ヘテロ群ロボットが生み出す協調行動の未来

末岡 裕一郎

大阪大学 大学院工学研究科 大須賀・杉本研究室 助教

東京大学 大学院工学研究科 淺間研究室 客員研究員

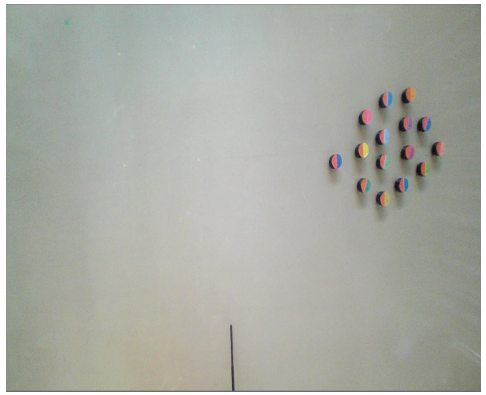
期待：群ロボットシステムに求められていること

災害現場での協調した探索行動，大きな荷物の協調搬送など，様々なシステムへの応用が期待されている

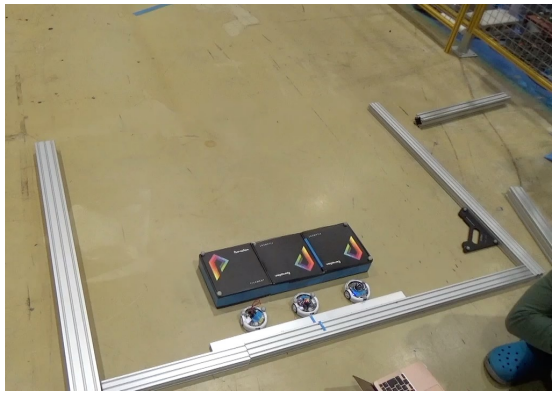
3つの利点

1. **頑健性**：数台が故障しても機能が損なわれない
2. **柔軟性**：環境やタスクの変化に対応できる
3. **拡張性**：ロボットの台数が変わっても機能する

