激音条件における快適性因子得点のうち正の値（快い印象）を示す。

表2 道路交通騒音の各呈示レベルにおける複合刺激音条件の正の快適性因子得点

道路交通騒音	複合刺激音条件の環境音楽の付加レベル (環境音楽の呈示レベル-道路交通騒音の呈示レベル)									
	-10dB	-8dB	-6dB	-4dB	-2dB	0dB	+2dB	+4dB	+6dB	+10dB
50dB	—	—	0.04	0.03	—	0.21	0.08	0.21	0.75	1.13
55dB	—	0.55	0.33	0.70	1.09	0.30	0.68	0.19	0.40	—
60dB	—	0.05	1.04	0.09	0.71	0.66	0.54	—	—	0.08
65dB	—	—	—	0.36	0.39	0.43	0.40	—	—	—
70dB	—	—	—	—	0.62	—	—	—	—	—

表2より、道路交通騒音が65 dB以上の条件では、全体的に付加する環境音楽のレベルが大きくても小さくても、快適性は低下する。また、道路交通騒音が60 dBの条件は、環境音楽の付加レベルを上げすぎると、不快になる。さらに、快適性因子得点が最高となる各条件をみると、道路交通騒音が55 dBと70 dBの条件においては、環境音楽の付加レベルが-2 dBの条件である。道路交通騒音が60 dBの条件においては、-6 dBの条件が最高得点となり、-2 dBの条件でこれに次ぐ。道路交通騒音が65 dBの条件においては、0 dBの条件で快適性因子得点が最高となるが、+2 dBや-2 dB、-4 dBの条件との差はわずかである。従って、55～70 dBの道路交通騒音の呈示レベルにおいて、全体的に快適性因子得点が最も高まる条件は、環境音楽と道路交通騒音の音圧レベル差が-2 dB付近の条件であるといえる。一方、道路交通騒音が50 dBの場合は、+8 dBの条件において快適性因子得点が最高となる。この条件では、環境音楽の付加レベルが道路交通騒音のレベルより大きいほど快適性が増す。以上の結果は、道路交通騒音に環境音楽を付加することにより、音環境の快適性が改善されることを示唆するものである。

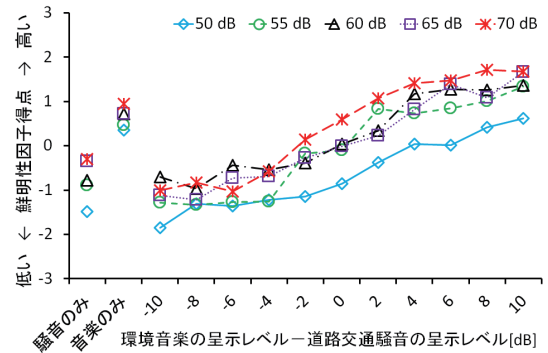


図5 各実験刺激に対する鮮明性因子得点。騒音のみの場合は道路交通騒音の等価騒音レベル、音楽のみの場合は環境音楽の等価騒音レベルを表す。

次に、図5の道路交通騒音の呈示レベル条件ごとの複合刺激音に対する鮮明性因子得点をみると、道路交通騒音の呈示レベルにかかわらず、付加した環境音楽のレベルが上昇するほど鮮明性因子得点が高くなる。これは、環境音楽の付加レベルが大きくなれば、全体に音が大きくなって迫力感がありかつ音楽が鮮明に聞こえるためと考えられる。

4. 考察

音環境デザインの側面から音楽などの演出音を流すことが許される空間においては、適度の呈示レベルの環境音楽を付加することによって心理的な騒音軽減効果が期待されている。その際に、騒音が小さく感じられ、かつ快適さが最高になる条件が、環境音楽の最適な付加レベルであると考えられる。以下では、実験1と実験2の結果をもとに、環境音楽の最適な付加レベルについて考察を行う。

