

2. 6 発災時の大都市機能の維持

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 「発災時の大都市機能の維持」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東京大学大学院	教授	廣井 悠
国立研究開発法人防災科学技術研究所	副部門長	中村 洋光

(c) 業務の目的

南海トラフ巨大地震は国難ともいべき災害であり、このような状況下で東京・名古屋・大阪などの大都市機能を維持することはとりわけ重要である。特に長周期地震動の影響がある首都圏は、政治・経済・報道などを代表とする中枢管理機能が集中しており、例えば高層ビルなどの被害は首都機能維持や国全体としての災害対応そのものに少なくない影響を及ぼすと考えられる。しかしながら、平時に極めて高度かつ複合的に設計されている大都市は、一たび突発的な災害が発生した際、どの程度・どういった形で都市機能が喪失するかは詳らかにされていない。他方で今後はあらゆるものにセンサが埋め込まれ、モニタリングが可能なスマートシティ時代を迎える緻な即時的予測は技術的に可能となりつつあり、これを災害対応に運用するための社会技術が求められる。具体的には、大規模災害時に都市機能の喪失に至らないための復旧オペレーションを、その災害の特徴を踏まえた形で発災直後に示すことも可能になるものと考えられる。

本研究では、このようなスマートシティ時代における新しい防災対応手法の確立もにらんで、「都市機能の維持」に必要な対策をリアルタイムで抽出するための研究を、首都圏を対象として行う。研究の手順としては、①大都市における災害シナリオをダイナミックに自動生成する仕組みを構築し、②これを基に都市機能を維持するための対応タイムライン作成手法を確立する。このうち災害シナリオの自動生成技術は、分担者責任者が開発している、定性的被害予測技術を用いる。この技術は、これまでの災害教訓から得られる膨大な災害事象の網羅的な因果データベースを機械学習を用いて構築し、それを利用して近い将来に起こりうる災害事象をリアルタイムで抽出するものであり（イベントツリー・タイムラインの形）、本研究プロジェクトではこれを援用して「大都市機能の維持」に焦点を絞った検討を行う。研究の後半では社会への実装を図るが、ここでは2(g)で開発する地震防災基盤シミュレータによる長周期地震動対策を対象とし、長周期地震動が大きく影響を与える都市機能として、超高層ビル等の被害（エレベータ障害等）に着目して、モデル地域における復旧状況をシミュレーションする手法を開発し、都市機能を守るための大都市圏ならではの復旧オペレーションの検討を実施する。

(d) 5か年の年次実施計画

1) 令和2年度：

『災害シナリオ自動生成』に関する事象因果データベースを拡充した。長周期地震動

とエレベータ障害・復旧過程の事例を調べた。

2) 令和3年度：

災害シナリオのダイナミック自動生成技術の検討を行った。エレベータ障害、復旧過程を模擬する手法の検討を行った。

3) 令和4年度：

実災害を対象としたWSに基づく改良シナリオの検討を行った。モデル地域でのエレベータ障害、復旧の試算の検討を行った。

4) 令和5年度：

高層建築物エレベータの詳細復旧オペレーション手法の検討を行う。

5) 令和6年度：

高層建築物エレベータについて、大都市復旧マニュアルの検討を行う。

(e) 令和4年度業務目的

令和3年度に開発した都市機能の復旧に関する災害シナリオデータベースを用いて、定性的将来予測システムを構築する。さらに、首都圏におけるエレベータの復旧計画を具体的な対象として、令和3年度に開発した「災害シナリオのダイナミック自動生成技術」を検証するために、実際のデータを用いて試算を行う。具体的には、実際の災害を対象として、あるいはワークショップなどで専門家や行政職員の指摘を受ける。また、2(g)による長周期地震動のデータを用い、モデル地域に対してエレベータ障害復旧過程を試算する。

(2) 令和4年度の成果

① 災害事象因果データベースの拡充

(a) 業務の要約

本業務では、令和3年度に開発した都市機能の復旧に関する災害シナリオデータベースを用いて、定性的に災害現象を将来予測できる予測システムのプラットフォームを構築した。これは、災害シナリオのダイナミック自動生成技術をベースとして、オンラインのワークショップで新たな因果を肉付けすることが可能なものである。また、2e(名古屋大学グループ；発災時の企業の事業活動)とも連携し、3月に開催したワークショップでこのシステムを利用し、使い勝手等の指摘を参加した専門家や行政職員から受けた。

(b) 業務の実施方法

本業務は、災害シナリオをバックキャスティングから作成する方法のひとつとして、自然言語処理を用いて新聞記事から災害事象とその因果関係を機械的に抽出し、災害連関図(cascading disaster network)の作成を試み、これにこれまで経験していない因果連鎖等も肉付けしたうえで、災害シナリオ自動生成技術の基盤とすることを目指している。このうち、今年度は①定性的に災害現象を将来予測できる予測システムのプラットフォームを構築、②構築したシステムを利用してワークショップを開催する、の2点を行うことで業務を実施した。②の検証については、実際に発生した

災害を対象とする予定であったが、外部評価等で指摘された研究グループ間での連携の必要性なども考慮し、臨時情報を対象としたハイブリッドワークショップを行った。

(c) 業務の成果

今回構築した災害シナリオ自動生成技術の基盤システムは、ハイブリッドでのワークショップに対応したものである。ここでは、自動的に因果連鎖を抽出する作業をおこなったのちに、この成果物に人の手で新たな因果を加えることが可能となる。ここでは、本システムを検証する目的で、サブ課題 2e（発災時の企業の事業活動）と連携してワークショップを行った。ここで得られた成果を図 2-6-①-1 に示す。ワークショップで得られた具体的な内容は、サブ課題 2e（発災時の企業の事業活動）報告書の該当部分を参照されたい。

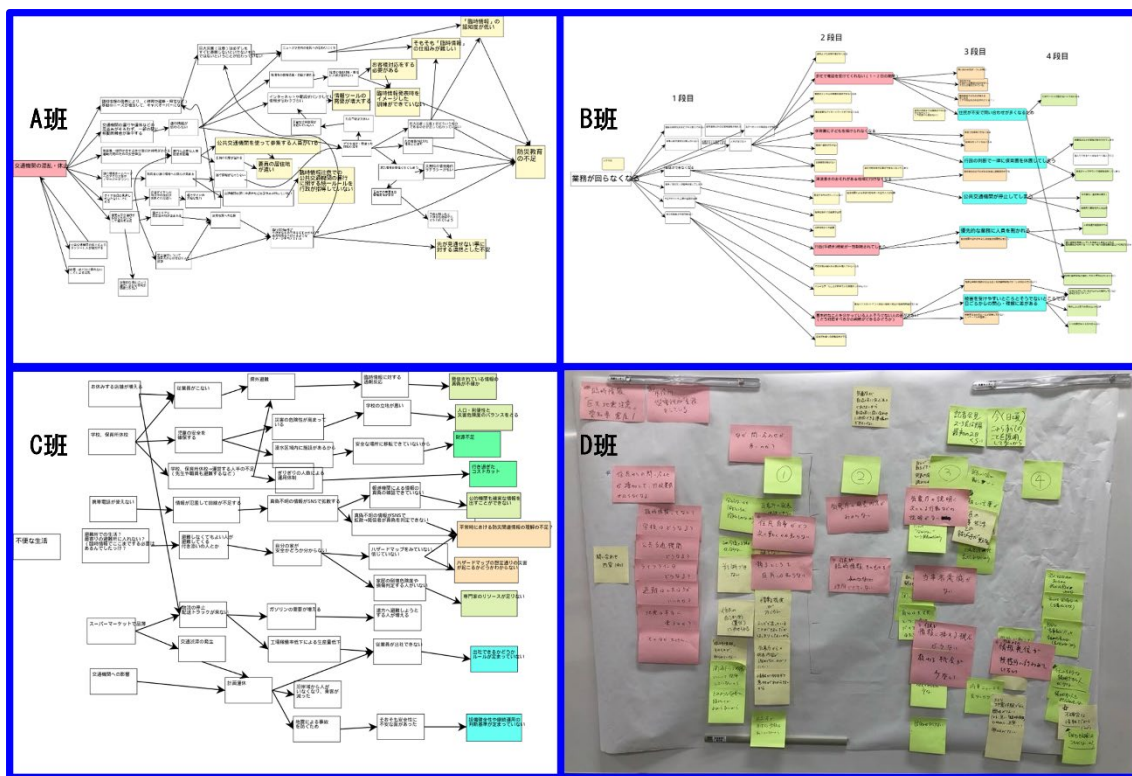


図 2-6-①-1 オンラインワークショップの成果（図 2-5-⑤-3 の再掲）

上記のように、本研究で構築したシステムを用いたオンラインワークショップを 20 名で行ったが、問題なく利用することができた。また、このシステムの特徴的な点は、直感的に因果連鎖を作り出すことができるのみならず、作成した因果連鎖図から自動的に因果関係を示す行列を抽出することができる。このため、ワークショップの結果をアーカイブ化することが容易となる。

(d) 結論ならびに今後の課題

上記のように、本年度は新聞記事などを用いて自動的に因果連鎖を抽出する作業に、ワークショップなどを用いて因果連鎖に新たな因果を加えるための方法論およびシステムを開発し、検証を行った。ワークショップでは、チャット機能の必要性や20人以上の負荷テストなどの必要性が参加者から寄せられたため、この点の改善等が今後の課題となる。

(e) 引用文献

なし

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

なし

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

②高層建築物のエレベータ復旧オペレーション

(a) 業務の要約

本課題では、特に長周期地震動による被害を受けやすい超高層ビル等のエレベータ障害に着目し、都市機能を守るために望ましいエレベータ復旧オペレーション方針を検討することを最終目標としている。今年度は、前年度に構築した、地震発生時からエレベータ障害の復旧に至るまでのシミュレーションの各要素に、より現実の復旧過程に近づけるための改良を行った。また、サブ課題2(g)と連携して、震源の違いを反映して選択した3つの地震動レベル、4つの地域の建物・エレベータ障害のサンプルを作成し、10の復旧方針を組み合わせた120ケースの中から代表的な18のケースを選定して復旧シミュレーションを実施した。実施項目・方法は以下の通りである。

(b) 業務の実施方法

1) エレベータ復旧シミュレーション手法の改良については、地震発生時からエレベータ障害の復旧に至るまでのシミュレーションに必要なモデル構成要素のうち、下記の(1-a)から(1-c)の3点の改良、機能拡張を行った。

(1-a) 専門技術者（復旧対応者）巡回の高度化と復旧計画の更新

(1-b) 復旧時間評価の高度化

(1-c) 対象領域の拡大

2) 多様な災害シナリオ・復旧方針下でのエレベータ復旧過程の数値シミュレーションについては、首都圏における長周期地震動を考慮したエレベータ障害を模擬するために、対象地域を定めて、高さ 60m を越える超高層建物とそれ以外の中高層建物についてそれぞれの建物被害、エレベータ障害の評価方法の詳細を定めた。また、サブ課題 2 (g) から提供された 83 のシナリオから 3 つの災害シナリオを選び、被害程度を評価してエレベータ障害を模擬した。その際、2011 年東北地方太平洋沖地震に相当する揺れを想定したケースで、当時の首都圏のエレベータ障害と概ね同等の被害となるように評価に用いるパラメタを調整した(2-a)。また、選択した災害シナリオに対して、復旧拠点の位置や復旧作業員などの復旧資源、優先順位を決める要因などをさまざまに設定して組み合わせを考え、代表的な 18 のケースについて、1) で改良したモデルを用いてエレベータ障害復旧過程の事例解析を行った(2-b)。さらに、震源断層モデル、地域性、復旧方針のそれぞれの観点で復旧過程を比較して、望ましい復旧方針について考察した(2-c)。

