

都市整備局・住宅政策本部業務体験発表会 (令和3年度) 概要書	
所 属	
発表テーマ	特定緊急輸送道路における通行機能の評価に関する検討
発表者氏名	
発表の概要	<p>【背景】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 地震直後から発生する緊急輸送などを円滑に行うため、高速道路や幹線道路などが<u>緊急輸送道路</u>として地域防災計画に指定されている ○ 緊急輸送道路の中でも、特に沿道建築物の耐震化を図る必要がある道路を<u>特定緊急輸送道路</u>として指定している。 ○ 建築物の耐震改修の促進のため、都は<u>耐震改修促進計画</u>を策定し、本計画において、特定緊急輸送道路沿道建築物に対する<u>耐震化率</u>を目標設定していた。 <p>【取組内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 特定緊急輸送道路は震災時に緊急輸送を円滑に行う目的であるが、耐震改修の進捗度を表す耐震化率では、震災時の通行機能がどの程度確保されているのか定量的な把握が難しく、どの路線が道路閉塞の可能性が高いのかといったことが分かりづらかった。そこで、震災時の緊急輸送道路の通行機能をよりの確に表す<u>到達率</u>を新たな指標として導入した。 ○ 到達率の導入に当たっては、どのように諸条件を設定すると震災時の通行機能をよりの確に評価することが可能か、<u>シミュレーション</u>を行いながら検討を重ねた。緊急輸送道路としての機能を確保するためには、他県からの緊急車両が任意の目的地に到達できることが重要であると考え、通行する道路の設定や建築物の倒壊方向、またどのような条件をもって到達可能と判断するのか検証した。 <p>【今後の展望】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 今回、特定緊急輸送道路にのみ到達率の概念を導入したが、実際の震災時には、緊急輸送道路全体を使用することが想定される。そのため、特定緊急輸送道路以外の緊急輸送道路である<u>一般緊急輸送道路</u>を含め、到達率を評価していくべきではないかと考える。

特定緊急輸送道路における通行機能の評価に関する検討

1 はじめに

政府は、「SDGs アクションプラン 2020」において、今後の 10 年を 2030 年の目標達成に向けた「行動の 10 年」とすべく、2020 年に実施する政府の具体的な取組を盛り込んだ。3 本柱の一つに「SDGs を原動力とした地方創生、強靱かつ環境に優しい魅力的なまちづくり」が定められており、その中で、強靱なまちづくりとして、「防災・減災、国土強靱化の推進、エネルギーインフラ強化やグリーンインフラの推進」、「質の高いインフラの推進」が言及されている。

また、近年、熊本地震や北海道胆振東部地震の大地震が頻発しており、特に東北地方太平洋沖地震（平成 23 年 3 月）は日本の観測史上最大のマグニチュード 9.0 を記録し、東北地方から関東地方に至るまで太平洋沿岸を中心に多くの人命が失われるなど甚大な被害をもたらした。都内においては、首都直下地震が今後 30 年以内に約 70% の確率で発生すると推定されており、大地震がいつ発生してもおかしくない状況である。

今回紹介する「緊急輸送道路」は、大地震発生時に救急救命の生命線となる幹線道路（約 2,000 km）であり、東京 2020 大会後の強靱で持続可能な都市をつくるための大きな役割を担っている。都は平成 23 年 3 月に、「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（以下「条例」という。）」を制定し、緊急輸送道路の沿道建築物の耐震化を推進してきた。緊急輸送道路のうち、特に沿道建築物の耐震化を図る必要があると認められる道路（約 1,000 km）を「特定緊急輸送道路」として指定し、全国で初めてとなる緊急輸送道路の沿道建築物に対する耐震診断を義務付けた。



