

VI-4 建物倒壊および道路閉塞のシミュレーション技術の開発

Development of Simulation Technology of Building Collapse and Road Blockade

(研究期間 平成 14~18 年度)

住宅・都市研究グループ
Dept. of Housing and Urban Planning

寺木彰浩
Akihiro Teraki

阪田知彦
Tomohiko Sakata

The road blockade generated in case of great earthquake is the phenomenon influencing refuge, emergency lifesaving, and fire fighting. This study is related with the technical development for simulation of the road blockade by building collapse based on the detailed data of city area. In this study, based on each building, models and techniques to predict road blockade are newly developed, and simulation programs based on models and techniques are developed.

〔研究目的及び経過〕

大震災時に発生する道路閉塞は、避難、救急救命や消火活動に影響する重要な問題である。この研究は、建物倒壊による道路閉塞を市街地の詳細データを基にシミュレートしようとするものである。このシミュレーションにより、街のどの箇所まで道路閉塞が起りやすいかを視覚的に把握することによる対策の立案や、発災直後の救援戦略の意志決定、より安全な避難ルートを選択が可能となる。こうした観点より当グループでは、文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト「震災総合シミュレーションシステムの開発」のサブテーマとして、本研究課題を担当した。

〔研究内容〕

本研究の年次別研究項目を表1に示す。紙幅の関係上、研究成果についての詳細は年次報告書¹⁾を参照して頂くとし、ここでは概要について報告する。

表 1 本研究の年次別研究項目

	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度
兵庫県南部地震時の瓦礫流出状況の分析	オルソフォトによる瓦礫判読とデータ化	瓦礫流出方向の実証分析			
			瓦礫と建物の関係に着目した実証分析		
シミュレーションに必要な要素技術の開発	瓦礫流出モデル 理論的検討	全方位バッファによる瓦礫流出モデルの開発	偏方位バッファによる瓦礫流出モデルの基礎的検討	偏方位バッファによる瓦礫流出モデルの開発	
道路閉塞判定手法	道路閉塞判定手法	詳細判定手法の開発	簡易判定手法の開発		簡易判定手法の改良
シミュレーションシステムの構築	必要となるデータの検討	市販GISを用いたプロトタイプシステムの開発	プロトタイプシステムの改良 震災総合シミュレーションの組込に向けた検討	震災総合シミュレーションシステムの構築と組込	震災総合シミュレーションシステムの改良

(1) 兵庫県南部地震の瓦礫流出状況データ化と分析

瓦礫流出モデルの開発には、過去の大震災の記録から建物1棟ごとの倒壊状況と瓦礫流出状況を分析する必要が有る。しかし、これまで瓦礫の流出状況を詳細に調査したデータは無かった。そのため、兵庫県南部地震時の神戸市灘区および東灘区(約63km²)を対象とした地

域について瓦礫流出データを作成した。作業としては、①航空測量会社が発災直後に撮影した空中写真を基に、平面地図と同等に正射投影したデジタルオルソフォトを作成、②目視判読で瓦礫流出範囲を特定し地理情報システム(GIS)上に図化(図1:以下、瓦礫流出図形とする)、③旧建設省建築研究所による建物被災データと瓦礫流出図形の関連づけを行った。このデータに基づき、瓦礫の形態と建物の関係などを詳細に分析し、この知見を瓦礫流出モデルの改良に反映させた。



図 1 瓦礫判読結果 (赤線部分が瓦礫流出図形)

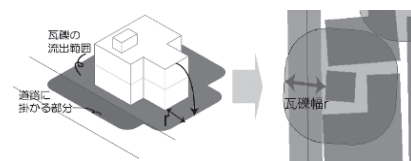


図 2 全方位瓦礫流出モデル

(2) シミュレーションに必要な要素技術の開発

1) 瓦礫流出モデル: 既往研究を参考に、建物の周囲に瓦礫幅相当のバッファを生成することで瓦礫流出範囲とする「全方位瓦礫流出モデル」を開発した(図2)。このモデルは、建物の周囲に等確率に瓦礫が発生することを仮定したモデルであり、防災性能評価上は安全側の評価を可能としている。一方、実際の瓦礫流出状況のデータでは建物の周囲に均等に瓦礫が発生していることは希であるため、瓦礫流出データの分析結果を元に、瓦礫流出

