

バイオミメティクス

—生物から学ぶ科学技術—

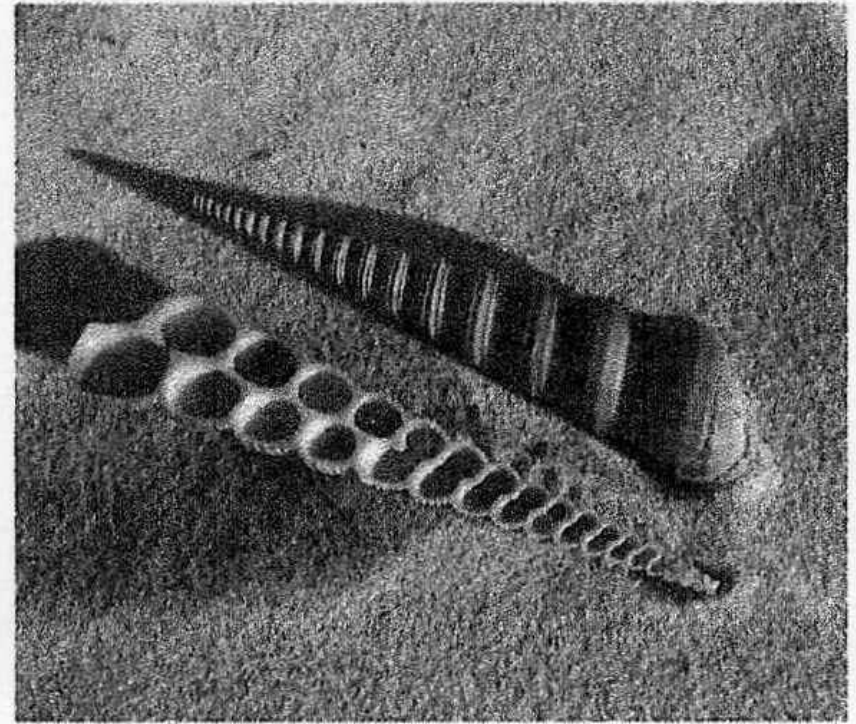
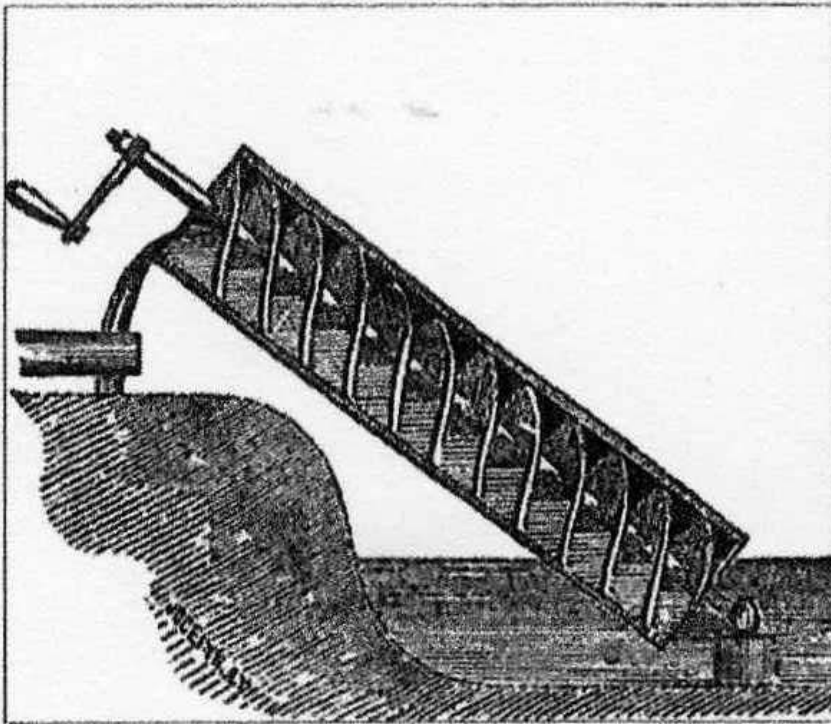
藤崎憲治
(京都大学名誉教授)

バイオミメティクス(biomimetics)

- バイオ(生物) + ミメティクス(模倣)
- バイオミミクリー(biomimicry)とほぼ同義であるが、より工学的色彩が強い
- 日本語ではいずれも「生物模倣」と訳される
- ミミクリーは生物学では「擬態」のことである

バイオミミクリーの思想と概念

古代ギリシャのアルキメデスは記録に残る最初の
バイオミミックス(バイオミミクリーの研究者)の一人



左から右へ：アルキメディアン・スクリューのポンプ、自然の対数らせん

(ジェイ・ハーマン, 2014より)

紙は中国でアシナガバチの巣をヒントに発明された？

和紙でできているような巣

アシナガバチのなかまは、枝や葉の表面の毛や皮など繊維質の部分を集め口の中で唾液と混ぜて吐き出し、固めていきます。
和紙のような素材の、軽くて丈夫な巣をつくります。



かつて中国では、アシナガバチの巣をヒントにして紙を発明したといわれています。
アシナガバチの巣を光に透かして見ると
細かい繊維でできていて確かに和紙のようです。

つくり手プロフィール

セグロアシナガバチ

Polistes japonicus
スズメバチ科アシナガバチ属
全長：約2cm
生息地：本州以南に分布

市街地によく見かけるアシナガバチの一種。アシナガバチ類では大型の種で、黒地に黄色い斑紋が入る。人家の軒下などに巣をつくり、ほかの昆虫を狩って肉だんごにして巣に運び、幼虫に与える。



(鈴木、2015より)

自然は、われわれの知性にとっては限りなく驚嘆すべきことを、最高度の容易さと単純さで行っている。

(ガリレオ・ガリレイ)

ひともとの草、一匹の甲虫、一匹のあり、黄金色したみつばち、すべて知性を持っていないこれらのものが、驚かるるばかりおのれの道を心得ていて、神の神秘を証明し、みずからその秘密をたゆみなく行なっているではないか。(フョードル・ドストエフスキー)

ここを取り仕切っているのはいったい何か。いったい誰が、命令し、先を見通し、計画し、コロニーのバランスを保っているのか。(モーリス・メーテルリンク)

世界では何も発明されてないんだ。発明家の幸運は神が全人類の前に置いたものを見たに過ぎない。何千年も前からハエは飛んでるけど、人間が飛行機を作ったのはつい最近になってからだ。

創造的であろうとして、意味の無いものを付け加えてはいけない。自然の原理をよく観察し、それをよりよくしようと努力するだけでいい。

アントニ・ガウディ



(撮影: 藤崎憲治)

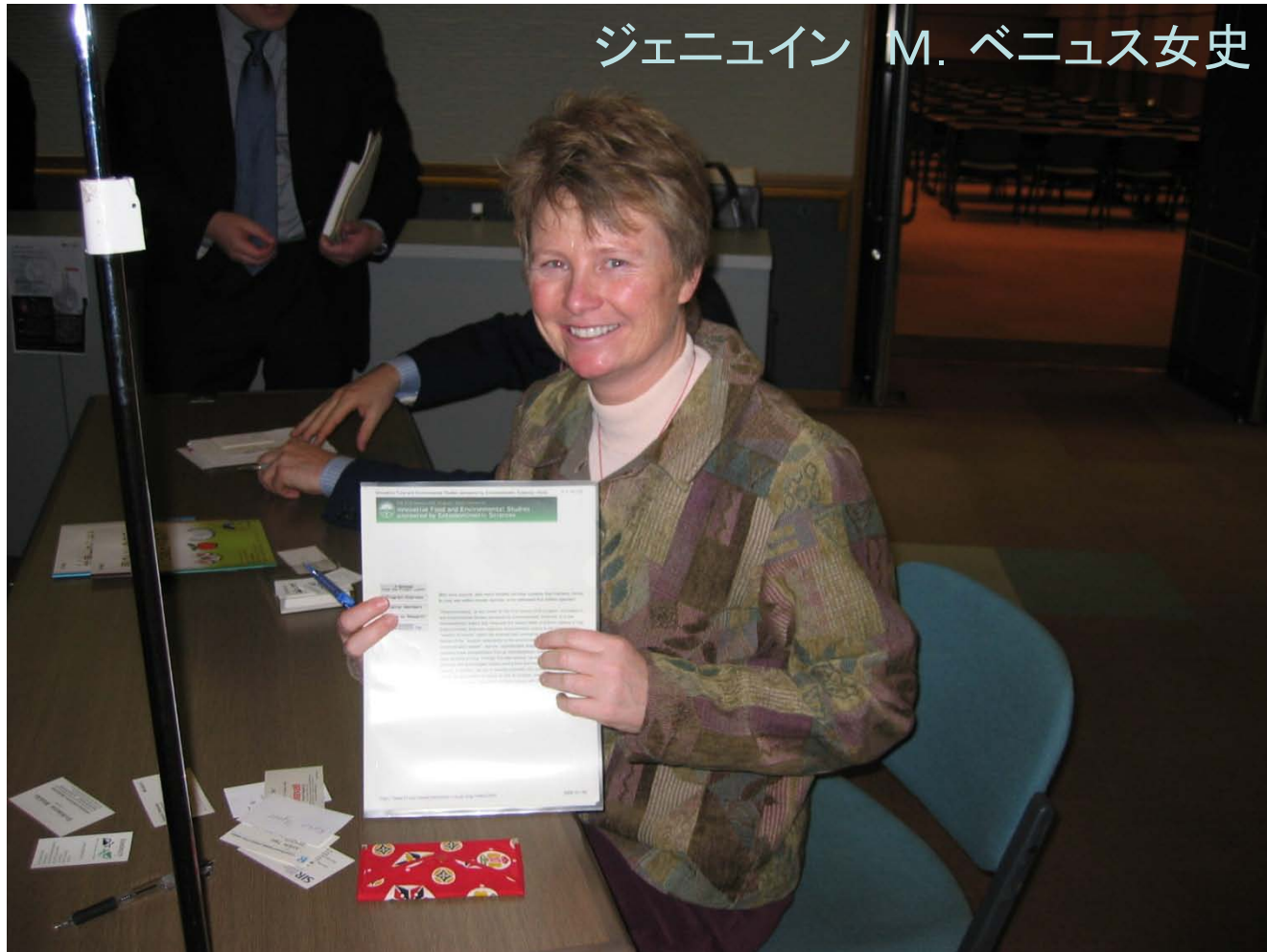
余談ではあるが、先日田舎で農夫の着ている蓑を見て、その機構の巧妙さと性能の優秀なことに今さらに感心した。

空気の流通がよくてしかも雨やあらしの侵入を防ぐという点では、バーベリーのレーンコートよりもずっとすぐれているのではないかという気がする。あれも天然の設計に成る鳥獣の羽毛の機構を学んで得たインジェニュイティーであろうと想像される。

寺田寅彦

(昭和10年10月 東洋思潮)

現代におけるバイオミミクリーの提唱者

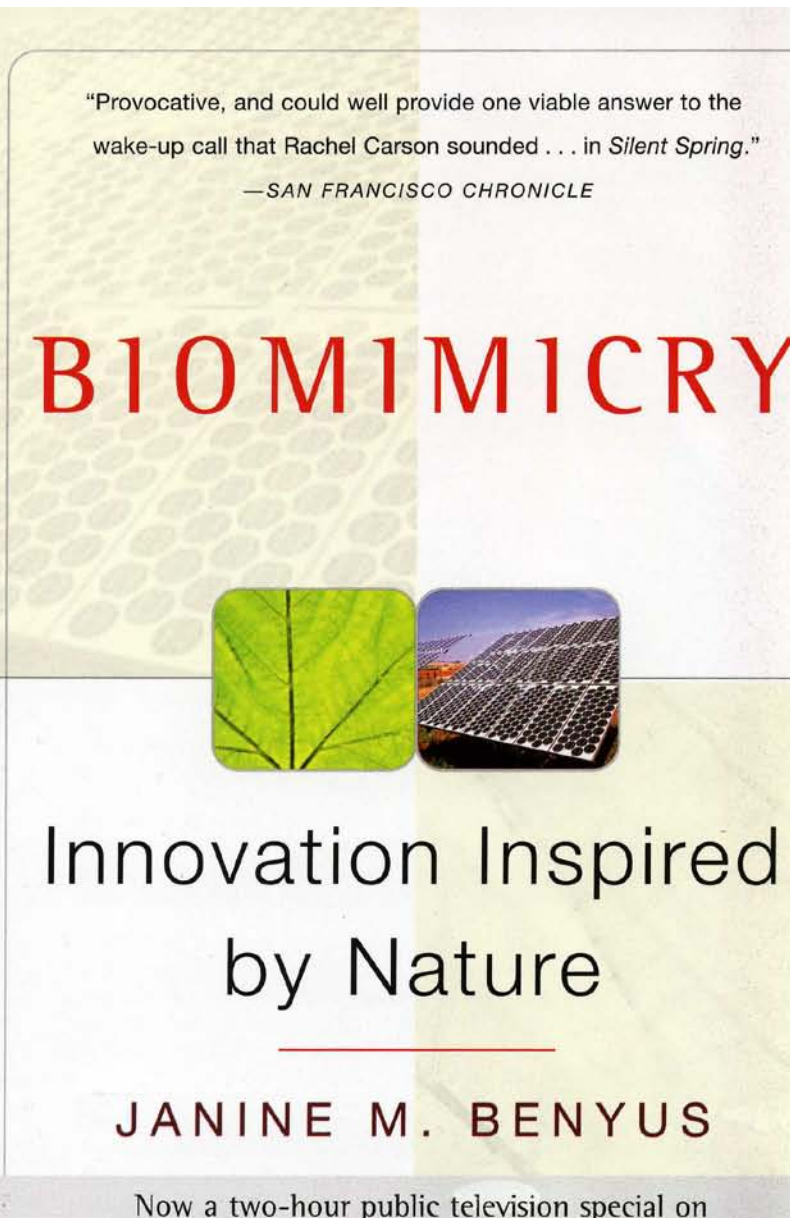


(撮影: 藤崎憲治)

アメリカのジャーナリストで、NPO法人「Biomimicry Institute」を主宰し、バイオミミクリーに関する活動を世界的に展開。

バイオミミクリーの概念

(Benyus, 1997)



- Nature as model
(モデルとしての自然)
- Nature as measure
(評価基準としての自然)
- Nature as mentor
(師としての自然)

バイオミミクリーの3段階

(Benyus, 1997)

- 第1段階・・・自然の形態の模倣
- 第2段階・・・自然のプロセスの模倣
- 第3段階・・・自然のシステム（生態系）
の模倣

自然の法則と戦略

(Benyus, 1997)

- 自然は太陽の力で働く
- 自然は必要とするエネルギーしか使わない
- 自然は形態を機能に合わせる
- 自然はあらゆるものをリサイクルする
- 自然は協力に報いる
- 自然は多様性に投資する
- 自然は地域の知恵を働かせる
- 自然はおのずから過剰を抑える
- 自然は制約の力を活かす

自然を征服し、「改善する」ことに慣れている社会にとっては、自然を尊重してまねようという姿勢は革新的なアプローチであり、まさしく革命です。バイオミミクリー革命は、産業革命とは違って、われわれが自然界から「搾りとれる」ものではなく、「学べる」ものを重視する時代をひらく先達なのです。

『自然と生体に学ぶバイオミミクリー』
(ジェニユイン M. ベニユス, 2006)

ベニユスさんが敬愛するバイオミックスのひとり

エドワード・O・ウィルソン博士

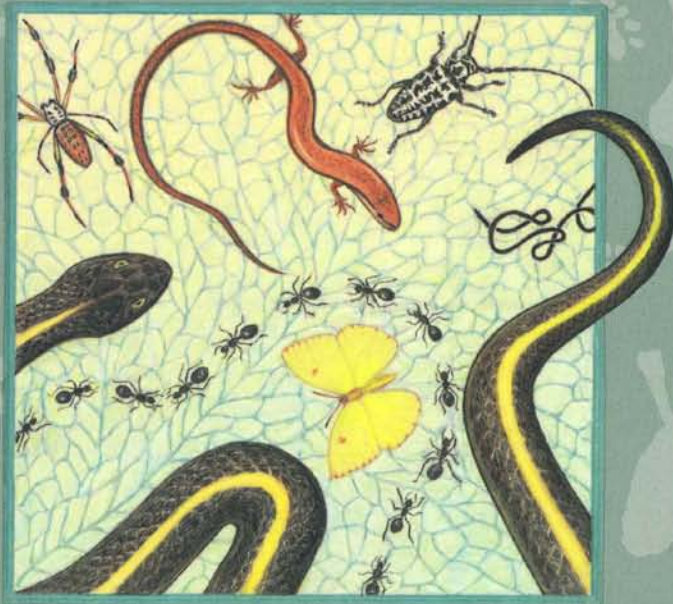


(撮影: 藤崎憲治)

世界的に著名なアリ学者で、社会生物学の創始者である。また、「生物を愛する人間の内的な傾向」を意味する「バイオフィリア」の提唱者でもある。

EDWARD O. WILSON

IN SEARCH

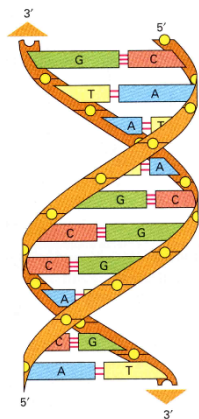


OF NATURE



人類のフロンティアとは何か

人類にとっての真のフロンティアは、地球上の生命なのである。地球上の生命を調査し、そうして得た知識を、科学や芸術、実用に役立てることこそをまず考えるべきだろう。



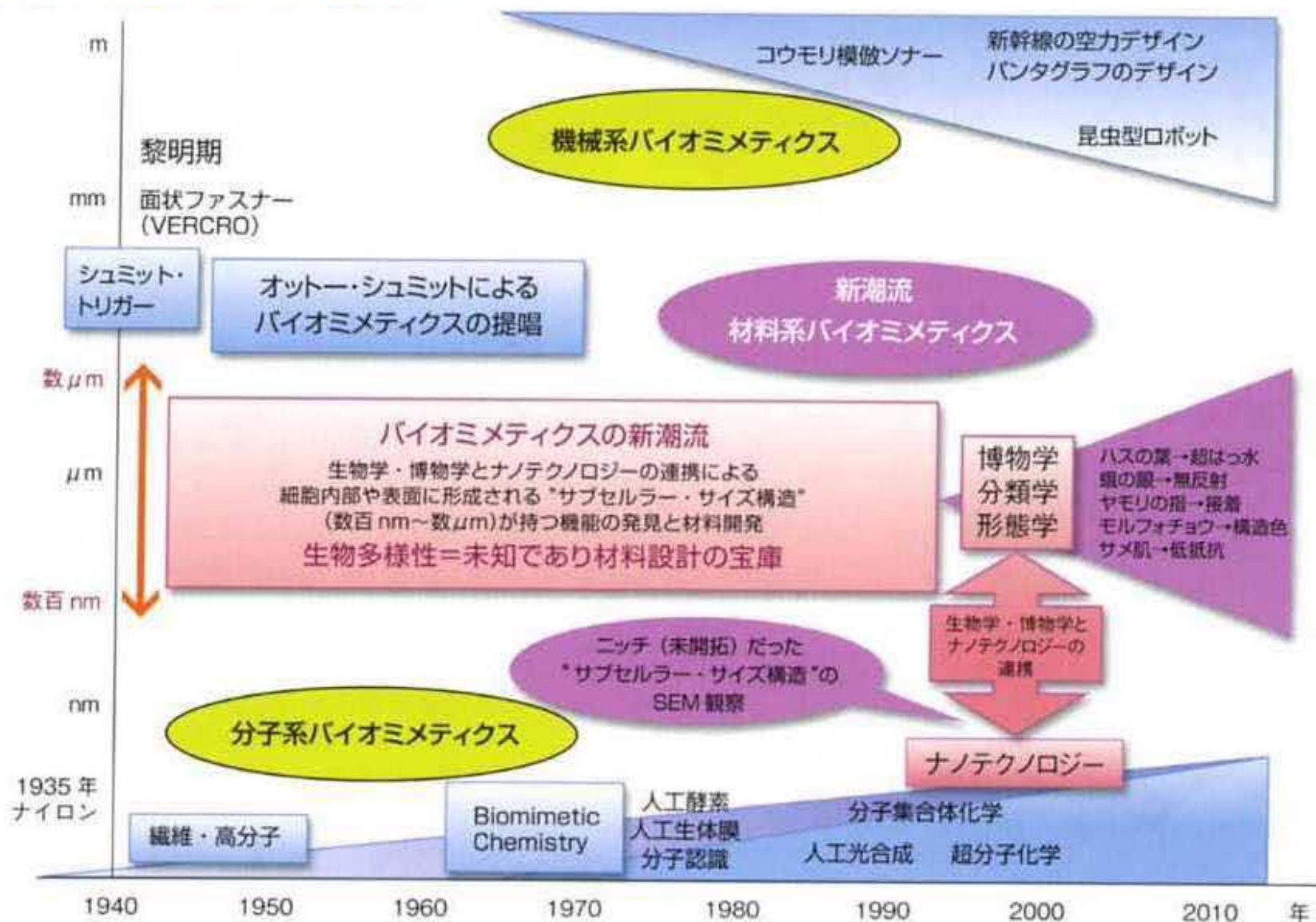
DNAの二重らせん構造

『生き物たちの神秘生活』
(エドワード・O・ウィルソン, 1999)

