

ムツゴロウの生態—VII

—干潟上での行動と環境要素との関係—

古賀 秀昭

Ecological Study of Mudskipper—VII Relationship between Behavior of Mudskipper on Tidal Flat and Some Environmental Factors

Hideaki KOGA

Abstract

Mudskipper, *Boleophthalmus pectinirostris* appear on tidal flats in the low water and feed, and the males in the breeding season repetitively jump, which is defined as courting behavior. In winter, the fish seldom appear on tidal flats except on especially warm and fine days. Even in their active period, it is said that their appearance changes with the weather. Then, the relationship between their appearance, jumping and some environmental factors was examined by means of multiple regression analysis.

In a low temperature period, their appearance was much more in a clear and warmer day. In other period, it was much more during spring tide than during neap tide, and not related to the weather condition. In march to April and October to November, their appearance was explainable above fifty percents by only two explanatory variables, which were atmospheric temperature and weather, and tidal range and atmospheric temperature, respectively.

Main jumping period was in May to July. Jumping had some periodicity, and was not related the environmental factors at all. It was presumed the fish spawned simultaneously as a spawning shoal in some period when was during neap tide to spring tide.

はじめに

ムツゴロウはハゼ科の水陸両生魚であり、干出時には泥中の生息孔(巣)から干潟表面に上り摂餌行動を行う。また、産卵期の雄は求愛行動とされるジャンプを繰り返す等干潟上の行動は活発である¹⁻⁶⁾。本種の干潟上への出現は摂餌行動と直接的に結びついており、干潟上への出現と環境との関係を把握することは、資源生態を知るうえで重要と考えられる。

両者の関係については、出現は大潮時に多く、

小潮時には少ないこと。産卵終了期を除くと温度との相関は高く、また、気温が低い時期以外は天候に左右されず、さらに、期間を通じて風とは関係なく出現すること等が明らかにされている⁷⁾。ここでは、重回帰分析により本種の干潟上への出現と環境要素との関係を求め、また、産卵行動とされるジャンプと環境との関係について検討を加えたので以下に報告する。

材料及び方法

1. 調査地点, ムツゴロウ出現状況

Fig. 1 に示す佐賀県六角川河口の干潟（地盤高 2.5~4.3m）において、1990年7月17日から1992年7月31日までの約2年間にわたり、原則として休日を除く毎日出現状況を調査した。調査時刻は、本種の高密度分布域が干出する満潮3時間後とし、出現の程度はCR法により産卵期前後の極めて出現が多い状態（2~3尾/m²）を「5」、以下、多い「4」、普通「3」、少ない「2」、極めて少ない

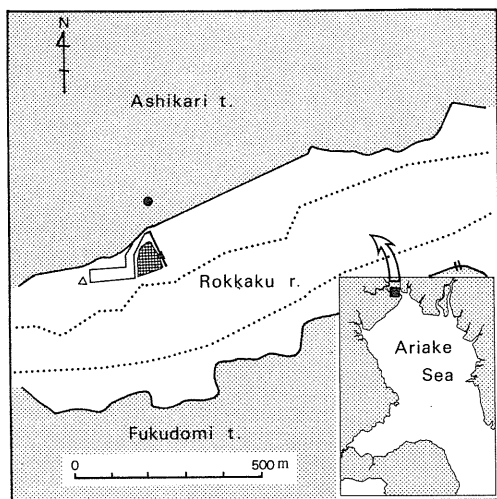


Fig. 1. 調査場所

Map of the investigating location. Meshed mark shows observing tidal flat. Solid circle and open triangle show the measuring point of the atmospheric and mud temperature, respectively. Solid triangle shows the point of observing mud-skipper and measuring weather and wind speed.

「1」、全く出現が無い状態を「0」とし、ジャンプについても同様である。なお、解析にはこの数値をそのまま用いた。

当調査域は1986年から設定されている採捕禁止区域に位置しており、漁獲による生息数の減少はない。また、人が近づいても、他の干潟に生息するムツゴロウとは異なり逃避行動をとることが極めて少なく、観察には絶好の条件を備えている。なお、1992年9月の調査結果⁸⁾では佐賀県有明海沿岸で最もムツゴロウの生息密度が高い干潟の1つである。

2. 環境要素の測定

1) 気象

天候は、調査時の雲量等により快晴を6、晴れを5、以下、薄曇り4、曇り3、小雨2、雨1と数値化した。気温は当水産振興センターの棒状水銀温度計により、風速は調査地点において携帯型風向風速計により30秒間の平均風速を測定した。

