

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03786

研究課題名（和文）コウモリの集団飛行に学ぶ，3次元群知能センシングの解明とその工学的応用

研究課題名（英文）Study on 3-D swarm intelligence sensing and its engineering application learned from collective flight of bats

研究代表者

飛龍 志津子（Hiryu, Shizuko）

同志社大学・生命医科学部・教授

研究者番号：70449510

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、超音波センシングを行うコウモリの集団飛行中の混信回避メカニズムに着目し、その仕組みの解明及び工学的応用に向けた展開の指向を目的としている。コウモリは発する超音波の違いからFM型とCF-FM型に大別され、それぞれの種に対して混信回避行動を計測した。その結果、FMコウモリでは周波数を互いに変えて超音波の混信を回避していることを発見した。さらにその行動機序を自律走行車に実装し、混信下での障害物回避走行により評価したところ、工学的にもコウモリの戦術が有用であることを確認した。一方、CF-FMコウモリではドップラーシフト補償行動によって、他個体からの信号の混信が低減されていることもわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コウモリは超音波を用いた高度なソナー能力を持つ。本研究はコウモリが周囲の仲間との混信を回避するために工夫を明らかにするため、実験室や野生下での集団行動の様子を観察し、種独自に行う混信回避行動を音響的側面から明らかにした。またコウモリに学んだセンシングの知見を基に混信回避アルゴリズムを簡易の自律走行車に実装したところ、その有用性を実証することができ、生物システムの工学的価値の一端を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：This study aims to elucidate the mechanism of jamming avoidance behavior in acoustic sensing by bats during group flight, and to direct toward knowlegds for engineering applications. Echolocating bats are classified into two types, FM bats and CF-FM bats, based on the difference of ultrasounds. We found that FM bats avoid acoustic interference by changing frequencies, and then also implemented this behavior mechanism in autonomous vehicles and evaluated it through obstacle avoidance driving under interference. As a result, we could confirm that the bat tactic is useful from an engineering standpoint. On the other hand, we also found that the Doppler shift compensation behavior of CF-FM bats reduces the interference of signals from other individuals.

研究分野：生物音響工学

キーワード：生物ソナー 超音波センシング 混信回避

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

コウモリはイルカと同様に「生物ソナー」と呼ばれ、暗闇の中、周囲に同種他個体が複数高速で飛び交う極めて複雑な混信状況の中でも、障害物や仲間との衝突を回避し、さらには数ミリ程度の飛翔昆虫も捉えることができる。センシングに関わるどのような制御や機構が、これほどの高度な集団飛行を可能にしているのか、という学術的な「問い」の解明は、モノやヒトの移動、さらには情報ネットワーク基盤に関する新たな知見を与えることが強く期待される。例えば近年の ICT 利活用に伴い、センシングやデータ分析の応用分野や重要性が急速に増している。しかしながら、自動運転技術に代表される現在のセンシング技術の多くは高速・効率化が叫ばれつつも、現場ではある面「力づく」とも言えるビッグデータの処理が進み、センサ数の増加や計算負荷の増加が許容され続けている。特に従来からの視覚優先のセンシング設計の思想は、コウモリが行う音を利用したシンプルなセンシングに比べ、膨大なデータ処理を必要とする。そこで本研究は、必要な情報を効率よく抽出するセンシングの工夫を、聴覚で視覚を代用するコウモリの集団行動中の行動機序に学ぶことで、加速するビッグデータ社会に逆行する新しい情報センシング技術の提案ができると考え、本研究を着想した。センシングと飛行の高度な協調を実践するコウモリをモデル動物とし、群知能アルゴリズムや次世代のセンサ技術、またナビゲーションシステムなど、動物の思考に学ぶ新しいバイオメティクス研究の学問基盤を確立したい。

2. 研究の目的

本研究では、コウモリが行う混信回避メカニズムを解明し、その成果を次世代のセンサ技術やナビゲーションシステムなどへ実装することで、生物によるセンシングを模範とする新たなバイオメティクス研究の基盤を確立することを最終的な目的としている。具体的には行動データ(3D 飛行経路等)や音響情報(超音波の信号特性)の計測、およびセンシングと飛行経路の両者に対する分析等から、混信状況下で必要な情報を抽出するコウモリの戦術の解明を目指す。さらに抽出したコウモリの行動機序や超音波の運用を自走ロボットにアルゴリズムとして搭載し、生物が獲得したセンシング設計の真意を工学面から理解を図る。

