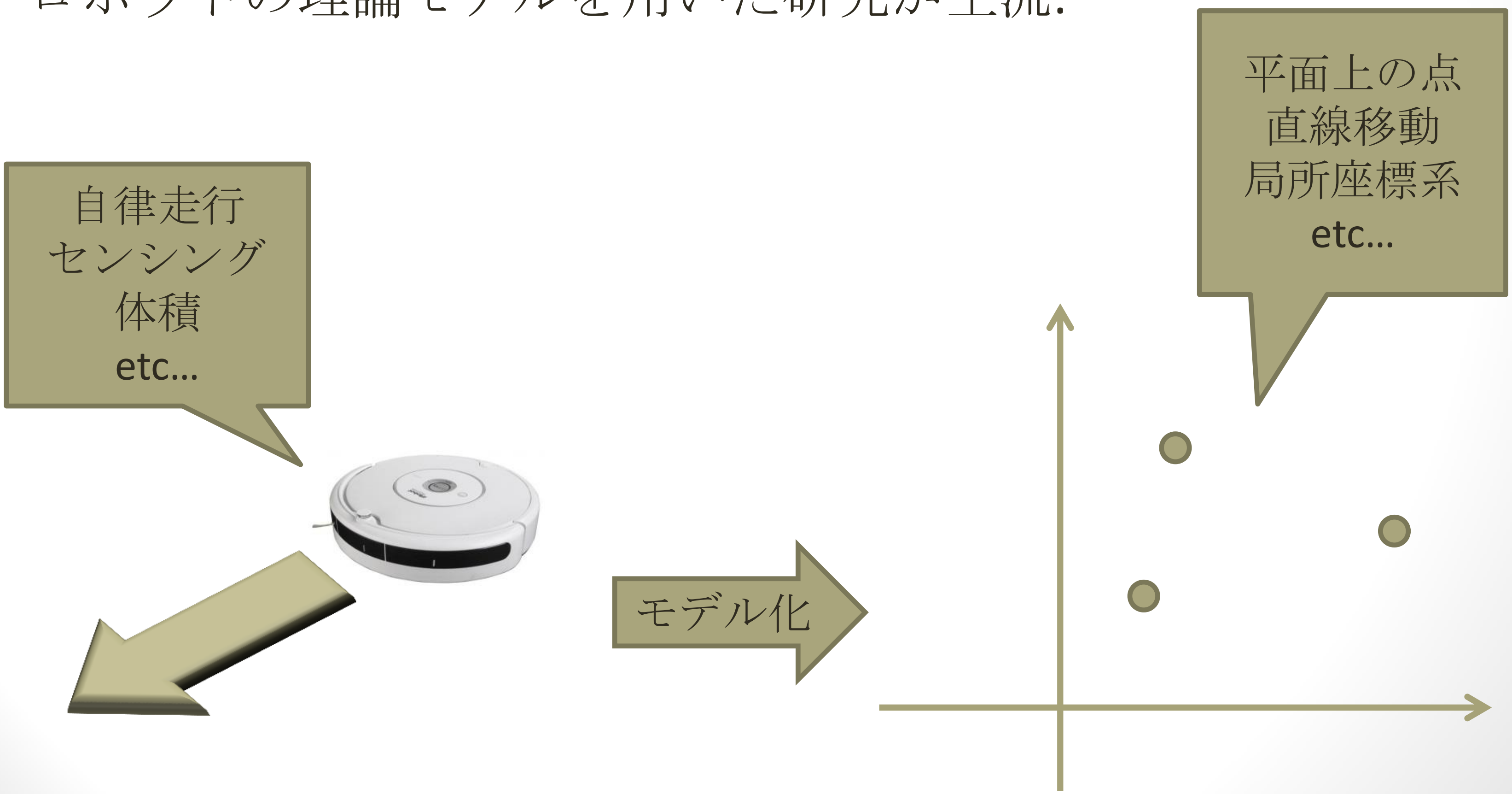
状態を持つ自律分散ロボット群を用いた集合問題の可解性について

寺井 智史　法政大学大学院　◎
和田幸一　法政大学
片山喜章　名古屋工業大学大学院

はじめに

- 自律分散ロボット群の研究

　自律的に動作し,全体としては協調的に行動する.
ロボットの理論モデルを用いた研究が主流.



はじめに

- 研究背景

　最も単純なモデルでは非可解な問題を解くために状態($light$)を持つロボットモデルが考案された.