図 1 主要幹線道路が閉塞される様子

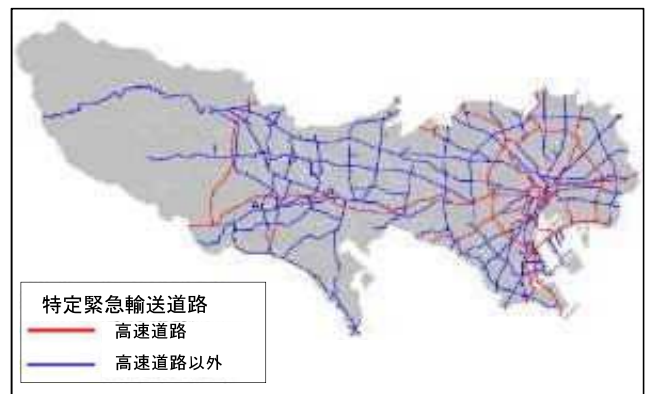
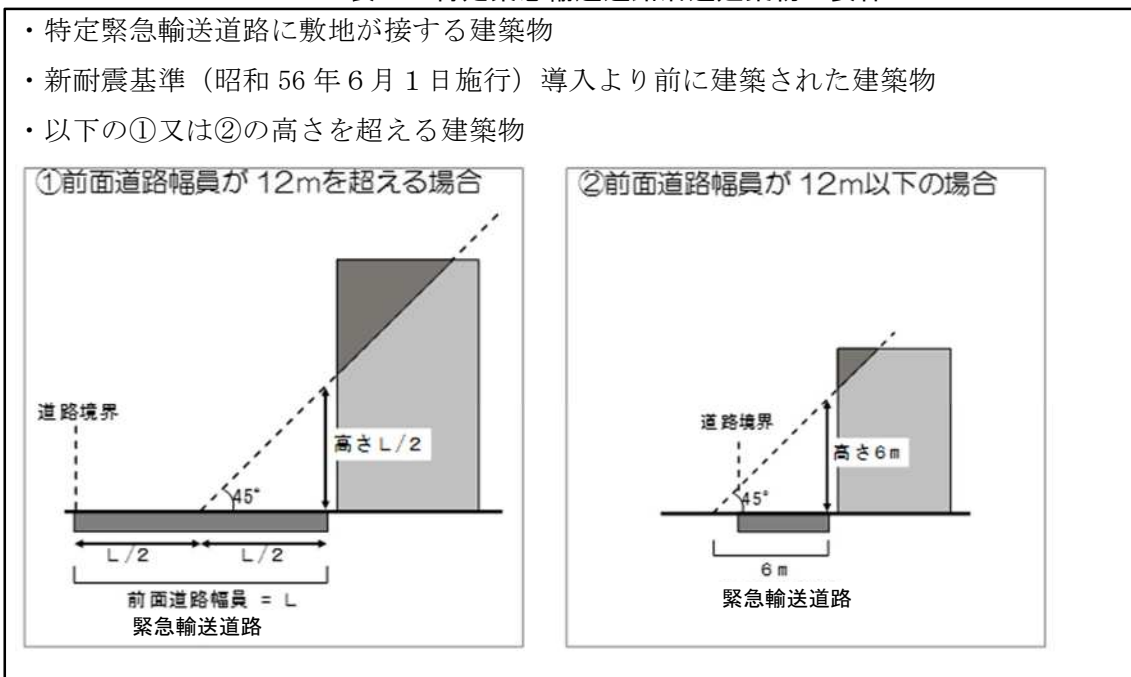


図 2 特定緊急輸送道路

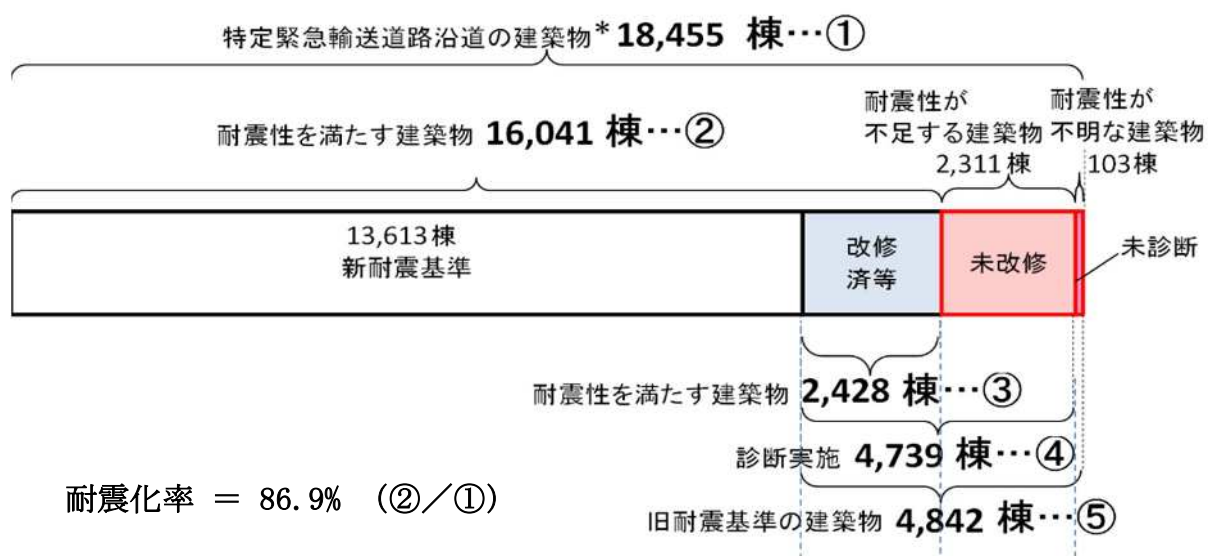
具体的には、以下三つの条件（表 1）全てに当てはまる建築物を特定緊急輸送道路沿道建築物（以下「特定沿道建築物」という。）と定めて、東京都耐震改修促進計画（以下「促進計画」という。）に位置付け、区市町村等と連携の上、都内の建物の耐震診断・耐震改修等の促進に取り組んでいる。

