

非同期モデルのロボットによる、半同期 モデルのシミュレートについて

法政大学 奥村太加志

法政大学 和田幸一

名古屋工業大学 片山喜章

研究内容

- 自律型分散ロボットについて、非同期(ASYNC)モデルのロボットで半同期(SSYNC)モデルをシミュレートする方法について考える。
- ASYNCモデルのロボットに、新たに機能を追加することで実現する。
 - 状態の表示
- SSYNCモデルのシミュレートを実現するSIMプロトコルについて、2台の場合では状態数を削減できるかを考える。



ロボットのモデル

- システムはロボットの集合で構成される。
 - それぞれに計算能力、移動能力がある。
 - それぞれは点とみなす。
- センサーによって周囲のロボットを観測可能
- 匿名性
 - 外見によって識別できず、すべて同じプロトコルを実行する。
- 自律性
 - 集中制御はない。
- 他のロボットに情報を伝える直接の通信手段はない。



ロボットのモデル

- ロボットはactive , inactiveの2つの状態がある。
- active
 - Look-Compute-Move(LCM)サイクル実行
 - Look : 周囲の観測
 - Compute : アルゴリズム実行、行き先への計算
 - Move : 目的地へ移動
- inactive
 - 休止状態

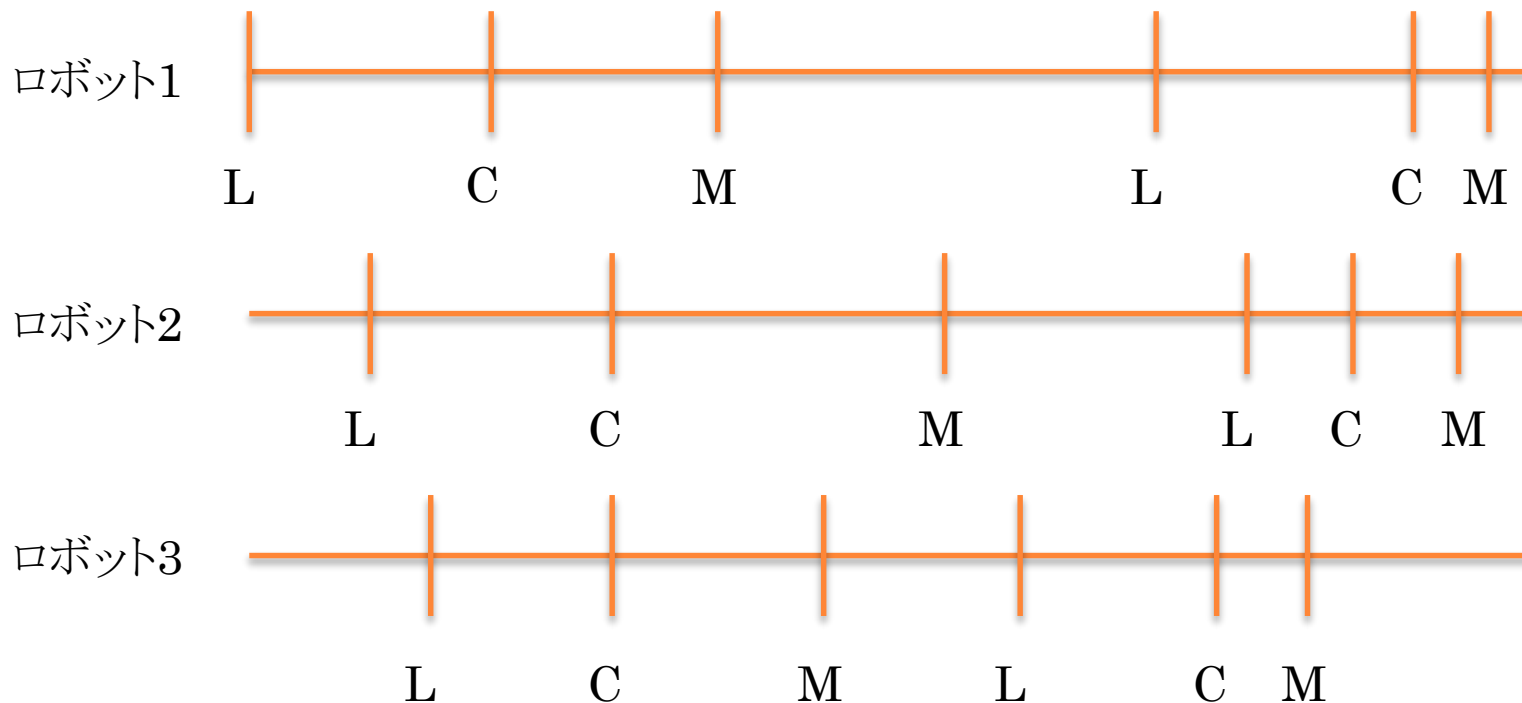


スケジュール

○ 非同期(ASYNC)

- ロボットは独立して行動する。
- LCMサイクルの行動が共通でない

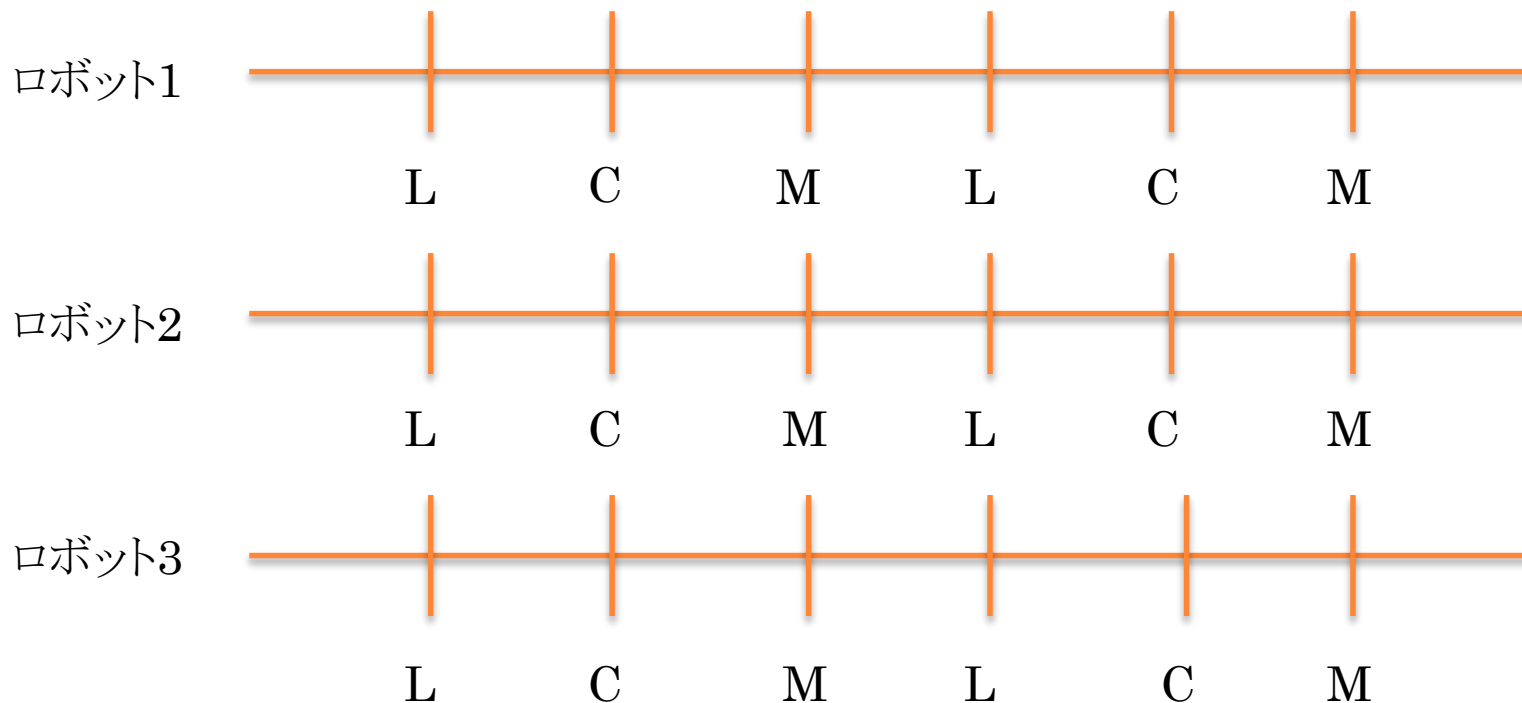
L : Look
C : Compute
M : Move



スケジュール

○ 全同期(FSYNC)