2) 干潟泥温

Fig. 1 に示す地盤高4.1mの干潟に測温抵抗体（CHINO製 JPT100Ω, 5 mA, CLASS B）8本を干潟表面、10, 20, 35, 50, 75, 100, 150cm層に設置し、連続測定を行った。数値は連続記録計（CHINO製 AH420-GKN）にアナログデータとして記録され、また、毎正時には各層の瞬時値が記録される。解析には、アナログデータから読み取った調査時刻の干潟表面の値を用いた。

3) 潮汐

潮汐の指標として日平均潮位差を佐賀県有明海漁業協同組合連合会発行の潮汐表により求めた。

結果及び考察

1. 期間毎の干潟上への出現の最良重回帰式

ムツゴロウの生態に合わせ3~4月を活動開始期、5~7月を産卵期、8~9月を産卵終了期、10~11月を越冬準備期、越冬期間⁹⁾を除く12月を越冬直前期とし、以上5期間について、出現の程度を目的変数、泥温を除く観測が容易な環境4要

素（天候、気温、風速、潮位差）を説明変数とし、変数減少法による重回帰分析⁹⁾を行った。ここでは、自由度調整済み重相関係数（以下 \bar{R} ）が最も大きな値をとった重回帰式を最良モデルとみなし、その結果を Table 1. に示した。

活動開始期の3~4月には、風速が除かれたモ

デルが $\bar{R}=0.642$ を示し、最良となった。回帰式で説明される部分の割合とされる寄与率は0.659を示し、この式から約66%が説明出来る。分散分析の結果、分散比(以下 F_0)は39.22で回帰は1%水準で有意となった。さらに、3個の説明変数の偏回帰係数も検定の結果1%水準で有意となり、この回帰式は干潟上出現の予測に役立つと言える。次に、どの変数が最も回帰式に寄与しているかを標準偏回帰係数で判断すると、気温、天候、潮位差の順となり、ムツゴロウの出現は温暖な好天の日で、しかも大潮時に多いものと考えることが出来る。

産卵期である5~7月には、天候が除かれたモデルが最良となった。寄与率は0.329と3~4月に比べると低い値であったが、 F_0 、偏回帰係数ともに1%水準で有意となったことから、全体としては有効なモデルと言えよう。標準偏回帰係数は、潮位差、気温、風速(負)の順となり、ムツゴロウの出現は大潮時の温かな日に多く、風が強いと

若干ではあるが少なくなる傾向がうかがえる。

産卵がほぼ終了した8~9月には、潮位差のみのモデル、すなわち1次回帰式が最良となった。寄与率は0.235と最も低かったが、 F_0 も偏回帰係数ともに1%水準で有意であった。気温との関係が全期間中唯一認められなかったが、この理由として、30°C以上の高温はむしろ出現の制限要因となること⁷⁾があげられる。以上のことから、この時期の出現は、大潮時により多く、気象条件にはほとんど左右されないものと考えられる。

小野原¹⁾以来、ムツゴロウ親魚の県内での分布調査が数回にわたり実施されているが^{8,11-13)}、その調査時期は8、9月の大潮時である。このことは、出現の条件が同一であったことを示しており、その結果の信頼性は高いものと言えよう。今後の分布調査についても、その日の天候、風速、気温等の気象条件の如何にかかわらず、大潮時に実施すればよいことを示唆している。

越冬準備期の10~11月には、産卵期と同様に天

Table 1. 変数減少法による干潟上出現の期間毎最重回帰式

The best linear multiple regression model of appearance on tidal flat of mudskippert obtained by backward elimination method.

Period	Partial regression coefficient				Const.	R ²	\bar{R}	AIC	F ₀
	Weather	Wind	A. Temp.	T. range					
Mar. to Apr.	0.30** (0.33)	—	0.22** (0.58)	0.29** (0.23)	-3.85	0.659	0.642	172.6	39.22**
May to July (breeding period)	—	-0.10** (-0.20)	0.08** (0.36)	0.48** (0.40)	-0.32	0.329	0.313	344.9	20.93**
Aug. to Sept.	—	—	—	0.37** (0.48)	1.02	0.235	0.221	157.2	17.47**
Oct. to Nov.	—	-0.13* (-0.18)	0.10** (0.32)	0.72** (0.54)	-2.56	0.567	0.549	225.7	32.70**
December	0.25* (0.33)	-0.10 (-0.17)	0.25** (0.50)	0.37 (0.25)	-4.27	0.594	0.520	73.5	8.05**

The best models were determined by the largest value of \bar{R} .

