

ホッキョクグマにおける鏡に対する反応の個体差について

南條由香里*¹, 田地川恭仁*², 河村茂保*², 柿島安博*², 村山司*¹

Preliminary study on individual difference of the response to the mirror in Polar bear

Yukari Nanjo*¹, Yasuhito Tadikawa*², Shigeyasu Kawamura*²,
Yasuhiro Kakishima*², Tsukasa Murayama*¹

Abstract

Polar bears spend a solitary life; however, their cognitive abilities remain unclear. The aim of this study is to investigate how the solitary polar bears response to the mirror reflection of themselves and whether there are individual differences in their responses to the mirror. A mirror was positioned on land or in water to captive two polar bears in a zoo: a male subject named Rossy, and a female subject called Vania. The two subjects demonstrated individual differences in their responses to the mirror reflections. Vania stayed in front of the mirror for a longer duration than Rossy. While Rossy was not very responsive to his reflection and seemed disinterested in the mirror, Vania exhibited various behaviors including amicable behaviors when facing the mirror. Thus, the reflections exhibited by the subjects were considered to be hostile for Rossy and to be affinity or conspecific for Vania.

Keywords: Polar bear, mirror test, individual distance

はじめに

動物が鏡に映った像を自分自身と認識できることはその鏡像を自分自身の表象と認識する能力であり、高い認知能力を表す一つの指標と考えられている。鏡で自分自身を認識できる動物はまれであるが、これまで社会的な動物とされるチンパンジー(Gallup, 1970), オランウータン(Suarez and Gallup, 1981), ゴリラ (Patterson and Cohen, 1994), ボノボ(Hyatt and Hopkins, 1994) などの霊長類, アジアゾウ (Plotnik, de Waal, and Reiss, 2006), およびバンドウイルカ(Reiss and Marino, 2001) やシャチ (Delfour and Marten, 2001) などの鯨類において、自己認知を策定する方策の一つであるマークテスト(Gallup, 1970) が行われ、鏡像に対する反応が見られている。しかし、動物の

鏡に対する反応には個体差が見られることが少なくない。チンパンジー (Swartz and Evans, 1991), シャチ (Delfour and Marten, 2001), アジアゾウ (Plotnik *et al.*, 2006) カササギ (Prior, Schwartz and Güntürkün, 2008) など、いくつかの種でマークテストの結果や鏡像の認識に個体差が認められる。

ホッキョクグマは、短期間、オス同士で集団を作ったり、繁殖相手の異性個体や親子という関係で行動をともにすることはあっても、基本的には単独性の捕食動物である(デロシェール, 2014)。これまでその社会性と認知能力を解析した知見は乏しい。顕著な社会性は見られない魚類のホンソメワケベラ(Kohda *et al.*, 2019) において鏡像認知が報告されていることから、このように限定された社会性(単独性)を有するホッキョクグマにおいても自己と他者

2022年9月30日受付 2023年01月10日受理

*1 東海大学海洋学部 (〒424-8610 静岡市清水区折戸 3-20-1)

*2 静岡市立日本平動物園 (〒422-8005 静岡市駿河区池田 1767-6)

の認識という社会的認知が生起することも考え得る。そこで本研究ではホッキョクグマにおける自己の認識の有無を検討する始原的段階として、鏡像に対する反応の有無や、もし反応があればそこに個体差が生じるのか検証した。なお、対象動物の特性上、マークテストが困難であるため、その予備的段階として鏡の呈示に対し鏡像をどのような対象と捉えるかに焦点を置くこととした。

材料と方法

1. 被験体

実験は静岡市立日本平動物園（静岡県静岡市）にある猛獣館内ホッキョクグマ水槽において行った。被験体は同動物園で飼育されている健康なホッキョクグマ (*Ursus maritimus*) のオス 1 個体 (年齢 4 歳, 体重 380kg, 体長 230cm, 同園での飼育期間 4 年, 個体名: ロッキー), メス 1 個体 (年齢 3 歳, 体重 175kg, 体長 150cm, 同園での飼育期間 2 年, 個体名: パニア) で、いずれも性成熟に達している。この 2 個体は同一の飼育場所内で自由に行動することができる。

