

# シミュレーション機能を備えた地理情報システム構築のための支援ライブラリ

## Support Library for Building Geographic Information System with Simulation Facility

八島敬暁<sup>†</sup> 岡野智哉<sup>‡</sup> 飯島正<sup>†</sup>  
 Takaaki Yashima Tomoya Okano<sup>‡</sup> Tadashi Iijima<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学 理工学部

<sup>†</sup> Department of Science and Technology, Keio Univ.

<sup>‡</sup> 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

<sup>‡</sup> Graduate School of Science and Technology, Keio Univ.

### 要旨

近年、政府による地理情報標準化の推進を背景に、地理情報を利用する情報システムが交通・マーケティング・防災分野などを例に、広く利用されるようになった。この地理情報システム（GIS : Geographic Information System）において、シミュレーションが予測・計画を行う意思決定の道具として必要とされている。そこで、GIS にシミュレーション機能を統合し、相互の情報のやり取りを円滑にするための構築支援ツールを開発した。具体的には、国が無償で公開している地理情報をシミュレーションツールの環境情報に変換するツールの構築を行い、地理情報の利用に関して実現可能性を確認した。

## 1. はじめに

近年、政府の政策<sup>1</sup>により地理情報の高度な活用が求められている。地理情報を利用した情報システムは地理情報システム（GIS : Geographic Information System）と呼ばれ、交通（渋滞予測、カーナビゲーションなど）、マーケティング（需要予測など）、防災（避難誘導など）分野で主に使われている。このGISでは、防災システムにおける被害予測など、予測・計画を行う意思決定の道具としてシミュレーション機能が必要とされている。そこで本研究では、GIS にシミュレーション機能を統合し、相互の情報のやり取りを円滑にするための構築支援ツールを開発した。

## 2. GIS におけるシミュレーションに関する背景

### 2.1. GIS が利用される背景 -地理情報の標準化-

政府の政策<sup>2</sup>により地理情報の標準化が推進され、1998年に「地理情報標準」（国土院発行）、2005年により実用的な「地理情報プロファイル[1]」（同発行、以下JPGIS）が地理情報の標準規格として設定された。現在、道路地図、河川・森林地図など多岐に渡ったJPGIS準拠の地理情報が無償で公開されている。地理情報の無償化に加え、多様な地理情報が同一の規格で表現可能になったことによる開発・維持管理コストの削減が、GISが広く利用されるようになった背景にあると考えられる。

なお、JPGISでは図1のように、建物、道路、河川といったすべての具体物を抽象化した概念を「地物」と定義しており、具体物に関連する情報は地物の属性として表現される。また、JPGIS準拠の地理空間データは地物の集合体としてXML（Extensible Markup Language）で記述されている。

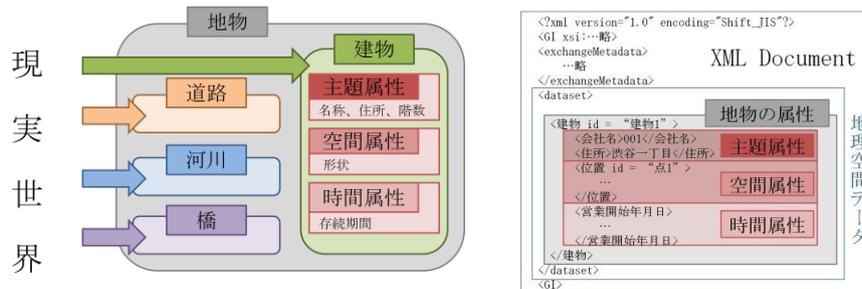


図1 JPGISにおける地理情報の表現[2]

<sup>1</sup> 地理空間情報活用推進基本法（2007年公布）

<sup>2</sup> 国土空間データ基盤の整備及びGISの普及の促進に関する長期計画（1996年公布）

## 2.2. GISの利用のされ方 –GISとシミュレーション機能の関係性–

実際に運用されているGISは多岐に渡る。ここでは、具体的なイメージを共有するために、防災関連のものを挙げる。例えば、人命救助活動のための「緊急支援情報システム[3]」（消防庁）、地震対策のための「地震防災情報システム[4]」（内閣府）、災害情報システムの「フェニックス防災システム[5]」（兵庫県）などがある。図2は、上記の例を抽象化し、GISの利用のされ方を示したものである。まず、自治体職員（利用者）が防災システム（GIS）に対し、ある避難場所への所要時間を表示するよう求める（要求）。次に、防災システムは地理情報上で避難場所への移動シミュレーションを行うことで推定移動時間を求め、所要時間分布を表示する（視覚化）。最後に、自治体職員は視覚化された情報を元に、どの地区の住民をどの避難場所へ避難させるか決める（意思決定）。このように、GISは地理情報とシミュレーションなどによって求めた必要な情報を重ねて表示することで、利用者の意思決定支援を行っている。