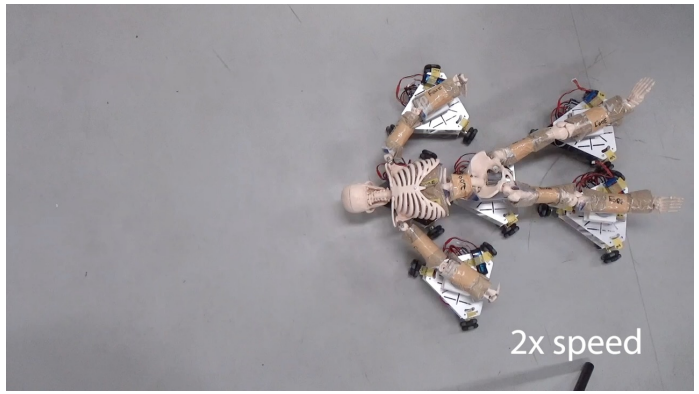
現在，申請者が研究を進めている様々な群ロボットシステム



群行動



協調搬送



協調搬送

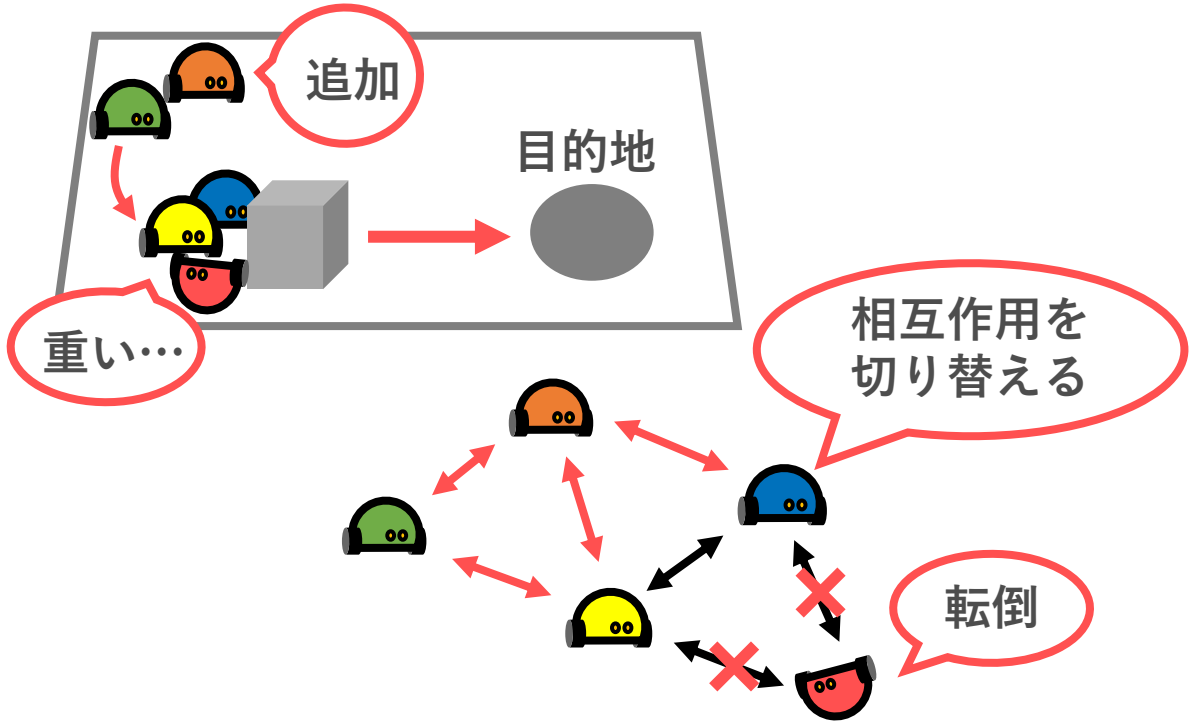
協調積載

臨機応変にタスクに対応するための問題点

頑健性，柔軟性，拡張性を持ち，状況に応じて相互作用を切り替える適応的なシステムは未だ設計できていない

様々なサイズでバランスも分からないため，**臨機応変にロボットを追加**したい