表 1 特定緊急輸送道路沿道建築物の要件



耐震診断の結果、建築物の地震に対する安全性を評価することができ、耐震性を示す指標である Is 値（非木造建築物）や Iw 値（木造建築物）を用いて、建物ごとの耐震性能が表示される。非木造建築物の場合、Is 値が 0.6 未満の建築物について、耐震性が不十分であるとしており、上記の高さ要件を満たす建築物のうち、耐震性を満たす建築物数を建築物数で除して得られた割合を耐震化率として、促進計画における目標設定の指標としてきた。

平成 28 年 3 月に改定した促進計画では、特定沿道建築物に対する目標を、令和元年度までに耐震化率 90%、かつ、特に倒壊の危険性が高い建築物（Is 値が 0.3 未満相当の建築物の解消）と設定し、耐震化事業に取り組んでいた。



* 特定緊急輸送道路に敷地が接しており、所定の高さを超える建築物

図 3 特定沿道の建築物の耐震化状況（令和 3 年 6 月時点）

従来、特定緊急輸送道路沿道建築物の評価指標として耐震化率を用いてきたが、耐震改修推進の程度を把握する上では優れているものの、実際にどの程度特定緊急輸送道路の通行機能が確保されているのか分かりづらいという課題があった。

そこで、当課では、強靱で持続可能な都市に不可欠な要素である緊急輸送道路の通行機能を的確に表すため、耐震化率に代わってある地点に到達できる可能性を表す到達率という新たな指標を導入した。本稿では、新しい指標を導入するに当たって、通行機能の評価に必要な条件設定等に様々な検討を要し、実際に取り組んだ内容や苦勞した点について紹介する。

2 新たな指標導入の目的と課題

耐震化率に代わり新たに到達率という指標を導入することの目的は、到達率を用いることで、実際にどの程度緊急輸送道路の通行機能が確保されているのかを評価することであった。このため、非常時の救急救命活動に使用すると想定される道路をより現実^{じじつ}に即した形で評価する必要がある。さらに、到達率は促進計画に位置付ける目標値として妥当な数値とするとともに、到達率という概念を都民にとって分かりやすく、理解を得られる指標にする必要がある。

3 通行機能の評価に係る取組

前章で挙げた目的を達成するために、都市防災の専門家等を委員とした検討会を行いながら、通行機能確保に係るシミュレーションや分析作業を行った。検討過程では、様々な条件設定の検討を行ったが、本稿では主に使用する道路と進入地点の設定に係る検証の取組を記述する。

3-1 通行機能評価の考え方

到達率の導入に当たって、既往の研究データから建物 I_s 値と建物倒壊確率の関係が判明しているため、仮想の地震を発生させて倒壊シミュレーションを実行することで通行可能性を評価しようとした。沿道建築物が倒壊する場合でも、余裕幅が6 m以上であれば緊急車両は通過できると考え、他県からの応援に来る車両が目的地まで到達できるのかを到達率と定義した。

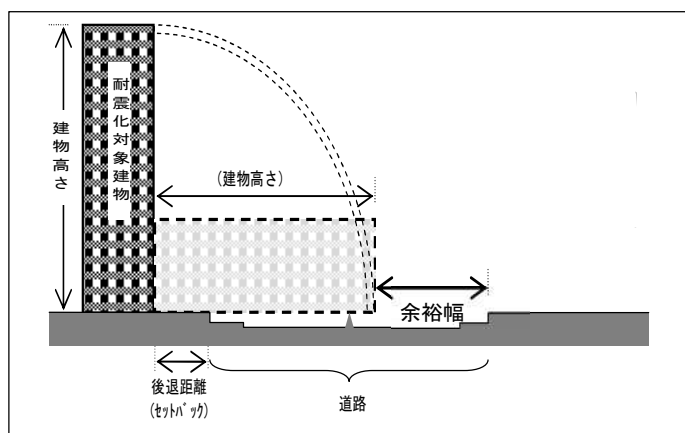


図4 建物倒壊と余裕幅の考え方

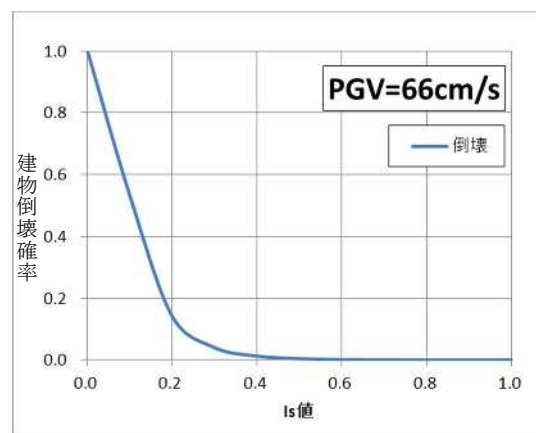


図5 I_s 値と建物倒壊確率の関係 (※)

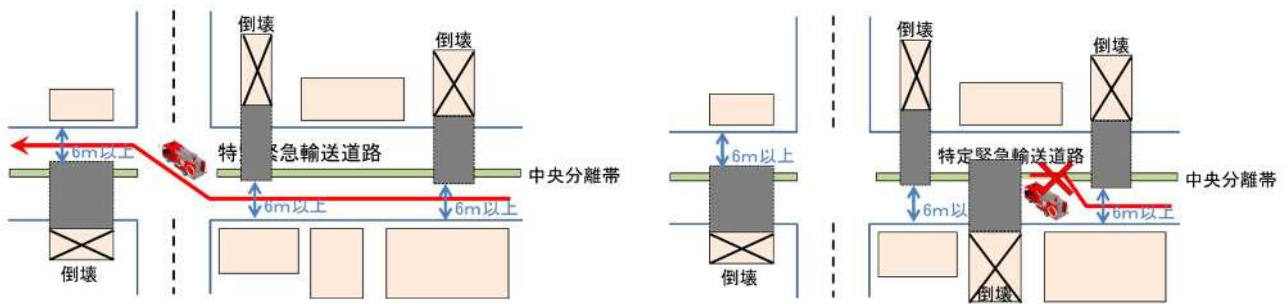


図6 緊急車両通行可否の判断

実際には、何千回とシミュレーションを行うことで、実際に地震が発生した際の緊急輸送道路の通行機能をよりの確に評価した。シミュレーションの設定条件として、地震強度や倒壊確率、緊急車両の通行可能幅員といったパラメータは既に適当なデータがあったため、これらを用いることができた。しかし、大地震発生時に使用する道路や都県境からの進入地点、建物の倒壊方向といった設定条件はシミュレーションに係る検討を行う中で、適切な条件となるよう決定していく必要があった。

3-2 使用する道路の設定にかかる検証

シミュレーションを行うに当たって、実際に地震が発生した際に使用する道路をどこの路線に設定するかが大きな議論として挙がった。そこでまず、促進計画上の緊急輸送道路の区分を整理した。

表2 促進計画における緊急輸送道路の区分

道路種別	特定緊急輸送道路	一般緊急輸送道路
促進計画上の位置付け	緊急輸送道路のうち、特に沿道建築物の耐震化を図るべき道路	特定緊急輸送道路以外の緊急輸送道路
H23年当初指定の考え方	地域防災計画上の第一次緊急輸送道路	地域防災計画上の第二次、第三次緊急輸送道路
耐震診断	義務	努力義務
耐震改修	努力義務	努力義務

表3 地域防災計画上の緊急輸送道路の区分とその目的

分類	目的	説明
第一次	都と区市町村本部間及び都と他県との連絡を図る。	応急対策の中枢を担う都庁本庁舎、立川地域防災センター、区市町村庁舎、輸送路管理機関及び重要港湾、空港等を連絡する輸送路
第二次	第一次緊急輸送路と救助、医療、消火等を行う主要初動対応機関との連絡を図る。	第一次緊急輸送路と放送機関、自衛隊や警察・消防・医療機関等の主要初動対応機関、ライフライン機関、ヘリコプター災害時臨時離着陸場候補地等を連絡する輸送路
第三次	主に緊急物資輸送拠点間の連絡を図る。	トラックターミナルや駅等の広域輸送拠点、備蓄倉庫と区市町村の地域内輸送拠点等を連絡する輸送路

まず、全ての道路をシミュレーションの対象とするかという議論があったが、実際の震災時には、通行可能な道路を使用すると想定されるが、地域防災計画において緊急輸送道路となっていない道路は、緊急車両の通行に必要とされる道路幅員 6 m に満たないものも多く、ここではシミュレーションを行う上での道路からは除外することとした。

次に、緊急輸送道路の中で、どの道路を対象とするかであるが、建物個々の I_s 値がわからないと、建物倒壊確率が求められないという問題があった。特定沿道建築物と異なり、一般緊急輸送道路沿道建築物（以下「一般沿道建築物」という。）は条例で耐震診断を義務付けておらず、実際に耐震改修を行う意向を持つ建物所有者でないと、なかなか耐震診断を実施してもらえないのが現状であった。そのため、一般沿道建築物のうち、 I_s 値が不明である建物は 5,403 棟中 4,139 棟と 4 分の 3 以上存在し、多くの沿道建築物で倒壊確率を求めることができないため、一般緊急輸送道路を使用する道路と設定し、シミュレーションを行うことは難しいという意見が挙げられた。

