

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K06345

研究課題名(和文) ミツバチの尻振りダンスに符号化された蜜源方向の検出機構

研究課題名(英文) Mechanism for detecting the azimuth encoded in the honeybee waggle dance

研究代表者

藍 浩之 (AI, Hiroyuki)

福岡大学・理学部・准教授

研究者番号：20330897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：ミツバチの尻振りダンスの追従蜂は、視覚ではなく触角によりダンサーに定位することにより蜜源の方位角を検出する。本研究では羽化後のミツバチの片側触角を局所被覆することにより、両側の触角入力がダンサーへの定位に不可欠か、触角のどの部位からの入力がダンサーへの定位に不可欠かを調べた。その結果、片側触角の鞭節先端、鞭節中央、梗節のいずれの被覆でも追従バチのダンサーへの定位が阻害されること、さらに、上記いずれかの部位の片側触角被覆でダンサーの両側からの定位が阻害されることがわかった。これらの結果から、追従蜂は両側触角からの何らかの入力の差を脳内で読み取ることによって定位が行われていることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、社会性動物の高度なコミュニケーション様式の解明の一環として、尻振りダンスの受信者が情報を受け取る上でどのような感覚情報を利用しているかを明らかにする学術的意義がある。今後この仕組みを利用した人工通信デバイスの研究開発が期待できる。また人間の言語も記号コミュニケーションの一種である。ミツバチと人間という全く進化の系統の異なる動物どうしが同様に記号コミュニケーションをすることで社会を高度化していることから、記号コミュニケーションは高度な社会を発展させる上で必要不可欠な行動であると考えられる。人間を含む動物の社会における言語の役割を再認識する上での社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：The honeybee waggle dance followers orientate to the dancer not by vision but the antenna, for detecting the azimuth encoded in the dance. On this study we investigated whether both antennae are necessary for the orientation, and what region on the antenna is critical for the orientation by analyzing the waggle dance follower of which local regions of either antenna was covered by a resin on newly emerged adults. As the results we found local coverings of either tip of flagella, middle of flagella or pedicel of one antennae completely defect the orientation to both sides of waggle dancer. These results suggest that the followers orientate the dancer by detecting the difference between somewhat bilateral antennal inputs for deciphering the azimuth.

研究分野：神経行動学

キーワード：尻振りダンス 追従蜂 定位 方位角 触角 脳 尻振り相

## 1. 研究開始当初の背景

ミツバチが尻振りダンスにより巣仲間に蜜源の場所を種特有の記号で伝えることをカール・フォン・フリッシュが発見して以来(1973年にノーベル生理学・医学賞受賞)その高度なコミュニケーション能力に加え、学習記憶能力に関する研究が世界中で行われてきた。ミツバチのダンスコミュニケーションは暗い巣の中で行われるため、視覚を使ってダンスを読み取ることにはできない。これまでの研究で、追従バチは、触角の接触、嗅覚、空気振動感覚がダンサーの位置の知覚に役立っている可能性が提案されている<sup>1,2,3,4,5</sup>)。しかし、これらの研究はダンスコミュニケーションを観察するか、又はダンサーの周囲の物理的環境を計測した結果から導き出された仮説であり、その証明はない。

## 2. 研究の目的

羽化後のミツバチの片側触角を局所被覆することにより、両側の触角入力にダンサーへの定位に不可欠な、触角のどの部位からの入力にダンサーへの定位に不可欠かを明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 実験個体とその片側触角局所被覆

羽化直後の個体は冷却麻酔後、紫外線硬化樹脂を用いて片側触角の一部を被覆した。実験に用いた個体群は、片側鞭節第9、10節を被覆した群(鞭節先端被覆群、図1A)、片側鞭節第6、7節を被覆した群(鞭節中央被覆群、図1B)、片側梗節を被覆した群(梗節被覆群、図1C)、および触角を局所被覆しない個体群(無処理群)である。個体識別のため、胸部背板に背番号シール付きRFIDタグを装着し、麻酔から醒めた後、下記の観察巣箱に移入した。

### (2) 観察巣箱

福岡大学の実験室に設置した観察巣箱に、一匹の女王バチを含むコロニーを移入した。観察巣箱の左右に巣板を撮影できる5台のRaspberry Piカメラを設置し、毎日6:30~19:30の間、巣内のミツバチの行動を自動撮影した。観察巣箱と巣外連絡通路にはRFIDアンテナ2台を設置し、各実験個体の出巣・帰巣時刻を記録した。