3. 研究の方法

研究の方法としては、飼育下のコウモリを対象とした実験室での行動計測、また野生コウモリの行動を屋外で計測する実験を実施した。室内では単独飛行中のユビナガコウモリ(*Miniopterus fuliginosus*)に対し、ラウドスピーカによる刺激音を呈示することで人工的に混信環境をコウモリに与え、その際の飛行やエコーロケーション音声の変化を調べた。また2個体、3個体のグループでのエコーロケーションも計測し、高速度ビデオカメラを用いた飛行軌跡の計測と合わせて、背部に搭載した小型ワイヤレスマイクロホンを用いて飛行中に発するコウモリの超音波を個体毎に計測した。

またコウモリの行動実験によって得られた知見を工学的に検証するため、簡易のセンシング機能を搭載した自走ロボットを用いた実機検証も行った。自走ロボットには広帯域の超音波が発生可能な熱音響変換素子(サーモホン)を実装し、FM型コウモリのエコーロケーション信号を模倣し、1送信2受信機で動作する。障害物環境下での走行実験を実施し、周囲のロボットからのセンシング信号が妨害音として受信される場合の完走率を計測し、コウモリの周波数調整行動を実装することの有用性を評価した。

野外での集団飛行をステレオカメラを用いて計測した。洞窟の外から出巢の様子を、また洞窟の中において閉空間内での飛行の様子をそれぞれ計測した。映像より3次元飛行軌跡を算出し、出巢の際の行動分類や個体間相互作用について分析した。

4. 研究成果

ユビナガコウモリを同種他個体と実験室内で飛行させると、エコーロケーションに用いる降下FMパルスの終端周波数(terminal frequency: TF)の個体間差を増加することが実験的に明らかとなった(Hase, Hiryu, et al., Communications Biology, 2018)。TFのわずかな差によって音声間の類似度が低下することから、ユビナガコウモリが他個体由来の超音波による混信を回避するための行動と考えられる。そこでさらに周波数調整行動をより定量的に評価するために、単独で飛行するユビナガコウモリに対して飛行室の4隅に設置した4台のラウドスピーカーからコウモリのFMパルスに類似させた妨害音を呈示し、その際のコウモリの反応を調べた。妨害音の呈示間隔や音圧によってコウモリがTFをどのように変化させるか計測した結果、呈示間隔が最も小さい場合(50ms)では、妨害音呈示と同時にTFが約1.5kHz上昇することを確認した。さらに呈示間隔が長くなるに従い、TFの変化量は小さくなった。さらに妨害音の音圧が大きいほど、TFの変化量も大きくなったことから、ユビナガコウモリの混信回避時のTFの変化量は、妨害音の頻度や音圧に応じて決定されていることが推察された。これらの行動実験での結果を基に数理モデルを提案し、コウモリの周波数調整行動のモデル化を行った。シミュレーションによる動作の検証を行い、4個体で同時に飛行する際のコウモリの行動機序を提案のモデルで表現できることを確認した(投稿準備中)。

上述のグループ飛行や単独飛行で確認した周波数調整行動に関する数理モデルを、広帯域超音波発生素子（サーモホン）を搭載した1送信2受信の自律走行ロボットに搭載した。さらに妨害音が呈示された環境下での走行に対して、コウモリで観察された周波数調整行動が有用であるかどうかを実機を用いて調査するため、実験室内に障害物を設置し、その際の走行実験の完走率によって評価した。その結果、センシングのために発する広帯域超音波と同様の時間周波数構造を持つ妨害音を頻度高く呈示しても、TFのわずかなシフトにより妨害音との類似度が著しく低下することを確認し、その結果、妨害音による混信が回避できることが工学的に検証することができた（図1、投稿準備中）。これにより複数台での同時走行中に、周囲の走行車からのセンシング信号やそのエコーによる混信を回避できると考えている。