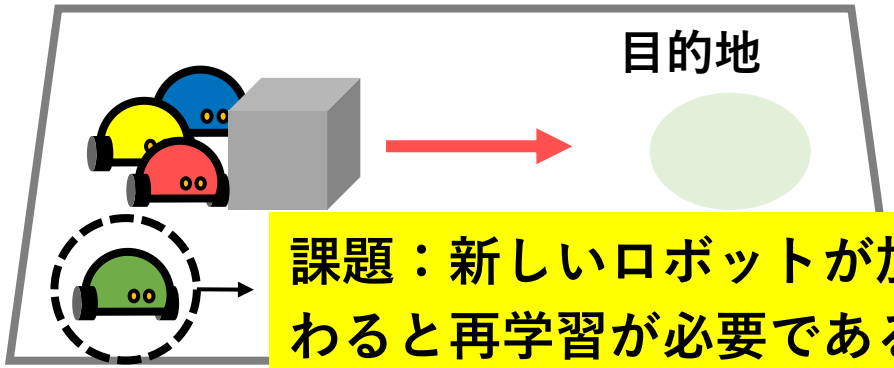
▶ 相互作用を自律的に切り替える必要



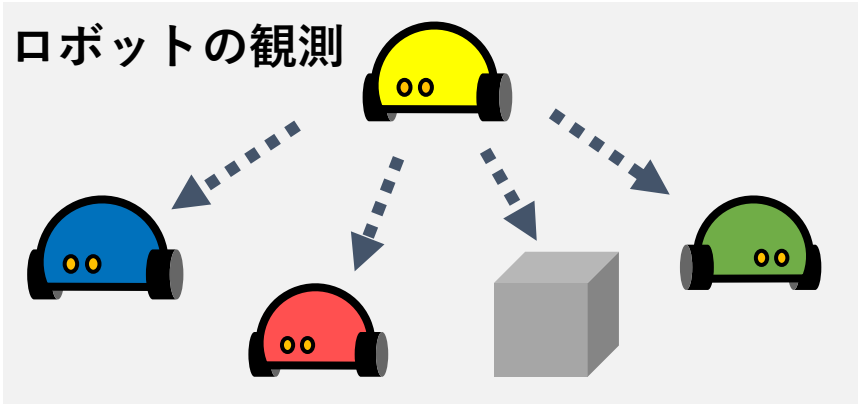
機械学習に基づくアプローチの課題

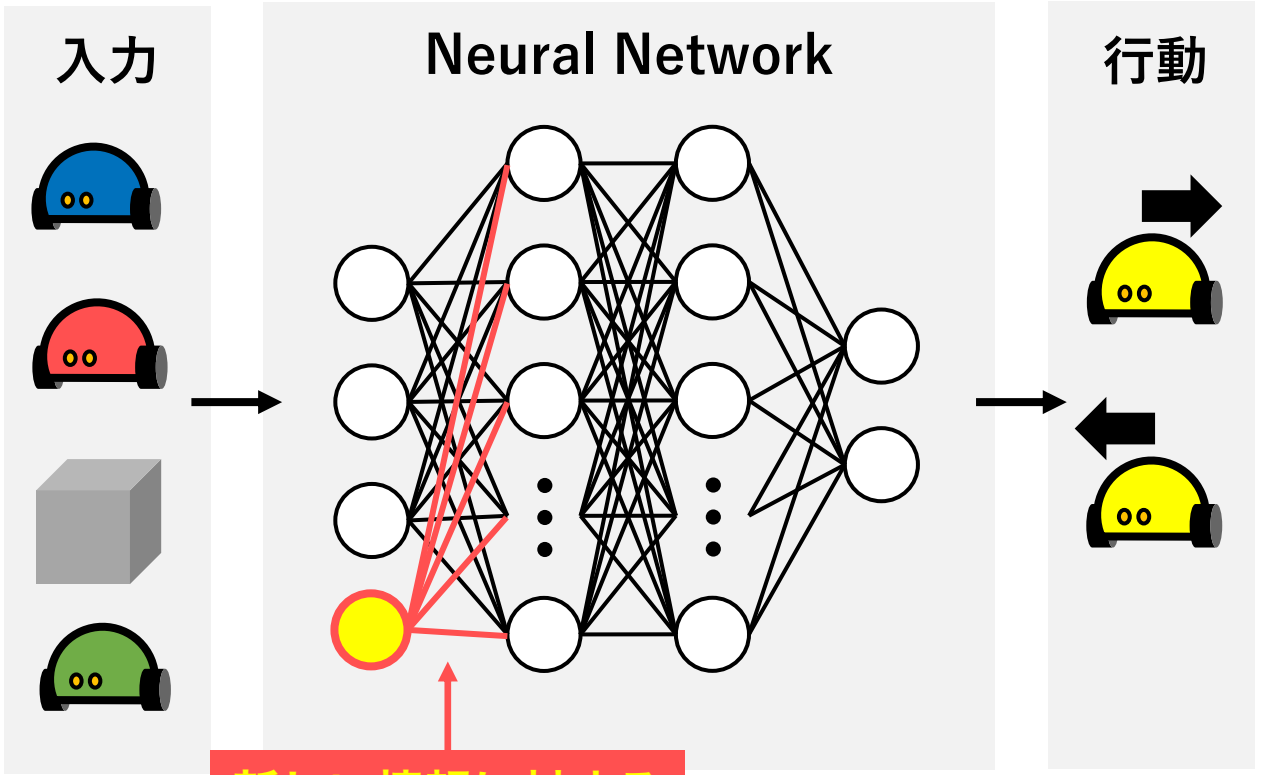
一般的には，ロボットの台数が変わった際には，再学習が必要である

3台での結果を4台に適用する場合



