

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。従来研究として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した [1]。提案された枠組みは制限されたものであり、また探索の方法がメカニズムとしては入っておらず、有用なルールの探索という形になっていなかった。

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一ターンとし、各固有に砂糖を消費し、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と、エージェントの砂糖の蓄積上限と消費率が定まっている。

3 行動ルールを探索する提案手法

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。以下の 2 点を提案する。

1. 結果をフィードバックさせ、良い振る舞いをするルール探索する枠組みを提案
2. 提案する枠組みに対応するために従来の枠組みの一般化を行う

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による環境の設定、仮説の生成、シミュレーション、現象観察、結果を新たな仮説の生成のためにフィードバックするといった順で人工社会を研究する枠組みである。従来の研究 [1] と比較すると、述語長ごとに評価し、評価値の高い仮説に新たな述語を追加することで、探索空間を効率的に探索可能となる。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。言語バイアスによって制限された仮説空間内を探索し、出力条件を満たしたものを順に生成結果に追加していく。ここでの出力条件は、後件部にある述語 move の第二引数であるポイント型の変数を前件部が持つとする。

```

input B : 背景知識  I : 発展するルール  output R : 生成結果
1. let R := ∅
2. let T := I の変数のタイプ情報と各述語の順序の情報
3. let L := すべてのリテラルの集合
4. for each l ∈ L do
5.   let l の入力引数を T より選択
6.   add l をルール I の最後に追加
7.   if l にゴールとなる変数のタイプが存在する
8.     then let move の第二引数を l のゴールとなる変数に変更
9.     else let move の第二引数は変更しない
10.  if ルール r が出力条件を満たす
11.    then let R := R ∪ {I}

```

図 1: エージェントの行動ルール生成アルゴリズム

4 提案手法の評価

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述語長が 5 までの行動ルールを生成し実験した。図 2 より、評価値を総資産、生存数とした場合でも 1 つ前の結果を下回ることではなく、結果のフィードバックが生かされていることがわかる。評価値を総資産とした場合に生成された行動ルール数 244 はであり、評価値を生存数とした場合に生成された行動ルール数は 186 であった。

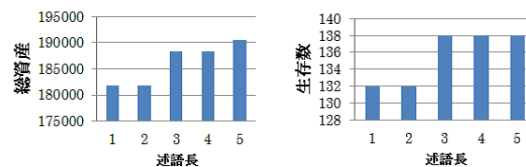


図 2: 左:総資産 右:エージェント生存数

5 まとめと今後の課題

提案手法では人工社会における創発研究の探索的環境設定の枠組みを用いて探る方法を検討し、ルール学習を用いて仮説空間内で、創発が起こるルールを探索できるような枠組みを取り入れ実験を行い、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提案した。また、西山ら [1] が提案したアルゴリズムの一般化を行い、様々なルールが探索できるモデルを提案した。西山ら [1] の研究で課題となっていた、探索の方法のメカニズムを実装し、よい振る舞いをもつエージェントを探索する枠組みを与えることで仮説空間を効率よく探索できるようにした。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Epstein, J. and Axtell, R., “Growing Artificial Societies: social science from the bottom up”, The MIT press, 1996.