実験1の結果を示した図3をみると、50～70 dBのすべての道路交通騒音の呈示レベルに対し、環境音楽の付加レベルが-2 dB以上の場合は、全体的に騒音軽減効果がみられる。また、実験2の結果を示した図4からは、55～65 dBの中間程度の道路交通騒音の場合、環境音楽を-2 dB程度で付加することで、より快適な音環境を得ることができ。道路交通騒音の呈示レベルが最も低い50 dB

の条件は、環境音楽の付加レベルを +10dB 程度高くしても快適感は減らない。騒音レベルの低い音環境の場合は、付加する環境音楽が快く聴ける許容範囲であれば、快適感は下がることはないと考えられる。一方、道路交通騒音の呈示レベルが最も高い 70 dB の条件は、- 2 dB の条件を除き、快適さが原点を超えるほどの大きな変動がなく、環境音楽を付加しても騒音改善効果はほとんど期待できない。これは、騒音レベルの高い音環境への環境音楽の導入は非現実的であることを意味する。

以上、本研究を通して環境音楽による道路交通騒音の心理的な軽減効果の有効性を探ることができ、- 2 dB のわずかな付加レベルによる騒音環境の改善効果が認められた。騒音環境の改善を目的に環境音楽を用いる場合は、環境音楽付加後の環境騒音のレベルにも配慮しなければならない。- 2 dB の環境音楽を付加した後の合成レベルは + 2 dB 程度の増加であることから、周辺環境に及ぼす騒音の影響もわずかであろう。しかし、環境音楽の最適な付加レベルを定量的に示すためには他の音楽などでさらなる検証が必要であり、今後の課題として検討していきたい。

5. 結論

本研究では、道路交通騒音(自動車の走行音)に環境音楽(BGM+自然音)を付加することによる騒音の心理的軽減効果について検討を行った。その結果、50 ~70 dB の道路交通騒音に対して- 2 dB 以上に環境音楽を大きく付加すれば騒音が小さく感じられることが示唆された。また、環境音楽の付加による音環境の印象を検討した結果、道路交通騒音が 65 dB 以上の条件では、付加する環境音楽のレベルが大きくても小さくても、快適性は低下した。全体的に、50 dB の道路交通騒音の条件を除き、- 2 dB 程度の環境音楽を付加することで、音環境の印象を快くすることが確認できた。ただし、道路交通騒音が 70 dB になると、環境音楽で騒音軽減を考えることは、現実的ではない。

謝辞

本研究の一部は、科研費(課題番号 22615027)の補助を受けた。

参考文献

- [1] 藤原直樹, 和田守美穂, BGM による道路交通騒音のマスクング効果, 平成19年度電気・情報関連学会中国支部第 58 回連合大会講演論文集, pp. 480-481 (2007.10) .
- [2] 小松正史, 樹木葉擦れ音の特徴と利用法, 騒音制御, 33, 414-417 (2009) .
- [3] 広橋真紀子(作曲者), アイントニック・サウンド・シリーズ Wind~風 (Della Inc., 1997), Track 4.
- [4] 日本建築学会(編集), DVD 版 建築と環境のサウンドライブラリ (技報堂出版, 2004).

Psychological Reduction Effect of Ambient Music on Road Traffic Noise

by Ki-Hong Kim

Hayato Jojima

Masayuki Takada

Shin-ichiro Iwamiya

[Abstract] To demonstrate the possibility of creating comfortable acoustical environment using *ambient music* to reduce the psychological effects of road traffic noise, psychoacoustical experiments were conducted for various combinations of road traffic noise and ambient music. The reduction effect in loudness was observed when the A-weighted sound pressure level of ambient music was -2 dB higher than that of road traffic noise of 50 to 70 dB. Ambient music about -2 dB softer than traffic noise made the acoustical environment more comfortable except 50 dB traffic noise condition. However, when the sound pressure level of ambient music was too high, the acoustical environment was unpleasant. Furthermore, when the A-weighted sound pressure level of road traffic noise exceeded 70 dB, using ambient music to reduce the psychological effects of noise was not realistic idea.

[Keywords] Ambient Music, Road Traffic Noise, Noise Reduction, Pleasantness