

沿道建築物の耐震化による 大地震発生時の減災効果

～災害時活動と避難行動に関するシミュレーション分析～

東京工業大学
大佛俊泰

本日の話題

- 特定緊急輸送道路の役割と耐震化の必要性
 - 沿道建築物の耐震化を推進する条例
 - 特定緊急輸送道路について
 - 特定沿道建築物について
 - 緊急車両活動のシミュレーション
 - 緊急車両活動からみた耐震化の必要性

- 木造住宅密集地域における耐震化の必要性
 - 物的被害(家屋倒壊・道路閉塞・火災延焼)
 - 広域避難行動のシミュレーション
 - 広域避難からみた耐震化の必要性

倒壊建物による道路閉塞

阪神淡路大震災(1995年1月17日)



出典: <http://www.city.kobe.lg.jp/safety/fire/hanshinawaji/syukikidoutai.html>

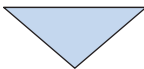
東京都の条例

東京における緊急輸送道路沿道建築物の耐震化を推進する条例(平成23年3月18日公布)

＜制定理由＞

(中略) 震災時において避難、救急消火活動、緊急支援物資の輸送及び復旧復興活動を支える緊急輸送道路が建築物の倒壊により閉塞されることを防止するため、沿道の建築物の耐震化を推進し、震災から都民の生命と財産を保護するとともに、首都機能を確保する。

(出典: 東京都ホームページ)

- 
- (1) 特定緊急輸送道路の指定(平成23年6月28日指定)
 - (2) 特定沿道建築物の定義
 - (3) 耐震化状況の報告(義務)
 - (4) 耐震診断の実施・報告(義務)
 - (5) 耐震改修等の実施・報告(努力義務)
 - (6) 耐震診断助成, 補強設計助成, 耐震改修助成

緊急輸送道路

緊急輸送道路(約2,000km)のうち特に沿道の建築物の耐震化を推進する必要がある道路(約1,000km)を
特定緊急輸送道路に指定

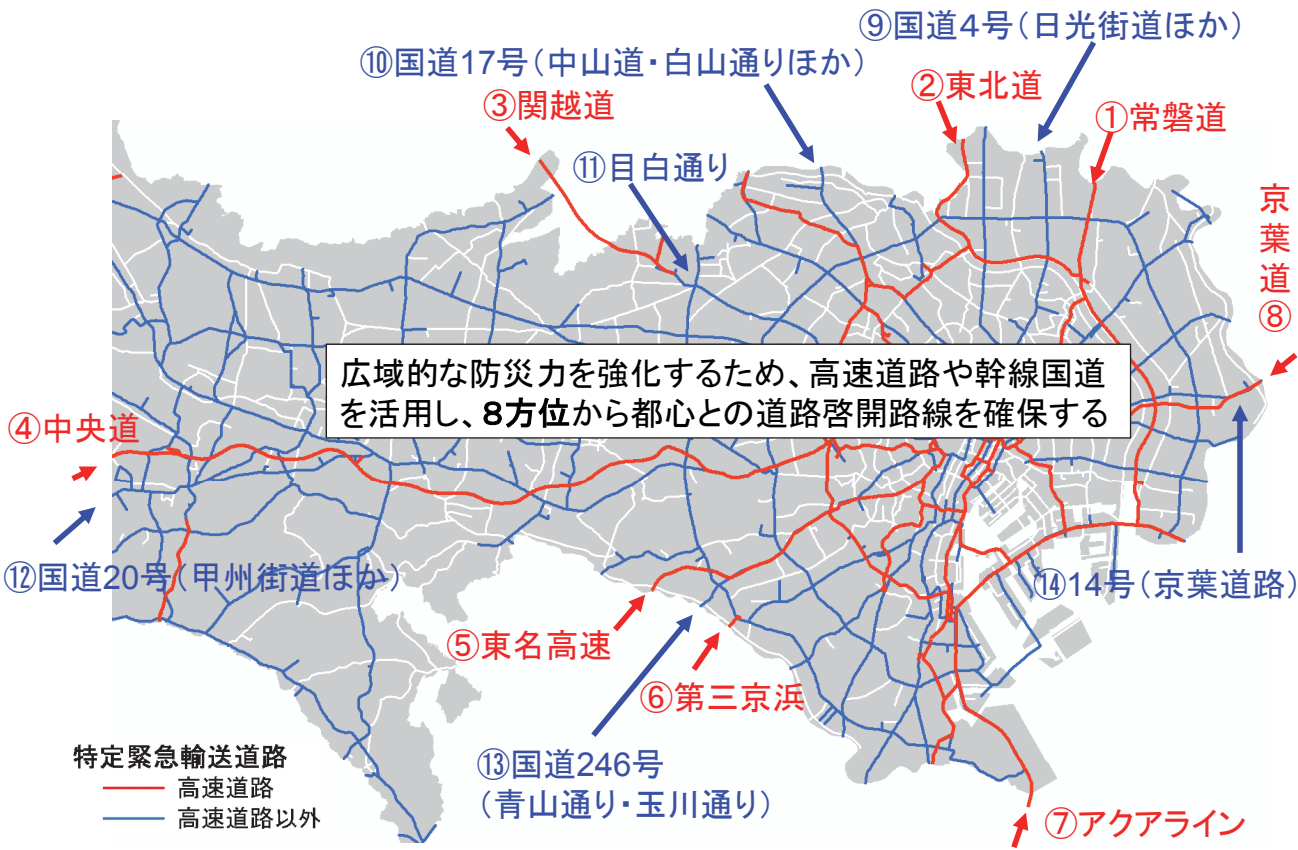


特定緊急輸送道路

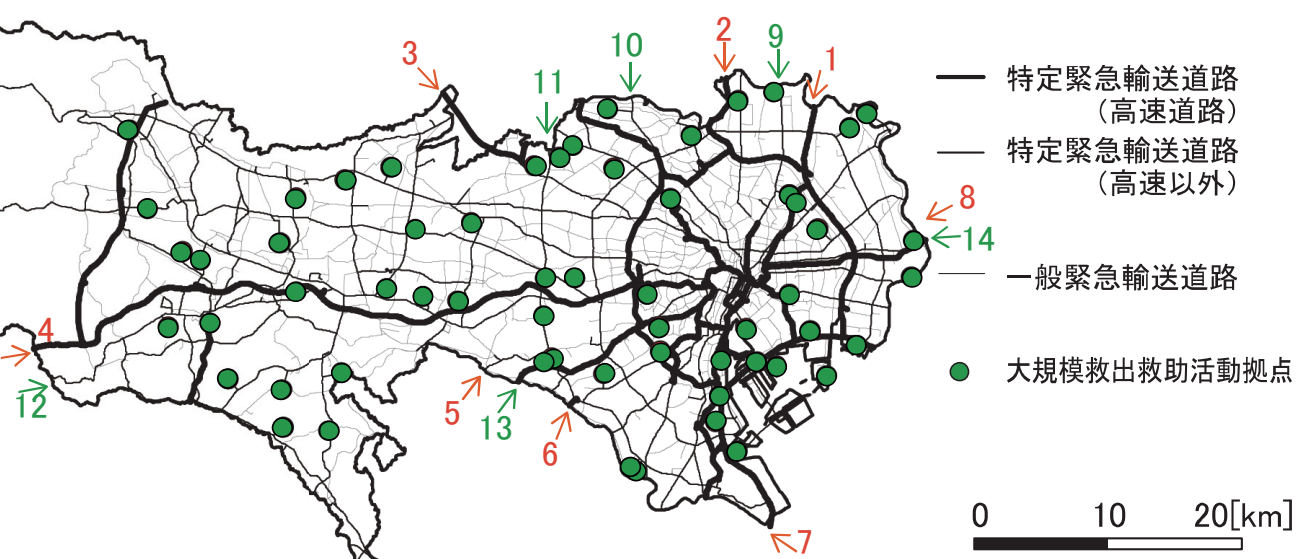
緊急輸送道路(約2,000km)のうち特に沿道の建築物の耐震化を推進する必要がある道路(約1,000km)を
特定緊急輸送道路に指定



災害時の広域連携(進入地点14箇所)



