

## RFID タグをつけた複数ミツバチの巣箱内歩行軌跡の検出

高橋伸弥<sup>†</sup> 橋本浩二<sup>†</sup> 前田佐嘉志<sup>†</sup> 藍浩之<sup>‡</sup> 鶴田直之<sup>†</sup><sup>†</sup>福岡大学工学部 <sup>‡</sup>福岡大学理学部

## 1 はじめに

採餌して帰巢したミツバチは、尻振りダンスと呼ばれる動きやその歩行軌跡の形状・大きさなどで蜜源の所在地を仲間に伝えていることが知られている<sup>[1]</sup>。しかし、このような尻振りダンスがミツバチの成長の過程でどのように形成されていくのかについては未だ明らかにされていない。そこで本研究では、羽化直後のミツバチに RFID タグを取り付け、その行動を追跡するシステムについて検討する。具体的には、巣の出入りに設置した RFID 読み取り装置によって RFID タグ付きミツバチの出巣・帰巣を記録すると同時に、我々がこれまで開発してきた複数軌跡同時追跡アルゴリズム<sup>[2]</sup>を用いて、巣箱内の行動を記録した動画中からタグ付き個体の歩行軌跡を検出する。これにより、羽化後のミツバチが採餌に出かける時期と、ダンス行動の発現時期との相関を調べることができる。RFID タグを用いたミツバチの行動追跡に関する研究は既にいくつか報告されている<sup>[3]</sup>が、巣内行動との関連を分析した例はまだない。本稿では、RFID タグ付きミツバチの行動追跡システムの概要を示し、タグ付き個体の軌跡検出手法とその検出結果について報告する。

## 2 RFID タグ付きミツバチの行動追跡システム

図 1 に、実験に使用した観察巣箱と RFID 読み取り装置を示す。読み取り装置及び読み取りアンテナには、ソーバル社製の UP4-1000-J2 及び AN-UDUL1-mmcx を使用し、外部へと通じる連絡通路の窓側と巣箱側の 2 か所に 2 枚のアンテナを設置した。図 2 左に今回使用した RFID タグ（日立化成製の UHF タグ IM5-PK2525、大きさ 2.5mm×2.5mm×0.4mm）を示す。図 2 右はタグ付き個体がアンテナの上を通過した際の画像である。今回の実験では、図に示すようにタグの上に番号を印字したシールを貼りつけて目視でも個体識別ができるようにした。

観察巣箱は 2 枚の巣板両面を透明なアクリル

板で覆い、両側から動画を撮影した。今回は図 1 に示す撮影範囲及び裏側のほぼ同じ範囲を 50cm 離れた地点から撮影した。動画の記録には 3 台のボード型小型 P C (RaspberryPi2) を用いている。撮影には CMOS カメラモジュールに f12mm の望遠ミニレンズを装着したものを使用し、サイズ 1296x730、フレームレート 49fps、ビットレート 15Mbps の h264 形式で記録した。

RFID 読み取り装置及び動画撮影装置で記録されたデータは、サーバ上に記録日時ごとに保管され、後日分析のためにダウンロードすることができるようになっている。

## 3 タグ付き個体の軌跡検出手法

RFID 読み取り装置で出巣・帰巣の時刻が記録されたタグ付き個体の巣内での行動を追跡することを考える。基本的なアイデアは、我々がこれまでに検討してきた複数個体同時追跡アルゴリズム<sup>[2]</sup>をタグ付きの個体のみ限定して適用しようというものである。具体的には、ミツバチの巣内の行動を撮影した動画像の各フレームからミツバチ個体領域を検出したのち、検出領域周辺でタグ領域を探索して、隣接するフレーム間において検出されたタグ領域の対応関係を求め、最終的にそれらを繋ぎ合わせて追跡する。

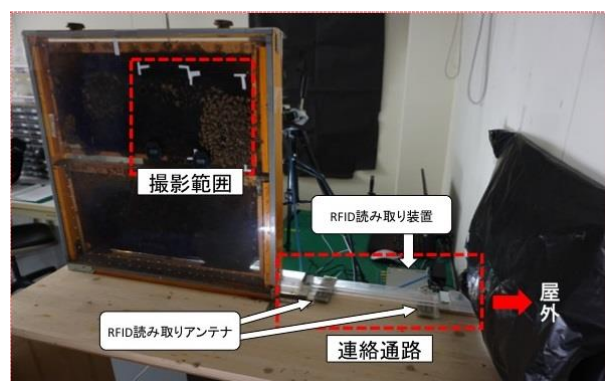


図 1 ミツバチの行動追跡システム

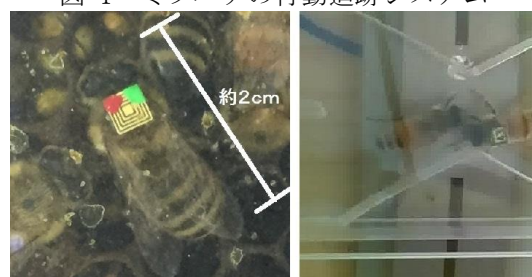


図 2 RFID タグをつけたミツバチ個体

Simultaneous Tracking of Walking Trajectories of RFID-tag-attached Honeybees

<sup>†</sup> Dept. Eng. Fukuoka Univ.

<sup>‡</sup> Dept. Sci. Fukuoka Univ.



図3 RFID タグの検出結果

このときタグ領域検出には、画像輪郭線のエッジに対して直線当てはめを行い、四角形の領域のみを選択するという処理を行っている。またタグ領域間の対応付けにおいては、四角形領域の重心を中心としたサイズ 40x40 画素の正方形領域で ORB 特徴量を算出し、特徴量間の距離を用いる。

#### 4 タグ付き個体の軌跡検出実験

RFID タグ付きミツバチの行動を 2015 年 9 月 12 日から 10 月 8 日までの約 4 週間記録した。追跡対象としたミツバチは羽化後 1 日目の個体 100 匹である。これらの個体に RFID タグを装着し、女王バチを含む数百匹規模の観察巣箱内コロニーに移入した。RFID の読み取りと動画の撮影はいずれも午前 6 時 30 分から午後 7 時 30 分まで行い、同時間帯はタイマーで照明を点けるようにした。撮影された動画は、計 468 時間×3 画面分である。これらの動画を対象として、まずはタグ付き個体の検出実験を行った。図 3 にタグ領域の検出結果の例を示す。動画の一部から抽出した 110 フレームを対象に目視で検出精度を検証したところ、タグ付き個体の総数 985 に対し、検出総数 847、うち正解数 658 となり、F 値 77.1%という結果が得られた。

次に、タグ領域検出結果を用いて、複数個体歩行軌跡の同時追跡を行い、追跡結果からタグ番号 93 番の個体の軌跡のみを抜き出した。その一部を拡大したものを図 4 に示す。この図では、羽化後数日の巣内を移動している様子（図上段）、他の採餌バチの尻振りダンスに追従するようになった様子（中段）、この個体自身が尻振りダンスをするようになった様子（下段）が示されている。これらの結果は、目視で確認した観察結果をもとに、対応する時間帯の軌跡の

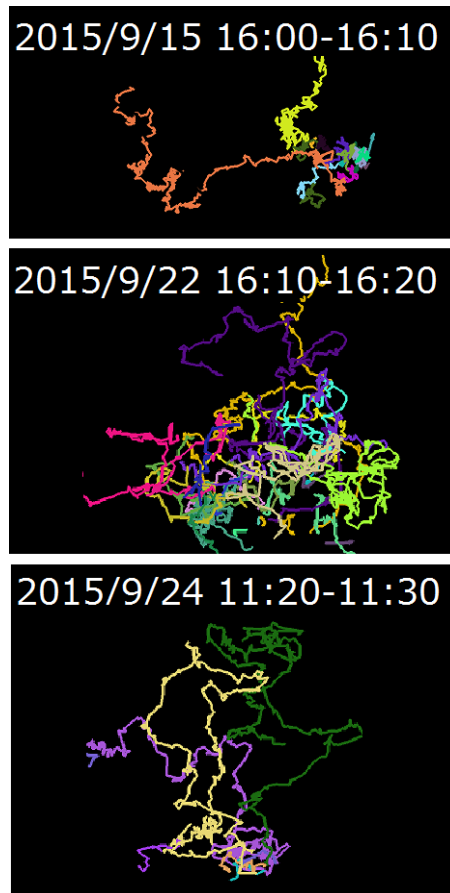


図4 RFID タグ付き個体の歩行軌跡追跡結果

みを示したものとなっている。同一タグ個体の軌跡を自動識別し、どのように軌跡が変化するかを分析することが今後の課題である。

#### 4 おわりに

本稿では、羽化後のミツバチがどのように行動を変化させ、尻振りダンスをするようになるかを観察・分析することを目的として、ミツバチに RFID タグを装着し、RFID 読み取り装置で出巢・帰巢時刻を記録すると同時に、巣内での行動を画像処理により追跡・記録するシステムについて検討した。今後は、同一タグの軌跡を自動識別する手法及び各個体での行動変化を自動的に分析する手法について検討する予定である。

#### 参考文献

- [1] K. von Frisch: The dance language and orientation of bees. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1967.
- [2] 高橋他, “ミツバチ歩行軌跡の複数個体同時追跡アルゴリズムを用いた尻振りダンス軌跡の抽出”, 人工知能学会全国大会論文集 29, 1-4, 2015.
- [3] C. W. Schneider et. al.: “RFID Tracking of Sublethal Effects of Two Neonicotinoid Insecticides on the Foraging Behavior of *Apis mellifera*,” PLoS ONE 7(1), 2012.