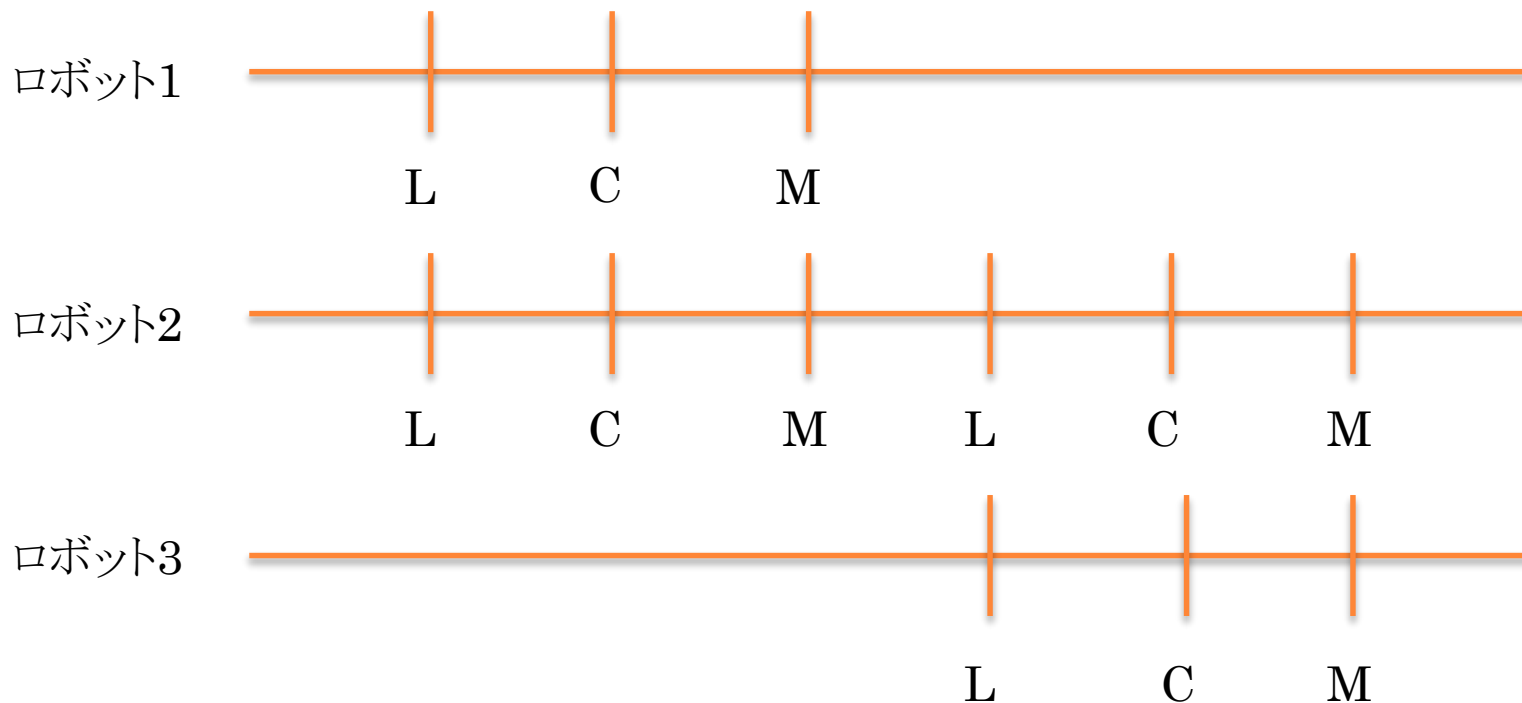
- すべてのロボットのLCMサイクルの行動が共通



スケジュール

○ 半同期(SSYNC)

- すべて、または一部のロボットの行動が一致



各モデルの関係性

- FSYNCモデルで解ける問題の集合: $FSYNC$
- SSYNCモデルで解ける問題の集合: $SSYNC$
- ASYNCモデルで解ける問題の集合: $ASYNC$
- 各モデルの計算能力は
$$FSYNC \supset SSYNC \supset ASYNC$$



ASyncモデルの機能追加

- ASyncモデルのロボットに、SSyncモデルをシミュレートできるよう、自身の状態を表示できる機能を追加する。



- ライトによる状態の表示
 - 多色の表示が可能
 - k 状態を持つASyncモデルで解ける問題の集合を $ASync^k$ と示す。
- n 台のASyncモデルのロボットで解ける問題の集合を $ASync(n)$ と示す。



従来の結果

- SSYNCモデルでは解けないが、状態を持つASYNCモデルでは解ける問題がある。

- 例: 2台のロボットの集合問題

$$ASYNC(2)^k \setminus SSYNC(2) \neq \emptyset$$

- SSYNCモデル、ASYNCモデルにライトをつけた場合

$$ASYNC(n)^k = SSYNC(n)^k$$

- $ASYNC^6$ モデルは、SSYNCモデルと同等である。

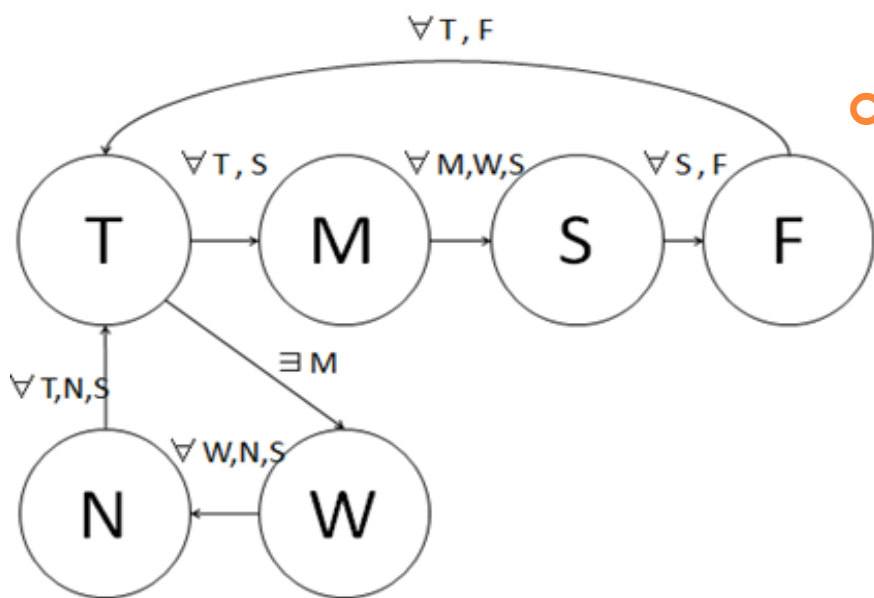
- SIMプロトコル

$$ASYNC(n)^6 \supseteq SSYNC(n)$$

SIMプロトコル

○ 6状態を使用する。

- T(rying) , M(ove) , S(topped) , F(inished) , W(aiting) , N(ext)
- はじめ、すべてのロボットは状態T
- 状態遷移はCompute時に行われる。
- 状態TからMに状態遷移するとき、プロトコルを実行



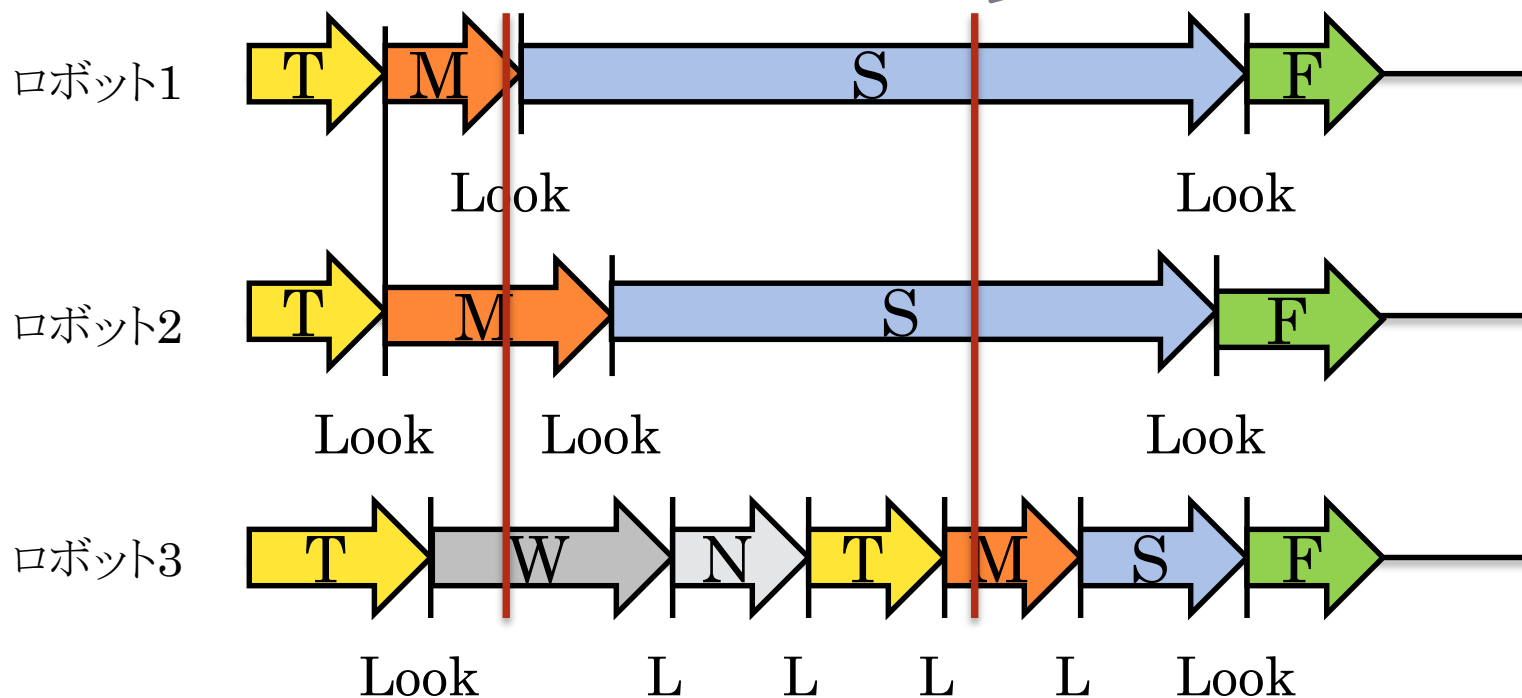
○ Mega-Cycle

- すべてのロボットが、初期状態Tから最終状態Fになるまでのサイクル
- SIMでは、Mega-Cycle間に必ず一度、プロトコルを実行する。

SIMプロトコル

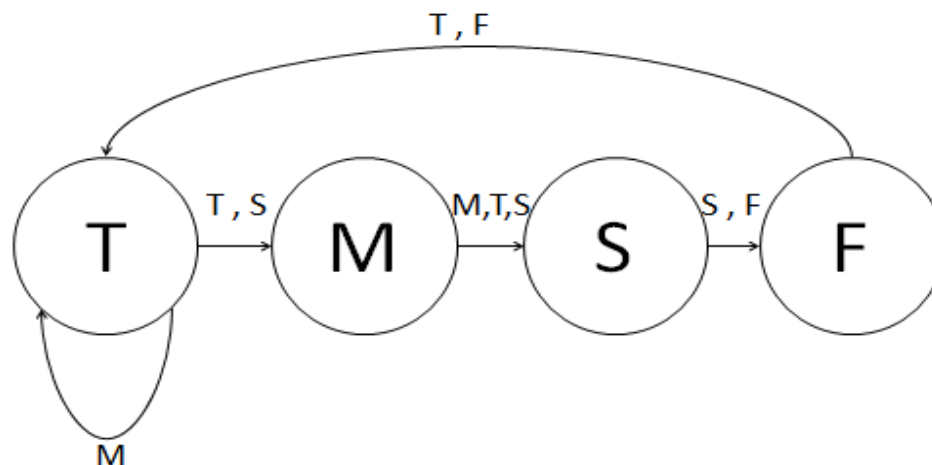
○ ロボットが3台の場合

プロトコルを実行している間、実行していないロボットは休止状態



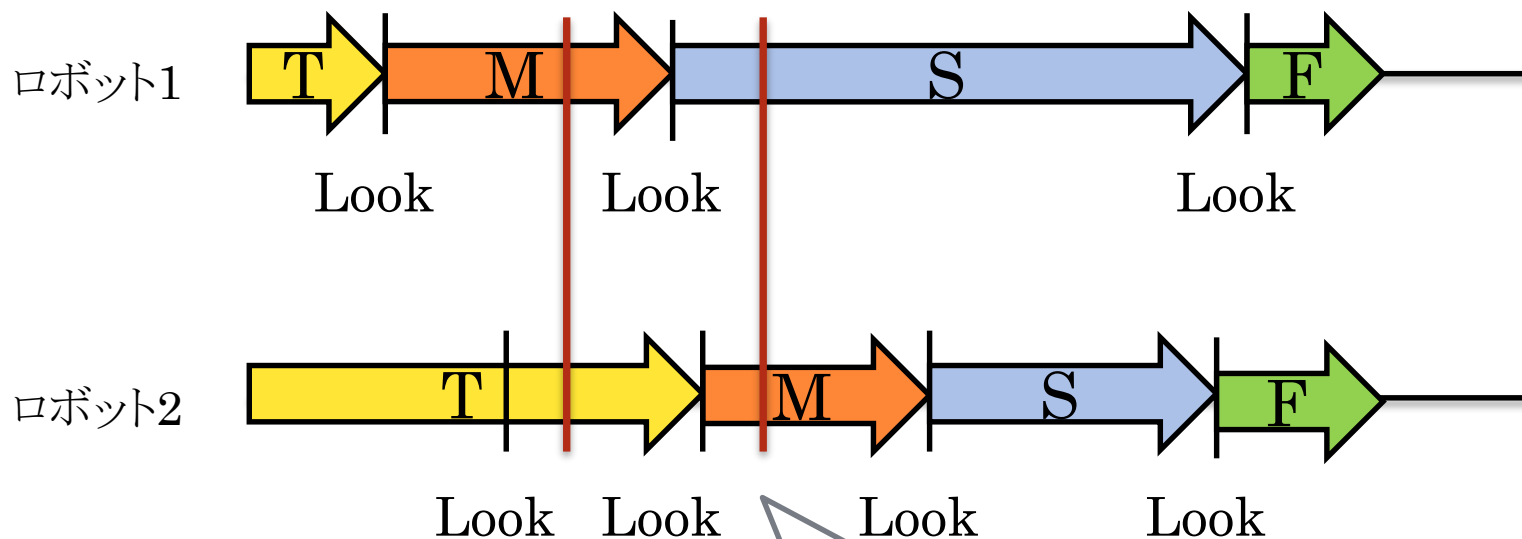
ロボット2台の場合のSIM

- ロボット2台に限定した場合、SIMプロトコルの状態数の削減を考える。
- 6状態→4状態の削減が可能
 - 4状態: T, M, S, F
 - 状態遷移はCompute時に行う。
 - 状態T→Mに遷移するとき、プロトコルを実行する。



ロボット2台の場合のSIM

- 改良したSIMでも、Mega-Cycle間で2台のロボットは必ず一度プロトコルを実行する。



ロボット1が状態Mの間、状態Tのまま

プロトコルを実行している間、実行していないロボットは休止状態



ロボット2台の場合のSIM

- 今回の結果より、

$$ASYNC(n)^6 \supseteq SSYNC(n)$$

- $n=2$ の場合は、

$$ASYNC(2)^k \setminus SSYNC(2) \neq \emptyset \text{より}$$

$$ASYNC(2)^4 \supset SSYNC(2)$$



今後の課題

- 今回は、ASYNCモデルのロボットは、自身と相手の両方の状態を見ることができた。
 - full-light



- 状態の見え方に制限を加えた場合について
 - internal
 - external

	自身の状態	相手の状態
full-light	参照可	参照可
internal	参照可	参照不可
external	参照不可	参照可