課題：新しいロボットが加わると再学習が必要である．





気づき：機械翻訳と群ロボットシステムの相関

任意の数の入力情報に対する関係性を学習できるSelf-Attention Neural Networkに着目する

機械翻訳

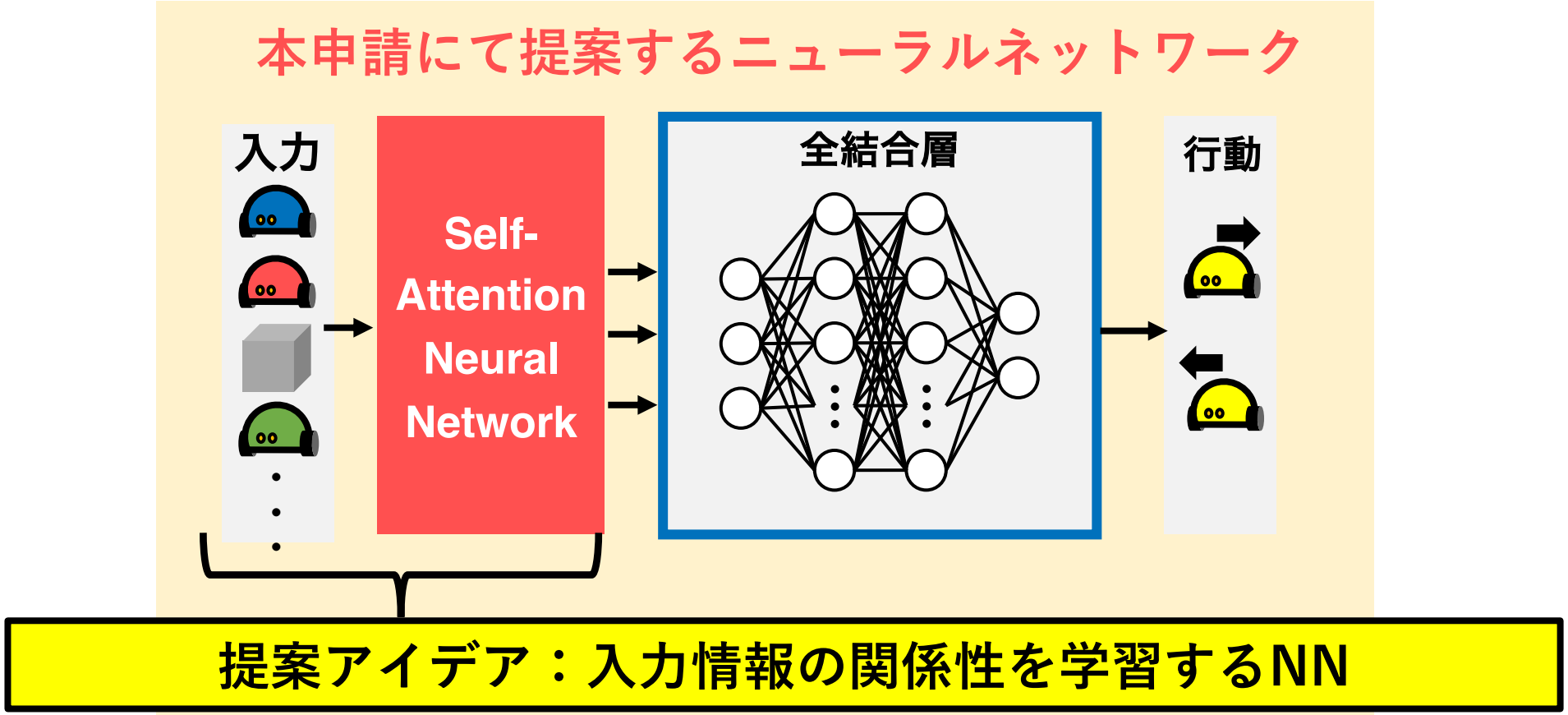
文の長さ（情報の数）に依存せず、名詞、動詞などの情報の種類にも依存せず、そのベクトルデータから、
適切な相互作用（を選んで）自動設計し、意味のある文章を作る技術

