

# 大地震発生後の徒步による避難に着目した道路閉塞予測手法に関する基礎的検討 —GISによる予測結果と住民による予測結果の比較—

## 嶋岡亮成・榎愛・池内淳子

### Basic Study on Street-Blockades Simulation System that Focuses on Walking Evacuation after Major Earthquake —Comparison of the Predicted Result of GIS and Residents— Katsuaki SHIMAOKA and Ai SAKAKI and Junko IKEUCHI

**Abstract:** After the Great Hanshin-Awaji Earthquake, there have been many studies about how to predict the Street-Blockades caused by the earthquake. In this study, paying attention to walking evacuation, devised how to can predict Street-Blockades in detail using the 1m mesh by GIS. Additionally, by comparing the prediction result of this method and residents that was carried out in the workshop, revealed the similarities and the differences between the two methods.

**Keywords:** 道路閉塞（Street-Blockades），震災（Earthquake Disaster），徒步避難（Walking Evacuation）

#### 1. はじめに

密集市街地で大地震が発生した場合、多くの道路が閉塞すると予想されている。阪神・淡路大震災では、道路閉塞により避難路が絶たれた孤立地区が発生し、救援、支援困難に陥った。その後、GISを用いた道路閉塞予測に関する多くの研究が行われたが、その方法の多くは車の通行可否に着目して、閉塞の判定を行っている。そのため、狭い道路が多く、徒步での避難が想定される密集市街地の予測には適していないと考えられる。

筆者ら(2016)は、既往の研究で用いられている道路中心線ではなく、1m メッシュを用いて道路閉塞を予測することで、「車は通行できないが人なら通行できる空間」を示すことができた。また、池田(2016)は密集市街地の住民を対象としたワークショップにて住民による道路閉塞予測を

嶋岡亮成 〒572-0074 大阪府寝屋川市池田中町 17-8

摂南大学大学院 理工学研究科

Phone: 072-839-9106

E-mail: 15m203sk@edu.setsunan.ac.jp

実施している。しかし池田は、ワークショップ前後の道路閉塞に対する住民の意識変化について考察しているが、住民による予測結果の詳細な分析は行っていない。

そこで本研究では、池田の実施した住民による道路閉塞予測の結果を詳細に分析し、筆者らのGISによる予測結果と比較することで、2種の予測手法の類似点、相違点を明らかにする。さらに、この結果から住民による予測手法に対する、GIS予測手法の優位性、劣位性を明らかにする。

本研究の対象地は大阪府門真市 S 小学校区とする。この地域は幅員4m未満の狭い道路が約5割を占める密集市街地である。

本研究の手順を次に示す。

- ①1m メッシュを用いたGISによる道路閉塞予測
- ②住民による道路閉塞予測結果の詳細な分析
- ③2種の予測結果を比較
- ④2種の予測の類似点と相違点について考察
- ⑤GISによる予測の優位性、劣位性について考察

## 2. 徒歩避難に着目した GIS による道路閉塞予測

筆者ら (2016) の考案した手法を用いて、池田の実施した住民による道路閉塞予測と同条件で予測を行った。この方法では道路上に人のスケールを想定した 1m 四方のメッシュを作成し、閉塞の判定を行う。地震により道路閉塞を起こす可能性がある道路構成要素（以下、道路閉塞要素）は建物、塀、自動販売機、電柱、吊看板とした。道路閉塞要素の倒壊確率は内閣府 (2005) が想定している被害確率を参考にし、建物は年代、構造別の被害率曲線から決定する（表-1）。道路閉塞要素が倒壊した際に流出する瓦礫の範囲（瓦礫バッファ）は市川ら(2001)の「全方位瓦礫流出モデル」を参考に作成する。最大流出幅  $r$  は対象物の高さ  $h$  から設定する（図-1）。道路閉塞確率  $P$  はメッシュに重なる「瓦礫バッファ」から求める（図-2）。

## 3. 住民による道路閉塞予測

大地震発生後に人が「通行できる」と判断する道路状況の基準を明確にし、GIS による予測結果と比較をするため、池田(2016)が実施したワークショップ（以下、WS）での住民による道路閉塞予測の結果を詳細に分析する。この WS では対象地である門真市に震度 7 の地震が発生したと仮定して道路閉塞を予測し、道路を通行可（青）、通行不可（赤）、わからない（黄）で評価し、3 色で色分けする。色分けは計 2 回実施し、1 回目は何の情報も提示せず色分けする。その後、阪神・淡路大震災直後の道路写真（図-3）と道路閉塞要素の倒壊確率（表-1）を提示した後、2 回目は道路閉塞要素の場所が示された地図を用いて

