

令和4年度
先端技術を活用したカワウ被害対策開発事業
報告書



令和5年3月
水産庁
編集：国立研究開発法人水産研究・教育機構

はじめに

国立研究開発法人 水産研究・教育機構水産技術研究所と、国立大学法人長岡技術科学大学は、全国内水面漁業協同組合連合会と連携しながら、水産庁から委託された「先端技術を活用したカワウ被害対策開発事業」に取り組み、平成 29 年度から 3 年間にわたり、ドローンを活用したカワウ被害対策について研究開発を行ってきました。令和 2 年度から新事業として再スタートし、研究開発と並行して、実証試験地の鬼怒川漁業協同組合、栃木県漁業協同組合連合会、両毛漁業協同組合、群馬県漁業協同組合連合会、秋川漁業協同組合、東京都内水面漁業協同組合連合会、天竜川漁業協同組合、長野県漁業協同組合連合会では、ドローンを使った実践的なカワウ対策や、普及指導の課題克服に取り組んできました。そして、今般、令和 4 年度の本報告書を取りまとめました。

近年、カワウ対策が全国で展開されるようになった弊害として、対策慣れしたり、人がアクセスできないような場所で繁殖したりするようなケースが多くみられるようになってきました。そこで、本報告書では、赤外線カメラ搭載ドローンを使った個体数のモニタリングや、小型汎用ドローンを用いたドライアイス投入による繁殖抑制を紹介しています。対策に慣れた、あるいは、人が近づけないような場所にいるカワウへの対策として活用できる技術であると確信しています。また、被害を与えるカワウを捕獲し GPS ロガーを装着することで、ねぐらや繁殖コロニーを特定、実際の個体群管理策に活かす取り組みも始まっています。

なお、普及向けの技術マニュアルについては、『Let's ドローンでカワウ対策 基礎編（平成 30 年 3 月）』、『Let's ドローンでカワウ対策 vol.2 ビニルテープ張り&自律飛行編（平成 31 年 3 月）』、『Let's ドローンでカワウ対策 vol.3 ドライアイス投入&赤外線撮影編（令和 2 年 2 月）』をご覧ください。全国の水産研究機関、漁業協同組合、市民団体等、カワウ対策に取り組む多くの方々に、これらの成果を活用して頂ければ幸いです。

国立研究開発法人水産研究教育機構 水産技術研究所
環境・応用部門 沿岸生態システム部内水面グループ
坪井潤一

目次

1) 事業の全体計画	4
2) 実施体制	5
3) 事業の成果と残された課題	6
4) 調査研究成果	
(1) ドローンによる威嚇や捕獲による飛来防除技術の開発	8
(2) GPS ロガーを用いたカワウの食害ハザードマップの作製	12
(3) コロニーを効率的に発見し繁殖を抑制する技術の開発	76
(4) 養殖池での飛来防除技術の開発	82
5) 成果検討会議の概要	90
6) カワウ被害対策に関する参考資料（論文、マニュアル、書籍）	107

1) 事業の全体計画

カワウによる内水面漁業被害額は平成 29 年度で 55 億円と推定され、依然として深刻な事態が続いている (<http://www.naisuimen.or.jp/jigyuu/kawau/kawaur1-12.pdf>)。これまで、カワウの繁殖抑制技術や、群れの位置を被害地から遠ざける「個体群管理」の手法の開発が行われ、被害現場で普及しつつある。しかし、被害対策が進むにつれ、カワウはアクセスの悪い大河川の中州や、急峻なダム湖畔で繁殖するようになってきている。そのため、漁業協同組合が実践可能な対策が限られつつあり、結果として未だにカワウの個体数が増加傾向にある地域も見られる。このような背景をうけて、平成 26 年 6 月に、「内水面漁業の振興に関する法律」が施行され、その基本方針において、「被害を与えるカワウの個体数を令和 5 年度までに半減させる目標の 早期達成を図る」ことが決定された。

本事業では、この目標の確実な達成を図るため、水産研究・教育機構が中心となり、全国内水面漁業協同組合連合会、長岡技術科学大学とともに、より効率化・省労力化した被害対策が講じられるようドローン（無人航空機）等の先端技術を活用したカワウ被害対策手法の開発を行う（図 1 参照）。

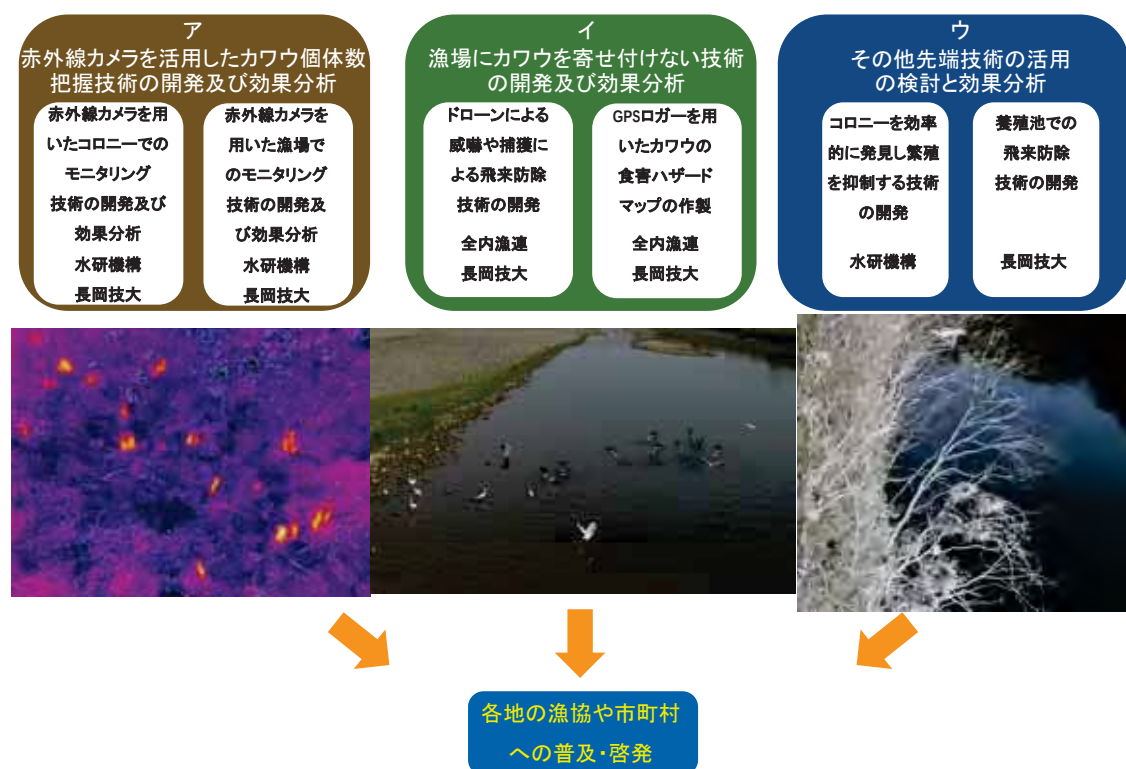


図1. 全体模式図

2) 実施体制

本事業では、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所および長岡技術科学大学によって調査研究が行われ、その研究の進め方や報告およびドローンを使ったカワウ対策の普及については、全国内水面漁業協同組合連合会が設置した有識者等で構成される検討委員会によって指導を受けた。

検討委員

(順不同・敬称)

羽山 伸一	日本獣医生命科学大学	(令和 2-4 年度)
山本 誉士	麻布大学	(令和 4 年度)
山本 圭介	特定非営利活動法人 甲斐けもの社中	(令和 2-3 年度)
安永 勝昭	東京都内水面漁業協同組合連合会	(令和 2-4 年度)

検討委員会事務局

(順不同・敬略)

中奥 龍也	全国内水面漁業協同組合連合会	(令和 4 年度)
内田 和男	全国内水面漁業協同組合連合会	(令和 2 年度)
三栖 誠司	全国内水面漁業協同組合連合会	(令和 2-4 年度)
師田 彰子	全国内水面漁業協同組合連合会	(令和 2-4 年度)

調査研究担当

(順不同・敬略)

*坪井 潤一	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境応用部門 沿岸生態システム部 内水面グループ	(令和2-4年度)
山本 麻希	長岡技術科学大学	(令和2-4年度)
岡本 直也	長岡技術科学大学大学院	(令和2年度)
新竹 政仁	長岡技術科学大学大学院	(令和2-3年度)
丸山 拓也	長岡技術科学大学	(令和2-4年度)

*推進リーダー及び本報告書のとりまとめ責任者

3) 事業の成果と残された課題

(1) 赤外線カメラを用いたコロニーおよび漁場でのモニタリング技術の開発及び効果分析

赤外線カメラが標準搭載されたドローンが普及しつつあり、ノーマルカメラと同じ画角で、同時に2種類の動画撮影が可能になった。赤外線とノーマルの動画を併用することで、ねぐら・コロニーでの生息数、漁場への飛来数をより正確に、効率的に把握できることが明らかになった。一方、夕暮れ時に行うねぐら・コロニーでの生息数調査では、カワウとサギ類の見分けがつかない、という課題が残っている。今後、総カウント数からサギ類の生息数を差し引くなど、だれでも使える技術に高めていく必要がある。

(2) ドローンによる威嚇や捕獲による飛来防除技術の開発

ドローンによる威嚇はスピーカーをドローンに搭載することで、効果的に行うことができるようになった。群れのごく一部の個体であってもドローンで捕獲することができれば、飛来防除につながると期待される。一昨年度は、大型汎用ドローンに刺し網を吊るして捕獲を試みたが、刺し網が樹木に絡まり、その後、刺し網がプロペラに絡んで、墜落してしまった。昨年度は、営巣樹木に刺し網を張ったが親鳥、雛ともに捕獲には至らなかった。今年度は、巣立った直後の雛を水中の刺し網で捕獲する際、刺し網への追い込みにドローンを活用し、ドローンを活用したカワウ捕獲技術の開発に成功した。今後さらに効率的な手法を開発していくことが課題である。

(3) GPS ロガーを用いたカワウの食害ハザードマップの作製

釣り針捕獲によって被害を与えるカワウを生け捕りにし、GPS ロガーを装着し、その後、ねぐら・コロニーなどで無線を使って、移動データを収集する新規性および独創性の高い試みである。3年間で購入したロガーすべてを装着することに成功し、カワウの行動圏が15km程度であること、また、カワウが関東一円を季節移動していることを科学的に証明できたことは特筆に値する。今後、さらにサンプル数を増やし、より精度の高い技術として、他地域にも展開できるよう事業を推進していく。

(4) コロニーを効率的に発見し繁殖を抑制する技術の開発

都市部のコロニーの探索は、ドローンの飛行自体が航空法で禁止されているエリアが多く、人がアクセスしにくい水辺では、人知れずカワウの繁殖が行われるケースが目立つ。航空法の対象外である超小型ドローンを使用し、早期に繁殖コロニーを発見することができれば、早期対応が可能になる。令和2-4年度はコロナ禍により、東京都内の実証試験地での飛行がかなわなかったが、令和5年度の実施に向け関係者と現地で調整を行った。小型汎用機を使用してドライアイスのカワウの巣内に投入する技術は、栃木県内の実証試験地において、より効率的に、より安全に実施する技術が確立されつつある。

