

令和 2 年 9 月 17 日現在

機関番号：56101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K14288

研究課題名（和文）共創場原理をベースとする群集行動モデルの構築

研究課題名（英文）Development of Crowd Behavior Model Based on Co-creation Field Principle for Crowd Control Applications

研究代表者

杉野 隆三郎（Sugino, Ryuzaburo）

阿南工業高等専門学校・創造技術工学科・教授

研究者番号：10259822

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：生物や社会における群集行動において認知・判断・行動から成り立つ群集行動のプロセスを実際の生物（マアジ）や人間の行動からデータ抽出をした定量的かつ定性的研究を実施し、群集行動の定量的データを自他非分離な共創原理により解析・再解釈することで、システム工学的視点に立った群集行動の新しい数理モデル「共創レベルセットモデル」を構築できた。さらに、この行動モデルによる群集行動シミュレータを開発し、実際の生物や人間の群集制御に対する有効性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物界や人間界における実フィールドにおける群集行動から特徴量を取得、数値的に比較検討することで数理モデルを構築し、その産業応用を目指した研究は、ほとんど見当たらない。さらに、個体行動に重畳する形で群集を共創原理でもデリングするため群集行動をまったく新しい概念で再解釈可能となり、本研究で得られた知見は、群集行動の精密科学化とその利用技術の基礎として高いオリジナリティと産業応用上の可能性を有している。

研究成果の概要（英文）：The process of a crowd behavior is consisted with cognition, judgement and action and we can see the crowd phenomena in the biological and social system. We try to make a qualitative and quantitative study about a real fish 'Japanese horse mackerel' and the human crowd behavior, and the 'Co-creation level set model' has been established through the analysis and reinterpretation of the quantitative data using the inseparability between oneself with others. This obtained mathematical model will be to stand the new position of system engineering. Furthermore, we have developed the simulation algorithm for the crowd behavior based on this mathematical model and the successful efficiencies have been got for the crowd control.

研究分野：数理工学

キーワード：共創システム 群集行動 魚群行動 人イベント行動 数理モデル レベルセット 自由境界 自他非分離

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、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

群集行動の科学は、生物や人間の環境との関わりを深く考察して持続可能な社会を上げるために重要な科学であり、これまでも観察事実からの定性的な議論は各分野でなされているが複雑性の高い現実的な問題についての定量的な研究はほとんど存在しない。一方、場における集団の気づき創出プロセスのコンセプトモデルとして東工大三宅美博等が提唱する「共創場理論」は持続可能な新しい人工物を構築するために有効とされる。しかし、実問題に対する具体的な数理モデルやシミュレーションモデルの研究は未だなされていない。さらに、生物や人間の群行動パターンの解析において、個体行動モデルに重畳するかたちで共創場を用いた群行動モデルを構築し、実際の漁法やイベント企画への応用を目指した計算シミュレーションを開発する研究は世界的にみても存在していない。従って、本研究は生物や人間の群集行動の精密科学化とその利用技術開発を伴う研究として高いオリジナリティと産業応用上の有用性を有している。

### 2. 研究の目的

群集行動の定量的データを自他非分離共創原理により解析・再解釈することで、システム工学的視点に立った新しい群集行動モデルを構築し、次の目標を達成する。

群集制御における共創場・群集行動モデルの構築：魚類群集行動とイベント群集行動の実データを分析して、群集の認知・判断・行動を自他非分離共創原理に基づいて数学的に定式化  
共創場・群集行動モデルの実問題応用：ゆらぎ・行動律速モデルとレベルセット法を結合的に用いた数理モデルのシミュレーションコードを開発し、実際の生物や人間の群集行動の産業応用への適用性を検証

### 3. 研究の方法

群行動の数理的研究は古くから存在しているが、精度の低いデータから行動パターンを類推して制御系モデルや質点系モデルに帰着させることが多く、その妥当性を平均や分散などの統計量で検証しているに過ぎない。本研究では、実フィールドにおける集団で形成される「共創的な群行動」に対してスカラー場を適用し、レベルセット法を用いて個別の群行動をとる群集を包含する「自由境界(共創境界)」として抽出、その境界面の自己組織化パターンをレベルセット関数の分布で調べるアプローチをとる(図1参照)。

この定式化を用いると、群集を構成する個体が発現する個別性を捨象し、知的な認知判断を伴う生物や人間の「集団の気づきに基づく行動総和」と考えられる群集行動の「共創的機能と性質」を数学的な量で把握できる可能性がある。このように群集行動をスカラー関数のランドスケープとそのレベルセットでモデリングする手法は、共創システム理論の精密化に大きく貢献するものでありネイチャー・インターフェースやソーシャル・インターフェース技術を実現するものである。

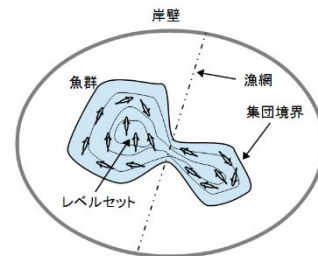


図1 魚群行動とレベルセット

集団現象の数理として核融合分野で見出された Grad-Shafranov 方程式(1)がある。

$$\nabla \cdot \mathbf{d}W(\mathbf{r}) \text{ in } \Omega, \quad \mathbf{d}W(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n} = 0 \text{ on } \partial\Omega \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{d}W(\mathbf{r})$  は磁気圧  $B(\mathbf{r})$  とプラズマ圧力  $p(\mathbf{r})$  の線形和で記述される。式(1)を用いることで「自由境界」を有するプラズマの挙動を関数  $W(\mathbf{r})$  のレベルセットで調べられるが、非常に強い対称性と線形化を設定しなくてはならず、低知能な生物行動への応用すら未だ存在しない。そこで、我々は式(1)を次のように拡張することを提案する。

$$\nabla \cdot \mathbf{d}W(\mathbf{r}, \mathbf{t}) \text{ in } \Omega, \quad \mathbf{d}W(\mathbf{r}, \mathbf{t}) \cdot \mathbf{n} = dU \text{ on } \partial\Omega \quad (2)$$

本研究の着想点は、群集の時空間パターンを形成する関数  $W(\mathbf{r}, \mathbf{t})$  に行動や環境の共創性を記述する関数  $U(\mathbf{r}, \mathbf{t})$  を追加し、共創システム的な考察に基づいて系を満足する陰関数を構成する。さらに式(2)から共創境界を抽出するため、次に示す移流方程式(3)に  $V(\mathbf{r}, \mathbf{t})$  を導入することで個体行動や環境情報から駆動される群集の時空間パターンを「移動する境界」として抽出し決定できる。

$$\frac{d}{dt} W(\mathbf{r}, \mathbf{t}) + V(\mathbf{r}, \mathbf{t}) \cdot \nabla W(\mathbf{r}, \mathbf{t}) = 0 \quad (3)$$

式(3)により、レベルセットを共創場の条件で動かすことができ、移動境界を簡単に求められる。

以上の群集行動に係る学理を背景として、以下に従い研究を進展させる。

**フェーズ1**：漁場やイベント会場など実フィールドにおける群集行動の収集と解析

**フェーズ2**：共創場理論と群集行動を結合した数理モデルの構築

**フェーズ3**：共創場モデルによる数値計算法の構築と産業応用の試み

### 平成28年度の方法)

(1) これまでに得られた研究成果をもとに魚種を特定した水槽実験を実施し、魚群行動のパターンを定量的に調べる。イベント企画会社と連携し、ビジネスイベントにおける人間の群集行動に関するデータを収集する。

(2) すでに開発済みの点群データからレベルセット関数を生成する計算アルゴリズムを開発しているが、先の群集実験の結果から魚群ないし人間の行動パターンを抽出し、定式化(2)で示した魚群行動パターンのレベルセット関数を規定する  $Dw(\mathbf{r}, \mathbf{t})$  と境界条件  $\mathbf{d}W \cdot \mathbf{n} = dU$  が記述可能なモデリングを確立する。

平成29年度の方法)

(1) 魚群行動のコンピュータシミュレーション結果を実際の漁場フィールドで観測した魚行動のデータと比較して新しい行動モデルの妥当性を検証する。

(2) イベントにおける群集行動のシミュレーション結果を実際のイベント会場で観測した群集行動のデータと比較して新しい行動モデルの妥当性を検証する。

平成30年度の方法)

(1) 実フィールドから得られた群集パターンとシミュレーションの結果を比較した際に出てくる不具合を洗い出し、行動モデリング、数理的定式化、計算アルゴリズムを検討し、研究プロセスに修正を加える。

(2) 構築した行動モデルを計算機に実装し、図2、3に示す実際の群集行動制御実験との比較検討し、共創システム論に対する共創場・群集行動モデルの適用性を検証する。さらに、本研究による成果が実際の漁法やイベントビジネスの視点からどの程度有効であるかを明らかにする。

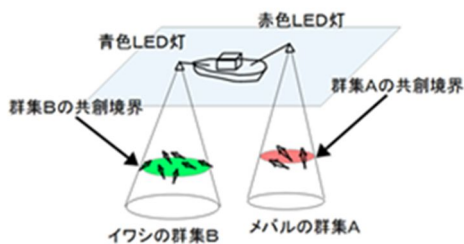


図2 漁法の共創境界とレベルセット



図3 テーマパークの共創境界とレベルセット

平成31年度 令和元年度の方法)

(1) 一般の人群集実験のフィールド実験データは、意味論的に認知行動仮説を検証することが困難であり、困難性を極力排除できる抽象化されたイベント実験に対してルールベース数値実験を試行する。

(2) 生物行動実験のデータ処理と複雑系分析として取得できたマアジの魚群行動実験データの整理・解析を急ぎ、そのデータと比較可能な高精度ボイドアルゴリズムを開発する。

(3) 共創レベルセットモデルに適していると考えられる複数のスカラー関数が重畳する密度場を形成することが可能なポリゴン空間ベースのレベルセット計算コードを開発する。

#### 4. 研究成果

先行研究で海水魚・魚マイクロロボットの遊泳行動と蟻のフェロモン行動に係る暗視撮像システムと超小型ロボット実験システムは完成していたが、本研究では人イベント行動に関するソーシャル実験を新たに準備する必要があるため、東京情報大学におけるイベント行動実験による実験システムを開発することが最初の取組みとなった。平成28~31年度ならびに令和元年度の研究期間において得られた成果の概要を年度毎に以下に示す。

(1) 平成28年度

生物の群集行動として、先行研究で水槽実験システムと画像解析システムが完成しており、本年度は人工物による環境刺激で魚群行動にどのような変化が生じるかの検証実験を実施し、魚マイクロロボットに対してどのような群集行動をとるかをカオス・フラクタル解析により分析した結果を次に示す。まず、図4を見ると五匹のマアジの群れが中央に置かれた小型水中ロボットに対峙するように群集行動を取っている状態がわかる。次に、この水中ロボットが作動する前と作動して水槽内を円形水槽の壁に沿うように円周的な水中運動をする場合の魚群の群れ行動をより精密に調べるため、泳速と直交座標系に対する偏角(泳角)の変化の時刻歴応答をグラフにしたのが図5である。

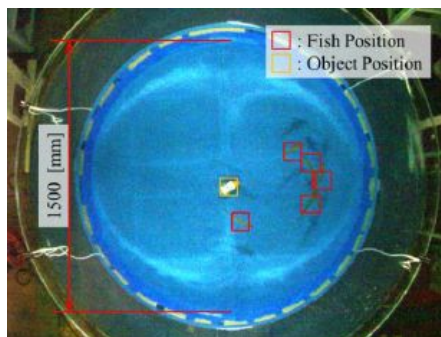


図4 ロボットと相互作用するマアジの魚群

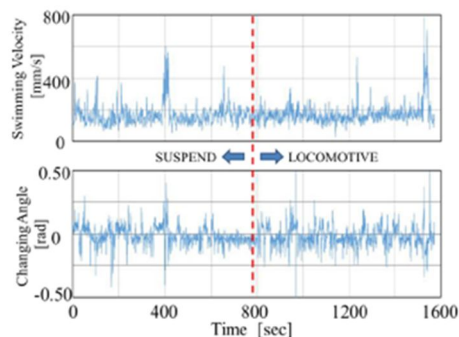


図5 魚群の泳速ベクトルの時刻歴応答



この時刻歴応答を見ると，明らかに人工物である水中ロボットが作動する前と作動した後では異なる魚群行動をすることがわかる。そこで，それぞれのリアプノフ指数を計算すると水中ロボット作動後は魚群行動のカオス性が高まることがわかった。

人間の群集行動を共創場原理に基づく数理モデリングとその数値解析結果を実際のイベントで取得した人の群衆行動のデータと精密に比較するため，東京情報大学や阿南高専で行われた比較的大規模なイベントの実データを取得することができた。図6にその一例として，グラウンドで学生が呈するイベント行動のスチール写真とその画像を射影変換した画像データを示す。射影変換とオプティカルフローの処理を適応的に施すことで，鳥瞰撮像した画像を直上から観察した整視2値画像に変換することができることになる。



