

音を用いた鳥獣防除の現状と課題

山本由紀子*

【要旨】

鳥獣防除は古今東西様々な方法で行われていたが、いまだに決定的な方法はない。本論文ではまず様々な論文から鳥獣防除の方法を視覚、物理、化学、生物、聴覚の五つに分けて概観した。それぞれのメリット、デメリットがある中で、鳥獣防除の決定的な方法がない理由としては、メンテナンスやコストの課題と学習（慣れ）の課題が考えられた。そこで、比較的メンテナンスやコストがかからず、検討の余地が多分にあると思われた聴覚的刺激に着目して、音を用いた防除に関する論文についてのサーベイを行った。音を用いた鳥獣防除の様々な方法がある中で、鳥のDistress CallやAlarm Callを組み合わせることで呈示したり、視覚的な刺激と聴覚的な刺激など複数刺激を組み合わせたりすることで効果があることが確認できた。これは学習（慣れ）を阻害することにつながっていると考えられる。また、新たな技術による防除方法も開発されており、メンテナンスやコストの課題についても発展がみられる。しかし、実証実験や基礎研究に加えて聴覚的な側面からのアプローチ、音響学的な分析についてはまだ検討していく余地があることが示唆された。これらが行われることで、さらなる鳥獣防除方法の発展に寄与されるものと考えられる。

キーワード：鳥獣防除、音、学習（慣れ）

1. はじめに

農作物を守るための人間と鳥獣との戦いは、おそらく人間が農耕を始めた時から続いているものと考えられる。令和2年度の鳥獣による農作物被害額は鳥類が約30億円、獣類が約130億円で全体ではおよそ160億円となっている（農林水産省, 2022）。農業総産出額は2022年11月現在では令和2年度分として5兆7千億円と報告されているため（農林

*白梅学園大学子ども学部子ども学科

YAMAMOTO Yukiko：Current status and issues of Birds and Animals control using sound

水産省, 2022), 鳥獣農作物被害額160億円は約 0.2 %にあたる¹⁾。全体としては微々たる割合に見えるが, その実農家にとっては天候による作柄不良と合わせて深刻な問題である。

また, 正確な被害状況は明らかではないが, 農作物だけではなく漁業における鳥害もある。筆者が調査のため訪れた岩手県大船渡市の漁協では, 漁港でのウミネコ *Larus crassirostris* やカワウ *Phalacrocorax carbo*, ウミウ *Phalacrocorax capillatus*, カラス *Corvus* らによる被害実態が明らかとなった。漁港で魚を引き上げる際に食害されるのはもちろん, 糞害による衛生面での懸念もヒアリングできた。

漁業における食害は, 特に北海道でトド *Eumetopias jubatus* などの海獣による刺し網の破損被害や漁獲物の食害が報告されている (北海道水産振興課, 2022)。しかし, 農作物のような全国的な食害被害額データは見当たらない。成末ら (1999) は, 「一般的に漁業関係者は, 被害者意識と評価に対する認識の相違から, 被害を過剰評価する傾向にある。そして, 科学的に根拠のある漁業被害評価はほとんど行われないうまま, 全国各地で有害鳥獣駆除が行われはじめています」と述べていた。現在は水産庁によってカワウの捕食被害推定額の算出や被害状況の全国調査が行われている (水産庁, 2022)。カワウは1970年代に絶滅が危惧されるほどに個体数が激減したが, 1980年代には増加した。河川に放流されている遊漁魚であるフナ, アユ *Plecoglossus altivelis*, ウグイ *Tribolodon hakonensis* の食害が報告されており, その被害推定額は69億円 (平成31年度) と少なくない。このように, 鳥による食害は農業だけではないことが分かる。

農業・漁業における鳥獣の食害に対しては世界中でこれまで様々な手段が講じられてきたが, 依然として決定的な方法は見つかっていない。本論文では, 日本での防除研究を中心として特に音を用いた鳥獣防除方法に注目し, その現状と課題について概観する。

2. 鳥獣防除方法

鳥獣防除方法というものの, 鳥と獣では異なる上, 獣の中でも種によってその効果の程度が異なることは前提である。それを踏まえつつ, 先行研究を総覧した結果, 方法としては大きく, 視覚, 物理, 化学, 生物, 聴覚の五つに分けられると考えられた。それぞれの概要について, 先行研究の総説として表1を作成した。

表 1 防除方法の種類（筆者作成）

刺激種類	方法	メリット	デメリット
視覚	カカシ, 防鳥テープ, 目玉風船, 鏡	設置が簡単, 低コスト(例えば, 藤岡・中村(2000))	学習(慣れ)によって効果が持続しない(例えば, 中村(1998))
物理	柵, 網, 狩猟・捕獲	効果が高い, 柵・網は効果が持続する(例えば, 山口(2019))	(柵・網) 獣などに壊されることがある, 設置場所が限定される, 高コスト, メンテナンスが必要(例えば, 片平(2018)) / (狩猟・捕獲) 人的資源不足, 管理と保護のバランス問題(例えば, 今里(2020))
化学	忌避剤, 発煙剤	一定の効果が期待できる(例えば, 星川ら(1982))	対象の種類によって変える必要がある, 天候に影響される, 薬剤の扱いに注意が必要(例えば, 山口(2019))
生物	タカなどの天敵をけしかける, 牧羊犬・牧畜犬・護衛犬	一定の効果が期待できる(例えば, 石川ら(2012))	鷹匠とセットのため, 定期的・長期的に行うことが難しい, 高コスト, 天敵を用意できない対象もいる, 生き物の訓練・世話が必要(例えば, 石川ら(2012))
聴覚	爆音機, 爆竹, DC, AC, 天敵の鳴き声, ししおどし・鳥おどし(鳴子)	一定の効果が期待できる(例えば, 城所(1984), 芳賀(1954))	学習(慣れ)によって効果が持続しない, 民家など周囲の環境への配慮が必要 / (DC・AC) 対象の種類によって変える必要がある(例えば, 星野ら(1982), 中村・岡ノ谷(1992))

