

生物の集団にまなぶ自律適応型 ロボット群の協調的問題解決

富山大学大学院 理工学研究部（工学）
機械知能システム工学科

准教授 保田 俊行

2019年10月8日

研究背景：ロボットとは

井上ら, 「ロボット学創成」(岩波書店)より

- **モーション系**: アーム, ハンド, 移動機能など
 - **センシング系**: 視覚, 触覚, 聴覚など
 - **インテリジェンス系**: 計画立案, 記憶, 対話, 通信など
 - **プログラミング系**: システム実装
- が統合化されたシステムである

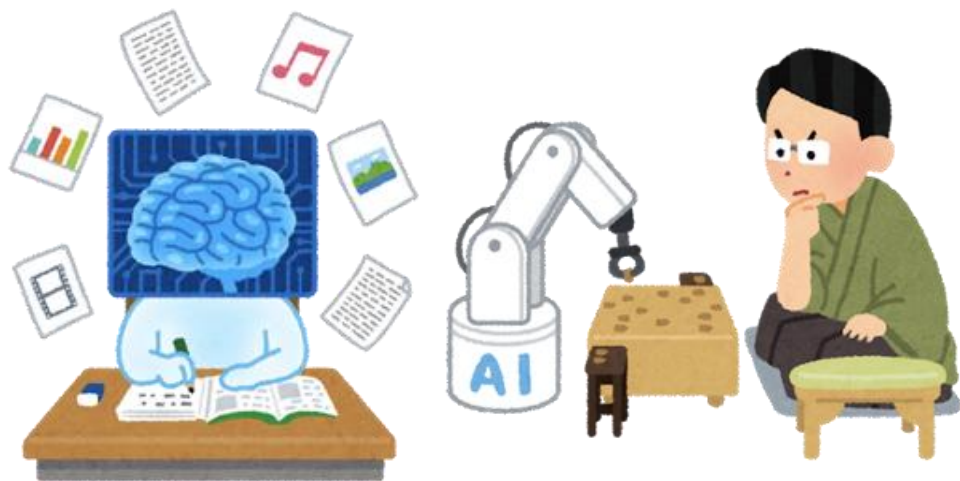


システムインテグレーション技術が重要

さらに, **自律性, 汎用性, 知能性, 身体性**, これらを統合した個性を備えることが望まれる

研究背景：ロボットの「かしこさ」

ヒトのように、高度な論理的思考をする



人工知能
(Artificial Intelligence)

アリののように、集団として高度な生存戦略を持つ



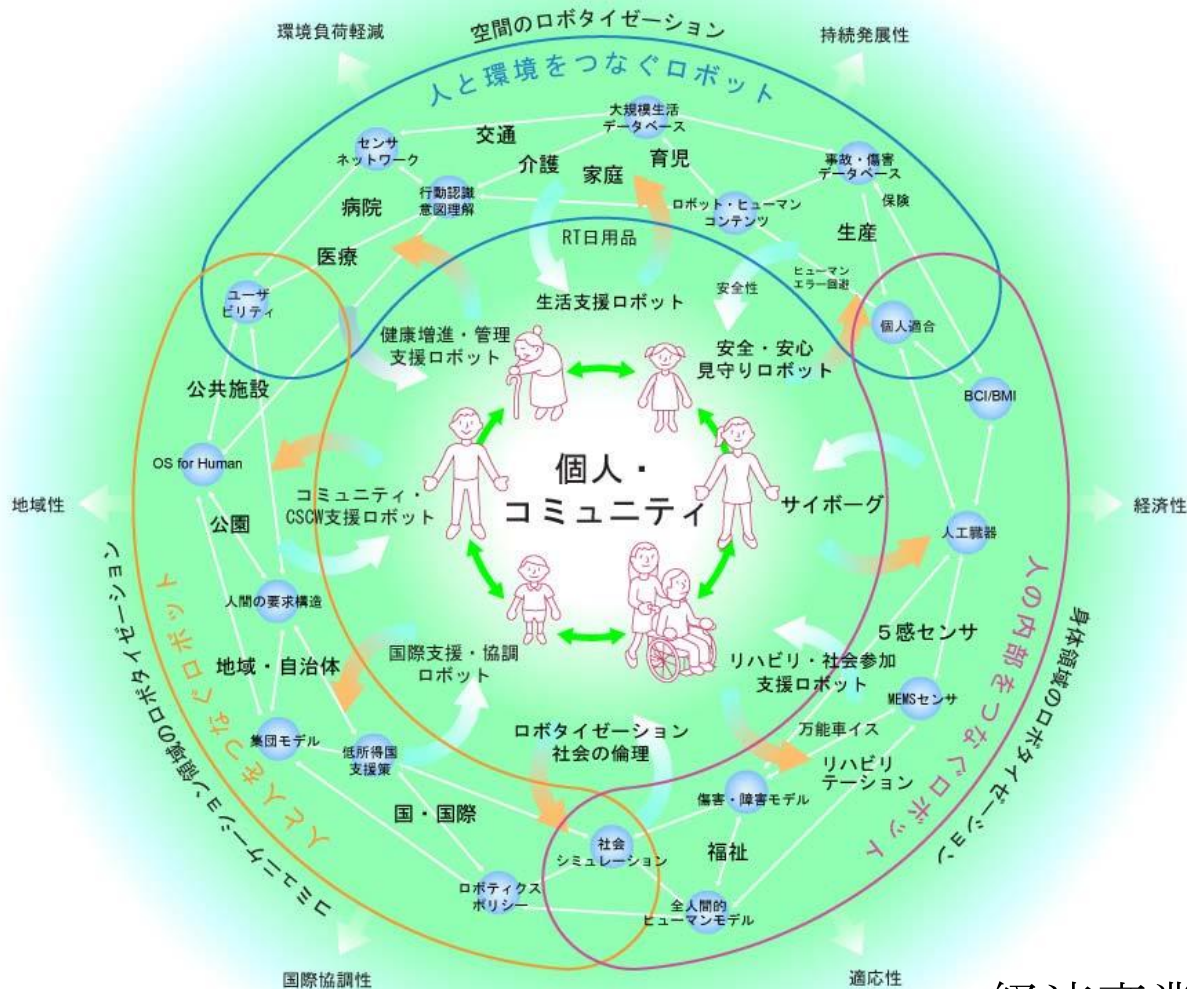
群知能
(Swarm Intelligence)

