

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2005-2008

課題番号：17570021

研究課題名 (和文) チゴガニ地域集団間における社会行動の変異と遺伝的変異

研究課題名 (英文) Geographic variation in social behavior and genetic population structures in *Ilyoplax pusilla* (Crustacea: Dotillidae)

研究代表者 和田 恵次

(WADA KEIJI)

奈良女子大学・共生科学研究センター・教授

研究者番号：80127159

## 研究成果の概要：

干潟に生息するチゴガニが示す社会行動の waving display とバリケード構築行動に地理的な変異が存在するか、また存在する場合、その地域間の差異をつくる要因は何かを検討した。また各地域集団間の遺伝的類縁関係を、ミトコンドリア DNA を指標に解析した。Waving の様式とバリケード構築行動頻度はともに、南方の集団が、他の集団とは違った特徴を示した。この2つの社会行動の地理的変異は、それぞれの地域集団のもつ固有の行動特性によるものであることが野外実験から示された。遺伝的特徴においても、南方の集団が他の集団からかけ離れた特徴を示すことが明らかとなった。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	1,600,000	0	1,600,000
2006 年度	600,000	0	600,000
2007 年度	700,000	210,000	910,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,500,000	390,000	3,890,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：遺伝子 行動学 進化 生態学 動物

## 1. 研究開始当初の背景

動物の社会行動は、個々の種ごとに固定されたものとは限らない。それは、その種がもっている地域集団の間で変異をもって存在しており、その変異の様式は、その行動がその種で発達してきた歴史、進化史を反映したものともみさせる。社会行動は、同種個体間の関係をつくっているため、その特性は、個々

の集団がもつ個体群特性に結びついたものとして発現されているはずである。しかし、社会行動の地理的変異を扱った研究自体少なく、ましてその変異を個々の地域集団のもつ個体群特性や遺伝的特性と結びつけて論じようとした研究は皆無である。

干潟に群生する小型のカニ、チゴガニは、干潟上で、はさみ脚をリズムカルに動かす waving display を行う。この行動は、雌への

求愛と他の雄への牽制のシグナルとして機能しているとされているが、この行動が、チゴガニの地域集団で、どのような変異をもっているかは、これまで調べられたことがない。さらにチゴガニは、他の動物群では見られない極めてユニークな社会行動を示すことが知られている。それは、近隣他個体の巣穴横に砂泥のバリケードを造り、これによって間接的に自己のなわばりを維持するというものである。このバリケード構築行動については、さらに同じチゴガニ属の他種でも見られることが知られているが、同じ種内で、このユニークな行動が、どのような変異をもっているかは不明である。

本研究では、チゴガニにおけるこの2つの社会行動を取り上げ、これらが、チゴガニの分布する宮城県沿岸から沖縄県までの様々な地域集団で、どのような変異をもっているかを定量的データで明らかにするとともに、その変異が、各地域集団のもつ生態的特性と遺伝的特性とどのように関連しているかを明らかにしようとするものである。

本研究は、海産の無脊椎動物において、社会行動の地理的変異を扱った最初の研究となるだけでなく、集団間における社会行動の変異と遺伝的変異との関連性を検討する点で、社会行動の進化に、これまでにない新たな視点を与えるものとなる。

## 2. 研究の目的

### (1) waving display 様式とバリケード構築行動頻度の地理的変異

チゴガニ雄個体が繁殖期に示す求愛行動の waving display が、地域集団間でどのような変異をもっているかを明らかにする。また、泥の構築物によってなわばりを維持するというバリケード構築行動が、地域集団間で、その頻度にどのような違いがあるかを検討する。

### (2) 地域集団間の遺伝的類縁関係

チゴガニの地域集団が示す社会行動の変異が、集団のもつ遺伝的特性に結びついていないかを明らかにするため、各地域集団間の遺伝的類縁関係を見出す。

### (3) バリケード構築行動頻度の地理的変異をつくる要因

バリケード構築行動の頻度が、地域集団間で異なる理由としては、バリケード状構築物に対する忌避性が、地域集団によって異なることが考えられる。このことを検証するため、バリケード構築傾向の強い集団と弱い集団とで、バリケード状構築物に対する忌避反応