表 1 の内容を詳しく述べる。まず、視覚的刺激を用いた防除についてである。おそらく最も安価で簡単な方法であるため、目にする機会も多い。カカシや目玉風船、キラキラとしている防鳥テープは鳥を対象として特に田んぼで見られる。しかし、特に危険がないことを学習すればその効果がなくなる、学習(慣れ)が起りやすい方法と言える(例えば, 中村(1998))。これを補うためにしばしば同時に用いられる方法として、次の物理的刺激が挙げられる。

物理的刺激にもいくつか方法があるが、田んぼでみられるのは網でイネを覆う方法であろう。獣に対しては柵を設置することもあるが、いずれも直接的に侵入を阻むので効果も高く、しかも持続する。また、イノシシ *Sus scrofa* に対してコリドーを分断する柵を設置したり(武山ら, 2021)、田畑近くの草むらを刈り取ったりすることによる対策もとられている(農林水産省, 2021)。しかし、効果を持続させるためには網や柵が機能するようにメンテナンスが欠かせない。例えば網を張るための杭が抜ける、という自然に風雨にさらされる中で起こることもあれば、獣による柵や網の破壊もある。獣による破壊

は、片平（2018）によれば、タヌキ *Nyctereutes procyonoides* やウサギによる噛み切り、そこからのイノシシの侵入、ニホンジカ *Cervus nippon* が飛び越えをすることで網などがたわんでそのまま破壊される、シカの角がからまって暴れて網が破壊される、などが確認されている。それらが杭の近くで起これば杭抜けの原因にもなる。このように絶え間なく侵入を試みる獣たちに対して人間は網や柵の保守点検をし続ける必要がある（片平、2018）。また、農地が広ければその分コストもかかる上、網の支柱などを設置する場合、段差や勾配がある場所には設置が難しいなど場所が限定されることがある（山口、2019）。物理的的刺激としては狩猟や捕獲という方法もある。対象を確実に排除できる方法ではあるが、狩猟も捕獲も基本的には免許が必要であり、誰でも行える方法ではない²。また、それらの免許の所持者の高齢化により、所持者人口も減少している（環境省、2022）。60歳以上の割合は1975年では約8.8%であったが、2018年では約59%になっている。全体の免許所持者の人数も517,800人（1975年）から207,300人（2018年）と43年で半分以下となっている。このように狩猟・捕獲できる人員が限られており、減少していること、そしてそもそも免許を持つ私人によるボランティアで行われているということが、この方法の困難さの一つと言えるだろう。さらに、被害が生じているからといって、無計画に鳥獣を狩猟・捕獲によって排除することはできない。はじめに、で挙げたカワウもかつては絶滅が危惧される鳥であったが、数が増えて人間への被害が生じると防除の対象となる。狩猟・捕獲だけではないが、鳥獣防除には防除と管理・保護の両面が存在し、常にそれぞれの面から検討することが必要である。

三つめの化学的的刺激としては、まず忌避剤が挙げられる。忌避剤は食害を防ぎたい植物や農作物に対象が忌避する薬剤を散布・塗布するものである。種によっては一定の効果は見られるようであるが、他の餌が少なく被害が多い時期には処理した種子も食害されてしまうという（山口、2019）。忌避剤（ベフラン）を塗布しても、ニホンカモシカ *Capricornis crispus* の食害が起こっていることも報告されており、必ずしも効果が認められるわけではない（中嶋、1999）。さらに、種子への浸漬、塗沫処理を行い、子葉に薬剤が展着しないようにするなど、扱いには注意が必要なものもある（藤岡・中村、2000）。散布の場合には雨が降れば薬剤が流れて効果が半減することもあり、天候に左右される部分が大いことが分かる。また、発煙についての報告はあまり見当たらないが、星川ら（1982）による果樹への防鳥実験の一つとして、蚊取り線香を300分燃焼させた結果、高い防止効果が認められたと報告されている。星川らは忌避剤を用いた実験も行っているが、その効果とともに「鳥は臭いを忌避する性質があることを確認した」と述べている。一定の効果がある可能性があるが、煙は風の影響を大きく受けるため、十分な検討が必要であろう。

四つ目の生物的刺激は、天敵を用いる方法である。よく知られている方法としてはタカの仲間を用いる方法が挙げられる。Krossら（2012）では、ニュージーランドのワイン

用ブドウ畑でニュージーランドハヤブサ *Falco novaeseelandiae* を作業鳥として導入したところ、害鳥の作物への被害が95%も減少したと報告されている。タカはカラス、スズメ *Passer montanus*、ムクドリ *Spodiopsar cineraceus* などの鳥に対して天敵として機能すると考えられるが、管見の限り日本において研究はあまり行われていない。天敵を模したカカシなどを設置する方法は用いられており（例えば鳥に対しての猫のカカシなど）、視覚的刺激のアイデアの一つとなっている。タカを飛ばして鳥を追い払う方法は民間で時折行われている様子が見られるが、あくまで鷹匠とセットとなるため、長期的、定期的な運用には壁があると考えられる。また、獣に対しての天敵はそもそも人間であったり、人間にとっても危険を伴う獣であったりすることもある。牧羊犬・牧畜犬、護衛犬などの作業犬を用いる方法もあり適切に運用できれば効果は高いが、犬を訓練・世話する必要がある（石川・北原, 2012）。一つのメンテナンスとして考えると誰でもいつでも行える方法とはいえない。

