

入学年度	平成 14 年	学籍番号	14117638	氏名	大竹 良幸
論文題目	自律分散ロボット群の円形成問題について			和田・犬塚 研究室	

1. はじめに

近年、自律性を持つ複数のロボット群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自律分散ロボット群の研究が盛んにおこなわれている。このような自律分散ロボット群は耐故障性、柔軟性に優れている。

自律分散ロボット群の形状形成問題の一つに、同一の円周上にロボットを均等に配置させる問題がある。この問題は、鈴木・山下モデルでは解かれている [1] が、完全非同期である CORDA モデル [2] では未解決である。

本研究では、CORDA モデルに仮定を加えることで、この問題を有限時間で解決するアルゴリズムを提案する。

2. ロボットモデル

本研究で扱う CORDA モデル [2] の特徴を以下に示す。

- ロボットは体積を持たず点として扱う。また平面上を自由に移動できる。
- すべてのロボットは外見によって区別できず、識別子を持たない。また、同じアルゴリズムを実行する。
- ロボットは、待機、観測、計算、移動の 4 つの動作を 1 サイクルとして、そのサイクルを繰り返す。
- ロボットは通信機能を持たず、観測によって得られた他のロボットの位置から次の動作を決定する。
- ロボットは過去のサイクルの情報を記憶できない。
- 各ロボットは、独自のローカル直交座標系を持つ。
- ロボットは非同期に動作する。

本研究では以下の仮定を加える。

- ロボットの座標系はすべて右手系もしくは左手系のどちらかで一致している。
- ロボットは任意の円周に沿って移動できる。

3. 諸定義

本研究で取り扱う問題を定義する。

等間隔円形成問題

初期配置が異なる n 台のロボット群が与えられたとする。このロボット群を、すべてのロボットが同一の円周上にあり、その円周上でとなりあうロボットとの距離が均等になるように配置する (図 1)。

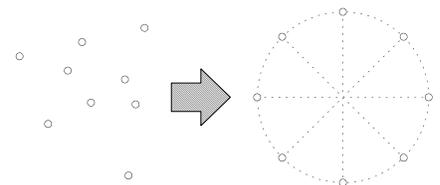


図 1 : 等間隔円形成問題

この問題は、以下のような 2 つの問題に分割できる。

円形成問題

初期配置が異なる n 台のロボット群があたえられたとする。このロボット群を、すべてのロボットが同一の円周上にあり、円周上でとなりあうロボットとの距離が均等になるような配置する。

円上均等配置問題

初期配置が同一の円周上で、異なる位置にある n 台のロボット群があたえられたとする。すべてのロボットが同一の円周上にあり、円周上でとなりあうロボットとの距離が均等になるような配置する。

それぞれの問題を解決するアルゴリズムをあたえることで、等間隔円形成問題の解決を目指す。

円形成問題を解くアルゴリズムは、文献 [3] で提案されているので、本研究では、円上均等配置問題を解くアルゴリズムを提案する。

本研究では、最小包含円を利用して上記の問題を解く。最小包含円とは、平面上に点の集合があたえられたとき、そのすべての点を円の内部もしくは円周上に含む円のうち、半径が最小の円で、ロボットの配置に対して一意に決まる。

4. アルゴリズム

反時計周りに隣あうロボットと成す最小包含円の弧の中心角を計算し、最適な角度 $\frac{2\pi}{n}$ より大きければ、 $\frac{2\pi}{n}$ になるまで反時計周りに最小包含円上を移動する (図 2 (a))。 $\frac{2\pi}{n}$ 以下ならば、その場にとどまる (図 2 (b))。

このとき、時計周りに隣りあうロボットと成す最小包含円の弧の中心角を計算し、 π 以上に広がらないように調整する。

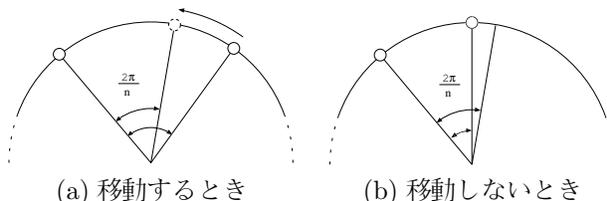


図 2 : アルゴリズムの動作例

すべての 2 台のロボットの組合せの中で、最小包含円上で、2 点間の弧の中心角が最適な角度 $((2 \text{ 台の間にあるロボットの数} + 1) \times \frac{2\pi}{n})$ と比べて最も大きい組合せの、反時計周り側のロボットを r_s とする。

ロボット群全体の動作としては、 r_s は移動せず、それ以外のロボットは r_s から時計周りに位置が確定してゆく。

5. 正当性の証明

まず、アルゴリズム実行中は最小包含円が保存されることを証明した。円上にある n 個の点のとなりあう 2 点間の弧の中心角が、すべて π 以下ならば、この円は n 個の点の最小包含円であることを示した。この性質を用いて、最小包含円が保存されることを証明した。

初期配置では、 r_s 以外のロボットは r_s からの角度が最適な角度より時計周り側、もしくは最適な角度にいることを証明した。そして、この性質がアルゴリズム実行中保存されることと、 r_s が移動しないことを証明した。

以上のことを用いて、円上均等配置問題が有限時間で解けることを証明した。

6. おわりに

提案するアルゴリズムが、等間隔円形成問題を有限時間で解くことを証明できた。

今後の課題としては、ロボットに要求する能力を少なくして同様の問題を解く。アルゴリズムを単純化や、シミュレーターを使ったアルゴリズムの正当性および性能の評価などが挙げられる。

参考文献

[1] X.Défago and A.Konogaya. Circle formation for oblivious anonymous mobile robots with no common sense of orientation. POMC'02, 2002.
 [2] G.Prencepe. Distributed Coordination of a Set of Autonomous Mobile Robots. PhD thesis, Università di Pisa, 2002.
 [3] B.Katreniak. Biangular Circle formation for oblivious asynchronous mobile robots. SIROCCO 2005, pp.185-199, 2005.