

令和 3 年 5 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13776

研究課題名（和文）アリ集団の自律分散ナビゲーションに学ぶ陰的オブザーバ設計法の確立

研究課題名（英文）Clarification of implicit observer design inspired by distributed autonomous navigation of ants colony

研究代表者

末岡 裕一郎（Sueoka, Yuichiro）

大阪大学・工学研究科・助教

研究者番号：50756509

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、群ロボットシステムを対象として研究を進めた。具体的には、自律分散的に相互作用を行う群れが、音・光のデバイスを用いて近くの個体のどんな情報を知り、どのように統合すると群ロボット全体の行動に活かせるのかという「陰的オブザーバ設計」に取り組んだ。解析・実機検証を通じて、陰的オブザーバ設計に対する情報処理機能（知覚情報の分解能やフィルタリング）の解析・設計に取り組み、音に基づくロボットの方向・姿勢推定法と、光を題材とした方向推定法を提示し、2パターンの群行動に実際に応用できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、群システムに対して、各個体に設計する自律分散的な相互作用と群全体の行動の間をつなぐ技術を音や光によって具体的に提示したことである。本研究では、シミュレーション解析だけではなく、実世界実験を通じてその技術の妥当性や機能性を検証しているため、社会応用にもつなげやすい。また、本申請で設計を目指した自律分散システムは、現在の主流となっている中央集権的なシステムと比べて、計算コストや対故障性の面で優れ、生物のような群システムの設計法の解明にもつながることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on swarm robot systems. Specifically, we focused on the implicit observer design, in which a swarm interacting with each other in a decentralized autonomous way uses sound and light devices to learn what information about nearby individuals is available, and how it can be integrated into the behavior of the swarm robot as a whole. Then, we analyzed and designed the information processing (resolution and filtering of information) for the implicit observer design through analysis and actual device verification. We presented a sound-based direction/orientation estimation method and a light-based direction estimation method, and confirmed that they can be applied to two patterns of swarm behavior.

研究分野：群ロボットシステム，自律分散システム

キーワード：群ロボットシステム 自律分散システム 陰的オブザーバ 音システム 光システム 群ナビゲーション

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

群ロボットによる協調は、広範囲の探索活動や協力した物体搬送など、社会に様々なメリットをもたらす。ところが、現状の群ロボットは、生き物のような制御構造となっていない。言い換えるならば、各個体にどのような局所的な相互作用（自律分散的な意思決定）を設計すれば全体として高度な群れ行動を実現できるのか、その設計論は未だわかっていない。

そこで、本研究では自然界の蟻の群行動に着目した。彼らは自律分散的な行動選択をしているにもかかわらず、全体として様々な環境に適応した振る舞いを示すことができる。本申請では、限られた能力しか持たない彼らの振る舞いの鍵が、局所を集めて全体とすることであり、そのために局所のどんな情報を知り、それをどう統合するかという「陰的オブザーバ設計」だと考えた。

### 2. 研究の目的

そこで、本研究では、解析・実機検証を通じて、陰的オブザーバ設計に対する情報処理（分解能やフィルタリング）をどのように設計すべきか明らかにする。実機検証に際しては、これまでの申請者の経験を活かし、音や光に基づくロボットシステムを実際に設計し、検証する。具体的には、自律分散的な相互作用を行う群れが、音・光のデバイスを用いて近くの個体のどんな情報を推定し、どのように統合すると群ロボット全体の行動に活かせるのか考え、検討する。これが本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

既存研究のマイクロフォンアレイシステム[1]を応用した音に基づく情報推定法の提案と、光によるロボットの方向推定法を提案し、実機検証を通じて妥当性を検証、群行動へ応用する。

#### 3.1 音による方向・姿勢推定法の提案と群ロボットの行動応用

ここでは、群ロボットの行動制御（各個体が近隣個体と同じ方向に進む行動）を自律分散的に実現するために、近隣個体の方向（どの向きに個体が存在するかという情報）や姿勢（向いている方向の情報）をどのように推定するかを音の観点から考える。