群ロボットによる協調搬送行動

ロボット数に依存せず、またロボットや物体などの情報の種類に依存せず、そのベクトルデータから、
適切な相互作用（を選んで）自動設計し、協調行動を機能させる技術

入力間の関係を学習するニューラルネットワークを提案

アプローチ：Self-Attention NNを導入し，任意の数の入力情報に対して，入力情報間の関係を注目度として学習する



研究の目標とインパクト

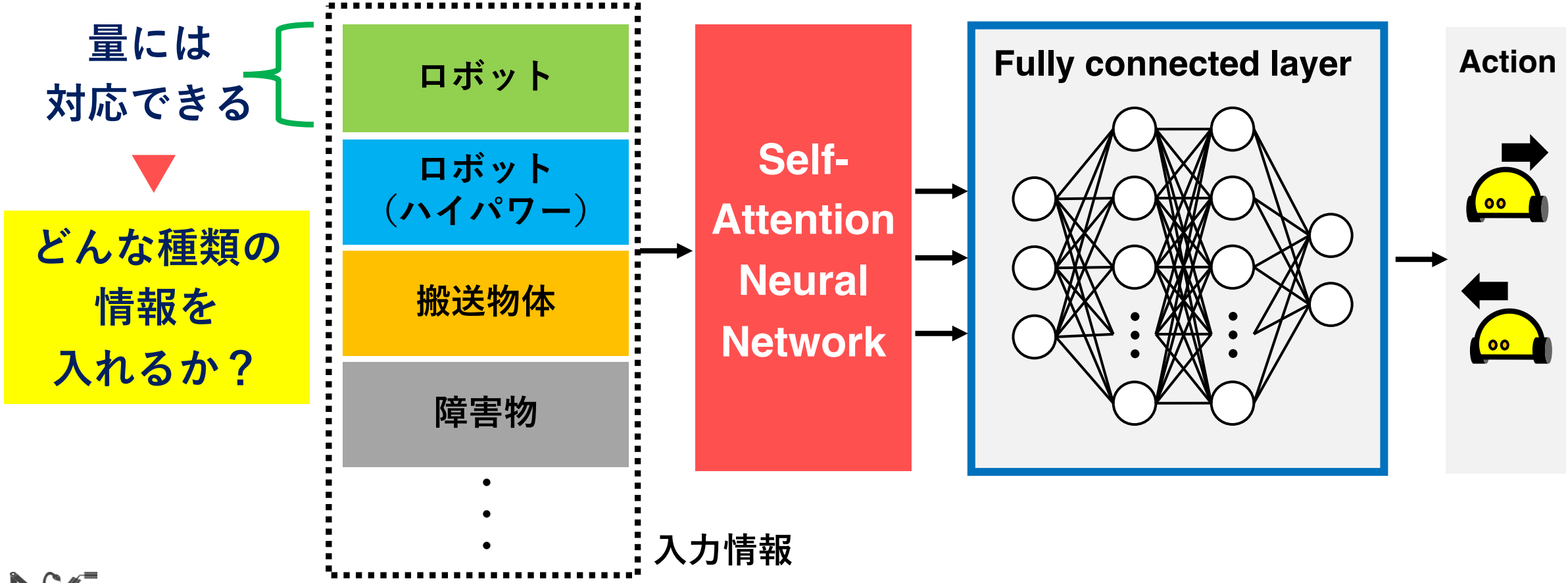
目標：Self-Attention Neural Networkを導入することで，拡張性，柔軟性，頑健性を持ったシステム設計を行い，さらに臨機応変なシステム設計に向け，相互作用の構造を明示化する．

インパクト

- 機械学習は，入力の数やネットワークの数が増えるほど計算時間が長くなる傾向にあるが，提案手法は少ないロボットの台数の結果を，多くのロボットの台数の結果にも利用できるため，学習時間を短縮できる価値をもたらす．
- 臨機応変な相互作用の設計：どの情報を使っているかの相互作用を構造化するアプローチを用いることで，これまでのように相互作用をあらかじめ決めておく必要はなく，状況に応じて切り替えることが可能となる．

