

平成21年 4月 7日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19770018
 研究課題名 (和文) 亜熱帯マングローブ林性昆虫の体内時計を使った潮汐サイクルへの適応
 研究課題名 (英文) Mechanism and adaptive significance of the circatidal clock in mangrove forest insects
 研究代表者
 佐藤 綾 (Sato Aya)
 国立大学法人 琉球大学・理学部・助教
 研究者番号：60378560

研究成果の概要：多くの生物が約 24 時間周期の体内時計 (概日時計) を持つが、干満の周期 (約 12.4 時間) に合わせた概潮汐時計の研究は少ない。本研究により、干潮時にマングローブ林の林床で活動するマングローブスズ (バツタ目) が、約 12.6 時間周期の概潮汐時計を持つことが明らかとなった。また、多くの生物が光によって概日時計を調整するように、マングローブスズは上げ潮への接触によって概潮汐時計を調節し、野外の干満に活動を合わせている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
2007 年度	2,300,000	0	2,300,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	180,000	3,080,000

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：昆虫生態学、体内時計、マングローブ

1. 研究開始当初の背景

生物にとって、環境の変化 (一日の明暗、季節の移り変わりなど) を読み取り、それに合わせて活動することは生存上大変重要である。潮汐は、海辺の重要な環境サイクルである。満潮と干潮は午前と午後一日二回訪れ (約 12.4 時間周期)、潮間帯 (潮汐の影響を受ける場所) は満潮になると冠水し、干潮になると地面が露出する。そのため、潮間帯に生息する陸生生物は、干潮時にしか活動できず、満潮時には海水の影響を受けない場所に避難し活動を休止する必要がある。

このように潮汐サイクルは、潮間帯で活動する陸生生物にとって重要な意味を持つ。しかし、一日の活動リズムと潮汐サイクルとの関係や、潮汐の変化を読み取るのに体内時計を使っているのかどうか等が詳細に調べられたのは、主に水生の甲殻類についてのみであり、陸生生物についての研究はほとんどなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、亜熱帯や熱帯地域の特徴的な潮間帯であるマングローブ林にのみ生

息するマングローブスズ (*Apteronemobius asahinai*; バッタ目ヤチスズ亜科) を対象とし、マングローブスズがどのようにして体内時計を使い、定期的に冠水する環境に適応しているのか解明することである。

3. 研究の方法

(1) マングローブスズのもつ体内時計の周期を解明するため、野外から雄成虫を 24 匹採集し、恒常条件下 (全暗、25°C) での活動リズム (歩行活動量) を、活動記録装置を使って 24 日間記録、解析した。その後、明暗条件 (12 時間明期: 12 時間暗期、25°C) に移し、22 日間活動を記録した。

(2) 野外から雄成虫を 18 匹採集し、まず明暗条件下 (12 時間明期: 12 時間暗期、25°C) で活動リズムを 14 日間記録、解析した後、恒常条件 (全暗、25°C) に移し、12 日間活動を記録、解析した。明暗条件は、18 匹のうち半分の 9 匹では午前 0 時に明期が始まるように与え、残りの 9 匹では、午後 0 時に始まるよう与えた。

(3) マングローブスズのもつ活動リズムの同調因子を解明するため、水刺激に注目し、室内で水刺激 (浸水) を与えることのできる活動記録装置を作成した。野外から雄成虫を採集し、まず恒常条件下 (全暗、25°C) で活動リズムを 8~12 日間記録してから、30 分の水刺激 (浸水) を 12.4 時間ごとに 4 回与えてから、再び恒常条件下 (全暗、25°C) で活動リズムを 7~10 日間記録した。水刺激によってどのような活動リズムの変位が見られるか解析した。

4. 研究成果

(1) 18 匹のうち 11 匹が、恒常条件下で明瞭な一日二回の活動リズムを示し、野外の満潮の頃に休息し、干潮の頃に活動していた (図 1)。自由継続周期は、 12.56 ± 0.13 時間 ($n = 11$) であった。これ以外の個体でも、不明瞭であったが一日二回の活動リズムを示した。その後、明暗条件に移したところ、活動量は明期に抑制されたが、一日二回の活動リズムは明暗サイクルに同調しなかった。これらのことから、この一日二回の活動リズムは概潮汐リズムであり、マングローブスズは概潮汐時計を持つと結論付けた。

