

セイヨウミツバチの造巣初期段階における行動と巣のパターン

上道 賢太*・大崎 浩一**・大谷 剛***

Behavior and Comb Patterns of European Honeybees at the First Stage of Comb Construction

Kenta UEMICHI*, Koichi OSAKI ** and Takeshi OHTANI***

はじめに

ハチの巣は、ハニカム構造を有する構造物として世の人々に広く知られ、その構造は様々な分野に応用されてきた。実際、ハニカム構造は強度を損なわず必要な材料を減らしたり、衝撃や音を吸収したり、断熱したりするといった機能を持つ。この事実に基づくとハチは、建設効率性や空間効率性、強度、断熱性などを考えながら造巣していると考えがちであるが、ハチの脳細胞は100万個程度しかない(水波 2006)ため、そのようには考えにくい。

著者たちは、ミツバチの造巣過程に注目し、化学物質や熱などの刺激に対するミツバチの反応のみを仮定した数理モデルを構成することで、造巣過程のメカニズムを理論的に理解することを目指している。ミツバチの巣のほとんどは、正六角形をなす面が表裏2面貼り合わさった巣板(comb, コーム。以下、コーム)とよばれるものからできている。コームは上部で天井や壁などに接着しており、その接着部分に続いて下方にセルが形成される。したがって、造巣過程のメカニズムを調べるためには、この接着している部分が、どのように造られていくのかを、まずはよく観察することが重要であると考えられる。以下、接着部分が造られる段階を(造巣の)初期段階とよぶことにする。

昨年度、著者たちはアクリル板で作った巣箱を用いて造巣過程の観察を行い、その結果、巣箱の天井部分に、接着部分が魚の骨のように形成されることを確認した(大崎ほか 2011, 図c参照)。しかしながら、アクリル板の天井には、ミツバチの群がつかまりにくかったため、補助的に巣枠を使用していた。そのことで、本当の意味での初期段階ではなく、コームの追加過程を観察していた。そこで本研究では、アクリル板

に細工を施してミツバチの足場を作り、しかも巣枠などの補助物を入れずに、造巣の初期段階を観察した。

観察方法と結果

五面が透明アクリル板で作られ、底が木でできた巣箱(360×500×230mm)を用意した。その天井部にテグス(ナイロン製の透明な糸)を直線状に5mm間隔で天井部の一部に十数本貼り、また、側面の1つ(以下、壁)には凹凸加工のある市販のアクリル板を設置した(図a)。そこに、約5千匹のセイヨウミツバチ(*Apis mellifera ligustica* の雑種、市販のもの)を投入し、2011年5月19日から約3ヵ月間観察した。

まず、この観察系(以下に述べる④に対応)を用いるに至った経緯(①~③)とその結果について述べる。

① 昨年度の著者たちの研究で、アクリル板の天井には、ミツバチは群としてぶら下がるのが難しいことが分かっていた。そこで、アクリル巣箱の天井部にリユーター(電動切削工具)でランダムにトゲ状の傷を複数(100×100mmの領域に約1000個)つけ、ミツバチの足場にしようと試みた。しかしながら投入したミツバチは、天井部にやはりぶら下がることができず、床に留まってしまった。これは、細かくつけたつもりでも彼らミツバチにとってはそれが大きすぎて、単なるなめらかな凹凸としてしか作用しなかったためだと考えられる。したがって、このような環境下ではミツバチは造巣しにくいということが分かった。また、ミツバチの群は、天井部へ直接飛来して集まるのではなく、壁を経由して天井部へと登って集合することも観察された。この行動は、以下の②~④でも同様に観察された。よって、壁にも登りやすくするための加工を施すことにした。

② ①の状態を受け、天井部には傷ではなく市販の薄い女性用ストッキングを貼り付けてみた。また、壁には、凹凸加工が施された市販のアクリル板を用いた。ミツバチ達は、この壁には群としてよくつかまることができ、しかもしっかりと足取りで天井へ登ることができた。ちなみに、この凹凸加工のアクリル板を