そして最後に聴覚的刺激についてである。詳細は第3章で述べるが、爆音機や爆竹などは大きな音で驚かせるものである。爆音機はプロパンガスによる爆発音が出る機械で、爆竹や花火と同様に大きな音を呈示する。いずれも周辺民家に配慮が必要な方法である。特に爆音機の使用については、各自治体などからガイドラインなどが提示され、「住居から直線距離にして200メートル未満の位置で使用しないこと」「早朝及び夜間には、使用しないこと」と使用方法についての周知をするとともに「爆音機に代わる、例えば防鳥網などの使用を推進すること」と呼びかけられている（長野県, 2021）。ししおどしは非常に古典的な方法ではあるが、一般にイメージされる竹と水によるものだけではなく鳥おどし（鳴子）も同種と考えられる。いずれも竹や木などを用いて、風や水、あるいは侵入してきた獣自身によって発音して驚かせるものである。あまり大きな音はしない上、不規則な発音であれば慣れも生じにくいだが、逆に人間が発音をコントロールできないため、やはり民家が近い場所では配慮は必要であろう。これらと全く違う方法が、鳥自身の鳴き声を使うDCとACである。DCはDistress Call（警戒声）、ACはAlarm Call（注意声）であり、DCは恐怖を感じた時の音声、ACは仲間に注意を知らせる音声である³。これらの音声を流すことによりその場所を警戒して近寄って来なくなるというものであるが、その効果は認められるものの一時的であり、慣れが生じたり、種が異なると効果がなかったりする場合がある（中村・岡ノ谷, 1992）。さらに、天敵の鳴き声についても反応が見られることは分かっているが、その効果の持続性については確認されていない（藤岡ら, 1995）。

これらの方法が決定的な方法とならない理由として二つの理由が浮かび上がる。一つ目はコストとメンテナンス、二つ目は学習（慣れ）である。まず、コストとメンテナンスは農家にとって重要な点であろう。国からの鳥獣被害防止総合対策給付金や各自治体からの補助金もあり、自治体レベルで組織的に鳥獣防除に取り組んでいるところはある

が（今里，2020），どちらかに任せきりではなく住民と自治体・行政が協力して取り組むことが鳥獣防除に効果を上げることが明らかになっている（布施ら，2013，加藤，2018）。とはいえ，基幹的農業従事者が平成27年には175.7万人だったのが，令和4年は122.6万人と減少していることや平均年齢も67.9歳（令和3年）であることを考えると（農林水産省，2022），鳥獣防除のメンテナンスだけに時間や人手を割くことの難しさは想像に難くない。高コストやメンテナンスの頻度を多くする必要がある防除方法は，デメリットとして大きく働くだろう。

そして二つ目の理由である学習（慣れ）である。視覚的刺激も，聴覚的刺激も，効果は認められる。しかし，どのような方法や刺激でも呈示し続ければ学習（慣れ）によってその効果はなくなる。例えば，中村（1998）は餌場にマネキンを設置し，キジバト *Streptopelia orientalis* の滞留率を求めて刺激の有効範囲を明らかにしたが，3回同じ実験を繰り返したところ，有効範囲は1回目が最も広く，繰り返すほど狭くなっていったことから同じ刺激を提示し続けると慣れが生じることが明らかになっている。他にもシロガシラ *Pycnonotus sinensis* に対してトマト圃場で目玉風船，怪鳥風船，蛇風船，デビル風船（いずれも商品名）を設置したが，直後には効果があったもののいずれも2～3日程度で被害が戻ったことが報告されている（瑞慶山ら，1994）。

視覚的，聴覚的な刺激や方法は，比較的成本やメンテナンスは低く抑えられる。一方で学習（慣れ）が生じやすく，持続的な効果を得ることは難しい。この学習（慣れ）を防ぐことが鳥獣防除の大きな課題と言える。また，視覚的刺激の種類はある程度限られるが，聴覚的刺激の音響の種類は非常に多く，音響のどの要素を変化させるかということを検討すると，探求の余地が大いにあるだろう。そこで，次章では音響的な方法が鳥獣防除にどのように効果があるか，またどのような音響が用いられてきているのかについて述べる。

3. 音による鳥獣防除

音を使用した聴覚的刺激は表1で挙げた。本章ではそれらがどのような音であるか，その効果と課題について詳しく述べる。まず，表2として音の種類と特徴を示す。

表2 音の種類とその特徴（筆者作成）

方法	音の種類	特徴
爆音機・ラゾーミサイル（複合型爆音機）、爆竹・花火、空砲	プロパンガスによる爆発音、火薬を用いた爆発音	大きな音が3～5分の等間隔で提示、火薬を用いる場合は人力で調整
アバラーム	電子合成音	対象が忌避する合成音を、複数種類選んで流すことができる
ししおどし・鳥おどし（鳴子）	竹や木などが、風や水、振動によってぶつかり合って音が出る	防除対象が触れることで音が出たり、風などの場合は不規則な音が出たりする
天敵の鳴き声	主としてタカなどの猛禽類の鳴き声、獣にはオオカミの鳴き声	主として鳥類対象のことが多い
AC/DC	対象としている種のDistress Call（警戒声）、Alarm Call（注意声）	主として鳥類対象のことが多い

