日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.56

Oct.2025

特　集：地震火災

JAEE

https://www.jaee.gr.jp/

公益社団法人 日本地震工学会

Japan Association for Earthquake Engineering

〒108-0014東京都港区芝5-26-20建築会館

Tel:03-5730-2831　Fax:03-5730-2830

日本地震工学会誌（第 56 号 2025 年 10 月）

Bulletin of JAEE（No.56 Oct.2025）

INDEX

巻頭言：

本特集号について／杉山　充樹、吉田　祐一 …… 1

特集：地震火災

阪神･淡路大震災に学ぶ地震火災のリスクと教訓／関澤　愛 …… 2
地震火災研究の「最前線」／廣井　悠 …… 8
津波火災の予測とリスクの軽減／西野　智研 …… 15
火災延焼と避難シミュレーションの今後の期待／加藤　孝明 …… 19
エレベーターを利用した地震／火災時の垂直避難／藤田　聡、皆川　佳祐 …… 23
地震で損傷した建築物の耐火性能評価／鈴木　淳一 …… 27
地震後に発生する市街地火災の延焼のメカニズム／樋本　圭佑 …… 31

学会ニュース：

大崎順彦賞の意義～設立･選考の経緯と今後の発展への期待～／髙田　毅士、髙橋　郁夫 …… 35
地震工学分野におけるDXに関する講習会･研究会の開催報告／上田　恭平 …… 37

追悼文：

柴田明徳先生を偲んで／源栄　正人 …… 39
原文雄先生を偲んで／鈴木　浩平 …… 41

お知らせ：

お知らせ …… 42
本学会に関する詳細はWeb上で／会誌への原稿投稿のお願い／登録メールアドレスご確認のお願い
／ご寄附のお願い／問い合わせ先
／ JAEE Newsletter 第14巻 第3号（通算第43号）が2025年12月下旬に発刊されます

編集後記



地図に残る仕事。®

大成建設グループ

TAISEI

大成建設　大成ロテック　大成有楽不動産　ピーエス・コンストラクション　大成ユーレック　大成設備
成和リニューアルワークス　大成有楽不動産販売　大成建設ハウジング　佐藤秀　大成建設ICTソリューションズ　他


大林組
つくるを、
つくり変えろ。
MAKE
BEYOND
つくるを拓く

気象庁検定対応

気象庁方式震度演算アルゴリズム準拠

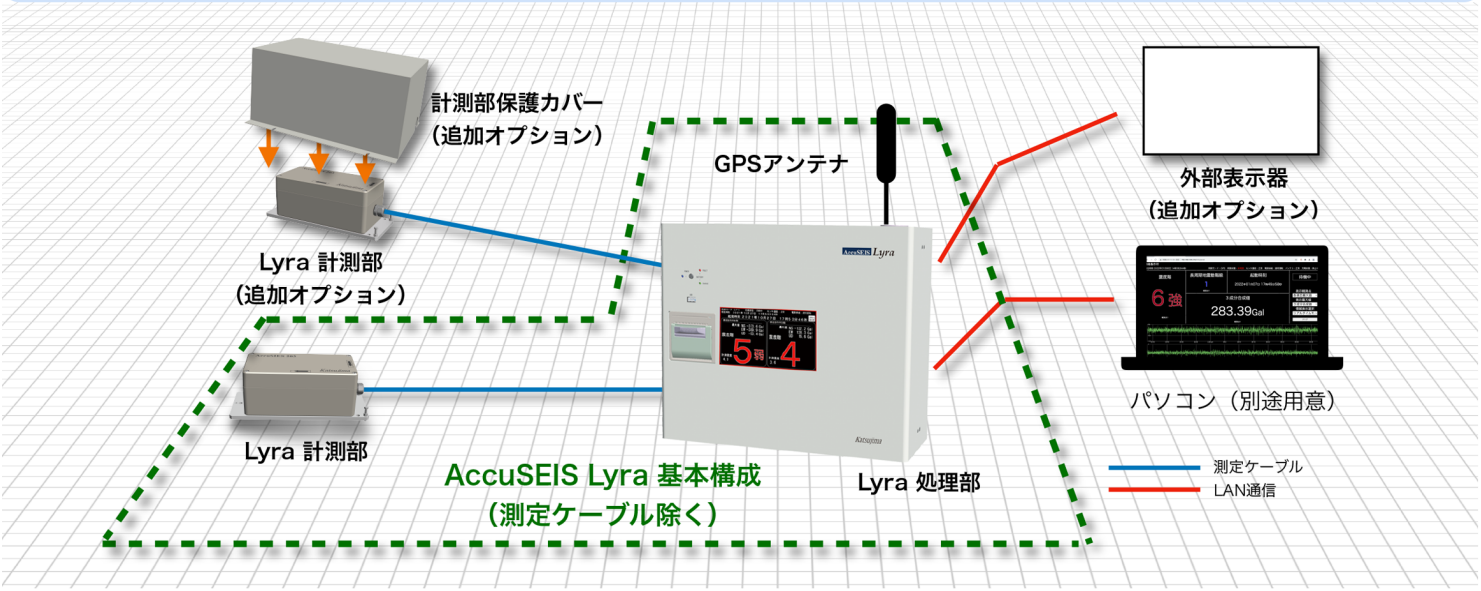
計測震度計

Katsujima

AccuSEIS アキュサイス

Lyra ライラ

様々なインフラ関連施設や地域（国・地方自治体）が、地震発生時の初動活動開始の基準として「震度」を使っています。
正確な震度を公的発表より先にいち早く知って行動することは地震被害を少なくすることに繋がります。
AccuSEIS Lyraは、気象庁検定にも対応した正確な震度を演算する計測震度計であり、皆様の安全を守る活動に貢献できる機能・性能を備えています。



★ 扱い易いユーザインターフェース

高精細(800×480ピクセル)大画面(7インチ)液晶を採用

地震情報の視認性を高めました。地震波形も美しく実用的なレベルで表示します。



処理部液晶画面例



処理部液晶画面例

わかりやすいタッチパネル操作

直感で使えるメニュー構成に、新たに「フリック操作」を採用しました。
フリック操作の採用で、液晶画面上を無駄に占有するボタン表示を無くして、通常時は必要な情報をより大きく表示するようにしています。

専用ソフトウェア不要で地震情報の表示が可能

ネットワーク接続されたパソコンのブラウザ（Google Chrome）で地震情報の表示ができます。また、本体液晶画面ではできない詳細な設定も可能になります。



パソコン画面例

★ 大容量記憶媒体の採用

記録媒体に大容量500GBのSSDを採用

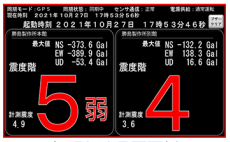
地震記録は約74000分を保存可能です。

また、地震のあるなしに関わらず、計測部が観測した加速度波形と機器の健全性情報を連続で記録し続けており、LAN接続されたパソコンから過去3年分の記録をさかのぼって確認できます。
トリガレベルを超えなかった小さい地震をあとから確認することが可能です。
（計測部1台,100Hzサンプリング,健全性情報付加の場合）

★ 計測部を最大2台まで接続可能

計測部は2台まで接続可能

パソコンを接続しなくても処理部の液晶画面で2台分の震度情報の表示が可能です。異なる2測点の安全管理も、処理部１台で対応できます。



処理部液晶画面例

※ 製品の仕様、外観は改良のため予告なく変更する場合があります。予めご了承ください。

株式会社 勝島製作所
〒125-0063 東京都葛飾区白鳥4-16-18
TEL 03-3603-7111 E-mail sales@katsujima.co.jp
FAX 03-3603-7180 https://www.katsujima.co.jp

製品情報は
こちらから

津波や高潮、洪水等から小型タンク内の危険物の流出を防ぐ

「浸感弁」

水圧を感知して自動で弁を閉止 ・ 電源不要

現在、小型の屋外貯蔵タンクの元弁は「手動式でも良い」とされています
津波警報下で弁の閉止を手動で安全に実行することは非常に困難です

▶浸感弁の設置により津波警報時に弁の閉止を気にせず素早い避難が可能に！

特長

- ■ 津波 の水圧を検知して自動で確実に閉まる
- ■ 電気を使わずに作動するため着火源とならない
- ■ 葉やビニール片、泥などが混じる汚水でも確実に動作
- ■ シンプルな機械構造のため、故障が少ない
- ■ 万一の誤作動の際でも顧客の操作で簡単に復旧可能

地方自治体　漁業協同組合　農業協同組合、油槽所
各種プラントを所有する皆さまに新提案



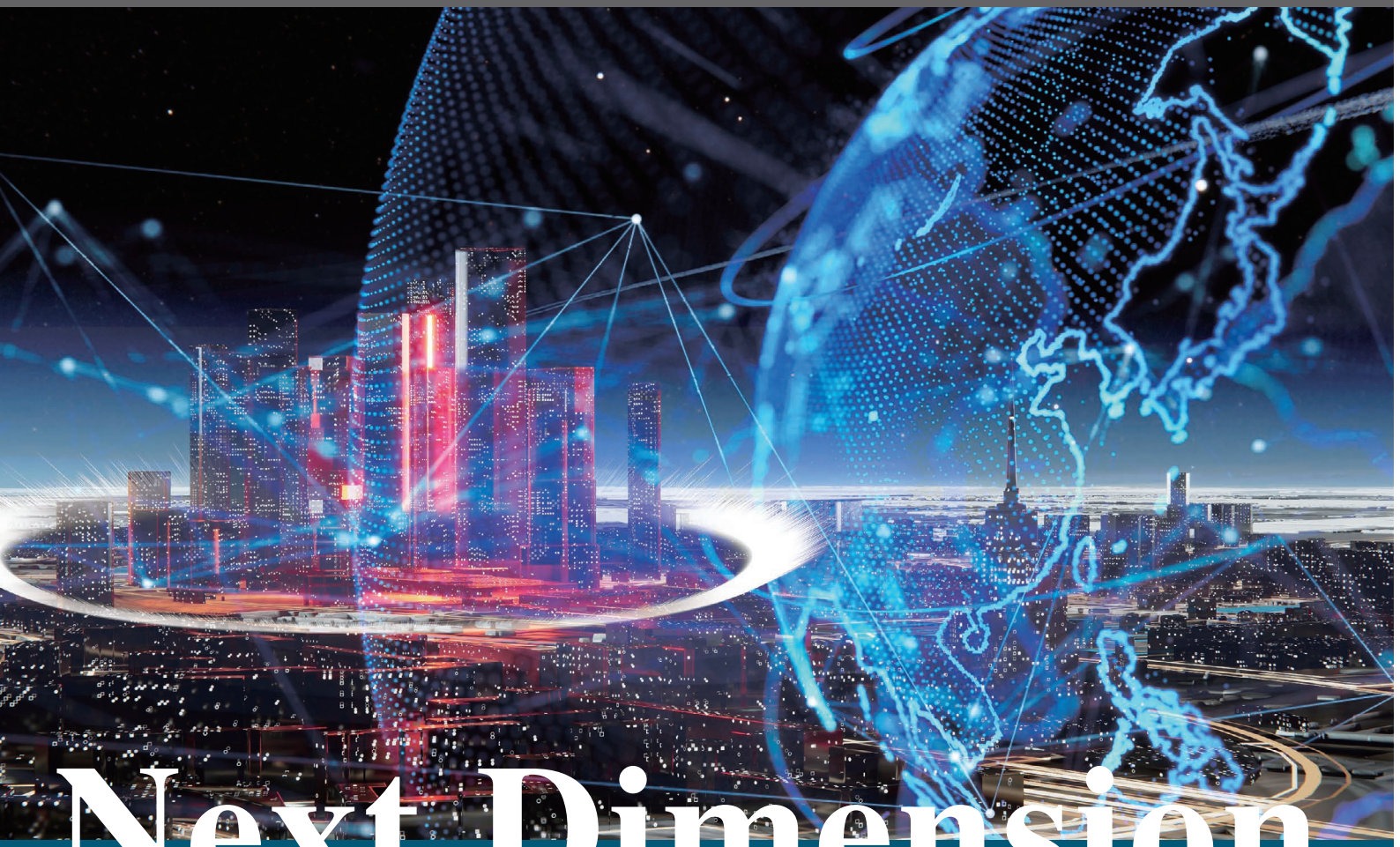
東電設計は設備の防災対策について、皆さまとともに知恵を絞って取り組んでまいります

TEPSCO 東電設計株式会社

営業本部
☎ 03-6372-5391

HP からの
お問い合わせは
こちらから
お願いします ▶

TDAPⅢ Cluster Edition / FDAPⅢ Cluster Edition



Next Dimension

解析技術は一歩先の次元へ

3次元非線形時刻歴応答解析プログラムTDAPⅢ、および3次元等価線形解析プログラムFDAPⅢにおいて、
MPIによる大規模並列計算が可能な「TDAPⅢ Cluster Edition」、「FDAPⅢ Cluster Edition」を販売開始いたします。

point 1

MPIを使った大規模並列計算が可能に

MPI※による並列処理に対応。複数の計算機を用いて、大規模な3次元解析ができるようになりました。

※Message Passing Interface（並列コンピューティング利用のための標準化された規格）

point 2

より大きなモデルをより速く計算可能に

これまで解くことができなかった大規模な3次元モデルの解析が可能となるだけでなく、計算時間も大幅に短縮できます。

point 3

既存の機能や入力データもそのまま利用可能

累計1,200ライセンス以上の導入実績のあるTDAPⅢ。既存のTDAPⅢ・FDAPⅢの機能※や入力データもそのまま利用できます。

※一部機能の制約あり

TDAP®ⅢおよびFDAP®Ⅲは、大成建設株式会社と株式会社アーク情報システムが共同で開発した製品です。

株式会社 アーク情報システム
〒102-0076　東京都千代田区五番町4-2 東プレビル
TEL：03-3234-9232
E-mail：tdap@ark-info-sys.co.jp

受託解析、受託開発もご相談下さい

https://www.ark-info-sys.co.jp/

詳細はHPへ　アークTDAP3

TDAPⅢ
FDAPⅢ

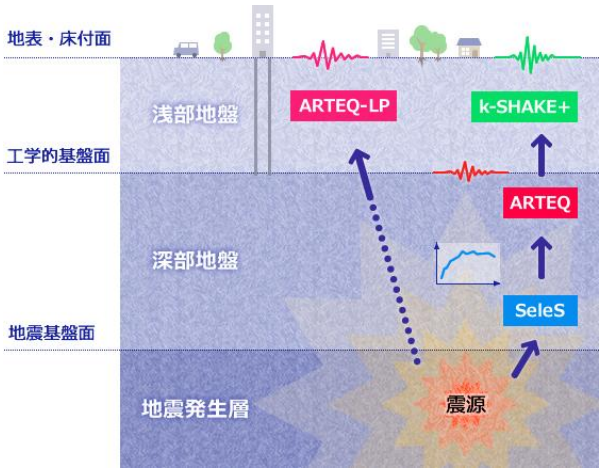
地震動を専門とする技術者×自社開発プログラム×幅広い実績
構造計画研究所だからできる、設計用入力地震動作成ソリューション

構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.
https://www.kke.co.jp

設計用入力地震動作成システム

設計用入力地震動
作成システムHPはこちら ▶

地震環境調査から浅部地盤の増幅評価まで、入力地震動をスムーズに作成可能なソフトウェア。



SeleS 地震荷重設定	建設地点における地震環境を評価 (建設地点に影響の大きい震源断層の絞り込み等) 任意の震源断層モデルから応答スペクトルを作成
ARTEQ 模擬地震波作成	応答スペクトルから地震波形を作成
k-SHAKE+ 成層地盤地震応答解析	浅部地盤の増幅特性を考慮した地震波形を作成
ARTEQ-LP 長周期地震動作成	国交省の長周期通知に基づいた 長周期地震動を作成
k-WAVE 波形処理	作成波や観測波などの波形データ処理

設計用入力地震動作成サービス

設計用入力地震動
作成サービスHPはこちら ▶

地震環境調査から地震動の作成、性能評価の対応までをトータルサポート。

強み1 豊富な実績
一般建築から重要インフラ施設を対象に
過去15年間で400件以上

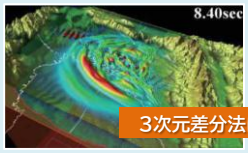
強み2 柔軟な対応
初期検討用～性能評価対応の地震動まで**目的に合わせた地震動を提供**

強み3 充実のアフターサービス
設計変更に伴う軽微な地震動の修正や評定での質疑対応について**柔軟に対応**

情報収集と設定
- **地震環境の調査**
- **断層パラメータ**
- **地盤モデル**

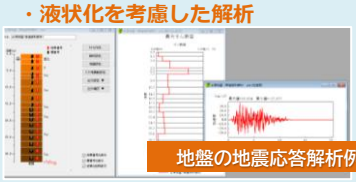

地震環境の調査例

模擬地震動の作成
- **告示波**
- **サイト波**
  翠川・小林手法、ハイブリッド法など



3次元差分法による計算例

地盤の地震応答解析
- **等価線形解析（SHAKE）**
- **時刻歴非線形解析**
- **液状化を考慮した解析**


地盤の地震応答解析例

性能評価(評定)対応のサポート
・資料の作成　・委員会への同席　・質疑対応

＋

地震動作成に必要な地盤調査項目提案、構造物の動解・設計業務全般にも対応致します

構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.
https://www.kke.co.jp

株式会社構造計画研究所　エンジニアリング営業 1, 2部
〒164-0011 東京都中野区中央1-38-1　住友中野坂上ビル10F　TEL：(03)5342-1136
E-mail：kaiseki@kke.co.jp　ホームページ：https://kaiseki-kke.jp/

※この広告の記載内容は2025年1月現在のものです。　※本製品・サービスの内容の条件は、改善のために予告無く変更することがあります。
※構造計画研究所、構造計画研究所ロゴは、株式会社構造計画研究所の登録商標です。　※記載されている会社名や製品名は、各社の商標または登録商標です。

汎用線形・非線形構造解析システム

静的線形解析　静的非線形解析　温度応力解析　動的非線形解析

DIANA

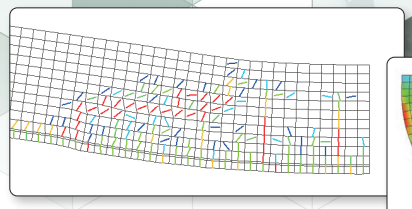
Finite Element Analysis

非線形問題について、長年の豊富な使用実績

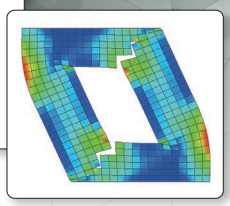
主な特長

- 鉄筋コンクリート構造物のひび割れ解析
- 複合構造物の耐荷力解析
- 地盤・構造物の連成解析
- コンクリートの損傷指標（$\overline{J_2}$、$\overline{W_n}$）出力が可能※

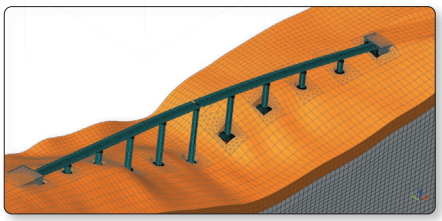
※公益社団法人 土木学会：2022年制定
コンクリート標準示方書【設計編】対応



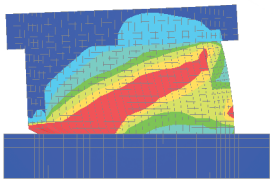
分散ひび割れ



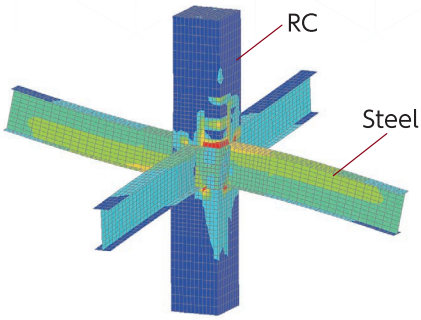
離散ひび割れ

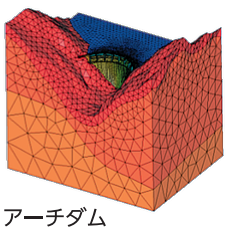


橋梁と地盤の連成

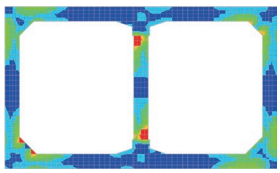


せん断壁

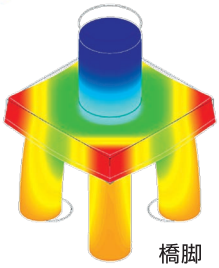




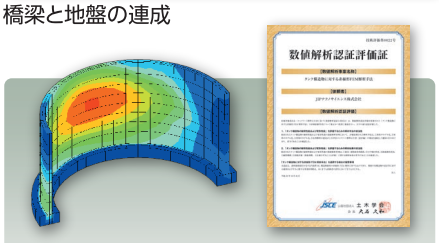
アーチダム



地中構造物



橋脚



DIANAを用いた『タンク構造物に対する非線形FEM解析手法』が、土木学会の技術評価制度（区分5）で、初の技術評価証（第0022号）を取得!

DIANA　DIANAはDIANA FEA BVの製品です。

https://www.jip-ts.co.jp

詳細等は　JIPテクノサイエンス　検索

※製品名は各社の商標または登録商標です。

JIPテクノサイエンス株式会社
解析ソリューション事業部

【東京】東京都千代田区九段南一丁目３番１号　TEL：03-6272-8236
【大阪】大阪府大阪市北区中之島三丁目6番32号　TEL：06-6443-1751
共通 E-mail. fem_sales@cm.jip-ts.co.jp

地盤 / 岩盤 / 地下水を対象とした数値解析

解析から報告まで 信頼の一括対応

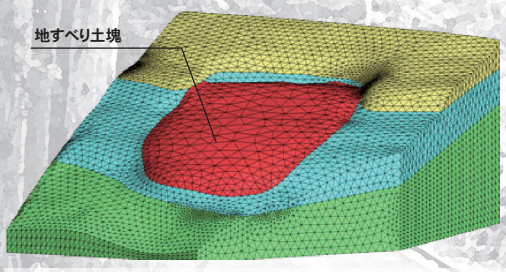
ご相談 ›› モデル構築 ›› 結果提示 ›› 報告書まで ›› 安心の技術サポート

豪雨や地震による地盤構造物の被害を予測し、対策工の検討や BCP（事業継続計画）に必要な情報を提供します。
地すべりやがけ崩れの被害予測、**液状化の発生可能性評価**、および**対策工の効果検証など**、多様な課題に対応します。

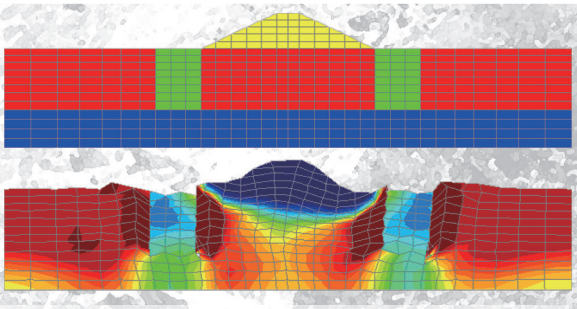
最適解析
課題に応じた解析コードを選択・柔軟に対応

高速実行
自社開発ソフトにより大量データも迅速に処理

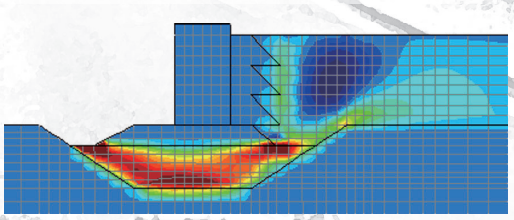
柔軟対応
ソフトや解析エンジンのカスタマイズにも対応可



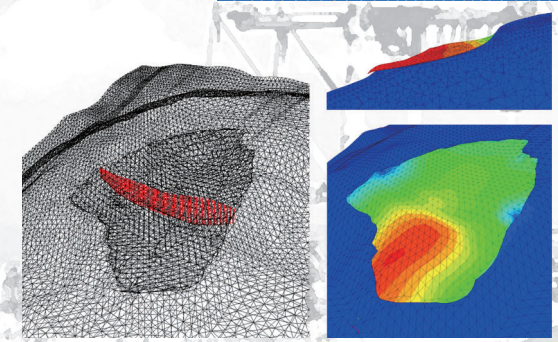
地質モデルを反映した 3 次元浸透流解析モデルと地下水排除工の概念
地すべり土塊をモデル化して解析が可能



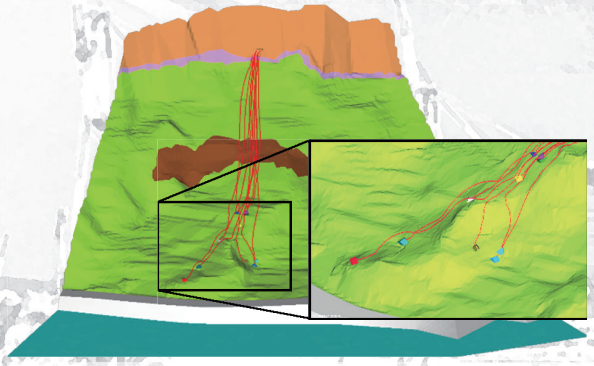
盛土構造物を対象とした対策工検討
軟弱地盤の地震応答解析を行い、改良体の効果を評価



ケーソン護岸の液状化解析
既設堤体などの安定性や安全性を評価



地すべり解析（有限差分法による FLAC3D 大変形解析）
地すべりブロックの移動を再現し、対策工の効果を評価します



岩盤崩落解析（3DEC による 3 次元非質点系解析）
崩落岩塊を 3 次元多面体ブロックでモデル化して崩落経路や到達位置を評価

受託解析例
お客様指定の解析コードでの解析も承ります

河川堤防や軟弱地盤の地震応答解析｜液状化対策工の効果予測｜液状化を考慮した地盤｜構造物の挙動予測｜矢板式岸壁の液状化解析｜液状化に伴う重力式岸壁の挙動｜盛土地盤を対象とした液状化解析｜港湾構造物における動的特性の検討｜地震時の斜面安定解析｜地すべり・斜面崩壊の評価｜落石シミュレーション　など

対応コード例：FL 法｜ALID/Win｜Super-FLUSH｜Soil PLUS Dynamic｜FLAC3D｜FLIP3d, FLIP2D/ROSE,FLIP2D/TULIP｜LIQCA2D, LIQCA3D など

GEOSCIENCE RESEARCH LABORATORY

株式会社 地層科学研究所

本　　社　神奈川県大和市大和東3-1-6 ＪＭビル 4F TEL.046-200-2281
東京事務所　東京都文京区後楽 2-3-25　金子ビル 6F TEL 03-5842-7677
大阪事務所　大阪市淀川区西中島 5-7-9　第7新大阪ビル301号 TEL.06-6886-7774

数値解析ソフトウェアの開発 ● 販売／受託解析

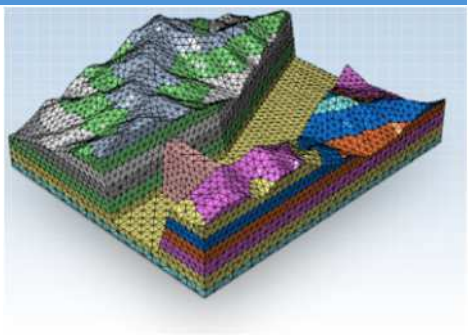
https://www.geolab.jp
gyoumu@geolab.jp

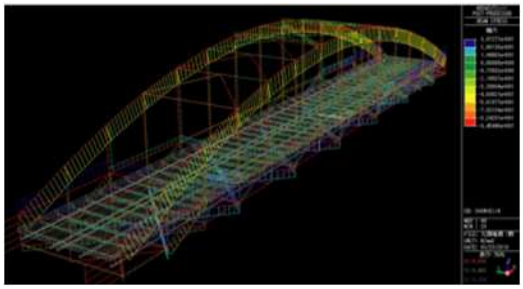
数値解析と設計施工の架け橋になる。

～全ての人々が安心して暮らせる豊かで安全な国土、社会基盤の整備に貢献します～

株式会社クレアテックは、最先端のシミュレーション技術と的確な工学的判断によって、社会基盤整備のトータルソリューションを提供する会社です。

土木と建設の現場を知っているから出来るリアルな数値解析で安全な社会基盤を提案し続けます。





主な業務内容

- プッシュオーバー解析
- 3 次元骨組み解析
- 地震応答解析
- 圧密（粘弾塑性）解析
- 浸透流解析
- 各種土木構造物の耐震診断
- 構造物の静的及び動的非線形解析
- 地盤・構造物連成解析
- 近接施工影響解析
- 斜面安定解析
- 液状化（有効応力）解析
- 工法検討等

CREATEC
Civil Engineering & Consultants

株式会社クレアテック　TEL: 03-6268-9108　FAX: 03-6268-9109
〒101-0065　東京都千代田区西神田 2-5-8 共和 15 番館 6 階
HP: https://createc-jp.com



日時　2025年 12／9(火),10(水)

会場　沖縄県市町村自治会館

参加受付中

＊締切 10月31日＊

https://www.jaee.gr.jp/jp/event/annual/



日時　2026年 11／26(木)-27(金)-28(土)

会場　熊本城ホール

公式サイトオープン

https://pub.confit.atlas.jp/ja/event/jees2026

巻頭言

本特集号について

杉山　充樹　／吉田　祐一
●大林組／会誌編集委員会 委員　●消防研究センター／会誌編集委員会 委員

今年2月には岩手県大船渡市で、3月には岡山県岡山市と愛媛県今治市で大規模な林野火災が相次いで発生し、火災に対する世間の関心が高まりました。

わが国は、1923年の関東大震災、1995年の阪神・淡路大震災、2024年の能登半島地震など、地震に起因する火災によって甚大な被害を幾度となく経験してきました。その教訓を踏まえ、地震火災の理解や対策に関する研究が精力的に行われ、火災延焼メカニズムの解明やシミュレーション技術が飛躍的に進歩してきました。

こうした中、今年3月に内閣府が公表した南海トラフ巨大地震の被害想定は、地震火災対策への社会的関心を一層高める契機となりました。広域同時被災下での火災対策・対応のあり方を再考するうえで、歴史的背景と最先端の研究を結びつけ、実効性の高い減災策を展望することは喫緊の課題と考え、本誌としては創刊以降初めて、「地震火災」を総合的に扱う特集を組むこととといたしました。

地震火災に関連した研究で活躍されている方々にご執筆いただき、本特集では、歴史的事例から得られた教訓を整理するとともに、レジリエンス向上をめざす最新研究の動向を多角的かつ俯瞰的に紹介します。

日本防火技術者協会の関澤愛先生には、地震火災の歴史と教訓の総括として、阪神・淡路大震災における地震火災の実態を振り返るとともに、地震火災リスクへの備えについて論じていただきました。

東京大学の廣井悠先生には、最新の地震火災研究の総括として、地震火災現象の特殊性を踏まえて、被害軽減を実現するために必要とされる研究を、網羅的に紹介していただきました。

京都大学の西野智研先生には、近年注目が高まる津波火災に焦点を当て、これまでに行われてきた津波火災研究と、津波避難ビルの津波火災対策の考え方を解説していただきました。

東京大学の加藤孝明先生には、行政の地震被害想定における、出火・市街地延焼・逃げまどいによる人的被害の想定技術について解説していただくとともに、市街地延焼や避難シミュレーションの今後の方向性について述べていただきました。

東京電機大学の藤田聡先生と埼玉工業大学の皆川佳祐先生には、エレベーターを利用した火災避難について、国内外の現状と最近の研究成果を述べていただきました。

国土技術政策総合研究所の鈴木淳一氏には、鋼構造建築物を対象に、地震による主要構造部や区画部材、耐火被覆の損傷が耐火性能に及ぼす影響について解説していただきました。

東京科学大学の樋本圭佑先生には、市街地火災の延焼要因である火災建物からの熱伝達・飛び火・火災気流からの熱伝達について解説していただき、地震の揺れによる建築物の被害が市街地火災の延焼過程に及ぼす影響を示していただきました。

本特集は、地震火災の歴史と研究の最前線を結びつけ、地震火災研究の全体像を提示するものになりました。地震火災に馴染みのない読者にも読みやすく、研究者・実務者双方にとって有益な指針となることを期待します。最後に、本特集が地震火災リスク低減に資する研究・技術開発を加速させ、ひいては地震工学分野のさらなる発展と防災・減災への取り組みを後押しする一助となれば幸いです。

略歴



杉山　充樹（すぎやま　みつき）
2021年名古屋大学大学院環境学研究科・都市環境学専攻修了、同年（株）大林組入社。専門分野：地震動、地盤震動



吉田　祐一（よしだ　ゆういち）
2017年鳥取大学大学院工学研究科博士前期課程修了、川崎重工業（株）を経て、現職、博士（工学）、専門分野：土木構造・耐震（タンクの地震応答解析）

特集：地震火災

阪神･淡路大震災に学ぶ地震火災のリスクと教訓

関澤　愛
●NPO法人日本防火技術者協会 理事長

1. はじめに……未克服の地震火災というリスク

使用する火気や暖房器具、エネルギー形態などの生活様式の変化（安全化）、建築物の不燃化、住宅の防火構造化など市街地の防耐火性の向上に加えて、消防力や消防水利の整備のおかげで、わが国における戦前・戦後を通じての長年の懸案であった平常時の市街地大火は2019年の糸魚川市大規模火災の事例を除けば、1976年の酒田市大火を最後にほぼ終焉し、今や約50年を経過し今日に至っている。

しかしながら、未だに国内の多くの地域に木造密集地域を抱える我が国は、大規模地震時に発生し得る同時多発火災に対して、現在の消防体制では被害を抑えることが必ずしもできず、大規模延焼火災が発生するポテンシャルを有していると言わざるを得ない。

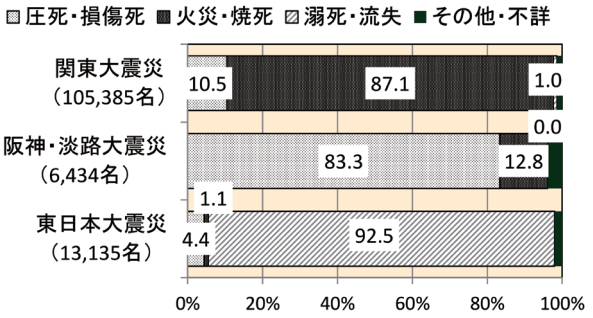
表1は、明治以降の約150年間における我が国の火災を伴った主な地震32件とその火災被害を示したものである。表中、四半世紀ごとに背景色を変えて6つの時代区分を表している。この表から、俯瞰的に見れば、火災を伴う地震は約5年に1回、そして100棟以上焼損の大規模延焼となるケースは、1926年から1950年の時期を除けば、概ね四半世紀ごとに2回という頻度であることが分かる。今後30年の間に，南海トラフ巨大地震や首都直下地震が70％以上の確率で発生する恐れがあると警鐘が鳴らされていることと併せて考えれば、大規模地震の発生とそれに伴う火災被害のリスクは、一定の蓋然性を有しているといえる。

また、図1は「大震災」の名称を伴って語られる3つの代表的な歴史的大災害と言える関東大震災（関東大地震）、阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）、東日本大震災（東北地方太平洋沖地震）についての、死者数の死因別割合（％）を、「圧死・損傷死」、「火災・焼死」、「溺死・流失」、「その他」の別に示したものである。

表１　明治以降の火災を伴った主な地震とその火災被害

時代区分（四半世紀ごと）	地震名	発生年	Mg　震度	出火件数	焼失棟数	●印 ※100棟以上焼失	特徴
1876～1900	濃尾地震	1891	8.4　VI	不明	7,730	●	石油ランプの火災あいつぐ
	庄内地震	1894	7.3　V	不明	2,148	●	
	陸羽地震	1896	7.5　V～VI	不明	32		
1901～1925	関東大地震	1923	7.9　VI	620	447,128	●	東京都約3,830ha，横浜市約950ha焼失
	北但馬地震	1925	7.0　VI	22	2,328	●	城崎温泉を全焼
1926～1950	北丹後地震	1927	7.5　VI	475	8,287	●	峰山町はほぼ全域を焼失
	北伊豆地震	1930	7.0　VI	10	75		
	三陸地震津波	1933	8.1　V	不明	216	●	津波により火災発生
	鳥取地震	1943	7.4　VI	17	251	●	地震直後の大雨で大火を免れる
	東南海地震	1944	8.0　V～VI	14	11		
	三河地震	1945	6.8　V	不明	5		
	南海地震	1946	8.1　V	不明	2,598	●	新宮市は25%が焼失
	福井地震	1948	7.3　V～VII	57	3,960	●	中心街は焼野原，RC百貨店全焼
1951～1975	十勝沖地震	1952	8.1　V	9	18		
	大聖寺地震	1952	6.8　V	?	10		
	新潟地震	1964	7.5　V～ VI	13	434	●	タンク流出した油に着火，市街地へ延焼
	1968年十勝沖地震	1968	7.9　V	52	13		石油ストーブからの出火20件
	1974年伊豆半島地震	1974	6.9　V	2	5		
1976～2000	1978年宮城県沖地震	1978	7.4　V	15	不明		ガスホルダー炎上，大学での火災5件
	浦河沖地震	1982	7.1　V	2	不明		市民消火で消し止める
	日本海中部地震	1983	7.7　V	4	1		石油タンク1基炎上
	千葉県東方沖地震	1988	6.6　V	3	不明		
	1993年釧路沖地震	1993	7.8　V～ VI	9	5		ストーブ出火が目立つ，大学での火災1件
	北海道南西沖地震	1993	7.8　V	9	190	●	奥尻島青苗地区5ha焼失，津波が関与
	兵庫県南部地震	1995	7.2　VI～VII	294	7,478	●	約63ha焼失，3.3ha以上焼失火災が10件
2001～2025	十勝沖地震	2003	8.0　VI弱	4	不明		石油タンク火災2件
	新潟県中越地震	2004	6.8　VII	9	10		
	福岡県西方沖地震	2005	7.0　VI弱	1	不明		
	東北地方太平洋沖地震	2011	9.0　VII	303	多数	●	津波火災がクローズアップされる
	熊本県熊本地方を震源とする地震	2016	6.5　VI～VII	15	>15		
	北海道胆振東部地震	2018	6.7　VI～VII	2	不明		石油コンビナート施設と火力発電所
	2024年能登半島地震	2024	7.6　VI～VII	17	240	●	輪島市大規模火災が大火の規模となる

文献[1]及び[2]より筆者作成



（注） 内閣府「平成23年版防災白書」、警察庁資料、国土交通省作成資料による
東日本大震災は2012年4月11日までに確認された死者数による

図１　３つの大地震における死者数の死因別割合（%）

これを見ると、それぞれ際立った特徴を有しており、関東大震災はその10万5千人の死者の実に9割（9万2千人）が火災によるものであり、地震火災の恐ろしさを世に知らしめた歴史的な災害である。ただ、約100年前の関東大震災当時の東京市の市街地状況（木造密集）、出火件数に対する消防力の絶対的不足と断水の発生、当日の気象状況（強風と風向の変化）、避難場所や経路の不足による逃げまどい避難、さらにラジオもまだ存在しないという当時の情報・伝達手段の欠落などを考慮すると、多くの点で今日から見れば相当困難な状況での被害であったということができ、やや楽観的に過ぎるかもしれないが現代の都市で同様の災害シナリオを想定するには及ばないと思われる。

一方、阪神・淡路大震災は、現代の大規模都市で起こった都市直下地震の典型的事例であり、死者の大半（83.3%）は建物倒壊による圧死・損傷死であったが、火災による死者も12.8%を占め、地震時において消防力を上回る同時多発火災が発生した際における市街地火災のリスクをあらためて喚起するものであった。

3つ目の東日本大震災は死者の92.5%が津波による溺死・流出によるものであり、巨大海溝型地震の津波の恐ろしさを如実に示した歴史的災害であったが、一方で各地で津波による家屋、車両、危険物施設の破壊が津波後の火災を生じさせ、さらに追い打ちをかけるように市街地を焼き尽くすことを我々に教えた。

以上に示したように、これら3つの大規模地震はそれぞれに固有の特徴を有しているが、現在、その切迫性が指摘されているのは、巨大津波を伴うとされる南海トラフ地震と首都圏を襲う首都直下地震である。その意味で、わずか30年前に起きた阪神・淡路大震災は、都市直下で強い地震が起きる場合はもちろんのこと、地震タイプが海溝型地震であっても都市が震度6強以上の強い地震動を受けた場合の市街地の災害状況を想起させるものであり、それに伴う地震火災リスクを映し出す典型的事例と捉えることができる。したがって、今後の地震火災の様相を考える具体的な参考事例として、本稿ではこの阪神・淡路大震災による地震火災の実態を振り返ることにより、現代における地震火災リスクの教訓を学ぶこととしたい。

2. 同時多発火災のリスクを喚起した阪神・淡路大震災

2025年は、1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災からちょうど30年目にあたる。現代の大規模都市で起こった都市直下地震であり、激震時における建物倒壊やインフラ等への直接被害だけでなく、発災後に起きる市街地火災のリスクが現実のものであることを知らしめた歴史的災害である。

30年というのは災害という現象を捉える時間の流れからいえば、つい最近の事象というべきである。阪神・淡路大震災の記憶や教訓を伝え続けることは、近い将来起きる可能性のある南海トラフ地震や首都直下地震などに備える意味でも極めて重要である。以下では、阪神・淡路大震災によって起きた火災について、その出火、延焼、消防活動の実態について記憶を新たにするとともに、今後の地震火災リスク軽減に向けての教訓を整理することとする。

2.1 新たな都市型地震火災原因の登場

図2は、阪神・淡路大震災での地震発生当日から3日間（1月17日～ 19日）の出火原因別・時間帯別出火件数を示したものである。原因不明を除くと、電気器具・配線等の電気関係からの出火が多くを占めている。発生時間経過別に特徴をみると、地震直後の6時までの火災や、6時から7時までの火災の出火原因では、ガス器具・ガス漏洩、電気器具・配線、一般火気・薬品の火災が比較的多いのに対して、当日の7時以降、あるいは18日以降になると、一般火気・薬品やガス器具・ガス漏洩による出火件数は急速に減少する一方で、電気器具・配線の火災が実数および割合とも増加し、不明を

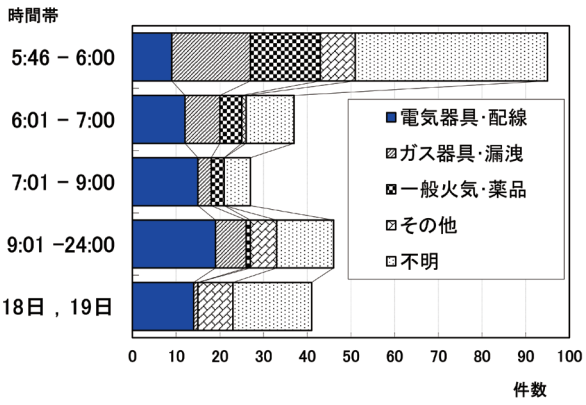


図２　阪神・淡路大震災時の主な出火原因の時間帯別出火件数

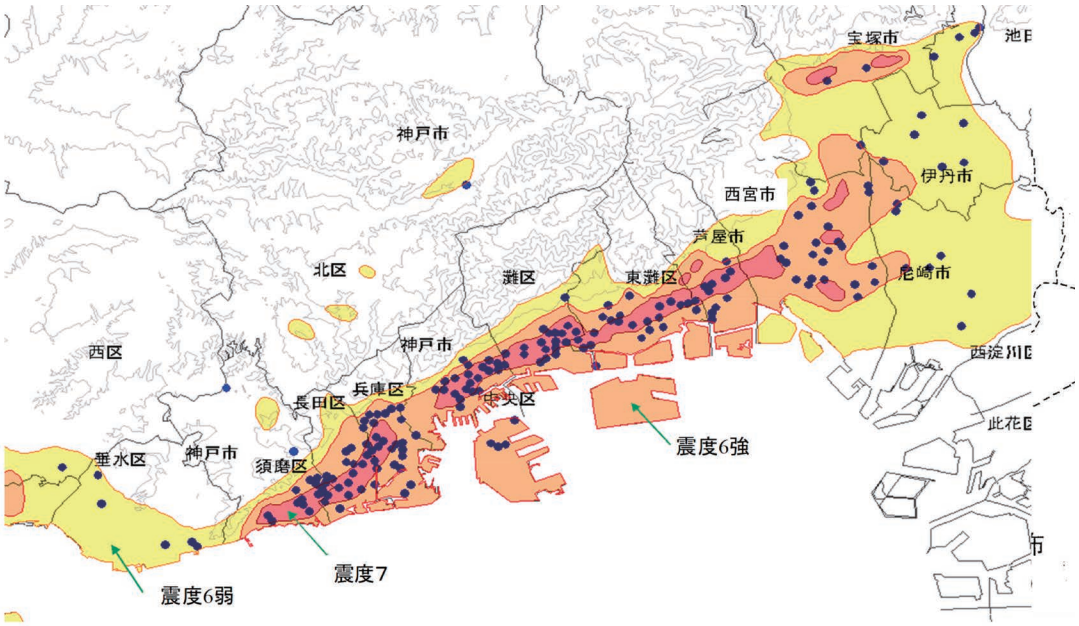


図３　阪神・淡路大震災における出火点と震度分布
注：震度分布は気象庁（1995）[3]、藤本・翠川（1994）[4]に基づく

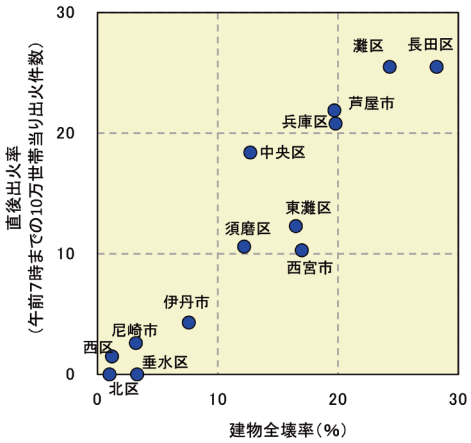


図４　建物全壊率と直後出火率[5]

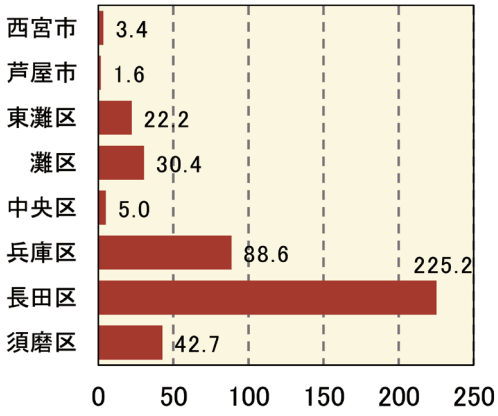


図５　神戸市各区と近隣２市における
火災１件当り平均焼損棟数率[5]

除く火災原因の主要部分を占めていることがわかる。

これら電気関係の出火原因は、地震でいったん停電した後、スイッチONになっていたままの電気ストーブや転倒・落下して剥き出しになった鑑賞魚用ヒーターなどが再通電した際に周辺の可燃物を熱して出火に至った事例などであり、いわゆる“通電火災”が多いものと考えられる。

総じて、阪神・淡路大震災では従来の地震火災原因として知られてきた一般火気や薬品による火災が相対的に少なく、ガス配管破損に伴うガス漏洩に起因する火災や再通電に伴う火災の発生など、季節や時間帯にあまり関係なく発生すると思われる出火原因が多かったことが特徴である。

2.2 地震動の強さと出火率

図3は、阪神・淡路大震災で発生した地震火災の出火点と震度分布の関係を見たものである。これを見ると、地震火災は震度7（図中の最も濃い部分）、震度6強（中間の濃さの部分）の地域に多く発生していたことがわかる。また、地震直後に発生した火災（17日の午前7時までに発生した火災）について、神戸市各区および阪神間の4市における10万世帯当たり出火件数と当該地区の建物全壊率との関係をみたものが図4である。この図から出火率と建物全壊率、つまりは地震動の強さとの間には非常に高い相関が認められる[5]。およそ、全壊率が10％だと出火件数は1万世帯に1件、20％だと2件となっている。

このように相関が高いことは、出火原因として多

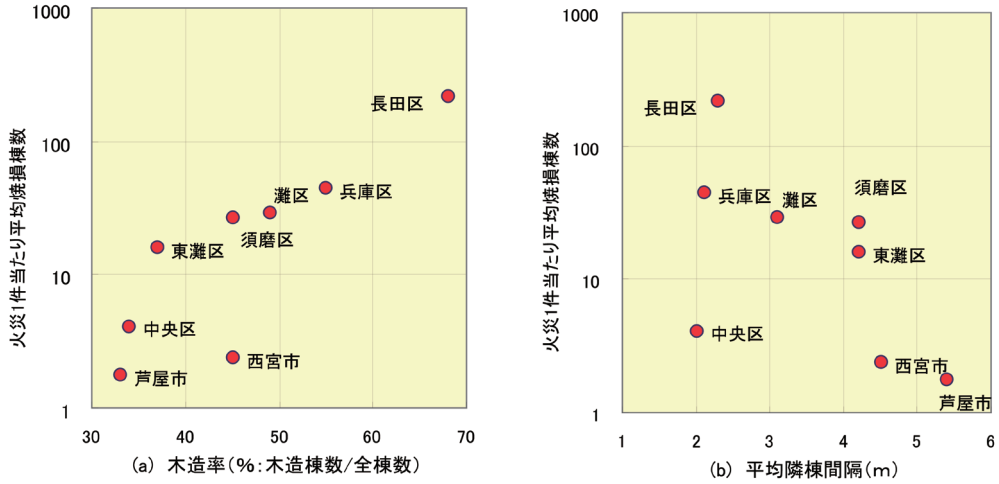


図６　地区別にみた火災１件当たり平均焼損棟数と木造率および平均隣棟間隔との関係[5)]

かった電気火災やガス漏れに起因する火災などが家屋の損壊、即ち地震動の強さと因果関係が深いことを示唆していると思われる。ただし、阪神・淡路大震災での出火率と建物全壊率との関係は、過去の地震火災データから得られている季節等による影響を考慮した関係と比べると約10分の1程度の低い出火率であり、夏場の出火率と同程度となっている。したがって、火気器具等の種類や出火防止装置の有無など時代とともに変動する要素についての考慮が今後の出火傾向の予測には大変重要となる。

2.3 市街地条件と延焼危険

図4をみると、芦屋市、西宮市は、建物全壊率ならびに直後出火率ともにそれぞれ神戸市の兵庫区、東灘区とほぼ同程度であり、出火率そのものは決して低くなかったことがわかる。しかし、図5を見ると、これら2つの市における火災1件当たり平均焼損棟数は兵庫区、東灘区と比べて、10分の1程度ときわめて小さかったことがわかる。それでは、同じような出火率でありながら、なぜこのように大きな延焼被害の差が生じたのであろうか。この理由としては、一つには両者における木造率や建物密集度（平均隣棟間隔等）など延焼危険性に関わる市街地条件の差が挙げられる。

図6は、神戸市内の被災地域各区と西宮市、芦屋市について、阪神･淡路大震災における平均火災規模（火災1件当たりの平均焼損棟数）と、それぞれ平均木造率および平均隣棟間隔（小さいほど街区の密集度が高い）との関係を示したものである。これをみると、一般的にそれぞれ右上がり、および右下がりの傾向がみられるが、西宮市や芦屋市は神戸市内の兵庫区や東灘区と比べると、木造率および隣棟間隔のどちらの指標についても延焼危険性の小さい方に位置していることがみてとれる。そして、大規模延焼火災が集中した長田区は、木造率および平均隣棟間隔のいずれの指標についても、延焼危険上最も不利な条件にあったことがわかる。

このほかに実は火災被害を左右したもう一つの重要な要因がある。それは、その地区における同時多発火災に対して、発災直後に対応可能であった消防力、具体的には直ぐに出動可能であった消防ポンプ車の数なのである。

2.4 地震時の同時多発火災に対する公設消防力のはたらきとその限界

平常時には、同じ地域で同時に火災が多発することは連続放火以外にはきわめてまれであり、通常は火災覚知後の第一出場でも近隣の消防署所から複数の消防車が駆けつけて、圧倒的優勢の消防力により火災初期のうちに消火することが可能である。しかし、大規模地震時に、もしその地区にある直ぐに出動可能な消防車数を上回る火災件数が発生すると、全ての火災に対応できないために一部の火災は否応なしに延焼してしまう。このような事態が、実際に阪神・淡路大震災時の神戸市内で発生した。

表2は、神戸市の各区、西宮市、芦屋市において、地震当日の17日午前7時までに発生した建物火災状況とこれらに対する初動時の消防活動条件をまとめたものである。神戸市では7時までに、地震直後に出動可能であった40の消防ポンプ車隊数を上回る63件の同時多発火災が発生していた。これをさらに区別にみれば、垂水、北、西の3区は少なくとも火災に関しては大きな被害はほとんどなく地震直後の署別運用の時点では余裕があったと見てよい。したがって、これらの3区を除いて考えると、同時多発火災62件に対して出動可能なポンプ車隊数は、火災件数を遥かに下回る28隊しかなかったことになる。つまり、1件の火災

表２　神戸市、西宮市、芦屋市における初動時の火災発生状況と消防活動条件

市　区	管轄域内世帯数	全焼損棟数	火災1件当たり平均焼損棟数	17日7:00までに出火した建物火災*			地震直後に出動したポンプ車数（可能だった隊数）	消火栓使用の可否状況	防火水槽の数(公＋私)
				出火件数	1000m^{2}以上焼損の件数、割合(%)	1棟火災（ ）内はRC			
西宮市	163,785	90	2.4	16	2 (13%)	7 (3)	21**	使用不能	927
芦屋市	33,906	23	1.8	7	0 (0%)	5 (4)	8**	使用不能	60
神戸市	581,700	7,326	53.5	63	37 (54%)	17 (15)	40	ほぼ使用不能	1,303
東灘	77,000	367	16.0	9	4 (44%)	3 (3)	5	最長2時間	38
灘	55,000	559	29.4	13	7 (54%)	2 (2)	4	使用不能	100
中央	56,000	107	4.1	9	2 (22%)	6 (5)	5	一部可能	147
兵庫	53,000	1,038	45.1	11	6 (55%)	3 (2)	5	使用不能	104
長田	53,000	4,814	218.8	13	11 (85%)	2 (1)	5	使用不能	93
須磨	66,000	432	27.0	7	4 (57%)	1 (1)	4	使用不能	129
垂水	87,000	6	1.0	0	0 (0%)	0 (0)	4	使用不能	77
北	71,000	2	2.0	0	0 (0%)	0 (0)	5	-----	259
西	63,700	1	1.0	1	0 (0%)	1 (1)	3	使用不能	356

*ぼや火災で事後に消防機関に報告されたものを除く（1995年11月現在のデータ）
**消防団のポンプ車を含む

に対して消防隊1隊が出動するという単純な計算でも34件の火災にはすぐには対応できなかったのである。

図7をみると、垂水、北、西区を除く神戸市内の各区では、火災1件当たりすぐに出動できた消防ポンプ車は0.6台以下しかなかったことを示しており、地震直後において現有消防力を大きく上回る同時多発火災が発生していたことがわかる。とくに、灘区や長田区では火災約3件に消防車1台の割合であり、このような状況下では仮に消防水利が確保できたとしても、すべての火災を早期に鎮圧することはきわめて困難であったということができる。

一方、西宮市および芦屋市の場合は、消防団の消防ポンプ車も含めた数ではあるが、火災1件当たり1台以上の消防ポンプ車があった。このことも、両市において出火率が決して低くなかったにもかかわらず大規模延焼火災が少なかった理由の一つである。

2.5 阪神・淡路大震災の火災被害からの教訓

阪神・淡路大震災で経験したように、現有の消防力を上回る同時多発火災が発生した場合、初期段階で消火できなかった火災が市街地延焼火災となって成長拡大していくことは、今後も起こり得る事態であり、起こっても不思議ではない。また、いったん市街地火災として成長した火災は消防力だけではなかなか延焼阻止することはできない。したがって、市街地延焼火災の局限化のためには、市街地の不燃化や延焼遮断帯の構築など、都市のハード対策を進めることが必須である。

3. 地震時の同時多発火災リスクにどう備えればよいか

2022年に東京都防災会議が公開した「東京都の新たな被害想定」[6]では、M7.3規模の都心南部直下地震、

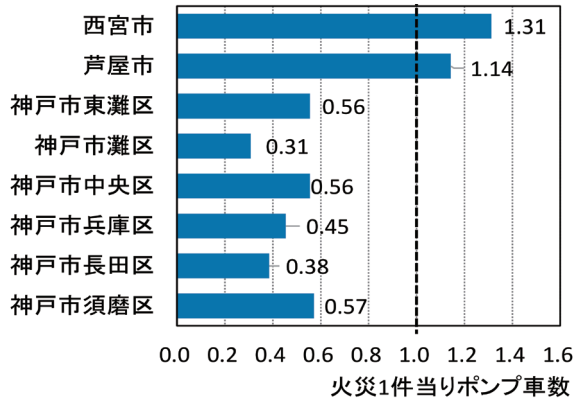


図７　市区別にみた地震直後（午前７時までの）
火災１件当たりの初動時平均出動ポンプ車数

多摩東部直下地震などの首都直下地震の発生確率は2022年以降の30年間で70％であり、また、南海トラフ地震についても、M8 ～ 9クラスの地震が今後30年以内に発生する確率が70 ～ 80％とされている。では、これらのいつ起きてもおかしくない激震に伴う地震火災の発生と延焼火災リスクに対して、我々はどのように備えればよいのだろうか。以下に、その対策の要点について述べてみたい。

3.1 根本的対策は木造密集市街地（木密地域）の解消

東京など大都市の周辺部だけでなく全国至る所に木密地域が存在している。もし、首都直下地震など、震度6強以上の地震が首都圏を襲った時には、阪神・淡路大震災時の神戸市長田区で起きたように消防力を上回る同時多発火災が発生し、初期段階で消火できなかった火災が市街地延焼火災となって拡大していくことは今後も起こり得る事態であり、想定に入れなくてはならない。こうした市街地延焼火災の防止あるいは被害軽減のためには、道路の拡幅や沿道の不燃化による

延焼遮断帯の構築や木密地域の解消という都市計画的対策を根気強く進めることが基本であり根本的対策である。このハード対策が進まない限り、また木密地域が存続する限り、我々は激震時の大規模延焼火災リスクから脱することはできないと自覚すべきである。

3.2 次善の策としての隣接家屋間延焼防止や個々の建物の不燃化・耐震化

ただ、木密地域の解消の実現には予算面でも住民合意形成の面でも、また建設の上でも気の遠くなる努力と時間が必要となる。また、わが国には、京都市の街並みや全国にある伝統的建造物群保存地区、あるいは駅前商店街など、歴史的・文化的に価値のある残したい木密地域があることも否定できない。したがって、木密地域の全面的解消とまでは行かなくとも、街並みの中の延焼危険上弱点となる箇所を選んでの沿道不燃化や隣接家屋間の延焼防止を図るための不燃壁の設置、あるいは個々の建物の不燃化・耐震化の推進など、少しでも延焼リスクを減らすための延焼防止対策が次善の策としてぜひとも必要である。

3.3 防火水槽や自然水利の活用など地震時にも信頼性の高い消防水利の確保

市街地や建物の不燃化というハード対策と並行して重要な地震火災対策は、いわばソフト対策とも言うべき地域の消防力を最大限発揮させるための事前準備を行うことである。それには多くの課題があるが、最も重要なポイントを挙げればそれは耐震性防火水槽を整備することに尽きる。また、長時間使用による防火水槽の枯渇を解決するため自然水利からの補充送水により、事実上の無限水利のようなシステムの構築を図ることも一考である。輪島市大規模火災や大船渡市林野火災を受けて、水利不足対策としてたとえば空中消火の必要などを指摘する声も聞かれるが、要は地震時にも信頼性の高い消防水利さえ確保することができれば、地上のポンプ車と消防隊員による放水で十分対応可能なのであり、それこそが最も頼りになる消火対策なのである。輪島市大規模火災での地元消防による馬出し小路における自力での延焼阻止はこのことを実証したものといえる。

3.4 水道配管の耐震化は国土強靱化の基軸政策の一つに据えるべき

消火栓は往々にして断水で使用不能となるので、消防は震災時の消防水利としては防火水槽を基本とするが、消火栓が使えないことによる消防力低下は無視できない。輪島市大規模火災の際にも、地元の消防団員の声として、もし消火栓が使えていたら初期消火できた可能性があるとの声は重く受けとめる必要がある。さらに、水道配管の耐震化は、消火活動だけでなく住民の避難生活における衛生環境の回復や生活復旧の視点からも極めて重要であり、自治体任せではなく、本来、政府が国土強靱化の基軸政策の一つに据えてでも取り組むべき重要な課題だと筆者は考える。

3.5 地震火災リスクを減らすための自助の重要性

上記のいわば公的な対策（公助）のほかに、少しでも地震火災リスクを減らすための身近に行える対策（自助）としては、各家庭における様々な耐震装置付き機器の使用、感震ブレーカなどの設置による出火防止の努力、消火器の備え、住宅の耐震化、家具の転倒防止などがあげられる。これらは多くの方が何度も耳にしている対策であると思われるが、果たして実際にはどの程度行われているであろうか。これらの対策はいずれも誰もが自宅で実施できるものであるとともに、大規模震災時にはどうしても不足してしまう公助を補う上で、大変効果的な草の根的防災対策であることを指摘しておきたい。

参考文献

1）室崎益輝, 関澤愛：地震と火災…次の大地震に備えて, 地震ジャーナル, 39, pp.27-36, 2005.
2）総務省消防庁：消防白書（令和5年版）.
3）気象庁地震火山部：1995年1月地震火山概況, No 370, 1995.
4）藤本一雄, 裸川二郎：被害分布から推定した1995年兵庫県南部地震の震度分布, 日本建築学会構造系論文報告集, 523, 71-78, 1999.
5）関沢愛, 座間信作：地震被害は何によって左右されるか―わが国特有の古くて新しい問題,「SEISMO」, 2003年2月号（通巻73号）, pp.2-4, 地震予知総合研究振興会, 2003.
6）東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定（令和4（2022）年5月25日公表）, https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/021/571/20220525/n/002n.pdf（2025年6月15日アクセス）



関澤　愛（せきざわ　あい）

NPO法人日本防火技術者協会理事長（工学博士）。1974年京都大学大学院工学研究科修了（建築学専攻）。消防庁消防研究所研究部長、東京大学、東京理科大学の教授を経て、2024年よりNPO法人日本防火技術者協会理事長。専門は建築防火、都市防災、避難安全。

地震火災研究の「最前線」

廣井　悠
●東京大学先端科学技術研究センター 教授

1. はじめに

本稿では、関澤氏による「阪神･淡路大震災に学ぶ地震火災のリスクと教訓」に引き続き、現時点における最新の地震火災研究をなるべく分かり易くかつ網羅的に記述することで、今後の地震火災研究の展望を示すとともに、以降に続く個別課題をテーマとした論考への橋渡しとしたい。なお、紙幅も限られることから、本稿では主に国内の研究者が行っている最新研究を中心に取り扱う。

2. 地震火災現象の特徴と必要とされる研究

ここではまずはじめに、他の災害現象と比べて地震火災現象が有する代表的な4つの特徴を説明する。1つめの特徴は、多様な発生原因である。そもそも地震発生後は火源と着火物が同一空間内で重なりやすく、また電気配線の断線などで火災が発生しやすい環境にある。しかしその出火原因を細かく見ていくと、建物倒壊や火気器具、電気配線、ガス、ローソク、暖房器具、あるいは津波火災においては津波瓦礫、自動車、通電など様々な原因がこれまで報告されており、不明なものも数多く、地震後継続的に発生することが知られている。例えば図1は筆者も参加メンバーである日本火災学会･地震火災専門委員会（主査：北後明彦神戸大名誉教授）が調査した、東日本大震災時における地震火災の出火原因であるが[1]、これを見ても多種多様な火災が発生していることがわかる。これは、地震火災対策がきわめて多岐にわたることに他ならない。

2つめの特徴は、ひとたび災害対応力の限界を超えると被害が甚大になりうるという点である。例えば地震時等に運悪く同時多発火災が発生してしまうと、あるいは何らかの原因で消防力が機能しない状況に陥ってしまうと、条件次第では火災の拡大が消防力の限界を超えてしまう可能性があり、そのような状況下ではいくつかの火災は消火対応ができず、放任火災状態になってしまう。例えば図2は、輪島市大規模火災における火面長（火災が発生している範囲の外周の長さ）と消防活動の関係を示したものであるが[2]、1隊（筒先2口）につき20mの火面長をカバーできると考えると、この大規模火災では消防力が劣勢であったために火災の拡大が甚大になったという事実が読み取れる（補注1）。これはつまり、延焼防止、消火･消防といった地震火災対策に「閾値」が存在することを意味する。

3つめの特徴が、地震火災発生時の状況である。地震火災が発生もしくは拡大する状況下においては、建物倒壊や津波襲来による避難障害、道路閉塞や液状化による消防活動の阻害、消火栓の機能不全、開口部損傷による建物防火性能の低下、重油の流出など、消防・避難・延焼阻止などあらゆる対応に負の影響を与える。これは、地震火災研究分野単独では災害リスク

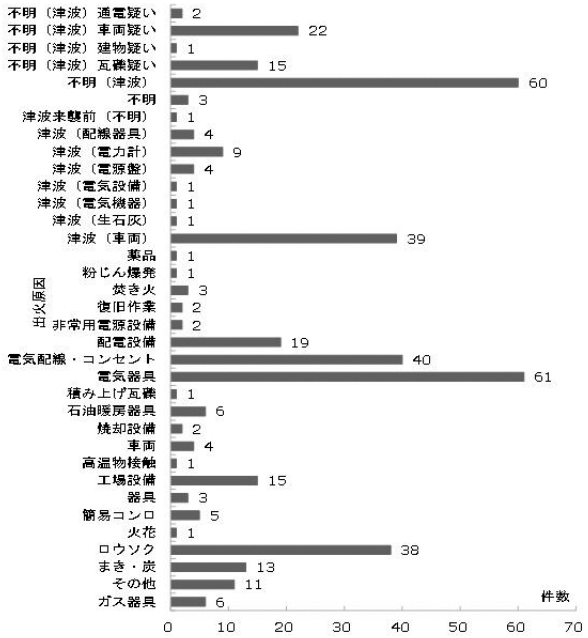


図1　東日本大震災で発生した地震火災全体の出火原因（N=398）[1),3)]を一部追記

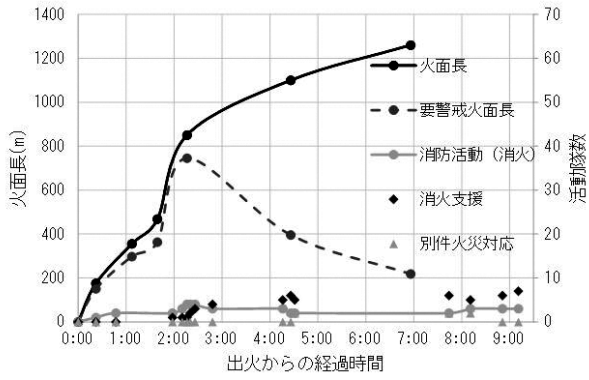


図2　2024年能登半島地震における輪島市大規模火災の火面長と消防活動の関係[2]

を精緻・正確に評価することが不可能であり、他分野との共同作業が精緻なリスク評価においては必須であることを意味する。

そして最後に示す4つめの特徴が、地震火災研究を理解するうえで最も重要な点である。つまり、地震火災による甚大な被害は予測に伴う不確実性が極めて高く、発生頻度も低いという特徴である。

そもそも一般に、地震火災による被害は地震発生時の時刻や季節、気象条件などのパラメータに大きく依存することが知られている。ところがこのようなパラメータは、現代の技術では容易に事前予測することが困難である。つまり、地震火災による被害は本質的に多分の不確実性を含むものである、と考えることができよう。それゆえ、いくら演繹的に精緻なリスク評価が可能になったとしても、地震火災現象の有する「不確実性の高さ」を考えると、その数値は参考程度としか扱えないため実際の運用上はコスパが悪く、事前の政策評価を行うためには、多様な火災発生状況を考慮に入れた緻密な感度分析が大前提となる。

他方で地震火災研究は、発生頻度の低さに伴う課題も同時に有している。上記のように地震火災による被害の様相は、時刻や気象条件によって大きく異なる。これに対して、地震火災によって甚大な被害が記録された例は、関東大震災、福井地震、阪神・淡路大震災、東日本大震災、そして近年では能登半島地震などごく僅かであり、他の災害と比べても、発生頻度の低い、極めて希少な事象である。それゆえ、災害調査などによって得られるデータ量は限られていることから、帰納的な手法によるリスク評価や予測には自ずと限界がある。例えば図1のように、東日本大震災では398件の地震火災が発生しており、これを見ると津波火災を除けば、電気による火災が多く、大規模延焼は少なく、人的被害はごくわずか、という傾向が見られた。しかしながらここで得られた被害様相が「現代市街地」における地震火災被害の特徴なのか、それとも「東北地方」という地域性に伴う特徴なのか、あるいは「春かつ昼間で風速が遅い」という時刻・季節・気象条件による特徴なのかを切り分けるのは困難である。それゆえ帰納的に地震火災のリスク評価を行う際には、このように偏った、またかなり昔のものも含めた、そしてごく僅かなデータ群を参考に、不確実性の高い現象を予測する「作業」を行わざるを得ない。これは、災害研究全体の課題とも言えそうだが、筆者の主観では地震火災研究は特にこの傾向が強いように感じている。

本稿では、このような地震火災現象の特殊性を踏まえて、被害軽減を実現するために必要とされる研究を「地震火災現象の真相を解き明かす研究」、「地震火災現象を評価・予測する研究」、「地震火災対策を社会実装しようとする研究」に3つに分け、それぞれの現代科学における到達地点をできる限り網羅的に説明する。

3. 地震火災現象の真相を解き明かす研究

前述したように、地震火災現象は発生頻度の低い現象である。それゆえ、ひとたび地震火災による被害が発生したら、徹底的な災害調査が極めて重要である。関東大震災時は「文明が進めば進むほど天然の暴威による災害がその劇烈の度を増す」と後に記した寺田寅彦や中村清二ら、阪神・淡路大震災時は当時神戸大学教授であった室崎益輝氏らが緻密かつ網羅的な調査をしている。そして東日本大震災では日本火災学会・地震火災専門委員会による精力的な調査が行われ、報告書[3]で調査データを広く公開した。その結果、これまで一部の事例を除いて顕在化してこなかった津波火災による大規模延焼や全体の約1割が停電時に使用されたローソクからの出火であること、中高層建築物における地震時の建物火災と、防火設備や消火設備の揺れによる損傷などが明らかにされた。また表1のように、熊本地震や大阪府北部地震などの調査を通じて、継続的に初期消火力のデータ整備などが行われている[4]。

表1　熊本地震・大阪府北部地震・東日本大震災における初期消火成功率の震度別比較[4]を一部追記

	震度	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
熊本地震	初期消火成功	–	–	–	0	0	1	0
	消防活動	–	–	–	2	1	5	1
	自然鎮火	–	–	–	0	3	0	0
	初期消火成功率	–	–	–	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%
大阪府北部地震	初期消火成功	–	–	3	1	–	–	–
	消防活動	–	–	2	1	–	–	–
	自然鎮火	–	–	0	0	–	–	–
	初期消火成功率	–	–	60.0%	50.0%	–	–	–
東日本大震災	初期消火成功	2	0	5	6	9	4	–
	消防活動	0	0	13	30	20	12	–
	自然鎮火	0	1	2	4	2	1	–
	その他(不明など)	0	1	18	15	22	8	–
	初期消火成功率	100.0%	0.0%	25.0%	15.0%	29.0%	23.5%	–

2024年に発生した能登半島地震では、市街地延焼や焼け止まりなどの調査のみならず、住民の対応行動や避難行動に関する調査も行われており[5]、津波による浸水が懸念される地域における消火活動や避難行動などに対する今後の対策方針がこれらの調査から明らかにされるものと考えられる。ここで特に留意したい点は、地震火災現象は希少な事象であるため、質問紙調査の設計については可能な限り統一した設問を用いることで、災害間比較をしやすくしている点である（図3）。このことからも、現在は火災学会等を中心とした

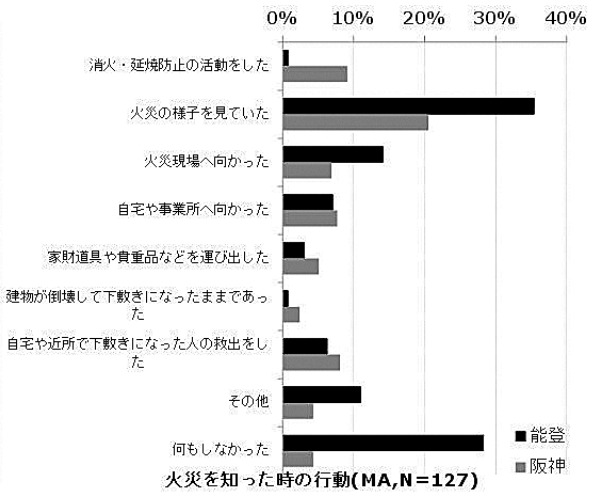


図３　2024年能登半島地震における対応行動調査（火災を知った時の行動を阪神・淡路大震災と比較）[5]

災害調査体制の確立や調査の実施、成果の公表がなされているところであるが、現状の課題として、これら災害調査のデータのアーカイブ化があげられる。

4. 地震火災現象を評価・予測する研究

続いて、地震火災現象の評価・予測に関する研究を紹介する。地震火災が発生してから人的被害が発生するまでのプロセスは、出火、延焼、消火、避難の各プロセスを辿ることが多いことから、ここではそれぞれのプロセスにおける研究群を紹介したい。

はじめに「出火」である。わが国において地震火災の出火件数を予測しようとする研究は1965年ごろから行われているが、これはおおむね地震発生から出火に至る経緯を構造化して出火率を予測しようとする演繹的な手法と、実際の被害データをもとにして予測式を構築しようとする経験的・帰納的な手法の2種類に大別することができる。例えば前者の演繹的な手法としては、東京消防庁などによるETA（Event Tree Analysis）に基づく出火件数予測が広く知られている。具体的には、地震時における出火要因を火気器具・電熱器具（建物圧壊時および建物圧壊時以外）や電気機器・配線、化学薬品などに分類したうえで、一部の要因については震度別・器具別の出火率を実験的手法などによって設定し、器具保有状況や時間帯別の器具使用率に関する質問紙調査データ等を用いて、これまでの地震火災データに合うよう調整をはかるもので、被害想定や地域危険度などによるリスク評価ではこの手法が用いられることが多い。ただし、この手法は質問紙調査等の結果によって大きく数値が変化してしまうという欠点も有するほか、積み上げによる計算を行なって、最後に調整をはかっていることから、予測手法の妥当性を検証することが困難という短所もある。

一方で後者の経験的な出火件数予測手法としては、地震時の出火率（木造建物数あたりの出火件数）を木造建築物倒壊率の関数であるとして予測しようとした「河角式」にはじまり、これに時刻係数や季節係数を考慮した「水野式」、用いる地震火災データの量と質に注目した「都市防火総プロの方法」などが知られている[6]。現段階では、地震火災を「揺れに伴う火災」、「津波火災」、「間接的な原因で発生した火災」と分類したうえで、それぞれの出火件数予測を東日本大震災時の地震火災データを用いて一般化線形混合モデル（Generalized Linear Mixed Model）や階層ベイズモデル（Bayesian hierarchical modeling）としてパラメータ推定した廣井式[7]が提案されているが、これが経験的出火予測手法の最新モデルと考えられよう。なお、津波火災においてはこれを簡略化した出火件数予測手法[3]が、国などの被害想定[8]で用いられている。しかしながらこれらの経験的手法は、パラメータ推定に用いた地震火災データに引きずられてしまうという欠点を有する。 例えば東日本大震災のデータを利用した出火件数予測式は「春かつ昼間で風速が遅い」「建物倒壊に伴う大規模延焼はあまりない」といった偏りのあるデータを集計したものに過ぎないことは言うまでもない。しかしながら一方で、出火要因は社会環境や時代背景によって大きく異なると考えられることから、用いるデータとして約30年前の阪神・淡路大震災の出火データなどを含め、どこまで過去のデータを用いれば

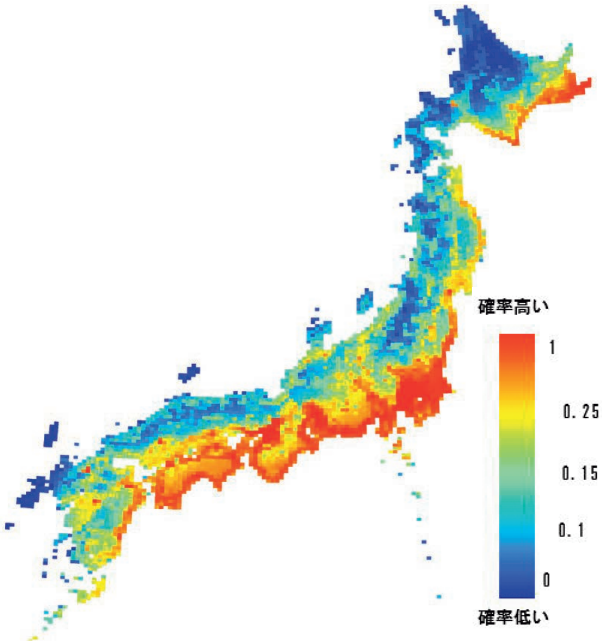


図４　確率論的地震出火予測値図（30年以内に２次メッシュ内で地震火災が1件でも発生する確率）[7]

よいものかどうかは極めて判断が難しい。これはつまり、地震火災現象の発生頻度の低さに伴うジレンマと考えられる。

ところで、近年では上記の出火件数予測式を用いることで、出火リスクのハザードマップを作る試みがなされている。例えば東京消防庁は、東京都内の出火リスクを総合出火危険度、構造別出火危険度、要因別出火危険度などとして、町丁目別および250mメッシュ単位に公表している[9]。他方で、筆者は上記の廣井式（津波火災は除く）と確率論的地震動予測地図（J-SHIS）のデータを用いて、2次メッシュ内で30年の間に地震火災が発生する確率を計算した確率論的地震出火予測値図という全国マップを作成しており（図4）、用いたデータに偏りはあるものの、出火リスクを地域間で相対比較することを可能としている[7]。

続いて「延焼」を評価・予測しようとする近年の研究を紹介する。市街地の延焼リスクを評価しようとする研究は、従来より地震火災研究の花形的な位置づけとおおむね認識されているが、その手法は大きく分けて、延焼限界距離等を用いて市街地の延焼リスクを静的に評価しようとする方法と、延焼シミュレーションを用いて動的に市街地の延焼リスクを評価しようとする方法に大別される。例えば前者は、建物単体データを用いて一定の気象条件を設定し、延焼限界距離によるクラスター（延焼運命共同体）を生成したのちに、炎上出火件数や消火率を設定して建物ごとの焼失率を求める加藤らによる方法がある[10]。一方でこのような静的な延焼リスク評価とは反対に、市街地火災の拡大過程を計算機によってシミュレートしようとする延焼シミュレーションを用いたリスク評価手法が計算機性能の向上もあいまって、近年では盛んに用いられるようになっている。この手法はこれまでに、浜田の楕円モデルを端緒として、建築研究所や消防研究センター、東京消防庁など様々な組織が独自の延焼シミュレーションモデルを開発・運用しているところである[11]。このなかには、飛び火過程も考慮した糸井川の確率論的モデル[12]など、現代においてもなおその先進性が評価されるべき研究もあったが、最先端の研究としては、樋本の研究[13]があげられる。これは従来のように経験的な火災拡大過程の関係式を利用するものではなく、建物火災の進展を構造種別ごとにシナリオ化し、火災工学的知見に基づいた物理的なシミュレーションを構築したもので、計算負荷は高いが、緻密かつ検証も容易である。また同様に、建築研究所や国土技術政策総合研究所では、岩見らによって模型実験等も組み合わせて同様に精緻な延焼シミュレーションプログラムが開発されており、プログラムを一般に配布するとともに、延焼リスクの評価のみならず防災計画の評価を可能にしている[14]。計画評価のためのシミュレーションとしては、大佛らによる一連の研究もあげられる。特に大佛らはグラフ理論の手法を利用して、火災拡大の延焼経路をネットワーク化することにより、整備の優先順位を単体で把握し、延焼シミュレーションを用いてその検証を行っている[15]。さらに東日本大震災以降は、地震の揺れによって損傷し、火災安全性能が低下した建築物のリスク評価をしようとする研究も行われ始めている[16]。この詳細は本特集における鈴木淳一氏の論説に詳しいと考えられるため、ここでは詳しい説明を譲ることとする。そして近年では3D都市モデルを活用した延焼シミュレーターも開発され、標高を反映させることで市街地と林野をシームレスに評価することのできる技術開発が行われている[17]。近年ではこのあたりが延焼リスクを予測･評価しようとする研究の「最前線」と言えるだろうか。

ところで、津波火災による延焼リスクの評価技術は、その不確実性の高さや被害データの乏しさ、あるいは延焼範囲が浸水範囲等の津波の被害様相に大きく依存するものと考えられるほか、津波火災リスクの存在が過大評価されると津波避難行動に悪影響を与える懸念もあることから、具体的かつ詳細なリスク評価は被害データの少ない現時点ではなじまないものと考えられ、いまだ実用化に遠いと言えよう。ただし近年では統計的に延焼リスクを大まかに評価しようとする研究も散見され、例えば東日本大震災時の被害データを用いて、ロジスティック回帰モデルにより津波火災の延焼発生期待値を予測しようとする大江らの研究[18]などがある。