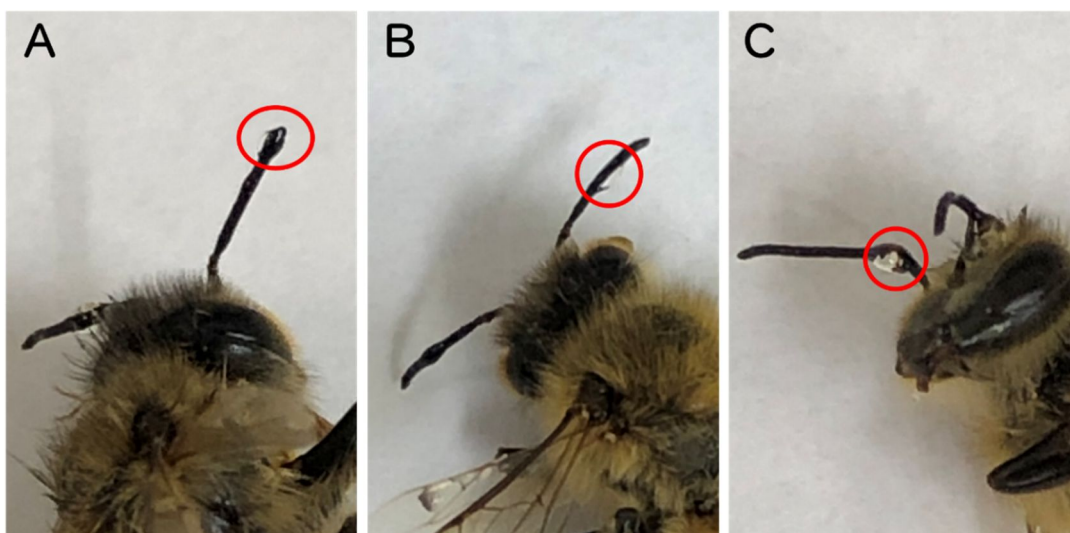


図1 片側触角局所被覆 A~C: 片側触角の一部を紫外線硬化樹脂で被覆した個体。Aは鞭節先端被覆群、Bは鞭節中央被覆群、Cは梗節被覆群の各個体を示す。

### (3) 尻振りダンスへの追従個体の識別

撮影した動画の中から、実験個体が尻振りダンスに追従している動画を全て選び、尻振りダンサーへの定位の解析を行った。尻振りダンスに実験個体が追従していると判定した基準は、尻振り開始時点で、巣房1個分の距離(5mm)以内に実験個体の頭部があること、尻振り開始時点で実験個体の頭部がダンサーに向いていることである。

### (4) 追従角度の測定

尻振りダンスは腹部を激しく左右に振動させる尻振り相と、ターンして最初の位置に戻るリターン相から成る(図2A)。ダンサーが知らせる蜜源の方向は、この尻振り相における「尻振り方向」である。本研究では、尻振り相中のダンサーの尻振り方向と追従バチの体軸の角度差を「追従角度(図2Bの $\theta$ )」と定義した。独自に開発した座標化プログラムを用い、撮影動画から以下の手順で「ダンサーの尻振り方向ベクトル」と「追従バチの体軸ベクトル」を座標化した。まず、尻振り相開始時の胸部の位置(図2B、白四角)と尻振り相終了時の胸部の位置(図2B、黒四角)を座標化して「ダンサーの尻振り方向ベクトル(図2Bの黒矢印)」を座標化した。次に、追従バチの頭部(黒丸)と尾端(白丸)を、尻振り走行開始時から0.2秒ごとに座標化し、「追従バチ体軸ベクトル(図2Bの点線)」を座標化した。最後に「ダンサーの尻振り方向ベクトル」と「追従バチ体軸ベクトル」のなす「追従角度( $\theta$ )」を、内積と外積によって0.2秒ごとに三角関数により算出した。