まず、爆音機についてである。表2で示したように、プロパンガスの爆発によって大きな音を出し、鳥獣を驚かせるもので、約3～5分間隔で定期的に爆発音をさせるため、前節で述べたように慣れが生じやすいと言える。ラゾーミサイルは複合型爆音機とも呼ばれるもので、爆発音とともに視覚的な刺激も打ち上げるものであるが、音響は爆音機と同様である。その音響特性は、内田（1996）によれば、爆音機から10～20メートル付近で騒音計により測定したところ、平均142dBであった。音圧レベル130dBはジェット機の離着陸時の音圧レベルと言われていることを考えると、かなり大きな音と言える。内田のグラフでは周波数スペクトルは25Hz～20000Hzまで示してあるが、これはおそらく人間の可聴域の範囲で切り取ったということであろう。すべての周波数バンドでほぼ同程度の音圧の周波数が含まれていることから、ホワイトノイズに近い音響特性を持っていると言える。鳥だけではなく、イノシシやシカを対象としても用いられるが、いずれも効果は短期間であり、すぐに慣れが生じてしまう（仲谷, 2014, Gilsdorfら, 2004）。古い実験結果ではあるが、城所（1984）ではカルガモ *Anas zonorhyncha* の水稲被害に対する防鳥器具の効果を比較的長い時間をかけて実験している。その中において、田植え期の爆音機の設置には効果がみられたが、被害が大きい登熟期では慣れもあるのか、徐々に効果が薄れていることが報告されている。ただ、同様に実施したラゾーミサイルの実験結果は、設置以降加害防止効果が持続していたと述べられている。また、前章でも述べたように、音の大きさから使用には周囲の環境に十分な配慮が求められる。効果の持続性には疑問があるものの、一度設置さえしてしまえばメンテナンスとしては楽なためか、いまだに使用されることが多い爆音機であるが、年々配慮として求められる基準は厳しくなっているといえるであろう。

空砲や爆竹、花火は古くからおこなわれている方法である。研究として結果が確認さ

れているのはやはり少し前のものであるが、芳賀（1954）がある。芳賀はアセチレンガスによる爆音機と導火線香を使った害鳥獣威嚇用爆音機による実験を行っている。これは「導火線香（直径1.2 cm, 長さ40cm）に左右6箇所ずつさし込んだ爆玉が主体で、先行の下端に点火すると、30分で爆玉のところまで燃えあがつて着火し地上に落ちて爆発する（原文ママ）」ものであり、空砲に似た音色であるという。結果としては、猟銃の空砲や爆音機と効果はほぼ同じで、音がしなくなれば害鳥（ここではハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* とハシボソガラス *Corvus corone*）が再び圃場に侵入してきたと報告されていることから、爆音機と同じ課題を持っているものと言える。

アバラームは商品名であるが、1970年代から1980年代に様々な論文に登場するため、参考として挙げる。アバラームはアメリカのアバラーム社が開発した「害鳥追い払い器」であるため、対象は主として鳥であるが、特筆すべきは鳥が忌避する音を合成した電子音を用いる、ということであろう。忌避するのは「鳥にストレスをおこさせ、精神的に不快な状態に陥らせてしまうのと、鳥同士の話し合い、すなわち情報交換を妨げるので、その場を去ってしまうのである（宇田川, 1971）」と説明されている。宇田川はこのアバラームが養魚場で食害するゴイサギ *Nycticorax nycticorax*, カイツブリ *Tachybaptus ruficollis*, カモの仲間に効果があつたことを報告している。一方で、城所（1984）のカルガモ実験では設置水田には飛来しなくなったが周辺の水田では加害があり、1か月ほどで被害株の割合も増加していたことから、あまり効果がみられなかったと述べている。星川ら（1982）でも果樹の食害防止のために設置した。設置場所からの至近距離では効果がみられたが、距離が離れると効果が薄れたことと、アバラームは対象とする鳥によって合成音の種類を変えるため、複数種類の鳥が飛来する圃場では騒音の苦情がきた上、効果が低かったと述べている。同様の音を発生させる機械は他にも開発されているとのことで、中村・松岡（未発表データ）がダイズを加害するキジバトに対して実験を行ったが、効果は全く見られなかったという（中村・岡ノ谷, 1992）。宇田川がアバラームについて述べていた1971年時点で20万円という価格であったことを思うと、少々高価な装置である。現在では使用されているかの確認ができないことを踏まえると、値段と効果があまり釣り合わなかった可能性が考えられる。

ししおどし、鳥おどし、鳴子などもまた非常に古典的な方法である。紐を使っていることから、防除柵としての役割も多少担っていると言えよう。こちらについても前出の城所（1984）がフラッシュナルコを用いての実験を行っている。フラッシュナルコとは、「50×40cmの銀白色の旗で、光が反射するとともに強い風が吹くと金属音が発生する」ものである。結果は、設置水田ではカルガモによる害はなくなったものの、周辺水田での加害は続き、効果も1か月たたないうちに被害株率は51.0%から78.4%と増加した。光による視覚的刺激と聴覚的刺激が合わさったものではあるが、あまり高い効果は得られなかったようである。現在ではどの程度使われている方法か明らかではないが、爆音機

