

動的環境における進化とミームによる学習の相補的適応

1 T-5

永川成基 有田隆也

名古屋大学大学院人間情報学研究科

1.はじめに

エージェント群が交易や紛争を起こす人工生命モデルであるSugarscape⁽¹⁾をベースとしてミームの概念を導入したモデルを構築する。ミーム⁽²⁾は文化の伝達を媒介し、文化を進化させる仮想的な自己複製子である。このモデルではミームを用いることにより個体の学習結果を次世代に継承する。進化と学習の2つの適応メカニズムの関わり方を、計算機シミュレーションにより検討し、ミームを導入することの効果を示す。

2.Sugarscape

本研究ではSugarscapeをベースに人工生命モデルを構築した。Sugarscapeは社会科学的な問題を取り扱うための汎用的なシステムであり、テストベッドとして広く使われている。Sugarscapeは2次元平面に不均等に砂糖（エージェントのエサ）を配置し、その上でエージェントが活動するモデルである。エージェントにより消費された砂糖は一定の割合で回復する。しかし場所ごとに定められた最大値を超えることはない。エージェントはそれぞれ視界と、砂糖の消費量が決められており、視界の範囲内で最も砂糖の量が多い場所へ移動し、消費量だけ砂糖を消費する。エージェントは性別と年齢を持ち繁殖可能な年齢に達したエージェントはパートナーを見つけると繁殖する。子孫の視界と消費量は両親からメンデルの法則により受け継がれる。砂糖を得ることができなくなったエージェントは死亡したと見なされSugarscapeから取り除かれる。

図1に実行画面を示す。画面の白っぽい部分が砂糖が豊かな地点であり、エージェントが通過した跡は暗くなっている。

Sugarscapeの実装にはStarlogo⁽³⁾を用いた。StarlogoはDecentralized Systemすなわち、中央で管理する存在が無い状態で、組織化が行われるシステムの研究、教育目的で作られた開発環境で

あり、平行動作するturtleを持つlogoである。本稿ではMacintosh上で、Starlogoの最新改良版であるStarlogo T1⁽⁴⁾を用いて実装を行った。

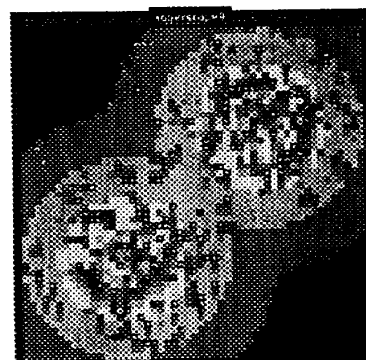


図1 : Sugarscape

3.実験1

実験1では、ミームによる行動様式の伝播と、ミームの淘汰を導入して観察を行った。ここではミームはエージェントがどの程度好戦的かを決定する。ミームはビットストリング（11桁の2進数）で表現される。ミームのビットストリングに現れる1の数でエージェントを3つのカテゴリ、R(1の数が0から3)、B(4から7)、G(8から11)に分類する。このカテゴリにより、エージェントの挙動は決定される。

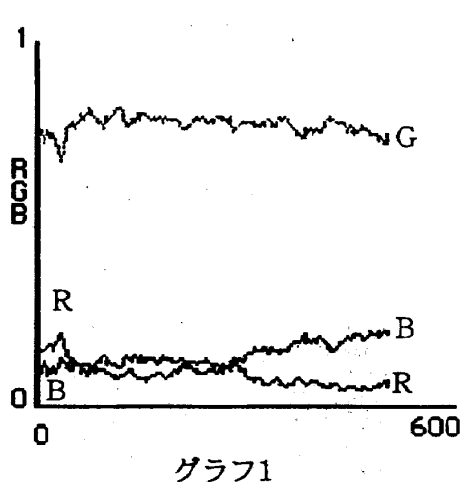
Rのカテゴリのエージェントは、無差別に攻撃を行う。Gのカテゴリのエージェントは、自分と異なるカテゴリのエージェントに攻撃を行う。Gのエージェントは一切の攻撃をしない。つまり、Rは同族殺しを行う危険な思想のミームを持つカテゴリであり、Gは徹底した平和主義者、Bはその中間である。

各エージェント個体のカテゴリは固定ではなく、周囲のエージェントの影響を受け、その世代の中で切り替わることになる。また、繁殖により子供ができた場合、子のミームは両親のミームを交叉することにより得られる。ミームの伝播は地理的に隣接する個体のうち、砂糖が少ない方が、砂糖をより多く持つ、つまり優秀なエージェントの真似をすることにより行われる。具体的には、隣接するそれぞれに対して、どちらがエサを多く得ているかを比較し、多く得ている個体（＝成功している個体）のミームからランダムに選び出さ

