

| | | | | | |
|--------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| 入学年度 | 平成 12 年 | 学生番号 | 12217644 | 氏名 | 富田 祐一 |
| 卒業研究題目 | 自律分散ロボット群のシミュレーション方法に関する研究 | | | 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ことから、深海、宇宙などの環境における作業に適している。

これまでの自律分散ロボット群の理論研究は、問題の可解性に重点がおかれていたが、本研究では、自律分散ロボット群のアルゴリズムを定量的に評価するため、自律分散ロボット群のシミュレーションについて、新たな方法としてスケジュールをを提案する。

2. ロボットモデルと既存研究

本研究で扱うロボットのモデル [1] 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。

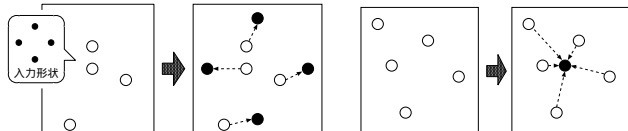
既存の研究として、次のような協調問題のアルゴリズムが提案されてきている。

形状形成問題(図 1(a))

ロボット群に特定の幾何学的な形状を形成させる問題。

一点集合問題(図 1(b))

任意に配置されたロボット群が、あらかじめ決められていない一点に集合する問題。



(a) 形状形成問題 (b) 一点集合問題

図 1: 自律分散ロボット群の既存の研究

3. シミュレーションの方法

ロボット群の動作は、モデルとアルゴリズムが決定しても一意に決まらない。シミュレーションをおこなうためには、ロボット群の動作を一意に決定しなければならない。そのために必要な要素として、スケジュールを提案する。スケジュールには以下の要素が含まれる。

- 初期配置
- 状態の変化に関する情報(図 3)
各ロボットの状態は非同期に変化するため。
- 移動に関する情報
1 サイクルで目的地にたどり着くとは限らない。
ロボットの移動速度も決められていない。

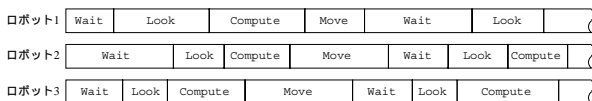


図 2: 状態の変化に関する情報

4. スケジュールの定義と関係

スケジュール S は、状態に関して定義した \mathcal{T} と位置に関して定義した \mathcal{P} の組であらわす。

$$S = (\mathcal{T}, \mathcal{P}) \tag{1}$$

\mathcal{T} は、ロボットが状態を変化させる時刻の列の組

\mathcal{P} は、時刻を入力として位置を返す関数の組

スケジュールに関する二項関係

動きに関して等しいスケジュール S_1, S_2 を

$$S_1 \approx S_2 \tag{2}$$

と表す。本研究では、 $S_1 \neq S_2$ にも関わらず、 $S_1 \approx S_2$ が成り立つスケジュールの組が存在することを証明する。

5. 順序スケジュール

スケジュールの中にある、状態が変化する順番だけに着目した系列について考える(図 3)。これを順序スケジュールと呼ぶ。一つの順序スケジュール \mathcal{O} は、スケジュールの集合を表している(式 3)。

$$[\mathcal{O}] = \{S_1, S_2, \dots\} \tag{3}$$

任意の $S_1 \in [\mathcal{O}_1]$ に対して $S_1 \approx S_2$ となる S_2 が、必ず $S_2 \in [\mathcal{O}_2]$ とき、

$$\mathcal{O}_1 \sim \mathcal{O}_2 \tag{4}$$

と表し順序スケジュールが動きに関して等しいという。

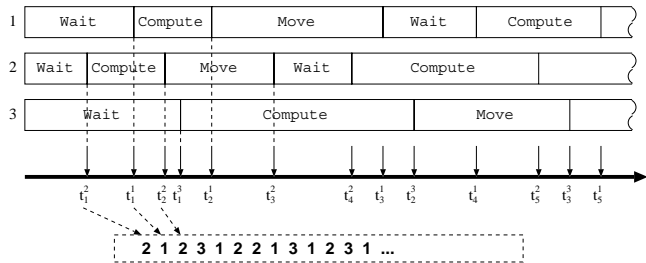


図 3: 順序スケジュールの概要

本研究では、 $\mathcal{O}_1 \neq \mathcal{O}_2$ にも関わらず、 $\mathcal{O}_1 \sim \mathcal{O}_2$ が成り立つ順序スケジュールの組が存在することを証明する。

つまり、ある条件を満たす順序スケジュールのシミュレーションについて同じ結果を出力するスケジュールがほかに存在することを証明する。

それによって、少ないシミュレーション回数でそれよりも多くシミュレーションしたことと同様の結果を得ることができ、シミュレーションの無駄も省くことができる。

また、順序スケジュールの記述は単純で扱いやすいため、シミュレーションに適している。

6. おわりに

本研究では、自律分散ロボット群のシミュレーションをおこなうために必要となるスケジュールを形式的に定義し、更に単純な特徴のみを表した順序スケジュールを定義した。

そしてスケジュールと、順序スケジュールが示す性質、特徴を求め、シミュレーションに利用できることを示した。

今後の課題としては、提案した順序スケジュールの応用範囲について考えられる。

参考文献

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