

不均質なエージェント群に対する 群れの性質を利用した 誘導アルゴリズムの提案と評価

大阪大学基礎工学部情報科学科
若宮研究室
日茂 伶斗

- 「群れの誘導」には様々な応用例が存在する



集魚灯を利用した漁業



避難誘導



飛行機事故を防ぐために鳥の群れを誘導する

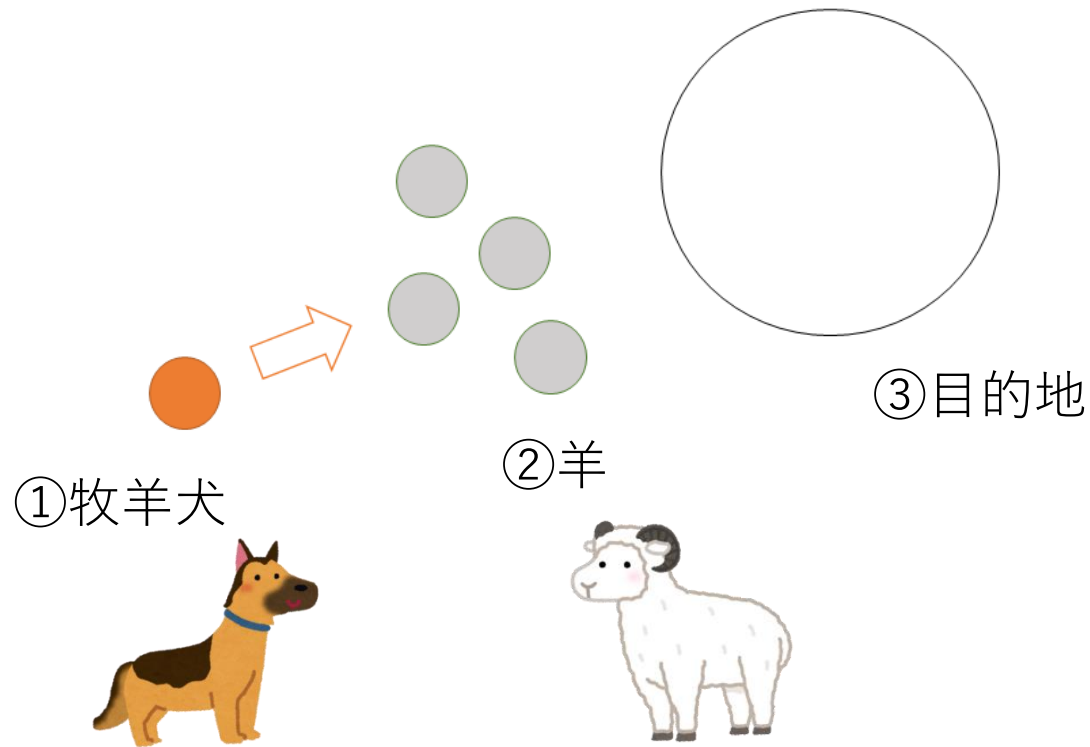
- Shepherding問題

誘導の種類の中で, **Shepherding**という種類の誘導があり, 近年研究されている[1]