なお、GIS開発時にシミュレーション機能を作り込むこともできる[6]。しかし、シミュレーションの基盤となるプラットフォーム部は既に独立していて、シミュレーションモデル記述言語ならびにその実行環境として開発されているものも多い（例えばStarLogo[7]やNetLogo[8]など）。そこで、GISの開発コストを軽減するために、一から作り込むのではなく、それらを利用する方式を採用した。

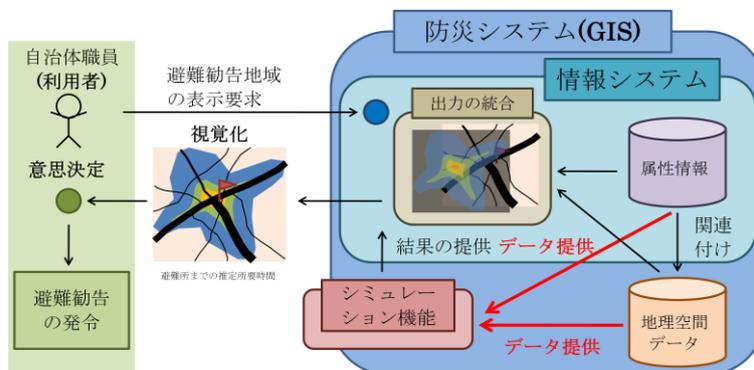


図2 GISの利用例（防災システム）

## 3. 提案内容と設計

シミュレーション機能付きGISの構築支援のため、シミュレーションツールでGISが持つ情報を取り扱えるようにする変換ツールを構築した。図2のように、シミュレーションで利用する地理情報には、地理空間データと情報システムが持つ属性情報の2つがあるが、本研究では前者を変換の対象とした。

まず、利用する地理情報は、提供されている地域が広範で、種類も豊富な国土計画局発行の「国土数値情報[9]」と国土地理院発行の「基盤地図情報[10]」（いずれもJPGIS準拠）とした。

次に、実現方法について説明する。地理情報はオブジェクト指向モデルで記述しやすい性質がある[11]（pp.158-177）ので、オブジェクト指向プログラミング言語であるJavaで実装を行った。図3はJavaで地理情報を利用する方法を示したものである。まず、JPGISの標準スキーマと各地図発行機関が発行する応用スキーマ（XML Schemaで記述）をJavaのクラスに変換（アンマーチャリング）した。変換作業にはJAXB（Java Architecture for XML Binding [12]）を使用することでクラス構築にかかるコストを省いた。ただし、JAXBは複数のスキーマを同時に利用することに対応していないので[13]、一部の変換作業は手作業で行った。次に、地理情報中の地物データを解析（パーズング）したが、解析中にも同様の問題が発生したので、SAX（Simple API for XML）を利用したパーサーを別途構築し、統合した。

最後に、変換結果の出力方法について説明する。本研究では生態系や社会のシミュレーションに使われるマルチエージェントシミュレーションツールNetLogo、StarLogoでシミュレーションできるように地理情報を変換させる。NetLogoはJavaで書かれたプログラム断片を取り込み、機能を拡張することができる（Extension機能）。しかし、StarLogoにはその機能がない。そこで、図4のように、NetLogoではExtension機能を利用する変換ライブラリで、StarLogoではStarLogoの構文に従ったソースコードを出力

する変換系で実現した。変換対象の地理情報にはベクタ情報で記述されている地図も含まれているが、出力対象のシミュレーションツールはいずれもメッシュ空間で環境を表現しているため、ベクタ情報をメッシュ情報に変換する機能も合わせて構築した。

アンマーシャリングの結果、スキーマに対応した414個のクラス（合計81695行）が生成され、地理情報変換ツール全体のクラス数は464個（合計87602行）となった。

