

氏名	新井 優一		
学位（専攻分野の名称）	博士（生物産業学）		
学位記番号	甲第903号		
学位授与の日付	令和5年9月30日		
学位論文題目	ゴマフアザラシ（<i>Phoca largha</i>）とゼニガタアザラシ（<i>Phoca vitulina</i>）の頭骨形状比較～繁殖様式における種差と性的二型の地域差～		
論文審査委員	主査	教授・博士（獣医学）	小林 万里
	査	教授・博士（水産科学）	千葉 晋
	査	博士（学術）	金 岩 稔*
	助	教・博士（地球環境科学）	東 典 子

論文内容の要旨

序 章

頭骨には歯が含まれており、さらに「見る、聞く、嗅ぐ」といった感覚器官を支える硬組織であるため、その食性だけでなく、餌を探す、繁殖行動における闘争、または生息地の移動等の行動により、その形態が変化することが考えられる。

北海道へ来遊、生息するゴマフアザラシ（*Phoca largha*）とゼニガタアザラシ（*Phoca vitulina*）は、近縁種であり体サイズや食性が類似する一方、移動や繁殖様式などが異なる。ゴマフアザラシは氷上繁殖型であり、流氷を利用するため、流氷期を境に夏の採餌海域と冬の繁殖海域を大きく回遊し、繁殖様式は一夫一妻制である。また、ゼニガタアザラシは陸上繁殖型であり、周年決まった上陸岩礁を休息、出産、育児、換毛に利用する定住性の高い種であり、一夫多妻制の繁殖様式をとる。さらに、ゼニガタアザラシは襟裳集団と道東集団にて遺伝的に分かれており、さらに、体長や頭骨の大きさにおいて性的二型が見られることが報告されている。

本研究では、頭骨の形状を幾何学的形態測定学によって定量化し、全体的な形としてとらえることによって、大きさでは捉えることができない複雑な形の特徴を表すことにより、(1) ゴマフアザラシとゼニガタアザラシにおける頭骨形状の違いを明らかにし、頭骨形状の差異を生態的な違いにて考察し、(2) 遺伝的に襟裳集団と道東集団に分かれるゼニガタアザラシにおいて、生息環境や近年の個体数増加率が異なる2つの集団にて地域と雌雄間における頭骨形状にて性的二型の差異を明らかにし、差異が生じる背景を考察することを目的とした。

第1章 ゴマフアザラシとゼニガタアザラシの頭骨形状比較

ゴマフアザラシとゼニガタアザラシにおける頭骨形状において、頭骨形状が一定となる年

*三重大学 生物資源学研究所 准教授

齢は、両種とも7歳であった。頭骨形状が一定となる以前の年齢において、0歳からゴマフアザラシよりもゼニガタアザラシの上顎骨の吻部がより太く、97.06%の正解率で両種を判別できた。1歳以降においてもゼニガタアザラシの吻部や下顎の下顎体がより太く、角突起の発達により顕著であった。吻部の太さの差異は生まれた時点に、下顎の下顎体の厚さと角突起における違いは幼獣から亜成獣にかけて差異が見られた。また、判別正解率は年齢とともに高くなり、1-2歳で98.91%、3歳以降は100%であった。また、頭骨形状が一定となる年齢以降において、8点の判別重要点を算出し、100%の正解率で種判別ができた。その8点のうち7点より、ゼニガタアザラシはゴマフアザラシよりも吻部が太く、口蓋が長くより広く、下顎の側面がより厚く角ばり太い特徴が見られた。これらのことから、ゼニガタアザラシの方が口を大きく開けられ、また、噛む力がより強固になっていることが考えられた。残りの1点は外耳道の後端点であり、ゼニガタアザラシはゴマフアザラシよりもより後部腹側に位置し、また、ゼニガタアザラシは横から外耳道の穴が見えるのに対し、ゴマフアザラシは穴が横から見えず、穴が前方に向いていた。噛む動作に関係することに食性があるが、両種はともに広食性であり、餌を噛み付いて捉えた後に丸のみする。また、同所的に生息するゴマフアザラシとゼニガタアザラシの食性比較研究では、ゼニガタアザラシは比較的沿岸底棲性動物に依存しており、ゴマフアザラシは表層～中層の餌生物も摂餌していることからより広食性であるが、共通の餌生物も多数確認されている。これらの食性から、よりゼニガタアザラシだけが口を大きく開け、噛む力が強くなる理由を説明することはできない。また、噛む力に関係する頭骨形状の違いにおいては、繁殖生態の違いが関係している可能性も考えられた。鰭脚類において、一夫一妻の繁殖様式よりも一夫多妻の繁殖様式の種において噛む力がより大きいことが報告されており、筋肉の付着部位が大きく、また、闘争が多い種において強固なアゴの形態を持つ。ゼニガタアザラシは繁殖期において多数の個体が同所的に上陸場を利用する一夫多妻の繁殖様式をとり、オス同士の噛み付く闘争が水中にて頻繁に確認され、成獣オスのみにて首のまわりに傷が見られる。一方、ゴマフアザラシは広い流氷上で出産・育児をする一夫一妻の繁殖様式をとり、流氷上にて雌とその子供と育児後の雌の発情を待つ雄の姿が確認され、雄同士の闘争がほとんどないものと考えられている。これらの繁殖生態の違いにより、ゼニガタアザラシはゴマフアザラシに比べて口やアゴがより太く、大きく口が開くようになっており、アゴも太く発達していると結論付けた。また、外耳道の位置と穴の見え方の違いより、ゴマフアザラシは回遊を行い繁殖場として流氷を利用するのにに対し、ゼニガタアザラシは定住型で周年同じ岩礁を利用することから、両種において音の聞こえる音域や聞こえる範囲が異なることが推察された。

第2章 ゼニガタアザラシの性的二型における地域差

ゼニガタアザラシの頭骨形状は、襟裳オス+道東オス+襟裳と道東の両地域メスに分けた

モデルにおいて AIC の評価が最も良いことが示された。また、頭骨形状が一定となる年齢は、襟裳オスは 6 歳、道東オスは 4 歳、襟裳・道東の両地域のメスは 10 歳であることが明らかとなった。頭骨形状において、襟裳地域と道東地域の両地域ともに性的二型が見られた。頭骨形状が一定となる以前の年齢（襟裳オス：0-5 歳、道東オス 0-3 歳、両地域のメス：0-9 歳）において、襟裳オスと両地域のメスの判別重要点は 9 点まで絞り込むことができ、襟裳オスは両地域のメスよりも吻部がより幅広く、また、頬骨がより外側または腹側に発達しており、さらに、後頭部がより後方に大きく、下顎との接続部である側頭骨の間接窩がメスよりも腹側方向に発達していることが示され、雌雄の判別正解率は 77.12%であった。一方、道東オス、襟裳と道東の両地域メスは、判別重要点は 6 点まで絞り込むことができ、道東オスは両地域のメスよりも吻部がより幅広く、また、頬骨の厚さがより厚く、後頭部がメスよりもより幅広いことが示され、雌雄の判別正解率は 82.10%であった。

一方、頭骨形状が一定以降の年齢（襟裳オス：6 歳以上、道東オス 4 歳以上、両地域のメス：10 歳以上）において、襟裳オス、襟裳と道東の両地域メスは、判別重要点は 3 点まで絞り込むことができ、襟裳オスは両地域のメスよりも吻部後端がより幅広く、下顎の筋突起がより背側に発達していることが示され、雌雄の判別正解率は 94.92%であった。一方、道東オス、襟裳と道東の両地域メスは、判別重要点は 4 点まで絞り込むことができ、道東オスは後頭部の幅がより広いことが示され、雌雄の判別正解率は 96.92%であった。

近年の襟裳地域と道東地域のゼニガタアザラシの個体数は増加傾向であり、増加率は襟裳地域の方が高く、その密度効果により体長が小型化していることも報告されている。また、襟裳地域と道東地域に生息するゼニガタアザラシは mtDNA とマイクロサテライトによる分析にて 2 つの集団に分かれていることも示されている。一方で、両地域の生息環境は、襟裳地域は襟裳岬の先端から南東へ約 1.5km にわたって数十の岩礁がつらなり、これらの岩礁で 1 つの上陸場を形成し、1 つの集団となっている。一方、道東地域は約 200km の範囲の沿岸線に主要な上陸場といくつかの岩礁が直線距離で約 30km ずつ離れて点在している。これらの道東地域の上陸場とそれ以東の北方四島も含めて 1 つの集団が形成されている。これらのことから、襟裳集団の個体数密度が道東集団よりもより高いことが考えられる。そのため、襟裳地域においてオス同士の闘争強度が道東地域よりもより高いことが推察される。襟裳地域のオスは道東オス、両地域のメスよりもより吻部の幅がより広く、咀嚼筋の一つである側頭筋が付着する下顎の筋突起がより発達していることが示された。襟裳地域のオスは闘争強度が高い生息環境において、威嚇し、噛む動作に関わる口蓋周辺を大きく発達させた性的二型が見られた。一方、道東オスにおいては後頭部の幅広さのみに雌雄差が見られ、噛む力に関わる部位における性的二型は見られなかった。以上のことから、地域間における生息環境の違いによる個体数密度が、雄間競争の強度と密度効果の程度に影響し、オスの頭骨形状の差異に反映していると考えられた。さらに、襟裳地域と道東地域のオスは頭骨形状に

において差異が見られたが、両地域のメス間においては差異が見られなかったことから、ゼニガタアザラシのメスの頭骨形状はオスと比較して生息環境の変化の影響を受けにくいことが示唆された。

総合考察

本研究は、北海道沿岸に生息するゴマフアザラシとゼニガタアザラシの頭骨形状における吻部の太さ、下顎の厚さ、口蓋の広さの差異は、広食性で基本的に餌を丸のみする両種の食性では説明することができず、一夫一妻と一夫多妻の繁殖様式の違いにおけるオス同士の闘争の有無を反映していることが示唆された。また、外耳道の位置と穴の見え方の違いは、回遊性であるゴマフアザラシと定着性が強いゼニガタアザラシにおける両種の音の聞こえ方の違いを反映している可能性が推察された。

遺伝的に襟裳集団と道東集団に分かれるゼニガタアザラシは、襟裳集団は吻部の太さと下顎の筋突起の発達に雌雄差があり、噛む動作に関わる部位にて性的二型が見られた。一方、道東集団は後頭部の幅広さのみに雌雄差が見られた。これらの差異は、地域間における生息環境の違いによる個体数密度が雄間競争の強度の程度に影響し、地域間のオスの頭骨形状の差異に反映している可能性が考えられた。さらに、オスは頭骨形状において地域差が見られたが、メスにおいては見られなかったことから、ゼニガタアザラシのメスの頭骨形状はオスと比較して生息環境の変化の影響を受けにくいことが示唆された。

本研究により近縁種であるゴマフアザラシとゼニガタアザラシの種間における頭骨形状の差異は、繁殖様式の違いに強く起因している可能性が示唆された。ゼニガタアザラシの種内では、地域によってメスには差異がないのに対し、オスの頭骨形状が大きく異なり、性的二型が見られる部位においても地域差があり、これらは競争の質や雄間競争における強度の程度の影響を受けていることが考えられた。このように頭骨形状は生態や生息環境の影響を受け、可変的であることが示された。

審査報告概要

北海道へ来遊、生息するゴマフアザラシ (*Phoca largha*) とゼニガタアザラシ (*Phoca vitulina*) は、近縁種であり体サイズや食性が類似する一方、移動や繁殖様式などが異なる。また、ゼニガタアザラシは遺伝的に襟裳集団と道東集団の2つの集団に分かれており、頭骨の大きさにて性的二型が見られる。本研究では、頭骨形状を幾何学的形態測定学によって定量化し、両種における頭骨形状の違いを明らかにし、生態的な違いにて考察する。また、ゼニガタアザラシの生息環境や近年の個体数増加率が異なる2つの集団にて地域と雌雄間の

頭骨形状における性的二型の差異を明らかにし、その背景を考察することを目的とした。

ゴマフアザラシよりもゼニガタアザラシは吻部が太く、下顎が厚く、口蓋が広いことから噛む力がより強く、一夫多妻制のゼニガタアザラシにおけるオス同士の闘争を反映していることが示唆された。また、外耳道の位置と穴の見え方の違いは、回遊性と定着性の違いにおける両種の音の聞こえ方の違いを反映している可能性が推察された。

ゼニガタアザラシの襟裳集団は吻部の太さと下顎の筋突起の発達に雌雄差があり、噛む動作に関わる部位にて性的二型が見られた。一方、道東集団は後頭部の幅広さのみに雌雄差が見られた。これらの地域差は生息環境の違いによる個体数密度がオス同士の闘争強度の程度に影響していると考えられた。さらに、オスは地域差が見られたが、メスでは見られなかったことから、メスはオスと比較して生息環境の変化の影響を受けにくいことが示唆された。

本研究は、頭骨を線ではなく面で捉えたことによる形状を把握したこと、客観的な方法により形状が一定となる年齢以降の比較でその相違で種間および種内での形状の相違を生態に結びつけて議論できたことが評価された。これらの研究成果等を詳細に検討した結果、審査員一同は博士（生物産業学）の学位を授与する価値があると判断した。