表 4 一般沿道建築物の耐震化状況（令和 2 年 6 月末時点）

総数	昭和 56 年以前の建築物			昭和 57 年以降の建築物	建築物数	耐震性を満たす建築物数	耐震化率
	耐震性あり	耐震性なし	耐震性不明				
5,403	1,084	180	4,139	19,044	24,447	20,550	84.1%

一方で、一般緊急輸送道路は、警察署や消防署等の地域の主要な防災拠点等を結ぶ路線であり、震災時の避難所や物資輸送の観点から重要な道路である。確かに、一般沿道建築物の I_s 値は不明なものも多く存在するものの、既にほとんどの建物で耐震診断が完了している特定沿道建築物の平均 I_s 値が 0.31 と判明していることから、一般沿道建築物における I_s 値不明建築物を I_s 値 0.31 としシミュレーションを行うことができるのではないかという意見もあった。特定沿道建築物と一般沿道建築物の違いは、前面道路が特定緊急輸送道路か一般緊急輸送道路の点のみであり、基本的にはいずれも幹線道路等の広幅員道路であることから、建物の用途や構造に大きな差異はなく、安全側に見積もって I_s 値を例えば 0.25 にすれば、技術上は緊急輸送道路全体で到達率のシミュレーションを行うことは可能と思われた。

こういった議論を重ね、最終的には、都民の理解を得るという観点から、従来の特定沿道建築物の目標指標としてきた耐震化率に代わる指標として到達率を導入する以上、一般緊急輸送道路を使用道路として設定すると新旧の目標設定の整合性を説明することが困難であることや、特定沿道建築物の耐震化に注力するには一般緊急輸送道路は含まずに目標設定した方が良いという結論に至り、シミュレーション上で使用道路は特定緊急輸送道路と決定することができた。

3-3 目的地への到達にかかる検証

(1) 都県境から進入するルート数の設定

大規模災害の発生時には、広域連携が必要かつ重要であると考えられており、都内だけで緊急輸送を完結することは不可能に近いと、他県から緊急車両が都内へ流入することを想定し、都県境

の進入地点を何か所と設定するかを検討した。まず、首都直下地震道路啓開計画の優先啓開ルート（高速道路8ルート）は重要であると考えた。

また、高速道路以外からの進入も考慮すべきとし、大地震時に第一次交通規制に指定されている一般道のルート（一般道5ルート）も追加した。これらだけだと、千葉方面から進入する道路が少ないため、千葉県側からの一般道によるアクセス道路（一般道1ルート）を加え、計14ルートを都県境からの進入路とすることを考えた。

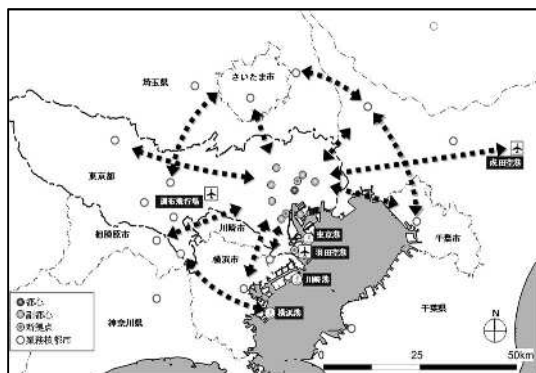


図7 非常時における他県との連携

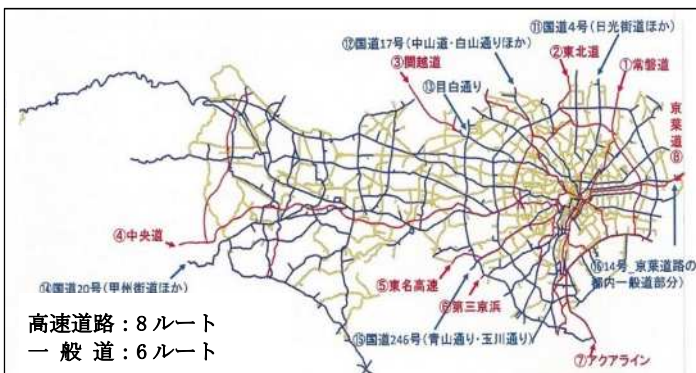


図8 都県境からの進入地点14ルート
高速道路：8ルート
一般道：6ルート

しかし、専門家を交えた検討会の中で、地震発災直後には、高速道路上の車両は全て追い出され、安全点検する時間があり、一般道も同様に安全点検され、啓開等の必要性も高いことが指摘された。この意見を受け、高速道路と一般道を区別せず、閉塞していない道路は全て使用することとした。実際、防災拠点によっては都県境にあるものもあり、震災時には14地点以外の最寄りの地点から進入の方が素直であると考えた。よって、特定緊急輸送道路が県境に接続している合計51か所を進入地点として整理することができた。

(2) 到達率の検証

次に、51か所の進入地点のうち、何か所以上から目的地へ到達できれば、緊急時に到達可能とするのかを検証した。ここでの目的地は、他県からの応援部隊が円滑に活動できる拠点となる地域防災計画で定められた59か所の大規模救出救助活動拠点（以下「活動拠点」という。）に限定することで、シミュレーションによる分析を容易にした。

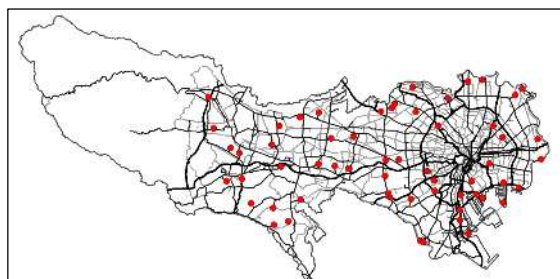


図9 大規模救出救助活動拠点59か所

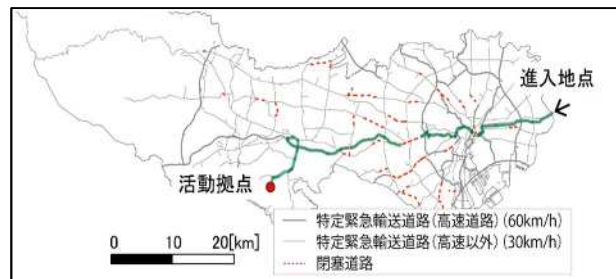


図10 活動拠点までの到達イメージ

まず考えられたのが、59の活動拠点それぞれについて、例えば1,000回のシミュレーションのうち何回到達できたかを算出し、平均的な到達率を出すという案であった。この案の場合、51か所全ての進入地点が考慮される一方で、都民の一般的な感覚として、この拠点には行けるかどうかは理

解しづらいという欠点があった。そのため、各活動拠点から見て、どこかの進入地点から到達できればいいと考えることにした。

しかし、少なくとも1か所の進入地点から到達できればよいことにすると、非常に危険である事例があった。例えば、活動拠点の1つである足立清掃工場は、埼玉県との都県境に位置している。



図 11 都県境に位置する足立清掃工場付近の特定緊急輸送道路

足立清掃工場の場合、特定緊急輸送道路である日光街道が近くに通っており、北側の埼玉県から進入すればすぐに到達できる。しかし、本拠点から東京都側に続く日光街道は非常に長い区間であり、この区間で道路閉塞の確率が蓄積されてしまう。シミュレーションの結果、埼玉県側からは到達可能だが、東京都側に抜けることができないことが判明した。



図 12 目黒清掃工場付近の行き止まり型の特定緊急輸送道路

また、目黒清掃工場の例では、本拠点の北側には目黒区役所があり、本拠点の近くを通る山手通りは区役所までが特定緊急輸送道路となるため、シミュレーションを行う上では区役所で行き止まりとなってしまいます。少なくとも1か所の進入地点から到達できればよいと考えたとしても、50%に満たない低い到達率となることが分かった。

これらの事例を踏まえ、51か所の進入地点のうち、何か所以上から到達できればよいかを検証することとした。ここでは、N箇所以上の進入地点から各活動拠点にたどり着ける場合に到達可能とみなし、拠点別の進入地点数Nと到達率の相関グラフを作成した。

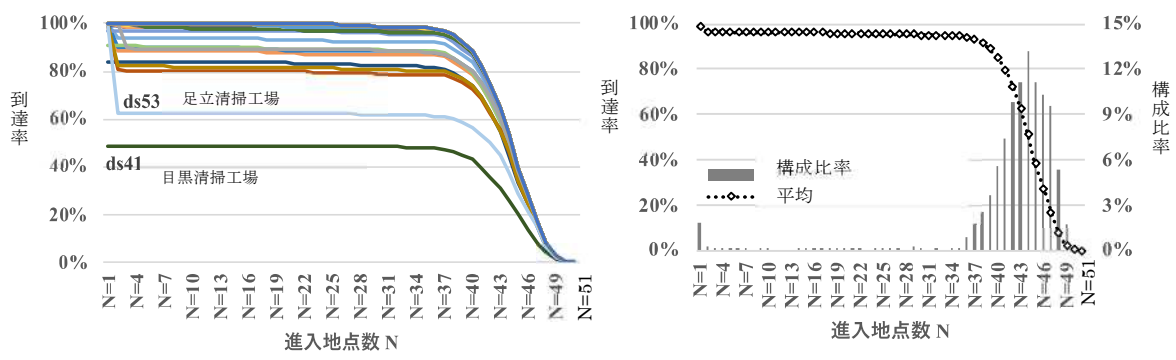


図 13 左) 到達率 (拠点別)、右) 59 か所の活動拠点への平均到達率

さらに、59か所の活動拠点への平均をとったグラフを作成することで、具体的にNをいくつに設定するか活発に議論を行うことができた。グラフから、Nが34あたりから到達率が急激に下がることが分かり、全ての進入地点から到達可能とするN=51は現実味がないことが明らかとなった。世論形成の部分で、Nが小さすぎると緩すぎる設定となり、Nが大きすぎると目標として現実味のないものになってしまうことを考慮し、半数以上から進入できればよいとすると都民感覚として理解しやすいのではないかと考えた。そこで、51地点の過半であるN=26を提案するとともに、N=26で到達率が90%以下になってしまう活動拠点をまとめた。

表 5 各活動拠点への到達率と平均値

活動拠点	少なくとも1か所から到達できる確率 (N=1)	過半から到達できる確率 (N=26)
都立木場公園	100%	99.7%
都立舎人公園	100%	99.7%
...		
北清掃工場	99.0%	82.1%
足立清掃工場	100%	66.1%
目黒清掃工場	45.2%	44.9%
全59か所	平均 98.5% (平均4か所)	平均 96.4% (平均以下7か所)

分析の結果、一部の到達率の低い拠点を除き、各拠点までおおむね到達できることを確認できた。また、N=26の平均到達率は96.4%であったが、平均以下7拠点はいずれも90%以下であり、50%に満たない目黒清掃工場のように、到達率の低い一部の拠点が全体の平均値を引き下げていることが分かった。こういった到達率の低い拠点を100%まで上昇させることは、計画目標としては現実的でなく、かえって都民の耐震化意欲を削ぐおそれもあった。

そこで、到達率を区間ごとの通行機能を表す区間到達率と、区間到達率の平均値に相当する道路網全体の通行機能を表す総合到達率という二つの指標で表すこととし、区間到達率 95%未満の解消及び総合到達率 99%以上を計画目標とすることで、都民の理解を得ることのできる目標設定とすることができた。

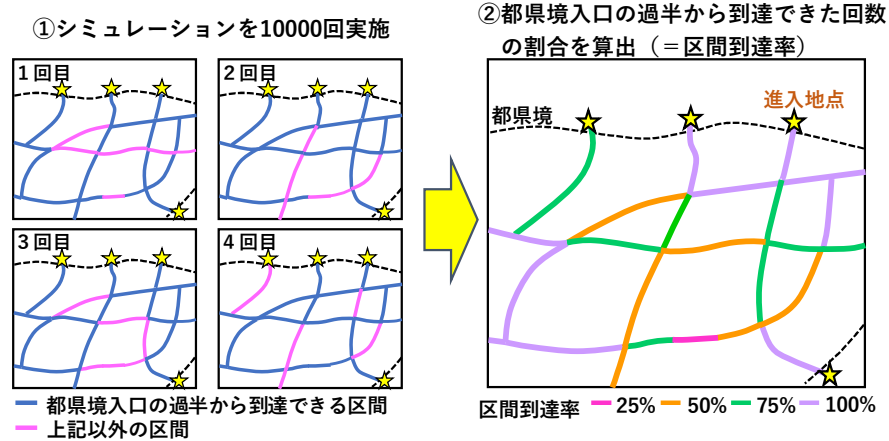


図 14 区間到達率の算出イメージ

4 到達率の導入による効果

こうして、耐震化率に代わる到達率の概念を導入したことにより、耐震性があると判断される建物 I_s 値 0.6 以上とまらない段階的な改修工事であっても、 I_s 値が上昇することによる建物倒壊確率の低減を到達率に反映し、通行機能を定量的に評価することが可能となった。

また、シミュレーションを基にした分析により、ランダムに耐震化を図るよりも、 I_s 値の小さな建物から順番に改修を行う方が、より短い期間で到達率を上昇させることが明らかとなった。この結果を受け、建物 I_s 値を 0.3 以上にする耐震改修工事に対する助成制度を昨年度から開始する等、耐震化の促進策につなげることができた。