通常、尻振りダンサーは、尻振り相中に、前方に移動する(図2B)。追従バチがダンサーに定位を続けた場合、追従角度が時間経過に伴い、徐々に減少する。そこで本研究では、時間経過に伴う追従角度の減少が起こるか否かを指標にし、追従バチがダンサーに定位したか否かを判定した。また、追従角度はダンサー体軸後方を $0^\circ$ とし、時計回りに $180^\circ$ 、反時計回りに $-180^\circ$ の $\pm 180^\circ$ で評価した(図2C)。

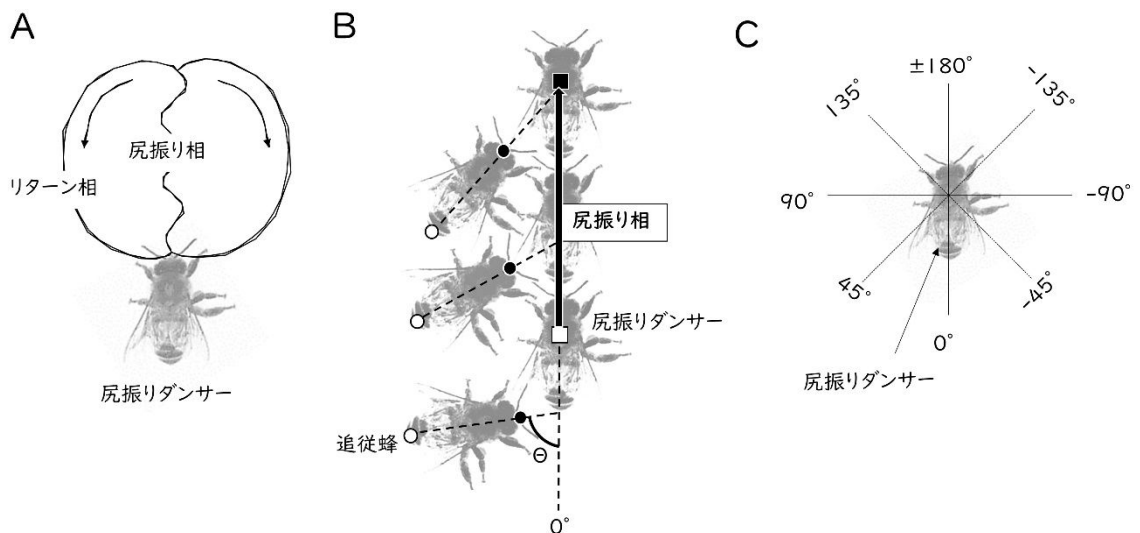


図2 追従角度の測定 A: 尻振りダンスの軌跡。B: 追従角度  $\theta$  の算出。C: 追従角度の基準。

#### 4. 研究成果

片側触角局所被覆がダンサーへの定位にどのような影響を与えるかを調べた。さらに、被覆した触角と同側の追従と反対側の追従中の定位は影響の差があるのかを調べた。

##### (1) 尻振り走行中の追従角度変化への影響(図3)

無処理群では尻振り走行中の時間経過に伴い、追従角度の減少が生じた (Dunnet's test)。これに対して、いずれの片側触角被覆群でも追従角度の減少が見られなかった(Dunnet's test)。

