

セイヨウミツバチの造巣初期段階における高温部分形成

上道 賢太*・大崎 浩一**・大谷 剛***

High Temperature Areas in the First Stage of the Comb Construction of European Honeybees

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

はじめに

ハチの巣は正六角形の巣穴が規則正しく並んだ構造をしており、自然界が作り出す幾何学パターンとして多くの人々を魅了してきた。この構造がどのようにして造られるのかという問題について多くの議論がなされてきたが、現在のところ完全には説明することができていない(フィリップ・ボール 2011)。そこで筆者らは、幾何学パターンが形成される仕組みを理論的に理解することを目指し、ミツバチの造巣過程に注目して研究を進めている。

ミツバチの巣は、正六角形をなす面が、表裏貼り合わさる構造をしており、ミツバチが天井に蜜ロウを付着させ、そこから巣板(comb, 以下コム)を形成して下方に伸ばしていくことで造られる。また、重力方向以外にも最初の列が築かれた面に垂直な方向にコムを伸ばすことも著者たちの研究でわかっている(上道ほか 2012)。これらの事実により、天井や壁にコムが接着している部分が造巣のメカニズムを知る上で重要だと考えられる。そこで、上道ほか(2012)は透明アクリル板でつくった巣箱を用いて、造巣の初期段階におけるセイヨウミツバチの行動についての実験および観察を行った。その結果、セイヨウミツバチには、造巣活動が活発な領域(以下、活性領域)があることを発見し、その中心部の壁面に蜜ロウを付着させるといった特性があると考えられた。では、この領域をミツバチは何を頼りに見つけているのだろうか。さまざまな要因が考えられるが、例えばニホンミツバチは、羽を盛んに動かし熱を発生させ、巣に進入したスズメバチを撃退することで知られ、その温度は47℃にまで達する(藤原 2010)。また、ミツバチ類は巣の温度調節に優れており集団の中心部の温度は、ほぼ35℃に

保たれている(Camazineほか 2001)。このように、ミツバチは体温をコントロールする行動がいくつか知られている。そこで、本研究では熱に注目し、セイヨウミツバチを用いて造巣の初期段階における巣箱天井部の温度分布の変化を調べた。

観察方法

市販の巣箱(縦535 横445 高さ345mm)の上に自作した継箱(535×445×500mm)を重ねた巣箱(図1, A)を使用した。実験には2種類の天井板を用い、それぞれ実験①, 実験②とした。また、どちらの実験も天井部には後述するように熱電対を設置して温度データを測定した。そして実験②では上部からセイヨウミツバチの群れの動きをビデオカメラで撮影した。

実験①：市販の巣箱と自作した継箱の間にある500×400mmの天井部のうち、巣門側220×220mmの領域にセイヨウミツバチの足場として木製の板、残りにアクリル板を使用して天井とした。一部を木製の板にしたのは造巣域を以下に示す熱電対を設置した領域に限定するため、セイヨウミツバチはアクリル板など表面にほとんど凹凸がない材質には好んで造巣しない(上道ほか 2012)。木製の板には、2cmの間隔で格子状に縦8列、横7列の計56個の直径1.5mmの孔を開け、そこに熱電対(オムロン社, E52-Ca15A 直径1mm)のセンサー部をセイヨウミツバチの居住部側に1.5mm出るように挿入し、取り付けた。継箱には熱電対と接続した温度データロガー(オムロン社, ZR-RX45)を設置した(図1, B)。巣箱におよそ2000匹のセイヨウミツバチを入れ、5月22日から5月27日の間観察した。

実験②：造巣の様子を上部から撮影できるように、天井の全面にアクリル板を使用した巣箱を使用した。セイヨウミツバチの足場とするため、アクリル板の巣門側220×220mmの部分に格子状にテグス(直径0.3mm)を5mm間隔で44本、それに直交するように3本張った。すべてのテグスの両端は接着剤でアクリル板に固

* 〒669-1337 : 三田市学園2-1 関西学院大学大学院理工学研究科 数理科学専攻1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

2013年2月14日受理

定し、直交するように張った3本はそれぞれ等間隔に3箇所固定した。それ以外は、セイヨウミツバチがぶら下がるよう固定しなかった。ただし、側壁に最も近い1本目のテグスは壁から2mm離して張った(上道ほか 2012参照)。アクリル板のテグスを張った部分には、実験①と同様2cmの間隔で格子状に縦8列、横7列の計56個の直径1.5mmの孔を開け、そこに熱電対を取り付けた。継箱にはビデオカメラを設置し、夜間(午後5時から午前7時)は蛍光灯(小型蛍光灯4W)で照明し、テグスを張った領域の撮影を行った。実験①同様2000匹のセイヨウミツバチを用い、7月17日から7月24日の間観察した。

結果

• 実験①の結果

実験を開始してから約4時間で、セイヨウミツバチは木製の天井部の隅に1/8割球状に群れを形成した。5日後、木製の天井部を取り外して確認したところ、

3本のコームが確認できたので実験を終了した。温度データをパソコンに取り込み温度分布の散布図を作成した(図2)。その結果、実験開始3日後にセイヨウミツバチの群れが分布している領域は、セイヨウミツバチが分布していない領域の29℃よりも温度が2℃高い31℃になっていた。また、セイヨウミツバチが分布している領域には、さらに4℃高い35℃となっている箇所があった(図2, C)。この35℃となった高温部は、実験2日後に巣門側にあったが実験開始3日後には巣門から離れる方向へ移動していた(図2, B, C)。そして、実験開始3日後の高温部は5日後の実験終了時にコームが確認できた位置と合致していた。しかし、実験開始4日後、5日後の温度データでは、高温部は確認することができなかった。

• 実験②の結果

温度データより作成した温度の散布図と映像より、まさに造巣が行われている部分が高温になっていることがわかった。実験開始1日後に撮影した映像では

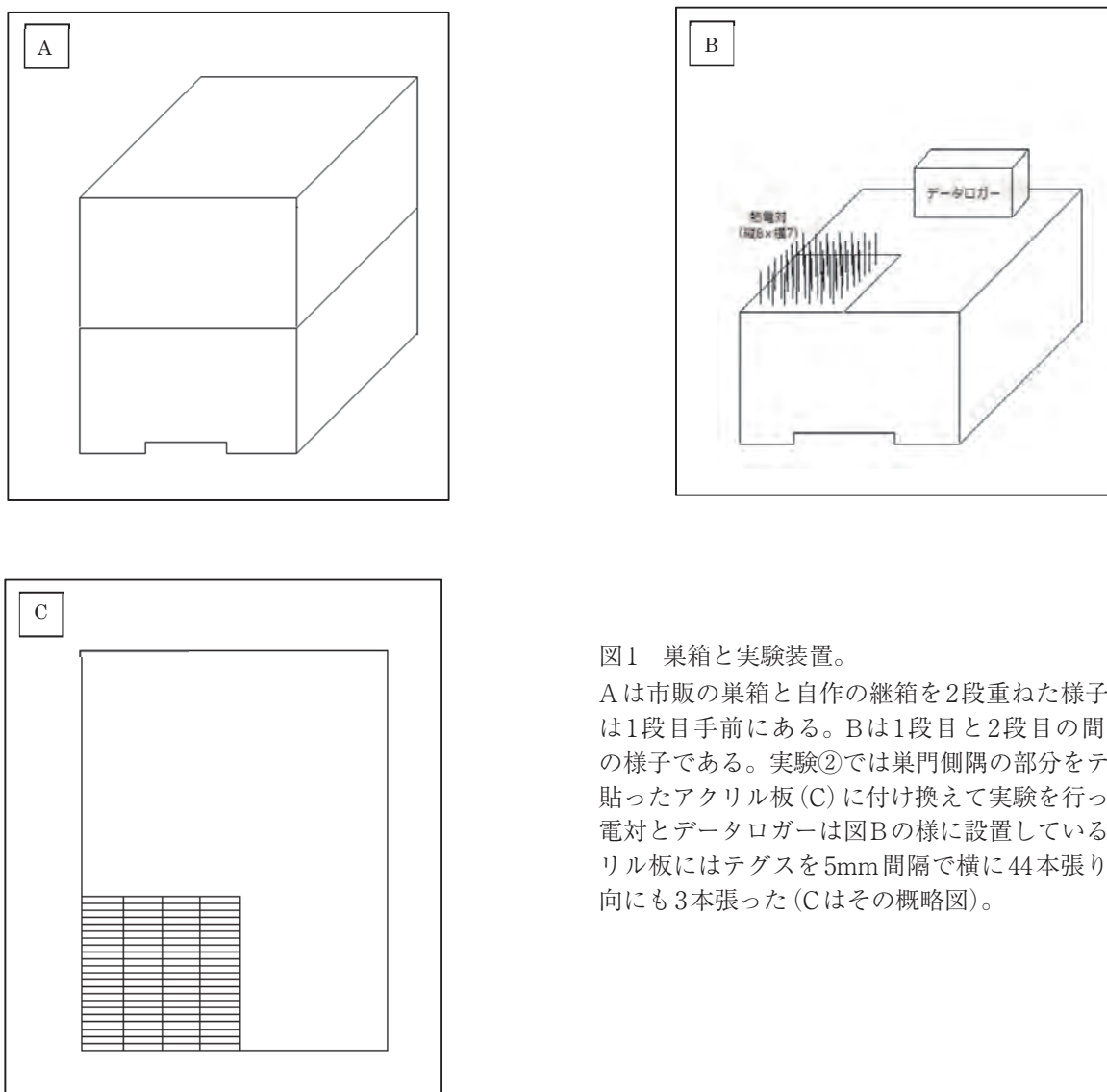


図1 巣箱と実験装置。

Aは市販の巣箱と自作の継箱を2段重ねた様子。巣門は1段目手前にある。Bは1段目と2段目の間の天井の様子である。実験②では巣門側隅の部分にテグスを貼ったアクリル板(C)に付け換えて実験を行った。熱電対とデータロガーは図Bの様に設置している。アクリル板にはテグスを5mm間隔で横に44本張り、縦方向にも3本張った(Cはその概略図)。

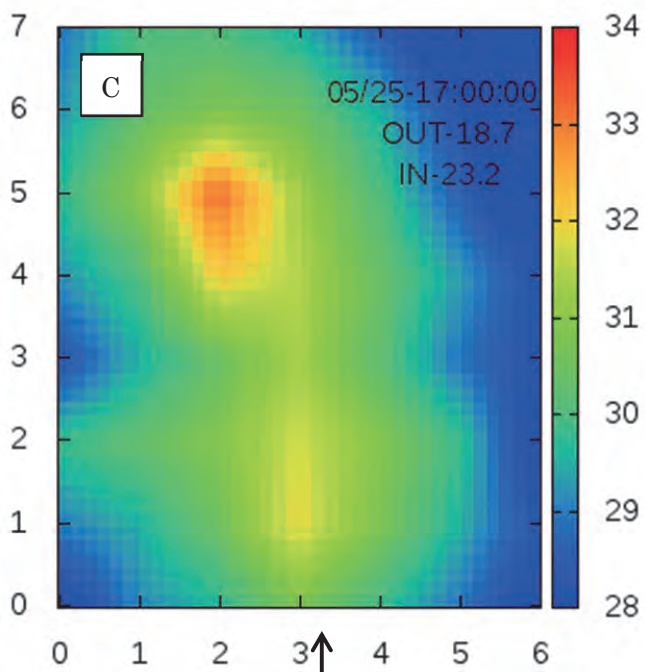
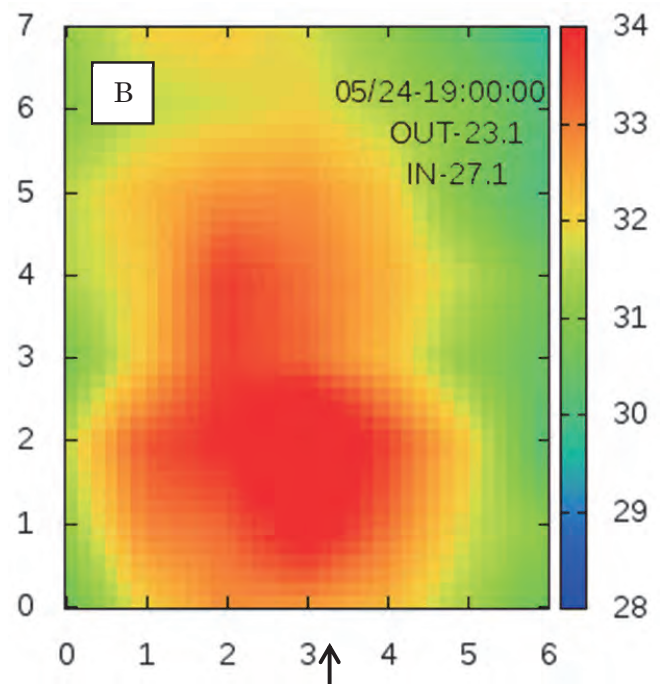
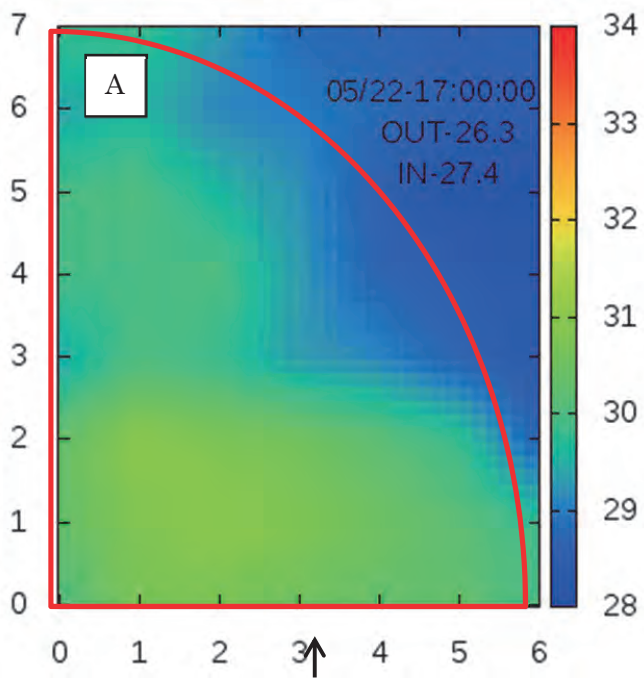