などとは異なり設置している限り昼夜を問わず音が鳴ってしまうため、周辺への配慮を考えると設置には十分な検討が必要であろう。

天敵の鳴き声としては、鳥類の中ではトビ *Milvus migrans* やタカの鳴き声が挙げられるであろう。カラスに対してそれらの鳴き声を提示したら飛び去った、というような言説も民間レベルでは言われており、動画サイトではカラス追い払い用の音声動画も散見される。しかし、実証実験は行われていないようである。遠藤（2018）は、鉄塔に営巣するカラスの追い払いのためにトビとオオタカ *Accipiter gentilis* の鳴き声を使用した機械を開発した。ある程度の効果は得られたが、この装置は紫外線レーザやカラスのDC、ACなど様々な刺激を複合的に用いているため、天敵の音声だけの効果であったとは言えない。同様に、イノシシ・シカ・サルに対してはオオカミが天敵に該当するとして、オオカミの姿を模したロボットがオオカミの咆哮などの音声を発する「スーパーモンスターウルフ」というものがある。こちらも効果があるということで複数自治体に取り入れられ始めているとのことだが（砂畑ら、2018）、その効果はまだデータがそろっていないこと、ウルフが発するのはオオカミの咆哮だけではなく人間の声なども含めた50種類の音声であることから、やはり天敵の音声だけで効果が得られているとは言えないだろう。

最後にDCとACである。第2章でも述べたが、DCはDistress Call（警戒声）、ACはAlarm Call（注意声）のことで、鳥を対象とした鳴き声を用いる方法である。対獣としてはあまり行われている方法ではなさそうである。DCとACの音響特性は、中村・岡ノ谷(1992)が詳しい。DCの時間構造は300~600msの音を400~1000msの周期で数秒間繰り返すものが多いという。また、「鳥類の音声信号は多くの場合ハーモニック（倍音）の欠けたシンプルなものだが、DCの単位音の音響構造を見ると、鳥の音声としては例外的に多くの倍音を含み、帯域の広い音声である」と説明されている。このことから、鳥の音声として異常事態を知らせる特性を持っていることがわかる。これはACにも共通しており、DCよりも音高が高く、周波数帯域の狭い音声であり、種を超えた特徴を持った音声であるという。また、周期的に発声されるDCに対し、単発で発せられるという特徴もあり、これによりACを発した個体自信が捕食される危険が少ない。ただ、ACは他の音声とのコンテキストの中で用いられていることがあり、単発ではなくそのコンテキストに沿って用いる必要があったり、あまり発声されることがなかったりするため採取が難しく、取り扱いにくい音声とも言える。DCはムクドリ、ホシムクドリ *Sturnus vulgaris* への追い払い効果が認められている（中村・飯泉、1995）。また、ヒヨドリ *Hypsipetes amaurotis* についてもキウイフルーツ園の加害がDC提示によって減っているという結果を得ているが、飛来数が多い時期やヒヨドリ以外の鳥（ヒレンジャク *Bombycilla japonica*）も来る場合には効果が薄くなったという（中村・土屋、2000）。種を超えて効果があるDCかどうかは、明らかとなっていない部分が多いと考えられる。一方で、シロガシラのキンカンの

食害についてはDCの追い払い効果はなかった、という報告もされている（瑞慶山ら、1994）。このような中で、ACとDCを組み合わせた刺激を用いた結果、高い効果を得た研究がある。高山ら（2017）は、畜舎に侵入するカラスに対してハシブトカラス、ハシボソガラスのDCとACを採取し、AC+DCの刺激を50sec間隔で24時間連続供与した。その結果、豚舎では約20日間、牛舎では約2か月間供与している間はほとんどカラスの侵入が認められなかったという。高山らはこの結果について、「DC+ACの複合音声は慣れが生じにくい可能性」があると述べている。また、畜舎の様子が外から視認しづらいため、カラスにとって安全性を視覚的にも確認しづらく、慣れが生じづらかったのではと指摘している。

これらのことから言えるのは、学習（慣れ）を阻害するためには複数の条件を組み合わせる必要があるということである。これは中村・岡ノ谷（1992）も指摘している。中村・岡ノ谷は、鍵刺激だけが切り離されて呈示され、適切な行動をしなくても危険が起これないという「鍵刺激が呈示されるコンテキストを、「不適応的な結果が起これないこと」と連合させて学習してしまうことがこの場合の「慣れ」である」と説明している。すなわち、「効果ある刺激」を探し、「慣れ」が生じにくいような呈示方法を開発することが必要であると主張している。これまで挙げてきた様々な刺激は、短期的、あるいは瞬間的には効果がみられるものである。それらをどのように組み合わせるのか、ということが鳥獣防除の大きな課題と言える。

複数条件の組み合わせとしては、聴覚と視覚の刺激を組み合わせたり、呈示するタイミングをランダム化したり、呈示する音の種類をランダム化したり、というような方法が考えられる。例えば第2章で述べたように爆音機とラゾーミサイル（複合型爆音機）を用いて実験を行った城所（1984）は、ラゾーミサイルの効果は持続したと述べている。聴覚的刺激と視覚的刺激が合わさったため、慣れが生じにくかった可能性が考えられる。また、前述した高山ら（2017）のDC+ACも、異なる種類の音声を組み合わせることで効果を得ている。遠藤（2018）でも天敵の音声と対象としているカラスの音声、紫外線レーザーを組み合わせた装置を用いており、スーパーモンスターウルフもウルフの見た目に加えて、首を振る動き、光が点滅する眼、そして50種類の様々な音声を組み合わせている。このように、効果があると報告されているものは刺激をうまく組み合わせ、呈示しているものと考えられる。一方で複数刺激を組み合わせても効果がないという報告もある。岩田・都築（2011）はカワウを対象に、動くカカシと種類の異なる聴覚的刺激を組み合わせることで呈示したが、効果が認められなかった。

慣れ（学習）については、梅田ら（1993）のムクドリオペラント条件付けの実験結果から考えると、およそ5日～12日程度であると思われる。このオペラント条件付けは、キーつき反応の課題を行わせたものであるが、1日1セッション（1セッションは60試行）行って60試行中10試行以上反応するようになったのが5～12セッションというこ

