

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24570109

研究課題名(和文)アリ-アリ擬態クモ共生系の食物連鎖構造の解明：多様性創出は生態系安定に寄与するか

研究課題名(英文) Does ant-mimicry function as a mechanism for creation of biodiversity and coexistence of multi-species in tropical forests?

## 研究代表者

橋本 佳明 (Hashimoto, Yoshiaki)

兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・准教授

研究者番号：50254454

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：我々はアリ類とその擬態クモ類の關係に着目し、熱帯でのアリ類の飛び抜けて高い多様性がアリ擬態現象を介して、アリ類と共存關係を有する生物群の多様性創出・維持機構のひとつになっているという仮説の検証研究に取り組んで来た。本研究では、少数のアリ種が優占する熱帯乾燥林などに調査地を広げ、「特定のアリが占有する林では特定のアリに良く似たクモだけが見つかる」という予想の検証を行うことで、アリ類を鋳型とする多様性創出機構の確証を示すとともに、炭素・窒素安定同位体分析や捕食行動実験から、アリ擬態現象がクモ類の「喰い分け」機構として多種共存や生態系の安定性に寄与していることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Ant-mimic spiders mainly occur in the tropical regions. Since ant diversity is especially high in the tropics, it seems that the remarkable diversity of ant-mimic spiders in tropics is associated with the diversity of ants. To assess this assumption, the present study examined how ant biodiversity reflects on biodiversity of the mimic spiders in tropical forests. Using morphometric tools to analyze objectively visual resemblance between them, we can detect supporting evidence that diverse patterns of ant-mimic spiders were closely associated with diversity patterns of sympatric ants. Furthermore, using stable isotope analysis and experiment of predation, we can also find mimetic association of ant-mimic spiders to ant models affects their foraging behavior, which may function as food segregations among them. These results indicate that ant-mimicry may play as a mechanism of creating species diversity and promoting coexistence of multiple species in tropical forests.

研究分野：多様性生物学

キーワード：生物多様性創出機構 擬態 熱帯雨林 アリ類 アリ擬態クモ類 喰い分け 多種共存機構 安定同位体分析

## 1. 研究開始当初の背景

熱帯での高い種多様性の創出・維持機構の解明は、生物学上の重要命題の一つである。アリ類の多様性がきわめて高い熱帯雨林では、アリ類に擬態する生物の多様性も高いことが知られている (McIver & Stonedahl 1993)。たとえば、東南アジアの熱帯雨林に生息するハエトリグモ科のアリグモ属 (Myrmarachne) には、ツムギアリにそっくりなクモやトゲアリに似たクモ、なかには極端に細長い体型をしたフシナガアリにそっくりなクモまで見つかる。これらのクモ類は、捕食者から身を守るためにアリに擬態していると考えられている。実際、クモカリバチやカマキリ、クモ類を獲物にするハエトリグモなどでは生得的に「アリ形」を忌避する習性があり、アリ擬態の防衛効果の高さが実験的に確かめられている (Edmunds 1993; Nelson & Jackson 2006; Huang et al 2011)。防衛型擬態ではモデルと擬態者の間に進化的軍拡競争の力学が働くと考えられており、モデル群集が多様化すると擬態者の多様化も促進されると理論的に予測されている (Joron & Mallet 1998)。この理論通りであれば、熱帯でのアリ類の高い多様性はアリ擬態現象を介して、熱帯の豊かな多様性を創出・維持する機構のひとつとして作用していることになる。しかし、擬態現象を研究するには、解析に耐えうるサンプル量を確保することや、「似ている」ことをどのように客観的に判定するかなど様々な難しい課題があるため、熱帯でのアリ擬態現象の研究は記述的な観察にとどまってきた (Edmunds 2006)。

## 2. 研究の目的

我々はボルネオ島熱帯林でアリ類とその擬態クモ類の関係に着目したインベントリー調査を行い、アリ類の多様性がアリグモ類の多様性を創出する鑄型として機能していることを明らかにしてきた。

本研究では、1) 少数のアリ種が優占する熱帯乾燥林などに調査地を広げ、「特定のアリが占有する林では特定のアリに良く似たクモだけが見つかる」という予想の検証を試みることで、アリーアリグモ共生系における生物多様性創出機構の確証を示すとともに、2) 炭素・窒素安定同位体比分析や捕食実験によってアリ擬態クモ類や非擬態クモ類の食物連鎖構造の解析を行い、アリ類多様性が創出したアリグモ多様性が食物連鎖網にどのような変化をもたらす、その場の生物多様