なお、被験体は (社) 日本動物園水族館協会の動物取扱業者遵守細目および展示動物飼養および保管基準等の倫理規定に則り、適正に飼育されている。

2. 手順

2-1. 呈示した鏡

呈示したのは縦 103 cm, 横 72 cm, 厚さ 0.5 cm の「鏡」(発砲スチロール製の板にミラーシートを貼ったもの。Figure 1-a) である。鏡は被験体が陸上で座した場合や四つ足の姿勢になった場合に全身が写り (Fig.1-b), 水中ではアクリルガラス面の構造上、上半身が写る大きさである (Figure 2-c)。なお、実験場所の安全上、鏡を設置した状態での鏡の写りぐあいは確認できなかったが、Figure 1-a のように、実験前に反射の状態に問題がないことを確認した。

また、鏡に対する被験体の反応を記録するためにビデオカメラ 1 台 (HDR-CX170, SONY) を使用した。

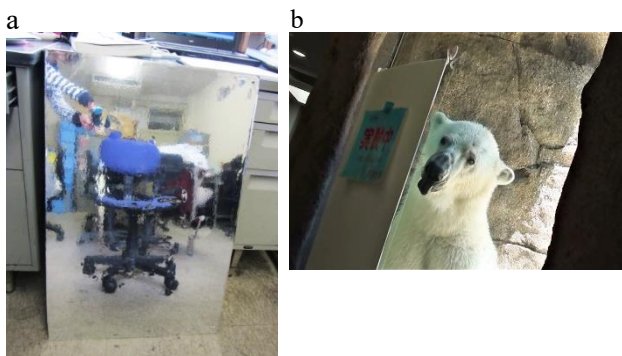


Figure 1. Mirror (103cm x 72cm x 0.5cm).

a. Mirror, b. Subject in front of a mirror.

2-2. 手順

鏡は、被験体が飼育されている飼育場所 (Figure 2-a) の陸上部分または水中部分 (Figure 1-a の矢印) で、観覧者通路とのあいだのアクリルガラス面に飼育場内に向けて吸盤で取り付けて呈示した (Figure 2-b, c)。これらの場所は被験体の通常的生活空間の一部である。アクリルガラス面の内側の観覧通路側で、被験体から見えない場所に実験者が待機し、被験体の反応を鏡の後方に設置したビデオカメラで記録した。

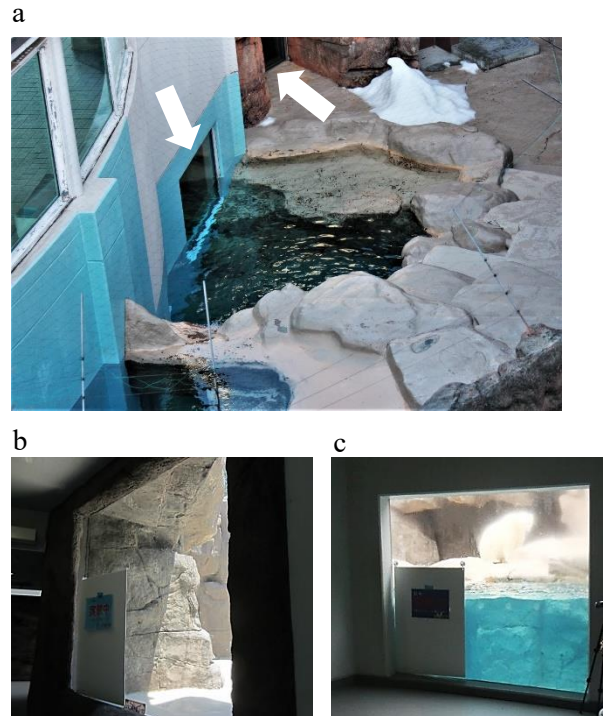


Figure 2. Experiment location. Arrows in the whole view (a) mean the position of a mirror; on land (b) and in water (c).