A study of adaptation using a multi agent model based on evolution and meme learning in dynamic environment

Naruki Nagakawa and Takaya Arita
Nagoya University

Graduate School of Human Informatics
Furou-cho Chikusa-ku Nagoya-City, Japan



グラフ1

れた桁を他方の個体のミームの同じ桁と比較し異なっていれば隣接する有力な個体のものに変更するというやり方で行われる。

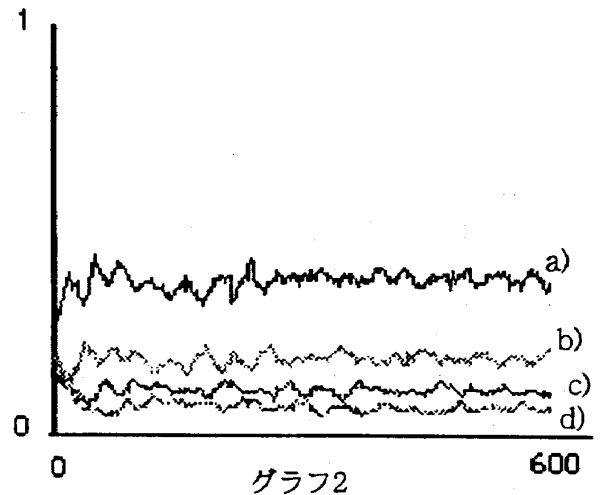
グラフ1に、全エージェント数に占める各カテゴリのエージェント数の割合を示す。縦軸がそれぞれの割合、横軸は世代である。Rは最初やや増加するが、だんだん数が減り、ついには絶滅してしまう。これは、危険な思想は広まるのが早い、やがて駆逐されるということの意味しているように思われる。また、Rが死滅した後、完全な平和主義者であるGも少しずつ中間のBにとって代わられる。

4. 実験2

実験2では砂糖が短期的、長期的にそれぞれ変動する動的な環境とした。Sugarscapeを拡張し、季節による砂糖の回復速度の変動と、砂糖の最大値の長期的な振動を追加した。砂糖の分布には二つのピークがあるが(図1参照)一方の砂糖の回復のスピードが早い時期には、他方は遅くなる。また、ピークの中心位置はエージェントが世代を重ねる間にゆっくりと移動する。

さらに、実験1のものに加えて、エージェントはそれぞれ、各地点の砂糖の量を記した地図をミームとして持つ。また、実験1ではエージェントは現時点での利益を追求していたが、実験2では、地図ミームを用いることにより、一段階先読みをして移動する地点を決める。ミームの伝播は、隣接したエージェントのそれぞれに対して、自分より成功しているエージェントの地図ミームの現在地点の砂糖の量を自分のミームに書き写すことにより行われる。また、環境が変動し、地図ミームが現状の環境にそぐわない場合、現状の環境にそうように地図ミームを書き換えることも行う。

実験2では、a)地図ミームの伝播を行い、自分で



グラフ2

地図ミームの書き換えをするもの、b)地図ミームの伝播を行わないが自分で地図ミームの書き換えをするもの、c)地図ミームの伝播を行わず、与えられた状態から書き換えを行わない地図ミームを持つもの、d)地図ミームを持たないもの、の4種類のエージェントを用いて実験を行った。グラフ2はその結果である。縦軸は全体数の中にその種類のエージェントが占める割合、横軸は世代である。ミームを導入したエージェントの圧倒的な効率のよさが確認できる。また、成功しているミームは次々に広まり、現状とそぐわなくなったミームは捨てられるか変更されていくことが確認できた。

5. おわりに

ミームと遺伝子はしばしば互いに強化しあうが、独身主義など、対立するものもある。本稿ではミームを導入することにより、遺伝子のみを用いた進化において陥る望ましくない結果から抜け出すことができる可能性を示した。

今後の課題としては、ミームの表現形の多様性を高めることや、ミームを進化させることなどがあげられる。

参考文献

- [1] Epstein J. M., Axtell R., *Growing Artificial Societies*, MIT Press (1996).
- [2] ドーキンス R., *利己的な遺伝子*, 紀伊国屋書店 (1976).
- [3] Resnick M., *Turtles, termites, and traffic jams*, MIT Press (1994).
- [4] Starlogo T1
<http://www.tufts.edu/as/ccl/cm>