(5) 養殖池での飛来防除技術の開発

養魚池や釣り堀などのカワウの飛来を忌避する装置として動くテグスの開発を行った。本年度は、動くテグスを支柱の間に通したロープの上を移動するロープウェー型の機材として設計を行った。2つの動くテグスはお互いの位置を Bluetooth 通信によって認識し、常にテグスにテンションをかけながら支柱の間が移動できる仕組みとなっている。令和4年度中に機材の設計が終了し、試作機の開発を行った。R5年度は試作機を用いて現地実証試験を行うことを予定している。また、近年、レーザーを活用した鳥類の飛来防除が盛んに実施されるようになってきた。ドローンに搭載して音ではなくレーザーによって追い払うことができればより汎用性の高い技術となることが期待される。

前事業では、漁場での追い払い、ビニルテープ張りによるねぐら・コロニーの除去、ドライアイスによる繁殖抑制、個体数モニタリング、これら4つの対策全てを、ドローンを用いて行うことが可能になった。また、3年連続で、ドローンを活用した対策手法を紹介したマニュアルを作成した。

しかし、ドローンによるカワウ対策は、カワウ被害に苦しむ内水面の漁業協同組合等、現場に普及しているとはまだまだ言い難い状況にある。今後、地域ごとにキーパーソンとなるドローンのオペレーター育成が急務である。ドローンや機械に詳しい人ではなく、魚やカワウの生態に詳しい人が、ドローンのオペレーターとしてカワウ対策を行っていくことが望まれる。そのためには、全内漁連主催のドローン講習会だけではなく、4か所の実証試験地からの水平展開を図り、これまで以上に「先端技術を活用したカワウ対策」を推進する必要がある。

4) 調査研究成果

(1) ドローンによる威嚇や捕獲による飛来防除技術の開発

要旨

一昨年度は、大型汎用ドローンに刺し網を吊るして捕獲を試みたが、刺し網が樹木に絡まり、その後、刺し網がプロペラに絡んで、墜落してしまった。昨年度は、営巣樹木に刺し網を張ったが親鳥、雛ともに捕獲には至らなかった。今年度は、巣立った直後の雛を水中の刺し網で捕獲する際、刺し網への追い込みにドローンを活用し、ドローンを活用したカワウ捕獲技術の開発に成功した。

1. はじめに

銃器の使用が難しい場所におけるカワウ捕獲技術の開発は、内水面漁業協同組合など関係者からのニーズが非常に高い。本研究では、大型汎用ドローン（DJI 社、Inspire 2）によってカワウを捕獲する技術の開発を目的とした。

2. 方法

2022年6月21日に実証試験地である栃木県矢板市のため池に形成された繁殖コロニーにおいて、大型汎用ドローン（DJI 社、Inspire2）を用い、樹上で営巣するカワウの成長および雛の捕獲を試みた。8mのアユ用の釣り竿の先端2本を取り除き、5.8mの長さの棒とし、目合い10cmの刺し網を吊るした（図1）。なお、実施に際しては、カワウの捕獲許可（矢板市）を取得した上で行い、全ての現地調査を鬼怒川漁業協同組合と協働で行った。



図1. カワウを上空から追い込む仕組み

3. 結果と考察

水中刺し網を用いたカワウ捕獲の際、刺し網を吊るしたドローンを、巣立った直後の雛を追いつめるために活用した (図2、3)。その結果、1羽の捕獲に成功した (図4)。



図 2. 刺し網を運ぶドローンの離陸



図 3. 2022 年 6 月 21 日に行ったカワウ捕獲作戦



図 4. ドローンでカワウを追いつめ、水中刺し網での捕獲に成功した

4. 成果の公表

なし

坪井潤一（水産技術研究所）、山本麻希（長岡技術科学大学）、三栖誠司（全国内水面
漁業協同組合連合会）

(2) GPS ロガーを用いたカワウの食害ハザードマップの作製

要旨

近年、カワウの被害対策が進むにつれ、カワウはアクセスの悪い大河川の中州や、急峻なダム湖畔で繁殖するようになり、内水面漁協が被害対策を実施するのが困難になりつつある。また、カワウの個体数が増加するにつれ、被害地点も同様に多くなり、対策が間に合わない状況にあり、被害を効果的に抑制するため、優先的に対策を行うべき地点の情報が求められている。カワウは1年で複数のねぐらやコロニーを利用するため、内水面の重要漁場に飛来し、被害を与えている個体が、被害発生時期に、どのねぐら・コロニーを利用しているのかがわかれば、優先的に個体群管理を行う必要があるねぐら・コロニーを選抜することも可能となる。

そこで本研究では、1)カワウのGPSによる行動追跡調査を実施し、内水面漁業に被害を与えているカワウの採餌行動及びねぐら・コロニーの利用を明らかにすることを目的とした。また、2) 河川におけるカワウの飛来数調査とねぐら・コロニーにおけるカワウの生息調査のモニタリングデータを用いてGIS分析を行うことで、河川におけるカワウの飛来数とそのカワウが使用するねぐら・コロニーの位置関係や優先的に個体群管理を行うべきねぐら・コロニーの条件を調べる事を目的とした。

GPS 行動追跡調査の結果、装着個体は利用するねぐら・コロニーからおおよそ 15 km 圏内で行動することが判明した。カワウは日の出前 30 分から約 2 時間に最も採餌を行うことから、その時間帯の測位点を抽出し、採餌場所の環境を調べたところ、河川の淵にポイントが集中していた。よって河川では重要漁場の淵を優先して被害防除対策を実施すると効率的な防除につながると考えられた。また、2 個体から春と秋にカワウの季節的な長距離移動が観察された。その結果、カワウは 1 日で 200 km 近くの長距離移動を行っていたことから、各都府県での局所的な対策のみならず、関東圏などもっと広い範囲で広域的な管理を行うことの重要性が示された。

カワウの全国のねぐら・コロニーにおける生息数と河川の被害地点における飛来数調査のモニタリングデータを組み合わせたGIS分析の結果、被害のある漁場においてカワウの飛来数を減少させるには、被害地点から 15 km 圏内にある内陸のねぐら・コロニーを優先的に対策すること、そして生息数が多く、被害地点に距離が近いねぐら・コロニーの対策を行うことが重要ということが判明した。

1. はじめに

近年、農水省・環境省は「被害地から半径 15 km 以内のねぐら等を中心として、ねぐら等の管理やそれらを利用するカワウの個体数を管理して、被害を与えるカワウの個体数を 10 年後（令和 5 年度）までに半減させることを目指す。」という管理目標（環境省・農林

水産省 2014) を設定し、さらに「内水面漁業の振興に関する基本方針」(日農林水産省告示第 1432 号) において、その目標の早期達成を図ることとした。これにより、各都道府県の行政及び内水面漁協はこの目標を達成させるために、カワウの被害対策として、漁場での被害防除対策、生息環境管理、ねぐら・コロニーなどでの個体群管理を実施している。漁場での被害防除対策では、ロケット花火やかかしを用いたカワウの追い払いや銃器を用いた捕獲、テグス等の設置による飛来忌避対策などが行われ、カワウによる被害金額の推定に必要なデータとして、漁場への飛来数カウント(飛来数調査)が漁業者によって行われている(全内 2010)。生息環境管理では、河川において魚によって住みやすい環境を整えたり、カワウから魚が隠れる場所を創出したりする対策などが行われている(全内 2010)。カワウの個体群管理では、ねぐらやコロニーに生分解性テープを張ることでねぐらやコロニーの位置を管理する方法やコロニーの個体数管理のため、偽卵やドライアイスによる繁殖抑制やプロの捕獲技術者による集中捕獲(シャープシューティング)が行われている(全内 2010)。また、カワウの生息数を把握するため、都府県によって、ねぐら・コロニーにおいて生息羽数カウント(生息数調査)が行われている(全内 2016)。

近年、被害対策が進むにつれ、カワウは臆病なため、アクセスの悪い大河川の中州や、急峻なダム湖畔で繁殖するようになり、内水面漁協が被害対策を実施するのが困難になりつつある(全内 2020)。また、カワウの個体数が増加するにつれ、被害地点も同様に多くなり、対策が間に合わない状況(全内 2010)にあり、被害を効果的に抑制するため、優先的に対策を行うべき地点の情報が求められている。また、カワウは1年で複数のねぐらやコロニーを利用するため、内水面の重要漁場に飛来し、被害を与えている個体が、被害発生時期に、どのねぐら・コロニーを利用しているのかがわかれば、優先的に個体群管理を行う必要があるねぐら・コロニーを選抜することも可能となる。

そこで本研究では、1) カワウの GPS による行動追跡調査を実施し、内水面漁業に被害を与えているカワウの採餌行動及びねぐら・コロニーの利用を明らかにすることを目的とした。また、2) 河川におけるカワウの飛来数調査とねぐら・コロニーにおけるカワウの生息調査のデータを用いて GIS 分析を行うことで、河川におけるカワウの飛来数とそのカワウが使用するねぐら・コロニーの位置関係や優先的に個体群管理を行うべきねぐら・コロニーの条件を調べる事を目的とした。

2. GPS による行動追跡調査

1). 方法

i) 調査地

栃木県鬼怒川(36°42'N、139°55'E、図 1)は、関東平野東部を北から南へと流れる利根川水系利根川支流一級河川である。幹川流路延長 177.0 km、全流域面積 1、761 km²であり、源流部は、溪谷を流下する急流となっており、栃木県日光市(旧今市市)付近で奥日

光から流れ来る大谷川と合流した後、川幅が広く雄大な流れ

(https://www.ktr.mlit.go.jp/shimodate/shimodate_know010.html 2022 年 12 月 26 日最終確認)
となっている。鬼怒川では、栃木県鬼怒川漁協共同組合が漁場の管理を行っており、アユ釣りが盛んに行われている。毎年、稚アユの放流を行っており、2022 年度には計 1、075、890 尾（11、066 kg）が放流された（2022 年鬼怒川放流実績表 2022）。

栃木県内に生息しているカワウは、河川、湖沼、ゴルフ場の調整池等の水辺付近にある河畔林や修景林等の樹木や、時には高圧線の鉄塔等を利用して、ねぐら等を形成しており、2018 年 3 月調査時点で 13 ヶ所程度と推測されている（栃木県カワウ管理方針 2019）。カワウは湖沼・河川において、魚類を捕食することや水面に降り立つことで魚類の警戒心を増幅させるなどの影響を及ぼし、漁獲量の減少を招いている。また、森林においてもコロニーやねぐらとすることで糞害を引き起こし、立木の立ち枯れや悪臭を招き、騒音の発生源となるなどの問題を引き起こしている（栃木県カワウ管理方針 2019）。そして、放流アユへの食害も数多く発生しており、水産庁の示す算定式により、カワウに捕食された魚類の量を金銭的に換算すると、捕食金額は 2017 年度で 6700 万円（全魚種総額 3 億 3500 万円）と推計されている（栃木県カワウ管理方針 2019）。栃木県ではカワウの被害対策として、銃器を用いた捕獲を行っており、県内最大生息数約 2、000 羽のうち約 1、500 羽を毎年駆除している（栃木県 2022）。

群馬県渡良瀬川（36°25'N 139°18'E、図 2）は、北関東を流れる利根川水系利根川支流の一級河川である。幹川流路延長 111.0 km、全流域面積 2、621 km² であり、栃木県と群馬県の県境にある皇海山（すかいさん、標高 2、143.5 m）に源を発し、山地を小枝状に刻みながら、谷や段丘を作り、南西の方角に流れている。

(https://www.ktr.mlit.go.jp/watarase/watarase_index016.html 2022 年 12 月 26 日最終確認)。
渡良瀬川では、群馬県両毛漁協共同組合が漁場の管理を行っており、魚の増殖・保護、釣り場管理、釣り体験教室や魚の放流体験などの取り組みを行っている。溪流魚の放流にも力を入れており、2022 年度には成ヤマメ（*Oncorhynchus masou*）やニジマス

（*Oncorhynchus mykiss*）など約 5000 kg 以上が放流されている（2022 年度両毛漁協 特別成魚放流予定 2022）。

群馬県内には、カワウのねぐら・コロニーが 14 ヶ所あり、年平均 1000 羽前後の生息が確認されている（群馬県カワウ適正計画（第二期）2019）。群馬県ではカワウによる捕食金額が 2017 年度で約 1 億円（群馬県カワウ適正計画（第二期）2019）と推計されており、両毛漁協管内には、群馬県内最大の高津戸コロニーがあることから、群馬県内でも被害の多いエリアとされている（群馬県カワウ適正計画（第二期）2019）。群馬県でもカワウの被害対策として、銃器を用いた捕獲を行っており、150 羽を毎年駆除している

(<https://www.pref.gunma.jp/page/9357.html> 2023 年 1 月 5 日最終確認)。

本調査は栃木県鬼怒川（36°42'N、139°55'E）、鬼怒川漁協が釣り堀として経営する栃木県東古屋湖（36°49'N、139°48'E）、群馬県渡良瀬川（36°25'N、139°18'E）、渡良瀬川の支流で

ある群馬県桐生川（36°24'N、139°20'E）、栃木県矢板市の山中にあるカワウのコロニー「名称；コリーナ矢板」（36°44'N、139°55'E）で実施した（図1、図2）。



図1 栃木県の主な河川と捕獲実施エリア
(赤丸：捕獲実施エリア、☆：捕獲を実施したコロニー)



図2 群馬県的主要河川と捕獲実施エリア
(赤丸：捕獲実施エリア、☆：データ回収をしたコロニー)

ii) 捕獲方法及び調査期間

鬼怒川漁協及び両毛漁協の協力のもと、釣り針及び水中刺し網によってカワウの捕獲を行った。

釣り針捕獲は、河川に釣り針を付けた生きた魚を泳がせておき、その魚を採餌に来たカワウを釣ることで生きたまま捕獲するという方法である（図3、4）。餌となる魚は、アユやヤマメ、ニジマス等を用いた。各調査地で実施した期間は、栃木県鬼怒川で2020年7月12-17日、8月2-7、23-28日、9月13-16日、10月25-28日、2021年1月5日、3月14-16日、4月15-17、24-25日、5月14-21日、7月7-9日、10月18-25日、12月2-12日、12月17-19日、2022年1月10-15日、6月20-24日、12月22-24日、栃木県東古屋で2022年1月14-16日、2月5-6日、群馬県渡良瀬川および桐生川で2021年10月19-21日、12月2-4日、2022年2月3-5日、6月22-24日、8月13-14日、11月13-15日であった。

水中刺し網捕獲とは、水中に仕掛けた刺し網にカワウの巣立ちヒナをボートで追い込み、

捕獲する方法である(図 5)。これは、ドローンによる威嚇や捕獲による飛来防除技術の開発の一貫で、コリーナ矢板にて試験をした際に、ドローンに驚いたカワウの巣立ちヒナは飛ばずに、泳いで逃げる事が判明したことで考案された捕獲方法である。捕獲場所はコリーナ矢板で、2020 年 7 月 14 日、2021 年 7 月 8 日、2022 年 6 月 21 日に実施した。

カワウの外部形態計測は、日本海鳥グループが発行している海鳥の計測マニュアル(日本海鳥グループ 2010)に沿って、計測を行った。カワウの体重は、手ばかり 平面目盛板(No.74460、シンワ測定)を用いて 10 g の精度で計測を行った。嘴峰長(BL)、嘴高(BH)、ふしよ長(TS)、頭長(HL)は普及ノギス(No.19975、シンワ測定)を用い、0.1 mm の精度で計測を行った。尾長(TUL)、自然翼長(WL)はフェイバー折尺(No.78605、シンワ測定)で 1 mm の精度で計測した。捕獲した個体の成鳥と幼鳥の判別は、身体前面の羽色が白色がかったら幼鳥、そうでなければ成鳥と判別した(図 6)。



図 3 釣り針捕獲、におけるニジマスへの針通しの様子

1.(2)1)釣り針捕獲

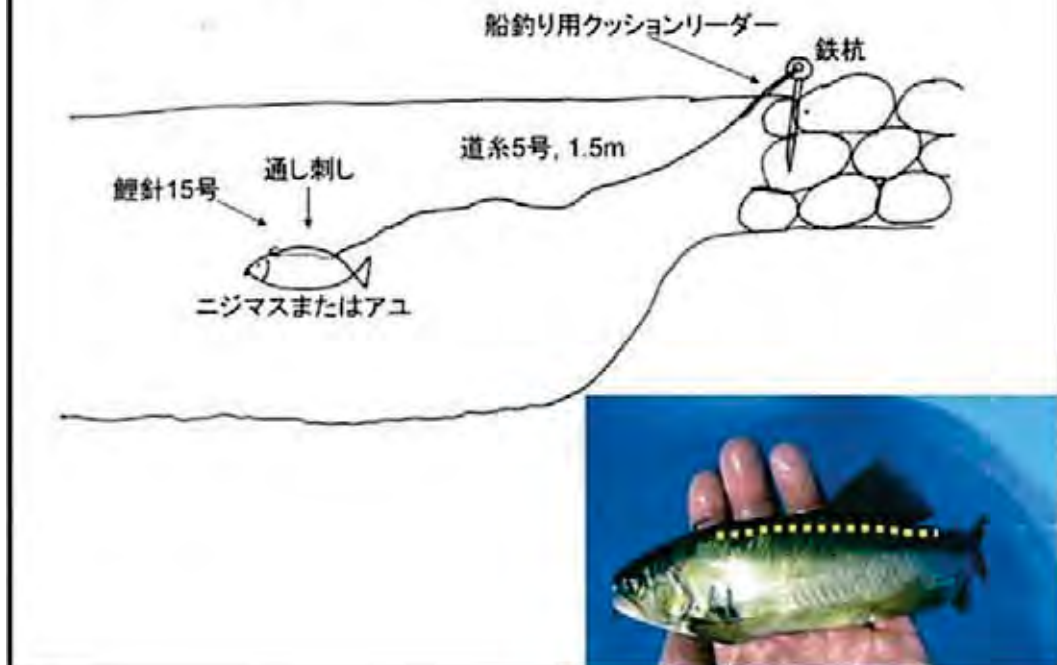


図4 釣り針捕獲の模式図（全内 2008 より図を引用）



図5 水中刺し網捕獲の様子



図6 成鳥と幼鳥の判別方法 (加藤ななえ 2014 より図を引用)

iii) GPS ロガーの装着

使用した GPS ロガーは PinPoint Solar VHF-L Tag ((縦 80 mm 横 25 mm 高さ 11 mm 重さ 16 g、Lotek Wireless Inc.、図 7) であった。GPS ロガーの装着には、テフロンリボン (TH25、BallyRibbonMills) とかしめ(銅線用裸圧着スリーブ、ニチフ)を用いたハーネス方式を用いて行った(図 8、図 9)。2022 年度は、装着から 1 年半後に GPS ロガーが自然脱落するように、ハーネスを半分に切断してから、綿糸(ダルマ 家庭糸 太口、横田株式会社)で縫い合わせる方法を用いた。ハーネス等を含む総重量は 2020 年度では 19 g、2021 年度は 23 g、2022 年度は 25 g であった。装着機器の総重量は、捕獲したカワウの体重 (1450-2400 g) のすべて 2%以下であり、飛翔行動への大きな影響を与えない重さと推測されている(Richard 2003)。

GPS による測位間隔は、2020 年度では 10 分に 1 回で設定し、2021 年度からは、より詳細な採餌行動を把握するため、5 分に 1 回の設定で行った。また、1 個体 (TagID:45515) については、2021 年度 5 月下旬から 6 月上旬にかけて実験的に 2 分に 1 回の設定で行ったが、電池の消費が激しくデータの欠測が多かったことから、途中で 5 分の 1 回の設定に戻した。GPS ロガーの測位精度は約 5 m ほどである。VHF によるデータ通信は 142.94-142.98 MHz で 1 秒に 1 回の発信の設定で行った。ロガー装着後の放鳥は可能な限り捕獲した場所の河川近くで行い、放鳥後、カワウが正常に飛び去っていくことを目視で確認した。

夜間に捕獲地点付近にあるねぐら・コロニーにて、遠隔受信機 (PinPoint Commander、Lotek Wireless Inc.) を用いて、ロガーからの反応があった場合、データ回収を行った。データ回収は、栃木県水産試験場及び両毛漁協の協力のもと、装着日より 2022 年 1 月まで、一か月に 2 回程度を目安に行った。遠隔受信機の受信可能距離は、電波障害のない土地において、約 200 m ほどであり、山中にねぐら・コロニーがある場合、さらに近づいて、データ受信を行う必要がある。



図 7 本研究で使用した GPS ロガー (Solar PinPoint VHF-L Tag、Lotek Wireless Inc.)

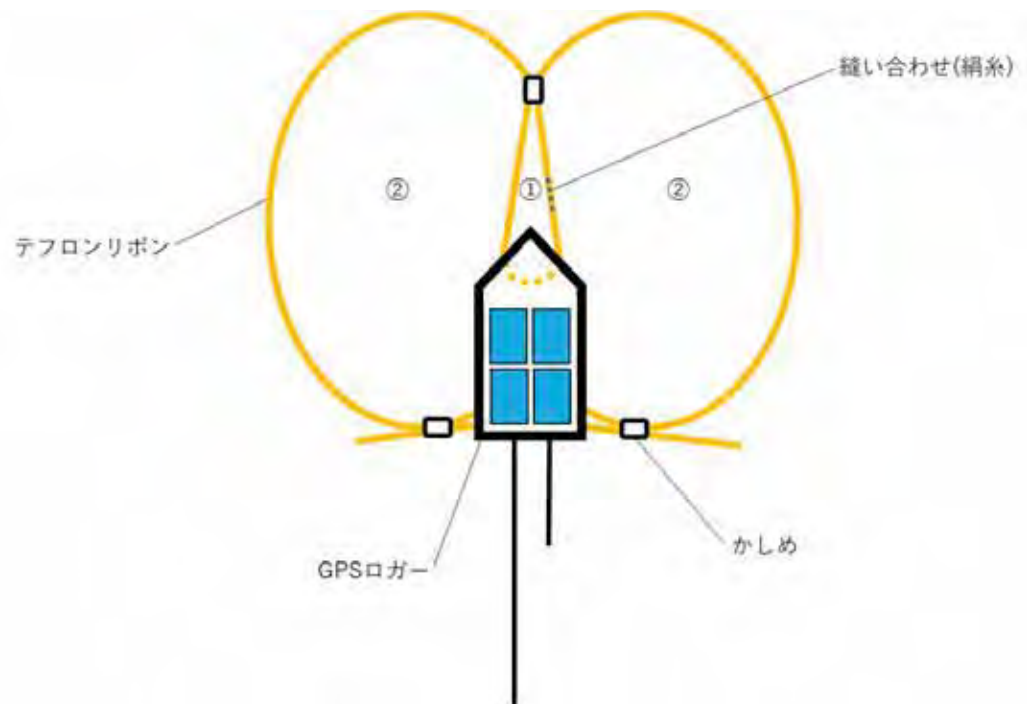


図 8 GPS ロガーとハーネス装着の模式図：①に頭部、②に羽を通し、カワウの背中で GPS ロガーのアンテナが下に来るように装着する。



図 9 GPS ロガーをハーネスで装着した様子

iv) データ処理と採餌トリップ抽出

GPS ロガーのデータは、Solar PinPoint VHF-L Tag 専用ソフトウェアの PinPoint Host (Lotek

Wireless Inc.) を用いてノート型パソコンにダウンロードした。個体ごとに観測日時、緯度経度等を CSV ファイルに統合し、採餌トリップを抽出した。まず、緯度経度による距離計算方法(三浦 2015)を用いて、GPS に記録された測位地点と営巣場所との直線距離および連続する 2 つの測位地点間の距離 (L) を下の式で求めた。

$$L = 6370 \arccos(\sin \phi_1 \sin \phi_2 + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \cos(\lambda_1 - \lambda_2))$$

L [km] : 距離、 ϕ_1 : 地点 1 の緯度、 λ_1 : 地点 1 の経度、 ϕ_2 : 地点 2 の緯度、 λ_2 : 地点 2 の経度

算出した連続する 2 つの測位地点間の距離 (L) と 2 地点の測位時間の差から、カワウの移動速度 (km/h) を算出した。

本研究では、装着個体が利用するねぐら・コロニーから 300 m 以上離れ、巣を 20 分以上離れた状態を採餌トリップとして定義した (Yoda et al. 2012)。1 回の採餌トリップあたり、トリップ長 (ねぐら・コロニーを出発して帰ってきた時間 ; 分) と総移動距離 (全ての測位地点を直線でつないだ合計距離 ; km) および最遠距離 (記録された測位地点のうちねぐら・コロニーから最も離れた地点までの直線距離 ; km)、利用するねぐら・コロニーからの行動範囲 (全ての測位点からねぐら・コロニーまでの距離 ; km) を算出した(図 10)。トリップの算出は、装着個体が 1 週間以上連続で滞在したねぐら・コロニーのデータを使用した。

得られた GPS データは、バッテリーの残量不足数時間～数日間記録が得られない期間がある。そして、GPS の測位点には衛星からの電波状況で測位が大きくずれる場合がある。そこで、記録された採餌トリップのうち、①トリップ開始もしくは終了期間が空白期間により不明なもの、②トリップ中に 2 時間以上の空白期間があったもの、③HDOP (Horizontal Dilution Of Precision : 水平精度低下率) が 6.0 以上(国土地理院 2020)の値をとったもの、④ロガー装着日及び狩猟された日、ねぐら移動日、季節移動日のデータは不完全なトリップとして解析から除外した。

カワウは採餌トリップ中、潜水後は羽を乾かす必要があるため、多くの時間、休息をとる。そのため、GPS ロガーの測位点だけを単純にデータ解析すると、長期滞在する休息場所の影響が強く現れ、カワウが採餌している測位点の判別は困難である。そこで、一般に、カワウは日の出から 2 時間の間に採餌を行うことが多いという報告(環境省 2013)があることから、採餌トリップ中の日の出から 2 時間の測位点を抽出し、採餌場所の分析に使用した。

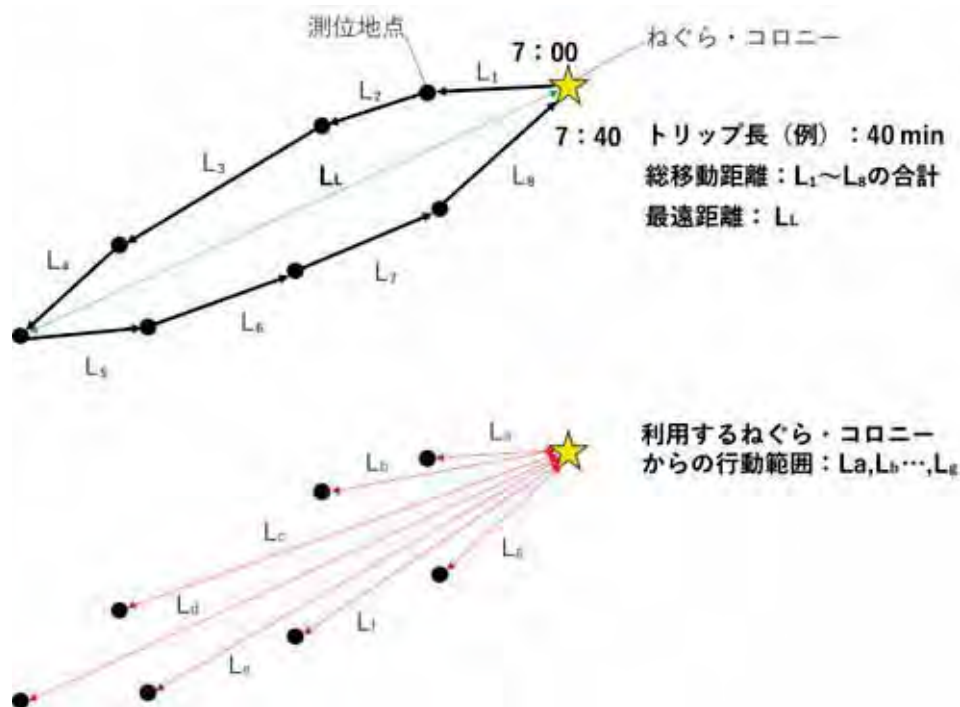


図 10 採餌トリップの各パラメーターの模式図

v) 行動解析及び統計解析

採餌行動の解析及び統計解析には、R version 3.6.2(R Core Team、2019)、Excel for Microsoft 365 version 2301 (Microsoft、US)、を用いた。すべての統計解析において、一般化線形混合モデル (GLMM) の構築には、R パッケージ “MASS” および “lme4” を用いた。地図及び座標の表示には QGIS version 3.4.1(ESRI Inc.、US)、Google Earth Pro version 7.3.6 (Google、US)、Tagged Animal Movement Explorer (USGS、US) を用いた。

採餌トリップについて利用するねぐら間の差、成長段階 (幼鳥・成鳥)、季節差を検討するために GLMM を構築した。トリップ長 (分)、総移動距離 (km)、最遠距離 (km) をそれぞれ目的変数とし、利用するねぐら、成長段階、季節を説明変数、ロガーID をランダム効果とした。誤差分布としてガンマ分布を仮定し、リンク関数として log を指定した。

採餌トリップの早朝 2 時間の座標から、QGIS のカーネル密度推定によるヒートマップを作成し、密度が高い場所の解析を行った。ヒートマップとは、カーネル関数 (カーネル密度推定) を利用することによって、ある地点 (単位面積) に GPS ポイントがいくつあるか、すなわち場所ごとの GPS ポイントを密度として、視覚化したものである。本研究ではヒートマップ検索半径を 100 m として設定、各地点における GPS ポイントの密度を計算し、密度の分布をみるために、各地点の算出結果から QGIS の機能にある等間隔分類を用いて、10 クラスに色に分けて表示した (図 11)。そして、最も密度が大きい 5 クラスの密度の地点を抽出し、Google Earth Pro version 7.3.6 (Google、US) の衛星画像を用いて、カワウが採餌に利

用している河川の微環境を判別した。微環境の判別には河川形態分類である瀬と淵（図 12）及び河川構造物（図 13）、湖沼、ダムなどを用いて分類した。

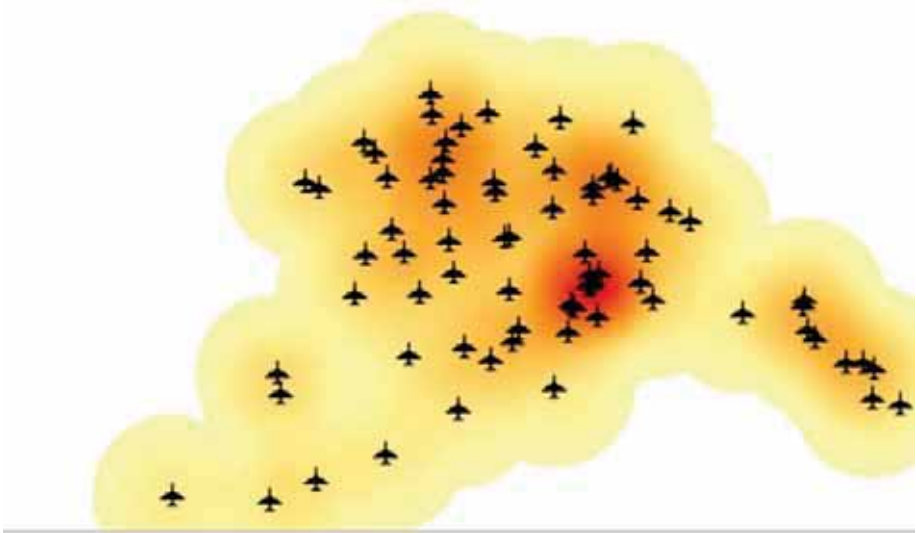


図 11 ヒートマップのイメージ図
(QGIS ユーザーガイド 2.18 より図を引用)

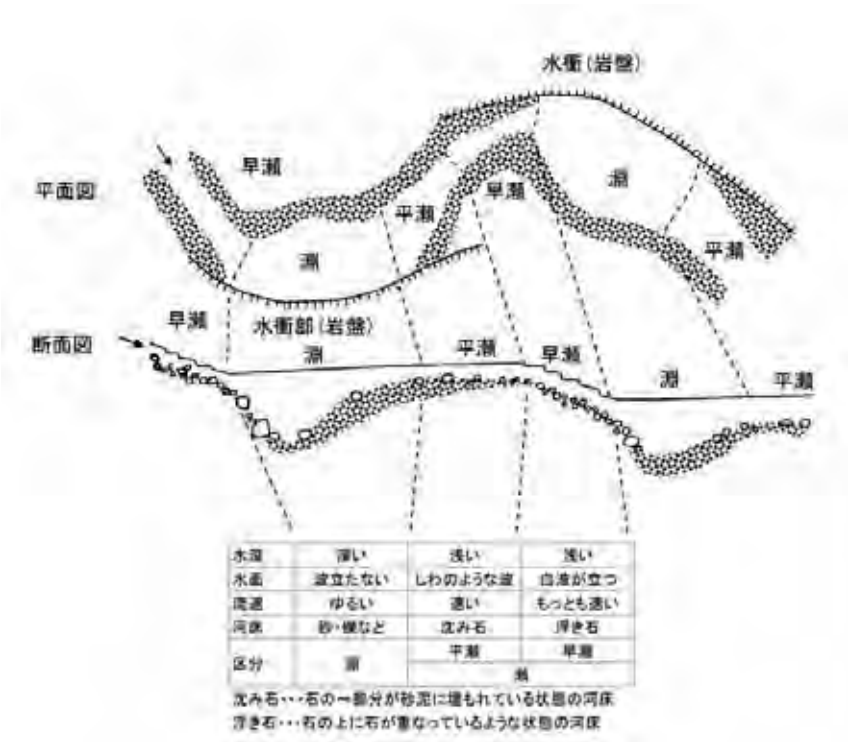


図 12 典型的な瀬・淵の分布（国土交通省 2015 より図を引用）



図 13 河川構造物

(「国土交通省 水管理・国土保全 2022 より図を引用)

2). 結果

i) 捕獲個体の計測表とデータ回収期間

本調査においてカワウの外部形態計測を表 1 に示す。本調査では計 18 個体に GPS ロガーを装着した（栃木県鬼怒川流域では 10 個体、栃木県コロニー（コリーナ矢板）で 3 個体、群馬県渡良瀬川流域では、5 個体）。捕獲した個体の成長段階は幼鳥が 13 個体、成鳥が 5 個体で、うち 1 個体は繁殖期特有の白い婚姻色が出ており、親鳥であった。

データ回収に成功したものが、12 個体で、そのうち一週間以上のデータを回収できたものが、8 個体（成鳥：3、幼鳥：5）であった（表 1）。本捕獲では、1 個体が釣り針捕獲にて再度捕獲されることがあり、データの回収に成功した。本調査では、栃木県において計 6 個体が狩猟され、GPS ロガーが返却された。そのうち 2 台は銃弾による浸水でロガーが故障し、データが回収できなかった。

表 1 装着個体の外部形態計測結果

No.	捕獲日	装着日	捕獲場所	送受信機 ID	成鳥段階	体重 g	嘴峰長mm (BL)	嘴高mm (BH)	ふしよ長mm (TS)	頭長mm (HL)	尾長mm (TUL)	自然翼長mm (WL)	データ 回収日	データ 取得日数	持帰	備考
1	2020/7/14	2020/7/14	コリーナ矢板	45475	幼鳥	1800	70.1	15.3	64.6	141.8	153	315	2021/4/15	273 days	持帰	
2	2020/7/14	2020/7/14	コリーナ矢板	45478	幼鳥	2100	61.4	14.1	63	127.2	156	300				
3	2020/7/16	2020/7/16	鬼怒川漁協誌所	45474	幼鳥	1450	55.3	13	66	130.2	172	324	2020/8/6	22 days		
4	2020/8/3	2020/8/3	鬼怒川漁協誌所	45476	幼鳥	1590	59.2	12.4	70	152.4	182	344	202/08/6	4 days		8/6再捕獲
5	2020/8/24	2020/8/24	鬼怒川漁協誌所	45477	幼鳥	1900	62.1	15	64.1	146.3	161	333				
6	2021/1/5	2021/1/5	鬼怒川漁協誌所	45476	幼鳥	2280	63.9	14.1	73	120.7	185	340			持帰	ロガー破損
7	2021/4/25	2021/4/25	鬼怒川漁協誌所	45515	成鳥	1760	89	13.2	70	121.0	185	335	2022/7/21	415 days		白い縮短色 成鳥
8	2021/6/14	2021/6/14	大谷川 大沼橋	45832	成鳥	2080	60	18	75	151	166	354				
9	2021/7/8	2021/7/8	コリーナ矢板	45848	幼鳥	2190	63	19	79	131	170	345	2021/7/13	7 days		
10	2021/10/21	2021/10/21	桐生川 矢板橋	45845	幼鳥	1520	86.5	14.9	72.5	152	150	347	2021/11/4	15 days		
11	2021/12/4	2021/12/4	桐生川 矢板橋	45847	成鳥	2400	68.1	12.3	61.7	143.0	184	321	2022/1/2	22 days		
12	2021/12/6	2021/12/6	鬼怒川漁協誌所	56020	幼鳥	1840	64	11	75	135	183	330	2021/12/23	5 days	持帰	
13	2021/12/18	2021/12/18	鬼怒川漁協誌所	45849	幼鳥	1780	55	18	70	140	148	330	2022/7/21	266 days		
14	2022/2/4	2022/2/4	桐生川 矢板橋	45846	幼鳥	1680	56.2	12.2	63.5	143.1	153	323	2022/2/10	67 days	持帰	
15	2022/2/6	2022/2/7	東古里湖	56020	幼鳥	1610	55	15	75	115	142	305				
16	2022/6/23	2022/6/23	桐生川 矢板橋	56369	成鳥	1760	50.2	16.9	60	129	175	321	2022/6/25	3 days		
17	2022/6/24	2022/6/24	桐生川 中里橋	56376	成鳥	2220	61.2	18.3	64.7	157	173	350	2022/7/7	14 days	持帰	
18	2022/12/27	2022/12/27	鬼怒川漁協誌所	56364	幼鳥	2310	65	15	77	150	148	354			持帰	ロガー破損

ii) 採餌トリップ

得られた各個体の採餌トリップデータを表 2、利用ねぐら・コロニーごとの採餌トリップデータを表 3 に示す。各個体の月日ごとのトリップ長、総移動距離、最遠距離を散布図にまとめたものを図 11、12、13 に示す。各個体の行動範囲（全ての測位点からねぐら・コロニーまでの距離；km）のヒストグラムを図 14 に示す。ID:45515 において、ピストン輸送（一日に採餌トリップが複数ある状態）が開始された日から終了した日を繁殖期とし、それ以外の日を非繁殖期としてデータを分別した。

全体のトリップ数 ($n=1,234$) のうち、それぞれの平均値は、トリップ長が $248 (\pm 234 \text{ s.d})$ min、総移動距離が $16.3 (\pm 12.9 \text{ s.d})$ km、最遠距離が $7.7 (\pm 4.7 \text{ s.d})$ km であった（表 2）。トリップのパラメーターは、個体差が大きく、トリップを行った季節、場所においても大きな差が確認された（表 2、4、5、6）。各月におけるトリップ長を見ると、繁殖時期ではトリップ長が低く、それ以外の期間は日長時間に影響された結果となった（図 11）。また、総移動距離では約 50 km 以下が多いことが分かった（図 12）。トリップの最遠距離は、どの季節でもおよそその個体が 20 km 以下であり、20 km を超えるトリップは稀であった（図 13）。行動範囲についても個体差が大きい結果となったが、おおむね 15 km 圏内で行動する個体が多いことが分かった（図 14）。

採餌トリップデータにおける GLMM 解析結果を表 4、5、6 に示す。トリップ長は、ねぐらの場所、また、成長段階、季節によって、有意な差がみられた（表 4）。総移動距離や最遠距離は、ねぐらの場所によって、また、季節によって有意差が見られた（表 5、6）。場所による違いは、ねぐら・コロニーの位置と採餌場所の関係が異なるため、どのパラメーターについても差がみられた。一方、トリップ長は、繁殖期の成鳥がピストン輸送をするため有意に短く、幼鳥、非繁殖期の成鳥の方が長かったものと推測される。季節的な差としては、春の差が出たのは繁殖期と重なったためピストン輸送の効果が表れた推測され、夏と比べて、総移動距離は、春が有意に多く、最遠距離は、春と冬が有意に遠かった。これについては、季節によってねぐら自体が変わっている効果も考えられる。今回個体数が少なく、GLMM に対して、交互作用の効果を見ることができなかったが、繁殖期の成鳥と非繁殖期の成鳥、幼鳥で採餌トリップの長さは大きく異なること、季節によって、場所によってトリップ長、トリップの総距離、最遠距離が異なるのは、各河川の餌場とねぐら・コロニーの位置関係が大きな影響を与えていることが示唆された。

採餌トリップにおける移動速度 (km/h) のヒストグラムを図 15 に示す。幼鳥も成鳥も時速 50~60 km になると急速にヒストグラムの度数が減少することから、カワウの飛翔速度は、およそ時速 50~60 km 程度と推測することができる。

表2 各個体の採餌トリップデータ（同個体の繁殖期、非繁殖期を分別した）

ID	成長段階	トリップ数	トリップ長 (min)	総移動距離 (km)	最遠距離 (km)
45474	幼鳥	18	221±197	9.3±4.9	5.2±2.5
45475	幼鳥	233	463±216	15.4±10.7	6.2±3.8
45515	成鳥（繁殖期）	531	84±64	13.9±11.1	7.6±4.7
45515	成鳥（非繁殖期）	189	271±248	16.9±16.2	7.2±6.1
45845	幼鳥	13	587±104	9.9±4.4	4.0±1.8
45846	幼鳥	47	665±72	29.7±11.4	11.0±3.9
45847	成鳥（非繁殖期）	18	393±135	16.1±7.2	9.2±0.9
45849	幼鳥	249	312±214	201±13.4	9.2±3.2
	幼鳥	560	408±2234	18.4±12.7	7.8±3.9
total	成鳥（非繁殖期）	207	282±243	16.8±15.7	7.4±5.9
	成鳥（繁殖期）	531	84±64	13.9±11.1	7.6±4.7

※平均±SD

表3 各個体における利用ねぐら・コロニーごとの採餌トリップデータ
(同個体の繁殖期、非繁殖期を分別した)

ID	成鳥段階	ねぐら名称	期間	トリップ数	トリップ長 (min)	総移動距離 (km)	最遠距離 (km)	
45474	幼鳥	コリーナ矢板	2020/7/18 - 2020/8/5	18	221±197	9.3±4.9	5.2±2.5	
45475	幼鳥	コリーナ矢板	2020/7/30 - 2020/9/26	57	315±259	15.3±10.9	7.6±4.8	
		ホウライカントリー倶楽部	2020/9/27 - 2020/11/9	46	465±185	18.2±11.3	5.8±3.5	
		大原・御宿ゴルフコース	2020/11/14 - 2020/11/20	11	307±162	26.2±25.9	8.4±8.0	
		加茂ゴルフ倶楽部	2020/11/29 - 2021/4/10	119	547±155	13.3±6.2	5.6±2.1	
45515	成鳥（繁殖期）	コリーナ矢板	2021/4/27 - 2021/7/18 2022/2/24 - 2022/7/21	527	84±65	14.0±11.1	7.6±4.7	
45515	成鳥（非繁殖期）	コリーナ矢板	2021/7/19 - 2021/9/6	60	244±212	19.1±12.6	8.6±4.3	
		井頭公園	2021/9/7 - 2021/9/30 2021/10/3 - 2021/10/15	33	374±269	26.0±13.3	10.6±4.8	
		大沼	2021/12/2 - 2021/12/24	53	62±43	1.4±3.2	0.9±1.5	
		渡良瀬遊水地	2021/11/11 - 2021/11/30 2021/12/25 - 2022/2/7	31	494±194	29.3±18.5	12.1±6.3	
		利根川	2021/10/27-2021/10/31 2022/1/26 - 2022/1/29	9	539±167	23.8±13.3	10.2±4.7	
45845	幼鳥	高津戸ダム	2021/10/22 - 2021/11/4	13	587±104	9.9±4.4	4.0±1.8	
45846	幼鳥	高津戸ダム	2022/2/5 - 2022/2/15 2022/3/30 - 2022/4/5	18	651±102	35.7±11.9	13.2±3.8	
		工場沼	2022/2/19 - 2022/3/27	29	674±42	26.0±9.3	9.6±3.2	
45847	成鳥（非繁殖期）	高津戸ダム	2021/12/7 - 2021/12/24	18	393±135	16.1±7.2	9.2±0.9	
45849	幼鳥	イーストウッド	2021/12/20 - 2022/2/11	41	444±224	32.4±19.8	8.2±3.0	
		コリーナ矢板	2022/2/12 - 2022/9/21	208	285±203	17.7±10.2	9.4±3.2	
total				1291	254±238	16.1±13.0	7.6±4.6	

