

平成 14 年度 修士論文概要

主査	和田 幸一 教授	副査	高橋 直久 教授	研究室	和田研究室
入学年度	平成 13 年度	学生番号	13417115	氏名	吉田 隆治

論文題目 自律分散ロボットの形状形成問題に関する研究

1. はじめに

近年、自律性を持つ複数のロボットが協調的に動作することにより、全体でひとつの目的を達成する研究が盛んにおこなわれている。このような自律分散型ロボットは、集中的に管理することに比べ、特定のロボットの故障や追加・交換・削除がシステム全体に与える影響を小さくすることができ、耐故障性、柔軟性が高い。

本研究では自律分散ロボットによる形状形成問題を取り扱い、問題を解くためのアルゴリズムを提案する。形状形成問題はロボット群がさまざまな作業をおこなうための初期ステップとして研究された。作業に適した配置を作ったり、その後の行動におけるそれぞれの役割を合意すること（特定の位置に配置されたロボットがリーダーとなる等）につながるためであり、非常に興味深い問題である。

2. ロボットのモデル

本研究で扱うロボットのモデル [1] を以下に示す。

- すべてのロボットが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。
- ロボットは平面上の点としてみなす。
- ロボットはそれぞれに座標系（局所座標系）を持つ。座標系には軸の方角、方向、原点、単位距離がある。
- 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」をおこなう。この行動列を 1 サイクルとして、サイクルを繰り返す。
- 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

形状形成問題は、ロボット群が点の集合として与えられる形状を形成する問題である。「ロボットが形状を形成する」とは、観測によって得られたロボット群の位置が入力形状を局所座標系において平行移動、回転、拡大縮小、反転させた形状の点と一致することをいう（図 1）。

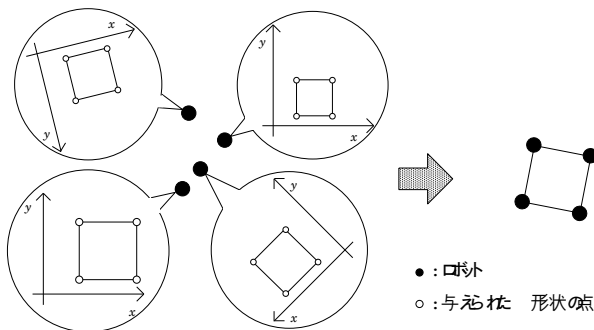


図 1 形状形成問題

[1] において、ロボットが座標系に関する情報をどれくらい共有していれば（知っていれば）問題を解くことができるかということが議論されてきた。

- 両軸の方角と方向を知っている場合、任意の形状形成問題を解くためのアルゴリズムが提案されている。軸の方角を知っているとは個々のロボットが持つ座標系の軸が平行であることをいい、方向を知っているというのは正負の方向が一致していることをいう。

- ひとつの軸の方角と方向を知っている場合、偶数台のロボットでは任意の形状は形成できないことが証明されている。偶数台の場合には形状が形成できるための条件が示されている。奇数台のロボットの場合に関しては任意の形状形成問題を解くためのアルゴリズムが提案されている。
- 軸に関して何も知らない場合、任意の形状形成問題を解くことはできないことが証明されている。

本研究では、より共通知識が少ない場合である、ひとつの軸の方角のみを知っている場合に奇数台のロボットにより任意の形状を形成するためのアルゴリズムを提案する。

4. アルゴリズム

以下にアルゴリズムの概要を示す。ロボットの局所座標系は軸の方角を除いて異なりうるため、各ロボットの局所座標系における入力形状  $P$  を実際の平面上に写した場合の形状は異なるかもしれない。そこで、ロボットはまず最初に、ロボットの位置や  $P$  の点から基準を決め、その基準を用いて実際の平面上で同じ位置となる形状  $F$  を計算する。 $F$  は形状を形成するという定義より、 $P$  を局所座標系において平行移動、反転、拡大縮小したものとなる（図 2）。

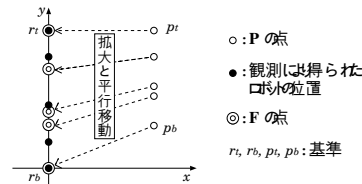


図 2 局所座標における  $F$  の計算例

ここでは距離や、配置の非対称性からすべてのロボットにとって共通の基準を定め、その基準を利用して  $F$  を計算することになる。

$F$  を計算したのち、ロボットは  $F$  の点を目的地として基準が変わらないように移動する。基準を変えないように移動するのは、基準が変わることで、それ以降に観測したロボットが異なる  $F$  を計算してしまい形状が形成できなくなることを避けるためである。さらに、ロボットは移動中に同じ点を占めないよう（衝突しないよう）に移動する。ロボットは点として考えるため複数のロボットが同じ位置に止まりうる。すべてのロボットは同じアルゴリズムを用いるため、あるひとつの点に複数のロボットが止まってしまうと、これらは同じ目的地を計算することになる。その後これらのロボットが完全に同期して行動すると、ロボットの台数が入力形状の点の数より少なくなってしまう、形状が形成できないからである。

5. おわりに

今回の研究では、ひとつの軸の方角のみ知っている奇数台の自律ロボット群による任意の形状形成問題を解く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、任意の形状形成問題が解けるのか、解けないとしたらどのような形状群を形成することができるのかを示すことがあげられる。

参考文献

[1] G. Prencipe Distributed Coordination of a Set of Autonomous Mobile Robots PhD thesis Università di Pisa 2002