

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20001

研究課題名（和文）生物多様性にやさしい騒音緩和策の提案：野外操作実験からの検証

研究課題名（英文）How to mitigate ecological noise pollution: testing from a field-based manipulative experiment.

研究代表者

先崎 理之（Senzaki, Masayuki）

北海道大学・地球環境科学研究院・准教授

研究者番号：10845514

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：今世紀以降、人為騒音による生物多様性への影響が懸念されている。しかし、生物群集への騒音影響を調べた研究は少ない。また、どのようにすれば群集への騒音影響を低減できるのかに関する知見はない。本研究では交通騒音の野外プレイバック実験を実施し、鳥類群集の種数・個体数に対する交通騒音の影響と、騒音緩和策（低騒音舗装）の実施により鳥類群集への騒音影響が小さくなるのかどうかを調べた。実験の結果、緩和策の実施・非実施を問わず、交通騒音は鳥類群集に負の影響を与えた。また、緩和策の実施により、鳥類群集の個体数はわずかに回復することが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今日、効果的な生物多様性保全の実行は、社会共通の喫緊の課題である。騒音汚染は近年、生物多様性保全上の重大脅威であると認識されている。本研究では、鳥類群集に対する自動車騒音の影響を定量化し、騒音緩和策（低騒音舗装）の実施が鳥類群集への騒音影響をどの程度低減するかを初めて検証した。その結果、自動車騒音は鳥類群集に悪影響し、低騒音舗装の実施はその影響をわずかに緩和することが分かった。一方、今回示された騒音緩和策による鳥類群集音の騒音影響低減効果はそこまで大きくないことから、今後はより効果的な生物多様性保全上の騒音緩和策を模索する必要があることが分かった。

研究成果の概要（英文）：A growing body of research has demonstrated anthropogenic noise pollution to have severe impacts on biodiversity. However, we know little about how noise pollution alters the structures of ecological communities and what mitigation measures can reduce those impacts. Here we address these gaps with a field-based manipulation (phantom road experiment) on avian communities. We compared the responses of bird abundance and species richness to normal noise playback and reduced noise playback by a mitigation measure (low-noise pavement). We found noise exposure, irrespective of the implementation of the mitigation, resulted in reduced abundance and species richness. We also found the abundance recovered a bit under noise pollution with the mitigation measure relative to that without it, suggesting that noise mitigation on roadways may be effective for biodiversity conservation to a certain degree. Future research needs to address more effective ways to mitigate ecological impacts of noise.

研究分野：保全生態学

キーワード：騒音汚染 鳥類群集 生物多様性 ロードエコロジー

1. 研究開始当初の背景

今世紀以降、人為騒音（以下、騒音）による生物多様性への影響が大きく懸念されている。例えば、騒音は動物が出す鳴き声をかき消すことで、彼らの音声コミュニケーションを阻害する。また、音を頼りに獲物を探す音響捕食者は騒音下では餌を見つけにくくなる。さらに、騒音に晒されると動物はストレスを感じたり、注意力散漫になったり、あるいは騒音のうるさい場所を避けたりすることがわかっている。そして、こうした生理・行動レベルでの騒音影響によって動物の適応度が低下することが示されてきた。

このような動物の行動レベルでの騒音影響に関する知見が蓄積する一方、こうした行動レベルでの影響が生態系機能の発揮や生物多様性を作用する生物群集レベルでの種数・個体数や群集組成にどのように波及するのかといった点はあまり調べられてこなかった。実際、2016年に発表された関連研究のレビュー論文では群集への騒音影響を調べた研究が1%に満たないことが示されている。これに対して近年、申請者の研究を含めていくつかの研究が、騒音暴露が鳥類やバツタ類といった聴覚を持つ動物分類群の群集組成を改変し、さらに種間相互作用の変化を通してトンボ類といった聴覚を持たない分類群の群集組成まで改変することを示してきた。しかしながら、群集中のどのような特徴を持つ種群（以下、機能群）が影響を受けやすいのかに関する知見は依然として極めて少ない。群集への騒音影響を適切に予測し、低減・防止するためにはこの理解が欠かせない。

一方で、騒音影響を予測できても、それを低減・防止するためには適切かつ現実的な緩和策の有効性を検証する必要がある。しかしながら、そのような研究は今のところほとんどない。さらに、こうした緩和策の有効性の検証は、自動車から排出される交通騒音において早急に検証する必要がある。なぜなら、交通騒音は騒音の中でも最も普遍的であり、音量も大きいために道路よりはるかに遠くまで届き、さらに2050年までに地球上の道路は、2億5千万km（地球62,500周分）も新設されると推測されているためである。

このような中で、申請者を含む複数の研究チームは、騒音独自の影響を測定できる実験システムを開発し、交通騒音が生物多様性や生態系サービスを左右する種数・個体数に影響することを実証してきた。このシステムは、騒音のない景観において、あらゆる種類の騒音汚染を再現できるため、実現可能性の高い交通騒音の緩和策（低騒音舗装や防音壁の実施）による騒音変化の様子も再現できる。そのため、こうした緩和策実施時・非実施時の騒音に対する群集・各機能群の種数・個体数の応答を比べれば、生物多様性保全に最適な緩和策を明らかにでき、いつ・どこで・どの緩和策が用いられるべきかという問題の核心に迫ることができる。

2. 研究の目的

以上より、「生物多様性保全に有効な騒音緩和策の提案すること」を本研究の目的とした（図1）。そのために、騒音の影響が憂慮される鳥類を対象に大規模な野外操作実験を行い、群集・各機能群の種数・個体数に対する複数の騒音緩和策の効果を比較した。

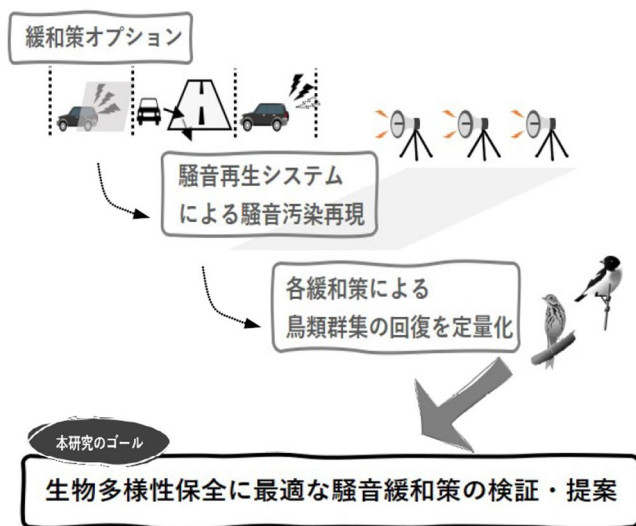


図1. 本研究の概念図と目的

### 3. 研究の方法

調査地の選定：調査は北海道勇払平野および北海道大学苫小牧研究林の森林で行った。調査を行った2年間において、これらの森林内の合計12か所を調査地として選択した。各年10～12カ所で調査を実施した（以下、鳥類調査の欄も参照）。各調査地は、カシワやミズナラといった広葉樹林が優先する平地の森林とし、林内の環境（樹木の高さ、太さ、樹間距離）が大きく異なる場所とした。空間自己相関と疑似反復を避けるために、各調査地間の距離は1km以上離れた。

緩和策の効果と騒音再生システム：当初の計画では緩和策として低騒音舗装と防音壁を選択した。そして、これら二つを実施している複数の道路において録音と騒音レベルの測定を行った。しかし、防音壁は高速道路など都市部の主要幹線道路の一部においてしか実施されていなかったため、以下の野外操作実験では低騒音舗装（2層式排水性舗装）のみを対象の緩和策とした。60km/hで走行する普通乗用車の騒音レベルは道路から5mの距離で、非緩和策実施道路（非排水性舗装）の道路では73.7dBA、緩和策実施道路（2層式排水性舗装の道路）では70.49dBAであり、低騒音舗装によって約3dBの騒音低減効果が認められた。いずれの騒音も周波数特性に大きな違いはなかった。

騒音汚染の様子を実験的に再現するために、各調査地に、充電器・太陽光パネルと連結した拡声器3台から成る100mの“騒音道路”を作った。スピーカーから再生する騒音の音声ファイルは先行研究と同様のものを用いた。各音声ファイルは、1分間に普通車23台、トラック5台が通過したときの騒音を含む。これらは、調査地近傍の高速道路の交通量に対応している。また、プレイバックによる疑似反復を避けるために、調査地ごとに異なる音声ファイルを用いた。各年調査地の半分を非緩和策実施用の調査地都市、残りを緩和策実施用の調査地とした。それぞれにおいて、騒音再生音量を緩和策実施・非実施に対応したものとした。

鳥類調査：2021～2022年の9月下旬～11月上旬の日の出～10時にラインセンサス法による調査を実施した。調査日は風が弱く（風速3m/s以下）、晴れまたは曇りの日を選んだ。各年4～8週間調査を行い、各調査地では騒音を再生する/しない週を繰り返した。この際、ある1週間に騒音を再生する調査地としない調査地を半数ずつとした。さらに、騒音再生調査地は、緩和策・非緩和策を模した騒音再生を半数ずつとした。各調査地における騒音再生週には、毎日4時から23時まで騒音を再生した。そして、各週に一回、騒音道路より100m以内（1.0ha）に出現した鳥類の種数・個体数を記録した。この時期は鳥類の渡り時期であり、1～数日単位で調査地内の鳥類が入れ替わると想定される。そのため、1週間おきに騒音再生・停止を繰り返すことで、異なる個体への騒音の影響を検出できると考えられる。騒音を再生中の週の調査では、騒音による鳥類の発見率への影響を抑えるために、一時的に騒音の再生を止めた。