を評価する。これにより、バリケード構築行動頻度の地理的変異が、それぞれの地域集団に固有の行動特性に由来するものかが明らかになる。

### (4) waving display の地理的変異をつくる要因

チゴガニの waving display の様式にみられた地域間差異が、地域集団固有の行動特性によるものが、それとも個々の地域のもつ外的条件に依存するものかを明らかにするため、waving display の様式が大きく異なる2つの地域集団間で、雄個体の相互移植実験を行い、移植個体が、移植先で示す waving 様式が、元の生息地集団に特徴的なものか、それとも移植先の集団に特徴的なものかを評価する。

## 3. 研究の方法

### (1) waving display 様式とバリケード構築行動頻度の地理的変異

チゴガニ分布域の北限近くから南限近くまでをカバーするように、宮城県蒲生、千葉県新浜、和歌山県内之浦、熊本県合津、奄美大島役勝川、沖縄県羽地内海の6地域の集団を取り上げ、2005年から2007年にかけて、それぞれの地域で、雄の waving display のビデオ録画と、一定面積当たりの巣穴数とバリケード数の記録を行った。さらに現地において、生息密度を、一定面積の掘り返しによる採集により明らかにするとともに、生息場所の環境特性として、調査時の気温、底質、潮位高、共存する他種のカニ類を記録した。

録画されたビデオから、waving 特性として、単位時間当たりの waving 回数、waving 1回に要する時間、はさみ脚を垂直に上下する動かし方とはさみ脚を回す動かし方の頻度、さらにはさみ脚が最上位で伸びきる動かし方と曲がったままの動かし方の頻度を、1地域につき、53-109個体について解析し、集団間での相違を検討した。各地域集団におけるバリケード構築頻度は、巣穴1個当たりのバリケード数を求め、それを地域間で比較した。

### (2) 地域集団間の遺伝的類縁関係

社会行動の地理的変異を明らかにするために設定された宮城県から沖縄県までの6地域集団について、15-20個体の標本採集を行い、サンプルからミトコンドリアDNAを抽出し、COI領域(519bp)を読み、それを基に遺伝的距離から遺伝的分化係数を求め、地域集団間の遺伝的分化の程度をみた。

### (3) バリケード構築行動頻度の地理的変異をつくる要因

バリケード構築頻度が高い和歌山県内之浦の集団と、バリケード構築頻度が低い奄美大島役勝川の集団について、人工のバリケードを巣穴横に設置し、それに対する反応をみる野外実験を行った。即ち、各巣穴横に砂泥のバリケードを設置し、その後巣穴所有個体が巣穴外に出てから10分間の行動を観察し、その間にバリケードをこわすかどうか、またこわさない場合は、その行動圏がバリケードを避ける方向に片寄るかどうかをみた。試験個体は、内之浦で257個体、役勝川で269個体であった。

#### (4) waving display の地理的変異をつくる要因

Waving で、はさみ脚を伸ばしきる動かし方をする頻度が高い奄美大島役勝川の集団と、その頻度が低い和歌山県内之浦の集団の間で、雄の相互移植実験を行った。実験 I では、2007年5-6月に役勝川の雄10個体を内之浦に移植した。対照群として、内之浦の雄10個体を採集し、運搬を経て、内之浦にもどすようにした。試験個体は、いずれも1個体ごとに、透明板で仕切られた区画に放し、5日間 waving をビデオ録画し、その waving 様式が、伸脚型をとる頻度を求めた。

実験 II では、2007年6-7月に、内之浦の雄10個体を役勝川に移植した。対照群として、役勝川の雄10個体を採集し、運搬を経て、役勝川にもどすようにした。試験個体は、実験 I と同じように、1個体ごとに区画内に放し、6日間、waving をビデオ録画し、その waving 様式が伸脚型をとる頻度を求めた。