ヘテロになるとどのようになるのか？

現在，役割分担（障害物を動かして，ルートを作って協調搬送）など，質的に行動を変化させることが実現できていない

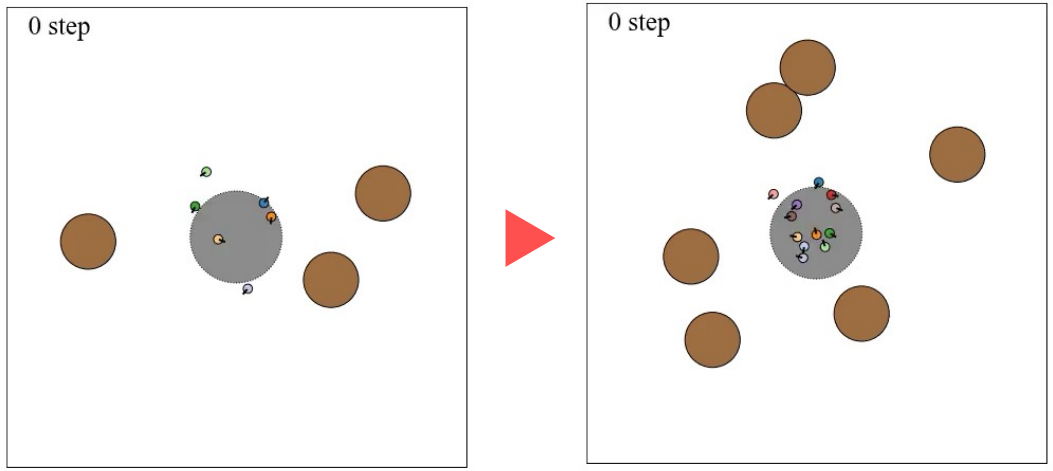


研究の進め方①：様々な協調搬送のケースの解析を進める

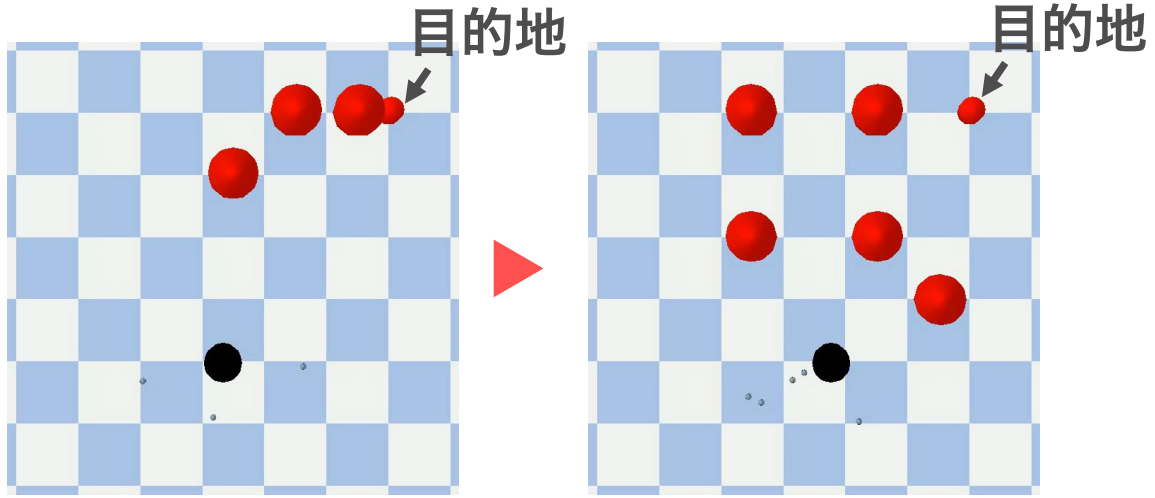
複数の物体を搬送するケースや，障害物が存在するケースの解析

より複雑なケースにおける適応性を調べ，役割分担の発現を含め，相互作用の構造を明らかにする．

例１：搬送物体が複数のケース



例２：障害物が存在するケース
（障害物数への対応や役割分担の発現など）

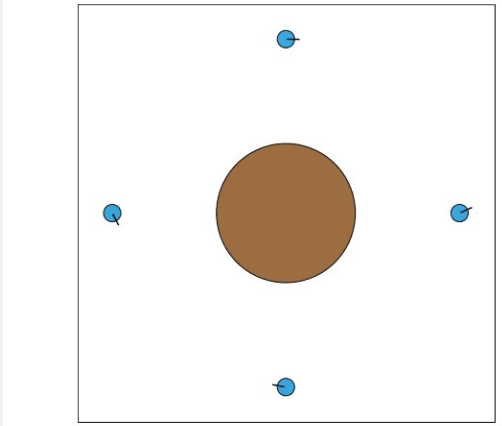


研究の進め方②：Sim2Real, Real2Simを用いた検証

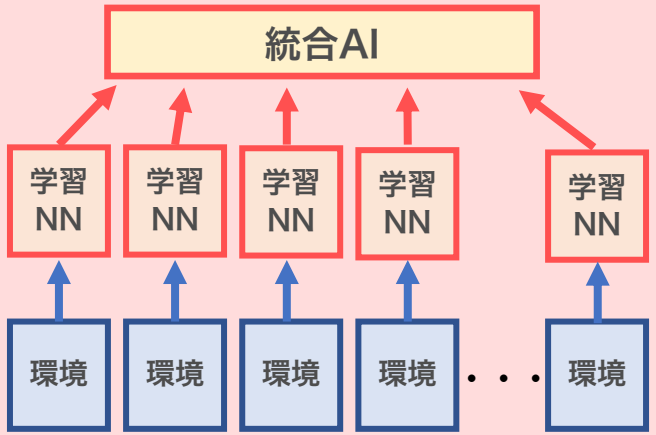
Sim2Realアプローチに基づく実世界での検証