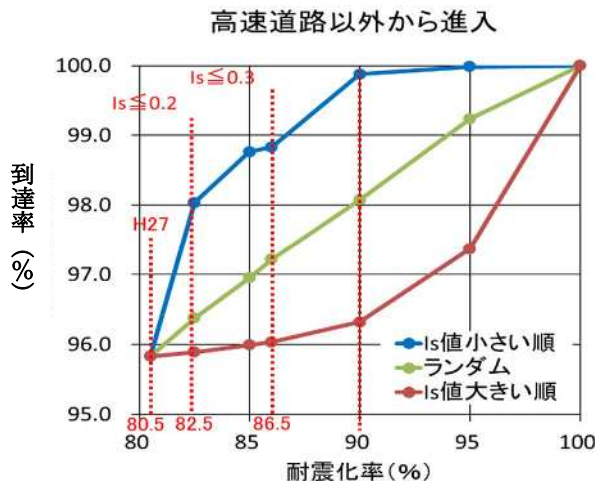


図 15 耐震化率と各活動拠点への到達率

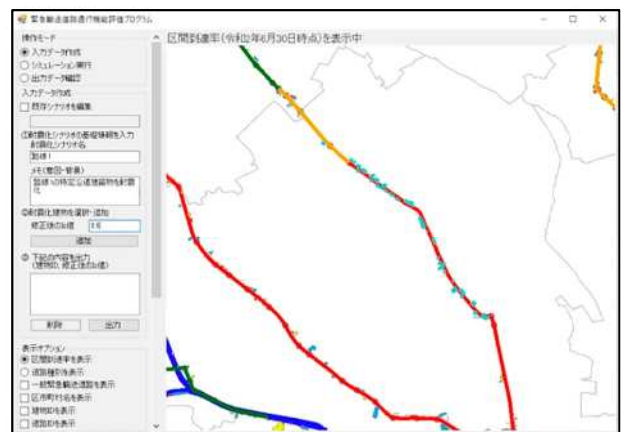


図 16 シミュレーションアプリ

さらに、区市町村による促進計画の策定を支援するため、専門家と共同でシミュレーションアプリを開発した。本アプリを取扱説明書と合わせて配布することで、どの建物の耐震改修を行えば、区間到達率がどの程度改善するか等、ボトルネック路線の可視化を区市町村で行うことが可能となった。

5 今後の展望

今回のシミュレーションに当たっては、便宜上特定緊急輸送道路を使用する道路に設定したが、実際の緊急時には一般緊急輸送道路の通行も想定されるため、今後一般沿道建築物の耐震化を加速していく中で期待される建物 I_s 値の把握により、緊急輸送道路全体でシミュレーションを行うことが可能となり、よりの確に通行機能を評価することができるようになると思う。

前面道路側に倒壊する確率 $1/4 \times$ 安全率 $2 = 1/2$

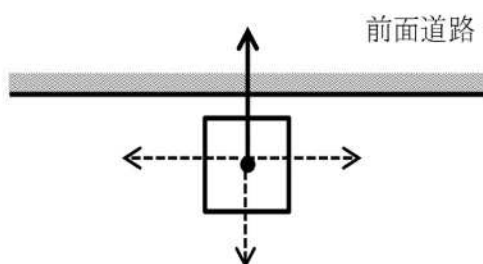


図 17 建物倒壊方向の考え方

また、建物の倒壊方向について、2分の1の確率で道路側に倒れると設定したが、過度に安全側の想定をすることにより、深刻な道路閉塞の危険性が、それほど深刻ではない道路閉塞の危険性の中に埋没してしまい、耐震化推進を図る上で重要な情報を見失う危険性がある。耐震診断を実施すれば建物の階ごとの X 方向、Y 方向の I_s 値が分かり、地震に対する脆弱な箇所が特定できるため、倒壊確率を 4 方向ごとに算出することは可能と思われる。

さらに、本シミュレーションでは、進入地点から目的地までの所要時間に関して、最短距離での所要時間を 1 としたとき、到達可能である活動拠点にはほとんどの場合で 1.1 や 1.2 程度で到達できるため、所要時間はパラメータとして採用しなかった。しかし、実際の災害時には 1 分 1 秒を争う緊急事態が都内各地で発生することが想定され、どれだけ早く被災箇所^{被災}に到達できるかは非常に重要な要素である。そのため、たとえ目的地に到達可能な場合でも、たどり着くまでに一定以上の時間を要する進入地点は除外するといった、所要時間も設定条件に入れたシミュレーションを行うことができると、よりリアリティのある検証が可能になると考える。

6 おわりに

本事業は、首都直下地震の切迫性が指摘される中、都民の生命と財産を保護するとともに、災害に強い東京を実現することを目的としており、東京 2020 大会後の強靱^{じん}で持続可能な都市の実現に貢献するものである。

引き続き、区市町村と連携しながら所有者への個別訪問等の働きかけや助成制度の周知を実施するとともに、これまでの耐震化事業の整理や分析を行い、今後の更なる促進策を検討し事業に反映させることで、特定沿道建築物のみならず、一般沿道建築物も含めた耐震化事業を一層加速させ、いつ起こるかかわからない大地震に備え、本事業の推進を図っていく

各地で地震が頻発する中、東京の防災対応力の強化を図り、たとえ大地震が発生したとしても、救急・救命活動や緊急支援物資の輸送を円滑に行い、首都機能を維持することのできる強靱^{じん}で持続可能な大都市東京の更なる発展に貢献していけるよう、本業務の中で学んだ内容をいかし、今後も耐震化事業に取り組む所存である。

7 参考文献

※ 林 康裕ほか「耐震診断結果を利用した既存 RC 造建築物の地震リスク表示」(地域安全学会論文集(2)、2000 年 11 月) 235-242 頁。