

# 大地震災害シミュレーションによる密集市街地整備改善の評価

ツアン イリ\*・大佛俊泰\*\*・田頭まき\*\*

## Analytical Evaluation of Urban Improvements in Densely Built-up Residential Area using a Large Earthquake Disaster Simulator

Yili CHAN, Toshihiro OSARAGI, Maki TAGASHIRA

**Abstract:** The promotion of urban improvements in densely built-up residential area including the projects by Urban Renaissance Agency was evaluated using the Large Earthquake Disaster Simulator. From the perspectives such as improvements on scattering arrangement and linear arrangement, six analysis scenarios were created and simulated for 10 years from 2006 to 2016 in Kyojima area of Sumida Ward, Tokyo. We demonstrated that efficiency of improvements for fire protection performance varies according the characteristics of the scenarios.

**Keywords:** 密集市街地 (densely built-up residential area), 不燃化 (fireproof), 市街地整備改善 (urban improvement), シミュレーション (simulation), 物的・人的被害 (property damage and human casualty)

### 1. はじめに

東京都墨田区京島地区は、「地震に関する地域危険度測定調査（第8回）」の中で、建物倒壊危険度と火災危険度において都内で最も危険な地区の1つであると報告されている（東京都都市整備局, 2018）。同地区は、住民と協働し昭和56年度に「京島地区まちづくり計画（大枠）」を策定し、平成24年には「木密地域不燃化10年プロジェクト」に組み入れられるなど、地区の不燃化に積極的に取り組んでいる。

本稿では、同地区における過去の市街地整備による減災効果を定量的に評価することで、今後の市街地整備の可能性について考察する。具体的には、平成18年から平成28年までの10年間に実施された多くの市街地整備を整備手法の視点から分類し、それぞれの防災性能改善に与えた効果についてシミュレーション分析を通して考察する。

### 2. 大地震災害シミュレーションおよび使用データ

#### 2.1 大地震災害シミュレーションの概要

本稿で用いる大地震災害シミュレーション（坂

本ら, 2018) の概要を図 1(a) に示してある。本シミュレーションでは、図 1(b) に示した想定のもと、大地震発生時における物的被害（建物倒壊・道路閉塞・火災延焼）を建物・道路単位で推定し、その上で、人的被害（建物内の死傷者・避難中における死傷者）を推定する。各物的被害モデルの詳細は、Hirokawa and Osaragi (2016) を参照されたい。

#### 2.2 使用データの概要

本稿で用いる建物データおよび道路データの概要を表 1 に示してある。建物データは東京都建物現況調査（H18 および H28）、道路データは東京都土地利用現況調査（H18 および H28）のデータ

表 1 シミュレーション入力データ属性

データベース	属性	説明
建物	面積	図形面積 (m <sup>2</sup> )
	建物階数	建物地上、地下階数
	建物構造	耐火構造、準耐火造、防火造、木造
	建物用途	建物用途分類 (38 種)
	延べ面積	面積 x 延床面積換算係数
	XY座標	重心 XY 座標
	実構造 <sup>(注1)</sup>	鉄筋コンクリート造、鉄骨造、木造系
	築年次 <sup>(注1)</sup>	1970年以前、1980年以前、1981年以降、1990年以前、2000年以前、2001年以降
道路	幅員情報	道路幅員 (m)
	道路長さ	道路長さ (m)
	ノード情報	XY 座標
	XY座標	道路リンク重心 XY 座標

注 1 実構造や築年次などの属性情報は含まれていない。そのため、これらの属性情報については、別途、推定する。

\* 正会員 東京工業大学環境・社会理工学院 (Tokyo Institute of Technology)  
〒 152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1 E-mail: chan.y.aa@m.titech.ac.jp

\*\* 正会員 東京工業大学環境・社会理工学院 (Tokyo Institute of Technology)