#### 4. 研究成果

##### (1) waving display 様式とバリケード構築行動頻度の地理的変異

waving 特性の中で、時間特性である単位時間当たりの waving 回数と waving1 回当たりの時間は、同一地域内でも時期によって大きく異なる特徴を示したのに対して、はさみ脚の動かし方の2つの特性では、同一地域内で時期的な相違はないことが明らかとなった。そこで同一地域内で、時期的な相違がない2つの特性を、6地域間で比較したところ、はさみ脚を垂直に動かす様式をとる頻度に地域間の差異は認められず、はさみ脚を伸ばしきる様式をとる頻度に顕著な地域差が認められた。即ち、奄美大島の集団が、その頻度が最も高く、続いて沖縄本島の集団が続く、日本本土の4集団は、いずれも、その頻度が同じように低いという特徴を示した。

バリケード構築頻度は、北の集団（宮城県・千葉県）ほど高く、南の集団（奄美大島・沖縄本島）ほど低いという地理的クラインを示した。

生息場所の潮位高は、各地域とも潮間帯の中上位にあったが、底質は、奄美大島のみ、砂レキ混じりの泥質で、他はすべて泥質であり、この違いがバリケード構築頻度と関連しているものと推察された。また共存する他のカニ類は、熊本県の集団以南でのみ認められ、他種のカニ類の混生が、バリケード構築頻度が少なくなっている理由のひとつとも考えられた。

##### (2) 地域集団間の遺伝的類縁関係

チゴガニの地域集団においては、本土の4地域の間では遺伝的分化が認められないのに対し、南部の2集団（奄美大島・沖縄本島）が本土の集団から大きく分化しており、なかでも奄美大島の集団が、沖縄本島の集団よりも本土集団から、よりかけ離れた特徴を示した。即ち、遺伝的特性においても、南部の2集団は、waving 様式とバリケード構築頻度と同じように、際立った特徴を示したと云える。

##### (3) バリケード構築頻度の地理的変異をつくる要因

人工バリケードに対する反応実験の結果は、バリケードをこわす割合は、役勝川の方が、内之浦よりも有意に高く、こわさない場合に地上活動域がバリケードを避ける方向に片寄る傾向は、内之浦の方が、役勝川よりも有意に高かった。即ち、バリケード構築行動頻度が低い集団は、バリケードをこわす傾向が強く、かつバリケードを避ける傾向は弱いことが示された。以上の結果より、バリケード構築行動頻度の地域間変異は、地域集団に固有の、障壁物に対する忌避性の違いに由来するものと理解される。

##### (4) waving display の地理的変異をつくる要因

実験 I では、役勝川の雄個体は、移植先の内之浦でも、現地の雄個体である対照群に比べて、伸脚型の waving 頻度が有意に高いという結果となった。実験 II でも、内之浦の雄個体は、移植先の役勝川においても、現地の雄個体である対照群に比べて、伸脚型の waving 頻度が有意に低いという結果となった。以上の結果から、チゴガニにおける waving 様式の地理的変異は、地域集団固有の行動特性によるものであり、地域のもっている外的条件によって形成されるものではないと結論付けられる。