既存研究として、複数のマイクロフォンを用いたマイクロフォンアレイシステム[1]が提案されており、音源の方向が推定できることがわかっている。その原理は、スピーカを搭載したロボットと、3つのマイクロフォンを搭載したロボットがいるとすると、スピーカから発せられる音は3つのマイクロフォンへの距離が異なるため、時間差を持って到達する。この音の到達時間差を用いて音源の方向を推定するものである。

そして本研究では、この方向推定法に着想を得て、複数のスピーカによって構成されるスピーカアレイを用い、姿勢を推定する手法を提案する(図1)。そして、マイクロフォンアレイを用いた方向推定と、提案手法であるスピーカアレイを用いた姿勢推定を組み合わせることで、群ロボットの行動制御へ応用する。その際、実機システムを構築し、提案手法に基づく方向・姿勢推定の精度を確かめ、整列行動の検証をおこなう。さらに、音の特性（音の回折や重ね合わせ）を用いて、段差のある環境での状態推定、複数ロボットの同時状態推定についても実機検証をおこなう。

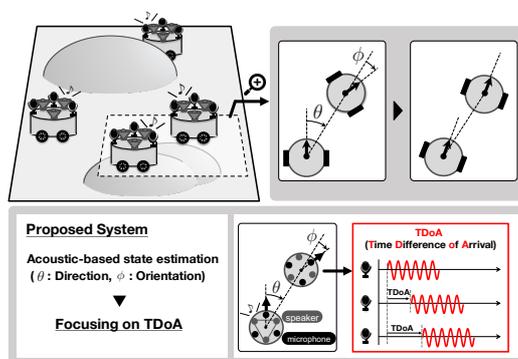


図1. 群ロボットシステムの行動制御に応用する音に基づく状態推定（方向・姿勢推定）の提案

#### 3.2 複数光を用いたロボットの方向推定とヘテロな群ロボットナビゲーションへの応用

3.1 節では、音に基づく同質の群ロボットの行動制御システムの設計を狙ったが、ここではヘテロな群れ：シープドッグシステムの応用を考える。シープドッグシステムとは、シープドッグが自由に動き回るヒツジの群れに対して刺激を与えることで、ヒツジの群れを目標地点まで誘導するシステムである。ヒツジにはヒツジ同士で群れるという性質と、シープドッグから逃げるといった性質があり、シープドッグはそれらの性質を利用してヒツジの群れを誘導している。シープドッグシステムを制御問題の観点から考えると、少数のコントローラであるシープドッグを用いて、直接はコントロールすることができない多数のヒツジを間接的に制御する、非常に興味深い制御システムだといえる。

本研究ではシーブドッグシステムに着想を得た群ロボットナビゲーションシステムを自律分散的に実現することを目的として実機検証を進める。実際、シーブドッグシステムに関する既存研究[2]はシミュレーション解析を通じて行うものが多く、ロボットシステムへ応用したものが少ない。

自律分散的なシステムを実現するため、光を用いて相対的な位置関係を推定する二輪ロボット(図2)を製作し、シーブドッグには既存研究で用いられている中心追跡制御法[3]を用いて、ヒツジが3匹の場合についての誘導実験を行う。その際、光を用いた相対的な位置推定が可能かどうか、そして、ロボットによる死角が発生したケースなどにも対応できるか調べる。