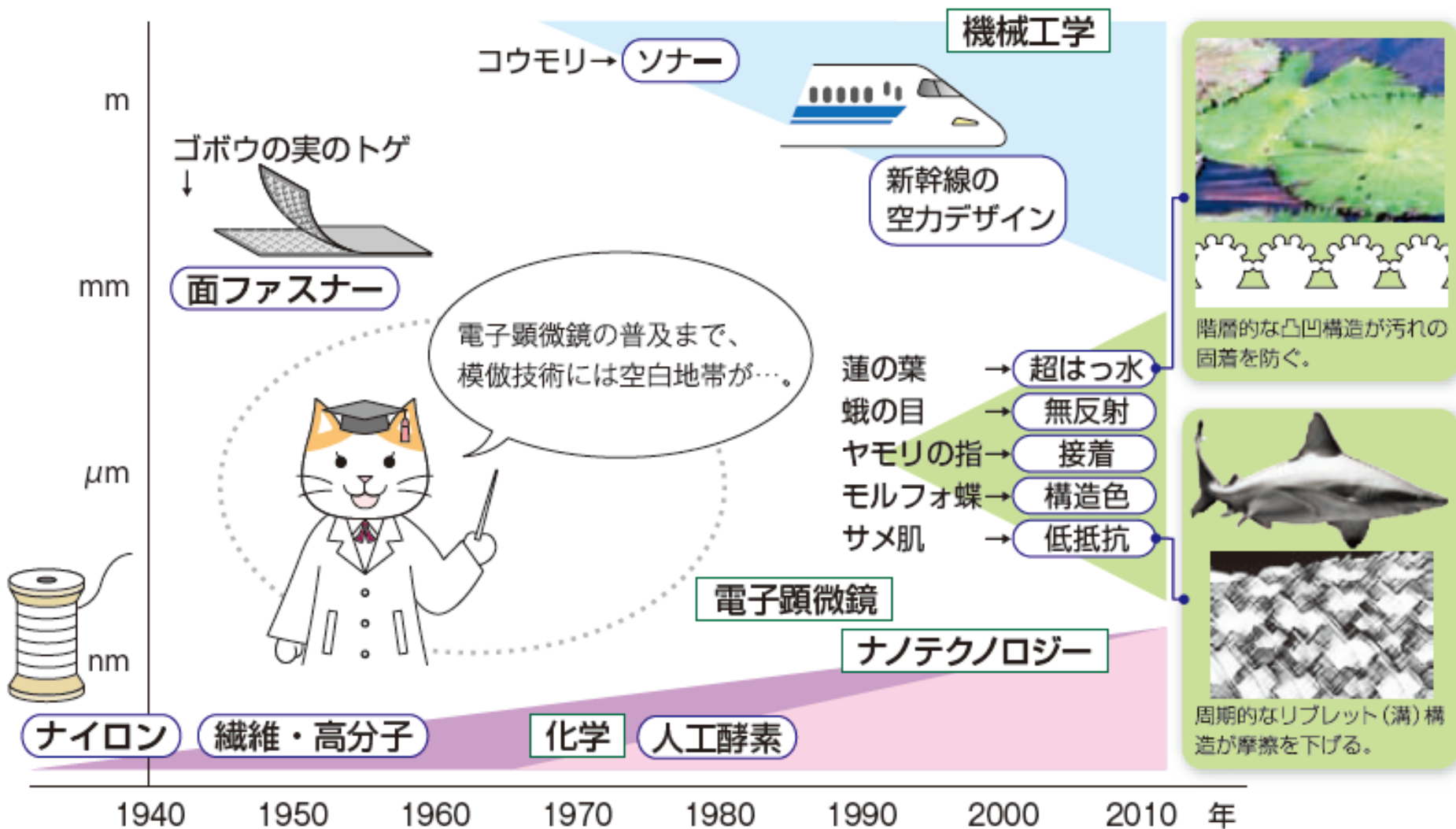
バイオミメティクス研究 の系譜

バイオミメティクス研究の歴史

(下村、2010)

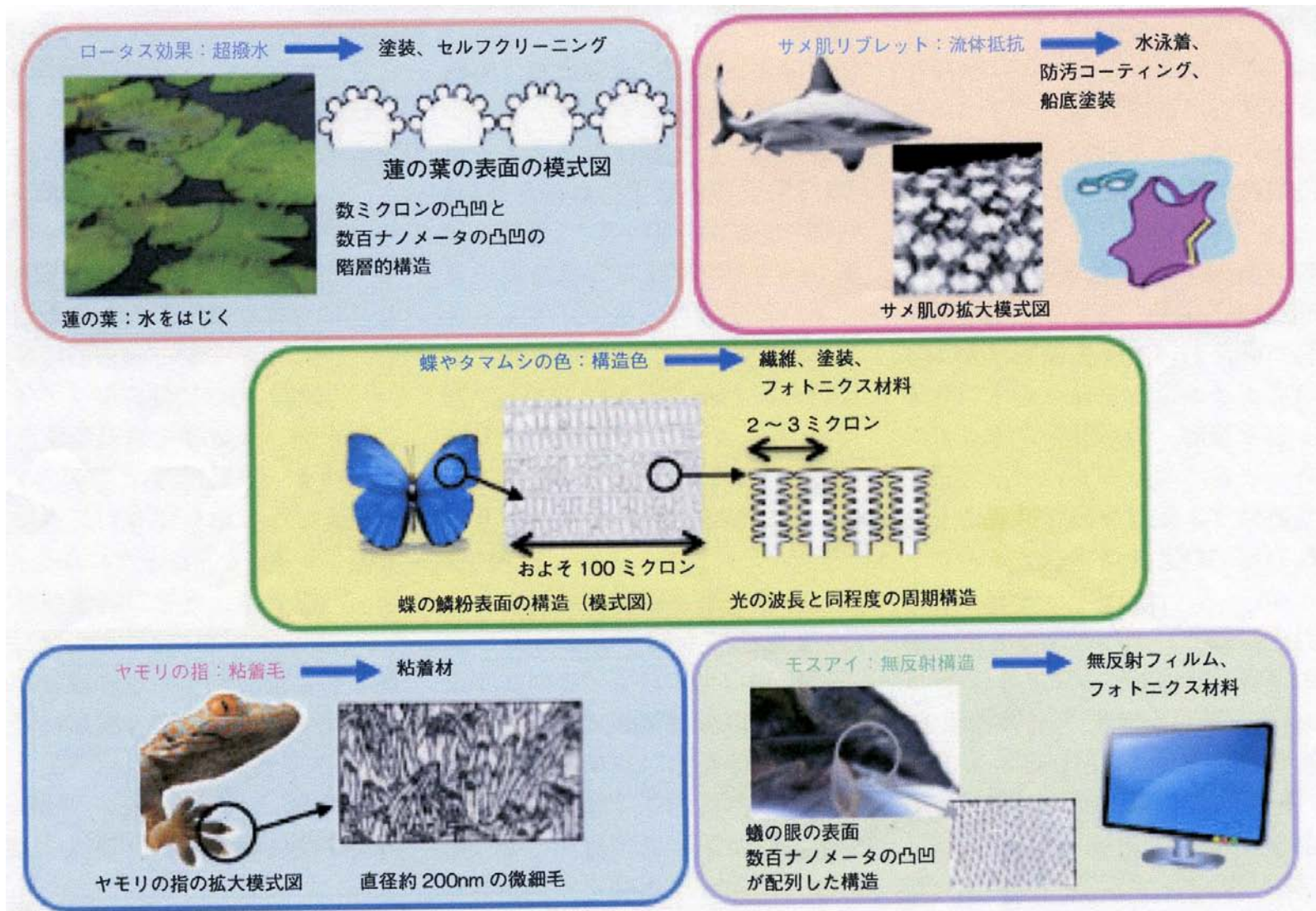


バイオミメティクス研究の歴史



新世代バイオミメティクス材料研究の成功例

(下村, 2010)



バイオミメティクスの新プロジェクト

「生物多様性を規範とする革新的材料技術」

- 文部科学省 科学研究費補助金
- 平成23年度(2011年度)新学術領域研究
- 領域代表者 下村政嗣

自己組織化 (self-organization)

- 他からのコントロールを受けずに自ら組織や構造を作り出す、自然が持つ基本的性質
- 高熱や高圧で処理することなく作成

具体例:

- 生物がDNAを設計図として機能を持たない原材料から機能を持つ組織を作り出すこと
- 脳内で起こる神経回路の構築
- 雪の結晶
- 分子による高次構造の構築
- 社会性昆虫の社会や群知能

目的は、自然のデザインの角度や構造を単純にコピーしたり、材料をそれらに近い形でつくりあげることではない。

本当にやりたいのは、たとえば、生物体がいかに完全な結晶を成長させ、それらを役に立つ構造につくりあげるかという、製造のプロセスを見習うことである。

ポール・カルバート(セラミック研究者)

人間の技術体系から生物の技術体系へ

産業革命以降の「人間の技術体系」は石炭や石油などの地下資源をエネルギーとし、また森林などの多くの生物資源を浪費し、自然環境を破壊してきた。

バイオミメティクスなどの「生物の技術体系」は、これまでの技術の反省の下に、石油に依存した地下資源文明から脱却し、環境にやさしく、かつ持続的な人類の発展を意図するものである。

昆虫ミメティクス(entomomimetics)

- バイオミメティクスの一種で、とくに昆虫をモデルにしたもの。
- きわめて多様性に富むことで、バイオミメティクスの宝庫である。
- ナノテクノロジーの発展により、小さな生物の複雑な仕組みと機能を解明し、再現できる技術的力量がついてきたことで注目されるようになった。

21世紀COEプログラム 「昆虫科学が拓く未来型 食料環境学の創生」

2004年～2009年

京都大学
大学院農学研究科
フィールド科学教育研究センター
拠点リーダー：藤崎憲治

京大のエントモミメティクス

研究グループ

地球温暖化など
環境インパクト
のモニタリング



環境調和型
害虫防除法
の開発

昆虫のデザインと機能の
工学・医学への応用

ベニユスさんからのメッセージ

For Kenji —

You know how
wise the insects
are — thank you
for listening to
what they have to
tell us.

Janine M. Benyas

昆虫はバイオミミクリーの天才

—擬態—



(撮影: 藤崎憲治)

枯葉



(撮影: 藤崎憲治)



(撮影: 藤崎憲治)

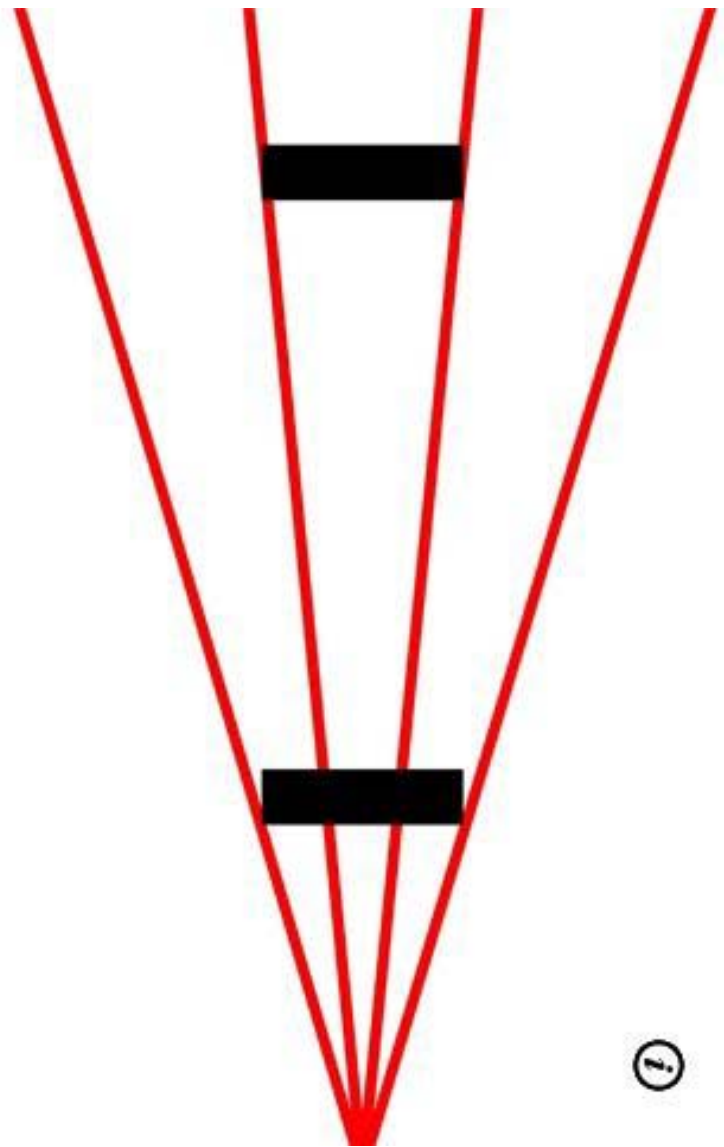
(場)

枯葉に擬態したキマエコノハ

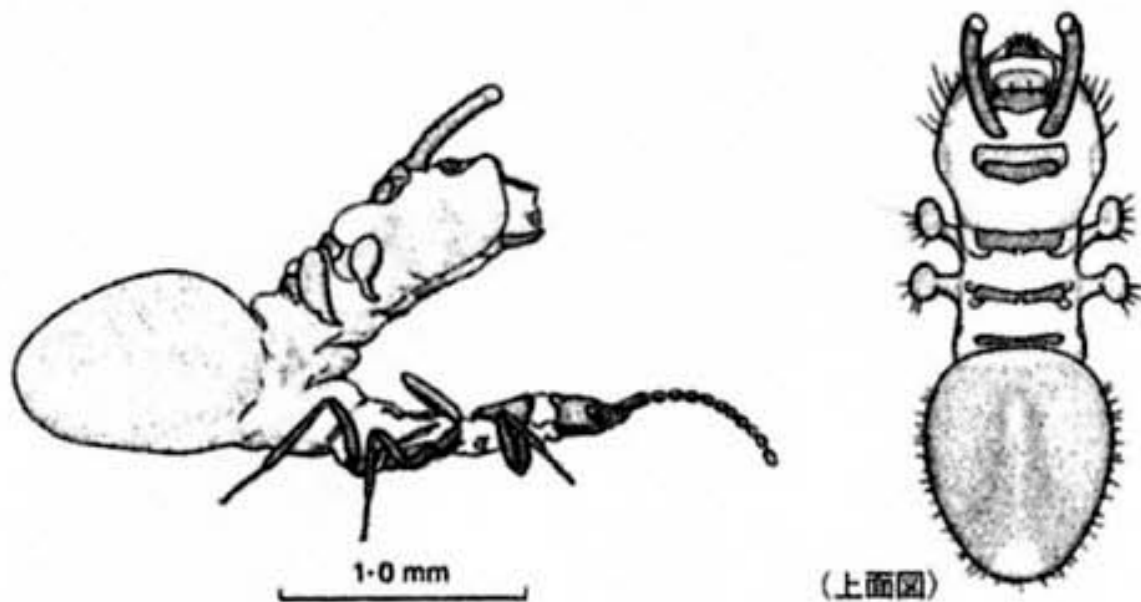


(撮影: 藤崎憲治)

目の錯覚の例



オーストラリアのハネカクシのシロアリ擬態



オーストラリアのハネカクシの擬態。背部にシロアリそっくりの構造をもつ
By B. Rankin (from AUSTRALIAN BEETLES by J. F. Lawrence & E. B. Britton, Melbourne University Press, 1994)

バイオミメティクスのモデルとし ての昆虫の基本的特性

昆虫類の起源

- 最新の説では、昆虫の起源は約4億7900万年前のオルドビス期初期にまで遡ると推測されている。
- 陸上植物の誕生が約5億1千万年前と推定されているので、昆虫は陸上の生態系を作り出した最初の生物群の一つであると言える。

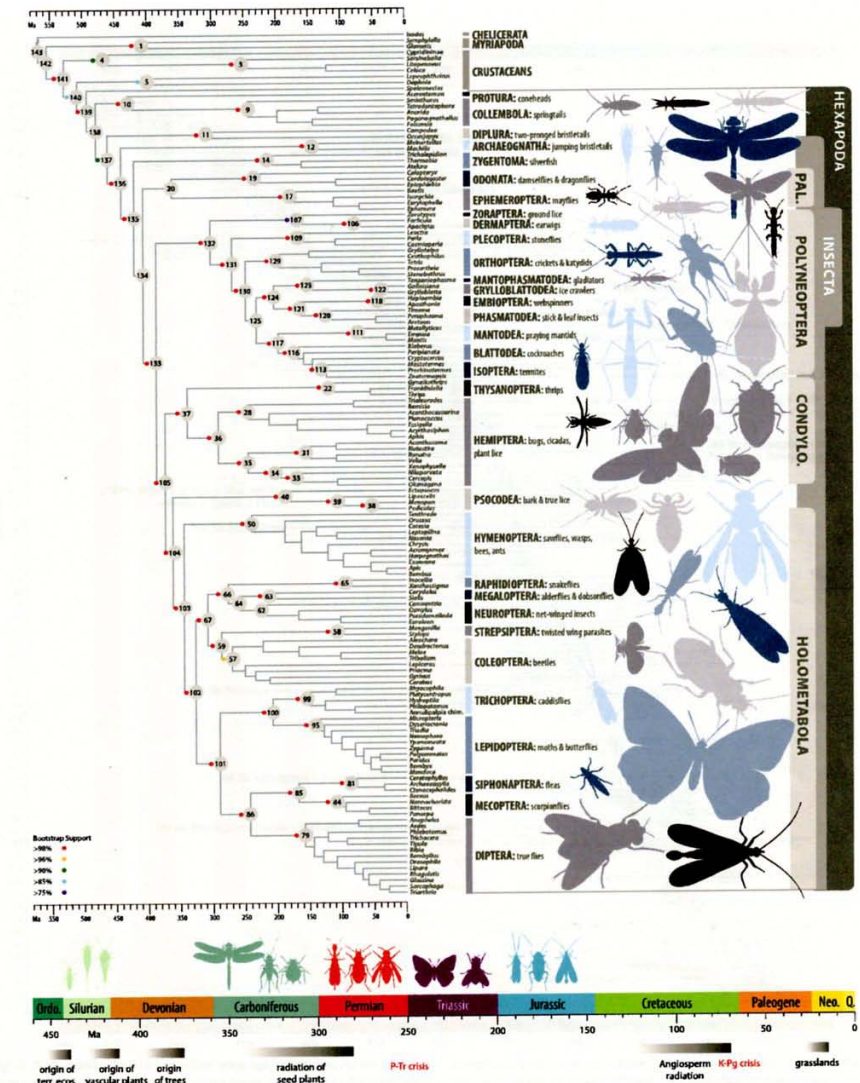


Fig. 1. Dated phylogenetic tree of insect relationships. The tree was inferred through a maximum-likelihood analysis of 413,459 amino acid sites divided into 479 metapartitions. Branch lengths were optimized and node ages estimated from 1,050,000 trees sampled from trees separately generated for 105 partitions that included all taxa (5). All nodes up to orders are labeled with numbers (gray circles). Colored circles indicate bootstrap support (5) (left key). The time line at the bottom of the tree relates the geological origin of insect clades to major geological and biological events. CONDYLLO, Condylgnatha; PAL, Palaeoptera.

節足動物と葉脚類の系統樹

(キャロル, 2007)

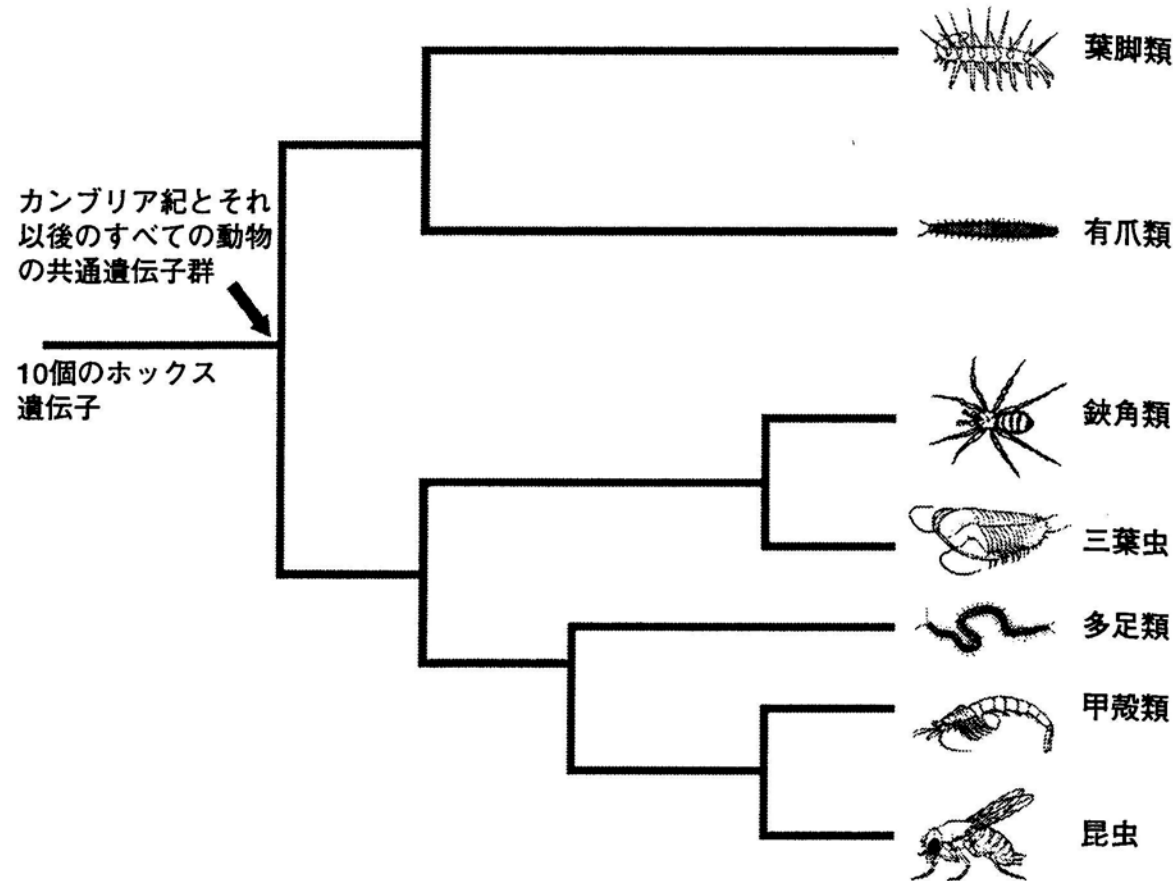


図6-5 節足動物と葉脚類の系統樹 現生するグループと絶滅したグループの関係を表している。両グループの共通祖先の大半はカンブリア紀の前にいたもので、少なくとも10個のホックス遺伝子をもっていたはずである。そう考えられる理由は、現生するすべての子孫が、少なくとも10個のホックス遺伝子をもっているからである。(ジョシュ・クライス画)

昆虫は甲殻類にもっとも近縁

昆虫類の種数

【世界】

- 約100万種が知られている（既知の全生物の約2/3）
- 毎年約3000種が新種として追加
- 500万種は可能な推定値、1000万種も推定範囲の値
- 調査が進めば全動物の4/5以上を占めるようになる

【日本】

- 約3万種を記録
- 実際は10万種はいるものと推定
- 農作物害虫は2200種を超える

昆虫はバイオミメティクスの宝庫である！

昆虫類の繁栄の要因

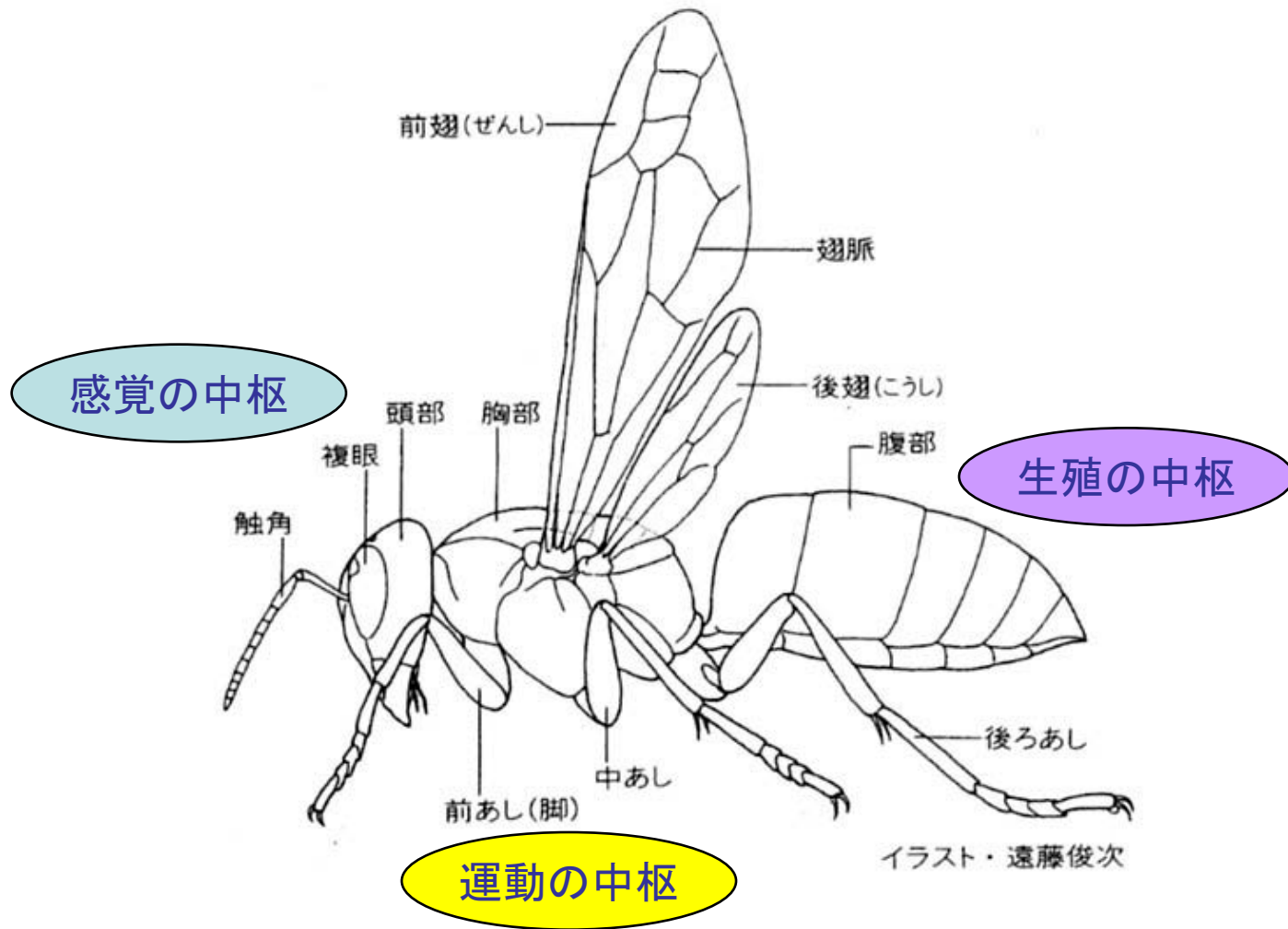
森本(1996)

- 頭部・胸部・腹部の機能分化
- 強固な頭部の形成
- 翅の発達
- 強固な外骨格
- 完全変態の発達
- 体サイズの小型化
- 多様な環境や生活への高い適応性

昆虫類の繁栄の要因

頭部・胸部・腹部の
機能分化

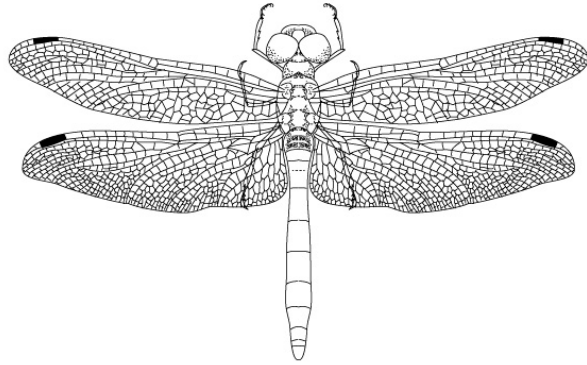
昆虫の頭部・胸部・腹部の機能分化



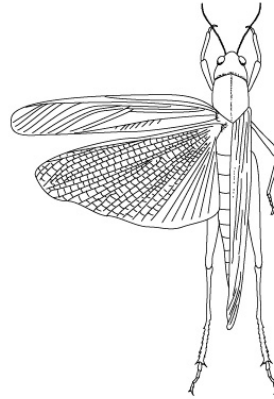
昆虫類の繁栄の要因

翅の発達

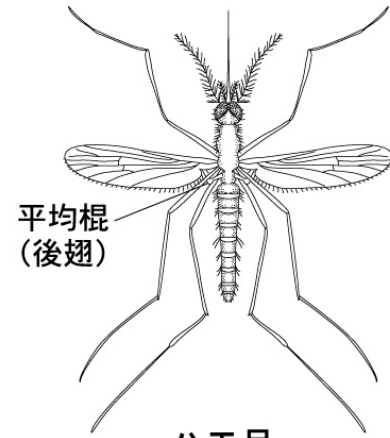
昆虫の多様な翅



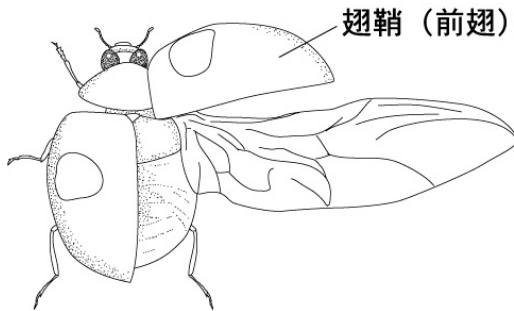
トンボ目



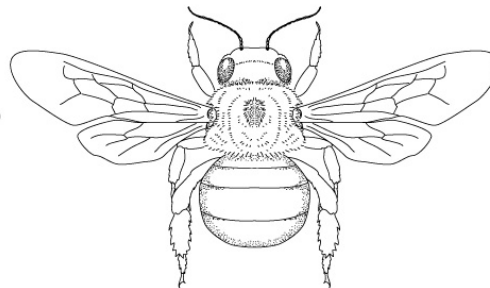
バッタ目



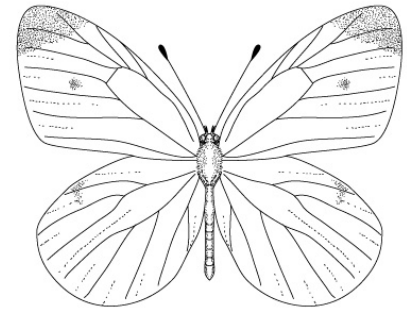
ハエ目



コウチュウ目



ハチ目



チョウ目

甲殻類における二枝型付属肢のデザイン

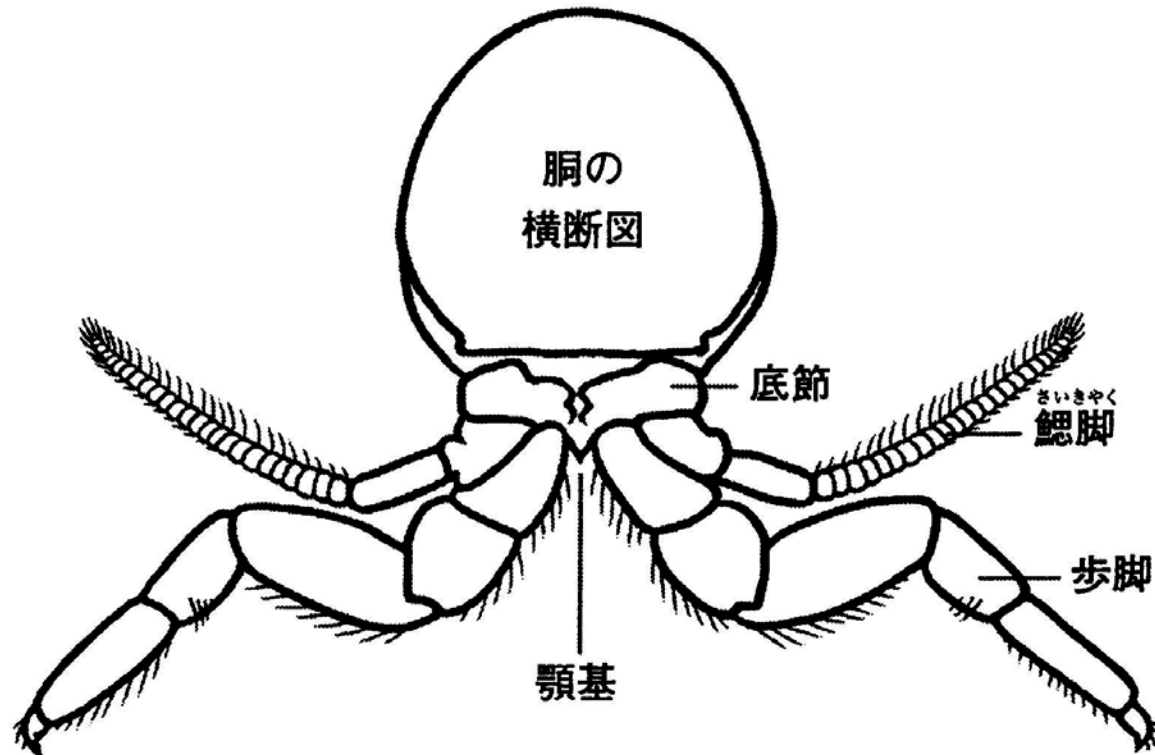


図7-3 二枝型付属肢のデザイン 上部の鳃脚は呼吸に、下部の脚は移動に関与している典型的な二枝型付属肢の断面図。(S・J・グールド『ワンダフル・ライフ』を参考にリーン・オルズが描く)

(キャロル, 2007)

昆虫の翅の起源は二枝型付属肢の鳃脚である！

有翅昆虫の祖先

パレオディクティオプテラ

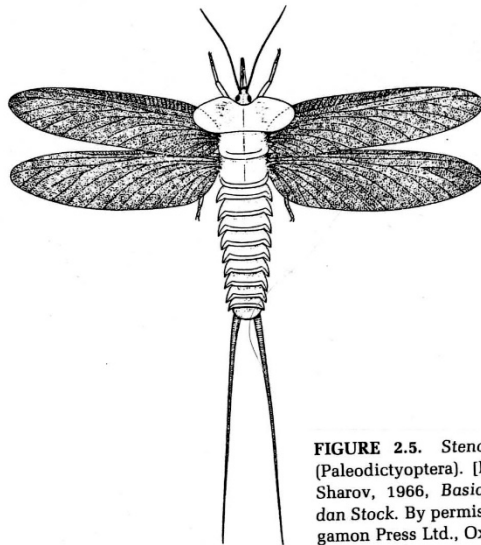


FIGURE 2.5. *Stenodictya* sp. (Paleodictyoptera). [From A. G. Sharov, 1966, *Basic Arthropodan Stock*. By permission of Pergamon Press Ltd., Oxford.]

メガネウラ

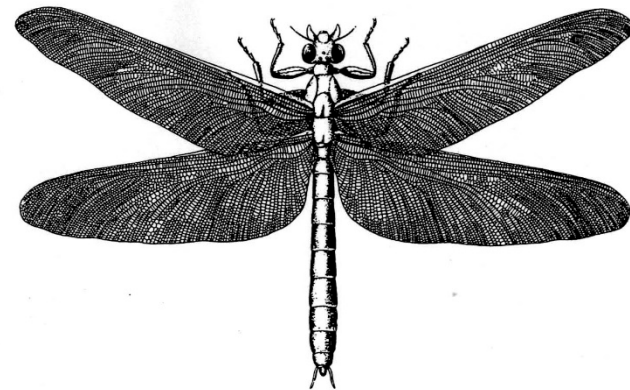
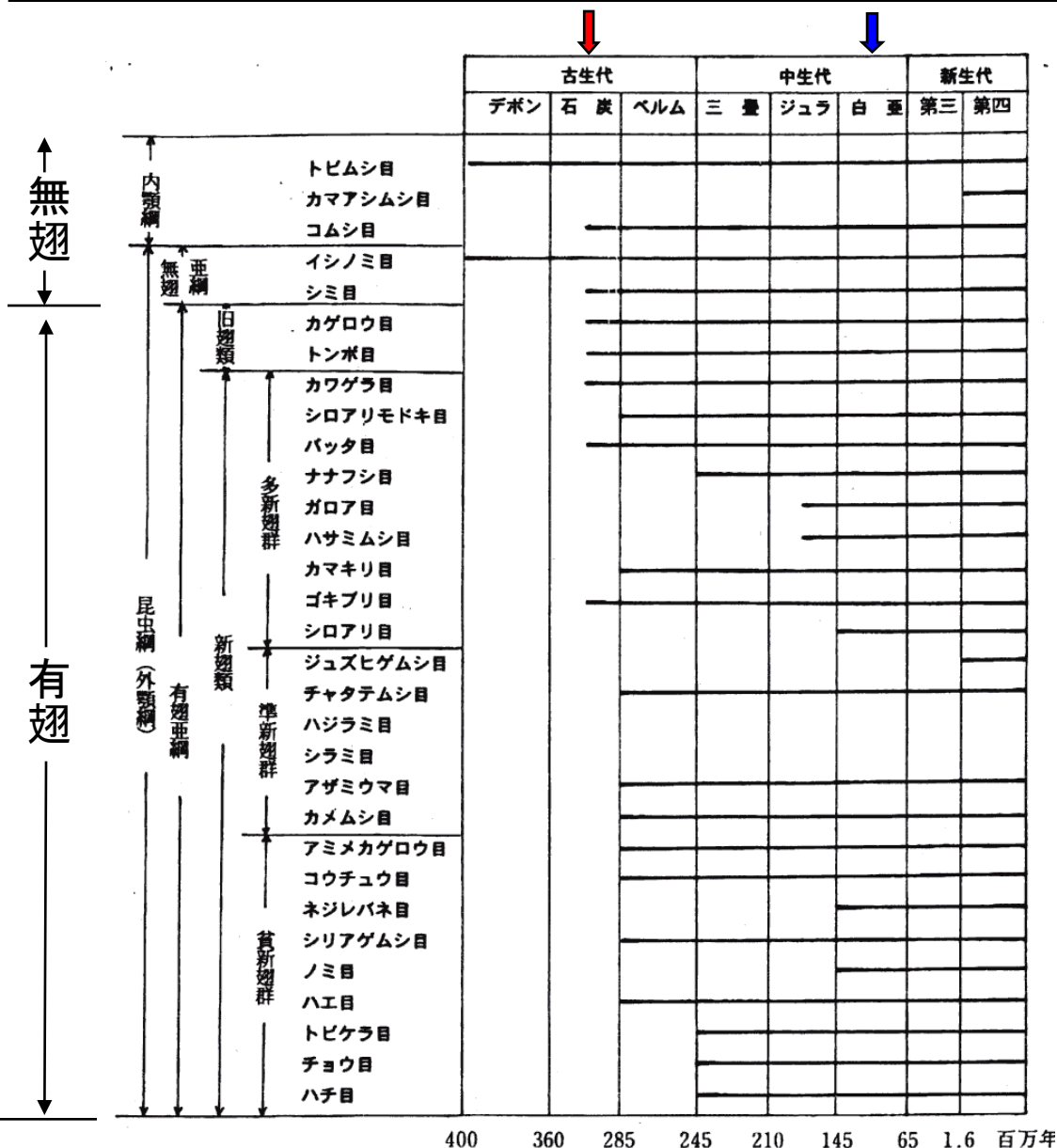


図1-16 大型古代トンボ
古生代の石炭紀に生きた *Meganeura monyi* (原蜻蛉目) の復元図。翅の開張は70 cm に達する。
(Handlirsch, 1908より)

古生代の石炭紀に初めて昆虫は飛べるようになった

現存昆虫目の大分類と化石の出現記録

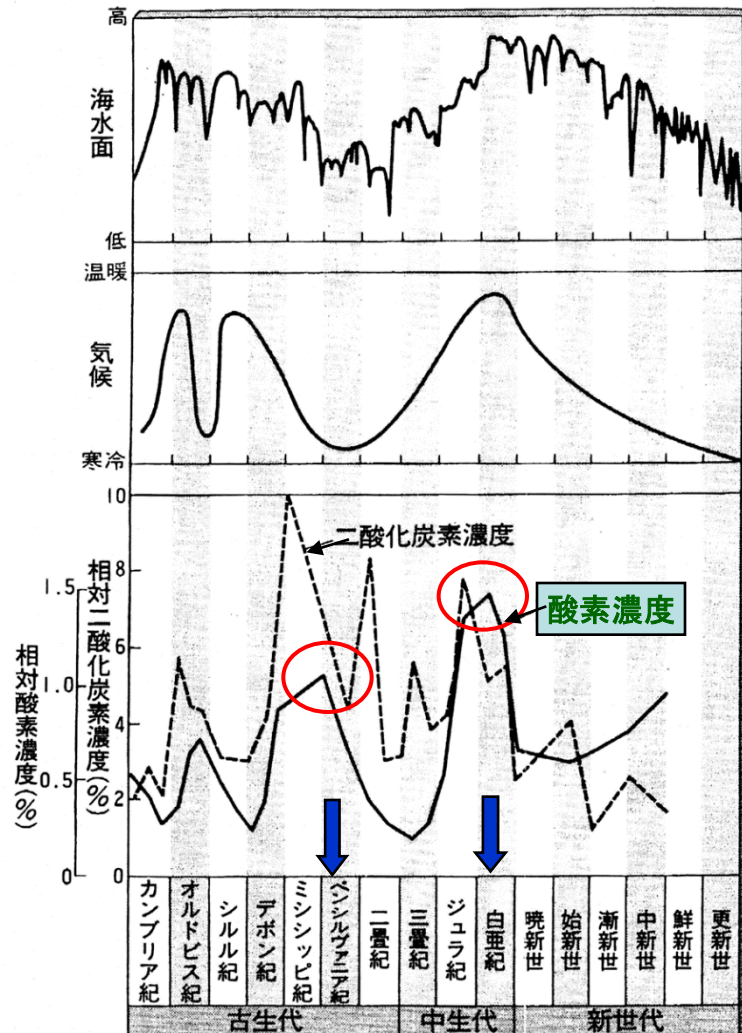


飛翔する昆虫が初めて出現したのは**石炭紀**であると考えられている。その時期に多くの目への適応放散が起こっている。また、大々的な空中への進出は**白亜紀**に起こっており、その時期に**被子植物**も出現した。

すなわち、被子植物は昆虫による効率的な花粉媒介を達成できた、より進化した植物である。

図 1.1 現存昆虫目の大分類と化石の出現記録 (森本, 1989, 笹川, 1984 および Kukakiva-Peck, 1994 を改写)

古生代以降の地球の大気中の二酸化炭素と酸素の濃度変化



(Kauffman, E.G. & Fagerstrom, 1993. "The phanerozoic evolution of reef diversity," pp. 315-329 in Ricklefs, R.E. & Schluter, D., *Species Diversity in Ecological Communities*. The University of Chicago Press, Chicago, (内嶋善兵衛1990より, フディコラ, 1985に加筆)

図2-1 古生代以降の地球の二酸化炭素と酸素の濃度変化および地球の気候と海水面の変化(ミシシッピ紀とペンシルヴァニア紀をあわせて石炭紀と呼ぶ)

(井上、1998)

- ・酸素濃度が高いと空気の粘性が高まり、浮きやすい。
- ・飛翔筋を代謝させるためには大量の酸素が必要。
- ・したがって、大気中の酸素濃度が高い時代(石炭紀と白亜紀)に飛翔性の進化が起こった。

昆虫の胸部には強大な飛翔筋が存在

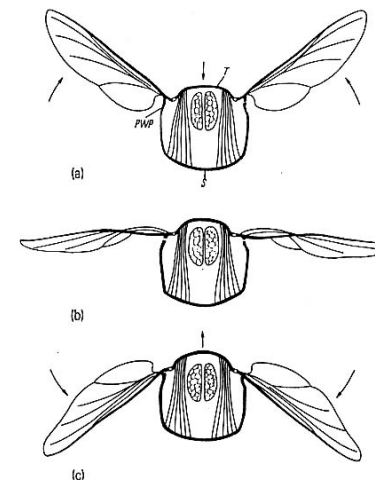


図1.3 間接飛翔の運動を暗示した昆虫胸部の横断面。(a) 背筋筋の収縮が背板の押し下げをもたらし、翅が上方に動く(T, 背板; S, 翅膜; PWP, 翅根翅突起)。(b) 不安定な翅の位置。(c) 背筋筋の収縮によって背板が上方へ戻るとなり、翅が下方に動く。(Sundstrom, 1995)による。

昆虫類の繁栄の要因

高い環境適応性

昆虫は深海を除くあらゆる環境に生息している！

低温 南極（南緯77°）の-65℃下でも生息する**トビムシ**
氷河にのみ生息する**セッケイカワゲラ**

高温 温泉（40℃以上）に生息
トビムシ、ユスリカ、ミギワバエ

有毒ガス 火山硫黄孔
ハンミョウ、ユスリカ

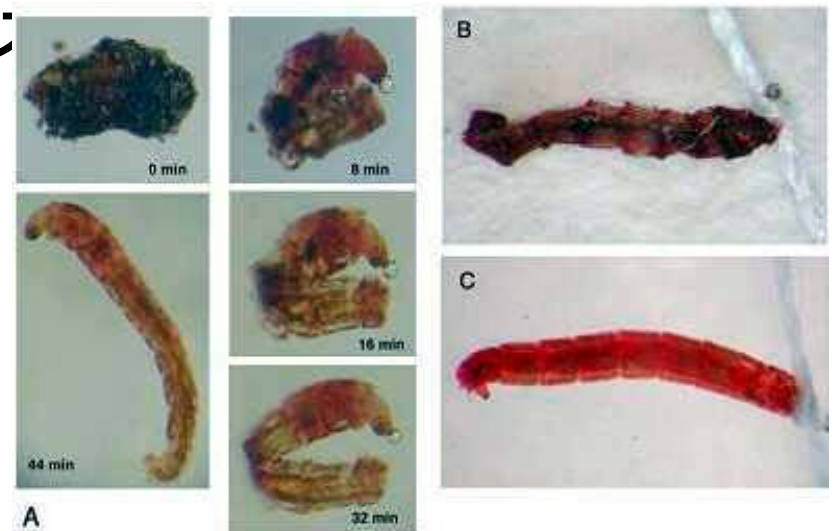
海水 水面 **ウミアメンボ**
海水中 **ウミユスリカ**

塩田 **オオツノハネカクシ**

油田内 **セキユバエ**

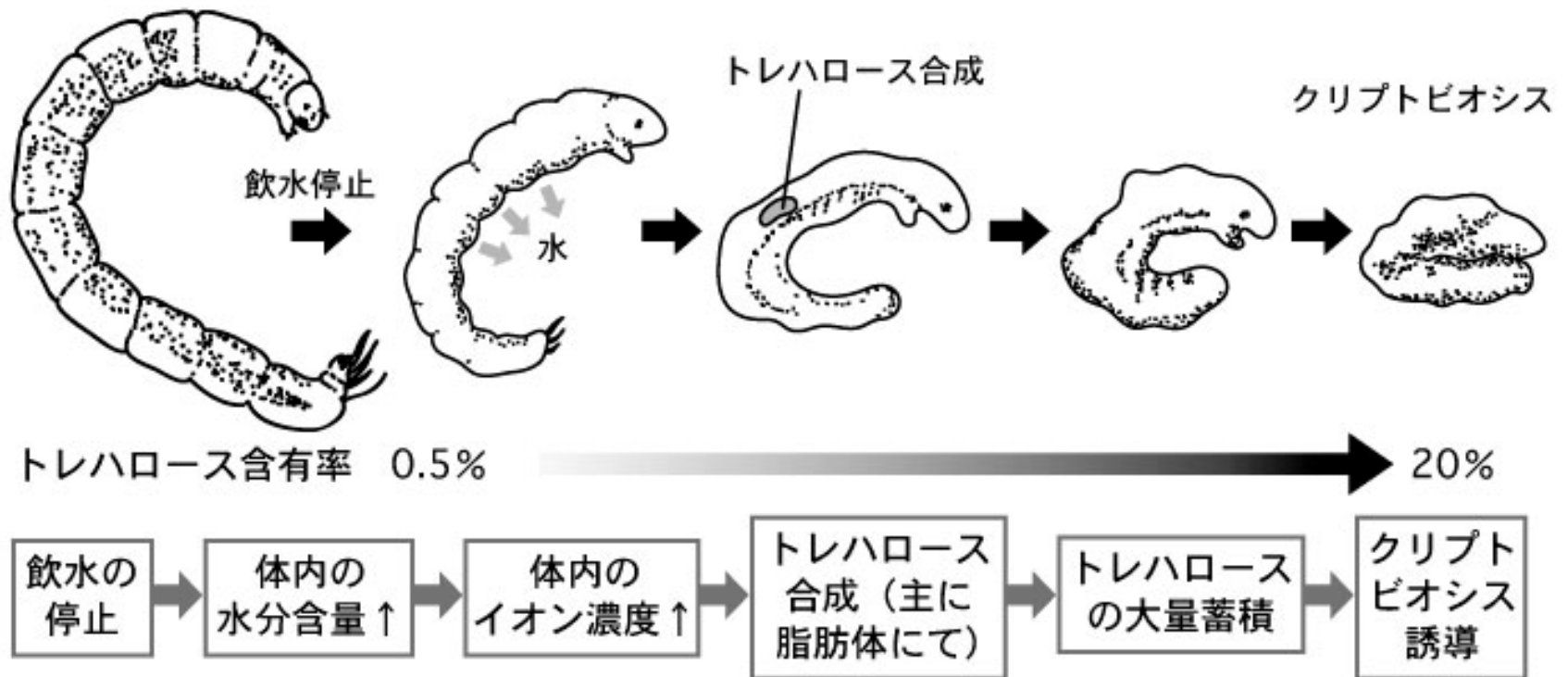
乾燥 砂漠 **ネムリユスリカ**

クリプトビオシス（乾眠休眠）



ネムリユスリカ乾燥幼虫を水に戻した時の蘇生の様子

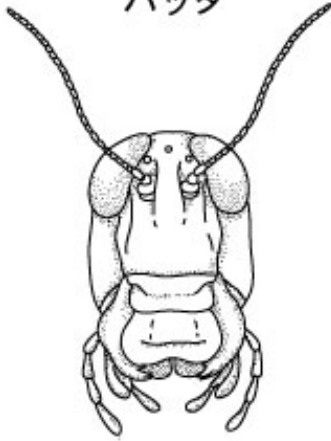
ネムリユスリカのクリプトビオシス



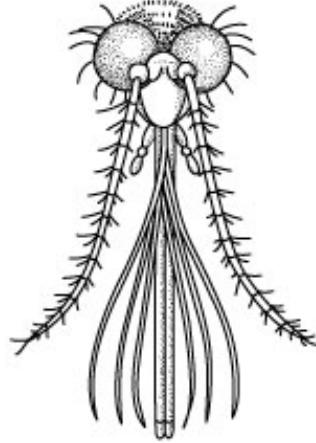
(藤崎、2015より)

昆虫の多様な口器

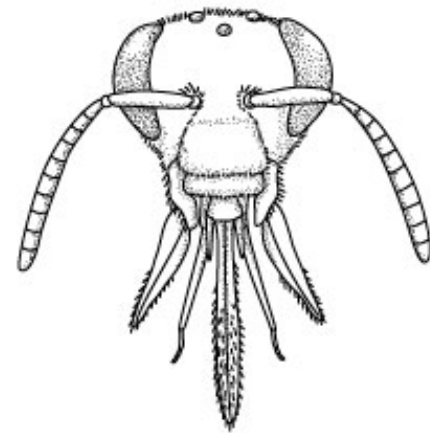
バッタ



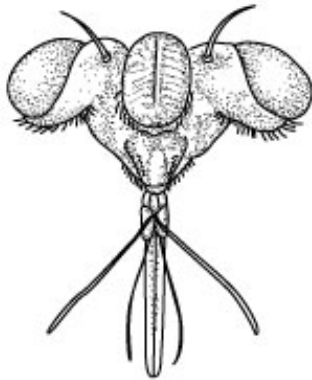
カ



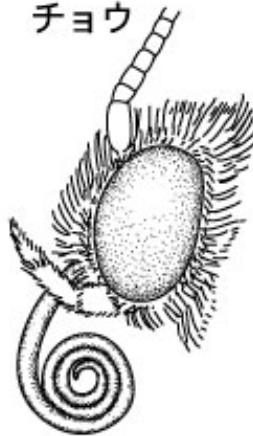
ミツバチ



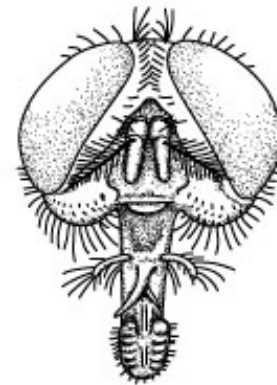
セミ



チョウ



ハエ



(藤崎、2015より)

昆虫の知能

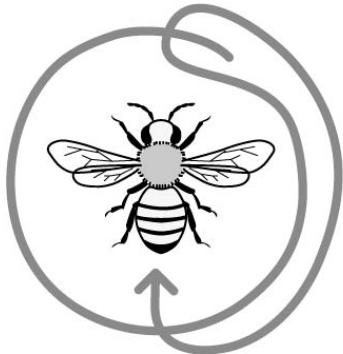
セイヨウミツバチ



(撮影: 藤崎憲治)

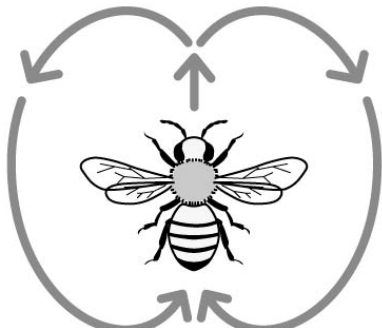
ミツバチのダンスの仕組み

餌場が近い場合

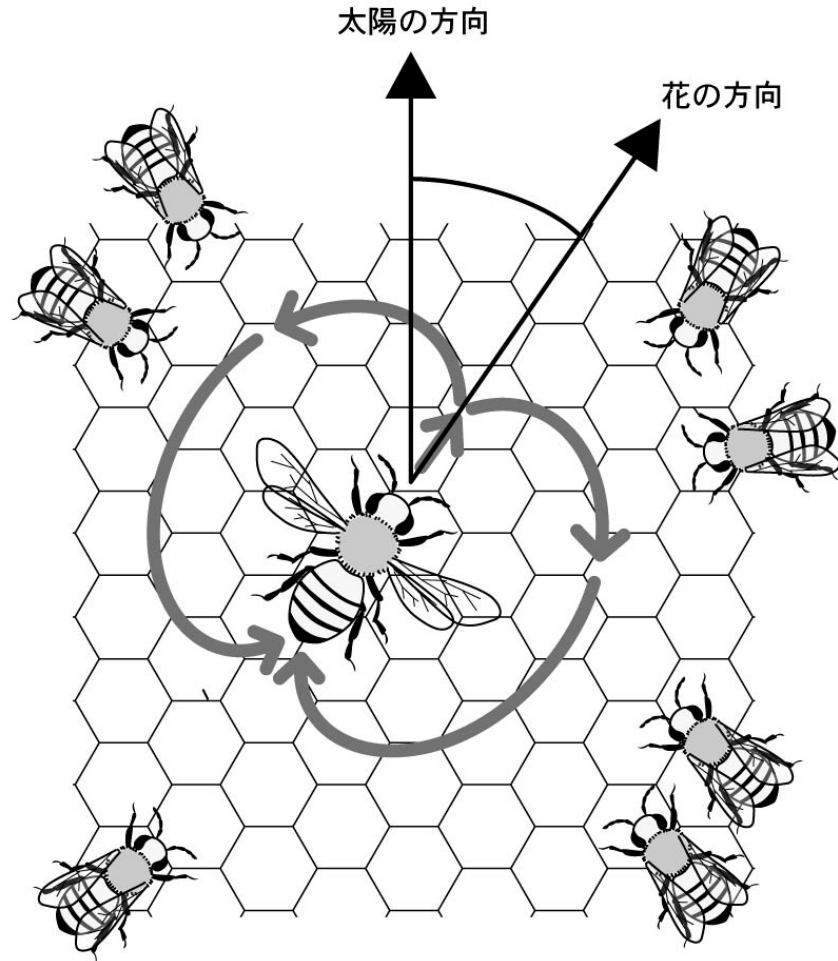


円形ダンス

餌場が遠い場合

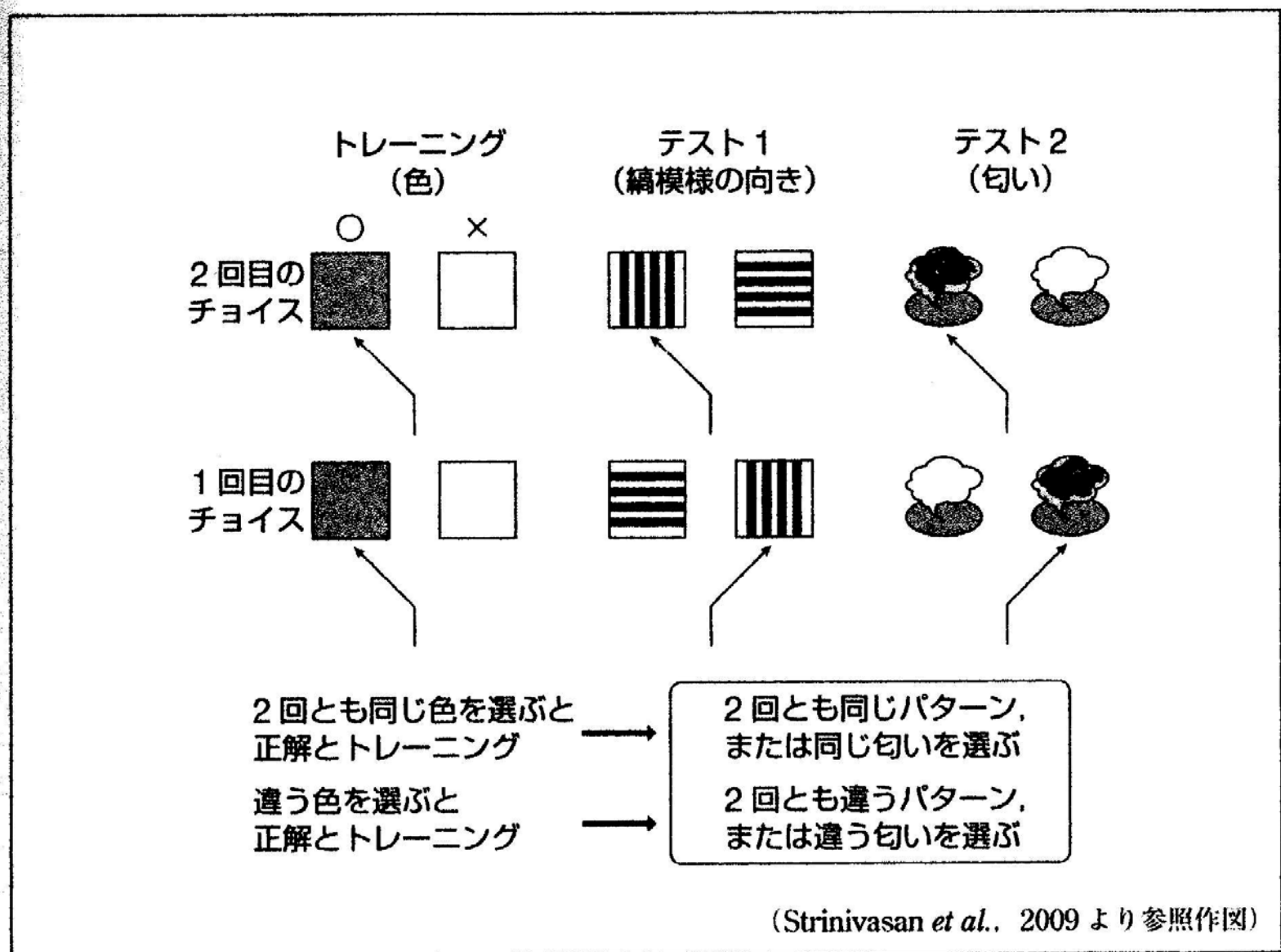


8の字ダンス



(藤崎、2015より)

ミツバチにおける「同じ」「違う」の概念認識を示したテスト



いろいろな動物の脳の重さが体重に占める割合

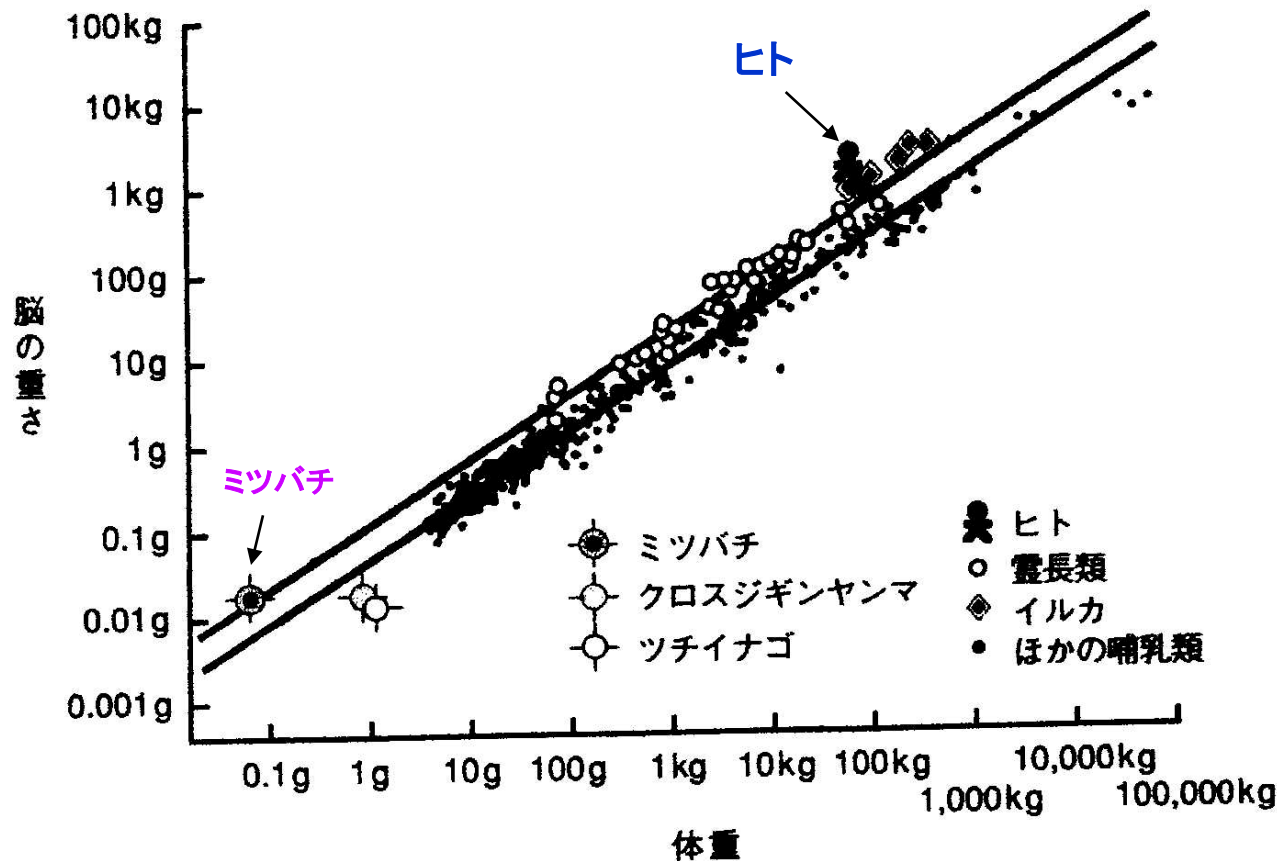


図 42 いろいろな動物の脳の重さが体重に占める割合 霊長類と他の哺乳類とで体重と脳の重さを比較してみている図に、3種の昆虫の場合を書き加えてみた。トンボやバッタでは脳重比が哺乳類よりかなり劣るなかで、ミツバチはヒトに近い比率になっている (オールマン, 2001 (養老孟司訳)「進化する脳」(別冊日経サイエンス, 133:99)の図に加筆)

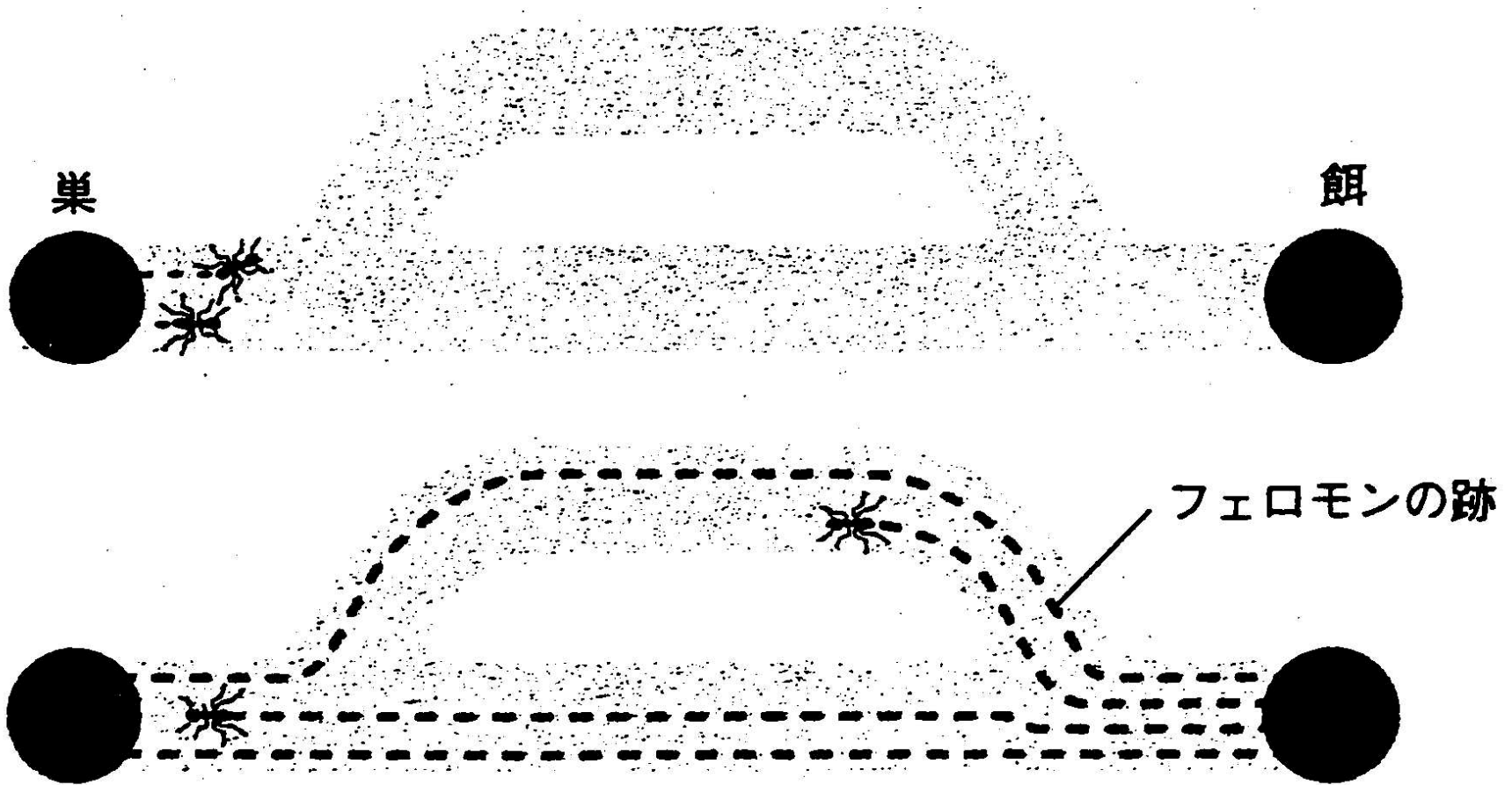
(佐々木、2010より)

アリの道



(撮影: 藤崎憲治)

アリの群知能 (swarm intelligence)



フェロモンというコミュニケーション手段をインターフェイスとした自己組織化の産物

獲物を共同で運ぶクロオオアリ



(撮影: 藤崎憲治)

昆虫ミメティクスの実例

File

006

Nature
Tech

光を反射しない魔法のフィルム

|| モスアイフィルム ||

蛾の複眼



夜の微少の光量でも
飛べる秘密は、眼の
構造にあった。写真
はスズメガ。

モスアイ構造（蛾は
モス）と呼ばれます。

**光の波長より細か
で反射を抑える**

釣鐘状の突起を持
複眼は、空気と接す
から突起の基材部ま
的に屈折率が変化し
このように界面を持
折率を変化させること
から取り込んだ光を
せない仕組みになっ
す。蛾は周囲と溶け込
身をカモフラージュす
に、モスアイ構造によ
の光の反射を抑え、
ら身を守っているの

石田・下村、2011

モスアイ型無反射フィルムでコーティングされた絵画(右側)
「真珠の耳飾りの少女」ヨハネス・フェルメール作

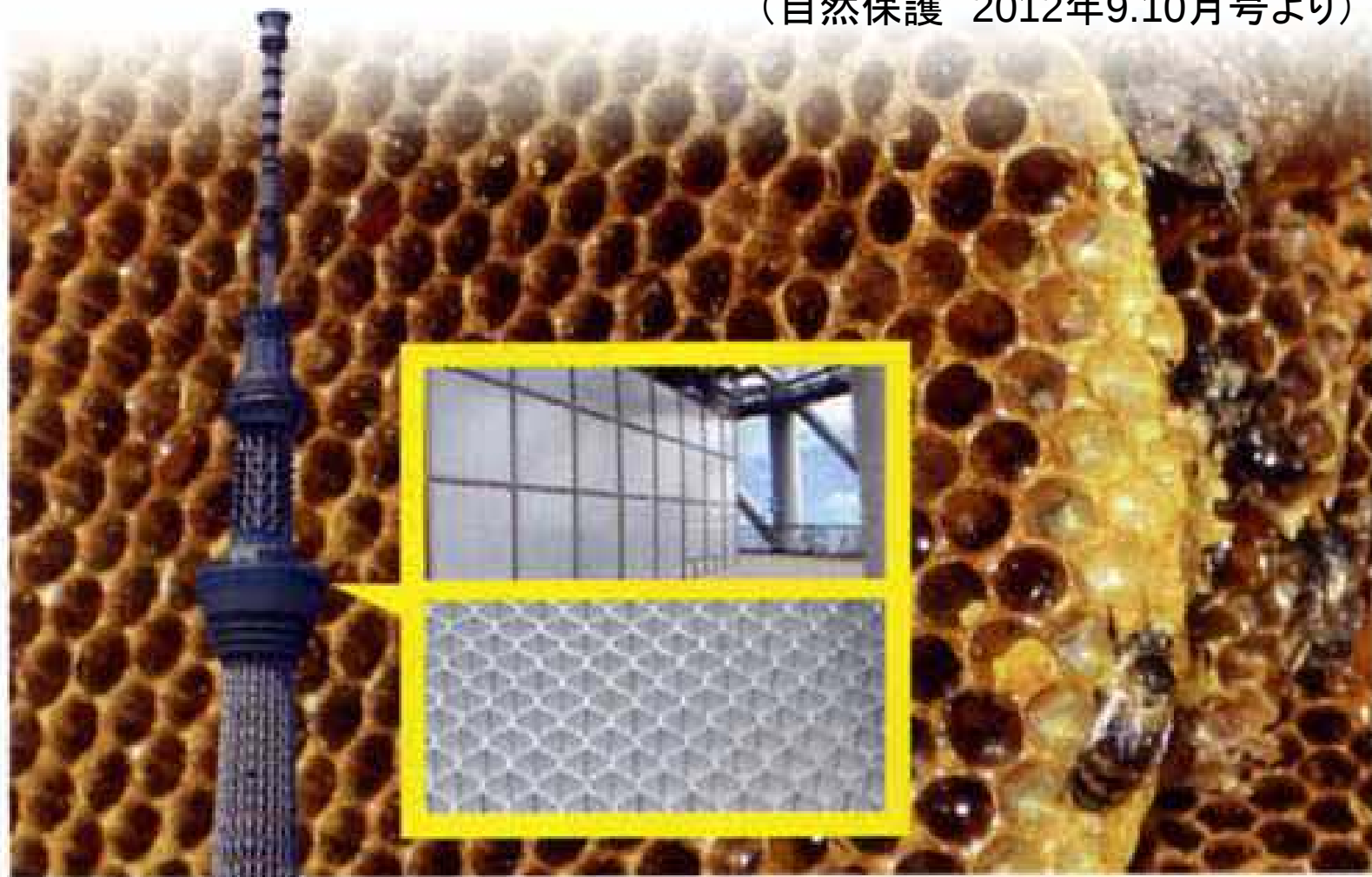


(撮影: 藤崎憲治)

ハニカム構造



(撮影: 藤崎憲治)



▲六角形の筒が並んだハチの巣のハニカム構造は非常に軽くて丈夫なため、飛行機の翼、スペースシャトルの機体など、さまざまなものに応用されている。スカイツリーを中心部の外壁面と展望台にもアルミ製のハニカムパネルが用いられている。(パネル写真：住友軽金属工業株、住軽エンジニアリング株)

昆虫の構造色



ヤマトタマムシ



センチコガネ



チョウトンボ

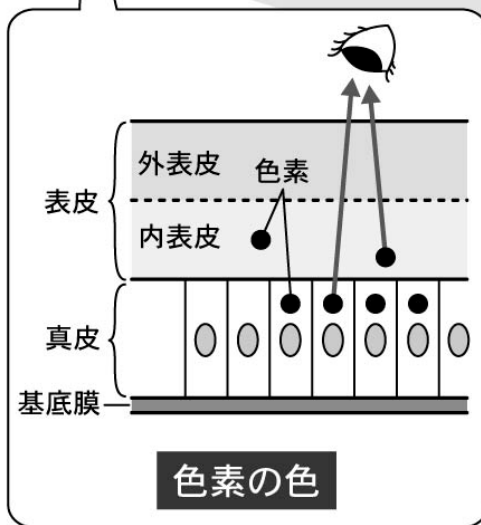
(撮影: 藤崎憲治)

昆虫の色彩の発色機構

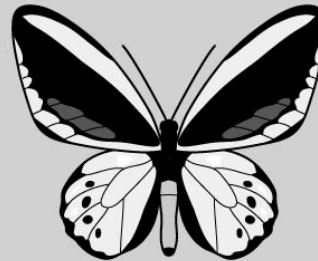
色素色



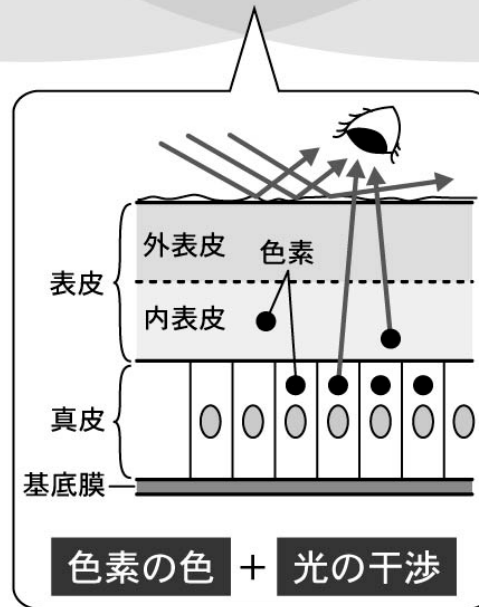
普通のチョウやガ、
その幼虫



結合色



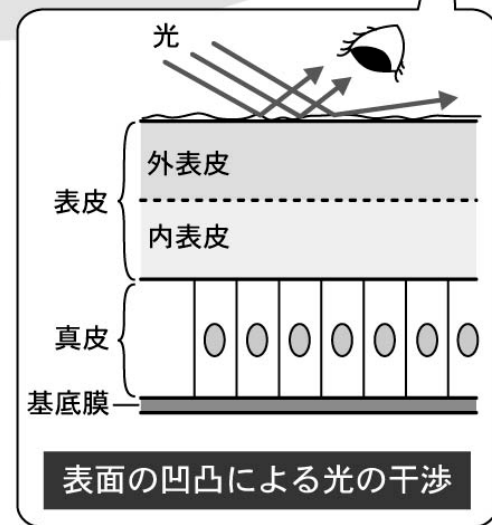
トリバネアゲハの
翅の緑色



構造色



モルフォ蝶、コガネムシ、
タマムシの成虫



未来の建築は自然のイミテーションに基づいたものになるだろう。なぜならあらゆる手法の中でそれが最も合理的で、長持ちし、経済的だからだ。

アントニ・ガウディ

サグラダファミリア大聖堂(左)とシロアリの巣(右)



電気代0円のエアコン付き住宅：シロアリの巣

アフリカのオオキノコシロアリの巣

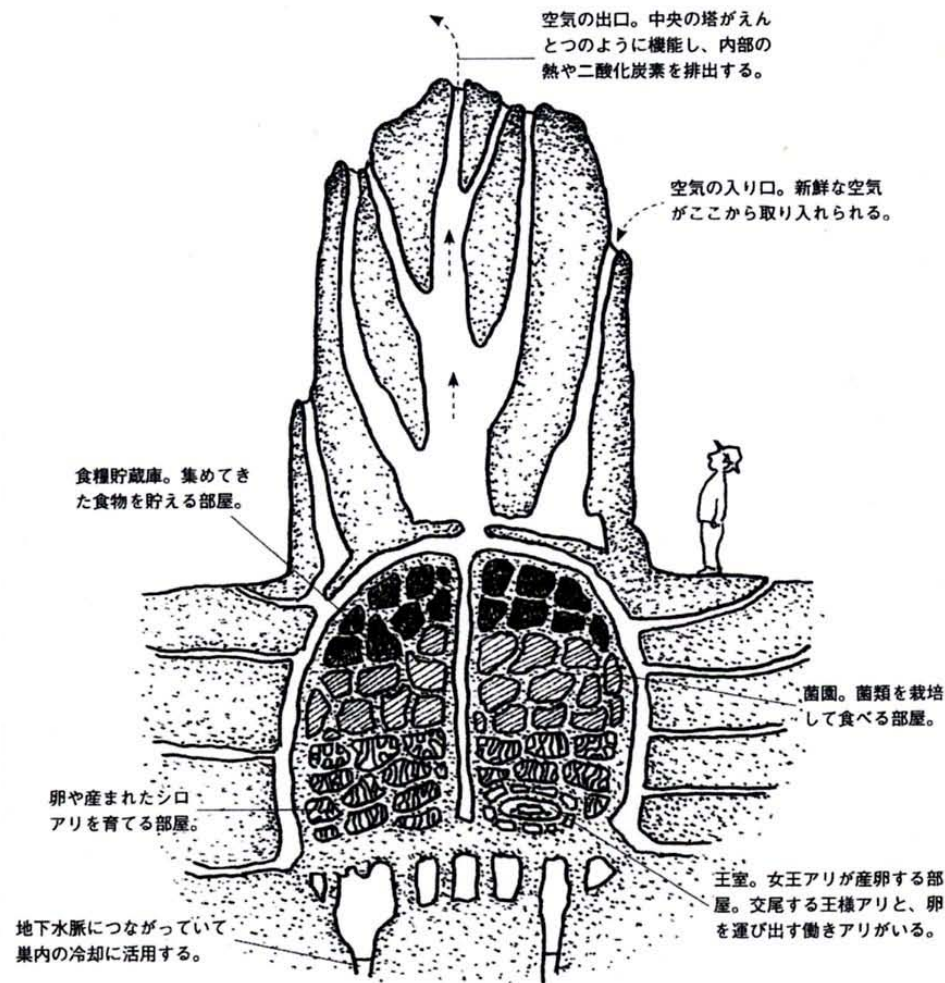


ここからシロアリやキノコから出る熱と、二酸化炭素いっぱいの空気を外に出す。

気温40℃でも巣の中は約30℃！

暑い時は、地下水をくみに行き、この部分にかけ、気化熱で巣の中の温度を下げる。

この仕組みを利用した建物が
ジンバブエで作られている！



つくり手プロフィール

テングシロアリ

Nasutitermes triodiae
シロアリ科テングシロアリ亜科
ナスティテルメス属
英名: Cathedral Termite
全長: 約4.5mm (兵隊アリ)
生息地: オーストラリア北部に分布

世界中で約2200種が知られるシロアリ類のうち、オーストラリアに分布する種。シロアリはアリの名がついているが、アリとは異なる昆虫で、ゴキブリに近い。社会性があり、女王アリ、王様アリ、兵隊アリ、働きアリなど、体の大きさと役割が分かれている。



王様アリ



兵隊アリ



働きアリ



女王アリ

(鈴木, 2015より)

シロアリの塚をまねた建物

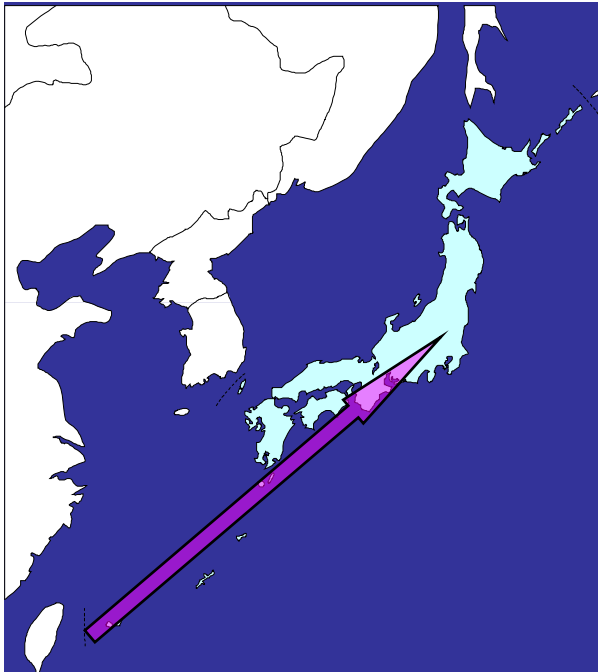
(ジンバブエの首都ハラレにあるショッピングセンター)



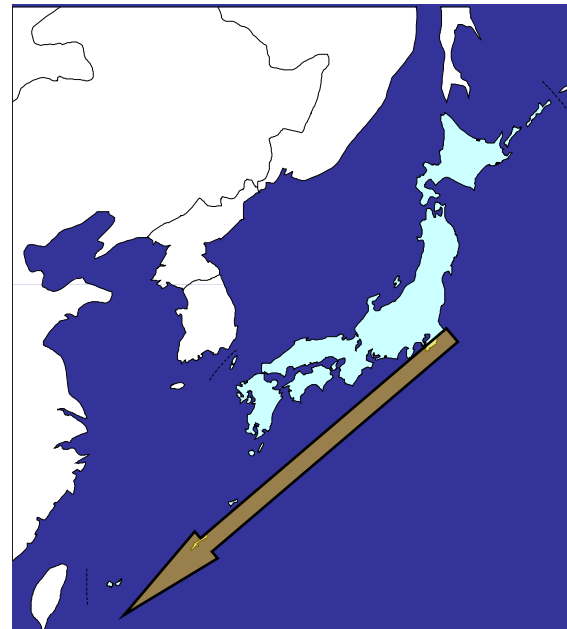
(石田, 2011より)

アサギマダラの 渡り

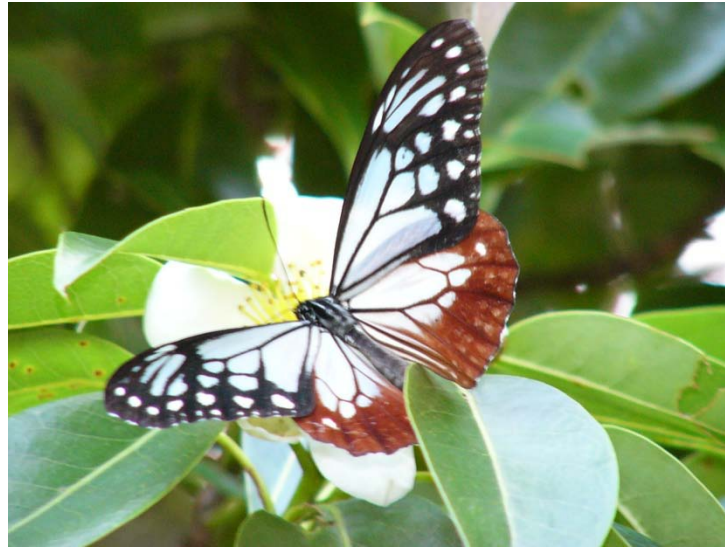
春は北へ



秋は南へ

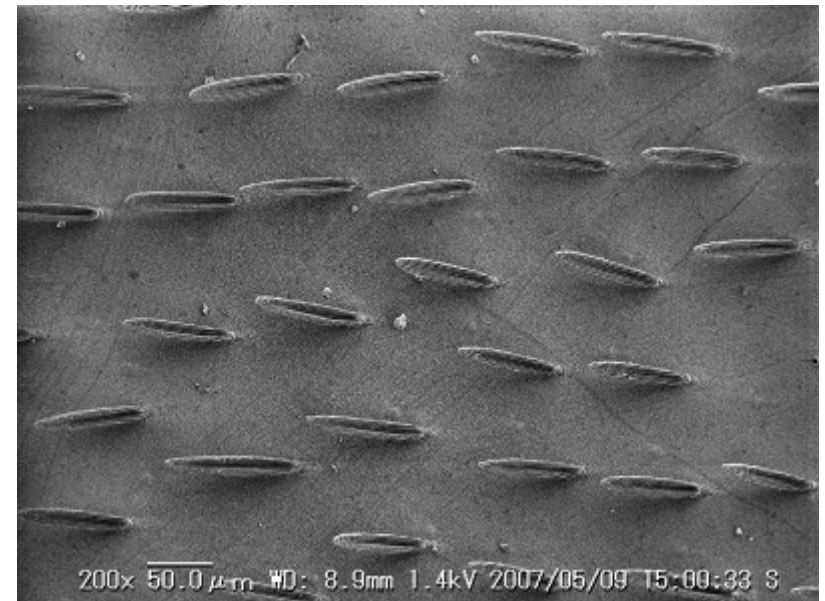
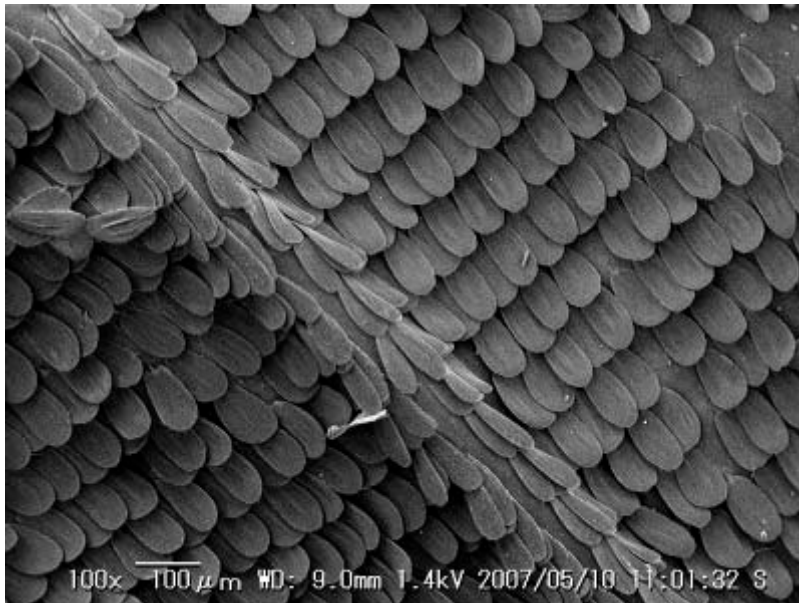


翅の部位による鱗粉の形態と密度

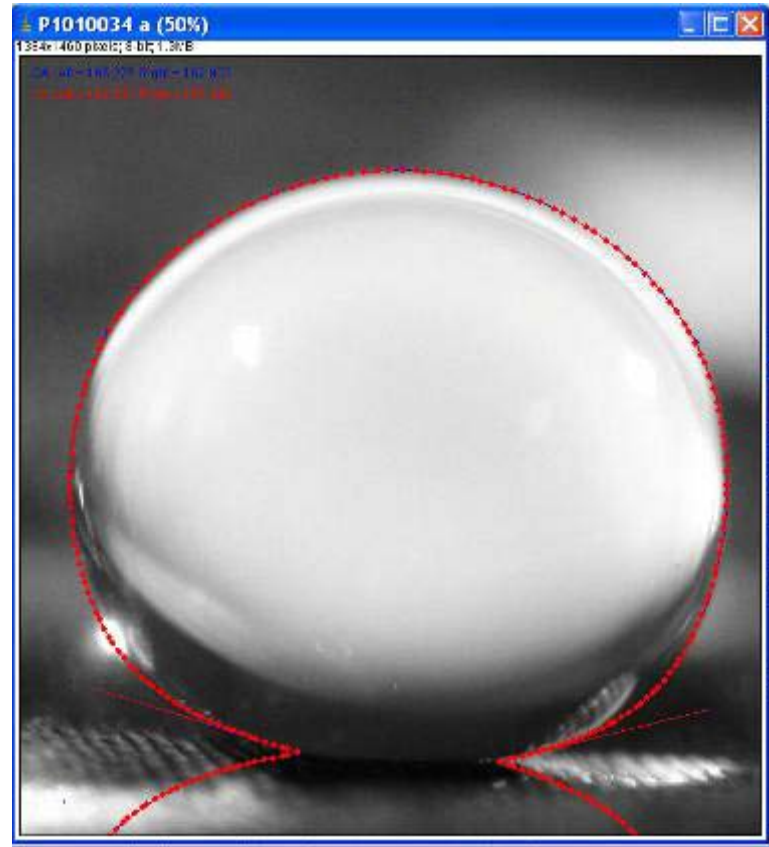


黒色と褐色の部分

半透明な部分

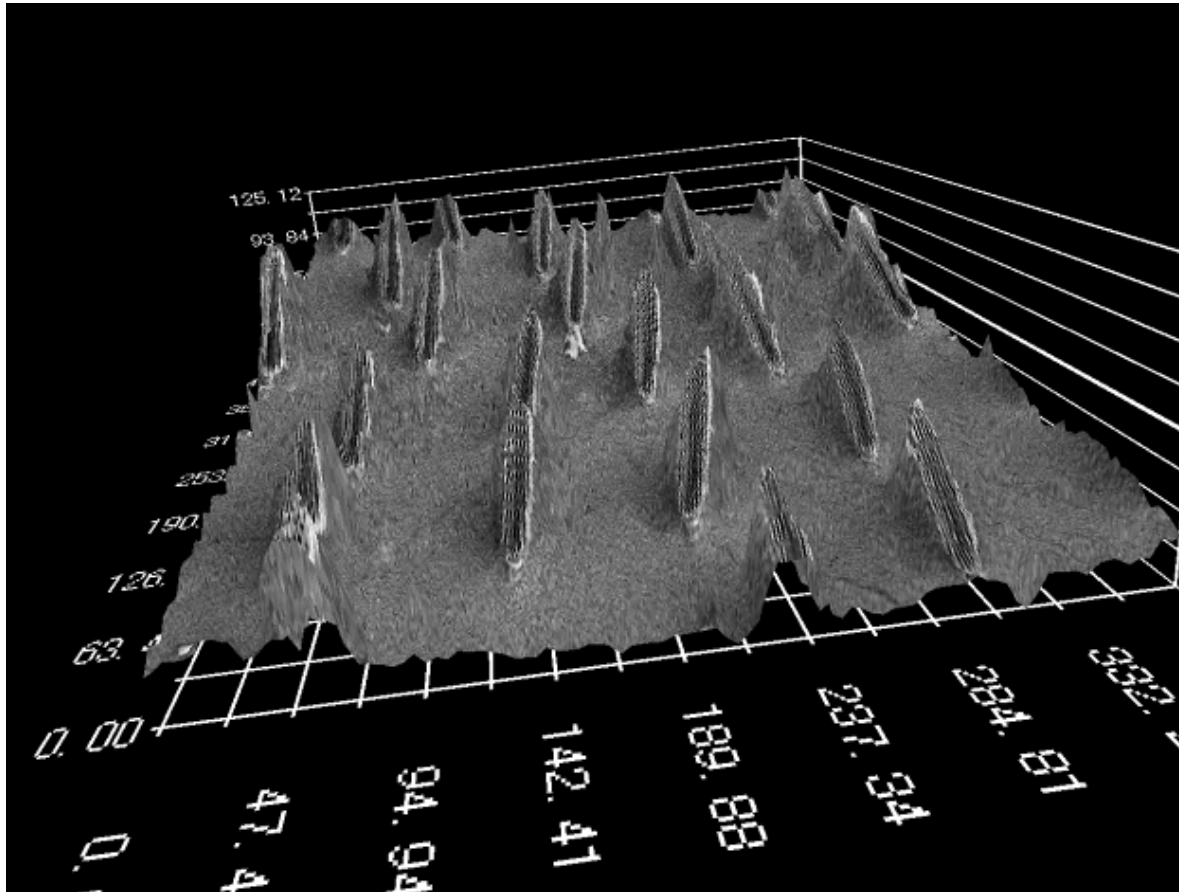


アサギマダラの翅は超撥水性



水との接触角度は実に161度もある！
テフロン(人間が作った最高の撥水性の物質)
でも100－110度に過ぎない)

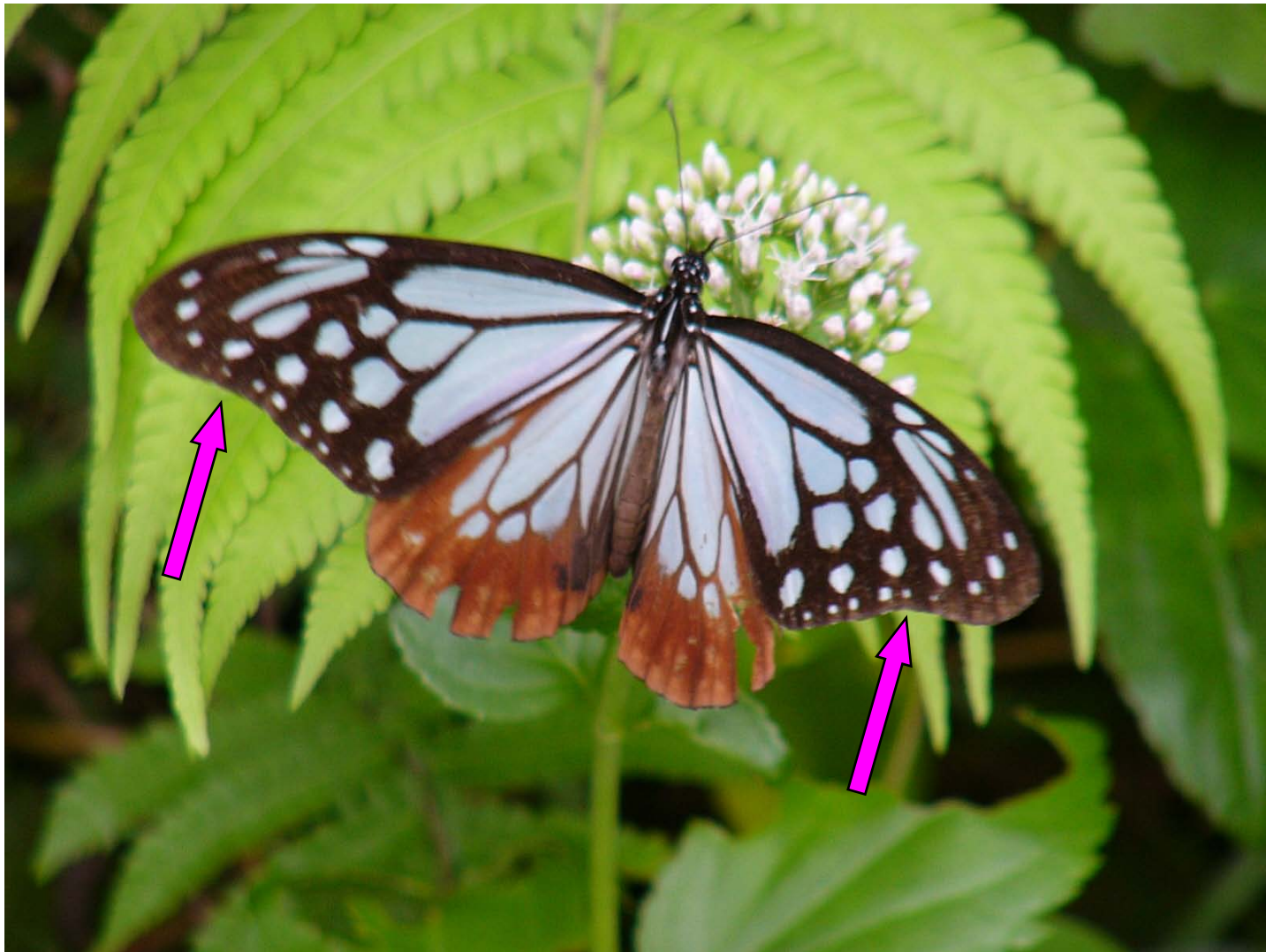
翅の透明部分表面の特殊な立体構造



翅の透明部分のこのような立体構造
に超撥水性の秘密が隠されている！

(Perez Goodwyn et al., 2009)

アサギマダラの翅にはくびれがある



(撮影: 藤崎憲治)



(撮影: 藤崎憲治)



(撮影: 藤崎憲治)



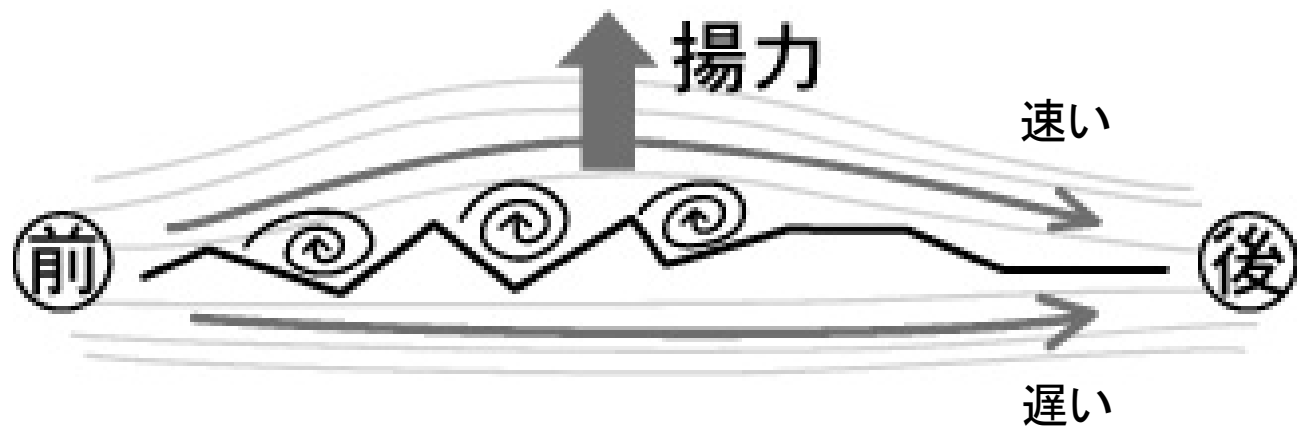
▲シャープ株式会社で自然に学んだ商品開発に取り組む大塚雅生さん（左）と公文ゆいさん（右）
2012年発表のアサギマダラに学んだ扇風機は、今はやりのDC扇風機の中で人気No.1商品に。
幼いころは、いつも森の中で遊んでいたという大塚さん。ポケットに醤油をしのぼせ何か見つけたらかじ
ってみる「野生児」だったとか。生きもの好きの公文さんは、子どものころは図鑑を持って眠っていたそう。

ナツアカネ



(栗林, 1981)

トンボの翅断面を模倣した金型 に働く揚力



(石田、2011より)

特集



軽く静かに滑空するトンボの翅



従来型

新型

▲エアコン室内機の中にあるファンの羽根の断面形状をトンボの翅に学び改良。凸構造をつけることで摩擦抵抗が減少し、消音・省エネを達成した。ファンの羽根1枚はトンボの翅と同程度のサイズ。「生物模倣をするときは、大きさやスピードなどの規模感が重要」(大塚)

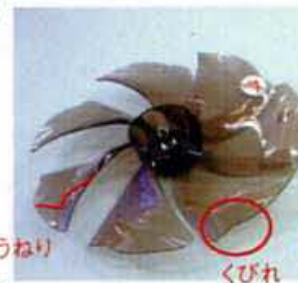
最も滑空力が高いといわれる、細く鋭いアホウドリの翼



(写真: 高野 丈)

乱気流の中でも安定して飛べる、先端が分かれたイヌワシの翼

▶アサギマダラの翅の「くびれ」と飛翔時の「うねり」を扇風機の羽根に取り入れることで、羽根1枚から送られる風が二つに分かれ、7枚の羽根で14枚分の風を送ることに成功した。



うねり

くびれ



従来型

新型

形状をより細く鋭くして軽量化。翼の周りに生じる渦が小さくなり、空気抵抗が減少。

先端をとがらすことで風をつかんで安定化。また、先端部分に集まる渦は小さく収束し、すぐ消える。従来型は大きな風の渦がのこり、次の翼に衝突して騒音が出ていた。



▲鳥の翼をヒントに開発したエアコン室外機のファン。ファンが軽量化したことでモーターも小さくなり、室外機全体の省資源化につながった。



◀イルカの高速遊泳の秘密は、高速遊泳中にイルカの皮膚に流れと垂直方向にしわがよるためだといわれている。それをヒントに洗濯槽の底のバルセーターにし

わをつけ、水の摩擦抵抗軽減に成功した。また、バルセーターの裏側に三日月形の尾びれを模倣した板をつけることで水流強化だけでなく、縦波を生み出し、洗浄力UPにつながった。



▲ザラついたネコの舌をサイクロン掃除機のダストカップ内のフィンの裏側に応用することで、ごみと空気分離性能と繊維系ごみの圧縮性能が大幅に向上した。

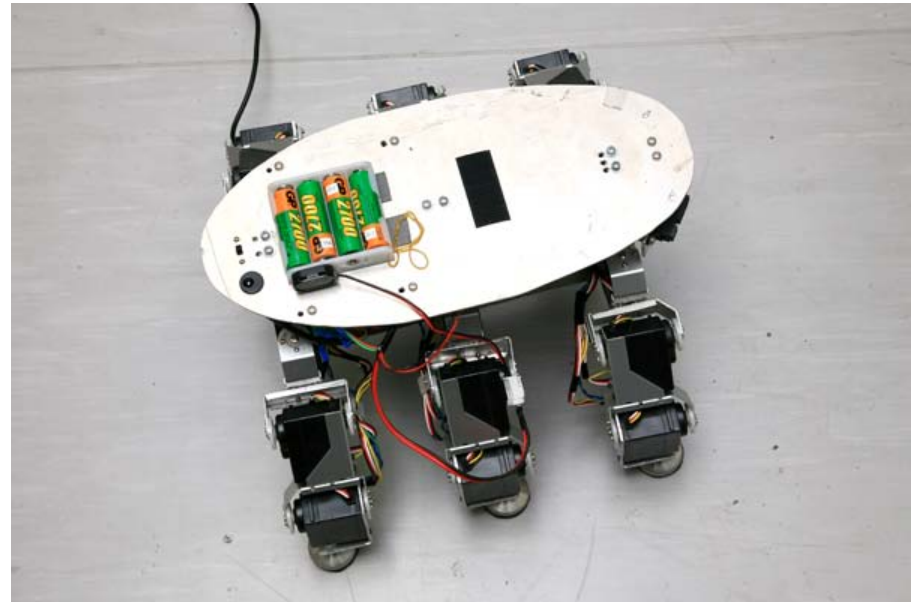
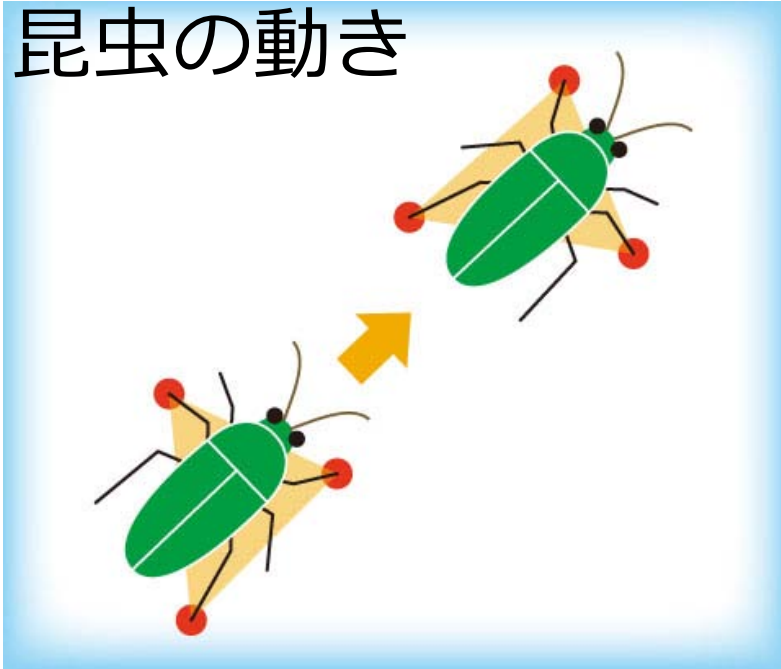


昆虫型ロボット

1. 昆虫の形態や動きを模倣したもの
2. 昆虫の感覚機能や情報処理を模倣したもの

昆虫型六脚ロボットの特徴とその試作品

昆虫の動き



6本のうち、3本ずつを動かす。昆虫の動きとあしの数を参考に作られ、いつも3点で支えられて安定するた、6本あしのロボット。

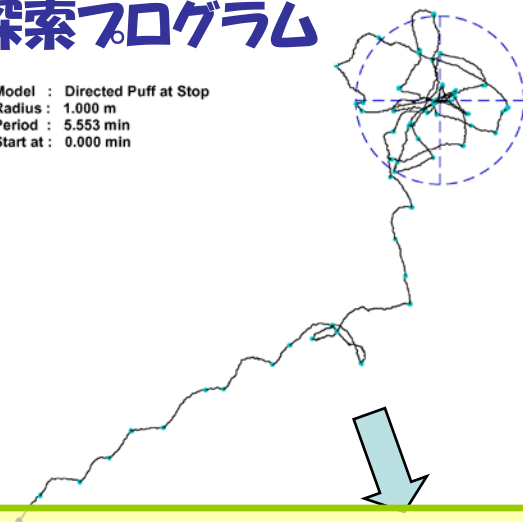
(写真提供：京都大学農学研究科フィールドロボティクス研究)

昆虫模倣技術(Entomomimetic engineering)による精密農業

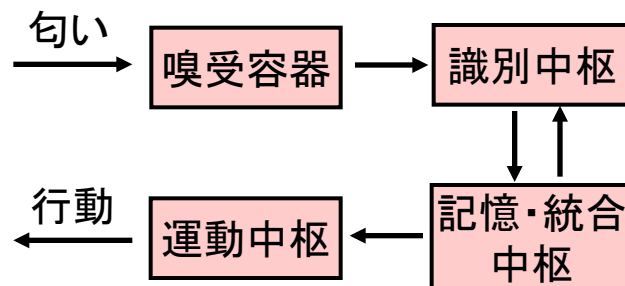
匂い源探索プログラム



Model : Directed Puff at Stop
Radius : 1.000 m
Period : 5.553 min
Start at : 0.000 min



匂い識別機構



匂い源探索機能を有する
圃場内移動脚ロボット

風速風向センサー

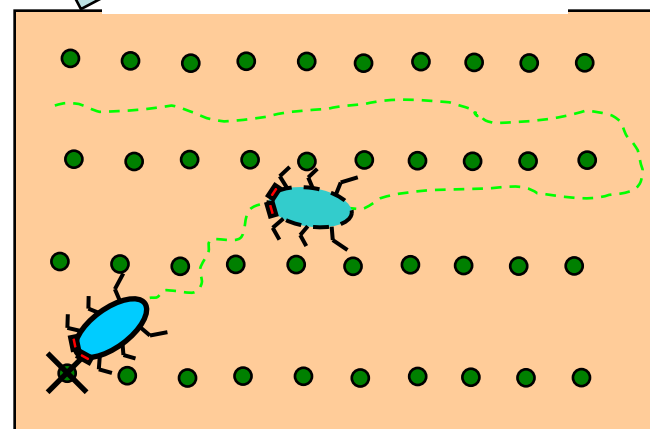


脚歩行システム

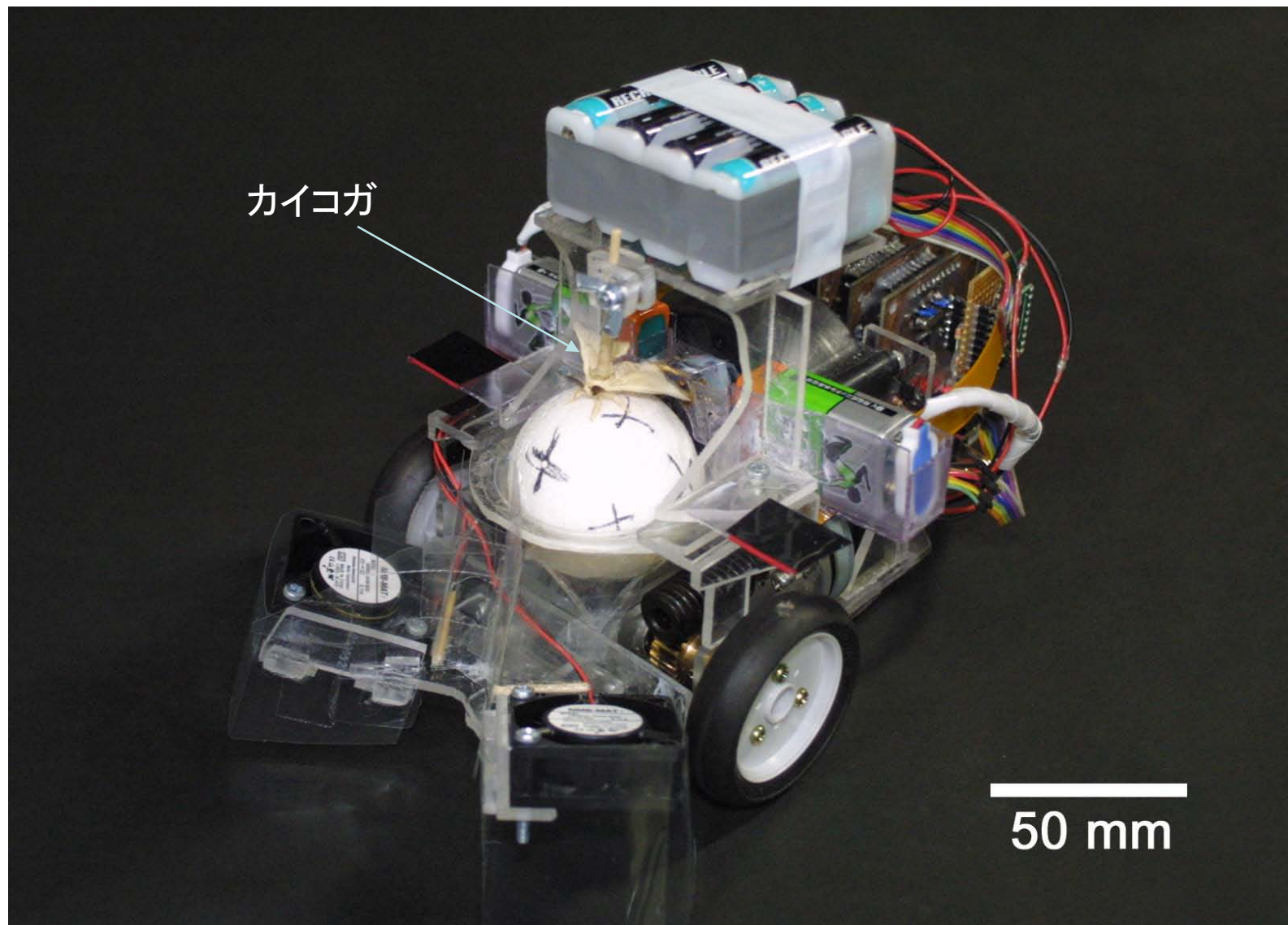


昆虫の運動中枢(CPG)の模倣

位置情報付与技術



昆虫操縦型ロボット



(神崎亮平博士提供)

昆虫から学んだことの医療・健康への応用例

- ・ 刺されても気づかない口をもつ「カ」



痛くない注射針

- ・ 長時間飛び続けられる「スズメバチ」



脂肪をはやく燃やす飲み物

- ・ 汚い所でも幼虫が育つ「タイワンカブトムシ」



病原菌を殺す薬

昆虫ミメティクスの実例

- 構造色の繊維や塗装・・・モルフォチョウの翅
- スーパー反射防止フィルム・・・蛾の複眼の構造
- なめらかな風を送る扇風機・・・アサギマダラの翅
- 痛くない注射針・・・蚊の口吻
- ハニカム構造・・・ミツバチの巣
- 省エネのエアコン・・・キノコシロアリの巣
- 手軽な風力発電・・・トンボの翅
- 撥水性の塗料・・・蝶や甲虫の翅、アメンボの肢
- 高感度赤外線センサー・・・ナガヒラタタマムシ
- 空気から水を得る集水材料・・・ゴミムシダマシの翅

日本における主な昆虫産業とその市場規模

個体の利用		
	天敵農薬（天敵昆虫・ダニ）	35 億円 ¹⁾
	受粉昆虫（マルハナバチなど）	16 億円
生産物の利用		
	ハチミツ	200 億円
	ミツバチ関連副産物（プロポリス、ロイヤルゼリー）	200～300 億円
	カイコ（絹の国内需要）	60 億円 ²⁾
昆虫関連微生物の利用（微生物農薬）		
	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt)	9.4 億円
	Bt 以外の微生物農薬	1.9 億円
昆虫機能の利用		
	バキュロウイルス-カイコ系による有用物質生産	15～20 億円 ³⁾
	絹の非医療用途（化粧品、エステ製品など）	非常に小さい
	遺伝子組換えカイコ関連	未市場化
	スポーツドリンク（VAAM 明治乳業）	不明
	構造発色繊維（モルフォテックス 帝人）	不明

1) 2007版『農薬便覧』より

2) 平成18年の絹内需と平成18年1月の国内生糸価格より算出((社)日本生糸問屋協会
<http://homepage1.nifty.com/nittonkyo/index.htm>)

3) ペット治療薬インターキャット、インタードッグの合計(東レ)。

(日本学術会議応用昆虫学分科会
 報告書, 2011より)

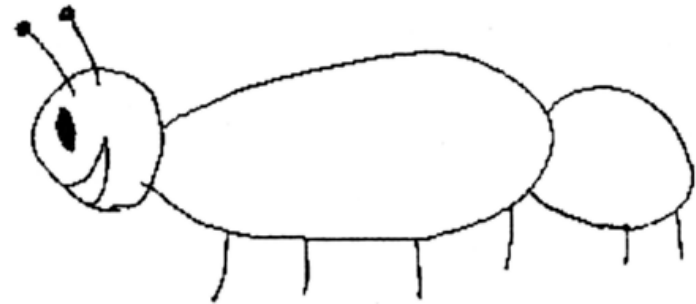
ダウンサイジング技術への昆虫の活用

- 大型化ではなく小型化、すなわちダウンサイジング技術こそがエネルギーを最小にする持続可能な社会を実現する。
- 日本人は世界の中でも一番、小さきものを愛する民族であり、古くは扇子、小田原提灯、幕の内弁当、盆栽、新しくはウォークマン、電卓、折り畳み傘など、日本発のすばらしいダウンサイジング技術を発明してきた。
- 一方、昆虫は小型化することで進化的に成功した節足動物である。
- 小さきものを志向する日本文明は、さらに昆虫のように小さくて高精度な生物をモデルとした技術を展開していくことで、世界の文明のモデルとなる可能性がある。

某短大保育科の学生さんたちが 描いた動物たちの例



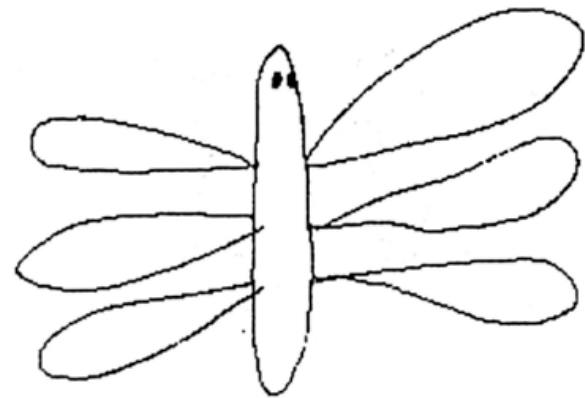
エビフライ型エビ



不完全なアリ



4本足のカニ



6枚翅のトンボ

いろいろな木の芽や花の蕾、咲き誇る花、
それから小さな小さな生きものたちを虫め
がねで拡大すると、思いがけない美しさや
複雑なつくりを発見できます。それを見て
いると、いつしかわたしたちは、人間サイ
ズの枠から解き放たれていくのです。

レイチェル・カーソン
『センス・オブ・ワンダー』より

昆虫から学ぶことはたくさんある。

みんながそれに気づき、考え、応用していく
ことで、未来が変わっていくかもしれない！



昆虫は、一番身近な自然の先生なんだ！



アスクネイチャー・ジャパン (Ask Nature Japan)

- バイオミミクリーに関するわが国で唯一のNPO法人
- 滋賀県の近江八幡市に事務所がある。

ラ・コリーナ(近江八幡にある「たねや」の施設)



参考図書

- 『昆虫科学が拓く未来』 藤崎憲治・西田律夫・佐久間正幸編著、京都大学学術出版会(2009)
- 『昆虫未来学』 藤崎憲治著、新潮選書、新潮社(2010)
- 『絵でわかる昆虫の世界』 藤崎憲治著、講談社(2015)

ご静聴ありがとうございました。

(E-mail: kefujisaki@gmail.com)

昆虫はバイオミミクリーの天才

—擬態—

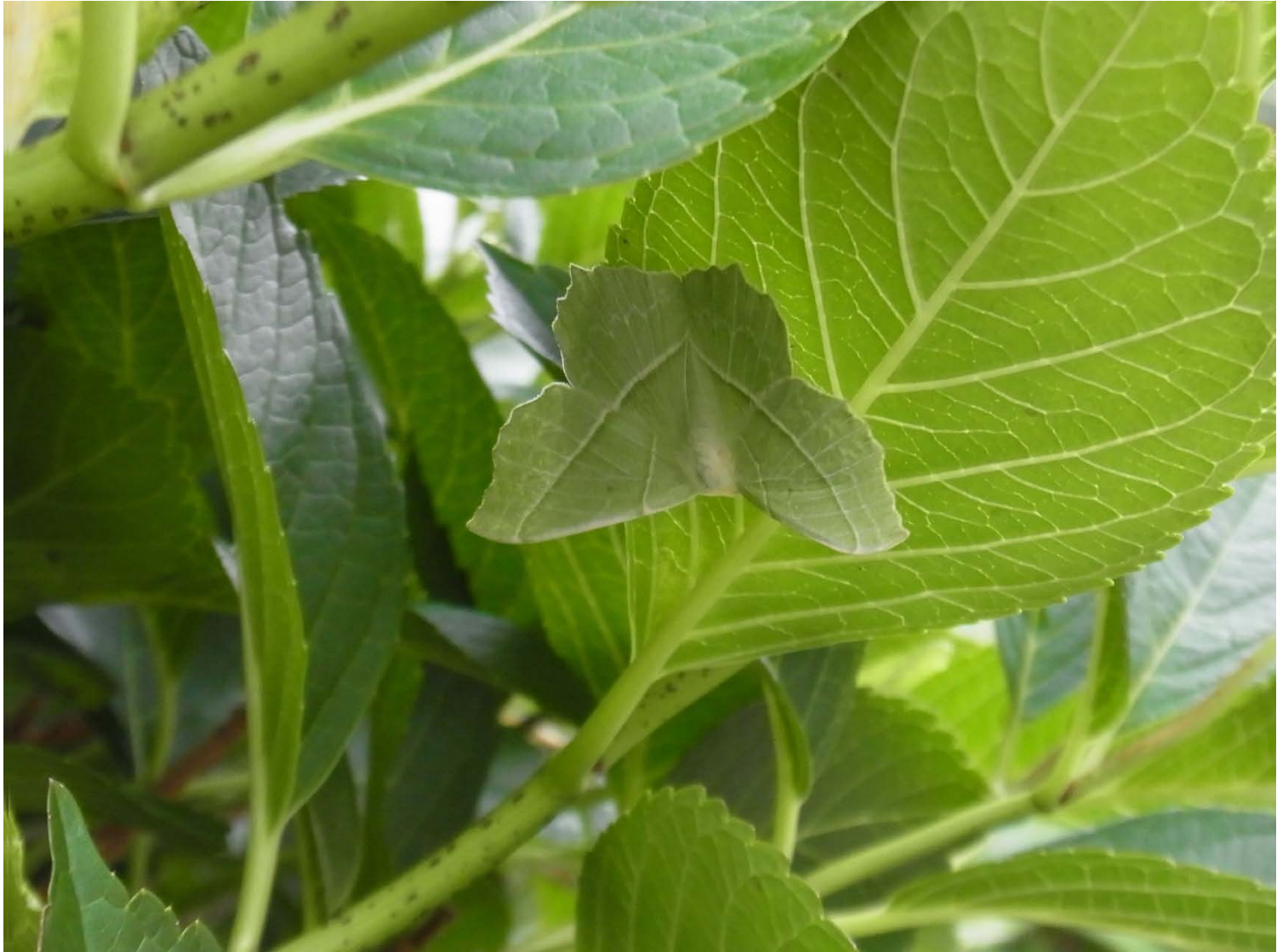
隱蔽的擬態

ショウリョウバッタの隠蔽的擬態



(撮影: 藤崎憲治)

カギシロアオエダシャクの隠蔽的擬態



(撮影: 藤崎憲治)

食べられないものへの擬態

枝に擬態したアマミナナフシ



(撮影: 藤崎憲治)

鳥の糞



(撮影: 藤崎憲治)

昆虫の糞擬態



オジロアシナガゾウムシ



ナミアゲハ若齢幼虫



イラガの繭



アカスジキンカメムシ終齢幼虫

(撮影: 藤崎憲治)

昆虫の糞擬態は変化する



ナミアゲハ若齢幼虫



ナミアゲハ老熟幼虫



アカスジキンカメムシ終齢幼虫



アカスジキンカメムシ成虫

(撮影: 藤崎憲治)

枯葉



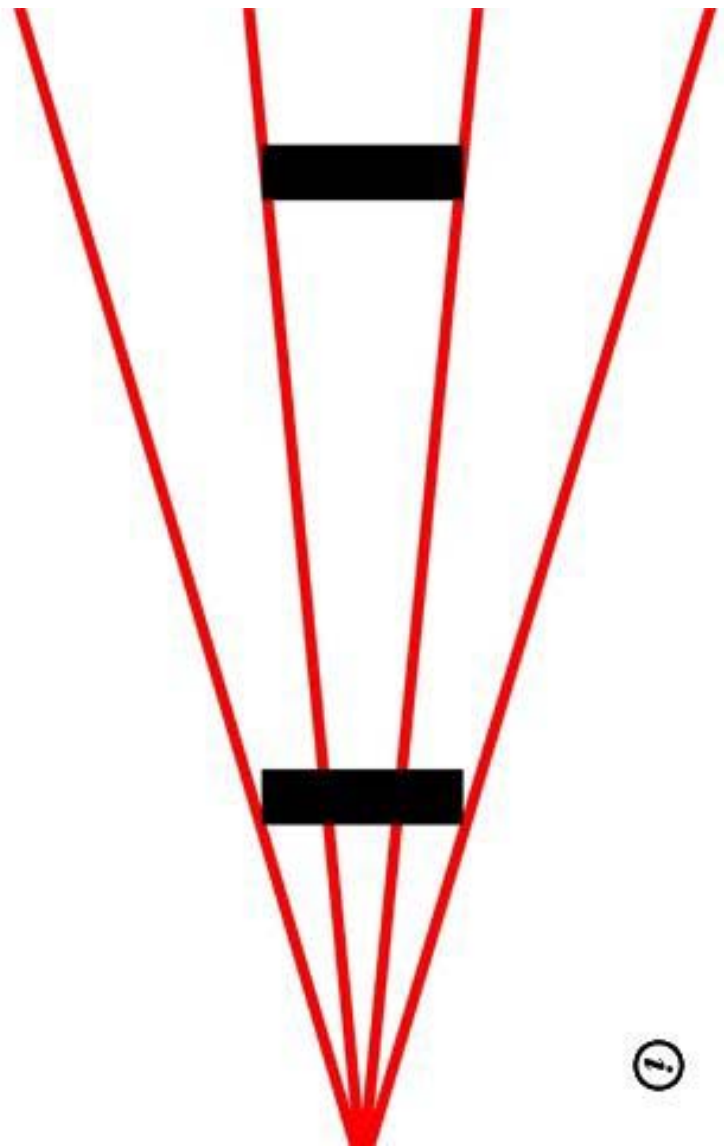
(撮影: 藤崎憲治)

枯葉に擬態したキマエコノハ



(撮影: 藤崎憲治)

目の錯覚の例



ベイツ型擬態

有毒な動物（モデル）に無毒の動物（ミミック）が似



オオカバマダラ（有毒）



カバイロイチモンジ（無毒）

キアシナガバチ



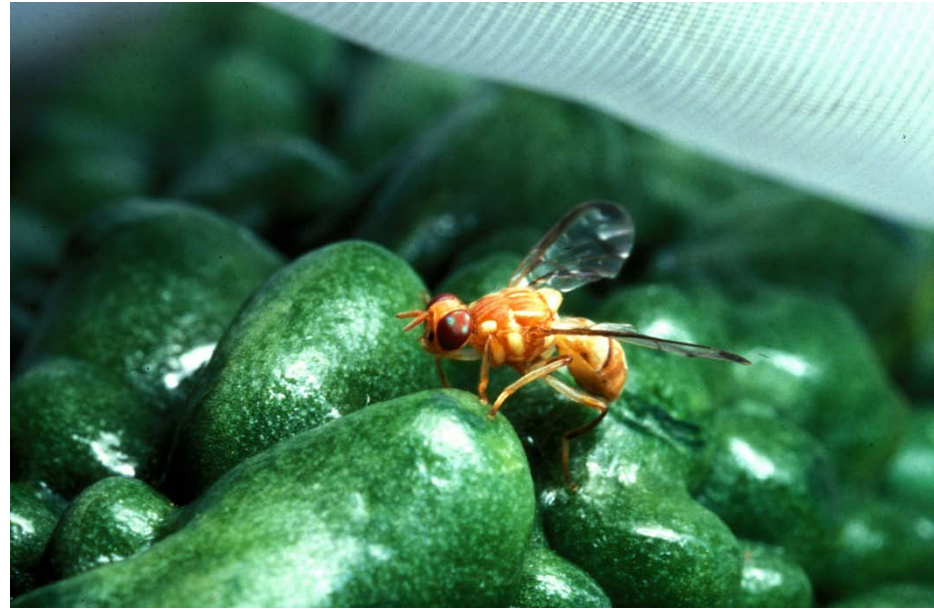
(撮影: 藤崎憲治)

ミバエ類のベイツ型擬態

ミカンコミバエ



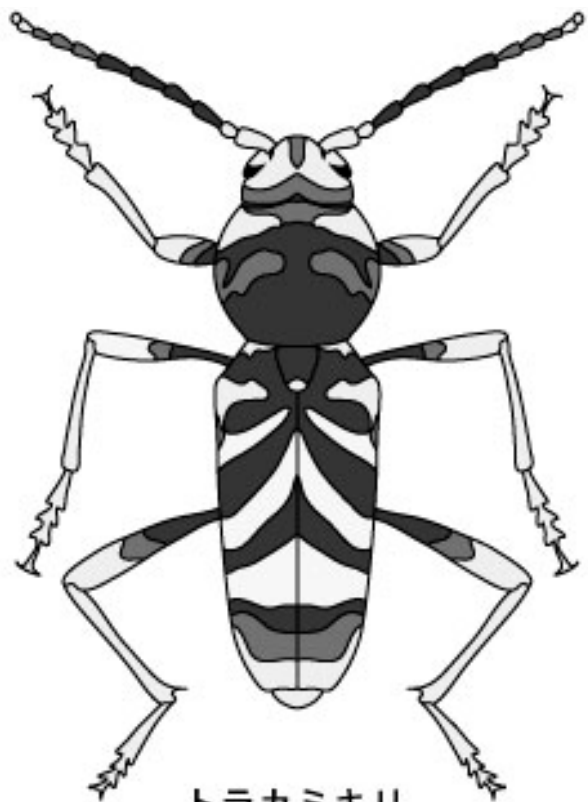
ウリミバエ



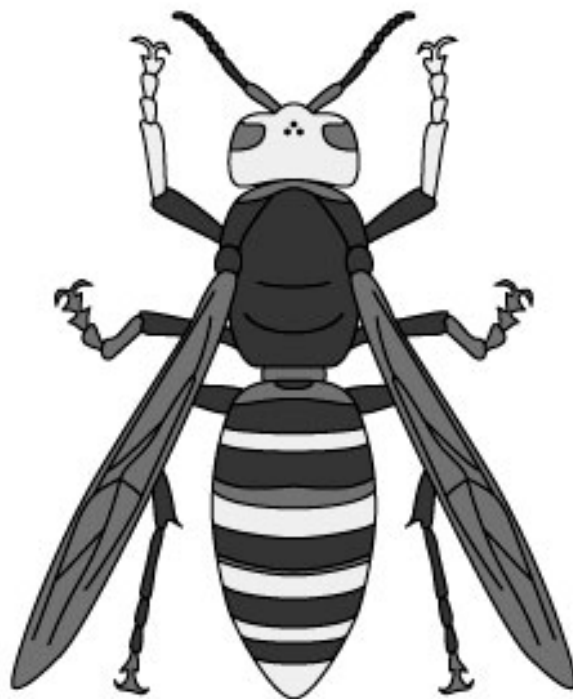
(撮影: 安田慶次)

ミバエ類はハチに擬態している！

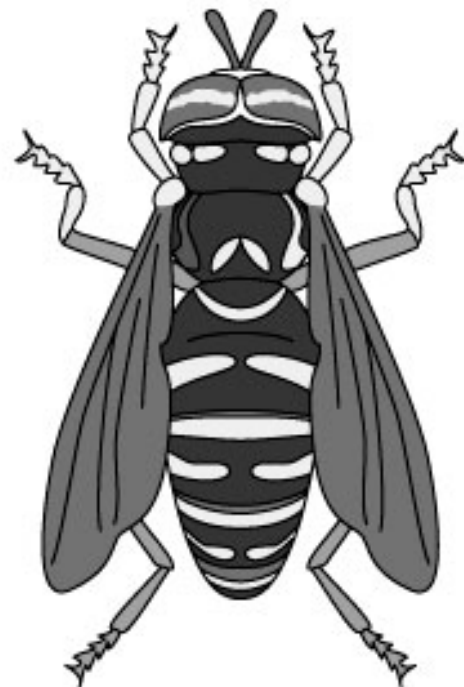
狩りバチをモデルにしたベイツ型擬態



トラカミキリ



コガタスズメバチ



スズキナガハナアブ

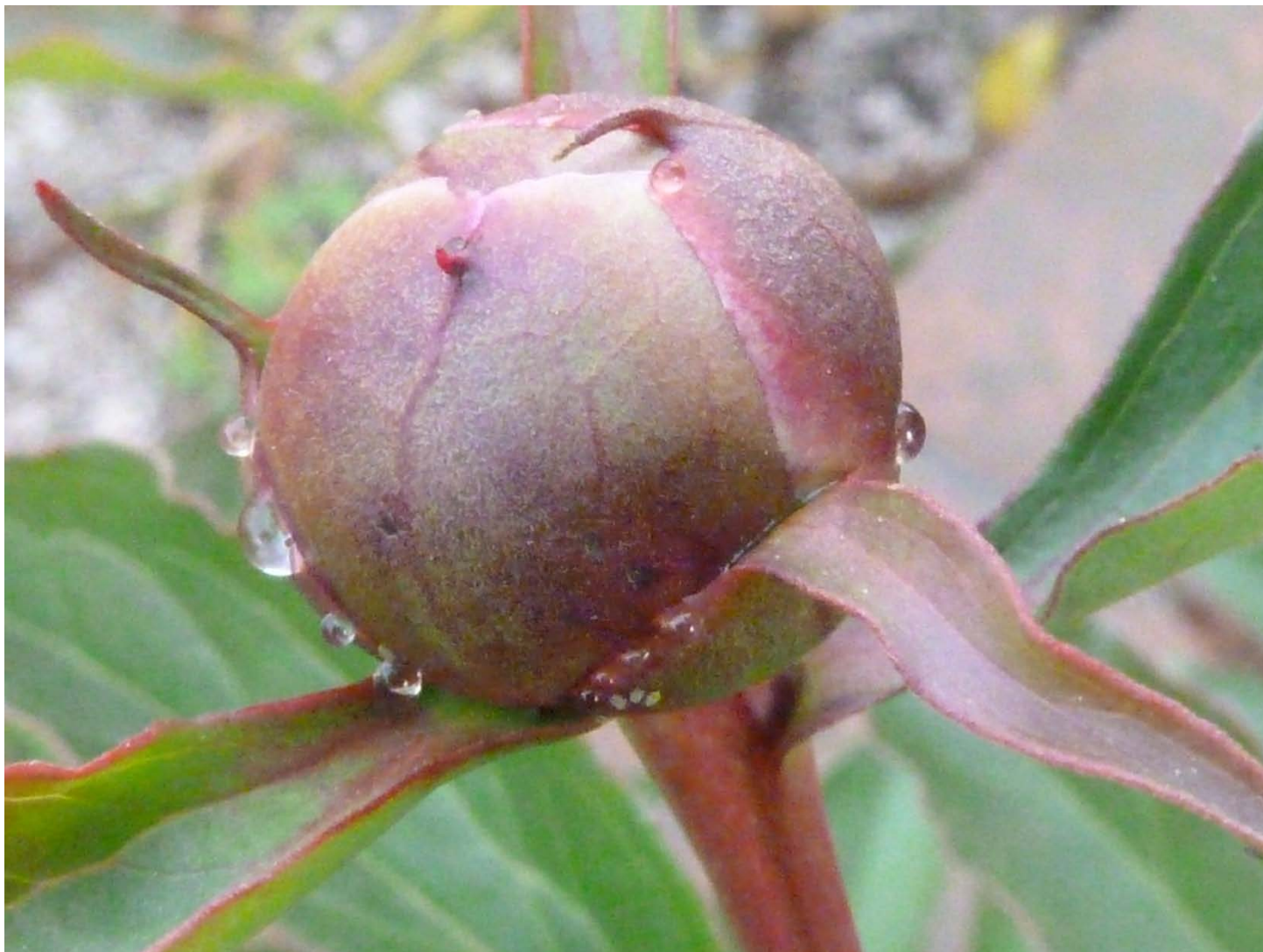
(藤崎, 2015)

クロヤマアリ



(撮影: 藤崎憲治)

シャクヤクのつぼみから出る蜜



(撮影: 藤崎憲治)



(撮影: 藤崎憲治)

ホソヘリカメムシのベイツ型擬態

アリ擬態

幼虫



(撮影: 藤崎憲治)

アリとハチは自然界
の脅威である！

成虫

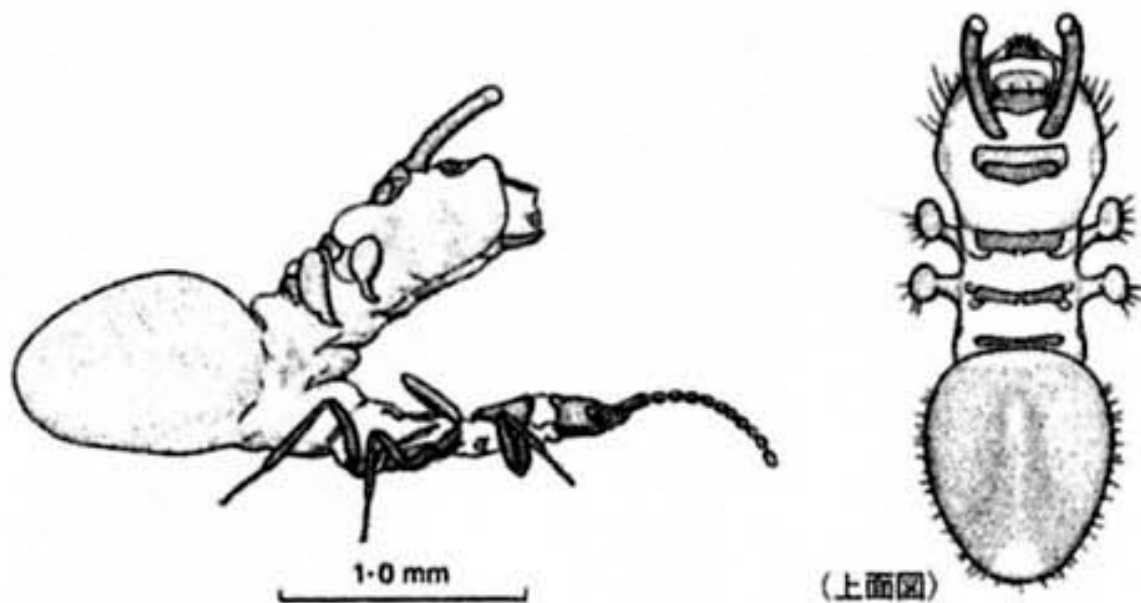


ハチ擬態



(栗林、1981)

オーストラリアのハネカクシのシロアリ擬態

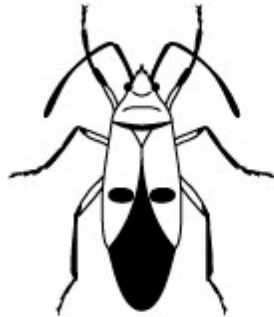


オーストラリアのハネカクシの擬態。背部にシロアリそっくりの構造をもつ
By B. Rankin (from AUSTRALIAN BEETLES by J. F. Lawrence & E. B. Britton, Melbourne University Press, 1994)

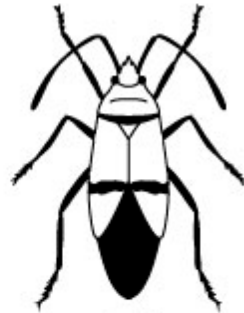
ミューラー型擬態

—有毒なもの同士が似る—

西アフリカ産カメムシ目異翅亜目



クロホシカメムシ



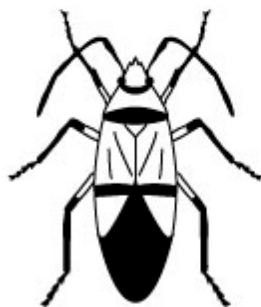
アシグロ
スジホシカメムシ



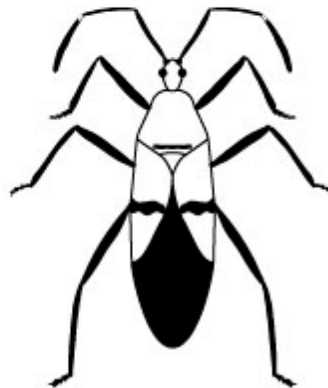
ホシナシ
ホシカメムシ



ムツボシカメムシ



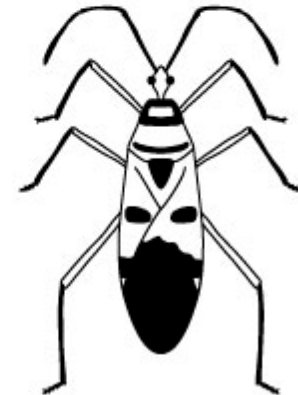
スジホシカメムシ



アシグロサシガメ



ハイイロサシガメ



アシアカサシガメ

(藤崎、2015より)