

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19792

研究課題名(和文) マルチモーダル・スモールデータに基づく群行動モデリング手法

研究課題名(英文) Behavior Modeling in School of Fishes Based on Multimodal and Small Data

研究代表者

大谷 雅之(Otani, Masayuki)

近畿大学・情報学部・講師

研究者番号：00782682

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、水産養殖の現場において限られたセンサを用いて魚群の群行動モデル構築を目指し、人感センサを用いた人の移動経路推定を行った。その成果は以下の通りである。(1)人感センサのみを用いた人の移動経路推定手法を提案し、複数の人感センサの位置と影響範囲、およびセンサデータから毎秒得られる出力値のみで人の移動経路を推定することに成功した。(2)トラッキングカメラが出力する推定位置情報に人感センサの位置などを基準点に用いることで、実世界における人の真の移動経路を算出する方法を考案した。これらの内容で6件の国内学会発表と、トップ国際会議IEEE WF-IoT2022での発表を行い、後者では受賞された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案した人感センサのみを用いた屋内位置推定手法は、屋内位置推定手法の研究分野においては珍しい方法である。一般的な屋内位置推定手法は、WiFi電波のように三点測位で実施するものや、センサの数を増やしたメッシュ状環境を想定しているものが多く、本研究のように人の有無のみを出力する少量のセンサで実施する例はない。

しかし、本手法は、水産養殖に限らず、屋内位置推定を要する様々な現場に適用可能であり、適用範囲が広い。特に、人の有無のみを出力する市販のセンサを数台購入するだけで済むため、設置が容易であり、屋内位置推定の試験導入としても利用できるため、社会的に意義がある手法であると言える。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aimed to propose a swarm behavior model of a school of fish using a limited number of sensors in the aquaculture field. Concretely, we addressed the problem of estimating human movement path using limited human sensors. The results are as follows. (1) We proposed a method for estimating human movement paths using only the data from human sensors, and succeeded to estimate plausible human movement paths using only the positions of sensors, the distances of influence of sensors, and output values obtained from sensors every second. (2) We proposed a method to calculate the true movement path of a person in the real world by using the positions of human sensors as reference points for the estimated position information output by the tracking camera. From these results, we made six domestic conference presentations and presented at the top international conference IEEE WF-IoT2022, and received an award at the latter.

研究分野：マルチエージェント

キーワード：マルチモーダルデータ スモールデータ 群行動モデリング 異常行動予測 屋内移動経路推定 環境刺激データ

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

クロマグロ養殖においては、沖出し前の稚魚が光や音などの環境刺激に驚いて狂奔遊泳を起こし水槽に衝突死する場合などが問題になっている。しかし、狂奔遊泳が発生する環境条件は、個体差などもあり正確には明らかになっていない。異常行動の発生を検出・予測し、いち早く対策を講じるために、環境刺激に対する群れの行動のモデル化が求められている。

群行動モデルの構築方法としては、群を観察した映像データなどから、機械学習を用いて行動モデルを構築する手法が一般的だが、これには大量の学習データを必要とする。養殖における群れの行動は常に同じではなく、生育段階に伴って変化する。クロマグロ稚魚の場合、沖出し直前の数日間が最も環境刺激に過敏になり狂奔遊泳が発生する。この期間の稚魚に様々な環境刺激を与え、データ収集を行うことが考えられるが、養殖現場で商品として飼育される稚魚に負荷をかけることは避ける必要があり、得られるデータは限定的である。