Shepherding問題

3

牧羊犬が羊群を追い立てて目的地に誘導する
シミュレーションでは①②の移動をモデル化する

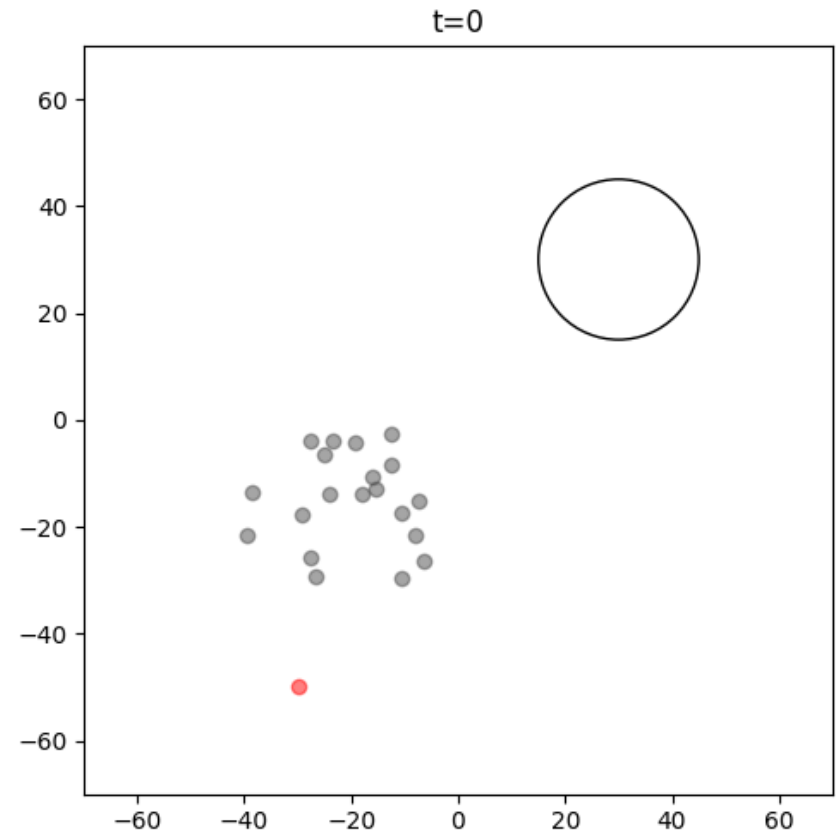


誘導が成功しやすい, 誘導成功までの時間が短くなる
アルゴリズムが模索されている

これまでに提案された手法

- Center-of-group targeting [2]
- Online target switching [3]
- Farthest-agent targeting [4]

Farthest-agent targeting 法は
他の手法と比べ誘導成功率が高い [4]



Farthest-agent targeting法[4]で誘導の様子

[2] Vaughan et al., "Robot sheepdog project achieves automatic flock control", Fifth International Conference on the Simulation of Adaptive Behaviour, 1998

[3] Strömbom et al., "Solving the shepherding problem: heuristics for herding autonomous, interacting agents", Journal of The Royal Society Interface, 2014

[4] Tsunoda et al., "Analysis of local-camera-based shepherding navigation", Advanced Robotics, 2018

従来手法：Farthest-agent targeting [4]

5

目的地から一番遠い羊を牧羊犬が追いかける

- ターゲットからの引力

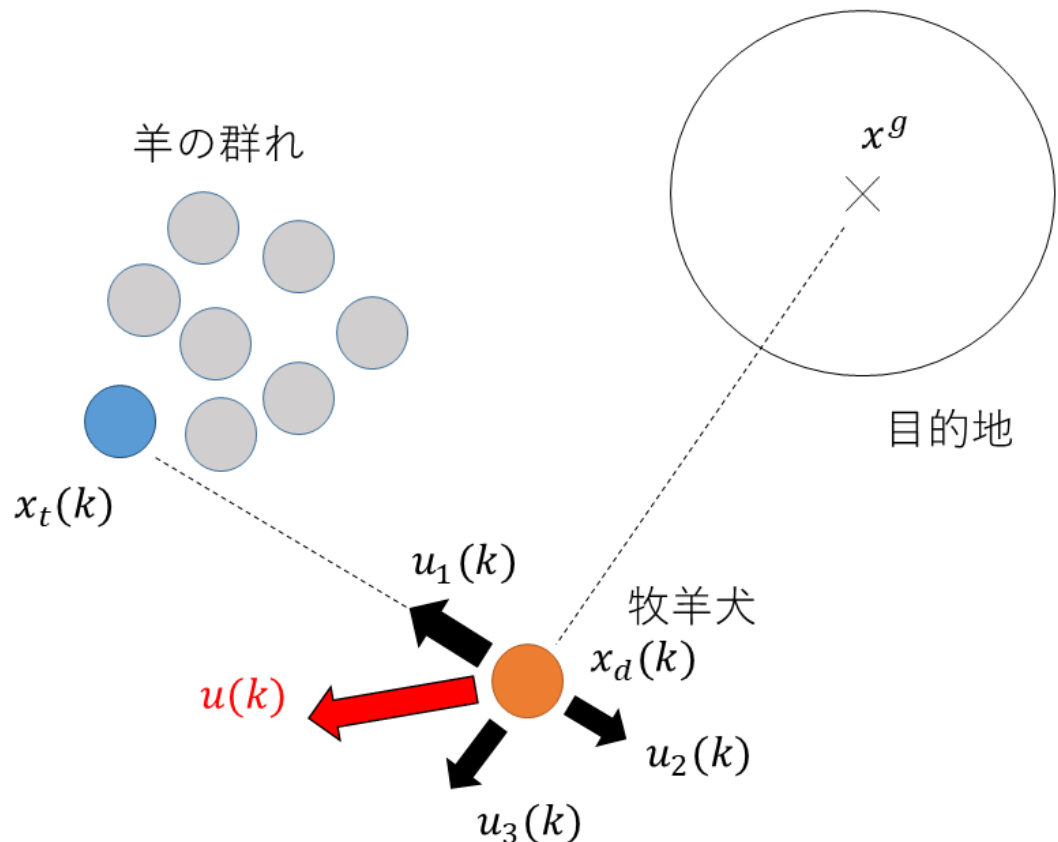
$$u_1(k) = \frac{x_d(k) - x_t(k)}{\|x_d(k) - x_t(k)\|}$$

- ターゲットからの斥力

$$u_2(k) = -\frac{x_d(k) - x_t(k)}{\|x_d(k) - x_t(k)\|^3}$$

- 目的地からの斥力

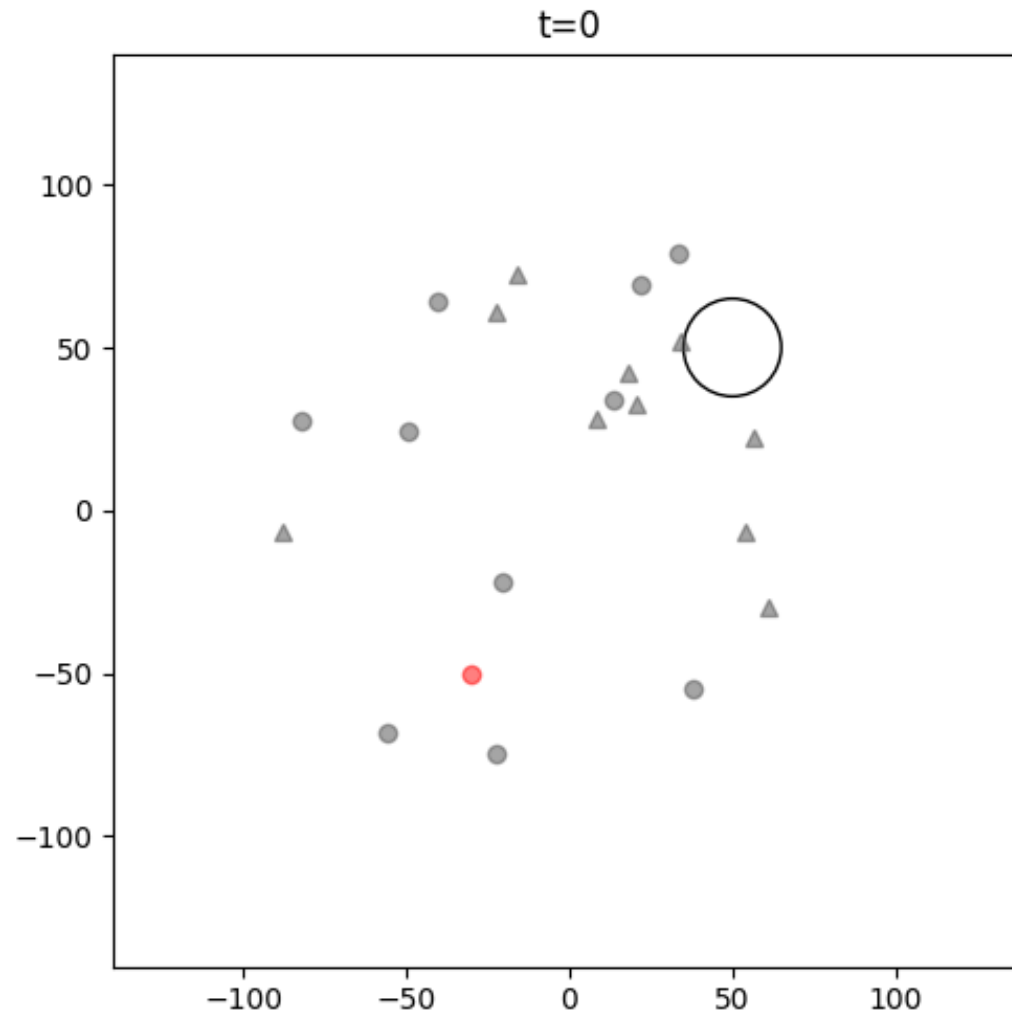
$$u_3(k) = \frac{x_d(k) - x^g}{\|x_d(k) - x^g\|}$$



時刻 k の牧羊犬の移動ベクトル

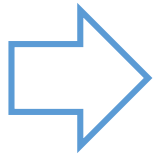
$$u(k) = K_1 u_1(k) + K_2 u_2(k) + K_3 u_3(k)$$

- 既存手法で誘導が失敗する様子



- 従来の誘導手法における問題
 - 羊の牧羊犬に対する反応の仕方が一様
 - しかし, 現実では**一様でない**ことが多い (動物, 人間)



羊の牧羊犬に対する反応の仕方が**一様でない**場合,
従来手法では誘導が成功しないことがある

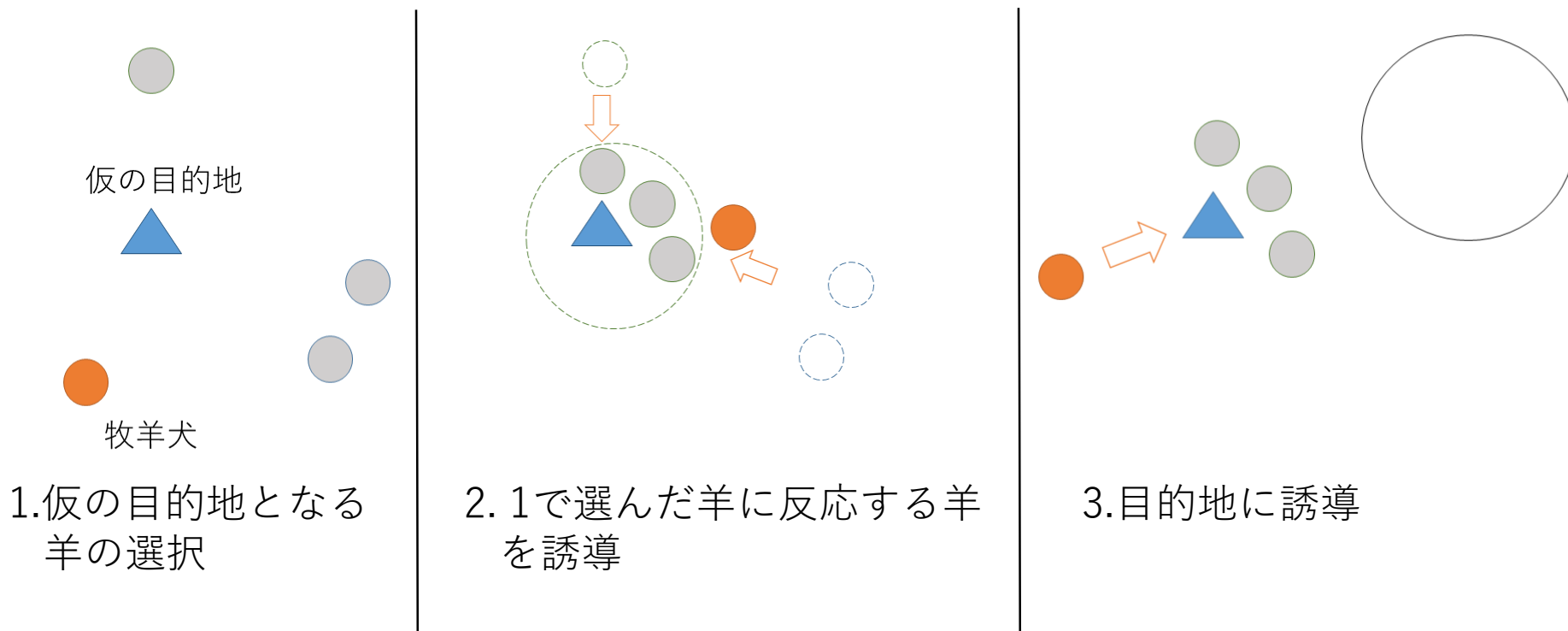


一様でない場合を想定した, Farthest-agent targeting
法より成功率の高いアルゴリズムの提案

- 提案法は, Farthest-agent targeting法をベースに改良

反応しない羊が**1匹**の場合



羊の群れ  反応する羊
 反応しない羊

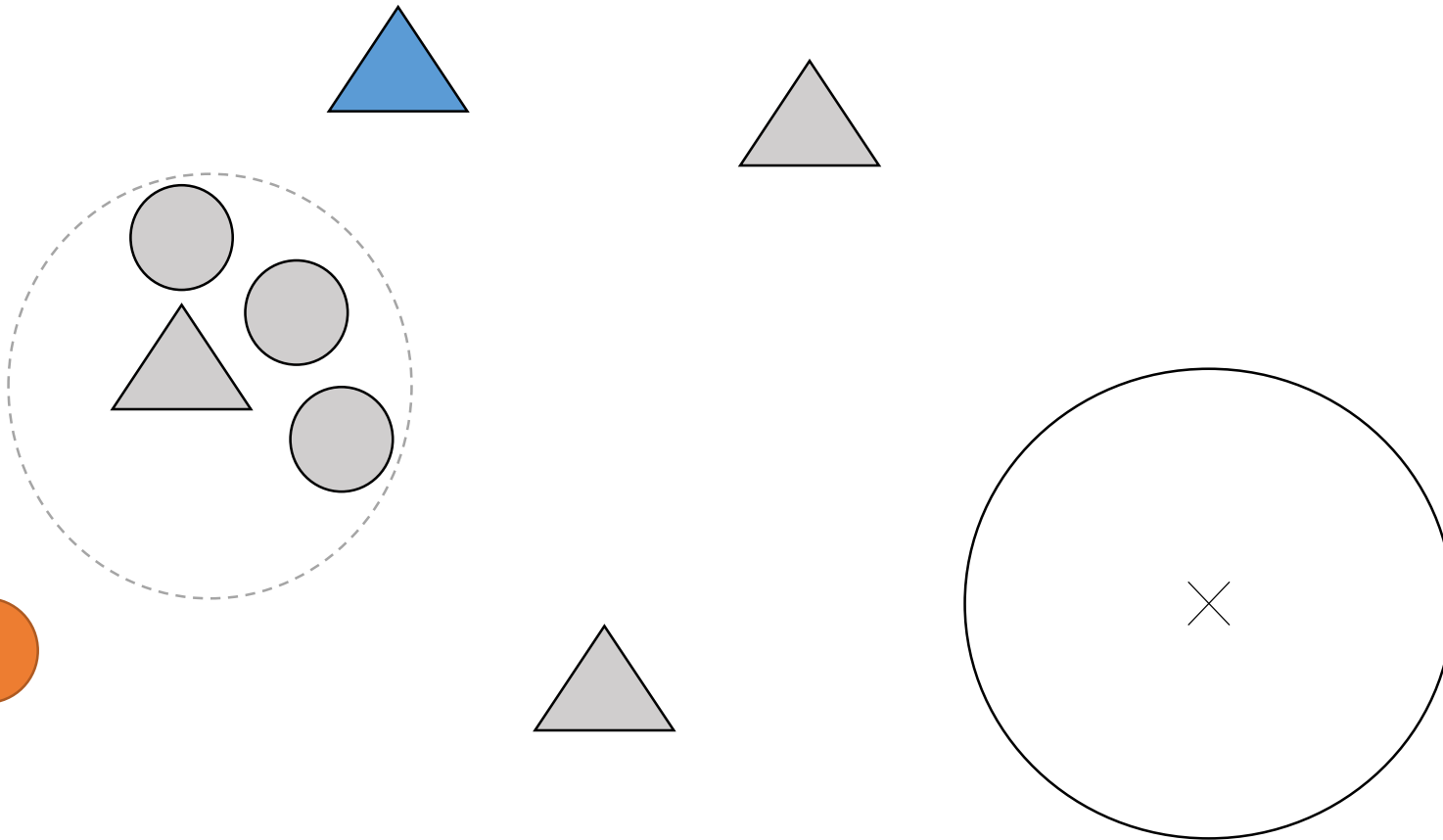


※ 牧羊犬は**反応しない羊**と**反応する羊**を最初から判別できる

反応しない羊が**複数匹**の場合

羊の群れ

	反応する羊
	反応しない羊



- **3つの条件**を変更しながら, シミュレーションを行った

条件1: 羊の総数 N ($N = 10, 30, 50$)

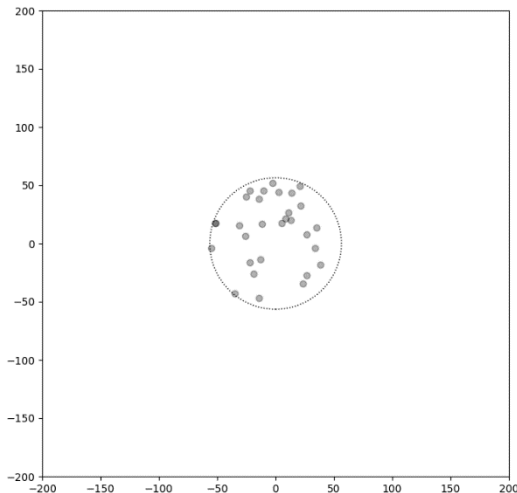
条件2: 反応しない羊の数 K ($K = 1, 2, \dots, N/2$)

条件3: 羊の初期配置の散らばり度合

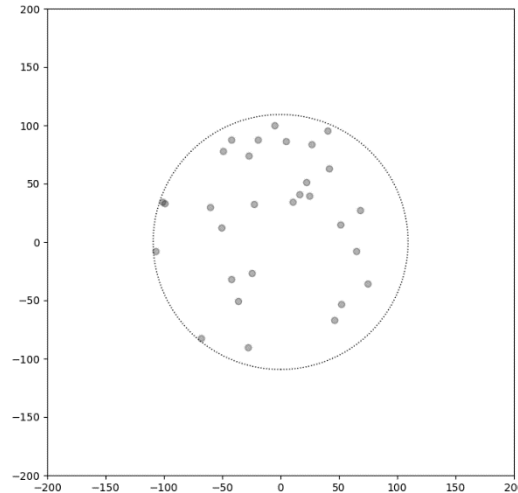
N に対して揃えるために密度 ρ を用いる ($\rho = 0.0006, 0.0008, 0.0010$)

一様分布に従い円内の
領域にランダムに配置

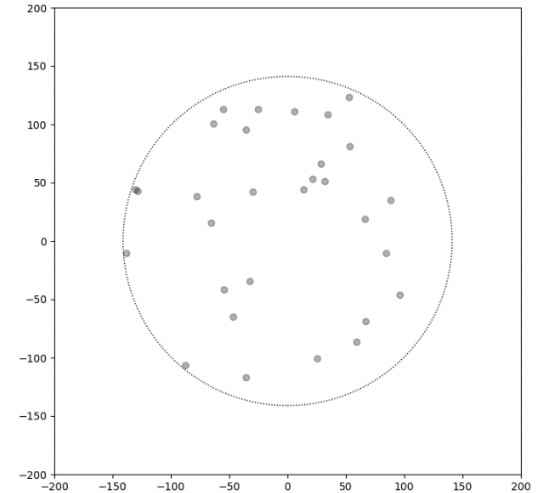
$\rho = 0.0010$ (高)



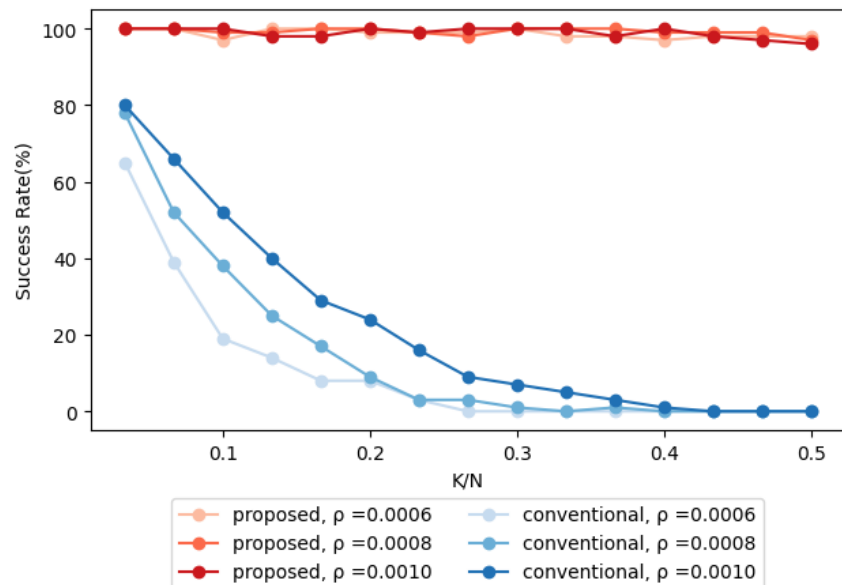
$\rho = 0.0008$ (中)



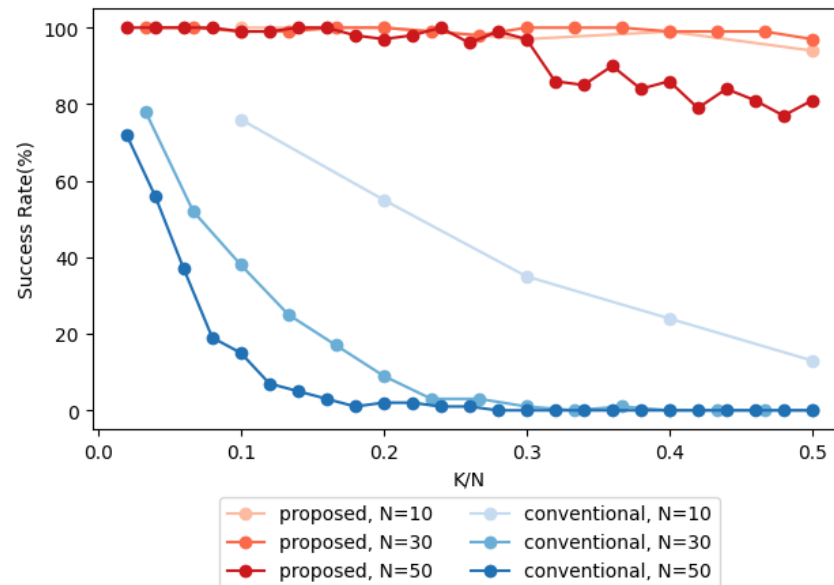
$\rho = 0.0006$ (低)



- どの羊の総数, 密度でも提案法が成功率で上回る



$N = 30$ (中) の場合



$\rho = 0.0008$ (中) の場合

- 従来法では K/N が大きくなるほど成功率が低下する
- 提案法では K/N が大きくなっても, 成功率はほとんど低下しない
が $N = 50$ のときは制限時間までに誘導が間に合わない場合がある

※他の値に関するグラフは省略

- まとめ

- **Shepherding**問題において従来研究では群れの不均一性が考慮されていない
- 従来手法の動作を変えることで誘導性能を高めることができる

- 今後の課題

- 一様でない場合で他の既存手法との比較
 - ↳ Center-of-group targetting 法,
Online target switching 法など
- 羊によって牧羊犬に対する反応の度合いが違う群れについても適用できるアルゴリズム