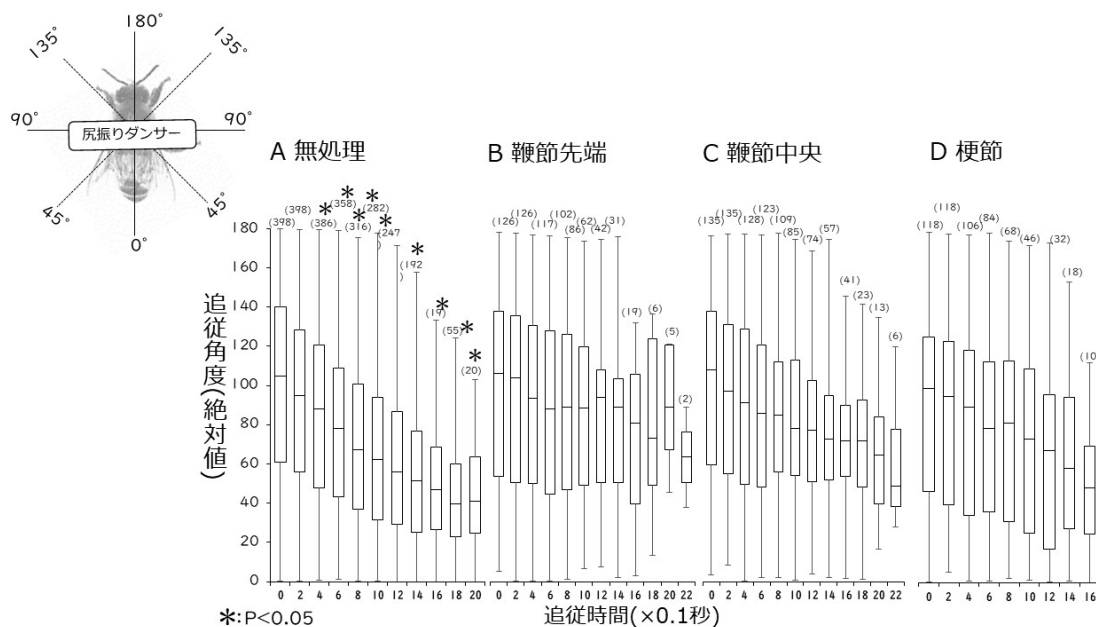


図3 1サイクル内の追従角度の変化

##### (2) 無処理群における追従開始領域ごとの追従角度変化の比較

追従開始位置を前方 (図2Cの135度と-135度の間)、側方 (図2Cの45度と135度および-45度と-135度の間)、後方 (図2Cの45度と-45度の間)の3つに分類し、無処理群において、追従開始位置ごとに尻振り走行中の追従角度の変化を比較した。ダンサー後方から追従を開始した場合はその追従角度に変化はなかった (Dunnet's test)。一方、ダンサーの前方と側方から追従を開始した場合、尻振り走行中の時間経過に伴う追従角度の減少が見られた。

##### (3) 片側触角局所被覆による追従角度変化への影響

片側触角局所被覆による尻振り走行中の追従角度の時間経過に伴う影響を調べるために、開始時と追従開始後0.8秒時の追従角度の差を調べた。その結果、前方から追従開始した場合、無処理群で追従角度差の平均値が約39.4度であったが、鞭節先端被覆群で約23.1度、鞭節中央被覆群で約21.6度、梗節被覆群で約15.6度であった (P < 0.05, Dunnet's test)。また、側方から追従開始した場合、無処理群で追従角度差の平均値が約30.9度であったが、鞭節先端被覆群で約17度、鞭節中央被覆群で約17.8度、梗節被覆群で約21.8度であった (P < 0.05, Dunnet's test)。

(4) 被覆した触角と同側、または反対側の追従中の定位の比較 (図4)

無処理群の場合、左側からの追従と右側からの追従で、追従開始時と0.8秒後の追従角度の差は無かった(Wilcoxon rank sum test)。一方、被覆した触角と同側の追従の場合、追従開始時と0.8秒後の追従角度の差の平均値が無処理群では約31.9度だったが、鞭節先端被覆群では約22.8度、鞭節中央被覆群では約15.3度、梗節被覆群では約9.9度であり、統計的に有意差があった(Dunnett's test)。又、被覆した触角と反対側からの追従の場合も追従角度差の平均値が無処理群で約39.4度だったが、鞭節先端被覆群で約16.3度、鞭節中央被覆群で約15度、梗節被覆群では約22.3度であり、統計的に有意差があった(Dunnett's test)。

