

モバイルセンサーネットワーク生成手法を用いた 牛の群行動判別

岡部光汰¹ 李根浩¹ 相澤綾一¹ 坂口聖弥¹

概要: 近年, ICT 技術を導入したスマート畜産が注目されている. その一方で, 排せつ物処理等の省力化, 飼育コストの低減が期待できる放牧という家畜管理方法がある. しかしながら, 放牧環境ではインフラが整備されていない状況が考えられる. また, 牛同士の関係性の把握は放牧時においても必要不可欠となっている. そのため, インフラが不要な通信手段による牛の移動に対応するネットワーク生成手法を提案する. 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生成手法を用いた群行動判別を紹介する. 提案する手法は, 放牧環境での実地実験とシミュレーションによって有効性を示す.

キーワード: スマート畜産, 自己組織化, ネットワーク

Cattle Herd Behavior Discrimination Using Mobile Sensor Network Generation Method

KOTA OKABE^{†1} GEUNHO LEE^{†1}
RYOICHI AIZAWA^{†1} SEIYA SAKAGUTI^{†1}

Abstract: In recent years, smart livestock production has been attracting attention. On the other hand, pasturage is a livestock management method that is expected to save labor for waste disposal and reduce rearing costs. However, the grazing environment may not have the necessary infrastructure. In addition, it is essential to understand the relationship between cows. For this reason, this paper introduces a method for determining herd behavior using a network generation method based on mutual communication by means of communication methods that do not require infrastructure. The effectiveness of the proposed method is demonstrated by field experiments and simulations.

Keywords: smart livestock production, self-organization, networks

1. はじめに

近年, スマート畜産によって分娩監視や発情検知等の作業の一部が代替され, 作業の軽労化や効率化が図られている. 一方で, 飼料の生産や排せつ物処理等の省力化, 飼育コストの低減が期待できる放牧という家畜管理方法がある. 放牧では, 一頭当たり 15 a 以上の広大な土地, 耕作放棄地や山地が用いられる. このような環境は牛舎内のように基地局等のインフラが整備されていない状況が考えられる. また牛は群れで生活する動物であり, 牛同士の関係性の把握は放牧時においても必要不可欠である. そのため, インフラが不要な手段が必要であり, 放牧においては群行動を可視化する牛の移動に対応したセンサネットワークが必要となる(図 1 参照) [1-5]. 本論文では選別されたネイバーを用いたネットワークと牛同士間の仮想的な距離に着目し, 群行動や牛同士の関係性を可視化するための手法を提案する. この手法は, それぞれの牛に取り付けられた無線センサタグ機器が牛の移動に対応しながらも自己組織化しつつローカルネットワークを構成する. 通信範囲の外側の牛の情報を周辺の牛と交換し自身の状態を把握することで個々の牛がローカルネットワークを形成しつつ, それぞれの牛のローカルネットワークを重ね合わせることで, 群れ全体のネットワークを形成し, 通信を行う(図 2 参照). このことにより互いの位置を把握しながら情報交換を可能とする. こ

れらを牛に用いるためにネックベルト式のタグの開発し評価実験を行う. また多数の牛の群れを想定した検証を行うためシミュレーターの開発しシミュレーションを行うことで有効性を検証する.

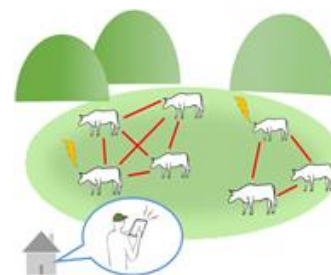


図 1 放牧管理の概念図

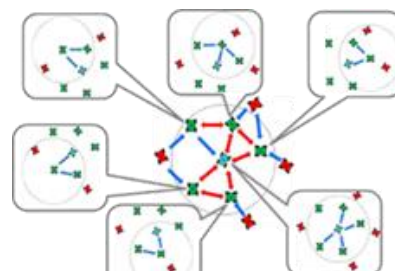


図 2 センサネットワークアルゴリズムの概念図

¹ 宮崎大学
University of Miyazaki

2. 構築手法の紹介

図3に示すように各牛の通信範囲内の相互通信によって電波強度を取得し、ネイバー、フレンドの選別とネットワークを構築する手法を提案する. この手法では各牛が、 c_j からネイバー、フレンドの選別とネットワークの構築を行う. さらに構築したネットワークの構成を基に群行動や牛同士の関係性の判断を行う. 次に、各牛のネットワークの接続により、ネットワーク全体の自己組織化を達成することが可能である. しかしながら、このネットワークは放牧場内での牛の群行動によってトポロジー的な変化がある. そのため、群行動によって部分的に変化する状況に応じて、ネットワークを変更、更新及び修復する必要がある.

具体的には、隣接する牛から電波強度と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牛を選択する. 図3において、牛 r_i は自身の通信範囲内(CB)の牛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情報を1Hop牛集合 C_i^1 に追加する. C_i^1 に含まれる牛 r_j 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 $f_{i,12}, f_{i,21}$ 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牛を選択し 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 $N_i = \{r_k, r_j\}$ となり、 r_i のローカルネットワークが構築される.

次に牛 r_i は電波強度を用いて定めた通信範囲 (FB) の中からフレンドと呼ばれる牛を選択する. r_i からFB内の牛への電波強度とFB内の牛から r_i への電波強度がFBの範囲内の場合、フレンドの候補として選択する. 選択された候補の電波強度の最小値を求めフレンドを選択する(図6参照).

次に牛の移動による構築されたネットワークの変化に対応するためネットワークのメンテナンスを行う. 前述と同様の手順で更新した情報を基に変化のあった部分のネットワークの再構築を行う. これにより全面的な再構築をせずともネットワークを維持することが可能となる.

最後にフレンドの選択による親和行動やネットワーク構成による孤立状態等の群行動の判別を行う.

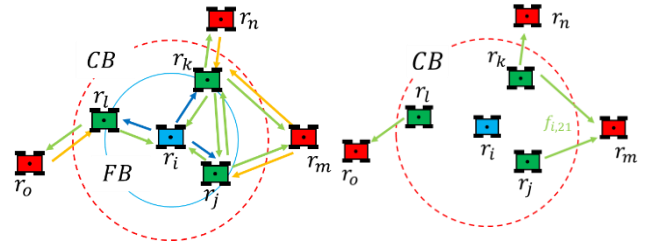


図3 ネットワークの構成

図4 C_i^1 の通信関係

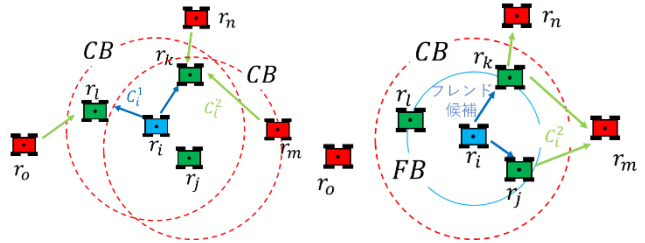


図5 ネイバー選択

図6 フレンド選択

3. おわりに

本稿では、ネイバーを中心とするネットワークと牛同士の間の仮想的な距離に着目し、群行動や牛同士の関係性のモニタリングに取り組んだ. 手法として二層の通信範囲を用いたローカルネットワーク構築アルゴリズムを提案した. 提案手法は牛にタグを取り付けた実験によりネットワーク構築ができていたことを確認した. 距離に応じた電波強度を明確にすることで、牛の移動によるネットワークの変化に対応することができた. 実地実験からフレンドの選択により牛の親和行動やネットワーク構築による孤立の状態の判別ができていたことを確認した. 提案した手法により、放牧環境での牛の親和行動や孤立状態などをモニタリングすることが可能となり、畜産農家の労力負担の低減や生産性の向上につながると考えられる.

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.