

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K06410

研究課題名(和文)非AI的手法による集合知の解析

研究課題名(英文)Analyses of collective intelligence with non-AI approaches

研究代表者

徳永 幸彦 (TOQUENAGA, Yukihiro)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：90237074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：非AIを使った集合知のアルゴリズムとして、3つを提案した。minimized Boidを構築する研究では空間座標を一切用いることなく、群を構成する各エージェントが発する信号強度のみを使って、群の集合、リーダーへの追従、そして障害物回避後の再集合など、オリジナルのBoidアルゴリズムの機能を再現するアルゴリズムの構築をした。また、実際にこのアルゴリズムをToioに実装し、実空間で機能することを確かめた。その他に、ネットワークカメラで撮影された画像から古典的な画像処理だけでサギ類の個体数を推測する方法や、訪花の飛行経路だけからマルハナバチの巣の位置を推定するアルゴリズムを確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Boidアルゴリズムは群行動の基本モデルとして長らく活用されて来たが、現実には群れている生物はxyz座標を知ることがないという前提が等閑にされてきた。minimized Boidは全ての個体が自分と他人の座標をまったく知らなくても、Boidのように振舞えることを示した点で、より単純な仕組みで群ロボットなどを実装出来る可能性を示した。また、深層学習などが全盛の中、解像度がそこそこの映像からでも対象生物の個体数推定が出来ることや、訪花個体の飛行経路だけから送粉社会性昆虫の巣の位置を推定出来る方法など、実用性の高いアルゴリズムが提出出来たことは意義深い。

研究成果の概要(英文)：This project proposed three algorithms with the non-AI collective approach.

The first one is minimized Boid that only used signal strengths of agents and achieved equivalent performance (gathering, leader following, and reunion after splitting by obstacles) of the original Boid algorithm without using any spatial information. Minimized Boid was successfully implemented to Toio in the real world. The second algorithm used classical image analyses for counting the number of herons and egrets in long-term footages with network cameras. The final algorithm used only flight paths of foraging bumblebees for estimating their nest locations.

研究分野：理論生物学

キーワード：人工知能 集合知 minimalist boid コロニー形成 ネットワークカメラ

1. 研究開始当初の背景

CI(Collective Intelligence、集合知)は、今日人間の社会や経済活動の予測や制御にとって有用な概念となっているが、その出自であるところの生物学、特に生態学や行動学への応用については、ある意味間違った方向に研究が進んでいるようにみえる。本研究では、CIの本来の発想に立ち返り、敢えて非 AI(Artificial Intelligence、人工知能)的手法を用いて、CIの再構築を試みる。具体的には、情報をできる限り捨象した個体の為の群形成アルゴリズムを構築する。その一方で、ネットワークカメラによる連続撮影によって得られたビッグデータや、訪花昆虫の採餌軌跡から、集団繁殖する生物の群れ形成や巣の位置を推定するアルゴリズムを構築する。これらの2つのアプローチを比較検討することによって、生物の集合知の本来の姿を浮き彫りにし、得られたアルゴリズムの人間社会への応用を考える。

2. 研究の目的

- (1) CIをもう1度真摯に、AIのような中央集権的なアプローチ抜きに捉え直す。つまり、非AI的な簡単な手法を積極的に使うことによって、むしろ集団としてのCIが導き出されるプロセスを再現する。そのために、合成的(synthetic)と解析的(analytic)両方のアプローチを用いる。合成的アプローチとしては、群れる主体に持たせる情報をなるべく捨象した群れモデル(minimized boid: mini-Boid)を構築する。
- (2) 空撮映像、および日本最大級のコロニー2箇所に既に設置し観察を始めているネットワークカメラからの映像と、新規に1箇所設置するネットワークカメラからの映像を解析し、コロニー形成から崩壊に至るまでの群れ形成のビッグデータから、よりマクロな形での群れ形成アルゴリズムを導出する。
- (3) 訪花個体の飛行軌道から推測されるCIとしてのマルハナバチの巣の位置を推定するアルゴリズムを構築し、シビックサイエンスに活用できるアプリを提供する。

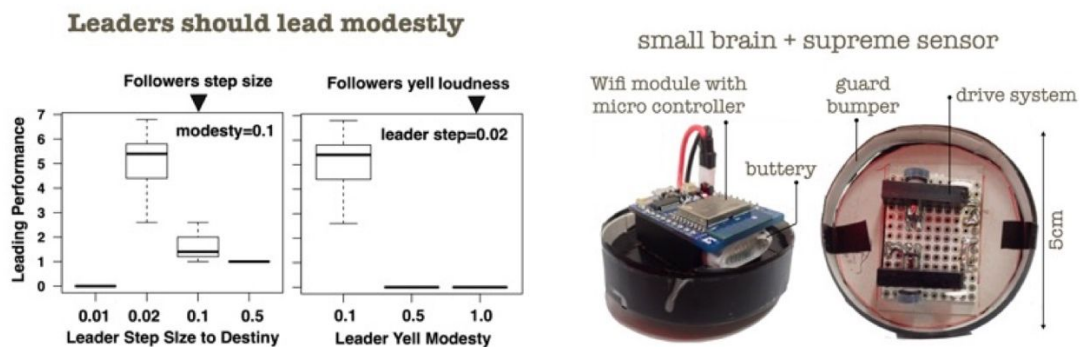
3. 研究の方法

- (1) Rubyで構築されたmini-Boidのプロトタイプを、GO言語に翻訳し、ソフトウェア的にmini-Boidのアルゴリズムを構築した。また、八木宏樹氏がGitHub上で公開するcanvasライブラリ(<https://github.com/h8gi/canvas>)による描画機能を実装した。実世界での実装例として、安価なWifiモジュールを使った実装や、Toio SDK unityとToioの実機を使った実装を行なった。
- (2) 鹿島コンビナートに日本最大の風力発電機が建設されるのを契機に、その観察塔上の地上80mの位置に、日本最大のサギ類繁殖地のコロニー形成の一部始終を観測するために取りつけたネットワークカメラや、および、土浦市内のサギ類のコロニーを観測するために、地上20mから本研究予算で設置したネットワークカメラによって取得した画像の中の、サギ類の個体数を推定した。RGBからHSLに画素を変換した後、Rのimagerライブラリのopening/closing関数を使って二値化した後、サギ個体と認識できる点の数を数えることに2018年春から2021年春の個体数推定を行なった。
- (3) マルハナバチ類の訪花の軌跡をスマホで記録するだけで、マルハナバチの巣の場所を推定するアルゴリズムを構築した。プロトタイプはバックエンドにGO言語、フロントエンドにVue.jsを用い、デー

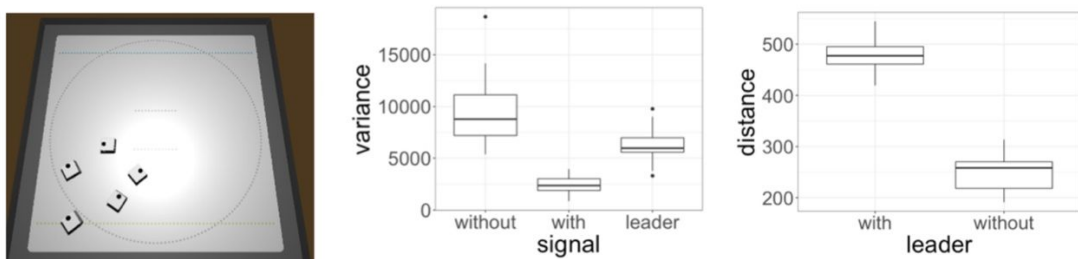
データベースにはクラウドのファイアーベースを用いたものを構築した。その後、取得データの秘守性を高めるために、ウェブサーバーも自前で立て、そこに R の Shiny-server を立て、全て Shiny アプリケーションとして構築し直した。

4. 研究成果

- (1) ソフトウェアとしての miniBoid は、オリジナルの boid アルゴリズムのパフォーマンス、すなわち、群の構築、リーダーへの追従、そして障害物回避後の再集合の全てを実現することが出来、その成果を SWARM 2019 (OIST, Okinawa) について口頭発表を行なった。リーダーに追従する場合に、リーダーのステップサイズと、発する信号は小さくしなければいけないことが明らかになった。また、プロトタイプの実装として、小型の Wifi モジュールを用いた現実世界への実装例を、SWARM 2019 (OIST, Okinawa) にてポスター発表を行なった。

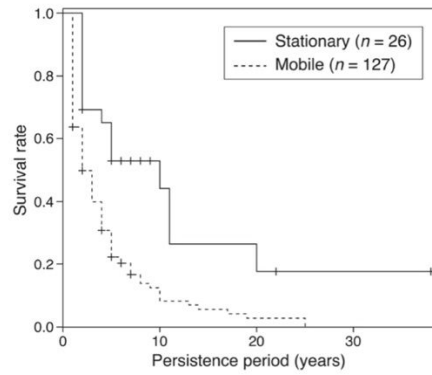
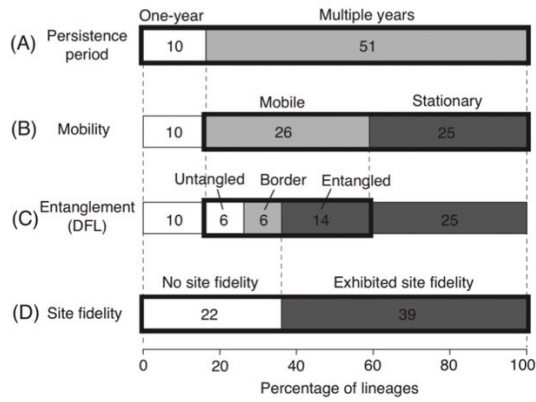


また Toio を使った実装においては、mini-Boid アルゴリズムによる個体の集合と、リーダーへの追従を実装することが出来た。

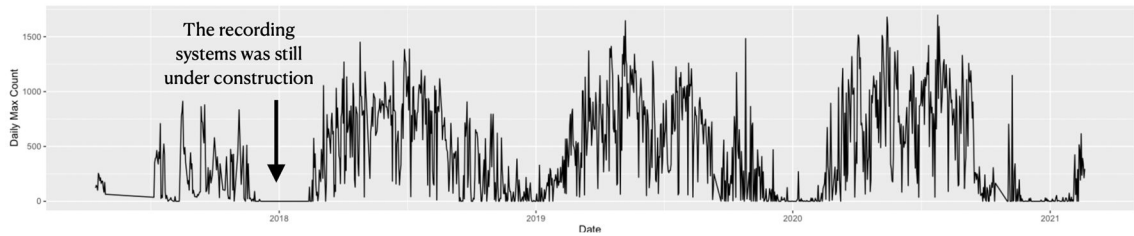


現在、これらの成果について論文を執筆中である。

- (2) ネットワークカメラによる観察を支える、30 年におよぶサギ類コロニーの観察結果から得られた、コロニーというマクロな生物群集の site fidelity を、世界で初めて明らかにすることが出来た (Mashiko and Toquenaga, 2018)。その結果、形成された 61 個のコロニー系列のうち、実に 2/3 は同一地点に留まろうとする傾向があることが分り、更に、ある場所に固執するコロニーほど長続きすることが明らかになった。

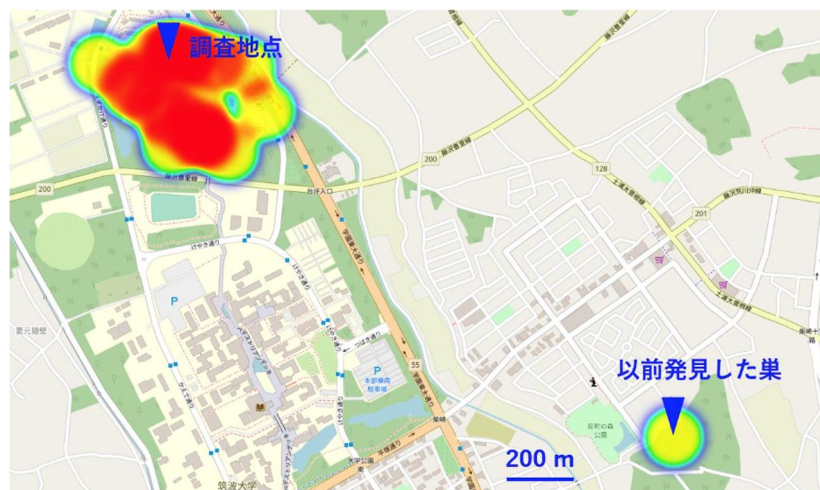


また、鹿島コンビナートの 2018 年 4 月から 2021 年 4 月までのネットワークカメラの映像から自動的に個体数推定を行ない、日本生態学会第 68 回大会(岡山)にてポスター発表を行った。



これら自動個体推定アルゴリズムは、久慈川や土浦のコロニーについても開発しており、これらの結果については、現在論文を作成中である。

(3) マルハナバチの訪花飛行軌跡から巣の位置を推測するアルゴリズムについては、クラウド=アプリケーションを使った場合、2020 年の春の学生実習中に、現実に存在するコマルハナバチの巣の位置を当てることが出来た。



このアルゴリズムについては、SWARM 2019 (OIST, Okinawa)、およびミツバチサミット 2019(つくば)にてポスター発表を行った。現在、これらの研究内容について、論文を執筆していると共に、Shiny 版の Web アプリの公開を予定している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Mashiko, M., Y. Toquenaga	4. 巻 41(4)
2. 論文標題 Site fidelity in lineages of mixed-species heron colonies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Waterbirds	6. 最初と最後の頁 355-365
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1675/063.041.0412	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4件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Toquenaga, Y
2. 発表標題 Minimized BOID: Aggregation, Reunion, and Following without Spatial Information
3. 学会等名 SWARM2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mashiko, M. and Y. Toquenaga
2. 発表標題 Positive/negative aspects of Grey Herons and Great Egrets on conservation of mixed-species heron colonies in Japan
3. 学会等名 Waterbirds Society 43rd Meeting（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nohara, D., R. Okamoto, and Y. Toquenaga
2. 発表標題 The Blind Swarm System with Minimized Boid An Implementation of a Swarm System Only Requires a Single Signal
3. 学会等名 SWARM2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakaizumi, Y., W. Mukaimine, and Y. Toquenaga
2. 発表標題 Being Dumbledore's Army
3. 学会等名 SWARM2019 (国際学会)
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
---------------------------	-----------------------	----

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