

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	児玉 知理
論文題目	Effects of temperature on hunting performance of an ectothermic venomous predator (<i>Gloydius blomhoffii</i> , Viperidae) (外温性有毒捕食者ニホンマムシ (クサリヘビ科) の捕食パフォーマンスにおける温度の効果)		
(論文内容の要旨)			
<p>捕食性相互作用は捕食者と被食者の生存に強く影響するため、両者の進化を駆動する主要な選択圧を生み出す。ゆえに、進化生物学において、重要なトピックとして研究されてきた。外温動物の生理的活性は温度に依存するため、捕食行動のパフォーマンスも体温に強く依存すると予測される。この予測は多様な外温動物を対象とした先行研究により支持されているものの、野外での検証例はほとんどない。近年、動物の行動やそのパフォーマンスが野外と飼育下で異なる事例が相次いで報告されているため、捕食パフォーマンスにおける温度の影響を野外で検証することが強く望まれる。また、ほとんどの有毒動物は外温性であるため、餌動物への毒液の注入量や注入速度、すなわち毒液注入パフォーマンスは温度に依存し、ひいては捕食の成否に強く影響することが予測されるが、これに関する知見は皆無に等しい。そこで本研究では、外温性有毒捕食者であるニホンマムシ (以下マムシ) の野外個体群を対象に、捕食パフォーマンスの温度依存性を野外観察、野外実験、および、室内実験を通して検証した。</p> <p>野外生態に関する基礎的情報は、対象とする動物において生態的に意味のある研究を行う上で不可欠である。マムシの捕食行動に関する知見は乏しく、特に野外での捕食行動のシーケンスに関する定量的な知見は皆無である。そこで第一章では、マムシの一連の捕食行動を詳細に記述すること、並びに年間消費餌量を推定することを目的に、ラジオテレメトリ法と固定カメラによる捕食行動の長時間撮影を組み合わせた野外調査を行った。その結果、マムシは4月下旬から10月下旬まで採餌活動を行うこと、主な餌動物はアカネズミであること、および、餌動物との遭遇は主に夜間に生じることが明らかになった。また、マムシは典型的な待ち伏せ型捕食者であり、採餌時間のおよそ3/4を待ち伏せに費やし、1/4を待ち伏せ場所の選定に費やしていることが示唆された。餌動物との遭遇の約45%において咬打 (ストライク) が発生し、ストライクの成功率は約32%であった。さらに、約25日に一度の頻度で捕食に成功し、年間に体重の107-129%の重量の餌動物を捕食していることが推定された。</p> <p>第二章では、第一章の野外調査で得たビデオ映像を解析し、定量的な野外データに基づいて、餌との遭遇時におけるマムシの体温が捕食結果にどの程度影響するのかを検証した。その結果、餌動物に対するストライクの発生および成功は13.4℃から25.8℃までの幅広い体温にわたり確認され、前者には餌動物との距離、後者には餌動物の回避行動の有無のみが影響していることがわかった。また、餌動物の回避行動の有無およびストライク発生から回避行動が生じるまでの潜時には温度は影響していないことがわかった。以上から、野外のマムシのストライクの発生および成否において、温度の影響は限定的であることが示唆された。</p>			

第三章では、マムシの毒液注入パフォーマンスに対する温度の影響を調べるため、野外実験および室内実験を行った。異なる温度条件下で、マムシにアカネズミの死体に対して捕食ストライクを誘発させ、咬まれた死体中の注入毒量を定量した。その結果、毒液注入量、毒液注入速度、および、毒液注入時間のいずれにおいても温度の影響は限定的であると示唆された。

本研究の一連の結果は、外温動物の行動パフォーマンスに対する温度の影響を調べた先行研究と異なり、外温性有毒捕食者であるマムシの捕食パフォーマンスが幅広い温度範囲を通じて温度の影響を受けないことを示唆している。今後、この捕食パフォーマンスにおける温度ロバストネスのメカニズムを解明することに加え、その生態的・進化的機能について詳しく検証していくことが望まれる。

(論文審査の結果の要旨)

動物は効果的な採餌や捕食を達成するための様々な形態的、行動的、生理的形質を進化させている。しかし、それらの形質を活かした効果的な振る舞いをできるかどうかは、その動物のおかれた状況に依存する。採餌や捕食の効率を左右する代表的な要因の一つとして温度があげられる。特に、体温の維持を外界の熱源に依存する外温動物では、その生理的・行動的パフォーマンスに環境温度が大きな影響を与えることが予測されるため、体温とパフォーマンスとの関係についての研究が多くなされてきた。これらの研究は、目的とする要因以外の効果を統一するために、実験室内のコントロールされた条件下で通常行われる。しかしながら、室内での動物の行動やパフォーマンスは自然界で起こっていることを100%反映するとは言い切れず、実際、野外観察と室内実験との結果の食い違いが明らかにされた報告も増えつつあり、自然条件下における観察や実験の結果に基づいて解釈をすることの重要性が再認識されつつある。申請者は、これらの点に着目し、外温動物であるニホンマムシを対象に、捕食パフォーマンスに及ぼす体温の影響を野外における長期的観察と実験に基づいて検証した。

ニホンマムシは待ち伏せ型の捕食者と考えられているものの、野外における定量的な採餌行動の研究は存在しない。そこで第一章では、基礎的な情報を得るために、電波発信器を装着したニホンマムシを頻繁に定位し、移動パターンや採餌様式を調査した。また、餌を待ち伏せしている状態で発見された際には、固定カメラを設置し、その行動を継続撮影することにより捕食に関わる特性を調べた。その結果、採餌時間の約3/4を待ち伏せに費やすこと、餌動物の捕獲頻度は低く、約25日に一度の頻度で摂食し、年間摂食量はヘビの体重の100~150%程度と推定されることなど、非常に興味深い野外データを集積することに成功した。

第二章では、上記の調査で得られた画像データを詳細に解析し、同時に記録した体温データと合わせて分析することにより、ヘビの体温と捕食パフォーマンスとの関連を調べた。その結果、体温が低いとパフォーマンスが下がるという予測に反して、ヘビは広い体温の範囲で獲物を襲い、餌にストライクした際の捕獲の成否にも体温はほとんど影響しないことを明らかにした。

第三章では、ニホンマムシがネズミに打ち込む毒量と体温との関係を野外実験により調査した。また、飼育実験も行い、野外との結果の整合性を確認した。その結果、毒の注入量や注入速度、注入時間は体温の影響を受けず、毒注入パフォーマンスにおいても、温度の効果は極めて低いことを示した。

毒を獲物に注入して捕食する動物は少なくないが、本研究では、毒の注入を攻撃の際の最初の一瞬だけ行うという特徴を持つクサリヘビ類に着目することにより、毒注入パフォーマンスに対する体温の影響を調べることを可能にしたという点で、独創性の高い研究とみなせる。また、予測に反して、低い体温でもそのパフォーマンスは下がらないことを発見し、温度ロバストネスという特性を見出した点においても注目に

値する。そのメカニズムの解明は今後の課題であるが、生物毒の進化の理解にもつながる現象の発見であり、ヘビ類だけに留まらない応用性を備えている。さらに、野外での追跡観察が難しいヘビを対象にして独自のアイデアを盛り込んだ長期調査を敢行することにより、長時間の野外データに基づく分析を実行したことも高く評価できる。

以上のことから、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和6年1月12日に論文内容とそれに関連した口頭試問をおこなった結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： _____ 年 _____ 月 _____ 日以降