の方向による違いを考慮した「有方向瓦礫流出モデル」の開発も行った。

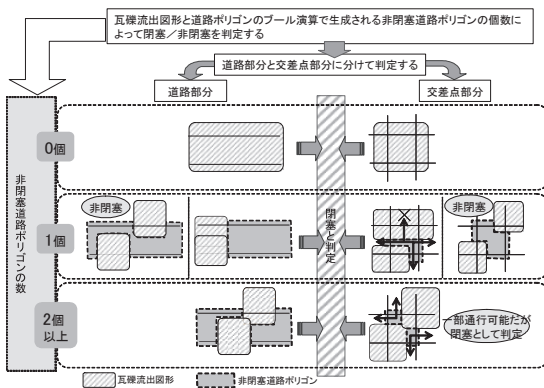


図3 簡易道路閉塞判定手法

2) 道路閉塞判定手法：次に、瓦礫流出モデルによって生成された瓦礫流出図形が、道路の通行にどの程度の支障を及ぼすかの判定が必要である。この研究では、道路ポリゴンから瓦礫流出図形によって覆われた部分を削除した図形（以下、非閉塞道路ポリゴンとする）に着目した、次の2つの手法を開発した。

① 詳細道路閉塞判定手法：非閉塞道路ポリゴン上で通行可能幅を求め、通行必要幅との比較により通行可能/不可能を判定する。計算量が道路データの総延長と道路直方向に通行可能幅を計算するラインの生成間隔によって決まるため、次の手法に比べて時間がかかる。

② 簡易道路閉塞判定手法（図3）：震災総合シミュレーションシステムでは、概ね発災後30分以内での閉塞状況推定が求められるため、計算時間の短縮が優先される。そのため、市川ら²⁾による研究を参考に、道路ポリゴンに対する非閉塞道路ポリゴンの個数によって高速に閉塞状況を判定する手法を開発した。この方法では道路データの数（リンク数とノードの数の合計）で計算時間が決まるため、短時間でリンク単位での閉塞/非閉塞の把握が可能である。

(3) 道路閉塞シミュレーションシステムの構築

この研究で開発したモデル・手法は、市街地の詳細な図形データを使って幾何演算する箇所が多数ある。そのため、開発の初期段階では幾何演算の基本的なライブラリが備わっている市販GISをエンジンとした開発を行ったが、震災総合シミュレーションシステムと連携させる段階では幾何演算ライブラリを独自に準備し、市販GISエンジンに依存しないプログラムとした。これによりプログラムの汎用性が増すと共に幾何演算部分の高速化が実現した。また、プログラムが発災後の情報空白期

においても活用されるようにするためには短時間でのシミュレーション実行が求められるため、連携用のシステムにはこの点を考慮し、全方位瓦礫流出モデルと簡易道路閉塞判定手法を実装した。

入力データは、建物個別の倒壊状況、建物用途、地上階数、道路ネットワークデータ、道路ポリゴンである。道路ポリゴンは、都市計画GISや国土地理院数値地図2500の街区などから取得出来るが、これを道路部分と交差点部分に分割する前処理が必要なため、この前処理を自動で行うためのプログラムの開発も行った。

【研究結果】

研究結果の一例として、上記の市販GISエンジンに依存しないプログラムを用いて、川崎市街地データ(3km×4km)について計算した結果の表示例を図4に示す。CPUが2.8GHzDual、メモリー2Mの計算機で、道路リンクごとの閉塞の状況を76秒で計算出来ており、発災直後の道路閉塞の予測に十分な実用性を有するものとなった。このプログラムは、震災総合シミュレーションシステムのサブプログラムとして実装し、自治体などへ配布した。

今後は防災まちづくりを支援する事前予測への適用や、震災時の復旧復興の迅速化を図るための瓦礫撤去作業支援システムとしての展開などが考えられる。

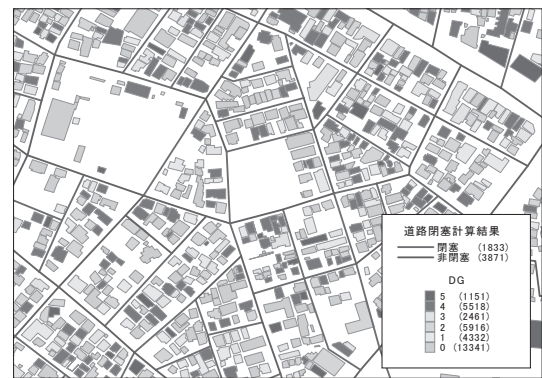


図4 結果表示例（川崎市街地データの一部を拡大）

【参考文献】

- 1) 寺木彰浩・阪田知彦（2003～2007）建物倒壊および道路閉塞のシミュレーション技術の開発、大都市大震災軽減化特別プロジェクト「被害者救助等の災害対応戦略の最適化1. 震災総合シミュレーションシステムの開発」年次報告書、文部科学省研究開発局。
- 2) 市川総子・阪田知彦・吉川徹（2004）建物倒壊および道路閉塞のモデル化による避難経路の危険度を考慮した避難地への到達可能性に関する研究、GIS—理論と応用、Vol.12、No.1、pp47-56。