

主査	和田 幸一 教授	副査	犬塚 信博 助教授	研究室	和田研究室
入学年度	平成 14 年度	学生番号	14417101	氏名	山中 信岳

論文題目 自律分散ロボット群に対する形状形成アルゴリズム

1. はじめに

近年、宇宙などの遠隔地や核施設など、人間が直接作業するには困難な環境において、自律分散ロボットが注目を集めている。自律分散ロボットは自律的、協調的に動作するため、耐故障性、拡張性に優れている。

この自律分散システムを用いたロボット群に関する研究として、文献 [1], [2] では自律分散ロボットを理論的に考えるモデルを構築し、形状形成問題を考える上で必要となる自律分散ロボットのモデルや形成できる形状について議論している。

本論文では、自律分散ロボット群による形状形成問題について考える。この問題はロボット群を作業に適した配置に移動させたり、特定の位置にいるロボットに役割を与えるなど、これ以降の様々な作業につながる。

2. ロボットのモデル

- 本論文で用いるロボットのモデルを示す。
- すべてのロボットは同じアルゴリズムを用いる。
- ロボットは外見では区別できない。
- ロボットは体積を持たない点とみなす。
- ロボットはそれぞれ独自の座標系を持つ。
- 座標系には軸の方角、方向、単位距離、原点がある。
- 視野に制限のないカメラを持ち、通信能力は持たない。
- 「待機」、「観測」、「計算」、「移動」を 1 サイクルとして、サイクルを繰り返し実行する。
- 以前のサイクルで得られた情報を記憶できない。
- 非同期である。

3. 形状形成問題

形状形成問題とは、初期状態として任意の位置に配置されたロボット群が有限時間で与えられた形状を形成する問題である。形状を形成するとは、観測によって得られたロボット群の配置と入力形状を並行移動、反転、回転、拡大縮小させた形状の点がすべて一致することをいう (図 1)。

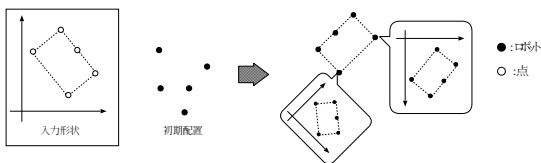


図 1. 形状を形成するロボット群

形状形成に関するこれまでの研究では、ロボット群に座標系に関する共通知識をどの程度与えれば任意の形状を形成することができるかについて議論されてきた。文献 [1], [2] では、次に挙げる 3 つの場合について述べている。

1. 両軸の方向に関する共通知識を与える場合
任意の形状を形成するためのアルゴリズムが示されている。
2. 片軸の方向に関する共通知識を与える場合
ロボットの台数が偶数台のとき、形成することができない形状が存在することが証明され、形成することができる形状について議論されている。奇数台の場合は任意の形状を形成するためのアルゴリズムが示されている。
3. 共通知識をまったく与えない場合
形成できない形状が存在することが証明されている。
軸の方向に関する知識を共有することにより、各ロボットが持つ座標系における軸がすべてのロボットで並行となり、その正負も一致する。

ここで、ロボット群が共有する知識が 2. よりも少ない場合、どれくらいの知識を与えれば任意の形状を形成することができるかという問題が考えられる。

そこで、軸の方向に関する知識から軸の正負の情報を取り除いた「軸の方角」に注目する。本論文では片軸の方角に関する共通知識を持つ奇数台のロボットが任意の形状を形成するためのアルゴリズムを示し、その正当性を証明する。

4. アルゴリズム

ここではアルゴリズムの概要について述べる。入力として形成すべき形状 P とロボットの配置 R が与えられる。ロボット群は以下の手順で形状を形成する。

- [手順 1] R と P においてすべてのロボットにとって共通の基準を求め、その基準を基に目的地 F を計算する。
- ロボットはそれぞれ独自の座標系を持っているため、 P の見え方はロボットによりことなる。そのため、すべてのロボットが共通の目的地 F を定める必要がある。ここで、 F は P を並行移動、拡大縮小、反転させたものである (図 2)。

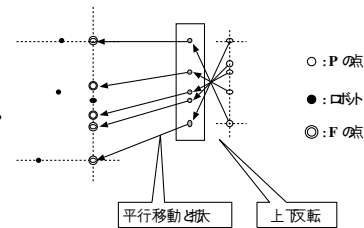


図 2. 目的地 F の計算

- [手順 2] 基準が変化しない位置へ移動する。
● ロボットが移動することにより、[手順 1] で求めた基準が変化し、 F が変化する可能性がある。それにより、それ以降に観測をおこなったロボットは全く違う目的地を目指して移動を開始してしまうため、形状を形成することができない。そのため、ロボット群は目的地へ移動する前に、基準が変化することがない配置へ移動する。

- [手順 3] 目的地へ移動する。
● すべてのロボットが一斉に移動を開始した場合、ロボット同士が重なる (衝突する) 可能性がある。ロボットは外見から区別することはできず、すべてのロボットは同じアルゴリズムを用いるため、重なったロボットはそれ以降全く同じ動作を実行する可能性がある。その結果、形状を形成することができない。そのため、ロボット群は x 軸に関する辞書式順序が変化しないように移動することにより、衝突を回避する。

5. おわりに

今回の研究では、片軸の方角のみを知っている奇数台の自律ロボット群が任意の形状を形成するためのアルゴリズムを示し、証明することができた。

今後の課題として、ロボット群に今回とは異なる共通知識を与えた場合、任意の形状を形成することができるのか、できないとしたらどのような形状を形成することができるのかを示すことが挙げられる。

参考文献

[1] G. Prencipe Distributed Coordination of a Set of Autonomous Mobile Robots, PhD thesis Università di Pisa 2002
[2] 樽谷 政夫 片軸方向の共通知識をもつ自律分散ロボット群に対する形状形成アルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌 2004 掲載予定