

## 《報告》

# 西日本型と東日本型のゲンジボタルの明滅周期の解析

川野敬介

豊田ホタルの里ミュージアム, 〒750-0441 山口県下関市豊田町大字中村 50-3

## はじめに

ゲンジボタル *Nipponoluciola cruciata* (Motschulsky, 1854) は、雄が飛翔発光するときの明滅周期（集団同時明滅時の明滅周期）が中部地方を境に東日本の個体群（東日本型）は4秒間隔、西日本の個体群（西日本型）は2秒間隔、その中間の中部地方の個体群は3秒間隔、そして長崎県五島列島の個体群は1秒間隔と地域変異があることが知られている（Ohba, 1984; 大場, 2001; Ohba *et al.*, 2020; Suzuki *et al.*, 2023）。本種の明滅周期の地域変異は神田（1935）によりはじめて確認され、その後、全国規模で調査が行われて明らかになった（Ohba, 1984; 笹井, 1999; 渡辺, 2002; Iguchi, 2002; 2010 など）。また、この明滅周期の地域変異はゲノムレベルでの集団解析においてもそれを支持するような報告がなされ（Kato *et al.*, 2019; Suzuki *et al.*, 2023）、明滅周期の地域変異と遺伝的分化は関連があると考えられている（後藤, 2012）。

しかしながら、本種の明滅周期には気温が強く関与することが知られ（Ohba, 1984; 笹井, 1999; 渡辺, 2002; Iguchi, 2002; 2010; 阿部ほか, 2004; 川野, 2011 など）、気温が高いと明滅周期は速くなり、低いと遅くなる。また、野外で観察すると定性的ではあるが集団の規模や風、月照、生息環境など気温以外の外的要因も関与している可能性がある。つまり、同じ条件下で西日本型と東日本型ゲンジボタルの明滅周期を比較しない限り両者の本質的な明滅周期の比較はできない。ただし、計測対象となる明滅周期は飛翔発光時にしか発することがない発光パターンである。そこで、本研究では西日本型と東日本型ゲンジボタルの本質的な明滅周期を比較するために、風洞の中で飛翔させることで同じ条件下で飛翔発光時の規則的な明滅周期を計測して、比較した。

## 調査方法

計測する個体は条件を可能な限り同じにするために野外で採集する日を2024年6月15日に合わせて行った。西日本型ゲンジボタルは山口県下関市豊田町上殿敷（木屋川）において著者が行い、東日本型ゲンジボタルは埼玉県入間郡毛呂山において埼玉昆虫談話会会員によって行われた。東日本型ゲンジボタルは雄3個体を採集して頂いたので、それを翌日宅配便で送って頂き2024年6月18日に受け取った。そして、受け取った東日本型ゲンジボタルを顕微鏡等で観察した上で、体長を基準に体サイズがこの3個体に近いと判断した西日本型ゲンジボタル雄4個体を選別して、東日本型3個体とともにすべての個体を個別にプリンカップにコケと共にに入れてインキュベーター（23℃, 16L, 8D）で1日静置した。そして、2024年6月19日に計測した。

計測するための風洞装置は川野（2019）を用いて、風洞装置内にゲンジボタルを固定して真下から高感度モノクロビデオカメラ（wat-100N, WATEC社）で動画を撮影した。撮影した動画を元に Ohba *et al.*（2020）の手法で解析して数値化した。計測は室温（23.9℃）で行った。風洞の中で飛翔状態になると規則的な明滅を繰り返すが、長時間行うと飛翔行動をやめる頻度が増えて継続した解析ができないので、飛翔行動を開始した10秒後から解析を開始し、45秒間を解析対象とした。そして、解析した波形から笹井（1999）を参考に光りはじめから次の光りはじめまでの時間を明滅周期として計測した。ただし、明滅が不規則であつ

たり、明滅が他の明滅に比べて弱ったりした発光は計測せず、明確な明滅のみを計測した。

さらに、計測後に生時の形態や体色を実体顕微鏡で観察し、容器内での行動や発光器内の発光、光の強さを動画撮影を併用して比較・観察した。

## 結果

調査の結果、西日本型ゲンジボタル4個体と東日本型ゲンジボタル3個体の飛翔発光を計測し、解析することができた。その結果、明滅周期は西日本型ゲンジボタルが  $1.67 \pm 0.16$  (秒  $\pm$  S.D.) で東日本型ゲンジボタルが  $1.99 \pm 0.51$  であった。明滅周期には有意な差は確認できなかった（一元配置の分散分析,  $F_{1,450} = 6.607, P = 0.28236$ , 図1）。なお、計測した波形を比較すると東日本型ゲンジボタルでは西日本型ゲンジボタルに比べると1回の発光がやや持続的で明滅が明確でなくやや不安定で、さらに発光のピーク以降が緩やかに減衰する傾向があった。（図2）。

生時の形態や体色、行動、発光器内の発光、光の強さは両者に特別な差異は認めることはできなかった。

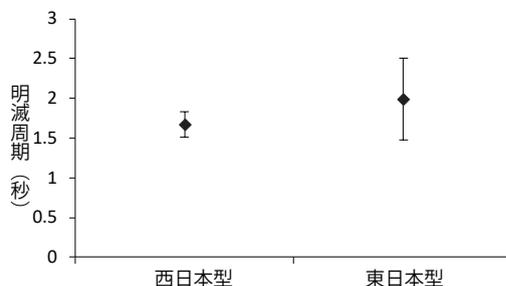


図1. 西日本型・東日本型ゲンジボタルの明滅周期の平均値と標準偏差

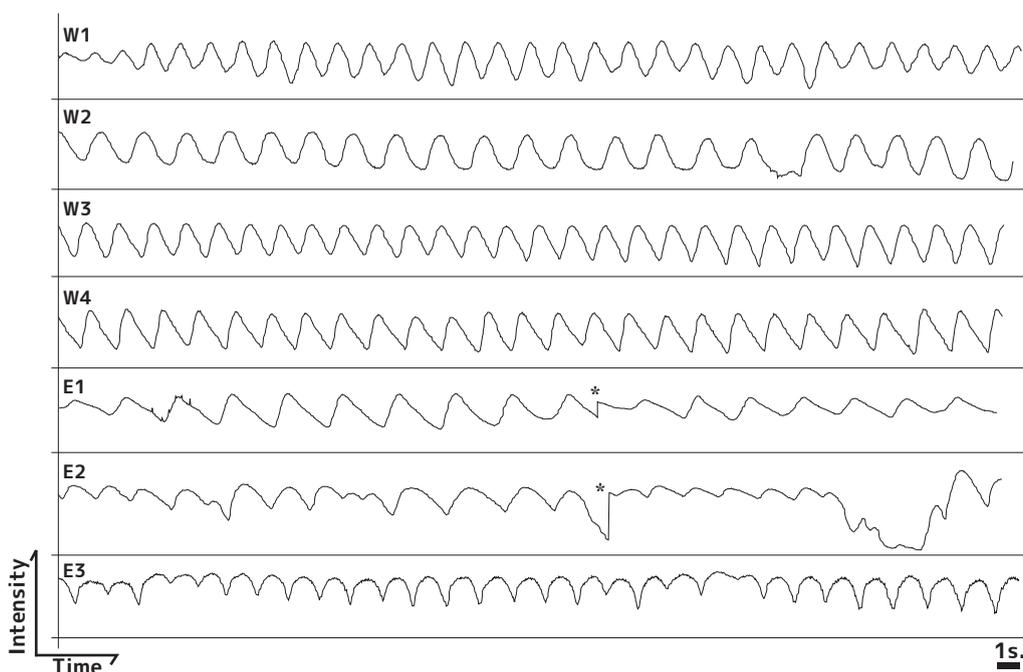


図2. 解析した西日本型・東日本型ゲンジボタルの発光波形（45秒間）  
W1-W4. 西日本型ゲンジボタル； E1-E3. 東日本型ゲンジボタル.\*はノイズ。

## 考察

計測個体数が少ないため一般性は明確ではないものの西日本型と東日本型ゲンジボタルの明滅周期には野外で計測するような違いは確認できなかった（図1）。ただし、東日本型ゲンジボタルでは西日本型ゲン

ジボタルに比べると1回の発光がやや持続的で明滅が明確でなくやや不安定で、さらに発光のピーク以降が緩やかに減衰する傾向があった。今回の計測は個別に行ったが、本来野外での明確な明滅周期の差異は集団同時明滅時に発するものであることから、集団で発光した場合、東日本型ゲンジボタルの不安定な発光パターンは周囲の個体に同調することで明滅周期が伸びる可能性が考えられた。西日本型ゲンジボタルの同調メカニズムについては発光休息時間を調整して同調していることが示唆されているが(川野, 2017), 東日本型ゲンジボタルの同調メカニズムについては調査されていないため不明であり、発光休息時間ではなく発光持続時間を調整して同調するなど、西日本型ゲンジボタルとは同調メカニズムが異なるのかもしれない。

西日本型と東日本型ゲンジボタルで飛翔発光時の本質的な明滅周期に明確な差異がないことがわかったので、今後は野外での明滅周期の差異に何が関与しているのかを調査する必要があると思われる。

## 謝 辞

東日本型ゲンジボタルの採集にご協力頂いた埼玉昆虫談話会会員の方々、解析基データに対して有益な助言を頂いた大庭伸也博士(長崎大学)に御礼申し上げる。

## 引用文献

- 阿部宣男・稲垣照美・石川秀之・足立政伸・干場英弘(2004) ゲンジボタルの発光パターンに及ぼす温度環境の影響 - 地理的による2型分布に対する考察 - . 日本生物地理学会会報, **59**: 75-81.
- 後藤好正(2012) 神奈川県横浜市におけるゲンジボタル 在来個体群と移入個体群の同時明滅周期について . 豊田ホタルの里ミュージアム研究報告書, **4**: 19-26.
- Iguchi Y. (2002) The influence of temperature on flash interval in the Genji-firefly *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *Entomological Review of Japan*, **57**: 119-122.
- Iguchi Y. (2010) Temperature-dependent geographic variation in the flashes of the firefly *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *Journal of Natural History*, **44**: 861-867.
- 神田左京(1935) 復刻 ホタル. サイエンス社, 東京.
- Kato D., Suzuki H., Tsuruta A. et al. (2020) Evaluation of the population structure and phylogeography of the Japanese Genji firefly, *Luciola cruciata*, at the nuclear DNA level using RAD-Seq analysis. *Scientific Reports*, **10**: 1533.
- 川野敬介(2011) ゲンジボタル雄成虫の集団同時明滅時における発光パターンの温度による変化. 豊田ホタルの里ミュージアム研究報告書, (3): 47-53.
- 川野敬介(2017) 野外生息地におけるゲンジボタルの同調発光の解析. 豊田ホタルの里ミュージアム研究報告書, (9): 81-99.
- Ohba N. (1984) Synchronous flashing in the Japanese firefly, *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *Science report of the Yokosuka City Museum*, **32**: 23-33.
- 大場信義(2001) ゲンジボタルの形態と発光パターンの地理的変異. 横須賀市博物館研究報告(自然), **48**: 45-89.
- Ohba S., Numata K., Kawano K. (2020) Variation in flash speed of Japanese firefly, *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae), identifies distinct southern “quick-flash” population on Goto Islands, Japan. *Entomological Science*, **23**: 119-127.
- 笹井昭一(1999) ゲンジボタル明滅周期と気温について. 全国ホタル研究会誌, **32**: 22-25.
- Suzuki T., Hiraishi N., Ohba S. (2023) Fine-scale phylogeography of the Japanese Genji firefly. *Biological Journal of the Linnean*

*Society*, **XX**, 1-13.

渡辺 努 (2002) 静岡県富士宮市・芝川町におけるゲンジボタル同時明滅周期の調査結果. 全国ホタル研究会誌, **35**: 27-29.