

人々の防災コミュニティ活動を取り入れた地震災害時の緊急行動シミュレーション*

東京大学 学生会員 EDY Purwono

東京大学 正会員 宇治田 和**

東京大学 正会員 家田 仁

1. はじめに

災害に強い都市づくりの基礎資料として実施されている地震危険度評価は、データの制約や、情報公開に伴う弊害などから、おおまかな単位により評価されるものが多かった。一方、実際に行われている防災対策は、建築物個々の耐震補強やポケットパークなど小さな街区レベルでの施策に終始している。これらが防災性にどれほど寄与しているのかを知ることは現状の評価単位の大きさでは困難であり、よりミクロなレベルでの評価方法が求められている。また、こうしたレベルで地震災害時の危険性を検討する際、阪神・淡路大震災でも見られたような住民の防災活動を取り込むことも必要である。

そこで本研究では地震災害時の人々の多様な行動・状態を考慮した上で、地区の状況を建物・街路・住民ごとに表現できるシミュレータを開発し、実際の木造密集市街地に適用した。

2. 災害時の被災状況の記述とシミュレータの制作

2.1 取り扱う対象

本研究で取り扱う対象は、大地震直後の建築物や街路の被災、屋内の人々の状態（健常、軽傷、重傷、死亡）と安否確認行動（倒壊家屋からの脱出、身回りの人々の救出、情報収集などによる一時避難場所への移動）である。発災直後の状況であることから、消防・救急活動など地域外からの緊急行動は取り上げていない。なお、本研究は、基礎的な段階と位置づけ、大地震に伴う出火や延焼は考慮しないことにした。

図1は大地震発生後、地区の建築物や街路の被災により人々にどのような影響が生じるかを示している。矢印で結ばれたそれぞれの連関については、原則として既往の研究による実績を適用し、困難な場合は独自にいくつかの設定をおくことで、確率的に表現した。

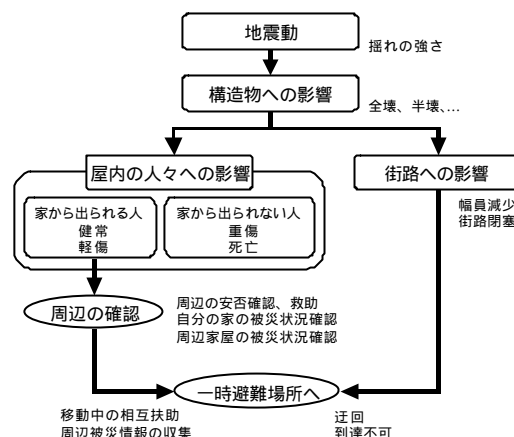


図1 大地震発生直後の状況の概要

2.2 地区の被災状況の記述

(1) 地震の強さによる構造物の被害について

地震の強さと構造物の被害の程度との関係については多くの研究があるが、ここでは表1のように建築物の被害の程度だけでなく、内部の人々の状態や行動への影響も考慮しやすい特徴がある岡田らの研究¹⁾を用いた。

表1 岡田・高井による建築物の被害の類型

被害レベル	状況
無被害	D0
一部損壊	D1 壁面の亀裂及び外装材の若干の剥落
	D2 屋根瓦、壁面のモルタルなどの大幅な剥落
半壊	D3 構造被害あり 柱・梁の一部が破壊しているが、内部空間を欠損するような被害は生じていない
	D4 構造被害あり 柱・梁の破壊により内部空間が欠損する
全壊	D5(-) 構造被害あり 居住空間が著しく損なわれる
	D5(+) 構造被害あり 2階の屋根が接地しているか接地しそうである、もしくは完全にがれき化している

(2) 構造物の倒壊による街路閉塞について

本シミュレーションでは、建築物ごとの倒壊現象を取り扱うが、建築物の破壊過程を追うことができるデータには制約があるため、図2のように独自に設定した。

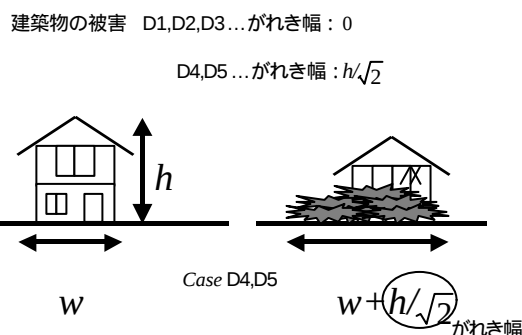


図2 建築物の倒壊によるがれき発生の設定

* キーワード 地震防災 危険度評価 密集市街地
人間行動 シミュレーション
**連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1
東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻
交通基盤防災工学(JR 東日本)寄付講座
TEL 03-5841-7796 FAX 03-5841-7798

2.3 人々の被災状況・緊急行動の記述

(1) 地震による人の死傷について

構造物の損壊による内部の人々の影響は、死者については塩野らが提案した建物倒壊率と死者率の関係²⁾を、負傷者については、住家被害率と負傷者発生率の関係³⁾を適用した。