▶ 例えば，パワーのあるロボットが臨機応変に助けに行くことで，重い物体の協調搬送を実現する

シミュレーションにて
汎用性の高い協調行動を設計



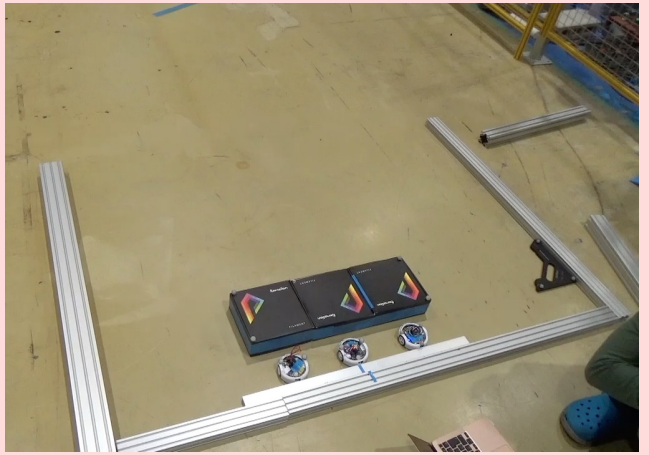
Sim2Realアプローチに基づき，
実機へ適用する



パラメータをちょっとだけ変えた環境を
多数用意する

（現在進行中）
協調搬送実験の例

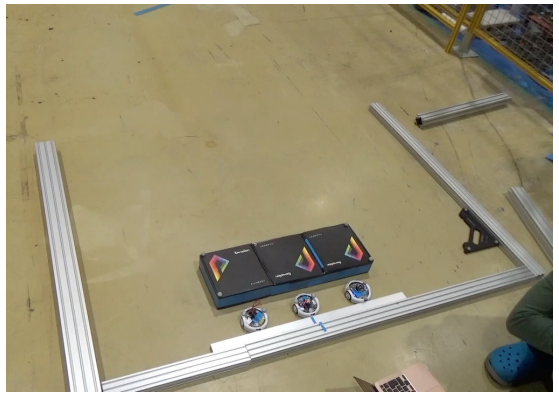
異なる環境にも適応できるか

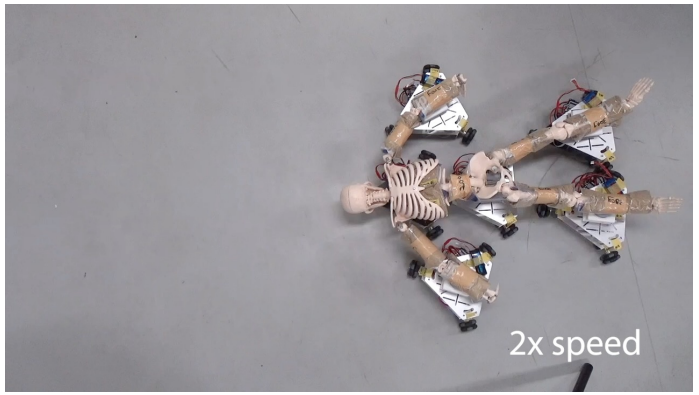


将来展望

臨機応変なシステム設計に向けて相互作用を切り替えるシステム

- 本申請研究は，**拡張性，柔軟性，頑健性を持ち，状況に応じて相互作用を臨機応変に切り替える適応的なシステム設計法**を提示し，生物行動の理解にも寄与する．
- 将来的に，災害現場や月面において活動する**数千～数万台規模の超群ロボットシステム**につながる．





将来的には，申請者が進めている群ロボットシステムにも応用