

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05241

研究課題名(和文)植物の葉における自切の生態的意義と分子基盤

研究課題名(英文)Ecological significance and molecular mechanism of autotomy in plant leaves

研究代表者

川北 篤 (Kawakita, Atsushi)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授

研究者番号：80467399

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、主に熱帯に生育する7目11科の植物が、病原菌に感染した葉の部位を局所的に自ら切り落とすことで、周囲への感染拡大を防いでいると考えられる応答を示すことを発見した。この現象は、外敵による攻撃を受けた部位を宿主自身が切り落とすという意味で、動物で見られる自切に類似する。自切が確認できた植物は、基部被子植物のモクレン目から真正双子葉類のムクロジ目、ユキノシタ目、リンドウ目などさまざまな目にわたっており、被子植物にかなり広範に見られる応答であることが分かった。自切を引き起こす病原菌は特定の分類群に限られることはなく、植食性昆虫の食跡や物理的的刺激に対しても同様の応答が起こる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物は生態系の生産者であり、植食者や病原菌による攻撃に絶えずさらされている。食害や病害から身を守るため、植物はさまざまな物理的、化学的、あるいは生物的な防衛機構を発達させてきたが、とりわけ病原菌に対する植物の防御応答は、モデル植物や、一部の栽培植物において詳しく研究されているに過ぎず、野生植物における防御応答の多様性は詳しく研究されていなかった。本研究は、これまで植物の防御応答としてほとんど注目されてこなかった、植物自らが葉の感染部位を切り落とすという応答が、被子植物のさまざまな分類群で広く見られることを発見し、植物が従来考えられてきた以上に多様な方法で身を守っていることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, I found that some plants locally abscise regions of the leaf that is infected by pathogens, presumably to prevent further spread of the infection. Such a response was found in 11 angiosperm families in 7 orders, mainly distributed in the tropics. This response resembles autotomy in animals, in a sense that an organism gets rid of areas of its body attacked by natural enemies. Localized leaf abscission was found in diverse angiosperm groups ranging from Magnoliales, a member of the basal angiosperms, to Sapindales, Saxifragales, and Gentianales of the eudicots. Pathogens that cause localized leaf abscission is not limited to particular taxonomic groups, and localized leaf abscission can also be induced by insect herbivory and mechanical injury.

研究分野：植物生態学

キーワード：自切 葉 病原菌 センダン科 サクラ属 ハクサンカメバヒキオコシ ムツモンオトシブミ

1. 研究開始当初の背景

植物は生態系の生産者であり、植食者や病原菌による攻撃に絶えずさらされている。こうした食害や病害から身を守るため、植物はさまざまな物理的、化学的、あるいは生物的な防衛機構を発達させてきたが、こうした植物の防御をかいくぐるように植食者や病原菌もその解毒能力や感染力を高めてきた。このような共進化の過程で、植物がどのように防御機構を多様化させながら食害や病害を抑え込んできたのかという問いは、生態学における重要なテーマであるが、とりわけ病原菌に対する植物の防御応答は、シロイヌナズナやタバコなどのモデル植物や、一部の栽培植物において詳しく研究されているに過ぎず、野生植物における防御応答の多様性は詳しく研究されていなかった。

2. 研究の目的

研究開始当初、私は熱帯に生育する複数の科の植物で、植物が病原菌に感染した葉の部位を自ら切り落とすことによって周囲への感染拡大を防いでいると考えられる現象を発見していた。この現象は、外敵による攻撃を受けた部位を宿主自身が切り落とすという意味で、動物で見られる自切に類似する。本研究では、この現象の生態的な意義を調べ、葉の自切が被子植物に普遍的な新しい防御機構であることを示すことを目的とした。また、自切の適応的意義を野外実験によって検証し、さらに自切の分子メカニズムを明らかにすることで、系統群間で共通のメカニズムが使われているのかどうかを検証するを目指した。

さらに、葉の自切以外にも、外敵に対する防御に重要な、見過ごされてきた葉の形質がないかを探索し、そのような形質の生態学的意義を調べた。

3. 研究の方法

本研究では、世界のさまざまな調査地において、植物の葉を網羅的に調べ、自切が植物においてどれほど一般的な現象であるかを重点的に調査した。また、植物園等で栽培されている植物も調査の対象とした。このような探索を行う一方で、植物が葉を自切することによって、病原菌の感染の程度を低く抑えているかどうかを操作実験で検証することを目指した。