表-1 道路閉塞要素の倒壊確率

構造	年代	~昭和55年	昭和56年~	塀	自販機	電柱	吊看板
		63%	15%				
木造		20%	5%	16%	20%	$[0.8 + (0.172 \times \text{周辺建物の倒壊確率})\%]$	16%
非木造							

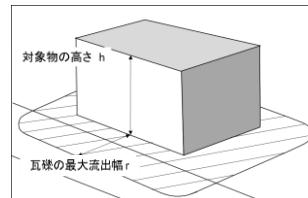


図-1 全方位瓦礫流出  
モデル（市川ら、2001）



図-3 道路閉塞時の写真  
(人と防災未来センター)

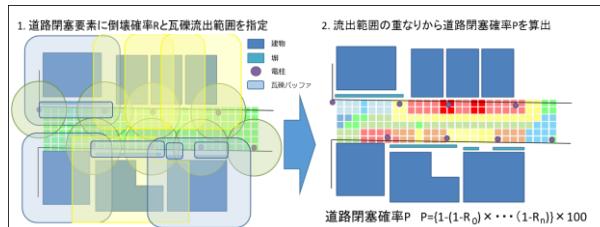


図-2 各メッシュの道路閉塞確率算出方法

色分けする。色分けの理由に関する住民の発言はファシリテーターが筆記により記録する。

住民は 2 回の道路閉塞予測を行っているが、GIS による予測と同条件で行われた 2 回目の予測結果（図-4）を用いて分析する。

### 3.1 住民の通行可否判定基準に関する考察

#### 3.1.1 道路幅員による通行可否判定基準

表-3 に住民が通行可否を判定した理由ごとに道路面積割合を集計した結果を示す。面積割合が最も高いのは道路幅員に関する理由であることがわかる。図-4 の緑色の○で示した箇所には、道路周辺に倒壊確率の低い非木造建物が立ち並んでおり、GIS では道路閉塞確率低（青）と評価されているが、住民は「道路が狭い」との理由で通行不可（赤）と評価した箇所である。また、図-4 の紫色の○で示した箇所には古い木造住宅が立

表-3 住民の通行可否評価理由別道路面積割合

通行可(青)評価理由		わからない(黄)評価理由		通行不可(赤)評価理由		
道路が広い	74%	道路が広くない	62%	道路が狭い	41%	狭い道路に建物と電柱がある(3)
周辺に(危険な物が)何も無い(0)	14%	理由なし	15%	道路が狭く、電柱がある(2)	8%	高い塀がある(2)
建物はあるが新しい(0)	7%	新しい建物があるが道路が狭い(1)	9%	傾いた電柱がある(2)	7%	建物が密集している(2)
オープンスペースがある(-1)	3%	住宅が密集している(2)	7%	建物が古い(2)	6%	建物が古く道路に密接している(3)
新しい建物があるが道路が狭い(1)	1%	建物はあるが近くに田畠あり(0)	4%	道路が狭く、塀がある(2)	6%	道路は広いが塀が両側にある(2)
吊看板があるが道路が広い(0)	1%	道路が狭く、塀がある(2)	1%	古い木造住宅が密集している(4)	5%	塀が道路両側にある(3)
		道路が狭い	1%	行き止まりだから危険(1)	5%	道路が狭く塀が片側にある(2)
				狭い道路に古い木造が密集(5)	4%	道路が狭く塀が両側にある(3)
				狭い道路に建物が密集(3)	4%	周辺に(危険な物が)何も無い(0)
総計	100%	総計	100%	総計		100%

\*()内の数字は道路閉塞危険度 D の計算結果を示している

ち並んでいるが、住民は「道路が広い」との理由で通行可（青）と評価している。以上より、住民は周囲の状況を考慮せず、道路幅員から通行可否の判定をする傾向が強いことがわかった。