とである。しかし、この慣れは消失するものなのか、それもどの程度なのか、など、長期間、複数刺激を用いた研究は管見の限り行われていない。

4. 近年の鳥獣防除方法開発

第3章では音を用いた鳥獣防除の方法について、その課題について述べた。本章では聴覚的刺激に限らず、特に近年の鳥獣防除方法について述べる。現場では昔ながらの方法が行われている一方で、新しい技術を用いた方法も開発されている。まず挙げられるのがドローンである。Grimmら(2012)は、ワイン用のブドウ園での鳥の食害に対して、UAV(Unmanned Aerial Vehicle: 無人航空機システム, ドローン)に鳥類が忌避する視覚的、聴覚的な刺激を搭載した。ラジコンを使ったドローンはこれまでもバードストライク防止のために飛行場などで用いられていたが、終始制御する人員が必要である。Grimmら(2012)は自立誘導システムにより最小限の人力で制御できると述べている。また、Wandrie(2019)らも、UASを用いてRed-winged Blackbird *Agelaius phoeniceus*の反応を実験して回転翼型ドローンを低めの高度で飛行させた場合に行動反応があったと述べている。こちらはGrimmら(2012)のような恐怖を与える刺激は搭載していないが、ドローンを飛行させるだけでも鳥類に警戒を抱かせていることが分かる。日本でも中島ら(2019)がブドウ園のカラスに対してドローンとICTを組み合わせた実験を行っている。中島らは監視カメラの映像から自動的に害鳥検知を行い、クラウドサーバーからブドウ園管理者のスマートフォンへ通知、管理者がドローンをスタートさせる、というかなり自立的なシステムを構築している。その結果、カラスの飛来数は減少した。また、飛行させて直接的に追い払いをするだけでなく、ドローンによって対象物体数を抽出、カウントするという調査方法の一つとしても活用されている(牧ら, 2020)。

この他にもICTを活用した方法が提案されている。特に山間部においては、鳥獣防除を行う場所はかなり広範囲にわたることも多い。また、わなをしかけるなどの場合、対象動物の出現場所や分布がどの程度であるのかの正確な把握も課題となる。菊池ら(2016)は、鳥獣害情報の管理をするソフトウェアを開発した。野生鳥獣の被害や捕獲現場の画像や動画ファイルに位置情報や日時などの情報を登録できるものである。その他にも、長野県塩尻市では動物を検知し、警報音と光で威嚇して追い払うと同時に出没時間と場所を農家や猟友会へ知らせる「獣検知センサー」と、罠にかかった際その検知を猟友会会員に伝える「罠捕獲センサー」の2種類のセンサーを設置している(長野経済研究所, 2016)。わなの設置には、定期的な見回りやメンテナンスが必要である。中村ら(2019)は人的な効率化を図るためのICT利用についての費用対効果について検証している。

渡辺ら(2022)は、不協和音を用いた鳥獣防除実験を行った。協和感・不協和感には感覚的協和感(不協和感)と呼ばれるものがあり、種に依存しない感覚であると言われ

ている (Terhardt, 1984)。つまり、ヒトが生得的に不協和と感じる音は、他の種もそのように感じられるということである。不協和が不快であるかどうかはまた別の尺度の話であるが、違和感が感じられる音であるとは言えるだろう。渡辺ら (2022) はこの不協和音を刺激として用いて、シイタケ栽培農家で食害をするニホンザルを対象とした実験を行った。その結果、呈示期間中は食害がゼロという効果を得た。しかし、同様に不協和音を用いたサーモントラウト養魚場でのカラスやサギを対象とした実験では、効果がみられなかった (渡辺ら, 2022)。

これらのような新たな方法の実験、開発から、第2章で挙げたコストとメンテナンス、および慣れ (学習) の問題が解決される可能性が感じられる。実証実験が十分ではない部分があることが、これらの課題であるとは言えるだろう。

5. 今後の展望とまとめ

これまで述べてきたことから、鳥獣防除研究は様々な分野の視点から試みられていることが分かる。また、本文ではあまり触れてこなかったが、農家などで慣習的に行っている方法や、研究者ではなく民間レベルでとどまっている方法も多い。効果の是非も含めて、このような方法の実証実験を行うことも必要であろう。

また、慣れについても基礎的な研究は十分ではない。ヒトの心理学的な「学習」だけでなく、その知見を活かした鳥獣の学習についての研究はまだ多くの余地を残している。

本論文では特に音を用いた刺激について注目して述べてきたが、対象とする動物の聴覚的な特性について触れられている論文があまりなかった。中村・岡ノ谷 (1992) は鳥類の聴覚について比較的詳しく述べていたが、それでも1992年から30年が経過した現在、より詳細な鳥類の聴覚に関する研究をもとにした検討があってもよいだろう。鳥の聴覚については超低周波音の検出を可能にする聴覚的メカニズムなどは明らかになりつつある (Zeylら, 2020)。また、パークヘッド (2013) では、鳥類の基底膜内の有毛細胞が再生する上、「人間に比べて騒音による損傷に強いように思える」と述べられている。ちなみにヒトの有毛細胞は損傷したら再生せず、加齢によってもその機能は衰えていく。つまり、鳥類に大きな音を聞かせて有毛細胞が損傷したとしても、不適応な状態が続くわけではないことになる。さらに、可聴域はヒトよりも狭く、等ラウドネスレベルはヒトよりも下限が低い。ヒトよりも小さい音を聞き取ることができることを考えると、徒に大きな音を呈示する必要性は低いようにも考えられる。獣に関する聴覚については、本論文でサーベイした中で触れている論文はなかった。獣に関しても同様のアプローチを検討する余地は多分にあると考えられる。