(c) 業務の成果

1) エレベータ復旧シミュレーション手法の改良

前年度までにモデルの動作検証と被害規模を任意に与えて復旧戦略の違いによる傾向を分析する目的で復旧シミュレーションするプロトタイプモデルを試作した。今年度は、南海トラフ地震の広帯域強震動シミュレーション手法により得られた地震動を用いて、戦略・方針を設定して建物の復旧優先順位と専門技術者巡回の順路を計算し、首都圏でエレベータの復旧シミュレーションを実施するため、建物・エレベータ障害の評価を詳細化する必要があり、次の(1-a)-(1-c)に該当する部分モデルを改良、機能拡張を行った。

(1-a) 専門技術者（復旧対応者）巡回の高度化と復旧計画の更新

前年度のシミュレーションモデルでは、各復旧対応者は発災直後に作成された各作業日の計画に正確に基づいて復旧作業を遂行する仮定のもとで計算していた。しかし、実際には予想外の事態や周辺の被災状況により、予定されたエレベータ復旧作業が完了しないこともあり、その場合、翌日以降の復旧計画に反映し、再度割り当てされると考えられる。

これを踏まえ、今年度は、復旧対応者が一日に作業可能な時間の制約を新たに導入することで時間内に巡回できない状況を考慮し、各作業日の復旧計画は前日までの成果に基づいて毎日更新できるようにモデルを改良した。図 2-6-②-1 にシミュレーションモデルの動作に加えた今年度の改良点を示す。昨年度と同様、シミュレーションモデルの動作は現行のエレベータ保守会社による復旧体制を反映している。

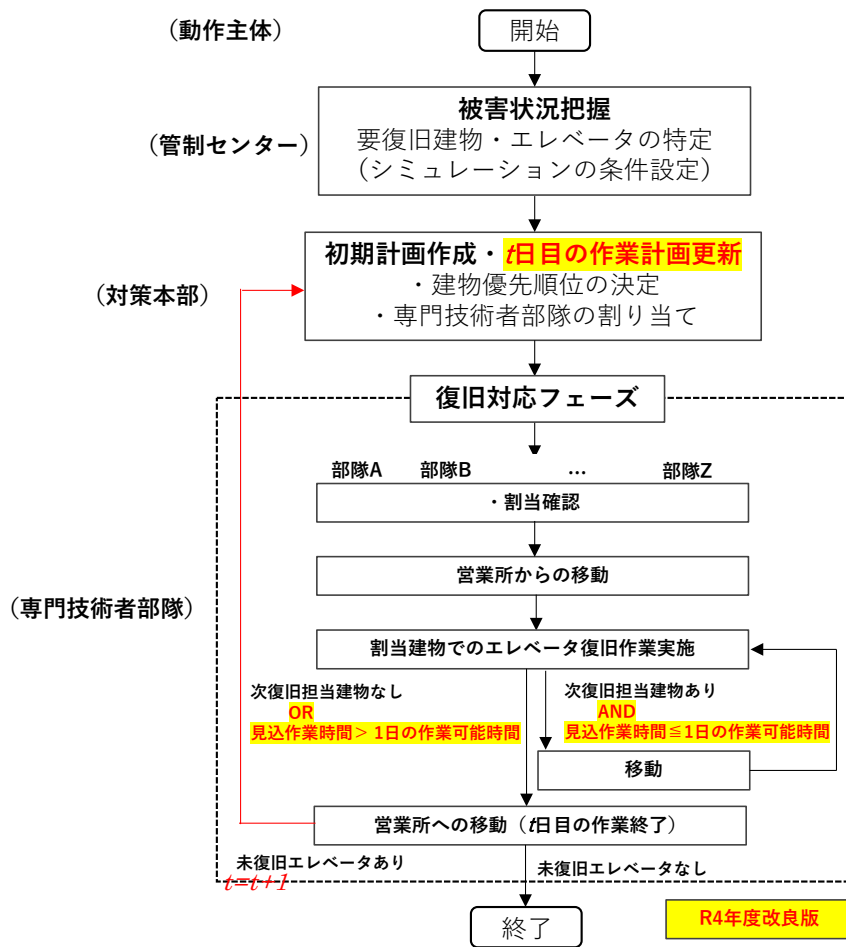


図 2-6-②-1 復旧シミュレーションモデルの動作とモデル改良点

(1-b) 復旧時間評価の高度化

前年度は、被害規模と被害発生建物を任意に設定し、エレベータの障害モードは全て地震感知器の作動による「非常停止」と仮定して、障害一台あたり一律の復旧作業時間を割り当てていた。今年度は、地震動評価に基づく地震動指標を用いて、表 2-6-②-1 に示すように、地震動の短周期成分と長周期成分別に、建物・エレベータの振動特性に応じた障害の有無を評価し、障害モードごとに復旧時間を設定できるようにした。

表 2-6-②-1 復旧シミュレーションで考慮するエレベータの障害モード

判定に用いる地震動指標	障害の種類	障害モード
加速度指標 (例：地表最大加速度 PGA または加速度応答スペクトル値 $S_a(T)$)	大きな地震外力の作用によるエレベータ障害	非常停止 (要復旧)
		故障・損傷 (要復旧)
長周期地震動指標 (例：速度応答スペクトル値 $S_v(T)$ または長周期地震動階級)	長周期地震動によるエレベータ障害 (建物高さ 120m 超)	非常停止 (要復旧)
		故障・損傷 (要復旧)

あわせて、エレベータ障害の発生率の算定に用いる被害関数を、図2-6-②-2、図2-6-②-3にそれぞれ示す。2011年東北地方太平洋沖地震における東京都の被害率（東京都で約2%）、同じく長尺物（ロープ）類の被害率（約0.7%）に整合するように調整した。

都道府県別調査完了台数に対する被害率

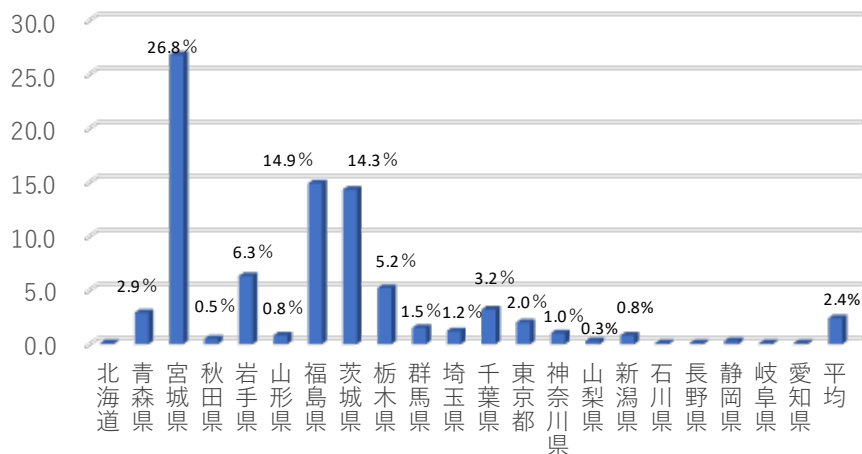


図2-6-②-2 2011東北地方太平洋沖地震におけるエレベータの都道府県別被害率（文献¹⁾をもとに作成）

長尺物被害率

(全2125件)

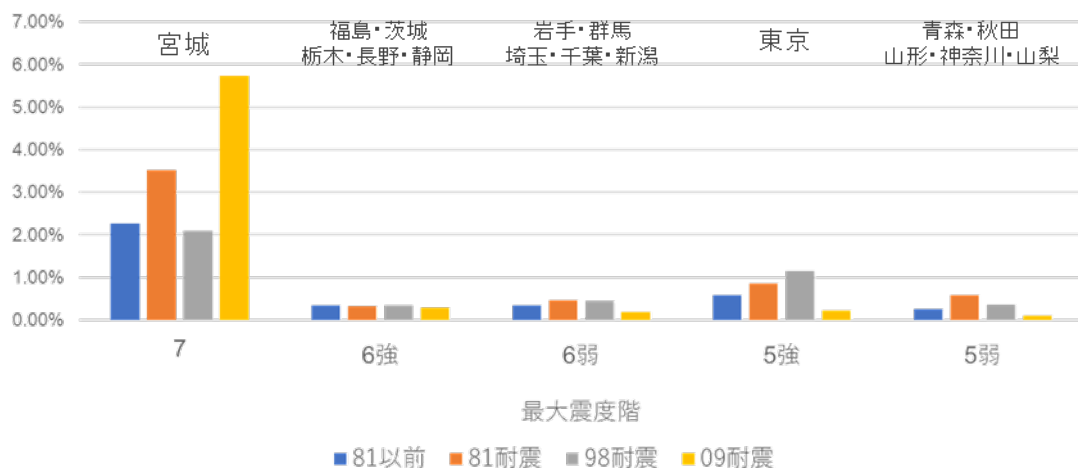


図2-6-②-3 2011年東北地方太平洋沖地震における長尺物被害率の詳細（文献^{1), 2)}をもとに作成）

また、図2-6-②-4に示すように、エレベータ障害を非常停止と故障・損傷に区別して被害サンプルを作成するようにした。

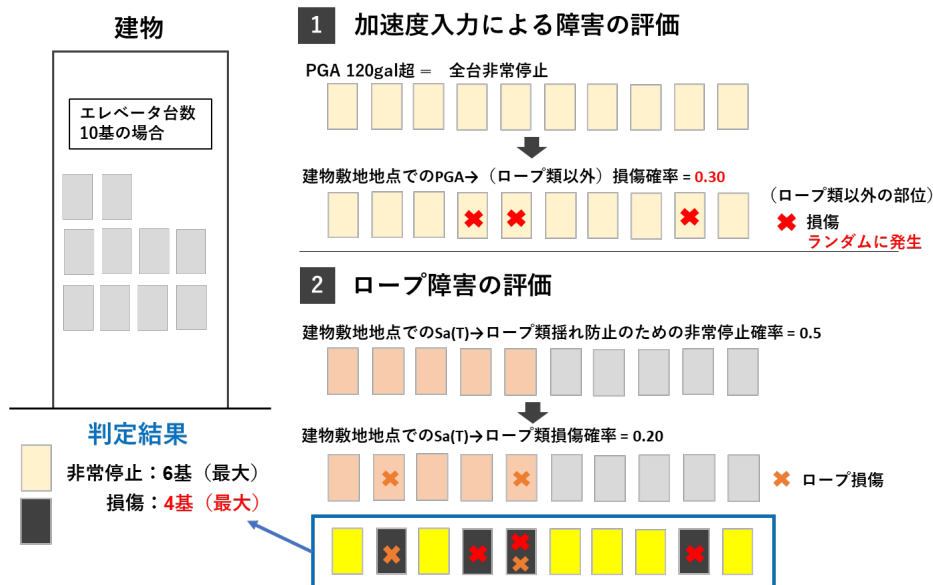


図 2-6-②-4 建物のエレベータ障害設定方法

(1-c) 対象領域の拡大

前年度は、復旧対応を行うエレベータ保守会社の対象地域内でのサービス拠点（営業所・管轄支社等）を参考に派遣拠点を決定し、一つの営業所規模に相当する地理的領域と建物棟数をシミュレーションの一単位として計算していた。今年度のモデルでは行政区単位でシミュレーションを行うため、異なる保守会社のサービス拠点を想定した複数の派遣拠点を設定し、並列作業により復旧過程を再現できるように改良した。

2) 多様な災害シナリオ・復旧方針下でのエレベータ復旧過程の数値シミュレーション

震災時の建物被害・エレベータ障害の望ましい復旧方針の検討を、(2-a) 首都圏における長周期地震動を考慮したエレベータ障害の模擬、(2-b) エレベータ障害復旧過程の事例解析、(2-c) 復旧過程の比較と望ましい復旧方針の考察、の手順で実施した。各段階で得られた知見を以下に記す。

(2-a) 首都圏における長周期地震動を考慮したエレベータ障害の模擬

東京都 23 区内のうち超高層建物棟数が多い行政区 4 区（港区、千代田区、中央区、新宿区）を対象地域として、南海トラフ地震の多様性を踏まえた震源断層モデルによる地震動評価結果に対して、建物被害、エレベータ障害を模擬した。エレベータ障害はモード（停止・故障等）別に評価した。震源断層モデルは、強震動計算用震源断層モデル（83 ケース）から、都市機能被害やエレベータ障害の様相が特徴的な 3 ケースを選択した。83 ケースの地震動レベルの比較を図 2-6-②-5 に示す。選択した 3 ケースの震源断層モデルを図 2-6-②-6 に示す。選択したモデルについて、都心部での被害規模が小さいものから、L1、L2、L3 と称することにした。L1 は全震源断層モデルの中でも都心部の影響が小さい西側半割れのケース、L2 は都心部への影響が短周期・長周期成分ともに 2011 年東北地方太平洋沖地震時の都心部の揺れと同程度である東側半割れ・破壊開始点 h05 のケース、L3 は全震源断層モデルの中でもっとも都心部の影響が大きい東側半割れのケースである。

また、評価建物は、エレベータ設置義務に関する条例・基指針³⁾を参考に、各地方自治体で一般的にエレベータ設置義務を定めている建物階数4以上とした。建物や設置エレベータ属性は、ゼンリン建物ポイントデータ(2020年版)⁴⁾を用いて設定し、加えて、高さ60mを超える超高層建物については、2019年度版東京都建築統計年報を基に、建物の高さ・竣工年・構造種別等の詳細情報を紐づけた。

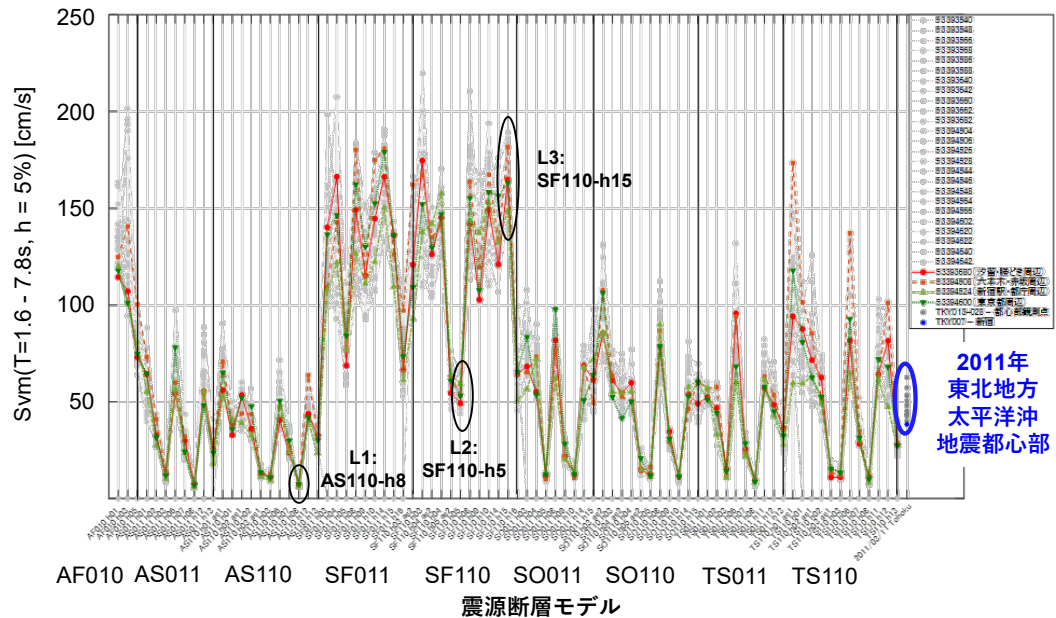


図2-6-②-5 例題ケースの地震動レベルの比較

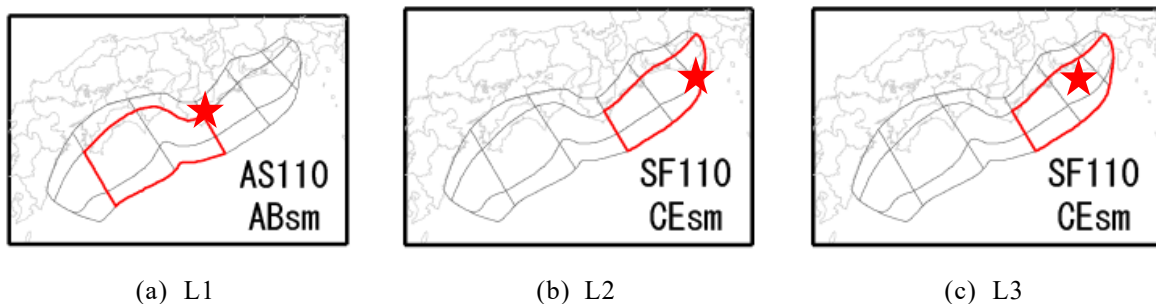


図2-6-②-6 エレベータ復旧シミュレーション例題ケースの震源断層モデル

以上の条件のもと、建物被害のサンプルは、超高層でない建物の被害確率は文献⁵⁾の全半壊被害関数を用いて算定し、超高層建物の被害確率は文献⁶⁾の手法で最大層間変形角が1/100以上になる確率として算定した上で、ランダムサンプリングにより作成した。また、エレベータ障害のサンプルは、各障害モードの発生率を表2-6-②-1に示す指標を用いた被害関数で算定し、図2-6-②-4に示す方法で作成した。図2-6-②-7にサンプリングした例を示す。