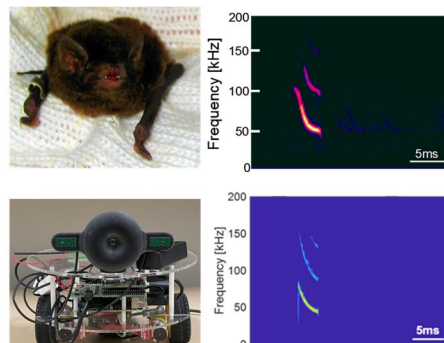


図1 コウモリのFM型エコーロケーション音声（上）と、自律走行車より発したコウモリ模倣型広帯域超音波の例（下）

また野性下での集団での出巢行動をステレオによる高速度ビデオカメラを用いた計測により、野外において暗闇での各コウモリの3次元飛行軌跡の抽出が可能となった。さらに、個体間の相互作用の検討を行い分析した結果、出巢時のコウモリが前方個体のみならず、後方個体からも相互作用を受けている可能性が示唆された。

次に実験室内でCF-FM型のエコーロケーション信号を発するキクガシラコウモリ（*Rhinolophu ferrumequinum nippon*）を対象に2個体、さらには3個体のグループ飛行における超音波を計測した。キクガシラコウモリ2個体同時飛行における飛行軌跡を計測したところ、両者が類似する同調現象が確認された（図2）。特に音響的な混信の程度が低い場合は、顕著な周波数調整行動は見られないものの、閉空間を飛行するコウモリ同士の飛行経路が類似する傾向があることが実験より示すことができた（Hase, et al., Journal of Robotics and Mechatronics, 2021）。これより音響的な混信を回避するために、飛行経路にも適応的な調整が行われている可能性が考えられる。

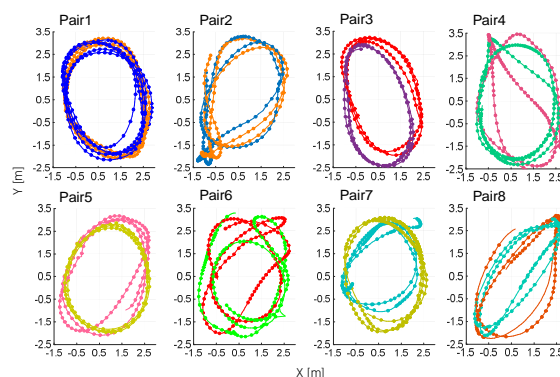


図2 CF-FM型コウモリのパイア飛行の軌跡。両者が類似するパターンが見られる。

またキクガシラコウモリ3個体同時飛行を行い、それぞれの個体からエコーロケーション音声を計測することに成功した（図3）。音声の分析から、飛行によって生じるドップラー効果により他個体に属する超音波の周波数は広く分散すること、一方で自身のエコーはドップラーシフト補償行動により自らの聴覚の感度が高い周波数で常に受信されることを行動実験より明らかにした（Hase, et al. Royal Society Open Science, 2022）。すなわち、CF-FM型コウモリにおいてはドップラーシフト補償行動によって、集団飛行中に予想される他個体からの信号による混信度合は低い、ということがわかった。一方で、グループ飛行をするコウモリの音声分析には必須となる、飛行中に各コウモリに届く周囲のコウモリからのパルスやさらにエコーの実測は技術的に難しいことから、本研究では音響シミュレーションと行動実験の結果を組み合わせる手法の開発も行った（Teshima, Hiryu, et al., Journal of Acoustical Society of America, 2022）。図4は、単独飛行するコウモリに届く周囲からのエコーをシミュレーションによって求めた例である。この手法を拡張することで、今後集団飛行時の各コウモリが聴取する周囲や他個体からの音声を任意にシミュレーションすることが可能となり、集団飛行中の混信回避行動の解明に大きく貢献することが期待できる。