葉の自切以外では、シソ科のハクサンカメバヒキオコシの葉の切れ込みが、ムツモンオトシブミによる葉の加工を防ぐ役割をもつと考えられたため、この可能性を野外調査や操作実験によって検証した。

4. 研究成果

本研究によって得られた成果は以下の通りである。

1) 研究開始当初の予想を大きく上回る数の植物で自切を発見し、この現象が被子植物にかなり広範に見られる応答であることを明らかにした。自切が確認できた植物は、基部被子植物のモクレン目から真正双子葉類のムクロジ目、ユキノシタ目、リンドウ目などさまざまな目にわたっており、合計7目11科に及ぶ。これらは熱帯産の植物が多いが、一部に冷温帯の落葉樹もあり、熱帯で多く見つかるのは病原菌の活動が熱帯においてより活発であるためだと考えられる。例えば日本に在来のセンダン、京都周辺の個体群では自切はまれにしか起きていないが、琉球列島では葉に菌がよく感染しており、自切が頻繁に見られる。また、草本植物では自切は見つかっていない。同じ属の植物でも、一部の種群では自切が起こるが、同所的に生育する近縁の別の種では起こらないという例もあり、どのような要因によって一部の植物が自切を行い、他の植物が行わないのかは極めて興味深い。

2) 自切を引き起こす原因となる菌は特定の分類群に限られることはなく、さらに潜葉性昆虫の潜り跡も切り落とされることが分かった。また、物理的に葉を傷つけた場合にも同様の応答が起こることがある。しかし、自切が起きた場合と起きなかった場合でその後の感染拡大にどのような違いが生まれるかや、具体的にどのような物質が自切の引き金となるのかについては十分な解明に至らなかった。

3) 植物の葉における新しい防御機構の探索という観点から、ハクサンカメバヒキオコシの葉の切れ込みに着目し、植食者に対する抵抗性を高める役割があることを明らかにした。ハクサンカメバヒキオコシには、ムツモンオトシブミという植食者がつくが、葉の顕著な切れ込みは、オトシブミの成虫による葉の加工（幼虫の隠れ家および食料となる揺籠の作成）を妨げ、食害率を抑える役割があることを明らかにした。植物の葉の形が植食者との相互作用と結びつけて捉えられることはこれまでほとんどなく、この成果は野生植物の葉の防御機構にまだ見過ごされている側面があることを示している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Pellmyr O, Kjellberg F, Herre EA, Kawakita A, Hembry DH, Holland JN, Terrazas T, Clement W, Segraves KA, Althoff DM	4. 巻 104
2. 論文標題 Active pollination drives selection for reduced pollen-ovule ratios	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Journal of Botany	6. 最初と最後の頁 164-170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajb2.1412	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Higuchi Y, Kawakita A	4. 巻 5
2. 論文標題 Leaf shape deters plant processing by an herbivorous weevil	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 959-964
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-019-0505-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawakita Atsushi, Sato Akira A. Wong, Salazar Juana R. Llacsahuanga, Kato Makoto	4. 巻 14
2. 論文標題 Leafflower-leafflower moth mutualism in the Neotropics: Successful transoceanic dispersal from the Old World to the New World by actively-pollinating leafflower moths	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0210727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210727	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Iku Asano, Itioka Takao, Kawakita Atsushi, Goto Hideaki, Ueda Akira, Shimizu-kaya Usun, Meleng Paulus	4. 巻 27
2. 論文標題 High degree of polyphagy in a seed-eating bark beetle, <i>Coccotrypes gedeanus</i> (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), during a community-wide fruiting event in a Bornean tropical rainforest	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tropics	6. 最初と最後の頁 59~66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3759/tropics.MS18-07	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kobayashi Shigeki, Johns Chris A., Lopez-Vaamonde Carlos, Doorenweerd Camiel, Kawakita Atsushi, Ohshima Issei, Lees David C., Hanabergh Sofia, Kawahara Akito Y.	4. 巻 773
2. 論文標題 Hawaiian Philodoria (Lepidoptera, Gracillariidae, Ornixolinae) leaf mining moths on Myrsine (Primulaceae): two new species and biological data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ZooKeys	6. 最初と最後の頁 109 ~ 141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3897/zookeys.773.21690	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Giron D, Dubreuil G, Bennett A, Dedeine F, Dicke M, Dyer LA, Erb M, Harris MO, Huguët E, Kaloshian I, Kawakita A, Lopez-Vaamonde C, Palmer TM, Petanidou T, Poulsen M, Salle A, Simon J-C, Terblanche JS, Thiery D, Whiteman NK, Woods HA, Pincebourde S	4. 巻 166
2. 論文標題 Promises and challenges in insect-plant interactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Entomologia Experimentalis et Applicata	6. 最初と最後の頁 319 ~ 343
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/eea.12679	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakadai Ryosuke, Kawakita Atsushi	4. 巻 26
2. 論文標題 Patterns of temporal and enemy niche use by a community of leaf cone moths (Caloptilia) coexisting on maples (Acer) as revealed by metabarcoding	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Molecular Ecology	6. 最初と最後の頁 3309 ~ 3319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mec.14105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mochizuki Ko, Furukawa Saori, Kawakita Atsushi	4. 巻 104
2. 論文標題 Pollinia transfer on moth legs in <i>Hoya carnosa</i> (Apocynaceae)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 American Journal of Botany	6. 最初と最後の頁 953 ~ 960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3732/ajb.1700078	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Furukawa Saori, Kawakita Atsushi	4. 巻 184
2. 論文標題 Limiting the cost of mutualism: the defensive role of elongated gynophore in the leafhopper-moth mutualism	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oecologia	6. 最初と最後の頁 835 ~ 846
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00442-017-3910-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mochizuki Ko, Kawakita Atsushi	4. 巻 121
2. 論文標題 Pollination by fungus gnats and associated floral characteristics in five families of the Japanese flora	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 651 ~ 663
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/aob/mcx196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toki, W., A. Kawakita & K. Togashi	4. 巻 41
2. 論文標題 Presence of weed fungus in a non-social beetle-fungus cultivation mutualism	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Ecological Entomology	6. 最初と最後の頁 253-262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/een.12293	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakadai, R. & A. Kawakita	4. 巻 6
2. 論文標題 Phylogenetic test of speciation by host shift in leaf cone moths (Caloptilia) feeding on maples (Acer)	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 4958-4970
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.2266	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kawahara, A. Y., D. Plotkin, I. Ohshima, C. Lopez-Vaamonde, P. Houlihan, J. W. Breinholt, A. Kawakita, L. Xiao, J. C. Regier, D. R. Davis, T. Kumata, J-C. Sohn, J. De Prins & C. Mitter	4. 巻 42
2. 論文標題 A molecular phylogeny and revised higher-level classification for the leaf-mining moth family Gracillariidae and its implications for larval host use evolution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Systematic Entomology	6. 最初と最後の頁 60-81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/syen.12210	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamasaki, E., A. Kawakita & S. Sakai	4. 巻 29
2. 論文標題 Diversity and evolution of pollinator rewards and protection by Macaranga (Euphorbiaceae) bracteoles	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Evolutionary Ecology	6. 最初と最後の頁 379-390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s10682-014-9750-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suetsugu, K., A. Kawakita & M. Kato	4. 巻 1
2. 論文標題 Avian seed dispersal in a mycoheterotrophic orchid <i>Cyrtosia septentrionalis</i>	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 15052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nplants.2015.52	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawakita, A., K. Mochizuki & M. Kato	4. 巻 116
2. 論文標題 Reversal of mutualism in a leafhopper-leafhopper moth association: The possible driving role of a third-party partner	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Biological Journal of the Linnean Society	6. 最初と最後の頁 507-518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/bij.12633	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawakita, A. & M. Kato	4. 巻 568
2. 論文標題 Revision of the Japanese species of <i>Epicephala</i> Meyrick with descriptions of seven new species (Lepidoptera, Gracillariidae)	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ZooKeys	6. 最初と最後の頁 87-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3897/zookeys.568.6721	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toki, W., Kawakita, A. & K. Togashi	4. 巻 未定
2. 論文標題 Presence of weed fungus in a non-social beetle-fungus cultivation mutualism	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Ecological Entomology	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/een.12293	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 樋口裕美子、川北篤
2. 発表標題 葉のかたちと植食者：葉の切れ込みはオトシブミの揺籃づくりを妨げるか？
3. 学会等名 日本生態学会第66回全国大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 川北篤	4. 発行年 2016年
2. 出版社 東海大学出版部	5. 総ページ数 388
3. 書名 奄美群島の自然史学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学大学院理学系研究科附属植物園川北篤研究室
<https://www.bg.s.u-tokyo.ac.jp/common/research/kawakita-lab/Japanese/home.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----