を基に作成した。また、不足する属性情報(実構造、建築年次、グロス建蔽率など)は、現地調査や屋根形状などを用いた判定基準に則って同定した。

使用する入力データ(データベース)については、建物情報を東京都建物現況図および東京都土地利用現況から抽出した。道路データは東京都消防道路ネットワークから、実構造データは東京都建物現況図および墨田区建物耐震構造別現況図(紙資料)から、築年次データは東京都建物現況図およびGoogle Earth衛星写真から、建替え率は東京都建物現況図およびGoogle Earth衛星写真、道路整備状況から抽出した。これらについて、平成18年度版および28年度版のデータベースを作成した。

### 3. 市街地改善シナリオの設定方法

平成18年から平成28年までの10年間に京島地区で実施された整備改善箇所(助成制度を活用した建替等を含む)を図3に示してある。同地区内における自然発生的な除却・建替えも含めると、過去10年間で、643棟の建物が除却され、475棟が新たに建設されている(図2)。

本稿では、5つの市街地改善シナリオ(表2)のもとで、大地震災害シミュレーションを実行し、その整備効果を評価する。ここでは、要となる施設整備や街区レベルでの整備を「点的・面的整備」、道路拡幅を伴う整備を「線的整備」と定義する。平成18年の状態を起点(シナリオ①)として平成28年までに点的・面的整備(シナリオ②)、線的整備(シナリオ③)、点的・線的・面的整備(シナリオ④)に示した市街地整備が進行したものと考えそれぞれ評価する。この時、各整備事業と連鎖的に発生した同時期の建替えも各シナリオに含めた。さらに、自然発生的な建替えをすべて加えた平成28年の状態をシナリオ⑤、未整備の計画道路が完成した状態を想定し、これをシナリオ⑥とした。シナリオ⑥における道路整備に伴う沿道建築物の建替え率は、シナリオ③における値(17.5%)と同等であると想定した。