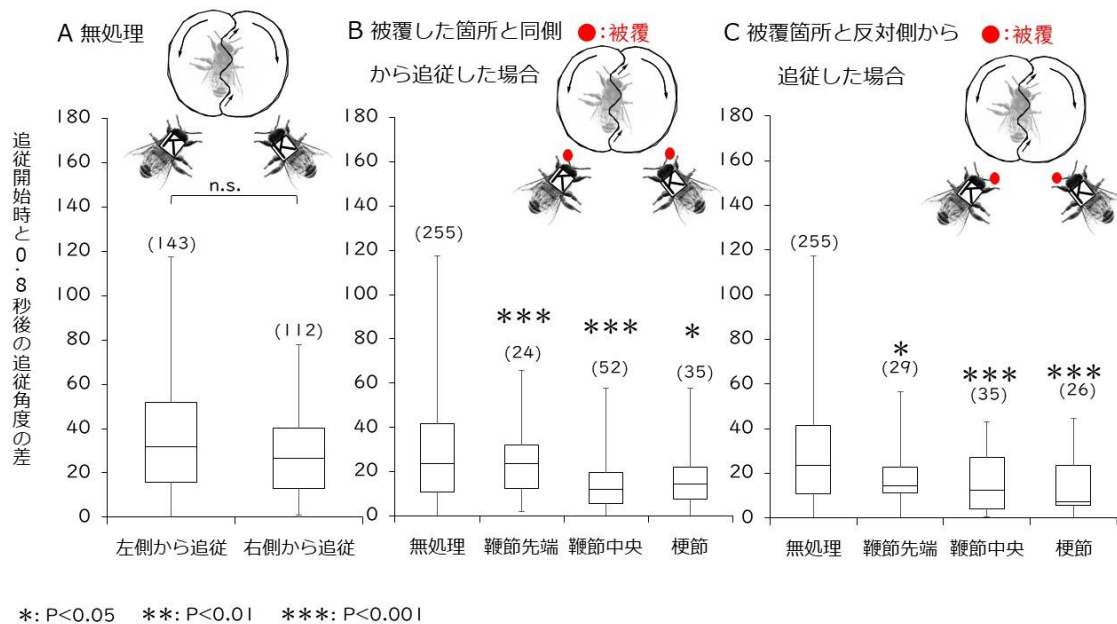


図4 片側触角局所被覆による、左右別の追従角度変化への影響

<引用文献>

- 1) Diaz PC, Grueter C, Farina WM (2007): Floral scents affect the distribution of hive bees around dancers. *Behav Ecol Sociobiol* 61, 1589-1597.
- 2) Farina WM (2000): The interplay between dancing and trophallactic behavior in the honey bee *Apis mellifera*. *J Comp Physiol A* (2000) 186: 239-245
- 3) Gil M., De Marco RJ (2005): Olfactory learning by means of trophallaxis in *Apis mellifera*. *The Journal of Experimental Biology* 208, 671-680
- 4) Michelsen A. (2003). Signals and flexibility in the dance communication of honeybees. *J. Comp. Physiol. A* 189, 165-174
- 5) Rohrseitz K and Tautz J (1999): Honey bee dance communication: waggle run direction coded in antennal contacts? *Journal of Comparative Physiology A*. 4: 463-470

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ai Hiroyuki, Takahashi Shinya	4. 巻 30, No.3
2. 論文標題 The Lifelog Monitoring System for Honeybees: RFID and Camera Recordings in an Observation Hive	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kobayashi Norihiro, Okada Ryuichi, Sakura Midori	4. 巻 223
2. 論文標題 Orientation to polarized light in tethered flying honeybees	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.228254	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yamamoto Tetsu, Sugahara Michio, Okada Ryuichi, Ikeno Hidetoshi	4. 巻 52
2. 論文標題 Differences between queen piping temporal structures of two honeybee species, <i>Apis cerana</i> and <i>Apis mellifera</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Apidologie	6. 最初と最後の頁 524 ~ 534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13592-021-00840-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kumaraswamy Ajayrama, Ai Hiroyuki, Kai Kazuki, Ikeno Hidetoshi, Wachtler Thomas	4. 巻 6
2. 論文標題 Adaptations during Maturation in an Identified Honeybee Interneuron Responsive to Waggle Dance Vibration Signals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 eneuro	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/ENEURO.0454-18.2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ai Hiroyuki, Okada Ryuichi, Sakura Midori, Wachtler Thomas, Ikeno Hidetoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Neuroethology of the Waggle Dance: How Followers Interact with the Waggle Dancer and Detect Spatial Information	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Insects	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/insects10100336	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kimura Toshifumi, Ohashi Mizue, Crailsheim Karl, Schmickl Thomas, Okada Ryuichi, Radspieler Gerald, Isokawa Tejiro, Ikeno Hidetoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 A Heuristic Trajectory Decision Method to Enhance the Tracking Performance of Multiple Honeybees on a Flat Laboratory Arena	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers	6. 最初と最後の頁 113 ~ 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5687/iscie.32.113	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Noguchi Ryo, Isokawa Tejiro, Ikeno Hidetoshi, Minemoto Toshifumi, Matsui Nobuyuki, Yumoto Takayuki, Kamiura Naotake	4. 巻 32
2. 論文標題 An Automatic Counting Scheme for Honeybee Workers and Its Performance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers	6. 最初と最後の頁 265 ~ 274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5687/iscie.32.265	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ai Hiroyuki, Kumaraswamy Ajayrama, Kohashi Tsunehiko, Ikeno Hidetoshi, Wachtler Thomas	4. 巻 9
2. 論文標題 Inhibitory Pathways for Processing the Temporal Structure of Sensory Signals in the Insect Brain	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2018.01517	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kumaraswamy Ajayrama, Kai Kazuki, Ai Hiroyuki, Ikeno Hidetoshi, Wachtler Thomas	4. 巻 19
2. 論文標題 Spatial registration of neuron morphologies based on maximization of volume overlap	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BMC Bioinformatics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12859-018-2136-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ikeno Hidetoshi, Kumaraswamy Ajayrama, Kai Kazuki, Wachtler Thomas, Ai Hiroyuki	4. 巻 12
2. 論文標題 A Segmentation Scheme for Complex Neuronal Arbors and Application to Vibration Sensitive Neurons in the Honeybee Brain	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroinformatics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fninf.2018.00061	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 池野 英利、藍 浩之	4. 巻 53
2. 論文標題 ミツバチ脳のリパースエンジニアリング - ダンスコミュニケーションに関わる神経機構 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 昆虫と自然	6. 最初と最後の頁 35-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okada Ryuichi, Pham Duy Long, Ito Yasuto, Yamasaki Michimasa, Ikeno Hidetoshi	4. 巻 138
2. 論文標題 Measuring the Flight Ability of the Ambrosia Beetle, Platypus Quercivorus (Murayama), Using a Low-Cost, Small, and Easily Constructed Flight Mill	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/57468	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する