最後に、「消火」と「避難」に関する性能や機能を評価・予測しようという研究を紹介する。これらの研究は、近年では災害調査を分析する研究を除き、多くがシミュレーションによる評価・予測を試みることが多い。これは、前述した地震火災現象に伴う不確実性の高さに加え、出火や延焼に比べて消火・消防や避難は、物理現象のみならず部隊運用の意思決定や避難者の人間心理等も内包する比較的複雑なプロセスをモデル化する必要があり、単純な予測式や数理モデルのみによる評価が難しいことに起因する。消火については例えば、消防研究センターが阪神・淡路大震災以降、消防力最適運用システムの開発を継続的に進めており[19]、出火点や風向・風速等を入力することで簡便な延焼予測を行い、この予測に基づいて、延焼を防止するために必要な消防力の算定を行い、消火可否の判定や最適消防力運用などの消防活動支援情報を提供している。これ

はリアルタイムでの運用も見据えて、延焼予測は計算負荷の低い簡便なものになってしまうが、部隊運用の図上訓練などにも利用可能なものである。

一方で避難についても、従来からわが国では避難シミュレーションを用いたリスク評価が伝統的になされていた。近年の研究として、建築研究所の鈴木雄太氏による研究[20]などは、最遅避難の考え方を手掛かりにして災害直後の不完全情報に注目しようとするものであり、刻々と変化する状況の中でリアルタイムに安全な避難が可能である限界時間を特定・情報提供しようとするものである。従来までは数多くの避難シミュレーションがおおむね完全情報を仮定していたなかで、果敢にこの課題にチャレンジしようとする期待の若手研究者である。一時避難場所の評価や共助に注目した研究としては、釘崎らの研究[21]がある。これは、関東大震災の体験談をM-GTA法により分析して住民間の情報共有や救助活動等の共助活動の実態を構造化するとともに、その分析結果を援用して共助による活動を組み込んだマルチエージェント避難シミュレーションを構築し、二段階避難における一時集合場所の効果や助け合いの効果を検証したものである。また、複合災害に着目したものとして、建築研究所の岩見らは複合災害からの避難シミュレーションを構築しているほか[22]、多様な災害現象を組み込んだシミュレーションとして、廣井[23]は火災被害が甚大と考えられる大都市部において大規模地震発生時に大量の帰宅困難者による徒歩帰宅が見込まれることから、大都市における帰宅困難者のマクロスケールでの移動と火災避難者のミクロスケールでの移動を組み合わせて様々な条件下で火災避難に与える影響を評価するマルチスケール火災避難シミュレーションを開発している（図5）。

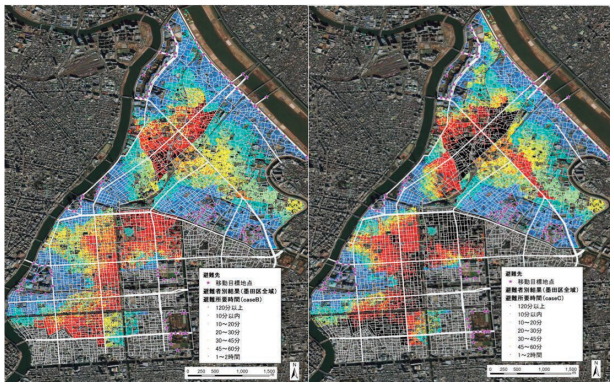


図５　帰宅困難者による首都圏スケールでの徒歩帰宅行動を考慮した場合における墨田区北部の地震発生直後の避難完了時間（左）と地震発生から２時間後の避難完了時間（右）の比較[23]

上記のように、「避難」性能を評価するためには、地震火災現象の不確実性のみならず、人間心理も考慮した非常に複雑な現象のモデル化が必要になるからこそ、シミュレーションによる解決がこれまで行われてきた。今後も計算機性能の向上に従い、様々な研究がなされていくであろうことが想像される。しかしながら、不確実性が高く複雑な現象であるからこその留意点も存在する。特に、シミュレーションで得られた結果の解釈には最大限の注意を払わなければならない。地震火災からの避難シミュレーションによって得られた結果には、避難モデルの性能・妥当性に伴う誤差と、風速や風向など事前に予測不可能な不確実性に伴う誤差の2種類が内在し、防災計画を検討するうえでは両者を的確に切り分けて判断する必要がある。つまり、このような特徴を有する避難シミュレーションであるからこそ、その利用や結果の解釈にあたっては、ValidationとVerificationを慎重に行う必要があるだろう。

5. 地震火災対策を社会実装する研究

最後に、被害軽減を考えるうえで欠かせない研究が地震火災対策を社会実装しようとする研究である。これは研究者のみならず、消防職員や技術者も含めた多様な主体の連携が期待されるところであるが、紙幅も限られているため、筆者らによるPIG（地震火災イマジネーションゲーム）の取り組みを一つだけ紹介したい。写真1は、地震火災からの対応行動を考える地域住民向けのワークショップツールである。ここでは、地図上に様々な延焼範囲を重ね合わせ、設定した出火状況・件数や風向、風速に応じて地域住民などがどのように助け合い、延焼防止を行い、避難するかを即地的に判断・議論することを目的としており、自助・共助の災害対応の想像力や判断力を体験するもので、現在は東京都内を中心に利用されている。



写真１　地震火災イマジネーションゲーム（PIG）

6. おわりに

本稿では、地震火災研究の「最前線」と銘打ち、地震火災現象の特殊性を踏まえて、現在行われている最新研究を紹介した。紙幅の関係で、すべての最新研究を取り上げられなかった点はお許しいただきたい。一昔前とは異なり、市街地の難燃化がますます進み、木造密集市街地も減りつつあるなかで、建物倒壊や浸水害など他のハザードと比較してLPHC（Low Probability High Consequences：低頻度大規模）型災害の傾向が強い地震火災による物的・人的被害を、今後どのように減じていけばよいかは難題である。特に、われわれ専門家がそのリスクを如何に声高に叫ぼうとも、確率の低い現象に対して、自助による対策を現実に促すことは容易ではない。 また筆者は東京都内のそこそこ危険な木造密集市街地内に居住しているが、危険性の高い地域はともかくとして、そうでない地域においては市街地更新をはじめとした過剰な地震火災対策により、地域社会のバランスや魅力を損なうことになっては本末転倒であろう。それゆえわれわれは、地震火災による人的被害は「出火」、「延焼」、「消火」、「避難」という複雑なプロセスを経て発生することを逆手に取り、地域社会の実情に合わせて対策を選択して、それぞれを重ね合わせる「多重防御」の考え方を重要視する必要がある。つまり、このような特徴を有する地震火災研究は、リスク評価技術の高度化・精緻化・詳細化が必ずしも直接的に物的・人的被害を減じるものとは言い切れない分野である。むしろ、これらの技術を誤解なく社会に実装し、適切な住民の選択・意思決定を促していく過程が求められるべき研究の方向性であろう。それゆえこれからの地震火災研究は、被害軽減を目標に据えるのであれば、「予測技術から総合学問としての地震火災研究へ」といった方針へと進むべきではないだろうか。すると、他のハザードとのリスクの比較や地域社会の特徴や文脈までも考慮した対策方針の実現が必要であろう。これは地震火災研究者のみでは実現は不可能であり、多様な専門家との連携が必須である。日本地震工学会誌で地震火災研究を特集する意義は、このようなところにあるのではないだろうか。いずれにせよ現在は、大きな不確実性を内包した地震火災による物的・人的被害を今後どのように減じていけばよいか、目標とする安全水準の再定義も含めた新しい計画論の提案が必要とされているところである。

ところで、他のハザードを専門とする研究者と比べ、地震火災の研究者は非常に数が少ない。特に20代、30代の研究者は希少である。筆者はもう中堅と呼ばれる年齢の研究者であるが、より若い地震火災研究者への支援や参入をこの場を借りて読者の皆様にはお願いしたい。

補注1

ただし輪島市大規模火災においては、延焼地域の西側が河川、北側が空地及び海に面していたため、図2を見ると要警戒火面長は1月2日の2時以降は減少していることが見て取れ、これら自然的な焼け止まり条件が火災の拡大抑制に大きな影響を与えたことが分かる。

参考文献

1）日本火災学会：2011年東日本大震災火災等調査報告書（完全版）、2016.03.
2）成井竣亮、四井早紀、大津山堅介、廣井悠：市街地火災における火面長と消防活動量の比較分析－2016 年糸魚川市大規模火災・2024 年輪島市大規模火災の事例から－、地域安全学会梗概集、2025.
3）廣井悠 ：津波火災に関する東日本大震災を対象とした質問紙調査の報告と出火件数予測手法の提案、地域安全学会 論文集、NO.24、pp.111-122、2014.
4）廣井悠、岩見達也、髙梨成子、樋本圭佑、北後明彦：2016年熊本地震に伴って発生した地震火災に関する調査、火災学会論文集、Vol.70、No.1、pp.27-33、2020.
5）廣井悠：令和6年能登半島地震時の輪島市大規模火災に関する調査研究、月刊建築防災、2025.07.
6）日本火災学会編：火災便覧（第4版）、共立出版、2018.
7）廣井悠：階層ベイズモデルを用いた地震火災の出火件数予測手法とその応用、地域安全学会 論文集、NO.27、pp.303-311、2015.11.
8）内閣府：南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要、2025.03.
9）東京消防庁：第10回東京都の地震時における地域別出火危険度測定、2021.06.
10）加藤孝明、程洪、亜力坤玉素甫、山口亮、名取晶子：建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築、地域安全学会論文集、No.8、2006.
11）東京消防庁：地震時の延焼シミュレーションシステムに関する調査研究、1989.
12）糸井川栄一、塚越功：飛火を考慮した市街地火災の確率的延焼モデル、日本都市計画学会学術研究論文集、No.23、pp.469-474、1988.
13）Himoto K.：Large Outdoor Fire Dynamics, CRC Press, 2022.

14) 国土技術政策総合研究所:市街地火災及びアクティビティ・シミュレーションプログラム、https://www.nilim.go.jp/lab/jdg/program.html
15) 大佛俊泰、廣川典昭：延焼ネットワーク分割による大規模延焼被害低減の可能性、日本建築学会計画系論文集、No.826、pp.2413-2420、2024.
16) 樋本圭佑、向坊恭介、秋元康男、黒田良、北後明彦、田中哮義：地震動による建物構造被害と火災加熱による損傷の進行を考慮した地震火災延焼性状予測モデル、日本建築学会環境系論文集、No.653、pp.543-552.
17) 国際航業：3D都市モデルを活用した延焼シミュレーターの高度化事業、https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc23-26/
18) 大江崇、富田孝史：津波火災の延焼発生リスク評価モデルの開発、土木学会論文集、79巻、17号、2023.
19) 佐々木克憲、関澤愛：延焼予測と消防力運用のシミュレーションを利用した地震時の都市火災リスク評価に関する研究、日本火災学会論文集、64、3、pp.9-17、2014.
20) 鈴木雄太、糸井川栄一：地震火災時の不完全情報下における最遅避難時刻の不確実性を考慮した避難安全限界時期のリアルタイム判定に関する基礎的検討、地域安全学会論文集、No.39、pp.279-289、2021.
21) 釘崎理、大津山堅介、廣井悠：一時集合場所の役割に着目した住民の共助活動による市街地火災避難に関する研究―関東大震災の体験談分析を踏まえた東京都大田区および品川区におけるマルチエージェントシミュレーション―、都市計画論文集、No.59-2、2024.
22) 岩見達也、竹谷修一：津波と火災を考慮した複合災害避難シミュレーションツールの開発、日本建築学会第37回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、2014.
23) 廣井悠、大森高樹、新海仁、大都市複合災害避難シミュレーションの提案、日本災害情報学会第16回研究発表大会概要集、2015.10.



廣井　悠（ひろい　ゆう）

東京大学・教授。東京大学大学院工学系研究科・特任助教、名古屋大学減災連携研究センター・准教授等を経て2021年8月より現職。博士（工学）、専門は都市防災、都市計画。平成28年度東京大学卓越研究員。JSTさきがけ研究員（兼任）。主な受賞に、令和5年防災功労者・内閣総理大臣表彰、令和5年度文部科学大臣表彰・科学技術賞、平成24年度文部科学大臣表彰・若手科学者賞、都市住宅学会・学会賞など。

津波火災の予測とリスクの軽減

西野　智研
●京都大学防災研究所 准教授

1. はじめに

近年日本で発生した地震津波は「津波火災」と呼ばれる新しいタイプの火災を誘発してきた。特に、津波避難ビルが津波火災の影響を受け、その結果、津波から避難していた人々が火災の危険に直面したケースが報告されており[1)]、津波火災のリスク軽減対策の必要性が浮き彫りになった。しかしながら、現在の地震防災対策では津波火災が十分に考慮されているとは言えない。本稿では、今後の防災対策の参考に資することを期待し、これまでの津波火災研究の一端と津波避難ビルの津波火災対策の考え方を簡潔に紹介する。

2. 津波火災研究の始まりとこれまで

津波火災とは、津波の浸水域で発生しその原因が津波浸水に関連する火災のことを言う（過去の事例では、津波浸水の結果として発生したと疑われる火災も含んでいることが多い）。2011年の東北地方太平洋沖地震は津波火災が広範囲に観測された初めての事例であり、この地震をきっかけに津波火災のリスクが懸念され始めた。地震の当日には90件の津波火災が発生し（図1）、津波の浸水域で61ha以上が焼失した[1)]。この地震における津波火災の主要な形態は津波ガレキが関与したものであり（図2）、当然ながら、従来の地震火災（地震動に起因する火災）とは異なる。具体的には、津波火災は津波によって流され集積した津波ガレキ（木造家屋や自動車など）から発生するか、津波で運ばれている最中に出火し燃えたまま集積するケースが典型的であった。その後、火災は周辺の集積ガレキや津波で流されずに残っていた木造家屋に燃え移り、大規模な火災に発展した。

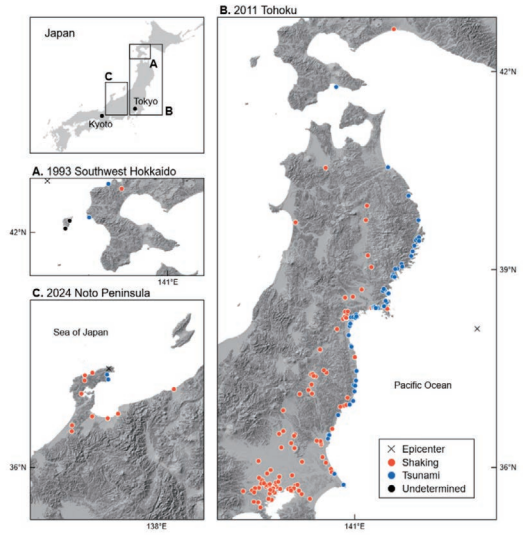


図1　津波火災の発生分布（青丸）[1)-3)]。赤丸は地震動に起因する火災。国土地理院の陰影起伏図に加筆。

この地震から10年以上が経った2024年の令和6年能登半島地震でも津波火災は発生した。地震後に発生した17件の火災のうち2件は津波の浸水域で発生し、18棟の建物が焼失した[2)]。この津波火災による被害は東北地方太平洋沖地震で発生したそれよりもはるかに小さく、幸いにも津波避難施設への影響も報告されていない。しかしながら、津波火災の発生頻度が低いことを考えると、この地震で発生した津波火災はその理解を深めるのに役立つ貴重な事例である。なお、1993年の北海道南西沖地震でも津波火災が発生している。奥尻島青苗地区で約190棟の建物を焼失させた火災については津波との因果関係がはっきりしないが、少なくとも3件の津波火災が渡島半島で発生している[3)]。

これら三つの地震の津波火災データを要約したところ、次のことが明らかになってきた[4)]。

I. 建物や自動車を大量に流失させるような強い津波を受けた地域では、津波ガレキが火災の発生に強く関与するが、建物や自動車がさほど流失しない弱い津波を受けた地域では、主に浸水した建物や自動車の電気系統（電気部品・電気設備や電気配線）が火災の発生に関与する。

II.ある地域における津波火災の出火確率は、その地域の建物流失率の関数として表現され、平均では浸水建物1万棟あたり約2件から約6件まで変動する。さらに、建物流失率以外の様々な要因の影響で地域によりばらつくが、1σの範囲を考えるとその1/3～3倍程度となる。

東北地方太平洋沖地震以降、津波火災による被害の予測を目的とした研究がなされてきた。そのうちの幾つかは、東北地方太平洋沖地震の津波火災による焼失範囲が津波ガレキの集積範囲と密接に関係していたことに着目し、津波ガレキの生成・漂流・集積をモデル化し集積範囲を予測することで津波火災の焼失範

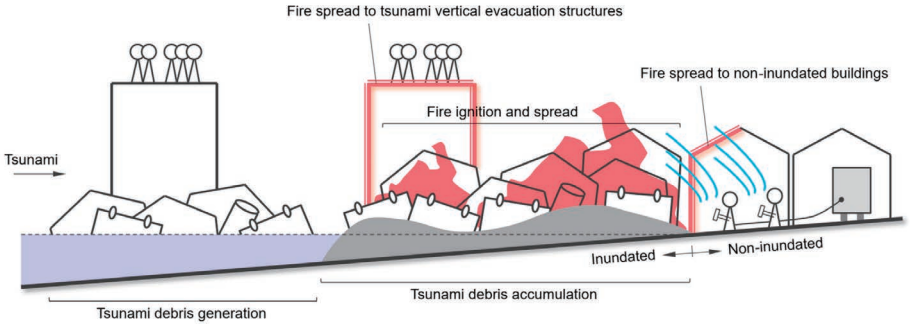


図２　2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波火災の主要な発生形態とインパクト

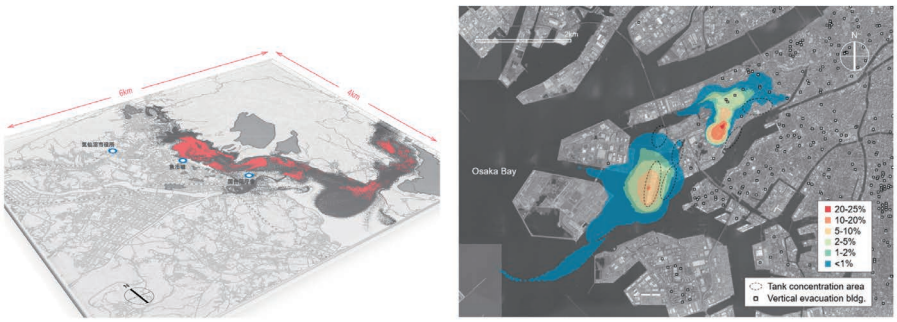


図３　（左）気仙沼湾の津波誘発石油流出火災の再現解析[10]と（右）確率論的津波火災ハザードマッピング[11]

囲の評価につなげようとするものである[5)6)]。例えば、Nishino and Imazu[5)]は、津波の流況下での津波ガレキの経時的な挙動（津波で破壊された建物からのガレキの流出を含む）をモデル化し、津波の伝播・浸水モデルと統合することで、津波ガレキの集積量の空間分布を評価する手法を開発している。また、この手法を津波火災により約1.7haが焼失した山田町中心部に適用し、津波ガレキの集積分布の計算結果が実際の焼失範囲と概ね整合することを確認している。

一方、東北地方太平洋沖地震において気仙沼湾で発生した津波起因の大規模な石油流出火災は、津波火災を自然災害起因の産業事故（Natural hazard-triggered technological accidentsの略でNatech[7)]と呼ばれることが多い）の一種として捉えた異なるタイプの研究につながっている。気仙沼湾での津波火災は、気仙沼港にあった22基の石油タンクが津波で流され内容液が流出し、湾上を浮遊する石油に何らかの要因で引火して大規模な海上火災に発展したものである[8)]。Natechは危険物を貯蔵または取り扱う産業施設が自然災害の影響を受けることで生じ、設備などが損傷することで危険物の放出、火災、爆発などの重大事象につながる可能性がある。津波による屋外貯蔵タンクの移動やその防止対策は研究されてきたが[9)]、その後に発生する可能性のある火災を含めた評価はなされていない。

Nishino and Imazu[10)]は、津波による石油の拡がりだけでなく、石油に火が点いた後の燃え拡がりも含めたモデル化を行い、津波の伝播・浸水モデルと組み合わせることで、津波起因の石油流出火災の拡大性状を予測する手法を開発している。また、この手法を用いて気仙沼湾の石油流出火災の再現シミュレーションを行い、消防本部の調査報告や映像記録を概ね説明できることを確認している（図3左）。その後Nishino et al.[11)]は、この津波火災モデルを確率論的津波ハザード評価（Probabilistic tsunami hazard assessmentの略でPTHAと呼ばれることが多い）の枠組みに組み込み、さらに津波だけでなく火災に関連する不確実性も考慮することで、火災ハザードの定量的な尺度である放射加熱強度の確率論的なマッピングが可能な手法へと発展させている。また、この手法を大阪湾の石油コンビナートに適用し将来の南海トラフ地震を想定した津波火災ハザードマップの推定を通して、津波避難ビルの類焼など望ましくない事態がどこでどの程度の頻度で起こり得るのかを理解できることを示している（図3右）。

3. 津波避難ビルの津波火災対策の考え方

津波火災がもたらす損失には当然ながら経済的な損失も考えられるが、人命損失が津波火災の本質的な問題である。なぜなら、津波火災は津波の浸水に伴って発生するため、経済的な損失は津波火災の発生前の地震動や津波によってほとんど決まる。一方、近くに高台のない地域では、人々は津波から命を守るために背の高い建物などに避難する。上述したように、津波火災の発生確率は浸水建物1棟で見ると非常に小さいが、広大な浸水域全体で見ると、どこかの地域では津波避

表１　2011年東北地方太平洋沖地震において津波からの垂直避難に利用された主要な建物で、津波火災の影響を受けた、または影響を受けかけたもの[12)]

No.	Municipality	Use	Floors	Inundation depth [m]	Num. of evacuees	Tsunami fire damage
1	Ishinomaki	School	3	1.7	50	A tsunami fire spread into the interior.
2	Kesennuma	Welfare	3	4.4	35	A tsunami fire spread into the interior.
3	Kesennuma	Welfare	3	5.6	80	Tsunami fires occurred in the vicinity.
4	Kesennuma	Shop	3	6.0	1000	Tsunami fires occurred in the vicinity.
5	Kesennuma	Hotel	6	5.4	60	Tsunami fires occurred in the vicinity.
6	Kesennuma	Hall	3	6.0	450	A tsunami fire burned the exterior walls.
7	Kesennuma	Office	4	6.0	200	Tsunami fires occurred in the vicinity.
8	Kesennuma	Office	6	6.2	120	Tsunami fires occurred in the vicinity.
9	Kesennuma	Hospital	3	5.5	60	A tsunami fire burned the exterior walls.

* All of the listed buildings were constructed with reinforced concrete.

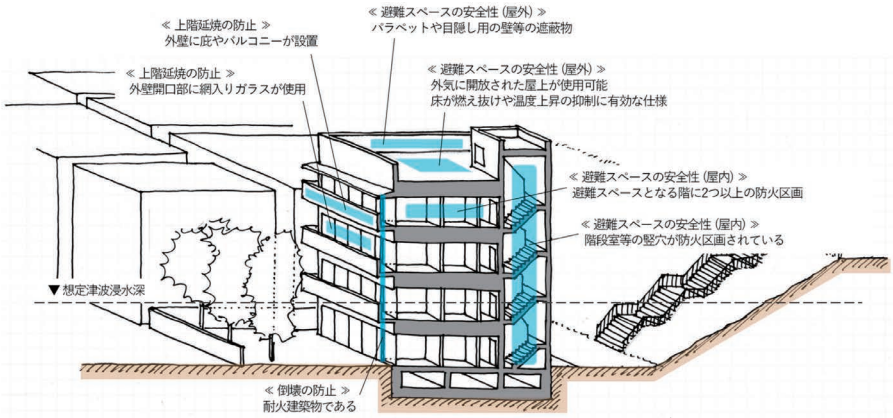


図4　津波避難ビルの津波火災対策の考え方[12)]

難施設の周辺で火災が発生する可能性はある。火災が津波避難施設に延焼した場合、そこに避難している人々は火災の危険に曝されることになる。

実際、東北地方太平洋沖地震で津波避難に使用された建物少なくとも4棟が津波火災により被害を受けた（表1）。これらは学校、福祉施設、公民館、病院であり、それぞれの建物には数十人から数百人の津波避難者が収容されていた。このうちの一つでは、津波から屋上に避難していた人々が津波火災への対応として幸いにも建物背後の裏山に二次避難することができた[12)]。一方、別の建物では津波火災が建物内部に延焼したにもかかわらず、津波から避難していた35名の人々は屋外に脱出できずそのまま3階に待機し、幸いにも生き延びた[12)]。この要因として、津波避難者が待機していたフロアが防火性能の高い間仕切り壁や扉で複数に区画されていたことで、建物内部での煙や火の拡がりが阻止され、津波避難者が待機していた部屋に大量の煙が流入したり火が拡がってくることがなかった可能性が考えられる。この事例は一見悪い事例のように見えるが、通常の建物防火対策を冗長的に講じることで、津波火災のような特殊な状況下でも建物内に留まらざるを得ない津波避難者の安全を確保できる可能性を示唆している。

そこで、日本建築学会の「津波火災対応型津波避難ビルの火災安全計画［若手奨励］特別研究委員会」では、津波避難ビルの津波火災対策の考え方について検討してきた（図4）。津波火災を受ける津波避難ビルには、①火災によって倒壊しないこと（構造安全性）と②火災から避難者が保護されること（避難スペースの安全性）が求められる。火災時には、柱や梁といった構造部材が加熱され温度が上昇することで耐力が低下し、荷重を支持することができなくなる可能性がある。津波避難ビルの場合、地震や津波に対する安全な構造として鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造の建物であることが要件とされることが多く、こうした構造を持つ津波避難ビルでは、津波火災による倒壊の可能性は低いと予想される。しかし、こうした構造要件を満たす既存の建物だけでは、避難者を収容するのに必要なスペースを確保できない自治体もあり、鉄骨造の建物であっても大規模な店舗などを津波避難ビルに指定している場合もある。また、東日本大震災から得られた知見を基に、構造種別によらず津波に対して必要な性能を確認する手法が示され、津波避難ビルの性能的な構造設計が可能になってきた結果、新規に建設する鉄骨造の建物を津波避難ビルとして活用する事例は今後一般的になっていくことが予想される。

鉄骨造の建物については、津波で耐火被覆が脱落することによって、構造部材は通常よりも大きな火災加熱を受けることが懸念されることから、津波で脱落しにくい耐火被覆の選定やガレキが集積しにくい所に立地する建物に指定を限定するなどの注意が必要である。

一方、火災から避難者を保護するためには、次のことが重要になる。①外壁や外壁開口部が耐火構造であること。これにより、津波火災が建物内部に延焼し下層階が火災となっても、外壁開口部から噴出する火炎による上層階への延焼を防止する。特に、庇やバルコニー、外壁開口部の網入りガラスは有効である。②一つのフロアが複数の防火区画に分割されていること。これにより、煙や火がフロア全体に拡がるのを防ぎ、防火区画間の水平避難が可能となる。③屋上などの外気に開放された空間を避難スペースとして利用できること。この場合、津波避難者が火災からの熱放射や煙に直接曝されないよう、パラペットや目隠し用の壁などの遮蔽物があること、および、屋上の床は遮熱性を有し容易に燃え抜けないものであることも重要である。こうした「通常の建築防火対策」の充実度を津波避難ビルの指定要件に含めることで、津波避難ビルの指定を見直す必要がある。なお、津波避難ビルには、背が高く不特定多数の人が利用する用途や就寝用途の建物が指定されることが多いが、こうした建物は建築基準法によって普段から様々な建築防火対策が要求されている。このため、建築防火対策の充実度を指定要件に含めることで指定可能な津波避難ビルが激減するといった事態はほとんど起きないと考えられる。

4. おわりに

津波避難ビルと同様に、津波避難タワーといった人工構造物にも津波火災への対策が必要である。津波避難タワーは支持する荷重が小さいため、鉄骨造であっても火災が終了するまでに倒壊することはほとんどないかもしれない。しかし、避難スペースの床は遮熱性を有し容易に燃え抜けないもので構成する必要があるとともに、津波避難者が火災からの放射熱や煙に直接曝されないよう、それらを遮るための遮蔽物を避難スペースに設けるなどの工夫が必要である。

参考文献

1) 日本火災学会：2011年東日本大震災火災等調査報告書【完全版】、2016.
2) 輪島市大規模火災を踏まえた消防防災対策のあり方に関する検討会：輪島市大規模火災を踏まえた消防防災対策のあり方に関する検討会報告書、2024.
3) 北海道：平成5年（1993年）北海道南西沖地震災害記録、1995.
4) 西野智研：東北地方太平洋沖地震・能登半島地震のデータに基づく津波火災の分析、安全工学シンポジウム2025講演予稿集、2025.
5) Nishino T, Imazu Y: Modeling of the drift and accumulation of tsunami-driven combustible objects: towards tsunami-induced fire spread simulation, Fire Technology, Vol. 52, pp. 1159-1178, 2016.
6) Imai K, Hashimoto T, Mitobe Y, Masuta T, Takahashi N, Obayashi R: Development of a practical evaluation method for tsunami debris and its accumulation, Applied Sciences, Vol. 12, 858, 2022.
7) Suarez-Paba MC, Perreur M, Munoz F, Cruz AM: Systematic literature review and qualitative meta-analysis of Natech research in the past four decades, Safety Science, Vol. 116, pp. 58-77, 2019.
8) 気仙沼・本吉地域広域行政事務組合消防本部：東日本大震災 消防活動の記録、2012.
9) 総務省消防庁：危険物施設の津波・浸水対策に関する調査検討報告書、2009.
10) Nishino T, Imazu Y: A computational model for large-scale oil spill fires on water in tsunamis: Simulation of oil spill fires at Kesennuma Bay in the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 54, pp. 37-48, 2018.
11) Nishino T, Miyashita T, Mori N: Methodology for probabilistic tsunami-triggered oil spill fire hazard assessment based on Natech cascading disaster modeling, Reliability Engineering & System Safety, Vol. 242, 109789, 2024.
12) 日本建築学会 津波火災対応型津波避難ビルの火災安全計画［若手奨励］特別研究委員会：津波火災を考慮した津波避難ビルの火災安全計画のあり方、2016.



