

# 放牧牛群の行動観察を目的とした モバイルネットワーク構築手法の提案

岡部光汰<sup>1</sup> 李根浩<sup>1</sup> 相澤綾一<sup>1</sup> 坂口聖弥<sup>1</sup> 杉野文章<sup>2</sup>

**概要:** 近年、モバイルネットワークに対応したセンサーの発展に伴い、センサーネットワーク構築に関する研究が盛んに行われている。これらの応用を達成するためには様々な要素や技術が必要である。多くの研究では、センサーの配置や移動に注目している。しかしながら、これらの移動制御は堅牢なネットワークを提供するが、ネットワークの柔軟性という点では課題が残っている。本稿では通信を用いた相互作用による自己組織化ネットワークの構築方法を提案する。具体的にはローカルコミュニケーションのみを用いる手法であり、センサーの移動や消失に対して有効かシミュレーションで検証し、放牧牛群の行動観察に応用可能か検討している。

**キーワード:** モバイルネットワーク, 自己組織化, ローカルコミュニケーション

## Mobile network construction algorithm for behavior observation of a heard of grazing cows

KOTA OKABE<sup>†1</sup> GEUNHO LEE<sup>†1</sup>  
RYOICHI AIZAWA<sup>†1</sup> SEIYA SAKAGUTI<sup>†1</sup> FUMIAKI SUGINO<sup>†2</sup>

**Abstract:** In recent years, with the development of sensors that are compatible with mobile networks, there has been a lot of research on building sensor networks. In order to realize these applications, various elements and technologies are required. Although many studies have focused on sensor placement and movement, the problem of constructing a robust and flexible network remains. In this paper, we propose a method for constructing self-organizing networks through communication-based interaction for the purpose of managing grazing cattle rearing. Specifically, the method uses only local communication, and its effectiveness against sensor movement and disappearance is verified by simulation.

**Keywords:** mobile networks, self-organizing, local communication

### 1. はじめに

近年、モバイルネットワークに対応したセンサーの発展に伴い、センサーネットワーク構築に関する研究が盛んに行われている。これらの応用を達成するためには様々な要素や技術が必要である。多くの研究では、センサーの配置や移動に注目している[1-5]。しかしながら、これらの移動制御は堅牢なネットワークを提供するが、ネットワークの柔軟性という点では課題が残っている。配置を行いながら隣接するセンサーとの通信パスを生成することが不可欠である。また、センサーの動きに応じてネットワークの繋がりを適応させることも必要であり、センサーの故障等によるネットワークの障害にも対応できることが望ましい。

本稿では図1のように自己組織化のセンサーを利用した放牧牛の行動観察を目的としたコミュニケーションを用いた相互作用による自己組織可能なネットワーク構築手法を提案する。具体的には、図2に示すようにローカルコミュニケーションのみを用いた相互作用によって、ネットワー

クを構築する分散制御手法を紹介する。特に提案する手法は、このネットワークがセンサーの移動や消失、通信のレイテンシーに対しても有効であるか、シミュレーションで検証を行う。

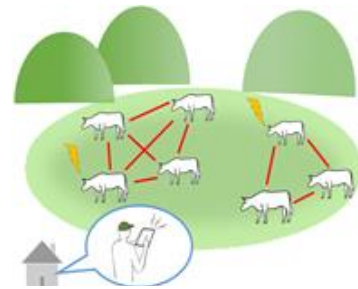


図1 放牧管理の概念図

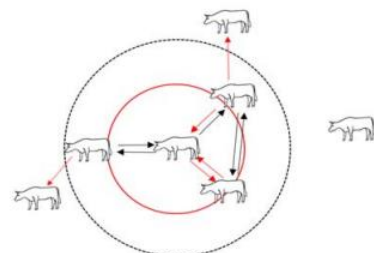


図2 ローカルネットワークの集合による自己組織化ネットワーク

<sup>1</sup> 宮崎大学  
University of Miyazaki

<sup>2</sup> 宮崎県畜産試験場  
Miyazaki Livestock Experiment Station

## 2. 構築手法の紹介

Local Communicative Interaction(LCI)手法は個々のセンサーが最小の能力でネットワークを構築し、変化に適応できる自己組織的なネットワークを分散的な処理を可能としている。この手法のメリットとしては、局所的なネットワークを構築することにより、①トポロジー変化の局所化、②メッシュネットワーク構築によるネットワークのロバスト性、③ネイバーを利用することにより経路探索の効率化、④ローカルネットワークを構築することにより自身の周囲のネットワークの情報を得ることを可能とする(図2参照)。

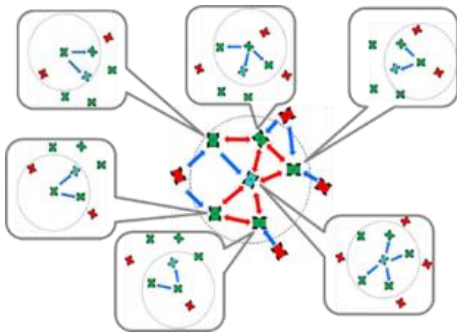


図 2 センサネットワークアルゴリズムの概念図

近隣のロボットからID情報を収集し、その情報を元に、ネイバーと呼ばれる、ローカルネットワークを構築するためのロボットを選択する。図3において、ロボット $r_i$ は自身の通信範囲内(CB)のロボットに対してメッセージを送信する。これに返信してきたロボットのIDを1Hopロボット集合 $C_i^1$ に追加する。 $C_i^1$ に含まれるロボット $r_i$ に対して、 $r_j$ の $C_i^1$ である $C_j^1$ を要求し、 $C_j^1$ を収集する。収集した $C_i^1$ と $C_j^1$ を用いて、2Hopとなるロボット $C_i^2$ を求め、 $C_i^2$ を求めることにより、図4のように、1Hopと2Hopのつながりを求め、 $C_i^1$ と $C_j^2$ への繋がりを $f_{i,21}$ と定義する。これらのリストをそれぞれ $T_{i,12}$ 、 $T_{i,21}$ とする。次に、 $r_i$ はローカルネットワークの構造を決定するために、 $T_{i,12}$ 、 $T_{i,21}$ を用いてネイバーを選択する。第一のネイバー $r_{n1}$ は、 $T_{i,21}$ の中で最も多い $C_i^1$ のロボットを選択される。この $r_{n1}$ をネイバーの集合である $N_i$ へ追加する。そして、 $C_i^2$ 及び $T_{i,21}$ より、 $r_{n1}$ と繋がるロボットを削除する。そうして $C_i^2$ 及び $T_{i,21}$ を更新し、 $C_{i(1)}^2$ 、 $T_{i,21(1)}$ となる。再び、この $C_{i(2)}^2$ 、 $T_{i,21(2)}$ より最も多く含まれているロボットを選択し $r_{n2}$ とする。このように、ネイバーを選択し、 $C_i^2$ 及び $T_{i,21}$ を更新していき、 $C_i^2 = \emptyset$ となるまで繰り返す。そうすると $r_i$ のネイバーは図5のように $N_i = \{r_k, r_i\}$ となり、 $r_i$ のローカルネットワークが構築される。 $C_{i(1)}^2$ 、 $T_{i,21(1)}$ となる。再び、この $C_{i(2)}^2$ 、 $T_{i,21(2)}$ より最も多く含まれているセンサーを選択し $r_{n2}$ とする。このように、ネイバーを選択し、 $C_i^2$ 及び $T_{i,21}$ を更新していき、 $C_i^2 = \emptyset$ とな

るまで繰り返す。そうすると $r_i$ のネイバーは $N_i = \{r_k, r_i\}$ となり、 $r_i$ のローカルネットワークが構築される。

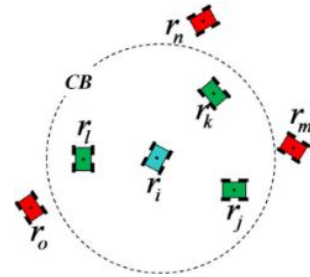


図 4 ローカルネットワークの構成

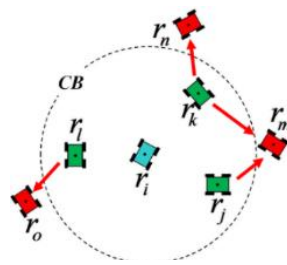


図 4  $C_i^1$ の通信関係

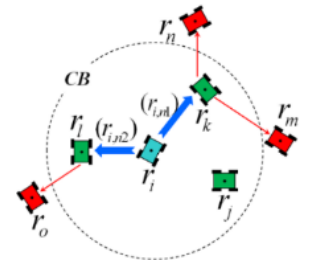


図 5 ネイバー選択

## 3. おわりに

本稿では、最小限の局所的な情報のみを用いて、ネットワークを構築し、グローバルなコネクティビティとパスを実現できるような手法である。この手法は過去の情報を記憶、直接的なコミュニケーションを必要とせず、間接的なコミュニケーションを利用して協調的に動作するようにし、自己組織化を達成する。従って、提案する手法によりネットワークの変化や損失に適応し、自己修復が可能である。

### 謝辞

本研究は、「公益財団法人電気通信普及財団」から支援を受けたものである。付記し感謝申し上げます。

### 参考文献

- [1] Q. Lu, G. M. Fricke, T. Tsuno and M. E. Moses, "A Bio-Inspired Transportation Network for Scalable Swarm Foraging", 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 6120–6126, 2020.
- [2] Y. Guo, W. Wang and S. Wu, "Research on robot path planning based on fuzzy neural network and particle swarm optimization", 2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC), pp. 2146–2150, 2017.
- [3] O. I. Khalaf, F. Ajesh, A. A. Hamad, G. N. Nguyen and D. -N. Le, "Efficient Dual-Cooperative Bait Detection Scheme for Collaborative Attackers on Mobile Ad-Hoc Networks", in IEEE Access, vol. 8, pp. 227962–227969, 2020.
- [4] "O. S. Oubbati, M. Atiquzzaman, P. Lorenz, M. H. Tareque and M. S. Hossain, "Routing in Flying Ad Hoc Networks: Survey, Constraints, and Future Challenge Perspectives", in IEEE Access, vol. 7, pp. 81057–81105, 2019.
- [5] D. Zhang, H. Ge, T. Zhang, Y. Cui, X. Liu and G. Mao, "New Multi-Hop Clustering Algorithm for Vehicular Ad Hoc Networks", in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 20, no. 4, pp. 1517–1530, April 2019.