(2) 大地震後の安否確認行動について

図3は、地震発生からの時間経過により人々の行動の種類や、安否状況が変化する様子を示したものである。実際には、大きな揺れに伴うパニックなどもその後の行動に大きく影響すると考えられるが、ここでは心理的な影響については省略した。なお、建築物の被災により家から出られない人々は負傷の程度によらず、周辺の人々に発見されない限り「行方不明」として扱い、救出されるか否かの確率は室崎らの研究⁴⁾をもとにした。

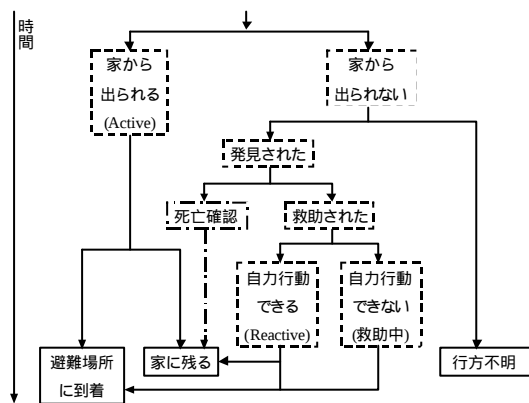


図3 人々の緊急行動の概略

2.4 シミュレータの制作

以上の諸条件をもとにシミュレータを制作した。地震強度として震度を入力すると、計算機画面上に各建築物の被害レベルと建築物内の人々の状態が色別に示され、建築物から脱出することができた人々は周辺状況を確認しながら一時避難場所へ移動する様子を表現できる。

出力情報としては、建築物の被害レベル別棟数集計、避難場所に到着した人数、家に残る（避難しない）人数、行方不明者数、重軽傷者数、死者数が得られる。

また、街路閉塞の発生箇所やそれに伴い人々が迂回している様子や、生き埋めで安否がわからない人の状態が他の人によって確認されると、人の状態を示す色が変化して安否が確認された様子も識別できる。

3. 木造密集市街地におけるシミュレーション

分析対象地区として、東京都内のある木造密集市街地の数街区（面積約 8000 m²、建築物 60 棟、人口 215）を取

り上げた。地区内にはポケットパークが 2 つと児童遊園が 1 つ整備されている。

シミュレーションでは、同地区が震度 7 の地震に見舞われた場合を想定した。なお、被災状況は確率的に与えているため、シミュレーションの実施回により出力結果が異なる。ここでは、20 回のシミュレーションを行ったが、各回の結果のばらつきは 10%程度であった。表 2 に 20 回のシミュレーション結果の平均値を示す。

表2 シミュレーションによる被害状況

人々の安否状況	人数 (人)
死亡 (死亡確認)	1.5
行方不明 (建物の下敷きで屋外にいる健常者に発見されない人)	159
地震直後は下敷きだったが救助された人	23
一時避難場所に到達した人	18
健常でも街路閉塞により避難できない人	36

地震直後に死亡が確認された人は 1.5 人となっているが、建築物の下敷きにより安否が確認できない人々が全体の 75%もあり、この中にも死者が含まれていると考えられる。また、計算機画面上では健常でも街路閉塞により一時避難場所に到達できない人々や、誰も到達できないポケットパークも見られた。オープンスペースの整備に際しては、居住者分布を考慮した立地や、沿道建築物の補強・街路拡幅などのアクセス整備といったような戦略的な整備も重要な課題であることがわかる。

4. まとめ

本研究では、ミクロなレベルでの防災対策の効果が表現できるシミュレータのプロトタイプを開発した。また、それを実際の住宅地区に適用し、被害状況や防災施設の効果を概括的ではあるが分析した。

今後、データの制約などから省略した建築物の老朽度、電柱などの街路情報、出火・延焼の効果などを取り込み、精度を上げる必要がある。さらに、建築物の耐震補強、人々の安否確認行動（防災活動）の変化、街路の拡幅など、さまざまな防災対策の効果を分析していく予定である。

【参考文献】

- 岡田成幸・高井伸雄：「地震時建物破壊に伴う死者発生記述モデルの構築フレームワーク(1) 建物分類と破壊パターンおよび建物単体の被害尺度関数」, 東濃地震科学研究所報告 2, pp.12-23, 1999
- 塩野計司・村上ひとみ・太田裕：地震による死者数の略算式—国・地域凡庸モデルの開発—, 東濃地震科学研究所報告 3, pp.79-90, 1999
- 塩野計司・小坂俊吉：地震による死者・負傷者の予測 地震時死傷問題に関する学際シンポジウム報告書, 人的被害研究会, pp.113-126, 1997.3
- 室崎益輝：阪神・淡路大震災における負傷と医療, 地震時死傷問題に関する学際シンポジウム報告書, 人的被害研究会, pp.77-82, 1997.3