

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24570014

研究課題名(和文)生活型進化からみたハダニ類「属」分類の再検討と新系統仮説の構築

研究課題名(英文) Re-evaluation of spider mite genera from life history evolution and molecular phylogeny

研究代表者

齋藤 裕 (SAITO, YUTAKA)

北海道大学・・・名誉教授

研究者番号：20142698

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：スゴモリハダニ属の種を中心に研究を行い、同一種とされていたケナガスゴモリハダニのチシマザサ寄生個体群とクマイザサ寄生個体群の間に生殖的隔離があることを発見した。また、四国のネザサから新しいスゴモリハダニを発見した。さらに中国におけるスゴモリハダニ3種を日本産7種を合わせて、系統、生活型、生活史および行動の詳細を比較検討し、この属の適応放散が、安定な寄主植物上で様々な種の天敵との相互作用によって起きたことを示した。この属は、従来ハダニ類のSchizotetranychus属に含まれていたが、それがかけ離れた独立の属であることが実証されたことで、ハダニ類全体の系統関係は大幅な修正が必要となろう。

研究成果の概要(英文)：We studied on life type, life history, behavior and molecular phylogeny of the genera, Stigmaeopsis and Schizotetranychus. Stigmaeopsis longus on Sasa senanensis is different from that on Sasa kuriensis, because there is a reproductive isolation between them. Furthermore, we found out a new cryptic species which occurs on Pleioblastus sp. As a whole, we attempted to conclude the biology of 10 Stigmaeopsis species being distributed in China and Japan, and learned that the adaptive radiation in Stigmaeops must be mainly caused by predation pressure. Stigmaeopsis had been belonged to Schizotetranychus which is one of the big genera in Tetranychidae, but now it was known to be independent genus far from Schizotetranychus. Thus present study strongly suggested that we must thoroughly changed the sytematics of Tetranychidae.

研究分野：動物生態学

キーワード：Tetranychidae Stigmaeopsis Schizotetranychus 生活型 隠蔽種 属分類 分子系統 生活史

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、ハダニ類(ハダニ亜科)に多様な生活型があり、その中に社会性種のあることを世界で初めて発見した(Saito 1986)。しかも、幾つかの属(genus)で相似の生活型が天敵との相互作用を通じて収斂進化したとする仮説を得た。しかし、この説は、現行の形態による属定義を前提とした場合の収斂であって、もし属分類自体に誤りがあれば、その一部が収斂ではなく単系統の進化現象の可能性もある。相似生活型の進化系列が複数の属に存在する理由として、形態分類と社会や生活型による「分類」のいずれが正しいのかという疑念である。

2. 研究の目的

本研究では、前記のハダニ科の分類における問題をとりあげて、具体的な事実を蓄積し、今後の本科の属の再編および種の整理と記載に資することを主目的として研究を行った。

3. 研究の方法

- (1)分類上問題となっているマタハダニ属(*Schizotetranychus*)、スゴモリハダニ属(*Stigmaeopsis*)およびその近縁属の種を採集し、その形態特に歩行器形態を詳細に観察する。
- (2)採集したハダニを飼育しての生活型(歩行活動を含む、葉上での生息活動の実態)を解明する。
- (3)採集したハダニ類のDNAを分析して、分子系統樹を作成する。
- (4)スゴモリハダニ属を中心とする造巢性ハダニ類の生活型と行動を詳しく観察記載した決河をもとに比較考察して、このグループの生態のレビューを行い、分子系統樹と併せて、それらの進化過程を推定する。

4. 研究成果

特に系統仮説に混乱のあるマタハダニ属とスゴモリハダニ属の種を中心に、国内での採集調査を実施し、採集した種を飼育し、同種個体群間、近縁種間での生殖的隔離の有無についての実験、また生活型の記載および分子系統学的分析を行った。その結果:

- (1)ケナガスゴモリハダニ(*Stigmaeopsis longus*)のチシマザサ寄生個体群とクマイザサ寄生個体群の間にかかなりの程度の生殖的隔離が発見された。両個体群には社会性を含む生活型に全く差がみとめられないが、寄主植物を異にしていること、またチシマザサとクマイザサはしばしば同所的に分布することから、寄主植物の転換を通じた同所的種分化の例になる可能性が高い。同時にこれは、いわゆる隠蔽種の発見でもある。ただ、両者のDNA変異の分析を行った結果、ほとんど違

いがないという結果がえられ、現在その取り扱いを検討中である。

- (2)スゴモリハダニ属から新たに3変異種を発見し、この3変異種はそれらの形態、生活史および独特の生活型からいずれも独立した種とすべきと判断するに至った(Saito et al. 2013; Chae et al. 2015)。

- (3)タケ寄生のマタハダニ属の種が新たに発見され、その生活形がスゴモリハダニ属に酷似すると同時にその歩行器構造も酷似していることがみいだされた。また、日本におけるカシノキハダニ(マタハダニ属)とその近縁種(新種)でも同様の発見があった。

以上の新変異種はいずれも現在新種として記載中であり、1年以内に公表される予定である。これらは、スゴモリハダニおよびマタハダニ属間類縁関係を示す重要な例にあたる。

- (4)採集した多属にわたるハダニ類の網上、葉上歩行行動をVTRで撮影した。データの蓄積はかなりの量に達したが、解析に時間がかかるために、現段階では結果を示せるだけの分析結果は得られていない。ただし、傾向として、造巢性ハダニおよび非網型ハダニでは網の上の歩行が困難で、不規則立体網型ハダニでは迅速であることが窺え、最初の仮説が今後実証できる可能性が高い。

- (5)スゴモリハダニ属の全種(中国分布の3種を含む)について、生活型(巣のサイズ、営巣パターン、排泄パターン、巣持続時間など)、雄雌の行動、天敵との相互作用、さらに営巣パターンを精査した結果、日本において3種の寄主植物(ササタケ類)および中国におけるモウソウチクにおいて、いずれでも大型巣と小型巣の種が同所的に発生する(それは、2つの営巣戦略の存在を意味する)という事実があきらかになり、ほぼ完全な収斂現象が4例確認された。これにより、この属の種の適応放散が、安定な生息環境に群居する多くの天敵類への対抗戦略として、造巢行動を通じて起きてきたとするMori and Saito (2004)の仮説がほぼ実証されるに至った。本成果は、現在公表すべく論文を準備中である。
- (6)同属内の種の寄主植物間における収斂現象ばかりではなく、マタハダニ属の造巢性カシノキハダニにおいて、オス間の殺し合いという行動が新たに発見された。この行動はスゴモリハダニ属の一部ですでに発見されていたことだが、別属のハダニに同じ現象がみいだされるということは、行動の収斂か、あるいは属分類の誤りかというあらたな問題を提起することになった。

- (7)rDNA28S等のいくつかの部位のDNAをハダニの属、種関係分析について試みた結果、その変異の量から、種間の系統を明確にするにはmtDNAのITS2領域が適当だと判断された。それをを用いて近縁属とスゴモリハダニ属10種の系統樹を構築したところ、巣のサイズ、社会性、オスの攻撃性といった属性がどのように進化してきたのかの概略が判明した。ま

だ Bootstrap 値が十分高くないため、確定したことは言えないが、先に述べた大巣-小巣関係にある2種の同所的発生にかかわる収斂現象が、生態的要因によって2次的に起きたという可能性が強く示唆された。すなわち、同所的種分化ではなく、異所(時)的に分化した種が後にそれぞれ同所的な分布を確立したという可能性である。ただ、中国の種については、同所的な種分化による収斂の可能性もまだ残っている。今後、他の属のハダニの分析を鋭意進めることで、現在の属の妥当性を検証しながら、この問題を解明していく方針である。

(8)本研究の目的とは少しずれているが、基本的で重要な発見として、スゴモリハダニの、巣サイズを決めているのが、胴部背毛の長さであることが確認され、さらにそれには遺伝的基盤があることが証明された(Mori and Saito 2013)。この発見は、これまでの全ての研究で暗黙の前提とされてきた巣サイズ変異が遺伝的に決まっている適応形質である点を保証するものとして重要であった。

(9)本研究成果の総括として、現在造巣性ハダニ類の生物学という総論をまとめている(今年度中公表予定)。その過程で、先に述べたようにこの属の適応放散が基本的に天敵との相互作用によって進化したという点以外に、この属の重要な特徴である社会性に変異があり、その社会性変異の原因は、寄主植物、すなわちササタケ類とススキとの時間的安定性が強く関わってきていることが、あきらかになった。これは、当初目的をおいた分類学の範囲を超えて、社会生物学にとっても重要な示唆を与えるものだと考えている。

<引用文献>

Chae Younghae, Yokoyama Nanako, Ito Katsura, Fukuda Tatsuya, Arakawa Ryo, Zhang Yan-Xuan & Saito Yutaka, Reproductive isolation between *Stigmaeopsis celarius* and its sibling species sympatrically inhabiting bamboo (*Pleioblastus* spp.) plants, *Experimental and Applied Acarology*, 2015, 66, 25-27

Mori Kotaro and Saito Yutaka, Nest size variation reflecting anti-predator strategies in social spider mites of *Stigmaeopsis* (Acari: Tetranychidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 56, 2004, 201-206.

Mori Kotaro & Saito Yutaka, Genetic basis of woven nest size in subsocial spider mites, *Experimental and Applied Acarology*, 60, 2013, 463-469

Saito Yutaka, Kanazawa Miki & Sato Yuki. Life history differences between two forms of the social spider mite, *Stigmaeopsis miscanthi*. *Experimental and Applied Acarology*, 60, 2013, 313-20

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 6件)

Chae Younghae, Yokoyama Nanako, Ito Katsura, Fukuda Tatsuya, Arakawa Ryo, Zhang Yan-Xuan, Saito Yutaka, Reproductive isolation between *Stigmaeopsis celarius* and its sibling species sympatrically inhabiting bamboo (*Pleioblastus* spp.) plants. *Experimental and Applied Acarology*, 査読有、2015, 66, 25-27

Ito Katsura, Fukuda Tatsuya, Hayakawa Hiroshi, Arakawa Ryo, Saito Yutaka, Relationship between 1 body colour, feeding, and reproductive arrest under short-day development in *Tetranychus pueraricola* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 査読有、60, 2013, 471-477

Mori Kotaro & Saito Yutaka. Genetic basis of woven nest size in subsocial spider mites. *Experimental and Applied Acarology*, 査読有、60, 2013, 463-469

Oku Keiko & Saito Yutaka. Do males evaluate female age for precopulatory mate guarding in the two-spotted spider mite? *Journal of Ethology*, 査読有、32, 2014, 1-6

Saito Yutaka, Kanazawa Miki, Sato Yuki, Life history differences between two forms of the social spider mite, *Stigmaeopsis miscanthi*. *Experimental and Applied Acarology*, 査読有、60, 2013, 313-320

Zhang Yanxuan, Ji Jie・Lin Jianzhen, Chen Xia, Saito Yutaka, Female performance towards offspring under starved conditions in four phytoseiid species (Acari, Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 査読有、65, 2014, 29-41

[学会発表](計 2件)

Saito Yutaka, Social lives of *Stigmaeopsis* spp. A short review of spider mite sociality, XIVth International Congress of Acarology, 2014, July 14 to 18 Kyoto Terrsa, Kyoto-shi, 齋藤裕, ハダニ類の社会性, 日本応用動物昆虫学会大会小集会(招待講演), 神奈川県藤沢市日大生物資源科学部, 2013年03月28日

〔図書〕(計 1 件)

齋藤裕・佐原健(編著)、海游舎、2012、
系の博物誌、195

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤 裕 (SAITO, Yutaka)

北海道大学・名誉教授

研究者番号：20142698

(2) 研究分担者

伊藤 桂 (ITO, Katsura)

高知大学・教育研究部・総合科学系・生命
環境医学部門

農学部・自然環境学コース

研究者番号：40582474