

植物の香気成分が媒介する生物間相互作用ネットワークの解明

塩尻かおり（京都大学 生態学研究センター）

shiojiri@ecology.kyotop-u.ac.jp

これまでに植物が何らかの加害を受けたときに放出する誘導性の香気成分について研究を行ってきた。特にその生態的機能について注目し、1) 香気成分が媒介する生物間相互作用ネットワークが多種共存を促すこと。2) 香気成分を利用した有機農業へ向けた応用技術の開発。3) 香気成分が植食性昆虫の夜行性を決定する主要因であること。4) 香気成分による植物間のコミュニケーションを研究してきた。

はじめに

植物は静的なものではなく、病気や食害に対して動的に反応する。この反応は誘導反応と呼ばれており、例えば食害を受けた場合に葉を硬くする、棘や繊毛密度を高める、毒物質を生産するといったような防衛反応を示す。また、植食者の天敵を誘引するような香気成分を生産し放出することも知られている。本講演ではこの香気成分が天敵以外の生物種に影響を及ぼし、それにより生物間相互作用のネットワークが構築され、多種多様な生物が共存できる要因の一つであることを述べたい。上述した1)の研究内容である。

生物間相互作用ネットワーク

捕食性内部寄生蜂（以下寄生蜂）は、寄主幼虫（たいていは植食者幼虫）の体内に卵を産みつけ寄主幼虫体内で成長し、蛹化直前に寄主体表を破り外にでてきて蛹になる。そのときに、寄主幼虫は死んでしまうので、捕食性内部寄生蜂と呼ばれている。それら寄生蜂は寄主が食害した植物が誘導的に生産する香気成分を手がかりにして寄主探索を行うことが知られる。このような植物・寄生蜂間の香気成分を介した相互作用の研究は、これまで植物が単一種の植食者に食害された場合にのみ着目していた。しかし、野外では複数種の植食者が同時に同じ植物株を食害している場合がある。そこで本研究では複数種の植食者が同時に食害したとき、誘導性香気成分によって媒介される植物と寄生蜂の相互作用が、単一種食害の場合と比べてどのように変化するか注目した。実験対象とした植物・植食者・スペシャリスト寄生蜂の系は、アブラナ科・コナガ (*Plutella xylostella*)・コナガコマユバチ (*Cotesia plutellae*) およびアブラナ科・モンシロチョウ (*Pieris rapae*)・アオムシコマユバチ (*C. glomerata*) の二つの三者系である。さらに、そのような植物と寄生蜂の相互作用の変化が、同じ株上に生息する、寄生蜂の寄主幼虫と非寄主幼虫（ともに植食者）間の相互作用に影響を及ぼす可能性についても検討した。

コナガコマユバチおよびアオムシコマユバチはともにそれぞれの寄主（コナガおよびモンシロチョウ）食害株と健全株を、それぞれの株から放出される香気成分によって識別し、寄主食害株を選択して飛翔定位した。コナガコマユバチはコナガ幼虫が食害した株（以下コナガ食害株）とそれ以外の被害株（モンシロチョウ幼虫による食害株やパンチを用いて機械的に傷をつけた株）とを識別しコナガ食害株に定位した。一方、アオムシコマユバチはモンシロチョウ幼虫食害株（以下モンシロ食害株）とそれ以外の被害株（コナガ食害株や機械傷株）とを識別しなかった。食害によって生じた香気成分の化学分析の結果、各被害株で放出されている成分の量やそれらの比率が異なった。2種寄生蜂の各被害株に対する選好性の結果と化学分析の結果より、コナガコマユバチはコナガ食害株に特異的な匂いのブレンド比を手がかりに寄主食害株に定位し、一方、アオムシコマユバチでは傷をもつ植物株に特徴的な「緑の香り」（傷害で誘導的に不飽和脂肪酸より生産される炭素数6の揮発性成分）を手がかりにして寄主の存在する株に定位すると考えら

れた。(この結果は、上述した2)「香気成分を主とした有機農業への技術の開発」へつながるものとなる。)

コナガとモンシロチョウ幼虫が同時に食害した株と単独食害株に対する両寄生蜂の定位選好性を調べた結果、コナガコマユバチでは寄主単独の食害株を選好したが、アオムシコマユバチは両種食害株を選好した。さらにコナガコマユバチの両植食者食害株上での探索行動は寄主食害株に比べ有意に短くなった。人工気象室内で行った寄生率実験でも寄生蜂の両種食害株に対する選好性や探索時間の変化を反映し、コナガコマユバチの寄生率は両種存在株で寄主単独株より低く、逆にアオムシコマユバチの寄生率は高かった。これらの結果より、両植食者存在株はコナガにとっては天敵低密度空間(天敵の少ない空間)であり、モンシロチョウにとっては天敵高密度空間であることが明らかになった。さらに、コナガおよびモンシロチョウの雌成虫は、このような他種植食者によってもたらされた天敵低密度空間や天敵高密度空間を認知して産卵場所を選択しており、コナガとモンシロチョウ間に植食者誘導性化学物質を介した間接的な相互作用があることが示された。

