

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04720

研究課題名(和文) ウミガメ類における行動可塑性の高い性格の個体を用いた生息域外保全新手法の提案

研究課題名(英文) Ex situ conservation programmes utilizing the behavioral plasticity in environmental manipulation for endangered sea turtles

研究代表者

工藤 宏美 (KUDO, HIROMI)

東京大学・大気海洋研究所・海洋科学特定共同研究員

研究者番号：80649757

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、状況に応じて行動を変える能力を示す行動可塑性の高い個体の性格を調べ、動物自身が新たな生息環境を探し増殖して野生復帰する生息域外保全の新手法を提案する。この新手法の適用する個体を選定するため、室内実験を行い、行動可塑性の高い個体の性格(大胆さ・新奇探索性)を調べた。その結果、性格が大胆で探索性の高い個体に偏る個体は行動可塑性が高いことがわかった。また、特定した性格と、野外で餌を探索する移動範囲との関連性を調べた。その結果、大胆で新奇探索性が高い行動可塑性の高い個体は、野外で広い範囲を移動する個体が多かった。また、移動範囲は、大胆さとは関係なく新奇探索性と関連性を示すことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、海洋での生態の詳細が不明である種絶滅危惧種、ウミガメ類を対象に、従来の生態そのものを管理する保全方法ではなく、本来種が示す習性(行動可塑性の高い性格)を利用することにより、個体数を増やす方法を提案する国内外において初めての試みである。今回の研究では、行動可塑性の高い性格がアオウミガメにも存在し、野外での摂餌回遊行動に関係があること、またこの性質は生息域によって異なる可能性があることを示した。この結果は、従来の生息域外保全を本研究の方法を加えることによって、生態が不明な絶滅危惧種にも適用可能になる点に意義がある。

研究成果の概要(英文)：We investigated the personalities (boldness/exploration) and behavioral plasticity of green sea turtles, which demonstrate their ability to alter their behavior according to the situation, and propose a new method of ex situ conservation in which animals themselves search for new habitats, nesting beach, and return to the sea. To select individuals in which this new method would be applied, laboratory experiments were conducted to investigate the personality (boldness/exploration) of individuals with high behavioral plasticity. The results revealed that bold and highly exploratory individuals have increased behavioral plasticity. We also investigated the relationship between the identified personalities of the turtles and the home range for foraging in the sea. Further, the range of movement was related to exploration regardless of boldness.

研究分野：行動生態学

キーワード：絶滅危惧種 移動性野生動物 ウミガメ 行動可塑性 行動シンドローム パーソナリティ 生息圏 生息域外保全

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

多くの場合、絶滅危惧種の適切な保全対策には、状況に応じた手法開発が必要である (IUCN, 環境省)。近年の絶滅危惧種の保全方法に、生息域外保全がある (IUCN, 環境省, 図1)。この方法は、生物を保護し、増やして野生に復帰させ定着させるものである。しかし、絶滅に瀕する移動性野生動物 (海棲哺乳類・ウミガメ類) は、生態自体が明らかでないため、人為的手法の効果の査定ができない。そのため、これらの種には、人が操作する従来の生息域外保全の適用ができない。



そこで、申請者は、人為的操作の過程を行動可塑性の高い個体に能動的に行わせることで解決を目指す。一般に、行動可塑性は環境に応じて個体が行動を変化させることで (Shi 2011)、普遍的現象として多くの分類群で確認されている (Svartberg & Forkman, 2002)。行動可塑性の高い個体が適応して子孫に受け継がれれば集団に広まり個体群が維持される (Forsman 2008)。そのため、行動可塑性の高い個体の適応現象を解明することは、絶滅危惧種の保全に貢献できるといえる。

この構想は、絶滅危惧種アカウミガメを用いた生息域外保全の新技术として提案している (図2)。これは、産卵回帰行動にみられる行動可塑性の高い個体を移植し、動物自身が新たな

