

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：10101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K24377

研究課題名(和文)騒音は生物多様性の重大脅威か? : 生息地の分断化との影響比較と相互影響の解明

研究課題名(英文) Does noise affect biodiversity? : the relative and interactive effects of noise and habitat fragmentation

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・助教

研究者番号：10845514

交付決定額(研究期間全体) : (直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文) : 現在、騒音が世界中に蔓延しており、生物多様性への悪影響が懸念されている。しかし、その影響力が生物多様性喪失の主要因である生息地の分断化に匹敵するのかどうかは未解明だった。本研究では、北海道勇払平野の分断化の程度が異なる10の森林調査地(1ha)において、鳥類群集を対象とした野外騒音再生実験を行った。その結果、騒音再生は鳥類の種数を50.6%(2.90種類)、総個体数を60.7%(5.97個体)減少させた。一方、分断化は鳥類の総個体数のみを減少させ、その減少の程度は46.7%(4.11個体)だった。これらより、鳥類群集への騒音の影響は生息地の分断化よりも大きいことが初めて明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は森林性鳥類群集への騒音の影響が生息地の分断化よりも大きいことを野外操作実験により世界で初めて実証した。このことから、効果的な生物多様性保全を進めるためには、現在は分断化されていない静かな景観を優先的に保全していく必要があること、生息地の分断化だけでなく騒音への対策も行う必要があること、そうした対策の実施によって景観内の生物多様性が大きく回復する可能性があることが明らかになった。

研究成果の概要(英文) : Anthropogenic noise has now attracted much attention as a driver of global biodiversity loss. However, we know little about the relative ecological impacts of noise and habitat fragmentation, which has long been considered a major driver of global biodiversity loss. Here, using a phantom road experiment, we compared the relative effects of noise and habitat fragmentation on forest bird communities (total abundance and species richness) in 10 1ha forest plots with varied fragmentation indices in Yufutsu plain, northern Japan. Results showed that experimental noise exposure resulted in 50.6% (5.97 birds) and 60.7% (2.90 species) reductions of total bird abundance and species richness, respectively. By contrast, habitat fragmentation resulted in a 46.7% reduction of total bird abundance. These results provide the first experimental evidence that the ecological impacts of noise could be larger than those by habitat fragmentation.

研究分野：生態学

キーワード：騒音汚染 生息地の分断化 鳥類 種数・個体数 感覚汚染因子 感覚生態学

1. 研究開始当初の背景

人為活動に伴う生物多様性の喪失の抑制は、人類共通の喫緊の課題である。従来、生物多様性の喪失の主要因として、生息地の分断化の影響が注目されてきた。しかし近年、分断化としばしば同時に生じる環境汚染因子である交通騒音(以下、騒音)が、動物の行動や群集構造(種数・個体数等)といった生物多様性を左右する要素に影響することが分かってきた。このことから、生物多様性の喪失を効果的に抑制するためには、生物多様性への騒音の影響が分断化の影響に匹敵するのかを調べ、さらに騒音と分断化の相互影響を理解する必要がある(図1)。しかしながら、騒音の影響を分断化等の他の要因の効果から分離して推定することが難しく、この課題はこれまで検証されてこなかった。

一方で、研究実施者を含む国内外の複数の研究チームは、野生生物群集への騒音の独立した影響を測定するための野外騒音再生実験システムを開発してきた。そこで本研究では、この騒音再生システムを用い、北海道勇払平野の分断化の程度が異なる複数の森林景観で、鳥類群集を対象とした野外実験を行った。そして、鳥類の種数・個体数への騒音と分断化の影響力を比較し、さらに分断化の程度に応じて騒音の影響力が異なるのかを明らかにした(図1)。