加えて、音の要素を変化させることにより、中村・岡ノ谷が言うところの「効果ある

刺激」を量的に分析することができるのではと考えられる。音の要素とは、一般的に言われているのは「音の三要素」として、音強・音高・音色である。これらの要素を分けて考えることでそれぞれの効果の理由や閾値を分析することができる。これにより、「なぜ効果があるのか」を明らかにすることができる可能性が考えられる。

先述したように、鳥獣防除研究は様々な分野から取り組まれている課題である。つまり領域横断的に取り組む必要がある。今後は、分野間での情報交換、共同研究が進むことによって全く異なるアプローチや展開が生まれることを期待する。

注

- 1 農業総産出額の科目は米、野菜、果実、畜産、その他、である。鳥獣による農作物被害状況の科目はイネ、ムギ類、マメ類、雑穀、果樹、飼料作物、野菜、イモ類、工芸作物、その他、である。そのため、この割合は農業総算出額における畜産の額を抜いた合計から算出している。
- 2 ただし、平成29年より一定の条件下で狩猟免許を所持しない農林業者も農林業被害防止の目的であればこわなを用いてシカ、イノシシの捕獲ができるようになった（環境省、2018）。
- 3 Distress Callは遭難声、Alarm Callは警戒声としている論文もある。

【引用文献】

- ティム・バークヘッド著、沼尻由起子訳（2013）、鳥たちの驚異的な感覚世界、河出書房新社
- 遠藤彰（2018）、音声及びレーザーを組み合わせた鳥害防止装置の開発、電気設備学会誌、38（11）、pp.663-666
- 藤岡正博・中村和雄（2000）、鳥害の防ぎ方、家の光協会
- 藤岡正博・中村和雄・百瀬浩（1995）、天敵に対するオナガの音声の種類と機能、農研機構研究成果情報
- Brian A. Grimm, Brooke A. Lahnen, Peter B. Cathcart, Robert C. Elgin, Greg L. Meshnik, Jhon P. Parmigiani (2012), Autonomous Unmanned Aerial Vehicle System for Controlling Pest Bird Population in Vineyards, ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, pp.499-505
- Jason M. Gilsdorf, Scott E. Hygnstrom, Kurt C. VerCauteren, Erin E. Blankenship, Richard M. Engeman (2004), Propane exploders and Electronic Guards were ineffective at reducing deer damage in cornfields, Wildlife Society Bulletin, vol.32-2, pp.524-531
- 芳賀良一（1954）、北海道におけるカラスの被害とその防除の研究（Ⅳ）嫌忌剤及び威嚇機による防除について、応用動物学会誌、19（2）、pp.86-91
- 北海道水産局水産振興課（2022）、海獣類による漁業被害状況、https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/6/6/1/9/7/7/9/_/%E6%B5%B7%E7%8D%A3%E9%A1%9E%E3

- %81%AB%E 3 %82%88%E 3 %82% 8 B%E 6 %BC%81%E 6 %A 5 %AD%E 8 %A 2 %AB %E 5 %AE%B 3 %E 7 % 8 A%B 6 %E 6 %B 3 %81.pdf (2022.11.14 最終閲覧)
- 星川三郎・三好恒和・村岡邦三・川口松男 (1982), 果樹の鳥害防止について, 群馬県園芸試験場報告, 10, pp.30-50
- 布施未恵子・鈴木克哉・中塚雅也 (2013), 集落ごとの自発的な猿害対策と成立要因－兵庫県篠山市 4 集落の事例から－, 農林業問題研究, 191, pp.80-85
- 今里滋 (2020), わが国における狩猟・獣害対策の歴史と課題, 同志社政策科学研究, 21 (2), pp.15-29
- 石川圭介・北原理作 (2012), 草地を活用したイヌ (*Canis familiaris*) によるニホンジカ (*Cervus nippon*) の捕獲技術と被害防止策の開発, 日本草地学会誌, 58 (3), pp.193-199
- 岩田靖宏・都築基 (2011), 音響と視覚の刺激を併用したカワウ追い払い装置の効果, 愛知県水産試験場研究報告, 16, pp.37-40
- Jeffrey N. Zeyl, Olivier den Ouden, Christine Köppl, Jelle Assink, Jakob Christensen-Dalsgaard, Samantha C. Patrick, Susana Clusella-Trullas (2020), Infrasonic hearing in birds: a review of audiometry and hypothesized structure-function relationships, *Biological Reviews*, 95-4, pp.1036-1054
- 城所隆 (1984), カルガモによる水稻の被害と防鳥器具の効果, 応用鳥学集報, 4, pp.31-36
- 環境省 (2018), 狩猟免許を受けていない農林業者に対する鳥獣の捕獲許可の解釈について, https://www.cao.go.jp/bunken-suishin/teianbosyu/doc/tb_h29fu_15env_278.pdf (2022.12.7 最終閲覧)
- 環境省 (2022), 年齢別狩猟免許所持者数, <https://www.env.go.jp/nature/choju/docs/docs 4 /nenreibetu.pdf> (2022.11.14 最終閲覧)
- 片平篤行 (2018), 人工林における防除柵の効果調査と簡易防除柵の開発, 群馬県林業試験場研究報告, 21・22, pp.36-46
- 加藤恵理 (2018), 自治体の施策と地域ぐるみの獣害対策の関係－2 県の比較による行政の課題の一考察－, 農業経済研究, 89 (4), pp.323-328
- 菊池隆展・小平佳延 (2016), 鳥獣害被害における情報通信技術 (ICT) の活用, 愛媛県農林水産研究所企画環境部・農業研究部研究報告, 8, pp.56-64
- Sara M. Kross, Jason M. Tylianakis, Ximena J. Nelson (2012), Effects of introducing Threatened Falcons into Vineyards on Abundance of Passeriformes and Bird Damage to Grapes, *Conservation Biology*, 26 (1), pp.142-149
- 牧雅康・奥村忠誠・沖一雄 (2020), ライトセンサスとドローン空撮によるシカ個体分布特定結果の比較, 日本リモートセンシング学会誌, 40 (4), pp.207-213
- 長野経済研究所 (2016), 野生鳥獣による農業被害対策へのICT利活用, <http://www.neri>