図2 実験①における温度分布。

Aはセイヨウミツバチを投入した直後の温度分布。赤線で囲まれた部分はセイヨウミツバチの群れのおおよその分布を表している。群れは赤線左下隅を中心に1/8割球状に立体的に分布していた。B(実験開始2日後)およびC(実験開始3日後)では高温部が確認できる。Bでは巣門側(↑で表示)に最高温部があるが、Cではそれが巣門から離れた方向に移動した。図内のOUTは外気温、INは巣箱内の温度を表している。

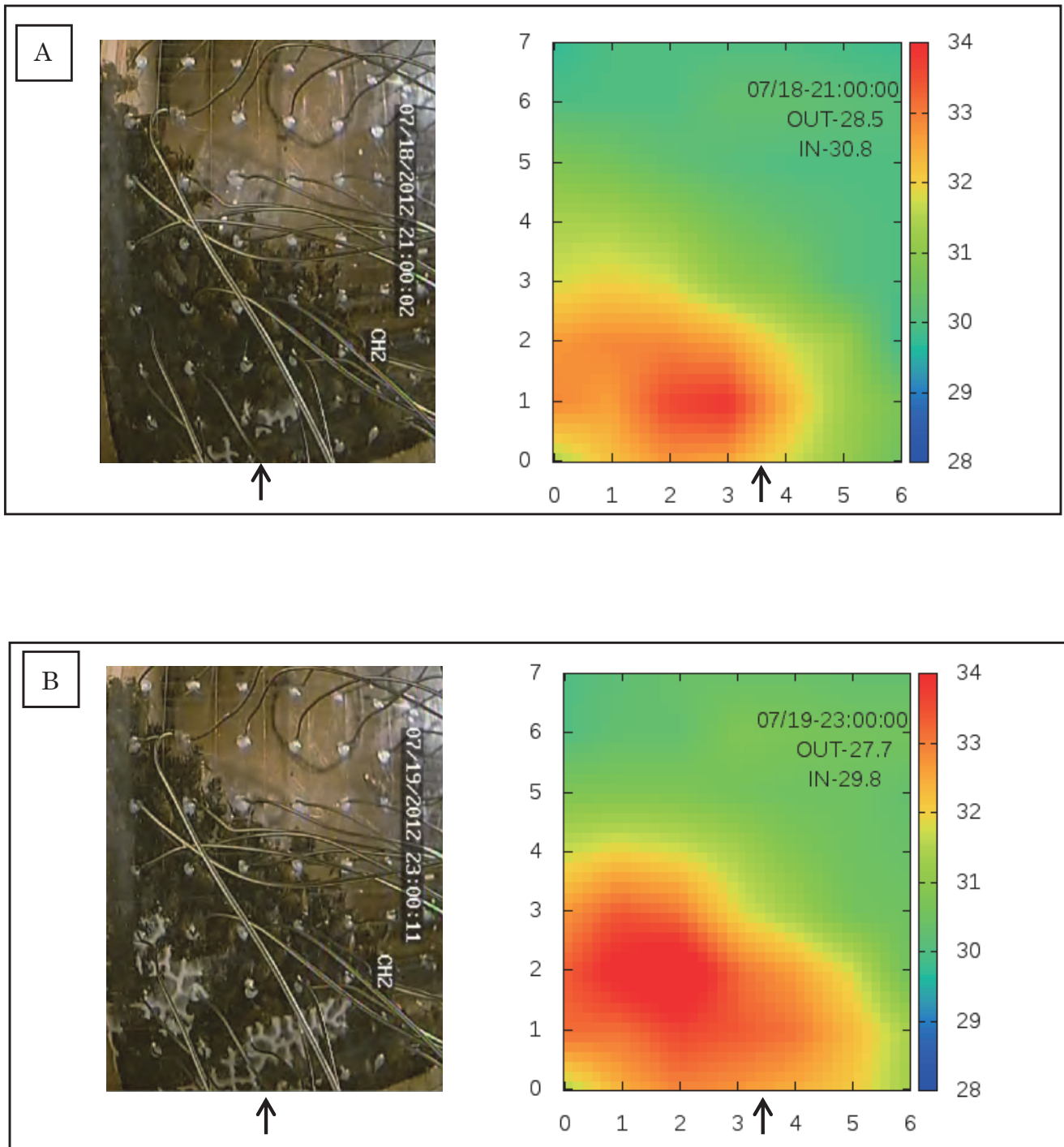


図3 実験②におけるアクリル天井上部からの写真と温度分布。

Aでは写真の下方中央部で造巣が行われており、Bでは、写真の左中央よりやや下の部分で造巣が行われている(↑は巣門側)。A、Bともに活性領域での温度上昇が確認できる。また、活性領域が移動することで最高温部も移動した(AからB)。左の写真の縦横の軸は、温度分布のプロットと合わせてある。

巢門側中央部につくりかけのコームが観察できた(図3, A(左))。そしてその部分がセイヨウミツバチの群れの高温部と一致した(図3, A(右))。さらに実験開始2日後には, 2枚目のコームが形成され始めた(図3, B(左))。これに伴い, 高温部も2枚目のコーム付近に移動したことも確認できた(図3, B(右))。実験開始3日後, 映像より造巣活動はコーム下部に移動したことが確認され, それに伴い高温部は消滅した。その後も, 観察を続けたが3枚目のコームが形成されることはなかった。

考察

ミツバチは体温をコントロールする行動がいくつか知られている(藤原 2010, Camazineほか 2001)が, 今回の実験により, 活性領域においても温度上昇があることがわかった。また, 実験②で確認されたように造巣場所と高温部とは合致し, 造巣場所とともに高温部も移動することがわかった。活性領域における温度上昇が単に活動的になったセイヨウミツバチの体温上昇によるものか, 蜜口を作る際に必要な熱であるのかはわからない。しかし, 造巣をしている活性領域の目印になっている可能性もあり, 目印となっているのであれば高温部を人工的につくることにより, 造巣を促すことができるようになるかもしれない。実験①では4日後, 5日後の温度データに高温部は見られなかった。これは, 造巣活動がコーム下部へ移動したためであると考えられる。また, 実験②において, 3枚目以降のコームが形成されなかった理由としては, セイヨウミツバチの群れ全体がぶら下がるだけのコームが完成したためであると考えられる。今後, 活性領域と温度変化との関係を確かめるために, コーム下部での造巣活動においても高温部が出現するかどうかを調べる必要がある。

謝辞

関西学院大学理工学部数理科学科大崎研究室4年生の山中治君には観察データの整理と処理を, 宮田米理さんには実験を手伝っていただいた。また, 査読者の方々には非常に多くの有益なご助言をいただいた。ここに感謝申し上げる。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

フィリップ-ボール, 林 大 訳. 2011. 『かたち 自然が創り出す美しいパターン』. 430pp. 早川書房.
Belic, M.R., Skarka, V., Deneubourg, J.L. and Lax,

M. 1986. Mathematical model of honeycomb construction. *Journal of Mathematical Biology*, 24:437-449.

Camazine, S., Deneubourg, J.L., Franks, N.R., Sneyd, J., Theraulaz, G. and Bonabeau, E. 2001. *Self-Organization in Biological Systems*. 538pp. Princeton Univ.

藤原誠太. 2010. 『だれでも飼える日本ミツバチ』. 143pp. 社団法人農山漁村文化協会.

上道 賢太・大崎 浩一・大谷 剛. 2012. 『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』. *兵庫生物*, 14 (3) : 185-189.