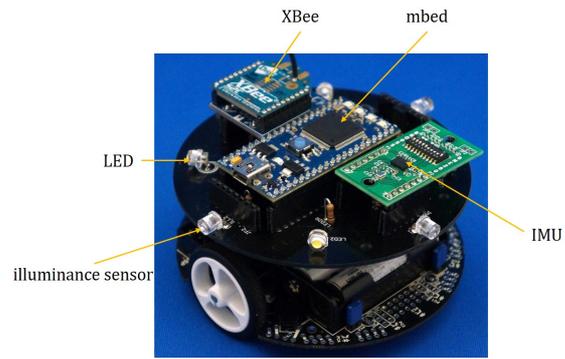


図2. 4つのLEDと4つの照度センサを取り付け、他のロボットに方向を知らせる機能と他のロボットの方向を知ることができるロボット

#### 4. 研究成果

ここでは、3.1, 3.2節にて述べた研究手法によって得られた結果を報告する。

##### 4.1 音による方向・姿勢推定法の提案と群ロボットの行動応用

マイクロフォンアレイ, スピーカアレイに使用する具体的な計算や情報処理はここでは割愛し、実験結果を軸に報告する。方向推定と姿勢推定が実世界でどの程度の精度で実現できるか検証を行う。その後、移動ロボットにマイクロフォンアレイとスピーカアレイを搭載し、音の特性(回折と重ね合わせ)に着目した方向・姿勢推定と整列行動の実機検証をおこなう。回折は、幾何的に見れば影になる場所であっても波が回り込む現象であり、この性質を本研究に適用すると、段差のあるような環境であっても状態推定が可能であると考えられる。

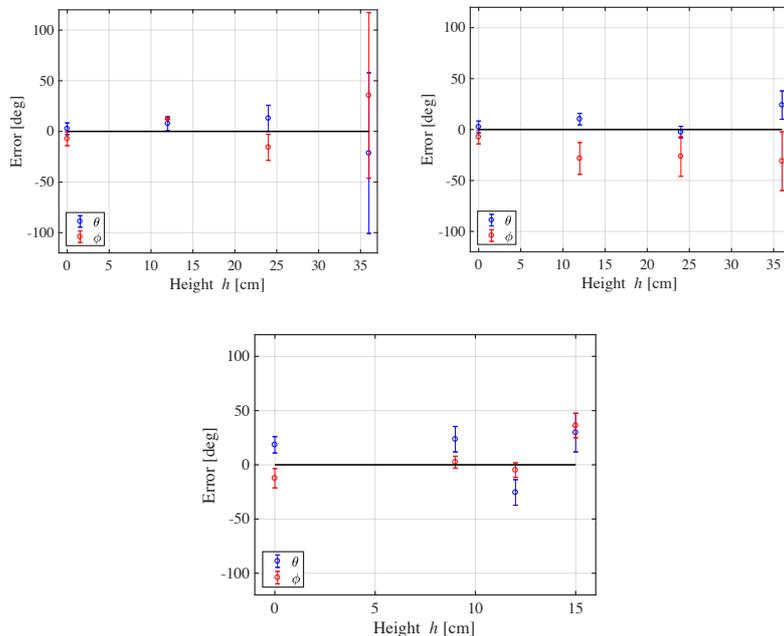


図3. 回折を用いた状態推定の結果(左上: 段差の下のロボットが段差の上のロボットの方向と姿勢を推定したケース, 右上: 段差の上のロボットが段差の下のロボットの方向と姿勢を推定した研究, 下: ロボットが、段差の向こうのロボットの方向と姿勢を推定したケース)

##### 4.1.1. 段差下からの推定

まず、マイクロフォンを搭載したロボットが、段差の上に位置するロボットが出力した音の方向 $\theta$ と方位 $\phi$ を推定する。段差の高さ( $h$ [cm])は、 $h=0, 12, 24, 36$ cmの範囲で実験を行った。推定誤差の平均値と標準偏差を図3(左上)に示す。図3(左上)から、 $h=12$ cmと $h=24$ cmの場合、ロボットは10度以下の誤差で相手のロボットの方向と姿勢を推定できていることが分かる。一

方,  $h=36\text{cm}$  の場合は, 段差が大きくなるにつれて音の情報が正確に取れなくなり, 推定に失敗していることがわかる.

#### 4.1.2. 段差上からの推定

次に, マイクロフォンを搭載したロボットを段差の下に位置し, 段差の上に位置するロボットが出力する音から, 方向  $\theta$  と方位  $\phi$  を推定する. 実験では, 段差の高さを  $h=0, 12, 24, 36\text{cm}$  とした. 推定誤差の平均値と標準偏差を図3 (右上) に示す. 図3 (右上) より,  $h=12\text{cm}$  と  $h=24\text{cm}$  の場合, ロボットは  $20$  度以下の誤差で推定できることがわかった. しかし,  $h=36\text{cm}$  の場合には,  $h=12\text{cm}, 24\text{cm}$  の場合に比べて, 誤差や偏差が大きくなっている. このように, 段差の上からの推定は, 段差の下からの推定に比べて, 実際方向や向きに近い結果が得られた. この結果が得られた理由として, スピーカーが上向きに設置されているため, ステップの高さが高くても適切に波を取り出すことができるからだと考えられる.

