



研究領域名 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

東北大学・電気通信研究所・准教授

かのう たけし
加納 剛史

領域番号：21B207 研究者番号：80513069

【本研究領域の目的】

生物の「群れ」は、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。この振る舞いは、群れの構成要素（以下、「自律個」と呼ぶ）の間の局所的なやり取りによって創発的に生み出されており、「群知能」と呼ばれる。本研究領域では、様々な性質を持つ自律個が変動環境下において適切な役割を自身で見付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標とする。

本研究領域では特に、動き回る細胞の群れに注目する。生体組織の多くは多種多様な細胞から構成されていて、また、同一種の細胞群だけに注目しても、遺伝子発現の揺らぎ等により各細胞の性質は不均一である。細胞単体では限られた計算能力しか持たないが、性質の異なる個々の細胞が相互作用しながらその内部状態・役割を適切に変化させることで、変動する環境に適応し、全体として優れた機能を発揮する。

この細胞の群れが示す知能的な振る舞いの発現原理を、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することで、明らかにする。さらには、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（図1）。

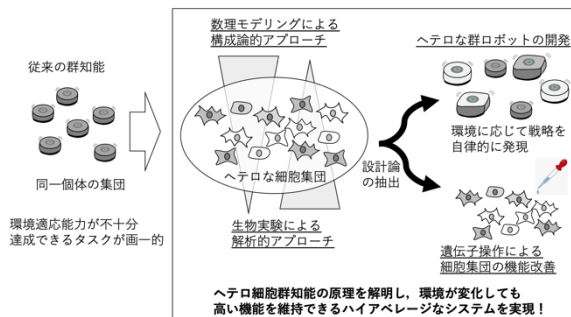


図1：研究概要

【本研究領域の内容】

「細胞群知能」の特徴は、性質や性能が不均一な細胞からなる集団が、変動環境下でも安定的に生命機能の基盤となる構造や挙動を生み出す点にある。それを可能にしているのは細胞群に内在する不均一性である。本研究領域では、ヘテロな細胞集団の群知能現象の解明を通し、群知能システムの新たな設計論を構築する。A02、A03 班は『生体内の動く細胞』の集団動態に注目している。A02 班は外部からの摂動に対するヘテロな系の優位性、A03 班はタスクア

ロケーションの最適化というそれぞれ異なる群知能に注目しているが、A01 班では数理モデリングを基盤とした構成論的アプローチにより細胞群知能の共通原理を抽出し、システムの設計論を築く。以下に各計画研究の具体的な研究内容を示す：

- **A01班**：A02、A03の異なる生命現象の数理モデリングを通し、細胞群知能に内在する制御則の抽出と、群知能ロボットを用いた制御則の応用可能性の検証を行う。
- **A02班**：ショウジョウバエの変態過程において、組織モデリングの際に見られるヘテロな動態活性を持つ筋細胞群による筋肉再構築の分子機構と原理を明らかにする。
- **A03班**：マウスの脳内再生過程において、複数のタスクを時空間的に遷移しながら分担するヘテロな新生ニューロン群による神経回路の可塑性や再生を解析する。また、再生促進因子を探索し、神経機能改善への道筋を拓く。

【期待される成果と意義】

本研究領域は、ヘテロな群知能に内在する制御原理の解明、さらには予測不能な環境下でハイアバレッジな機能を発揮するシステムの設計論構築につながる。構築した設計論は、将来的に以下に示すような多様な分野での応用が期待できる：

- (1) **再生医療**：限りある細胞リソースを動員して機能再建という目的を達成するという有効で安全な再生医療の実現につながる。
- (2) **ロボティクス**：「目的達成のための戦略を状況に応じて自分で編み出す知能的な群ロボット」が実現できる。災害現場や宇宙等の幅広い環境への応用が期待できる。
- (3) **人工知能**：状況に応じた戦略を自発的に編み出し目的を達成する、「創造力のある人工知能」の実現につながる。
- (4) **情報・通信工学**：局所情報を基に大域的な目的を達成する新しいIoT技術を開発できる。

【キーワード】

群知能、細胞群、自律分散制御、自己駆動系、群ロボット

【領域設定期間と研究経費】

令和3年度－5年度
105,100 千円

【ホームページ等】

[http:// heteroswarm.org](http://heteroswarm.org)

tkano@riec.tohoku.ac.jp