実験は 2012 年 5 月 23 日から 6 月 6 日までのうちの 6 日間で行った。鏡の呈示時間は 1 セッション 30 分とし、1 日に 1 または 2 セッションずつ行ったが、後者の場合は前セッションの影響がないよう、セッション間は 2 時間以上あけた。

得られた結果において、被験体が鏡の前の 1 メートル以内で鏡に向かって 2 秒以上静止した場合を「滞在」と定義し、録画された映像をもとに滞在が継続した時間 (秒) (以下「滞在時間」と表記する) を測定した。また、見られた行動の観察を行った。

なお、見られた行動については同じクマ科に属するジャイアントパンダにおける行動分類 (Ma *et al.*, 2015) に基づいて区分した。

結果

1. 滞在時間

鏡を設置する前に鏡の設置場所を 30 分間観察したが、被験体はまったく近寄らないか、接近しても通過する程度であることが確認された。

鏡を陸上, 水中のそれぞれにおいて別々に 4 セッションずつ、合計して、陸上で 120 分、水中で 120 分間呈示した。両被験体とも、鏡を陸上に呈示した場合でも水中の場合でも、一定時間、鏡の前にとどまっていることがみられた。そこで、その滞在時間から 1 セッションにおける鏡の前に滞在していた割合（以下「滞在率」とする）を求め、1 セッションあたりの平均滞在率を算出した。

両被験体の鏡の前での平均滞在率は Figure 3 のとおりである。鏡への滞在には両被験体で大きな差があった。まず、ロッキーでは陸上に鏡を設置した場合は滞在率は 5%、水中では 4% となり、陸上、水中のどちらに設置した場合でもあまり鏡の前に滞在せず、鏡に近づくことがなかったり、一定の距離を置いて遠い位置から鏡を見ていたりしていた。一方バニアは、陸上に設置した場合の滞在率 18%、水中では 28% で、しばしば鏡に近寄っては、一定時間、鏡の前にとどまることが多く、平均滞在率が高い値を示した。ロッキーとバニアを比較すると、特に、水中に呈示した場合に有意に (P<0.01, t 検定,) バニアのほうが長く鏡の前に滞在していた。なお、ロッキーは鏡の呈示場所による滞在の差は小さかったが、バニアは水中に鏡を設置したほうが陸上より滞在時間は長くなった。

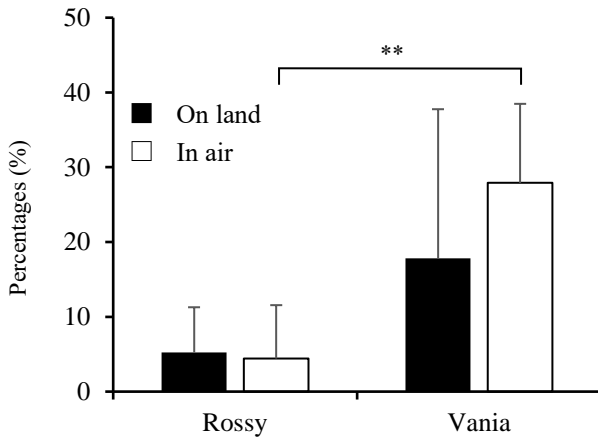


Figure 3. Mean percentage of stay in front of the mirror (m ± SD). (**: Significant, P<0.01)

2. 鏡の前の行動

両被験体とも鏡に対してさまざまな行動を示した。被験体が鏡に対して示した行動パターンについて、陸上に鏡を設置した場合を Table1-a に、水中の場合を Table1-b に表した。すなわち、「後ずさる」「立ち上がる」「叩く」「口を開ける」「座る」「なめる」「触る」「擦り付け」「舌を出す」「前肢をふる」「体をふる」「飛び込む」「浮上す