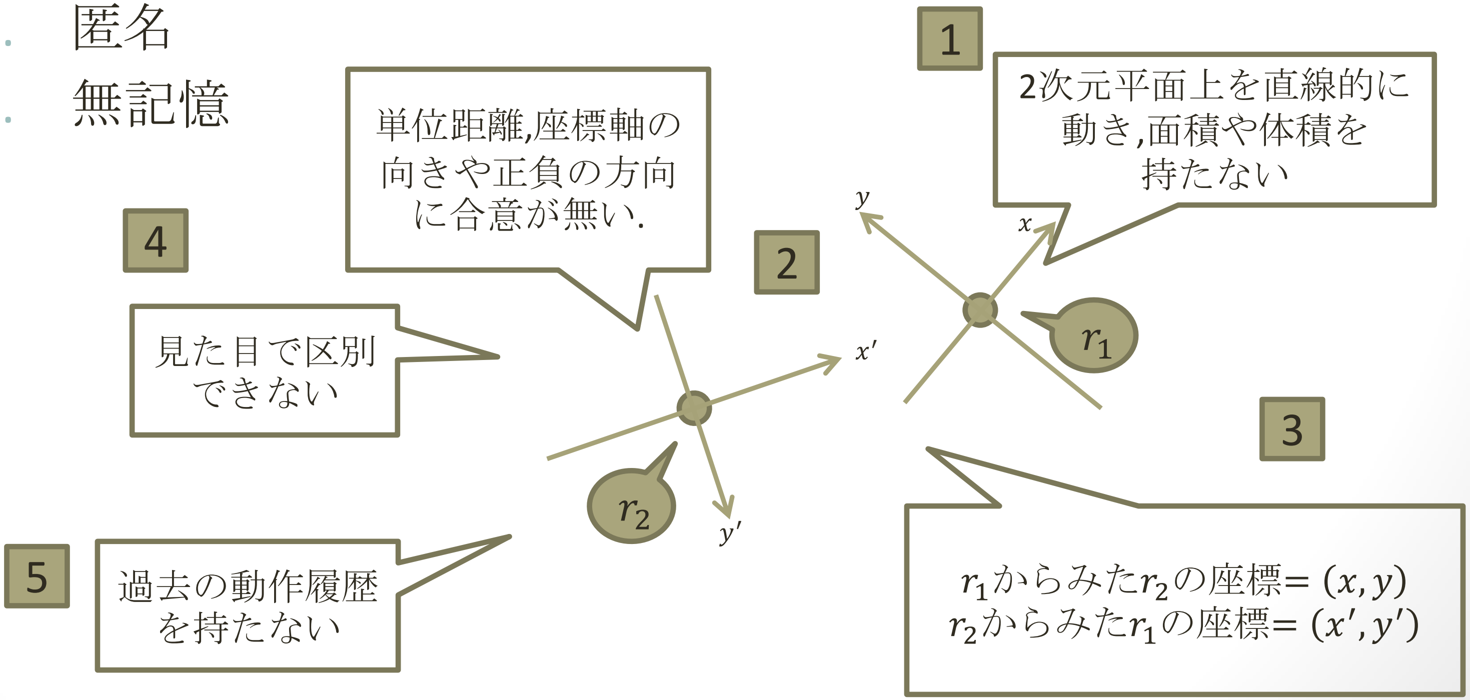
- 研究概要

　本研究では,ロボットに状態を持たせたとき,どの程度計算能力が向上するのかを調べる.

理論モデル

- 基本的なモデルの紹介
  - 仮定

1. 点として扱う
2. 局所座標系を持つ
3. 他ロボットの位置を認識できる
4. 匿名
5. 無記憶



理論モデル

- 基本的なモデルの紹介
  - 動作

LOOK

- 局所座標系に従って他ロボットの座標を得る.

COMPUTE

- 他ロボットの座標を入力として移動先の座標を共通のアルゴリズムに従って計算.

MOVE

- 算出した座標へ移動する.目的地に辿りつく前に途中で止まってしまう場合,最低移動距離δが存在.

WAIT

- 待機状態.無制限に待機することはできない.

一連の命令を1サイクルとして繰り返す.

スケジュール

スケジュールによっては目的の行動をとれない(問題を解けない)ことがある.

そこで

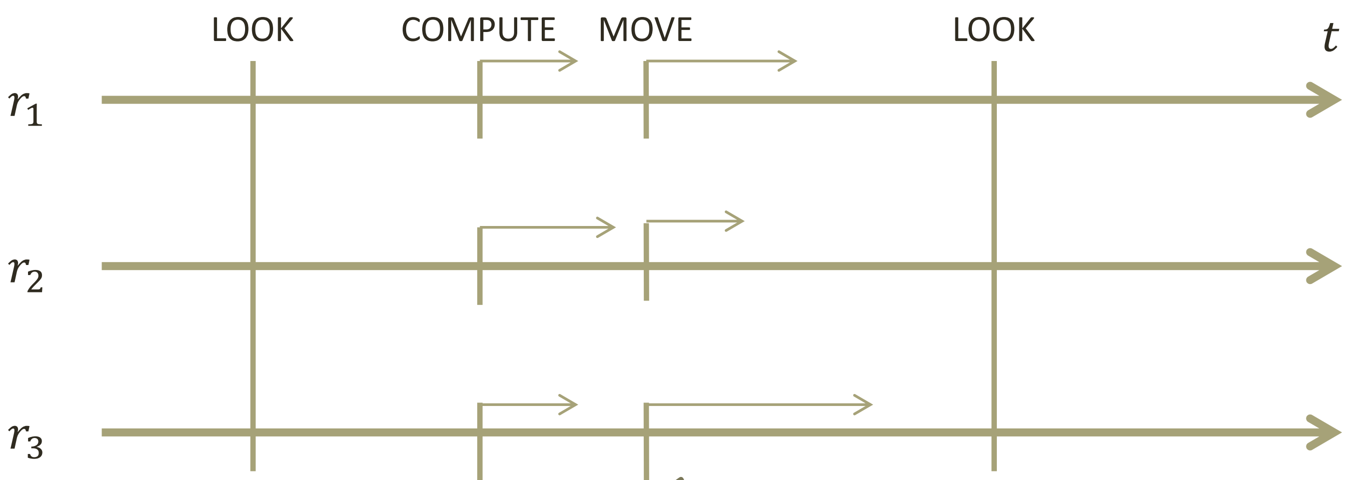
- $FSYNC(Fully\ syncronous)$
- $SSYNC(Semi\ syncronous)$
- $ASYNC(Asyncronous)$

の3種類のスケジュールがよく使われる.

スケジュール

- FSYNC

各ロボットの動作を時系列に沿って並べると…

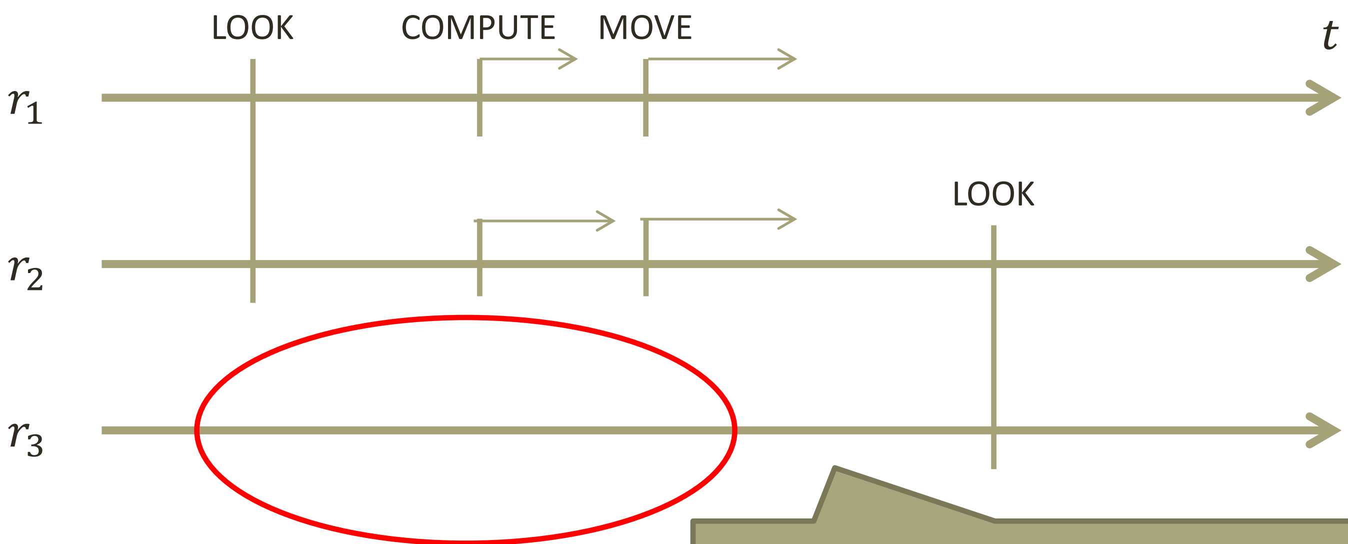


全サイクルで
全ロボットが同期して
動作する.

スケジュール

SSYNC

各ロボットの動作を時系列に沿って並べると…

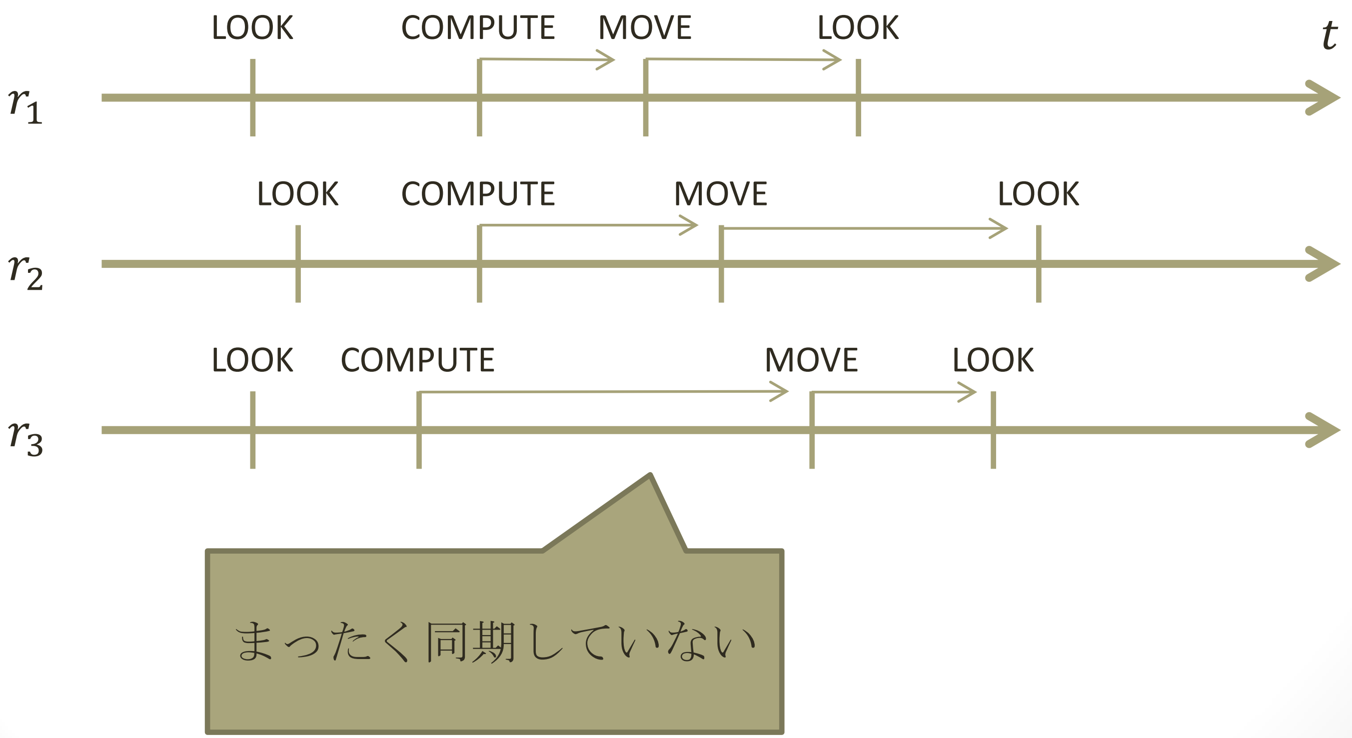


各サイクルでロボットの動作は同期しているが,サイクルを実行しないロボットが存在している.

スケジュール

- ASYNC

各ロボットの動作を時系列に沿って並べると…



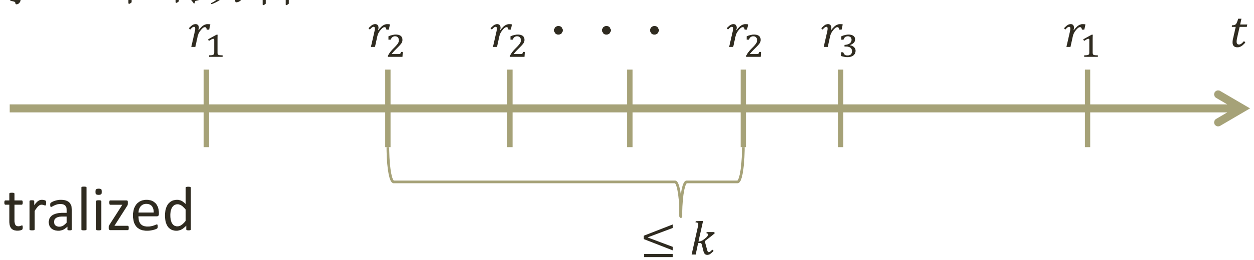
スケジュール

今回用いるスケジュールは前提としてfairであることを仮定する.

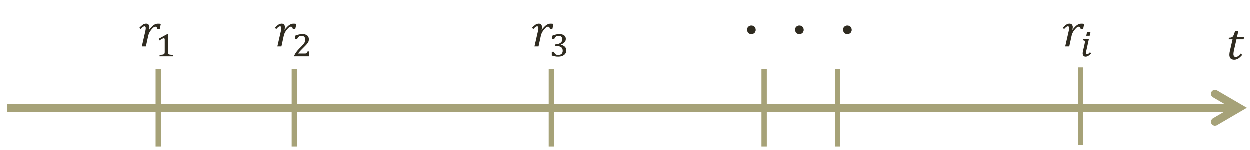
- fair
  - どのロボットも無限回動作

特殊なスケジュール

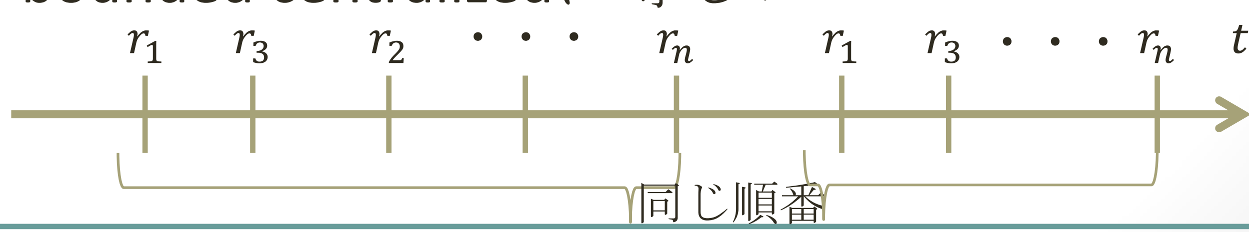
- k-bounded
  - 任意のロボットが2回動作する間に他ロボットが高々k回動作



- centralized
  - 必ず1台ずつ動作



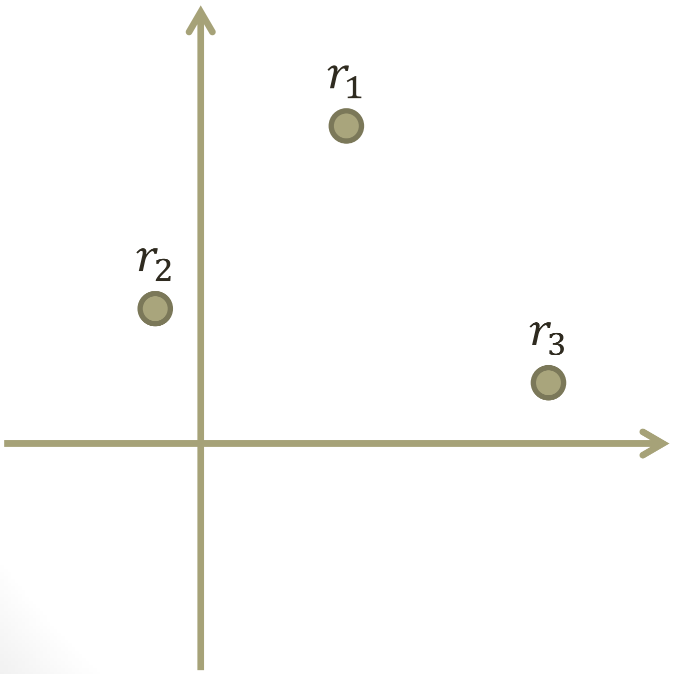
- round-robin
  - 1-bounded centralizedに等しい



問題定義

- 集合問題

　$n(\in \mathbb{N})$台のロボットが,任意の初期配置から予め決められていない1点に集まることができるか,という問題.



スケジュール	可解性
ASYNC	×
SSYNC	×
FSYNC	○

状態を持つロボット

- 状態$(light)$
  ロボットの内部状態を記録できる定数ビットの記憶領域.
  状態の可視性によって以下のようなモデル[1]に分ける.

	自分の状態	相手の状態
$full-light$	○	○
$internal-light$	○	×
$external-light$	×	○

引用した論文内では
internal-light→FSTATE , external-light→FCOMMと紹介

[1]P.Flocchini , N.Santoro , G.Viglietta , M.Yamashita , Rendezvous of Two robots with Constant Memory , 20th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO 2013) , Lecture Notes in Computer Science 8179, pp 189-200.

状態による可解性の拡張 $(n=2)$

[2]

スケジュール	可解性
centralized	○
k-bounded$(k \geq 1)$	×

[3]

スケジュール	*full*	*internal*	*external*
ASYNC	≤ 12	?	12
SSYNC	≤ 6	6	≤ 12
FSYNC	1	1	1

スケジュール	*full*	*internal*	*external*
ASYNC	≤ 3	?	3
SSYNC	2	3	3
FSYNC	1	1	1

※赤字はδの知識あり

[2] X D'efago , M Gradinariu , P Julien , C St'ephane , M Philippe , R Parv'edy , Fault and Byzantine Tolerant Self-stabilizing Mobile Robots Gathering — Feasibility Study — , 20th International Symposium, DISC 2006, Lecture Notes in Computer Science , 4167 , pp 46-60.
[3] P.Flocchini , N.Santoro , G.Viglietta , M.Yamashita , Rendezvous of Two robots with Constant Memory , 20th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO 2013) , Lecture Notes in Computer Science 8179, pp 189-200.

状態による可解性の拡張 $(n \geq 3)$

[2]

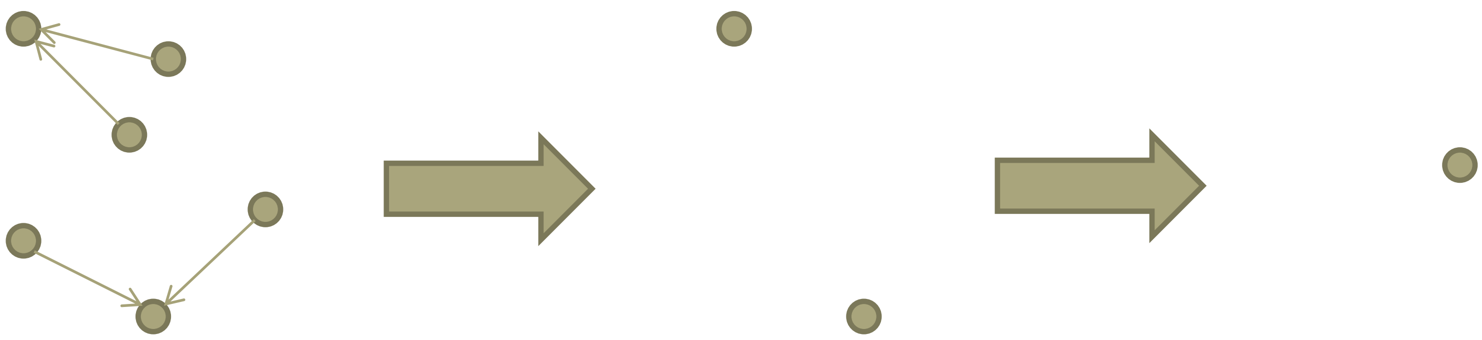
スケジュール	可解性
2-bouded centralized	×(distinct)
round-robin	×(SS)

スケジュール	*full*	*internal*	*external*
SSYNC	3	?	2
centralized	≤ 3	?	2
round-robin	≤ 3	2	≤ 2

※赤字は移動が厳密な場合

アルゴリズム概要

　初期配置から2点もしくは1点に集まることが出来るアルゴリズム[4]と,2台の集合問題のアルゴリズムを拡張することで3台以上の集合問題を解くアルゴリズムを考えた.



[4] T Izumi, Y Katayama, N Inuzuka, and K Wada, Gathering Autonomous Mobile Robots with Dynamic Compasses: An Optimal Result, 21st International Symposium on Distributed Computing (DISC 2007), Lecture note in Computer Science 4731, pp 298-312,

今後の課題

　状態無しでは非可解な仮定のいくつかに対して状態を持たせることで可解になることを示した.引き続き様々な仮定での可解性を調べていく。

- 目標
  - ロボットに状態を持たせたとき,どの程度能力が上がるのかを明らかにする.