高等学校 114

熊本博物館賞

ササゴイは環境によって捕食行動を選択する

熊本中央高等学校　生物探究部

背景と目的

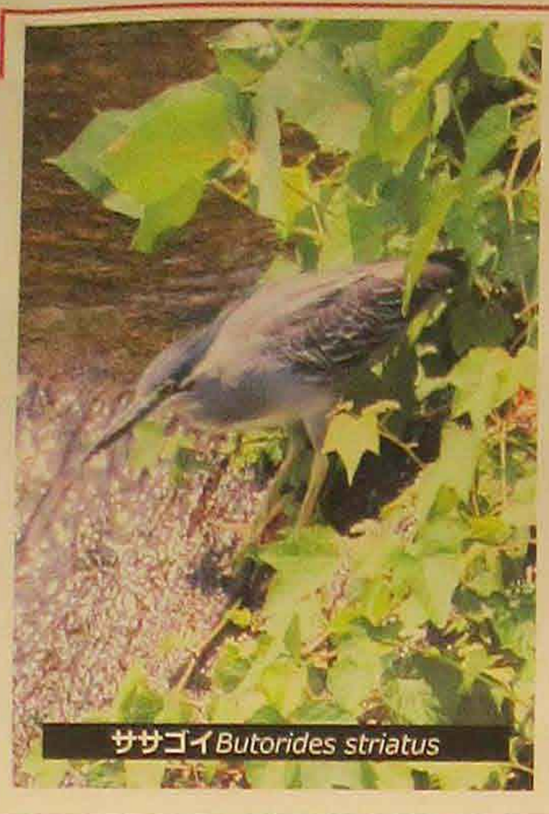
研究対象種である **ササゴイ *Butorides striatus*** は、夏季に繁殖のため日本に飛来する魚食性の鳥類で、多様な捕食行動をとることが知られる。

ササゴイが行う捕食行動は多様で、主に右図に示した4つが知られている。魚の接近を静かに待つ「待ち伏せ」、歩き回って積極的に魚を探す「探索」、高いところから水面に飛び降り魚を捕食する「降下」で、「餌釣り」は、ササゴイ自身が採取した釣りエサを水面に浮かべ、それにおびき寄せられた魚を捕食する行動である。この「餌釣り」は、釣りエサの設置方法が異なるさらに2通りの手法が知られている。1つが、釣り餌をくちばしで水面にそっと運び、くちばしが水面に触れるようにして設置する方法で、もう1つが、くちばしを水面につけず、釣り餌を持ったまま待機し、ある瞬間釣り餌を放り投げるようにして設置する方法である。

本研究では、文献を参考に、餌釣りに見られるこの2手法をそれぞれ「置き餌」と「投げ餌」と呼ぶことにした。

ササゴイのように、複数の捕食戦略（あるいは戦術）を持つ生物は、複数の種で知られており、いずれも捕食行動の使い分けが研究されている。たとえばアカギツネは、異なる環境や餌の在り処に応じて捕食戦略を使い分けている(Cagnacci, F. et al. (2004))。

しかし、ササゴイについては、種も行動も有名であるにもかかわらず、何を要因として捕食方法を使い分けているのかはっきりとはわかっていない。そのため私たちは、以下を目的として研究を進めた。



【目的】ササゴイの捕食行動を決める要因を明らかにする

方法

調査期間

2024年
7月中旬～
10月上旬

ササゴイの捕食行動

ササゴイの立ち位置の環境要因

調査期間は、2024年の7月中旬から10月上旬で、日中に調査を行った。ササゴイの行動はビデオカメラを用いてすべて記録し、持ち帰って必要なデータを取り出した。具体的には、ササゴイの捕食行動のうち、どの捕食行動をとったのかを記録した。さらに、その立ち位置の環境を右のように分類し、記録した。環境データの調査には、環境アセスメントなどで用いられる手法を参考に、64地点中、安全面や工事などの都合で降りられなかった地点を除いた52地点について、河川に降りて水深、水温、流速、透視度を計測した。統計解析には、統計解析ソフト「R」を用いた。

斜面状の護岸、階段状の護岸、護岸の流入口、流入口脇の水辺、堰付近、水中から飛び出した石、水中から飛び出した木や枝、水中から飛び出したコンクリートなどの人工物、川岸の木、草の中、背後に草が茂っている、水深の極めて浅い河川の中、水深の浅い河川の中、水深の深い河川の中　の計14要因

