

1 はじめに

人工社会とは、エージェントと環境とルールにより構成されるマルチエージェント実験である。ルールによりエージェントと環境の振る舞いが変わり、模擬実験で現象の創発を研究する。人工社会ではエージェントの行動ルールを学習する様々な研究がある [1]。人工社会での研究はルールや環境から予想困難な創発を探するため、本質的に試行錯誤的な探索的手法となる。環境と創発の関連について機械学習の方法で探る研究も可能性があるが、探索的環境設定の枠組みの提供も重要である。本研究はこの2つのアプローチを研究した。特に成果が得られた後者について説明をする。

2 Sugarscape モデル

Sugarscape モデルとは人工社会の一つでエージェントと砂糖を二次元座標上の環境に配置したモデルである [2]。エージェントはルールに従い行動し移動先座標から砂糖を集める。全エージェントの一度の行動をターンとしたとき、ターン経過毎にエージェントは各固有の消費率に従って砂糖を消費し環境は各座標一斉に砂糖を一定量回復する。各座標毎に砂糖の最大容量が設定されており、エージェントは砂糖の蓄積量の上限と砂糖の消費率が定まっている。

3 ルール学習を用いた提案手法

人工社会での研究は環境を定め、環境の観察により現象の創発を研究する。本稿では環境の定め方に論理プログラミングを用いる。エージェントによる環境の観察、働きかけを述語で表現することで、述語の組み合わせが環境を定めることとなる。仮説は述語論理式で表され、仮説空間は仮説の記述言語で定まる。記述言語の制約を言語バイアスと呼び、仮説空間に制限を加える。本手法は、言語バイアスの制限での環境設定、行動ルール生成、シミュレーション、現象観察の順で機械的に人工社会を研究する枠組みである。

言語バイアスは使用する述語の種類、引数のモード及び型に関する条件を与えることで、記述できるルールの範囲を制限する。モードは述語の各引数において入力、出力の別を表し、型は引数の取りうる領域を与える。言語バイアスに従いエージェントの行動ルール $move(A, P) \leftarrow rule0(A, X_0), rule1(X_0), \dots, ruleN(X_k, P)$ を生成する。後件部はエージェントの番号 A と二次元座標の移動先 P を示す述語 $move$ である。

前件部はバイアスの制限下で定められた述語の連言であり、これで移動先 P を定めるが、途中で fail した場合そのエージェントはその場に留まることとする。

図 1 にルール生成アルゴリズムを示す。背景知識は言語バイアスの制限を表現する。アルゴリズムはバイ

アスで制限された仮説空間を幅優先探索で走査しており、出力条件を満たすものを生成結果に追加する。出力条件は後件部の第二引数を前件部の最後に加えた述語の項と一致させる条件とする。生成結果からルールを選び全エージェントの行動ルールとしてモデルを実行することで機械的な模擬実験が可能になる。

input B : 背景知識 **output** R : 生成結果

1. **let** $R := \emptyset, Queue = \{move(A, P) \leftarrow .\}$
2. **let** $Queue$ の先頭からルール r を取り出す
3. **let** $L :=$ ルール r の最後にバイアスの制限下で付加できるすべてのリテラルの集合
4. **for each** $l \in L$ **do**
5. **add** l をルール r の前件部の最後に追加
6. **if** ルール r が出力条件を満たす
7. **then let** $R := R \cup \{r\}$
8. **let** $Queue$ の最後にルール r を追加

図 1: エージェントの行動ルール生成アルゴリズム

4 提案手法を用いた評価

実験では Sugarscape モデルと提案する実験環境を実装した。図 1 のアルゴリズムを用い 100 個のルールを生成し実験した。図 2 のように、経済の不平等さを示すジニ係数や全エージェントの合計総資産、生存数はルールにより異なり、述語の組み合わせにより実に様々な振る舞いを示した。なお 100 個のルール群を生成するのに言語バイアスの制限下で述語長が 4 の深さまで探索をした。シミュレーションの結果、100 個のルールを 1000 ターン実行する実験は 45 分で終了した。述語の組み合わせから様々な行動ルールを容易に実験できる枠組みとなっていることを確認した。

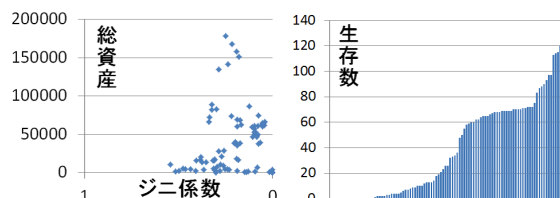


図 2: 左:総資産とジニ係数 右:エージェント生存数

5 まとめと今後の課題

提案手法ではルール学習を用いて仮説空間内で網羅的に実験を行い、創発に有用なルールを発見することにより創発現象を研究する手法を検討した。仮説空間の制限により効果的な探索をすることができ、述語の組み合わせによって様々な振る舞いが見られる。

参考文献

- [1] 柴田 淳子, 奥原 浩之 他, “Q 学習を組み込んだエージェントから構成される Sugarscape モデルによる人工社会”, 信学論, Vol J90-A, pp.35-43, 2007.
- [2] Epstein, J. and Axtell, R., “Growing Artificial Societies: social science from the bottom up”, The MIT press, 1996.

発表論文

- [3] 西山 瑞紀, 山崎 誠治, 西尾典晃, 武藤敦子, 犬塚信博, “人工社会を用いて創発事象を研究するためのルール学習の検討”, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013.