

# 大規模マルチエージェントシミュレーションのための 組織構造を有するモデルアーキテクチャの提案及び初期評価

日大生産工(院) ○倉本健介 日大生産工 古市昌一

## 1 まえがき

近年、シミュレーション技術は多くの分野で利用されている。とりわけ、災害対処や防災等に利用されるのは、マルチエージェントシミュレーション(MAS)という分野である。MASにおいて登場するエージェントの数が非常に多くなった場合、その行動をオペレータが入力するのは大きな工数が必要となる。そのため、各エージェントが行動ルールを持ち、自律的に動作することが必要となる。

さらに、現実の災害現場や戦場においては、多数の人間が組織として行動する。仮にMASが組織構造という概念を有さない場合、組織行動を再現するために個々のエージェントのルールを複雑に設定する必要があり、自律行動のメリットを十分に生かせなくなる。そのため、次世代の大規模MASを効率的に運用するためには、組織構造を有する自律型エージェントが必要となってくる。

## 2 モデルアーキテクチャの概要

本研究の目標は組織のモデル化である。計算機上でのモデル化のため、我々は組織を次のように定義した。

- 1 組織は、共通の目的を有する複数の構成員からなる集団である
- 2 組織には、リーダーが存在する
- 3 組織は、サブ組織を内部に持つことができる

上記によって定義された組織の概念図を図1に示す。我々の組織モデルにおいて、リーダーと、リーダー以外の構成員は下位者に対する命令と上位者に対する報告によって情報交換を行う。この図において、最上位リーダーの目的は組織の目的と一致する。最上位リーダーは、目的を達成するために、部下となるメンバーに対して命令を下す。

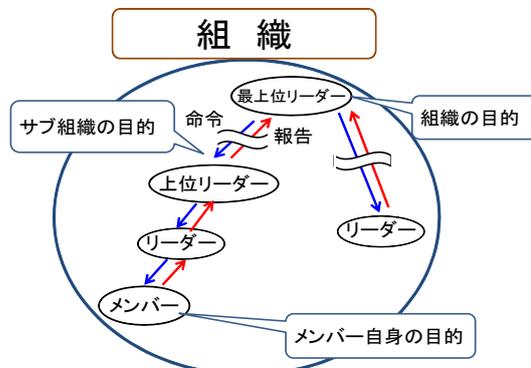


図1 組織のモデル化

部下となるメンバーは、リーダーから受信した命令を自己の目的とする。部下となるメンバーにさらに部下が存在する場合、メンバーは最上位リーダーと同様に、部下に対して命令を下す。

また、各メンバーは自己の有する情報を自分のリーダーに報告する。リーダーは、受信した報告を自らの判断のための材料とする。

命令と報告により組織が情報を共有する例を図2に示す。図2は小さな組織、または大きな組織の一部を示したものである。まず、組織のあるメンバーが敵を発見した場合、メンバーはその情報を報告としてリーダーに送信する。

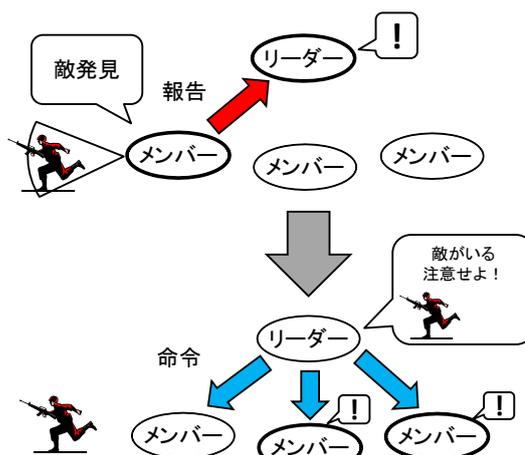


図2 情報共有の例

## The Proposal and Preliminary Evaluation of New Modeling Architecture for Large Scale Multi-Agent Simulation

Kensuke KURAMOTO, Masakazu FURUICHI

リーダーは、報告を受信することで敵の存在を知り、部下のメンバーに対して警戒するよう命令を発する。これによって、他のメンバーも敵の情報を知ることとなり、組織の中で、あるいは、組織の一部での情報共有が可能となる。

以上のように、我々は組織を、命令と報告に基づく再帰的な構造としてモデル化した。

先行研究において、シミュレーション中にリーダーにあたる地形の詳細情報を知るエージェントを用意し、それが他のエージェントに地形情報を教えることで避難効率を向上させる研究[2]が行われているが、情報の伝達は一方向であり、また、組織という概念を有するものではない。

シミュレーションに階層の概念を取り入れた研究は過去にも存在するが[4]、これはエージェントの動作を認識レベルと反応レベルに分割するというものであり、これも組織構造という概念とは異なってくる。

我々は、エージェントの集合を組織としてモデル化し、かつ再帰的な構造とした。このことにより、小規模な組織から大規模な組織まで、一貫したアーキテクチャで構成可能となるメリットを得ることができると考えられる。

### 3 初期実験

組織構造を有するモデルの有効性を確認するため、非常に単純な条件において実験を行った。

今回想定した環境は、建物火災からの避難シミュレーションである。建物は単純な正方形とし、複数の壁によって内部が仕切られる構造とした。壁にはいくつかの狭い通路が設けられている。今回利用した環境を図 3 に示す。避難者エージェントはシミュレーション開始時に建物の左端に配置され、右端のゴールを目指す。エージェントの衝突等に関する物理的な挙動については、群衆シミュレーション

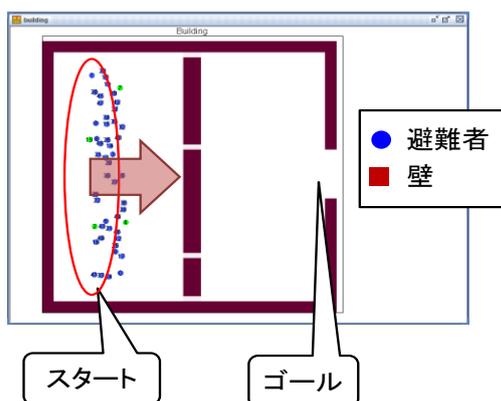


図 3 実験環境

ョンで多く利用されるHelbing[1]の方程式を利用した。

また、シミュレーション環境の構築には構造計画研究所のマルチエージェントシミュレータであるArtisoc[3]を利用した。

各エージェントは当初からゴール地点の座標を知っているが、建物内の壁の配置や通路がどこにあるかは知らないものとした。それらの情報は、実際に避難が始まり、壁や通路がエージェントの視界に入った時点で認識される。各エージェントの行動ルールは、主に以下の5つのルールで構成される。

- 1 ゴールの方向へ移動する
- 2 壁に衝突した場合、右手法または左手法によって壁伝いに移動する。そのエージェントが右手法を利用するか左手法を利用するかは、シミュレーションの開始時に決定される
- 3 一定時間移動できない状況だった場合、右手法と左手法を切り替える
- 4 周囲が他のエージェントで混雑している場合、エージェントの少ない方に向かう
- 5 前方に通路を発見した場合、通路の入り口に向かう

各エージェントの視界は非常に制限されたものとなっており、縦横2mの範囲の地形及び他のエージェントのみ認識できる(図 4)。

リーダーが存在する場合には、避難者エージェントは視界から得られた自己の周囲の情報をリーダーに報告する。

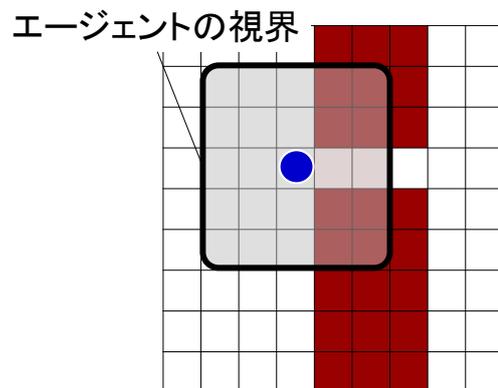


図 4 エージェントの視界情報

リーダーは受け取った情報を利用して建物および他のエージェントの状況を認識し、部下の避難者エージェントに移動命令を下す。

リーダーが環境情報をどのように認識しているかを図 5 に示す。白い四角はリーダーの認識している床領域。黒い四角は同じく壁。イコール記号は同じく通路である。

また、リーダー及び避難者エージェントのアルゴリズムを、図 6 及び図 7 のフローチャートに示す。

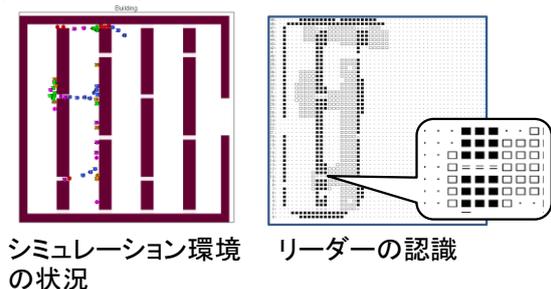


図 5 環境情報の認識

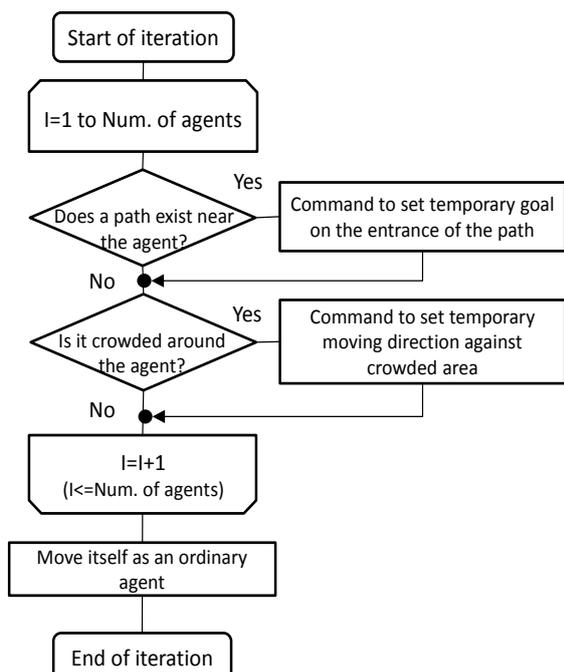


図 6 リーダーエージェントのアルゴリズム

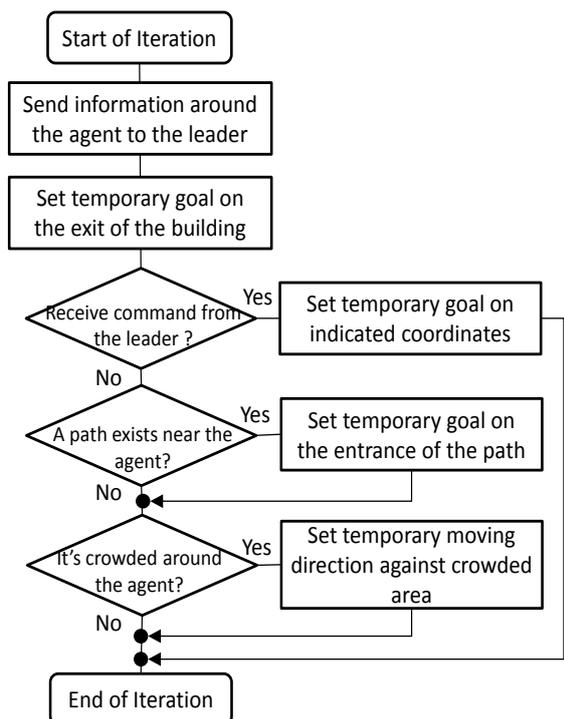


図 7 避難者エージェントのアルゴリズム

今回の実験では、リーダーが存在する場合と存在しない場合について実験を行い、それぞれ全てのエージェントが避難を完了するまでのシミュレーションサイクル数を計測した。実験条件を表 1 に示す。

表 1 実験条件

建物の 1 辺の長さ	50m
各エージェントの半径	0.3m
各エージェントの視野	2m×2m
通路の幅	1m
エージェント数	50
1 条件での試行回数	50回

また、環境についても複数の建物モデルを準備し、それぞれについて実験を行った。図 8 に示すように、壁が存在しない場合から 4 枚の壁を有する場合までの 5 パターンを用意することで、環境の複雑さが違う場合にリーダーの有無がどのように影響するかを調査した。

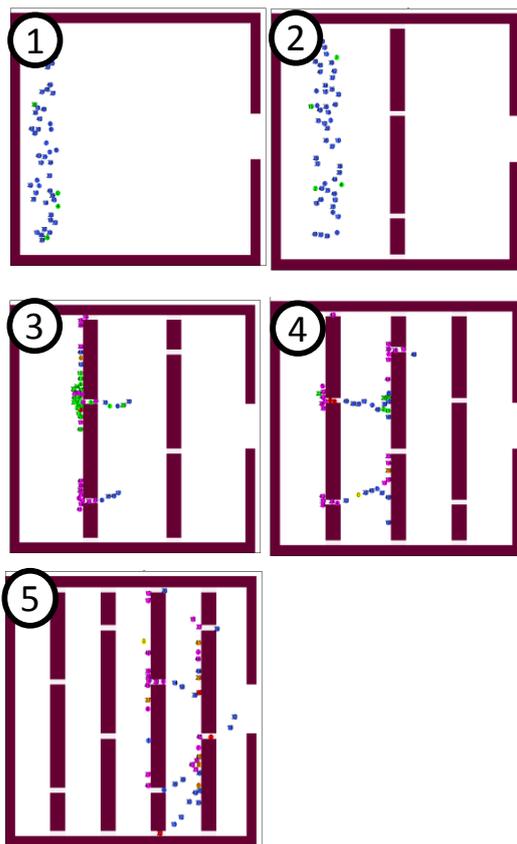


図 8 複雑さを変化させた実験環境

#### 4 実験結果と考察

実験の結果を表 2 に示す。結果の数字は全てのエージェントが避難完了するまでのシミュレーションサイクル数であり、小さい方が良好な結果となる。それぞれ 50 回試行した平均値を取っている。

