

Morphological Diversity in Genji-Botaru between Eastern and Western Japan

Yutaka Iguchi¹

¹Laboratory of Biology, Okaya, Japan

April 12, 2025

Abstract

genzibotaruno西日本niokeru形のnainituite. genzibotaru *Nipponoluciola cruciata* ha,日本to西日本deha的,Sheng Tai De ninarukotoga知rareteiru。一方,Xing Tai no地理的no研究ha少naku,大(2001)ha,西日本deigararenaito告siteiru。sokode本稿deha今後no研究ni役立terutameni,彼ga sita形detawo再度取ri上ge,主回(standardized major axis regression)niyoruarometorituku分析wo行sit。sono果,Xi Ri Ben deha幅i体形,Dong Ri Ben dehai体形tonaru地理的gaidasareta。本no保wo考erutoki,sono的,Sheng Tai De Duo Yang Xing nominarazu,形的多性nimo配suru必要性mo示唆sareta。

ゲンジボタルの東西日本における形態的な違いについて

井口豊*

*生物科学研究所, 長野県岡谷市

Email: bio.iguchi@gmail.com

要旨

ゲンジボタル *Nipponoluciola cruciata* は, 東日本と西日本では遺伝的, 生態的に異なることが知られている。一方, 形態の地理的変異の研究は少なく, 大場 (2001) は, 東西日本で違いが見られないと報告している。そこで本稿では今後の研究に役立てるために, 彼が記載した形態データを再度取り上げ, 標準主軸回帰 (standardized major axis regression) によるアロメトリック分析を実行した。その結果, 西日本では幅広い体形, 東日本では細長い体形となる地理的変異が見いだされた。本種の保護を考えると, その遺伝的, 生態的多様性のみならず, 形態的多様性にも配慮する必要性も示唆された。

キーワード: ゲンジボタル, 雄, 体形, アロメトリー, 幅広, 地理的変異

1. はじめ

ゲンジボタル *Nipponoluciola cruciata* は本州から九州に広く分布し, 日本人にとって最も馴染み深い昆虫の一種である (Takada, 2011, 2012)。そのため本種は観光目的に使われることも多く, そのことが海外の研究者からも注目されている (Haugan, 2019; Lewis, 2021)。観光目的で使われるがゆえに, 本種が本来の生息地から離れた場所へ移入される「外来種」として, 生態系を乱したり, 遺伝子汚染 (genetic pollution) を引き起こしたりする事例も見つかっている (井口, 2003; Iguchi, 2009; 日和ほか, 2010)。

本種の雄の明滅周期が, 日本の東西で異なることは, 古くから知られてきた (神田, 1935; 大場, 1988)。それは, 気温 20°C で, 東日本が約 4 秒, 西日本が約 2 秒となっている (Iguchi, 2010)。この明滅周期の東西の違いに対応するような遺伝的な東西差も確認されている (Suzuki *et al.*, 1996; 吉川ほか, 2001; Suzuki *et al.*, 2002; Kato *et al.*, 2020)。さらに近年では, 長崎県の五島列島で 1 秒周期のゲンジボタルも発見されている (Ohba *et al.*, 2020)。

一方で、ゲンジボタル形態の地理的変異については、ほとんど研究がない。大場 (2001) は、本種の全国的な形態調査を行い、集団内の変異が大きく、西日本と東日本の違いは認められないと結論している。しかし、その形態データの詳しい統計解析は行われなかった。

その後、今坂 (2010, 2012, 2013) が、本種の雄の外部形態と交尾器の全国的な調査を行い、体幅は西日本が広く、交尾器にも東西差があることを示唆した。筆者は、これら今坂の論文の数値データを用いて、外部形態のアロメトリック分析と交尾器のクラスター分析を行い、関東山地を挟んで、群馬県と山梨県で明瞭に形態が異なることを明らかにした (Iguchi, 2024)。

本稿では、大場 (2001) が記載したゲンジボタルの形態データから、雄のデータを統計的に再分析して、それに東西差が認められるかどうか検討する。本研究の結果は、本種の遺伝的および生態的多様性だけでなく、形態的多様性を認識する上でも重要だと思われる。

2. 統計分析資料と方法

統計分析に使われたゲンジボタル計測値は、大場 (2001) の表 2 から得られた。彼の日本各地における計測値の中で、比較的サンプルサイズが大きい ($n > 30$) 弘前 (青森県)、横須賀 (神奈川県)、北九州 (福岡県) の 3 地点から得られた雄の前胸背の長さ と 幅の計測値が本研究で使われた。

