

デジタル街路情報を用いた水害避難行動場のモデリング

国土交通省猪名川河川事務所 南 隆志
 京都大学大学院工学研究科 正会員 ○堀 智晴
 京都大学大学院工学研究科 学生会員 三坂幸子
 京都大学大学院工学研究科 正会員 椎葉充晴
 京都大学大学院工学研究科 正会員 市川 温

1. 序論

実用的な水害避難シミュレーションを可能にするためには、街路網を正確にコンピュータ内に再現し、氾濫水の動態との重ね合わせとともに、その上で避難する人の行動を把握する必要がある。つまり、水害時に避難主体である人が道路上を移動し交差点へ到達した時に、その次にどの道路に進むかということ浸水状況や入手した情報から判断できなければならない。そこで、氾濫流や避難する人々の行動過程をより正確に追跡するために、デジタル情報を用いることによって対象領域の街路情報をより詳細にシミュレーションに反映できるよう避難行動場のモデリングを行う。

2. デジタル街路データを用いた避難行動場のモデリング

2.1 避難行動場モデルに必要な機能

水害時に住民が避難場所に到達するまでの行動をシミュレーションしようとする場合には、行動場の中心となる街路網をコンピュータ内で正確に表現することが不可欠である。本研究では、国土地理院が発行しているデジタル地形データである数値地図2500（空間データ基盤）^[1]を、避難行動場をモデル化する上での基本データとして採用することにした。

数値地図2500（空間データ基盤）の街路網データを読み込み、

- 1) 対象地域が複数の地図にまたがる場合の街路の接続関係を解決する機能
 - 2) 交差点での街路間の接続関係を避難行動主体モデルから参照する機能
 - 3) 避難先の目的地と現在位置との関係を把握し、適切な街路を選択する機能
 - 4) 数値地図2500（空間データ基盤）には格納されていない標高データや氾濫計算の結果など座標系の異なる情報を重ね合わせる機能
- を中心とした避難行動場モデルを開発する。

2.2 避難行動場表現のためのデータ構造

避難行動場モデルの中心は、街路網のコンピュータ内での表現にある。数値地図2500（空間データ基盤）において、街路は交差点間を結ぶアークと交差点を表すノードの二つの概念でデータ化されており、アーク定義、ノード定義、接続関係の3つのデータファイルによって街路網が表現されている。避難行動シミュレーションを行うには、これら3つのファイルに記されたデータから街路網をコンピュータ内に構築する必要がある。その際、これら3つのファイルのデータを単に変数として扱うのではなく、それぞれに付された番号で管理されているノードとアークをコンピュータメモリ上のアドレス（ポインタ）を用いて直接参照することで、コンピュータメモリ内に保持する数値データの数の節約化と街路を移動中の世帯モデルの効率的な経路探索を実現できる。

2.3 避難行動場表現のためのソフトウェアシステム

2.2で述べた避難行動場を表現するため、街路ネットワークに必要なクラスとそのクラスの概要を表1に示す。以下のクラスにより、数値地図2500（空間データ基盤）から街路モデルができた。

表—1 街路ネットワークに必要なクラスの説明

クラス名	クラスの概要
Point	2次元の位置座標を表現するためのクラス
Node	交差点を表すクラス
Arc	交差点と交差点の間に位置する道路素分を表すクラス
Road	ノードとアークおよび、その接続関係を統括し、1:2,500国土基本図の1図葉内の道路ネットワークを表現するクラス
Map	1:2,500国土基本図に対応する領域そのものを表すクラス
MapSet	複数のMapオブジェクトを保持し、8方向の隣接領域を表すクラス

2.4 地図間の移動

数値地図2500（空間データ基盤）は、1:2,500国土基本図の1図葉を単位としているので、対象地域が複数の地図にまたがる場合がある。

19 座標系の同じ座標系で人が地図間を移動する

場合は、隣接する地図の境界のノードに到達した時にその端点の接続タイプを調べ、保持している情報から次に移動するマップを選択し、現在のマップでの境界部分のノードの座標に対応するノードを次のマップで探し、地図間を越えて次のアークに移動する。人は現在のマップの中で自分がどの位置にいるかという情報を持っていて、隣の地図に移動した時にはそれまでの情報をリセットし、新しいマップの中でどの位置にいるかという情報に更新される。

3. 避難主体モデルの構築

人の位置は、現在乗っているマップ、アーク、そのアークの始点からの距離、進行方向のノードで表す。これにより、人が交差点に到達した時の経路選択は自分の現在地と目的地の関係などから自律的に判断しやすくなる。経路の選択方法は、交差点で次に進むべき道路を決定する際に、選択した道路を次の交差点まで進んだ時に目的地に最も近くなるように選択するルールを採用した。

本研究では、各世帯は一定数自分の通ってきた経路（ノードの列）を記憶し、再びまったく同じ道路素分を同一の向きに動く経路を除外する機能を付加することにした。これにより、避難主体のモデルは自分がループに陥ったことを検出し、経路選択をやり直して移動することができるようになった。

4. 表示システムの設計

大量のデータを扱うプログラムの動作確認のためには、取り扱うデータを一度に把握する必要がある。結果の数値の提示だけでなく、視覚的に表現できるシステムを設計する。本研究では、Microsoft Windows で用意されている MFC（Microsoft Foundation Class）の機能を利用して簡便かつ汎用性の高いシステムの構築を目指した。具体的には、MFC の提供する Document-View フレームに則ったインターフェイス設計を行った。

5. 適用と考察

本研究で開発したモデルを実際の流域に適用する。対象地域は、大阪府・兵庫県を流れる猪名川と藻川に囲まれた地域とする。避難シミュレーションに浸水深のデータを加え、浸水深と歩行速度の関係を考慮する。国土交通省近畿地方整備局猪名川河川事務所の氾濫計算の結果を用いてシミュレーションした。

データの計算条件として、1953年9月の降雨を2.0

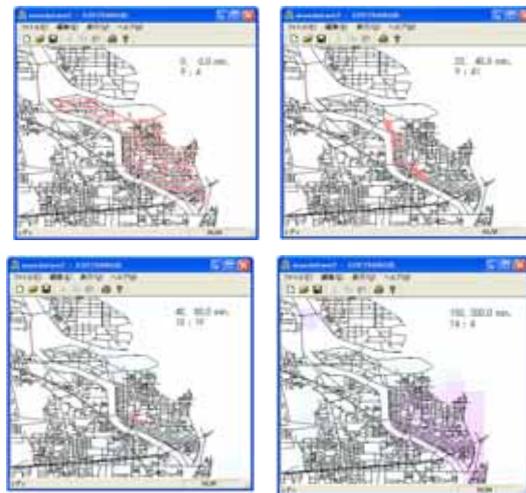


図-1 開発したモデルの適用例

倍に引き伸ばした外力を考えている。氾濫条件は猪名川流域全区間において堤防天端からの越水を考慮しており、藻川3.8km左岸での破堤を想定している。

本研究では藻川と猪名川の合流点より対象地域内に溢水が始まる時刻からのデータを利用し、越水開始時刻から9:04後の15:04をシミュレーション開始時間とする。破堤開始時刻は1953/9/25 16:00として、浸水の状況を再現した。

図-1は、開発したモデルを対象地域に適用したもので、黒色の線が街路網を表し、赤色の丸が避難する人を、青色の丸が目的地を、画面下部の水色、紫色のメッシュが浸水状況を表示している。図-1の左上はシミュレーション開始時の様子、右上は避難の途中の移動している様子、左下で避難がほぼ完了している様子、右下は対象地域が徐々に浸水していく様子を表示している。このシミュレーションから避難する人が目的地を目指して街路ネットワークの上を移動していく様子が再現できた。

6. 結論

本研究では数値地図2500（空間データ基盤）を用いて避難行動場のモデリングを行い、より現実的な街路ネットワークをコンピュータ上に再現した。

開発した街路モデルを猪名川と藻川に囲まれた地域に適用し、避難シミュレーションを行った結果、街路ネットワーク上を目的地に向かって避難していく人の様子が再現でき、さらに浸水深のデータから対象地域が徐々に浸水していく様子や動けなくなる様子も視覚的にわかりやすくなった。

なお、本研究は国土交通省近畿地方整備局猪名川河川事務所より発注された業務として実施したものであることを追記する。

[1] 国土地理院：数値地図2500について