西野 智研（にしの ともあき）

2011年3月に京都大学より博士（工学）を授与、その後、神戸大学大学院工学研究科建築学専攻助教、国立研究開発法人建築研究所研究員、同研究所主任研究員を経て、2017年7月より現職、専門は建築火災安全工学、2016年に日本火災学会内田奨励賞、2017年に科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞、2025年に日本地震工学会大崎順彦賞を受賞

火災延焼と避難シミュレーションの今後の期待

加藤　孝明
●東京大学生産技術研究所 教授／東京大学社会科学研究所 特任教授

1. はじめに

2024年能登半島地震では、各地で地震に起因した火災が発生し、輪島市中心地では約240棟、約4.9haに及ぶ大規模延焼被害に至った。歴史を振り返れば、時代により出火要因は異なるものの、出火は大規模地震時の宿命ともいえる。そしてその出火は市街地延焼に至る。関東大震災は言うに及ばず、1995年阪神・淡路大震災でも焼失棟数6,148棟（全体の約9割）、焼失面積約 78ha（全体83haの大半）もの被害が発生した[1)]。また、近年では2018年新潟県糸魚川市の中心市街地において147棟[2)]、約4haの市街地が焼失し、現代の市街地でもなお延焼危険が存在することが明らかとなった。

大都市域を含む地震被害想定では、甚大な市街地延焼被害が報告されている。2024年3月に公表された内閣府の南海トラフ巨大地震の被害想定[3)]では、焼失棟数は合計で最大76.7万棟、大阪府では最大22.6万棟、2022年5月の東京都の首都直下地震被害想定[4)]では、最大11.2万棟が想定されている。いずれの数字も近年の地震災害では観測されていない極めて甚大なものである。

加えて市街地延焼拡大は「逃げまどいによる人的被害」につながる可能性がある。1923年の関東大震災、1944年～45年にかけての空襲では甚大な被害が発生したが、阪神・淡路大震災では、焼死者は発生したものの、逃げまどいによるものではなかった。逃げまどいによる人的被害は、現代都市においては未知・未経験の事象となっている。

本稿では、行政の地震被害想定の想定手法に焦点をあて、出火、市街地延焼、そして逃げまどいによる人的被害について現状の想定技術について概説する。その上で、市街地延焼や逃げまどいが本質的に有する特徴を述べた上で、市街地延焼と避難シミュレーションの今後の方向性について私見を述べたい。

2. 地震被害想定における出火、市街地延焼、及び逃げまどいによる人的被害の想定手法

2.1 はじめに

地震被害想定調査は地域防災計画の前提条件として行われる。昭和50年代から東京都をはじめとする先駆的な自治体で始まり、阪神・淡路大震災を契機として他の都道府県や市へも普及した。さらに2000年代にはいると、内閣府が国として首都直下地震の被害想定を行い、東日本大震災後には、内閣府の首都直下地震、南海トラフ巨大地震等の被害想定を受けて、すべての都道府県、政令指定都市で実施されるようになった。ここでは、出火、延焼、逃げまどいによる人的被害について代表的な想定手法を取り上げ、概観する。

2.2 揺れによる出火の想定

出火に関しては、かつては過去の事例をもとにした統計的手法も用いられたが、近年は出火のメカニズムに着目した東京消防庁[5)]の方法が用いられることが多い。この方法は、各火気器具からの出火のメカニズムをモデル化し、イベントツリー分析を通して火気器具のある床の揺れに対して火気器具毎の出火確率が算定される。火気器具の所有状況及び使用状況を把握する火気使用環境調査に基づき、消防法施行令に基本とした用途区分毎に確率を集計し、最終的に震度別に建物用途別の出火確率が求められる。東京消防庁では火気使用環境調査を概ね5年毎に実施している。なお、地震被害想定では、この他に化学薬品や危険物等からの出火、圧壊建物からの出火も加えられるが、本稿では紙面の制約のため説明を割愛する。最終的に市街地火災につながる出火件数は、算定された出火確率に火元初期消火率、地域住民および消防隊による消火率を加味して算定される。

2.3 市街地延焼の想定

延焼に関しては、出火点を設定して延焼シミュレーションを行う方法と延焼クラスターと呼ばれる加藤ら（2008）[6)]の方法に大別される。前者については、延焼動態を把握することが可能だが、出火点設定を要するため、その恣意性を排除できないという特徴がある。近年はモンテカルロシミュレーションを行うことによって欠点を補う事例がみられる。用いられるシミュレーションモデルは、延焼経路からなるネットワーク上に延焼速度式を適用するものである。火災の物理モデルをベースとするシミュレーションモデルは現在のところ用いられていない。一方、後者は、幾何学的な処理によって予め延焼クラスターを確定する。延焼クラスターとは、延焼運命共同体とも呼ばれ、出火して放任火災となった場合、最終的に焼失すると想定され

る建物群を指す。クラスターは、構造組み合わせ別の延焼限界距離と隣棟間隔を比較し、隣棟間隔の方が小さい場合、同一のクラスターとみなして生成される。延焼クラスターの焼失確率がクラスター内から1件以上出火する確率に等しいことを利用して焼失棟数の期待値を算定する。この方法は、出火点設定の恣意性を排除できる一方で、延焼プロセスを簡易に捉えていることが特徴である。また算定結果は、希少な出火確率を反映した焼失棟数の期待値であるため、マクロには正しいが、ミクロに見た場合、実際にその地域で出火した場合の市街地延焼の状況を想起しにくいという欠点がある。

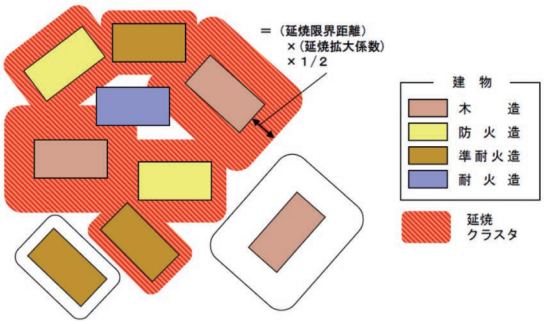


図1　延焼クラスターのイメージ

2.4 逃げまどいによる人的被害の想定

かつては火災と広域避難を連動する避難シミュレーションが行われた事例が散見される[7)8)]。しかし近年では、延焼被害と人的被害との相関分析による簡易な統計的な手法が使われている。例えば、東京都[9)]では焼失棟数と死者数、内閣府[10)]では世帯焼失率と死者率を用いている。ただし、その相関関係は過去の事例の少なさから統計的厳密性に欠け、定性的関係にとどまると言える。技術的には現在でも避難シミュレーションは実施可能であるが、実務においては行われていない。

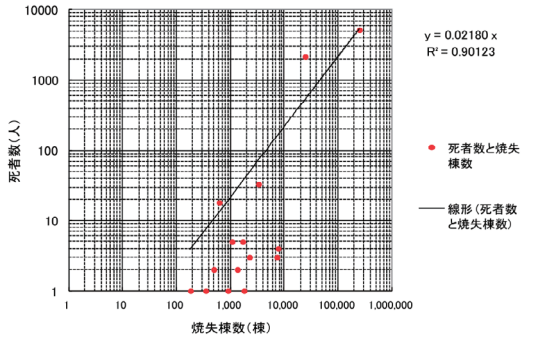


図2　逃げまどいによる人的被害の予測[9)]

2.5 小括

出火に関しては、東京消防庁の方法は、火気使用環境調査によってパラメータはアップデートが図られているものの、手法そのものは昭和50年代の原型のままであり、発展の余地はあり得ると考えられる。また延焼に関しては、物理モデルに基づくシミュレーションモデルの適用、また延焼クラスターによる方法の欠点を補完する等、発展の余地はある。人的被害に関しては、かつてのシミュレーションによるアプローチと比べ、退化しているとの見方さえもできる。いずれも実務である地震被害想定調査の限られた調査期間とコストという制約に由来するのかもしれない。そうだとすれば、ましてや実務の中での新手法の開発は不可能であろう。しかしながら地震被害想定は防災政策の科学的アプローチの根幹をなすものである。このことをふまえれば、最新の科学の反映は必然である。

残念なことに現在、当該領域の学術研究は低調である。今後の研究の活性化とその成果の実務への反映が今後の一大課題である。

3. 現行の想定手法は不確実性を捉え切れているか

3.1 関東大震災における地震火災の不確実性の存在

市街地延焼は、出火の確率性と気象条件の不確実性を本質的に内包する現象である。本節では、地震火災の不確実性を再確認するため、関東大震災の延焼動態図[11)]をもとに典型的事例として、火災旋風により甚大な人的被害が発生した被服廠跡地と、焼失を免れた希少な地区である神田佐久間町を取り上げる。

3.1.1 被服廠跡地：極端事象の重なり

図3は、16時頃に火災旋風が発生したとされる被服廠跡地周辺の延焼動態[12)]である。南西方向を除く三方で大規模延焼が進行し、同跡地は炎上域にほぼ包囲された。すなわち、複数の出火点および飛び火が当該空間を取り囲むように生起したことを意味する。

当時の風は隅田川と並行する南西風で、風速は10 m/s超える強風であった。激しく燃える市街地には強い上昇流が生じ、川面を吹き抜けた強風がその隙間を通って当該地点へ加速流入したと推定される。この条件下で竜巻状の火災旋風が発生し、多数の死者をもたらした。

著者らの数値実験によれば、一定の風向下でランダムに出火点を設定した場合、ある領域が炎上域により完全に包囲される事象の出現確率は極めて低い。ましてや特定の狭い領域を取り囲む出火点分布はほとんど出現しない。被服廠跡地では、当該地点に数万人規模の群衆が滞留していた事実も重なった。特殊な出火・飛び火分布、火災旋風を誘発する風向・風速、そして群衆の存在という稀有な組合せが、悲劇を生じさせた。



図３　被服廠跡地周辺の延焼動態：火災旋風が発生したと言われている16時頃の延焼動態

3.1.2 神田佐久間町：時間差・風向変化による回避

一方、神田佐久間町では、南・西・東・北の各方向から火災域が時間差で接近し、同時に包囲される状況は生じなかった。地震直後には南側の堀を挟んだ至近で出火が生じたが、その後しばらくして南方の別地点で発生した火災が南風に煽られて接近した時点では、堀直近の市街地はすでに燃え尽きていた。結果として、あたかも破壊消防が事前に施されたかのように、南側からの延焼の影響を受けにくい条件が形成された。その後は、西側からの延焼接近時に追い風であった西風が、佐久間町直近に到達したときには北風へ転じ、さらに時間をおいて東側から延焼が迫る時点では北風が卓越した。炎上域が東側から到達し北側へ回り込み始める頃には、風向は北風から南風へと180度転換している。

このように、延焼域の段階的接近と風向の有利な変化が重なり、当該地区は包囲を免れた。熱帯低気圧の通過に伴う広域的な風向変化の影響であるが、当該地区周辺の延焼進行と風向転換の組合せは、偶然性の強いものである。住民の消火活動や利用可能なポンプの存在などを延焼阻止要因として指摘する文献もあるが、延焼動態図の解釈からは、出火位置と風の挙動という偶然的要素が少なからず寄与したことが見て取れる。

3.1.3 小括

以上のように関東大震災の延焼火災は不確実性が極めて高い。実際に観測された現象は無数に存在し得る事象の一事例に過ぎない。災害時には、被服廠跡地のような極端に不運な組合せから、佐久間町のような極端に幸運な組合せまで広範な幅があり、将来の延焼火災においても同様の不確実性が不可避であることを再認識すべきである。

3.2 広域避難に潜在する「想定外」事象

東京都の地震被害想定によれば、冬季の夕刻（18時）における逃げまどいによる人的被害は約2,500人と想定されているが、前述のとおり、過去の焼失規模と人的被害の関係からの概算にとどまっている。

著者らは、市街地火災と広域避難を連動させたシミュレーションモデルを開発し、首都直下地震を想定した状況の描出を試みた[13]。ここでは、人流・都市側の前提を極力有利に置いた「品行方正モデル」の結果を示す。同モデルでは、(i) すべての住民が逃げ遅れず指定避難場所へ速やかに避難し、(ii) 建物倒壊による道路閉塞は生じないと仮定した。さらに、同時多発出火、風向は北北西、風速は8 m/sで一定とした。いずれも死者発生の観点からは保守的（安全側）な条件である。

避難行動モデルの構築に際しては、現代の都市住民が大規模延焼に遭遇した場合の行動知見が乏しいため、著者らはCGによる市街地・火災表現とVR体験実験[14]を用いて行動特性を把握し、その結果に基づくパラメータを組み込んだ。対象は杉並区・中野区を中心とする人口約120万人のエリアであり、3,000回の試行を実施した。図４は人的被害の度数分布であり、平均すれば概ね200人前後が命の危険に晒される結果で、従来の概算値と同等のオーダーである。一方で注目すべきは右側に伸びるロングテールであり、件数は少ないものの、1,000 ～ 4,000人規模の死者が発生し得るシナリオが存在することを示している。これは、現在の市街地に潜在する「想定外」リスクの顕在化可能性を意味する。

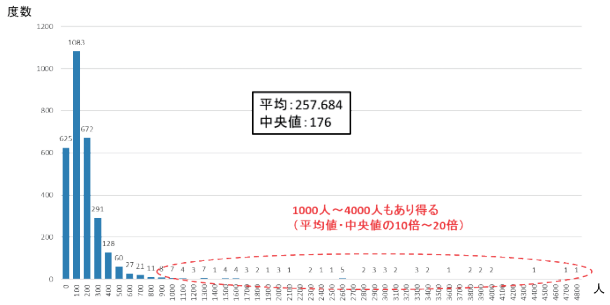


図４　杉並・中野区周辺エリアのシミュレーション結果：対象人口1,180,000人、出火点100箇所、延焼条件：風速:8m/s　風向:北北西

加えて、仮定を緩和し人流・都市側が「品行方正」でない場合、このロングテールはより厚くなる可能性が高い。頻度が低いことを理由に無視することはできない現象といえる。

大量死が発生し得る地点の特定については、現時点で確定的結論には至っていないが、一定の傾向が読み取れる。すなわち、避難者の集中が生じやすい地点（避難所周辺や大規模交差点）で、かつ延焼しやすい市街地構造が重なり、そこで出火が生じると大量の人的被害が顕在化しやすいという構造である。前者は人流密度の急上昇、後者は熱・火炎の到達可能性を高めるため、

両要因の合致が臨界的な条件となり得る。

大量死という「想定外」をあらかじめ生じさせないためには、(1) 大量被害が顕在化し得る地点の高精度の特定、(2) 出火抑制・延焼遮断と避難誘導の統合的な最適化が不可欠である。今後は、連動モデルと実証データの整合を高めつつ、上記の臨界的な条件の空間分布を明らかにし、優先度の高い対策組合せを提示する必要がある。

4. 今後の方向性

以上のように、地震被害想定において一般化している手法は概して古典的枠組みにとどまる。出火の方法論の開発、物理モデルに基づく精緻な延焼シミュレーションモデルの広域への適用、人的被害の想定における避難シミュレーションへの回帰と高度化に向けて検討の余地は大きい。

また、ビッグデータやAI等、技術環境は質的転換を遂げつつあることをふまえれば、事前のリスク評価だけではなく、シミュレーションの新たな活用領域を拓くべき時期にあると言える。例えば、精緻な連動シミュレーションを構築し、平時に大量反復計算を実施し、その結果をデータベース化し、過酷事象の出現傾向を事前に抽出しておく。そして災害発生時には、市街地の延焼状況のリアルタイム・モニタリングと当該データベースを接続し、AIにより過酷事象の出現可能性を直前予測して避難誘導に反映することが想起される。危機の察知と回避を行うツールとしての可能性である。

当該領域では、事例、観測データが少ないため実証的アプローチの難易度は高いものの、市街地延焼の不確実性への対応を含め、科学的アプローチは可能である。残念ながら、現在、当該領域の研究者は層が厚いとは言えない。多くの研究者の参加による果敢な挑戦が強く望まれる。

注　本稿は、文献15)、及び、文献16) の内容の一部を再構成して執筆したものである。

参考文献

1) 総務省消防庁：平成7年阪神・淡路大震災における消防活動の記録、1996.
2) 総務省消防庁：令和６年能登半島地震に伴い石川県輪島市で発生した 大規模市街地火災に係る消防庁長官の火災原因調査報告書、2024.
3) 内閣府：南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要、2025.
4) 東京都：首都直下地震等による東京の被害想定 2022.
5) 東京都火災予防審議会：地震時における地域別の総合出火危険予測と対策、1987.
6) 加藤孝明、程洪ほか：建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築、地域安全学会論文集 8 巻 p. 279-288、2006.
7) 市川市：地震被害想定調査、1994.
8) 小坂俊吉・堀口孝男：広域避難シミュレーション手法による大震火災時の群集行動解析、土木学会論文集、1986巻 365 号 p. 51-59、1986.
9) 東京都：首都直下地震等による東京の被害想定、2012.
10) 内閣府、首都直下地震の被害想定と対策について、2013.
11) 震災予防調査会：「震災予防調査会報告　第百号（戊）関東大地震調査報文火災篇、1925.
12) 江田敏男・加藤孝明：「1923関東大震災当時の東京市の市街地状況に関する考察～市街地特性の把握、及び被災市街地データ作成に向けて～」、日本建築学会技術報告集、31 巻77 号 p. 293-298、2025.
13) 加藤孝明他：加藤孝明、志村泰知、江田敏男、小林大吉：広域避難シミュレーション大規模計算による潜在的なリスクの把握、2016 年度日本建築学会大会（九州）研究協議会資料　市街地火災と避難シミュレーション、pp28-33、2016.
14) 小林大吉、加藤孝明他：VR（仮想現実）を用いた地震火災時の市街地延焼からの避難行動特性、地域安全会論文集、31 巻 p. 59-68、2017.
15) 加藤孝明：大都市の地震火災の危険性とその対策課題、日本地震工学会論文集、16 巻 5 号 5_22-5_32、2016.
16) 加藤孝明：関東大震災の市街地焼失―現代の市街地の火災危険性を考える、目黒公郎編「関東大震災と東京大学」、p.80-97、東京大学出版会、2014.



加藤 孝明（かとう たかあき）

1990年東京大学卒、東京大学都市工学専攻助手等を経て現職、博士（工学）、専門分野：地域安全システム学、都市計画

エレベーターを利用した地震／火災時の垂直避難

藤田　聡　　／皆川　佳祐
●東京電機大学工学部 大学院教授　　●埼玉工業大学工学部 教授

1. はじめに

総務省統計局の令和5年住宅・土地統計調査[1]によると、全国の住宅の44.9％が共同住宅であり、そのうち37.5％は6階建以上である。特に東京都においては、共同住宅の割合が71.6％に達し、その中で44.8％が6階建以上と全国平均を大きく上回っており、さらに近年は共同住宅の高層化も進んでいる。これらのデータが裏付けるように、エレベーターは日常生活に欠かせない設備となっている。日本国内で毎年2万台以上が新規設置され、78万台以上が稼働しているエレベーターは単なる移動手段にとどまらず、現代社会における重要なライフラインであり、社会基盤施設の一つとして認識されている。その上、大都市においては災害時に在宅避難が前提となっていることから、大地震やその随伴事象でもある火災に対してレジリエントなエレベーターシステムを構築することは極めて重要な社会課題である。

エレベーターの地震時の被害として頻度の高いものは、ロープの引っ掛かり、脱レールであり、これらの被害や電気系統のトラブルはエレベーターのかご内への利用者の閉じ込めを引き起こす。東京都によると、都内に設置されている約166,000台のエレベーターのうち、首都直下地震により13.5％にあたる22,426台が閉じ込めにつながり得る停止を起こすと推定されている[2]。加えて、これらの被害は長期間のエレベーターの停止につながることから、災害に強いエレベーターの構築のためには、これらの被害を防がなければいけない。

他方、建築基準法ならびに消防法では禁止されてはいないものの、エレベーターのかご内に「火災・地震時の避難にはエレベーターを使わないで下さい」とのステッカーが貼られていることがある通り、現状では、火災・地震時の避難については、原則として全ての人に対して避難階段を利用するように指示、誘導されている。しかしながら、近年の共同住宅、オフィスビル等の高層化・大規模化や居住者・利用者の高齢化、多様化などに鑑みれば、階段移動困難者にとってエレベーター利用避難を可能とすることは、ユニバーサルデザイン、災害時避難のバリアフリー化等の観点からも喫緊の課題と考えられる。

以上の背景に対し、本報ではエレベーターを利用した火災時の垂直避難について、現在の取り組みやこれからのあるべき姿などについて述べる。なお、地震／火災においてもエレベーターを利用した避難に大きな違いはないことから、ここでは通常の火災におけるエレベーター避難について述べる。

2. 国内外の火災対策の現状

現在の国内のエレベーターにおいて、例えば地震に対しては、耐震設計により強度を高めたり、地震を感知すると最寄階に停止させて運転を見合わせる地震時管制運転が組み込まれていたりすることで、安全性を担保している。火災に対しては、エレベーターのかごが上下する昇降路を丈夫な壁等により仕切ることで昇降路が延焼経路となることを防止したり、登録されている行先階をリセットし、避難階に直行した後に運転を休止する火災時管制運転などをしたりする。また、高さ31mを超える部分の各階の床面積の合計が500m^{2}を超える建築物には、通常時には乗用などとして利用され、火災時には消防隊員により消火活動、救助活動等に使用される非常用エレベーターの設置が原則として義務付けられている。非常用エレベーターには、かごの寸法、定格速度などに規定があるほか、消防隊員が消火活動をする際に使用する運転制御が組み込まれている。このように、災害に対してハード面のみならずソフト面から対策が取られている点がエレベーターの災害対策の特徴である。

先述の通り、火災時のエレベーターを利用した避難については推奨されていないものの、様々な検討が進められている。国内においては、非常用エレベーターを避難誘導用エレベーターとして利用する指導基準「高層建築物等における歩行困難者等に係る避難安全対策」[3]が東京消防庁により2013年に策定されている。本指導基準には、エレベーターを利用した火災時避難は歩行困難者等の避難対策であること、まず水平避難を可能とすることを重視したものであること、非常用エレベーターを「避難誘導用エレベーター」として使用することができること、避難誘導用エレベーターには操作に専従する者がエレベーター1台につき1名以上乗り込んで運用すること、避難誘導活動は当該建物における自衛消防活動の一環として展開される

ことなどが書かれている。なお、東京消防庁によると、本指導基準の適用実績は令和5年度現在14件（うち１件は運用を停止）とのことで、普及が進んでいるとは言い難い。また、東京消防庁による指導基準を受けて、NPO法人日本防火技術者協会は、2016年11月に「火災時のエレベーター利用避難のための設計・運用ガイドライン（案）」[4]を公表している。本ガイドラインでは、モデルビルを例に高層事務所ビルの火災避難にエレベーターを利用する際の基本的な考え方や建築、設備、避難施設に関する要件等について整理しており、エレベーターを利用した避難実現のための課題として、基準類の整備、エレベーターの詳細な運用指針、利用者への周知などを挙げている。

海外においても写真1のように、災害時にはエレベーターを利用せずに階段による避難を推奨する案内を目にすることが多いが、2001年のアメリカ同時多発テロ事件を機に法令整備が進められている。筆者らが令和4、5年度に総務省消防庁の「消防防災科学技術研究推進制度」（JPJ000255）で実施した調査[5、6]において北米、オセアニア、欧州、アジアの4地域13国について調査した結果、避難用エレベーター関係の法令等として、国固有の法規と地域等で共通の規格とを採用している国が多かった。また、エレベーター利用避難の対象者は必ずしも階段移動困難者に限らず、建物利用者全員を対象とする国が多かった。エレベーターの仕様に関しては、定格速度は規定のない国が多く、定格積載量は規定のない国を除けば最小が630kg、最大が1600kgであった。昇降路内の煙制御は規定のない国が多い一方、ケーブルの耐火性能や予備電源を要求する国が多数であった。また、運転制御システムに関しては、避難運転への切り替えは多くの国であるものの、その後の非常呼び戻し運転、消防運転への切り替えを行う国は多くなかった。避難用エレベーターが必要な建物要件に関しては、国によってばらつきがあったが、基本的には高層建物を対象とする国が多く、完了検査の検査者は乗用エレベーターと同じにする国が多いが、検査項目は異なる国もあった。避難誘導に関しては、案内標識、ディスプレイとしている国が最も多く、音声案内とする国も多かった。そのほか人的な誘導も行う国もあった。避難用エレベーターでの避難では、通常使用しないような設備やシステムを使うことになることから、避難訓練の必要性が高くなるが、階段移動困難者を避難訓練に参加させる国は一国のみであった。