統計分析には、筆者のこれまでのホテル研究 (Iguchi, 2023, 2024a, 2024b) と同様に、統計ソフト R の smart パッケージ (Warton, 2012) の標準主軸回帰 (standardized major axis regression) が使われた。前胸背の長さ x と幅 y を常用対数変換して、次のようなアロメトリー式を適用した。

$$\log_{10} y = \log_{10} a + b \log_{10} x$$

ここで、 a, b は定数であり、 b は特にアロメトリック係数とも呼ばれる。

3. 結果と考察

図 1 は、分析された 3 地点のアロメトリック直線のグラフである。これら 3 地点の傾きに有意な差は認められなかった ($\chi^2(2) = 3.438, p = 0.179$)。これら 3 直線の傾きは共通と仮定して、その高さ (y 切片) の多重比較 (Sidak 補正) の結果、北九州と弘前の間、北九州と横須賀の間には有意差が認められたが (とも

に $p < 0.01$), 弘前と横須賀の間には有意差が認められなかった ($p = 0.773$)。すなわち, 北九州のゲンジボタル雄は前胸背が相対的に広い形状であるのに対して, 弘前と横須賀のゲンジボタル雄は前胸背が相対的に狭い形状であると判断された。

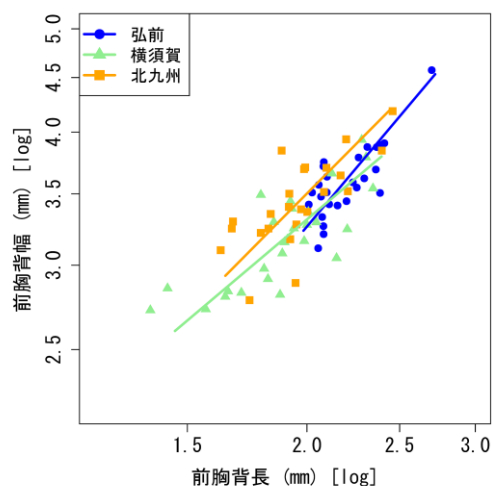


図 1. 日本各地のゲンジボタル雄の前胸背の長さとのアロメトリックな関係。

筆者の以前の研究で, 本種の雄の体幅が, 関東山地を挟んで, 東側の群馬県では相対的に狭く, 西側の山梨県では相対的に広いことが明らかになっている (Iguchi, 2024)。図 2 に示すように, 今回の結果を合わせて考察すると, 本種の雄の体形が, 西日本では幅広く, 東日本では幅狭いという傾向が示唆された。

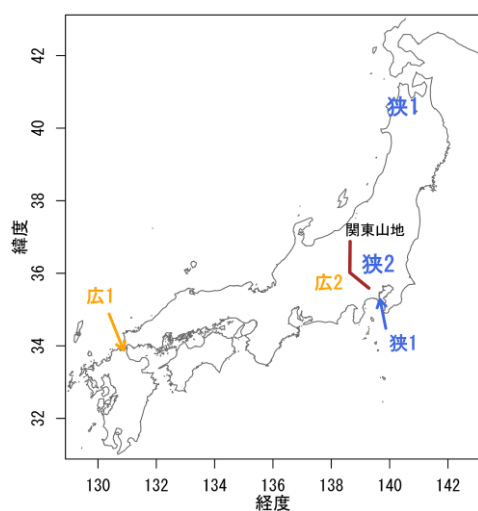


図 2. ゲンジボタル雄の形態の地理的変異. 狭 1, 広 1 は, それぞれ本研究で示された前胸背幅の狭いタイプと広いタイプ, 狭 2, 広 2 は, それぞれ Iguchi (2024) で示された体幅の狭いタイプと広いタイプ.

日本各地でさらに研究が進めば, ゲンジボタルの形態の地理的変異が詳細に明らかになるかもしれない. 本種の保護を考えると, その遺伝的, 生態的多様性だけでなく, 形態的多様性にも配慮して, 各地のゲンジボタルの形態データが収集されることを望みたい.

参考文献

Haugan, E. B. (2019) 'Homeplace of the Heart' Fireflies, Tourism and Town-Building in Rural Japan. Master's Thesis of the University of Oslo, Norway.

日和佳政・大畑優紀子・草桶秀夫・井口豊・三石暉弥 (2010) 遺伝子解析による移植されたゲンジボタルの移植元判別法. 全国ホタル研究会誌, **43**, 27–32.

井口豊 (2003) 長野県辰野町松尾峡におけるゲンジボタル移入の歴史について. 全国ホタル研究会誌, **36**, 13–14.

Iguchi, Y. (2009) The Ecological Impact of an Introduced Population on a Native Population in the Firefly *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *Biodiversity and Conservation*, **18**, 2119–2126.

<https://doi.org/10.1007/s10531-009-9576-8>

Iguchi, Y. (2010) Temperature-Dependent Geographic Variation in the Flashes of the Firefly *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *Journal of Natural History*, **44**, 861–867. <https://doi.org/10.1080/00222930903528206>

Iguchi, Y. (2024) Male Morphological Dimorphism in the Genji Firefly *Nipponoluciola cruciata* in Central Japan. *Advances in Entomology*, **12**, 203–209. <https://doi.org/10.4236/ae.2024.123016>

今坂正一 (2010) ゲンジボタルの地域変異について. 第 1 報. 鹿児島県～群馬県までの 12 地点の変異の計測結果. 陸生ホタル生態研究会調査月報, **24**, 1–18.

今坂正一 (2012) ゲンジボタルの地域変異について 2. 第 2 報. 2010 年～2011 年に採集された宮崎県～群馬県までの 11 地点の計測結果. 陸生ホタル生態研究会調査月報, **39**, 1–16.

今坂正一 (2013) ゲンジボタルの地域変異について 3. 第3報. 2012年に採集されたヒガシゲンジボタル7地点の計測結果と今までのまとめ. 陸生ホタル生態研究会調査月報, **48**, 1–27.

神田左京 (1935) ホタル. 日本発光生物研究会, 東京.

Kato, D., Suzuki, H., Tsuruta, A., Maeda, J., Hayashi, Y., Arima, K., 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. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58324-9>

Lewis, S.M., Thancharoen, A., Wong, C.H., López-Palafox, T., Santos, P.V., Wu, C., et al. (2021) Firefly Tourism: Advancing a Global Phenomenon toward a Brighter Future. *Conservation Science and Practice*, **3**, e391. <https://doi.org/10.1111/csp2.391>

大場信義 (1988) ゲンジボタル. 文一 総合出版, 東京.

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. 自然科学, **48**, 45–89.

https://www.museum.yokosuka.kanagawa.jp/wp/wp-content/uploads/2020/08/s48-6_Ohba_2001.pdf

Ohba, S., Numata, K. and 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.

<https://doi.org/10.1111/ens.12403>

Suzuki, H., Sato, Y., Fujiyama, S. and Ohba, N. (1996) Allozymic Differentiation between Two Ecological Types of Flashing Behavior in the Japanese Firefly, *Luciola cruciata*. *Japanese Journal of Entomology*, **64**, 682–691.

Suzuki, H., Sato, Y. and Ohba, N. (2002) Gene Diversity and Geographic Differentiation in Mitochondrial DNA of the Genji Firefly, *Luciola cruciata* (Coleoptera: Lampyridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **22**, 193–205.

<https://doi.org/10.1006/mpev.2001.1046>

Takada, K. (2011) Popularity of Different Lampyrid Species in Japanese Culture as Measured by Google Search Volume. *Insects*, **2**, 336–342.

<https://doi.org/10.3390/insects2030336>

Takada, K. (2012) Japanese Interest in “Hotaru” (Fireflies) and “Kabuto-Mushi” (Japanese Rhinoceros Beetles) Corresponds with Seasonality in Visible Abundance. *Insects*, **3**, 424–431. <https://doi.org/10.3390/insects3020424>

吉川貴浩, 井出幸介, 窪田康男, 中村好宏, 武部寛, 草桶秀夫 (2001) ミトコンドリア ND5 遺伝子の塩基配列から推定されたゲンジボタルの種内変異と分子分子系統. 昆虫. ニューシリーズ, **4**, 117–127. https://doi.org/10.20848/kontyu.4.4_117

Warton, D.I., Duursma, R.A., Falster, D.S. and Taskinen, S (2012) Smatr 3 - an R Package for Estimation and Inference about Allometric Lines. *Methods in Ecology and Evolution*, **3**, 257–259. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00153.x>