研究背景：ロボタイゼーション社会

ロボットコンポーネントが
我々の日常に浸透

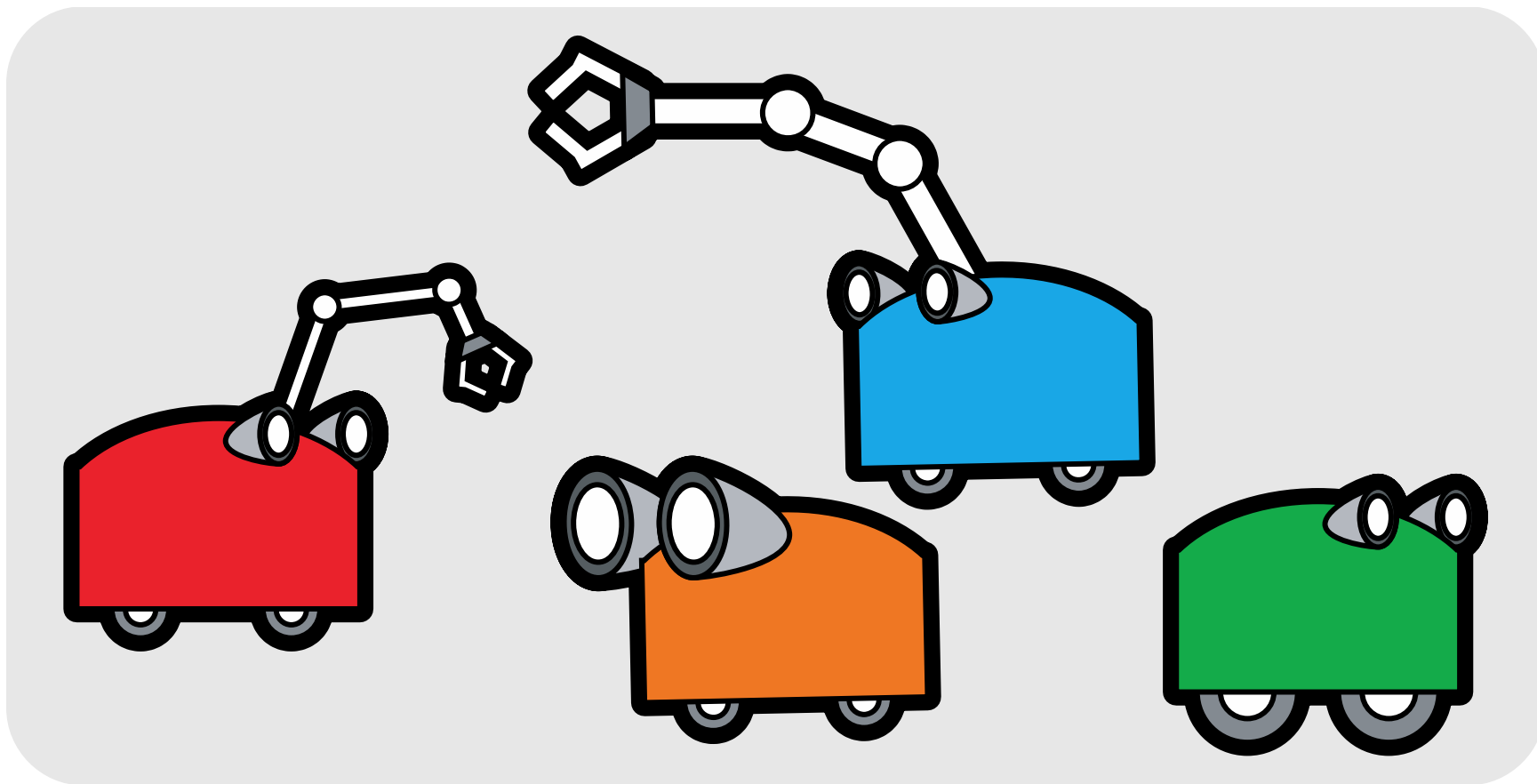


日常の様々な場面で、
個々の人間を中心として、
ロボットコンポーネントが有機的・ダイ
ナミックに統合



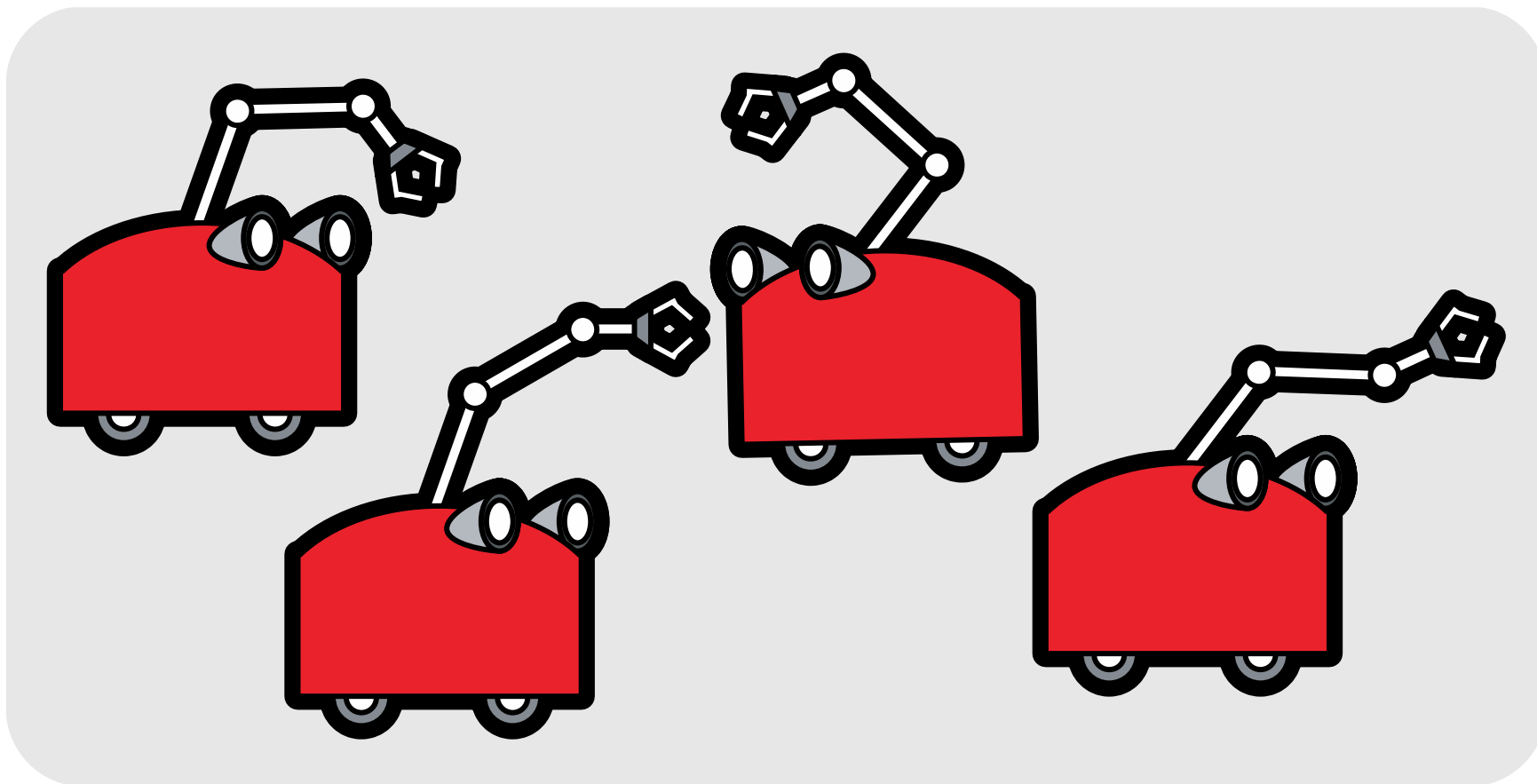
経済産業省・技術戦略マップローリング委託事業告書
「人間系融合領域 アカデミック・ロードマップ」より

非均質なマルチロボットシステム



- 各ロボットの役割は事前に与えられている
- 特定のタスクでの効率的な作業を実現する

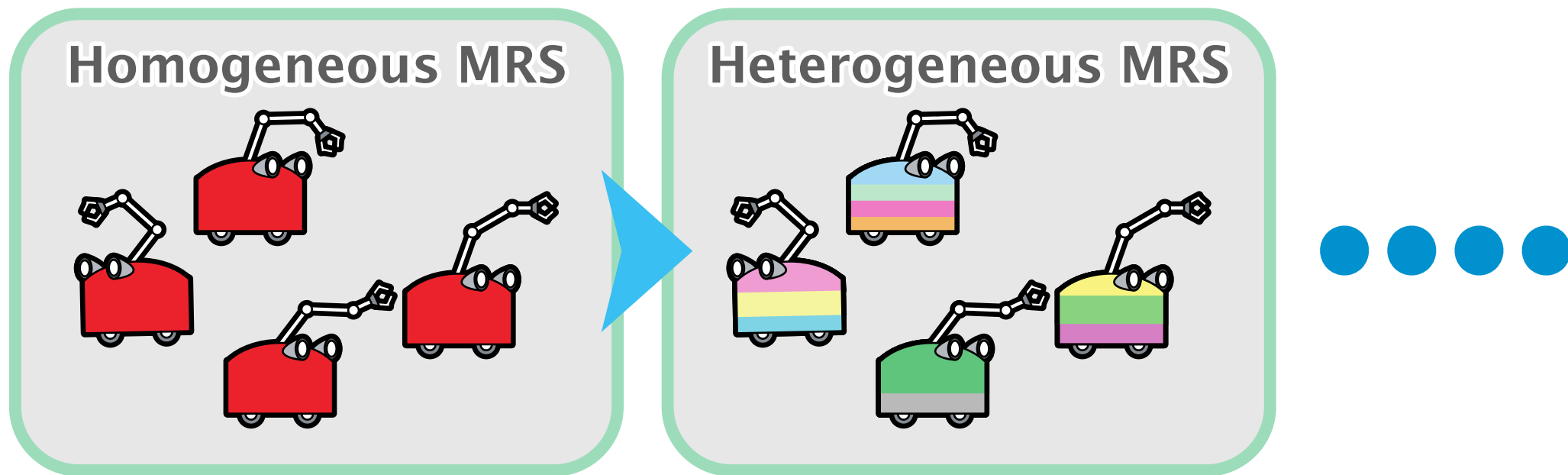
均質なマルチロボットシステム



- ロボットの同一の構造・制御器を持つ
- システムレベルでの頑健性が期待できる

自律的機能分化

- 自ら観測した局所的情報に基づく役割の発現(適応的機能形成)
- 状況に応じた役割の切り換え(動的機能割り当て)

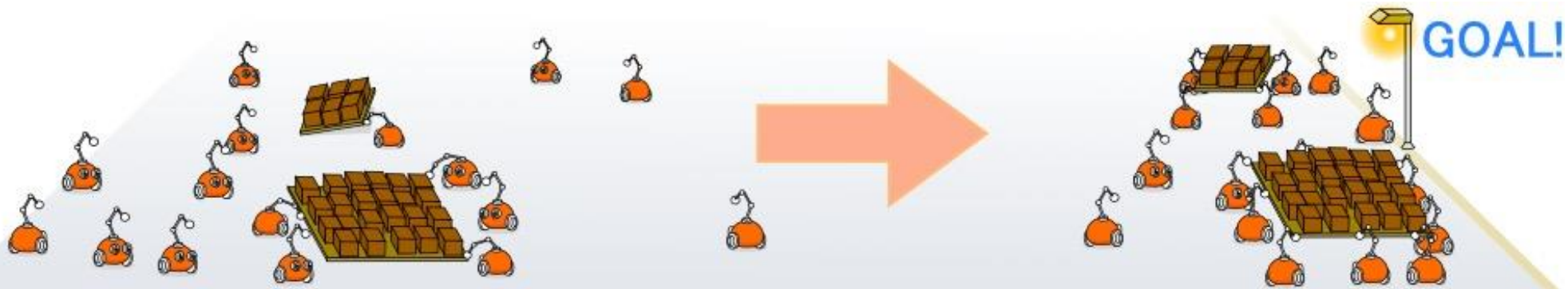


均質なロボットが状況に応じて非均質なロボットへ
— 可塑的な役割分担による環境適応 —

スワームロボティクス

比較的単純な多数の自律ロボットを用いて、各ロボットの局所的情報に基づいた行動から、集合的な振る舞いを創発するシステム

- ◆ 頑健性: 一部のロボットが故障しても、システムとして機能
- ◆ 柔軟性: 異なるタスクに対応
- ◆ 拡張性: ロボット台数の変化に対応



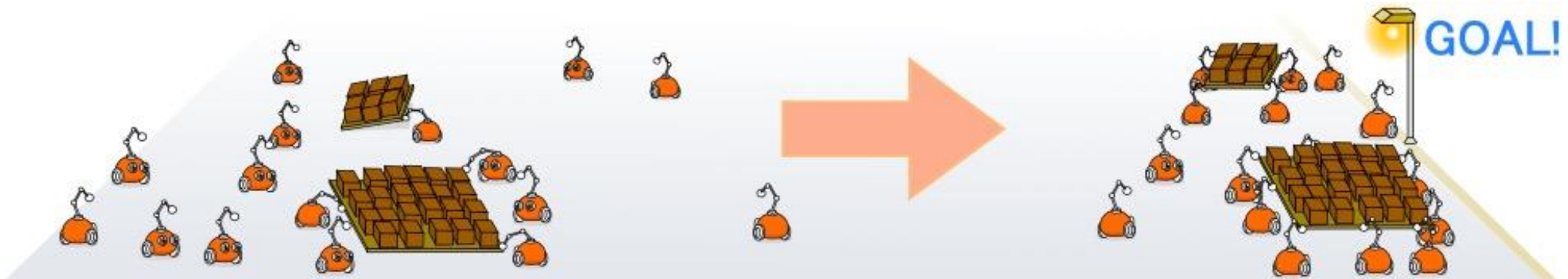
制御器の設計手法

- ◆ Behavior-based design method

要求される集団的行動を獲得するために設計者が個々のロボットの動作を手動で設計する方法

- ◆ Automatic design method

設計者の介在なしにロボットが自身の行動を自動的に獲得する方法



従来技術とその問題点

Behavior-based design methodが現在の主流であるが、

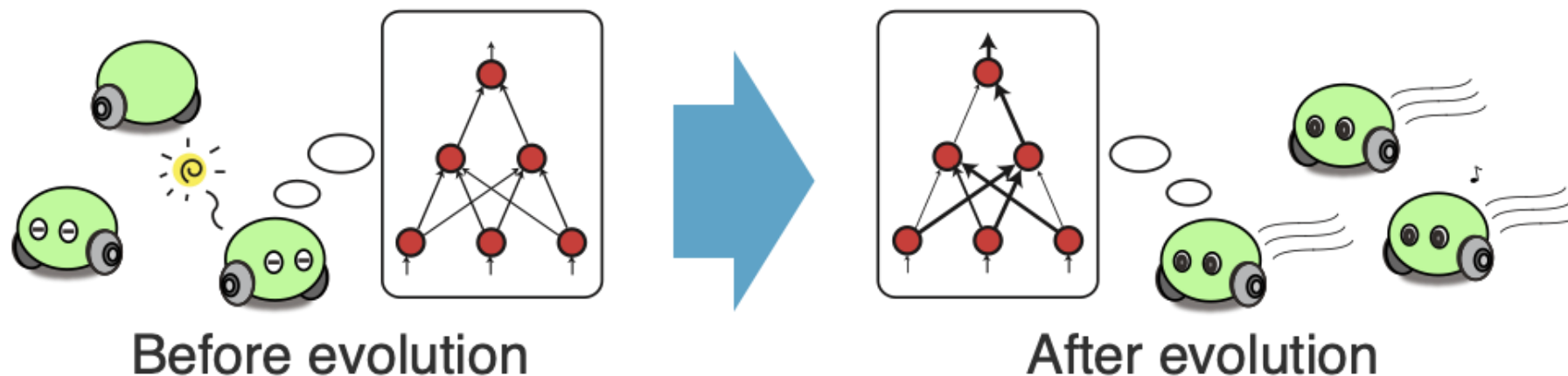
- ◆ タスク・ロボットに特化した設計である
- ◆ 先見的な知識が求められる
- ◆ 難度・台数の影響が大きい

等の問題があり、有効性は限定的といえる

進化ロボティクスアプローチ

進化計算によりロボット自身が行動を獲得

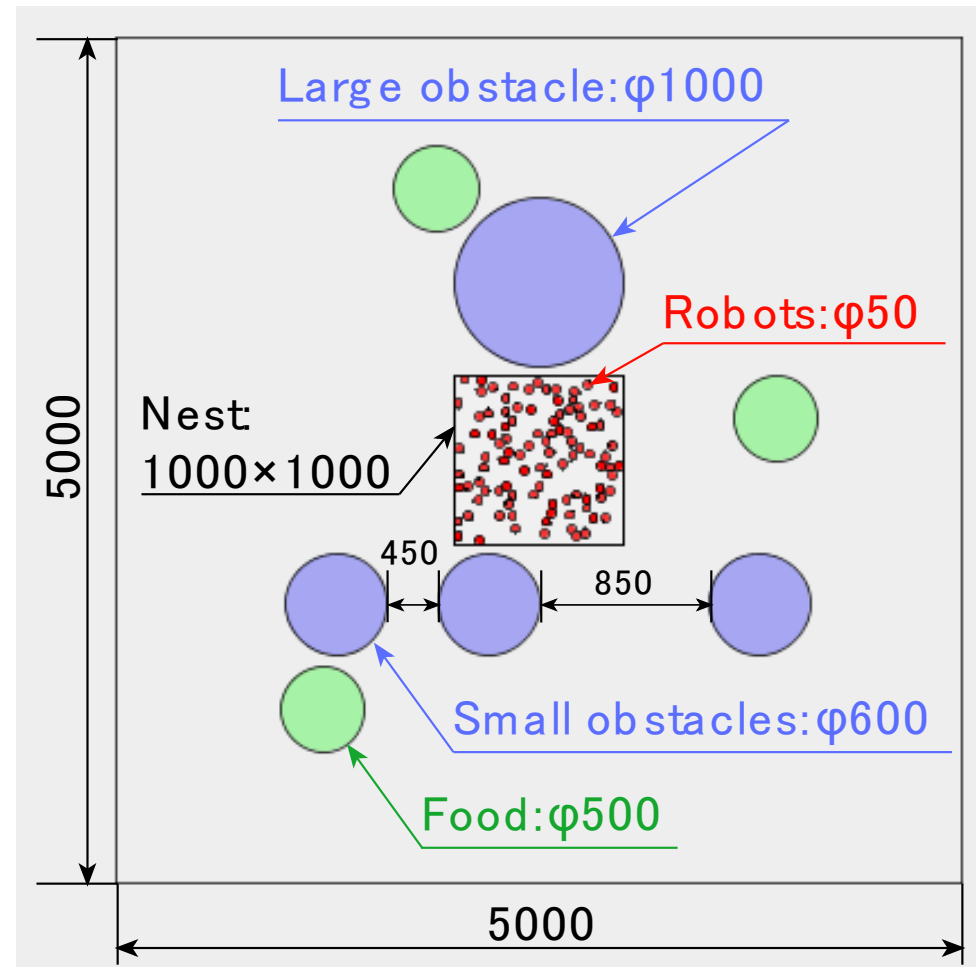
- ◆ ロボットの制御器を人工神経回路網 (Artificial Neural Network : ANN) で表現
- ◆ 進化計算を用いてANNの結合荷重値を最適化することによりロボットが自動的に行動を獲得



適用例: 協調採餌タスク (1/2)

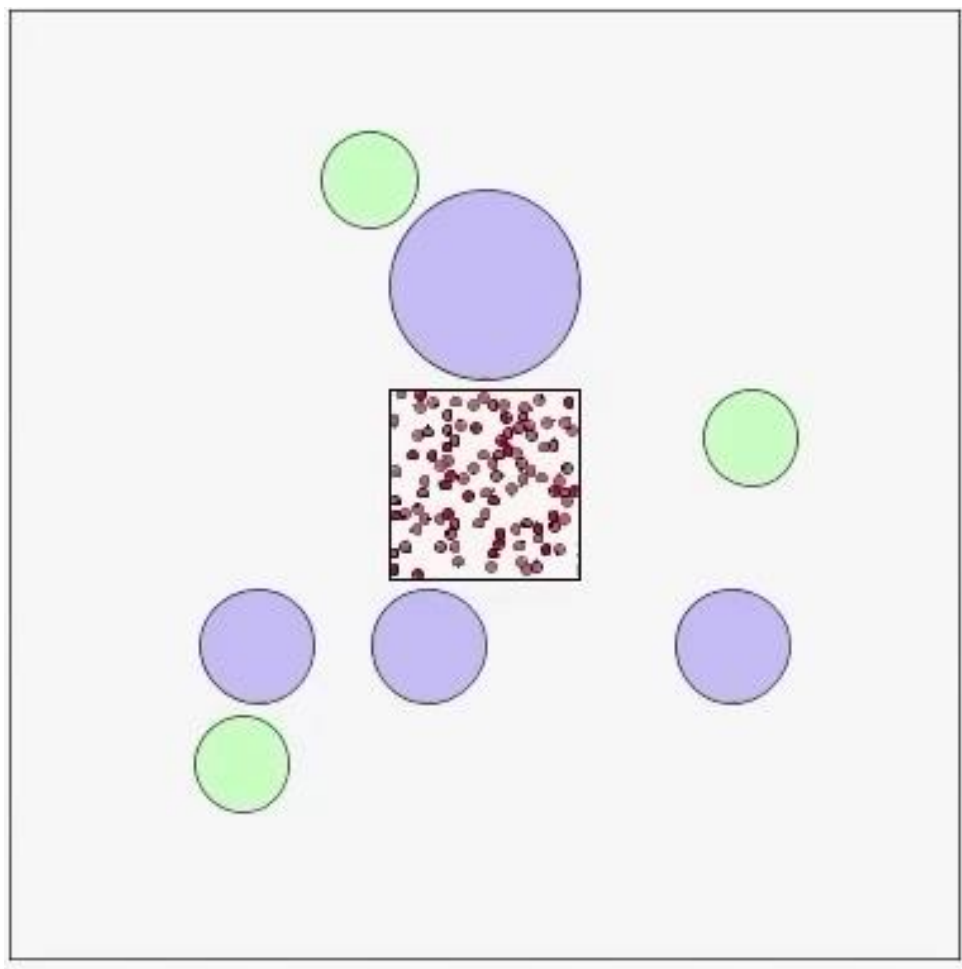
複数の餌を巣までロボット100台が協調して押し運ぶ

- 自律移動型ロボット(赤)
 - ✓ 全て同一の制御器
- 餌(緑)
 - ✓ 運搬にはロボットが5台以上必要
 - ✓ 巣に持ち帰るたびに新しい餌を一つ追加
- 障害物(青, 固定)
- 制限時間
5,000タイムステップ

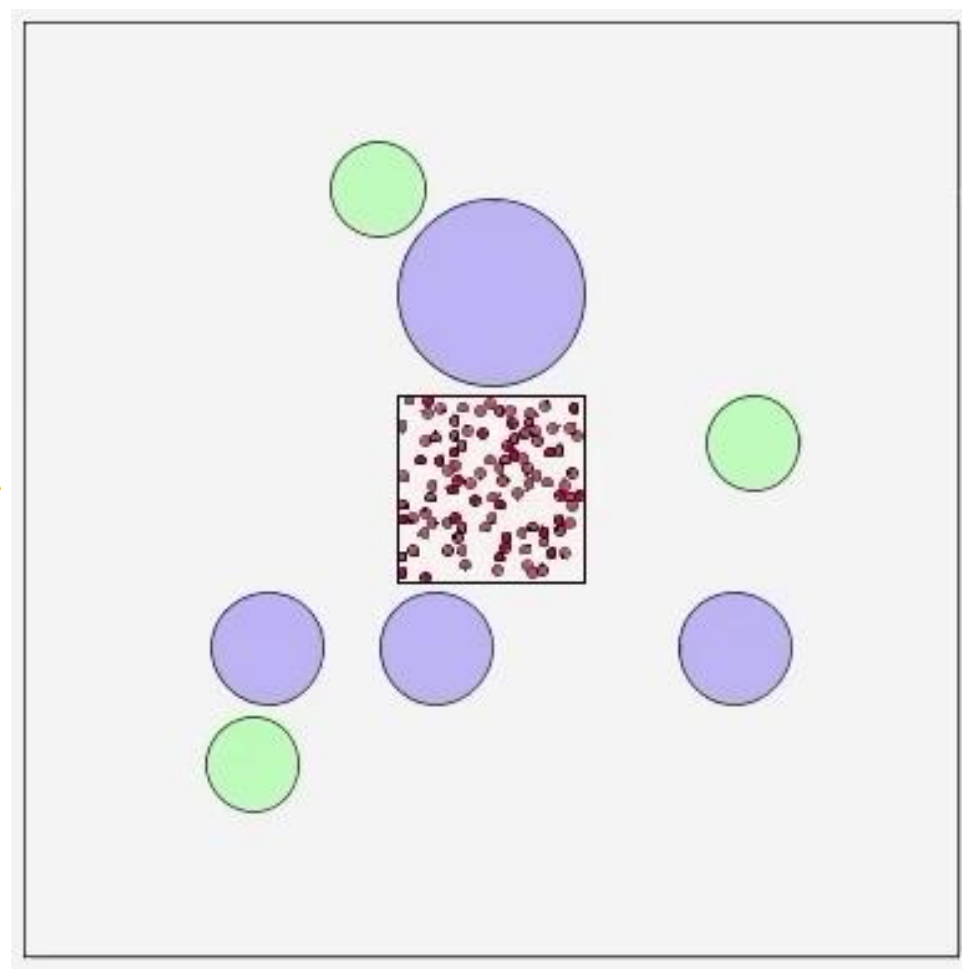


適用例：協調採餌タスク (2/2)

進化前



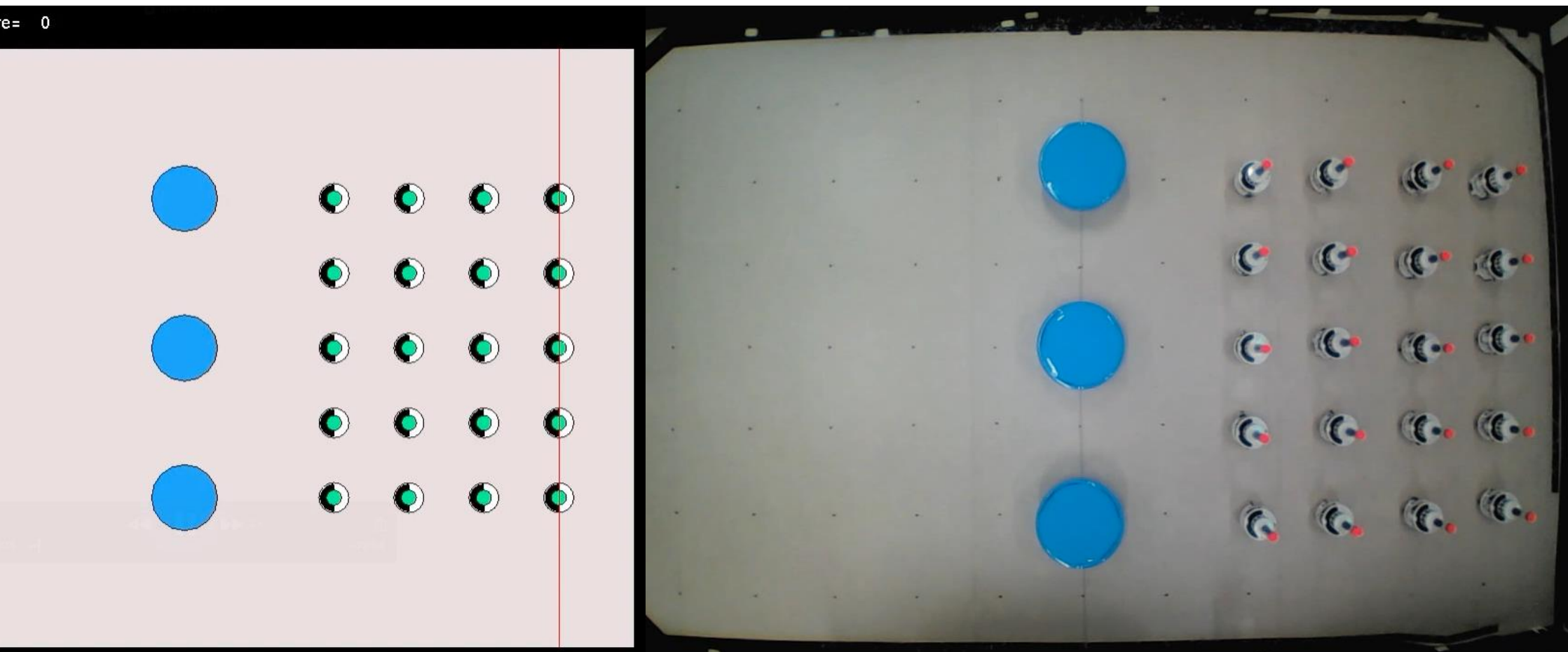
進化後



自律的なサブグループ形成に基づくタスクの遂行

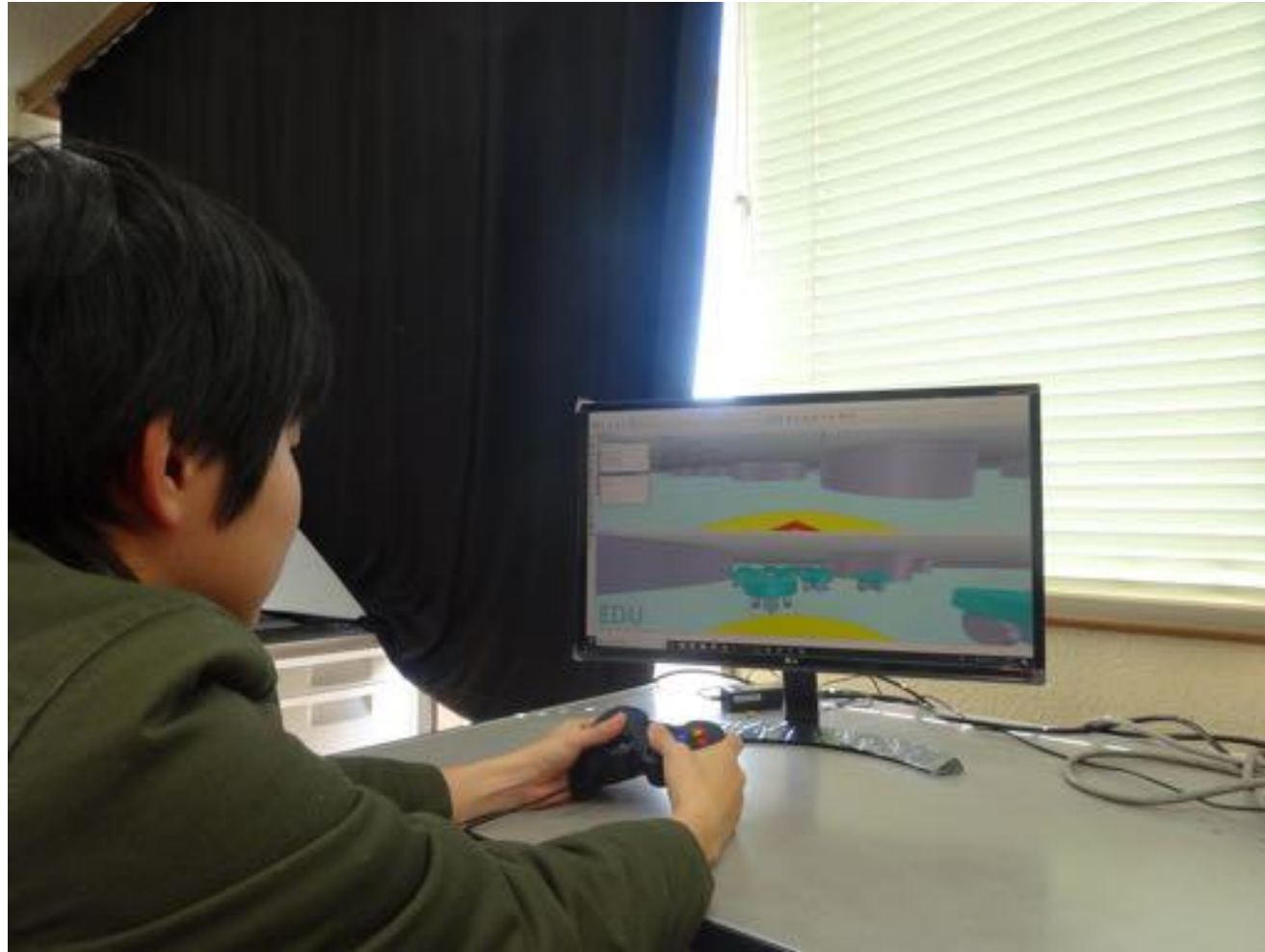
計算機から実機への移植

e= 0



個体レベルの単純さがモデルと実環境の
ギャップを埋めるひとつのカギに

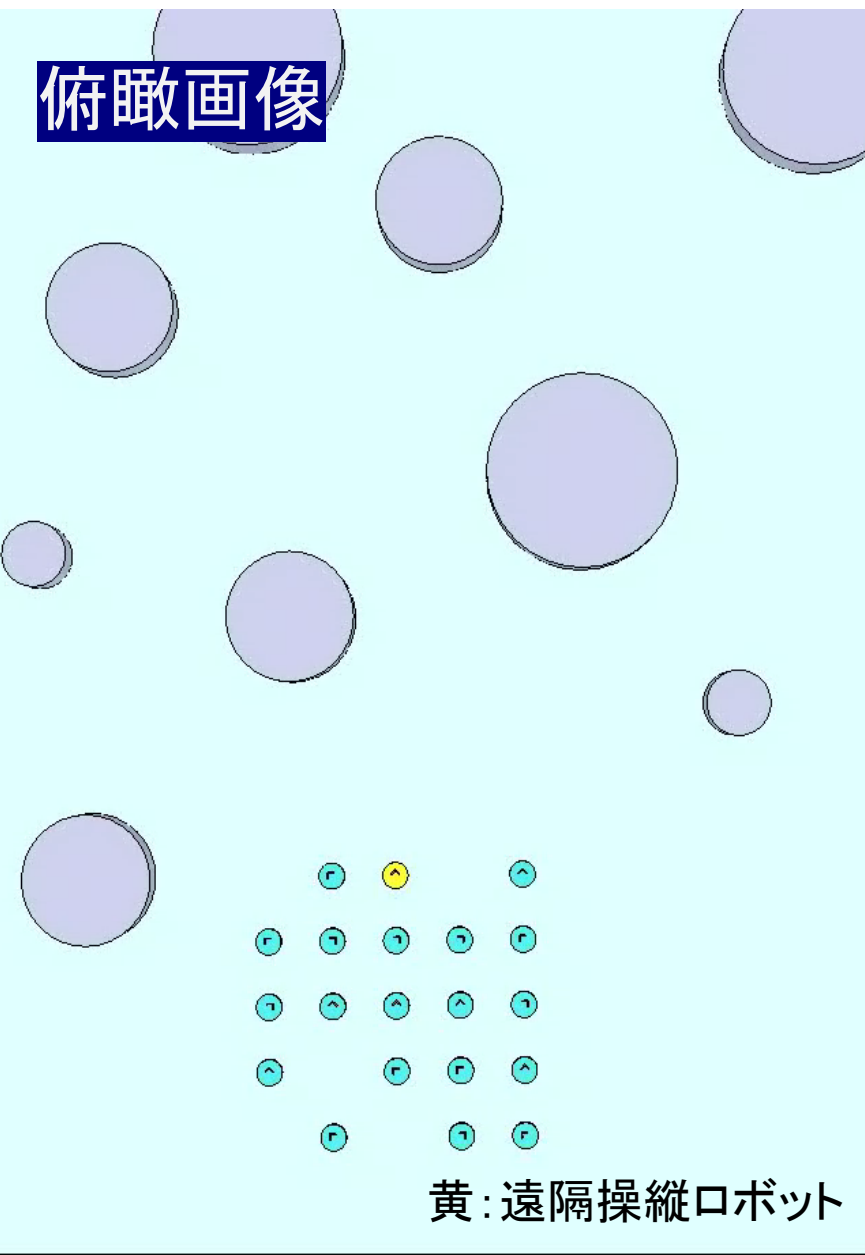
ヒューマン・スワームインタラクション



遠隔操縦型ロボットに搭載した情報に
基づくロボット群の誘導

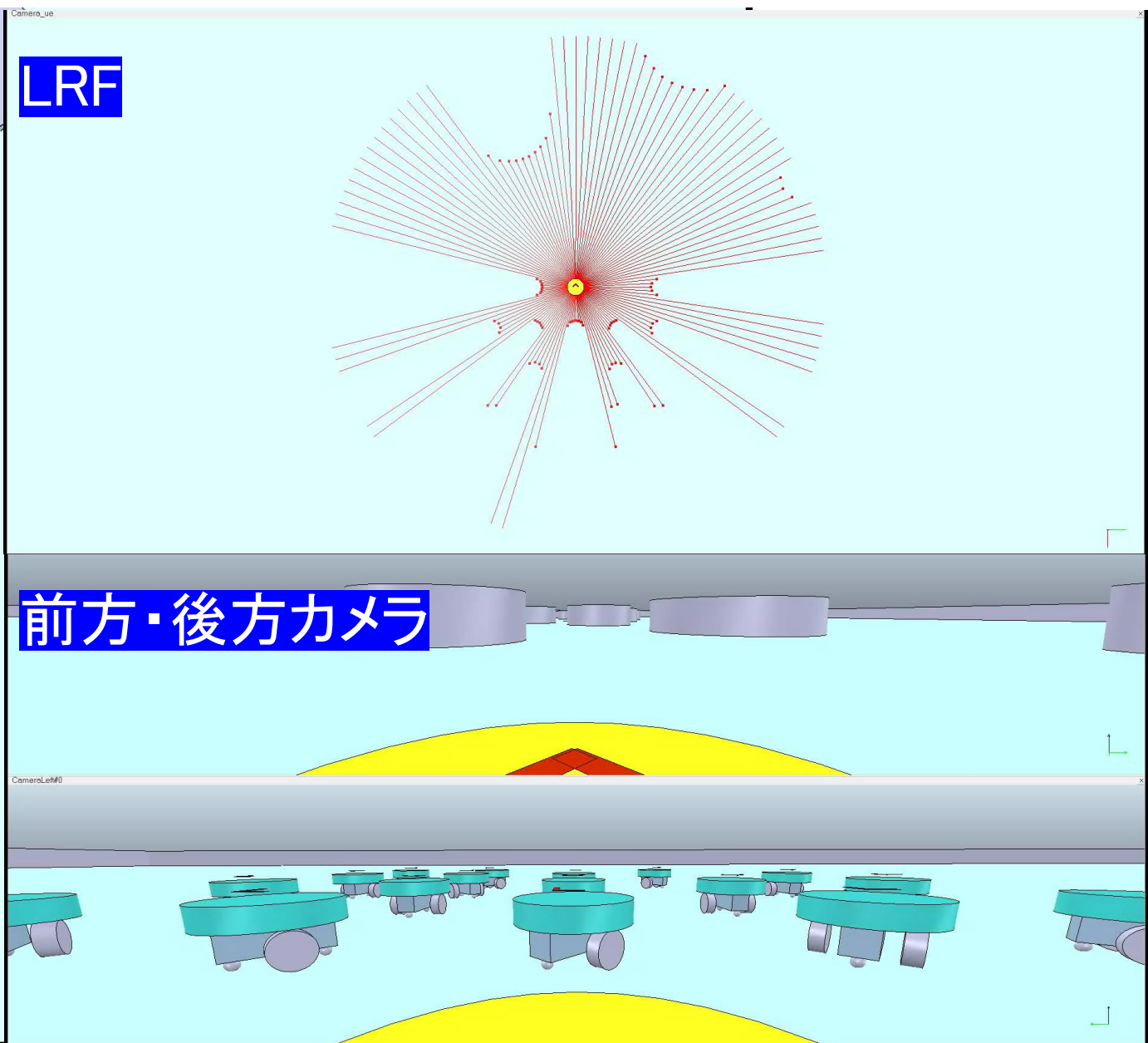
ヒューマン・スワームインタラクション

俯瞰画像



黄:遠隔操縦ロボット

LRF



新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術のようにロボットの個体レベル・集団レベルの戦略を事前に組み込むことなく、群れ行動を自律的に獲得
- 従来手法は特定タスクへの使用に限られていたのに対し、新技術は汎用的で幅広い適用範囲
- 本技術の適用により、環境の情報が十分に得られない状況下での活動が期待

想定される用途

- ◆ ハザードエリアにおける活動（災害現場での探索など）
- ◆ 大型プラントやインフラの点検・保守
- ◆ 環境保全（珊瑚礁の観察，森林の違法伐採のモニタリング，座礁したタンカーから流出した石油の回収）
- ◆ 体内などで活動するナノロボット
- ◆ ロボット以外：人間の集団の動きの予測・誘導など

持続可能でレジリエントな自律
適応型システムの構築

実用化に向けた課題

- 現在，生物の集団で観察されるタスクにおける基礎的な検証を行っている段階で，工学的実問題への適用が未着手
- 今後，高難度タスク，大規模ロボット群について実験データを取得予定
- 実用化に向けて，実機プラットフォームの設計・開発が必要

企業への期待

- 行動獲得に要する計算コストはクラウドコンピューティングなどで克服可能
- 小型デバイスの技術を持つ，企業との共同研究を希望
- 保守点検，警備・モニタリング，災害対応分野への展開を考えている企業には，本技術の導入が有効
- エンタテインメント分野での可能性にも期待

お問い合わせ先(必須)

富山大学

主任コーディネーター 高橋 修

TEL 076-445-6120

FAX 076-445-6939

e-mail otaka84@ctg.u-toyama.ac.jp