

ヒシバッタ上科の卵形態 — バッタ亜目の卵門プランの進化的変遷 — (昆虫綱・直翅目・バッタ亜目)

松枝 佑記・福井 眞生子

Yuki MATSUEDA and Makiko FUKUI: The egg morphology of Tetrigoidea:
Evolutionary transition of micropylar plan in Caelifera (Insecta: Orthoptera, Caelifera)*

Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, Bunkyo-cho 2-5, Matsuyama, Ehime 790-8577, Japan
Corresponding authors: m812005m@mails.cc.ehime-u.ac.jp (YM); fukui.makiko.me@ehime-u.ac.jp (MF)

https://doi.org/10.60372/paesj.56.0_55

新翅類の初期の適応放散に由来する多新翅類は、昆虫多様化の基礎を築いた分類群であり、その系統進化に関しては長年議論が続いてきた (Whitfield and Kjer 2008; Klass 2009)。近年になって、ゲノム系統学の発展により多新翅類の単系統性が支持され、新規の系統仮説が提唱されるなど、多新翅類の進化をめぐる議論は新たな展開を迎えている (Misof et al. 2014; Wipfler et al. 2019)。このような中で、卵形態をはじめとした発生学的形質は、多新翅類の系統進化を理解する上で重要な形質として注目されている (e.g., Mashimo et al. 2016)。

卵門は受精時に精子の侵入口となる卵構造である。多新翅類では目ごとに定まった卵門プランがあることや、近縁な目間で卵門プランが共通することが知られている (Uchifune and Machida 2005; Uchifune et al. 2006; Jintsu et al. 2007; Mashimo et al. 2015; Fujita and Machida 2017; Fukui et al. 2018; Mtow et al. 2021; Shimizu and Machida 2024)。一方、多新翅類最大の目である直翅目ではキリギリス亜目とバッタ亜目で卵門プランが異なり、目全体としてのグラウンドプランの理解は難しい (Mashimo et al. 2016)。バッタ亜目の卵門は、これまで主に派生的なバッタ上科の形質状態をもとに、「卵後極にリング状に配置する」と理解されてきた (Mazzini 1987)。しかし、近年、バッタ亜目の最原始系統群であるノミバッタ上科で「卵前極にリング状に配列する」卵門プランが観察されたことから、バッタ亜目の卵門のグラウンドプランに再検討の必要が出てきた (澤 2017, 2019)。ここにおいて、ノミバッタ上科に次いで初期に派生したグループとされるヒシバッタ上科の形質状態は、バッタ亜目のグラウンドプランを理解する上で重要である (Song et al. 2015, 2020)。以上のような背景から、本研究では、ヒシバッタ上科の卵門プランの解明ならびにバッタ亜目および直翅目の卵門のグラウンドプランの構築を目的として、ヒシバッタ上科に属するハラヒシバッタ *Tetrix japonica* (Bolívar, 1887) およびトゲヒ

シバッタ *Criotettix japonicus* (Haan, 1843) の卵形態の検討を行った。

ハラヒシバッタおよびトゲヒシバッタを採集し、成熟メスの解剖により未受精成熟卵を採取した。実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡で卵を観察したところ、卵中央のやや後極寄りにリング状に配列する卵門様の構造が観察された。この構造を切片として組織学的に観察したところ、孔構造が外卵殻および内卵殻をともに貫通しており、この構造は卵門であると同定できた。以上の観察結果から、ヒシバッタ上科の卵門は、卵中央のやや後極寄りにリング状に配列することが明らかになった。

バッタ亜目内の系統関係と形質分布を考慮すると、本研究で観察されたヒシバッタ上科の卵門プランは、ノミバッタ上科でみられる「卵前極のリング状配列」と、バッタ上科などでみられる「卵後極のリング状配列」の中間型であると理解できる。すなわち、バッタ亜目内において、卵門の位置が前極から後極へと変遷してきた可能性が示唆される。今後は、バッタ亜目各群の内部生殖系の形態や初期発生 (受精) も検討することで卵門の位置変更の背景を議論するなどし、直翅目の卵門プランの多様化や多新翅類における卵門プランの進化変遷に関わる議論を進めていきたい。

引用文献

- Fujita M, R Machida (2017) Embryonic development of *Eucorydia yasumatsui* Asahina, with special reference to external morphology (Insecta: Blattodea, Corydiidae). *Journal of Morphology*, **278**, 1469–1489.
- Fukui M, M Fujita, S Tomizuka, Y Mashimo, S Shimizu, CY Lee, Y Murakami, R Machida (2018) Egg structure and outline of embryonic development of the basal mantodean, *Metallyticus splendidus* Westwood, 1835 (Insecta, Mantodea, Metallyticidae). *Arthropod Structure & Development*, **47**, 64–73.

* Abstract of paper read at the 60th Annual Meeting of the Arthropodan Embryological Society of Japan, May 17–18, 2024, Sugadaira, Nagano, Japan.

- Jintsu Y, T Uchifune, R Machida (2007) Egg membranes of a web-spinner, *Aposthonia japonica* (Okajima) (Insecta: Embioptera). *Proceedings of the Arthropodan Embryological Society of Japan*, **42**, 1–5.
- Klass KD (2009) A critical review of current data and hypotheses on hexapod phylogeny. *Proceedings of the Arthropodan Embryological Society of Japan*, **43**, 3–22.
- Mashimo Y, RG Beutel, R Dallai, M Gottardo, CY Lee, R Machida (2015) The morphology of the eggs of three species of Zoraptera (Insecta). *Arthropod Structure & Development*, **44**, 656–666.
- Mashimo Y, M Fukui, R Machida (2016) Egg structure and ultrastructure of *Paterdecolyus yanbarensis* (Insecta, Orthoptera, Anostostomatidae, Anabropsinae). *Arthropod Structure & Development*, **45**, 637–641.
- Mazzini M (1987) An overview of egg structure in orthopteroid insects. In BM Baccetti (ed.), *Evolutionary Biology of Orthopteroid Insects*, pp. 358–372. Ellis Horwood, Chichester.
- Misof B, S Liu, K Meusemann, RS Peters, A Donath, C Mayer, PB Frandsen, J Ware, T Flouri, RG Beutel, O Niehuis, M Petersen, F Izquierdo-Carrasco, T Wappler, J Rust, AJ Aberer, U Aspöck, H Aspöck, D Bartel, A Blanke, S Berger, A Böhm, TR Buckley, B Calcott, J Chen, F Friedrich, M Fukui, M Fujita, C Greve, P Grobe, S Gu, Y Huang, LS Jermin, AY Kawahara, L Krogmann, M Kubiak, R Lanfear, H Letsch, Yiyuan Li, Z Li, J Li, H Lu, R Machida, Y Mashimo, P Kapli, DD McKenna, G Meng, Y Nakagaki, JL Navarrete-Heredia, M Ott, Y Ou, G Pass, L Podsiadlowski, H Pohl, BM von Reumont, K Schütte, K Sekiya, S Shimizu, A Slipinski, A Stamatakis, W Song, X Su, NU Szucsich, M Tan, X Tan, M Tang, J Tang, G Timelthaler, S Tomizuka, M Trautwein, X Tong, T Uchifune, MG Walz, BM Wiegmann, J Wilbrandt, B Wipfler, TKF Wong, Q Wu, G Wu, Y Xie, S Yang, Q Yang, DK Yeates, K Yoshizawa, Q Zhang, R Zhang, W Zhang, Y Zhang, J Zhao, C Zhou, L Zhou, T Ziesmann, S Zou, Y Li, X Xu, Y Zhang, H Yang, J Wang, J Wang, KM Kjer, X Zhou (2014) Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science*, **346**, 763–767.
- Mtow S, BJ Smith, R Machida (2021) Egg structure of five antarctoperlarian stoneflies (Insecta: Plecoptera, Antarctoperlaria). *Arthropod Structure & Development*, **60**, 101011.
- 澤 真歩 (2017) バッタ亜目の卵門に関する研究 (昆虫綱・直翅目). 愛媛大学理学部生物学科卒業論文, 愛媛大学, 松山.
- 澤 真歩 (2019) 直翅目の卵門に関する研究 (昆虫綱). 愛媛大学大学院理工学研究科修士論文, 愛媛大学, 松山.
- Shimizu S, R Machida (2024) Development and reproductive biology of Dermaptera: A comparative study of thirteen species from eight families. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, **82**, 35–75.
- Song H, C Amédégnato, MM Cigliano, L Desutter-Grandcolas, SW Heads, Y Huang, D Otte, MF Whiting (2015) 300 million years of diversification: Elucidating the patterns of orthopteran evolution based on comprehensive taxon and gene sampling. *Cladistics*, **31**, 621–651.
- Song H, O Béthoux, S Shin, A Donath, H Letsch, S Liu, DD McKenna, G Meng, B Misof, L Podsiadlowski, X Zhou, B Wipfler, S Simon (2020) Phylogenomic analysis sheds light on the evolutionary pathways towards acoustic communication in Orthoptera. *Nature Communications*, **11**, 4939.
- Uchifune T, R Machida (2005) Embryonic development of *Galloisiana yuasai* Asahina, with special reference to external morphology (Insecta: Grylloblattodea). *Journal of Morphology*, **266**, 182–207.
- Uchifune T, R Machida, T Tsutsumi, K Tojo (2006) Chorion of a South African heel-walker, *Karoophasma biedouwensis* Klass et al.: SEM observations (Insecta: Mantophasmatodea). *Proceedings of Arthropodan Embryological Society of Japan*, **41**, 29–35.
- Whitfield JB, KM Kjer (2008) Ancient rapid radiations of insects: Challenges for phylogenetic analysis. *Annual Review of Entomology*, **53**, 449–472.
- Wipfler B, H Letsch, PB Frandsen, P Kapli, C Mayer, D Bartel, TR Buckley, A Donath, JS Edgerly-Rooks, M Fujita, S Liu, R Machida, Y Mashimo, B Misof, O Niehuis, RS Peters, M Petersen, L Podsiadlowski, K Schütte, S Shimizu, T Uchifune, J Wilbrandt, E Yan, X Zhou, S Simon (2019) Evolutionary history of Polyneoptera and its implications for our understanding of early winged insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **116**, 3024–3029.