

平成 25 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	大学院理工学研究科 機械制御システム専攻
研究者 (ふりがな)	伊吹 竜也 (いぶき たつや)
タイトル	モバイルロボティックネットワークの相対情報に基づく 3次元位置・姿勢協調制御
助 成 名	新任助教研究助成
採択金額	1,000,000 円

研究の背景

現在、環境モニタリングや探索・地図形成に代表される広域に渡るモニタリングの需要が年々高まっており、これに対する技術として、複数の移動ロボットがネットワークを構築するモバイルロボティックネットワークを協調的に制御する手法が注目を集めている。モバイルロボティックネットワークの利点として、まず、各ロボットがネットワークを構成することで耐故障性に優れる。また、広大な領域や環境が変化する領域におけるモニタリングでは、その計測領域や環境の変化に適応してロボットが移動し効率を上げることが可能とする。

ロボティックネットワークの運用では、移動ロボット間の相対位置・姿勢が所望の秩序(集合・分散・フォーメーションなど)を形成することが望まれる。また、個々のロボットが分散的かつ協調的に位置・姿勢制御させることが有用である。このような位置・姿勢協調制御問題の一つとして、本研究では複数の剛体の3次元空間上における相対情報に基づく群れ問題を考察する。群れ問題の目的は、分散的な制御則によりすべての剛体の姿勢を共通の値に収束させ、さらにある程度の位置の集合、および剛体間の衝突回避を保証することである。また、各剛体の取得できる情報を相対情報のみに限定することは、カメラに代表される相対センサのみを用いて制御則を実装することによる将来的な利便性を目的とする。

結果と考察

まず、制御目的として、3次元空間上に存在する複数の剛体の集合・整列・衝突回避からなる群れ行動を定義した。つぎに、これら3つの法則からなる相対位置・姿勢情報のみに基づく群れ制御則を提案した(図1参照)。本制御則は、本研究の先行研究で提案されている位置・姿勢同期制御則(位置・姿勢同期問題の目的は位置と姿勢の双方を共通の値に収束させることである)に対して、近傍の剛体との相対距離に応じてある程度の分離行動をとらせる衝突回避則を加えたものである。また、制御手法の実装の観点から、制御則に必要な情報を近傍の剛体の相対位置・姿勢に限定したことが本研究の主な貢献である。

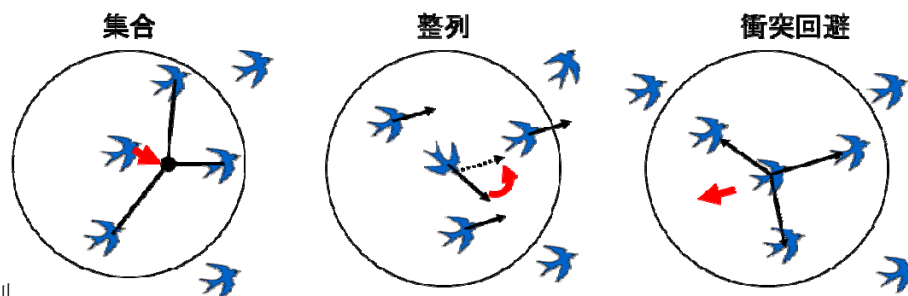


図 1. 群れ制御則

つぎに、剛体間の適当な情報交換構造の下で、提案制御則が実際に先に定義した群れ行動を実現することを証明した(図 2 参照)。収束性解析では、姿勢の整列および衝突回避の解析がそれぞれエネルギー関数に基づいて行われていることに着目し、これらを統合した新たなエネルギー関数を導入している。なお、集合現象の厳密な解析、すなわち最終的な相対距離の評価は未だに達成できていないが、これに対してはエネルギー関数に基づいて出力の最悪ケースの大きさを評価する Ultimate Boundedness Theory が解析の一助となると期待している。

最後に、3 次元空間上の数値シミュレーションにより群れ行動が達成されることを示し、提案制御則の有効性を確認した。また、下記備品 1 に挙げたモーションキャプチャカメラを用いて、実験検証のための計測システムの構築に着手した。

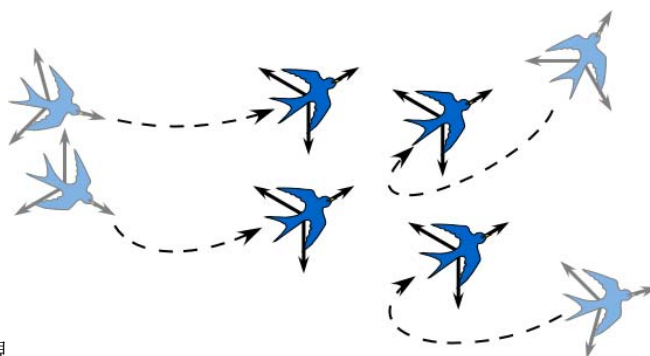


図 2. 群れ行動の実現

結論と今後の課題

本研究では、3 次元空間上に存在する複数の剛体の集合・整列・衝突回避からなる相対位置・姿勢情報に基づく群れ制御則を提案し、収束性解析および数値シミュレーションにより提案制御則の有効性を確認した。

今後の課題としては、(i) 新たな観測システムにおける 2 次元平面上の全方向移動ロボットや 3 次元空間上の Quadrotor を用いた実験検証、(ii) 提案制御則による集合の度合い、すなわち最終的な相対距離の解析、(iii) 自動車や航空機など、動きに制限のある劣駆動性を有する剛体の位置・姿勢協調問題の考察が挙げられる。本問題の検証には備品 2 の制御用実験機を用いる予定である。

使用内訳書

費 目	内 訳	金 額
備品 1	モーションキャプチャカメラ OptiTrack Flex13 ×3	645,658
備品 2	制御用実験機 e-puck	199,500
備品 3	実験用 P C (三平教授法人運営費と合算)	29,900
消耗品	消耗品	124,942
その他		
合 計		1,000,000

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。