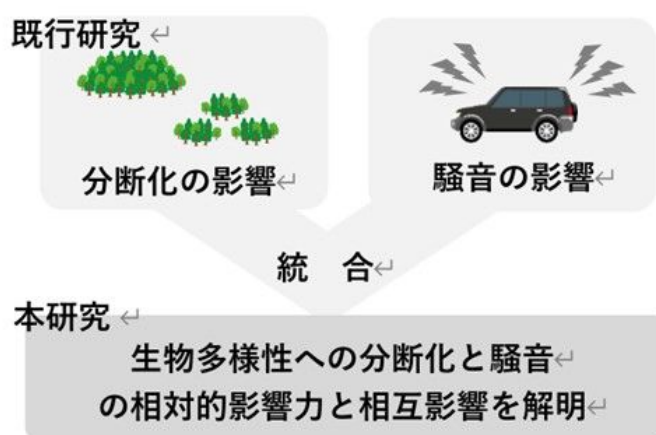


図1 本研究の概念図

2. 研究の目的

上記背景から、本研究の目的を、「生物群集への騒音と分断化の相対的影響力を比較すること、および両要因の相互影響を解明すること」とした。

3. 研究の方法

調査地の選定: 調査は北海道勇払平野の森林で行った。森林の分断化の程度が異なる調査地を選定するために、QGISソフトウェアを用いて、半径500mの円内に含まれる森林面積の値が様々な値を取る調査候補地を多数選定した。半径500mを用いたのは、この空間スケールが鳥類の生息地選択に重要であると考えられているからである。そして、各円に含まれる森林パッチ面積と森林パッチ面積間の距離を算出した。さらに、Coneferソフトウェアを用いて、調査地周囲500m以内の森林パッチのIntegrated Index of Connectivity (IIC)を算出した。IICは森林パッチ面積とその連結性、すなわち分断化の程度を示す指標である。IICは調査地全体が森林に覆われているときには1を取り、複数の森林パッチに分断され、また各森林パッチが小さくなると値が低下する。これらを基にIICの値が0.04~1の値を取る10か所を最終的な調査地として選定した。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。

騒音再生システム: 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。風速3m/s以下の穏やかな日に、各調査地において騒音を再生した時と停止した時とで騒音の大きさを比べたところ、騒音はスピーカーから約150mの範囲に届き、スピーカーから50m離れた地点での一分当たり等価騒音レベルは騒音再生時が平均49.5dBA (n=10、範

困：47.1-52.1dBA）、騒音停止時が33.4dBA（n=10、範囲：27.8-38.1dBA）だった。

鳥類調査：2019年10月上旬～11月中旬および2020年9月下旬～11月上旬の日の出～10時にラインセンサ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。兩年共に6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6回繰り返した。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。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鳥類の種数および総個体数を応答変数、騒音再生の有無（騒音再生週か否か）、IIC、これらの交互作用および天候（全天における雲の割合）、調査時刻、調査日（ユリウス日）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。誤差構造にはポワソン分布、リンク関数にはlogを用いた。さらに、20個体以上出現した9種（アカゲラ、ヒヨドリ、ウグイス、シジュウカラ、ハシブトガラ、ヒガラ、シメ、マヒワ、アオジ）について、各種の個体数を応答変数とし、種数・総個体数と同じ説明変数・ランダム効果を持つモデルを構築した。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49種類・延べ813個体の鳥類が記録された。一般化線形混合モデルの結果、鳥類の種数および総個体数の双方が騒音再生週に有意に減少すること（種数： -0.81 、 $P < 0.001$ 、個体数： -0.73 、 $P < 0.001$ ）、鳥類の総個体数がIICの値が減ると有意に減少することが分かった（ $=0.49$ 、 $P < 0.05$ ）。交互作用の効果は検出されなかった。具体的には、騒音再生週の鳥類の種数および総個体数は、騒音停止週よりも50.6%（2.90種類）および60.7%（5.97個体）それぞれ少なかった（図2）。また、分断化の程度が最大（IIC = 0.04）の調査地の鳥類の総個体数は、全く分断化されていない調査地（IIC = 1）よりも46.7%（4.11個体）少なかった（図2）。このように、鳥類の種数および総個体数は、IICよりも騒音再生による影響を大きく受けていた。これらにより、鳥類群集全体への騒音の影響は生息地の分断化よりも大きいこと、騒音の影響の大きさは分断化の程度とは独立して決まることが明らかになった。