る」「背をむける」「腹見せ」である。

それぞれの行動パターンについてその行動頻度を各セッションで測定し、1 セッションあたりの平均行動頻度を求めたところ、ロッキーとバニアで行動頻度に大きな違いが見られた。まず、ロッキーは陸上では 7 種類、水中では

Table 1. Behaviors presented in front of the mirror

a. On land	
Abbreviation	Behavior
Moving backward	Moving back with being watching the mirror
Standing up	Standing up in front of the mirror.
Hitting	Hitting the mirror with the forelimb
Opening the mouth	Opening the mouth toward the mirror
Sitting	Sitting in front of the mirror with being watching the mirror
Licking	Licking the mirror
Touching	Touching the mirror image with the forelimb
Rubbing	Rubbing the head, back or body to the mirror
Showing the tongue	Showing the tongue toward the mirror
Shaking the forelimb	Shaking the forelimb with being watching the mirror
Shaking the body	Shaking the body with being watching the mirror
b. In water	
Abbreviation	Behavior
Jumping	Jump into the water towards the mirror
Hitting	Hitting the mirror with the forelimb
Opening the mouth	Opening the mouth toward the mirror
Emerging	Emerging from the bottom of the pool to in front of the mirror
Licking	Licking the mirror
Touching	Touching the mirror with the forelimb
Rubbing	Rubbing the head, back or body to the mirror
Showing the tongue	Showing the tongue toward the mirror
Turning away	Turning away to the mirror with being watching the mirror
Shaking the body	Shaking the body with being watching the mirror
Showing the belly	Showing belly to the mirror

5種類の行動が確認でき (Figure 4), それらの合計の頻度は34回であった。各行動の平均行動頻度 (Figure 4) をみると, 陸上に鏡を設置した場合では, 鏡を見ながら「後ずさる」, 鏡に向かって「口を開ける」などの行動が見られ, 次いで鏡に頭部やからだの「擦り付け」, 鏡に向かって「舌を出す」という行動であった。水中の場合は, 鏡に向かって水中に「飛び込む」行動が多かったが, それ以外は単発的なわずかな行動のみであった。このように, ロッシーは陸上, 水中とも鏡に対する行動の頻度は高くなく, いずれの呈示場所においても一つの行動について1セッション (30分間) で散発的なものであった。

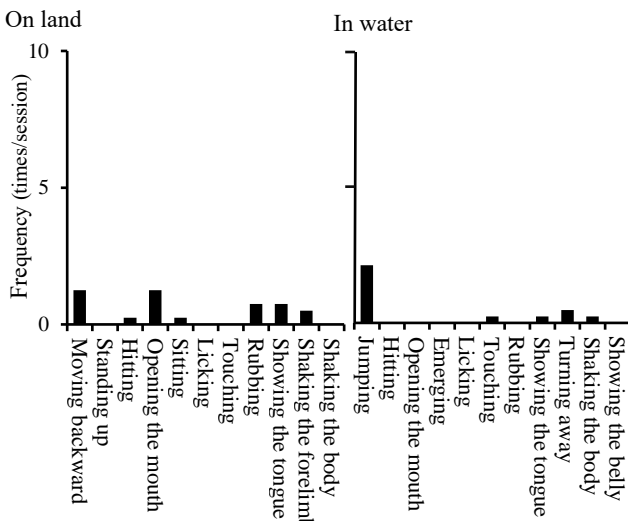


Figure 4. Frequency of each behavior of Rossy.