結果から一見して分かるように、壁が 0 枚の場合以外の全ての条件で、リーダーが存在す

表 2 実験結果

壁の枚数	0	1	2	3	4
リーダー有 (平均サイクル数)	560.2	848.0	979.1	1113.2	1195.6
リーダー無 (平均サイクル数)	520.5	950.0	1147.0	1300.7	1394.2
リーダーによる優位 (%)	-7.1	12.0	17.1	16.8	16.6

ることにより約12%から17%の改善が見られた。

一方、壁が存在しない場合に限り、かえってリーダーがない方が早く避難が完了した。これは、混雑回避のアルゴリズムの副作用と考えられる。

壁が存在しない場合、全てのエージェントがゴールに向かって一直線に進むため、ゴール近くで極端な混雑が発生する。リーダーが存在することにより、その混雑を回避しようとして、過剰な迂回が発生しているものと思われる。

これに対して、壁がある場合にはエージェントが通る経路が分散し、また狭い通路が存在するために混雑回避もポジティブに働き、リーダーによる交通整理が有効に働いていると考えられる。

壁の枚数とリーダーの存在による優位性との関係については、壁の枚数が0枚よりは1枚、1枚よりはそれ以上の場合に有意に効果が高まった。一方で、壁が2枚以上の場合には優位性について明確な差は表れなかった。

## 5 今後の発展

今回は初期実験として、組織モデルの要素のうちリーダーの有無について実験を行った。しかしながら、これは我々の提案した再帰階層型組織構造モデルのごく一部である。

今後は命令報告モデルの詳細設計を行い、階層型組織としての動作させた場合の評価が必要であると考えている。

また、今回は実験環境としても単純なものを用意したが、実用シミュレーションに利用できる技術であることを示すためには、より現実に近い複雑な環境を用意する必要がある。

想定としては、多数の建物等が存在する広域空間や、目的の異なる複数の組織による協調または戦闘等を含んだ状況を発生させ、より多角的な視点からアーキテクチャを評価したいと考えている。

今回の実験は既製品のシミュレーション用ソフトウェアを利用し、ソフトウェアによって規定されたスクリプトによりエージェントの行動を設計することで実施した。しかし、

既製品は素早く簡単なモデルを作成する効率には優れるものの、大規模シミュレーションに適用できるアーキテクチャの開発のためには、さらなる実行性能とプログラムの自由度が必要になってくる。そのため、新しいシミュレーション用ソフトウェアをフルスクラッチで作成中である。

## 5 まとめ

大規模マルチエージェントシミュレーションに適用可能な再帰的な階層構造を有する組織モデルのアーキテクチャについて提案し、その基本的な要素について実験及び評価を行った。

今回はリーダーの有無によるエージェントの動作の変化について確認し、リーダーが存在する組織として行動させることによって全体の効率が向上することから、マルチエージェントシミュレーションにおいて組織モデルの有用性について見通しを得た。

今後は、より複雑な状況等についてさらなる実験及び評価を実施する予定である。

## 参考文献

- [1] D.Helbing et.al, "Simulating Dynamical Features of Escape Panic", Nature, Vol. 407, pp.487-490, 2000
- [2] N.Pelechano et.al, "Modeling Crowd and Trained Leader Behavior during Building Evacuation", Computer Graphics and Applications, IEEE, Nov.-Dec., pp.80-86, 2006
- [3] S.Yamakage, "Jinkou Shakai Kouchiku Shinan (How to Build an Artificial Society)", Shoseki Kobo Hayakawa, Japan, 2010
- [4] Ibrahim Cil, Murat Mala, "A multi-agent architecture for modelling and simulation of small military unit combat in asymmetric warfare", Expert Systems with Applications 37, pp.1331-1343, 2010
- [5] K.Kuramoto, M.Furuichi, "A Design and Preliminary Evaluation of Hierarchical Organizational Behavior Modeling Architecture", JSST2012 International Conference on Simulation Technology, Proceedings, 2012