

1. 緒言

九州大学エネルギー科学科 3 年生を対象とする「課題集約演習」において、著者らの研究室では、“人間-環境-社会システムのシミュレーション”の課題に対して 6 名の希望学生があり、kkMAS を用いたマルチエージェントシミュレーションプログラム作成を行った。本報告では、指定課題とした「共有地のジレンマ」と、自由課題 2 点の優秀作品についてまとめて報告する。なお、第二、第三著者は教官、第一著者は TA として、課題集約演習を担当した。

2. 事例 1 「電車内における乗客の動き」

2.1 モデルの概略

我々が電車に乗車する際、周囲に人の居ないシートに座る、空席に座る、周囲に人の居ないところに立つ、吊革につかまる、出入り口に近いところに立つ、などいくつかの行動ルールを有し、それらが行動意思決定の局面で優先順序付けされていると考えられる。このシミュレーションでは、各乗客エージェントは行動を決する不快感関数を有しており、関数中に含まれる、立つことによる不快、周囲に人が居ることによる不快等を評価する重みを初期にはランダムにしておき、学習とともにこれらがある値に収束していく様子をドラマとして再現するものである。図 1 はシミュレーション当初の乗客が疎な状況下での車両内の様子である。

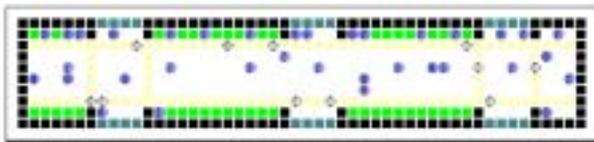


図 1 事例 1 の MAS 実行画面

2.2 行動ルール

乗客エージェントには、静止（座っている、立っている）状態と移動状態の 2 種が存在する。静止、移動に関わらず全てのエージェントは 3 ステップごとに移動に関わる意思決定を行う。この際、各エージェントは他のエージェントが存在せず、かつ不快感が最も低い地点を第一候補地として移動する。この不快感を算出する式は、車内での長大な移動を厭う(C₁)、周囲に人が居ることを厭う(C₂)、壁にもたれかかれられない状況を厭う(C₃)、立っている状況を厭う(C₄)の 4 つの重みで表現される。ここで、C₁ から C₄ は各エージェントで異なる係数である。

2.3 GA による学習プロセス

1 遺伝子は 4 遺伝子座からなり、それぞれの遺伝子座は 30 進数表現された C₁ から C₄ を表す。また遺伝子プールには N_p 個の遺伝子が存在する。この遺伝子プールは全乗客エージェントで共有する。以上の遺伝子を用いて、遺伝的アルゴリズムを適用した学習プロセスを実行する。

適合度は、毎ステップごとに普遍不快感を算出し、これを当該エージェントが乗車してから下車するまでの総和する。そして、それをある整数値から引いて正值化したものを適合度と定義した。

2.4 乗車と降車

車両内には常に N 人の乗客エージェントが存在

する。エージェントの 1 乗車期間は、1 駅、もしくは 2 駅であり、乱数で決定される。初期にはランダムな C₁ から C₄ を有する各エージェントは、多数回の乗降を繰り返す過程で、普遍不快感を低減するに適した C₁ から C₄ を学習していくことになる。

2.5 数値計算例

数値計算例を示す。N=400、N_p=400 である。

図 2 は各世代における C₁ から C₄ の推移を表す。世代を追うに従って各係数は収束の傾向を示している。これは普遍不快感が規定する真実の不快感に対応した個々人の不快感関数が学習された結果である。

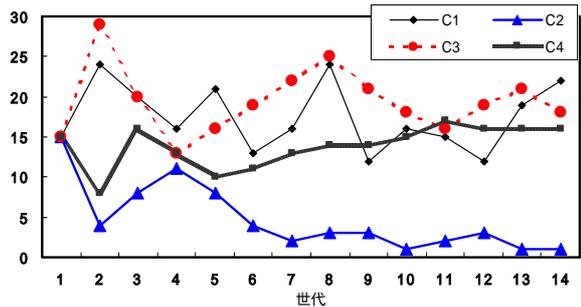


図 2 各世代における C₁ ~ C₄ の推移

3. 事例 2 「食堂における人の移動」

3.1 モデル概要

食堂における座席、食券販売機や配膳口などの配置は、利用者の回転率など効率に大きく影響する。本事例では、九州大学箱崎キャンパス生協中央食堂を想定したモデルを構成した。図 3 は kkMAS 上に構成した食堂モデルの平面配置である。

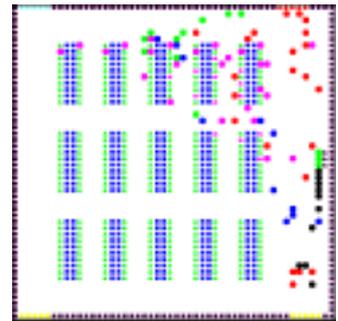


図 3 事例 2 の MAS 実行画面

3.2 利用者エージェントの行動ルール

食堂におけるエージェントの行動フローチャートを図 4 に示す。

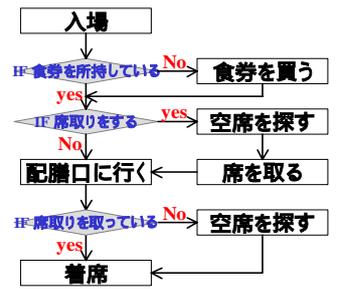


図 4 エージェントの行動フローチャート

3.3 数値計算例

計算例を示す。図 5 は半数のエージェントのみが食券を持っており、かつ半数のエージェントのみが席取りを行う場合における一定時間経過後の人工社会を示している。結果は、定性的には実際の九大生協中央食堂と同様の席の埋まり方と一致した。

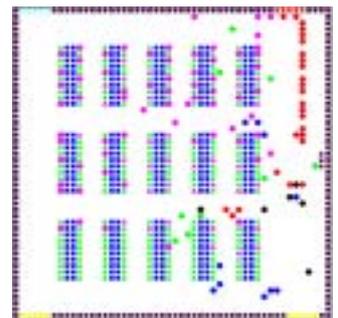


図 5 数値計算例

1 九州大学工学部エネルギー科学科
2 九州大学大学院総合理工学研究院エネルギー環境共生工学部門

4. 事例3「共有地のジレンマ」

本モデルは、当方が学生に対し指定課題として用意したものである。ここで扱う社会的ジレンマは、共有地のジレンマに準えた湖の環境汚染問題で、環境保全の共同活動の本質を捉えるものである。

4.1 モデルの概要

ある湖の周辺に複数の工場が存在している状況を想定する。社会の構成員がお互いに協調的な行動をとれば結果的に全構成員にとって最善となる事は自明であるが、各構成員が個々にとっての合理性(エゴ)を追求すると協調的な行動は選択されず、社会全体は不利益を被る状況に至る。これはパレート最適解とナッシュ均衡が一致しないジレンマ状況の発生を意味する。本モデルを用いて、工場の収益とエゴの関係をシミュレーションした。図6はkkMAS上に構成したアニメーション画面である。

4.2 生産活動

湖に立地する m の工場エージェントは湖の水を利用して生産活動を行う。工場の生産量は湖の汚染濃度に応じて比例減少し、ある閾値を越えると生産活動は中止せざるを得なくなると仮定した。

4.3 環境保護活動

生産活動に伴い、工場エージェントは廃液を湖に排出する。エージェントが廃液を排出し続けると湖は汚染物質であふれ、最後には工場が操業できない状態になってしまう。そこで、エージェントは排出時に廃液を浄化することにより環境を保全する行動が取り得るが、浄化のためにはコストがかかり、収益の圧迫要因となる。

4.4 湖における汚染物質の拡散

工場から排出された廃液に含まれる汚染物質は湖を拡散し、時間とともに消散する。消散は湖の自然浄化能力や汚染物質の経時的無毒化を想定している。拡散は拡散方程式の時間前進型差分法を用いた。

4.5 収益

工場エージェント i の収益は、前述の生産量に比例した売上と浄化コストにより表現される。

4.6 数値計算

以上のモデルを用いて、数値計算を行った。

図6は、汚染の様子を表すグラフィックアニメーションの時間推移である。

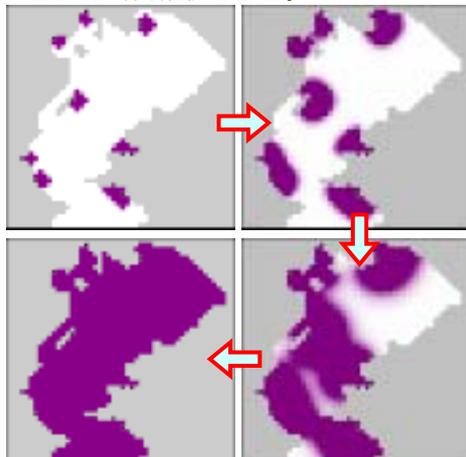


図6 事例3における実行画面

また、図7は、社会全体のエゴ度と汚染物質の消散率を変化させた時、社会全体収益の変化を示したものである。消散率が高く、湖が有する汚染物質の自然除去力が大きい場合は、廃液浄化などせずエゴ的に振る舞うことが工場にとって合理的である。しかし、消散率が小さい場合は、協調戦略が合理的となる。生産技術が発達し、自然の環境容量が相対的に小さくなっている今日の状況を考えると、示唆的な結果といえるだろう。

5. 事例3の発展モデル

前章の発展モデルとして紹介する。この発展モデルは学生が作成したモデルに加えGAによる学習プロセスを組み込み、ある消散率における最適なエゴ度の値を探索する構成に改良したものである。

5.1 追加仕様の概要

これまで各工場エージェントのエゴ度は社会全体で共通の値としていたが、発展モデルでは各工場エージェントは異なるエゴ度を持つこととする。シミュレーションエピソードの当初ではランダムに与え、次節で述べるGAによる進化計算により、社会は最適なエゴ度を学習していく。

5.2 GAによる学習プロセス

エゴ度の進化計算に際して、GAを適用した学習プロセスを用いた。

適合度は社会全体の収益が収束した時点における各工場エージェントの収益の和とする。

また、今回はGA部分の処理は、fortranでソースコードを作成した外部実行プログラムをkkMAS内部からのshellコールすることで計算ロードの軽減をはかっている。

5.3 数値計算

数値計算を行った結果、図7の基本ケースと比べると、大略「稜部」に当たる部分に漸近した数値が得られた。

6. 結論

九州大学工学部エネルギー科学科3年生を対象とする「課題集約演習」でkkMASを用いたシミュレーションプログラム作成を行った。報告した作成モデルは何れも教科書的適用例ではあるが、kkMASを教材に用いることによって、プログラミングや数理の基礎が習得できた学生には大変好評であった。

謝辞

指定課題を担当した富永豊君、福田健一君、土田昌直君、今村聡孝君、また、事例1「電車内における

乗客の動き」を担当した相良博喜君、事例2「食堂における人の移動」を担当した玉井直哉君の6名(いずれも九州大学工学部エネルギー科学科3年生)には本論文の作成に協力して頂いた。関係各位に記して謝意を表す。

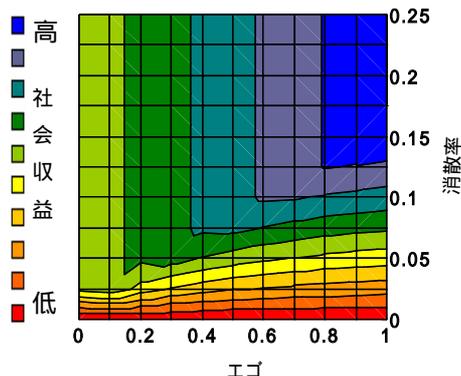


図7 エゴと消散率の社会収益に対する関係

社会收益