

F-032

牧羊犬ロボットの柔軟な連携による羊の追い込み

大竹功二 原嶋勝美

大阪工業大学大学院 工学研究科 電気電子・機械工学専攻

1 はじめに

牧羊犬は吠えながら、牧場の羊を小屋等に追い込むことが一般的である。しかし牧羊犬の育成には多くの時間と労力が必要である。さらに、病気やケガにより働くことのできない場合もある。このような状況に備え複数の牧羊犬を待機させておくことは、経済的に大きな負担となる。本研究では自律型牧羊犬ロボットによる、大規模な羊の群れ、および群れ行動を無視した羊の動きに対して、効率的な追い込み方法を提案する。

2 従来研究

従来研究では、AI に羊の行動を学習させたデータに基づいた追い込み方法を提案している [1]。しかしながら、AI 学習データにない事態が発生した場合、効率的に追い込めるとは限らないという課題がある。

3 自律型牧羊犬ロボット

本章では、提案する自律型牧羊犬ロボットを用いた追い込み方法について説明する。

3.1 基本行動

我々は自律型牧羊犬ロボットを用いて「小屋から最も遠い羊に対し、ロボットが独立して互いに離れた羊をターゲットとする」方法が良好であることを確認している。さらに、2頭が連携する場合には以下の方法が効果的である。

連携 1 ロボット 2 頭が協調し、追い込み方向に対して一定距離をとり広く追い込む

連携 2 ロボット 2 頭が独立に一定以上離れた羊を追い込む

本研究では「積極的な協力」や「仲間に害を与えないような行動」を連携と考える。連携 1 では「追い込み対象の羊や群れを逃しにくい」、連携 2 では「全体を同時に追い込む能力が高い」という特徴がある。このため、連携 2 のみによる追い込みでは、大規模な群れの追い込みにおいて群れから離れる羊が多発した場合、連携 1 の効率を下回る。

3.2 発展行動

そこで、追い込み効率の向上を目指して、連携 2 (以下、従来連携) を基本とした、2 頭の牧羊犬ロボットによる発展行動を用いる。発展行動として、互いの位置情報を活用した派生連携を以下に示す。

派生連携 1 大規模な群れを追い込む場合、連携 1 を用いる

派生連携 2 羊を逃した場合、小屋に近いロボットがその羊を追い込む

牧羊犬ロボットは「位置情報の把握」により連携を行う。ロボットは定期的に、ロボットと羊の現在の位置情報を保持しているサーバーへアクセスし、自身の位置情報の送信、羊や他のロボットの位置情報の取得ができるものとする。なお羊の位置情報の把握は、羊の脚に GPS のタグを取り付けることで実現する。

図 1 に派生連携 1 を示す。小屋へ近づく方向を前、遠ざかる方向を後ろとする。羊は群れを形成する習性があり、群れが大規模になることもある。同図 (a) のように、後ろにいるロボット B が大規模な群れを追い込む場合、B はサーバーへ救援依頼を送信する。前にいるロボット A がサーバーの救援依頼を確認すると、同図 (b) のように B の近くへ向かい連携 1 をとる。ただし、同図 (a) のロボットの位置関係において、前にいる A が救援依頼を出すことはない。これは、後方の羊を優先することで効率よく追い込むことができるためである。

図 2 に派生連携 2 を示す。羊は前に逃げるとは限らず、横に逃げる可能性もある。同図 (a) のように、後ろにいるロボット B が羊 X を逃した場合、B は前にいるロボット A のターゲット変更依頼をサーバーへ送信する。A がサーバーのターゲット変更依頼を確認すると、同図 (b) のように X をターゲットに変更し追い込む。ただし、同図 (a) のロボットの位置関係において、前方の A がターゲット変更依頼を出すことはない。これは派生連携 1 と同様の理由による。