写真１　英国のエレベーターホールに設置された避難器具と注意書き

3. エレベーターの火災避難に向けた取り組み

筆者らは、近年、エレベーターの火災避難に向けた検討を鋭意進めている。前述の通り、令和4年度には総務省消防庁の消防防災科学技術研究推進制度で「エレベーター利用避難に関する国内外の事例の調査研究」を実施した。海外調査より、欧州、北米、アジア、豪州では避難用エレベーターの法令、規格等が整備され、それらに準拠した避難用エレベーターが稼働していることがわかった。また、国内調査より、消防、建築行政、不動産業等の国内関係者に国内外の状況が認識されていないこと、普及促進には避難用エレベーターの規格、基準等、またそれらに従った製品化、避難用エレベーターの周知が必要であることがわかった。

令和5年度には、さらに検討を進めるため同制度で「階段移動困難者等が火災避難時に使うエレベーターの円滑な運転、誘導等に係る調査研究」を実施した。本調査研究ではエレベーター利用避難に求められる建築空間、設備の要件の明確化、エレベーター利用避難に使えるエレベーターの仕様、運転制御の具体化、エレベーター利用避難のための誘導制御、留意点の明確化などを目標に、避難用エレベーターに関わる現状の基準、法令、事例の調査、避難者行動把握実験、避難用エレベーターの運転制御の検討、避難用エレベーターに必要な設備仕様、定期点検、避難訓練の検討、避難用エレベーターの有効性検証、避難用エレベーター実現への提言などを実施した。

避難者行動把握実験では、写真2のように車椅子使用者を加えた被験者によるエレベーター乗降実験を実施し、車椅子使用者の乗り込みに伴う乗降状況の変化を検討した[7]。実験より、エレベーターへの乗降時に周囲の被験者が車椅子に配慮する又は回避する行動を示すため、流動量が低下することを確認した。実験後に実施した階段で避難が可能な被験者に対するアン

ケート調査では、すでにエレベーターに乗車した後よりもエレベーターホールにいる時の方が車椅子使用者へエレベーターを譲る行動が起きやすいことがわかった。



写真２　エレベーター利用避難者行動把握実験[7)]

先述の通り、火災時には非常用エレベーターを除く乗用、寝台用、人荷用エレベーターは避難階にエレベーターを帰着させ、その後運転を休止する火災時管制運転が適用される。このような火災時管制運転では、例えば、階段移動困難者が避難階方向の乗場呼びをしていても乗場呼びがキャンセルされるので乗車できない。そこで、エレベーターを用いた避難に用いる運転制御として避難時管制運転（仮称）についても検討した。本検討で提案された避難時管制運転は以下のようなものである。はじめに、火災確定後、防災センターの防災員により手動で避難時管制運転に移行される。（将来的には自動移行も検討）。通常運行していたエレベーターはまず避難階に向かい、エレベーターの利用者を降車させる。その後、危険性の一番高い出火階を最優先とし、出火階の避難者をエレベーターに乗せて避難階に直行運転する。以降、出火階の乗場呼びがなくなるまで同様の動きを繰り返す。出火階での乗場呼びがなくなれば、出火直上階、そのほかの救出階の避難となる。なお、かご内の呼びボタンは無効とし、避難者に向かう階を知らせるため、避難階の呼びボタンを点灯する。全ての救出階の階段移動困難者の避難が完了すれば避難対応の運転は終了する。

これらの検討をもとに、オフィス建物におけるエレベーター避難について避難安全検証法を参考にしたケーススタディーを実施した結果、中層建物、高層建物とも、エレベーターを利用した階段移動困難者はエレベーターを利用しないときと同程度又は早い時間で避難完了できることを確認した[8)]。

4. 中間避難階

世界的な建物の高層化に合わせ、海外では中間避難階の設置を義務付ける国が増えている。例えば、中国では、高さ100mを超える建築物には在館者が一旦待機するための中間避難階を設置することを義務付けている[9)]。中間避難階は文字通り建物の中間に設置された防火区画された空間で、火災による煙などから一時的に避難する階であり、階段移動困難者が救助を待つ場所としても有効である。また、エレベーターを利用する避難では、一旦中間避難階に避難すれば、中間避難階と最終避難階を直通運転するエレベーターで避難することで効率的に避難でき、避難モードの複雑化を回避することができる。

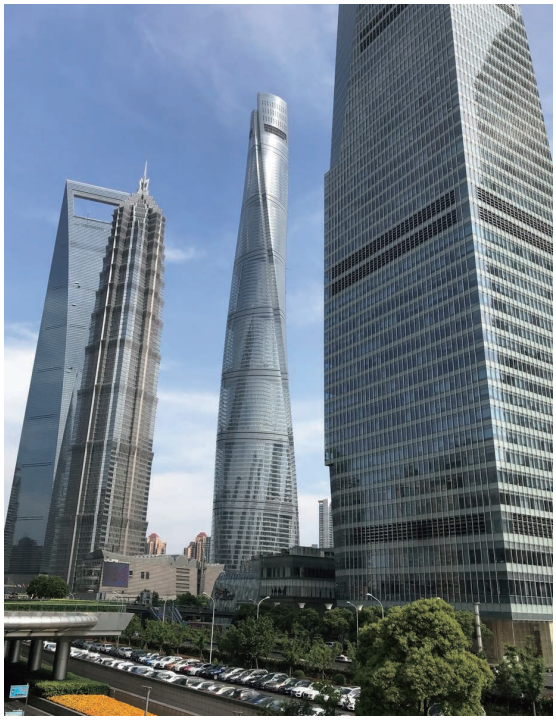
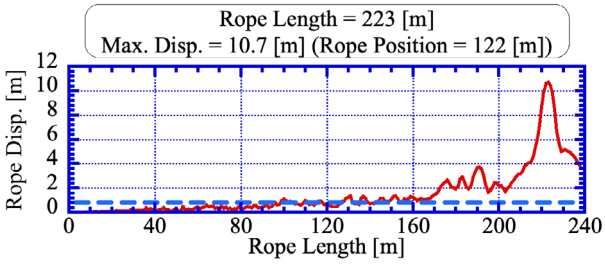
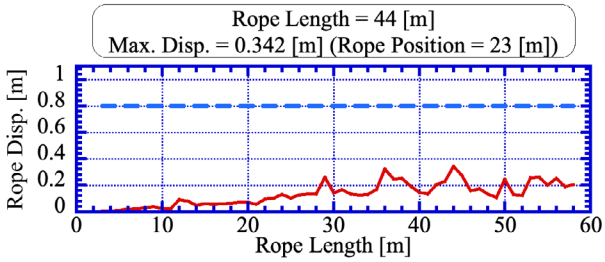


写真３　中間避難階の設置された上海の高層ビル群

また、中間避難階はエレベーターにおいて地震時のロープの共振を防ぐ手段としても有効である。図1は高さ240mの建物に設置されたエレベーターに東北地方太平洋沖地震におけるK-NET 新宿波を入力した際のロープの長さと応答変位の関係である[10)]。ただし、線形解析で求めた結果であり、実際は非線形振動になるため応答は本結果よりも小さくなる。図1の通り、エレベーターを分割せずに地上階から最上階まで1つのエレベーターで運行する場合、ロープ長さによっては共振して昇降路内の機器類に引っ掛かる恐れがある。一方、中間避難階が3箇所あり、エレベーターが4分割されている、つまりロープの最大長さが60mの場合には、ロープは共振せず、応答も小さい。このように、エレベーターの地震被害低減の観点からも、中間避難階の設置は有効である。



(a) エレベーターを分割しない場合



(b) エレベーターを4分割した場合

図１　地震時のエレベーターロープの応答変位[10]
（図中青破線は昇降路壁とロープの最小距離を示す）

5. おわりに

地震／火災時には階段移動困難者の階段避難には大きな困難が伴うが、国内においては建築基準法令や消防法令では禁止されていないものの一般的にはエレベーターを利用した避難が実現していないのが現状である。車椅子使用者等の階段移動困難者の社会進出が進んでいるが、避難のバリアフリー化のためにもエレベーターを利用した避難の普及が望まれる。

謝辞

本報の一部は、総務省消防庁の「消防防災科学技術研究推進制度」JPJ000255の令和4年度委託研究「エレベーター利用避難に関する国内外の事例の調査研究（代表研究機関 東京電機大学）」、令和5年度委託研究「階段移動困難者等が火災避難時に使うエレベーターの円滑な運転、誘導等に係る調査研究（代表研究機関 東京電機大学）」の一環として実施した成果である。ご協力いただいた方々に感謝を表します。

参考文献

1) 総務省統計局：令和5年住宅・土地統計調査、2025、https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/index.html（参照2025-08-29）.
2) 東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定報告書、2022、https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/taisaku/torikumi/1000902/1021571.html（参照2025-08-29）.
3) 東京消防庁：高層建築物等における歩行困難者等に係る避難安全対策、2013、https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/kouhyou/kijun/high-rise.html（参照2025-08-29）.
4) NPO日本防火技術者協会：火災時のエレベーター利用避難のための設計・運用ガイドライン（案）、2016、https://www.jafpe.or.jp/en/pdf/20170202_JAFPE_EVhinan.pdf（参照2025-08-29）.
5) 総務省：消防防災科学技術研究推進制度令和4年度終了研究課題成果報告、2023、https://www.fdma.go.jp/mission/develop/items/R4_seika_touden.pdf（参照2025-08-29）.
6) 総務省：消防防災科学技術研究推進制度令和5年度終了研究課題成果報告、2024、https://www.fdma.go.jp/mission/develop/items/R5_seika_tokyodenki.pdf（参照2025-08-29）.
7) 藤田聡、城明秀、下秋元雄、皆川佳祐、野竹宏彰、鈴木圭一、榎本満帆：階段移動困難者等が火災避難時に使うエレベーターの円滑な運転、誘導に関する調査研究－エレベーター乗降実験－、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、講演番号4.pdf、2025.
8) 鈴木圭一、藤田聡、下秋元雄、野竹宏彰、皆川佳祐、城明秀、榎本満帆：避難用エレベーターの実現に向けての取り組み、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.119-122、2024.
9) 劉雨萌、鍵屋浩司：中国における超高層ビルの避難用エレベータと中間避難階、火災388号、Vol. 74、No. 1、pp.38-43、2024.
10) Tanaka H., Ishii A., Fujita S., Tanaka K., Ogawa Y.：Fundamental Study on Rope Damage Reduction Using Intermediate Transfer Floor of High Rise Buildings, Proceedings of the 7th Symposium on Lift and Escalator Technologies, pp.27-1～27-10, 2017.



藤田　聡（ふじた さとし）

1981年慶応義塾大学大学院工学研究科修士課程機械工学専攻修了、1987年東京大学にて工学博士の学位取得。東京大学生産技術研究所助手・講師を経て、1988年東京電機大学教員として現在に至る。専門分野：免震、制振技術の研究開発。機械構造物および昇降機の安全性向上技術の開発。



皆川　佳祐（みながわ けいすけ）

2007年東京電機大学にて博士（工学）の学位を取得。東京電機大学工学部助教、ローマ第三大学客員教授等を経て現職。専門分野：免震・制振装置の研究開発、機械構造物の耐震性評価、昇降機のダイナミクス及び安全性評価。

地震で損傷した建築物の耐火性能評価

鈴木　淳一
●国土技術政策総合研究所 防火基準研究室 室長

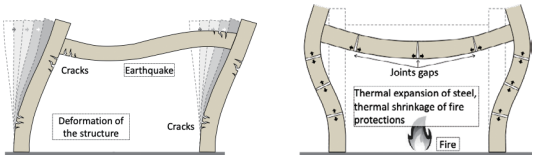
1. はじめに

大地震が発生すると、被災した建築物等から火災が発生する可能性がある。特に同時多発的に複数の場所で火災が発生すると、重大な被害を市街地にもたらす危険性がある。このことは、能登半島地震や阪神・淡路大震災や関東大震災等の震災の経験からも明らかである。

内閣府による南海トラフ地震、首都直下地震等の被害想定においても、火災延焼被害の深刻さが指摘されている。大地震後には同時多発的に火災が発生するだけでなく、道路、通信機能、水道や電気等の基幹施設も壊滅的な損傷を被っていることが想定されるため、建築火災の消火に対して、消火設備や消防隊に過大な期待ができない可能性もある。そのため、市街地火災に期待される延焼防止措置としての機能を有する耐火建築物の主要構造部が損傷により機能しなくなり、火災時に延焼拡大を許すと、広域防災計画の前提が大きく崩れることになる。

十分な対策がなされていない建築物の地震動による被害損傷は、構造部材のみならず、耐火被覆や外壁や間仕切壁といった非構造部材にも及ぶことになる（図1.a)）。そのため、地震後火災の対策としては、建築物へ十分な耐震性能等を付与しておくこと、地震後においても十分な火災安全性能を確保できる構法・設備等を設計段階から想定し、採用しておくことが必要である。

構造設計では構造部材の損傷を抑制することに主眼がおかれることが多いが、非構造部材として扱われる間仕切壁や外壁、開口部等は、防火上は主要構造部として位置付けられているため、火災安全への影響が大きい。それらが地震により損傷すると、防火被覆の亀裂や脱落等によって、耐火性能（非損傷性能・遮熱性能・遮炎性能）の低下、火災時の崩壊による落下・飛散による周囲への危険性の増加、建築物の機能維持等に大きな支障がある（図1.b)）。



a) 地震時　　b) 火災時

図１　鋼架構の変形挙動と耐火被覆の損傷のイメージ

本稿では、鋼構造建築物を対象に、防耐火性能上重要な役割を担う、主要構造部等の損傷や耐火性能の低下等について、既往の研究成果等に基づき解説する。

2. 地震による主要構造部への影響

2.1 地震被害と耐火性能

大地震発生直後には、二次的な災害を防止するため被災建物応急危険度判定により、建築物の倒壊の危険性や外壁の落下等の危険性についての判定が行われることになる。その一方、建築物の耐火性能や防煙・防火区画を構成する部材の健全性、防災設備の作動等については、十分な確認が行われない状態で使用を継続せざるを得ない状況が生じる。地震直後や被災後の継続使用中における裸火等が使用されることにより、火災が発生する可能性は小さくない。

これらの背景を踏まえ、地震後における防火区画を構成する壁等、柱梁といった主要構造部の実態を把握する必要がある。本節では、実大4層鋼構造建築物の振動実験、地震被害を再現した区画部材の載荷実験及び加熱実験、損傷を有する耐火被覆された鋼部材の加熱実験、地震後火災における鋼架構の崩壊挙動等について概説する。

2.2 実大振動実験における区画部材等の損傷状況

実大4層鋼構造建物（写真1）の完全崩壊実験（2007）がE-ディフェンスにて実施された[例えば1)～5)]。実験では、鋼構造の試験体建物に対して倒壊に至るまでの加振が行われ、内外装材等の非構造部材や耐火被覆の損傷状況が調査された。試験体建物では、新耐震設計法に基づき設計された一般的な中層鋼構造建築物が想定された、4層の純ラーメン構造（Y方向：2スパン、X方向：1スパン）で、梁崩壊による全体崩壊型として設計された。

代表的な耐火被覆の半乾式吹付けロックウール、けい酸カルシウム板、巻付けロックウール等が3、4階の柱及び梁に施工され、加振後の損傷状況が調査されている（図2）。また、防火区画として、2～4階の一部にせっこうボードと軽量鉄骨下地による乾式間仕切壁、変形追従性に配慮した鋼製の特定防火設備（防火戸）が設置された（図3）。加振による試験体建物の層間変形は、3階で約1/88～1/75（X方向）、約1/97～1/83

（Y方向）であった（図4）。区画を構成する部材等には、①間仕切壁の入り隅部等における目地の開き、隅角部におけるせっこうボードの圧壊等の損傷、②間仕切壁と防火扉・窓枠との取合部における隙間（15 mm程度）の発生等の損傷が生じていた（写真1）。一方、柱・梁の耐火被覆については、目視観察によって確認できたのはヘアクラック等の発生にとどまり、亀裂・脱落等の損傷は観察されなかった。しかしながら、耐火被覆の付着性や部材の耐火性能の調査には至らなかった。

2.3 地震被害を受けた区画部材の耐火性能

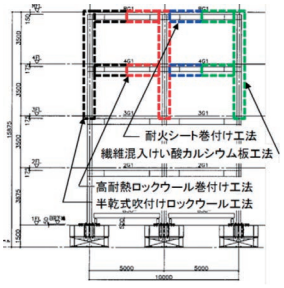
実大振動実験結果からも、防火区画を構成する部材やその取り合い部には損傷が生じやすいことが分かる。壁や床、梁、柱等の部材との接合部が防火上の弱点となる可能性が高い。特に、防火区画を構成する壁とその四周との取り合い部の損傷の影響を把握するため、地震被害を想定した面内せん断変形を与えた乾式間仕切壁の耐火実験等が実施されている[6),7)]。

乾式間仕切壁に面内せん断変形が生じると、写真2や図5に示すような典型的な損傷モードが現れる。①強化せっこうボード等を2枚張りした一般的な乾式間仕切壁等では、ステープル留めの上張りボードのロッキングが顕著となる（図5.a））。また、壁周囲が圧壊するのを除けば、目地が開く程度で外観上の損傷は小さい。②下地や下張りボードへの上張りボードの留め付けが強固な場合には、壁に大きなせん断亀裂が生じることが多い（図5.b））。一方、③鋼製下地の剛性が小さいと、せん断変形によって生じる圧縮応力により、壁全体が面外へ座屈する可能性もある（図5.c））。

実験後の観察によると、上張りボードにロッキングが発生した方が外観上の亀裂・損傷は小さく留まる。そのため、損傷が小さいと修復工事においてもコストがかからず耐震上の観点からは問題がないと考えられる。しかし、加熱実験においては、上張りボードがロッキングした間仕切壁は、ボード間の接着剤の効果が低下していることに加えて、ステープル等の留付材の周辺のボードに緩みが生じている可能性が高い。このような状況では、ボード間の接着性能が失われており、火災時には、せっこうボードや鋼製下地の熱変形により、上張りボードが早期脱落するおそれがある（図6.a））。

その一方、ボード間が緊結されて一体性が保たれている場合には、せん断変形により、せっこうボードの損傷が激しくなり、壁の中央部に大きな亀裂や隅角部に隙間が生じることになる。火災時には、これらの亀裂部分から炎や煙が非火災室へと侵入し、延焼拡大の要因となる可能性が高い（図6.b）。

一般的には、外観上の損傷が小さく、補修の容易な間仕切壁が望まれる。しかしながら、耐火性能の低下については、適度なロッキングにより、面材の亀裂等



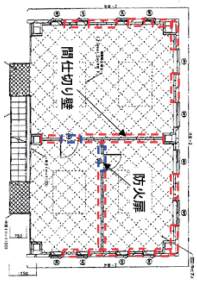
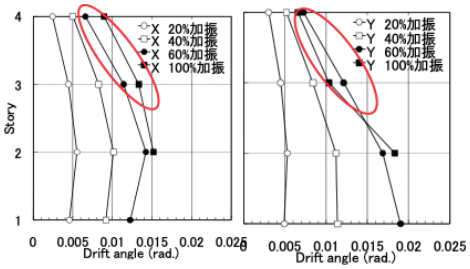
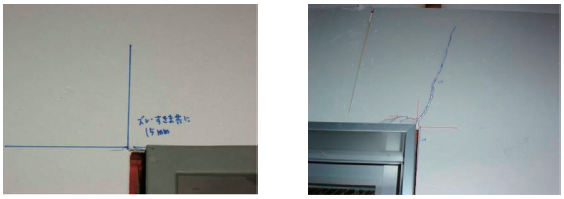


図２　耐火被覆等の設置状況　図３　防火区画位置（4階）



a) X方向　b) Y方向

図４　試験体建物の層間変形角



a) 防火設備との隙間　b) 入隅からの亀裂

写真１　実大振動実験時の区画部材の損傷

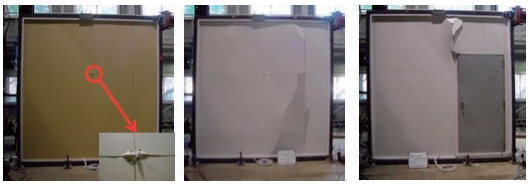
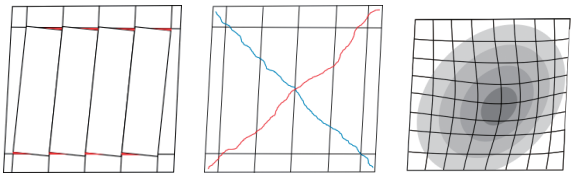
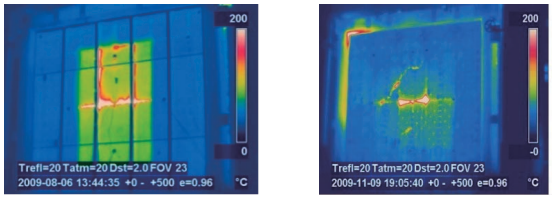


写真２　面内せん断実験時の壁の損傷[6)]



a) ロッキング　b) せん断ひび割れ　c) 座屈

図５　面内せん断による壁の損傷モード



a) 面材の脱落　b) せん断ひび割れ部

図６　損傷を受けた壁の遮熱性の低下

の損傷を抑え、かつ、加熱時にボードの脱落が生じないだけの留付け強度が保たれる仕様が、地震後の性能確保上有効な仕様の一つであると考えられる。

2.4 地震被害を受けた耐火被覆部材の耐火性能

2.3節の実大振動実験では、柱・梁に施工された耐火被覆については防火上の問題と見られる外観上の著しい損傷は確認されなかった。しかしながら、柱・梁の端部は、変形が集中する傾向があり、亀裂や隙間が発生するとともに、耐火被覆された柱・梁と壁が取り合う部分、天井等と取り合う部分においては、柱・梁の耐火被覆材に大きな損傷が生じる可能性が高い。

吹付けロックウールやけい酸カルシウム板等に代表される耐火被覆は、軽量で材料強度が小さい。そのため、乾式間仕切壁や天井材等が接触するとその応力により、圧壊や脱落等の損傷が発生する可能性が高い。また、外壁等が柱・梁の耐火被覆の一部を構成し、一体的な構造となっている合成耐火被覆では、外壁と耐火被覆材が連結されている場合もあり、相互の変形の違いや外壁の脱落等に伴って、耐火被覆にも大きな損傷が生じる可能性もある。

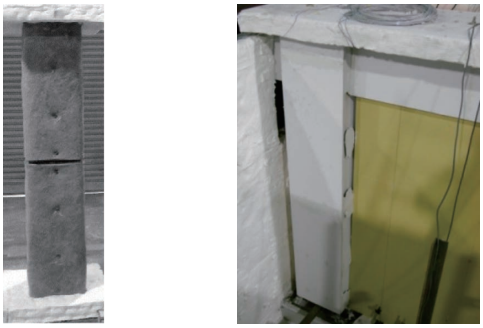
実際に、過去の震災時の被害事例等[8)、9)]では、天井や間仕切壁、設備等の衝突等により局所的に耐火被覆が損傷し脱落すること、部材角1/80～1/110で柱脚や柱・梁接合部の周辺に約10 mmの隙間が生じ、火災時に熱的影響が生じる可能性が指摘されている[10)]。

このような、地震による鋼架構の変形は耐火被覆に隙間や亀裂等の損傷を生じさせ、火災時には、健全な耐火被覆部材に比べて鋼材温度が上昇しやすい可能性がある。鋼材の降伏強度は約600 ℃で常温の半分程度に低下する。標準想定される火災を模擬した加熱時において、鋼材温度が600 ℃に到達する時間を一つの指標として、亀裂の影響が把握されている。吹付けロックウール（耐火被覆厚さ 20 mm）やけい酸カルシウム板（耐火被覆厚さ 25 mm）で被覆された鋼材に対する亀裂幅の影響を見ると、それぞれ、10 mm程度の亀裂幅に達すると600 ℃に到達する時間が亀裂のない場合に対して50 ～ 60%低下することが分かっている（図7）。亀裂部分の鋼材温度の上昇は、部材の材軸方向にも伝導し、100～200 mmの範囲は、その影響を受ける可能性がある（図8）。耐火被覆に生じた亀裂等の隙間が鋼材温度に及ぼす影響の傾向は、耐火被覆材の種類、厚さが同じであれば、鋼板厚さによらず劣化の程度は概ね同じとなる。しかし、耐火被覆材の断熱性能が高いほど亀裂部分からの熱侵入の影響が顕著となる傾向がある。

鋼柱の耐火被覆が部分的（25%程度）に欠損している場合には、期待される耐火時間の1/6程度（約30分）の時間で部材が崩壊に至ることもある。このように、鋼構造建築物にとって鋼部材の耐火被覆の脱落等の損傷は、仮にそれが部分的であったとしても、区画部材の損傷によってもたらされる被害以上に重大な危険性をもたらす可能性が高い。

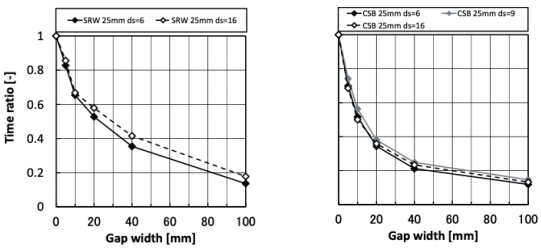
3. 地震後火災、津波火災に対する鋼架構の耐火性能

地震被害を受けた鋼架構が火災時挙動や崩壊温度の低下については、近藤らが解析的・理論的な検討を行っている[11)]。地震時には区画部材の被害と梁端破断や架構の残留変形が生じる可能性があるとして、「残留部材角」や「梁端部破断の有無」を主要なパラメータとした火災応答解析が行われている。それによれば、地震後火災時には架構の崩壊モードが、架構全体がスウェイする横移動型となる場合に地震被害の影響が大きくなること、また、防火区画が形成されず、火災が層全体に延焼すると地震被害の影響が最も大きくなることが判明している。



a) 耐火被覆の隙間　　b) 耐火被覆への区画部材の影響

写真３　耐火被覆材の損傷



a) 吹付けロックウール被覆材厚さ20 mm　　b) けい酸カルシウム板被覆材厚さ25 mm

図７　亀裂幅と600 ℃到達時間の変化

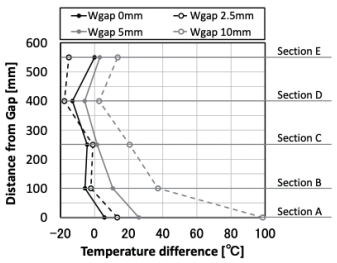


図８　亀裂幅と材軸方向の影響（耐熱ロックウール）

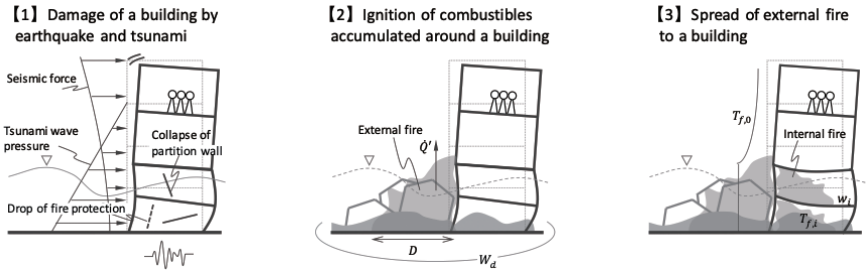


図９　津波避難ビルにおける外部火災の影響シナリオ

地震後火災に加えて、津波火災に対する鋼構造津波避難ビルの耐火性能評価に関する検討も行われている。鋼構造建築物については、地震被害に加えて津波により耐火被覆が脱落することによって、構造体は通常よりも大きな火災加熱を受けることが懸念される。小平らは、津波避難ビルの耐火性能の評価手法を構築するため、津波で破壊された木造家屋から流出する大量の可燃物が津波により浸水域に集積する可燃物の密度分布に基づき、津波火災の影響を分析している（図9）[12]。

その結果、地震・津波による構造体の損傷と比べ、耐火被覆の脱落が崩壊時間の短縮に大きく影響すること、建物外周部の構造上重要な柱（キーエレメント）が火災時に崩壊すると、転倒型の崩壊が生じ崩壊時間が短くなることが指摘されている。また、柱・梁の耐火被覆は、地震・津波により損傷・脱落しない材料や工法の選定が必要であり、漂流物の衝突に対しては、耐衝撃性に優れる耐火被覆が有効であるとしている。しかしながら、外壁や耐火被覆の損傷、漂流物の建物内部への侵入、建物周囲に集積した可燃物の燃焼性状や津波で浸水した階での火災性状等に関しては、不明な点が多く、継続的な研究が必要であるとしている。

4. おわりに

地震後火災や津波火災のような複合災害に対しては、一般的に採用されている耐火設計では十分に配慮されていない。しかしながら、地震等により建築物の一定程度の損傷が生じたとしても、その後の火災において建築物の崩壊を防ぎ、人命安全の確保方法を、設計者等は慎重に検討しておく必要がある。

［参考文献・引用文献］

1）吹田啓一郎、松岡祐一、山田哲、島田侑子、多田元英、笠井和彦：震動台実験の概要と弾性応答特性：実大4層鉄骨造建物の完全崩壊実験 その1、日本建築学会構造系論文集、74（635）号、pp.157-166、2009.
2）赤澤資貴、松岡祐一、吹田啓一郎、山田哲、島田侑子：実大4層鉄骨造建物の完全崩壊実験：その4 非構造部材の損傷と挙動、日本建築学会近畿支部研究報告集. 構造系（48）、pp.449-452、2008.
3）鈴木淳一、市原嵩紘、平島岳夫、松山賢、尾崎文宣、松岡祐：実大4層鋼構造建物の完全崩壊実験における耐火被覆の挙動、日本建築学会技術報告集、32号、pp.173-178、2010.
4）松岡祐一、マコーミック ジェイソン 、吹田啓一郎 、中島正愛：軽量鉄骨下地間仕切壁とそれに囲まれた鋼製下地天井の耐震性能、日本建築学会構造系論文集73（632）、pp.1857-1864、2008.
5）加登 美喜子他：軽量鉄骨下地間仕切壁の耐震性能と修復性の検証、日本建築学会構造系論文集（614）、pp.139-146、2007.
6）高層建築物の地震後の火災安全対策技術の開発：国総研ニューズレター、No.29、pp.1-2、2009.
7）鈴木弘之、鈴木淳一、市原嵩紘他：損傷を被った間仕切壁の耐火性能に関する実験、その1～4、日本建築学会学術講演梗概集、pp. 255-262、2010.
8）日本建築学会：東日本大震災合同調査報告 建築編〈3〉鉄骨造建築物/シェル・空間構造、日本建築学会、2014.
9）鈴木淳一他：鋼材料・鋼構造部材の耐火被覆の動向 構造材料耐火性シンポジウム、2013.
10）成瀬友宏他：高層建築物の地震後の火災安全対策に関する研究その1：鉄骨柱の耐火性能、日本建築学会学術講演梗概集、pp. 43-44、2010
11）近藤史朗：地震被害を受けた鋼架構の崩壊温度、博士論文、筑波大学、2010.
12）小平康智他：津波火災を受ける鉄骨造津波避難ビルの耐火性能評価、日本火災学会論文集、第69巻 第1号、pp.1-14、2019.



