

木造密集市街地における道路整備手法の防災性向上効果に関する比較分析

芝浦工業大学大学院 学生員 ○早坂 佳高
大日本コンサルタント 非会員 鈴木 健吾
芝浦工業大学 正会員 遠藤 玲

1. はじめに

内閣府中央防災会議では、東京湾北部地震M7.3が発生した際に、火災延焼により甚大な被害が生じると想定している。その根拠として首都圏には木造密集市街地が多く存在し、消防活動等に必要な道路幅員が確保されていないことや建物倒壊による道路閉塞により消防活動等が妨げられ危険性が高いことがあげられており、早急な整備が求められている。

従来、現道拡幅と、それに伴う沿道建造物の建替え・耐震化等により震災対策を行ってきたが、現道拡幅による地区防災道路（幅員6m以上）の整備は移転・建替え対象家屋数が多く合意形成が困難であり、合意がとれても事業効果が発現する（震災時有効水利までの区間が完成する）まで時間がかかり、事業効果発現までに大規模地震が発生した場合には事業の意義自体が問われることにもなりかねない。

一方、地区防災道路整備の手法として、空地等を活用した道路新設の検討をしている自治体もある。これが可能であれば、移転・建替え対象家屋数が減少し即効性のある整備ができ、大規模地震による被害を軽減することに役立つと考えられる。

そこで本研究では、木造密集市街地で発生する震災への対策として考えられる、現道拡幅と道路新設の二つの整備手法について、整備期間の違いによる被害の大きさの確率的期待値の違いと整備費用の違いを比較し、どのような条件において道路新設が有利となるかを明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

まず、道路幅員と震災時有効水利の位置から対象地区における消防活動困難区域をGISで抽出する。

次に、東京湾北部M7.3の地震が発生した際に想定される被害の事業実施（現道拡幅あるいは道路新設）による軽減額（現在価値換算）（図2）の期待値を便益として計算し、それを事業実施費用（図3）と比較することにより費用便益分析を行う。その結果に基づき、両道路整備手法の評価を行う（図1）。