* 〒669-1337 : 三田市学園2-1 関西学院大学理工学部 物理学科 数学専攻 4年

** 〒669-1337 : 三田市学園2-1 関西学院大学理工学部 数理科学科

*** 〒669-1546 : 三田市弥生が丘6丁目 兵庫県立人と自然の博物館 内 兵庫県立大学自然・環境科学研究所 生態研究部門

2011年12月27日受理

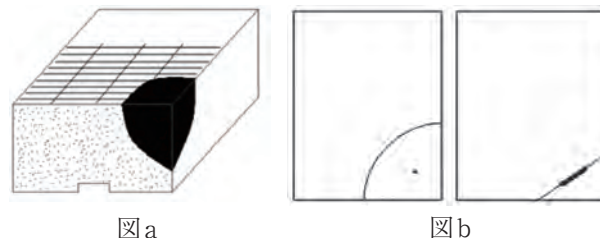
天井部に設置した場合は、やはり①の様な状態となり、天井の素材としては適していないようであった。ストッキングは、細かな編み目状になっているため、ミツバチの足場に適している。実験開始から2日、ミツバチの群は壁を登りストッキングにぶら下がっていたが、群自体の重みでストッキングが伸び、天井部から剥がれてしまった(図1)。加えて、ストッキングの伸縮性のために蜜ロウの定着も難しいようでもあった。この結果よりミツバチは、ストッキングを用いた天井には造巣を継続することが困難であることが分かった。また、そもそもストッキングは透視性が乏しいという欠点もあった。ストッキングが剥がれてしまった後も、群は天井部からぶら下がり続けていた。それらのうち壁に接した部分のミツバチ達が、重力方向に直交して壁からコームを形成する様子が観察された(図2)。一般にミツバチのコームは、正六角形をなす平面が地面に直交し下方に伸びている。下方に伸びる要因として、重力による影響が大きいと著者たちは予想していた。しかしながらこの結果より、重力は第1の要因であるとは言い難いということも分かった。

③ ②の事実を受け、伸縮性がなく透視性も高い編み目状のものを使用する方が、観察が容易になると考えた。そこで、虫よけネットを採用し、これを天井部に貼ることで足場とした。また、壁には②で用いた凹凸加工のあるアクリル板を引き続き使用することとした。このシステムでは、比較的安定して造巣活動を行っていたが、ある程度巣ができ始めると天井部に貼ったネットの一部がほつれ始め、ミツバチはこれを不要なものと判断するのか、今度はその部分から破りはじめてしまった(図3)。最終的には、そのほとんどを取り除いてしまい、実験の継続が困難となった。

④ ③の観察系においては、虫よけネットが破られてしまったこと以外は、安定して造巣過程を観察することができた。そこで、ミツバチが破いたり、切ったりしそうでない丈夫な素材で、透視性がさらに高いテグス(直径0.2mmのナイロン製の透明な糸)を採用することにした。テグスは、天井部の一部に直線状に5mmの間隔をおいて十数本貼りつけた(図a)。また、安定化をはかるため、それに直交するように数本貼りつけた。この観察系(システム)は、天井から観察するにあたり、自然な環境に近く、またミツバチの動きも制御しやすいことから、現時点で最も適していると考えている。これを用いて、造巣の初期段階を中心に約3ヵ月間定期的に観察した。加えて、一部の期間では、24時間観察できる様、アクリル巣箱に、市販の継箱(標準継箱2段)を被せ、その天板にビデオカメラを設置し録画した(図4)。

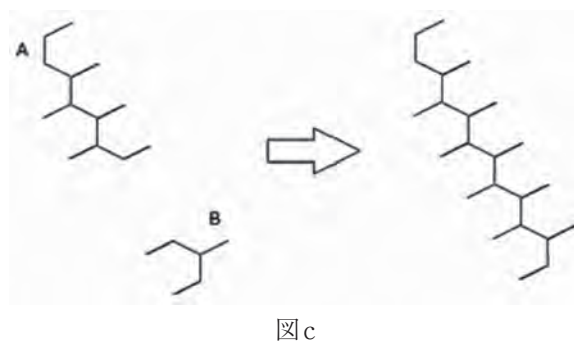
壁を登ったミツバチ群は、アクリル巣箱の天井部の四隅の1つに1/8球状(図a)に集まった。この集合領

域は、上から見ると、天井部の一隅に四分円状に存在していた。ミツバチの群は、この四分円の重心付近(図b左)から蜜ロウを付け始めた。加えて、作業が進行するにつれて蜜ロウは塊となり、図b(右)の様に隅にできる直角三角形の斜辺方向に伸びていった(太線部分が蜜ロウ。実線は説明のための補助線)。このことは、③、④の実験の双方で同様に観察された。