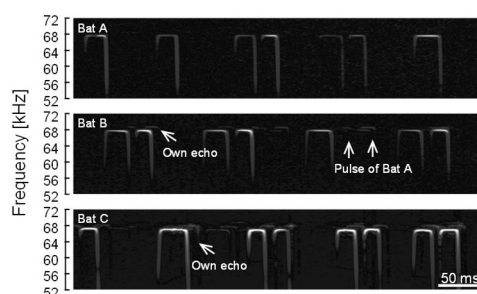


図3 CF-FM型コウモリの3個体同時飛行中に頭部に搭載したテレメトリマイクロホンによって計測されたパルスとエコー。BatBでは他個体からのパルスも観測されている（Hase et al., 2022）。

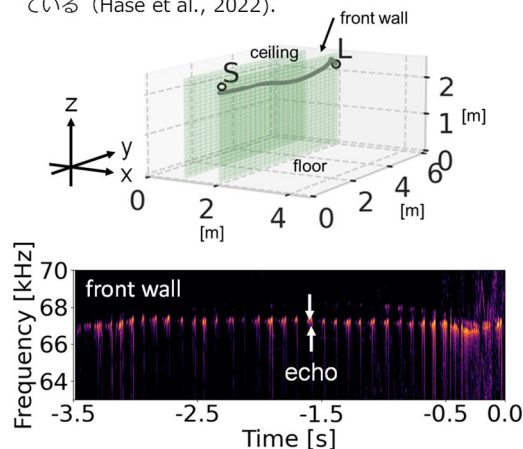


図4 音響シミュレーションと行動データを組み合わせることで、飛行中のコウモリに届くエコーを数値計算で算出した例（Teshima, Hiryu et al., 2022）。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 藤岡 慧明、長谷 一磨、飛龍 志津子	4. 巻 61
2. 論文標題 コウモリ 空中エコーロケーションのスペシャリスト	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 9~14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11499/sicejl.61.9	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 Teshima Yu, Hasegawa Yuta, Tsuchiya Takao, Moriyama Ryota, Genda Shoko, Kawamura Taku, Hiryu Shizuko	4. 巻 151
2. 論文標題 Reconstruction of echoes reaching bats in flight from arbitrary targets by acoustic simulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of the Acoustical Society of America	6. 最初と最後の頁 2127~2134
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1121/10.0009916	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 Hase Kazuma, Kadoya Yukimi, Takeuchi Yuki, Kobayasi Kohta I., Hiryu Shizuko	4. 巻 9
2. 論文標題 Echo reception in group flight by Japanese horseshoe bats, <i>Rhinolophus ferrumequinum nippon</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	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） 10.1098/rsos.211597	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 Yamada Yasufumi, Mibe Yurina, Yamamoto Yuya, Ito Kentaro, Heim Olga, Hiryu Shizuko	4. 巻 10
2. 論文標題 Modulation of acoustic navigation behaviour by spatial learning in the echolocating bat <i>Rhinolophus ferrumequinum nippon</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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） 10.1038/s41598-020-67470-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 Fujioka Emyo, Fukushima Mika, Ushio Kazusa, Kohyama Kyosuke, Habe Hitoshi, Hiryu Shizuko	4. 巻 33
2. 論文標題 Three-Dimensional Trajectory Construction and Observation of Group Behavior of Wild Bats During Cave Emergence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 556 ~ 563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2021.p0556	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 Hase Kazuma, Sugihara Saori, Oka Seiya, Hiryu Shizuko	4. 巻 33
2. 論文標題 Absence of Jamming Avoidance and Flight Path Similarity in Paired Bent-Winged Bats, <i>Miniopterus Fuliginosus</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 564 ~ 571
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2021.p0564	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 Kazuma Hase, Yukimi Kadoya, Yosuke Maitani, Takara Miyamoto, Kohta I. Kobayasi, Shizuko Hiryu	4. 巻 1
2. 論文標題 Bats enhance their call identities to solve the cocktail party problem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-018-0045-3	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 Yasufumi Yamada, Kentaro Ito, Takumi Tsuji, Kohei Otani, Ryo Kobayashi, Yoshiaki Watanabe, Shizuko Hiryu	4. 巻 33
2. 論文標題 Ultrasound navigation based on minimal designed vehicle inspired by bio-sonar strategy of bats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 169-182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2019.1573470	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 Yosuke Maitani, Kazuma Hase, Kohta I. Kobayasi, Shizuko Hiryu	4. 巻 221