以上の結果をまとめる(図1:コナガの3者系を中心に)、各植食者単独の食害による誘導性の植物香気成分は2種が同時に食害する際にその香気成分のブレンドが変化する。その変化は両種寄生蜂の株選好性に影響をあたえ、両種株上での寄生率を有意に減少あるいは増加させた。このような非寄主による間接的な効果が寄生蜂に作用している。これをコナガ幼虫とモンシロチョウ幼虫の係に注目してみると、香気成分の変化を介してモンシロチョウ幼虫はコナガ幼虫にコナガコマユバチ低密度空間(enemy-free space)を提供し、逆にコナガ幼虫はモンシロチョウ幼虫にアオムシコマユバチ高密度空間(enemy-dense space)を提供したといえる。一見、無関係な生物間に植物の誘導性香気成分の変化を介した間接的な相互作用が存在していることが明らかになった。さらに、それらがコナガ幼虫やモンシロチョウ幼虫の分布を決定する産卵選好性の違いに反映されていることを示した。

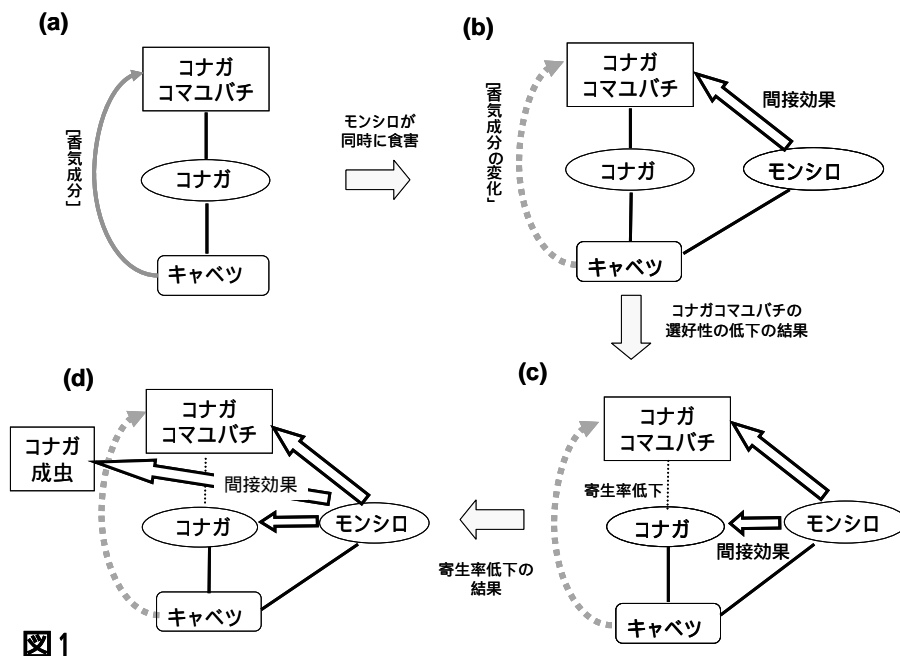
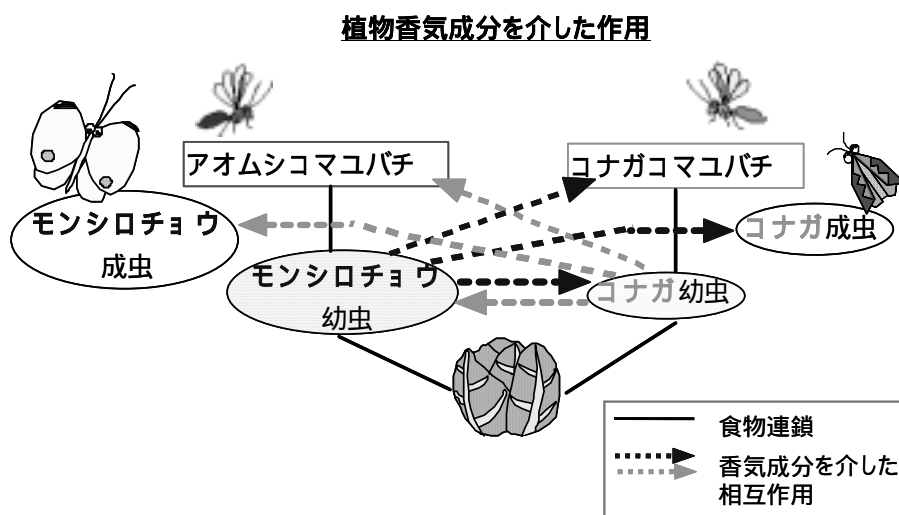


図1

おわりに

これまでの群集生態学は「被食・捕食」という目に見える現象（食物網）の枠組みの中で研究が進められてきており、生物間の相互作用構造のごく一部しか見えてこなかったと言える。本研究では化学生態学的な操作実験による解析によって、目に見えない香り成分により結ばれている生物間相互作用を明らかにすることができた（図2）。この結果から、これまでの生態学の視点を書き換え、見えない系で複雑に繋がる生態系構造の概念を構築する必要性を示唆した。



謝辞

本研究の遂行にあたって、貴重なご助言や討論をして頂いた高林順示氏、高藤晃雄氏、小澤理香氏、Richard Karban 氏、ならびに京都大学農学研究科生態情報・昆虫生態、生態学研究センターの学生またスタッフの皆様深く感謝する。さらに、学生のころから所属する日本応用昆虫学会では、学会発表、小集会、自由集会等で発表や議論の場を提供していただいただけでなく、この賞を受賞するにあたっても推薦を頂いた。ここに併せて厚く御礼申し上げます。

業績リスト

- 1) [Shiojiri, K.](#), Takabayashi, J., Yano, S. and Takafuji, A. (2000) Flight response of parasitoids toward plant-herbivore complexes: A comparative study of two parasitoid-herbivore systems on cabbage plants. *Applied Entomology and Zoology* 35: 87-92.
- 2) [Shiojiri, K.](#), Takabayashi, J., Yano, S. and Takafuji, A. (2000) Herbivore-species-specific interactions between crucifer plants and parasitic wasps (Hymenoptera' Braconidae) that are mediated by infochemicals present in areas damaged by herbivores. *Applied Entomology and Zoology* 35: 519-524.
- 3) [Shiojiri, K.](#), Takabayashi, J., Yano, S. and Takafuji, A. (2001) Infochemically mediated tritrophic interaction webs on cabbage plants. *Population Ecology* 43: 23-29.
- 4) [Shiojiri, K.](#), Takabayashi, J., Yano, S. and Takafuji, A. (2002) Oviposition preference by herbivores is affected by tritrophic interaction networks. *Ecology Letters* 5: 1-7

- 5) Shiojiri, K., Takabayashi, J. (2003) Effects of specialist parasitoids on oviposition preference of phytophagous insects: encounter-dilution effects in a tritrophic interaction. *Ecological Entomology* 28: 573-578.
- 6) Ozawa, R., Shiojiri, K., Sabelis, M. W., Arimura, G., Nishioka, T. and Takabayashi, J. (2004) Corn plants treated with jasmonic acid attract more specialist parasitoids, thereby increasing parasitization of the common armyworm. *Journal of Chemical Ecology* 30: 1305-1317
- 7) Shiojiri, K. and Takabayashi, J. (2005) Parasitoid Preference for Host-infested Plants is Affected by the Risk of Intraguild Predation. *Journal of insect behavior* 18: 567-576.
- 8) Shiojiri, K., Ozawa, R., Matsui, K., Kishimoto, K., Kugimiya, S. and Takabayashi, J. (2006) Role of the Lipoxygenase/Lyase Pathway of Host-food Plants in the Host Searching Behavior of Two Parasitoid Species, *Cotesia glomerata* and *Cotesia pultellae* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Chemical Ecology* 32: 969-979
- 9) Shiojiri, K., Ozawa, R. and Takabayashi, J. (2006) Plant volatiles rather than light determine the nocturnal behavior of the caterpillar. *PLoS Biology* 4: 1044-1047
- 10) Karban, R., Shiojiri, K. and Huntzinger, M. (2006) Damage-induced resistance in sagebrush: Volatiles are key to intra- and interplant communication. *Ecology* 87: 922-930
- 11) Shiojiri, K., Karban, R. (2006) Plant age, communication, and resistance to herbivores: Young sagebrush plants are better emitters and receivers. *Oecologia* 149: 214-220.
- 12) Shiojiri K., Kishimoto K., Ozawa R., Kugimiya S., Urashimo S., Arimura G., Horiuchi J., Nishioka T., Matsui K. and Takabayashi J. (2006) Changing green leaf volatile biosynthesis in plants: An approach for improving plant resistance against both herbivores and pathogens. PNAS (in press).
- 13) 有村源一郎・小澤理香・塩尻かおり・高林純示 (2001) 植物・害虫・天敵三者間の相互作用について,日本農薬学会誌 26: 174-182.
- 14) 塩尻かおり・前田太郎・有村源一郎・小澤理香・下田武志・高林純示 (2002) 植物・捕食者・捕食・捕食寄生者相互関係における植物情報シグナルの機能,日本応用動物昆虫学会誌 46: 117-133.
- 15) 塩尻かおり・高林純示 (2003) キャベツ畑で繰り広げられる複雑な生物間相互作用ネットワーク,蛋白質核酸酵素 48: 1779-1785.
- 16) 高林純示・塩尻かおり・小澤理香・有村源一郎 (2002) 植物揮発性成分による生物間情報伝達,植物の生長調節 37: 166-177.
- 17) 塩尻かおり (2004) 生態系における生物間化学情報ネットワーク,日本応用動物昆虫学会 48: 169-176.
- 18) 高林純示・塩尻かおり (2003) 虫たちの情報通信・多様な化学情報が形成する相互作用ネットワーク・(大串隆之編)「生物多様性科学のすすめ」pp. 24-43

Infochemically-mediated interaction networks in the plant-insect community.

Kaori Shiojiri (Center for Ecological Research, Kyoto University)

shiojiri@ecology.kyoto-u.ac.jp