

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：82617  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2010 ～ 2012  
 課題番号：22770089  
 研究課題名（和文）伊豆諸島-小笠原諸島間における沿岸性海産魚類の生物地理学的研究

研究課題名（英文）Phylogeography of marine fishes between the Izu and Ogasawara islands

研究代表者  
 栗岩 薫 (KAORU KURIWA)  
 独立行政法人国立科学博物館・動物研究部・特定非常勤研究員  
 研究者番号：50470026

研究成果の概要（和文）：日本における浅海性魚類相の多様性を明らかにする上で最も興味深い海域の一つである伊豆諸島-小笠原諸島間について、アカハタを用いた生物地理学的研究により、黒潮の大蛇行と伊豆-小笠原弧に起因して同海域で南北両方向の分散が起こり、遺伝的な集団構造が形成されることを明らかにした。また、伊豆諸島と小笠原諸島の間に位置する無人島群・豆南諸島における浅海性魚類相を初めて明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Phylogeography of Blacktip Grouper, *Epinephelus fasciatus* (Teleostei: Serranidae), revealed that fluctuation of the Kuroshio Current and the Izu-Ogasawara island arc caused fish dispersal between the Izu and Ogasawara islands, occurring intraspecific genetic population structure. In addition, we held the first survey in history for shore fishes in the Zunan Islands, uninhabited volcanoes located between both islands, and reported the ichthyofauna in the islands.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学、生物多様性・分類

キーワード：遺伝的多様性

1. 研究開始当初の背景

伊豆諸島から小笠原諸島にかけての海域（右図 1）は、日本の浅海性魚類における多様性を理解する上で最も興味深い海域の一つである。例えば、小笠原諸島はほぼ同緯度にある沖縄よりも高緯度に位置する伊豆諸島と魚類相に類似性が高いことが示唆されている。しかし、それを定量データで示した研究はほとんどないのが現状であった。さらに、両諸島の間には豆南諸島と呼ばれる無人

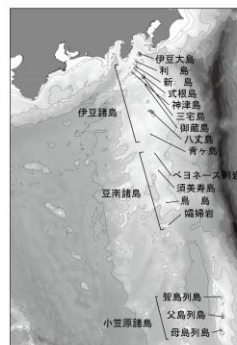


図1 伊豆諸島、豆南諸島および小笠原諸島の地図。これら三つの島嶼群は伊豆・小笠原弧と呼ばれる島弧を形成している。

島群が存在し、この海域に至っては一度も魚類相調査が行われたことはなかった。

## 2. 研究の目的

伊豆諸島-小笠原諸島海域で網羅的に採集した魚種を用いて生物地理学的研究を行うことにより、同海域における浅海性魚類の多様性を明らかにすることを目的とした。

(1) ある特定の魚種を用い、その種内の形態学および遺伝的多様性を比較し、さらに遺伝的集団構造を明らかにすることを試みた。

(2) 同海域における採集調査では、上記の特定の魚種以外にも浅海性魚類全般を網羅するような採集を行い、同海域における魚類相を明らかにすることで、種多様性を明らかにすることも試みた。

## 3. 研究の方法

(1) まず、採集の対象海域を以下の三つとした。一つは伊豆諸島で、同諸島北部の伊豆大島と神津島、および同諸島南部の八丈島と青ヶ島を重点的に調査した。二つ目は魚類学者未踏の海域である豆南諸島で、四つの無人島すべてを調査した。三つ目は聳島列島・父島列島・母島列島三つの島嶼群から形成される小笠原で、北端の一ノ岩から南端の姪島まで大小多くの島嶼を網羅的に調査した。

生物地理学的研究を行う浅海性魚種として、スズキ目ハタ科アカハタを用いた。アカハタはインド・太平洋域のサンゴ礁から岩礁域に生息し、同科内で最も広い分布域をもつ。研究代表者の水中観察からは、本種はサンゴ礁域に生息する個体は最大体サイズが最大でも40cm未満と小さく、体色は白色やオレンジ色が強い個体が多い一方、岩礁域に生息する個体は全長50cmに達するものもあり、鮮やかな赤色の個体が多いことから、種内の遺伝的多様性が高いことが推察される。伊豆諸島-小笠原諸島海域においては、伊豆諸島では岩礁域が広がり、小笠原諸島では岩礁域にサンゴ礁が混じるなど、絶好の環境である。

(2) 対象海域を含めた西部太平洋から広く採集した約1,000個体のアカハタは、新鮮なうちに筋組織を切り出して100%エタノールに浸液し、DNA解析に用いた。抽出したDNAからmtDNAのチトクロム**b**遺伝子~調節領域約2 kbpの配列をPCR法で増幅し、決定した。この配列を用い、最尤法とベイズ法による分子系統解析、およびハプロタイプネットワーク解析を行った。さらに、ミスマッチ分布およびAMOVAによる集団遺伝学的解析を行い、遺伝的集団構造を明らかにした。

(3) アカハタを含めた採集したすべての魚類は、魚体は国立科学博物館の魚類学術標本ナショナルコレクションに登録した。DNA解析に用いた筋組織は同館のDNA資料ナショナルコレクションに登録し、決定した配列は国立遺伝学研究所の遺伝子データベースに登録した。また、標本写真および採集調査の際に撮影した魚類の水中写真は、神奈川県立生命の星・地球博物館の魚類写真資料データベースに登録した。

## 4. 研究成果

(1) まず、西部太平洋域に生息するアカハタには、遺伝的に大きく分化した3つの種内系統(A, B, C)が存在することが明らかとなった(図2)。

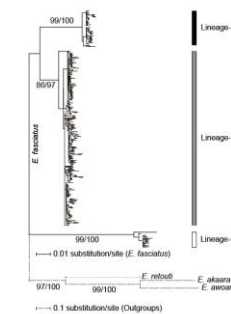
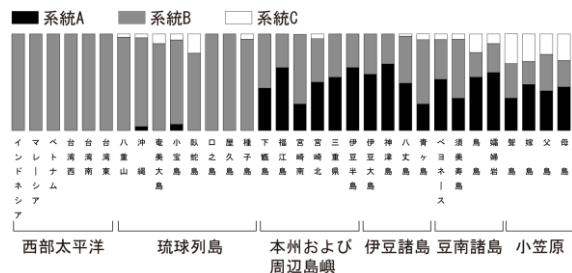


図2 日本周辺海域を含む西部太平洋域のアカハタにおいて検出された、遺伝的に大きく分化した3つの種内系統。mtDNA Cyt b~CRの2061 bp, TN93+I+Gモデルに基づく最尤系統樹。

種内系統Aは本土九州以北の日本周辺海域のみで検出された。種内系統Bはすべての採集地から検出されたが、特に台湾以南(台湾・ベトナム・マレーシア・インドネシア)ではこの系統のみが検出された。種内系統Cは小笠原から多く検出された。このように、アカハタでは3つの種内系統が各集団(各地域)で異なる頻度で分布することにより、特徴的な遺伝的集団構造を形成することが明らかとなった(図3)。解析した配列の進化速度から各種内系統間の分岐年代を推定したところ、種内系統AおよびBは約31~95万年前の中期更新世に、種内系統Cは約71~190万年前の前期更新世に分岐したことが推察された。

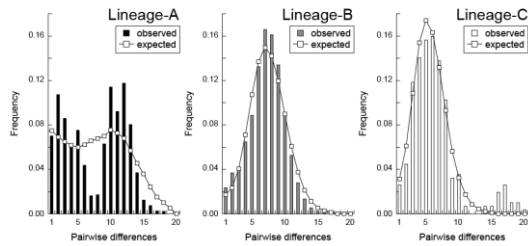
図3 日本周辺海域および西部太平洋域32集団におけるアカハタの遺伝的集団構造。縦軸は頻度を表す。



各種内系統が分岐した前期および中期を含む更新世は、琉球列島が大陸とつながって陸

橋を形成したり、海水面の上昇で陸地の一部が水面下に沈み島嶼域となったりを繰り返した時期であり、前者においては黒潮の流路が現在とは異なることが知られている。各種内系統のミスマッチ分布を見てみると(図4)、