R² : Coefficient of determination. 寄与率(決定係数)

\bar{R} : Multiple correlation coefficient adjusted for the degrees of freedom. 自由度調整済み重相関係数

() : Standard partial regression coefficient. 標準偏回帰係数

** : Significant at 1% level. * : Significant at 5% level.

候が除かれたモデルが最良となった。寄与率は0.567と比較的大きいことから有効なモデルと言えよう。標準偏回帰係数も、産卵期と同様に潮位差、気温、風速（負）の順であったが、その値は、産卵期に比べ潮位差だけがより大きいことから、この時期のムツゴロウの出現の中心は大潮時であるが、温かな日にはより多く、風が強いと若干ではあるが出現が少なくなる傾向にあるものと考えられる。

越冬直前の12月には、全ての変数を含むモデルが最良となった。寄与率は0.594と比較的大きな値を示したが、F₀は一応1%水準で有意となったものの、他の期間に比べ小さく、さらに、偏回帰係数も1%水準で有意な変数は気温だけで、風速、潮位差は有意ではなく、干潟上への出現を十分に説明しているとは言いがたい。ただ、低温となるこの時期の出現は、温暖で好天の日が多いことは間違いないさそうである。

以上、期間毎に重回帰式による出現と環境要素

の関係について述べたが、出現と環境要因との相互相関から得られた結果⁷⁾とほぼ同様であった。つまり、全体的にみると、ムツゴロウの干潟上への出現は、低温期には好天で気温が高い日に、その他の時期には気象条件にはさほど左右されず、主に大潮時に多いものと考えられた。大潮時により多く出現する理由として、小潮時には干潟の乾燥という物理的な制限を受けるものの⁷⁾、約1日リズム（Circadian rhythm）と潮汐リズムの干渉作用によってムツゴロウが獲得した約15日周期の月リズム¹⁰⁾により大きく支配されているためであろう。

2. 環境要素による干潟上への出現予測

本種の干潟上への出現の程度を予測することは、摂餌日数の推定や生態観察の機会を知るうえで一助となると考えられる。前述した期間毎の最良重回帰式により予測することは可能であるが、説明変数が多いと計算も複雑になり、ましてや図形化することは不可能である。2つの説明変数の場合

Table 2. 2説明変数による期間毎干潟上出現の重回帰式

Two left explanatory variables' linear multiple regression model of appearance on tidal flat of mudkipper obtained by backward elimination method.

Period	Partial regression coefficient				Const.	R ²	\bar{R}	AIC	F ₀
	Weather	Wind	A. Temp.	T. range					
Mar. to Apr.	0.32** (0.35)	—	0.22** (0.60)	—	-3.00	0.609	0.597	179.4	48.32**
May to July (breeding period)	—	—	0.07** (0.61)	0.46** (0.38)	-0.18	0.292	0.281	350.0	26.61**
Aug. to Sept.	—	—	—	0.37** (0.48)	1.02	0.235	0.221	157.2	17.47**
Oct. to Nov.	—	—	0.11** (0.33)	0.68** (0.51)	-2.68	0.537	0.525	229.0	44.03**
December	0.24* (0.31)	—	0.30** (0.62)	—	-3.65	0.525	0.485	73.8	13.26**

R² : Coefficient of determination. 寄与率（決定係数）

\bar{R} : Multiple correlation coefficient adjusted for the degrees of freedom. 自由度調整済み重相関係数

() : Standard partial regression coefficient. 標準偏回帰係数

** : Significant at 1% level. * : Significant at 5% level.

には3次元の図が描けることから、説明変数を2個まで減少した時点での重回帰式を求めた。ただし、最良モデルが1次回帰式であった産卵終了期については除外した。

その結果を Table 2. に示したが、全ての期間において回帰は1%水準で有意となった。しかしながら、回帰式によって50%以上説明出来る寄与率が0.5以上でなおかつ \bar{R} も0.5以上の値を示したのは活動開始期、越冬準備期の2期間に過ぎなかった。そこで、この2期間の出現傾向を Fig. 2-1,2 に例示した。

3～4月の活動開始期の干潟上出現は、気温と天候の2要素で表され、気温の傾きが大きいことから、出現は天候より気温により大きく左右され

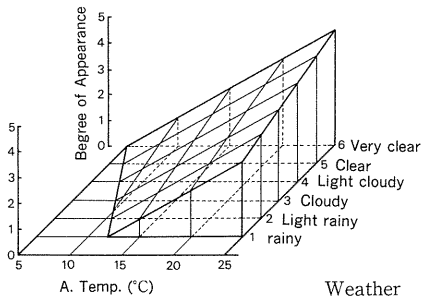


Fig. 2-1. 活動開始期における出現予測3次元図
Three dimensions graph forecasting appearance of mudskipper on tidal flat in March to April.