これに対して, バニアはさまざまな行動が見られ, 陸上と水中どちらでも11種類の行動が観察され (Figure 5), 合計

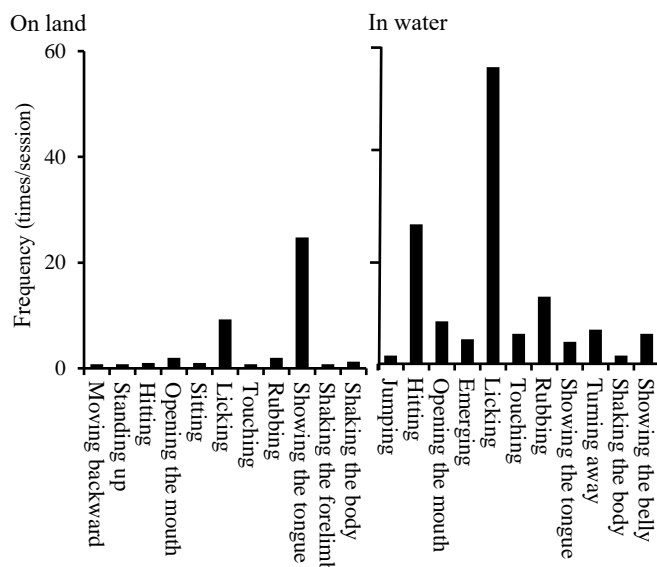


Figure 5. Frequency of each behavior of Vania

の頻度は691回であった。それぞれの行動の平均行動頻度 (Figure 5) では, 鏡を陸上に設置した場合では鏡に向かって「舌を出す」, 鏡の像を「なめる」などの行動が多く確認でき, 水中の場合では「なめる」, 鏡を「叩く」, 頭部やからだの「擦り付け」などの行動をよく呈していた。陸上, 水中ともこれらの行動は1セッション当たり10回以上観察され, それ以外の行動もよく見られた。全体として, ロッシーよりもバニアのほうが行動パターンも行動頻度も多く, 鏡の前での行動の多様性が滞在率に反映した滞在時間の長さに反映していることがわかった。

3. 行動パターンのカテゴリー分け

3-1. 行動カテゴリー

本研究で見られた行動 (Table 1) を, 同じクマ科に属するジャイアントパンダにおける分類 (Ma *et al.*, 2015) に基づいて区分した (Table 2)。すなわち, 「凝視」, 「探査」, 「攻撃的行動」, 「親和的行動」 「その他」である。

まず, 「凝視」には「(鏡を見ながら) 背を向ける」が該当し, 「探査」には鏡像を確認する行動として「触る」「前肢をふる」「体をふる」「口を開ける」などが該当する。鏡像を敵とみなすような「攻撃的行動」は「後ずさる」「立ち上がる」「叩く」「飛び込み」などである。「なめる」「擦り付け」「舌を出す」「腹見せ」などは鏡像を友好的あるいは親和的な対象とみていると考えられ「親和的行動」である。

「(鏡の前に) 浮上する」「座る」は鏡自体に対する関心とは考え得るが, その目的は特定できなかったため, 「その他」に分類した。

Table 2. Category of behavior

Category	Behavior
Viewing	Turning away
Investigation	Touching
	Shaking the forelimb
	Shaking the body
Aggressive Behavior	Opening the mouth
	Moving backward
	Standing up
	Hitting
Amicable Playing	Jumping
	Licking
	Rubbing
	Showing the tongue
	Showing the belly
	Others
	Sitting

From Ma *et al.* (2015)

3-2. カテゴリー別の行動の割合

Table 2 に示した各行動カテゴリーにおける行動について、該当する行動の頻度を合計して全体に占める割合を求めた。

まずロッキーについて、Figure 6 が各カテゴリー別行動の割合である。ロッキーは、上述したように全体の行動頻度自体が少なかったが（34回）、その行動カテゴリーの内訳をみると、まず陸上では、凝視は観察がなく0%、探査は35%、攻撃的行動は30%、親和的行動は30%であった。水中の場合は凝視14%、探査14%で、攻撃的行動64%、親和的行動7%となった。陸上、水中通して攻撃的行動の割合が高い値を示した。

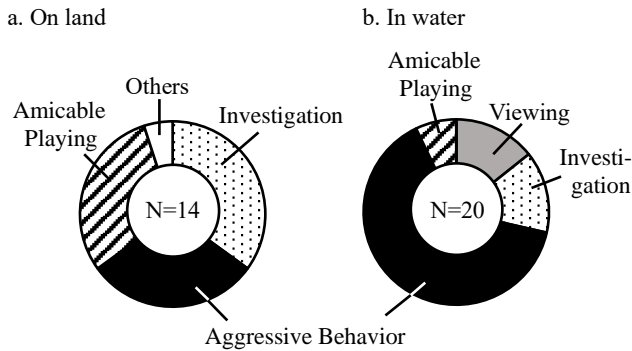


Figure 6. Behavior percentages of Rossy in each category. N indicates the total number of behaviors.