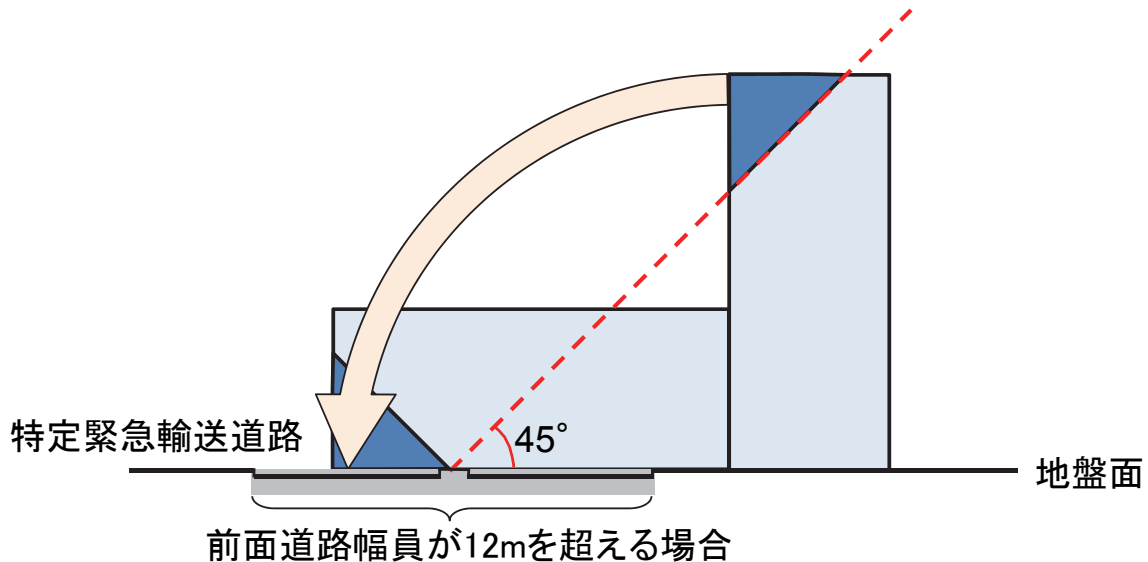
大規模救出救助活動拠点



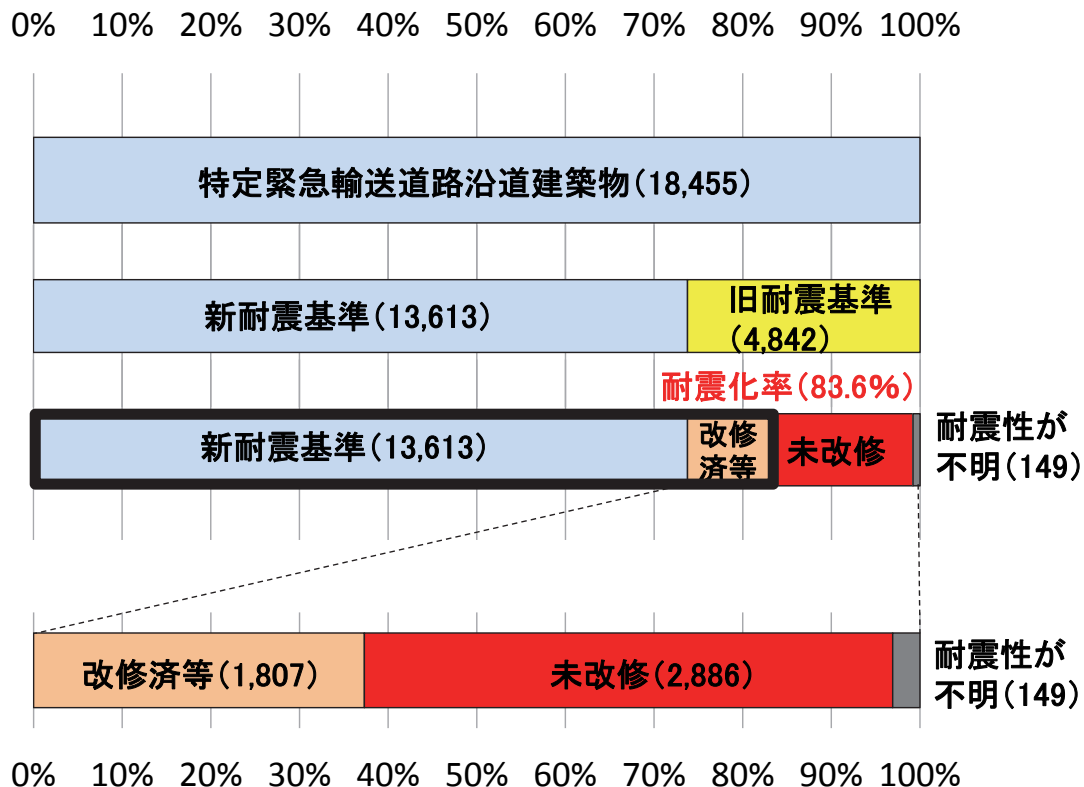
屋外施設				屋内施設			
1	東京都立木場公園	5	東京都立舎人公園	1	中央清掃工場	5	新江東清掃工場
2	東京都立駒沢オリンピック公園	6	東京都立水元公園	2	港清掃工場	6	品川清掃工場
3	東京都立和田堀公園	:	:	3	墨田清掃工場	:	:
4	東京都立城北中央公園	33	青梅市市民球技場	4	有明清掃工場	26	柳泉園クリーンポート

特定沿道建築物とは

1. 敷地が特定緊急輸送道路に接する建築物
2. 1981年5月以前に新築された建築物(旧耐震基準)
3. 道路幅員の概ね1/2以上の高さの建築物



耐震化の現状(平成29年6月末時点)



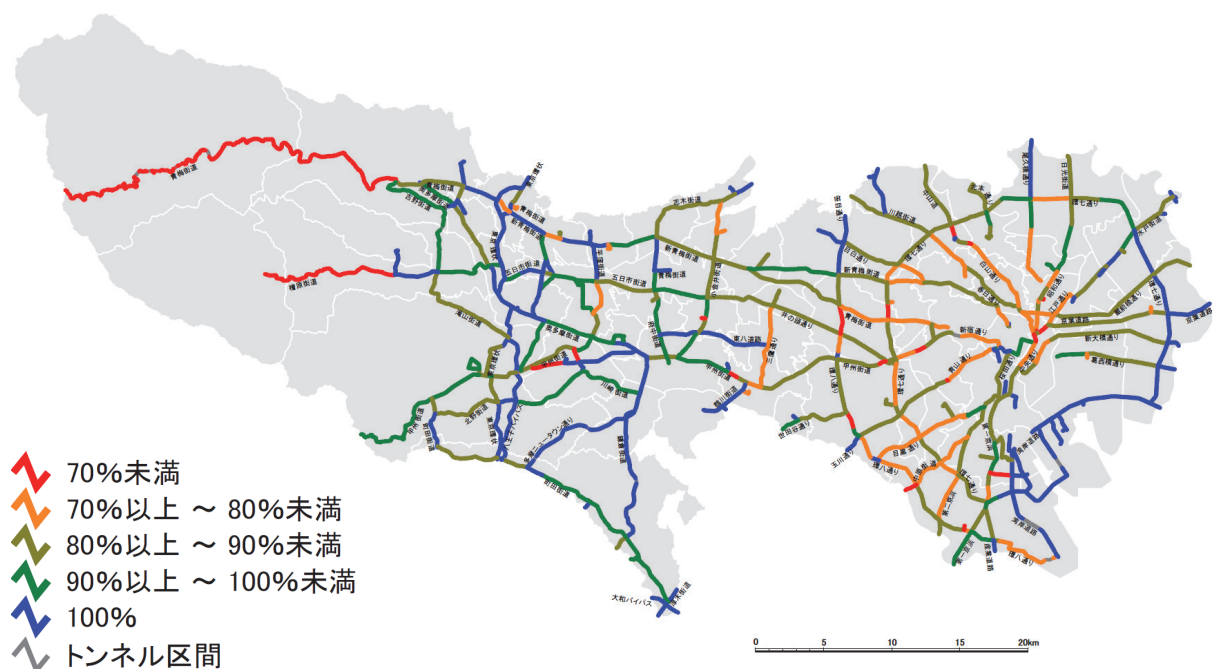
耐震化率(高速道路)



特定緊急輸送道路沿道建築物の耐震化状況(平成29年6月末時点)[高速道路]

(出典: 東京都ホームページ)

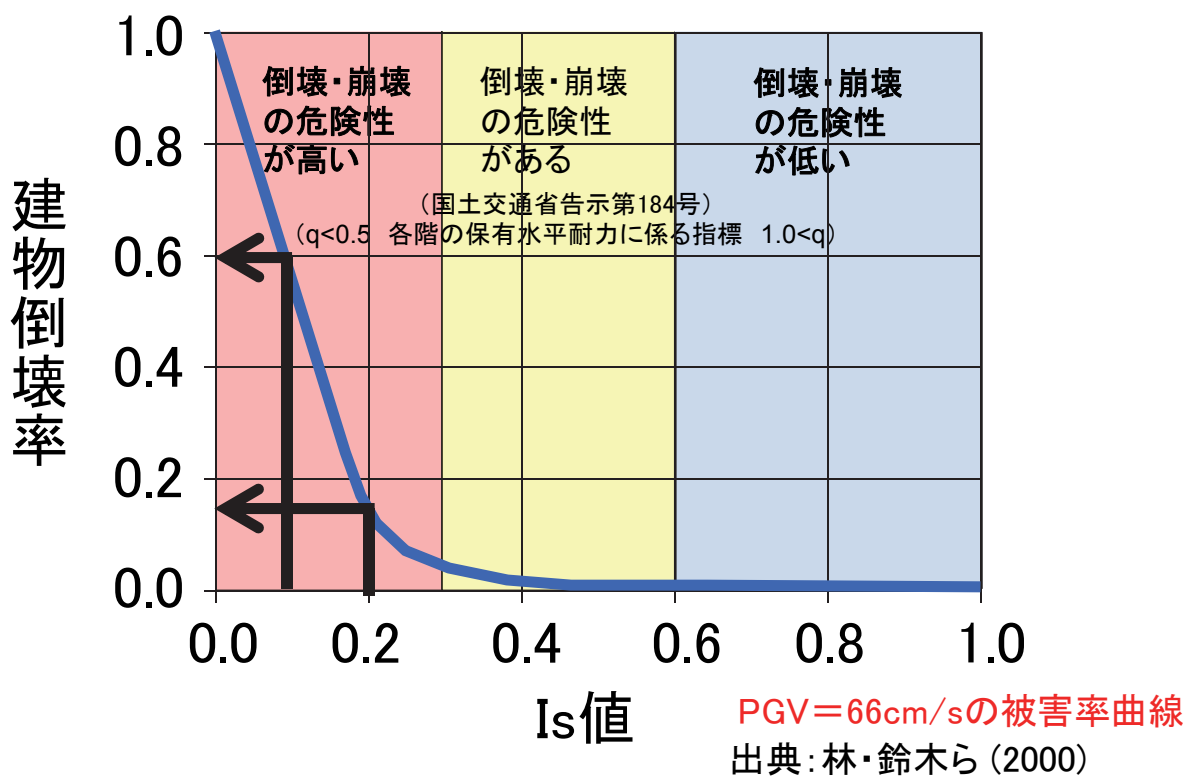
耐震化率(高速道路以外)



特定緊急輸送道路沿道建築物の耐震化状況(平成29年6月末時点)[高速道路以外]

(出典: 東京都ホームページ)

構造耐震指標と建物倒壊率の関係

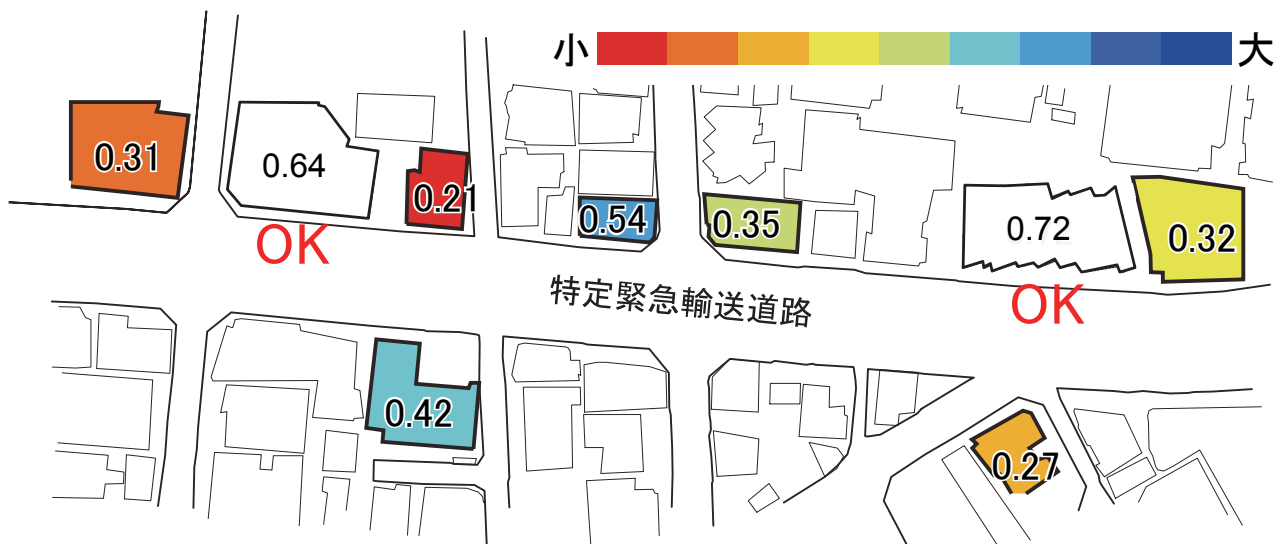


特定沿道建築物の構造耐震指標

耐震診断の実施義務

→ 構造耐震指標(Is値)を求める

旧耐震基準の建物の耐震診断では建物の強度や粘りに加え、形状や経年状況を考慮した指標
建物の形状(SD)や累積強度(CT)の指標 ≥ 0.3

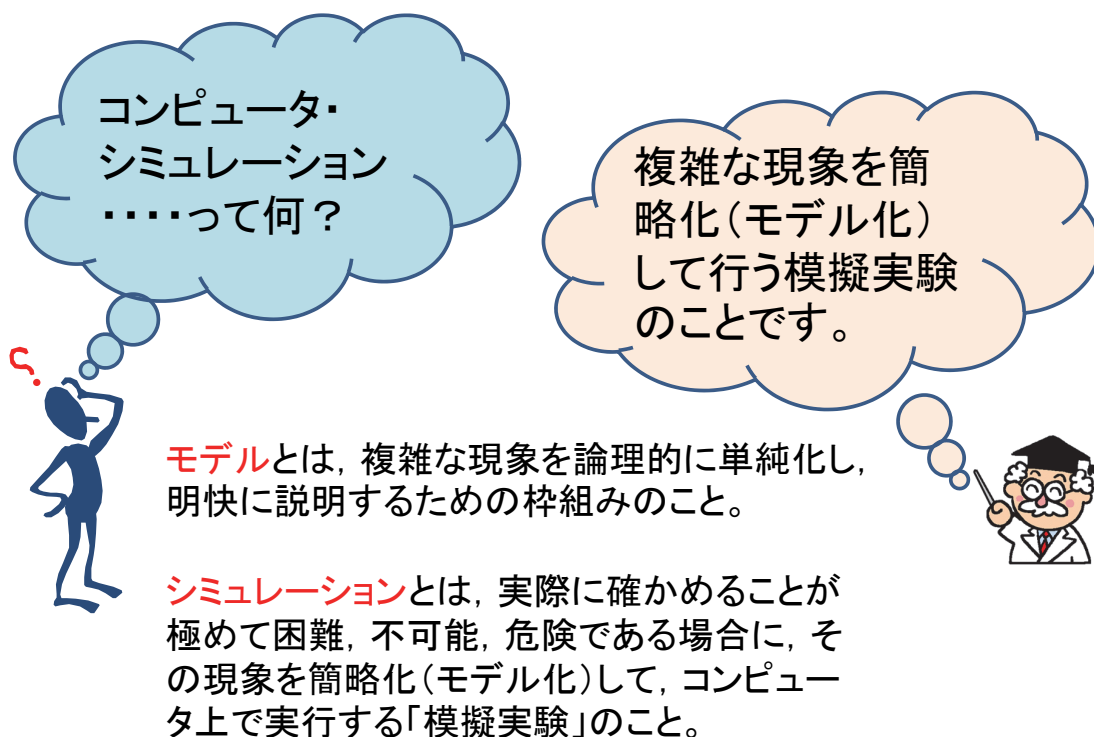


シミュレーション分析の役割

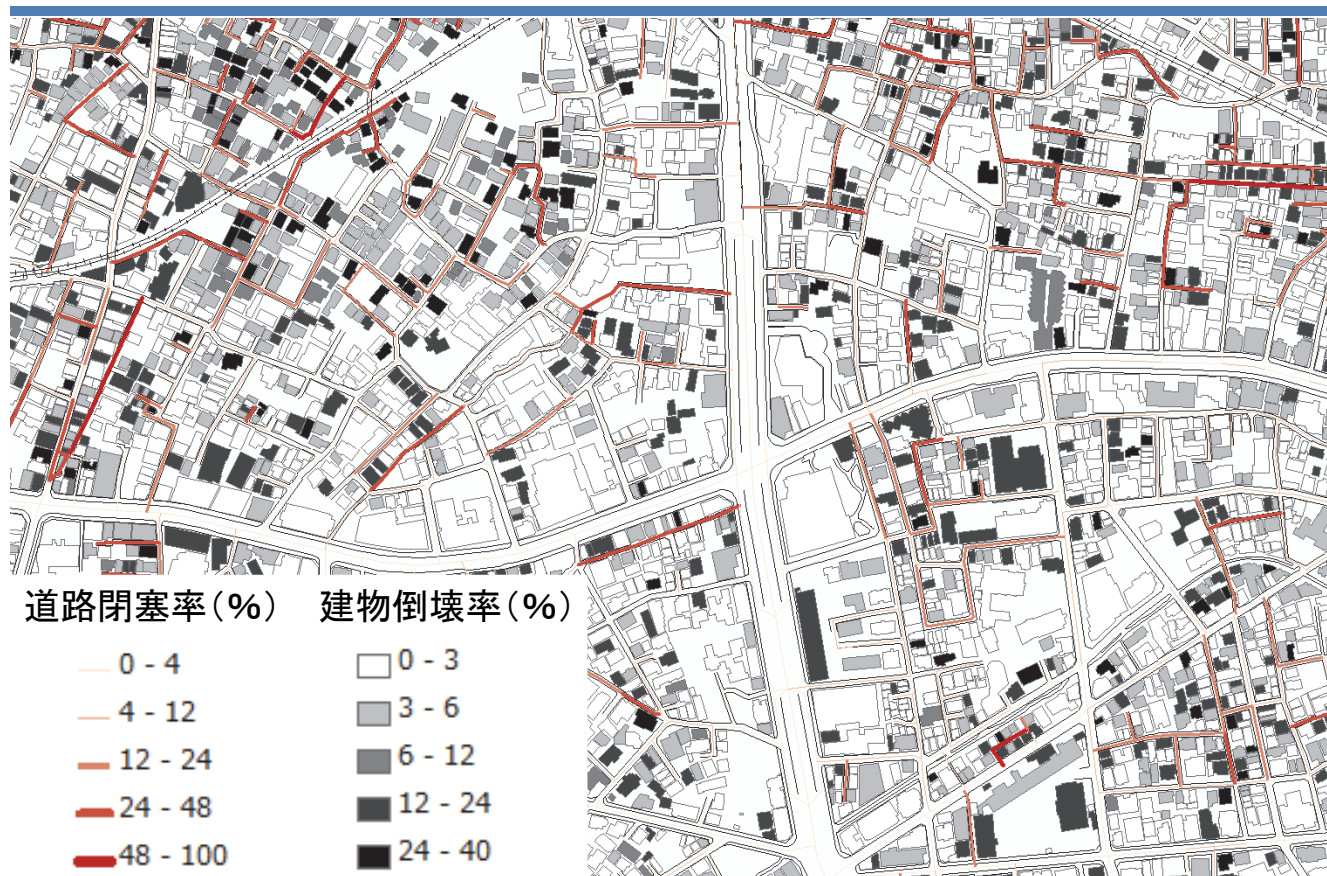
耐震化率(83.6%) (平成29年6月末時点)



コンピュータ・シミュレーションとは

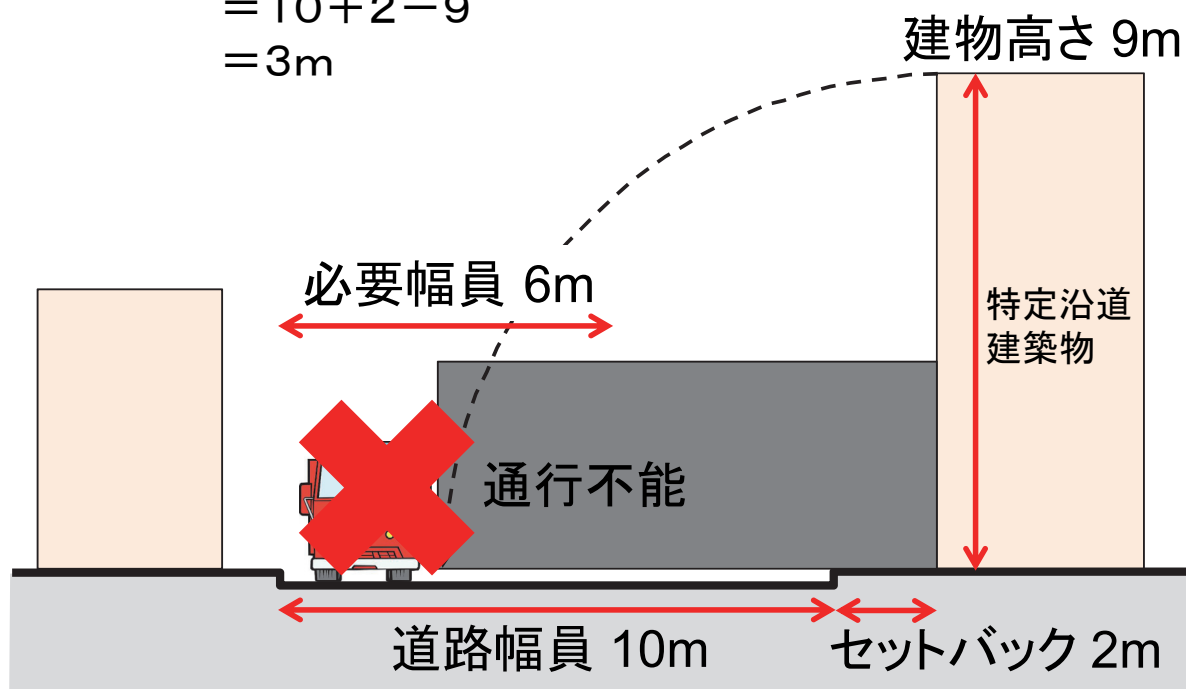


建物倒壊率と道路閉塞率(1,000ケースの平均)

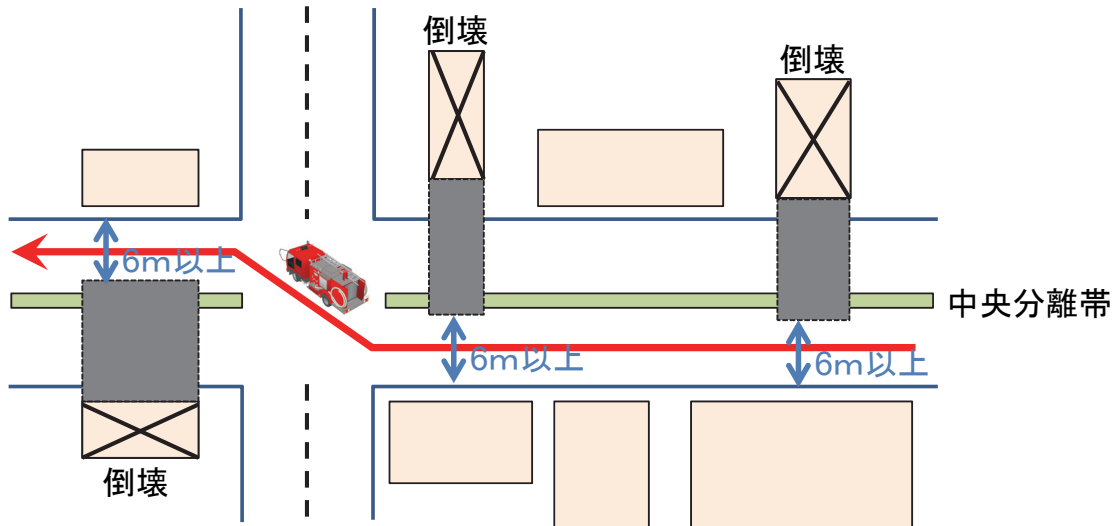


緊急車両通行可否の判断

$$\begin{aligned}\text{有効幅員} &= [\text{道路幅員}] + [\text{セットバック距離}] - [\text{建物高さ}] \\ &= 10 + 2 - 9 \\ &= 3\text{m}\end{aligned}$$

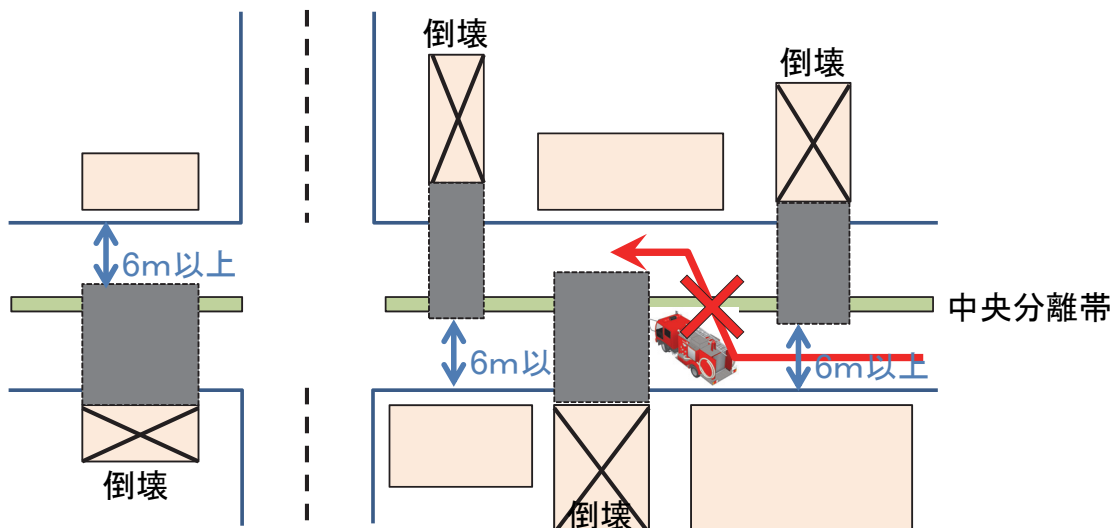


緊急車両通行可否の判断



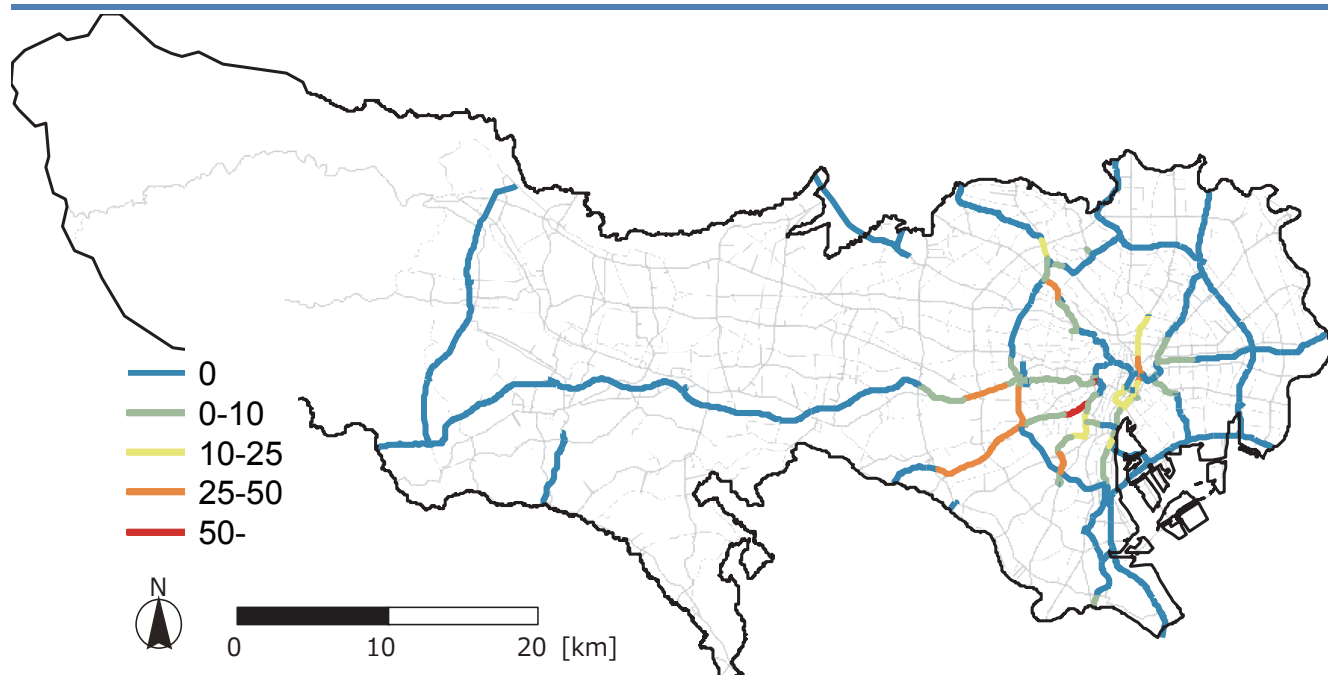
- 6m以上の有効幅員が確保されている場合
→ 緊急車両は通行可能(逆進入を認める)

緊急車両通行可否の判断



- 6m以上の有効幅員が確保されている場合
→ 緊急車両は通行可能(逆進入を認める)
- 特定緊急輸送道路上には中央分離帯が存在すると仮定
→ 中央分離帯を越えて移動することは不可能

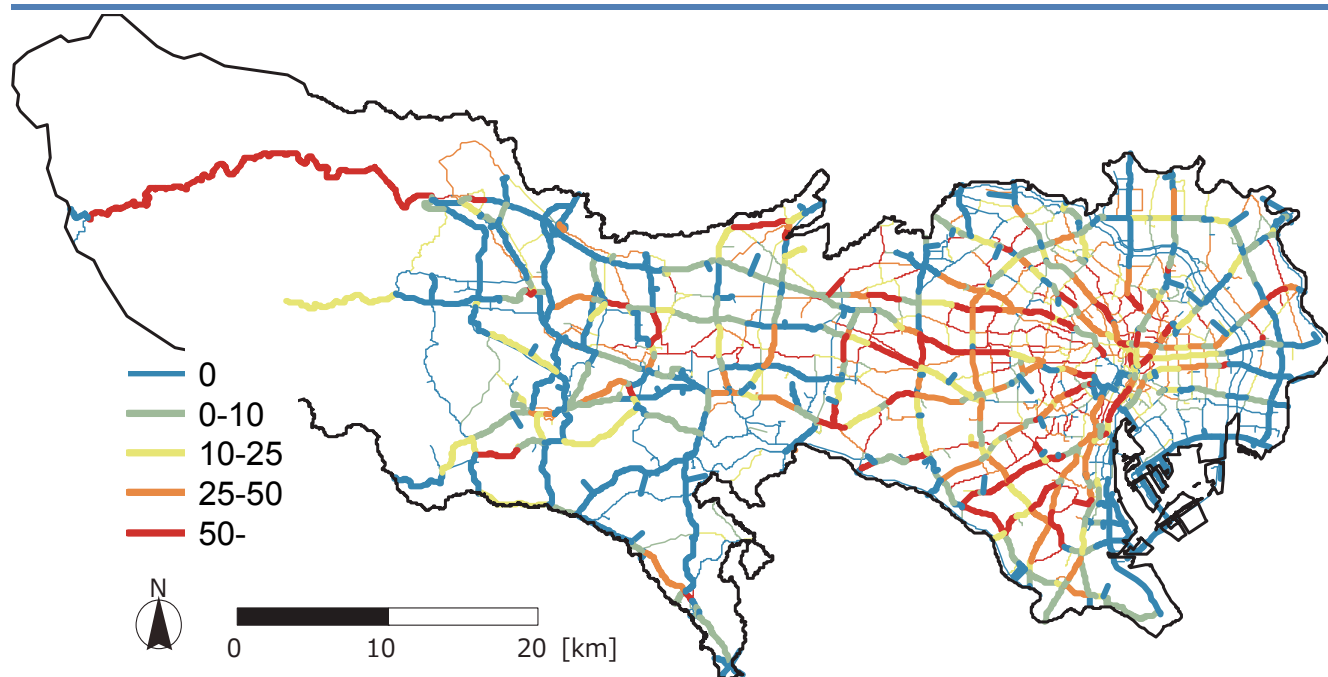
特定緊急輸送道路(高速道路)の閉塞率



道路閉塞率[%]

道路閉塞した割合(緊急車両が通行不可能であった割合)
(1,000回のシミュレーションの平均)

特定緊急輸送道路(高速道路以外)の閉塞率



道路閉塞率[%]

道路閉塞した割合(緊急車両が通行不可能であった割合)
(1,000回のシミュレーションの平均)

シミュレーションの想定



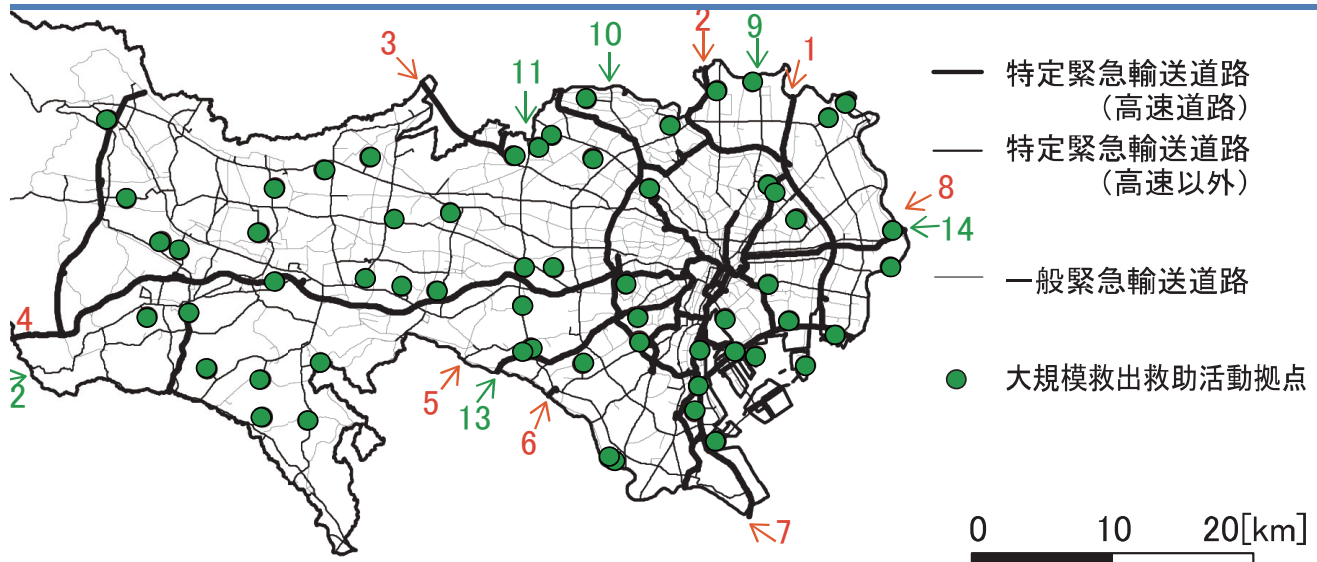
- 所要時間が最短となる経路を移動する
- 通行可能な道路 (閉塞箇所) を把握している
- 到達経路が存在しない場合は「到達不可能」とする
- 一般緊急輸送道路沿道建築物の I_s 値は特定沿道建築物の I_s 値の平均値(0.27)に等しいと仮定

シミュレーションの想定



- 所要時間が最短となる経路を移動する
- 通行可能な道路 (閉塞箇所) を把握している
- 到達経路が存在しない場合は「到達不可能」とする
- 一般緊急輸送道路沿道建築物の I_s 値は特定沿道建築物の I_s 値の平均値(0.27)に等しいと仮定

アクセシビリティの評価指標



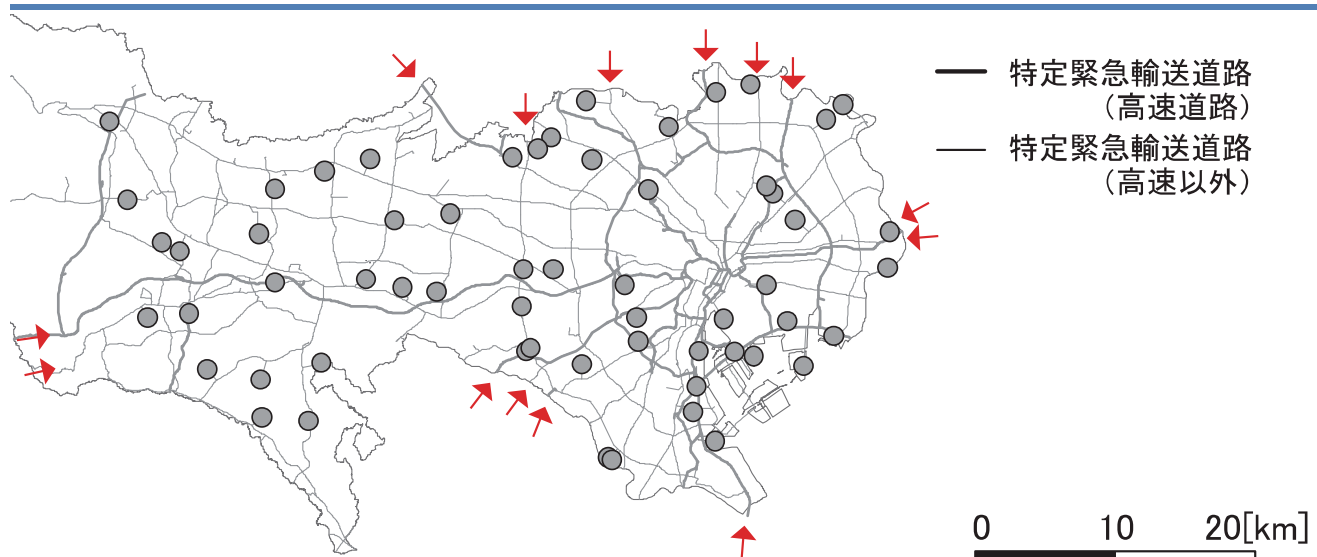
■ 到達可能率

到達可能な大規模救出救助活動拠点の割合

■ 移動距離増加率

平常時と比較した際の移動距離の増加率

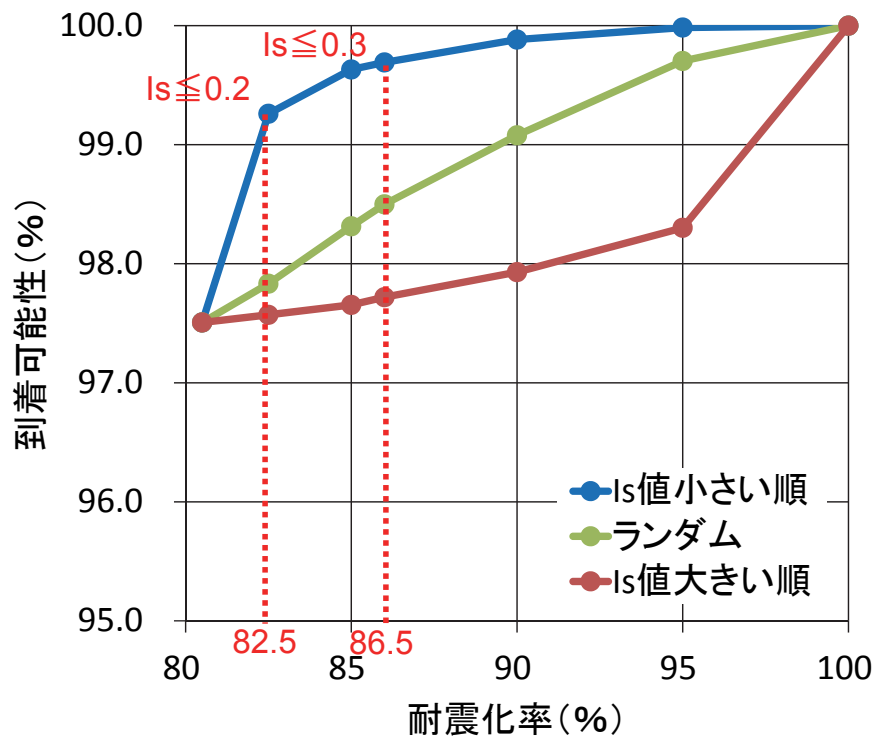
シミュレーションの想定と評価方法



- 東京湾北部地震/都心南部直下地震を想定した物的被害 (地表面最大速度 66cm/s)を1,000ケース
- 各進入地点から各活動拠点への到達可能率/移動距離増加率を計算
- 到達可能率/移動距離増加率の平均値を算出

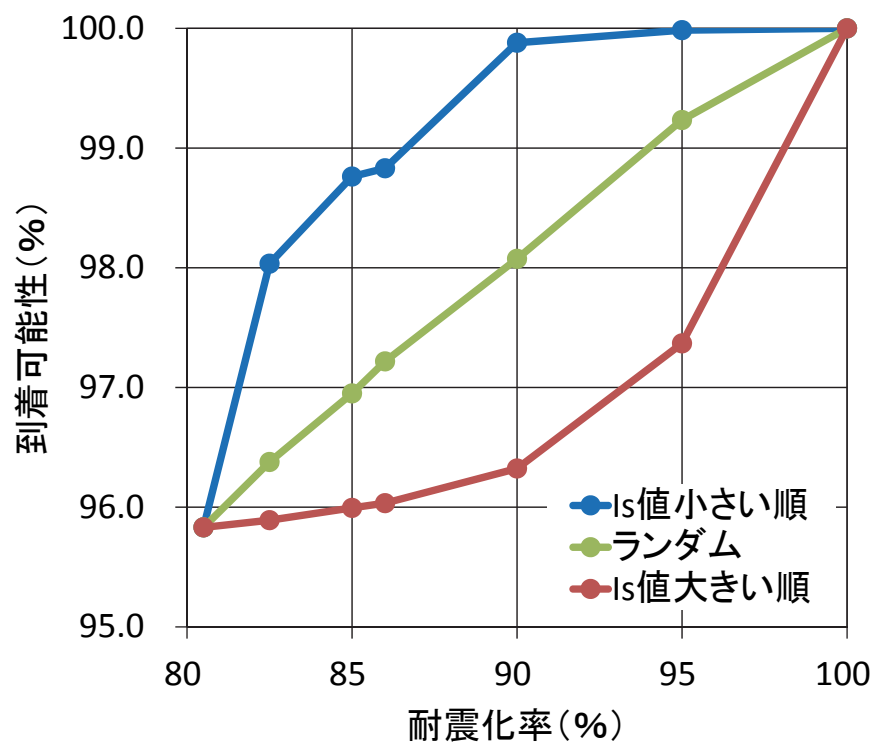
耐震化率と活動拠点への到達率

高速道路から進入



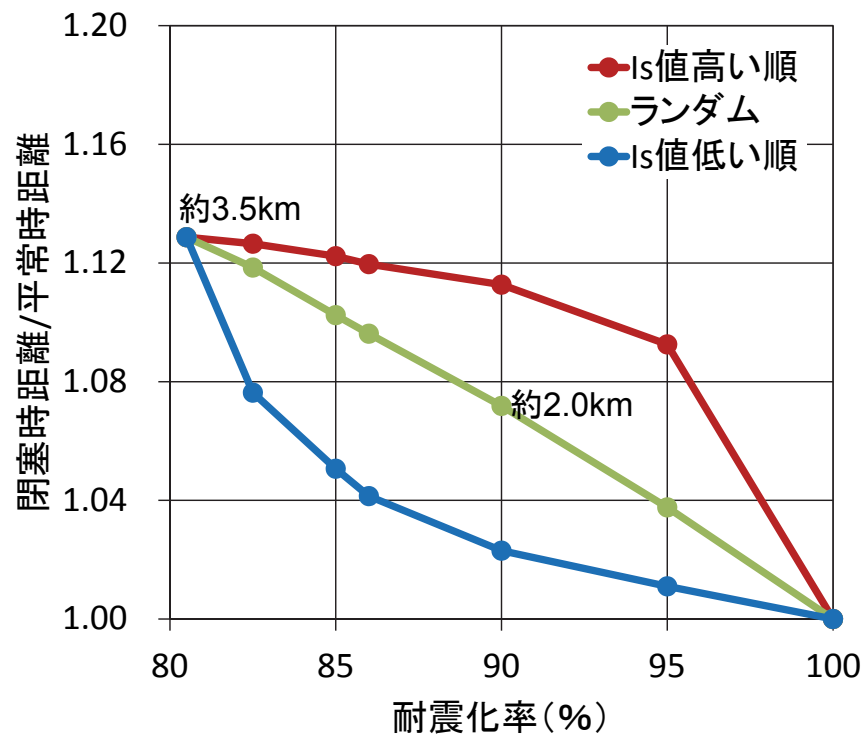
耐震化率と活動拠点への到達率

高速道路以外から進入



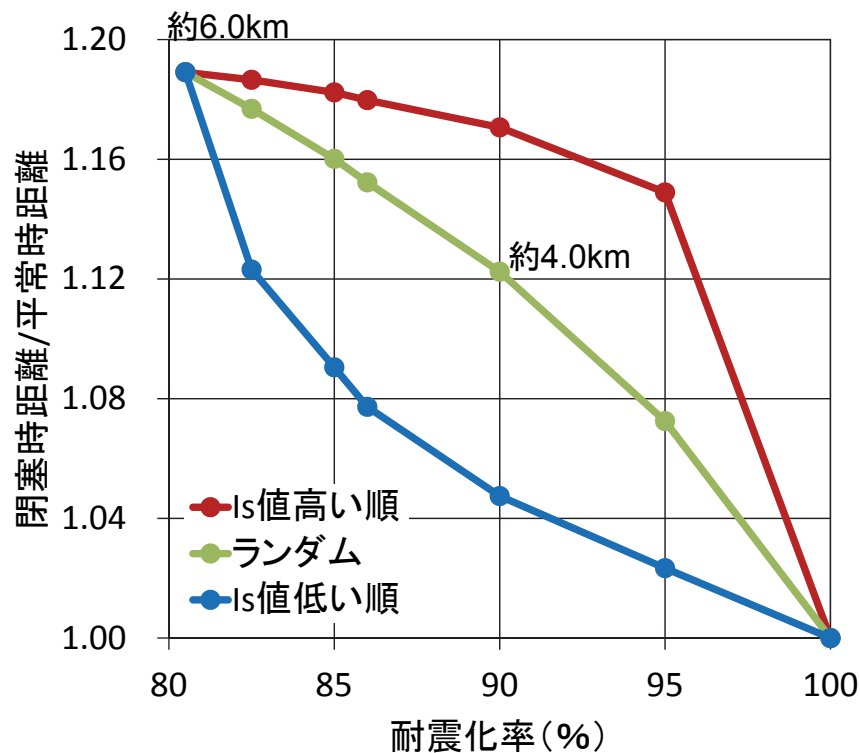
耐震化率と活動拠点への移動距離増加率

高速道路から進入



耐震化率と活動拠点への移動距離増加率

高速道路以外から進入



東京都耐震改修促進計画の概要

(平成28年3月改定)

1 計画の概要

- 東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会の開催が4年後に迫る中、東京の防災対応力の強化を図るためには、更なる耐震化の促進が必要
- 『必ず来る大地震に対しても「倒れない」世界一安全・安心な都市・東京の実現』を基本理念とし、耐震化の新たな目標と施策を提示（計画期間：平成 28 年度から 37 年度まで）

2 耐震化率の現状と目標

建築物の種類	現状	目標		
		平成 31 年度末	平成 32 年度末	平成 37 年度末
特定緊急輸送道路沿道建築物	80.9% (平成 27 年 12 月末)	90%※1	—	100%
住宅	83.8% (Is値0.3未満の建物を解消) (平成 27 年 3 月末推計値)			※2
特定建築物 (百貨店、ホテル等)	85.6% (平成 27 年 3 月末推計値)	—	95%	※3
防災上重要な公共建築物 (消防署、学校等)	96.7% (平成 27 年 3 月末)	100% (できるだけ早期に達成)		

※1：耐震化率 90%かつ「特に倒壊の危険性が高い建築物（Is 値が 0.3 未満の建築物）」の解消

※2：平成 37 年度末に耐震性が不十分な住宅をおおむね解消

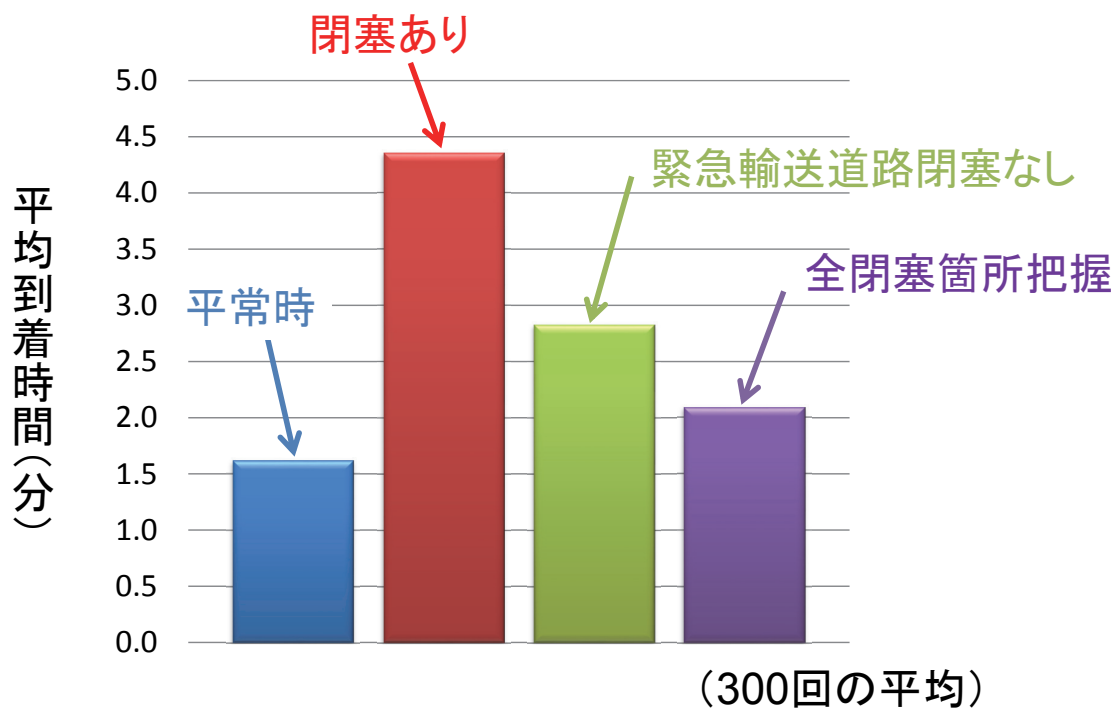
※3：平成 37 年度末の具体的な目標値は次回以降の計画改定時に定める

緊急輸送道路沿道建築物を耐震化した場合

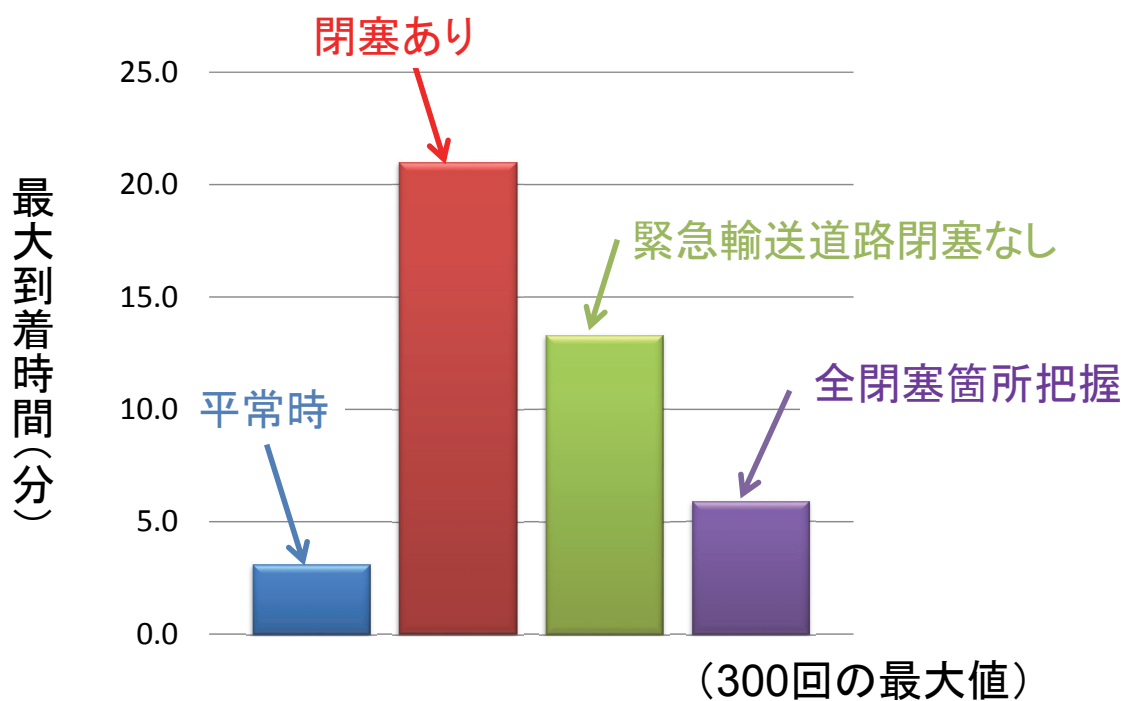
出場から到着までの所要時間：**5.7分**



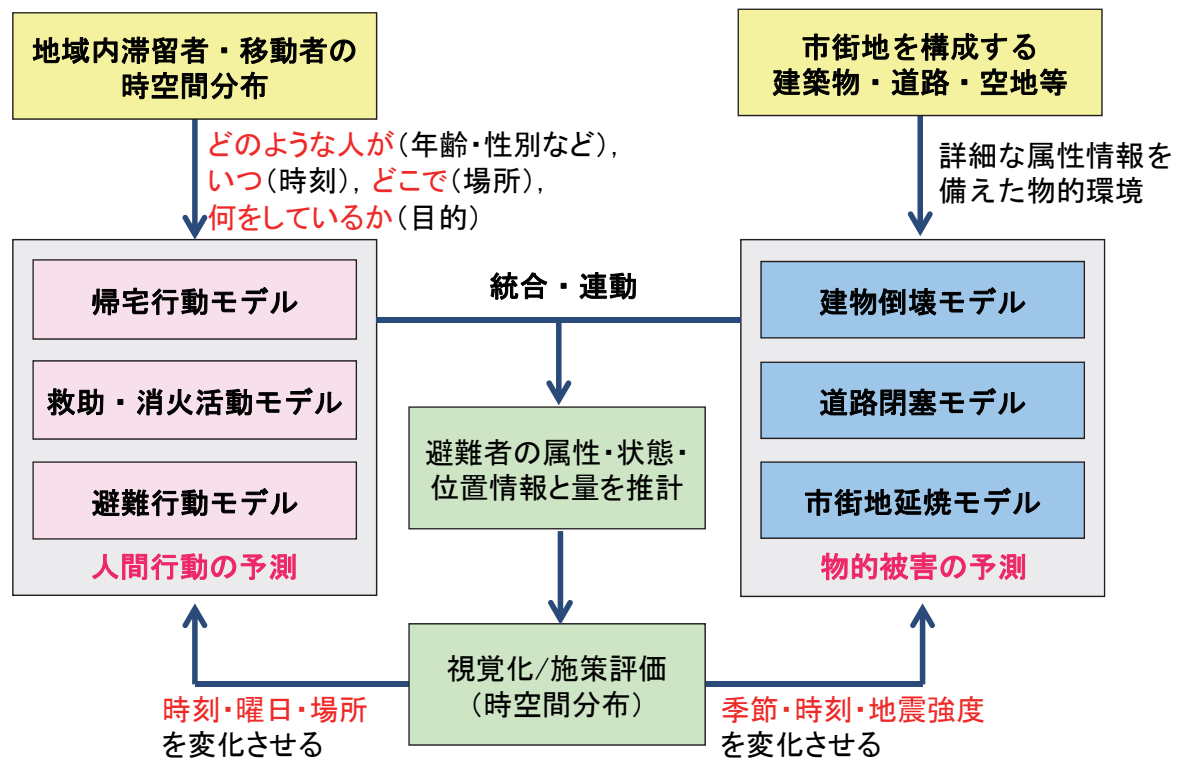
平均到着時間



最大到着時間



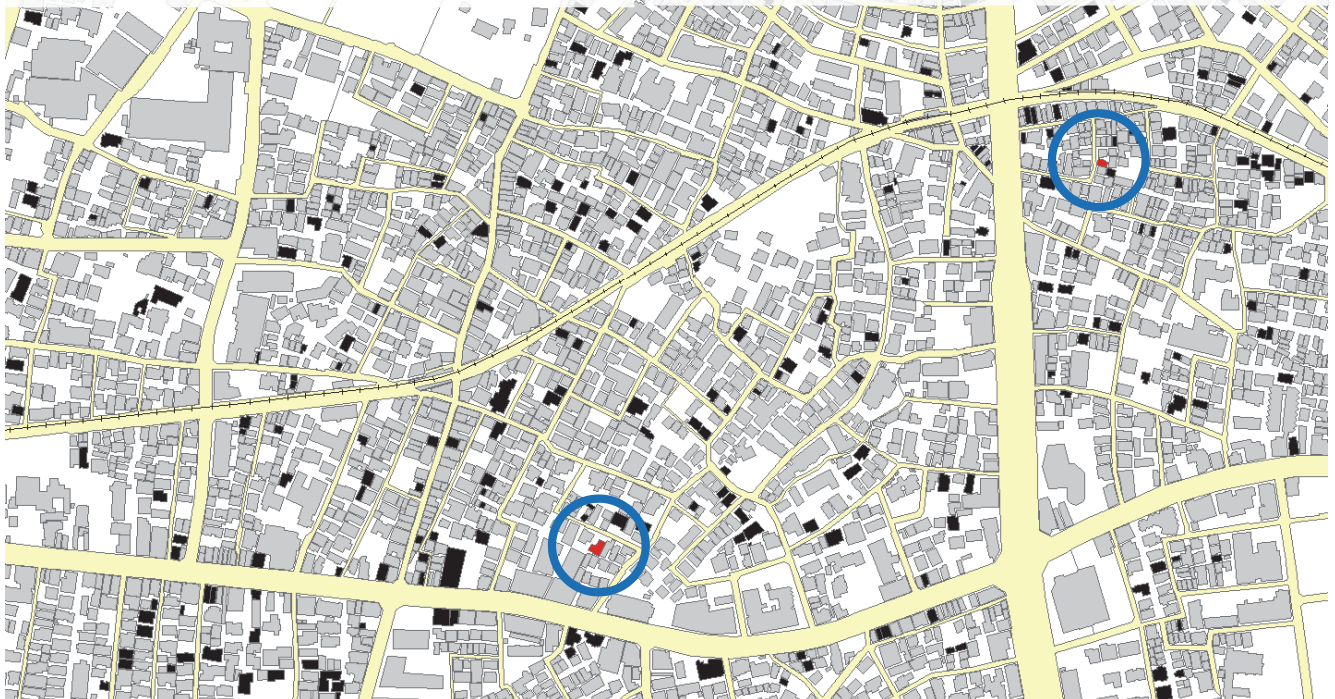
シミュレーションモデルの概要



全壊建物と出火建物の分布

①全壊建物
築年次・構造種類ごとに異なる
各建物の全壊確率を用いて推定

②出火建物
建物用途・季節・時刻・地震加速度
ごとに異なる出火率を用いて推定



全壊建物の瓦礫流出による道路閉塞

③瓦礫流出

全壊建物の瓦礫の分布を推定

④瓦礫による道路閉塞

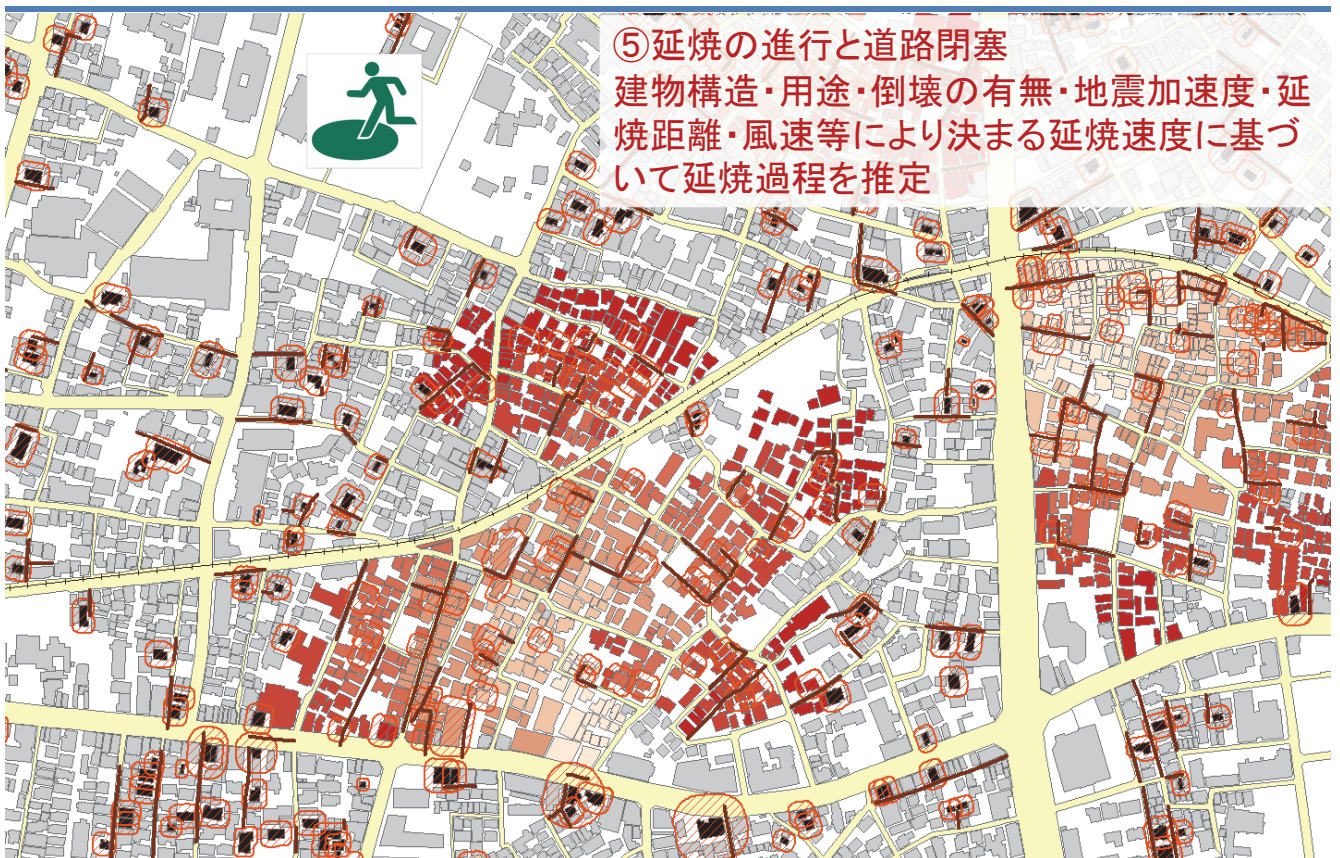
飛散瓦礫によって通行不能となる道路を推定



延焼の進行と避難行動

⑤延焼の進行と道路閉塞

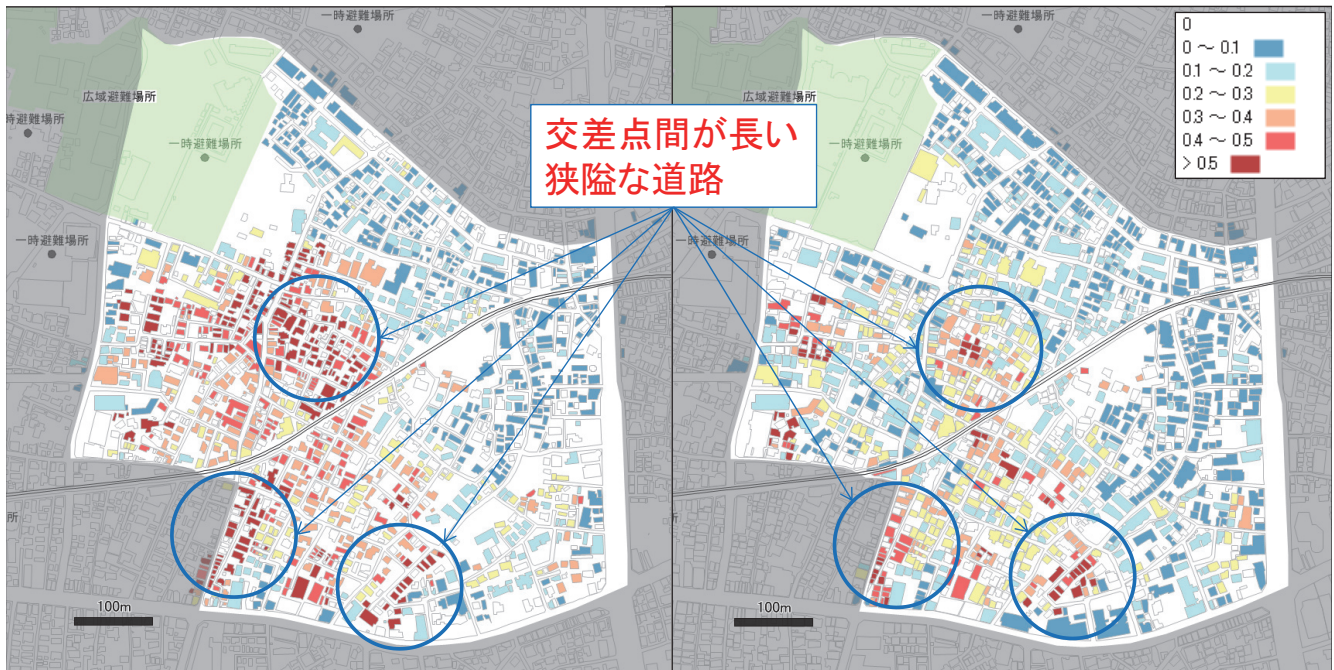
建物構造・用途・倒壊の有無・地震加速度・延焼距離・風速等により決まる延焼速度に基づいて延焼過程を推定



避難困難率

平成3年(1991年)

平成18年(2006年)



街路内での閉じ込め