1. 著者名 Morita Masahiko, Shimokawa Kazuro, Nishimura Masaomi, Nakamura Sakiko, Tsujimura Yuki, Takemoto Satoko, Tawara Takehiro, Yokota Hideo, Wemler Shuhei, Miyamoto Daisuke, Ikeno Hidetoshi, Sato Akira, Furuichi Teiichi, Kobayashi Norio, Okumura Yoshihiro, Yamaguchi Yoko, Okamura-Oho Yuko	4. 巻 47
2. 論文標題 ViBriSM DB: an interactive search and viewer platform for 2D/3D anatomical images of gene expression and co-expression networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nucleic Acids Research	6. 最初と最後の頁 D859 ~ D866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/nar/gky951	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 高橋伸弥、藍 浩之	4. 巻 62
2. 論文標題 ミツバチコロニーにおける巣内行動観察システムとコミュニケーション行動の検出	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 システム制御情報学会誌	6. 最初と最後の頁 490-495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Koutarou D., Sato Masaaki, Sakura Midori	4. 巻 10922
2. 論文標題 Neural Mechanisms of Animal Navigation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 65 ~ 81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-91131-1_5	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato Takuya, Iritani Ryosuke, Sakura Midori	4. 巻 33
2. 論文標題 Host manipulation by parasites as a cryptic driver of energy flow through food webs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Opinion in Insect Science	6. 最初と最後の頁 69-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cois.2019.02.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 木村 幸太郎, 佐藤 正晃, 佐倉 緑	4. 巻 72
2. 論文標題 動物ナビゲーションの神経基盤.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 生物の科学 遺伝	6. 最初と最後の頁 512-518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura T, Ohashi M, Crailsheim K, Schmickl T, Okada R, Radspieler G, Isokawa T, Ikeno H.	4. 巻 32
2. 論文標題 A heuristic trajectory decision method to enhance the tracking performance of multiple honeybees on a flat laboratory arene.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Trans ISCI E	6. 最初と最後の頁 113-122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計34件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 楠目晃大、吉田伊津美、中須大空、高橋伸弥、藍浩之
2. 発表標題 ミツバチの尻振りダンスへの追従開始と持続における両側触角入力役割
3. 学会等名 日本動物学会 第91回大会 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野由雅、岡田龍一、佐倉緑
2. 発表標題 セイヨウミツバチにおける採餌経験に基づく偏光定位行動の解析
3. 学会等名 第10回ミツバチシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池野英利、甲斐加樹来、藍浩之
2. 発表標題 ミツバチ触角における振動感覚神経応答の数理モデル
3. 学会等名 第10回ミツバチシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿辺真純、藍浩之
2. 発表標題 蜂蜜DNAメタバーコーディングを用いた福岡都市圏のミツバチ採餌植物の調査
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takahashi Shinya, Hashimoto Koji, Maeda Sakashi, Li Yujie, Tsuruta Naoyuki, Ai Hiroyuki
2. 発表標題 Development of behavior monitoring system for honeybees in hive using RFID sensors and image processing.
3. 学会等名 The 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hidetoshi Ikeno, Ajayrama Kumaraswamy, Thomas Wachtler, Kazuki Kai, Hiroyuki Ai
2. 発表標題 Estimation of possible synaptic connections between neurons responsive to waggle dance vibration signals in the primary mechanosensory center of the honeybee brain
3. 学会等名 Neuroinformatics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kumaraswamy Ajayrama、Ai Hiroyuki、Kai Kazuki、Ikeno Hidetoshi、Wachtler Thomas
2. 発表標題 Honeybee neuron refines processing of waggle dance signals during their maturation
3. 学会等名 The 41st Annual Meeting of the Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中聡至、押川梨沙、藍浩之
2. 発表標題 地理情報を利用した福岡大学周辺のミツバチの採餌分布の多角的解析
3. 学会等名 日本動物学会九州支部大会（第72回）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楠目晃大、大塚彩世、藍浩之
2. 発表標題 ミツバチの尻振りダンスに対する追従様式の解析
3. 学会等名 日本動物学会九州支部大会（第72回）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中聡至、藍浩之
2. 発表標題 セイヨウミツバチの尻振りダンスを用いた推定蜜源の可視化と多角的比較
3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 楠目晃大、藍浩之
2. 発表標題 セイヨウミツバチの尻振りダンスに対する追従様式の解析
3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藍浩之
2. 発表標題 ミツバチはキスとダンスで絆を深める
3. 学会等名 ミツバチサミット2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Tateishi, Megumi Yashiro, Hiroyuki Ai, and Hidehiro Watanabe
2. 発表標題 Postembryonic development of sex pheromone-responsive sensilla in the cockroach
3. 学会等名 The 41st Annual Meeting of the Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田龍一
2. 発表標題 振動で符号化される尻振りダンスからひも解くミツバチの採餌戦略
3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田龍一
2. 発表標題 ミツバチのにおい学習の神経基盤
