

## エージェントを用いた避難行動シミュレータの 分散環境における開発事例

1N-4

床原勝 藤田茂 菅原研次

千葉工業大学情報工学科

### 1 はじめに

本研究では、自律的・協調的特徴を持つエージェントを利用することにより、災害時における個々の人間の行動を模擬するための避難行動シミュレータの作成を目的とする。これまで地震や火災などの災害時を対象とした避難行動シミュレータがいくつか開発されている[1][2]。これらシミュレータで表現される人間の避難行動は、過去の災害時に関する様々なデータに基づき決定している。しかし人間の避難行動は、刻々と変化する周囲の環境情報と人間固有に持つ行動知識をもとに推論を行ない決定される。また災害時には人間同士による協調動作も考えられ、これらの動作は過去のシミュレータのアプローチであった統計的手法では表現できなかった。そこで本研究では自律的・協調的エージェントを利用し、地震災害時における人間の避難行動をシミュレートする。また本稿では分散環境で動作する避難行動シミュレータの開発事例について述べる。

### 2 シミュレーションの対象世界モデル

エージェントを用いたシミュレータを実現するため、以下にシミュレーションの対象世界 $W$ を定義する。

$$W = \langle A, O, e \rangle$$

世界 $W$ は、個々のエージェントの集合 $A$ 、個々のオブジェクトの集合 $O$ 、そして環境 $e$ からなる。また対象世界 $W$ は、離散時間が定義される二次元格子状空間からなる。エージェント、オブジェクトの移動は隣接格子間の遷移で実現し、離散時間を単位として行われる。個々のエージェント $a$ を以下に示す。

$$a = \{ \text{name, position, state, goal, action, character, scope, relation, knowledge} \}$$

$\text{name}$ はエージェントの識別子、 $\text{position}$ は現在位置、 $\text{state}$ は状態、 $\text{goal}$ は動作目標、 $\text{action}$ はエージェントが取ることのできる動作集合である。 $\text{character}$ はエージェントの特性を表し、シミュレータ上での動作決定の際に参照されるパラメータとなる。 $\text{scope}$ は周囲の環境情報であり、 $\text{relation}$ は他のエージェントとの関連を表す。 $\text{knowledge}$ はエージェントの持つ固有の知識である。個々のオブジェクト $o$

を以下に示す。

$$o = \{ \text{name, position, state, action} \}$$

$\text{name}$ はオブジェクトの識別子、 $\text{position}$ は現在位置、 $\text{state}$ は状態、 $\text{action}$ は他のエージェント、オブジェクトに与えることができる相互作用の集合を表す。環境 $e$ はエージェントとオブジェクトが動作する場を提供する。

$$e = \{ \text{time, event, map, confRslt} \}$$

$\text{time}$ は世界時間の管理、 $\text{event}$ はシミュレータの対象世界で起こるイベントの起動、 $\text{map}$ は動的に変化する対象世界の地図情報の管理を行なう。 $\text{confRslt}$ はエージェント、オブジェクト間の動作により引き起こされる競合解消を行なう。また、避難行動シミュレータにおけるエージェントは人間を、オブジェクトは建造物や街路樹、自動車などのシミュレータ上で動作する要素となる。

### 3 エージェントのアーキテクチャ

本研究ではこれまで、災害時における人間の避難行動を個々にあらかじめ準備された避難行動計画に基づき決定するものと考えてきた。しかし災害時の緊急性を要する非日常的な状況において、人間は通常時に行われる推論をすることは困難である。そのため災害時には、個々に持つ避難行動知識も全て利用されることなく、推論においても十分な時間をかけることはできないものと考えた。このような人間の処理メカニズムを実現するため、三階層からなるエージェントアーキテクチャを用いた(図1)。

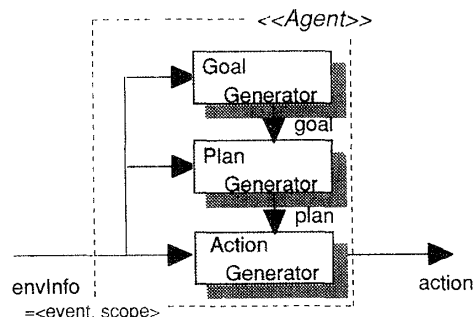


図1 エージェントの構造

動作目標を決定するためのゴール生成機構(GoalGenerator)、動作計画を策定するためのプラン生成機構(PlanGenerator)、そしてエージェントの動作を決定するためのアクション生成機構

(ActionGenerator)の三階層からなる。まずエージェントは対象世界で起こるイベント（地震、津波など）とエージェント固有に持つスコープ情報を環境eより獲得する。そして各階層は獲得情報をもとに非同期に処理を行ない、処理結果を下位層に送る。送られた処理結果は、下位層にとっての処理目標となる。ただし最下位層であるアクション生成機構は、環境情報(envInfo)に対してリアクティブな動作を取り、エージェントとの処理結果とする。エージェントの動作(action)となる。例えば、生成されたgoalが”けが人を助ける”の場合、planは”けが人を抱く”、”病院に運ぶ”などのgoalを達成するための動作系列からなる。actionはそのplanを達成するためのプリミティブ動作となる。

#### 4 エージェントの記述

シミュレーションの対象世界における人間(エージェント)の役割りや位置付け、避難行動知識は個々により異なる。これら固有のエージェントを記述するため以下の言語を定義する。

- ・エージェント記述言語(AEL)
- ・避難知識記述言語(KEL)

AELはエージェントの対象世界に対する位置付けを決定し、この記述によりシミュレータ上で動作するエージェントを生成する。エージェントの識別子、スコープ範囲、特性などのエージェント自身に関する記述の他、家族構成、社会的地位など他のエージェントに関する記述を行う。またKELはエージェントの避難行動知識を決定し、これによりシミュレータ上でのエージェント固有の避難動作が実現する。

#### 5 シミュレータの分散環境への展開

本研究で作成した避難行動シミュレータ[3]は、エージェントやオブジェクト数の増加、対象世界のサイズの拡大、これに伴う環境eの計算量の増加により一台の計算機での動作が困難となった。

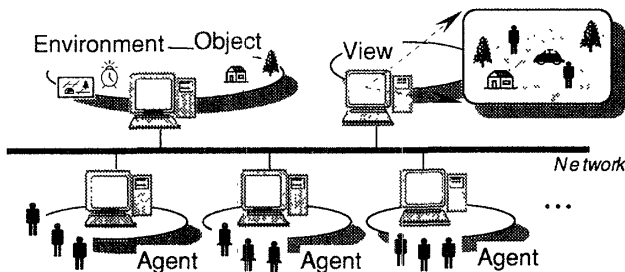


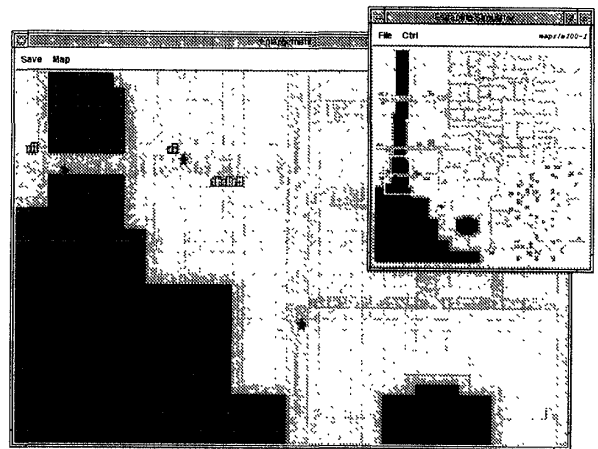
図2 避難行動シミュレータのシステム構成

そこで、(a)エージェント、(b)オブジェクト及び環境、(c)表示系を各マシンに配置し、分散環境で動作を行う(図2)。

#### 6 シミュレーション例

作成した避難行動シミュレータへ以下の例題を適用する。100x100の二次元格子からなる対象世界に、ある市街区を想定し住宅街、オフィス街、避難所などを配し、9人のエージェントを動作させる。また対象世界には、あらかじめ設定した地震イベントを何度か起こし、人間の避難行動を観察した。このような設定のもと、シミュレーションした結果、KELにより記述した避難行動知識をもとに動作していることが確認できた。

本システムはSolaris2.4上で動作するJava（エージェントa, オブジェクトo, そして環境e）とTcl/Tk（表示系）を用い実装している。



#### 7 まとめ

本稿では、避難行動シミュレータの分散環境における一開発事例について述べた。災害時における人間の動作を実現するため、シミュレータの対象世界モデルとエージェントのアーキテクチャの定義を行った。現在、作成中のシミュレータはエージェント数、対象世界のサイズともに小さく、今後、現実世界を対象としたシミュレーションを行うとともに、シミュレータの精度向上を計っていく。

#### 参考文献

- [1] 岡部慶三（研究代表者），災害警報の伝達とその効果に関する研究，文部省科学研究費・地震災害特別研究研究成果・自然災害科学総合研究班，No.A-59-5，（1984）
- [2] 仲谷善雄・荒屋真二，社会的相互作用を考慮した避難行動の情報处理的シミュレーション・モデル，情報処理学会論文誌，Vol.27，No4，Apr. 1986
- [3] 床原勝，藤田茂，菅原研次，エージェントモデルを用いた避難シミュレータの試作，情報処理学会第51回（平成7年後期）全国大会 3J-8