性と生態系の維持にどのような影響を与えているのかを明らかにする。

## 3. 研究の方法

1) ボルネオ島熱帯湿潤林 (ダナム, ランビル) とタイ国熱帯乾燥林 (サケラート) の各調査地に複数のベルト・トランセクトを設けてアリ, アリ擬態クモ, 非擬態クモ類のサンプリングを行い, 出現種数や個体数, バイオマスを調べて, アリ・非擬態クモの出現比とアリ擬態クモ類の種多様性の関係を解析する。

2) Computer vision 技術を用いて擬態形態類似度を客観的に判定するプログラムを開発。それらを用いて, 同所で採集されたアリ擬態クモ類とアリ類の体型, 体色, 体長のマッチング度を計測し, 各調査パッチでの擬態マッチング度合いを比較する。

3) 採集されたアリ擬態クモ, 非擬態クモ類の飼育実験を行い, 捕食行動, 餌昆虫の違いによる捕食成功率を比較する

4) 採集されたアリ, アリ擬態クモ, 非擬態クモ類の安定同位体分析をおこない, アリ・非擬態クモの出現比が異なるパッチ間の食物連鎖構造の違いを明らかにする。

## 4. 研究成果

### 1) 出現種数の関係

ボルネオ島熱帯湿潤林ダナムで 596 サンプリング, ランビル林冠で 602 サンプリング, 林床で 448 サンプリング, タイ国熱帯乾燥林サケラートで 302 サンプリングを実施し, 得られた両者の出現種数を比較した。その結果, 同所のアリ類とアリ擬態グモ類の出現種数には相関が見られ, アリ類の出現種数が多いほどアリ擬態クモ類の種数も増加することが示された。(図1)

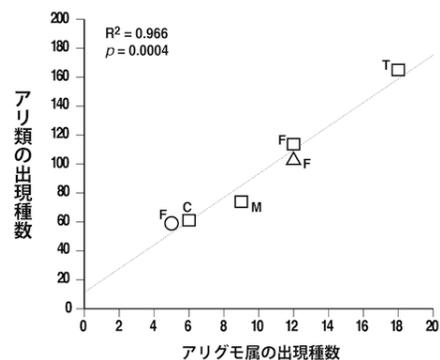


図1. アリ類とアリグモ属の出現種数の関係。四角のマーカ―はランビル, 三角のマーカ―はダナム, 丸のマーカ―はサケラートを示す。F は林床を, M は中間層, C は林冠層を, T はランビルの各層の総計を示す。

2) 同所に出現するアリ擬態クモ種とアリ種間の擬態類似度を解析する Computer vision(デジタル画像認識)技術を開発し, その分析結果から, 同所のアリ種間と1対1種の擬態マッチングが見いだされること, アリ種多様性が低い場所では, 特定のアリ種に擬態した少数のアリ擬態クモ類の出現が見られることが明らかになった. このことから, アリ類の出現種数とともに増大するアリ擬態クモの種多様性はアリ類多様性が鋳型となって創出されていると考察した (図2)

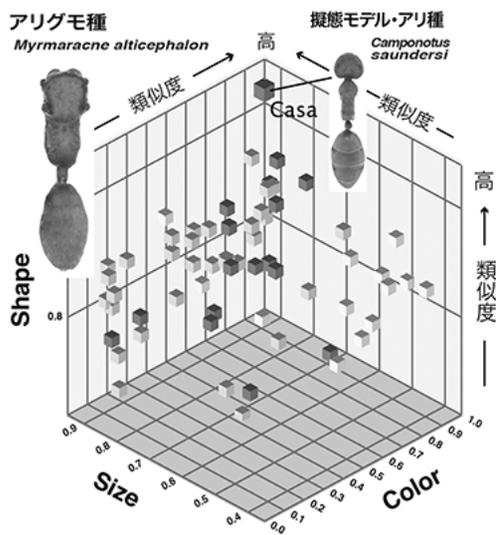


図2. 同所に出現したアリ種に対するアリグモ属 *M. alticephalon* の体型, 体色, 体長の擬態類似度の3D散佈図

3) アリ擬態クモ類と非擬態クモ類の捕食行動の比較から, アリに良く擬態するほどクモ類の獲物にジャンプして攻撃できる距離 (Attack distance) が短くなり, 捕食成功率が有意に低下することが明らかになった. (図3と4)

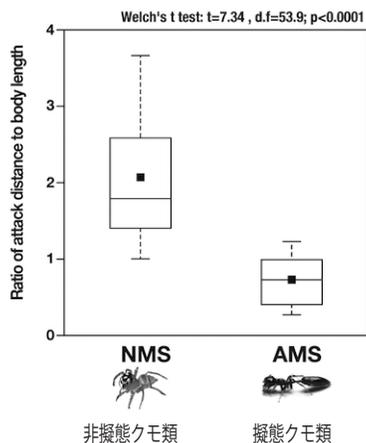


図3. 非擬態クモ類とアリ擬態クモ類の捕食攻撃距離 (獲物を捕獲するためにジャンプする距離) の比較

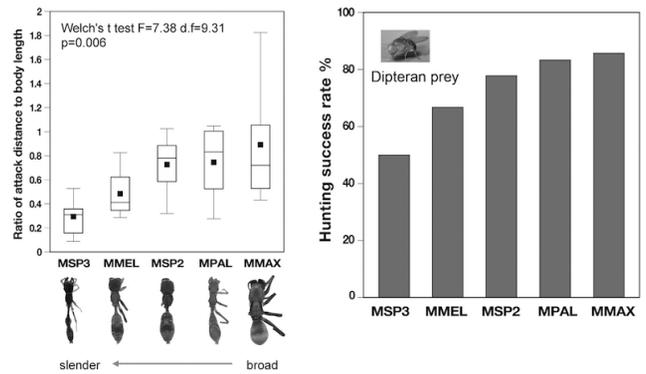


図4. アリ擬態クモ類種間の捕食攻撃距離とその捕食成功率の比較

4) 窒素安定同位体比を用いた食物連鎖解析から, 同所に出現するアリ類よりも非擬態クモ類が高い栄養段階 (肉食者) を示すのに対し, アリ擬態クモ類は低い栄養段階 (植食者) にあり, さらに, アリに良く擬態するクモ類ほどより低い栄養段階 (強い植食者傾向) を示すことが分かった. これらのことから, アリ擬態現象は, アリ類の多様性が高い熱帯でアリ擬態クモ類の多様性創出機構となっているだけでなく, クモ類の「喰い分け」機構として多種共存を高め, 生態系の安定性にも寄与していることが明らかになった. (図5と6)

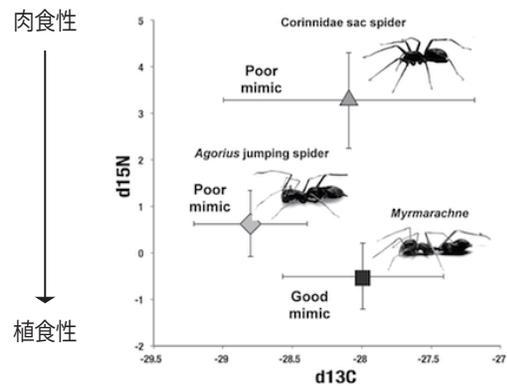


図5. アリ擬態クモ類の擬態形態 (Poor mimic, Good mimic) と安定同位体比の関係

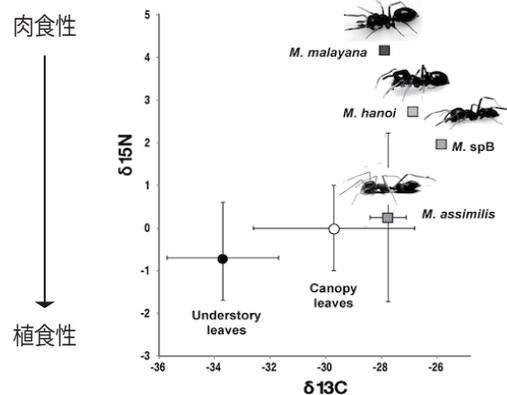


図6. アリ擬態クモ類種間の擬態形態と安定同位体比の関係

## <引用文献>

- Edmunds M (1993) Does mimicry of ants reduce predation by wasps on salticid spiders? *Memoirs of the Queensland Museum, Brisbane*, 11:507-512
- Edmunds M (2006) Do Malaysian Myrmarachne associate with particular species of ant? *Biological Journal of the Linnean Society*, 88:645-653
- Huang JN, Cheng RC, Li D, Tso IM (2011) Salticid predation as one potential driving force of ant mimicry in jumping spiders. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278:1356-1364
- Joron M, Mallet J (1998) Diversity in mimicry: paradox or paradigm? *Trends in Ecology and Evolution*, 13:461-466
- Nelson XJ, Jackson RS (2006) Vision-based innate aversion to ants and ant mimics. *Behavioral Ecology*, 17:676-681

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

Motoki Katayama, Keiko Kishimoto - Yamada, Hiroshi O. Tanaka, Tomoji Endo, Yoshiaki Hashimoto, Seiki Yamane, Takao Itioka (2015) Negative correlation between ant and spider abundance in the top canopy layer of a Bornean tropical rainforest. *Biotropica* (査読有) 04/2015; DOI:10.1111/btp.12208 early version

橋本佳明 (2015) アリ擬態現象から探る熱帯の生物多様性創出・維持機構 *日本生態学会誌* (査読有) (掲載確定)

橋本佳明 (2013) 特集：熱帯のアリの多様性：アリとアリグモが織りなす世界—アリ擬態クモとアリ類の多様性はアソシエイトしているのか？ *昆虫と自然* (査読無) 48 巻 7-11

[学会発表] (計 8 件)

Hashimoto Y. et.al “Through the looking-glass: Reflection of ant-diversity in ant-mimics- 企画集会 Morphometrics as a tool for insect shape analysis” 第 59 回日本応用動物昆虫学会 (山形大学) 2015 年 3 月 26 日から 28 日 山形大学 (山形市)

橋本佳明他「擬態現象から考える多種共存機構：熱帯林におけるアリ類とアリ擬態クモ類の多様性」大会シンポジウム「多種共存機構とニッチ」第 62 回日本生

態学会大会 (鹿児島大学) 2015 年 3 月 18 日から 22 日 鹿児島大学 (鹿児島市)

橋本佳明他「画像認識技術を活用して生物多様性を読み解く—生物多様性創出機構としての擬態現象」自由集会道具としての「形態測定学」第 62 回日本生態学会大会 (鹿児島大学) 2015 年 3 月 18 日から 22 日 鹿児島大学 (鹿児島市)

Hashimoto Y. et.al “Through the Looking-Glass: reflection of ant-diversity in ant-mimics” 17th Congress of the International Union for the Study of Social Insects (IUSSI) 2014 年 7 月 14 日から 18 日 Carnes, Australia

橋本佳明他「擬態現象を生物多様性創出・維持機構として解析する：ボルネオ熱帯雨林におけるアリ類垂直分布構造とアリグモ属のアソシエーション」第 61 回日本生態学会大会 2014 年 3 月 14 日から 18 日 広島国際会議場 (広島市)

Hashimoto Y. et.al “Detection of species-to-species association for ant-mimicking spiders and their ant models” 9th ANeT International Congress 2013 年 10 月 28 日から 11 月 1 日 University Malaysia Sabah, Kota Kinabalu, Malaysia

橋本佳明他「アリ類—アリグモ類の多様性アソシエーション：擬態パターンの多様性と擬態モデル種の形態的・生態的特性との関係」日本昆虫学会第 73 回大会 2013 年 9 月 13 日から 16 日 北海道大学農学部 (札幌市)

Hashimoto Y. et.al “Do biodiversity of ant-mimic spiders associate with ant biodiversity in tropical forests?” 19th International Congress of Arachnology (ICA 2013) 2013 年 6 月 23 日から 28 日 Kenting National Park, Taiwan

[図書] (計 0 件)

[産業財産権] 無し

[その他] 無し

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本佳明 (HASHIMOTO, Yoshiaki)

兵庫県立大学・自然・環境研究所・准教授

研究者番号：50254454

(2) 研究分担者

市岡孝郎 (ITIOKA, Takao)

京都大学・人間・環境学研究科 (研究院)・教授

研究者番号：40252283

遠藤知二 (ENDO, Tomoji)

神戸女学院大学・人間科学部・教授

研究者番号：60289030

兵藤不二夫 (HYODO, Fujio)

岡山大学・異分野研究コア (その他部局等)・准教授

研究者番号：70435535