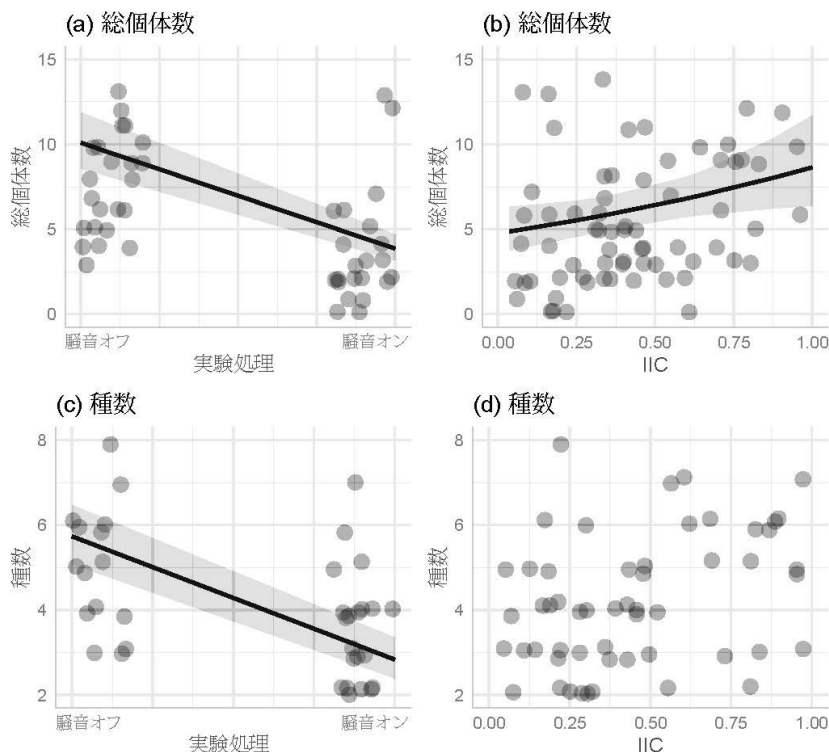


図2 実験処理（騒音オン/オフ）およびIICと鳥類の種数（a, c）と総個体数（b, d）の関係。騒音オンは騒音再生週を、騒音オフは騒音停止週を指す。効果が有意だった変数に対してのみ、回帰直線および95%信頼区間を示す。IICは調査地内の全てが森林に覆われているときに1を取り、分断化が進行すると減少する。

さらに、種ごとの解析からは、騒音によって9種中4種の個体数が有意に減少(ヒガラ： $=-1.52$ 、 $P<0.01$ 、マヒワ： $=-3.30$ 、 $P<0.005$)または減少する傾向(アカゲラ： $=-1.61$ 、 $P<0.052$ 、アオジ： $=-1.17$ 、 $P=0.08$)を示すことが分かった。また、別の2種の個体数は、IICが減少すると有意に減少(ゴジュウカラ： $=3.99$ 、 $P<0.05$)または減少する傾向(ハシブトガラ： $=2.21$ 、 $P=0.06$)を示した。さらに、これらのうちマヒワは騒音とIICの交互作用の効果が有意傾向を示し($=2.59$ 、 $P=0.051$)、IICが小さい(分断化の程度が大きい)ほど騒音による個体数の減少幅が大きくなった。他の種類の個体数については騒音あるいはIICとの有意な関係は検出されなかった。これらのことから、騒音または分断化のいずれの影響も受けにくい種類がいる一方で、どちらかに一方に敏感な種類がいること、および分断化の小さい景観で騒音の影響がより顕著に出る種類がいることが明らかになった。

上述のように、本研究は分断化の程度がどのようであっても騒音によって鳥類の種数・個体数が大きく減少すること、騒音による個体数の減少の程度は種によって異なり、また分断化の程度との相互影響を示す種類がいることを世界で初めて実証した。これらの成果は、以下の三つの点から重要である。