3. 学会等名 ミツバチサミット2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuga Ueno, Haruka Onishi, Ryuichi Okada, Midori Sakura
2. 発表標題 Bees decide their flight direction based on the polarized-light pattern in the sky.
3. 学会等名 The 41st Annual Meeting of the Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mai Otani, Ryuichi Okada, Midori Sakura
2. 発表標題 Comparative study of olfactory responses to odor components of the oriental orchid flower in Japanese and European honeybees.
3. 学会等名 The 41st Annual Meeting of the Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野由雅、岡田龍一、佐倉緑
2. 発表標題 セイヨウミツバチの採餌経験に基づく偏光定位行動の解析
3. 学会等名 日本動物学会近畿支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hidetoshi Ikeno, Ajayrama Kumaraswamy, Thomas Wachtler, Kazuki Kai, Hiroyuki Ai
2. 発表標題 Presumable synaptic connections and neural modeling of the antennal mechanosensory center of the honeybee brain
3. 学会等名 The 41st Annual Meeting of the Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藍 浩之
2. 発表標題 ミツバチのダンス言語の発達の過程 RFIDを用いた羽化後20日間の行動観察
3. 学会等名 第40回ミツバチ科学研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ai H, Takahashi S, Otsuka A, Kobayashi K, Matake T, Hashimoto K, Maeda S, Tsuruta N
2. 発表標題 How do the honeybees learn waggle dance?
3. 学会等名 International Union for the study of social insects 2018, Guarujá, Brazil (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ai H, Kai K, Kumaraswamy A, Ikeno H, Wachtler T
2. 発表標題 Stopwatch for measuring the wagging duration: putative encoding mechanism of distance information in the honeybee.
3. 学会等名 International Union for the study of social insects 2018, Guarujá, Brazil (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuka UENOHARA, Kazuaki GOTO, Satoshi TANAKA, Ajayrama KUMARASWAMY, Thomas WACHTLER, Kazuki Kai, Hiroyuki AI, Hidetoshi, IKENO
2. 発表標題 pacHSB: a standard brain for the honeybee primary auditory center
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第40回神戸大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hidetoshi Ikeno, Yuka Uenohara, Kazuaki Goto, Satoshi Tanaka, Ajayrama Kumaraswamy, Thomas Wachtler, Hiroyuki Ai
2. 発表標題 Construction of standard brain map of honeybee brain region related to vibration stimulus processing
3. 学会等名 INCF Congress Neuroinformatics 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuka UENOHARA, Kazuki KAI, Satoshi TANAKA, Ajayrama KUMARASWAMY, Thomas WACHTLER, Kazuki KAI, Hiroyuki AI, Hidetoshi IKENO
2. 発表標題 Construction of the honeybee standard brain for primary auditory center
3. 学会等名 AINI 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakura M, Onishi H, Okuyama A, Matoba N, Kobayashi N, Okada R
2. 発表標題 Honeybees choose their way to home using e-vector information from the sky.
3. 学会等名 International Congress for Neuroethology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 松原 伸明, 岡田 龍一, 佐倉 緑
2. 発表標題 フタホシコオロギの視覚情報に基づく場所記憶形成.
3. 学会等名 日本動物学会第89回札幌大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林 樹里, 岡田 龍一, 佐倉 緑
2. 発表標題 ミツバチの嗅覚 - 味覚連合学習におけるオクトパミンの役割
3. 学会等名 日本動物学会第89回札幌大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsubara N, Okada R, Sakura M
2. 発表標題 Place memory based on visual information in the cricket <i>Gryllus bimaculatus</i> .
3. 学会等名 日本比較生理学会第40回神戸大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chiu M-C, Oishi S, Sakura M, Tanabe A, Hashiguchi Y, Mishina T, Takeshima H, Matsuzaki S, Nakajima N, Sato T
2. 発表標題 A test of the extended phenotype in a host-parasite system: the gene expressions in the horsehair worm and its host.
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen X, Okada R, Walter S, Sakura M, Xing Y, Menzel R
2. 発表標題 Life history of navigational exploration and social communication in honeybees.
3. 学会等名 13th Goettingen Meeting of the German Neuroscience Society, March 20-23, Goettingen, Germany (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Pham DL, Ito Y, Okada R, Ikeno H, Yamasaki M
2. 発表標題 Flight behaviors of the ambrosia beetle <i>Platypus quercivorus</i> revealed by a flight mill.
3. 学会等名 第130回日本森林学会新潟
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Okada R, Pham DL, Ito Y, Yamasaki M, Ikeno H
2. 発表標題 The flight mill for measuring flight properties of a small insect.
3. 学会等名 日本比較生理学会第40回神戸大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本哲、菅原道夫、池野英利、岡田龍一
2. 発表標題 ニホンミツバチにおける女王パイピング(トゥーティング、クワッキング)と分蜂の関係
3. 学会等名 日本動物学会第89回札幌大会
4. 発表年 2018年

## 〔図書〕 計4件

1. 著者名 生物音響学会、藍浩之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 464
3. 書名 生き物と音の事典、ミツバチの音コミュニケーション	

1. 著者名 生物音響学会、岡田龍一	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 464
3. 書名 生き物と音の事典、中枢による発音の制御	

1. 著者名 公益社団法人日本動物学会、藍浩之	4. 発行年 2018年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 800
3. 書名 動物学の百科事典、10章 動物の行動、定位～動物の“右向け右”には訳がある～。	

1. 著者名 池野英利、岩月知香、後藤昂彦、宮本大輔、神崎亮平	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 224
3. 書名 昆虫の脳をつくる 第9章 標準脳の作成の実際	

## 〔産業財産権〕

〔その他〕

Ginjang: Neural basis of auditory processing.  
<https://projects.g-node.org/ginjang/index.html>  
 Ginjang: Neural basis of auditory processing.  
<https://projects.g-node.org/ginjang/index.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岡田 龍一  (Okada Ryuichi)  (20423006)	神戸大学・理学研究科・学術研究員    (14501)	
研究分担者	佐倉 緑  (Sakura Midori)  (60421989)	神戸大学・理学研究科・准教授    (14501)	
研究分担者	池野 英利  (Ikeno Hidetoshi)  (80176114)	兵庫県立大学・環境人間学部・教授    (24506)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関