#### 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14件)

- 1) Yamada, A., Furukawa, F. & Wada, K. Geographic variations in waving display and barricade-building behaviour, and genetic population structure in the intertidal crab *Ilyoplax pusilla* (de Haan, 1835). *Journal of Natural History*, 43, 17-34, 2009. 査読有
  - 2) Ohata, M. & Wada, K. Are females of *Ilyoplax pusilla* (Brachyura: Dotillidae) attracted to groups having more waving males? *Journal of Ethology*, 27, 191-194, 2009. 査読有
  - 3) Ohata, M. & Wada, K. Is barricade building behavior linked to pair formation in the dotillid crab *Ilyoplax pusilla*? *Crustacean Research*, 37, 63-66, 2008. 査読有
  - 4) Furukawa, F., Yamada, A., Ohata, M & Wada, K. Geographic variation of barricade-building behaviour in the intertidal brachyuran crab *Ilyoplax pusilla*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88, 967-973, 2008. 査読有
  - 5) Ohata, M. & Wada, K. The effect of neighbors' sex on waving frequency by male *Ilyoplax pusilla* (Brachyura: Dotillidae). *Journal of Crustacean Biology*, 28, 216-219, 2008. 査読有
  - 6) Nagahashi, R., Kitaura, J., Kawane, M. & Wada, K. The rare shore crab *Pseudogelasimus loii* (Brachyura, Thoracotremata) rediscovered in Vietnam and genetic support for its assignment in the family Dotillidae. *Crustacean Research*, 36, 37-44, 2007. 査読有
  - 7) Miura, T., Kawane, M. & Wada, K. A new species of *Deiratonotus* (Crustacea: Brachyura: Camptandriidae) found in the Kumano River Estuary, Kyushu, Japan. *Zoological Science*, 24, 1045-1050, 2007. 査読有
  - 8) Kitaura, J. & Wada, K. Evolution of waving display in brachyuran crabs of the genus *Ilyoplax*. *Journal of Crustacean Biology*, 26, 455-462, 2006. 査読有
  - 9) Kitaura, J. & Wada, K. New species of *Ilyoplax* (Brachyura: Ocypodidae: Dotillinae) from the Philippines and Indonesia: behavioral, molecular, and morphological evidence. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 54, 373-379, 2006. 査読有
  - 10) Ohata, M. & Wada, K. Do earthen structures more often deter barricade-building species than non-building species in crabs of the family Dotillidae (Brachyura, Ocypodoidea)? *Crustaceana*, 79, 285-291, 2006. 査読有
  - 11) Backwell, P., Jennions, M., Wada, K., Murai, M. & Christy, J. Synchronous waving in two species of fiddler crabs. *Acta Ethologica*, 9, 22-25, 2006. 査読有
  - 12) Kitaura, J., Nishida, M. & Wada, K. The evolution of social behaviour in sentinel crabs (*Macrophthalmus*): implications from molecular phylogeny. *Biological Journal of the Linnean Society*, 88, 45-59, 2006. 査読有
  - 13) Ohata, M., Wada, K. & Koga, T. Waving display by male *Scopimera globosa* (Brachyura: Ocypodoidea) as courtship behavior. *Journal of Crustacean Biology*, 25, 637-639, 2005. 査読有
  - 14) Thanh, P. D., Wada, K., Sato, M. & Shirayama, Y. Effects of resource availability, predators, conspecifics and heterospecifics on decorating behaviour by the majid crab *Tiarinia cornigera*. *Marine Biology* 147, 1191-1199, 2005. 査読有
- [学会発表] (計 9 件)
- 1) 山田有紗・古川文美子・和田恵次, チゴガニにおける社会行動の地理的変異と遺伝的集団構造, 日本甲殻類学会, 2008年11月15日, 鹿児島大学
  - 2) 座安佑奈・和田恵次, チゴガニ雄個体の waving 様式の地理的変異がつけられる要因, 日本甲殻類学会, 2008年11月14日, 鹿児島大学
  - 3) 大島麻里・和田恵次, チゴガニにおける waving display の求愛機能, 日本生態学会, 2008年3月15日, 福岡国際会議場
  - 4) 古川文美子・山田有紗・大島麻里・和田恵次, チゴガニのバリケード構築行動にみられる地理的変異, 日本甲殻類学会, 2007年10月13日, 東京海洋大学
  - 5) 大島麻里・和田恵次, チゴガニ *Ilyoplax pusilla* 雄の waving に対する近隣個体の性の影響, 日本プランクトン学会・日本ベントス学会, 2006年9月30日, 広島県立産業技術交流センター
  - 6) 川根昌子・和田恵次・渡辺勝敏, 生息場所特性の異なる潮間帯カニ類4種の遺伝的集団構造, 日本プランクトン学会・日本ベントス学会, 2006年9月30日, 広島県立産業技術交流センター
  - 7) 北浦純・和田恵次, チゴガニの

- waving 様式の進化過程, 日本甲殻類学会, 2005年11月13日, 奈良女子大学
- 8) 大島麻里・和田恵次, コメツキガニ科カニ類におけるバリケード構築種と非構築種の間での砂泥構築物に対する反応の相違, 日本甲殻類学会, 2005年11月13日, 奈良女子大学
- 9) 奈良有夏・和田恵次・北浦純, イワガニ上科カニ類6種の社会行動様式の比較, 日本甲殻類学会, 2005年11月13日, 奈良女子大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

和田 恵次

奈良女子大学・共生科学研究センター・  
教授

研究者番号：80127159

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし