

建造物の設計図情報と広域の地理情報を活用したマルチエージェントシミュレーション環境の構築 Building a Multi-Agent Simulation Environment with CAD data and Geographic Information

八島敬暁[†] 山崎淳城[‡] 久光遼平[‡] 飯島正[‡]
Takaaki Yashima[†] Junki Yamasaki[‡] Ryohei Hisamitsu[‡] Tadashi Iijima[‡]

[†] 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

[‡] 慶應義塾大学 理工学部

[†] Graduate School of Science and Technology, Keio Univ.

[‡] Department of Science and Technology, Keio Univ.

要旨

災害発生時の避難誘導・救護救命戦略など緊急時の計画立案支援のために、地理情報と建造物の設計図という粒度の異なる空間情報を統一的に活用するシミュレーション環境を構築した。必要に応じて国勢調査等の統計情報も地理情報に対応付けて与えることでシミュレーションに利用することができる。更に、刻一刻と変化する現場の状況にできるだけ対応した計画を立案するために、携帯情報端末から現場の情報を収集し、空間情報を更新する機能を持たせた。本論文では、計画立案の基礎となる空間情報サーバとシミュレーション環境の概要、並びに、津波からの広域避難計画と屋内火災による避難誘導という2つの適用事例について紹介する。但し、シミュレーション結果に基づいて計画立案を行い、その結果を携帯情報端末へフィードバックとして返す機能は、本稿の範囲外である。

1. はじめに

災害時における避難誘導・救護救命戦略などの緊急計画立案に際して、多数の意思決定主体による集団的行動の表現に適したマルチエージェントシミュレーション技術を用いることがある。このようなシミュレーションでは、現実の地理情報がシミュレーション空間上に反映されていることが望ましい。理想的には、シミュレーションに際して災害が発生する前に想定されうるいろいろな状況をシナリオとして与え、万全の対策を立てておくことが望まれるが、実際には事前にすべてを想定することも列挙することも難しい。災害時には広域で火災の発生・建造物の倒壊・重傷者の発生といった事象(event)が同時に、あるいは連続的に発生しうる。それによって避難計画・救護計画は大きな変更を余儀なくされることがある。そこでは情報源の信頼性や情報の精度が多少低くても、現場で発生している情報を収集・集約し、その情報を基に迅速に緊急計画を再立案することが必要である。本研究では、計画立案の支援のために、警察官・自衛官・消防署員・医師など現場の避難誘導や救護活動の担当者、あるいは地域住民(情報ボランティア)から提供された情報を集約し、それを反映したシミュレーション結果に基づいて素早く計画を再立案し、現場の避難誘導者や救護者、あるいは地域住民へ提示するシステムの構築を目指している。その基礎となる空間情報サーバとそれと連携したシミュレーション環境が本論文の範囲である。

2. シミュレーションにおける空間情報の利用

海岸線、道路、標高など多種多様な「地理情報」を扱うシステムを地理情報システム(Geographic Information System; 略して GIS)と呼び、交通/マーケティング/防災など多岐に渡る分野で利用されている。GIS では場所(位置情報)や時刻に対して、写真/テキスト/数値データといった属性情報が関連付けられている。GIS は、地理情報を中心としたそれらの情報を蓄積管理し、できるだけ効率の良い検索を可能とするデータ管理モジュールと、ユーザの要求に合致した形式に加工し可視化する変換生成モジュールに大別される。近年、地理情報については整備とオープン化が進んでおり、多くの地域における道路・河川・森林・建物外周線といった多様な地理情報が無償で公開されている。また、国勢調査情報など、大字町丁目ごとの総世帯数・年齢別人口数といった地理的情報に対応付けられた統計情報も無償で公開されている。

また、計算機可読な「建造物のための空間情報」としては、建築設計施工時に作成された設計図の CAD 情報が利用できる。近年、3次元 CAD の普及と呼応して、CAD 情報を建設のための設計図としてだけでなく、屋内の設備管理や空調シミュレーションなどに幅広く活用する Building Information Modeling(BIM)の考え方が広まっている。そうした BIM で活用される CAD 情報では、壁・床・備品といった粒度の構成要素まで細分化した部材の製造物データの集まりで建物情報が表現される(たとえば IFC2x3)。したがって、こうした情報を活用することで、単なる間取り図としての CAD データではなく、ドアや窓、エレベータや空調などの設備、

場合によっては間仕切りや調度品に至るまでの詳細な情報をシミュレーションに活用することができる。

そうした空間の中で複数の人間が意思決定し行動する状況をシミュレートする際には、マルチエージェントシミュレーション(Multi-Agent Simulation; MAS)システムを使うことができる。MASでは、ある一つの環境の中に複数の意思決定主体(エージェント)が存在し、互いに影響を与え合いながら行動する。MASは個々の振舞いというマイクロな現象の記述することで、組織・社会というマクロな現象を解析することを意図したボトムアップ指向のシミュレーションである。集団行動のダイナミクスの解析に適していることから感染症の伝搬予測、避難行動といった社会シミュレーションに用いられることが多い。そのプラットフォームは、シミュレーションモデル記述言語とその実行環境から構成されるのが一般的であり、例えば NetLogo[1], Repast[2], MASON[3]などがある。地理情報を取り扱うためのMasonの拡張にGeoMason[4]があるが、本研究で提案するような広域空間情報と局所的な建造物の設計情報を統一的に扱うことを意図した機能は有しておらず、なおかつ、各種の情報を適宜、収集し集約していくような機能を有しているものではない。

3. 計画立案支援のための空間情報サーバを中心とした MAS 連携基盤

本研究では、緊急時の計画立案支援のために、図1のような支援環境を提案している。空間情報として、広域の地理情報と、建造物内外の設計図という局所的な空間情報の両方を統一的に扱い、それを蓄積管理する空間情報サーバ(図1)を中心に、国勢調査等の住民世帯に関する統計情報を一元的に集約する。更には、警察官・自衛官・消防署員・医師などの避難誘導/救護活動担当者に携帯情報端末を携行させ、新たに発見された被災情報を、携帯情報端末上に表示した地理情報と関連付けながら事象(event)情報として収集するとともに、それを元に再シミュレーションした結果を反映して立案された避難/救護計画も逆に情報端末を通して伝える。これら事象情報と立案された計画のいずれもが、自治体における防災減災計画本部の大型ディスプレイ上でも、現場の避難誘導や救護活動担当者の携行する携帯情報端末上でも、空間情報の上に展開されて視覚的に把握することができる。更には、地域住民のもつ携帯情報端末にも、こうした機能を配備することができれば、より幅広い情報収集と、避難誘導を展開することが可能となりうる。

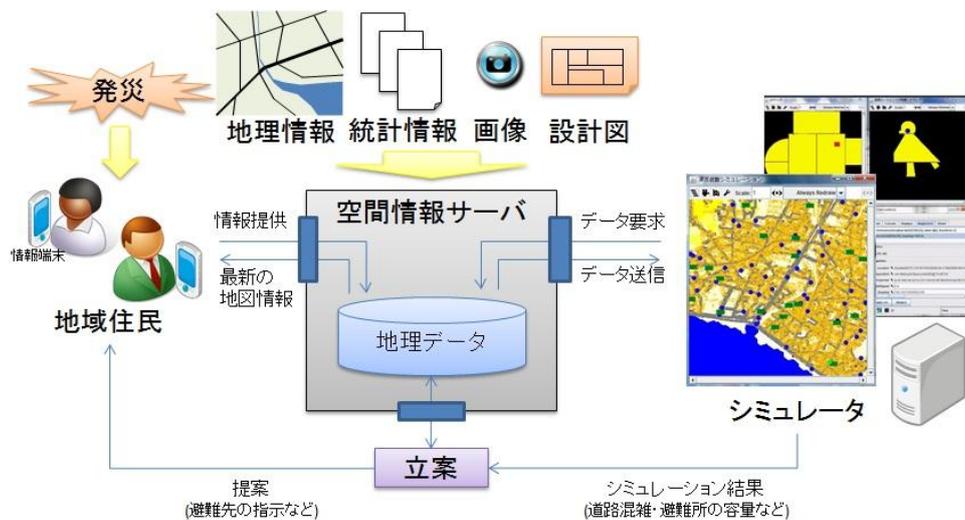


図2 提案する空間情報サーバと MAS 連携環境のシステム概念図

4. 設計と実装

4.1. 利用した空間情報とシミュレーション環境

地理情報は、対応地域が全国に渡る国土地理院発行の「基盤地図情報」[5]を用い、統計情報は総務省統計局発行の「国勢調査(平成17年)」[6]を用いた。また、統計情報に位置情報を関連付けるため、国土政策局発行の「位置参照情報」[7]を利用した。いずれの情報も無償で公開されている。建造物情報には、BIMの標準的な形式である Industry Foundation Classes (IFC)に準拠したデータを用いた。シミュレーション環境には、オブジェクト指向概念に基づいたモデル記述がしやすく拡張性の高いMASONを使用した。

4.2. 地理情報・建造物情報の形式変換

GIS(基盤地図情報)やBIM(IFC2x3)で主に採用されているデータ形式はベクタ形式であるのに対し、MASでは空間の特性を数量化・可視化するため、格子状に区切ったタイル(メッシュ形式)で環境情報を表現する

ことが多い。そこで両者を変換するデータ形式変換モジュールを構築した(図3)。空間情報から、通行を妨害するか、視界を遮るか、といったエージェントの振舞いに影響する要素があるが、それは統一的なルール(一般に道路は通行可能で、建造物は通行や視界を遮る)を全体的な仮定として与え、できる限り個別ルールを手作業で加えることは避けた上で、必要に応じて、手を入れることを可能とする。

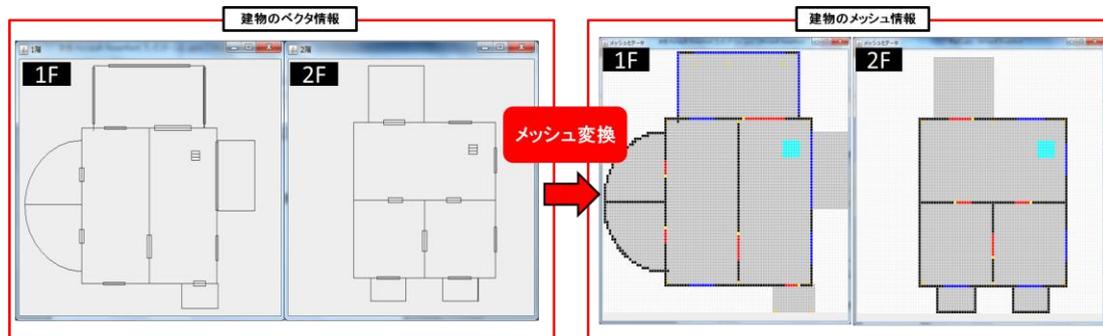


図3 建造物の設計図情報(IFC形式)をMAS向けにメッシュデータへ形式変換した変換例
(データ出典: IFC2SKP ツール配布サイト <http://www.ohyeahcad.com/ifc2skp/index.php> で公開されている IFC データのサンプルファイル TOFU2.0_2x3_simplefied.ifc)

4.3. 携帯情報端末による空間情報の更新

事象(event)情報を記入できる入力フォームに書かれた内容を、空間情報サーバへ送信するモジュールを構築した(図4), なお情報端末は現在地取得機能のある Android 端末を用いた。サーバ側では受信したデータに時刻印情報を関連付けて保存する機能を与えた。

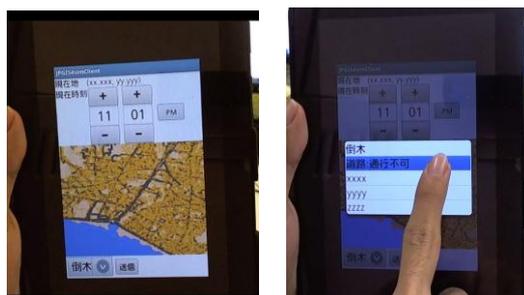


図4 情報端末による情報提供アプリケーションの使用例(道路閉塞情報の送信)

4.4. シミュレーション中における時間経過による変化情報の反映

シミュレーション中の地理情報の変化を扱うため、空間情報サーバには過去の特定の時刻における地理情報を出力する機能を与えた(図5)。変化していく地理情報は時刻印を関連付けた差分データとして管理しており、オーバーレイ表示できるとともに、通信時間の削減のためにデータ転送も差分のみ送信する。



図5 津波到達による海水位の上昇を反映させたシミュレーション例

(地図出典: 基盤地図情報 (縮尺レベル 2500, 神奈川県鎌倉市道路縁・建物外周線・標高点・海岸線地図) 国土交通省国土地理院)

5. ケーススタディ

広域災害や火災が発生した状況を仮定し、構築したシステムを用いて情報端末からの情報提供と、情報端末への避難計画提示を仮想的に行った。なおシミュレーションには評価用に構築したモデルを用いた。

5.1. 事例1: 地震発生後の津波避難計画

海域を震源とする大地震が発生し、沿岸部に津波が到達する状況を想定する。地域の緊急放送用スピーカーを用いて避難勧告を発令し、住民は避難を開始する。避難場所は予めハザードマップで決め住民に周知している公共施設とする。地震発生により建物の倒壊、倒木などによる道路の閉塞は起こりうる。また、橋も倒壊し、重傷者が発生した状況を想定する。このとき地域住民(や観光客)が携帯情報端末を携行して、端末からの情報収集と端末への push 型情報提供を行ったとき、被害状況にどれだけの差異が生まれるか検討するため、以下の2つのシナリオでシミュレーションを行った(図6左)。

- (1) 対策なし: 住民は各自避難場所へ避難する。避難場所を知らない観光客は他の住民に追従するとし、経路中の道路が閉塞した場合は別の経路を探す。
- (2) 住民が情報端末を保持: 一部の倒壊情報と重傷者の位置が住民からの情報提供によって住民・自治体・レスキュー隊の間で共有される。避難場所を知らない観光客は端末が提示する避難場所に向かう。道路閉塞地点については代替経路を端末に送信する。レスキュー隊は重傷者の元に急行し、医療機関/避難所に緊急搬送する。

なお場所は神奈川県鎌倉市とし、避難場所は実際に指定されている公立中学校とした。

5.2. 事例2: 病院火災モデル

病院や高齢者施設など、要介助者が複数人存在する建物内で火災が発生したという想定でシミュレーションを行う。避難状況をより現実に近づけるため、人間を入居者エージェントと介助者エージェントに分けてシミュレーションモデルを構築した。入居者は移動能力に難があるが、その度合いは寝たきりから自力移動可能まで幅広く存在するものとした。介助者は入居者を介助の度合いに応じて出口まで誘導する。なお、入居者の移動能力・特性は歩行速度、避難行動時の占有面積、必要な介助者の数をパラメータとすることで表現した。放送に加えて、屋内に火災の発生や避難誘導方向を知らせる情報端末が設置されているか否かで避難時間が変化する度合いについてシミュレーションを実施した(図6右)。



図6 シミュレーション中の一場面(左:津波避難モデル 右:屋内火災避難モデル)

6. まとめ

広域地理情報と建造物の設計図情報という粒度の異なる空間情報を統一的に扱う空間情報サーバを構築し、それに携帯情報端末から情報を更新する機能と、シミュレーション環境で利用するための形式変換機能を実装した。これによって緊急時の最新情報に基づいた避難計画や救護計画の再計画において、地理空間情報上でのシミュレーションを活用することが可能となる。シミュレーション以外の計画立案支援機能、ならびに、計画立案の結果である避難計画や救護計画を現場の携帯情報端末へ送る機能は本稿執筆時点で構築中である。

参考文献

- [1] NetLogo, “NetLogo Homepage,” <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (2011/11/04 閲覧)
- [2] Repast, “Repast Suite,” <http://repast.sourceforge.net/> (2011/11/04 閲覧)
- [3] MASON, “MASON Multiagent Simulation Toolkit,” <http://www.cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/> (2011/11/04 閲覧)
- [4] Sullivan, K., Coletti, M. and Luke, S., “GeoMason: GeoSpatial Support for MASON,” *Department of Computer Science, George Mason University, Technical Report Series*, 2010
- [5] 国土交通省国土地理院, “基盤地図情報サイト,” <http://www.gsi.go.jp/kiban/> (2011/11/01 閲覧)
- [6] 総務省統計局, “統計局ホームページ/平成17年国勢調査,” <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/> (2011/11/04 閲覧)
- [7] 国土交通省国土政策局, “位置参照情報ダウンロードサービス,” <http://nlftp.mlit.go.jp/isj/> (2011/11/04 閲覧)