### 3.1.2 道路閉塞要素による通行可否判定基準

表-3の評価理由を見ると、道路幅員に関する理由に次いで、建物や塀などの道路閉塞要素に関する理由の割合が高いことがわかる。道路幅員だけでは判定が難しい道路については、道路閉塞要素をもとに判定していると考えられる。建物、塀、電柱に関する評価理由が確認できるため、住民はこれら3つの道路閉塞要素に絞って通行可否判定をしていると言える。また、評価理由を詳しくみてみると、評価赤では「道路が狭く①、塀がある②」等のように道路閉塞の危険性を上昇させる2つの要因について言及している。評価黄では「建物はあるが近くに田畠あり①」のように閉塞の危険性を緩和する要因について言及している。この結果から、住民は道路閉塞の危険度を「閉塞確率を上昇させる要因数 Dr」と「閉塞確率を減少させる要因数 Dd」の差で評価していると考えられる。この差を本研究では「危険度 D」とする。

図-5に、住民が道路閉塞要素によって通行可否

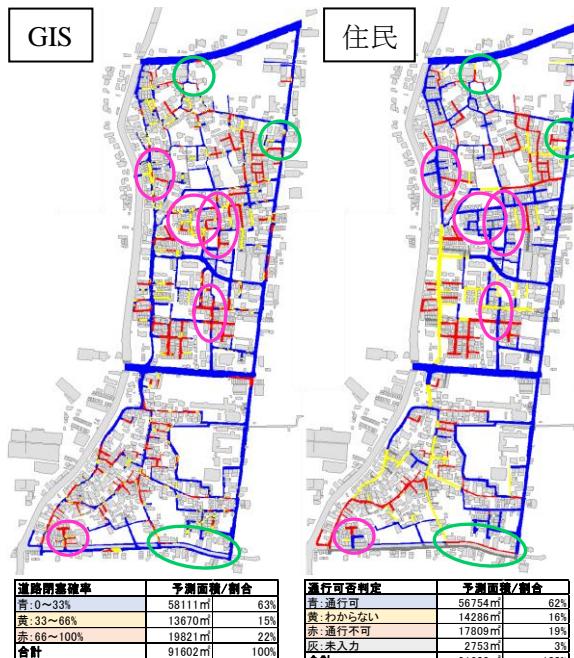


図-4 予測結果

を判定するときの基準とする危険度 D の計算式を示す。なお、表-3 の括弧内の数字は危険度 D の値を示している。

$D = D_r$ (閉塞確率を上昇させる要因数) - $D_d$ (閉塞確率を減少させる要因数)		
$D \leq 0$ のとき 通行可(青)	$0 < D \leq 2$ とき わからない(黄)	$2 < D$ のとき 通行不可(赤)
$D_r$ : 塀がある(閉塞要素の有無) 密集している、道路両側にある (閉塞要素の多さ) 高い、古い、木造(形状、状態) 道路が狭い(閉塞確率が高い 周辺環境)	$D_d$ : 周辺に何もない(閉塞要素の有無) 新しい、非木造(形状、状態) 道路が広い、田畠、公園が有る (閉塞確率が低い周辺環境)	

図-5 住民による危険度の計算式

### 3.1.3 住民の通行可否判定フロー

以上の考察より、図-6に住民の通行可否の判定フローを示す。

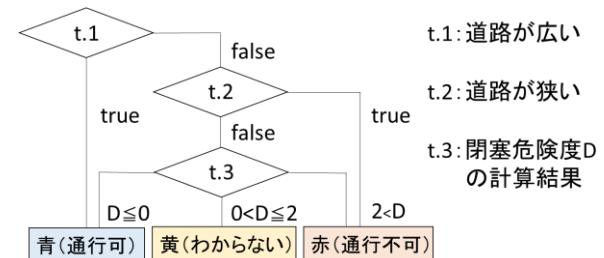


図-6 住民予測の通行可否判定フロー

表-4 住民とGIS予測結果の組合せ別割合

予測結果	道路面積[m <sup>2</sup> ]	割合[%]	住民予測の評価理由別割合				
			建物	塀	電柱	道路	その他
青	43885	76%	6%			76%	17%
	8106	14%	5%	1%		72%	21%
	5245	9%	16%	15%	15%	36%	8%
	875	2%					100%
黄	6894	50%	12%			71%	12%
	2290	17%	9%	0%		65%	26%
	3401	25%	18%	17%	10%	47%	7%
	1085	8%					100%
赤	5975	30%	1%			87%	12%
	3890	20%	11%			66%	23%
	9163	46%	22%	9%	17%	35%	3%
	793	4%					100%