図4 アカハタ種内系統(A, B, C)におけるミスマッチ分布

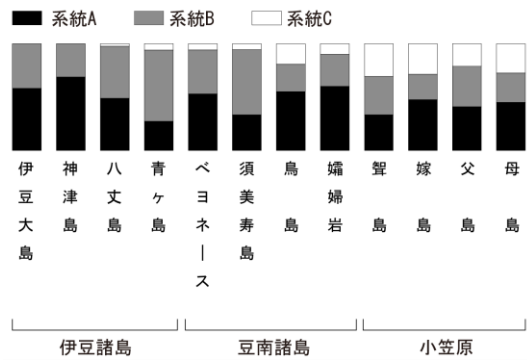


系統Aでは二峰性の分布を示し、これはおそらく更新世における黒潮の流路変動によって二度分化したA集団の二次接触を表すことを示唆している。一方、系統Bはもともと琉球列島まで分布していたのが、黒潮のベルトコンベヤー効果によって九州以北まで分布を広げてきたことが考えられる。これは、琉球列島以南では系統Aがほとんど見られないこと、九州太平洋側の宮崎北と宮崎南、九州東シナ海側の福江島と下甕島、両側の宮崎北と福江島、宮崎南と下甕島、それぞれのAおよびBの頻度を比較した結果、黒潮の影響が強い集団でBの頻度が高いことなどから支持される。系統Cは小笠原の各集団で高い頻度で検出されたが、集団拡大前後の推定集団サイズから分布の中心は本研究での採集地以外の場所にあることが推定された。引き続き採集地を広げて解析することが必要である。

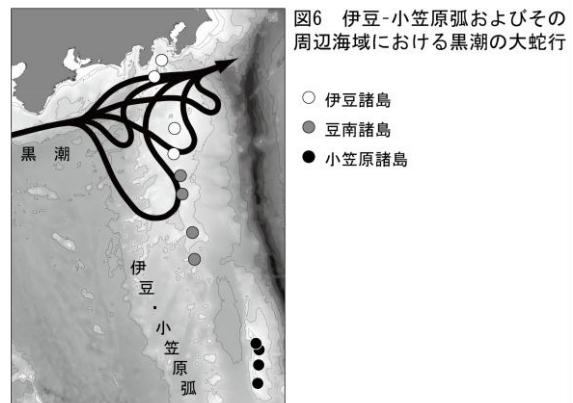
また、アカハタ種内に見られる色彩の変異はmtDNAの3系統とは関係がなく、おもに食性に代表される環境要因によるものと考えられた。同様に、最大体サイズも冬期の低水温による繁殖期間の長さや回数の制限に起因することが示唆された。

(2) 図5は、各種内系統の頻度を伊豆諸島-小笠原諸島海域の各集団だけで比較したものである。系統Aは伊豆諸島北部の神津島および伊豆大島で高く、小笠原へ南下するに従って頻度がやや低くなる傾向にある。系統Bは、伊豆諸島南部の八丈島および青ヶ島、豆南諸島北部のベヨネース列岩および須美寿島で頻度が高い。系統Cは小笠原各集団で高頻度で検出され、豆南諸島すべてと伊豆諸島南部の八丈島および青ヶ島で低頻度で検出されたが、伊豆諸島北部では頻度はゼロだった。

図5 伊豆諸島-小笠原諸島におけるアカハタの遺伝的集団構造 縦軸は頻度を表す。



これらの原因として、伊豆諸島周辺海域では黒潮が大蛇行することが知られており(図6)、これによって伊豆諸島から小笠原への魚類の分散・移住が起こっていることが考えられる。黒潮が最も高頻度で横切る伊豆諸島南部から豆南諸島北部では、琉球列島以南および本州沿岸からの分散・移住によって、系統Bの頻度が高くなっていることが推察される。一方、小笠原から伊豆諸島への分散・移住は、黒潮が逆に障壁となって働き、系統Cが伊豆諸島北部では検出されない結果になっていると考えられる。