2. 論文標題 Echolocating bats adaptively change acoustic characteristics of their vocalization depending on time - frequency structures of jamming sounds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.188565	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30件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Acoustic relationships of bats to themselves and other individuals during echolocation
3. 学会等名 ICMMA 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牛尾和嵯・藤岡慧明・波部齊・飛龍志津子
2. 発表標題 洞窟出巢時における野生コウモリの三次元軌跡計測と集団飛行パターンの分析
3. 学会等名 第40回日本動物行動学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西山葉瑠花, 長谷川勘太, Victor Broudeau, 長谷一磨, 山田恭史, 浅田隆昭, 佐々木晋一, 渡部佑真, 飛龍志津子
2. 発表標題 自律走行車型ロボットによるコウモリの周波数調整行動の検証
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡誠也, 長谷一磨, 宮崎奨功, 西森拓, 白石允梓, 山中治, 依田憲, 小林耕太, 飛龍志津子
2. 発表標題 FMコウモリの混信回避行動のモデル化に関する検討
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷一磨, 岡誠也, 杉原沙織, 角谷ひなの, 宮崎奨功, 小林耕太, 依田憲, 飛龍志津子
2. 発表標題 妨害音声に対する反応に基づく集団飛行時のコウモリのエコーロケーション行動のシミュレーション
3. 学会等名 2021年度日本数理生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西山葉瑠花, 久保田智也, 手嶋優風, 長谷一磨, 浅田隆昭, 佐々木晋一, Dennis Heim
2. 発表標題 サーモホンによるコウモリの周波数調整行動の基礎的研究
3. 学会等名 第23回 関西支部若手研究者交流研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷一磨, 杉原沙織, 岡誠也, 角谷ひなの, 小林耕太, 飛龍志津子
2. 発表標題 妨害音声の呈示頻度に依存するコウモリ音声の変化は集団飛行時の周波数調整行動を説明するか?
3. 学会等名 第39回 日本動物行動学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保田智也, Dennis M. Heim, 手嶋優風, 長谷一磨, 山田恭史, 浅田隆昭, 佐々木晋一, 飛龍志津子
2. 発表標題 サーモホン搭載型自律走行車によるコウモリの超音波周波数調整行動の工学的検証
3. 学会等名 第39回 日本動物行動学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shoya Nakade, Kohei Otani, Takaaki Asada, Shinichi Sasaki, Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Evaluation of Object Localization System with Thermophone
3. 学会等名 IEEE IUS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Kubota, Shoya Nakade, Yasufumi Yamada, Takaaki Asada, Shinichi Sasaki, Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Investigation of obstacle avoidance algorithm in paired-driving autonomous mobile robots revealed by mimicking ultrasonic sensing in bats
3. 学会等名 The 178th Meeting of the Acoustical Society of America (ASA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasufumi Yamada, Yuma Watabe, Shizuko Hiryu, Ryo Kobayashi
2. 発表標題 3D Acoustic Localization Based on Echolocation Strategy of Bats
3. 学会等名 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保田智也、中出翔也、大谷倅平、小林耕太、飛龍志津子
2. 発表標題 コウモリのハイブリッド超音波センシング術を模倣した自律走行ロボットによる験 2台走行実験
3. 学会等名 ロボメック講演会 2019 in Hiroshima
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飛龍志津子
2. 発表標題 コウモリの生物ソナーシステム
3. 学会等名 第三回 和光 - 精神神経懇話会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田智也, 中出翔也, 吉野寿紀, 山田恭史, 藤澤隆介, 小林耕太, 飛龍志津子
2. 発表標題 コウモリの超音波センシングを模倣した自律走行ロボット2台による障害物回避アルゴリズムの検討
3. 学会等名 数理生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉原 沙織, 竹内 由紀, 長谷 一磨, 高山 真太郎, Ardakani Ilya, 橋本 浩一, 飛龍 志津子
2. 発表標題 コウモリのペア飛行時における超音波パルスの音響特性ならびに飛行軌跡に関する検討
3. 学会等名 日本動物学会第90回大阪大会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福代三華, 浅野幸輝, 藤岡慧明, 飛龍志津子
2. 発表標題 ステレオカメラを用いた野生コウモリの出巢時における集団飛行メカニズムの検討
3. 学会等名 日本動物学会第90回大阪大会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷一磨, 角屋志美, 竹内由紀, 小林耕太, 飛龍志津子
2. 発表標題 音響テレメトリ計測で解き明かすコウモリの集団飛行時の混信回避行動
3. 学会等名 日本動物行動学会第38回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kentaro Ito, Yasufumi Yamada and Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Mathematical model for flight of bats in a bounded space
3. 学会等名 SWARM2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuma Hase, Yukimi Kadoya, Yosuke Maitani, Takara Miyamoto, Kohta I. Kobayasi, Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Adaptive changes in acoustic features of pulses emitted by echolocating bats during group flight
3. 学会等名 Biosonar Sattelite Symposium, ICN 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuma Hase, Yukimi Kadoya, Yosuke Maitani, Takara Miyamoto, Kohta I. Kobayasi, Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Bats decrease the similarity of their calls to solve the problem of signal jamming by conspecifics
3. 学会等名 ICN 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Takeuchi, Yukimi Kadoya, Kazuma Hase, Kohta I. Kobayasi, Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Echolocating bats modulate sonar emission rates based on interaction with other individuals
3. 学会等名 ICN 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yosuke Maitani, Kazuma Hase, Kohta Kobayasi, Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Echolocating bats adaptively change acoustic characteristics of their vocalization depending on time - frequency structures of jamming sounds
3. 学会等名 ICN 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Learning future engineering from acoustic navigation of bats
3. 学会等名 20th CiNet Monthly Seminar (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内由紀, 角屋志美, 長谷一磨, 小林耕太, 飛龍志津子
2. 発表標題 集団飛行時のエコーロケーション音声混信に対するコウモリのエコー抽出戦略 - ワイヤレスマイクロホンを用いた各コウモリのパルス・エコー音響分析 -
3. 学会等名 海洋音響学会2018年度研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 間井谷洋祐・長谷一磨・小林耕太・飛龍志津子
2. 発表標題 音声のプレイバックによるコウモリの混信回避メカニズムの検討
3. 学会等名 日本動物行動学会第37回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飛龍志津子
2. 発表標題 生物に学ぶ先端センシング技術
3. 学会等名 マクセル(株)技術教育分科会 先端技術講演会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飛龍志津子
2. 発表標題 コウモリのエコーロケーションに学ぶ
3. 学会等名 第24回コウモリフェスティバル2018 in 三重(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田智也, 大谷倅平, 中出翔也, 山田恭史
2. 発表標題 コウモリの超音波センシングを模擬した自律走行車型ロボット ~ 複数台走行を目指した音響ナビゲーション戦略の検討 ~
3. 学会等名 日本音響学会 関西支部 若手研究者交流研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shizuko Hiryu
2. 発表標題 Learning from biosonar system - laboratory and field studies on acoustic navigation of bats
3. 学会等名 Reinforcement Learning & Biological Intelligence, Learning from biology, learning for biology (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大谷倅平, 中出翔也, 山田恭史, 飛龍志津子
2. 発表標題 コウモリの超音波センシングシステムの工学的検証 サーマホンと共振型センサによるコウモリの障害物回避アルゴリズムの比較・検討
3. 学会等名 日本音響学会 2019年春季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 物体検知装置	発明者 飛龍志津子, 大谷倅平, 中出翔也, 浅田隆昭, 佐々木晋一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-067827	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 物体検知装置	発明者 飛龍志津子, 大谷倅平, 中出翔也, 浅田隆昭, 佐々木晋一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-067783	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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	藤岡 慧明 (Emyo Fujioka) (00722266)	同志社大学・研究開発推進機構・嘱託研究員 (34310)	
研究分担者	伊藤 賢太郎 (Kentarō Ito) (20528351)	法政大学・生命科学部・講師 (32675)	
研究分担者	小林 耕太 (Kota Kobayasi) (40512736)	同志社大学・生命医科学部・教授 (34310)	
研究分担者	長谷 一磨 (Kazum Hase) (60867696)	名古屋大学・環境学研究科・学振特別研究員(PD) (13901)	

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
---------	---------