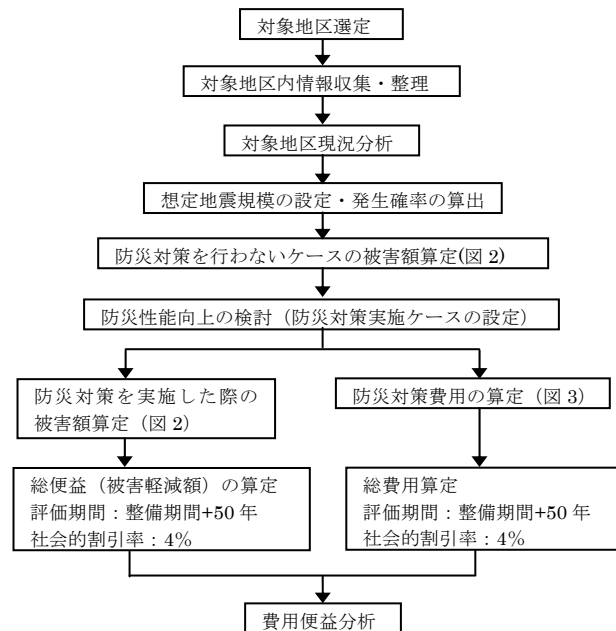


図1：研究概略手順

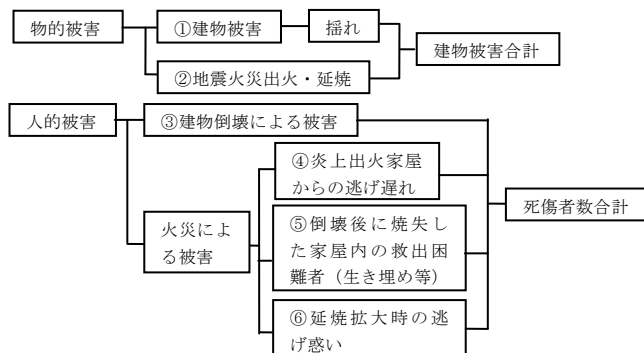


図2：被害想定算定フロー



図3：防災対策費用算定フロー

キーワード 木造密集市街地、消防活動困難区域、費用便益分析、地区防災整備

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 TEL & FAX : 03-5859-8361

3. 対象地区

3-1 対象地区選定

対象地区は、①東京都の防災都市づくり推進計画で整備地域・重点整備地域に指定されており事業化されていない地区であり、かつ②駐車場等の空地が多く存在する地区に設定した。住宅地図での比較と都庁および区役所とのヒアリング調査により、上記①、②を満たし防災に対する住民の意識が高い葛飾区堀切 2 丁目を対象地区に設定した。

3-2 対象地区の現況

震災時に消防車が通過可能な道路（道路幅員 6m 以上）に接している震災時有効水利（防火水槽・プール・河川）から半径 140m（20m ホース×10 本×屈曲率 0.7=140m）の同心円状に範囲を求め、それ以遠の領域を消防活動困難区域とし GIS で区域を抽出した。

その結果、消防活動困難区域は 65.3% と高い値を示しており、老朽木造建物率においても葛飾区の平均が 22.1% に対し、対象地区は 31.6% と極めて危険な地域であることが分かる。

また図 4 から対象地区の北側（上部）は、空地や震災時有効水利が少ないことから効果的な道路新設を行うことは難しいことが分かる。

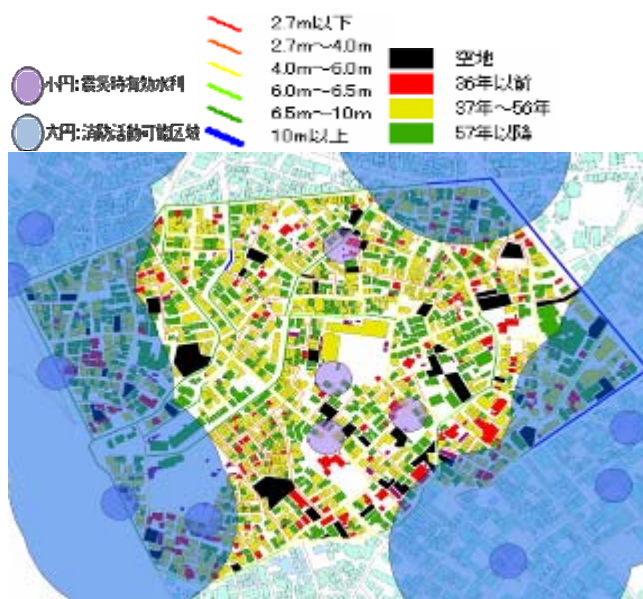


図 4：堀切 2 丁目現況図

表 1：首都直下型地震累積発生確率

期間(年)	累積発生確率(%)
10	30
30	70
50	90

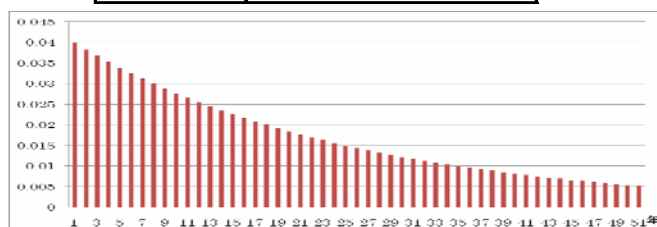


図 5：首都直下型地震年発生確率（M7.3）

4. 比較評価分析

4-1 地震発生確率の算出

文部科学省の地震調査研究機関＝地震調査研究推進本部・地震調査委員会で公表（表 1）されている、東京湾北部地震 M7.3 の累積発生確率に（1）式をあてはめて p を推計し、（2）式を用いて各年の発生確率の算出をする。その結果が図 5 である。

$$1 - R_t = (1 - p)^t \quad (1)$$

$$P_t = R_t - R_{t-1} \quad (2)$$

但し、p：1 年当たりの発生確率

P_t ：t 年目に初めて地震が発生する確率

R_t ：t 年までに地震が発生する確率

t：年次（2007 年時点で t=1 とする）

4-2 防災対策のルート設定

消防活動困難区域を減らすため幹線道路から震災時有効水利まで、6m 以上の道路でつなぐこととし、現道拡幅を行う検討案 1、駐車場等の空地を利用した道路新設の検討案 2、3 のルート（図 6）を設定した。

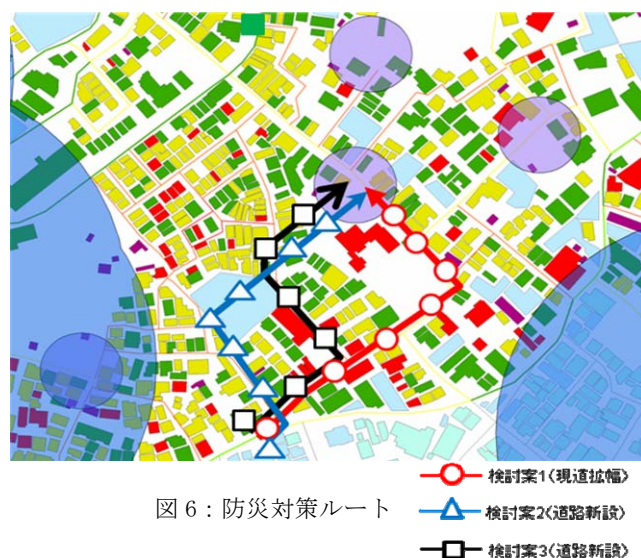


図 6：防災対策ルート

図 6 で設定した各検討案の事業を実施することで、対象地区の消防活動困難区域は 65.3%から 39.6%と 25.7%解消される。

また、各検討案を実施することで減少する消防活動困難区域（図 7）の地域は、堀切 2 丁目内でも特に細街路が多く、更に建物が密集しているため、本研究で設定した防災対策のルートを実施することで、火災延焼の被害に対して大きな効果が出ると考えられる。

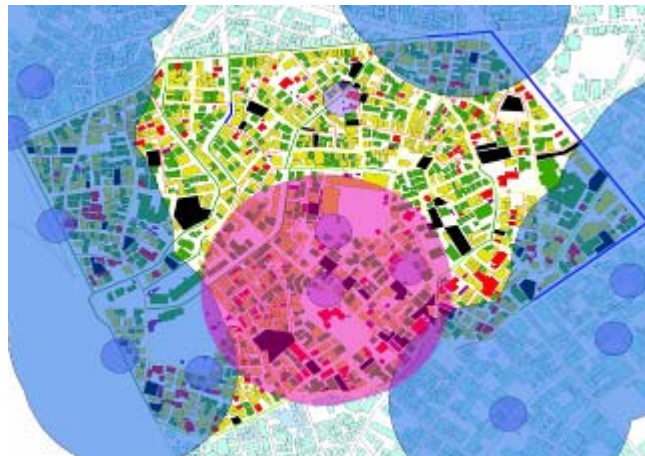


図 7：防災対策後の状況

4-3 被害軽減額算定

図 2 の項目で防災対策を実施しない場合の被害額と各検討案（図 6）を実施した際の被害額の差を算出した。

建物の揺れによる被害に関して、消防活動困難区域が減少したため防災対策を実施しない場合に比べ 73 棟の被害が減少した。検討案 1 は建て

替え移転件数が検討案 2、3 に対して多いことから、僅かだが被害は減少したが、火災延焼に関しては、各検討案が同じ震災時有効水利を対象としたため、各検討案の被害軽減の差は出なかった。