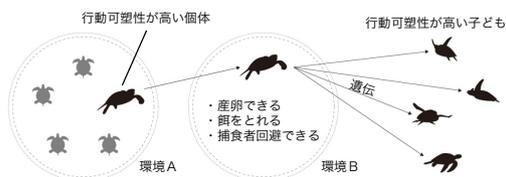


図2. 行動可塑性の高い個体を用いた絶滅危惧種アカウミガメの生息域外保全の新技术

生息環境を探し増殖して野生復帰する手法である (図2)。もし、産卵回帰行動の可塑性が高い個体が、産卵以外の生息環境の変化に適応しない場合、産卵できても野生復帰できない。したがって、産卵以外の場面で行動可塑性の高い個体の選定基準を確立する必要がある (別課題で実施)。

また、申請者が提案する新技术をウミガメ類に適用するために、性格に現れる行動可塑性の獲得要因を明らかにして、適用種の範囲を設定する。性格は先天性の遺伝的基盤と経験などの後天性基盤を合わせた形成過程を持つ (Van Oers & Sinn 2013)。上述の行動可塑性の高い性格の行動特性が、個体群や種間で共通して確認されれば、行動可塑性の高さはウミガメ類に共通した獲得形質である可能性がある。この場合、本研究の提案する新技术をウミガメ類全般に適用できる。一方、行動可塑性の高さが個体群や種間で異なる場合、生息環境や経験の違いに応じて獲得した形質である可能性がある。この場合、新技术の適用は個体群ごとに設定する必要がある。そのため、アカウミガメとアオウミガメを用いて個体群比較と種間比較をすれば、行動可塑性の高い性格の獲得要因が明らかになる。最終的には、生息域外保全の移植に適した個体の選定基準と適用種の範囲を設定できると考えた。

2. 研究の目的

本研究ではウミガメ類における生息域外保全の移植に適した個体の選定基準と適用種の範囲を設定する。そのために、アカウミガメとアオウミガメの亜成体を用いて、a) 行動可塑性が高い個体の性格を特定し、b) 野外の移動範囲から個体の選定基準を設定する。また、c) 性格と移動範囲を個体群・種間比較して、行動可塑性の獲得要因を明らかにする。これより、適用種の適用範囲を設定する。以上の結果から、絶滅危惧種ウミガメ類を用いた生息域外保全の新技术を提案する。

行動可塑性の高い性格の行動特性が、個体群や種間で共通して確認されれば、行動可塑性の高さはウミガメ類に共通した獲得形質である可能性がある。この場合、本研究の提案する新技术をウミガメ類全般に適用できる。一方、行動可塑性の高さが個体群や種間で異なる場合、生息環境や経験の違いに応じて獲得した形質である可能性がある。この場合、新技术の適用は個体群ごとに設定する必要がある。そのため、アカウミガメとアオウミガメを用いて個体群比較と種間比較をすれば、行動可塑性の高い性格の獲得要因が明らかになる。

3. 研究の方法

実験は、アオウミガメの亜成体を対象に東京大学国際沿岸海洋研究センター内にある野外水槽で行う予定だったが、震災の影響で水槽やその他の設備の建設が間に合わなかった。そのため、当初の計画で予備の実験場所として設定していた大分県はぎこネイチャーセンターが所有する屋外水槽で以下の装置を用いて実験を行った (図3)。使用した個体も、大槌湾周辺の混獲個体と同様に、佐伯市越間海岸周辺の定置網の混獲個体のアオウミガメの亜成体を用いた。実験は、

5月から10月までの間に行った。また、実験場所の変更に伴って、複数種の個体の確保ができないことが判明した。そのため手法の適用種を設定する予定を、手法の適用可能な生息エリアの選定に変更した。

a) [室内実験による行動可塑性が高い個体の性格の特定]

まず、Mary & Burns 2010 の行動可塑性の定義に基づいて、網の有無の状況変化（安全なシナリオと危険なシナリオ）を設定し、個体ごとの新奇探索行動と摂餌行動がどの程度変わるか、設定した2つの状況下で餌を食べるまでの時間を計測した。危険シナリオの計測時間から安全シナリオの計測時間を引き、からの行動可塑性を調べた。次に、Réale et al. 2007 の定義に基づいて行い刺激の設定を行なった。大胆さは恐怖刺激として網を、新奇探索性は奇異な状況の刺激として鏡を用いた。まず、鏡が奇異な物になるか確認するため、水槽の一方の壁に、刺激なし、鏡にカバーをした状態、鏡のみの状態を設定し、刺激近傍におけるウミガメの滞在時間と鏡への接近時間を比較した。ここでは、鏡に顔を向けて鏡に映る自分を追尾した一連の行動を接近と定義した。次に網が恐怖刺激になるか確認するため、網の刺激なしとありの状態、刺激近傍に滞在した時間を比較した。上記の性格形質をもちいて、大胆さと探索性、および行動反応性を数値化してそれぞれの性格次元を個体にラベルした。大胆さの性格は、手網への行動反応性の平均値より大きい個体を大胆、小さい個体を臆病とした。同様に、鏡への接近時間が長い個体は、探索的、低い個体は逃避的とした。また、これら2種類の性格次元を変数とし、行動反応性の強さを分類して行動シンドロームの有無を調べた。行動可塑性は、恐怖刺激の網が水槽内にある危険な状況と網のない安全な状況での餌を食べるまでの時間を計測し、両者の差を算出し、行動可塑性の高さを示す値とした。最後に、行動可塑性の高さと行動シンドロームの関連性を調べた。

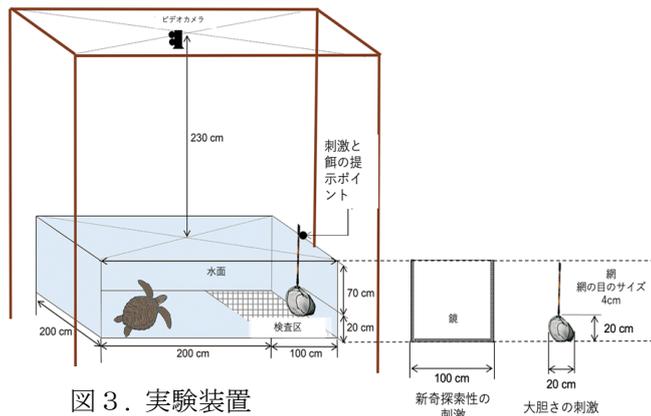


図3. 実験装置

b) [野外における行動可塑性の高い個体の移動範囲の把握]

a)で性格と行動可塑性を特定した個体を野外に放流し、位置情報を取得し、移動距離から生息圏サイズとの関連性を調べた。まず、個体の甲羅にアルゴス送信機を装着し、海洋に放流して衛星を介して位置情報を取得し、一定期間追跡し、生息範囲を調べた。行動可塑性の高い個体の性格分布と移動距離との関連性を調べた。

c) [行動可塑性が高い個体の性格と生息圏サイズの個体群・種間比較]

岩手産と大分産のアオウミガメ（別課題）で個体群比較を、大分県産アオウミガメとアカウミガメ（本研究）で、種間比較する。[a]-[c]の行動可塑性の高い個体の性格と野外での生息圏サイズを比較する。ただし、アオウミガメとアカウミガメの種間比較をするはずだったが、アオウミガメの実験設定をアカウミガメに適用できなかった。そのため、アオウミガメだけを対象に、個体群比較を通じて、提案する手法の適用可能な生息範囲を明らかにすることにした。

4. 研究成果

1) 大胆さと新奇探索性を示す性格を持つ個体が生息している

恐怖刺激として設定した網がある場合は網がない場合と比較して網付近に設定した検査区への滞在時間が有意に短くなった（図4）。また、新奇刺激として設定した鏡がある場合は鏡がない場合と比較して網付近に設定した検査区への滞在時間が有意に長くなった（図4）。このことから、鏡は新奇探索性の、網は大胆さを示す刺激になることが示された。そこで大胆さの刺激を網、新奇探索性の刺激を鏡に設定し、同一刺激で1個体につき2回実験を行い、1回目と2回目の間には有意な高い相関が認められた。このことから、手網や鏡に対する応答の個体差は、時間に対して一貫した形質であり、個体の性格の指標となることが示された。

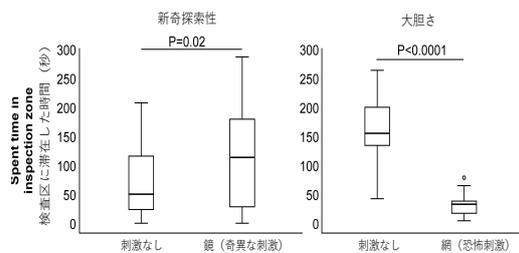


図4. 刺激の有無における反応時間の比較

図4. 刺激の有無における反応時間の比較

2) 2つの性格から行動シンドロームを示す集団と示さない集団が生息している

行動シンドロームの有無と行動可塑性との関連性を調べた結果、行動シンドロームを示さない集団では、大胆で新奇探索性が高い個体が多く性格に偏りがあり、行動可塑性が高かった。一方、行動シンドロームを示す集団は性格に偏りがなく、低い行動可塑性を示した (図5)。

3) 行動シンドロームを示さない個体は行動可塑性が高い

大分周辺では行動シンドロームを示す行動可塑性の低い個体と行動シンドロームを示さない行動可塑性の高い個体が生息しており、これまでの生息環境の履歴が異なる二つの集団が大分に来遊している可能性が示唆された。この二つの集団の遺伝的由来は同じであることから、遺伝より経験が性格や行動シンドロームに反映されていた可能性があることがわかった (図6)。

4) 行動可塑性が高く行動シンドロームを示さない個体は生息圏サイズが広い?

行動可塑性の高い行動シンドロームを示さない個体と行動可塑性が低い行動シンドロームを示す個体を野外で追跡した。その結果、前者の移動距離は長く、後者の移動距離は短かった。野外での移動距離の違いから、行動シンドロームには生息圏のサイズが関連している可能性が示唆された。そのため、遺伝的には異なる集団だが生息圏サイズが小さいことがわかっている (Okuyama et al. 2013) 沖縄県八重山諸島の黒島に生息する集団で2つの性格を計測し、行動シンドロームの有無を調べた。その結果、移動距離の短い生息圏サイズの小さいことがわかっている黒島では、行動可塑性が低く行動シンドロームがあった。これらのことから、行動可塑性の高さを示す行動シンドロームの有無には、生息圏サイズが関連することが示された (図7)。

5) 生息圏サイズは行動シンドロームの有無ではなく性格の違いで決まる?

行動可塑性の高さが反映されている行動シンドロームの有無には、生息圏サイズが関連している可能性がある。しかし、これまで観測されてきた行動シンドロームの有無と生息圏サイズの関係が、遺伝的な由来なのか個体発生的な由来なのか明らかになっていない。そのため、遺伝的由来は同じだが、移動距離と定置網による致死率 (以下、死亡率) が異なる個体の大胆さと新奇探索性の違いを調べた。まず、移動距離が異なる2つの集団が生息する大分県の混獲個体を用いて、大胆さと新奇探索性の性格を刺激提示実験で特定し、2つの集団の性格を比較した。同様の実験を、移動性が高く死亡率が低い岩手県大槌町の混獲で捕獲された個体で行い、性格を特定した後、大分県の移動性の高い集団と比較した。その結果、大分県に来遊する移動性の高い集団は、低い集団に比べて新奇探索性が高い傾向にあった。また、移動性の高い大分県の集団より、さらに移動性の高い岩手県の集団の方が、新奇探索性が高かった。次に、岩手県の死亡率が低い岩手県の集団は、死亡率が高い大分県の集団より、大胆な個体が多かった。このことから、移動距離は新奇探索性に連関するが、大胆さには連関しないことから、新奇探索性と大胆さを示す性格は異なるメカニズムで発現している可能性が示唆された (図8)。

得られた成果の国内外における位置づけとインパクト、今後の展望

本研究は、海洋での生態の詳細が不明種を用いて、従来の生態そのものを管理する保全方法ではなく、本来種が示す習性 (行動可塑性の高い性格) を利用することにより、個体数を増やす方法を提案する国内外において初めての試みである。今回の研究では、行動可塑性の高い性格がアオウミガメにも存在し、野外での行動特性と関係がある可能性を示すことができた。しかし、脊椎動物で示されている性格の獲得様式や遺伝的な背景が、ウミガメ類でどのように発現しているのかは明らかになっておらず、今後の課題としたい。

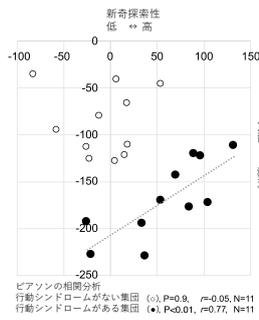


図5. 行動シンドロームの有無

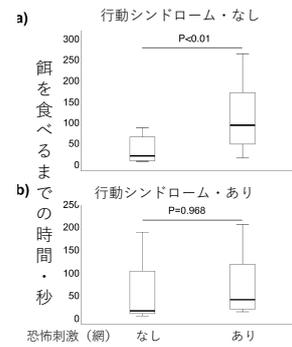


図6. 行動可塑性と行動シンドロームの有無

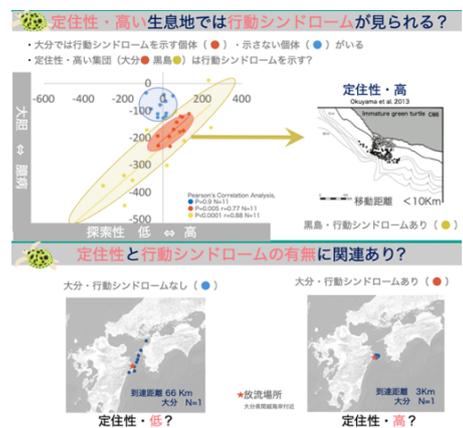


図7. 行動シンドロームと定住性の関係

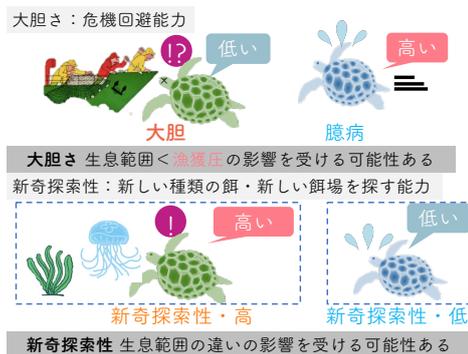


図8. 生息圏サイズに関連する性格

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kudo Hiromi, Nishizawa Hideaki, Uchida Kei, Sato Katsufumi	4. 巻 236
2. 論文標題 Boldness-exploration behavioral syndrome in wild sub-adult green sea turtles caught at Oita, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Animal Behaviour Science	6. 最初と最後の頁 105216 ~ 105216
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.applanim.2021.105216	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 工藤宏美, 内田桂, 亀田和成, 佐藤克文
2. 発表標題 アオウミガメ垂成体に見られた行動シンドロームの個体群間比較
3. 学会等名 第66回日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤宏美, 内田桂, 小林博樹, 佐藤克文
2. 発表標題 アオウミガメを用いた行動シンドローム研究の試み
3. 学会等名 第36回日本行動学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 工藤宏美, 内田桂, 小林博樹, 佐藤克文
2. 発表標題 アオウミガメ垂成体の大胆さ・臆病さと新奇探索行動の可塑性との関連
3. 学会等名 第65回日本生態学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------