一方、バニア（Figure 7）については、まず陸上呈示では凝視は観察されず、探査は11%、攻撃的行動が6%であったが、親和的行動は88%にもなった。水中の呈示においては、凝視は5%、探査12%、攻撃的行動21%であるのに対し、親和的行動は59%と最も高い割合となった。バニアにおいては、水中、陸上通して、親和的行動が最も高い割合であることが明らかとなった。

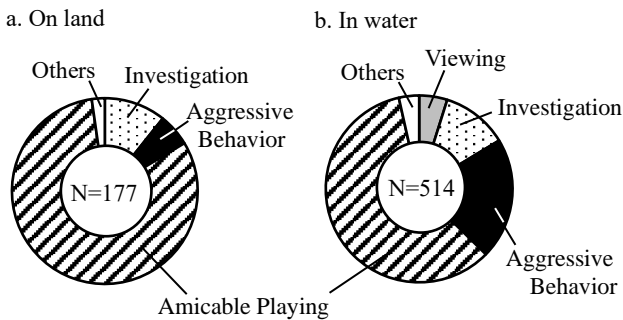


Figure 7. Behavior percentages of Vania in each category. N indicates the total number of behaviors.

考 察

本研究ではホッキョクグマの鏡に対する反応に顕著な個体差が認められた。まず、鏡の前での滞在時間から、個体

により鏡に対する関心の度合いが顕著に異なることが明らかとなった。すなわち、オスのロッキーは鏡への関心が低く、メスのバニアは関心が高い結果となった。しかしながら、水中に呈示した場合と空气中に呈示した場合とでそれぞれの個体自体では両者に大きな差があったとは言えず、鏡に対する関心は呈示位置によらず同程度と考えられた。鏡の前の行動についても両被験体で差が認められた。ロッキーは鏡の前の行動自体が少ないため顕著な特性を断言することは難しいが、少ない行動の中でも鏡像に対する敵対的な行動である攻撃的行動が多くみられ、いわゆるヒトの鏡像誤認とも思える反応であった。一方、バニアは鏡の前での行動頻度も多く、その行動には多様性があった。そしてそれらをカテゴリー別に分類した割合については親和的行動が高い割合を占め、ロッキーとは顕著な違いであった。これらのことから、ロッキーは鏡像を敵対的な対象と考え、バニアは必ずしも警戒する対象ではなく、親和的な対象ととらえていることが推察された。このように、鏡像に対する認識がホッキョクグマという種の中で統一されたものではなく、個体差があることが明らかとなった。ホッキョクグマと同じマ科であるジャイアントパンダでは少なくとも鏡像を自己とは認識していないことが報告されており（Ma *et al.*, 2015）、本研究におけるロッキーと共通している。また、バニアは鏡像を自己と認識しているかは断言できないが、ジャイアントパンダでは鏡像を（自己ではないものの）同種とみなしている可能性が指摘されており（Ma *et al.*, 2015）、バニアも同様かもしれない。

これまで鏡像認知に関しては、シャチでは4個体中1個体が全く鏡に反応を示さなかった。マークテストにおいては、チンパンジー（Swartz and Evans, 1991）ではマークテストに合格したのは11個体中1個体のみで、アジアゾウ（Plotnik *et al.*, 2006）では3個体中1個体だけがマークに反応した。また、カササギ（Prior, Schwartz and Güntürkün, 2008）では5個体中2個体がマークテストに失敗している。このように鏡像に対する反応には個体差が見られており、社会性を営む動物でもすべての個体が自己の認知ができるわけではないことが推察される。Plotnik *et al.* (2006)はこうした個体差の原因としては、個体によって自己認知能力自体を持たないこと、外観を探索することに関心を持っていないこと、視力が不足していること、鏡の大きさが小さかったことなどを挙げている。本研究では被験体が鏡像を視認できるよう設定されたので視力や鏡の大きさについては該当しないと思われるが、それ以外のことは個体差が見られたことの要因として考え得るかもしれない。

ただ、本研究における個体差は雌雄差に由来したものである可能性もある。ホッキョクグマは長期間維持されるような群れはつくり、オスは数か月集団になることはあるものの、それ以外は単独生活である。本研究のオスのロッキーについては、同じく単独生活をするジャイアントパン

引用文献

ダ (Ma *et al.*, 2015) においても同様な反応が見られ、孤立性の強い動物には鏡像自己認知の能力は生きていく上で必須ではないのではないかと考察されているが、オスのホッキョクグマでも同様かもしれない。しかしながら、本研究のわずか1個体の知見では断定は難しい。一方、ホッキョクグマのメスは子育ての期間が長いうえ(約2年半)、生涯にわたり子どもを産み続ける(デロシエール, 2014)ことから子どもと行動をとにすることが多い。こうした雌雄で社会的な行動の機会に差がある種として、そうした生態の違いが鏡像に対する認識や反応の違いに反映しているとも考え得る。ホッキョクグマは2歳半で親離れし、通常は4歳から5歳で成熟するが、その時期はメスよりもオスのほうが早い(Stirling, 2002)。4歳であるオスのロッキーはちょうど成熟するところであり、鏡の像をオスの他個体として認識し、一方バニアは親離れした年齢であり、ここで向社会性が芽生え鏡に映る自分を認識し始めたことも考え得る。ヒトでは向社会的な行動を示す時期と自己認識が起き始める時期が一致している(Lewis and Ramsay, 2004)が、ホッキョクグマでも同様なことがあるのかもしれない。

鏡の呈示のみを行った知見では、魚類のオニイトマキエイ(Ari *et al.*, 2016)が鏡の呈示に対してヒレを翻すなど、通常とは異なる行動をみせ、断定はできないものの鏡像を自分自身と認識しているのではないかとされ、鯨類で集群性の弱いイロワケイルカにおいても、鏡像に対して強い関心を示すことなどが報告された(Murayama, 2011)。また、マークテストでカササギ(Prior, *et al.*, 2008)やホンソメワケベラ(Kohda *et al.*, 2019)などが鏡像の認知能力を有している。これらのことから必ずしも個体同士の結びつきが強い動物ではなくとも、あるいは日常的に他個体との関係を推量・認識できる社会生活を営む動物でなくても、一定の鏡像認識やその可能性を有することが考えられる。自己の認識が知的機能の進化に伴う一般的な認知機能の表れとも考え得る。個体差があるということはそうした認知機能の萌芽に違いがあるということであろうか。

本研究におけるメスのバニアは鏡像を親和的な対象ととらえていることが推察できるが、本研究では鏡像に対する反応にだけ着目したものであり、対照実験は設定していないため、鏡に対する反応が鏡像自体に関心があっただけなのか、自己に向けられた行動であるのかは判断できない。また、事前に鏡を呈示する馴致期間を設けずに鏡の呈示を開始したため、攻撃的な行動(社会に向けられた行動)と自己に向けられた行動が混在する形で現れたことも考え得る。これは自己を認識する萌芽的段階で留まったものか、単に鏡に対する学習不足によるものなのかは今後の検証が必要である。また、マークテストのような、より直接的に自己認知を探る方策も有効である。

Ari, C., and D'Agostino, D.P. (2016). Contingency checking and self-directed behaviors in giant manta rays: Do elasmobranchs have self-awareness? *Journal of Ethology*, 34, 167–174.

Delfour, F., and Marten, K. (2001). Mirror image processing in three marine mammal species: Killer whales (*Orcinus orca*), false killer whales (*Pseudorca crassidens*) and California sea lions (*Zalophus californianus*). *Behavioural Processes*, 53, 181–190.