#### 4.1.3. ステップの先からの推定

そして, ロボットが段差の向こう側にいるもう一方のロボットが出力した音から, 方向  $\theta$  と方位  $\phi$  を推定する実験を行う. ここでは, 段差の高さを  $0, 9, 12, 15\text{cm}$  に設定して実験を進める. 2台のロボットは, 互いの距離が  $60\text{cm}$ ,  $\theta=180$  度,  $\phi=180$  度となるように配置し, 各段差の高さについて5回の試行を行った. 推定誤差の平均値と標準偏差を図3 (下) に示す. 図3 (下) から, 段差の高さがそれほど大きくなければ, ロボットは段差の向こう側のロボットの方向と姿勢を推定できることを示している.

#### 4.1.4. 重ね合わせを用いた推定

次に音の重ね合わせの性質に着目した実験を行う. 高速フーリエ変換 (FFT) を用いて, 合成信号を, 各周波数の  $\sin$  波の足し合わせとして分解する. また高速逆フーリエ変換 (IFFT) により, 元の波形を再生する. この性質を本研究に適用すると, 複数ロボットの状態を同時に推定することが可能だと考えられ, 本研究では, まず2台のロボットを用いて, 他のロボットが出力した  $\sin$  波と, 自分が同時に出力した  $\sin$  波がマイクロフォンに入力されても, 他のロボットの状態が推定できるかを確かめる. 2台のロボットから同時に, 各々  $1000\text{Hz}$  (ロボット1) と  $1200\text{Hz}$  (ロボット2) の周波数の  $\sin$  波を出力する. 各ロボットは, もう一方のロボットの周波数は既知であるとし, 再生した  $\sin$  波に対して音の到達時間差を算出, 方向と姿勢を推定する. 推定した結果を図4に示す. 方向・姿勢ともに, 誤差  $20^\circ$  以内の推定ができている.

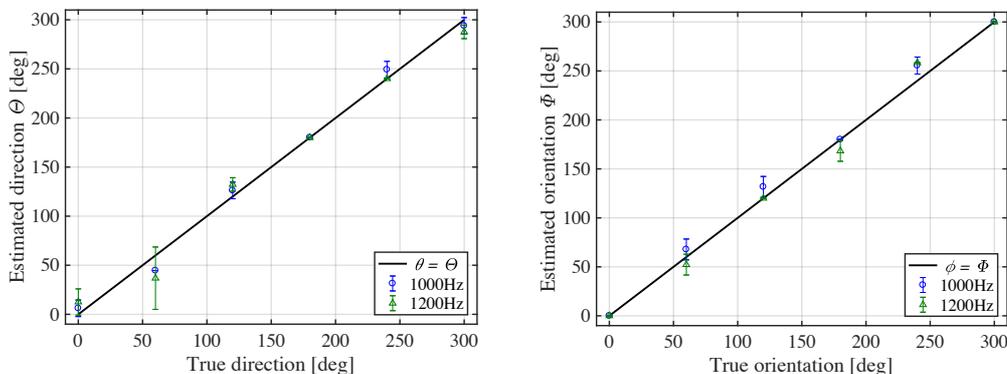


図4. 音の重ね合わせが発生するケースでの状態推定の結果

#### 4.1.5. ロボットの協調行動の設計応用

これらの結果を用いて, 整列行動の実機検証を実施する. ロボットは, マイクロフォンで得られた  $\sin$  波の波形情報のみに基づいて, 他のロボットの方向・姿勢を推定し, 推定した方向と姿勢から進行方向ベクトルを算出する. 回転角は, 自らの進行方向ベクトルと他のロボットの進行方向ベクトルの差の平均をとる. ロボットは, 回転角に応じて, その場で回転して進行方向を揃える. 図5に, 整列行動の整列前と整列後を示す. 図5から, 進行方向を揃えられていることがわかる. ロボット1からロボット2の相対的な方向と姿勢は, 実際が  $120^\circ, 240^\circ$  であり, 推定結果は  $140^\circ, 270^\circ$  であった. また, ロボット2からロボット1の相対的な方向と姿勢は, 実際が  $45^\circ, 320^\circ$  であり, 推定結果は  $45^\circ, 320^\circ$  であった.

本手法は, 段差や障害物などがある環境においても, 他のロボットの情報を共有できるため有効である. すなわち, 各ロボットが互いに見えている必要ないため, カメラベースのシステムが使えない場合にも有効である. また, カメラベースのシステムでは, 高価な機器や高速な画像処理が必要となるケースが多いが, 水中での群ロボットの行動制御にも応用できる可能性が高い.



図 5. ロボットの行動制御（整列行動）への応用（左：整列前，右：整列後）

#### 4.2 複数光を用いたロボットの方向推定と異質な群ロボットナビゲーションへの応用

ここでは、光を用いて他のロボットの方向を推定し、その情報を用いて群行動の実現を目指す。行動アルゴリズムは、既存研究[3]に中心追跡制御法を用いた。ロボット 1 台を用いてヒツジ 3 匹の誘導を行い、群行動が実現できることを確認した。実験中は光による相対位置推定において死角が発生するケースが存在したが、シープドッグは 3 匹のロボットをゴールまで誘導することができた。ロボットが光を受け取ることができないケース、すなわちセンシングによる死角で他のロボットを認識できない場合は、そのロボットからの力を受けず、シープドッグは認識できるヒツジの重心をターゲットとして追跡するよう工夫した。このように、数台のロボットを認識できないケースにおいてもロボットナビゲーションが実現できていることから、今後ロボットの台数を増やした場合にも対応できると考えられる。

#### 参考文献

1. 浅野太，音のアレイ信号処理（音響テクノロジーシリーズ），コロナ社，2011.
2. 東俊一，田淵絢子，杉江俊治，牧羊犬制御のモデル化，計測自動制御学会論文集，Vol. 48, No. 12 (2012)，pp. 882 - 888.
3. R. Vaughan, N. Sumpter, A. Frost and S. Cameron: Robot sheepdog project achieves automatic flock control, in *Proceedings of the Fifth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior on From Animals to Animats 5*, pp. 489 - 493 (1998)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kida Tomoha, Sueoka Yuichiro, Shigeyoshi Hiro, Tsunoda Yusuke, Sugimoto Yasuhiro, Osuka Koichi	4. 巻 33
2. 論文標題 Verification of Acoustic-Wave-Oriented Simple State Estimation and Application to Swarm Navigation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 119 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2021.p0119	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 Sueoka Yuichiro, Sato Yuto, Ishitani Makihiko, Osuka Koichi	4. 巻 24
2. 論文標題 Analysis of push-forward model for swarm-like collective motions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 460 ~ 470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10015-019-00548-8	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 Sueoka Yuichiro, Tahara Takamasa, Ishikawa Masato, Osuka Koichi	4. 巻 31
2. 論文標題 Statistical Exploration of Distributed Pattern Formation Based on Minimalistic Approach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 905 ~ 912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2019.p0905	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 OKADA Mitsuki, SUEOKA Yuichiro, NAKANISHI Daisuke, OSUKA Koichi	4. 巻 85
2. 論文標題 Constructive approach on swimming of scallop (Experimental verification of the effect of mantle property on swimming)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the JSME (in Japanese)	6. 最初と最後の頁 19-00151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.19-00151	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 TSUNODA Yusuke, SUEOKA Yuichiro, WADA Teruyo, OSUKA Koichi	4. 巻 55
2. 論文標題 Theoretical Analysis of Mobile Control Method for Group Agents Motivated by Sheepdog Shepherding	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers	6. 最初と最後の頁 507 ~ 515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9746/sicetr.55.507	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 Tsunoda Y., Sueoka Y., Sato Y., Osuka K.	4. 巻 32
2. 論文標題 Analysis of local-camera-based shepherding navigation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 1217 ~ 1228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2018.1539410	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 Tsunoda Yusuke, Sueoka Yuichiro, Osuka Koichi	4. 巻 31
2. 論文標題 Experimental Analysis of Acoustic Field Control-Based Robot Navigation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 110 ~ 117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2019.p0110	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 Sueoka Yuichiro, Ishitani Makihiko, Osuka Koichi	4. 巻 7
2. 論文標題 Analysis of Sheepdog-Type Robot Navigation for Goal-Lost-Situation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Robotics	6. 最初と最後の頁 21 ~ 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/robotics7020021	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 Sueoka Yuichiro, Tsunoda Yusuke, Osuka Koichi	4. 巻 24
2. 論文標題 Manipulation of the entire group navigation based on dynamic goal-preference switching	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 88 ~ 93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10015-018-0464-8	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15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Yuichiro Sueoka, Koichi Osuka
2. 発表標題 Exploration of role division in ant-like foraging for dynamic food source switching
3. 学会等名 ALIFE 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichiro Sueoka, Koichi Osuka
2. 発表標題 One approach to implicit observer: estimation of subpopulation in foraging by ants-like colony
3. 学会等名 AMAM 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumiaki Nose, Yuichiro Sueoka, Daisuke Nakanishi, Koichi Osuka
2. 発表標題 Experimetal study on sensing fin pressure to achieve distributed control of a fish-type swimming robot
3. 学会等名 SICE 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Tsunoda, Yuichiro Sueoka, Teruyo Wada, Koichi Osuka
2. 発表標題 Sheepdog-type robot navigation: Experimental verification based on a linear model
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 Tomoha Kida, Yuichiro Sueoka, Koichi Osuka
2. 発表標題 Demonstration of swarm alignment behavior by distributed acoustic robots
3. 学会等名 Swarm 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Tsunoda, Makihiko Ishitani, Yuichiro Sueoka, Koichi Osuka
2. 発表標題 Analysis of sheepdog-type navigation for minimal sheep model
3. 学会等名 Swarm 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 末岡裕一郎, 石谷慎彦, 沖本将崇, 南裕樹, 大須賀公一
2. 発表標題 捕食者からの逃避戦略の学習で紐解く群れ行動の獲得
3. 学会等名 第25回自律分散システム・シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 末岡裕一郎, 石谷楨彦, 南裕樹, 大須賀公一
2. 発表標題 マルチエージェント強化学習で切り拓く群れ行動の獲得
3. 学会等名 第7回制御部門マルチシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 沖本将崇, 末岡裕一郎, 石谷楨彦, 大須賀公一
2. 発表標題 環境に応じたターゲット探索行動の機械学習的アプローチ
3. 学会等名 第7回制御部門マルチシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 重吉比呂, 末岡裕一郎, 木田友葉, 角田祐輔, 大須賀公一
2. 発表標題 磁石結合・分離機構を搭載した非自走型群ロボットによる協調行動の実現
3. 学会等名 第63回自動制御連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木田 友葉, 末岡 裕一郎, 大須賀 公一
2. 発表標題 音の到達時間差を活用した群ロボットの整列行動の実機検証
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石谷禎彦, 末岡裕一郎, 角田祐輔, 大須賀公一
2. 発表標題 非線形なシーブドッグシステムにおける安定性解析
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichiro Sueoka, Kazuma Nakanishi, Koichi Osuka
2. 発表標題 Pheromone trap for distributed task achievement by homogeneous termites-like agents
3. 学会等名 2018 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryosuke Takahashi, Yuichiro Sueoka, Koichi Osuka
2. 発表標題 Analysis of Local Optimal Solution in 1-Dimensional Space for Mi-Nashi Method
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoha Kida, Yuichiro Sueoka, Ryosuke Takahashi, Koichi Osuka
2. 発表標題 Proposal and verification of orientation estimation method based on the difference of sound-arrival time
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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