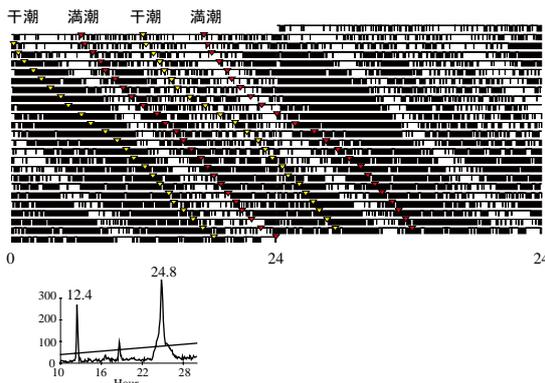


図 1. 恒常条件下でのマングローブスズの自由継続リズムの一例。横軸が 48 時間のダブルプロットで示した。左下の図は周期分析 (カイ二乗検定) の結果である。黄色と赤色の▽は、各々野外での干潮時刻と満潮時刻を示す。

(2) 明暗条件から恒常条件に移したところ、二つの明暗スケジュールのどちらの場合でも、一日二回の活動相のうち、明暗の暗期から続く活動相の方が、明期から続く活動相よりも活動量が多かった (図 2)。このことから、マングローブスズは約 24 時間周期の概日時計も保持していると考えられ、基本的には夜行性であった。ただし、この概日時計は、活動リズムの周期には影響を与えず、明期に活動を抑制することで活動量を調整する役割のみを持つと考えられた。

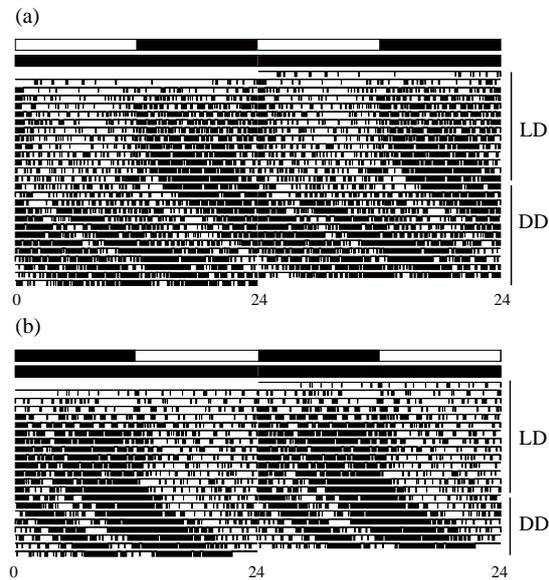


図 2. 明暗条件 (LD) から恒暗条件 (DD) に移した場合の活動リズムの一例。(a) は午前 0 時に明期 (上の白いバー) を開始した場合、(b) は午後 0 時に開始した場合を示す。

(3) 自由継続している活動リズムに周期的な水刺激を与えたところ、水刺激を与えた位相によって活動リズムの変位の方向と大きさが異なっていた。例えば、活動相の前半に水刺激を与えた場合、活動リズムは大きな位相後退を示し (図 3 b)、活動相の後半に与えると、活動リズムは大きな位相前進を示した (図 3 d)。一方で、活動相の真ん中や (図 3 c)、休息期に水刺激を与えても (図 3 a)、活動リズムは大きな位相変位を示さなかった。これらの結果を、横軸に一回目の水刺激を与えた位相、縦軸に位相変位の大きさと方向を示した図 (位相反応曲線) にまとめた (図 4)。

その結果、マングローブスズにおける概潮汐リズムの位相反応曲線の形は、多くの生物が示す概日リズムの光刺激に対する位相反応曲線に似ていた。これらの結果から、マングローブスズは水刺激を同調因子として活動リズムを野外の潮汐サイクルに合わせており、この体内時計は概日時計に似た性質を持っていると考えられた。

マングローブスズの概潮汐時計の周期は、野外の潮汐サイクルの周期より少し長めであるため、野外において干満に同調するためには活動相の終わりに水刺激を受け、常に位相前進が起こっている必要がある(図4)。つまり、野外においては、上げ潮への接触が同調因子として重要となっていると考えられた。マングローブスズが概潮汐時計を使って野外の潮汐サイクルに合わせることの適応的意義として、満潮時に活動を休止させることが挙げられる。仮に、概潮汐時計を持たず、上げ潮に接触することが刺激となって高い場所に移動するという行動様式を持っていたとしても、活動が活発のままでは水面に落下する危険性があるからである。今後の課題としては、野外の潮汐サイクルに同調させた個体とさせなかった個体の野外での死亡率の差を求めるなどして、概潮汐時計の適応的意義を検証することが挙げられる。

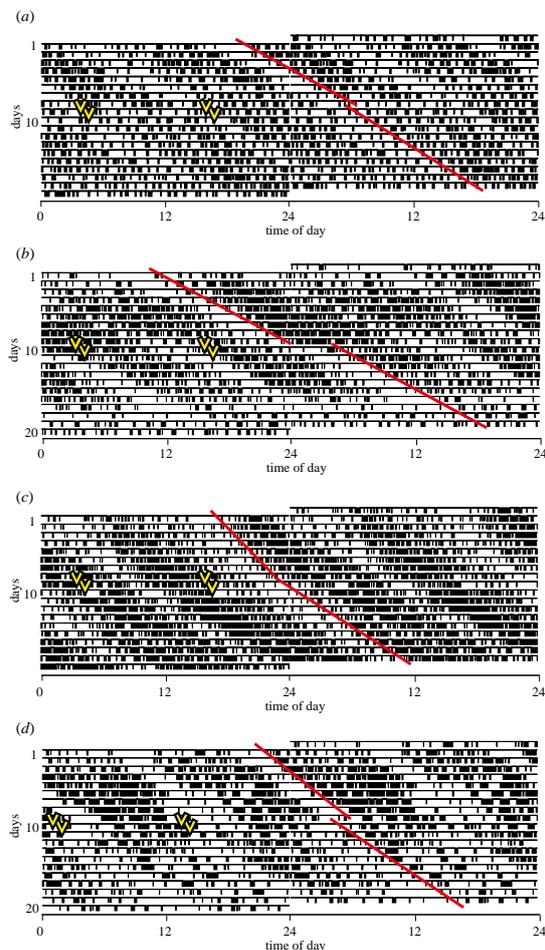


図3. 水刺激に対する概潮汐リズムの位相反位の例。黄色の矢印は30分間の水刺激(浸水)を与えた時を示す。赤線は水刺激を与える前と後の活動の開始に、目視で直線を当てはめたものである。

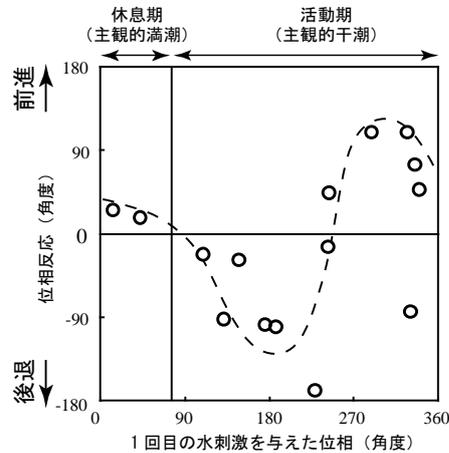


図4. マングローブスズの概潮汐リズムの位相反応曲線。

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2件)

- ① Satoh A, Yoshioka E, Numata H. Circatidal activity rhythm in the mangrove cricket *Apteronomobius asahinai*. *Biology Letters* 4: 233-236. (2008) 査読有
- ② Satoh A, Hayaishi S. Microhabitat and rhythmic behavior of tiger beetle *Callytron yuasai okinawense* larvae in a mangrove forest in Japan. *Entomological Science* 10: 231-235. (2007) 査読有

[学会発表] (計5件)

- ① Satoh A, Yoshioka E, Numata H. Circatidal activity rhythm in the mangrove cricket *Apteronomobius asahinai* and its synchronization with the artificial tides. 日本生態学会第56回大会(英語で発表), 2009年3月18日, 岩手県立大学.
- ② 佐藤綾, 吉岡英二, 沼田英治. マングローブスズにおける概潮汐リズムとその同調因子. 日本時間生物学会第15回学術大会ワークショップ「様々な時間軸の生態リズムと生物多様性」, 2008年11月9日

- 日, 岡山大学.
- ③ Satoh A., Yoshioka E, Numata H. Circatidal rhythm of locomotor activity in the mangrove cricket *Apteronemobius asahinai*. XXIII International Congress of Entomology, 2008年7月11日, Durban.
 - ④ 佐藤綾. マングローブ林に生息する地表性昆虫の活動リズム, 日本土壌動物学会第31回大会特別講演「琉球列島における土壌動物学の現在」, 2008年5月24日, 琉球大学.
 - ⑤ 佐藤綾, 吉岡英二, 沼田英治. マングローブスズの概潮汐リズム-同調因子の解明. 日本生態学会第55回大会, 2008年3月15日, 福岡国際会議場.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 綾 (Satoh Aya)
琉球大学・理学部・助教
研究者番号: 60378560

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし