

移動エージェントを用いた 群ロボットと飛行ロボットの協調制御

横山智大* 滝本宗宏*
東京理科大学*

1 はじめに

群ロボットとは、比較的単純な動作をするロボットから構成される集合において、ロボット同士が協調して動作を行うロボット制御システムである。ロボットの増減が容易なので柔軟にシステムを変更でき、1台のロボットの故障がシステム全体に影響を与えないので、故障に強いという特性を持つことが知られている [1]。

群ロボットは多くの場合、地上用のロボット(以降、地上ロボットと呼ぶ)だけで構成される。地上ロボットは2次元の移動に限定されるので、センサを用いた周囲の情報認識の範囲が狭く、さらに、障害物によって移動やロボット相互の通信が阻害されるという問題があった。これに対して、飛行能力を備えたロボット(以降、飛行ロボットと呼ぶ)は、上空でセンサを用いることによって広範囲の認識が可能で、障害物の影響も受けにくいという利点があるが、地上で作業を行う必要がある場合には、離着陸を繰り返す必要があるので、効率と安全性に問題があった。

本研究では、地上ロボットで構成された群ロボットと飛行ロボットを、ロボット間を移動する移動エージェントを用いて相互補完的に協調制御させる手法を提案する。ある地上ロボットに移動した移動エージェントは、その地上ロボットの上空に、飛行ロボットがホバリング*1するように制御をする。また、移動エージェントは飛行ロボットのセンサを通して、タスクを達成するのに都合の良い地上ロボットの位置を取得し、その地上ロボットに移動する。このとき、同時に飛行ロボットも、その地上ロボットの上空に移動させてからホバリングを再開させる。この移動エージェントに飛行ロボットが伴走するという制御モデルは、3次元空間における群ロ

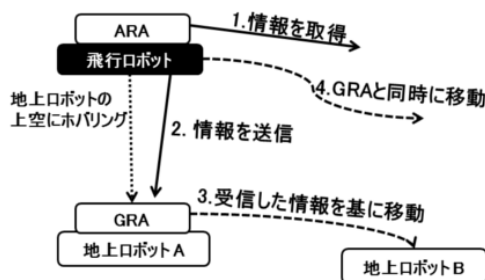


図1 提案手法

ット制御を単純化し、見通しのよい解法を与えることに貢献する。

以降の構成は次のとおりである。第2節で本移動エージェントモデルの詳細を述べて、第3節で実装について述べた後、第4節で、この実装に基づいた実験とその評価について述べる。第5節で本研究のまとめを述べる。

2 本手法における移動エージェント

本手法では、地上ロボットの制御を行う **GroundRobot エージェント** (以降、**GRA** と呼ぶ) と、飛行ロボットの制御を行う **AerialRobot エージェント** (以降、**ARA** と呼ぶ) という2種類の移動エージェントを使用する。これらはそれぞれ、以下に述べる作業を行う。ARA が行う作業は次の3つである。

1. 飛行ロボットを GRA がいる地上ロボットの上空にホバリングさせる。
2. 飛行ロボットを他の地上ロボットの上空に移動させる。
3. 飛行ロボットに搭載したセンサなどを利用して取得した情報を、GRA に伝達する。

一方、GRA が行う作業は次の2つである。

1. 地上ロボットの移動を制御する。
2. ARA から受け取った情報を基に、移動先の地上ロボットを決定し、移動する。

Cooperation of Ground Robots and Aerial Robots Using Mobile Agents

*Chihiro Yokoyama, Tokyo University of Science

*Takimoto Munehiro, Tokyo University of Science

*1 空中で飛行停止すること。

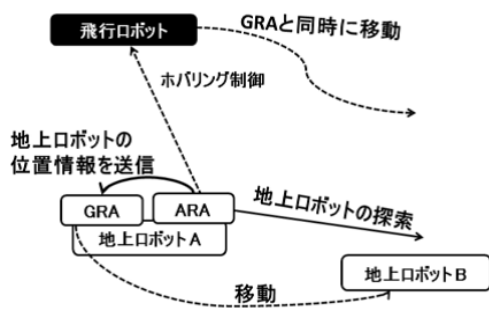


図2 実装モデル

ARA は飛行ロボットに存在し、GRA は地上ロボットのうち1台に存在する。GRA が地上ロボット間を移動する際には、GRA が ARA に指示を出し、指示を受けた ARA が飛行ロボットを移動元の地上ロボットから移動先の地上ロボットの上空に移動させる。ARA が情報を取得してから、GRA と飛行ロボットが移動するまでの手順は図1のようになる。また、本手法では地上ロボットが行うタスクの設定はしていないが、タスクを与える場合は GRA がそのタスクを実行する。

3 実機を用いた実装

本手法の評価を行うために、本モデルを実機を用いて実装した。本手法の実現には、飛行ロボットおよび地上ロボットにそれぞれ AR.Drone と iRobot Create を用いた。また、移動エージェントシステムとして AgentSpace を用いた。飛行ロボットは、飛行ロボット自身に ARA が存在して制御をするべきであるが、AR.Drone の重量制限の関係で、制御をする計算機の搭載ができない。そこで、地上ロボット上に ARA が存在し、地上ロボットに搭載した上向きカメラの情報を基に通信を介して、制御するようにした。また、実現を容易にするために、以下のような点についてモデルの変更をした(図2を参照)。

- ARA が取得する情報は、GRA が存在していない地上ロボットの位置とする
- GRA は地上ロボットのうち1台にだけ存在するが、ARA は全ての地上ロボットに存在する
- 地上ロボットには特定のタスクを与えず、移動させるだけとする

飛行ロボットを地上ロボットの上空にホバリングさせるためには、どちらかがもう一方の位置を認識する必要がある。地上ロボットに、上空に向けたカメラを搭載し、地上ロボット上の ARA が、このカメラ画面内に常

に飛行ロボットが入るように制御をすることで、ホバリングを実現した。

一方、GRA は、地上ロボットを一定距離前進させてから、乱数で回転角度を決定して回転させ、その後また前進させることを繰り返す。この過程で、地上ロボットにいる ARA は、他の地上ロボットの探索を行う。また、障害物と衝突した際には、GRA が回避行動を取る。

ARA が地上ロボットを発見し、その位置情報を取得すると、それを GRA に送信する。GRA は、受信した位置情報を基に、発見した地上ロボットに制御中の地上ロボットを接近させる。これを行うのは、飛行ロボットの受け渡しを容易にするためである。一定距離接近した後、GRA は発見した地上ロボットに移動する。このとき GRA は、飛行ロボットを、発見した地上ロボットの方向に前進させるよう ARA に指示を出す。

4 実験と評価

第3節で述べた動作を行えるかどうかの実験を行った。地上ロボット2台、飛行ロボット1台を使用し、GRA が存在していない地上ロボットは移動しないという条件を設定した。本実験の評価は以下の通りである。

実験によって、第3節で述べた動作の確認はできたが、以下に述べるような安定性に関する問題点があることが分かった。飛行ロボットとして用いた AR.Drone には、自動ホバリング機能が備わっているが、自身が起こす風によって機体が流されるので狭い部屋でホバリングさせることは困難だった。飛行ロボットに飛行船を用いることで、より安定したホバリングをすることができ、さらに重量制限の問題も解決できる可能性がある。また、本手法では地上ロボット、飛行ロボット間の認識およびホバリング制御に、地上ロボットに搭載した上向きのカメラを使用した。カメラが不安定なため、カメラの視野外に出てしまうことがあった。赤外線センサを用いるなどして、両ロボット間の認識を効率化させることで安定したホバリングを実現できる可能性がある。

5 まとめ

本研究では移動エージェントを用いた群ロボットと飛行ロボットの協調制御の手法を提案し、その基本的な振舞いを実現できることを示した。

参考文献

- [1] A.J.C. Sharkey. Swarm robotics and minimalism. Connection Science, 19(3), September 2007.