※平均±SD

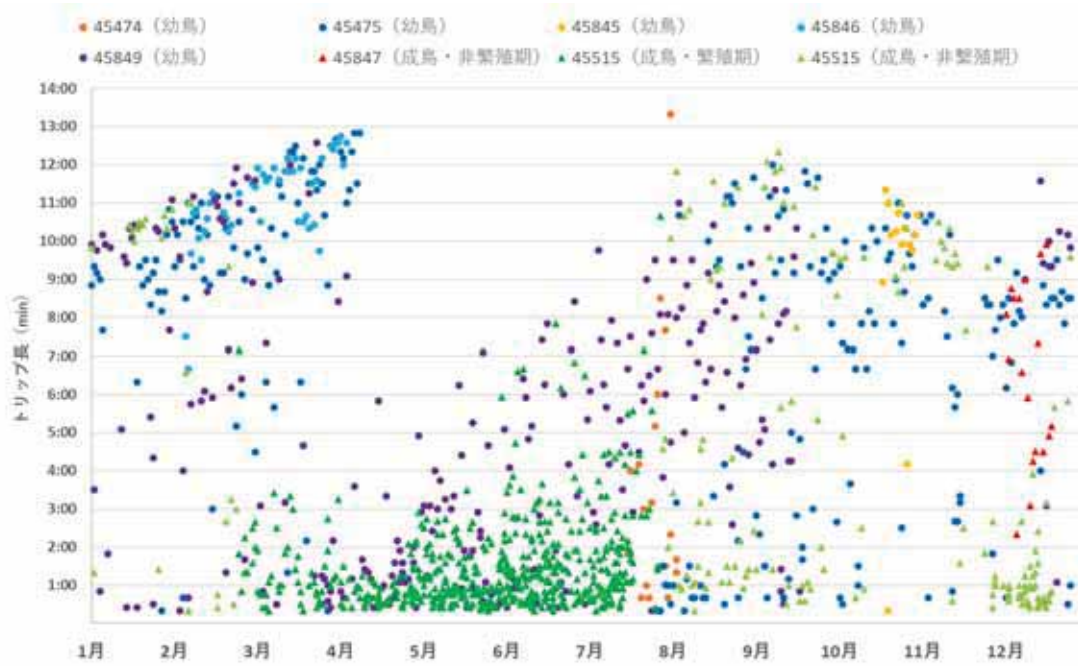


図 11 各月日のトリップ長 (min) ※色分けはロガーID

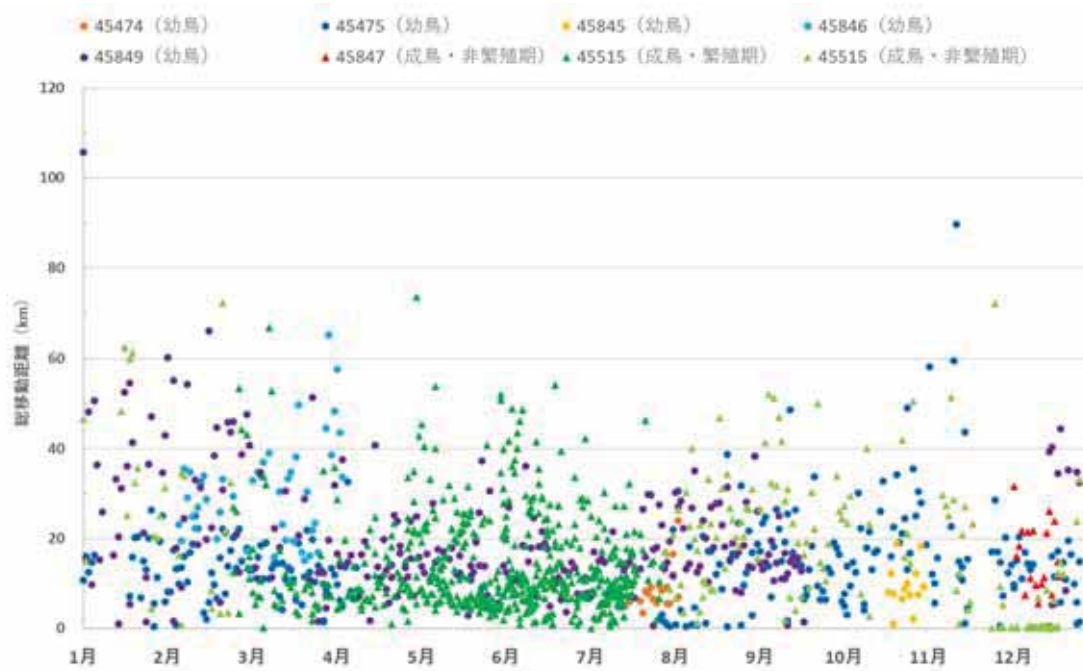


図 12 各月日の総移動距離 (km) ※色分けはロガーID

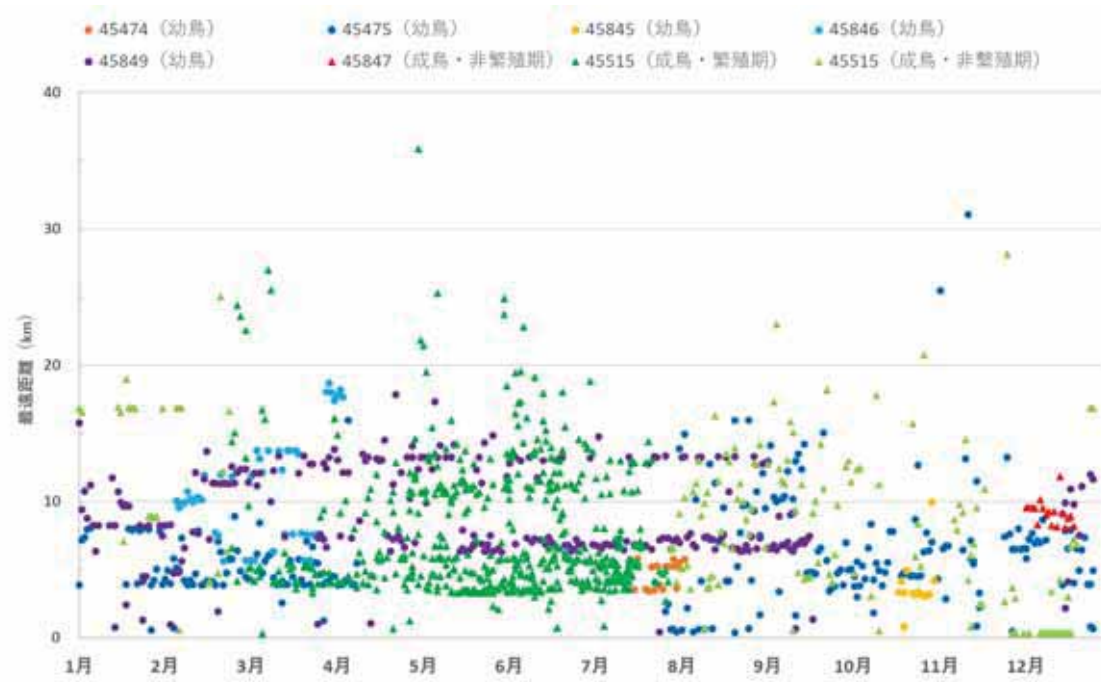


図 13 各月日の最遠距離 (km) ※色分けはロガーID

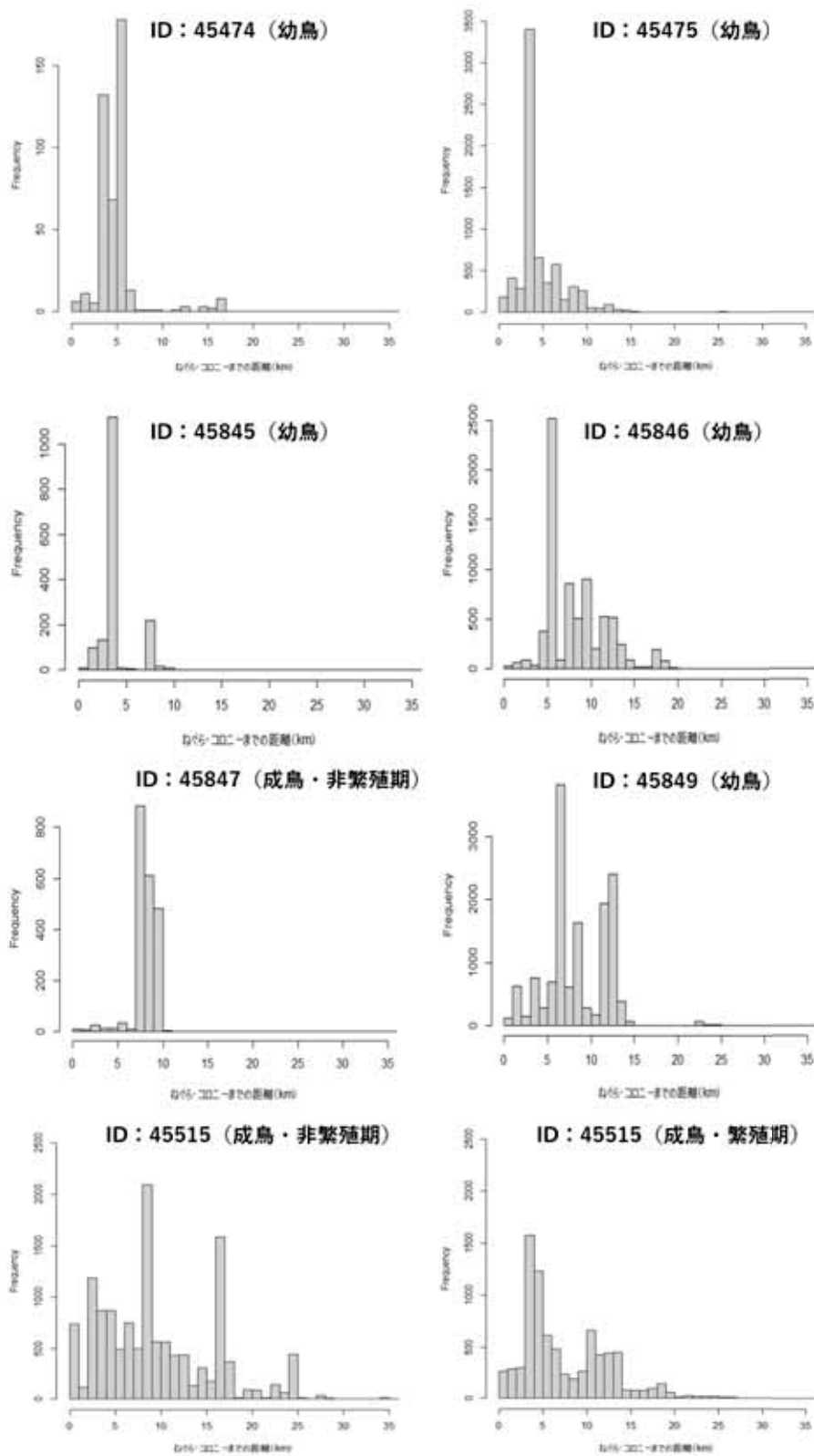


図 14 各個体の行動範囲（全ての測位点からねぐら・コロニーまでの距離；km）のヒストグラム

表 4 トリップ長における各カテゴリーの GLMM 解析結果

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
トリップ長 (min)	ねぐら：コリーナ矢板	-0.454	0.136	-3.332	<0.001	***
	ねぐら：井頭公園	-0.105	0.219	-0.479	0.632	
	ねぐら：工場沼	0.716	0.179	4.000	<0.001	***
	ねぐら：高津戸ダム	0.292	0.153	1.910	0.056	
	ねぐら：大原・御宿ゴルフコース	-0.491	0.256	-1.915	0.056	
	ねぐら：加茂ゴルフ倶楽部	0.348	0.125	2.779	0.006	**
	ねぐら：大沼	-1.763	0.169	-10.462	<0.001	***
	ねぐら：渡良瀬遊水地	0.227	0.196	1.159	0.247	
	ねぐら：ハウライカントリー倶楽部	-0.076	0.182	-0.418	0.676	
	ねぐら：利根川	0.317	0.279	1.140	0.255	
	成鳥（非繁殖期）	0.891	0.090	9.886	<0.001	***
	幼鳥	1.066	0.056	18.930	<0.001	***
	時期：春	-0.325	0.051	-6.421	<0.001	***
	時期：秋	0.137	0.107	1.285	0.199	
	時期：冬	-0.028	0.088	-0.320	0.749	
	切片	5.014	0.144			
n=1291		***p<0.001,**p<0.01,*p<0.05				

表 5 総移動距離における各カテゴリーの GLMM 解析結果

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
総移動距離 (km)	ねぐら：コリーナ矢板	0.023	0.235	0.098	0.922	
	ねぐら：井頭公園	-0.162	0.645	-0.251	0.802	
	ねぐら：工場沼	-0.177	0.379	-0.467	0.641	
	ねぐら：高津戸ダム	-0.091	0.271	-0.335	0.738	
	ねぐら：大原・御宿ゴルフコース	0.238	0.826	0.288	0.774	
	ねぐら：加茂ゴルフ倶楽部	-0.855	0.152	-5.631	<0.001	***
	ねぐら：大沼	-2.502	0.348	-7.190	<0.001	***
	ねぐら：渡良瀬遊水地	0.645	0.383	1.684	0.092	
	ねぐら：ハウライカントリー倶楽部	-0.127	0.799	-0.158	0.874	
	ねぐら：利根川	-0.005	0.519	-0.011	0.992	
	成鳥（非繁殖期）	0.266	0.507	0.525	0.600	
	幼鳥	0.051	0.084	0.609	0.543	
	時期：春	0.587	0.276	2.128	0.034	*
	時期：秋	0.383	0.757	0.505	0.613	
	時期：冬	0.732	0.307	2.388	0.017	*
	切片	2.593	0.239			
n=1291		***p<0.001,**p<0.01,*p<0.05				

表 6 最遠距離における各カテゴリーの GLMM 解析結果

目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t	p	
最遠距離 (km)	ねぐら：コリーナ矢板	0.308	0.187	1.645	0.100	
	ねぐら：井頭公園	0.119	0.514	0.232	0.817	
	ねぐら：工場沼	0.130	0.302	0.432	0.666	
	ねぐら：高津戸ダム	0.267	0.216	1.238	0.216	
	ねぐら：大原・御宿ゴルフコース	0.320	0.658	0.486	0.627	
	ねぐら：加茂ゴルフ倶楽部	-0.342	0.121	-2.826	0.005	**
	ねぐら：大沼	-2.108	0.277	-7.601	<0.001	***
	ねぐら：渡良瀬遊水地	0.749	0.305	2.454	0.014	*
	ねぐら：ハウライカントリー倶楽部	-0.050	0.637	-0.079	0.937	
	ねぐら：利根川	0.234	0.414	0.565	0.572	
	成鳥（非繁殖期）	0.112	0.404	0.276	0.782	
	幼鳥	0.023	0.067	0.337	0.736	
	時期：春	-0.087	0.220	-0.396	0.692	
	時期：秋	0.085	0.604	0.140	0.889	
	時期：冬	0.697	0.244	2.854	0.004	**
	切片	1.701	0.191			
n=1291		***p<0.001,**p<0.01,*p<0.05				

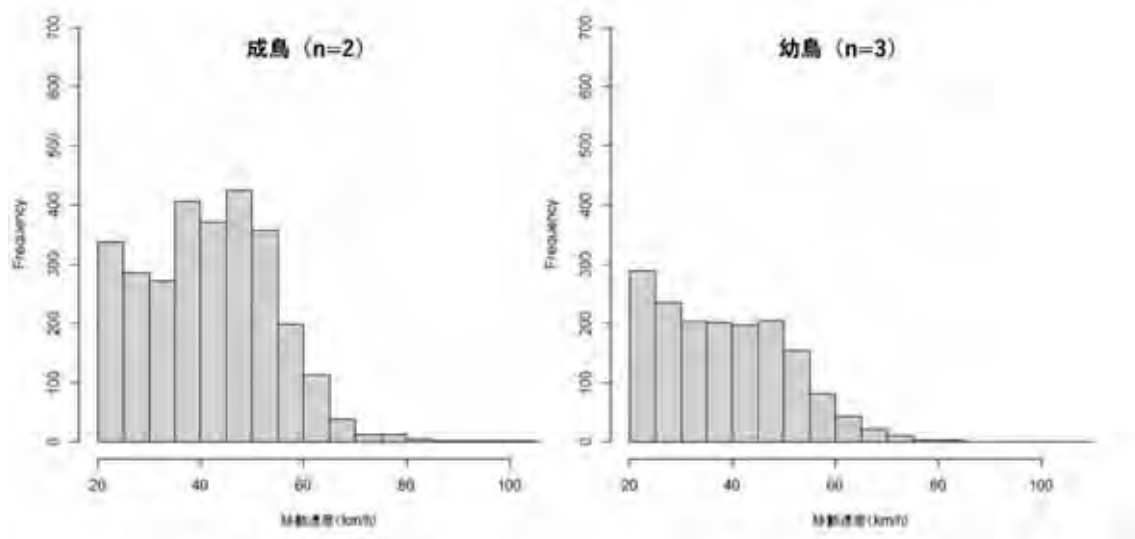


図 15 採餌トリップにおける移動速度

※20 km/h 未満は除外した

iii) 採餌開始時刻及び採餌終了時刻

採餌トリップの開始時間と終了時間を散布図にまとめたものを図 16、17 に示す。

採餌トリップの開始時刻は、非繁殖期において日の出時刻より約 30 分前にねぐらから出発することが多かった（図 16）。繁殖期では繁殖個体のピストン輸送により点が多い結果と

なったが、日の出時刻より遅い時間帯に出発することが多いことが分かった（図 16）。開始時刻は、早朝が多く、昼間はピストン輸送のデータが強く出ており、それ以外の個体は昼間に出発するのはあまり見られなかった（図 16）。

採餌トリップの終了時刻は、日の入り時刻前になぐらに帰ってくる個体が多く、遅い個体でもおよそ日の出時刻に帰ってくるということが分かった（図 17）。図 17 を見ると、夕方に多いことが分かるが、早朝にも少し帰巢する個体があり、これはピストン輸送の影響もあると思われるが、早朝出発しすぐに帰る個体もいることが分かった。

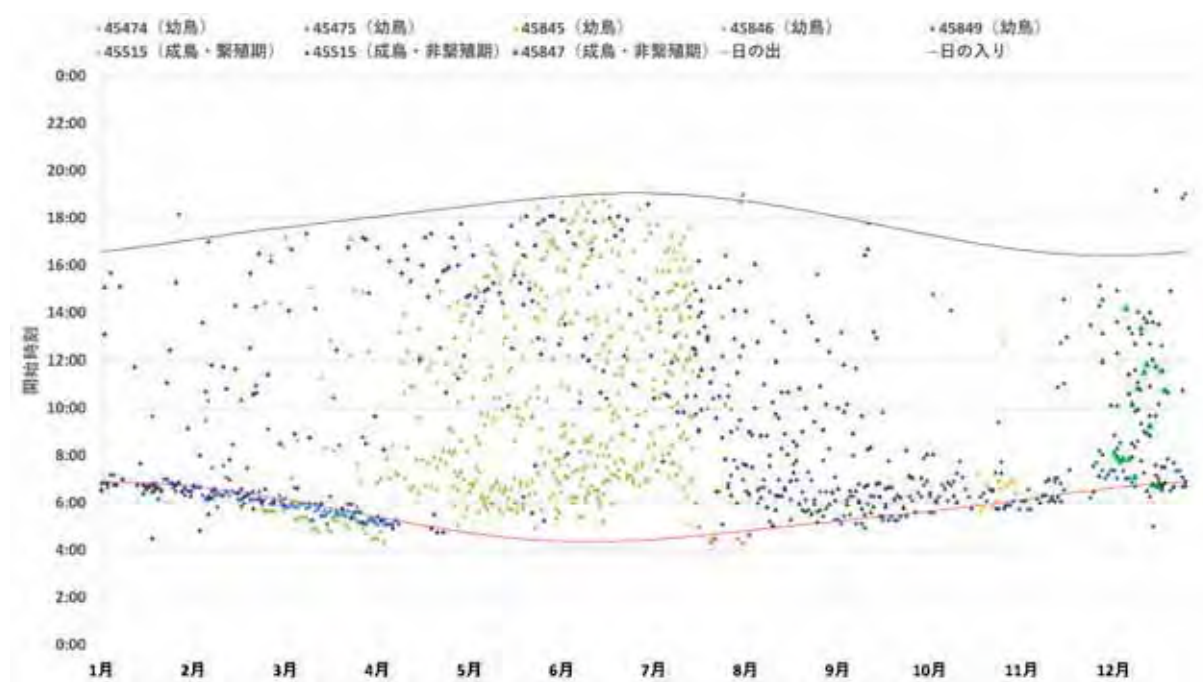


図 16 各月日の採餌トリップ開始時刻 ※色分けはロガーID

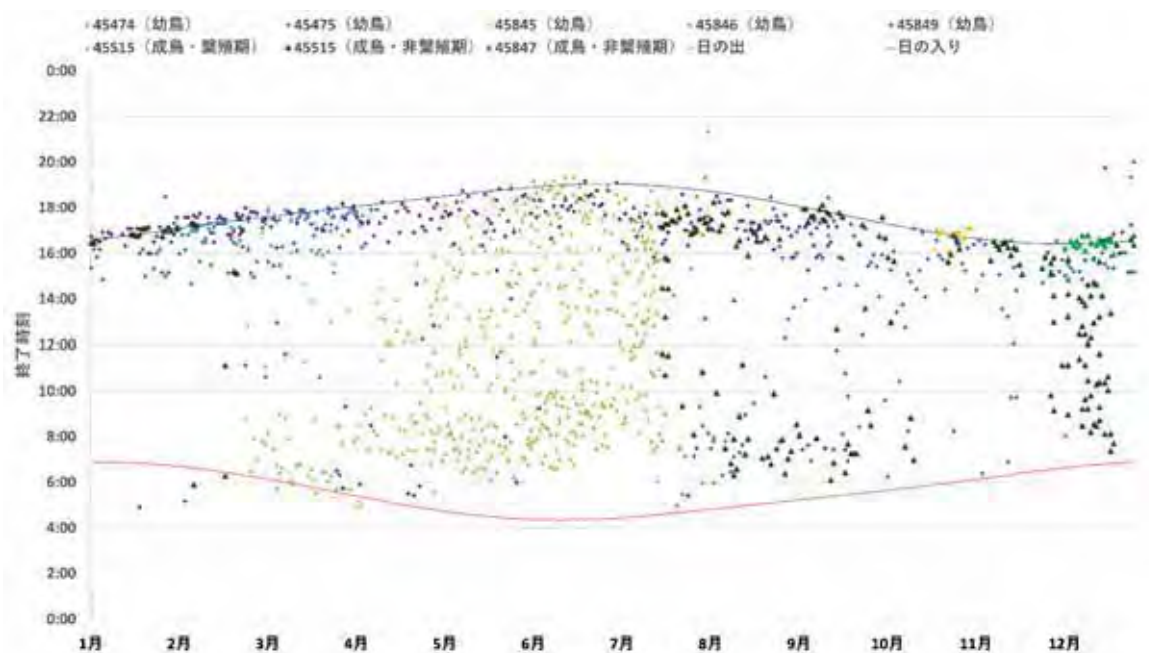


図 17 各月日の採餌トリップ終了時刻 ※色分けはロガーID

各個体における 1 日のトリップ回数を表したものを図 18～26 に示す。これらの結果、1 日のトリップ数について、幼鳥はほぼ 1～2 回を行っていることがわかった（図 18～20、23～26）。一方、成鳥は、非繁殖期は幼鳥同様 1～2 回のトリップを行っているが、繁殖期には、3～6 回のトリップを行っていることが分かった（図 21、22）。ID45515 の成鳥のデータを見ると、実際の育雛期（おそらく 4～6 月頃）以外はかなり広い期間、トリップが 3 より増えていることがわかる（図 21）。これは、抱卵期間や造巣期などの繁殖行動が影響している可能性があり、親は雄雌が交替で巣を守るようになるとトリップ回数が増える可能性が示唆された。



図 18 ID45474 のトリップ回数



図 19 ID45475 のトリップ回数①



図 20 ID45475 のトリップ回数②

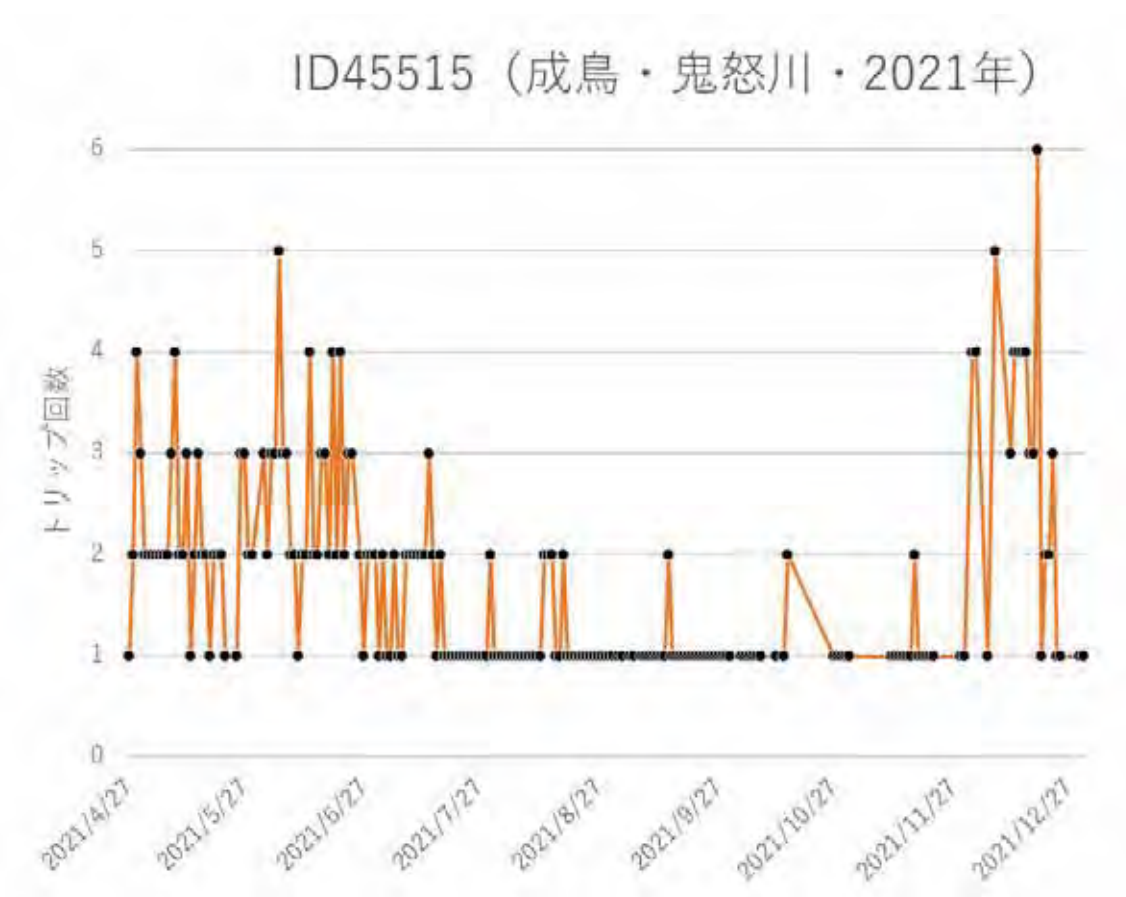


図 21 ID45515 のトリップ回数①

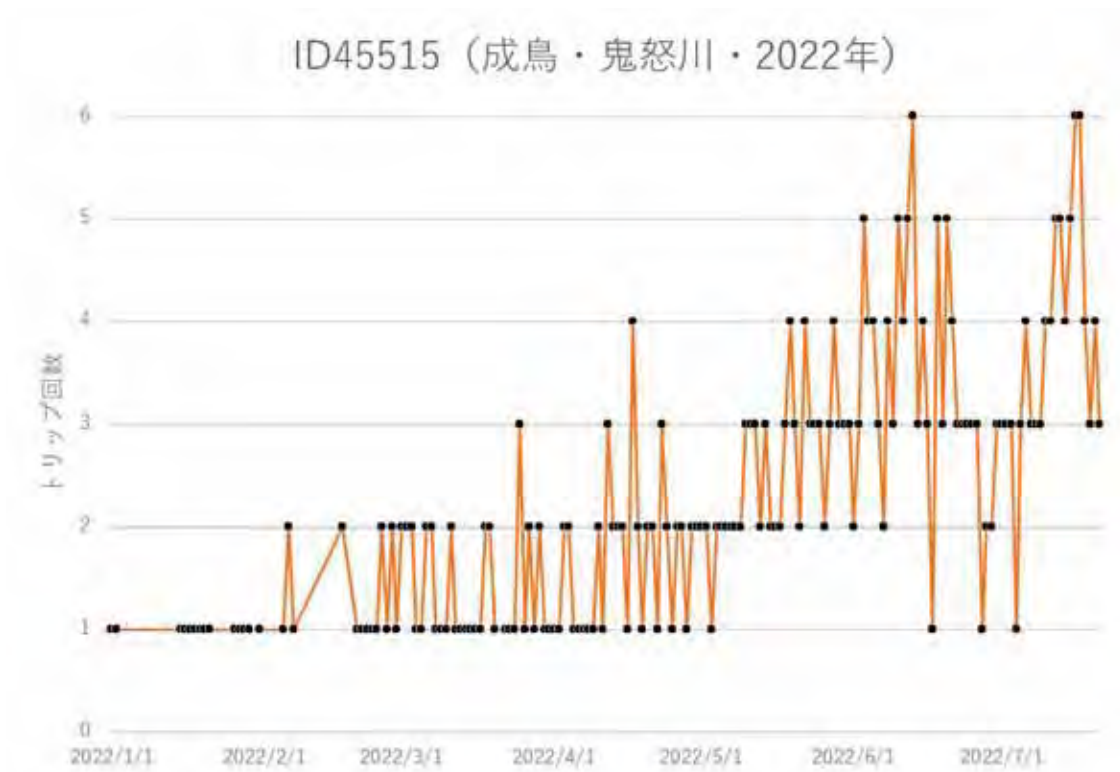


図 22 ID45515 のトリップ回数②



図 23 ID45845 のトリップ回数