ミツバチは、蜜ロウが付着している所に続けて蜜ロウを追加することが多かった。また、続けて蜜ロウが追加された部分には、ますます蜜ロウが追加されて塊が形成されたのに対して、蜜ロウが続けて追加されなかった部分は、放置されることが多かった。このことより、ミツバチには、蜜ロウが続けて多く付けられる場所付近において造巣活動の活性が上がるという特性があると考えられる(以下、蜜ロウが多く付着し、造巣活動が活発な領域を活性領域と呼ぶことにする)。また、ある程度拡大した巣の領域は、天井部から見ると魚の骨のようになっていた(以下、魚骨パターン)。

ミツバチの群は、1つの活性領域で作業を行うのではなく、複数の活性領域で並行して作業を行っていた。特に、図cのように領域Aと領域Bで、同時に短い魚骨パターンの形成が行なわれた後、領域AとBが約12時間で接続して、1つの長い魚骨パターンとなることも今回観察することができた(図5)。



実験開始から約5ヵ月間、出来かけた巣を取り外し再度巣を作らせるという作業を繰り返し行ってきた。現在は、巣を取り外すことを止めており、そのことでシステムに存在する個体数並びに、この群の女王バチの産卵数に基づく羽化バチ数の全体がぶら下がるだけのコームを手に入れてしまったためか、造巣活動は停滞している。また、途中で別群の羽化したの羽化

バチを約150匹投入して造巣を促してみたが、数が不十分だったためか、造巣活動が再開されることはなかった。

大崎 浩一・北尾 一真・大谷 剛. 2011. 『セイヨウミツバチの造巣過程 - 透明アクリル板の巣箱での観察』. 兵庫生物 14 (2) : 107-112.

考察と今後の課題

ミツバチは、腹部にある蠟腺から分泌した蜜ロウを材料に巣造りを行う。また、分泌された蜜ロウは、薄い楕円形(長軸約3mm, 短軸約2mm, 厚さ約0.5mm)をしており、それらを口や足で整形しながら造巣を行う。1匹が一定の時間で分泌できる蜜ロウの量は限られており、したがって、連続して大量の蜜ロウを付着させることはできない。つまり、1匹による造巣活動は、ある短い時間では、1つの蜜ロウを追加するのみであって、それを複数のミツバチが交互に行うことによって造巣活動が進行する。そのとき、ミツバチは、蜜ロウをどこにつけるべきかを判断しなければならない。今回の実験で、活性領域において巣を伸ばしていくことが観察できたが、ミツバチは、この領域を何をたよりに見つけているのだろうか。ひとつに考えられるのは活性領域と周辺領域の温度差である。活性領域では、複数のミツバチが活発に作業を行っているため、その部分における温度は、周辺に比べて高温になっていることが考えられる。また、その他、初期段階の蜜ロウ自体の温度に反応している可能性も考えられる。さらに、群の中央部より造巣を開始することを上述したが、これも、その部分が周囲よりも高温であるためだと考えられる。しかしながら、現在のところ活性領域における温度が主要な要因であるというのは仮説であり、今後、活性領域と周辺の温度の違いや蜜ロウ自体の温度、造巣時の群の熱分布などを調査していくことが課題である。

前述②の結果より、コームが伸びゆく方向の選択要因として、重力は第1の要因であるとは言い難いことも分かったが、他の要因については現在のところ不明である。無重力もしくは微小重力空間における造巣過程を調べるなどして、他の要因を探っていくことも今後の課題である。

謝辞

吉本デザイン映像事務所の吉田 満氏には、暗視カメラの設置に関するご助言をいただいた。

本研究は、科学研究費補助金若手研究(B)22740112「反応拡散走化性系の解が呈する蜂の巣構造と空間異方の与える影響」、大崎 浩一(個人研究)の助成を受けている。

引用文献

水波 誠. 2006. 『昆虫 - 驚異の微小脳』(中公新書1860). 36pp. 偕成社.