対象5エリアの位置関係

地図画像引用：「Googleマップ」https://www.google.co.jp/maps

黒色…ササゴイが確認でなかった地点
赤色…ササゴイが確認できた5地点 ➡ 調査対象エリア

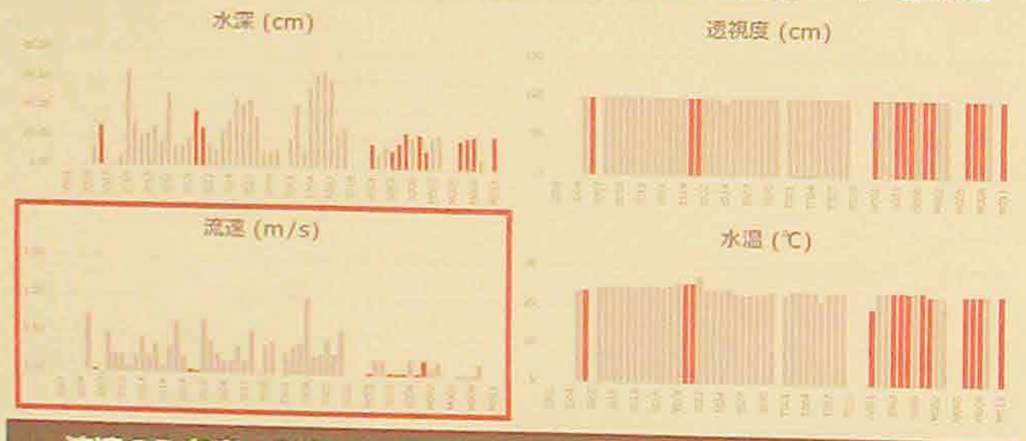
対象5エリアの全調査地点

地図画像引用：「Googleマップ」https://www.google.co.jp/maps

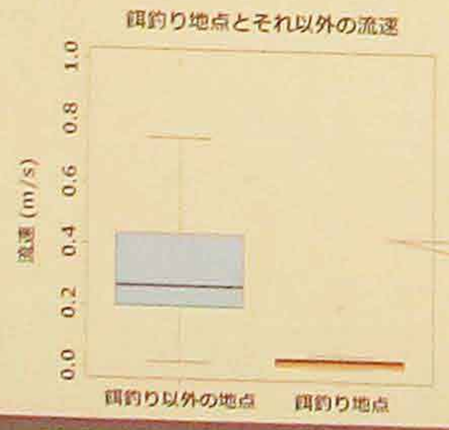
結果・考察・まとめ

【1】捕食行動は 水環境（水温・水深・流速・透視度） と関係するか

餌釣りが行われた地点の決定要因となった水環境データを特定



流速のみ有意に影響(GLM, p=0.0015<<0.01) ➡ 流速が餌釣りの決定要因



文献や現地での観察などをもとに、ササゴイの餌釣りが、流速の遅い地点で行われているのではないかという仮説を立てた。実際に、過去の文献でもそれを意図した表現はあったが、これまで定量的な調査によってそれを示す研究はなかった。

この仮説の検証のために、一般的に水環境のデータとしてよく使われる、水深、水温、透視度、流速の4要素について解析を試みた。その結果、流速のみが明確に関連していることが明らかとなった。

餌釣り以外の地点
中央値=0.266 m/s（平均値=0.333m/s）

餌釣り地点
中央値=0.031 m/s（平均値=0.041m/s）

次に流速に絞って解析を行ったところ、左図の結果を得た。青色の箱ひげ図が餌釣りが行われなかった地点の流速で、オレンジの方は餌釣りが行われた地点を示す。
解析をかけると、餌釣りの見られた地点の流速は顕著に遅いことが明らかになった。

流速が 有意に 遅い(t-test, p<0.001) ➡ 餌釣りは流速の遅い地点で行われた

餌釣りは流速の遅い地点で行われた（仮説は正しかった！）

ササゴイは 流速をもとに 捕食行動を選択 している

環境要因などをもとに 捕食行動を 判断・選択できる

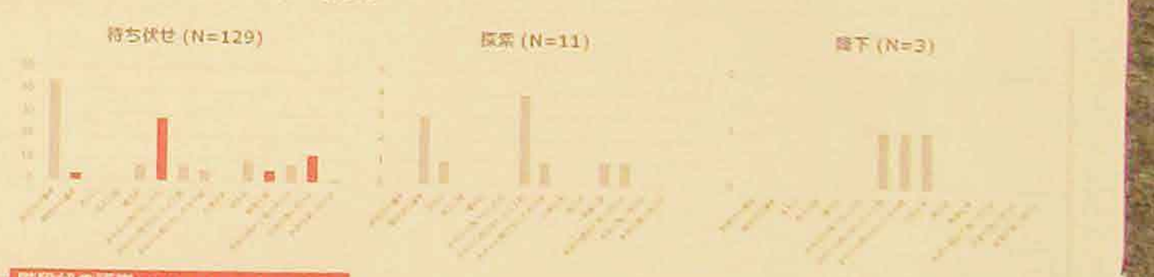
まとめると、ササゴイが流速の遅い地点を明確に選んで餌釣りを行っていることがわかる。これにより、ササゴイには、環境要因などの状況を判断して捕食方法を選択する能力があることが明らかとなり、その1つが流速であることも明らかになった。
尚、これらのことを定量的なデータで示した研究は過去にない。
この結果を受けて、次に、私たちは、水環境以外の環境要因にも捕食行動と関連するものがあるのか調べることにした。

ここで、待ち伏せと置き餌でのみ同様な決定要因があった理由についても考察する。ただし、降下についてはN=3と少なかったため、今回は考察から除いた。待ち伏せと置き餌は魚を待つ関係上、その立ち位置の環境要因が大事だと考えられる。一方、探索や投げ餌のように、動き回ったり、釣り餌を積極的に魚のいるところに投げたりする場合、立ち位置の環境はそこまで重要ではないと考えられる。生物の捕食戦略には、冒頭で紹介したアカギツネの例のように、静的な捕食戦略と動的な捕食戦略を使い分けるものが知られている。静的な捕食戦略とは、獲物を待つタイプの戦略で、動的な捕食戦略とは、自身が積極的に動いて獲物にアプローチする戦略である。今回のササゴイの結果も、【1】【2】から、待ち伏せと置き餌が静的な捕食戦略で、探索と投げ餌が動的な捕食戦略であることを示しているように思える。これまでは、ササゴイの捕食行動について、餌釣りとそれ以外の捕食行動と置う捉え方で見られてきたが、餌釣りの中身をわけて、静的な捕食戦略と動的な捕食戦略として捉えた方が良いのかもしれない。今回のデータでは、静的な捕食戦略に対して動的な捕食戦略のN数が少し少なかったため、今後の研究では観察例を増やし、その分け方で同様の解析を試みたい。

【2】捕食行動は 水環境以外の環境データ とも関係するか

各行動の決定要因となった環境データを特定

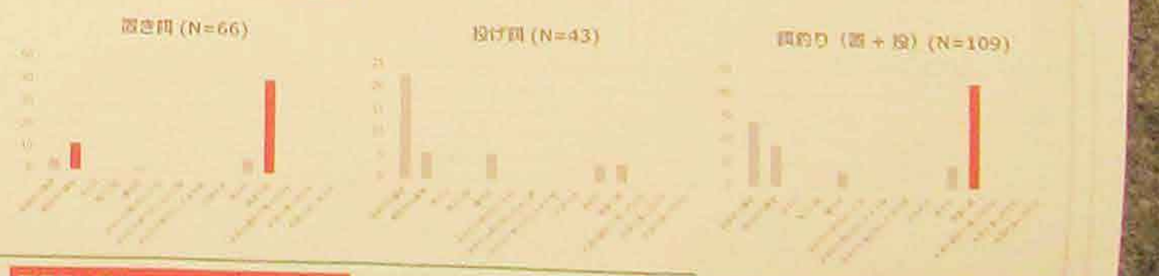
注意）GLMはモデル解析のため、以下に示した決定要因は、各行動で多く観察された環境要因を指すとは限らない。
例えば待ち伏せで、斜面状の護岸の値が最も高いが、決定要因とはなっていない。これは、このデータの値が他の行動でも一定以上の値となっているためと捉える。



待ち伏せ (N=129)
- 階段状の護岸 (GLM, p=0.049<0.05)
- 水中から飛び出した石 (GLM, p=0.015<0.05)
- 背後に草 (GLM, p=0.005<0.01)
- 水深の浅い河川中 (GLM, p=0.011<0.05)

探索 (N=11)：決定要因なし

降下 (N=3)：決定要因なし



置き餌 (N=66)
- 階段状の護岸 (GLM, p=0.013<0.05)
- 背後に草 (GLM, p=0.0003<<0.01)

投げ餌 (N=43)：決定要因なし

餌釣り（置＋投）(N=109)
- 背後に草 (GLM, p=0.03<0.05)
  ！ただし、置き餌の決定要因に含む

それぞれがなぜ決定要因となったかを考察

- シルエットを隠せて魚から見えにくい
- 流速の速い地点に特有
- 待機中に魚から見えにくい・釣り餌を設置しやすい

水環境データ以外の環境要因と全捕食行動の関連を調べ、グラフ化し解析した。赤い棒グラフが各行動の決定要因と分かった項目である。「待ち伏せ」「置き餌」は特定の環境要因が決定要因となったが、探索、降下、投げ餌については、とりわけ関係する要因がないこともわかった。「置き餌」と「投げ餌」を「餌釣り」としてまとめた場合には、「背後にある草」が決定要因であったが、N数の関係で、置き餌の影響が強く出たようだった。

待ち伏せや置き餌の決定要因に「背後にある草」や「階段状の護岸」があることは、身を隠しつつ動かずに魚を待つためだと考えられる。また、待ち伏せのみにあった「水中から飛び出した石」や「水深の浅い河川中」という要因は、結果【1】と関連しており、流速の遅い地点に特有の環境要因であるとも捉え、決定要因になったことは理解できる。

結果

待ち伏せ & 置き餌 ➡ 特定の環境要因が決定要因となった
探索 & 投げ餌 ➡ 環境要因は決定要因にならなかった

注意）N=3の「降下」は考察から除いた

待ち伏せ & 置き餌
➡ ひたすら待つから 立ち位置の環境要因が大事

探索 & 投げ餌
➡ 動き回る または 魚にめがけて餌を放るから立ち位置の環境要因はそこまで大事ではない

例：アカギツネは両方の戦略を環境や獲物の状況に応じて使い分ける (Cagnacci, F. et al. (2004))

静的な捕食戦略	自身は動かずに獲物を待つ捕食戦略
動的な捕食戦略	積極的に動いて獲物を探す捕食戦略
本研究	待ち伏せ・置き餌・降下？ → 静的な捕食戦略？
	探索・投げ餌 → 動的な捕食戦略？

捉え直す必要があるかもしれない

【3】最後に 河川ごとの捕食行動の傾向 は【1】【2】を裏付けるか

【1】【2】の結果を支持しそう

確認された捕食行動を河川ごとに集計し、グラフ化した。この結果について解析を行ったところ、河川による傾向の違いが認められた (chisq.test, p=2.2e-16<<0.01)。

さらに、各河川で多く行われた捕食行動があるか解析したところ、坪井川では待ち伏せ、藻器堀川では置き餌、井芦川は待ち伏せ、水俣川は置き餌と投げ餌、八景水谷では置き餌が有意に多いという結果になった。ただし八景水谷については、N数が少ないため、慎重に捉えておく必要があると思われる。例、置き餌と投げ餌を餌釣りとしてまとめた場合も、同様の傾向が示された。

グラフの下に、河川の環境の外観をあてはめます。そうすると、内容1・2を踏まえて、各河川の特徴が、各河川で多かった捕食行動をよく表しているように思われ、この解釈は、内容【1】【2】の結果と考察を支持する形になっているとも捉えそうである。

参考文献

Higuchi, H. (1990) : Individual differences in bait fishing by the Green-backed Heron Ardeola Ibidis associated with territory quality.
Ibis, 132 (1) : 1-8.
Higuchi, H. (1992) : Individual differences in bait fishing by the Green-backed Heron Ardeola Ibidis associated with territory quality.
Ibis, 134(1) : 19-24.
Sakaluna, I. (2007) : Foundered fishes, geese and frogs sent bait fishing to the Green heron (Butorides striatus) in an urban park in southeastern Brazil. Rev. Etiol. Ciênc. Ecol. 15(4), 411-414.
Lieh, V. (2010) : Observation of bait fishing using plants by Striated Heron. Ciencias, 15.
Lemaître, S., & Deschamps, M. H. (1997). Water snakes. Mammalian Species, (577), 1-11.
Cagnacci, F., Mayer, A., & Lanza, B. (2004). Habitat selection by the red fox Vulpes vulpes (L. 1758) in an Alpine area. Ethology Ecology & Evolution, 16(3), 197-212.
Kaito Kurokawa & Hiroyoshi Higuchi. (1991) : Bait fishing of the Green-backed Heron Ardeola ardeola in different ways of Japan and other countries. Strix, 12, 1-11.
[illegible] (2014). Bird Research News.
[illegible] (2012) : [illegible] について. [illegible] 第61巻(1)号.
[illegible] (2012) : [illegible] 第61巻(1)号.
[illegible] (2004) : [illegible] 日本鳥学会.
[illegible] (2011) : [illegible] 第61巻(1)号.
[illegible] (2011) : [illegible] 第61巻(1)号.
[illegible] 日本動物学会.
Google マップ. https://www.google.co.jp/maps