- or.jp/www/contents/1466122432177/index.html (2022.11.14 最終閲覧)
- 長野県, 県民ホットライン2021年五月分(月別)(2021), 爆音機の使用について, https://www.pref.nagano.lg.jp/koho/kensei/koho/hotline/202105/hot_2105-1.html (2022.11. 最終閲覧)
- 中島幸一・清尾克彦・井上雅裕・汐月哲夫・小泉寿男(2019), 害鳥対策防除ドローンの開発, 農業食料工学会誌, 81(2), pp.112-119
- 中嶋敏祐(1999), 広葉樹造林地における獣害とその防除方法について, 青森県林業試験場報告, 49, pp.1-7
- 中村和雄(1998), 鳥の追い払い法の効果とその評価法, 北日本病虫研報, 49:1(4), pp.14
- 中村和雄・飯泉良則(1995), Distress Callによるムクドリのおぐらの移動, 野生生物保護, 1(2), pp.69-76
- 中村和雄・岡ノ谷一夫(1992), 音声の利用による鳥害防除, 日本音響学会誌, 48(8), pp.577-585
- 中村和雄・土屋雅利(2000), Distress Callによるヒヨドリのキウイフルーツ芽食害防止, 日本応用動物昆虫学会誌, 44(1), pp.27-33
- 中村大輔・佐藤秀衛・平田滋樹・山端直人・竹内正彦(2019), 野生獣類捕獲わなにおけるICT利用の費用対効果－囲いわなのICT利用前後の比較－, 農業経営研究, 57(2), pp.83-88
- 仲谷淳(2014), イノシシの生態と農業被害対策, JATAFFジャーナル, 2(11), pp.6-11
- 成末雅恵・松沢友紀・加藤七枝・福井和二(1999), 内水面漁業におけるカワウの食害アンケート調査, STRIX A Journal of Field Ornithology, 17, pp.133-145,
- 農林水産省(2022), 基幹的農業従事者(個人経営体), <https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html> (2022.11.14 最終閲覧)
- 農林水産省(2021), 農村地域(農地・農業用施設)へのイノシシ・シカ侵入防止対策の手引き, https://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/kankyo_hozen/attach/pdf/index-72.pdf (2022.12.9 最終閲覧)
- 農林水産省(2022), 令和2年農業総産出額及び生産農業所得(全国), https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/seisan_shotoku/r2_zenkoku/index.html (2022.11.14 最終閲覧)
- 農林水産省(2022), 全国の野生鳥獣による農作物被害状況(令和2年度), https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/hogai_zyoukyou/attach/pdf/index-13.pdf (2022.11.14 最終閲覧)
- 水産庁(2022), 内水面漁業・養殖業の現状(令和4年10月), <https://www.jfa.maff.go.jp/j/enoki/attach/pdf/naisuimeninfo-21.pdf> (2022.11.14 最終閲覧)
- 砂畑智大・安彦智史・中倉利浩(2018), スーパーモンスターウルフを用いた獣害対策

- の調査報告, 情報処理学会研究報告, 2018-CLE-26 (3), pp.1-3
- 高山耕二・笹山琢洋・石井大介・広瀬潤・松元里志・片平清美・大島一郎・中西良孝・赤井克己 (2017), 畜舎におけるディストレスコールならびにアラームコールを利用したカラス害防除, 日本暖地畜産学会報, 60 (2), pp.95-100
- 武山絵美, 政本泰幸, 濱野博幸, 笹山新生, 吉元淳記 (2021), 生息地の分断・孤立化による野生動物被害対策効果－コリドー分断柵によるイノシシ被害対策の実証研究－, 農業農村工学会論文集, 313 (89-2), pp.299-307
- E. Terhardt (1984), The Concept of Musical Consonance: A Link Between Music and Psychoacoustics, *Music Perception*, 1 (3), pp.276-295
- 内田英夫 (1996), 爆音機の音響特性と防鳥装置, 騒音制御, 20 (1), pp.9-10
- 宇田川竜男 (1971), 養魚場の鳥害防止装置「アバラーム」, 養殖, 8 (7), pp.96-98
- 梅田直円・岡ノ谷一夫・中村和雄・古屋泉 (1993), ムクドリのおペラント条件付け, 日本鳥学会誌, 41 (1), pp.9-16
- Lucas J. Wandrie, Page E. Klug, Mark E. Clark (2019), Evaluation of two unmanned aircraft systems as tools for protecting crops from blackbird damage, *Crop Protection*, 117, pp.15-19
- 渡辺智昭・山本由紀子・古澤洋将 (2022), 音響的手法を用いる鳥獣の誘導制御の取り組み, 炎重工技報, 4, pp.8-11
- 山口恭弘 (2019), 鳥害の現状と最近の対策, 農作業研究, 54 (2), pp.65-74
- 瑞慶山浩・金城常雄・仲宗根福則 (1994), シロガシラ *Pycnonotus sinensis* の農作物被害に対する防止効果の検討, 九州病害虫研究会報, 40, pp.130-133

やまもと ゆきこ (音楽心理学)