第一の重要点は、効果的・効率的な生物多様性保全を進めるためには、騒音に曝されていない手つかずの景観を優先的に保全する必要があることを示す点である。本研究で扱った交通騒音は、道路から数百m先にまで到達する。そのため本研究は、こうした手つかず景観への道路建設は、たとえ建設する道路長を短くし分断化による影響を最小限に抑えても、交通量が増え騒音が大きくなると、広域的な生物多様性に重大な悪影響を与えかねないことを示唆する。

第二の重要な点は、分断化の程度とは無関係に、管理対策により騒音を低減することで鳥類の種数や個体数が回復する可能性を示唆する点である。これまで生物多様性の回復に重要と考えられていた生息地の復元や生息地間の連結性の強化は、長い時間がかかる上に、特に人間による土地利用が盛んな都市や農地などの分断化景観では実施コストが高く現実的ではない場合が多かった。一方で、交通騒音の管理は、低騒音舗装、防音壁、交通量規制やスピード制限などにより、分断化景観でも実施可能である。しかしながら、こうした騒音管理策の実施により、鳥類群集がどのように回復するのかを調べた研究は世界の中でも極めて少ないため、今後はその実証を進めていく必要がある。これらの研究成果次第では、騒音管理が生息地の復元や生息地間の連結性の強化に並ぶ生物多様性保全上の重要かつ効果的な選択肢となるかもしれない。

本研究成果の最後の重要性は、騒音に敏感な種類(騒音を忌避する種類)や騒音あるいは分断化の相乗効果を受ける種類を網羅的に特定または予測する手法を今後の研究で開発すべきことを強調する点である。本研究から騒音による負の影響を受けやすい種類がいることや、分断化されていない景観で特に騒音の影響を受けやすい種類がいることが明らかになったが、解析対象種数が少なく、こうした種類に共通する一般的特性は明らかに出来なかった。今後は、より広域および多種を対象にした野外操作実験やメタ解析を行うことで、どのような特性を持つ種類が騒音あるいは分断化との相互影響を受けやすいのかを解明していく必要があるだろう。また、騒音と分断化の双方の影響を受けると考えられる分類群は鳥類に留まらず、コウモリやリスを始めとした哺乳類からバツヤクモ類をはじめとした無脊椎動物まで多岐に渡る。現在のところ、騒音による生物群集への影響を調べた研究は鳥類に集中している。そのため、今後は本研究で用いたシステムを多分類群に拡張していき、生態系を構成する様々な分類群への騒音と分断化の個別および相互影響を包括的に理解していく必要があるだろう。

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 Senzaki Masayuki, Barber Jesse R., Phillips Jennifer N., Carter Neil H., Cooper Caren B., Dittmer 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 KITAZAWA MUNEHIRO, SENZAKI MASAYUKI, MATSUMIYA HIROAKI, HARA SEIICHI, MIZUMURA HARUKA	4. 巻 in press
2. 論文標題 Drastic decline in the endemic brown shrike subspecies <i>Lanius cristatus superciliosus</i> in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bird Conservation International	6. 最初と最後の頁 1~9
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 -
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 Senzaki M, Terui A, Tomita N, Sato F, Fukuda Y, Kataoka Y, Watanuki Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Long-term declines in common breeding seabirds in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bird Conservation International	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0959270919000352	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 Yamanaka S, Ishiyama N, Senzaki M, Morimoto J, Kitazawa M, Fuke N, Nakamura F.	4. 巻 142
2. 論文標題 Role of flood-control basins in conserving wetland species - A multi-taxon approach.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 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 Kawamura K, Yamaura Y, Senzaki M, Ueta M, Nakamura F.	4. 巻 9
2. 論文標題 Seasonality in spatial distribution: Climate and land use have contrasting effects on the species richness of breeding and wintering birds.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 7549-7561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.5286	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 M, Kadoya T, Francis CD.	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

〔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 第68回日本生態学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 先崎理之・梅垣佑介・小田谷嘉弥・先崎啓究・高木慎介・西沢文吾・原 星一	4. 発行年 2019年
2. 出版社 文一総合出版	5. 総ページ数 128
3. 書名 日本の渡り鳥観察ガイド	

〔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
---------	---------