木密地域における物的・人的被害の程度は、火

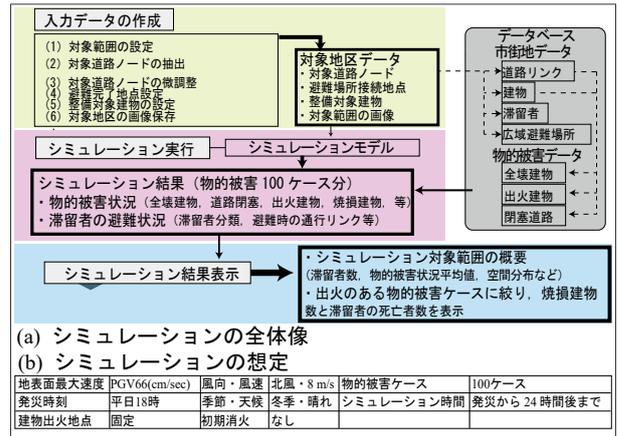


図1 大地震時の物的・人的被害シミュレーションの概要

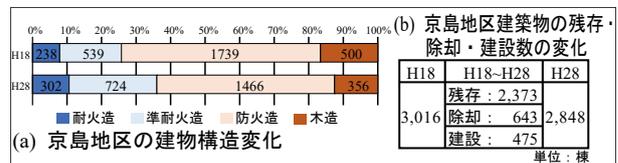


図2 H18年およびH28年における建物構造別建物数

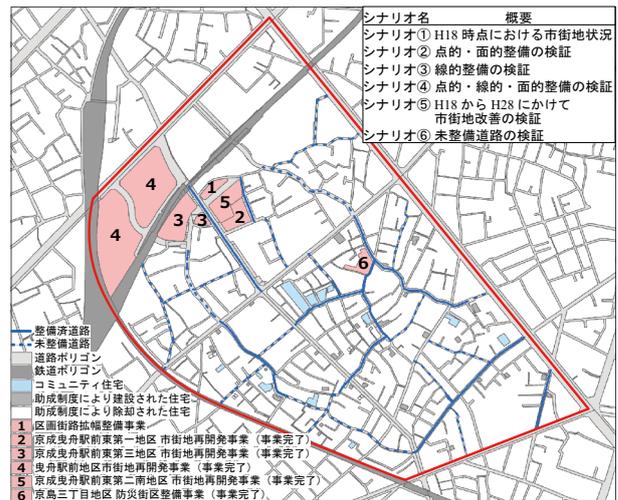


図3 各事業/助成/制度により改修がなされた地点

表2 シナリオ基礎データ

基礎データ	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④	シナリオ⑤	シナリオ⑥
分析対象者数 [人]	7433	8446	7800	8472	8598	8591
分析対象建物数 [棟]	3016	2877	2926	2892	2848	2848
平均道路幅員 [m]	5.77	5.77	5.86	5.86	6.02	6.29
除却建物棟数 [棟]	0	188	157	225	643	702
新規建物棟数 [棟]	0	49	67	101	475	534
拡幅道路長さ [m]	0	0	1842	1842	1842	2524
不燃化率 [%]	40.97	47.87	44.51	48.70	56.34	57.74

災の延焼範囲に大きく依存する。本稿ではシナリオ間の比較を容易にするため、出火建物をすべてのシナリオで統一した。以上の準備のもとで、すべてのシナリオについて計100ケースのシミュレーションを実行した。

### 4. シミュレーション結果

シミュレーションの結果を図4に示してある。

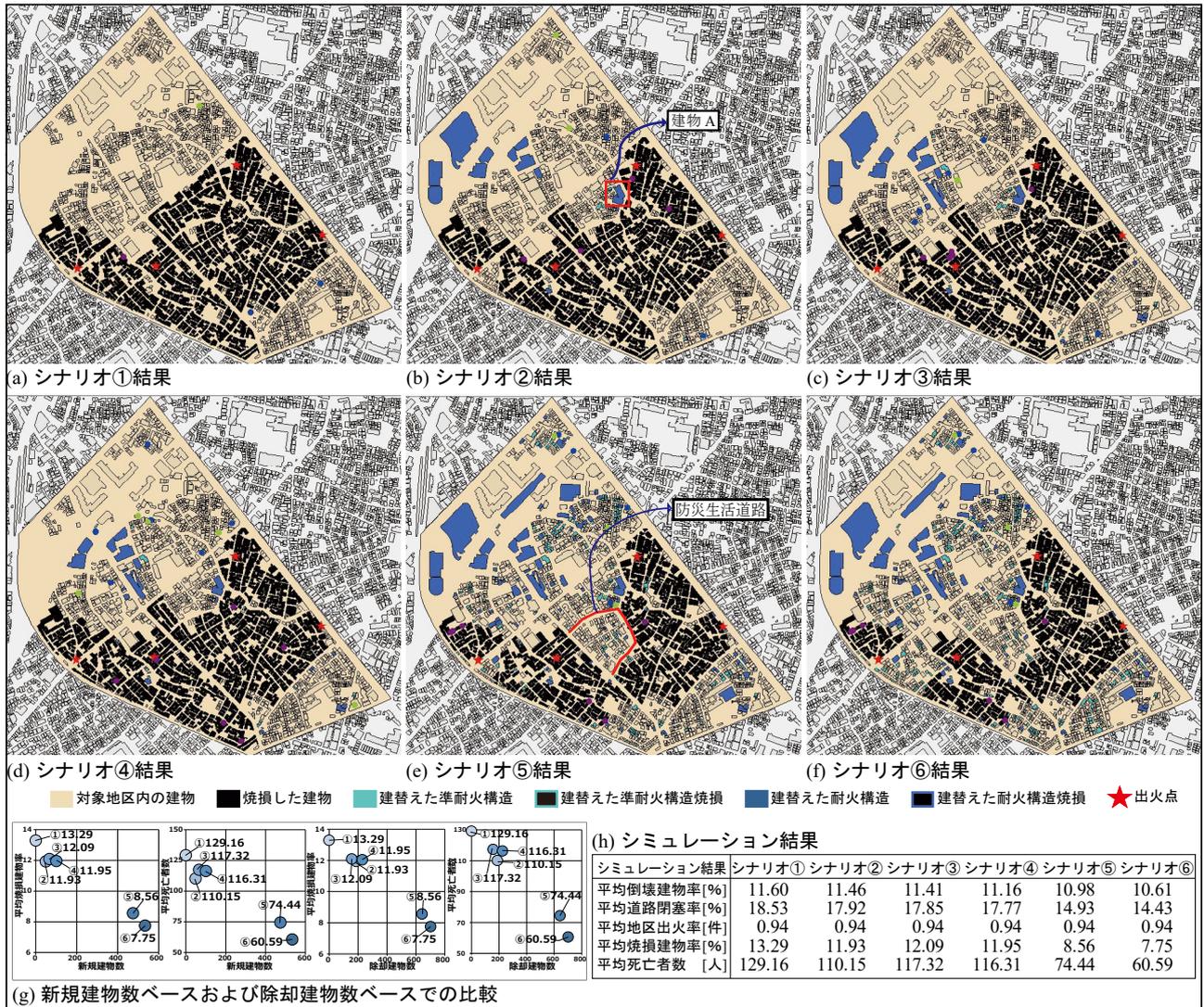


図4 シミュレーション結果

シナリオ①では、平均焼損建物率が13.3%、平均死亡者数が129.2人と大きな値を示した。被害が大きいケースをみると、京島地区の大部分の建物が焼損していることが分かる（図4(a)）。

シナリオ②では、平均焼損建物率が11.9%に改善した。図4(b)に示したケースでは、URによる京島三丁目地区防災街区整備事業における新規建物（以下、建物A）が延焼を遮断している様子が確認できる（図4(b)赤枠部分）。シナリオ③では、平均焼損建物率はシナリオ②ほど改善しないものの（図4(d)）、道路拡幅と沿道建築物の建替えによって延焼が遮断され、焼損建物数が大きく減少するケースが確認できる（図4(c)）。シナリオ④では、シミュレーションを実行する前に期待していたシナリオ②とシナリオ③の相乗効果が得られ

ていない。これは、シナリオ②において新規に建設された建物群がシナリオ③の役割を担ったためと推察される。

シナリオ⑤では、シナリオ①と比較すると、平均倒壊建物率は11.6%から11.0%へ、平均道路閉塞率は18.5%から14.9%へ、平均焼損建物率は13.3%から8.6%へ、いずれも大きく改善している。図4(e)に示したケースでは、幅員8mの防災生活道路（図4(e)赤線部分）が完成し、延焼阻止に大きく貢献していることが分かる。

シナリオ⑥では、シナリオ⑤と比較すると、平均倒壊建物率は11.0%から10.6%へ、平均道路閉塞率は14.9%から14.4%へ改善している（図4(h)）。図4(f)に示したケースでは、京島2丁目北側での焼損被害が低減する様子が確認できる。

## 5. 点的整備および線的整備の評価

### 5.1 点的整備の評価

シナリオ②における建物 A（図 4(b) 赤枠部）の建替え有無に着目し、点的整備による減災効果を確認する。ここでは、シナリオ②において建物 A の建替えがないと仮定したシナリオ（シナリオ②'）を新たに作成し、シミュレーションを実行する。まず、建替え前後における延焼ネットワーク（延焼する可能性のある建物間をリンクで結んだネットワーク）を図 5 に示してある。シナリオ②' では、密集した木造建物群が、周辺の防火建物や準耐火建物へ延焼を拡大する可能性がある。

一方、シナリオ②は、周辺建物から建物 A へ類焼する可能性はあるものの、建物 A からの延焼は発生しない。次に、シミュレーション結果を表 3 および図 6 に示してある。建物 A だけでも平均焼損建物率が 13.3%（シナリオ②'）から 11.9%（シナリオ②）へ改善する（表 3）。また、図 6 に示したケースでは、建物 A より、後背街区の延焼が抑制されている様子が確認できる。

### 5.2 線的整備の評価

シナリオ③において、京島三丁目 29~38 番地を取り囲む道路に着目し、線的整備による減災効果を確認する。各物的被害ケースごとに延焼範囲を確認すると、整備路線をまたいで延焼するケースが存在する（図 7(a)）。また、シナリオ⑤では同様のケースが見られないことから（図 7(b)）、シナリオ③の段階では、整備効果を得るために十分な沿道建築物の除却・建替えが行われていないと考えられる。このことは、シナリオ④において期待されたシナリオ②とシナリオ③の相乗効果が確認できなかった一因であると考えられる。

## 6. 今後の整備手法に関する考察

建物の除却更新が進むにつれて防災性能が改善されていく様子を読み取ることができる（図 4(g)）。しかし、街区内部には木造家屋が多く密集して残存しており、これまでの整備改善手法だけでは十分に対応できないエリアが残されていることが分かる（図 4(b)）。焼損被害を低減させる

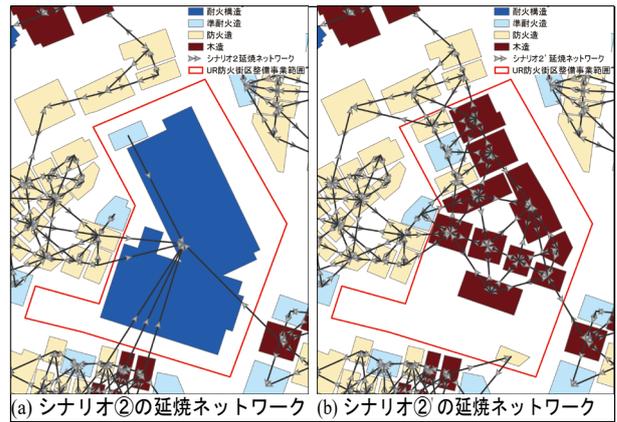


図 5 点的整備効果のあった UR 建替建物の延焼ネットワークの例

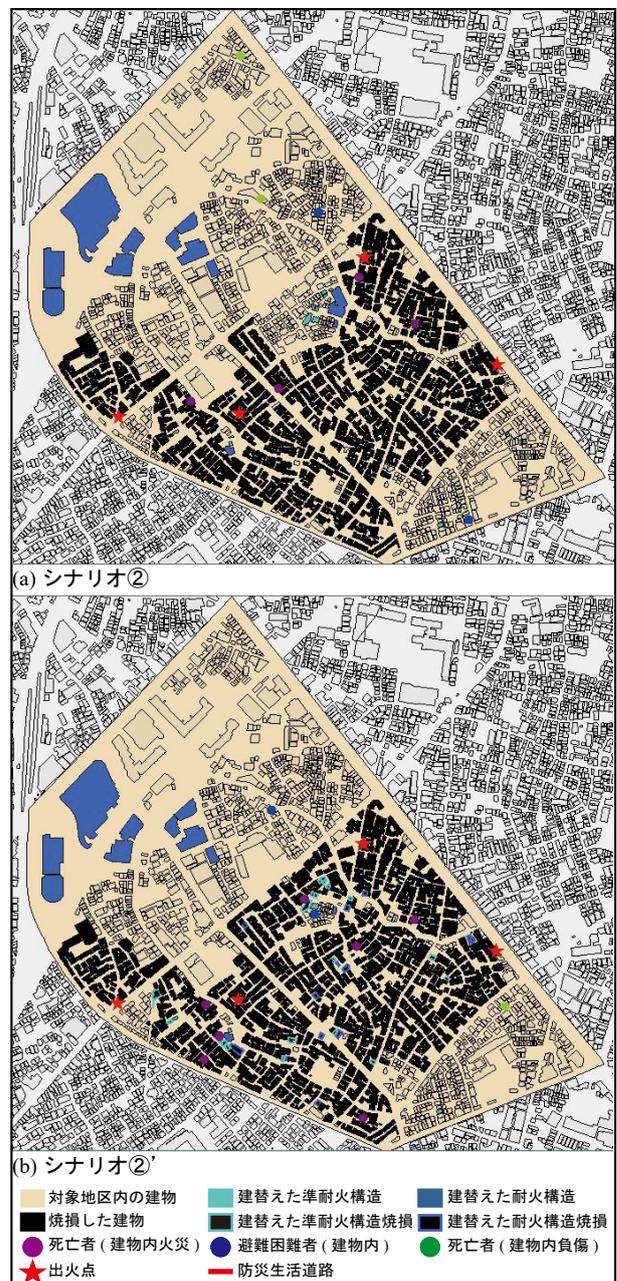


図 6 UR 建替前後における延焼抑止効果の比較

市街地整備改善手法として、一般には点的整備よりも線的整備の方がその効果は大きいと考えられる。しかし、本稿で試みたシミュレーション分析は、線的的手法には延焼を抑止するための十分な数の沿道建物の不燃化が必要であることを示している。一方で、延焼拡大の要となる建物群を除却更新した点的整備（京島三丁目地区防災街区整備事業）が延焼拡大を抑制し、焼損被害の低減に貢献することも判明した。事業としては大掛かりである線的整備だけでなく、延焼の要となる少数の建物の不燃化を図ることで、より高い効果が得られる可能性が示唆された。

## 7. まとめ

木密地域において実施されてきた市街地整備が被害低減に及ぼす効果についてシミュレーション分析により定量的に評価し、今後の整備手法の可能性について考察を試みた。一方で、延焼拡大の要となる建物群を除却更新した点的整備（京島三丁目地区防災街区整備事業）が延焼拡大を抑制し、焼損被害の低減に貢献することもわかった。事業としては大掛かりである線的整備だけでなく、延焼の要となる少数の建物の不燃化を図ることで、より高い効果が得られる可能性を示した。

## 謝辞

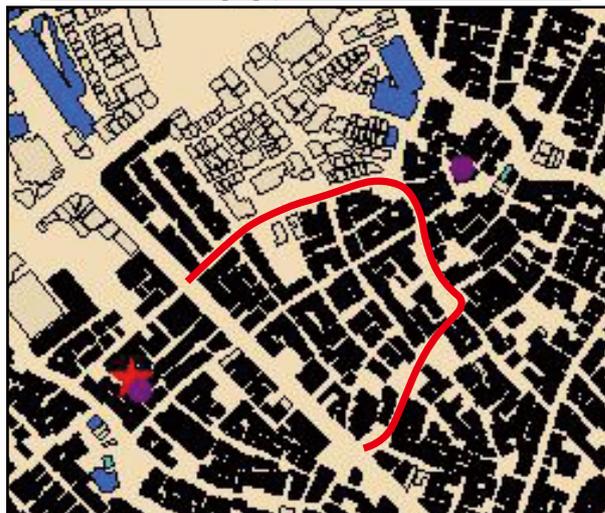
本稿は、都市再生機構との共同研究「大地震災害シミュレーターを活用した密集市街地の分析手法および整備効果指標に関わる基礎研究」の一部を取りまとめたものである。関係各位に謝意を表します。

## 参考文献

- 東京都都市整備局（2018）地震に関する地域危険度測定調査（第8回）。<[https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/bosai/chousa\\_6/home.htm](https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/bosai/chousa_6/home.htm)>.
- 坂本遥峰・大佛俊泰・沖拓弥（2018）広域避難シミュレータの開発と大地震時の物的・人的被害の地域間比較，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），1011-1012.

表 3 UR 建替前後における延焼結果

建替え前後比較		シナリオ②	シナリオ②'
分析対象者数	[人]	8446	8451
分析対象建物数	[棟]	2877	2930
平均道路幅員	[m]	5.77	5.74
平均計測震度		5.96	5.96
除却建物棟数	[棟]	188	174
新規建物棟数	[棟]	49	47
拡幅道路長さ	[m]	0	0
不燃化率	[%]	47.87	47.46
平均倒壊建物率	[%]	11.46	11.37
平均道路閉塞率	[%]	17.92	17.72
平均地区出火率	[件]	0.94	0.94
平均焼損建物率	[%]	11.93	13.32
平均死亡者数	[人]	110.15	137.84



(a) 図 4(c) の拡大図 (シナリオ③)



(b) 図 4(e) の拡大図 (シナリオ⑤)

対象地区内の建物	建替えた準耐火構造	建替えた耐火構造
焼損した建物	建替えた準耐火構造焼損	建替えた耐火構造焼損
死亡者 (建物内火災)	避難困難者 (建物内)	死亡者 (建物内負傷)
★ 出火点	● 防災生活道路	

図 7 線的整備の未完状態における延焼の例

- Hirokawa, N. and Osaragi, T. (2016) Earthquake disaster simulation system: Integration of models for building collapse, road blockage, and fire spread, Journal of Disaster Research, 11, 2, 175-187.