図6 イベントに発生する人群集行動とその整視画像

### (2) 平成29年度

本研究の着想点は，群集の時空間パターンを形成する関数  $\phi$  に行動や環境の共創性を記述する新たなスカラー関数群  $\psi_i$  を追加し，図7に示すような共創システムによる考察に基づいて系全体を満足する陰関数  $\phi$  を構成することにある。ここで， $\psi_1$  と  $\psi_2$  はそれぞれの個体グループを包含するスカラー関数， $d$  はそれらから形成される境界ゾーンを包含するスカラー関数を表し，これらは群集行動の科学から得られる群集あるいは異なる群集が接触するゾーンで発現する特徴的な性質から生成されるスカラー関数である。式(4)から共創境界を抽出するため，移流方程式に移流速度  $V(\phi)$  を導入してスカラー関数の分布  $\phi$  を移流させ，群集パターンが意味を持ち得るスカラー関数のレベルを決めることでその等値面を決定する。すなわち，適切な離散化手法により等値面の界面（インターフェース）を抽出することができれば，個体行動や環境情報から駆動される群集の時空間パターンを「移動する境界 = 変形する曲線」として抽出し，決定することが可能となる。換言すれば，移流方程式を効率よく解くことにより，群集行動をパターン化できるスカラー関数のレベルセットを共創場の条件で動かすことができ，移動境界をレベルセット法によるインターフェース抽出法による数値計算を実行することにより，簡単に群集行動のパターンを計算機シミュレーションする数理モデルを作ることができた。

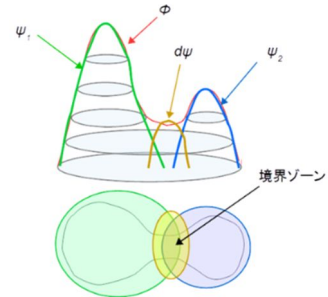


図7 重畳するレベルセット

$$-\Delta\phi = DW(\psi_i, \phi) \quad \text{in } \Omega, \quad \phi = d\psi_j \cup \psi_i \quad \text{on } \partial\Omega \quad (4)$$

以上により，フェーズ2で目標としていた群集行動のレベルセットによるモデリングの基礎的な部分を構築することができた。

### (3) 平成30年度

我々はこれまで，レベルセット法の数理情報学的な可能性を追求することを目指して物理学から画像処理に渡る様々な問題を数値計算してきた。本研究では，魚群などの生物の群行動や人間の群衆行動の実データを取得し，その解析結果と数値シミュレーションで検証する必要がある。したがって，レベルセット法の中でも最も汎用性と計算利得に優れたボクセル空間をベースとするLSMアルゴリズムを採用した。ここで示す数値実験結果は，36枚の花弁を持つ複雑なターゲット形状を点群により離散的に構成し，それを包含するようにゼロレベル界面の初期値を設定し，移流に対して平均曲率流れの条件を与えてターゲット形状に収束させたものを示す。

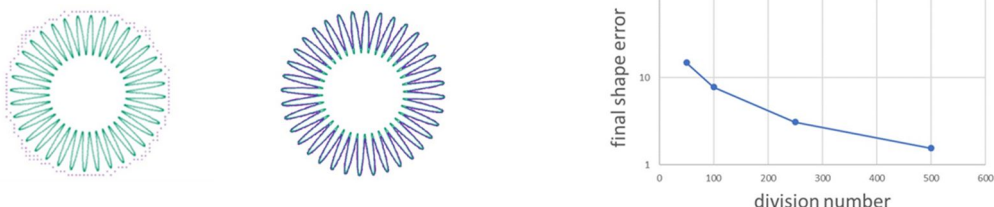


図8 ボクセル化されたレベルセット法の計算精度（離散分割数と形状誤差収束）

図8を見ると、計算領域を構成するボクセル分割数が多くなるほど最終的な収束離散点を示す紫のマーカがターゲット形状を示す緑のマーカよくフィッティングすることがわかる。より精密に収束状況を知るため、形状誤差の収束状況対数グラフで示すが、空間分割数が50から500と増えるに従い数値誤差が低減していく様子がよくわかる。以上により、フェーズ3の目標を満足するために必要な共創レベルセット法の基盤的な計算技術の開発はできたが、具体的な群集行動の事例をプログラムに実装して数値シミュレーションすることはできなかった。

(4) 平成31年度 令和元年度

本研究では、これまで水槽上部から撮影した2次元的な魚の遊泳軌跡を得て、これを2次元行動モデルに基づく数値シミュレーションと比較検討してきた。しかしながら、カオス・フラクタル解析を用いて行動の特徴量を調べると、水深を制限したことによる魚の遊泳行動は本来的な遊泳行動とかなり隔たりを生じていることが分かってきた。そこで深度方向の計測が可能なデプスカメラを用いることで3次元な遊泳軌跡を計測して3次元の数値シミュレーションと比較することで群集行動モデルを再考することにした。図9が赤外線センサーを用いたデプスカメラによるマアジの群れ(5個体)のスナップショットであり、図に示すように遊泳軌跡も十分な精度で計測できることが分かった。さらに魚群行動のルールベースモデルを3次元化して比較した結果が右端の図である。

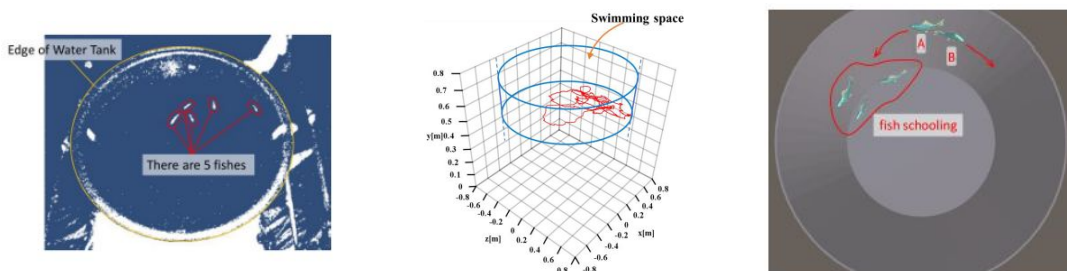


図9 デプスカメラによる3次元遊泳軌跡と3次元数値シミュレーションの比較

共創場原理をベースとした人の群衆行動モデル構築を目指してイベント行動の動画データを取得し、その画像処理を行う中で明らかになってきたことは、行動目的を持っている群集の行動メカニズムを明らかにし、共創場原理に基づく新たなモデル解釈の体系が必要であることである。群衆行動の動画の画像解析によって小集団乃至各個人の動きをトラッキングすることで解析データから群衆における行動の特徴づけを試みた結果、群集が「個」、「群れgroup」、「集団cloud」と3種類の論理キャラクタに分解することが有効であることが分かってきた。本研究では、それらを捕捉する処理方法を検討した。数百人の群集行動から抽出した論理キャラクタのトラッキング結果を図10に示す。



図10 共創場アルゴリズムによる“集団・群れ・個人”の追跡プロセス

本年度は、最終年度における研究チームのタイトな状況を受けて延長した年度であり、フェーズ3完遂を目指した。魚群行動と人群集行動の解析ツールとして「共創レベルセット法」の実装とその産業応用を確立するために、それぞれの計測データの精密化と論理データの汎用化が必要不可欠であることが分かり、魚群実験の3次元化や人の群集行動実験の適切性などを装置やアルゴリズムを開発しながら検討した。それぞれが、まだプロトタイプを構築している段階であるが、「共創場レベルセットモデル」の豊かな学問的深みに到達することができ、本研究から生まれた課題はひとつの分野を形成する可能性も十分に考えられる。これら得られた新しい科学的知見による群集行動制御技術確立し、魚類行動のみならず人群集行動に関する新しいバイオシステム工学を創成するロードマップを構築することができたと確信する。

なお、本研究の成果は徳島県水産研究課課長と外部評価者(株)ダクソフト)に評価してもらい、概ね肯定的な評価を得た。しかしながら、魚群行動については個体や環境条件の違い、人群集行動については「高度な個体」としての「人の内部状態」の観測と吟味が群行動パターンの精密な分析と実フィールドにおける産業応用には必要であることが大きな課題となった。今後も継続して本研究を発展させる予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 福田耕治, 伊丹伸, 杉野隆三郎, 三宅修平	4. 巻 22
2. 論文標題 実世界コンピューティングによるフェロモンコミュニケーションの実装 小型群移動ロボットの数値シミュレーション	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 東京情報大学研究論集	6. 最初と最後の頁 139,150
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 杉野隆三郎, 三宅修平	4. 巻 21
2. 論文標題 共創場原理をベースとする群集行動モデルの構築	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 東京情報大学研究論集	6. 最初と最後の頁 31,40
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 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 伊丹伸, 福田耕治, 杉野隆三郎, 三宅修平	4. 巻 21
2. 論文標題 カオス・フラクタル解析による光刺激に対する魚群行動の定量化への試み	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 東京情報大学研究論集	6. 最初と最後の頁 41,50
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 0件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Okada Itsuki, Fukuda Koji, Ryuzaburo Sugino
2. 発表標題 Image Analysis for a Novel Crowd Behavior Model
3. 学会等名 SICE ANNUAL CONFERENCE 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉野隆三郎, 太田健吾, 吉田晋, 福田耕治, 平山基, 池添純子, 竹内祐介
2. 発表標題 ソーシャルビジネス創生のためのCo-creation System: 地方創生に応用可能なオープンシステムの試み
3. 学会等名 情報処理学会第80回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤口直弥, 福田耕治, 杉野隆三郎
2. 発表標題 3次元魚群遊泳シミュレーションシステムの開発
3. 学会等名 平成30年計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ayaka Niimi, Chinatsu Kwakami, Fukuda Koji, Ryuzaburo Sugino
2. 発表標題 Development of the compact swarm robot system based on pheromone communication -An improvement approach for position measurement system-
3. 学会等名 SICE ANNUAL CONFERENCE 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡田樹, 福田耕治, 杉野隆三郎, 三宅修平
2. 発表標題 共創場原理をベースにした群集行動モデル構築のための画像解析
3. 学会等名 平成29年計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内藤弘望, 杉野隆三郎, 福田耕治
2. 発表標題 Depthカメラによる水中移動体の3D軌跡計測
3. 学会等名 平成29年計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中野由美子, 伊丹伸, 杉野隆三郎, 福田耕治
2. 発表標題 小型水中遊泳ロボットの開発 - 重心移動機構とフレームの設計 -
3. 学会等名 平成29年計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂本拓也, 杉野隆三郎, 福田耕治
2. 発表標題 汎用レベルセットアルゴリズムの開発
3. 学会等名 平成28年電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 辻亮佑, 伊丹伸, 福田耕治, 大川大二郎, 杉野隆三郎
2. 発表標題 魚群行動解析用boidアルゴリズムの開発
3. 学会等名 平成28年電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 Shota Onishi, Renya Kawakami, Fukuda Koji, Itami Shin, Ryuzaburo Sugino
2. 発表標題 Development of Small Swimming Robot to Control Fish Schooling -Bio-mimic Design and Prototyping-
3. 学会等名 SICE ANNUALCONFERENCE 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Chinatsu Kawakami, Masataka Inouchi, Fukuda Koji, Ryuzaburo Sugino
2. 発表標題 Numerical Simulation for Desktop Swarm Robot System Using Pheromone Communication Algorithm
3. 学会等名 SICE ANNUALCONFERENCE 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩朝紘希, 伊丹伸, 福田耕治, 杉野隆三郎
2. 発表標題 Depthカメラを用いた水中物体の3D位置計測
3. 学会等名 平成28年計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 神田圭次郎, 伊丹伸, 福田耕治, 杉野隆三郎
2. 発表標題 群移動ロボットに対応した魚群シミュレーション - 並行遊泳の考慮 -
3. 学会等名 平成28年計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Naoya Sawaguchi, Koji Fukuda, Ryuzaburo Sugino, Shuhei Miyake
2. 発表標題 Numerical Simulation Based on 3D Behavior Model for Fish Schooling
3. 学会等名 SWARM 2019: The 3rd International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 元木太一, 福田耕治, 杉野隆三郎
2. 発表標題 イセエビの行動シミュレータ開発を目指したデプスカメラによる水槽実験
3. 学会等名 計測自動制御学会四国支部学術講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴野顕豊, 杉野隆三郎, 福田耕治
2. 発表標題 Depthカメラによる3次元魚群遊泳軌跡計測システムの構築
3. 学会等名 計測自動制御学会四国支部学術講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丁野直也, 竹内祐介, 福田耕治, 杉野隆三郎
2. 発表標題 共創における人の内部状態計測手法の検討
3. 学会等名 計測自動制御学会四国支部学術講演会2019
4. 発表年 2019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
研究分担者	三宅 修平  (Miyake Shuhei)  (00200139)	東京情報大学・総合情報学部・教授   (32515)	
研究分担者	福田 耕治  (Fukuda Koji)  (40208955)	阿南工業高等専門学校・創造技術工学科・教授   (56101)	
研究分担者	伊丹 伸  (Itami Shin)  (60212982)	阿南工業高等専門学校・創造技術工学科・講師   (56101)	