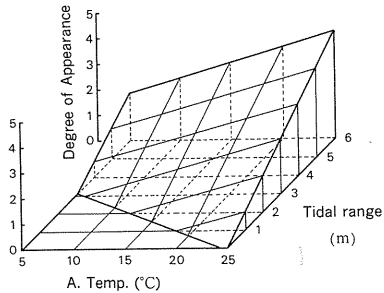


Fig. 2-2. 越冬準備期における出現予測3次元図
Three dimensions graph forecasting appearance of mudskipper on tidal flat in October to November.

ることがわかる。気温が25°Cの場合には、天候に関係なく「3」以上の出現が予測される。一方、気温15°Cの場合には、快晴時においても「2」を若干上回る程度で、雨天時には「1」以下となり出現する可能性は微妙となる。なお、干潟上出現の下限温度は12～13°Cとされており⁷⁾、下限温度以下では出現は期待出来ない。

10～11月の越冬準備期の干潟上出現は、潮位差と気温の2要素で表され、潮位差の傾きが大きいことから、出現は気温より潮位差により大きく左右されることがわかる。なお、この時期の平均潮位差は、大潮の1～2日後が最も大きく5～5.5m程度、小潮の1～2日後が最も小さく1.5～2m程度である。潮位差5mの大潮時には、気温が20°C以上であれば「3」以上の出現が予測される。一方、潮位差2mの小潮時には、気温が25°Cと高くても「1」と「2」の間に過ぎず、15°Cの場合にはほとんど出現は期待出来ない。

3. 求愛行動（ジャンプ）と環境

求愛行動とされるジャンプ^{4,5)}の状況を年毎に

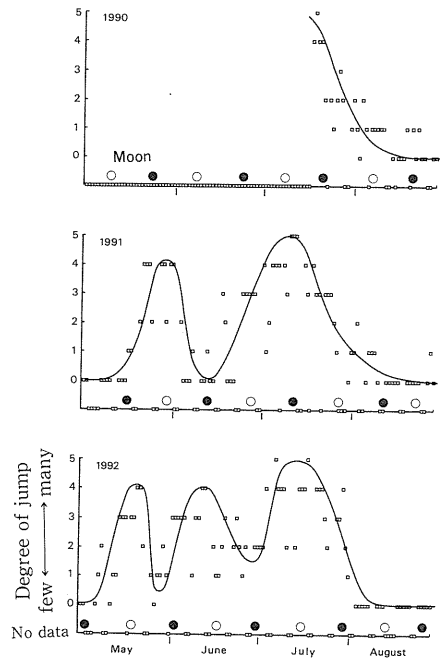


Fig. 3. 年毎のジャンプ状況
Changes of jumping of mudskipper in each year.

Table 3. 各測定項目の平均値とジャンプとの相関係数（5～8月）

Mean values of each item and correlation coefficient with jump in breeding period.

	Jump	Appear.	Weather	W. speed	A. temp.	M. temp.	T. range
Mean value	2.06	3.03	3.95	2.91	26.65	26.89	3.56
Correlation coefficient	—	0.55**	0.05	—0.00	0.03	0.04	0.13

** : Significant at 1% level. * : Significant at 5% level.

Fig. 3 に示した。

ジャンプがみられた期間は、1990年については7月中旬からの調査であったことから、ジャンプの始まりは不明であるが、8月に入ると急減し8月22日を最後にジャンプはみとめられなくなった。1991年は5月16日から8月27日まで、1992年は5月7日から7月31日であった。このように、ジャンプがみられた時期は年によって若干異なるものの、5月上・中旬から7月までが主であり、8月には稀となった。また、ジャンプには不規則な増減期が明瞭に認められ、1991年には5月下旬、7月上・中旬の2回、1992年には5月中旬、6月上・中旬、7月上・中旬の3回のピークがみられた。

ジャンプがみられた3カ年の5～8月について、出現、ジャンプ、各環境要素の平均値及びジャンプとその他の要素との相関係数を Table 3. に示

した。出現との相関係数は0.55と1%水準で有意であったが、環境要素との間にはほとんど相関は認められなかった。

ジャンプが産卵前行動（求愛行動）とすれば、それが急減する時期を巢ごもり、つまり産卵の最中とすることができるが、その時期は、Fig. 3. から1991年は6月上旬、1992年は5月下旬と6月下旬となる。潮汐との関係を見ると、その何れもほぼ下弦から朔、つまり、小潮から大潮にかけてであった。野田ら¹⁵⁾は、陸上水槽での本種の産卵が小潮から大潮の間に集中したと述べているが、この結果と一致している。以上のことと、ジャンプが明瞭な増減期を持っていることを考え併せると、本種の天然での産卵は、小潮から大潮にかけてのジャンプが急減する時期に、しかも群としての同時性を持ち行われていると考えてよさそうである。

要 約

1. ムツゴロウの干潟上への出現と環境要素との関係を重回帰分析により求め、また、産卵行動とされるジャンプと環境との関係について検討した。
2. 本種の干潟上への出現は、低温期には好天で気温が高い日に、その他の時期には気象条件にはさほど左右されず、主に大潮時に多いものと考えられた。
3. 3～4月の活動開始期、10～11月の越冬準備期の2期間については、本種の干潟上への出現は

それぞれ気温と天候、潮位差と気温の2つの変数でかなりの部分説明できた。

4. 求愛行動とされるジャンプは、年によって若干異なるものの、主に5月上・中旬から7月までみられ、また、不規則な増減期が明瞭に認められた。産卵は小潮から大潮にかけてのジャンプが急減する時期に、しかも群としての同時性を持ち行われているものと考えられた。

文 献

- 1) 小野原隆幸 1980：ムツゴロウの生態－I. 漁業生産，分布および成長について，佐有水試報，(7)，123-150.
- 2) 内田恵太郎 1961：ムツゴロウおよびトビハゼの生活史，日本学術協会報告，(7)，109-117.
- 3) 江波澄雄・道津喜衛1961：有明海産ムツゴロウの福岡市への移植，長崎大水産学部研報，(10)，141-148.
- 4) 道津喜衛 1974：有明海の魚族たち，ムツゴロウとトビハゼ，九州，沖縄の生き物たち，西日本新聞社，1，144-182.
- 5) 道津喜衛・的場 実 1977：有明海に跳ねる，ムツゴロウとトビハゼの行動，アニマ，5(8)，15-23.
- 6) 道津喜衛・中野昌次 1985：ムツゴロウの増・繁殖に関する研究－I. 産卵習性・催熟による採卵，昭和59年度科学研究費補助金（一般 B）研究成果報告書，1-13.
- 7) 古賀秀昭 1992：ムツゴロウの干潟上への出現と環境要素との関係，佐大農学部浅海干潟総合実験施設研究紀要，(6)，21-26.
- 8) 佐賀県有明水産振興センター 1993：平成4年度地域特産種増殖技術開発事業，魚類・甲殻類グループ総合報告書，佐1-佐.
- 9) 田中 豊・垂水共之・脇本和昌 1985：パソコン統計解析ハンドブック II多変量解析編，共立出版，東京.
- 10) 石橋貴昭 1973：ムツゴロウの行動のリズム，福岡大学理学部集報，2(1)，69-74.
- 11) 佐賀県有明水産試験場 1985：有明海特産魚介類漁業の振興に関する研究，昭和58・59年度組織的調査研究活動推進事業報告書.
- 12) 佐賀県有明水産試験場 1989：昭和63年度地域特産種増殖技術開発事業，魚類・甲殻類グループ総合報告書，佐1-佐42.
- 13) 佐賀県有明水産試験場 1991：平成2年度地域特産種増殖技術開発事業，魚類・甲殻類グループ総合報告書，佐1-佐39.
- 14) 佐賀県有明水産試験場 1992：平成3年度地域特産種増殖技術開発事業，魚類・甲殻類グループ総合報告書，佐1-佐34.
- 15) 野田進治・古賀秀昭・大隈 斉 1993：ムツゴロウの人工増殖に関する研究－VI. 産卵条件及び産卵と環境との関係，本誌，53-60.