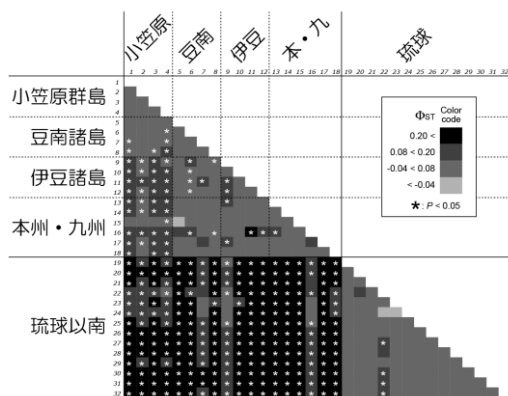


さらに、伊豆諸島・豆南諸島・小笠原諸島は伊豆-小笠原弧と呼ばれる島弧を形成する(図6)。浅海性魚類は仔魚期に分散した後、浅海にて着底することが必要になるため(飛び石理論)、このような島弧の存在は浅海性魚類の分散・移住が可能かどうかの一つの鍵になる。これらから、伊豆諸島-小笠原諸島海域では、黒潮の大蛇行と伊豆-小笠原弧の存在という二つの理由により、南北両方向での浅海性魚類の分散・移住が起こっていることが示唆された。

(3) 日本周辺海域を含む西部太平洋域32集団のアカハタを用いて集団構造解析SAMOVAを行った結果、小笠原から本土九州までの集団グループと、琉球列島以南の集団グループ2つに分けられた( $K=2$ ,  $\Phi_{CT}=0.239$ ,  $\Phi$

$\sigma_c=0.046$ ,  $\Phi_{ST}=0.274$ )。ところが、豆南諸島集団を除いて同様の解析を行うと、小笠原集団が独立した集団グループを形成し、小笠原・伊豆諸島～本土九州・琉球列島以南の3つの集団グループとなる。これは、集団間のペアワイズ $\Phi_{ST}$ 解析の結果からも示唆される(図7)。小笠原集団は独自の集団構造をもちつつも豆南諸島集団と類似性をもち、豆南諸島集団は伊豆諸島集団とも類似性をもちため、このような結果になると考えられる。つまり、豆南諸島が伊豆諸島と小笠原諸島間で飛び石の役割をしていることが、(2)で示した各種内系統の分布頻度だけでなく、集団構造解析においても示されたということである。

図7 西部太平洋域32集団のアカハタにおけるPopulation  $\Phi_{ST}$ 解析



従来、物理的障壁が存在しない浅海性魚類では遺伝的な集団構造が形成されにくいとされていたが、上述の通り黒潮のベルトコンベヤーと障壁という相反する二つの役割、そして伊豆諸島海域における大蛇行、さらに伊豆-小笠原弧の存在により、仔魚期の浮遊期間が長いアカハタにおいてさえも特徴的な遺伝的集団構造が形成されていることが明らかとなった。

(4) 本研究によって副次的ではあるがもう一つ、特筆すべき結果が得られた。アカハタで見られた集団のグルーピングにより、本土九州以北と琉球列島の間には大きな遺伝的集団構造の境界が存在し、さらに小笠原と伊豆諸島間にやや大きい集団構造の境界が存在することが明らかになったが、これは南日本の魚類相を用いたクラスター解析の結果(Senou and Matsuura, 2012)と一致する。本研究は、南日本の魚類相構造を、種レベルで支持する初めての報告である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計3件)

- ①西部太平洋域におけるアカハタ遺伝的集団構造の歴史的成り立ち、栗岩 薫、2010年度日本魚類学会シンポジウム「黒潮と日本の魚類相・ベルトコンベヤーか障壁か」、2010年9月23日～26日・三重県文化会館
- ②洋上222年の孤独～絶海の無人島群・豆南諸島の魚類相と生物地理、栗岩 薫・千葉 悟・松浦啓一、2011年度日本魚類学会、2011年9月29日～10月2日・弘前大学
- ③伊豆諸島-小笠原群島間におけるアカハタの系統地理、栗岩 薫・千葉 悟・本村浩之・松浦啓一、2012年度日本魚類学会、2012年9月21日～24日・水産大学校

[図書] (計1件)

栗岩 薫、アカハタにおける進化の歴史的変遷、pp. 75-96 In: 松浦啓一(編)、東海大学出版会、黒潮の魚たち、2012、150

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

栗岩 薫 (KURIIWA KAORU)

国立科学博物館・動物研究部・特定非常勤  
研究員

研究者番号：50470026

### (2) 研究分担者

なし

(3)連携研究者  
なし