

震災総合シミュレーションによる名古屋市シナリオについて

The Case of Nagoya City on Using the Integrated Earthquake Disaster Simulation System

伊藤 暢浩*¹ 渡邊 日出光*² 夏目 恵介*² 岩田 員典*³ 竹内 郁雄*⁴
 Nobuhiro Ito Hidemitsu Watanabe Keisuke Natsume Kazunori Iwata Ikuo Takeuchi

*¹愛知工業大学 Aichi Institute of Technology *²名古屋工業大学 Nagoya Institute of Technology
 *³愛知大学 Aichi University *⁴東京大学 Tokyo University

Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Urban Areas is the project aimed at decreasing the damages caused by big earthquakes. We call it "the DDT project". In the project, the prototype of the simulation system for the project has been implemented. In this paper, we practically modeled the disaster prevention strategy of Nagoya City and implemented rescue agents that equipped the strategy. Then we evaluated the simulation system by applying the rescue agents to the simulation system.

1. はじめに

近年、各地で大規模な自然災害による被害が頻発している。国内では発生から10年目を迎えた阪神・淡路大震災や昨年の新潟県中越地震、国外ではスマトラ島沖地震等、いずれも甚大な被害が発生した。そのような大規模な自然災害に対して、現在様々な取り組みがおこなわれており、その取り組みの一つとして、文部科学省が進めている大都市大震災軽減化特別プロジェクトの震災総合シミュレーションシステム (IDSS) の開発 [1] がある。

本研究では、この IDSS 上で動作するプロトタイプレスキューエージェントの設計および実装をおこなう。被災地の忠実な表現を目指し、震災時に救助活動をおこなう消防エージェントの行動モデルを現実に沿うものにした。また、いくつかのシミュレーション事例により、実装したエージェントと IDSS の有効性を示す。

2. 震災総合シミュレーションシステム

震災総合シミュレーションシステムは、被災地域の忠実なシミュレーションによる市民の災害啓蒙、防災戦略の評価、意志決定支援などを目的として開発されている。我々は、その IDSS の構成要素の一つである災害予測・対応シミュレータ群の開発プロジェクトにエージェント設計者として参加している。

災害予測・対応シミュレータ群

災害予測・対応シミュレータ群は、IDSS の中で時系列に沿った被災地域のシミュレーションをおこなうものである。複雑かつ広域な被災地域の忠実なシミュレーションをおこなうために、図1のような構成で以下の仕組みが導入されている。

分散カーネル 分割された地域を各カーネルが統括・管理し、カーネル間の相互通信によって分割地域を接続する。任意の広さの被災地域のシミュレーションを可能にする。

S-API 火災、地震、人々などの各事象を計算するシミュレータ (サブシミュレータ) とカーネル間のインターフェース。自由なサブシミュレータのプラグインを可能にする。

SSTD 地図や人という被災地域に存在するオブジェクト群とその状態情報の時系列データベース。任意の時間からのシミュレーションの再開を可能にする。

連絡先: 伊藤暢浩, 愛知工業大学, 豊田市八草町八千草 1247, TEL: 0565-48-8121, FAX: 0565-48-0277, E-mail: n-ito@aitech.ac.jp

IDSSでは、被災地を忠実に表現するために、各サブシミュレータを現実に忠実に設計・実装するというアプローチを取っている。

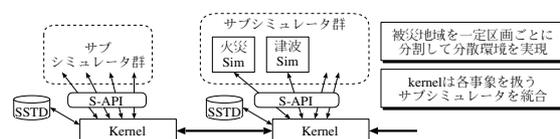


図1: 災害予測・対応シミュレータ群の構成

図のようにカーネルと複数のサブシミュレータによって構成される。各サブシミュレータは火災・地震・人の動きなどの事象をそれぞれ担当する。このシミュレータ群は各サブシミュレータを現実に沿うように設計・実装することで、被災地域の忠実な表現を目指している。

3. エージェントのモデル化

本研究では、エージェントの実現のために、まず被災地域を図2に示すような様々なオブジェクトによって表現する。次に、この被災地域に存在する一人一人をエージェント1体としてモデル化する。

具体的には、消防士、救急隊員、住民などのエージェントの種類モデル、また移動能力、視覚、記憶力、判断能力などのエージェントの能力などのモデルである。モデル化されたエージェントは、以下の二つのステップを繰り返しおこない、被災地域で活動する現実の人の動作を表現する。以上のモデルに基づいて、エージェントは以下の三つのステップを繰り返しおこない、被災地域で活動する現実の人 (ロボット) の動作を表現する。

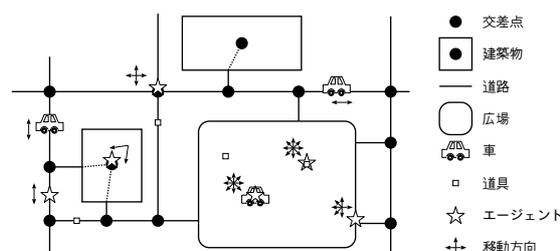


図2: 被災地域を表す地図の構造

1. 自分を含めた周りのオブジェクトの存在とその状態を知覚する (Sense)

エージェントは、自分の現在の状態と、視覚による自分から一定範囲内のオブジェクト（エージェントも含む）の存在と状態を知ることができる。自分以外のエージェントに対しては、何を考えているかまでは知ることはできない。

2. 知覚して得られた情報を用いて行動のプランを立てる (Think)

エージェントは **Sense** によって自分から一定範囲内のオブジェクトの情報を得ることができる。得られた情報に加えて、記憶力による過去のオブジェクト情報や行動履歴などの情報も持つ。これらの情報から、エージェントはその種類に応じて、取ることで今後の行動プランを立てる。

3. 立てた行動プランを基に実際に行動にする (Act)

エージェントは、**Think** で立てた行動プランを基に行動を実行に移し、実際に各オブジェクトに対して作用する。これにより各災害・物理現象サブシミュレータは、エージェントの作用を受けて各オブジェクトの状態を変化させる。

4. 消防エージェントの実現

ここで消防エージェントの実現について説明する。消防エージェントの実現には次の要求がある。

- (a) 防災戦略の評価に利用するために、消防部隊の戦略は容易に変更できなくてはならない。
- (b) 消防エージェントは現実における制約を満たしていなければならない。
- (b) 消防部隊は主にセンターから命令されることによって行動している。そのため、消防エージェントもその組織構造が再現できなくてはならない。

(a) に対しては戦略を後述する **AWI** で実現することで、容易な戦略変更を可能にした。(b) に対しては、センターと消防部隊を構成するエージェントに対し、モデル化した組織を設定し、センターが通信で消防部隊のエージェントに命令を出すことでその組織構造を実現した。

5. エージェントサブシミュレータの実現

エージェントサブシミュレータに対しては、次の要求が発生する。

- 一人一人をエージェント 1 体としてシミュレートできなければならない。
- 分割された地域を担当する 1 台のコンピュータで多数（最低でも 1000 体）のエージェントをシミュレートができなくてはならない。
- シミュレータは緊急時の意思決定支援も目的としているため、実時間よりも早いシミュレーションができなくてはならない。
- 今後のエージェント開発者にとって利用しやすいものでなくてはならない。

本研究では、これらの要求を満たすために以下で述べる仕組みを導入し、図 3 に示すようにエージェントサブシミュレータの設計・実装をおこなう。

エージェントサブシミュレータを実現する仕組みは次のようである。まず **APX (AgentProXy)** という仕組みを導入し、

エージェントの意思決定部分を除くエージェントの大部分の処理をここでおこなわせるようにする。また、意思決定部分は **AgentP (AgentProgram)** と呼ばれるプログラムモジュールとして分離する。このように、我々は **APX** と **AgentP** を二つに分離し、この **APX** ⇔ **AgentP** 間におけるやりとりを、**AG-API (AGent-API)** という仕様によって定義する。これは、**AgentP** が意思決定の結果導かれた行動を **AG-API** で定める行動コマンドとして **APX** に発行するだけで被災地域に作用できるようになっている。これにより、エージェント設計者は **AG-API** 仕様に従って **AgentP** のみ設計すればエージェントを実現できる。加えて、複数の **AgentP** を **APX** によって統括し、これらをまとめて一つのプロセスで動作させる。これにより、エージェントの通信量の軽減や計算機への負荷の軽減ができ、処理速度の向上と多数のエージェントの接続ができる。更に、エージェントの「ある場所に移動したい」、「ある区域の消火活動をしたい」などの意図を解釈して一連の経路決定や消火プロセスを出力するような、**AWI (AgentWillInterpreter)** と呼ばれる基本行動セットのパッケージを作ることで、エージェント設計者の負担を更に軽減させる仕組みを取り入れた。

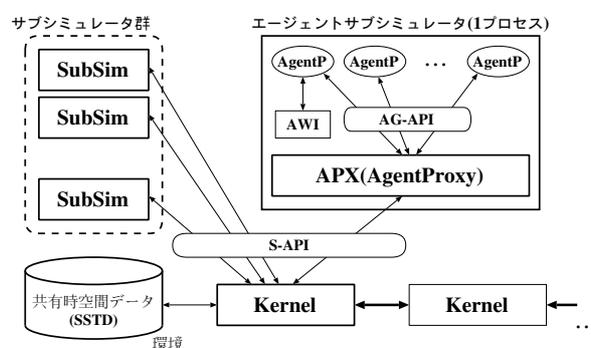


図 3: エージェントサブシミュレータ

6. 消防エージェント

名古屋市消防局（以降では消防局と呼ぶ）より入手した資料を基に、エージェントの行動を現実の防災戦略に基づいたものになるように設計・実装した。

現実の消火活動は以下のおこなわれる。

1. 市民がセンターに対し火災の通報をおこなう。
2. センターは消火活動をおこなっていない消防部隊のうち、通報された火災現場に最も速く到着できる消防部隊を選択する。
3. センターは選択した消防部隊に対し無線で通報された火災の消火を命令する。
4. 消防部隊はセンターからの命令に従い消火活動をおこなう。
5. 消防部隊は消火活動が終了したら、活動の終了をセンターに伝える。

この活動を表すためには、エージェントが上下関係を持ち、命令によって動作するという行動をとれる必要がある。そのため以下のように組織というものをモデル化し、エージェントに上下関係を持たせ命令による動作を可能にした。

● 組織

組織は以下の情報を持つ。

組織の名前 組織に付けられた名前。

組織の代表者 組織の代表となるエージェント。