4 有効性検証

本章では提案システムの有効性を検証するためのマルチエージェントシミュレーションについて説明する。

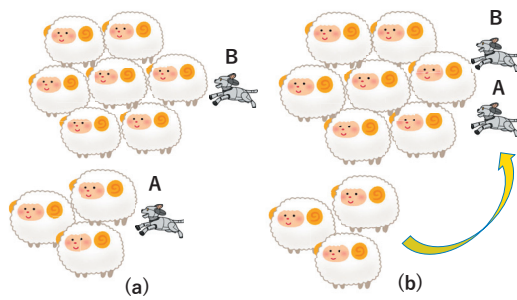


図 1 派生連携 1

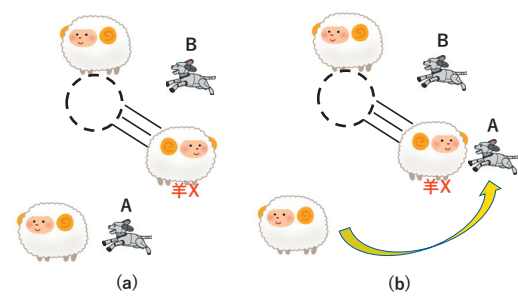


図 2 派生連携 2

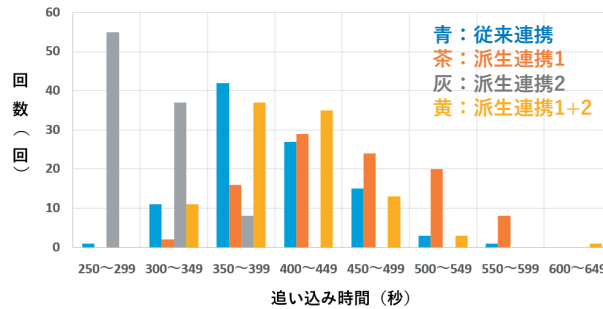


図 3 それぞれの追い込み時間

4.1 フィールド

牧場に見立てた簡易的な正方形のフィールドをコンピュータ上に作成する。フィールドとはエージェントが行動する場所である。

4.2 エージェント

エージェントは牧羊犬ロボットと羊であり、フィールド上を動く。牧羊犬ロボットは小屋から最も遠い羊を小屋へ追い込み、前述の従来連携や派生連携を用いる。羊は牧羊犬ロボットから逃げ、牧羊犬ロボットが近くにいない場合は群れを形成する。

4.3 評価方法

派生連携 1, 2 の組み合わせに対して「全ての羊を追い込み終わるまでの時間」を測定し、その追い込み時間の度数分布を用いて評価する。

4.4 実験

本実験では以下の設定の下で「従来連携」「派生連携 1」「派生連携 2」「派生連携 1+2」を比較した。

- 羊 100 匹
- 牧羊犬ロボット 2 頭
- 牧場の広さ 50000 m^2

図 3 に実験結果を示す。度数が最大となる時間は「派生連携 2」「従来連携」「派生連携 1+2」「派生連携 1」の順で短く、「派生連携 2」が最も短い時間で追い込めていることがわかる。また、度数の広がりにおいても「派生連携 2」「従来連携」「派生連携 1+2」「派生連携 1」の順で小さく、「派生連携 2」

が最も安定した時間で追い込めていることがわかる。「派生連携 1」はロボットが救援のために後ろへ向かった際、羊を後ろへ逃しており、最も追い込み能力が低くなった。一方、「派生連携 2」は「追い込み対象の羊や群れを逃さない」機能が働いており、高効率に追い込むことができた。さらに、従来連携が羊を逃しやすいことからターゲット変更が頻繁に起こり、ロボット同士があまり前後に離れないため、羊を後ろへ逃しにくい。「派生連携 1+2」では「派生連携 1」で逃した羊を「派生連携 2」によりカバーしており、「従来連携」よりわずかに劣る性能となった。

5 まとめ

本研究では 2 頭の牧羊犬ロボットの 2 つの派生連携を提案し、その有効性を検証した。従来連携に対し、派生連携 1 は救援の際に羊を後ろへ逃すため劣り、派生連携 2 は「追い込み対象の羊や群れを逃さない」機能が働くため優れるという結果となった。今後の課題としては、より多くの事態に対応できる追い込み方法の提案、事態毎のロボット間距離の調節、ロボットが吠える場面の設定、障害物の追加が挙げられる。

参考文献

- [1] 読売新聞, "羊や牛追う「牧畜ドローン」…イスラエル", [https://www.yomiuri.co.jp/life/digilife/foreign/20210306-0YT1T50238/\(2021.11\)](https://www.yomiuri.co.jp/life/digilife/foreign/20210306-0YT1T50238/(2021.11))