統計解析：各週・各調査地で記録された全鳥類の種数および総個体数、各機能群（樹冠選好種、地上選好種、留鳥、渡り鳥）の個体数を応答変数、処理（緩和策騒音・非緩和策騒音・騒音非再生）、天候（全天における雲の割合）、調査時刻を説明変数、調査地および調査念をランダム効果とした一般化線形モデルを構築した。樹冠採食者、地面採食者、留鳥、渡り鳥を分けて解析したのは、先行研究により採食場所や渡り特性が騒音の影響に関係している可能性が示されていたからである。一般化線形モデルにおいて処理の効果が有意であった場合、処理間の種数や個体数の差を事後検定によって調べた。全てのモデルは誤差構造にポワソン分布、リンク関数にはlogを用いた。これらの統計解析はRソフトウェアを用いて行った。

### 4. 研究成果

2年の調査期間中に50種類・延べ652個体の鳥類が記録された。一般化線形混合モデルの結果、鳥類の種数および個体数は騒音非再生時に比べて緩和策騒音および非緩和策騒音を再生した際に有意に減少した。個体数に関しては、緩和策騒音よりも非緩和策騒音を再生したときに個体数が有意に減少したが、種数に関しては緩和策・非緩和策騒音間の明確な差は見られなかった（図2）。さらに、緩和策・非緩和策の違いに関わらず騒音再生時における個体数の減少は解析を行った全ての機能群で検出された（図2）。これらのいくつかについては緩和策騒音時に僅かに個体数が回復することが示された（平均1.78個体）。以上より、緩和策（低騒音舗装）の実施による騒音低減により、鳥類の個体数がわずかに回復することが明らかになった。

本研究では、実現可能な騒音緩和策の生物多様性保全上の効果を初めて検証した。今回検証した低騒音舗装の実施により、全ての指標とまでは言えないものの、群集全体の個体数や各機能群・種の個体数の回復が見込まれることが分かった。一方で、その回復の程度は道路近傍1haあたりの2個体弱であり、劇的な効果とまでは言えないことが分かった。種数や個体数は騒音大きさと負の線形関係にあることがいくつかの研究で示されていること、騒音の大きさは車の走行数や速度と正の線形関係にあることから、今後は異なる車台数や走行速度の時に低騒音舗装の保全上の効果が大きくなるのかを検証する必要がある。また、より騒音低減効果の大きい緩和

策の実施による生物多様性保全上の利点を検証する必要もある。

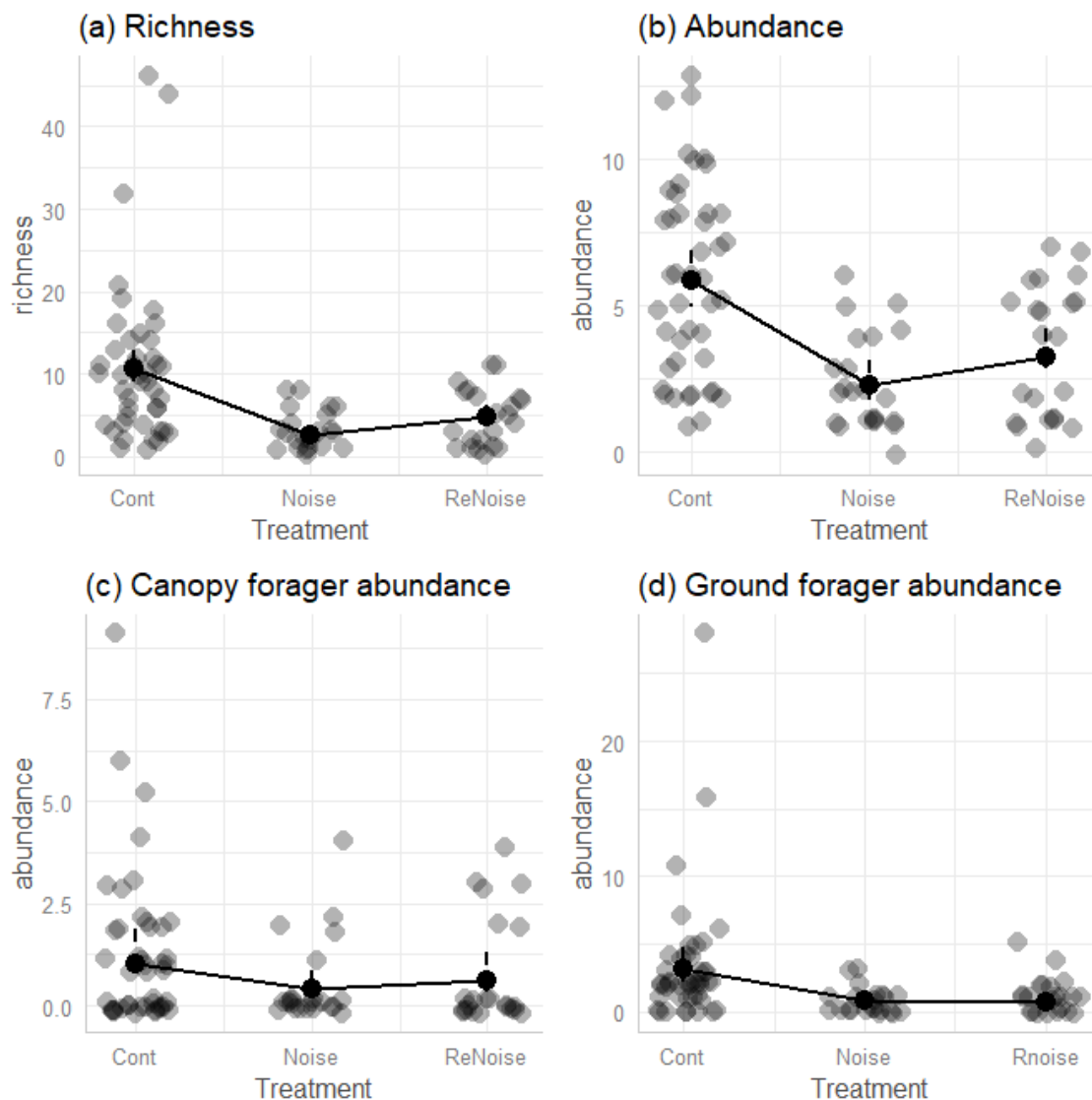


図2. 実験処理と (a) 全種の種数、(b) 全種の個体数、(c) 樹冠選好種の個体数、(d) 地上選好種の個体数の関係。横軸 (treatment) は処理を示し、Cont、Noise、Rnoise はそれぞれ騒音非再生 (コントロール)、非緩和策騒音、緩和策騒音を示す。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Munehiro Kitazawa, Yuichi Yamaura, Kazuhiro Kawamura, Masayuki Senzaki, Satoshi Yamanaka, Masashi Hanioka, Futoshi Nakamura.	4. 巻 30
2. 論文標題 Conservation values of abandoned farmland for birds: a functional group approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biodiversity and Conservation	6. 最初と最後の頁 2017-2032
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10531-021-02178-8.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Makoto Hasebe, Masayuki Senzaki	4. 巻 21
2. 論文標題 Breeding record of Pallas's Reed Bunting <i>Emberiza pallasi</i> at Northern Sakhalin, Russia.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ornithological Science	6. 最初と最後の頁 115-119
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2326/osj.21.115	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Senzaki Masayuki, Barber Jesse R., Phillips Jennifer N., Carter Neil H., Cooper Caren B., Ditmer Mark A., Fristrup Kurt M., McClure Christopher J. W., Mennitt Daniel J., Tyrrell Luke P., Vukomanovic Jelena, Wilson Ashley A., Francis Clinton D.	4. 巻 587
2. 論文標題 Sensory pollutants alter bird phenology and fitness across a continent	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 605 ~ 609
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41586-020-2903-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Senzaki Masayuki, Kadoya Taku, Francis Clinton D.	4. 巻 287
2. 論文標題 Direct and indirect effects of noise pollution alter biological communities in and near noise-exposed environments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 20200176
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1098/rspb.2020.0176	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Downey H et al. including Senzaki M	4. 巻 2
2. 論文標題 Training future generations to deliver evidence based conservation and ecosystem management	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Solutions and Evidence	6. 最初と最後の頁 e12032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2688-8319.12032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamanaka Satoshi, Ishiyama Nobuo, Senzaki Masayuki, Morimoto Junko, Kitazawa Munehiro, Fuke Nao, Nakamura Futoshi	4. 巻 142
2. 論文標題 Role of flood-control basins as summer habitat for wetland species - A multiple-taxon approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 105617 ~ 105617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecoleng.2019.105617	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 KITAZAWA MUNEHIRO, SENZAKI MASAYUKI, MATSUMIYA HIROAKI, HARA SEIICHI, MIZUMURA HARUKA	4. 巻 32
2. 論文標題 Drastic decline in the endemic brown shrike subspecies <i>Lanius cristatus superciliosus</i> in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bird Conservation International	6. 最初と最後の頁 78 ~ 86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0959270920000556	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 守谷元瑛, 先崎理之, 北沢宗大, 河村和洋, 中村太士
2. 発表標題 シジュウカラの音声信号の伝達に騒音が及ぼす影響-警戒声の種類と情報量に着目して-
3. 学会等名 日本生態学会第68回全国大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------