鈴木　淳一（すずき じゅんいち）
2007年東京理科大学大学院博士後期課程修了、東京理科大学助教、建築研究所主任研究員を経て現職、博士（工学）、専門分野：建築物の耐火性能評価

地震後に発生する市街地火災の延焼のメカニズム

樋本　圭佑
●東京科学大学 教授

1. はじめに

市街地火災は、建物が密集した市街地で発生した建物火災が、周辺の建物を巻き込んで大規模化した火災のことを指す。通常の建物火災は、消防によって、火災が発生した建物で消し止められる場合がほとんどである。しかし、強風時、地震時、あるいはそれらの組み合わせ時には、火災の勢いが消防の対応能力を上回り、市街地火災に発展することがある。2016年に新潟県糸魚川市で発生した市街地火災は強風時、2024年に石川県輪島市で発生した市街地火災は地震時、そしてだいぶ時間は遡るが1923年関東地震において当時の東京市や横浜市で発生した市街地火災は組み合わせ時の例である。本稿では、こうした市街地火災において、どのようなメカニズムで建物間の延焼が起こるのかを解説する。

2. 市街地火災の延焼のメカニズム

市街地火災は、数百あるいは数千といった数の建物が関与する大規模な燃焼現象である。このため、個々の建物の条件を捨象した均質な市街地を想定して、その中での2次元的な延焼過程を議論することも可能である[1)]。しかし本稿では、性質の異なる建物が間隔をあけて離散的に分布する、非均質な市街地の中での延焼過程について見ていきたい。図1は、こうした前提の下、地震後に発生する市街地火災の延焼拡大要因を整理したものである[2)]。市街地火災は複数の建物火災の集合なので、市街地火災の延焼過程は、他の建物火災の影響を受けた個々の建物火災の燃え方を記述するものに他ならない。火災となったある建物（延焼元建物）から周囲の別の建物（延焼先建物）への延焼は、下に記す3つの要因のいずれか、あるいはそれらの組み合わせによってもたらされる。

- 火災建物からの熱伝達
- 飛び火
- 火災気流からの熱伝達

このうち「火災建物からの熱伝達」は、建物内に充満する高温ガス、開口部から噴出する火炎（開口噴出火炎）、あるいは、倒壊した建物の上に形成される火炎を熱源とする熱伝達のことを指している。これは、強風時、地震時に関わらず、市街地火災において建物間の延焼をもたらす主たる要因となっている。「飛び火」は、屋外に放出された火の粉（建物の部材や建物内に収納された物品の燃焼片）が市街地風によって風下に運ばれることで、火災建物から離れた場所にある可燃物に着火する過程のことを指している。これは、特に強風時において市街地火災の燃え広がり速度を飛躍的に増大させる要因となっている。また、「火災気流からの熱伝達」は、市街地風によって吹き倒された火災気流（火災建物を熱源とする熱気流）が風下側の広い領域にもたらす温度上昇によって起こる熱伝達のことを指している。以下に、これら3つの延焼要因の特徴を整理する。

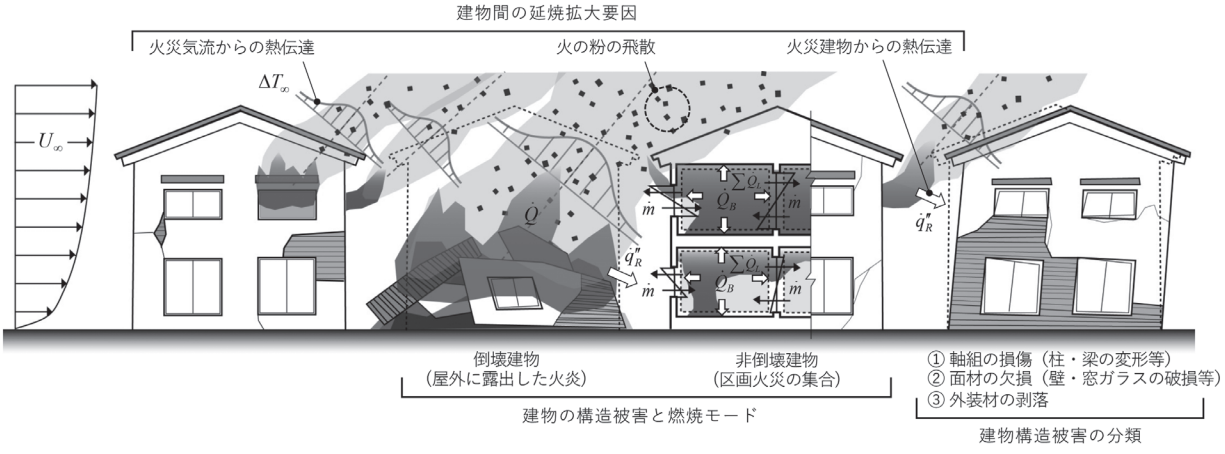


図1　地震後に発生する市街地火災の延焼拡大要因[2)]を一部改変

2.1 火災建物からの熱伝達

火災における可燃性ガスと酸素の化学反応は発熱反応であり、この時に生成される高温ガスが充満することで、火災室の温度は1000℃を超えることも珍しくない。こうした高温ガスの熱エネルギーは、放射熱伝達と対流熱伝達によって建物の各部位に伝達される。ただし、前者が高温ガスの絶対温度の4乗に比例して増大するのに対し、後者は高温ガスと建物の各部位との間の温度差に比例するものでしかない。このため、建物間の延焼が問題になるような高温状態の火災室からの熱伝達は、放射熱伝達が支配的になる。

放射熱伝達は、熱源から放射される電磁波が部材に吸収されることで生じる現象である。このため、直進性のある電磁波から遮蔽された位置にある部材には放射による熱伝達は生じない。また、熱源から部材への放射熱伝達の強さは熱源からの距離の-2乗に比例して減衰するので、熱源が離れるほどその影響は小さくなる。塀などの遮蔽物の設置や、建物同士の間隔の確保など、建物間の延焼を抑制するいくつかの対策の技術的な根拠は、放射熱伝達のこうした性質に求められる。ただし、火災時には、火災室内で燃焼しきれなかった可燃性ガスが屋外に排出された段階で酸素と反応し、開口噴出火炎（写真1）を形成することが多い。これは、熱源である火炎が対面する隣接建築物に向かってせり出した場所に形成されるという点で火災室からの直接的な放射熱伝達とは条件を異にしており、建物同士の位置関係のみから危険性を評価することは難しい。

なお、市街地を構成する建物は雑多であり、それらの燃え方には大きなばらつきがある。図2は、過去に実施された実大火災実験[3), 4), 5)]での火災室温度の時間変化を、建物の構造種別で比較したものである。火災室温度は、初期火源の大きさ、開口部の形状、室同士のつながり方、室内の計測箇所などに依存するので、この結果を直ちに一般化することはできないが、大きな傾向は以下のように整理できる。

- 裸木造建物（伝統的な建物）での火災は成長が早く、盛期となる期間が短い。これに対し、コンクリート造建物（耐火的な建物）での火災は成長が遅く、盛期となる期間が長い。軽量鉄骨造建物は、これらの中間的な特徴を有する。

火災が盛期となる期間の違いは、一見すると裸木造建物の方に、火災安全上の望ましい性質があるかのように映るかもしれない。しかし実際は、短時間で建物全体に燃焼が拡大し、建物全体が崩壊しながら炎上したことで、比較的早期に温度が減衰した結果を表している。コンクリート造建物で発生した火災は、建物全体が炎に包まれるのではなく、建物外壁を残したまま、開口部などから火炎が噴出する区画単位での燃焼に留まっている。盛期の時間が長いという問題はあるものの、火炎が噴出する箇所が限定されるなど、ある意味で制御された燃え方をする。軽量鉄骨造建物で発生した火災は、コンクリート造建物と同様に区画単位での燃焼が進行するが、コンクリート造に比べると周壁の熱慣性が低いので、温度変化には違いが表れている。また、火災が継続するにつれて周壁の損傷が進行し、区画の一体性が損なわれるので、徐々に火炎が屋外に露出するようになる。

火災建物から周辺の建物へ伝達される放射の強さは熱流束（kW/m^2）という尺度で評価される。図3は、木造3階建ての建物が火災となった場合の代表室の温度と、代表室から4.5 m離れた位置に正対する別の建物の外壁面、および、窓ガラスを隔てた屋内側で計測



写真１　開口噴出火災

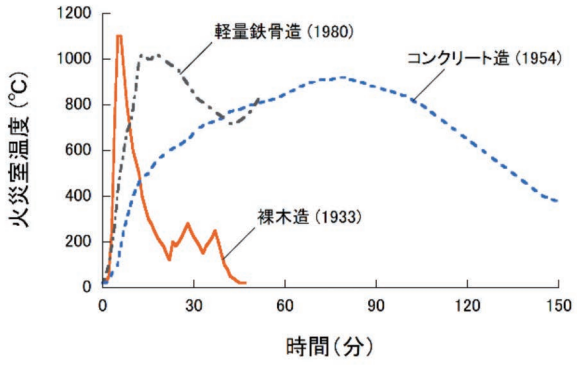


図２　構造種別に応じた火災室温度の時間変化[3), 4), 5)]

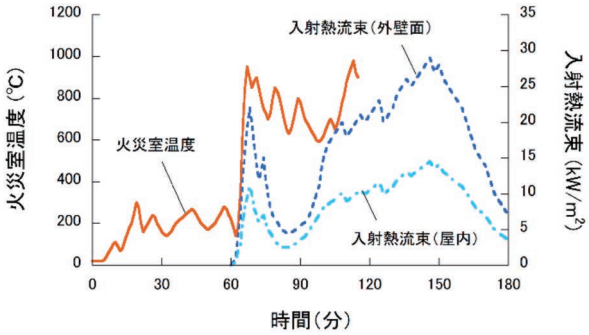


図３　火災室の温度と隣接建物への入射熱流束[6)]

した放射熱流束の値を示している[6]。代表室の温度は、当初は200℃前後で推移していたものの、実験開始から60分が経過した頃に、短時間で1000℃程度にまで上昇している。これとほぼ同時に、隣棟に入射する熱流束も上昇し、150分を経過するあたりで実験期間中の最大値をとっている。木材の着火限界は約15 kW/m^{2}で、隣棟延焼防止上の目安とされることも多い中、この時の外壁面と屋内への入射熱流束はそれぞれ約30 kW/m^{2}と約15 kW/m^{2}となっている。この実験では、軽量モルタルが塗られた外壁への延焼は免れる一方で、窓ガラスを覆っていたカーテンに着火している。

2.2 飛び火

火の粉は、火災建物において建物部材や建物内収納物が燃焼する過程で生成された燃焼片が、火災による浮力や躯体の倒壊に伴う機械力によって巻き上げられることで屋外に放出される。火の粉が屋外へ放出される主な経路は、崩落した後の屋根面である。このため、屋根の崩落が起こりやすい裸木造建物などの方が、その他の構造種別の建物に比べて、火の粉の放出源としての危険性が高い。反対に、屋根が崩落しない建物からの火の粉の放出は少ないと考えられており、屋根の強化は火の粉の発生を抑制する対策の一つとして位置付けられている。写真2は、2016年新潟県糸魚川市で発生した市街地火災の後に、市街地で収集された炭化片（燃焼を停止した火の粉）である。炭化片の種類は雑多であり、炭化した製材から剥離したような鱗状のもの、ベニヤが焼けたような薄い板状のもの、木の枝が焼けたような棒状のものなどがある。写真2に示した炭化片の下に敷かれた方眼紙の目盛り間隔は1 cmなので、一番右側に写っている炭化片の長辺は10 cmを超えている。糸魚川市での例に限らず、このくらいの大きさの火の粉の目撃例は珍しくない。また、こうした火の粉は、市街地風に乗って広範囲に飛散することが知られている。例えば、平均風速が4.6 m/sの中で実施された木造3階建ての建物の火災実験では、火災建物から1,600 m以上離れた場所に火の粉が飛散していたことが確認されている[8]。

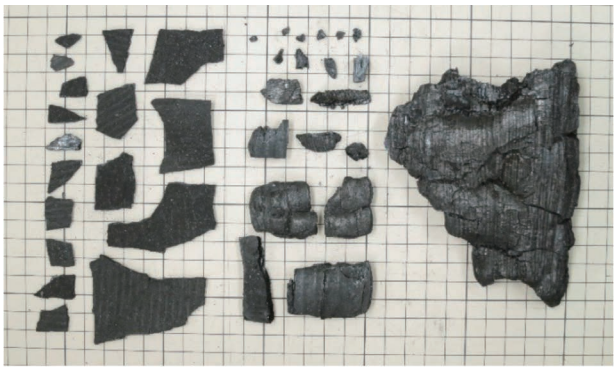


写真２　糸魚川市火災（2016）で収集された炭化片[7]

開口噴出火炎などと比べると、一つ一つの火の粉が保有する熱エネルギーは小さい。しかし、飛び火による延焼過程では、火源である火の粉の赤熱燃焼が長時間にわたって続く上、可燃物に直接接触した状態で熱伝達が起こる。このため、着火に時間を要する場合があるにしても、保有する熱エネルギーの小ささが延焼を起こさない理由にはならない。また、火災時には多量の火の粉が発生するため、それらの一部が関与しただけでも、市街地火災の延焼に無視できないほどの影響を及ぼしうる。このため、火の粉がより広範囲に飛散する強風時の市街地火災は、飛び火によって燃え広がり方が支配されると言っても過言ではない。なお、飛び火の場合には、発生、飛散、着火という延焼に至るまでの過程で多くの不確実要因が関与しているため、開口噴出火炎の場合のように延焼の危険が及ぶ範囲を決定論的に抽出することが難しく、防災計画上の取り扱いが定まっていない面がある。

2.3 火災気流からの熱伝達

火災気流による温度上昇は、熱源となる火災建物の付近でこそ大きいものの、そこから距離の-5/3乗に比例して減衰する[7]。このため、火災建物の風下側にある建物の周囲の温度上昇は、せいぜい数十℃から百数十℃程度にしかならない場合が多い。外部からの加熱によって木材が熱分解を開始する温度は260℃程度とされるので、火災気流からの熱伝達だけで建物間の延焼に至ることは多くないことになる。広範囲に影響が及ぶ火災気流の危険性は、むしろ他の要因と組み合わさった場合に、それらの効果を増幅させる点にある。例えば、可燃物が火災気流に曝された場合、火の粉のみによる加熱と比べると、より短時間で着火に至ることが確認されている[7]。

火災気流による数十℃程度の温度上昇は、建物間の延焼をもたらす直接的な要因とはなりにくい。ただし、人間の行動を制限するのには十分な高さである上、人体に有害な成分が含まれることや、火災気流に覆われた市街地では視界が制限されるので、消防による消火活動や住民の避難行動に及ぼす影響は小さくない。

3. 地震の揺れの影響

強風時と地震時で、市街地火災の延焼のメカニズムに違いはないが、その様相は大きく異なる。強風時には、火災建物から屋外に噴出した火炎が伸長し、火の粉はより広範囲に飛散、火災気流は地面を這うように

風下の市街地を覆う。これに対し地震時には、軸組の損傷（柱・梁の傾斜等）、面材の欠損（壁・窓ガラスの破損等）、外装材の剥落（モルタル・ALCパネルの脱落等）など、建物に構造的な損傷が生じるため、建物の燃え方や、あるいは外部から加熱をされた場合の着火の仕方に変化が生じる（図1）。

建物の燃え方が構造種別によって大きく異なることを2.1で示したが、これは、火災時に区画がどの程度一体性を維持しているのかや、主たる可燃物となる木材がどの程度燃焼に関与しやすい状態にあるのかを反映したものとなっている。裸木造建物の場合には、もともと木材が露出した状態で使われていることに加え、火災の比較的早い段階で区画の一体性が損なわれるため、建物全体の燃焼に発展しやすくなっていた。地震の揺れによる壁・窓ガラスの破損や外装材の剥落、あるいは倒壊といった建物の状態の変化は、火災となった場合の建物の燃え方が、裸木造建物のそれに近づくことを意味している。これは、激しい燃え方をする建物が増えるという点で、防災計画上は望ましくない変化である。また、揺れによる構造的な被害は、火源からの加熱を受けた建物の延焼防止性能にも影響を及ぼす。写真3は、2024年の輪島市火災が発生した街区に隣接する街区で見られた揺れによる外壁モルタル塗装の脱落例である。モルタル塗装は、屋外に露出した木部を外部火源から守ることを目的として、戦時の防空計画の中で開発されたものである。これが地震の揺れによって脱落すれば、もともと期待されていた延焼防止上の機能が発揮されなくなる。この他にも、壁や窓ガラスの欠損は高温ガスの室内への流入を許し、屋根瓦の脱落は火の粉が野地板の上に直接落下することを許すので、やはり延焼防止上の機能低下につながる。



写真３　外壁モルタルの脱落例（輪島市、2024）

2024年能登半島地震における輪島市での市街地火災では、このような建物の構造被害が延焼を助長する一因になったものと考えられる。

4. おわりに

本稿では、市街地火災の3つの延焼要因（火災建物からの熱伝達、飛び火、火災気流からの熱伝達）の概要に触れるとともに、地震の揺れによる建物構造被害がどのように市街地火災の延焼過程に影響を及ぼすのか示した。市街地火災に限らず、火災の現象論的な側面は知られていない点が多いように感じているので、本稿がこれまであまり馴染みのなかった方々にその輪郭を知っていただくきっかけになれば幸いである。

参考文献

1）藤田：火災の延焼モデルとシミュレーション、災害の研究Ⅷ、pp. 380-393、1975.
2）樋本ほか：地震動による建物構造被害と火災加熱による損傷の進行を考慮した地震火災延焼性状予測モデル、日本建築学会環境系論文集、No. 653、pp. 543-552、2010.
3）濱田：火災温度の測定と結果、建築雑誌、No. 47、pp. 1657-1672、1933.
4）川越：耐火構造内の火災の性状（その3・実大火災実験）、日本火災学会論文集、Vol. 3、No. 2、pp. 45-47、1954.
5）小國ほか：軽量鉄骨戸建（2階建）住宅の実大火災実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 2127-2128、1980.
6）林ほか：市街地における木造3階建共同住宅の延焼性状に関する実大火災実験、建築研究資料、No. 93、352p、1999.
7）Himoto K: Large Outdoor Fire Dynamics, CRC Press, 393p, 2022.
8）林ほか：大規模木造建物実大火災実験で発生、飛散した火の粉の降積量と個別計測、日本建築学会技術報告集、Vol. 20、No. 20、pp. 605-610、2014.



樋本　圭佑（ひもと けいすけ）

京都大学大学院修了、博士（工学）、国土交通省国土技術政策総合研究所などを経て現職、専門分野は建築物・都市の火災安全工学

学会ニュース

大崎順彦賞の意義 ～設立・選考の経緯と今後の発展への期待～

髙田　毅士／髙橋　郁夫
●日本原子力研究開発機構／リスク情報活用推進室 室長　●防災科学技術研究所／戦略的イノベーション推進室 主幹

1. はじめに

本年5月の社員総会において、新設された大崎順彦賞（以下、「本賞」と呼びます）が2名の研究者に贈呈されました。本稿では、本学会に大崎順彦賞が設立された経緯や今回の審査の過程等を振り返るとともに、本賞に関して、今後に期待すること、また、これからの応募者へのメッセージを記したいと思います。

2. 大崎順彦賞設立の経緯

2023年6月、株式会社大崎総合研究所から、本学会の中に研究開発等の成果に対する賞を設立し、研究の促進や若手の研究者の育成に繋げたい旨の提案がありました。同社の創設者・大崎順彦先生の研究に対する姿勢や思いを次世代に伝え、将来の地震工学の進歩と発展に貢献したいとの趣旨によるものです。会長・副会長・総務理事で直接その提案の趣旨について説明を受け、前向きに検討すべき案件として理事会に諮ることにしました。

3. 大崎賞の意味（大崎順彦賞と本学会の立ち位置）

大崎先生は、地震・地盤・構造物の三つの分野間の繋がりを強く意識して、三者を一体とした耐震理論の体系化と確立を研究人生の目標とされました。また、データ・数理を大切にされながら独創的な多数の論文や本を執筆するとともに、多くの若い研究者を鼓舞し育成されました。本学会は、建築、土木、地盤、機械、地震、原子力などの多くの分野の研究者や実務者で構成され、これらの異分野間の会員の交流によって、それらの境界領域やより幅広い視点からの解決すべき領域の研究開発を促進し、地震工学や防災分野の発展を促進させることを学会の特色の一つとして位置付けています。そのような観点から、大崎先生が大切にされた地震工学における研究の姿勢は本学会の立ち位置と一致するため、本賞は本学会に相応しい賞であると理事会で判断いたしました。

4. 賞の制度設計と規約作成のポイント

本学会には研究成果等に対して贈られる論文賞や論文奨励賞、業績賞などがあります。本賞の趣旨を賞として形にし、既存の賞とは異なる特徴を持たせるために、理事会では様々な視点から検討を行いました。

4.1 専門家への相談

本学会は公益（不特定かつ多数の者の利益）事業を主な目的として活動している公益社団法人であるため、2023年8～9月にかけて、本賞が公益事業として成り立つための条件や留意事項に関して、内閣府公益認定等委員会事務局、および内閣府主催相談会の弁護士、税理士の先生方から有益なアドバイスを頂きました。

4.2 大崎順彦賞の制度の具体化

2023年12月には、賞の制度の具体化を図るため、理事会の表彰委員会の下に「大崎順彦賞選考委員会」を設置し、更に選考委員会の下に「大崎順彦賞設立準備WG」を設置しました。設立準備WGは比較的若い中堅の会員で構成され、本賞で対象とする人・対象領域・成果物・選考方法等について様々な視点から意見を出してもらいました。本WGおよび選考委員会での検討を経て、賞の制度の具体化を進め、2024年4月の理事会で、既存の表彰規定（改定）、本賞の細則、公募要項、選考規定の案について概ね承認が得られました。

4.2.1 対象とする活動や業績

本学会の論文賞や論文奨励賞は論文集に掲載された1編の論文の学術的な価値を評価して贈呈される賞ですが、2.に記したように、本賞は、単なる優れた研究業績だけでなく、研究に対する取組みや姿勢、その中で得られた業績を総合して評価する必要がありました。理事会で議論を重ねた結果、「地震工学に主軸を置き、地震工学に新しい視点や考え方を取り入れたり、周辺領域の研究成果をうまく取込んで課題解決を行ったりして、挑戦的で地震工学の裾野を広げるような研究・開発を継続的に実施し、優れた成果を上げた個人」を本賞の対象とすることにいたしました。

大崎順彦先生のプロフィール



東京大学名誉教授。日本の耐震工学者。建設省建築研究所（現在の国立研究開発法人 建築研究所）第三研究部長・国際地震工学部長、東京大学工学部建築学科教授を歴任し、地盤工学、地震工学、耐震工学の分野において顕著な研究業績を残す。1982年に東京大学を定年退官、清水建設株式会社副社長に就任、同時に株式会社大崎総合研究所を設立。1999年 逝去（78歳）

4.2.2 対象者の年齢や国籍

本賞の目的の一つに若手の研究者の育成があります。本学会の事業領域に比較的近い幾つかの学会において、若手を対象とした賞は満35歳または40歳を区切りとする場合が多いのですが、本賞は中長期的な研究・開発活動を対象とすることから、応募時点で45歳以下という広めの年齢層までを対象としました。また、対象者の国籍に関しては、日本国籍を基本とするものの、その他に「我が国の大学や大学院、研究機関、民間企業等に所属して5年以上の研究・開発の経験があり、今後も我が国において研究･開発の活動の継続を予定している者」も対象者とすることにしました。海外に対しても本賞の門戸を広げる案も出ましたが、これは情勢を見ながらの今後の検討課題としました。

4.2.3 選考の方法と経過

今回の応募状況を見ると、その研究内容は多様な分野に渡っており、秀逸な取組みや貴重な成果を有するものが多く、選考は困難を極めました。第1回目の募集は2024年8月末から11月末までとし、その後の約2ヶ月間で応募書類に基づく1次選考を、3月末日に対面での2次選考を実施しました。1次選考では、各選考委員が設定した5つの評価項目に対して採点を行い、その結果を総合して通過者を決定しました。2次選考では、1次選考の成績は持ち越さず､これまでの研究・開発活動の内容やその成果に関する対面でのプレゼンテーションを採点し、その後の審議によって受賞者を決定しました。今回の2次選考では、選考規程に則り、1次選考通過者の研究・開発分野を考慮して、本学会の歴代の正副会長経験者の中から2名の特別選考委員を加えて実施しました。

5. 大崎順彦賞に期待するもの

地震工学分野は年々広がりを示しています。過去からの地震工学の発展により、多くのことが解明され､その成果が社会に実装されてきました。その結果、時代とともに強い構造物が造られるようになり、地震に強い社会になりつつあります。しかしながら、地震が起こるたびに悲惨な被害が報道されます。これらの被害を軽減するには従来の成熟分野だけでは不十分です。地震被害の軽減には様々な周辺領域の研究開発が必要であることは言うに及びません。地震工学の周辺領域が広がり、新規研究開発や斬新な方法論が必要となります。人間や社会全体を対象にすることになり、自然科学分野を超えて社会・人文科学分野も大いに関わってきます。領域全体を俯瞰して統合化する考え方も必要となります。昨今の新技術や豊富な情報を活用した「新地震工学」といった新しい分野の確立が必要かもしれません。

こうした昨今の状況を受けて、新規分野への挑戦や新しい視点の研究を促すために、大崎順彦賞を設立しました。今後の地震工学のブレークスルーは新しい視点から生まれてくるものと信じています。

6. 今後の応募者に向けて

本賞は地震工学に主軸を置いた研究あるいは研究開発の成果を対象としており、また、45歳以下であれば誰でも本賞に応募可能です。前述したように、地震工学分野の裾野は多様化し、時代とともに拡大しています。旧来の地震工学の周辺領域に多くの新しい関連課題が存在します。そのような課題に果敢に挑戦した応募を期待しています。地震工学分野が建築、土木、機械、原子力などの分野内で深化する傾向がある中、もっと分野連携・融合を強調するようなマイルストーン的な研究成果を期待します。

新しい分野の創生はどの分野においても大いに期待するところです。また、我が国の進んだ耐震技術を地震で苦しんでいる他の多くの国々に伝えてゆくことも重要で、海外への貢献も重要と考えますし、対象とする国の環境に適する技術開発も必要です。

本賞が今後も長きに渡り受賞者を輩出し、さらなる飛躍を後押しし、若手研究者の強烈な刺激になれば、本賞を設立した意義があったと考えます。

最後に、今回栄えある大崎順彦賞受賞者を心より祝福すると共に、受賞者にはこの賞の重みを感じていただいて一層の研鑽を積まれること、後進の目標となって頂くことを切にお願い申し上げます。また、先に述べたように、第1回目の本賞の選考には立派な応募内容が多かったことから、受賞から惜しくも外れた方々も応募用資料を再構成して再びトライしていただけることを期待しています。



髙田　毅士（たかだ つよし）

1977年名古屋大学卒、1979年 名古屋大学大学院工学研究科建築学専攻修了。1979年4月 建設会社入社。2004年2月 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻教授。2020年より現職。工学博士、専門分野：設計論､リスク評価、等



髙橋　郁夫（たかはし いくお）

1981年 東北大学工学部建築学科卒業。1983年 同大修了後、清水建設（株）入社。同社の大崎研究室、和泉研究室、技術研究所において耐震工学・地震防災等の研究開発に従事。2015年4月より防災科学技術研究所に奉職。2020年10月より現所属にて活動。博士（工学）

地震工学分野におけるDXに関する講習会・研究会の開催報告

上田　恭平
●事業企画委員会 委員長

1. はじめに

日本地震工学会 事業企画委員会では、「地震工学分野におけるDX（デジタル・トランスフォーメーション）に関する講習会・研究会」を2025年5月29日に建築会館にて開催しました。この講習会・研究会は、地震工学分野やその関連分野におけるDXに関する講習、話題提供、研究発表を通じて、参加者の知見をさらに深めるとともに、研究者や技術者の交流を目的としたものです。本稿では、本講習会・研究会の概要を報告します。なお、当記事における肩書等は、開催時点のものであることを付記します。

2. 講習会の概要

本講習会は、建築会館の会議室とオンライン（Zoomによるウェビナー）のハイブリッド形式で実施され、総勢52名（うち現地参加者9名、学生11名）の方にご参加いただきました。

開会挨拶では、髙瀬 裕也 事業企画委員会委員長より、本講習会開催の意義について説明がありました。AIやIoTをはじめとするデジタル技術が急速に発展し、様々な領域でDXが推進される中、地震工学分野においてもこれらの技術を積極的に応用していく必要性が高まっています。この課題意識に基づき、体系的な知識の習得と参加者間の交流の場を提供するため、本講習会を企画したとの説明がありました。今回が第2回目の開催であり、継続的な取り組みとして定着しつつあることが強調されました。

その後、次章で詳しく述べるように、3名の講師（東京科学大学の宮本 崇先生、群馬工業高等専門学校の渡邊 祥庸先生、鳥取大学の小野 祐輔先生）による、実践的な講習と実習が行われました（写真1）。講習は参加者が自ら手を動かし、最新技術に触れることができるよう工夫されており、非常に活気のあるセッションとなりました。

最後に、上田 恭平 事業企画委員会副委員長より閉会の挨拶がありました。この日の全講義の内容と意義を振り返るとともに、最新技術の発展と社会への浸透に向けて、多くの課題に直面しながらも、連携してブレークスルーを成し遂げていくことの重要性が述べられました。

3. 各講演の内容

宮本 崇 先生（東京科学大学）の「深層学習/データサイエンスのプログラミング基礎」では、深層学習の基礎から地震工学分野への応用、そして実践的な実習まで、幅広い内容の講義をいただきました。深層学習が衛星画像解析や地震動の逆解析など、多岐にわたる分野で応用されている事例が紹介され、特にサロゲート（代理）モデルの原理について詳しく解説されました。このモデルは、地震応答解析のような複雑な工学解析の代わりに、機械学習を用いて特徴量を高速に予測・評価するものです。実習では、ブラウザ上でコードの記述、実行、可視化が可能なクラウド環境Google Colabを使用しました。参加者は、機械学習の要点を理解するための基礎学習から始め、最終的にはニューラルネットワークを使って地震応答を予測する実用的な活用方法までを体験しました。

宮本先生による「地震工学における深層学習/データサイエンスの最近の話題」と題した講演では、物理現象をより高精度に予測するために、物理的な支配方程式を機械学習に組み込む最新手法PINNs（Physics-Informed Neural Networks）などの最先端の研究が紹介され、参加者の応用面における理解をさらに深めることができました。

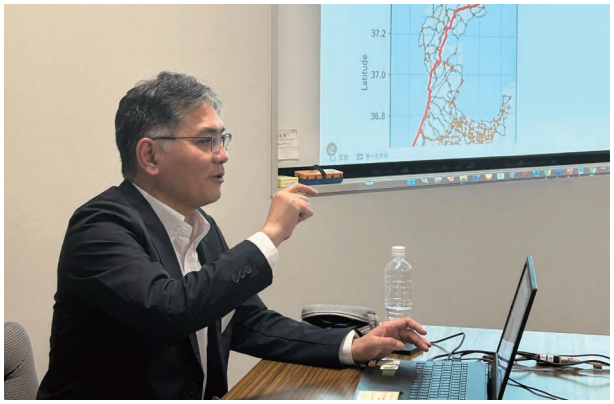
渡邊 祥庸 先生（群馬工業高等専門学校）からは、「3次元測量データの自然災害への活用に関する講習と今後の展望」と題した講演をいただきました。この講演では、災害対応を目的とした空間の測量・分析技術の発展と、デジタルツインの活用が広がりつつある現状について解説されました。SfM（Structure from Motion：モーション画像からの形状推定）やLiDAR（Laser Imaging, Detection, and Ranging：レーザー照射による測量技術）といった最新の測量技術が紹介されました。さらに、災害発生時の法面を想定した3次元データの撮影・作成事例を通じて、それぞれの技術が持つ特徴や適用性について、具体的な解説が行われました。また、3次元データである点群データを効率的に処理するためのクラウド活用など、実践的な側面についてもレクチャーが行われました。これらの技術を駆使したデジタルツインが、災害時の情報処理と分析を大きく変革していくという将来展望が示され、参加者はその可能



(a) 東京科学大学　宮本 崇 先生



(b) 群馬工業高等専門学校　渡邊 祥庸 先生



(c) 鳥取大学　小野 祐輔 先生



(d) 会場の全景

写真１　講習の様子

性を強く感じることができました。

小野 祐輔 先生（鳥取大学）の「PythonとGISツールによる道路ネットワーク解析に関する講習と事例紹介」では、PythonをベースにしたGIS（地理情報システム）分析を中心に、道路閉塞や避難距離といった都市防災に関する研究紹介とデモンストレーションが行われました。中山間地域における地震時の道路閉塞率の確率的評価や、海外都市における津波避難距離に基づいた避難リスク分析を研究事例として挙げ、その研究内容とともにGISの具体的な活用方法をご紹介くださいました。後半の実習では、Google Colabを利用して、道路ネットワークのような基礎データの取り込みから、分析の実行、そして結果の可視化に至るまでの一連のプロセスを、参加者が体験できるよう、ワンストップで実演いただきました。この実践的な内容により、参加者はGIS分析のワークフローを深く理解することができました。

4. おわりに

今回の「地震工学分野におけるDXに関する講習会・研究会」の1日を通じて、参加者の皆様はDXの基礎から応用までを体系的に学ぶことができたと期待しています。機械学習や空間データなどを扱う新しい技術が、地震リスクの予測から災害対応に至るまで、地震工学のあり方を大きく変えていく可能性を実感いただけたのではないでしょうか。

講習会後に実施したアンケートでは、回答者の8割強が講習時間や難易度が適切であったと回答しており、満足度の高さがうかがえます。特に、「Google Colab等を用いて、自分で手を動かす実演形式の講習会は、理解しやすく充実感がある」という意見が多く寄せられました。今後の講習会を企画する上で、この貴重なフィードバックを参考にさせていただきます。

今後取り上げてほしい話題としては、「AIによる解析利用」「深層学習の最新情報」「3Dデータの活用」「サロゲートモデルを用いた具体的な適用事例」など、多岐にわたるご意見が寄せられました。これらのご要望は、参加者の皆様が、DXのさらなる深化に関心を寄せていることの表れだと受け止めています。

事業企画委員会としては、今回と同様のDX講習会を今後も継続して実施していく予定です（次期はハイブリッド形式で2026年4 ～ 5月を予定）。本稿をお読みいただきご興味を持たれた方は、ぜひ今後のDX講習会にご参加ください。新しい知識と技術の習得、そして研究者・技術者間のネットワーク構築の場として、皆様のお越しを心よりお待ちしております。

追悼文

柴田明徳（あけのり）先生を偲んで

源栄　正人
●東北大学名誉教授／日本地震工学会名誉会員



写真１　2012年日本建築学会大賞受賞インタビューでの写真

日本地震工学会の名誉会員であり、東北大学工学部工学研究科教授、東北文化学園大学科学技術学部環境計画工学科教授を歴任されました柴田明徳先生が令和7年4月にご逝去されました。ここに謹んで柴田先生のご冥福をお祈り申し上げます。

柴田先生は、昭和40年東京大学大学院数物系研究科博士課程を修了後、東北大学工学部助手、東北大学工学部助教授となり、米国イリノイ大学工学部の客員研究員（1973年1月～1974年8月）としての研究活動を経て、昭和61年（1986年）に東北大学工学部教授（建築構造学講座を担当）になられました。東北大学では、工学部の災害制御研究センターの設立に貢献され、センター長も務められました。1999年に東北大学を退職されました。その後、東北大学名誉教授の立場ばかりでなく、東北文化学園大学科学技術学部環境計画工学科教授として、研究教育活動を継続され、2013年には同大学の名誉教授の称号を得られました。

柴田明徳先生は、耐震工学・地震工学の専門家として多くの先駆的な研究と後進の指導、育成に努めてきました。その研究成果は、日本建築学会の論文賞や教育賞の受賞につながり、研究教育活動ばかりでなく、社会貢献度も多大であることから2008年には日本地震工学会の名誉会員に選出されるなど、諸学会からも極めて高い評価を受けました。特に、振動・波動の基礎理論を分かり易くまとめた名著「最新耐震構造解析」の出版、および、構造物の非線形応答解析の等価線形化法に関する研究業績は限界耐力設計法の成立に大きな役割を果たしました。また、確率論的手法を用いた構造安全性評価に関する研究教育に関する実績や、日本建築センターの「高層建築物構造評定委員会」委員や、資源エネルギー庁の「原子力発電技術顧問会」委員、原子力発電技術機構の「安全解析事業運営委員会」委員などを歴任し、高層建築物や原子力施設の安全に対しても技術的貢献を果たしました。加えて、国土庁「国際防災の10年国民会議」運営委員や、宮城県防災会議地震対策専門部会委員、仙台市地震対策専門部会委員、宮城県建築住宅センターの「建築物耐震診断改修評価委員会」委員長を務められるなど、国際貢献、地域貢献も積極的に行って、自治体の地震被害想定等への社会貢献活動の実績も多くあり、2012年には日本建築学会大賞を受賞されました。また、自然災害に関する研究活動として、文部科学省科学研究費重点領域研究「自然災害の予測と防災力」では重要な役割を果たし、研究代表者として取りまとめた「都市住空間の震災予測と耐震化システムに関する研究」（令和2年3月）は、社会的インパクトの大きな防災研究成果となりました。また、国内外で発生する地震被害の調査や調査報告における大所高所からのアドバイスは、常に重要な示唆を与え、2018年には日本自然災害学会功績賞を受賞されました。

私は、柴田先生がイリノイ大学での研究活動を終えて東北大学工学部の建築構造学研究室に戻られた時に、研究室の学部学生（4年生）でした。大学院修士課程の時に耐震工学の基礎としての振動・波動の基礎理論に関する手書きの「柴田メモ」を受けとり、夢中で学習し、卒業論文や修士論文を作成したことを思い出します。その後、私は鹿島建設の武藤研究室と小堀研究室での合わせて19年間の研究と実務を経験しましたが、その間、柴田先生が教授になられた年に、柴田先生を主査として博士号を取得致しました。私は、1996年に東北大学工学部の災害制御研究センターの助教授として赴任し、上司の柴田先生から耐震工学・地震工学に関する研究・教育・社会活動に薫陶を賜り、今は亡き志賀敏夫先生と柴田先生の教えを受けた研究者・実務者で構成する「耐震工学研究会」の設立にも至りました。この研究会はほぼ毎年開催され、柴田先生は、

令和元年の研究会の際に『耐震工学50年』と題した発表をされるなど、武藤清先生の伝言でもある「難しいことを易しく」伝えることを心掛け、地震災害低減のための教訓の伝承を行い続けられました。柴田先生は、常に「難しいことを易しく、易しいことを深く、深いことを面白く」という井上ひさしの名言を引用しながら、その観点からの活動の重要性を指摘されていました。私は、単純化により分かり易くするのは良いが、単純化の際に失われる要素の影響に対する配慮の必要性について柴田先生と議論したことを思い出します。

柴田先生には公私に渡り50年間にわたりお世話になりました。耐震工学の研究・教育・社会貢献活動に関するご指導・ご議論をいただいた柴田先生が亡くなられたことは残念でなりません。ただ、柴田先生のご遺志をついで、さらに継続・発展させていくことがこれからの関係者の務めだと思っております。柴田先生、ありがとうございました。安らかにお眠りください。



写真２　2019年12月の耐震工学研究会での集合写真（前列中央が柴田先生）

原文雄先生を偲んで

鈴木　浩平
●東京都立大学名誉教授

2001年に創設された日本地震工学会の設立準備委員会の委員であられた東京理科大学原文雄名誉教授におかれましては数年来体調を崩して療養されていましたが、本年6月に永眠されました。享年84歳でした。

原先生は1970年に東京大学大学院工学研究科機械工学専攻課程にて工学博士の学位を取得されました。機械工学分野から地震工学へのアプローチを開拓された故柴田碧（へき）先生の研究室の最初の学位取得者でした。先生は東京大学生産技術研究所の専任講師を経て、1971年に東京理科大学機械工学科の助教授に就任され、1983年に教授に昇任されました。その後、同大学において工学部長、理事など、大学運営の面でも重責を果たされました。

原先生の主たる研究分野は、機械力学、ロボティクス、メカトロニクスなどであり、直接的に地震工学に関与する研究論文などは多くはありません。

しかしながら、原先生は柴田碧先生の後継者として、機械工学、原子力工学の分野での耐震設計基準の策定、耐震技術の発展に多大の功績を残されました。代表的な業績として以下のものがあります。

1. 香川県多度津に設置された大型振動台を用いて1980年代に開始された「原子力発電施設の耐震信頼性実証試験」の大型プロジェクトにおいて、「非常用ディーゼル発電機」、「制御用大型計算機システム」の実証試験実施委員会の委員長として指導に当たられた。
2. 2001年から日本電気協会に設置された原子力規格委員会の副会長、会長として尽力され、特に東京電力福島原子力発電所の事故を受けた耐震設計基準の見直し、改定を進められた。

原先生は日本機械学会（JSME）、アメリカ機械学会（ASME）において、常に積極的に研究発展に尽力されました。JSMEでは、機械力学などの分野で先進的に活躍されました。ASMEでは2003年に日本人としては初の「PVPメダル」授与の栄誉を受けました。このメダルは、圧力容器、配管などの設計やそれに関連する各分野の研究、技術の国際的発展に貢献した人に与えられる最高の賞です。

また、JSMEとASMEとのJoint Conferenceの実現にも尽力され、そのConference Chairになられました。

JSMEでは、2002年に副会長にも就任され、同学会の名誉員になられています。2020年には瑞宝中綬章の授与の栄誉を受けられています。

私は原先生が大学院学生の頃から長らく親交を結ばせていただきましたが、先生の研究推進への真摯な姿勢、国際的立場での積極的な発言や問題提起などに大きな教訓をいただいてきました。過去にはご自宅の全焼火災や火傷など、私的にはいくつかの苦難を受けながらそれらを乗り越えてたくましく生きてこられた原文雄先生に心から敬意を表するとともに、安らかなご永眠を祈念します。

合掌



アメリカ機械学会のPVP（配管・圧力容器）部門の最高の賞「PVPメダル」受賞の時
（2003年クリーブランドにて。左から1番目が筆者、2番目が原先生）

お知らせ

■ 本学会に関する詳細は Web 上で

日本地震工学会とは

日本地震工学会は、建築、土木、地盤、地震、機械等の個別分野ではなく、地震工学としてまとまった活動を行うための学会として 2001 年 1 月 1 日に発足しました。その目的は､地震工学の進歩および地震防災事業の発展を支援し、もって学術文化と技術の進歩と地震災害の防止と軽減に寄与することにあります。

ぜひ、皆様も会員に

本会では、これまでに耐震工学に関わってきた人々は勿論のこと、行政や公益事業に関わる人々、あるいは地域計画や心理学などの人文・社会科学に関する研究者、さらには医療関係者など、地震による災害に関わりのある分野の方々を対象とし、会員（正会員、学生会員、法人会員）を募集しています。本会の会員になることで、各種学会活動、日本地震工学会「JAEE NEWS」のメール配信、地震工学論文集への投稿・発表・ホームページ上での閲覧、講習会等の会員割引など、多くの特典があります。ぜひ皆様も会員に、ホームページからお申込みください。

「学会の動き」欄は、下記のホームページでご覧いただくことにしました。
日本地震工学会の会則、学会組織、役員、行事、委員会活動、出版物の在庫案内など最近の活動状況などの詳しい情報はホームページをご覧下さい。ホームページには、学会の情報の他に、最新の地震情報、日本地震工学会論文集など多くの情報が掲載されています。ぜひご活用ください。

入会方法や入会後の会員情報変更の詳細は本会ホームページ中の「会員・各賞受賞者」の下の「入会案内」､「変更・退会手続」に記載されています。

日本地震工学会ホームページ　https://www.jaee.gr.jp/jp/

■ 会誌への原稿投稿のお願い

日本地震工学会会誌では､「地域での地震防災に関する話題」､「地震工学に関連した各種学術会議・国際学会等への参加報告」､「興味深い実験や技術の紹介」､「当学会や会誌への要望や意見」等に関して、皆様からの原稿を募集しております。なお、投稿原稿は原則として未発表のものに限ります。また､「速報性を重視する内容（原則として年 3 回の発行であるため)」､「ごく限られた会員のみに関係する内容」､「特定の商品等の宣伝色が濃いもの」はご遠慮下さい。

投稿内容、投稿資格、原稿の書き方・提出方法等の詳細は、本会ホームページ中の「投稿・応募ページ」よりご確認頂けます。

日本地震工学会ホームページ　投稿・応募ページ　https://www.jaee.gr.jp/jp/contribution/

■ 登録メールアドレスご確認のお願い

当学会では、会員の皆様のお役に立つ会員限定のニュースやセミナー情報をメールにて配信させていただいておりますが、メールが届かず戻ってきてしまうケースが散見されます。メールアドレスを変更された方、あるいは、このところ弊学会から１通もメールが届いていないという会員の方は、以下の方法で会員登録情報をご変更いただくか、事務局までご連絡いただきますようお願い申し上げます。

【会員登録情報のご変更方法】

日本地震工学会の WEB サイト（https://www.jaee.gr.jp/jp/）の「会員ログイン」より、会員番号とパスワード（７桁 例: 0000001）を入力してログインし、「登録情報の変更」を選択して登録情報をご変更ください。尚、会員番号またはパスワードがご不明な方は事務局までお問い合わせください。

■ ご寄附のお願い

日本地震工学会は、地震工学及び地震防災に関する学術・技術・教育の進歩発展をはかり、地震災害の軽減に貢献することを目的に、全ての事業を公益活動として推進しております。

2013 年 5 月に「公益社団法人」格を取得し本会が「公益社団法人」として認められたことから、皆様方からの学会への御寄附に対して税制上の優遇措置が認められることとなりました。

本会が公益活動をさらに強化し、社会貢献活動を行っていくためには、財政強化が不可欠であり多くの方々のご寄附が必要です。是非とも皆様からのご支援をお願い申し上げます。

ご寄附をいただける方は、WEB サイト「公益社団法人 日本地震工学会 寄附のお願い」（https://www.jaee.gr.jp/jp/donation/）をご参照のうえ、お申込みいただきますようお願いいたします。

（連絡先）

公益社団法人　日本地震工学会事務局

TEL：03-5730-2831　E-MAIL：office@general.jaee.gr.jp

■ 問い合わせ先

不明な点は、氏名・連絡先を明記の上、下記までお問い合わせ下さい。

日本地震工学会　事務局　〒108-0014 東京都港区芝 5-26-20 建築会館

TEL : 03-5730-2831　　FAX : 03-5730-2830　　電子メールアドレス : office@general.jaee.gr.jp

JAEE Newsletter 第 14 巻 第 3 号（通算第 43 号）が 2025 年 12 月下旬に発刊されます。

12 月発刊の第 14 巻 第 3 号では、阪神・淡路大震災 30 年の次の展望として、地域防災に向けた市民・社会の協働を特集および特別座談会としてフォーカスするとともに、長きにわたる学際テーマである「地震学と地震工学の連携」を若手座談会として取り上げ、新たな世代のビジョン、抱負を意見交換する予定です。

JAEE Newsletter は、日本地震工学会誌を補完し、タイムリーに情報発信する目的で 2012 年 9 月に創刊されました。2015 年より、会誌と連携した情報発信を行うため、会誌と交互となる 4 月、8 月、12 月に学会の Web サイト上で発行しています。地震工学に興味を持つ一般の読者も意識したわかりやすい記事を通じて、地震工学と地震防災の一層の普及・発展を目指しています。

JAEE Newsletter については以下のサイトで掲載しております。

https://www.jaee.gr.jp/jp/stack/1925-2/

最新号（第 14 巻 第 2 号）では、日本地震工学会の論文各賞の受賞者のコメントを特集し、国立研究機関の学際横断の若手座談会を掲載しております。

オンライン媒体による情報発信で、どなたでも閲覧できますので、ぜひご覧ください。

編集後記：

本号では「地震火災」を特集しました。執筆者の皆様には、地震火災研究になじみの薄い読者にも親しみやすい構成でご寄稿いただき、私自身も多くを学ぶ機会となりました。特に、地震発生から出火・延焼に至るまでの現象の連鎖は想像以上に複雑であることを実感しました。この複雑さが示すように，地震火災を語るには分野横断的な視点が不可欠で，これは日本地震工学会に求められる解決課題の一つであると感じています。

最後に、地震火災による被害軽減には、制度や技術に加えて個人の備えも欠かせません。家具の固定や避難経路の確認など、身近な点検から始めたいと思います。

杉山 充樹（大林組）

「地震」と「火災」が深く関係していることは、避難訓練などを通して小学生の頃から何となく知っているつもりでいましたが、今回の特集記事を拝見して、「地震火災」についてはじめて知ることが多くありました。今回、火災に対するレジリエンス向上には個々の建物の不燃化だけでなく、市街地の構造自体も深く関わっていることを知り、15年前に初めて土木工学を学んだ時と同じように、街の景色が少し変わって見えているような気がします。「地震火災」という現象は複雑で難しい問題ですが、ぜひ地震工学会を通して、様々な分野の研究者同士で交流していただき、地震火災研究の発展と研究成果の社会実装を実現してほしいと願っています。最後になりますが、ご多忙にもかかわらず快く原稿の執筆をお引き受けいただいた執筆者の方々に心からお礼申し上げます。そして、編集業務において急なお願いにもかかわらず迅速にご対応いただいた会誌編集委員の皆様をはじめ、本号の編集にご協力いただいた、すべての方々に感謝申し上げます。

吉田 祐一（消防研究センター）

会誌編集委員会

委員長　浅井　竜也　東京大学生産技術研究所
幹　事　杉山　充樹　大林組
幹　事　吉田　祐一　消防研究センター
委　員　伊東　　亮　東芝エネルギーシステムズ
委　員　入江さやか　松本大学
委　員　大豊　晃祥　IHI
委　員　北原　　優　北海道大学
委　員　崎山　夏彦　東京理科大学
委　員　杉山　佑樹　鉄道総合技術研究所
委　員　染井　一寛　大崎総合研究所
委　員　仲野　健一　安藤ハザマ
委　員　八木尚太朗　建築研究所
委　員　八木　尊慈　構造計画研究所
委　員　渡井　一樹　竹中工務店

日本地震工学会誌　第56号　Bulletin of JAEE　No.56

2025年10月31日発行（年３回発行）
編集・発行　公益社団法人 日本地震工学会
〒108−0014　東京都港区芝５−２６−２０　建築会館
TEL　03−5730−2831　FAX　03−5730−2830

©Japan Association for Earthquake Engineering 2025
本誌に掲載されたすべての記事内容は、日本地震工学会の許可なく転載・複写することはできません。
Printed in Japan