また、養殖現場は国内各地に存在するものの、水槽の配置や、通路の位置と現場作業員の導線、電源の位置などの要因で、カメラやセンサを配置する位置は観察対象となる水槽毎に異なる。カメラやセンサの配置が変われば、狂奔遊泳を起こすセンサデータの条件も変化するため、水槽が異なると学習したモデルも適用できない可能性が高い。このような、特定の現象を同定するために必要なセンサデータが限られている上、センサの位置に依存して環境刺激データが異なる環境下で群行動モデルを構築することが必要である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、養殖業などの生物の群れを扱う現場において、群れの異常行動を検出・予測できるように、現場で得られる限られたセンサやカメラなどのデータ（環境刺激データ）から、現場で何が起きているかを把握し、群行動モデル構築に供することである。そのために、環境刺激データ取得を行うデバイスの機能が限られ、数が少ない現場でも配備されたデバイスのみで群行動モデル構築に必要な情報を得る必要がある。この目的のため、本研究では、近畿大学水産研究所におけるクロマグロ種苗養殖現場を利用し、稚魚の遊泳行動を撮影した映像データと、水槽周辺に配備したセンサを通じて取得される環境刺激データ（照度、人感、等）を用いて、群行動モデル構築に利用するための現場周辺事象のモデル化を行う。

### 3. 研究の方法

群行動モデル構築には、現場に配備されたセンサを通して得られる環境刺激データを用いた周辺事象のモデル化が必要である。養殖現場で起きる現象とは、魚群への人間の接近や、光量の変化、音量の変化などが考えられる。本研究では、現場に複数台の人感センサのみが配備されているものとして、そのセンサから得られる時系列データのみから、水槽周辺を移動する人（現場作業員）の位置推定手法を考案し、その手法により正しく位置推定が行えるかどうかを、計算機シミュレーションと、水産養殖の現場での実験を通して明らかにする。水産養殖の現場として、近畿大学水産研究所大島実験場（和歌山県串本町）のクロマグロ稚魚水槽を利用する。クロマグロ稚魚は毎年8月頃に沖出しの時期を迎え、沖合にある生け簀に移されるが、沖出しの直前は稚魚が最も神経質になる時期であり、狂奔遊泳の発生とそれによる衝突死の頻度が高く、毎年当該時期にデータ取得を行うものとする。この際、人感センサデータに加えて、群行動モデル構築に必要なクロマグロ水槽の水面を写した映像データと、人感センサデータを用いて推定された経路の正しさを評価するために必要となる検証用データとして、現場の人の振る舞いを撮影した映像や、トラッキングカメラを所持した人による移動経路データなども合わせて取得する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 人感センサのみを用いた人の移動経路推定手法の基礎アルゴリズムの確立

魚群への人間の接近をモデル化すべく、環境中の複数の人感センサを用いて屋内水槽周囲の人物位置推定を行う手法を考案し、シミュレーションを通してその有効性を検証し、国内シンポジウム「第48回知能システムシンポジウム」において発表した[文献①]。この手法は、センサの位置座標と、センサの影響範囲（円形）、およびセンサが1秒毎に出力する人の有無のデータ（1または0）のみがわかっている環境（図1）で、移動経路  $p(t)$  を推定する手法である。基本アルゴリズムとしては、センサ出力値が変化した時点にそのセンサの影響範囲を表す円周上にあるものとして、無作為に候補となる点を選択した上で、他のセンサ出力値の変更地点との距離なども考慮して、現実的に最も有り得る解を選択する手法である。計算機シミュレーション上では概ね正しい経路が算出されることを確認している。

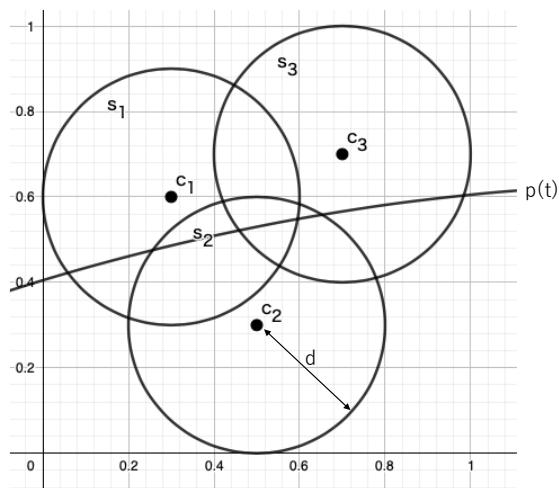


図1. センサの位置関係と人の移動経路

##### (2) 現実を考慮した移動経路推定手法への発展

(1)の手法の問題点として、センサ出力値の変化時にちょうど影響範囲の円周上にいることは稀で、影響範囲の円周近くではあるが少しずれた場所に位置することが多いことから、探索位置を円周上から円近傍にする必要があった。しかし、探索範囲が広がることで解探索の計算量が爆発的に増えることから、探索地点を離散化することで、計算量の増加を抑えながらより正確な解探索が行えるように拡張した。また、センサの影響範囲はセンサの個体差があるため、影響範囲の大きさが異なるセンサでも探索できるようにも拡張した[文献②]。また、解として算出された経路には急激な方向転換を行う場合などがあり、これも現場では現実的ではないため、推定経路の移動角度を考慮した解候補選択を行うようにも拡張している[文献③]。その結果、より正確な解が選択されるようになった。これらの成果についても、各種研究会において発表している。特にIoT技術についてのトップ国際会議「IEEE WF-IoT2022」にも採択され、共著の大学院生が研究発表を行ったところ、Student Paper Awardsの第1位を受賞するなど、研究成果が高く評価された[文献⑤]。

##### (3) 実世界における移動経路推定手法の検証

(1)の手法について、実際の人感センサを用いた有効性検証を行った。具体的には、人感センサを搭載したRaspberry Piで構築したデバイス（図2）を、配備した環境で、予め位置などを決めた直線上の経路を移動することで人感センサデータを取得し、推定された経路と、予め設定した直線経路と比較した[文献④]。その結果、以下のことが明らかになった。まず、この研究では(1)の手法を利用しているため、すべてのセンサには個体差はなく、センサの影響範囲も同じとしていたため、推定される移動経路が同じ方向にずれていく、という問題が報告された。また、誤差は影響範囲の個体差だけでなく、人の移動速度にも依存し、移動速度が速い場合にセンサ出力値が変わる際の解候補の存在する範囲も大きくなるため、推定精度が低下することが明らかとなった。移動速度は、データ取得のラグにも関係し、センサ影響範囲に実際に入った際に検出したセンサデータとして認識されてデータとして保存するまでに数秒のタイムラグがあることから、提案手法を用いてリアルタイムで推定を行う場合に大きな障壁となることが明らかとなった。



図2. 人感センサを搭載したデバイス

##### (4) 実世界で移動経路推定手法を評価する方法についての検討

人感センサのデータのみを用いた移動経路推定手法では、利用できるデータは人感センサの情報とその出力値のみであるため、本当は人がどこを移動したのか、という「真の移動経路」を知ることが原理的に出来ない。そのため、算出した移動経路の良し悪しについて「真の移動経路」とどのくらい離れているか、ということの評価する方法が存在しない。厳密には、シミュレーションにおいては、移動経路を生成する関数が明らかであるため評価は可能である。一方で実世界

においてはトラッキングカメラなどを利用して算出される経路はあくまでセンサの角度やカメラ映像から算出した「推定経路」であって、「真の経路」ではない。これは特に誤差を含んでいるデータであるため、なおさらである。そこで、トラッキングカメラで得られるデータについて、現場のセンサデータ配置などを利用して誤差を修正し[文献⑥]、擬似的な「真の経路」を作成するための方法を提案した[文献⑦]。これらの成果については、「計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2022」および「第 50 回知能システムシンポジウム」においてそれぞれ研究発表を行った。

<引用文献>

- ① 川北光起、大谷雅之. 離散センサデータを用いた人の位置推定. 第 48 回知能システムシンポジウム.
- ② 小川郁人, 川北光起, 大谷雅之. センサの有効範囲を考慮した離散センサデータを用いた屋内人物位置推定. 2021 年度情報処理学会関西支部大会.
- ③ 小川郁人, 川北光起, 大谷雅之. 人感センサを用いた屋内位置推定手法における移動角度の考慮. 計測自動制御学会 第 49 回知能システムシンポジウム.
- ④ 川北光起, 小川郁人, 大谷雅之. 人感センサを用いた屋内人物位置測位手法の実機検証. 計測自動制御学会 第 49 回知能システムシンポジウム.
- ⑤ Ikuto Ogawa, Masayuki Otani, Hitoshi Habe, Koji Abe, Nobukazu Iguchi. Indoor Positioning Method using Time-Series Data of Multiple Human Sensors. IEEE 8th World Forum on Internet of Things (WF-IoT2022) (1<sup>st</sup> Student Paper Awards)
- ⑥ 谷川凌弥, 大谷雅之, 波部斉, 阿部孝司, 井口信和. 屋内位置推定アルゴリズム評価のためのトラッキングカメラデータを用いた基準経路算出. 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2022 (SSI2022).
- ⑦ 谷川凌弥, 大谷雅之, 波部斉, 阿部孝司, 井口信和. トラッキングカメラデータを用いた屋内位置推定アルゴリズム評価手法. 第 50 回知能システムシンポジウム.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 川北光起, 小川郁人, 大谷雅之
2. 発表標題 人感センサを用いた屋内人物位置測位手法の実機検証
3. 学会等名 計測自動制御学会 第49回知能システムシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川郁人, 川北光起, 大谷雅之
2. 発表標題 人感センサを用いた屋内位置推定手法における移動角度の考慮
3. 学会等名 計測自動制御学会 第49回知能システムシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川郁人, 川北光起, 大谷雅之
2. 発表標題 センサの有効範囲を考慮した離散センサデータを用いた屋内人物位置推定
3. 学会等名 2021年度情報処理学会関西支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川北起光, 大谷雅之
2. 発表標題 離散センサデータを用いた人の位置推定
3. 学会等名 第48回知能システムシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ikuto Ogawa, Masayuki Otani, Hitoshi Habe, Koji Abe, Nobukazu Iguchi
2. 発表標題 Indoor Positioning Method using Time-Series Data of Multiple Human Sensors
3. 学会等名 IEEE 8th World Forum on Internet of Things (WF-IoT2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷川凌弥, 大谷雅之, 波部齐, 阿部孝司, 井口信和
2. 発表標題 屋内位置推定アルゴリズム評価のためのトラッキングカメラデータを用いた基準経路算出
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会2022 (SSI2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷川凌弥, 大谷雅之, 波部齐, 阿部孝司, 井口信和
2. 発表標題 トラッキングカメラデータを用いた屋内位置推定アルゴリズム評価手法
3. 学会等名 第50回知能システムシンポジウム
4. 発表年 2023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
研究協力者	阿部 孝司  (Abe Koji)	近畿大学・情報学部・准教授  (34419)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	波部 斉  (Habe Hitoshi)	近畿大学・情報学部・准教授  (34419)	
研究協力者	井口 信和  (Iguchi Nobukazu)	近畿大学・情報学部・教授  (34419)	
研究協力者	升間 主計  (Masuma Shukei)	近畿大学・水産研究所・所長  (34419)	
研究協力者	岡田 貴彦  (Okada Tokihiko)	近畿大学・水産養殖種苗センター・センター長  (34419)	
研究協力者	澤田 好史  (Sawada Yoshifumi)	近畿大学・水産研究所・大島実験場長  (34419)	
研究協力者	井土 孝志  (Ido Takashi)	近畿大学・水産養殖種苗センター  (34419)	
研究協力者	片山 茂和  (Katayama Shigekazu)	近畿大学・水産養殖種苗センター  (34419)	
研究協力者	川北 光起  (Kawakita Koki)	近畿大学・総合理工学研究科・大学院生  (34419)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	小川 郁人  (Ogawa Ikuto)	近畿大学・総合理工学研究科・大学院生  (34419)	
研究協力者	谷川 凌也  (Tanigawa Ryoya)	近畿大学・総合理工学研究科・大学院生  (34419)	

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