図1 天井部に貼ったストッキングにぶら下がるミツバチ群(A,B)。矢印の壁は、凹凸加工のある市販の亚克力板(B)。群自体の重みでストッキングが剥がれた(C)。

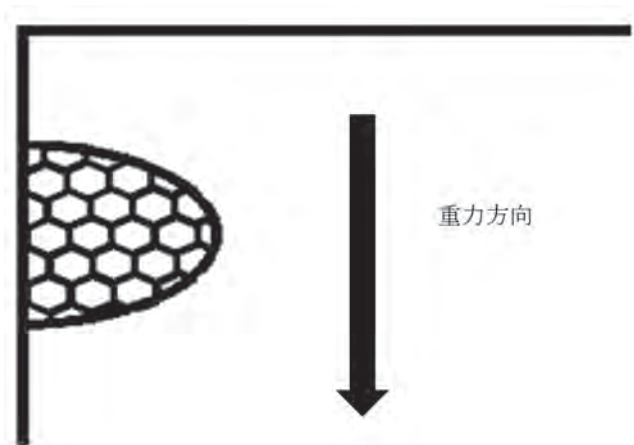
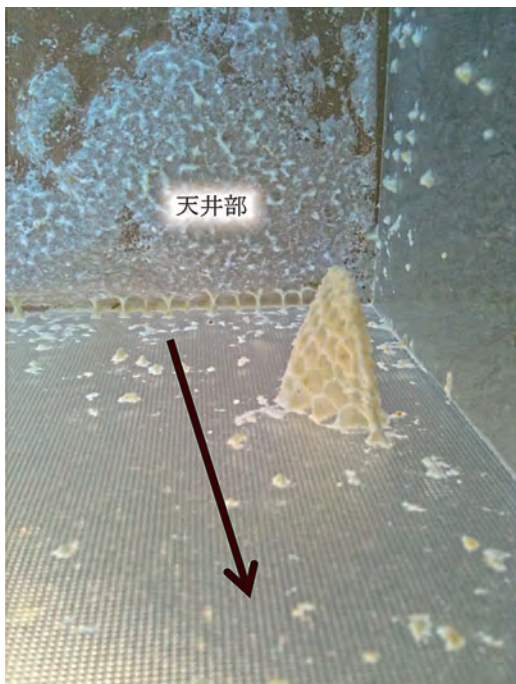


図2 天井部に蜜ロウを付着させることができなくなったミツバチが、重力方向(矢印方向)に直交して、壁からコームを形成した。

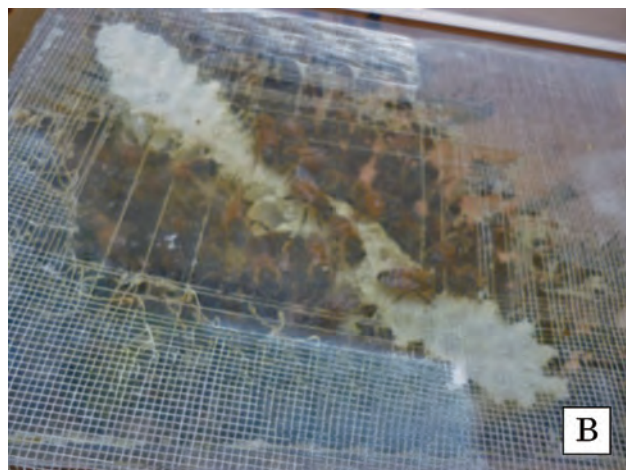


図3 虫よけネットに巣を作るミツバチ (A)。天井部に貼ったネットを破いてしまった (B)。



図4 カメラシステム (A)。カメラは網目に沿って動かせる様になっている (B)。

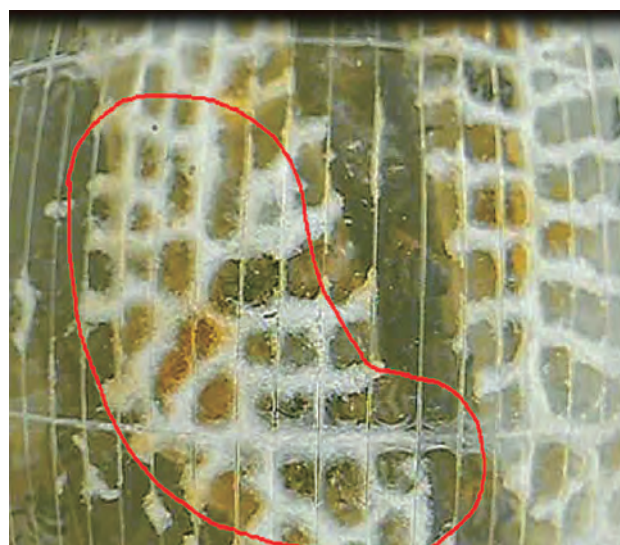


図5 短い魚骨パターンが接続して、長い魚骨パターンとなった (写真左から右)。