デロシエール, A.E. (2014). ホッキョクグマ. 東京: 東京大学出版会. (原著: Polar Bears: A guide to their Biology and Behavior. The John Hopkins University Press).

Gallup, G. G., Jr. (1970). Chimpanzees: Self-recognition. *Science*, 167, 86–87.

Hyatt, C. W., and Hopkins W. D. (1994). Self-awareness in bonobos and chimpanzees: A comparative perspective. In S. T. Parker, R. W. Mitchell, and M. L. Boccia (Eds.), *Self-awareness in animals and humans* (pp.248–253). Cambridge: Cambridge University Press.

Kohda, M., Hotta, T., Takeyama, T., Awata, S., Tanaka, H., Asai, J., and Jordan, AL. (2019). If a fish can pass the mark test, what are the implications for consciousness and self-awareness testing in animals? *PLoS Biology* 17(2): e3000021.

Lewis, M. and Ramsay, D. (2004). Development of self-recognition, personal pronoun use, and pretend play during the 2nd year. *Child Development*, 75, 1821–1831.

Ma, X., Jin, Y., Luo, B., Zhang, G., Wei, R., and Liu, D. (2015). Giant pandas failed to show mirror self-recognition. *Animal Cognition*, 18, 713–721.

Murayama, T. (2011). Preliminary study of mirror self-recognition in Commerson's dolphin. *Saito Ho-on Kai Museum of Natural History, Research Bulletin*, 75, 1–6.

Patterson, F. G. P., and Cohn, R. H. (1994). Self-recognition and self-awareness in lowland gorillas. In S. T. Parker, R. W. Mitchell, and M. L. Boccia (Eds.), *Self-awareness in animals and humans* (pp.273–290). Cambridge: Cambridge University Press.

Plotnik, J. M., de Waal, F. B. M., and Reiss, D. (2006). Self-recognition in an Asian elephant. *Proceedings of the National Academy of Science*, 103, 17053–17057.

Prior, H., Schwartz, A., and Güntürkün, O. (2008). Mirror-induced behavior in the magpie (*Pica pica*): Evidence of self-recognition. *PLoS Biology*, 6, 1642–1650.

Reiss, D., and Marino, L. (2001). Mirror self-recognition in the bottlenose dolphin: A case of cognitive convergence.

南條由香里, 田地川恭仁, 河村茂保, 柿島安博, 村山司

Proceedings of the National Academy of Science, 98, 5937–5942.
Stirling, I. (2002). Polar Bear. In W.F. Perrin, W.F., B. Wursig, and J.G.M Thewissen (Eds), *Encyclopedia of Marine Mammals* (pp.945-947). San Diego: Academic Press.
Suarez, S. D., and Gallup, G. G. (1981). Self-recognition in

chimpanzees and orangutans, but not gorilla. *Journal of Human Evolution*, 10, 175–188.
Swartz, K. B., and Evans, S. (1991). Not all chimpanzees (*Pan troglodytes*) show self-recognition. *Primates*, 32, 483–496.
doi.org/10.1073/pnas.0503935102

要 旨

単独性の生活をするホッキョクグマの認知特性は不明な点も多い。本研究ではホッキョクグマの社会的認知を探るための予備的段階として、鏡に写った像を認識できるか、また、その反応に個体差があるかを調べた。飼育下の2個体のホッキョクグマ（オスのロッキーとメスのバニア）に対して水中および陸上で鏡を呈示した。その結果、鏡像に対する反応には個体差が見られ、ロッキーは鏡に写った像に攻撃的な行動を見せたのに対し、バニアはロッキーよりも長い間鏡の前にとどまり、さまざまな親和的な行動を示した。このことからロッキーは鏡像を敵対的な対象と考え、バニアは親和的な対象と捉えていることが明らかとなった。

キーワード: ホッキョクグマ, ミラーテスト, 個体差