人的被害に関しては、各検討案を実施することで倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者が減少することがわかった。これに関しても、消防活動困難区域が減少したからである。しかし、各検討案の被害軽減の差は出なかった。表 2 から各検討案の中で検討案 1 の被害軽減額が高い結果となった。

表 2：各検討案の被害軽減額（図 2 参照）

	建物被害(棟)			人的被害(人)										建物被害(棟)	死者数(人)	重傷者数(人)	被害軽減額(万円)
	①	②		③		④		⑤		⑥							
		Fin	Fout	死者	重傷者	死者	重傷者	Fin	Fout	Fin		Fout					
										死者	重傷者	死者	重傷者				
①現状	608.1	490.4	147.7	38.1	62.1	0.4	1.2	55.7	14.8	0.9	3.2	0.2	0.5	1,246.2	110.0	67.1	
②検討案1	600.5	267.0	298.1	37.6	61.3	0.4	1.2	32.3	25.9	0.5	1.8	0.4	1.1	1,165.6	97.1	65.4	
③検討案2	605.1	267.0	298.1	37.9	61.8	0.4	1.2	32.4	26.0	0.5	1.8	0.5	1.1	1,170.3	97.6	65.9	
④検討案3	602.8	267.0	298.1	37.7	61.5	0.4	1.2	32.3	25.9	0.5	1.8	0.5	1.1	1,167.9	97.4	65.6	
①-②	7.6	223.3	-150.4	0.5	0.8	0.0	0.0	23.4	-11.1	0.3	1.5	-0.2	-0.6	80.6	12.9	1.7	434,525.3
①-③	3.0	223.3	-150.4	0.2	0.3	0.0	0.0	23.3	-11.2	0.3	1.5	-0.2	-0.6	75.9	12.4	1.2	409,366.2
①-④	5.3	223.3	-150.4	0.3	0.5	0.0	0.0	23.3	-11.1	0.3	1.5	-0.2	-0.6	78.3	12.7	1.4	422,031.3

Fin:消防活動困難区域 Fout:消防活動可能区域

4-4 防災対策費用の算出

表 3 から、検討案 2、3 は移転軒数に関しては検討案 1 による手法の 2/3 となり、事業を効率的に進められる可能性が高くなるといえる。しかし、総延長距離に関して検討案 2、3 による手法の方が短いにもかかわらず用地買収面積では検討案 1 による手法よりも検討案 2 は約 3.5 倍、検討案 3 は 2.5 倍高くなった。

各検討案の防災対策費用に関しては、検討案 2、3 は用地買収面積が広いことから費用は高くなったが、建物の建て替えにおける補償費については検討案 1 は移転件数が多いことで費用が多くかかり、トータルの対策費用でも、検討案 1 が約 7.6 億円で最大であり、検討案 2 が約 7.5 億円、検討案 3 が 6.4 億円となった。（表 4）

表 3：各検討案による移転件数・用地買収面積

	S36年以前	S37～56年	S57年以降	合計移転件数	総延長(m)	用地買収面積(m ²)
検討案1	7	13	11	31	242.2	294.5
検討案2	0	13	7	20	212.2	1,070.0
検討案3	6	6	7	19	218.7	739.9

但し、S36 年以前・S37～56 年・S57 年以降：家屋建築時期

表 4：各検討案の防災対策費用（図 3 参照）

	公共施設の整備			対策費用	
	⑦	⑧	⑨	合計(万円)	⑩(万円/年)
検討案1	8,335.6	62,000.0	6,491.0	76,826.6	106.6
検討案2	30,279.6	40,000.0	5,475.9	75,755.5	93.4
検討案3	20,939.5	38,000.0	5,652.4	64,592.0	96.2

4-5 費用便益分析

これまでに算出した地震発生確率，被害軽減額，事業費から，(3)，(4)式を用いて費用便益比を算出した．

整備開始を2007年からとして事業期間については，検討案1はS56年以降に建設された家屋が多いことを考慮し11年とした．検討案2，3については各7年と設定した．また検討案1の既存道路拡幅においては，事業期間を短縮することで変化する費用便益比について検討案2，3と比較評価するため，事業期間を7年から11年までの各5年間の分析を行った．また，費用便益分析の評価期間については事業完成後50年まで，社会的割引率は4%として分析を行った．

その結果，検討案1を11年，検討案2，3を7年とした時， $CBR_1=1.155$ ， $CBR_2=1.402$ ， $CBR_3=1.669$ となり検討案3の空地を利用した道路新設が最も費用対効果が高いことがわかった．検討案1の事業期間を8年とすると， $CBR_1=1.432$ となり検討案1の計画が空地を利用した検討案2（ $CBR_2=1.402$ ）より費用対効果が高くなることがわかった．

また本研究では，物的被害や人的被害のみで評価を行ったが，工場稼働停止などの経済被害や住民の心理的不安感なども考慮することで費用便益比の値は高くなると考えられる．

$$CBR_k = \frac{\sum_{j=tk+1}^{tk+50} p_t \frac{B_k}{(1+r)^j}}{\sum_{i=1}^{tk} \frac{C_{ki}}{(1+r)^i} + \sum_{j=tk+1}^{tk+50} \frac{C_k}{(1+r)^j}} \quad (3)$$

$$B_k = D_o - D_k \quad (4)$$

但し， CBR_k ：検討案kの費用便益比

P_t ：t年目に初めて地震が発生する確率

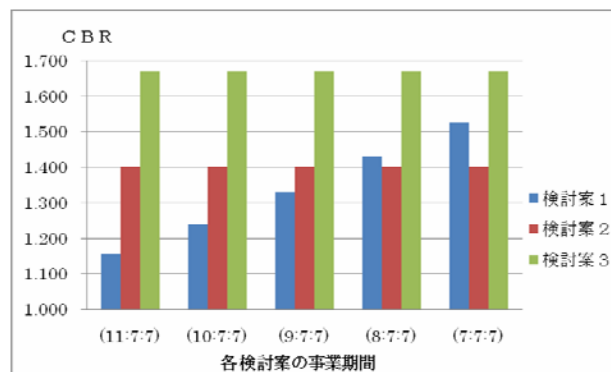


図8：事業期間の組み合わせ毎の各検討案のCBR値

B_k ：検討案kの事業を行った際の被害軽減額

C_{ki} ：i年の防災事業を実施した際の費用

r：社会的割引率

D_k ：検討案kの防災事業を実施した際の被害額

D_o ：防災事業を実施していない場合の被害額

t_k ：事業期間

C_k ：検討案kの防災事業を実施した際の維持管理費

5. まとめと今後の課題

本研究で行った各道路整備手法の比較分析により，検討案3の即効性のある道路新設が費用便益比1.669と最も高い結果となり，経済評価の視点から見た事業の優位性が確認できた．

また，検討案1の現道拡幅においては8年目で空地を利用した検討案2より事業が優位であることが確認できたが，建物移転件数などを考えると8年で整備を行うことは難しいと考える．その結果，空地を利用した道路新設が現道拡幅よりも優位であることが確認できた．

今後，住民の震災に対する不安感や2次的経済被害の定量的評価により，地区防災道路の便益のより完全な把握を行うことが課題である．

参考文献

- 1) 鈴木健吾：木造密集市街地における区画街路新設の防災性向上効果に関する研究
- 2) 都市防災実務ハンドブック編集委員会，『改訂 都市防災実務ハンドブック 震災に強い都市づくり．地区街づくりの手引き』，ぎょうせい，2005年
- 3) 「東京都防災都市づくり推進計画」<http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2004/03/70e3i102.htm>
- 4) 葛飾区役所都市整備部街づくり整備課，「堀切地区まちづくり基礎調査委託」 報告書，2005年
- 5) 建設省河川局(2005)，治水経済調査マニュアル(案)
- 6) 内閣府中央防災会議ウェブサイト，<http://www.bousai.go.jp/chubou/chubou.html>