

# 自律分散ロボットによる線分上の被覆問題について

後藤 千香行

近年、自律分散ロボット群の協調動作のためのアルゴリズム設計が注目を集めている。本研究では、視野の制限された自律分散ロボット群による線分上の被覆問題について検討する。この問題では、各ロボットは、他のロボットの位置を感知できるセンサー、および、侵入者を感知できるセンサーの2種類を備えており、それぞれが異なる検出可能範囲を持つ。問題の最終的な目標は、与えられた線分上の全ての点を各ロボットの侵入者感知センシング領域で被覆するように、侵入者を検出できる障壁範囲を形成することである。

各ロボットは、範囲  $r$  の侵入者を検出できるセンサーと、他のロボットを感知することができる視界  $R$  を持つ。また、ロボットは固有のID、および過去の行動履歴を記録するためのメモリを持たないものとする。各ロボットは初期状態において、被覆対象となる線分上の任意の位置に配置されており、移動は線分に沿った移動のみが可能である。このとき、ロボットは、視野内の他のロボットの位置を確認し、アルゴリズムを用いて自分の移動先を計算し、計算した場所に移動する。

被覆線分の長さを  $L$  とすると、各ロボットが、被覆できる領域は高々  $2r$  であるので、線分被覆問題を解くためには少なくとも  $\lceil L/2r \rceil$  台のロボットが必要である。また、被覆問題の可解性はその他にも (1) 視野範囲  $R$  の大きさ、(2) 余剰ロボットの台数、(3) 各ロボットが左右の方向付けに関して合意が取れているかどうか、(4) ロボットの同期モデル、等の因子により影響される。これらの因子と被覆問題の可解性についてこれまでに知られている結果を表1に示す [1]。なお、ここで線分被覆問題が  $\epsilon$ -近似で可解とは、被覆されていない連続領域の最大長さが高々  $\epsilon$

表 1: 被覆問題の可解性

| 視野          | 余剰台数 | 同期モデル | 方向付け | 可解性            |
|-------------|------|-------|------|----------------|
| $R \geq 2r$ | 0    | ASync | あり   | 可解             |
| $R \geq 2r$ | 0    | SSync | なし   | 不可能            |
| $R > 2r$    | 0    | SSync | なし   | $\epsilon$ -近似 |

となる (すなわち、高々  $\epsilon$  の長さ隙間が生じる) ような被覆を達成する問題である。また、SSync モデルは、各単位時刻において一部のロボットが同期的に動作するモデルであり、移動に掛かる時間を考えないものとし、ASync モデルは、ロボットの動作タイミングに関して一切の仮定を置かないモデルである。

上記の研究結果においては、いずれもロボットの台数に関して余剰のないケースを考えていた。本研究では、タイトな視野、および方向付けのないロボット群の可解性について、以下の結果を得た。

**定理 1** 各ロボットの視野が  $R > 2r$  のとき、線分被覆問題が可解であるならば、視野  $R = 2r$  のロボットの余剰台数  $l$  で線分被覆問題を解くことができる。

## 参考文献

- [1] M. Eftekhari, P. Flocchini, L. Narayanan, J. Opatrny, and N. Santoro. Distributed Barrier Coverage with Relocatable Sensors. *Structural Information and Communication Complexity*, pages 235-249, 2014.