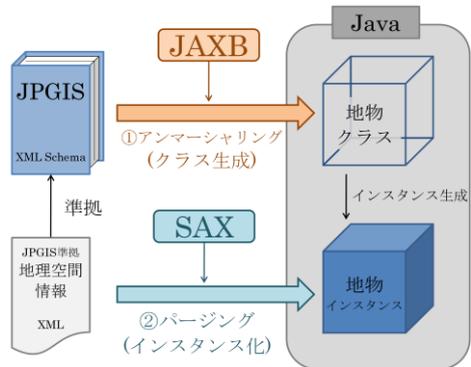


図3 Javaにおける地理情報の利用方法

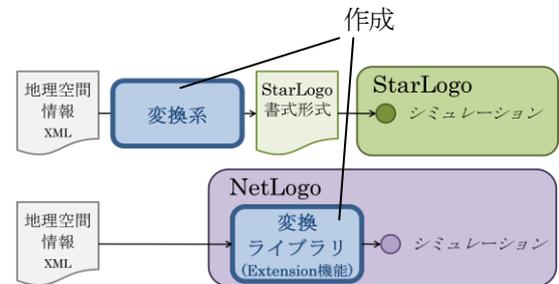


図4 シミュレーションツール上で地理情報を利用する方法

## 4. 実験と考察

構築したツールの評価を行うため、実験用の簡単なシミュレーションモデルを構築し、地理情報を利用したシミュレーションを行った。そして、地理情報を適切に利用することができたか、またモデルがシミュレーションに反映されたか観察した。

### 4.1. (事例1) 道路総延長メッシュデータを移動コストとみなしたときの広域避難シミュレーション

事例1では、防災システムにおいて、大地震などの大災害が発生した際に、被災者が都心から郊外へ帰宅を試みるシミュレーションを行う場面を想定し、地理情報変換ツールを利用した。移動手段には鉄道などの公共交通機関や自動車などが考えられるが、ここでは道路を利用して帰宅すると仮定する。さらに、一斉に人々が帰宅を始めることによって発生する道路の混雑・渋滞を考慮する。そのため、単位面積あたりの道路が占める割合をシミュレーションのパラメータとして導入し、それを道路の輸送力として代用した。そこで、道路総延長メッシュデータを地理情報として用い、各メッシュの値を移動コストとした場合の都心から郊外への帰宅シミュレーションを行った（図5）。シミュレーションの結果、道路網が整備されている横浜方面への移動コストは距離が遠くてもあまり増加しなかったが、郊外に向かう埼玉方面への移動コストは都心から離れるに伴って増加していく結果が得られた。

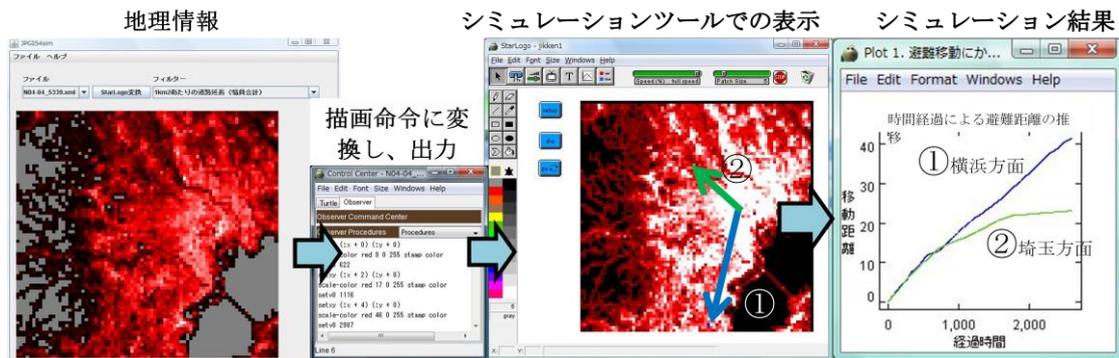


図5 道路総延長メッシュデータを利用した広域避難シミュレーション（言語 StarLogo）

（出典：国土数値情報（道路密度・道路延長メッシュ地図 No.5339）国土交通省国土計画局）

### 4.2. (事例2) 移動経路が限定されている場合の避難シミュレーション

事例2では、事例1と同様の防災システムにおいて、移動経路が限定されている場合の避難地点までの行動シミュレーションを行う場面を想定し、地理情報変換ツールを使用した。移動方法も事例1と同様に道路のみ使用すると仮定し、道路網の整備状況によってどのように避難時間に影響が表れるかシミュレーションを行った。

ュレーションを行った(図5)。地理情報は神奈川県鎌倉市の道路縁地図の一部を用いた。エージェントを道路上にランダムに配置し、指定した地点まで道路を使用して移動させたところ、道路があまり存在しない北西部は移動時間がかかる現象が確認された。

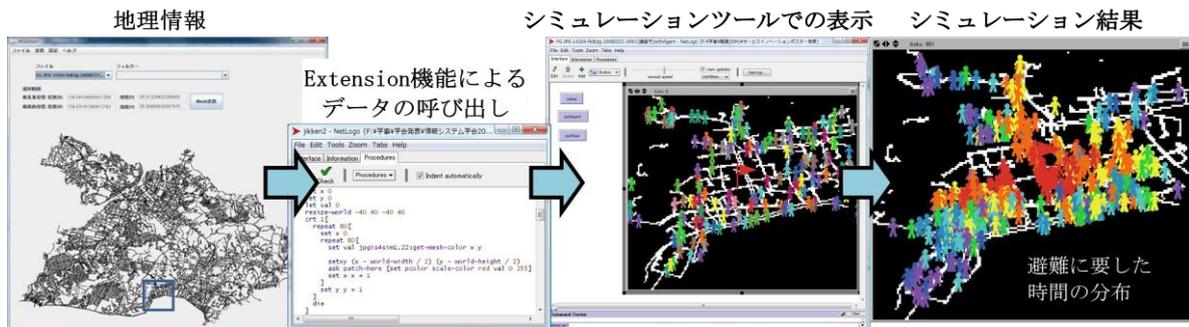


図6 道路縁地図を利用した避難シミュレーション(言語 NetLogo)

(出典: 基盤地図情報(縮尺レベル 2500, 神奈川県鎌倉市道路縁地図) 国土交通省国土地理院)

### 4.3. 考察

移動経路を加味しない条件下(事例1)と加味する条件下(事例2)でシミュレーションを行ったところ、いずれも地理情報を2つのシミュレーションツールで利用することができ、道路特性により移動時間が変わると期待された出力を得ることができた。但し、事例2では繋がっているはずの道路がシミュレーションツール上では途切れて表示されてしまう問題が確認された。これは、地理情報(ベクタ情報)を、シミュレーションツールの表現形式(メッシュ情報)に変換する際に発生した情報の欠損が原因である。そこで、その変換の際に情報の連結性を保持する手法の開発が必要であることが分かった。

## 5. まとめ

本研究では、GISにおけるシミュレーションをさらに有効活用するために、国が無償で公開している地理情報をシミュレーションツールの構文に変換するツール(変換ライブラリ/変換系)を開発した。実験の結果、簡単なシミュレーションモデル上では一部の地理情報が提案手法によって利用可能であることが確認された。しかし、今回開発した地理情報変換ツールでは、情報システムが持つ属性情報をシミュレーションツールに導入することや、逆にシミュレーション結果を情報システムへ反映することができないので、これらの機能追加が今後の課題として残されている。

### 参考文献 (Web ページはすべて 2010/11/05 に最終確認した)

- [1] 国土交通省国土地理院, “JPGIS (地理情報標準プロファイル),” <http://www.gsi.go.jp/GIS/jpgis-jpgidx.html>.
- [2] 日本測量調査技術協会, “地理情報標準プロファイルのデータ・ガイドブック かんたん JPGIS JPGIS Ver.2.1 対応,” 国土交通省国土地理院, 2009, pp.4-13.
- [3] 消防庁防災情報室, “緊急支援情報システムの概要について,” 消防科学と情報, No.62 (2000.秋号), 消防科学総合センター, 2000.
- [4] 桐山孝晴, “国におけるリアルタイム地震防災システムのあり方,” 第2回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集, 2000, pp.143-148.
- [5] 兵庫県, “兵庫県フェニックス防災システム,” <http://web.bosai.pref.hyogo.lg.jp/public/>.
- [6] 安全・安心マイプラン, “地域住民の避難誘導最適化,” 危機管理対応情報共有技術による減災対策 平成18年度委託業務成果報告書, 2007, pp.225-235.
- [7] NetLogo, “NetLogo Homepage,” <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.
- [8] StarLogo, “StarLogo on the Web,” <http://education.mit.edu/starlogo/>.
- [9] 国土交通省国土計画局, “国土交通省国土計画局 GIS のページへようこそ,” <http://nlftp.mlit.go.jp/>.
- [10] 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/>.
- [11] 有川正俊, 太田守重, GIS のためのモデリング入門, ソフトバンク クリエイティブ株式会社, 2007.
- [12] Sun Microsystems, “jaxb: JAXB Reference Implementation,” <https://jaxb.dev.java.net/>.
- [13] Sun Microsystems, “JAXB RI 2.1.3 fcs -- Binding Compiler (xjc),” <https://jaxb.dev.java.net/nonav/2.1.3/docs/xjc.html>.