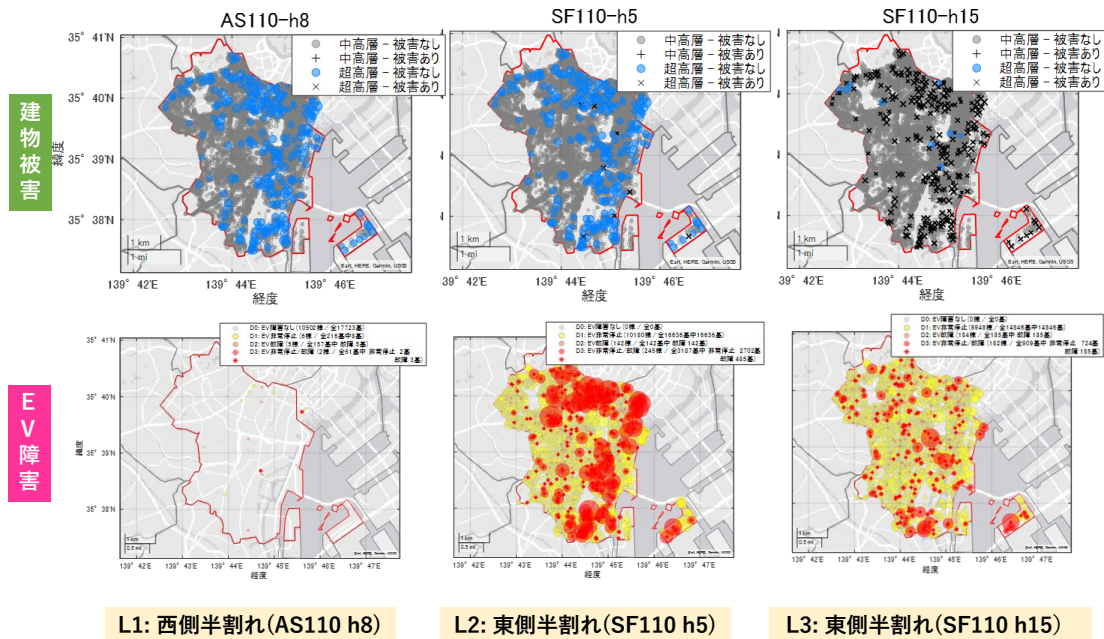


図 2-6-②-7 南海トラフ地震の震源パターンから選定した被害規模別の被害のサンプル

(2-b) エレベータ障害復旧過程の事例解析

(2-a)で作成したエレベータ障害のサンプルに対して、様々な復旧戦略下の復旧をシミュレーションして、復旧進捗率を定量的に評価した。対象ケースは、(a) 対象地域 4 ケース、(b) 災害シナリオ (被害規模 3 ケース)、(c) 復旧方針・戦略 10 ケース) を組み合わせた 120 ケースのうち代表的な 18 ケースとした。

その際、被害規模が小さい L1 は、復旧方針に関わらず一両日中に全エレベータが復旧、逆に L3 では、建物被害が多数生じてエレベータ復旧だけを急いでも都市機能の維持につながらないと判断して、L2 について、さまざまな復旧方針・戦略ケースを検討した。

また、復旧方針・戦略は、建物の優先順位を決定する復旧優先指標として、5つの指標 (建物階数 (階数が多い建物ほど優先度高)、建物延床面積 (広い建物ほど優先度高)、要復旧 EV 台数 (復旧が必要なエレベータ台数が多い建物ほど優先度高)、EV 最大利用人数 (一時にエレベータを利用する人数が多い建物ほど優先度高)、営業所からの距離 (営業所から近い建物ほど優先度高)) として、その各々に対して、(一社) 日本エレベーター協会が提唱する ⁷⁾、1 ビルにつき 1 台のエレベータを復旧させたら次のビルの復旧に移るという復旧方法 (以下、1 ビル 1 台ルール) を適用する場合と適用しない 2 ケースの合計 10 ケースである。なお、現実の災害復旧では 1 ビル 1 台ルールが必ずしも厳密に運用されるわけではなく、建物が速やかに利用できるように弾力的な運用されていると思われる。しかし、ここではルールの影響を明確に把握する目的で、適用する場合はすべての建物でルールを徹底し、非適用の場合は、建物内のエレベータをすべて復旧してから次の建物に移動すると仮定した。

また、ここで設定する復旧戦略は、日本エレベーター協会が定めた表2-6-②-2に示す優先クラスに従うものとした。すなわち、ここでは、同表で同じ優先クラス内の建物についての優先順位を設定したといえる。また、復旧作業は、非常停止がすべて解消してから、故障・損傷の解消に取り掛かることとした。

表2-6-②-2 エレベータ復旧優先順位の基本条件（文献⁷⁾に基づき作成）

優先クラス	対応内容	建物種別	備考
	閉じ込め救出	閉じ込めが発生している建物	閉じ込め救出を最優先
①	停止したEV復旧	病院等、弱者が利用する建物	けが人等の対応が急増する建物
②		公共性の高い建物	各行政から災害対策本部等に指定される建物
③		高層住宅(地上高さ概ね60m以上)	一般の建物と比較して生活に大きな支障をきたす可能性が高い建物
④		一般の建物	

復旧過程の一例を、港区・L2(中規模)・方針1-2(建物延床面積で優先順位を決定、1ビル1台ルール非適用)の場合を例にとり、図2-6-②-8と図2-6-②-9に示す。図2-6-②-8は、日本エレベーター協会による優先クラス別の建物のエレベータの復旧率（1台でも稼働している棟数/復旧対象のエレベータがある建物棟数）である。この図から優先ランクの高い建物から順に復旧がなされていて、開発したシミュレーションが意図通りに動いていることが確認できた。図2-6-②-9には、建物のエレベータ障害状況別の建物棟数の日次推移を示した。ここで、建物のエレベータ障害状況は、DS0（エレベータ障害なし）、DS1(非常停止のエレベータがある)、DS2(故障したエレベータがある)、DS3（非常停止したエレベータと故障したエレベータがある）で区分した。また、DS1からDS3の後ろにある-P、-Nは、それぞれ建物内で少なくとも1台が稼働している/1台も稼働していない、の違いを表している。

図2-6-②-9に示すケースでは、DS0の割合がゼロ、つまり、すべての建物にエレベータ非常停止または故障しているエレベータ状態から始まり、20日目にすべてがDS0となって復旧が完了したことを示す。また、最初の数日はDS1-N(全台停止)から対応が始まり、建物にエレベータが2台以上ある場合、DS1-P（建物の中で少なくとも1台は稼働）を経由してDS0が増えてゆくさまが表れている。最初の数日、DS2が増加するのは、DS3（建物内に故障と非常停止が混在）の建物では、まずは非常停止を解消するとDS2になり、その後、故障・損傷したエレベータを復旧してDS0に至るからである。このケースでは15日目まで非常停止の対応を行っていて、DS1とDS3が減少しつつDS2が増加、その後ゆっくりとDS2の数が減少して、復旧完了に至る。なお、この復旧シミュレーションでは、建物被害あり、つまり早期の復旧対象検討から外した建物のエレベータ復旧は含まれていないことに注意が必要である。

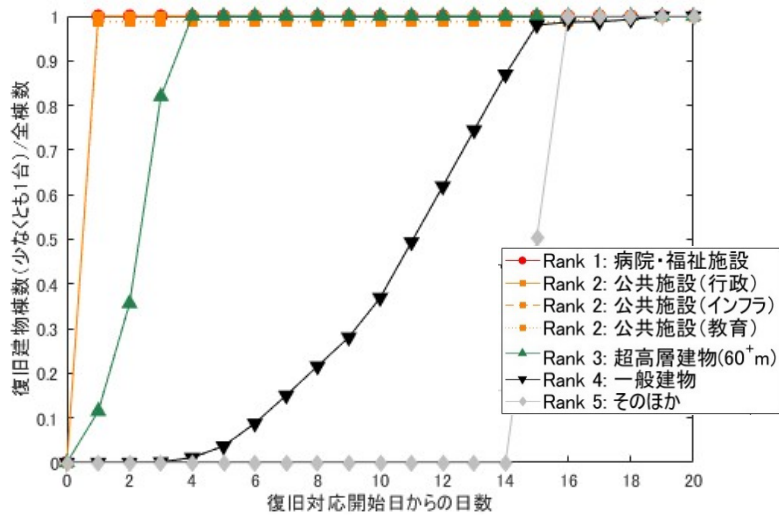


図 2-6-②-8 少なくとも1台のエレベータが稼働している建物の比率の推移

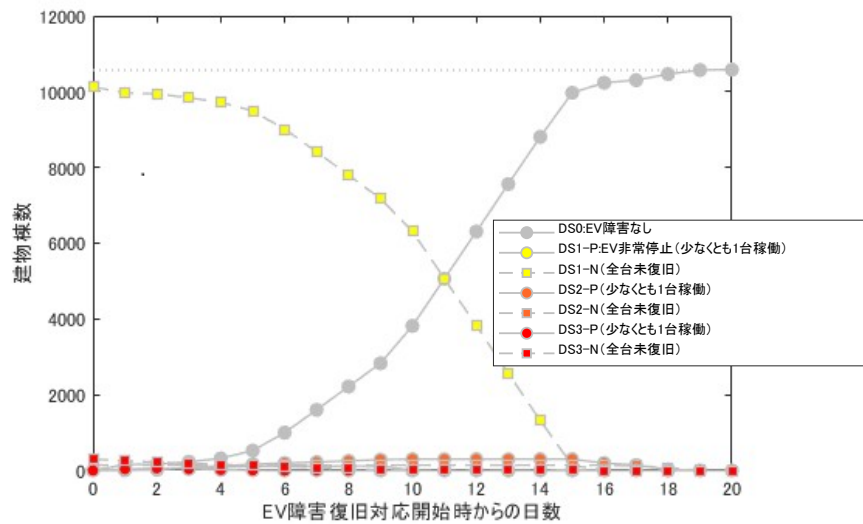


図 2-6-②-9 エレベータの復旧作業状況別の建物棟数の推移

(2-c) 復旧過程の比較と望ましい復旧方針の考察

(2-b)で実施したシミュレーションの10ケースの復旧方針による違いをみるために、港区・L2(中規模)の場合について、エレベータが稼働した割合が50%に達するまでの経過日数を、復旧方針別に高さ60m超の超高層建物とそうでない中高層建物を比較して図2-6-②-10に示した。上段が1ビル1台ルールを適用しないとき、下段が同じく適用したとき、また、左列は各建物で少なくとも1台のエレベータが復旧したとき、右列は同じく全てのエレベータが復旧したときの経過日数である。

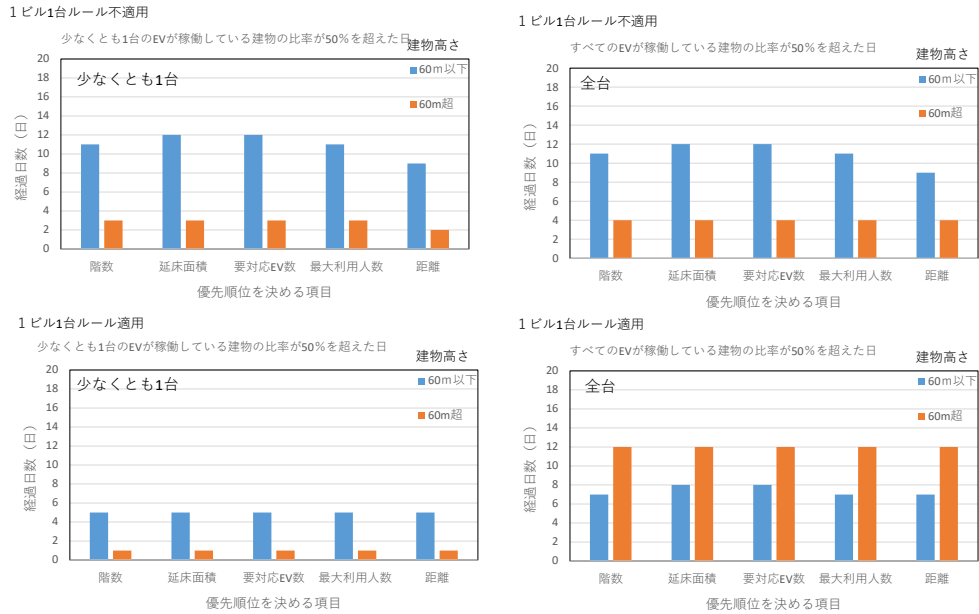


図 2-6-②-10 復旧方針によるエレベータが使える建物が 50%に至るまでの経過日数の違い

図 2-6-②-10 をみると優先順位を決める 5つの指標による差はそれほど大きくない。これは、選択した指標に相関が強いこと、復旧指標がエレベータの稼働の有無だけで表現されていて単純なためと考えられる。また、1ビル1台ルールを適用しない場合（上段）は、最初の1台に着手すれば、そのままその建物のすべてのエレベータを復旧するので、左右の差はわずかである。一方、1ビル1台ルールを適用すると、少なくとも1台のエレベータが復旧するまでの経過日数は、中高層建物では10日前後が5日程度に半減した。超高層建物では、ほぼ1日に短縮されるが、同ルールがなくても2～3日だったので、短縮日数の絶対値でみた効果は限られる。一方、右列の建物内の全エレベータが復旧した建物が50%に達するまでの日数をみると、中高層建物は7日程度と短縮（非適用の場合10日前後）したものの、超高層建物では12日と大きく増加した（同じく4日）。

(d) 結論ならびに今後の課題

本業務のまとめと今後の課題を以下に示す。

- 1) 前年度に構築したエレベータ復旧シミュレーションモデルのプロトタイプ of 構成要素のうち、(1-a) 専門技術者（復旧対応者）巡回の高度化と復旧計画の更新、(1-b) 復旧時間評価、(1-c) 対象領域の3点を改良、機能拡張し、復旧戦略・方針を設定して建物の復旧優先順位と専門技術者巡回の順路を計算し、復旧シミュレーションを実施できるようにした。
- 2) 1) で改良したシミュレーションモデルを用いて、サブ課題2(g)から提供された南海トラフの多様性を考慮した83の震源モデルから3つの災害シナリオを選び、被害程度を評価してエレベータ障害を模擬し、復旧シミュレーションを実施し、以下の知見を得た。

- ・2011年東北地方太平洋沖地震と同程度の長周期の揺れを生ずるケースでは、エレベータ復旧が早期の都市機能維持のボトルネックになり得る。最大級の長周期地震動となるケースでは、多くの超高層建物で構造安全性が確保できない懸念があり、エレベータの早期復旧だけを検討しても都市機能を維持する効果は限られる。
- ・建物階数や延床面積など建物の外形的な指標でエレベータ復旧の優先順位を決めても、復旧の早遅に大きな差は見られなかった。また、「1ビル1台ルール」は早期復旧に効果が期待できるが、機械的に順守すると、とくに超高層建物のエレベータ復旧が遅れる恐れがある。

今年度は、建物が機能する状態として、少なくとも1台のエレベータが通じている状態とすべてのエレベータが通じている状態の2つを考えた。しかし、実際には、建物用途や規模、災害シナリオに応じて変わるはずであり、これを復旧方針の良否の判断に反映することが課題である。今後、現実に応じた災害シナリオを描き、上記をミュレーションの条件設定に落とし込むための検討を行う。

(e) 引用文献

- 1) 宮田毅. : 東北地方太平洋沖地震などによるエレベーターの被害概要 (特別講演 I)、日本機械学会 昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩 技術講演会講演論文集、pp. 1-4、2012 .
- 2) 日本建築学会 : 「長周期地震動と超高層建物の対応策－専門家として知っておきたいこと－」、日本建築学会、2013.10.
- 3) 一般社団法人東京都昇降機安全協議会 : <http://www.tsak.jp/> (2023.3 現在) .
- 4) ゼンリン : <https://www.zenrin.co.jp/> (2023.3 現在).
- 5) 中央防災会議 : 首都直下地震対策検討ワーキンググループ「首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要」、2013.
- 6) 神田克久、阿部雅史、鈴木芳隆、藤原広行、森川信之、前田宜浩、小鹿紀英、岡野創、加藤研一 : 「超高層建物応答と相関性のある長周期地震動の揺れの指標の検討」、日本建築学会構造系論文集、Vol. 79、No.696、pp.267-274、2014.
- 7) 日本エレベーター協会 : 大規模地震発生時のエレベーター早期復旧等に関するご協力をお願い、https://www.nelekyo.or.jp/about/pdf/20150225_elsesoukifukkyu.pdf (2023.3 現在).

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果(発表題目、口頭・ポスター発表の別)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別
長周期地震動による超高層建物のエレベータ障害と復旧評価手法の構築に	鈴木明子 日下彰宏 前田宜浩	2022年度 日本建築学会大会 学術講演梗概集	2022.9	国内

向けた検討 その2 (口頭)				
南海トラフ地震の多様性を考慮したエレベータ障害復旧シミュレーションモデルの構築 (口頭)	鈴木明子 前田宜浩 日下彰宏 中村洋光 秋山伸一 時実良典 廣井悠	日本地震工学会・大会-2022	2022.12	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載
なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし