

令和 6 年 4 月 16 日現在

機関番号：11301

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H05103

研究課題名（和文）ヘテロ群知能：多様な細胞の集団動態から切り拓く群知能システムの革新的設計論

研究課題名（英文）Heterogeneous swarm intelligence: Innovative design of swarm intelligence inspired by collective behavior

研究代表者

加納 剛史 (Kano, Takeshi)

東北大学・電気通信研究所・准教授

研究者番号：80513069

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 7,000,000円

研究成果の概要（和文）：本領域は、物理工学、生物学、医学分野の融合により、「ヘテロ群知能」という新たな研究領域の創成を目指すものであり、総括班は、多様性に富んだ専門分野の研究者間のスムーズな連携の促進、国内外の関連分野から広く情報を収集するための体制作りを主な役割としている。研究期間内にオンラインや対面で領域推進会議を計15回開催した他、slackによるメンバー間の円滑な連携、ホームページでの研究成果周知、日本科学振興協会キックオフミーティングでの領域紹介、学術変革領域B領域横断研究交流会、学会で国内外の関連研究者を招いてのミニシンポジウムやワークショップ開催、国際学術誌の群知能特集号企画などを行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物の群れが示す知能的な振る舞いは、群れの構成要素間の局所的なやり取りによって創発的に生み出されている。本領域は、様々な性質を持つ群れの構成要素が変動環境下において適切な役割を自身で見つけながら秩序を創発し、高い機能を発揮し続けるヘテロな群知能システムの設計原理を明らかにすることを目指している。生物学的手法による高精度の実データ解析と数理モデリングによる構成論的アプローチの融合により原理を抽出できた点、さらに、それが群ロボットの開発等の応用につながり得る点に学術的意義がある。また、学際的な新しい学問分野をホームページ等により社会に発信できた点に社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：This field aims to create a new research domain called 'heterogeneous swarm intelligence' through the fusion of physics, biology, and medical sciences. The coordinating team's main role is to facilitate smooth collaboration among researchers from diverse specialist fields and establish a framework for collecting information widely from domestic and international related fields. During the research period, we held a total of 15 research meetings online and in person, facilitated smooth collaboration among members via Slack, disseminated research outcomes through our website, introduced the field at the Japan Science and Technology Agency kickoff meeting, held an interdisciplinary research exchange meeting for transformative research areas B, organized mini-symposiums and workshops with domestic and international researchers at conferences, and planned a special issue on group intelligence for an international academic journal.

研究分野：数理モデリング

キーワード：ヘテロ群知能 自己組織化 自己駆動

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「群れ」る現象は、分子、微生物、動物個体から、人間関係に及ぶまで、自然界において広く見られる。「群れ」は、全体を俯瞰して各個体に細かく指示を与える司令塔がいなくても、集団全体があたかも意思を持った一つの個体であるかのように知能的に振る舞うことができる。例えば、アリには、状況に応じて複数の個体が体をつなげて橋や舟を作るなどの知的かつ合目的な集団行動が見られる。一匹一匹のアリは単純なルールに基づいて行動しているだけであり、その局所的相互作用が創発的に集団の動態を生み出している。このような「個」と「全体」をつなぐ原理を明らかにし、群ロボットシステムや群最適化アルゴリズム等の工学システム的设计へと役立てる「群知能」と呼ばれる分野が発展しつつある。

2. 研究の目的

本領域では、既存の群知能システムの限界を突破し、新しい設計論を提案することを目指す。既存の群知能研究が対象としていたのは、主に性質が同じ個体と同じ役割を果たす集団であり、それゆえ達成できる機能が画一的で、その環境適応能力はきわめて限定的であった。本領域では、様々な性質を持つ個体の変動環境下において、適切な内部状態や果たすべき役割を自身で見つけ出しながら秩序を創発し、合目的かつ適応的にハイアベレージな機能を発揮するヘテロな群知能システムを提案する。

総括班においては、多様性に富んだ専門分野の研究者間のスムーズな連携の促進、国内外の関連分野から広く情報を収集するための体制づくりを目的とする。

3. 研究の方法

本領域では、生物学的手法による高精度の実データ解析と数理モデリングによる構成論的アプローチを融合し、細胞群知能の原理を解明する。さらに、抽出した制御原理を用いて、群ロボットの開発や細胞群の人為的な操作による再生医療への展開も行い、その汎用性・応用可能性も示す。

総括班においては、現場主体の小回りのきく若手研究者の集団としての利点を活かし、会議、勉強会、共同研究の場を設定し、個々の研究の効率的な遂行、研究方針の調整を支援する役割も担う。事務局（加納）による管理・運営の下、研究協力者の梅津、金子、末岡とともに、以下のように総括班の活動を行う。

研究方針の作成と企画調整

計画研究代表者による領域推進会議において、研究進捗状況や国内外の研究動向について議論を行う。また、領域外の研究者との交流を図るとともに、領域外の動向を踏まえて領域全体の研究・運営方針の策定と企画調整を行う。企画・国際連携担当（梅津）、会議・技術交流担当（金子）が企画・開催する。

各計画研究との連絡調整

小規模である利点を活かし、クラウドベースのチャットツールなどやビデオ会議を用いたこまめな連絡調整が可能な体制づくりを企画担当（梅津）が執り行う。

研究領域における研究評価

定期的に領域推進会議をオンラインおよび対面で開催する。未発表データをもとに綿密な議論を行い、必要に応じて研究指針の見直しを図る。

研究成果の発信

広報担当（末岡）を中心として領域 HP を作成し、成果を国内外に広く発信して領域の認知度を上げるとともに、各所属機関の広報と連携してプレスリリースなどを積極的に行う。

また、外部評価者として、社会性昆虫の群知能の原理を追求している西森拓博士（明治大学）、群ロボットの分野で世界をリードする Dario Floreano 博士（EPFL）を迎え、助言を受ける。

4. 研究成果

以下の活動を行った。

研究方針の作成・研究評価

領域推進会議をオンラインおよび対面で計 15 回開催し、国内外の研究動向を踏まえて学際的な研究を推進すべく議論を行った。また、外部評価者から研究方針について助言を受けた。

企画調整

領域外の研究者との交流を図るため、国内外の関連研究者に声がけして以下の企画を行った：

- ・ 学術変革領域 (B) 「SPEED」「ヘテロ群知能」「遅延制御」領域横断研究交流会を開催し、各領域メンバーから研究紹介を行い、活発な議論を行った。(2022.4.21)
- ・ 計画班 A02 班の梅津がオーガナイザーを務め、第 55 回発生生物学会年会フリースタイルワークショップ「発生生物学スピンオフ：細胞が創発する「知能」的な振る舞いの原理に迫る」を行った(2022.5.31).
- ・ 計画班 A01 班の加納、A02 班の梅津がオーガナイザーを務め、第 45 回分子生物学会年会ワークショップ「動き回るヘテロな細胞集団の群知能的動態に迫れ」を開催した(2022.11.30).
- ・ 計画班 A01 班の加納、A02 班の梅津がオーガナイザーを務め、第 46 回分子生物学会年会ミニシンポジウム「群知能に共通原理は存在する？」を開催した(2023.12.8).
- ・ 計画班 A01 班の加納、末岡がゲストエディタを務め、Journal of Robotics and Mechatronics 特集号"Design of Swarm Intelligence Through Interdisciplinary Approach" (Vol. 35, No. 4, 2023) を企画した。

各計画研究との連絡調整

Slack のワークスペースを作成し、メンバー間の円滑な連携を行った。

研究成果の発信

ホームページで研究成果を周知した。

日本科学振興協会キックオフミーティングにて、領域紹介をポスターで行った(2022.6.18-19).

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 0件）

1. 著者名 Kano Takeshi	4. 巻 35
2. 論文標題 Review of Interdisciplinary Approach to Swarm Intelligence	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 890 ~ 895
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2023.p0890	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0件

〔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	金子 奈穂子 (Kaneko Naoko) (20464571)	同志社大学・脳科学研究科・教授 (34310)	
研究分担者	末岡 裕一郎 (Sueoka Yuichiro) (50756509)	大阪大学・大学院工学研究科・助教 (14401)	
研究分担者	梅津 大輝 (Umetsu Daiki) (60620474)	大阪大学・大学院理学研究科・講師 (14401)	

	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	脇田 大輝 (Wakita Daiki) (00970419)	東北大学・電気通信研究所・特任助教 (11301)	

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	蘇武 佑里子 (Sobu Yuriko) (80825068)	同志社大学・脳科学研究科・助教 (34310)	

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2件

国際研究集会 第45回分子生物学会年会ワークショップ『動き回るヘテロな細胞集団の群知能的動態に迫れ』	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 第46回分子生物学会年会ワークショップ『群知能に共通原理は存在する？』	開催年 2023年～2023年

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