### 4. GISによる予測と住民による予測の類似点

表-4にGISと住民による予測結果の組合せ別道路面積割合を示す。この結果からGISと住民が青と評価した箇所の一一致率は76%と最も高い値を示しており、通行可能と評価する条件には類似性があると考えられる。住民が青と予測する条件は、図-6から「道路が広い」「道路が狭くない」かつ、道路閉塞要素の危険度が0以下」の2つであることがわかる。図-7にGISによる道路閉塞確率をもとにした通行可否判定の簡易フローを示す。この図からGISで青と評価する条件は「瓦礫バッファ内に入らないメッシュ」と「木造・旧耐震建物の瓦礫バッファと道路閉塞要素の瓦礫バッファが3つ以上重なった場所に入らないメッシュ

ュ」の2つであることがわかる。この条件を満たすメッシュは主に「広い道路上にあるメッシュ」と「周囲に倒壊率の高い道路閉塞要素がないメッシュ」であり、結果的に住民が青と予測する条件と類似していると言える。以上が、住民とGIS予測において青と予測した箇所の一致率が高かつた理由と考えられる。

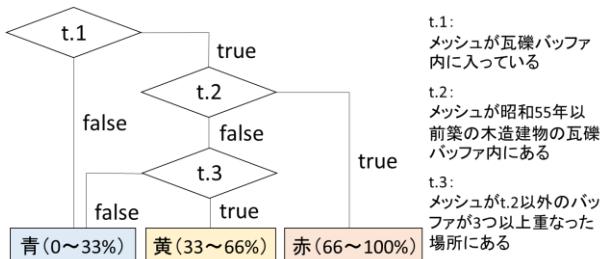


図-7 GIS予測の通行可否判定の簡易フロー

## 5. GISによる予測と住民による予測の相違点

### 5.1 閉塞判定単位に関する相違点

図-4よりGISはメッシュ単位で評価しているが、住民による予測結果をみると道路区間単位で評価していることがわかる。このため、住民による予測は閉塞確率の高い道路区間の具体的な閉塞箇所と閉塞要因を特定することが困難である。

### 5.2 道路閉塞要素の危険度評価の差異

GISによる予測では、5種類すべての道路閉塞要素を対象として、「倒壊確率」をもとに各道路閉塞要素の危険度を評価している。一方、住民による予測では、評価する要素を建物、塀、電柱の3つに絞った上で閉塞確率を上昇させる要因数と減少させる要因数の差で危険度を評価している。この違いにより、GISと住民が「赤」と予測した箇所の一致率は48%、「黄」では17%と低い結果になったと考えられる。

## 6. まとめ

住民による予測では道路幅員の広い道路は周辺環境に関係なく「通行可能」と判断をする傾向が見られた。しかし、道路が広くても道路の両側に古い木造住宅がある場合などは閉塞する確率は高くなる。このため、住民が予測する場合は、

沿道にある倒壊確率の高い道路閉塞要素を見逃さないように注意する必要がある。

一方、GISによる予測は1mメッシュ単位の詳細な予測を行なうため、「沿道にある全ての道路閉塞要素の考慮」と「詳細な閉塞箇所と閉塞要因の特定」が可能である。しかし、倒壊確率の高い道路閉塞要素が周囲に無い場合は狭い道路でも閉塞の確率が低いと予測してしまう。幅員の狭い道路では何か1つでも倒壊すると完全に閉塞する可能性が高い。そのため、狭い道路では閉塞確率が低いことを理由に安心するのは危険であり、予測結果を読み取る場合には注意する必要がある。また、現状の予測方法では通行可否判定に瓦礫高さの基準はないが、住民から「多少の瓦礫は乗り越えられる」という意見があったため、今後はこの意見を考慮できる方法を検討したい。

## 謝辞

本研究の一部は高嶋氏と池田氏の卒業論文の成果である。また、現地調査にご協力くださった門真市S小学校区の住民の方々、門真あいまちステーションの皆さまに心より感謝致します。

## 参考文献

- 嶋岡亮成・榎愛（2016）：住宅密集地における地震発災時の人の通行可能領域の可視化に関する基礎的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、947-948。
- 内閣府（2005）：「首都直下地震に係る被害想定手法について」
- 市川総子・坂田知彦・吉川徹（2001）：道路閉塞による避難経路の危険性を考慮した避難地の配置に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集、489-490。
- 池田沙弥（2016）：震災時の道路閉塞に関する分布調査及び住民認識調査～塀や電柱などの測定結果を通して～、摂南大学学士論文。
- 阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター。