

日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.52

Jun.2024

特 集：令和6年能登半島地震



<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

INDEX

巻頭言：

特集「令和6年能登半島地震」にあたって／皆川 佳祐 1

特集：令和6年能登半島地震

令和6年能登半島地震の背景とメカニズム／平松 良浩 2
令和6年能登半島地震の強震動／浅野 公之 6
令和6年能登半島地震による津波／佐竹 健治、藤井 雄士郎 10
令和6年能登半島地震における津波被害について／由比 政年 14
令和5年奥能登地震、令和6年能登半島地震における建物被害について／村田 晶 18
令和6年能登半島地震における地盤被害について／志賀 正崇 22
令和6年能登半島地震における道路被害について／石川 敬祐 26
令和6年能登半島地震に伴う火災と地震火災リスク／西野 智研 30

学会ニュース：

将来像検討WGの活動報告 ―日本地震工学会の将来に向けた提案―
／津野 靖士、奥村 豪悠、田尻清太郎、徳光 亮一、松崎 裕、
皆川 佳祐、山崎 義弘、東 貞成、山中 浩明 34

研究委員会報告：

「津波荷重評価の体系化の心得を取り纏める研究委員会」報告／有川 太郎 38
地震による倒壊家屋からの救助訓練プログラムに関する研究委員会2023年度活動報告／小山 真紀 40

事業企画委員会報告：

地震を解き明かすワークショップの開催報告／井上 和真、高瀬 裕也 42

追悼文：

久保 哲夫先生を偲んで／田尻 清太郎 44

学会の動き：

行事 45
会員・役員の状況 46
出版物在庫状況 49

お知らせ：

お知らせ 51
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
／JAEE Newsletter 第13巻 第2号 (通算第39号) が2024年8月下旬に発刊されます／ご寄附のお願い
／問い合わせ先

編集後記

特集「令和6年能登半島地震」にあたって

皆川 佳祐

●会誌編集委員会 委員長／埼玉工業大学 准教授

本年度の会誌編集委員会は、任期に伴う4人の交代を経て、14名で活動しています。本会を反映するように地震、地盤、土木、建築、機械、情報、防災など幅広い分野のメンバーで構成され、年に3回発行される会誌の企画や原稿の取りまとめや確認、時代に即した会誌のあり方の検討等を行なっています。本会会誌の冊子版の記念すべき創刊号は2005年1月に発行されましたので、間も無く創刊から20年の節目を迎えようとしています。創刊当時は年2回発行されていましたが、現在は年3回になり、同じく年に3回発行されるNewsletterと合わせて本会の重要な情報発信の一翼を担っております。また、創刊当時から表紙や構成に大きな変化はありませんが、地震工学に関するその時々タイムリーな話題についての特集を企画し、本会の特色を生かして様々な分野の見識が高い著者に執筆いただいておりますので、地震工学に関するアーカイブとしての役割も担っております。これからも、様々なバックグラウンドを持つ本会会員間の情報や経験の共有、会員同士の交流につながるような会誌を発行していきたいと思っております。

本号では、特集として令和6年能登半島地震について、これまでに明らかになったことや今後の課題等を各分野の著名な研究者に解説いただきます。令和6年能登半島地震は、令和6年（2024年）1月1日16時10分、能登半島地方を震源として発生し、マグニチュードは7.6、最大震度は7を観測しました。同地方を襲った16時6分の地震ですすでにテレビ中継が始まっている中16時10分の地震が発生したため、リアルタイムで映像を見ていた方も多かったのではないかと思います。令和6年能登半島地震では、東北地方太平洋沖地震以来の大津波警報が発表され、強震動、津波、火災等による被害が発生しました。災害関連死を含めると260名の方が亡くなり、3名が行方不明、8,424棟の建物が全壊、20,461棟の建物が半壊しました（2024年6月4日現在）。地震から5ヶ月以上経った同日現在、2,854名の方が避難所で生活されており、現在も余震とみられる地震が発生しています。

特集では、まず、金沢大学の平松良浩先生に過去の地震を含めた能登半島の地震のメカニズムを解説いただきます。京都大学の浅野公之先生には、観測された強震動の特徴や震源破壊過程について解説いただき

す。東京大学の佐竹健治先生、建築研究所の藤井雄士郎氏には、津波について、過去の日本海における津波や活断層による津波予測等も含めて解説いただきます。金沢大学の由比政年先生には、津波被害について地域の特徴などとともに解説いただきます。同じく金沢大学の村田晶先生には、建物の被害についてその要因を解説いただくとともに、令和5年奥能登地震の被害も紹介いただき、本地震との比較を解説いただきます。長岡技術科学大学の志賀正宗先生には、液状化や側方流動、不同沈下など地盤の被害について解説いただきます。東京電機大学の石川敬祐先生には、道路被害について、時系列での復旧情報や対策の奏功事例なども含めて解説いただきます。最後に京都大学の西野智研先生には、火災被害について、通常時の火災との違い、火災リスクの軽減対策なども含めて解説いただきます。なお、被害者数などは各原稿執筆時のものです。紙面の都合上、今回の特集では物理的被害を主に取り扱いましたが、通信インフラ、避難や避難所運営、医療や災害ボランティア、二次避難などの社会的災害対応などについても、今後の特集で取り扱っていきたいと考えています。

今回執筆いただいた著者の方々は、まだ、被害調査や分析、報告等でお忙しかつたものと存じます。また、被災地域で勤務される方々からも原稿を執筆いただきました。令和6年能登半島地震は、今後の地震対策を考える上で、きわめて重要な様々な課題を含んでいると考え、今後の課題や次のアクションに繋がるようなこと、今後はどうすべきかといった内容についても可能な範囲で触れていただきました。このような状況下で執筆いただきました著者の方々に、この場を借りて感謝申し上げます。また、今回の地震で亡くなられた方々のご冥福をお祈りするとともに、被災された方々にお見舞い申し上げます。



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、埼玉工業大学工学部講師を経て現職。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。

令和6年能登半島地震の背景とメカニズム

平松 良浩

●金沢大学理工研究域地球社会基盤学系 教授

1. はじめに

令和6年1月1日16時10分に能登半島北東部を震源とするマグニチュード (M) 7.6 (最大震度7) の令和6年能登半島地震が発生し、地震動や津波等により石川県、富山県、新潟県、福井県等で被害が生じた。

震源地付近では、2020年12月頃から地震活動の活発化と非定常地殻変動が見られ、群発的な地震活動が継続する中で、2021年9月16日にはM5.1 (最大震度5弱)、2022年6月19日にはM5.4 (最大震度6弱)、2023年5月5日にはM6.5 (最大震度6強) の地震が発生した。これら一連の地震活動や非定常地殻変動には水のような流体が関与すると考えられている。

本稿では、能登半島の過去の地震活動や令和6年能登半島地震以前の群発的な地震活動を踏まえ、M7.6の地震のメカニズムについて報告する。

2. 過去の被害地震とテクトニクス

令和6年能登半島地震は、石川県で発生した地震としては歴史上最大であり、初めて震度7を記録した地震である。能登地方では過去にもM6~7程度の被害地震が発生し、近年では1993年能登半島沖地震 (M6.6) や2007年能登半島地震 (M6.9) が発生している (図1)。能登半島北岸の沖合には海底活断層 (珠洲沖セグメント、輪島沖セグメント、猿山沖セグメント、門前沖セグメント) が分布し、2007年能登半島地震は門前沖セグメントの東半分を震源断層としている¹⁾。また、離水生物遺骸群集を用いた海岸隆起データに基づき、輪島沖セグメントの活動により1729年の地震が発生した可能性が報告されている²⁾。これらのセグメントは南

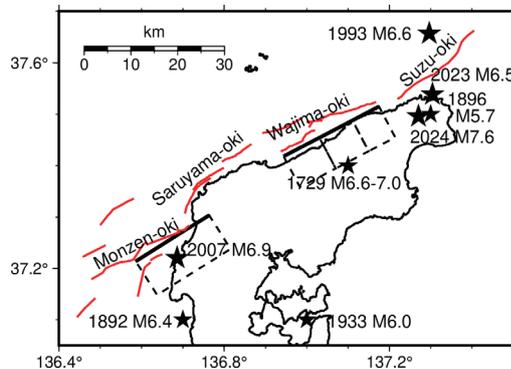


図1 被害地震と北岸沖の海底活断層の分布

東傾斜の逆断層であり、陸域を隆起させる、すなわち能登半島を形作る活断層である。

3. M7.6の地震前までの地震活動と非定常地殻変動

3.1 地震活動

図2に精密震源決定によって得られた震源分布を期間毎に示す。能登半島北東部では2020年12月頃から活発化した地震活動は4つの領域に区分され、南部、西部、北部、東部の順に地震活動域が拡がり、各領域でも地震活動域の拡大が見られた。西部・北部・東部では、南東傾斜の震源分布、すなわち南東傾斜の断層での地震発生が確認され (図3: 灰色丸)、時空間的な震源移動は流体の拡散モデルに従う³⁾。また、南部の地震は深さ15 km以深でも発生しているが、そこでの地震発生は時間的に間欠的で、他の領域より速い拡散速度を持つ³⁾。さらに、南部の15 km以深の領域は比抵抗構造⁴⁾や地震波速度構造の特徴^{5,6)}から流体の存在が示唆されている。

上記の観測事実から、南部の15 km以深から上昇した流体が南東傾斜の断層に浸透し、西部・北部・東部の地震活動を活発化させたと考えられている³⁾。2023年5月5日のM6.5の地震は東部の地震活動域の浅部端付近を震源として発生した逆断層型の地震である。M6.5の地震後に地震活動域は北側の海域に拡大し、以前の地震の断層面の延長上にM6.5の地震の断層面がある (図2、図3: 灰色丸)。また、これらの震源分布は、

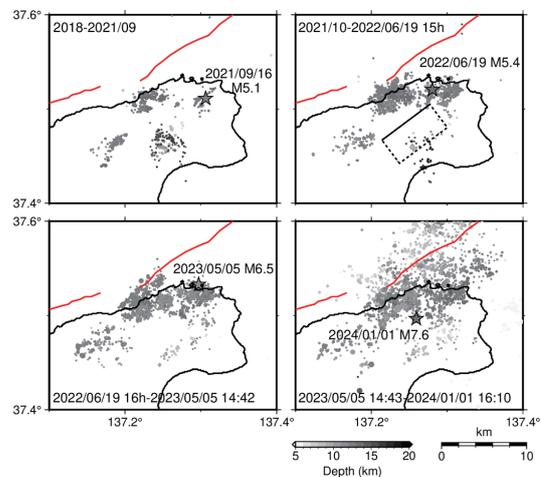


図2 期間毎の震源分布 (M1.5以上)

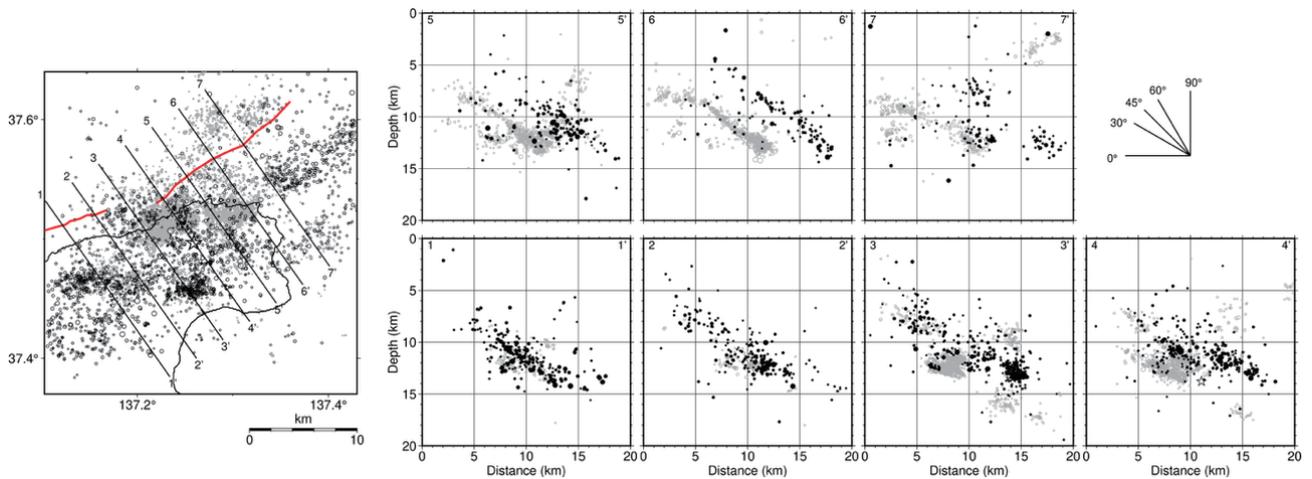


図3 断層を横切る測線での鉛直断面での震源分布
(黒丸：M7.6の地震の余震、灰色丸：M7.6の地震以前の地震、星印：M7.6の地震の震源)

M6.5の地震の断層面が能登半島北岸沖合の海底活断層の深部延長に位置しないことを示す。これは沖合の海底活断層における将来的な地震発生リスクが高いままであることを意味し、大地震の発生や付随する津波に対する注意喚起が繰り返されることとなった。

3.2 非定常地殻変動

2020年12月頃から活発化した地震活動は非定常地殻変動を伴い、臨時GNSS観測等による地殻変動データの解析から、珠洲市を中心に水平方向に放射状に拡がり、上下方向に隆起する地殻変動が確認された⁷⁾。このような非定常地殻変動を伴う群発地震活動は能登半島のような非火山地域では稀である。2020年12月から2023年のM6.5の地震前までの地殻変動量は水平方向で最大約3 cm、隆起量は最大約6 cmであった。この非定常地殻変動に対して、2021年3月頃までは南東傾斜の断層面の開口、それ以降は東側に拡大し、2022年6月頃までは南東傾斜の断層の開口と逆断層型のスロースリップが同時に起きるモデルが提案された⁷⁾。

この断層面は地震の空白域に位置し(図2右上の図の矩形：2021年6月から2022年6月までの断層位置)、その浅部側に群発的な地震の断層が位置する。断層の開口と逆断層型のスロースリップはその周囲で歪の増減を生じ、地震活動の変化をもたらす。西部・北部・東部の地震活動域は断層運動を促進する力が増加した領域、すなわち地震の誘発域に対応する⁷⁾。断層面の開口やスロースリップを起こすためには流体が必要であり、2020年12月から2022年6月までの地殻変動データから推定された地下深部から上昇した流体の総量は約2900万 m^3 (東京ドーム約23個分)と推定された。

4. 令和6年能登半島地震のメカニズム

4.1 群発地震活動・海底活断層との関連

能登半島北東部で継続していた地震活動や非定常地殻変動が若干収まりつつあった中で、令和6年1月1日16時10分にマグニチュード(M) 7.6(最大震度7)の令和6年能登半島地震が発生した。この地震のメカニズムは北西-南東方向に主圧力軸を持つ逆断層型、その節面の1つは南東傾斜であり、この地域で以前から発生している地震のメカニズムと同様である⁸⁾。M7.6の地震の余震は震源の両側、すなわち能登半島の北東

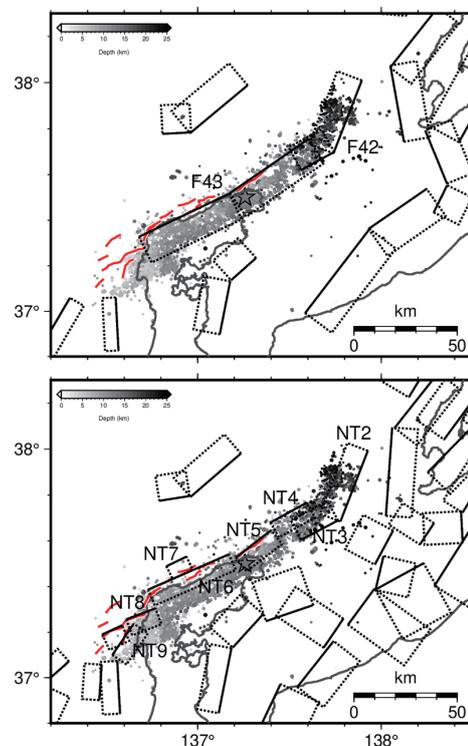


図4 震源域の地震活動と海域の断層モデル

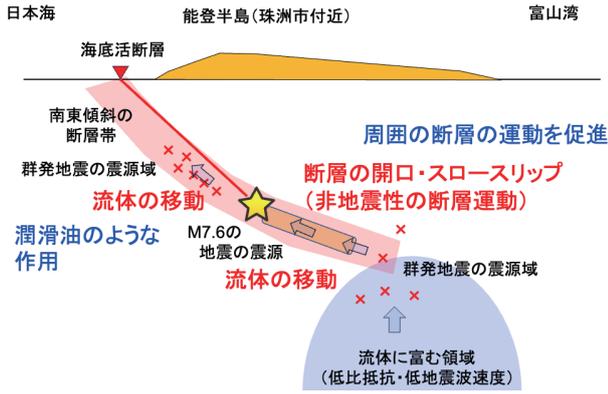
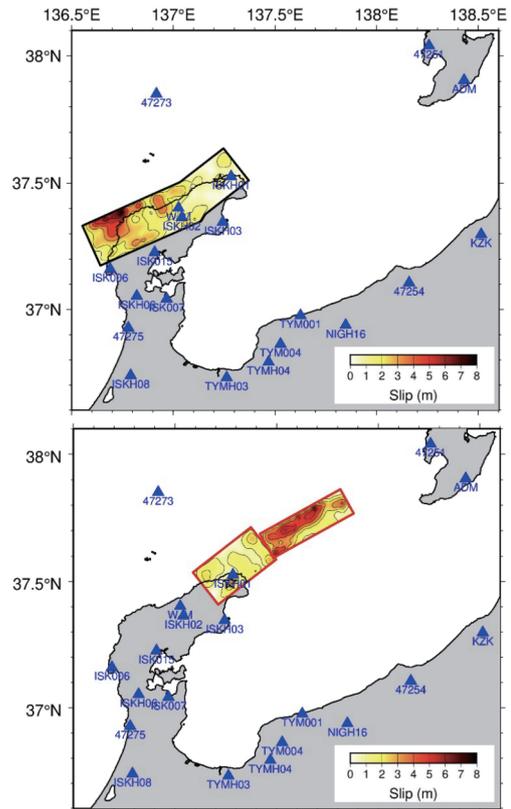


図5 令和6年能登半島地震の発生過程の概念図

沖から西岸まで約150 kmの範囲に分布する(図4)。この震源域は、日本海における大規模地震に関する調査検討会による断層モデル⁹⁾ではF43とF42、日本海地震・津波調査プロジェクトによる断層モデル¹⁰⁾ではNT2からNT9に概ね対応し、複数の断層破壊の連動によりM7.6の地震が発生したことが示唆される。しかし、M7.6の地震時に約150 kmの範囲の全断層が連動したか否か、すなわち震源断層の大きさや詳細な形状については議論が続いている。

精密震源決定結果によると、M7.6の地震の震源付近では、震源の東側(断面5-5', 6-6', 7-7')で余震(図3: 黒丸)はそれ以前の地震(図3: 灰色丸)より浅部にほぼ平行に南東傾斜で分布し、西側(断面1-1', 2-2')ではそれ以前の地震と重なって分布する。東側の余震分布は珠洲沖セグメント付近へ、西側の余震分布は輪島沖セグメント付近へ延びており、海底活断層が震源断層であることを示唆する。また、M7.6の地震の震源は、それ以前の地震の活動域と非定常地殻変動の変動源との間に位置する(図5)。M7.6の地震の震源位置(図3: 星)は誤差が大きいので、上記の位置関係には検討の余地があるが、流体の影響が強い領域にM7.6の地震の震源が位置することは確かである。したがって、流体が震源付近の断層すべりをトリガーした可能性が考えられる。

震源付近の珠洲沖セグメント西部や輪島沖セグメント東部には非定常地殻変動の変動源により、断層運動を促進する力がこの数年かかり続けていた。また、震源域西側の断層帯である、猿山沖セグメントや輪島沖セグメント西部には2007年能登半島地震により断層運動を促進する力が働いた。震源周辺およびその西側では断層破壊が伝播しやすい環境が作られており、結果的にM7.6の地震の震源付近で始まった断層破壊が隣接する断層に次々と伝播したと考えられる。



すべりの地表投影と解析に使用した強震観測点(▲)

令和6年能登半島地震と災害に関する総合調査グループ テーマ8担当
 京都大学防災研究所 浅野公之教授・岩田知孝名誉教授 提供
<https://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp>

図6 強震波形記録から推定されたすべり分布

4.2 断層運動と諸現象

令和6年能登半島地震では、顕著な海岸隆起を伴う地殻変動や津波が観測された。能登半島北岸では広範囲で1 m以上の隆起が生じ、津波の浸水を減ずる効果はあったものの、港湾機能が喪失する要因ともなった。地震波形や地殻変動、津波波形に基づく様々な震源過程(すべり分布)が報告されている。図6に京都大学防災研究所のグループによる強震波形から推定されたすべり分布を示す¹¹⁾。このモデルでは、まず南西側にすべりが伝播し、その13秒後に北東側へのすべりの伝播が異なる断層面上で始まった。つまり13秒の時間差で2つのM7級の地震が発生したのである。南西側の断層浅部での最大7.7 mの断層すべりは能登半島北西部での約4 mの海岸隆起を生じ、北東側の断層浅部での最大6.2 mの断層すべりは被害をもたらした津波の原因となる海底での地殻変動を生じた。

M7.6の地震の震源の両側に位置する大すべり域は、令和6年能登半島地震の建造物被害や液状化被害の原因である継続時間の長い強い揺れの一因でもある。継続時間の長い強い揺れやM6級やM7級の地震の短期間

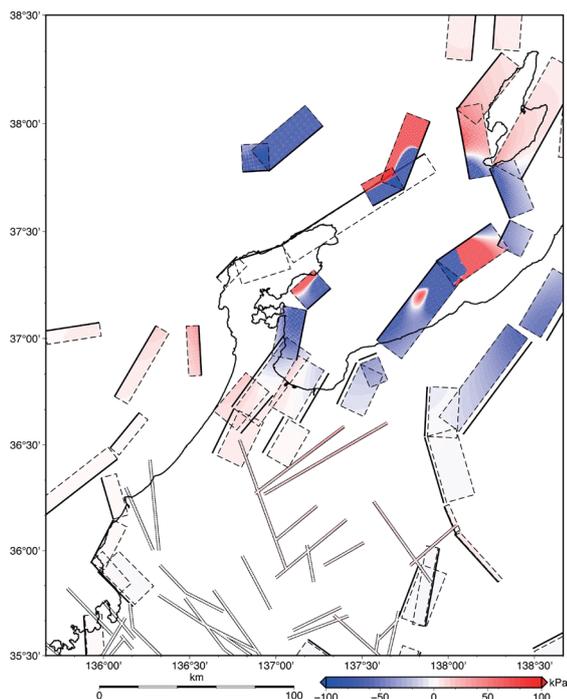


図7 M7.6の地震による周辺断層帯への影響

での繰り返しに起因する地震被害やその対策に関する研究のさらなる進展が望まれる。

図7にGNSSデータから推定された断層モデルによる震源域周辺の断層帯での断層運動を促進する力の増減を示す。震源域の北東側、南西側それぞれの延長部の海域の断層帯や内陸の邑知潟断層帯や森本・富樫断層帯等では断層運動を促進する力が増加し、地震の発生時期が早まったと考えられる。北陸周辺での次の大地震に対する備えや対策の一層の推進が必要である。

参考文献

- 1) Hiramatsu, Y et al.: Fault model of the 2007 Noto Hanto earthquake estimated from coseismic deformation obtained by the distribution of littoral organisms and GPS: Implication for neotectonics in the northwestern Noto Peninsula, Earth Planets Space, 60, 903-913, 2008.
- 2) Hamada, M. et al.: Fossil tubeworms link coastal uplift of the northern Noto Peninsula to rupture of the Wajima-oki fault in AD 1729, Tectonophysics, 670, 38-47, 2016.
- 3) Amezawa, Y. et al.: Long-living earthquake swarm and intermittent seismicity in the Northeastern tip of the Noto Peninsula, Japan. Geophysical Research Letters, 50, e2022GL102670, 2023.
- 4) 吉村他：能登群発地震域周辺の地下比抵抗構造とその不均質性, 日本地震学会2023年秋季大会, S22-02, 2023.

- 5) Nakajima, J.: Crustal structure beneath earthquake swarm in the Noto peninsula, Japan. Earth, Planets Space, 74, 160, 2022.
- 6) Okada, T. et al.: Shear wave splitting and seismic velocity structure in the focal area of the earthquake swarm and their relation with earthquake swarm activity in the Noto Peninsula, central Japan. Earth Planets Space, 76, 24, 2024.
- 7) Nishimura, T., Hiramatsu, Y., Ohta, Y.: Episodic transient deformation revealed by the analysis of multiple GNSS networks in the Noto Peninsula, central Japan. Scientific Reports 13, 8381, 2023.
- 8) 気象庁：令和6年1月1日16時10分頃の石川県能登地方の地震について、2024、<https://www.jma.go.jp/jma/press/2401/01a/kaisetsu202401011810.pdf> (参照2024-03-24).
- 9) 日本海における大規模地震に関する調査検討会：日本海における大規模地震に関する調査検討会、2016、https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/ (参照2024-03-24).
- 10) 日本海地震・津波調査プロジェクト：令和2年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書、2021、https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/JSR2Report/ (参照2024-03-24).
- 11) 京都大学防災研究所：強震波形記録による令和6年能登半島地震の震源過程（暫定）、2024、https://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/topics/2024noto_source_20240115.pdf (参照2024-03-24)

謝辞

本稿で述べた研究成果の多くは科学研究費助成事業（特別研究促進費）22K19949と23K17482で得られた。現地での調査研究にあたり多くの関係機関や住民の方々の協力を得た。記して感謝する。



平松 良浩(ひらまつ よしひろ)

1996年京都大学理学研究科博士後期課程修了、金沢大学助手、准教授を経て、金沢大学理工研究域地球社会基盤学系教授、博士（理学）、専門分野：地震学

令和6年能登半島地震の強震動

浅野 公之

●京都大学防災研究所 教授

1. はじめに

2024年1月1日16時10分に発生した令和6年能登半島地震(以下、2024年能登半島地震の本震と記す)では、石川県羽咋郡志賀町香能と輪島市門前町走出で震度7を観測し、珠洲市、輪島市、鳳珠郡能登町、同穴水町、七尾市といった奥能登の全域や中能登の北部で震度6強の激しい地震動が観測された(図1)。能登半島北岸域の直下に震源断層(図1の破線)が存在し、震源断層からの距離が近い範囲も広がることで、高震度の領域が能登半島全域に及んだ。また、新潟県佐渡、下越から福井県嶺北にかけての広い範囲で震度5強以上の地震動に見舞われた。本稿では、本震時に観測された強震動の特徴を整理した。

2. 観測された強震動の概要

まず、強震・震度観測網で記録された強震記録を概観する。過去の被害地震の経験を踏まえた観測地震動と構造物被害の関係に関する既往の研究¹⁾により、一般構造物に大被害が生じる下限レベルの地震動としてPGA 800 cm/s²、PGV 100 cm/sが提案されている(図2で影を付けた範囲)。図2の散布図中の破線は地震動の等価卓越周波数に対応する¹⁾。

この図2に、国立研究開発法人防災科学技術研究所強震観測網(K-NET及びKiK-net地表)²⁾と気象庁³⁾から公開されている強震記録のPGAとPGVの関係を○印でプロットした。震度6強及び7(相当値を含む)の記録は○印の色を変えた。震度6強以上を観測した記録の多くが、PGA ≥ 800 cm/s²、PGV ≥ 100 cm/sの範囲に含まれている。過去の被害地震との比較のため、1995年兵庫県南部地震(▼、TKT: JR鷹取駅)、2004年新潟県中越地震(■、65042: 川口町川口)、2016年熊本地震(▲、KMMH16: KiK-net益城、93011: 南阿蘇村河陽、93048: 西原村小

森、93051: 益城町宮園)も示した。このうち、65042、93048、93051は震度7、KMMH16は震度7相当の記録である。

2024年能登半島地震の本震では、志賀町香能とし

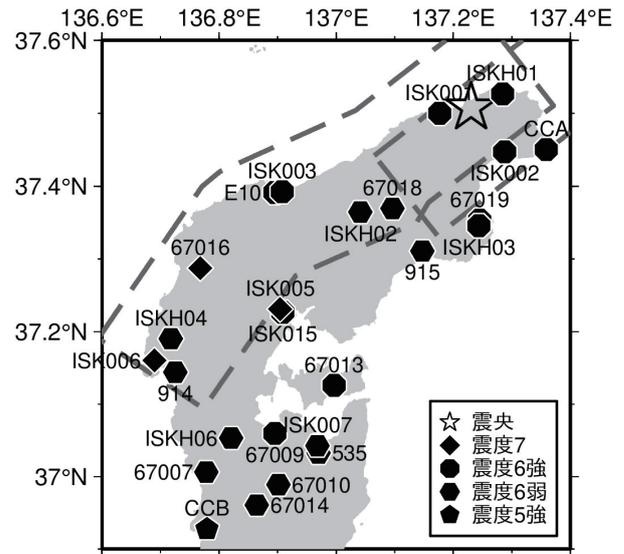


図1 能登半島周辺の強震観測点と震源断層(破線)

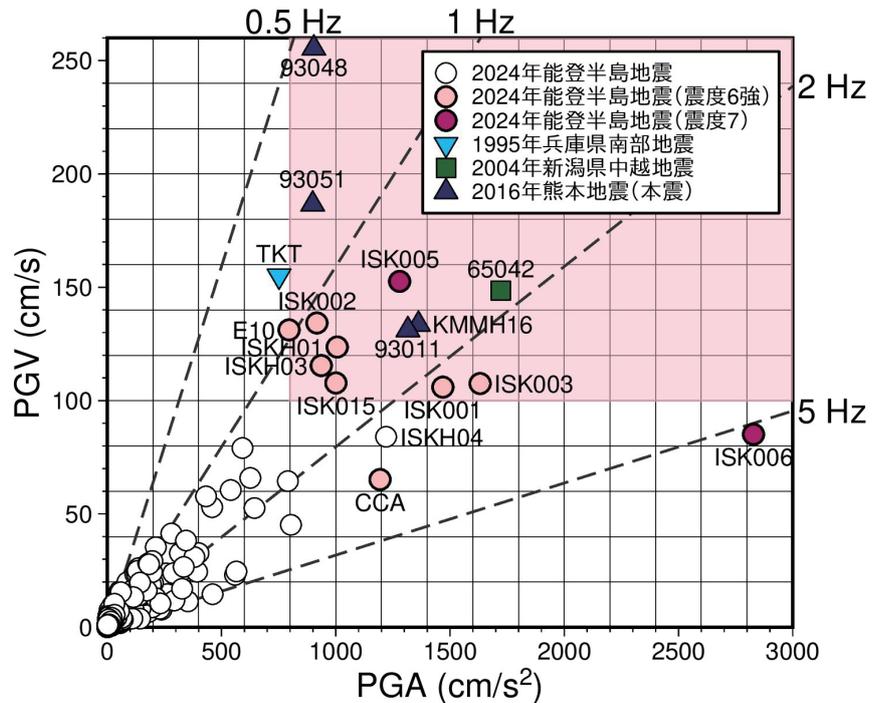


図2 最大加速度(PGA)と最大速度(PGV)の関係

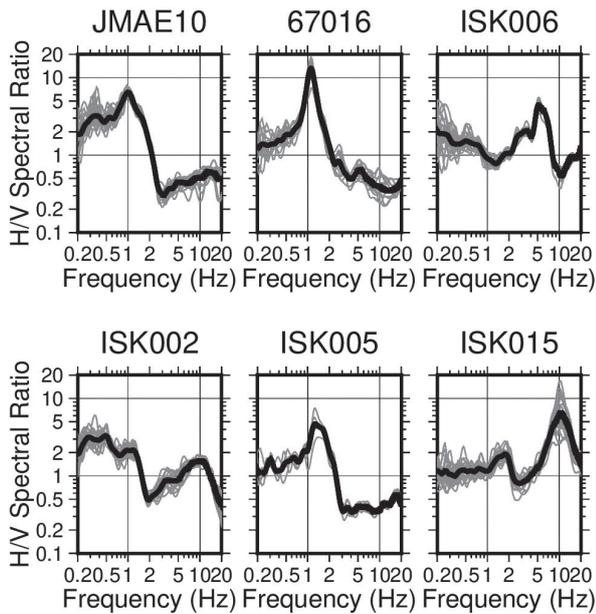


図3 強震観測点での微動H/Vスペクトル比の例⁴⁾

て震度が発表されるISK006 (K-NET富来)が震度7 (計測震度6.6)であった。この記録のPGAは極めて大きい (2828 cm/s^2) もの、PGVは 90 cm/s を下回り、地震動の卓越周波数は約5 Hzであった。この観測点で2022年10月に観測した微動H/Vスペクトル比の卓越周波数も5.1 Hzである⁴⁾ことから (図3)、極めて大きな加速度には、観測点周辺の浅部地盤によって約5 Hzの高周波数成分が顕著に増幅したことが寄与している。

図4に代表的な観測記録の擬似速度応答スペクトル (減衰5%、RotD100)を示す。ISK002 (K-NET正院)、ISK005 (K-NET穴水)やJMAE10 (輪島市鳳至町)では、周期1~3秒の成分が大きく、過去の被害地震のTKTや93048の記録に匹敵する地震動が得られた。一方、ISK006の擬似速度応答スペクトルは前述の理由で、0.2秒付近の短周期成分が卓越し、輪島や穴水の記録とは周期特性が大きく異なっている。

なお、原稿執筆時点で、石川県の管理する震度計の波形記録は未公開のため (関係機関により記録精査中)、同じく震度7 (計測震度6.5)を観測した輪島市門前町走出 (67016、PGA 787 cm/s^2)の記録³⁾は図2に含まれない。当該震度計の近傍で2022年10月に観測した微動H/Vスペクトル比の卓越周波数は1.1 Hzであった (図3)。波形記録が未公表のため、どのような性質の地震動であったかは現時点では判断できないものの、大加速度により卓越周波数が低周波数化する可能性を踏まえても、図2からは、門前町における本震時のPGVは100 cm/s を超えていたのではと予想される。

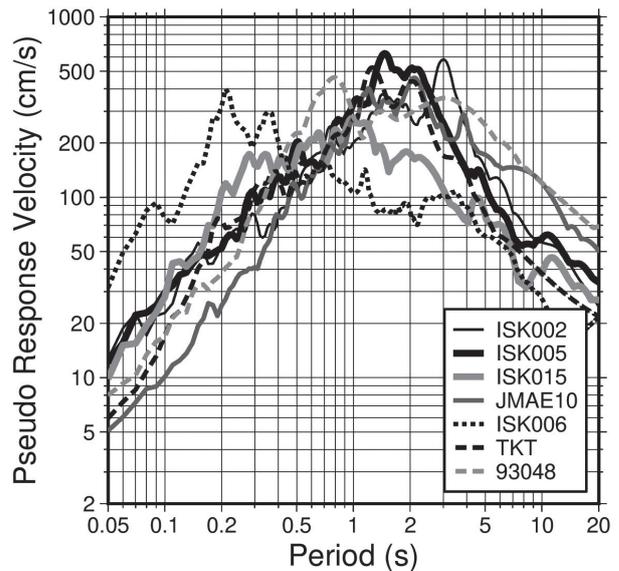


図4 擬似速度応答スペクトル (減衰5%、RotD100)

3. 本震の観測波形と震源破壊過程の特徴

図5は珠洲市から輪島市にかけての観測波形 (速度)を震央距離順に並べた図である。地震規模が大きいため、1995年兵庫県南部地震や2016年熊本地震の震源近くの記録と比べてとしても、全体的に強震動の継続時間が長いことが特徴の一つである。珠洲では、能登半島北岸のすべりと北東沖のすべり (後述)の両者からの地震動が到来することで、継続時間が特に長い。

震源域を取り囲む能登半島、富山県、佐渡島、舂倉島などでの観測波形 (速度、0.03~0.4 Hz)を用い、波形インバージョン法で推定した本震の震源破壊過程 (暫定版)を図6に示す。推定した破壊過程の概略は以下の通りである。

① 16時10分9秒に開始した、珠洲市直下から能登半島北岸に沿って南西へ向かう破壊 (図中のSegment 1+2+3)が終了する前に、同分22秒頃、珠洲市付近から北東へ向かう破壊 (図中のSegment 4+5)が開始した。

② 最初の破壊 (Segment 1+2+3)の開始後約20秒後から、能登半島北西部のやや浅部で、約4~8 mの大きなすべりが生じた (図6の約20~35 s)。能登半島西部での地震動には主にこのすべりが寄与している。

③ 2番目の破壊 (Segment 4+5)の開始後約15秒後から、珠洲の北東沖のやや広い範囲で大きなすべりが生じた (図6の約30 s以降)。

南西側 (能登半島北岸沿い)の断層と北東側 (珠洲市~富山トラフ付近の海域)の断層が短い時間差で連動して地震を起こし、全体ではモーメントマグニチュード7.5の地震となったと推定された。なお、南西方向と北東方向への破壊伝播が同時に開始すると仮定した

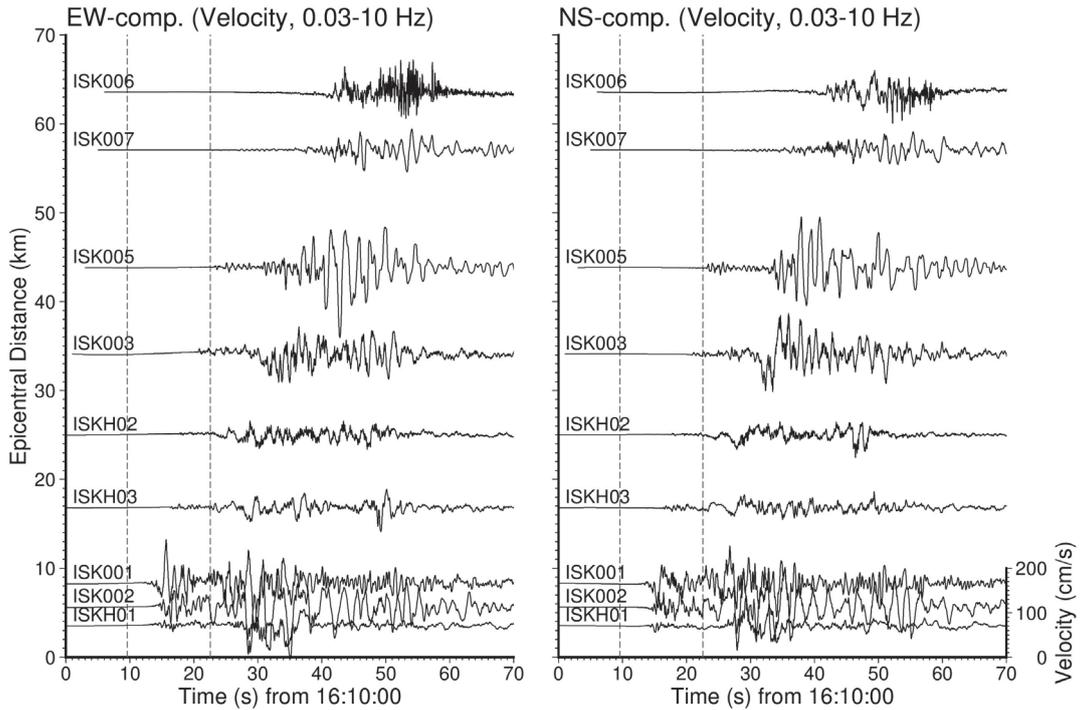


図5 能登半島北部での速度波形

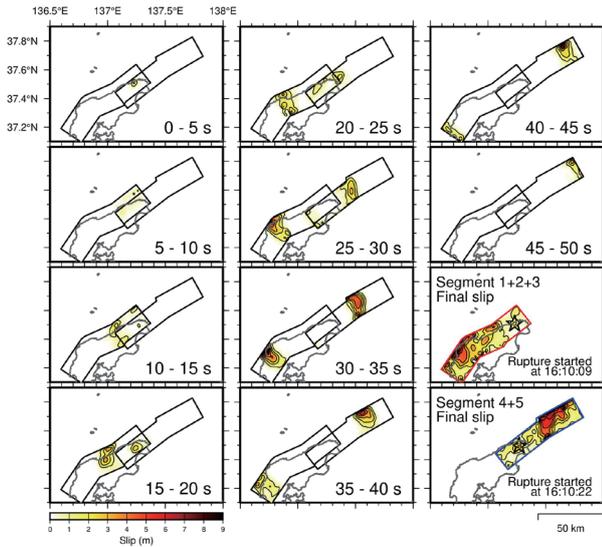


図6 強震波形から推定したすべりの時間発展と最終すべり量分布 (右下)

場合には、震源断層に沿った破壊伝播に要する時間を考慮すると、能登半島や佐渡島での観測波形の大きな振幅の到達時刻を適切に説明することはできないため、2段階の破壊プロセスを仮定する必要がある。

能登半島北岸沿いのいくつかの地点で、加速度記録を2回積分したことにより得られた変位波形の上下動成分⁵⁾を図7に示す。地動変位は震源断層運動とグリーン関数の合積であることに注意する必要があるが、破壊開始点に近いISKH01の上向き変位は16時10分25秒

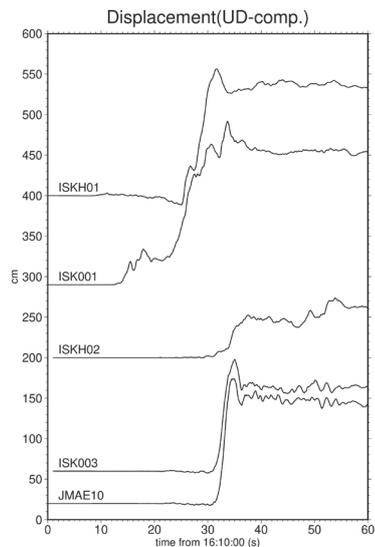


図7 加速度波形の2回積分により得られた上下変位 (京大岩田知孝名誉教授提供⁵⁾)

頃に開始し、これにはSegments4+5の破壊の寄与が大きい。輪島での上向き変位は16時10分32秒頃より始まるが、この時刻はすべりの時間発展 (図6) の20～25s頃に対応し、逆断層 (上盤が隆起) の破壊が輪島付近の下を南西へ向かって進展することと関係している。また、この地点の主たる変位の開始から終了に要した時間は約5秒であるので、地震後に能登半島沿岸各地に生じた海岸段丘の隆起に要した時間もその程度の時定数と判断することができる。

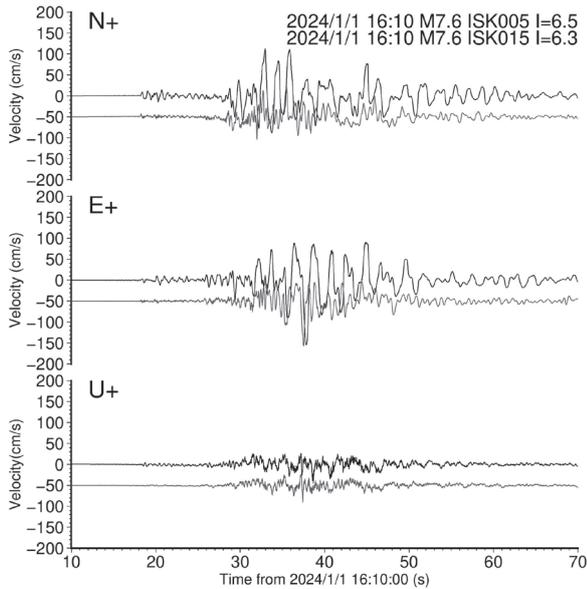


図8 ISK005とISK015の速度波形

4. 穴水の地震動

穴水町の中心市街地は、小又川河口に発達した沖積平野に形成されている。穴水町大町 (ISK015、K-NET大町) では震度6強 (計測震度6.3) であった。ISK015の約650 m北西に位置するISK005 (K-NET穴水) では震度7相当 (計測震度6.5) の揺れが観測された。図8に速度波形を示したように、両観測点の波形の形状は類似しているものの、ISK005の振幅はISK015の約1.4倍である。この差異は擬似速度応答スペクトル (図4) にも現れている。震源断層からの距離に比して、観測点間距離が小さいため、この違いは主として観測点付近の地盤増幅特性の違いと考えることができる。

2007年能登半島地震の際も、ISK005は震度6強を記録し、観測点周辺から穴水駅前にかけて、木造家屋等の地震被害が生じた。2007年にこの地域で稠密に行われた微動観測の結果から、浅部地盤に関する微動H/Vスペクトル比卓越周期の空間分布と堆積層厚、地震動増幅特性の関係が議論された⁶⁾。また、ISK005とISK015の微動H/Vスペクトル比 (図3) にも違いがみられる。穴水では、新第三系中新統の堆積岩を不整合に覆うように、厚さ10～40 mの沖積層が分布していて、地層境界でのS波速度コントラストが大きい。

能登半島の平野の多くは、新第三系の堆積岩や火山岩の直上に沖積層が堆積していることが特徴であり、穴水のほかにも、1 Hz前後の卓越周波数を有する地盤に形成されている市街地が各地に存在する (図3)。

5. おわりに

2024年能登半島地震で観測された強震動とその成因

となる震源過程の特徴について紹介した。石川県や富山県には、2024年能登半島地震に関係した活断層のほかにも、多くの活断層が分布し、今後も、強震動に備える必要がある。震源破壊過程と強震動生成メカニズムの関係が解明されるとともに、この地域の詳細な地盤構造等に関する研究が進展することが望まれる。

謝辞

国立研究開発法人防災科学技術研究所、気象庁、新潟県、熊本県、J R 西日本の強震記録を使用しました。岩田知孝京都大学名誉教授から図面の提供とご意見を頂いた。本稿で紹介した研究成果の一部は、科学研究費助成事業特別研究促進費23K17482 (研究代表者：平松良浩金沢大学教授) による。

参考文献

- 1) 川瀬博：震源近傍強震動の地下構造による増幅プロセスと構造物破壊能—1995年兵庫県南部地震の震災帯の成因に学ぶ—、第10回日本地震工学シンポジウムパネルディスカッション資料集、pp. 29-34、1998。
- 2) National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience: NIED K-NET, KiK-net, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, doi:10.17598/NIED.0004, 2019。
- 3) 気象庁：令和6年 (2024年) 1月1日16時10分 石川県能登地方の地震、強震観測データ、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/kyoshin/jishin/2401011610_noto/index.html (参照2024-04-26)
- 4) 文部科学省研究開発局、京都大学防災研究所：森本・富樫断層帯における重点的な調査観測令和4年度成果報告書、184 pp.、2023。
- 5) 岩田知孝：令和6年能登半島地震の強震動特性 (2)、<https://www.jishin.go.jp/main/suiphon/erc396/erc396-15.pdf> (参照2024-04-26)
- 6) 浅野公之、岩田知孝、岩城麻子、栗山雅之、鈴木亘：地震および微動観測による石川県鳳珠郡穴水町における地盤震動特性、地震第2輯、Vol. 62、No. 2-3、pp. 121-135、2009。



浅野 公之 (あさの きみゆき)

2002年京都大学理学部卒、2007年同大学院理学研究科博士後期課程修了、博士 (理学)。京都大学防災研究所助教、同准教授を経て2024年4月より現職。専門分野：強震動地震学。

令和6年能登半島地震による津波

佐竹 健治

●東京大学地震研究所 特別研究員

／藤井 雄士郎

●建築研究所国際地震工学センター センター長

1. はじめに

2024年1月1日に発生した能登半島地震(M 7.6)では、津波が生じた。空中写真からは能登半島周辺で津波による浸水が認められ、現地調査によって石川県能登町や珠洲市で4 m以上の津波の浸水高さ、新潟県上越市で5 m以上の遡上高が観測された¹⁾。

本稿では、主に検潮所で記録された津波波形、日本海東縁部における過去の津波、事前に想定されていた活断層と津波予測、津波波形と地殻変動データから推定された断層上のすべり量について紹介する²⁾。

2. 能登半島地震の津波

能登半島地震の発生後、気象庁は1日16時12分に新潟県、富山県及び石川県に津波警報を、北海道日本海沿岸南部から山口県にかけての日本海沿岸に津波注意報を発表した。その後、16時22分に石川県能登を大津波警報に切り替え、山形県、福井県及び兵庫県北部を津波警報に切り替え、北海道太平洋沿岸西部、北海道日本海沿岸北部及び九州地方の日本海沿岸に津波注意報を発表した。大津波警報は20時30分に津波警報に切り替えられ、2日1時15分には津波警報が注意報に切り替えられた。津波注意報は2日10時00分にすべて解除された³⁾。

津波は北海道から長崎県までの検潮所で記録された(図1)が、震源域周辺の輪島港(国土交通省港湾局)及び珠洲市長橋(気象庁)の検潮所では、地震に伴う地盤の隆起のため、津波が正しく記録されなかった。記録された津波の最大高さは北海道の岩内港、瀬棚港、奥尻島で約0.5 m、深浦、秋田、柏崎で約0.4 m、酒田、富山、金沢で約0.8 m、境港で約0.6 m、対馬で約0.3 mであった^{1), 3)}。津波警報のためにも、地盤が隆起・沈降しても津波波形を記録するような検潮所を整備する必要がある。

国土交通省港湾局が沖合に設置している波高計(0.5秒サンプリング)では、1分ごとの移動平均を取ると、輪島沖(水深52 m)で最大振幅約1 m(0.2 m程度の海面上昇を含む)、直江津沖(水深33 m)では1.4 mの津波が確認された²⁾。

韓国の東海岸やロシア沿海州でも津波は記録されており(図1)、韓国国立海洋調査院(KHOA)やUNESCO/

政府間海洋学委員会(IOC)のウェブサイトからダウンロードしたデータによれば、韓国のMukhoで最大振幅0.8 m、ロシアのPreobrazheniyeで0.4 mであった²⁾。

富山の検潮所では、地震直後から引き波が記録されており、最大-0.5 mに達したあと、地震の25分後に0.8 mのピークに達した。富山湾では海底地形調査から富山市沖約4 kmの海底谷の斜面が、長さ約500 m、幅約80 mにわたって崩れ、最大40 m程度深くなっていることが確認されており、引き波はこの斜面崩壊に関係している可能性がある¹⁾。

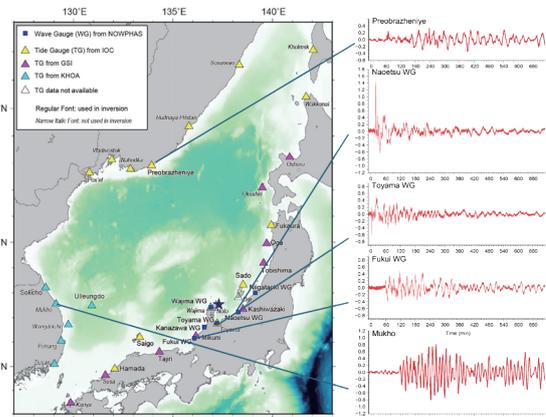


図1 能登半島地震による津波

3. 日本海東縁部における過去の津波

日本海東縁部では、M 7.5以上の大地震が20世紀に数回発生し(図2)、津波をもたらした⁴⁾。1940年北海道西方沖(積丹半島沖)地震(M 7.5)による津波では、北海道の天塩や利尻島で2~3 mの津波が観測され、10名の死者が生じた。1993年北海道南西沖地震(M 7.8)は、奥尻島で数m~約20 m(最大約30 m)、渡島半島でも最大7~8 mの津波が記録され、200人以上の死傷者を出す大きな被害をもたらした。1983年日本海中部地震(M 7.7)でも秋田県沿岸を最大14 mの津波が襲い、100人の死者を出した。1964年新潟地震(M 7.5)でも津波が生じ、震源域周辺の本州沿岸で3~5 m、佐渡で約3 m、能登半島までの沿岸で1~2 mであった。

能登半島周辺では、半島の北側で1993年2月7日(M 6.6)、西側で2007年3月25日(M 6.9)の大きな地震が発生している(図3)。1993年の地震では、輪島と直江津で最大振幅約0.5 mの小津波が記録された⁵⁾。2007年能

登半島地震では、輪島で8 cmの津波が記録されたほか、富山湾内の検潮所（富山・新湊・伏木・七尾）では地震発生の数分後から、最大数cmの津波が記録されており、地震以外の二次的な津波源によるものとされている⁶⁾。

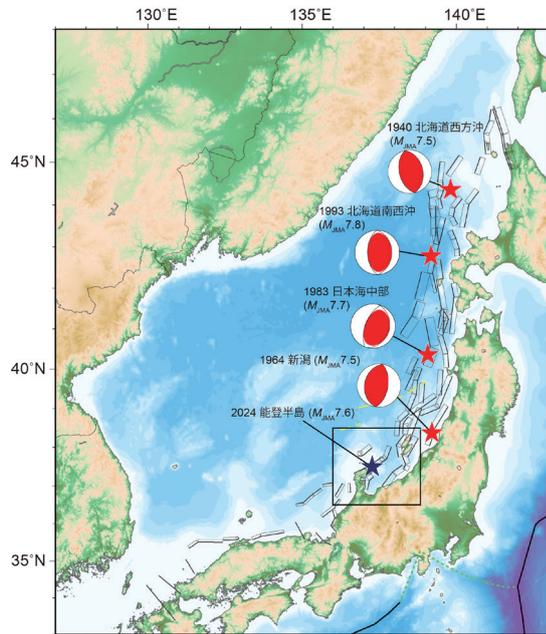


図2 日本海東縁部のM7クラスの地震と活断層²⁾

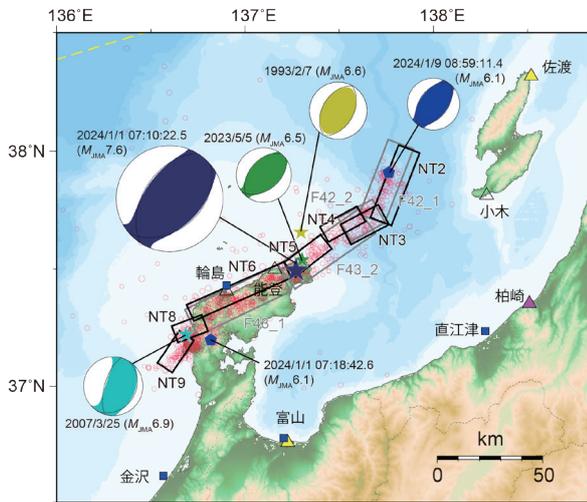


図3 能登半島周辺の地震と活断層²⁾

4. 日本海東縁部の活断層と津波予測

日本海東縁に沿って、一連の活断層が確認されている。2014年、国土交通省、文部科学省、内閣府による「日本海における大規模地震に関する調査検討会」⁷⁾は、その時点までの研究をまとめ、60個の海底活断層を想定した(図2)。以下ではこれをMLITモデルと呼ぶ。能登半島北側ではF42、F43の断層からなるが、これらはそれぞれ2つのセグメントに分かれる(図3)。

その後、2013年～2020年にかけて「日本海地震・津波調査プロジェクト」⁸⁾が実施され、反射法地震探査などによって海底・沿岸断層モデルが提案された。以下ではこれをJSPJモデルと呼ぶ。JSPJモデルは能登半島北部ではNT2～NT9断層からなる(図3)。

JSPJモデルのNT2とNT3断層、MLITモデルのF42断層は北西に傾斜した逆断層であり、それ以外の断層は南東に傾斜した逆断層である。MLITモデル、JSPJモデルともに、すべり角は三次元地殻応力場から推定されている(表1、2)。また、これらの断層モデルからの沿岸の津波高さも推定されている。

MLITモデルでは、入倉・三宅⁹⁾による断層面積と地震モーメント間の関係式を用い、不確実性を考慮して平均すべり量を1.5 m増やした。F42とF43断層の平均すべり量は3.1 mと4.5 mと予測され、対応するマグニチュードMwは7.3と7.6であった。大すべり域を含む不均質なすべりモデルを用いて津波シミュレーションを行い、日本海沿岸の津波高が予測されていた⁷⁾。予測された津波浸水域は、今回の津波による実際の浸水域より過大評価ではあったが、津波ハザードマップや避難訓練に用いられており、今回の津波による人的被害の軽減に繋がったと考えられる。

日本海地震・津波調査プロジェクトでは、複数のスケール則を用いてすべり量を推定し、沿岸津波高を計算した。ここでは、代表的なもの(レシピア)による結果のみを示す(表1)。NT4+NT5+NT6断層からはMw 7.3の、NT2+NT3断層からはMw 7.1の地震が想定され、これらによる津波高さはそれぞれ最大2.9 m、3.2 mであった(図4、5)。

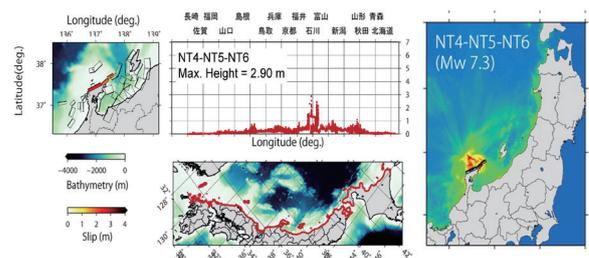


図4 NT4+NT5+NT6断層(Mw 7.3)からの津波予測

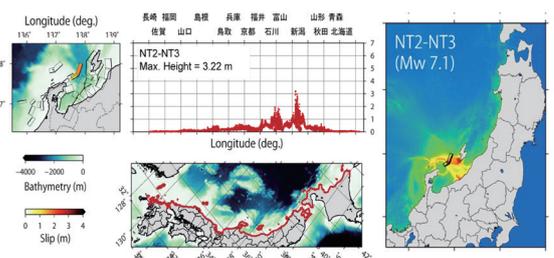


図5 NT2+NT3断層(Mw 7.1)からの津波予測

5. 津波と測地データに基づく断層すべり分布

JSPJモデルとMLITモデルをそれぞれ仮定して、能登半島地震で観測された津波波形(図6)と測地データ(図7)のインバージョンにより断層上のすべり分布を推定した²⁾。JSPJモデルでは、NT6断層の位置と長さを若干変更し、輪島沖の波高計が断層上端のすぐ北側の沈降域に位置し、また隣接するNT5断層とNT8断層と連続するようにした(図3の太実線(黒線))。

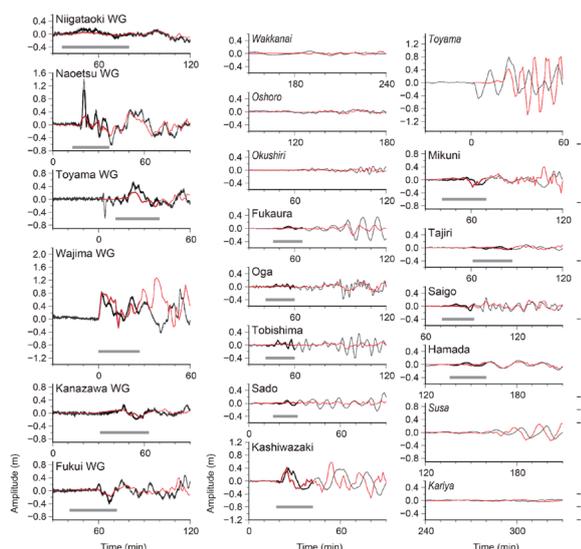


図6 国内での観測津波波形とインバージョン結果²⁾
(黒線が観測波形)

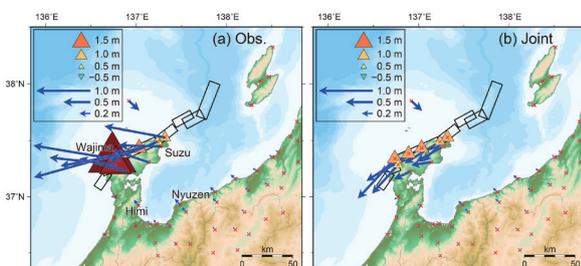


図7 GNSS観測とインバージョン結果²⁾

測地(地殻変動)データとしては、国土地理院のGNSSデータ(定常点51地点153成分及び緊急調査2地点6成分)を用いた¹⁰⁾(図7)。

津波波形とGNSSデータのジョイントインバージョンの結果(図8上、表1)では、震源に近いNT5断層とその両側のNT4、NT6断層で3 m以上の大きなすべりが推定された。能登半島の西端に位置するNT8断層のすべり量が1.0 mと他の断層に比べて小さいのは、2007年にこの断層が動いたためと考えられる。

一方、余震域西側のNT9、東側のNT2、NT3断層ではほとんどすべりがなかった。したがって、2024年地震で動いた断層の長さは約100 kmであった。

MLITやJSPJのモデルで採用されている34.3 GPaの剛性率を仮定すると、地震モーメントは 1.90×10^{20} Nm ($M_w = 7.5$)と計算される。この値は、地震波解析で得られた値、すなわち気象庁CMT解(2.14×10^{20} Nm、 $M_w = 7.50$)、USGS W-phase解(2.27×10^{20} Nm、 $M_w = 7.50$)、グローバルCMT(2.47×10^{20} Nm、 $M_w = 7.5$)よりもわずかに小さかった。

インバージョンによって推定された断層すべりを用いてGNSS観測点で計算された変位(図7)は、能登半島北部沿岸で観測された隆起を概ね再現している。水平変位については、その向きは観測値とほぼ一致しているが、変位量は著しく過小評価されている。これは、断層パラメータをJSPJ、MLITモデルに固定したためと考えられる。

津波波形については、振幅が若干小さいものの、ほとんどの観測点で観測された津波波形を再現している(図6)。富山での第1波(引き波)は再現されなかったが、第2波の正の振幅は概ね再現されている。第1波を再現するには、2章で述べた通り、海底地すべり等の断層モデル以外の津波源を検討する必要がある。

また、MLITモデルについてのインバージョン結果もほぼ同様であった(図8下、表2)。断層すべりはF43断層に限られ、最大すべりは震源域の東側で3.5 m、震源域の西側で2.1 mであった。震源域の東側のF42断層はほとんど動いていない。計算された地震モーメントは、 1.85×10^{20} Nm ($M_w = 7.4$)であった。

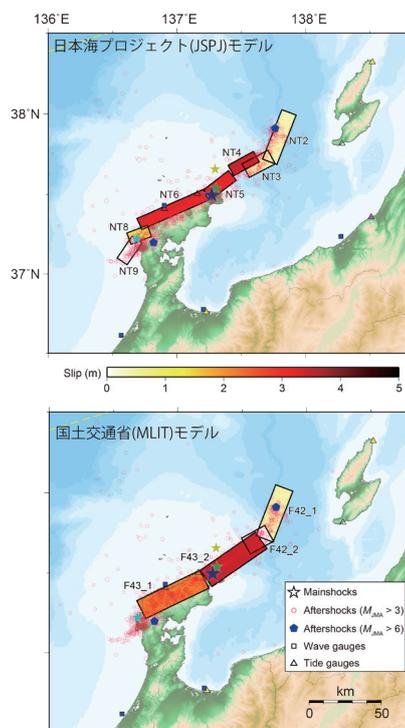


図8 JSPJとMLITモデルの断層すべり量

6. おわりに

令和6年能登半島地震の津波は、あらかじめ想定された断層モデル (JSPJモデルのNT4+NT5+NT6断層、MLITモデルのF43断層) からの予測とほぼ一致していた。震源域の北東に隣接する断層 (JSPJモデルのNT2+NT3、MLITモデルのF42断層) は能登半島地震の際にはほとんどすべっていないが、これは能登半島地震ですべった断層とは逆方向の北西方向に傾斜しているからかもしれない。

2024年1月9日にNT2断層周辺で大きな余震 (M 6.1) が発生したが、この地震はこれらの断層で予測される地震規模 (JSPJではMw 7.1、MLITではMw 7.3) よりもはるかに小さかった。したがって、これらの断層は、より大きな地震としてすべる可能性をまだ持っている。そのような地震が発生した場合、新潟県沿岸や佐渡島に影響を与える津波が発生する可能性がある。

表1 JSPJモデルの断層パラメーター

	L (km)	W (km)	d (km)	ϕ (°)	δ (°)	λ (°)	u (m)	Pre (m)
NT2	36.6	16.3	2.5	201	50	78	0.4	1.66
NT3	20	16.6	2.3	242	50	117	0.4	1.23
NT4	19.8	16.5	0.7	61	60	122	3.5	1.82
NT5	21.6	17.1	0.2	52	60	108	3.2	1.93
NT6	50	16.7	0.5	66	60	124	3.2	2.69
NT8	15.1	16.7	0.5	69	60	128	1.0	-
NT9	18.4	16.7	0.5	34	60	94	0.0	-

L: 断層長さ、W: 幅、d: 上端深さ、 ϕ : 走向、 δ : 傾斜、 λ : すべり角、u: インバージョンによるすべり量、Pre: スケーリングに基づく推定すべり量

表2 MLITモデルの断層パラメーター

	L (km)	W (km)	d (km)	ϕ (°)	δ (°)	λ (°)	u (m)	Pre (m)
F42	37.7	17.7	2.5	201	45	78	0.4	3.1
	18.1	17.7	2.5	241	45	112	0.0	
F43	45.9	19.7	1.1	55	45	105	3.5	4.5
	48.3	19.7	1.1	64	45	113	2.1	

L: 断層長さ、W: 幅、d: 上端深さ、 ϕ : 走向、 δ : 傾斜、 λ : すべり角、u: インバージョンによるすべり量、Pre: スケーリングに基づく推定すべり量

参考文献

- 地震調査委員会：令和6年能登半島地震の評価、https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_3.pdf (参照2024-4-11)。
- Fujii, Y., Satake, K.: Slip distribution of the 2024 Noto Peninsula earthquake (M_{JMA} 7.6) estimated from tsunami waveforms and GNSS data, *Earth, Planets and Space*, Vol. 76, 44, 2024.
- 気象庁：令和6年1月地震・火山月報 (防災編)、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/gaikyo/monthly/202401/202401tokushuu_1_1.pdf (参照2024-4-11)。
- 地震調査委員会：日本海東縁部の地震活動の長期評価について、https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/nihonkai.pdf (参照2024-4-11)。
- Abe, K., Okada, M.: Source model of Noto-Hanto-Oki earthquake tsunami of 7 February 1993, *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 144, pp. 621-631, 1995.
- Abe, I., Goto, K., Imamura, F., Shimizu, K.: Numerical simulation of the tsunami generated by the 2007 Noto Hanto Earthquake and implications for unusual tidal surges observed in Toyama Bay, *Earth, Planets and Space*, Vol. 60, pp.133-138, 2008.
- 国土交通省他：日本海における大規模地震に関する調査検討会、https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/ (参照2024-4-11)。
- 東京大学地震研究所：日本海地震・津波調査研究プロジェクト、https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/index.html (参照2024-4-11)。
- 入倉孝次郎、三宅弘恵：シナリオ地震の強震動予測、*地学雑誌*、Vol. 110, pp. 849-875, 2001.
- 国土地理院：令和6年能登半島地震に関する情報、https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html#10 (参照2024-4-11)。



佐竹 健治 (さたけ けんじ)

1985年東京大学大学院博士課程中退、理学博士、2024年3月まで東京大学地震研究所教授、専門分野：巨大地震・巨大津波



藤井 雄士郎 (ふじい ゆうしろう)

2004年九州大学大学院修了、博士 (理学)、2024年4月から現職、専門分野：地震学・津波

令和6年能登半島地震における津波被害について

由比 政年

●金沢大学地球社会基盤学系 教授

1. はじめに

石川県能登半島北部において、令和6年1月1日にMw 7.5の直下型地震が発生し¹⁾²⁾、地震により誘起された津波は、周辺の沿岸域に甚大な影響を及ぼした。これまでに実施された現地観測、数値シミュレーション、聞き取り調査等の結果を総合すると、津波伝播の特徴は以下のようにまとめられる。まず、津波波源は半島のごく近傍に位置したため(図1)、第一波は地震直後から石川県能登半島北部に到達した。発生した津波は、その後、能登半島周辺に広がる浅水域での屈折により、伝播方向を大きく変えつつ能登半島東岸および西岸側に回り込むように伝播した。さらに、東側の断層からの津波は、水深の深い領域を速い速度で進み、新潟・富山両県にも比較的短時間で到達した。国土交通省³⁾によると、この津波による浸水域は石川県で190 ha、新潟県で4 haに達している。地震と津波による死者数は241人であり、このうちの2人が津波による犠牲者とされる。

土木学会海岸工学委員会では、国内23機関に所属する約70名の研究者の協力のもと、合同調査グループを結成し、石川県、富山県、新潟県にかけて、沿岸長約340km、合計303地点における津波痕跡(浸水深・遡上高:図2)・被害の現地調査を実施した。その結果に基づいて、今回の津波の特徴が次第に明らかにされつつある⁴⁾。本報では、合同調査グループにより得られた令和6年能登半島地震津波の痕跡調査結果⁵⁾に基づいて、津波伝播・遡上の特性や浸水およびその被害の特徴について概説する。

2. 令和6年能登半島地震津波の特徴

今回の津波の発生域は能登半島のごく直近に位置している。このため、波源に近接する能登半島先端部では、極めて短時間で第一波が到達した。また、能登半島周辺の複雑な海底地形(図1)が津波の伝播特性に大きな影響を与えた。まず、東側の波源近くに広がる遠浅地形(飯田海脚)で津波が屈折し、半島東部に位置する珠洲市・能登町に大きな津波が来襲した。北側へ向かった津波も半島周辺に広がる浅瀬地形で進行方向を屈折させ、能登半島を回り込むように伝播した。その際、多重反射を繰り返して沿岸方向に伝わるエッジ

波的な成分の発生や、半島北部に位置する舳倉島、七ツ島周辺での回折・反射・散乱が津波の挙動をさらに複雑にしたと推定される。津波は比較的長い時間継続し、多くの地点において、第1波が必ずしも最高波とはならず、最大波は遅れて到達した。例として、能登半島北部の陸棚を大きく回り込んだ津波が、半島西側の志賀町にも来襲し、地震から約1時間半後に3mの最大波が到達した。

一方で、東側の断層を波源とする津波の一部は、水深の深い海盆域や富山湾内を高速で南方向へ伝播し、比較的短時間で新潟県や富山県に到達した。なお、富山湾においては、地震により誘起された海底地滑り⁶⁾による津波が先行して到達したと考えられている。

波源域との相対位置や海底地形の影響により浸水域の分布は複雑なものとなった。浸水被害の大半は能登半島東部に集中し、珠洲市の寺家地区、飯田地区、春日野・鶴飼地区、能登町の布浦地区、白丸地区において甚大な津波被害が生じた。対照的に、能登半島の北部から西部にかけては、地震により地盤が2~4m

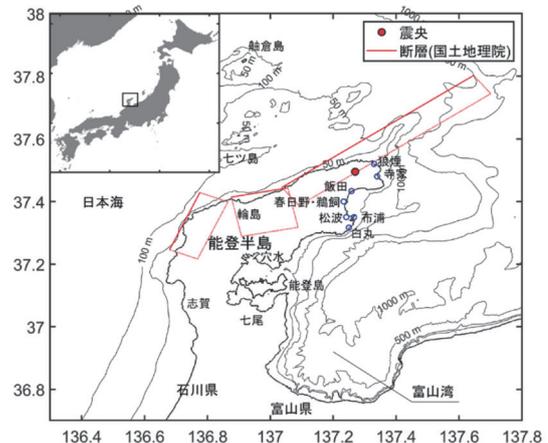


図1 震源周辺域における地形の概要

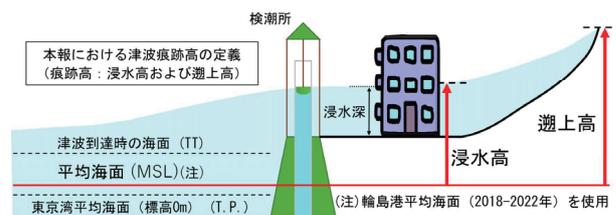


図2 本報における津波痕跡高の定義

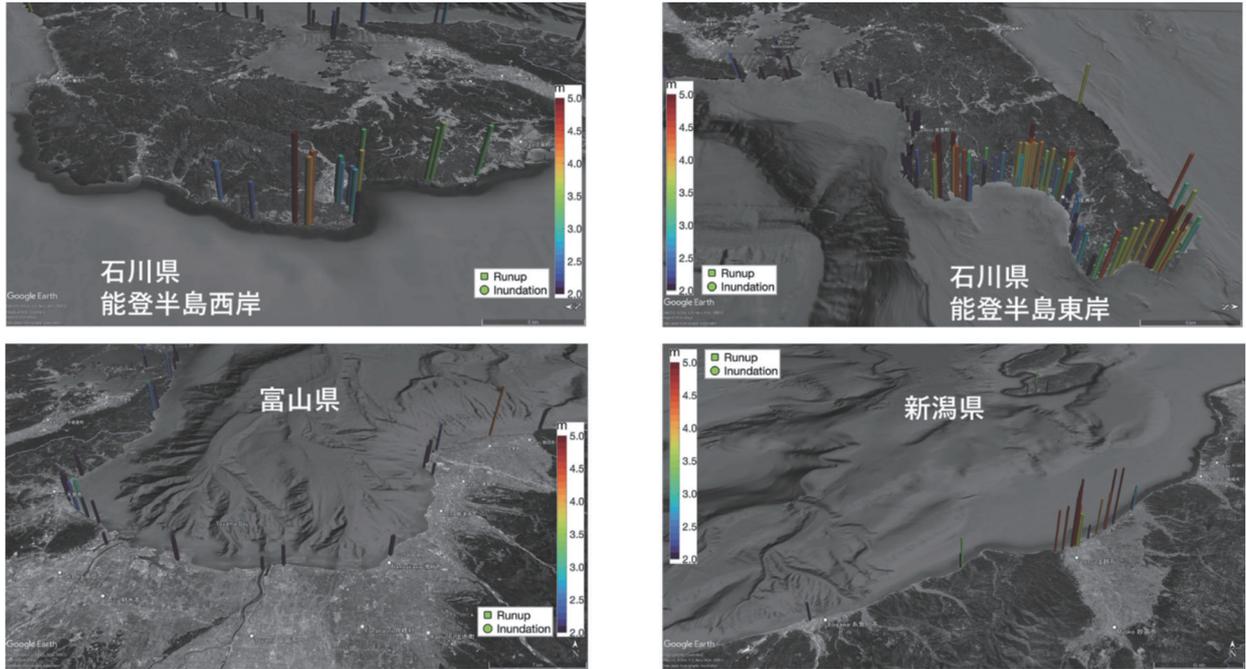


図3 海岸工学委員会調査グループ⁶⁾による津波痕跡の調査位置と痕跡高の空間分布

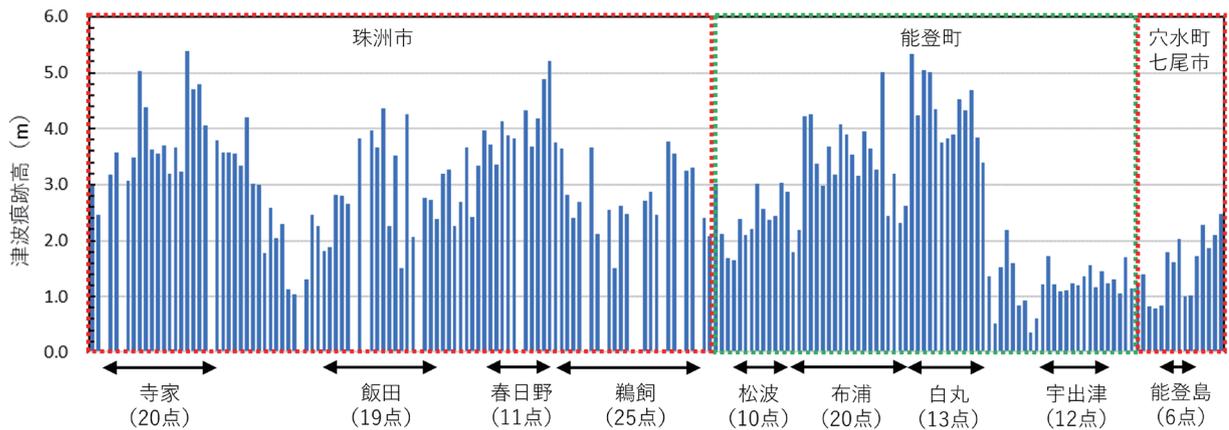


図4 石川県能登半島東岸部(内浦)における津波痕跡高の分布

程度隆起し、津波遡上・浸水に対しては防護的側面を果たす形となった。その結果、半島北部や北西部では、陸地への浸水はごく一部の地点に限定された。

3. 津波による浸水および被害の概要

海岸工学委員会令和6年能登半島地震津波調査グループによる津波痕跡の調査地点と痕跡高(遡上高、浸水高)の空間分布を図3に示す。以下では、浸水被害が集中した能登半島東岸部を中心に状況を概説する。

3.1 能登半島東岸(内浦)

図4は、石川県能登半島東岸部において観測された津波痕跡高の分布を示すものである。図の左側が半島

の北東先端部に対応し、観測点位置が海岸線に沿って南下(あるいは西進)するにつれて右寄りに位置する。横軸のプロット間隔は等間隔で、観測点間の距離とは関係しない。また、痕跡高の値は平均海面からの高さとしている。津波最大波到達時の海面(欠測により不明)を基準とした場合と平均海面を基準とした場合で、0.1~0.2m程度の差が含まれうると考えられる。

図4に示すように、痕跡高の分布は一様ではなく、珠洲市寺家、飯田、春日野・鶉飼地区および能登町白丸地区に極大値が点在する形で振動的に変化しており、最大で5mを超える痕跡高が観測された。一般に、能登半島内浦側では、半島の存在が冬季高波浪に対し



図5 珠洲市における浸水域の分布および顕著な津波被害が生じた地区の位置



図6 飯田地区(飯田港)における津波被害



図7 春日野・鶉飼地区における津波被害の例



図8 白丸地区における津波被害の例

て遮蔽的な役割を果たすことから、防護施設高は2～3m程度に留まる地点が多く、前述の地点で顕著な浸水被害が観測された。各地点における被害状況(津波火災との複合被害を含む)を図5～8に例示する。

珠洲市寺家地区は波源の直近に位置しており、最大で5m程度の津波遡上が確認された。この地域はすぐ背後に段丘を有しており、岸沖方向の浸水範囲は限定されるが、海岸寄りの最前列の家屋を中心に津波による流出被害が確認され、残存した家屋には複数の痕跡が確認されるなど津波が複数回この地域を襲った様子が推定された。珠洲市飯田地区では、最大4.6mの浸水高が確認され、若山川右岸側での建物被害や、飯田港における防波堤や棧橋の損壊、船舶の打ち上げなどの大きな港湾被害が生じた。珠洲市春日野・鶉飼地区は背後に比較的広い平地が広がる地域であり、最も顕著な被害が生じた。津波による浸水高・遡上高は5m程度に達し、砂浜の直背後に住宅等が位置する春日野地区では、汀線から200～300mが浸水し、数列に渡って家屋が損壊した。また、津波火災も発生した。

珠洲市よりやや南方に位置する能登町においては、特に、白丸地区において、痕跡高が5mを超過する津波が来襲し、津波火災との複合被害も相まって、湾奥部で顕著な被害が見られた。また、布浦地区においても家屋の全壊や広範囲の浸水が確認された。

全体的に東側が海に面した地域で大きな被害が発生しており、南側が海に面した地域では被害が小さい。

七尾湾に面する穴水町、七尾市では、珠洲市、能登町とは対照的に、津波痕跡高は2.5m～1.0m程度の低い値となり、居住域への浸水被害は発生しなかった。

3.2 能登半島西岸・北岸(外浦)

能登半島西岸、北岸および富山県、新潟県において観測された痕跡高の分布を図9に示す。先述したように能登半島西岸、北岸においては地盤隆起の影響もあり津波の遡上・浸水は局所的で軽微なものとなった。ただし、輪島市北方約50kmに位置し、石川県による事前津波想定でも大きな津波高が予測されていた舳倉島においては、6m超(速報値であり図3.4には掲載していない)の津波遡上高が観測され、島内全周に近い領域で津波被害が確認された(図10)。

3.3 富山県沿岸

富山県内における津波遡上高は1～3m程度が大半で、石川・新潟県と比較して小さく、居住域への浸水被害は発生していない。なお、伏木富山などの潮位観測所において、地震後数分で引き波が観測されているが、これについては、断層とは異なる波源(海底地滑り⁵⁾)の可能性が指摘されている。

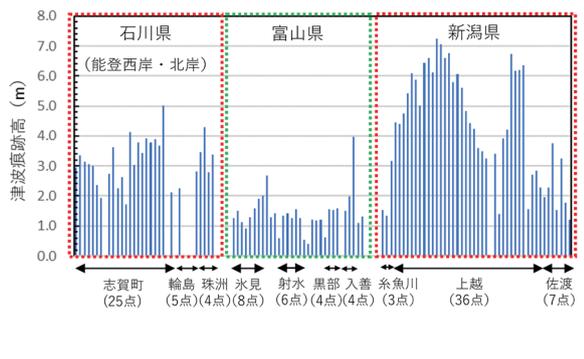


図9 石川県能登半島西岸・北岸部(外浦)、富山県、新潟県における津波痕跡高の分布



図10 輪島市舟倉島における津波被害の例

3.4 新潟県沿岸

東側の断層と直面する新潟県においても大きな津波痕跡高が確認された。特に、前面に水深の浅い領域の広がる上越海岸においては、6mを超える高い痕跡高が観測され、津波の河川遡上により居住地への浸水が発生した。ただしその範囲は限定的である。また、佐渡ヶ島においても3m超の痕跡高が観測されている。

4. おわりに

令和6年能登半島地震による津波は周辺の海岸に大きな影響を及ぼし、特に、震源に直近する石川県内において総浸水面積190 ha³⁾、最大遡上高・痕跡高4～5 mに達する浸水被害を及ぼした。観測された津波痕跡高や浸水域は、石川県により実施された数値シミュレーションによる事前想定範囲内であったが、潮汐差が小さい日本海側においては、数mの津波により、内湾側で大きな被害が生じ得ることが示された。

浸水の程度は、一般に、波源との相対位置や海底地形等の自然条件の影響により決定される津波の高さと、それに対する防護力との相対的なバランスや背後域の利用形態で決定される。冬季に高波浪が来襲する能登半島の外浦側と、能登半島の遮蔽域で通常は静穏となる内浦側では、波浪災害に対する抵抗力も異なっており、津波被害の程度にも影響したと考えられる。また、震源周辺では地盤の隆起が顕著であり、陸域への津波遡上への影響が推定された。今後の津波浸水予測にお

いて、こうした地殻変動をどう考慮するかについて検討が必要である。

今回の津波は複雑な海底地形の影響を受けていることに加え、波源近傍での津波波形の観測記録が欠測したことにより、津波の発生、伝播、遡上という一連のプロセスの全容解明には至っていない。現在、各研究機関等で実施されている再現シミュレーションと観測結果はおおよそ整合しており、今後さらなる津波特性の解明が進むことが期待される。

最後に、今回の津波においては、地域住民の方々が、津波への備えを怠らず、継続的に避難訓練を実施したことが迅速な避難につながり、多くの人命が守られたことも特筆すべきである。こうした津波防災文化を継承・発展させていくことも今後の課題の1つである。

謝辞：金沢工業大学・有田守准教授、北陸先端科学技術大学院大学・郷右近英臣准教授には津波被害状況画像の一部を提供いただいた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 気象庁：令和6年能登半島地震の地震活動と防災事項ポータルサイト、<https://www.data.jma.go.jp/kanazawa/shosai/notojishinportal.html> (参照2024-05-01)。
- 2) 国土地理院：令和6年(2024年)能登半島地震に関する情報、https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html (参照2024-05-01)。
- 3) 国土交通省：令和6年能登半島地震 津波による浸水および海岸保全施設の被害状況(速報)、https://www.mlit.go.jp/river////////bousai/240101_noto/pdf/tsunamishinsui_higai_240423.pdf (参照2024-05-01)。
- 4) Yui et al. Post-event Survey of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami in Japan. (submitted to Coast. Eng. J., in revision), 2024.
- 5) 土木学会海岸工学委員会：令和6年能登半島地震津波調査情報、<https://coastal.jp/info/library/noto202401/>、参照2024-06-01。
- 6) 海上保安庁：富山湾の海底で斜面崩壊の痕跡を確認(第2報)、<https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/post-1080.html> (参照2024-05-01)。



由比 政年(ゆひ まさとし)

1987年京都大学卒、1989年京都大学大学院修士課程修了、マツダ(株)勤務、金沢大学助手・講師・助教授を経て現職、博士(工学)、専門分野：海岸工学。土木学会海岸工学委員会・令和6年能登半島地震津波合同調査グループ長

令和5年奥能登地震、令和6年能登半島地震における建物被害について

村田 晶

●金沢大学理工研究域地球社会基盤学系 助教

1. はじめに

2024年1月1日16時10分頃に令和6年能登半島地震が発生し、死者200名を大きく上回る大震災となっています。震源近傍の奥能登地域では震災3ヶ月を過ぎても、地理的要因や被害程度の広範囲さが重なり、道路、水道などのライフライン施設が復旧しきれていないこと、被害の大きさに比して復旧に携わる人材や資機材の供給が十分でないこと、それゆえに建物被害の復旧が捗らないこと、が今回の地震被害の特徴として表れているように思います。また、奥能登地域では昨年5月5日に発生した令和5年奥能登地震や、一昨年6月に発生した地震に代表される、2020年後半より頻発している群発地震の活動もあり、建物には塑性域までの変形による疲労が蓄積し、建物被害程度のひどさには揺れに対する抵抗性・強度が低下している影響もあるのだろうと思います。1995年兵庫県南部地震では、1981年以前建築（いわゆる旧耐震基準）の建物の問題が顕在化したものの、1981年以降建築（いわゆる新耐震基準）の建物は十分な耐震性能を有している、となっていました。今回の地震では新耐震基準でも2000年以前建築の建物には、かなりの被害が生じているようです。被害が生じるのは建物強度を上回る地震外力が作用しているからであります。2000年以降建築で採用されている金物等による構造補強の効果によるものなのか、経年劣化による建物構造強度の低下の影響が大きいのかなどは、今後の調査と評価によるかと思えます。ただ、もし経年劣化による影響が大きいとするならば、今回の地震で被害程度が概ね軽微に収まっている2000年以降建築の建物も、今後の地震では被害が重篤になる可能性があることになるため、経年劣化を織り込んだ耐震基準の改定やメンテナンス規定を盛り込むことを検討していく必要があるのだろうと思います。現在本稿執筆時には、木造建物被害についての調査を本格的に実施しているところであり、被害の全貌については明らかにしている最中ですが、本稿では令和6年能登半島地震と令和5年奥能登地震について、木造建物被害概要と最も被災程度が厳しかった、珠洲市正院地区の建物被害悉皆調査を中心に報告したいと思います。

2. 令和6年能登半島地震における建物被害について

令和6年能登半島地震（マグニチュード7.6）は1月1日16時10分頃に発生し、奥能登（珠洲市、輪島市）地域を中心に甚大な木造建物被害が生じた。被害については隣県の富山県や新潟県にもわたっているが、石川県内での住家被害については78,076棟、非住家被害については23,267棟（4月23日14時00分現在）となっている。ただし、罹災の申請は途上であること、激震地域での状況把握が十全でないことで被災程度については把握できていないことから、被害棟数は概数となっていると思われる。死者は245名、負傷者は1,443名（4月23日14時00分現在）、行方不明者3名も残っているが、死者のほとんどは建物倒壊による圧死であると思われる。建物倒壊の原因としては、大きく以下の点が考えられる。

①1月1日の地震は、それ単体でも建物を倒壊させるほどのパワーがあったこと、特に珠洲市、輪島市、穴水町での地震観測記録を解析すると、建物の損壊・倒壊に影響を大きく与える、周期1秒前後の成分が建物を倒壊させうる程度の威力を持っていたこと（図1、文献1）を加筆）。一方、震度7を観測した志賀町（K-NET 富来）では、短周期成分が卓越しているがゆえに、計測震度は6.5を超えて震度7となったが、建物に被害を生じられるような周期成分でないため、全体としては被害が軽微にとどまっていること。

②昨年5月5日に代表される群発地震による地震活動が建物に与えた影響（いわゆる建物疲労）が蓄積していたことで、目視できない建物損傷があり、建物強度が通常より低下していたこと。

③地区全体について1981年以前に建築された建物（いわゆる旧耐震基準の建物）が多く、耐震化率は5割を切っており²⁾、建物の地震に対する抵抗強度が足りていなかったこと。

④③の理由とも関連するが、この地域では建物を増改築、改修をして使い続けることが比較的多いと思われるが、改修の際に構造的な補強が十分でないものが多く見つけられる。奥能登地域では2007年にも大きな地震（2007年能登半島地震）が起きているが、その地震を契機に構造的な改修を行ったかどうか、今回の地震被害の様相に大きく反映されていること。

加速度応答スペクトル

京都大学 後藤 浩之先生提供の図に加筆

➢ K-NET富来は短周期成分が卓越

➢ K-NET輪島, K-NET穴水, K-NET正院は1秒付近の応答がJR鷹取波レベル

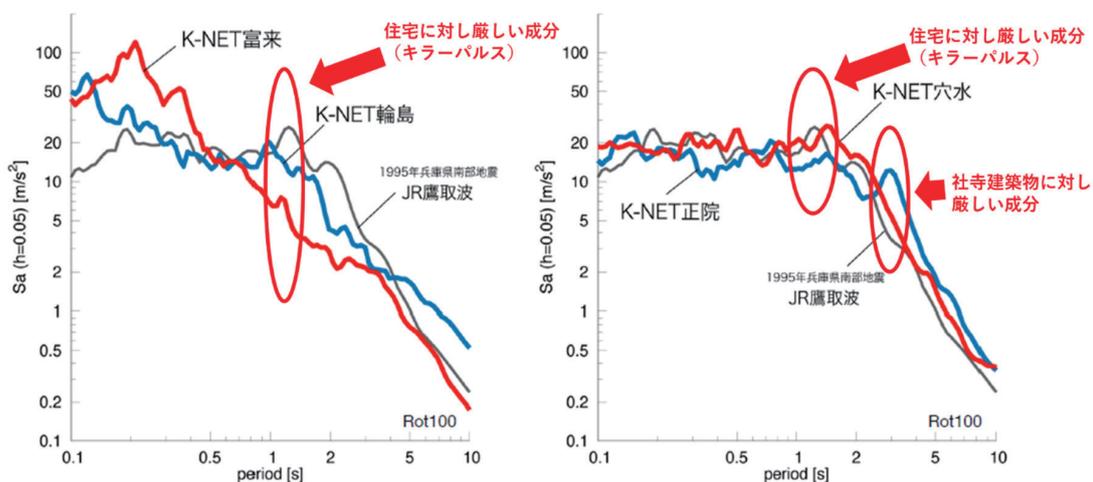


図1 令和6年能登半島地震主要観測点における加速度応答スペクトル

⑤積雪地域ゆえに屋根勾配を高くした建物が多く、結果として屋根面積が広いことや、景観や耐風・耐雪に優れた瓦（能登瓦）で葺いているため、全体として屋根重量が重い建物が多い。屋根重量を支える太い柱は軸荷重に優れているが、地震のようなせん断力には柱断面より接合部の強度の方が影響する。重量があるがゆえに地震による力が接合部に作用し、接合部が折損する、外れるといった被害となり、建物の倒壊につながったこと。

なお、2000年以降に建築されたと思われる建物については、敷地地盤の悪さゆえに生じる被害（沈下等）を除き、全体として被害は軽微にとどまっているように思われる。また、地盤に起因する被害についても2000年以降に建築されたものはそれ以前の建物に比べ、格段に被害程度が軽微となっているように思われるため、現行の建物耐震設計基準は十分に効いていると考えられる。しかしながら、少ないものの大破になっている建物があることから、原因については評価する必要があると考える。

今回の地震により多数の建物は解体・撤去することになると思われる。建て直しするには年齢や金銭的な様々な問題があるため、容易ではない。結果として建物は残るものの、地区としてのコミュニティ維持が難しく、住み続けられないかもしれないため、仮設住宅建築の段階から地区をどのように存続させるかの検討が必要であろう。特に仮設住宅建築用地として学校のグラウンドが用いられるが、それ故にグラウンドが使えなくなるため、それを嫌う児童・生徒がいる現役

世帯が多く域外に転出してしまう問題が生じる。

以下、代表的な被災地区の被災建物写真を紹介する（写真1～3）。



写真1 輪島市河井地区



写真2 輪島市門前町走出地区



写真3 珠州市正院地区

建物被害の全体的傾向や地区内での被害分布を把握するために、建物悉皆調査を行った。調査対象地区については、特に建物被害の大きかった珠州市正院地区、飯田地区、宝立町鶉飼地区、輪島市河井地区、鳳至地区、門前町門前地区、道下地区、穴水町大町地区を選定している。調査は2～3名を1チームとし、調査の項目は建物概況（構造形式・用途・築年数・階数等）、被害程度について調査する。ここで築年数については、耐震設計基準の改定に準拠する形で、2000年以降建築の建物を「新しい」、1981～2000年建築の建物を「古い」、1981年以前建築の建物を「非常に古い」の3つに分類する。被害程度については、岡田、高井の手法³⁾に基づく、6段階のダメージグレード(D0～D6)で評価する。ダメージグレードについては、D0「無被害」、D1「軽微」、D2「小破」、D3「中破」、D4「大破」、D5・D6「倒壊」とする。

調査地区全体の建築年別ダメージグレードの割合を図2に示す。調査の結果、築年が古い建物ほど被災程度がひどくなるのが分かるが、非常に古い建物で

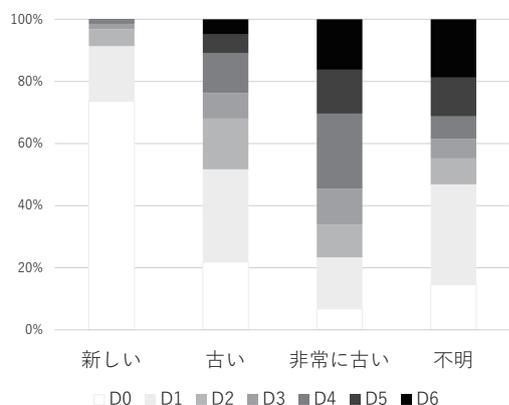


図2 令和6年能登半島地震における建築年別建物悉皆調査結果

4割、古い建物で3割が倒壊している。全壊 (D4) を含めると非常に古い建物で6割を超え、古い建物でも半数以上が全壊となっている。設計基準では震度6強で「倒壊」しないこと、とされている。調査対象地区のほとんどが震度6強の揺れを受けていることを考えると、新耐震基準でも基準を満たしていないと思われる。ただし、目視で「古い」と判定している建物の多数は1981年以前の建築でその後増改築・改修されたものと思われるため、扱いには注意する必要がある。

3. 令和5年奥能登地震における建物被害について

令和5年5月5日に能登半島沖を震源とする地震(マグニチュード6.5)が発生した。この地震により珠州市で最大震度6強を観測している。建物被害も多数発生しているが、特に建物被害の大きかった珠州市正院地区において、地震発生後の令和5年5月15日から18日にわたり建物悉皆調査を行った。調査については令和6年能登半島地震と同様の手法とした。建築年別ダメージグレードの割合を図3に示す。調査の結果、築年が古い建物ほど被災程度がひどくなる傾向は令和6年能登半島地震と同様であるが、非常に古い建物でも倒壊に至るまでの被害は少なく、D4以上が1割弱となっている。古い建物の場合、D4以上が2%、D3以上が8%であった。また、図で示しては無いが、構法について伝統構法木造と在来構法木造を比較すると、D1以上の被害発生の割合はほとんど差がみられないものの、D2、D3は伝統木造の割合が大きく、D4以上では在来木造の割合が大きい。これは、大変形を許容する伝統木造の特性が表れているように思われる。新しい建物ではD3となった建物はあるものの、ほぼすべての建物が軽微な被害に留まっていることが分かる。

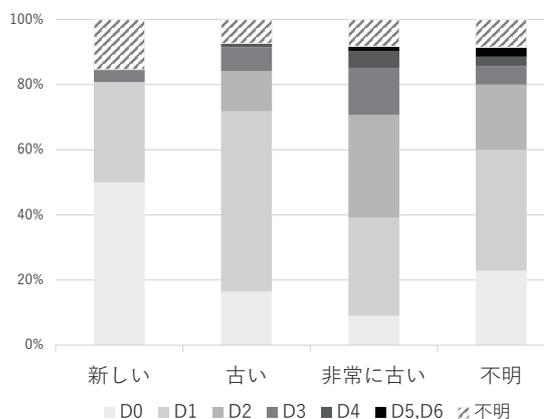
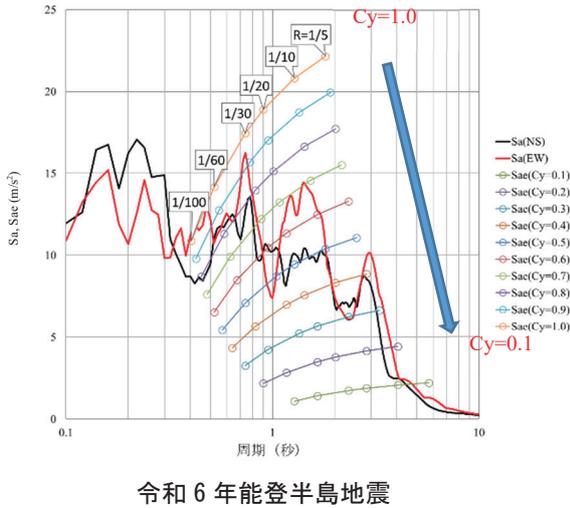
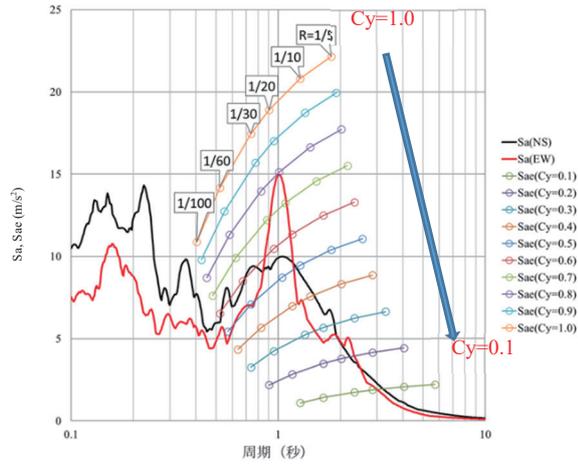


図3 令和5年奥能登地震における建築年別建物悉皆調査結果



令和6年能登半島地震



令和5年奥能登地震

図4 令和5年奥能登地震と令和6年能登半島地震におけるK-NET正院の加速度応答スペクトルと最大応答変形角について

4. 令和5年奥能登地震と令和6年能登半島地震における建物変形角評価について

令和5年の地震と令和6年の地震で震度6強を観測したK-NET正院の強震記録について、加速度応答スペクトルと建物最大層間変形角評価結果を図4に示す。図に示すように周期1秒では令和5年の地震の方が大きく、 Sa は $15 \text{ (m/s}^2\text{)}$ を超え、1995年兵庫県南部地震のJR鷹取波にほぼ匹敵することが分かる。また、図中に示す木造建物モデルの性能を等価な地震荷重に換算した性能等価加速度応答スペクトル $Sae^4)$ とそれを用いた建物最大層間変形角評価 $^5)$ からは、ベースシア係数 Cy が令和5年の地震では0.8以下、令和6年の地震では0.9以下で層間変形角が $1/30$ を超える程度の値となるため、建物に対しては極めて厳しい揺れであったことが分かる。

謝辞

令和5年、6年の地震被害調査にあたり、珠洲市、輪島市、穴水町の住民の方々には被災直後にもかかわらずご協力をいただきました。なお、本調査は日本建築学会北陸支部所属の先生方をはじめとした多くの方の協力の上、実施しております。金沢工業大学 須田 達先生、佐藤 弘美先生、信州大学 松田 昌洋先生、富山木研 若島 嘉朗さま、をはじめとする多くの先生方、学生諸氏に現地調査の協力と調査データの取りまとめをいただきました。強震記録については国立研究開発法人 防災科学技術研究所のK-NET観測記録を使用させていただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 後藤浩之：1.2地震動，土木学会地震工学委員会 令和6年能登半島地震 (M7.6) に関する速報会資料，2024.1.
- 2) 総務省統計局：平成30年住宅・土地統計調査 住宅の構造等に関する集計，https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2018/pdf/kouzou_gaiyou.pdf(参照2024-02-01).
- 3) 岡田成幸・高井伸雄，『地震被害調査のための建物分類と破壊パターン』，日本建築学会構造系論文集，No.524，pp.65-72，1999.
- 4) Hayashi, Y., Nii, A. and Morii, T.:“Evaluation of building damage based on equivalent-performance response spectra”, Proceedings of 14WCEE, Paper ID 05-01-0407, 2008.
- 5) 林 康裕，『性能等価応答スペクトルに基づく建築物の地震荷重評価』，第11回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.651-656，2002.



村田 晶(むらた あきら)

1996年金沢大学大学院修了、金沢大学助手を経て現職、博士(工学)、専門分野：地震防災工学

令和6年能登半島地震おける地盤被害について

志賀 正崇

●長岡技術科学大学 助教

1. はじめに

2024年1月1日16時10分(日本時間)に、能登半島北部においてモーメントマグニチュード7.5の地震が発生した。気象庁¹⁾によると、震源地は北緯37.495°、東経137.27°に位置し、震源の深さは16 kmであった(図1)。地震の発生機構は地殻内で発生した逆断層型で、圧力軸は北西-南東方向であった²⁾。震度では、石川県輪島市と志賀町の2つの地震計で最大震度7を記録し、志賀町では2,728 galの水平二成分最大加速度を観測した^{3),4)}。内閣府非常災害対策本部⁵⁾によると、3月19日時点で、死者241人、負傷者1,299人、被害住宅数110,287棟が報告されている。本稿では、主に著者の現地調査に基づく平地での地盤に関する被害の概要を追う。

2. 新潟県新潟市における被害

新潟県新潟市は、震源から約150 km離れているものの、砂丘斜面末端部や旧河道において液状化に起因すると思われる地盤被害が発生した。図2に、被害が集中した新潟市西区周辺の地形標高モデルと国土地理院による治水地形分類図を示す。被害地域は、比高30m程度の新潟砂丘と、信濃川の旧河道に集中している点が

見て取れる。図3に県道16号線沿いに生じた地盤変状の典型例を示す。西区寺尾周辺では、砂丘中央部から末端部にかけて引張亀裂が生じた舗装、座屈した舗装や傾斜した縁石ブロックが観察された。全体的な変位場は斜面の傾斜方向に向かう一方で、県道16号線付近で変位が集中する傾向が見られたが、全体の把握にはより詳細な計測が必要である。また、県道16号線の北側の地点では、いくつかの補強土壁を有する斜面が変形し、上部盛土が前方に押し出されている地点も確認された。

また、新潟西郵便局では液状化した地盤中に存在した地下空間によって上部構造物全体が持ち上げられ、空いた空間に土砂が巻き込まれ、周辺地盤が沈下した可能性がある。このように県道16号線沿いの地盤被害は、多くが砂丘斜面末端部の液状化に起因すると考えられる一方で、その被災形態は構造物形式によって異なる。この点についてはより詳細な面的調査が必要である。

前述の県道16号線から南側の信濃川左岸に位置する地区(ときめき、山田、立仏、善久、鳥原)では、噴砂や低層住宅の不同沈下、舗装の亀裂といった、液状化

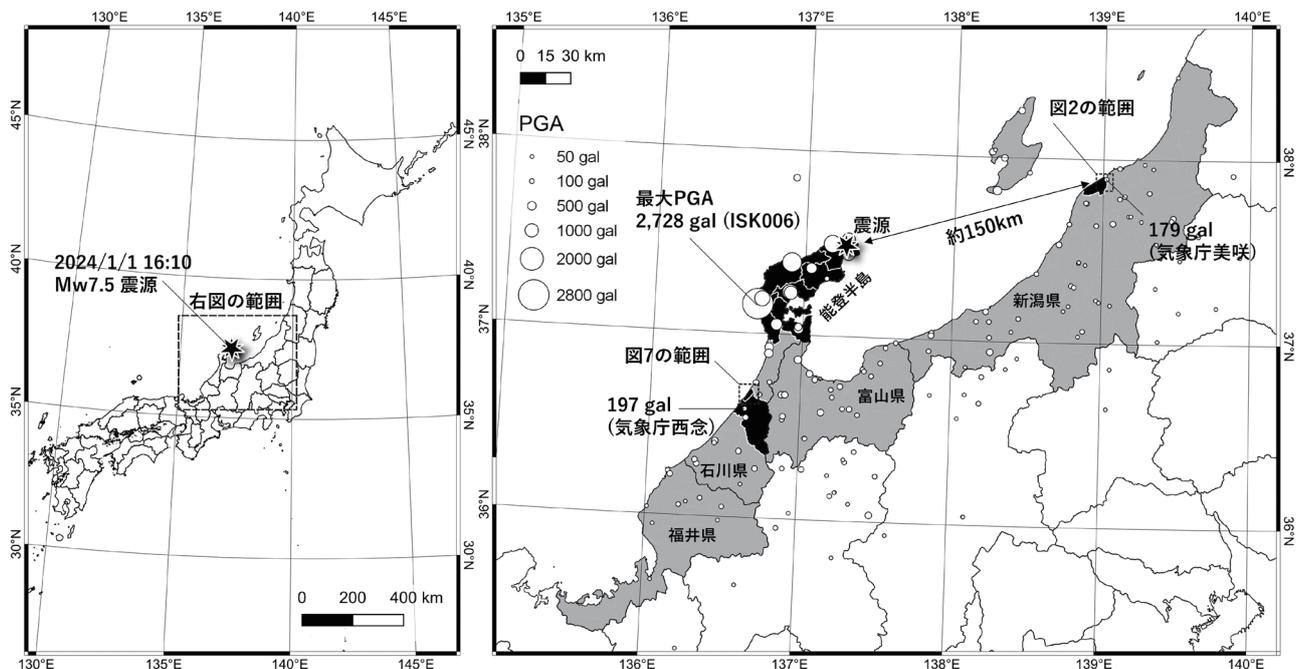


図1 令和6年能登半島地震の震源と周辺地理(黒い自治体は著者の調査地点、白丸の大きさは観測された最大加速度を表す)

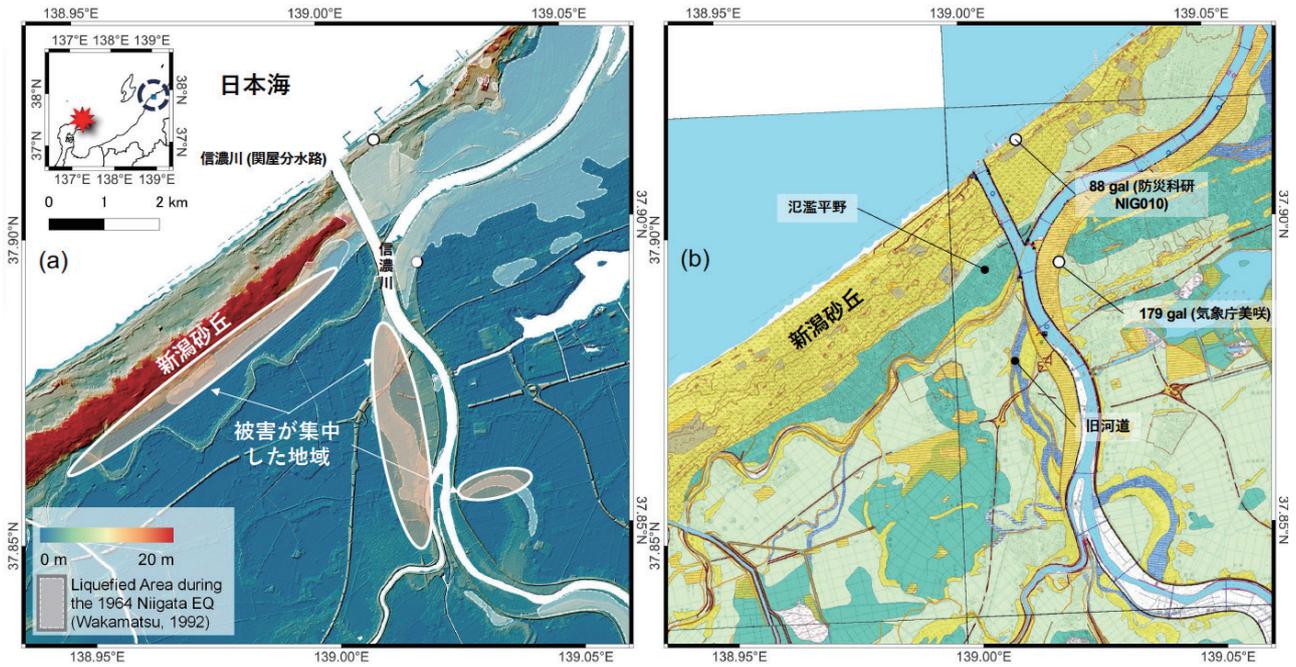


図2 新潟市西区周辺の(a) 陰影起伏図 (b) 治水地形分類図



図3 県道16号線沿いに生じた地盤変状 (a) 引張亀裂と斜面下方への滑り (b) 斜面末端で生じた舗装の隆起

に起因する地盤変状が見られた。旧版地形図による当該地域は1911年時点で沼地や田畑などで覆われており、その後宅地造成が進んだ地域であると考えられる。また山田地区に位置する上越新幹線の橋脚周辺でいくつかの噴砂を確認したが、橋梁構造物には重大な損傷は見られなかった。

1964年の新潟地震では信濃川両岸で河川への側方流動や旧川岸町アパートに代表されるようなRC構造物の傾斜、転倒などが生じた。今回の調査では国土交通省が信濃川堤防の一部の補修工事を行った報告や、北陸ガスグラウンドの周辺での噴砂を確認したものの、1964年で被害を受けた中央区では大規模な地盤変状は見られなかった。

また作用した強震動の観点から見ると、1964年新潟

地震では、液状化に伴う地盤の著しい非線形性の影響を加味する必要があるものの、転倒した旧川岸町アパートで200 gal程度の最大加速度が観測されている。一方、図4と図5に示すように、令和6年能登半島地震によって観測された水平2成分合成最大加速度は、防災科学技術研究所NIG010では87 gal、気象庁美咲では179 galと倍半分程度異なる。またフーリエスペクトルではNIG010と比較するとJMA美咲では1~2 Hzの区間の振幅が若干大きくなっている点が見取れるが、地盤の非線形性によって生じる加速度記録の長周期化の影響は見られなかった。

この加速度のうち、より大きい気象庁美咲のPGAを入力加速度とした場合の、液状化判定結果を図6に示す。ボーリングデータはほくりく地盤情報システムにアップロードされていたものを使用し、平成28年度の道路橋示方書の判定フローを採用した。また土質分類に基づく液状化判定対象層の除外は行わず、地下水面は地表面と等しい、最も危険側の条件で判定を実施した。新潟砂丘斜面末端部での液状化判定結果では、無被害地点のFL値は被害地点のそれを全体として上回っている一方で、被害地点のFL値分布はG.L.-7mと-14.5mで1をわずかに下回るのみである。また信濃川旧河道での液状化判定結果では、無被害地点のFL値がG.L.-7.5mから-12m付近まで低くなっており、表層地盤の現象と乖離している。この差異についてはより詳細な検討が必要である。

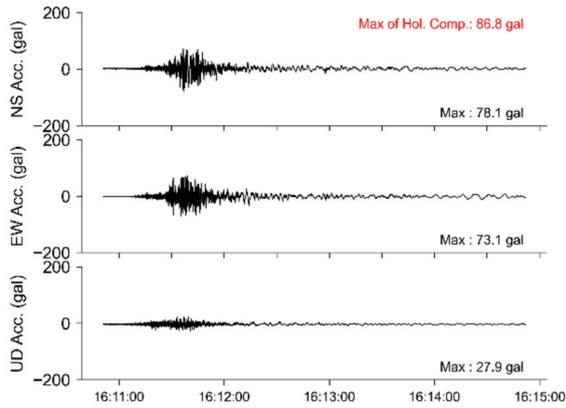


図4 防災科研NIGO10で観測された時刻歴加速度波形

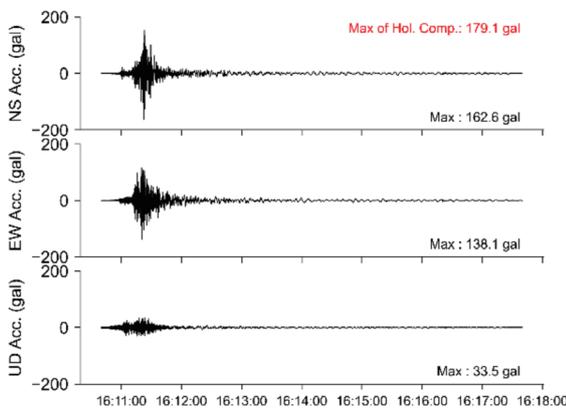


図5 気象庁美咲で観測された時刻歴加速度波形

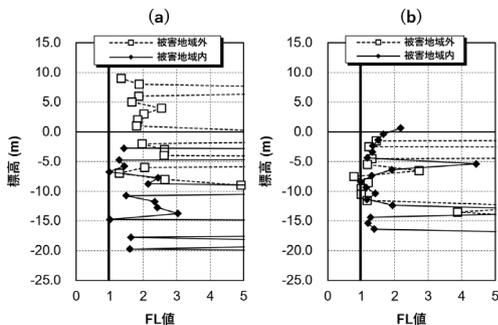


図6 FL値分布(破線は被害地域外、実線は被害地域内を示す)(a) 砂丘斜面末端部周辺 (b) 信濃川旧河道周辺

3. 石川県内灘町・かほく市における被害

石川県内灘町、かほく市は震源から南西に約110kmに位置する自治体であり、金沢市の北部に位置するベッドタウンを有する。両市では比高40m程度の内灘砂丘が日本海の海岸線に平行に存在し、今回の地震においてはこの砂丘の内陸側斜面で側方流動や不同沈下などの被害が発生した。

図7は国土地理院の地形標高モデルによる陰影起伏図である。図7中央から東側に広がる標高0m前後の低

地は河北潟干拓地であり、1963年より開始された国営河北潟干拓土地改良事業によって造成された土地である。図8(a)に示す標高断面は、被害が甚大であった内灘町西荒屋地区での砂丘の標高断面である。この断面では砂丘頂上の地点Aから下り、勾配が緩やかになる地点を滑りの最も西側の開始点とし、県道8号線付近を末端部とする滑り破壊が生じている。またこの遷移線と県道の間には複数の引張亀裂や圧縮による局所的な隆起が見られた。

図8(b), (c)に現地の被害状況を示す。図8(b)は断面上での地点P1付近での引張亀裂である。亀裂は西荒屋小学校の校庭上で生じ、亀裂の方向は砂丘軸とほぼ平行である。また同様の亀裂は写真奥側の住宅直下でも生じている。図8(c)は小学校の敷地の潟側を走る県道8号線の状況を示す。図8(d)に示すGoogle Street Viewの画像と比較すると、地震前には平坦であった舗装が激しい隆起と沈下挙動を受けている点が見られる。

河北潟の干拓事業の際には砂丘斜面の切り崩しによる土地造成が部分的に実施された。過去の衛星写真との比較では過去の潟の汀線が現在の干拓地と市街地の境界位置よりも砂丘斜面側に位置していることから、埋立地と切土部分との境界が今回の緩斜面での変状の素因となっている可能性がある。

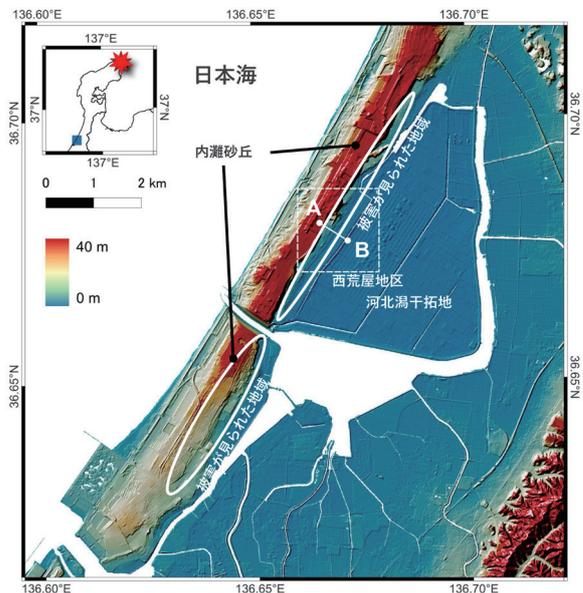


図7 石川県内灘町・かほく市周辺の陰影起伏図と被害が集中した地域の分布

4. まとめと今後の展望

本稿では令和6年能登半島地震によって発生した地盤被害について、著者の現地調査に基づく被害状況の報告を行った。新潟県新潟市や石川県内灘町・かほく市では、砂丘斜面末端部での液状化に起因すると見ら

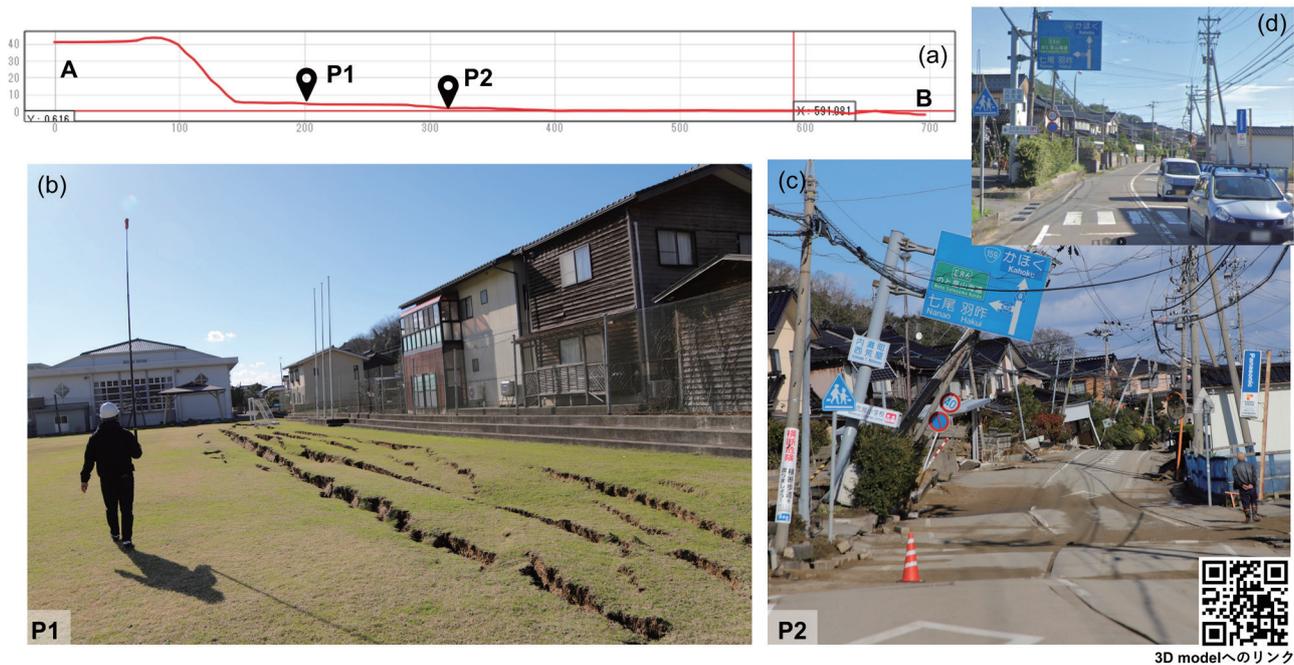


図8 内灘町西荒屋における被害状況 (a)AB測線での標高変化 (b) 西荒屋小学校における亀裂 (c) 地震後の道路の隆起 (d) 地震前の状況 (Google Street Viewより引用)

れる側方流動や亀裂、不陸が広い範囲で見られた。また新潟市では旧河道での噴砂や住宅の不同沈下の現象も見られた。

西区や内灘町、かほく市の当該地域はいずれも高度成長期に開発が進んだ地域であり、地形区分としての砂丘緩斜面は、液状化スクリーニングで使用される「地形区分に基づく液状化の発生傾向」に照らすと発生傾向は最も強いに分類される。定量的かつ被害程度までを予測可能な実務の手法が確立されない限り、高度成長期の地盤リスクを無視した宅地開発という負の遺産は、今後も大規模な地震によって各地で顕在化するであろう。

なお紙面の都合で触れることができなかったが、今回取り上げた平地での地盤変状以外にも、能登半島の北部を中心に未だ全容が明らかでない斜面崩壊、盛土崩壊、海岸構造物、トンネル構造物の被害が多数報告されている。こうした被害は多くの道路閉塞を生じさせ、復旧初期段階の足かせとなった。能登半島周辺の地質・地盤条件とこうした自然斜面・土構造物被害の関係を具に明らかにしていくことで、長期的視野にたった復興を可能としたい。

謝辞

一部の画像について、同行した京都大学 植村 佳大 助教の写真をお借りしました。この場を借りて感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 気象庁：2024年01月01日16時10分 石川県能登地方 M 7.6、<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/mech/cmt/fig/cmt20240101161022.html> (参照2024-04-30)。
- 2) 産業総合技術研究所：令和6年（2024年）能登半島地震の関連情報 | 災害と緊急調査、<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/index.html> (参照2024-04-30)。
- 3) 気象庁：令和6年（2024年）1月1日16時10分 石川県能登地方の地震、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/kyoshin/jishin/2401011610_noto/index.html (参照2024-04-30)。
- 4) 防災科学技術研究所：防災科研K-NET, KiK-net、<https://nied-repo.bosai.go.jp/records/6020> (参照2024-04-30)。
- 5) 内閣府非常災害対策本部：令和6年能登半島地震に係る被害状況等について、https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/r60101notojishin/pdf/r60101notojishin_37.pdf (参照2024-04-30)。



志賀 正崇 (しが まさたか)

2018年横浜国立大学卒、2021年東京大学博士課程修了、東京大学生産技術研究所助教を経て、現職、博士(工学)、専門分野：地盤の液状化特性

令和6年能登半島地震における道路被害について

石川 敬祐

●東京電機大学 准教授

1. はじめに

2024年1月1日16時10分ごろに石川県能登地方を震源とするマグニチュード7.6の令和6年能登半島地震が発生した。この地震によって志賀町で震度7を観測したほか、震源域に近い奥能登地域で震度6強～6弱と強い揺れが観測された。著者らは、発災から5日後に石川県内の現地調査を実施した。本報告では、能登半島内での道路被害の状況を速報させていただく。なお、調査箇所は、七尾市、穴水町、輪島市、中能登町、志賀町、羽咋市、かほく市、津幡町、内灘町において車両通行が可能な範囲で実施したものである。

2. 道路被害の概要

図1は、国土交通省で公開されている令和6年能登半島地震道路復旧見える化マップ¹⁾による緊急復旧済み区間と主な被災箇所を地形図に重ねて示したものである。

能登半島の地形を概略すると、北部から能登山地、能登丘陵、邑知潟低地帯、石動・宝達山地からなる。能登山地は、半島北部の北側を占め、標高は400~500mで開析された山地である。能登丘陵は、奥能登丘陵、中能登丘陵、能登島に三分される。奥能登丘陵は、能登町から穴水町にかけての半島北部の南側に位置する。中能登丘陵は、半島中部を占め、七尾市や中能登町、志賀町に位置する。それぞれの標高は200m程度以下であり、起伏に富む開析された丘陵地である。邑知潟低地帯は、中能登丘陵の南側に位置し、七尾市から羽咋市にかけて形成される低地帯である。また、能登半島沿岸には海岸段丘が各所に分布する。

能登半島内の道路網は、半島を周回する国道249号線から枝分かれした県道で構成されている。これらの県道は、山間部や海岸沿いに整備されていることがわかる。また、金沢市方面あるいは富山市方面から能登地域への自動車専用道路として、のと里山海道と能越自動車道が整備されている。図1に示す路線図は、緊急復旧済み区間を表しており、能登半島内の自動車専用道路や国道、県道において全域で道路被害を生じ、緊急復旧や啓開作業がなされていることがわかる。特に、のと里山海道の徳田大津IC～穴水IC間では21箇所の大被害が確認され、能越自動車道においても穴水IC

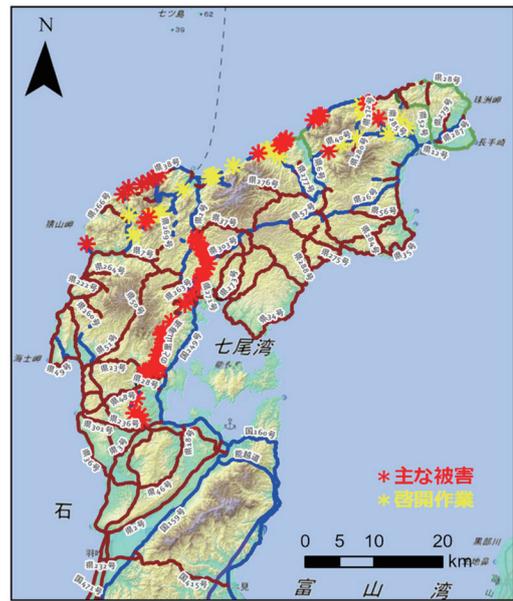


図1 能登半島地域の緊急復旧済み区間および主な被害箇所¹⁾

～のと三井IC間で14箇所の大被害が確認されている。そして、能登半島北岸沿いの国道249号線や石川県道38号線（輪島浦上線）においても土砂崩れや斜面崩壊などの大被害が多数発生している。

図2は、道路種別ごとの通行止め区間数の推移である。通行止め区間は、国土交通省の災害・防災情報²⁾および石川県の被害報告³⁾に基づいて整理した。

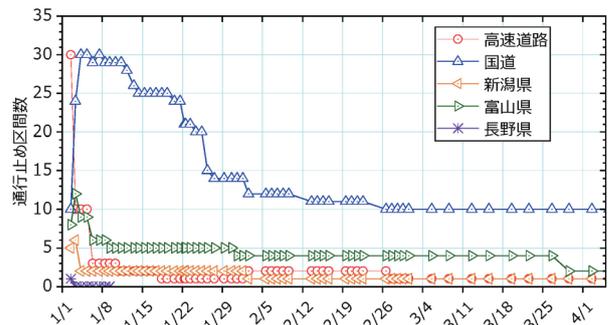


図2 道路種別ごとの通行止め区間数の推移

高速道路は、発災直後に最大7路線62区間で通行止めが行われた。翌日6時30分時点で北陸道、東海北陸道、能越道の3路線32区間では通行止めが継続され、緊急点検および補修作業が速やかに実施された。そして、翌々日には、能越道の10区間（のと三井IC～穴水

IC、七尾IC～高岡IC)を除いて通行止めは解除されている。

国道は、発災翌日12時時点で直轄国道3路線3区間、補助国道4路線7区間で通行止めが行われているが、この時点で奥能登の2市2町の情報は含まれていなかった。翌々日の8時の時点で、5路線28区間と約3倍に増えており、主に増えた区間は奥能登地域の国道249号線であった。そして、発災から3日後に国道の通行止め区間は最大となり、発災から1ヶ月後に半分となり、2ヶ月後に1/3程度と通行止めの解除に多くの時間を要していることがわかる。

新潟県の県道では、発災翌日に5区間で通行止めが行われ、道路崩落を生じた上越安塚柏崎線を除いて1月19日には規制が解除されている。

富山県の県道では、発災翌日に8区間で通行止めが行われ、翌々日には12区間に通行止め区間が増えている。発災から1週間後には、通行止め区間数は半分程度となるが、深刻な被害区間では通行止めの解除に多くの時間を要していることがわかる。

図3は、石川県の県道の通行止め箇所の推移である。石川県の県道では、発災翌日15時半の時点で、24路線54箇所で行われ、1月4日15時の時点で41路線93箇所と最大となる。その後、発災から1ヶ月後に通行止め箇所は約6割となり、4月5日時点では、22路線46箇所と通行止めの解除に多くの時間を要していることがわかる。これは、自動車専用道ののと里山海道や国道249号線などの幹線道路において多地点で損傷したことで機能不全となり、県道などの復旧作業のための移動や支援物資の輸送などに多くの支障が生じたためと考えられる。そして、図1に示すように能登半島の地形的な特徴による道路網によって、中山間地域や沿岸地域、島嶼部などの地区および集落にアクセスする道路の多くも被災したことで孤立集落を生じたことが深刻な問題となった。さらに、石川県内の道路の被害を詳しく見ると畜産農家の道路損傷による集乳ができない問題や漁港の臨港道路の被害も多数発生して

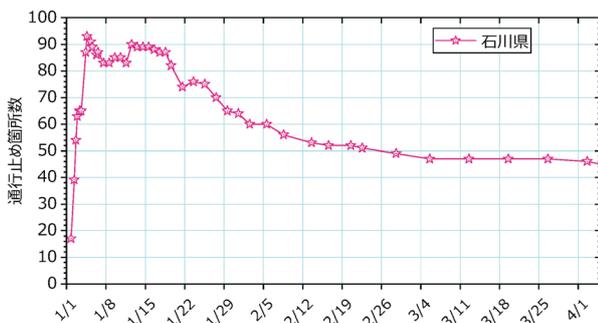


図3 石川県道の通行止め箇所の推移

いる。

なお、2007年能登半島地震の際の道路の通行止めは、地震直後に18路線24箇所であり、発災から約1ヶ月後の4月27日には全線で供用が再開されており、本震災では極めて深刻な道路被害が生じたことがわかる。

図4は、国道249号線の主な被害箇所の被害形態を整理したものである。1月4日7時時点で国道249号線では25箇所の通行止め区間があり、その被害形態は土砂崩れや法面崩壊が約6割を占め、主に輪島市と珠洲市を結ぶ海岸線沿いに集中していた。それに対して、橋台との段差による交通支障は少ない。これは、踏掛版の設置や橋台背面アプローチ部の構造が規定された効果が現れたとの指摘⁴⁾もある。

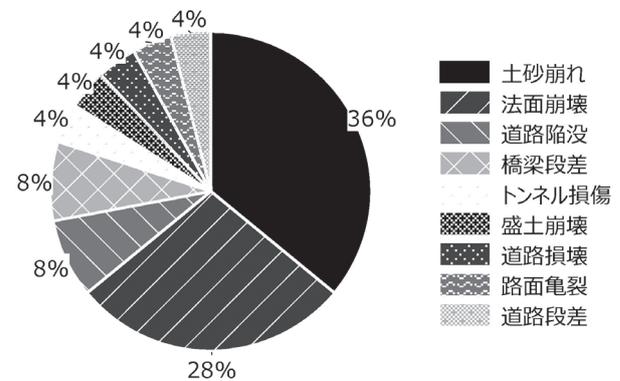


図4 国道249号線の主な被害形態

3. のと里山海道の被害状況

のと里山海道は、金沢市から能登半島への延長約90kmの基幹道路であり、石川県の第1次緊急輸送道路に指定されている。本道路は、旧能登有料道路で平成25年3月の無料化により名称が変更された。本道路の特徴は、能登半島の外浦地区(半島西側)および内浦地区(半島東側)のアクセスを考慮して、半島の中央を縦貫することである。このため、図1に示すように羽咋市柳田IC以北では中能登丘陵を通ることから、比較的高盛土の多い道路となる。柳田IC以北の盛土部は180箇所以上、20m以上の盛土は40箇所あり、最大盛土高は35mとなる⁵⁾。また、同区間は主に火山岩質凝灰岩風化土(通称、能登赤土)が分布する地質的な特徴をもつ。

本道路の災害履歴は、1985年(昭和60年)能登豪雨災害にて7箇所の高盛土が崩壊したことが報告されている。崩壊原因は、豪雨に伴い谷地形からの地下水流入を受け、盛土内の地下水上昇によると考えられている。そして、2007年能登半島地震では、徳田大津JCT～能登大橋付近で11箇所の盛土崩壊や橋台背面の段差

といった大規模被災を生じ、軽微な損傷箇所まで含めると53箇所であった⁵⁾。

図5は、2007年と2024年能登半島地震によるのと里山海道の横田IC～能登大橋付近の大規模被災箇所を示したものである。この区間では、2007年時は9箇所の大規模な被害が生じたのに対し、今回は17箇所と大規模被災箇所数は倍ほどに多くなっている。そして、いずれも被災箇所は丘陵地に位置し、斜面に腹付けされた盛土あるいは谷埋め盛土と考えられる。



図5 のと里山海道横田IC～能登大橋間の大規模被災箇所の比較^{1),5)}

写真1は、横田IC上りOFFランプの被害状況である。ここでは、本線およびOFFランプの盛土が大規模に崩落する被害を生じた。この崩落箇所は、丘陵地の谷部に高盛土された区間であり、本線盛土とOFFランプの間には蛇籠による排水対策がなされていた。2007年



写真1 横田IC上りOFFランプの被害状況

時には、ONランプの高盛土が同様に崩落し、ジオテキスタイルを用いた補強盛土と暗渠排水工による復旧がなされている⁵⁾。写真2は、ONランプの状況であり、2024年時には通行止めとなるような深刻な被害には至っていないことが確認された。このことから、ジオテキスタイルを用いた補強盛土と暗渠排水工を併用した対策効果が実証され、適切な対策を行うことで大地震時の機能不全を防げることが明らかになった。



写真2 横田IC上りONランプの状況

4. その他の道路被害

ここでは現地調査で確認した主な道路被害を示す。

写真3は、石川県の県道1号線の井蓋橋南側の道路盛土被害である。沢部に設けられた道路盛土であり、盛土の沈下量は1 m程度であった。また、道路盛土は側方への孕みもあった。この被害箇所以外にも、山間地の沢部に設けられた道路盛土では沈下や亀裂が多く確認され、橋台取付部の段差も多数生じていた。

写真4は、県道1号線沿い（輪島市三井町長沢）の斜面崩壊状況である。ここでは、法面保護としてコンクリート枠が設けられていたが、その上部の斜面の崩落や倒木により、道路は通行不能となっていた。この被害箇所以外にも、道路沿いの急斜面では斜面崩壊や倒木が確認され、交通に支障を及ぼしていた。

写真5は、県道1号線（輪島市三井町渡合）のノーシェッド口の落石を伴う斜面崩壊状況である。落石の大きさは軽自動車程度と非常に大きく、急斜面沿いの道路防災の重要性が改めて浮き彫りとなった。

写真6は、河北潟に掛かる才田大橋の北側橋台と取付道路の段差の状況である。ここでは、液状化に伴い約1.5 mの大きな段差が生じていた。

このように本震災では、地形や地質の影響を受け、様々な道路構造物の被害が至る所で発生した。



写真3 石川県道1号井蓋橋南側の道路盛土被害



写真5 石川県道1号の落石・斜面崩壊状況



写真4 石川県道1号沿いの斜面崩壊状況



写真6 東部承水路右岸側の道路

5. おわりに

令和6年能登半島地震の道路被害では、半島特有の地形の影響を受け、中山間地や海岸沿いの斜面崩壊など土砂災害が多数発生した。また、のと里山海道では丘陵地の谷部での腹付け盛土や谷埋め盛土の崩落が多く見られた。これにより、緊急復旧を行うための基幹道路が寸断され、復旧に多くの時間を要し、多くの集落が孤立した。今後の復興再生に向け、半島特有の地形や地質条件を考慮した道路構造物の点検や挙動予測が重要と考えられる。それらの知見に基づき、復旧性や耐震性を含む道路ネットワークの整備が望まれる。

本報告が今後の地震防災の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省：令和6年能登半島地震道路復旧見える化マップ、<https://www.mlit.go.jp/road/r6noto/index2.html>、(参照 2024-04-05)
- 2) 国土交通省：令和6年能登半島地震における被害と対応について、https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_240

101.html、(参照 2024-04-05)

- 3) 石川県：被害報告、<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/saigai/202401jishin-taisakuhonbu.html#higai>、(参照 2024-04-05)
- 4) 国土交通省：令和6年能登半島地震道路構造物(橋梁、土工、トンネル)の被害分析、https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000688.html、(参照 2024-04-05)
- 5) 土木学会・地盤工学会：2007年能登半島地震被害調査報告書、2007.



石川 敬祐 (いしかわ けいすけ)

2003年東京電機大学大学院卒、基礎地盤コンサルタンツ(株)、東京電機大学助手、助教を経て現職、博士(工学)、専門分野：地震地盤工学、地盤防災工学

令和6年能登半島地震に伴う火災と地震火災リスク

西野 智研

●京都大学防災研究所 准教授

1. はじめに

2024年1月1日の能登半島地震に伴う火災は、現代の日本においても地震火災のリスクが依然として存在することを広く認識させた。特に、輪島市の中心部では、火災が周りの建物に次々と燃え移り、最終的に約240棟を巻き込む大火に発展した¹⁾²⁾。ただし、輪島市の大火は今回の地震に伴い発生した合計17件の火災(図1)の一部であり、これらの火災は特に地震動の強かった能登半島だけでなく、富山県や新潟県を含めて広域で発生していること³⁾、および、珠洲市や能登町では津波の浸水域で火災が発生し周りに拡大していること³⁾についても、見落としてはならない。

筆者は、このような火災の広域的な発生状況、および、その中でも延焼火災に発展した複数の火災(具体的には、輪島市河井町朝市通り周辺の火災、珠洲市宝立町鶴飼地区の火災、能登町白丸地区の火災)の被害実態を、現地調査や消防本部への電話ヒアリング調査を通じて明らかにしてきた³⁾。その結果は筆者の所属である京都大学防災研究所のホームページに速報として公開されているので、ぜひご覧いただきたい。その後、3月には、総務省消防庁の主導で、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が開始され、輪島市中心部での火災や消防活動の実態の詳細が徐々に明らかになってきた⁴⁾。しかし、現時点では、今回の地震に伴い発生した全ての火災について、発火源などの出火原因や地震動・津波との因果関係が十分に明らかになっている訳ではない。

そこで本稿では、主に輪島市中心部で発生した大火に着目し、(1)経験的に知られてきた地震火災の一般的な特徴と対策の考え方を整理した上で、(2)輪島市中心部が保有していたであろう地震火災リスクを定量的に評価し、今回の地震に伴う火災被害とどのような関係にあるのかを調べた結果を簡単に紹介する。

2. 地震火災の特徴と火災リスクの軽減対策

普段であれば、木造家屋の多い市街地で火災が1件発生しても、複数の消防ポンプ車が早いうちに駆けつけて、屋外消火栓などから取れる水を使い消火活動を行うので、強風時でなければ、大火になる前に消し止められることが多い。しかし、大地震時には、次の複数の要因により、火災被害は大きくなりやすい。

① 複数の火災が同時に発生し、1つの火災に投入で

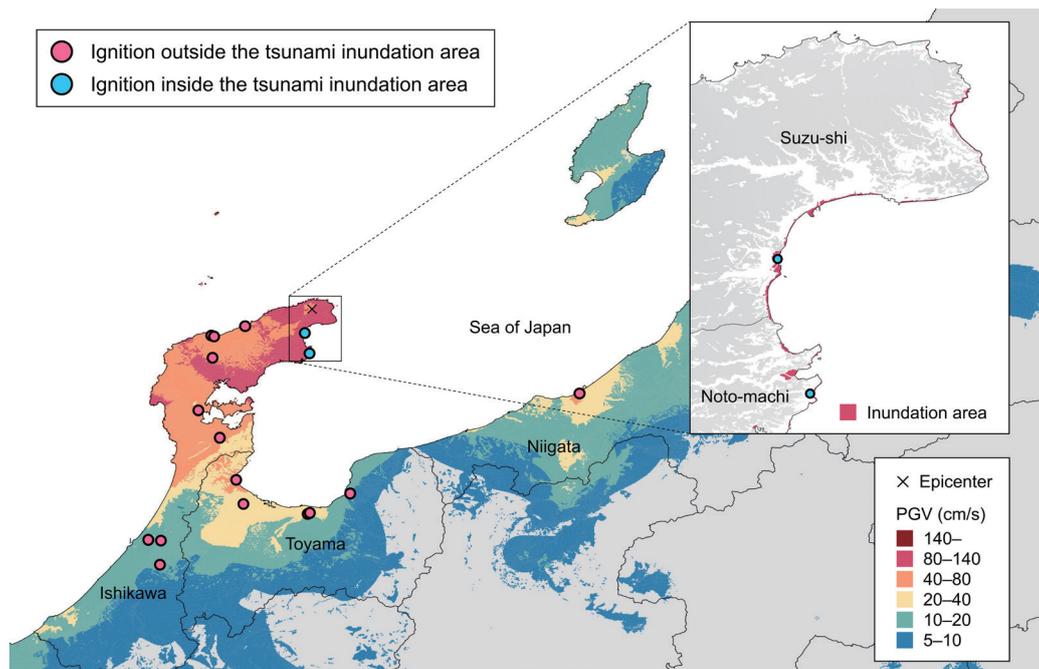


図1 令和6年能登半島地震に伴う火災の発生場所³⁾(推定地震動はQUIET+¹⁰⁾、津波浸水域は国土地理院¹¹⁾ ※日本地震工学会ウェブサイトではカラーで掲載されています。

きる消防隊の数が少なくなること

- ② 地震後の通信環境の悪化により、普段に比べて消防隊の火災覚知が遅れること
- ③ 地震動により水道管が損傷し、屋外消火栓から水を取れないこと（したがって、防火水槽や河川などの自然水利に頼ることになる）
- ④ 地震動による建物の倒壊や道路の被害により、水利や火災へのアクセスが困難になること
- ⑤ 外壁を不燃性の材料で覆った木造家屋であっても、地震動により外壁材が脱落し木材が露出して防火性能が低下すること

輪島市中心部の火災や消防活動の実態については、文献⁴⁾に詳しいため、ここでは省略するが、①～⑤の全てが複合的に作用したことによって火災の大規模化につながったと筆者は考えている。このことは、1995年の阪神・淡路大震災など、地震火災を何度も経験してきた我が国でこれまでに知られていないような特異なことは何も起きていないと言い換えることもできる。ただし、今回の地震では輪島市に津波警報が発令されていたが、このような場合、住民も消防隊も津波への対応が必要になるため、地震火災への対応はさらに難しくなる。

地震火災のリスクを軽減するためには、①～⑤に対応する形で対策を講じることが重要である。①については、出火防止対策を社会に普及させ、地震動に起因して発生する火災の数を可能な限り減らすことが重要である。②については、ドローンや高所カメラなどを使用した情報収集により、地震後であっても早期に火災を覚知できるような体制を整備することが重要である。③については、水道管の耐震化を進めることと併せて、耐震性の確保された防火水槽を増設していくことも重要である。④については、建物の耐震性能を地域一体で向上させることで、建物の倒壊による道路閉塞の可能性を減らすことが可能である。ただし、地震動に伴う道路の隆起・亀裂等の被害をどのようにすれば防ぐことができるのかについては、筆者は専門外であり分からない。⑤については、主に外壁材にモルタルが使用された建物で多く見られる被害であるが、建物の耐震性能を向上させることで、地震動による建物の変形を抑えることができるので、被害を防止できるものと考えられる。

特に、①については、感震ブレーカー等の普及の必要性が指摘されてきた⁵⁾。図2に示すように、近年の地震に伴う火災の多くは、電気機器や電気配線が発火源となっているという実態を考えると、合理的な対策であると言える。今回の地震では、消防本部の管轄範囲

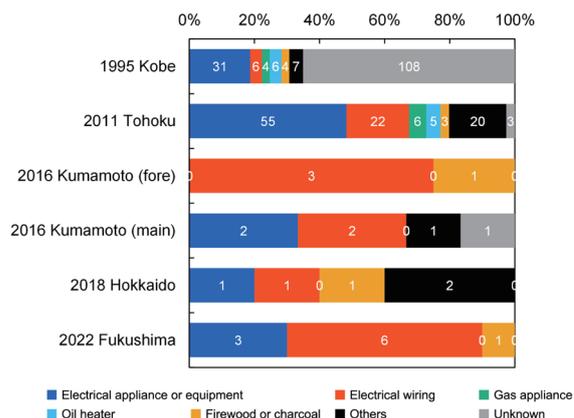


図2 近年の地震動に起因する火災の発火源⁷⁾ ※日本地震工学会ウェブサイトではカラーで掲載されています。

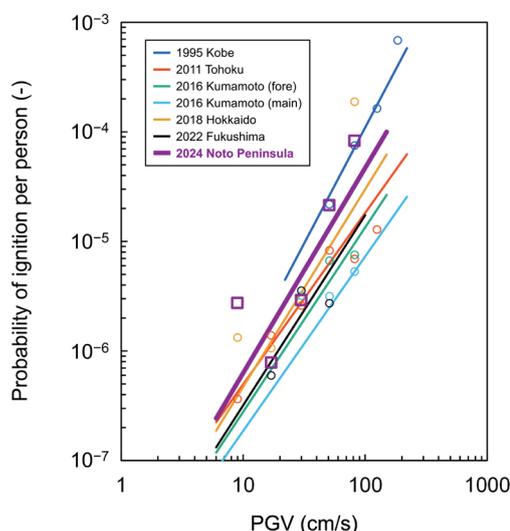


図3 近年の地震動に起因する火災の出火率⁷⁾ ※日本地震工学会ウェブサイトではカラーで掲載されています。

で発生した火災の数に対して、消防本部が保有していたポンプ車の数が不足するような事態は起こっていなかった³⁾。しかし、図3に示すように、人口一人あたりの出火件数(以降では、出火率と呼ぶ)を調べると、今回の地震の出火率は1995年の阪神・淡路大震災のそれに近いレベルであったという結果が得られる³⁾。阪神・淡路大震災では、初期に発生した火災の数が出動可能な消防ポンプ車の数を上回った地域では、火災の規模が極端に大きかったことが知られている⁶⁾。今回の地震に伴う火災の発火源については、現時点では十分に明らかになっていないが、依然として高い出火率が推算されたことは、出火防止対策の重要性を強調することになっている。ただし、今回の地震の出火率を調べるにあたっては、現時点で地震動起因ではないことがはっきりしている火災3件を除いた14件を地震動起因の火災であると仮定した。なお、図3から、出火率と

地震動強さ指標の経験的な関係は地震によって大きくばらつくことが分かるが、定量的な地震火災リスク評価を行う際にどの出火モデルを選択するかで評価結果が大きく変わることについても注意が必要である⁷⁾。

3. 輪島市中心部の定量的な地震火災リスク

筆者は、非常に強い地震動を受けた地域での地震火災に対する消防活動の円滑な実施と火災の確実な小規模化は現実的には難しいと考えている。すなわち、地震火災リスクを軽減することはできても、すぐにはゼロにすることはできない。地震火災への備えを促進するためには、地震火災リスクを数値として評価し、関係者の間で共有することで、地震火災リスクに関する理解を深めることが重要である。

以降では、地震火災リスクを、危険性といった定性的な意味ではなく、地震後の火災には様々なシナリオが考えられ、結果として生じる損失の大きさも様々であるという意味で用いる。例えば、地震に伴って何件の火災がどこで発生するのかを確実に決めることはできないし、風が弱い時なのか強い時なのかも（風向や時間変化も含めて）確実に決めることはできない。このため、不確実性を考慮した確率論的なアプローチによって、損失の大きさ（ここでは、焼失する建物の棟数を考える）とその発生頻度の関係が評価されなければならない。

そこで、2014年に国土交通省の調査検討会⁸⁾から報

告されたF43断層モデルを用いて、輪島市中心部を対象に地震火災リスクの評価を試みた。F43断層モデルのモーメントマグニチュードや震源域は今回の地震のそれに近く、もしF43断層を震源とする地震を想定していたとすれば地震火災リスクはどのように評価されたのか、および、評価結果は今回の地震で実際に発生した火災被害とどのような関係にあるのかを調べておくことは、災害の理解を深める観点からもリスク評価の実践の観点からも重要である。評価はNishino⁹⁾の方法に基づき、(1)地震動強さの空間分布（簡便法を使用）、(2)地震動による建物の構造被害、(3)出火の数と場所、(4)風速と風向、(5)消防隊の火災覚知時間、の5つの要因の不確実性を考慮した3600通りのシナリオを作成し、消防力の実態（ポンプ車の保有数や広幅員道路に隣接する防火水槽の位置）を反映した物理的な延焼シミュレーションを行った。なお、前節で述べた出火モデル自体の不確実性については、1995年の阪神・淡路大震災と2011年の東日本大震災のそれぞれの出火記録を基に作成された2種類の出火モデルをモンテカルロ・シミュレーションの中で均等な回数使用することによって考慮した。

その結果、(1)対象地域における出火件数の期待値は1.13件と評価され、今回の地震の出火件数2件（大火の焼失範囲の近くで別の火災が1件発生し1棟焼損）と概ね対応すること、(2)今回の地震の焼失棟数（約240棟）はリスク評価結果の条件付き超過確率1.7%に相当

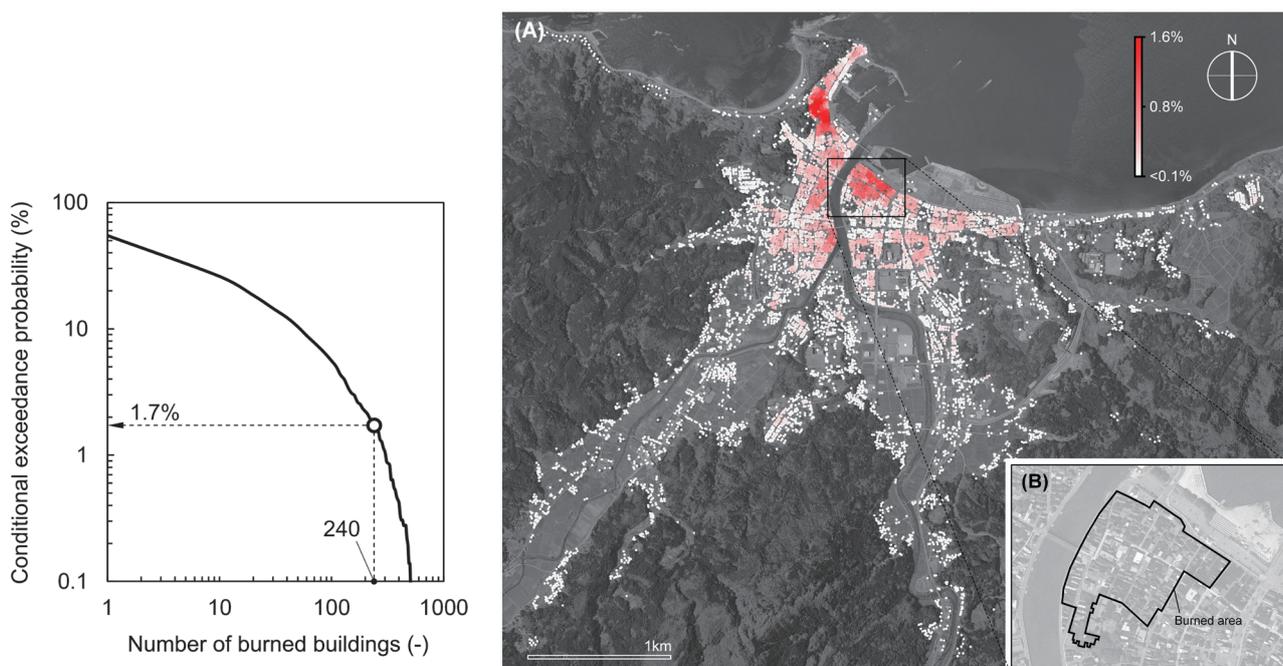


図4 F43断層モデルを用いた輪島市中心部の地震火災リスクの試算結果
 (左)最終的な焼失棟数の超過確率曲線、(右)一棟一棟の建物の焼失確率
 ※日本地震工学会ウェブサイトではカラーで掲載されています。

し、想定されるシナリオの中でも発生頻度は低いが大きな火災被害をもたらすレベルに相当すること(図4左)、(3)焼失確率の相対的に高い建物が集中する範囲がいくつか存在し、今回の地震で焼失した範囲はそれらの一つと概ね対応すること(図4右)が明らかになった。特に、(3)で述べた範囲では、自らの建物で火災が発生しなかったとしても、周辺の建物で発生した火災が拡大し自らの建物に燃え移る可能性が相対的に高いこと、すなわち、延焼火災により建物群が一体的に火災に巻き込まれやすい地域であることを示唆している。これらの結果は、今後、別の地域・別の地震を想定した地震火災リスクの評価結果を読み取る際に大いに参考になると考えられる。なお、現時点では、出火防止対策の効果(例えば、感震ブレーカー等の普及率の変化によるリスクカーブの変化など)を評価できていないが、今後検討する予定である。また、ここでの結果は、使用したデータやモデル、設定した仮定に依存することに注意する必要がある。

4. 最後に、津波火災について

紙面の都合上、ほとんど言及することができなかったが、今回の地震においても、2011年の東日本大震災と同様に、津波の浸水域で火災が発生し延焼火災に発展した事例があることを書き添えておきたい³⁾。すなわち、津波の浸水域においても火災リスクが存在することが今回の地震で裏付けられたことになる。特に、東日本大震災では、津波火災によって津波避難ビルが被害を受けた事例が複数確認されている(例えば、門脇小学校、気仙沼市鹿折地区老人ホーム、気仙沼中央公民館、大槌小学校など)。その中には、津波火災が津波避難ビルの中に延焼したにもかかわらず、津波避難者らは一室で籠城せざるを得なかった事例もある¹²⁾。日本建築学会の若手奨励特別研究委員会¹²⁾では、津波火災に対応した津波避難ビルの火災安全計画のあり方について議論してきた。議論を踏まえて整理された主な考え方は、文献³⁾の最後から2枚目のスライドに掲載されているので、ぜひご覧いただきたい。

参考文献

- 1) 総務省消防庁消防研究センター：令和6年能登半島地震において発生した輪島市大規模火災における消防庁長官の火災原因調査<速報>、2024、https://nrifd.fdma.go.jp/research/saigai_chousa_shien/notohantou_jishin/files/20240215_1.pdf (参照2024-04-30)。
- 2) 国土技術政策総合研究所、建築研究所：令和6年(2024年)能登半島地震による建物等の火災被害調

- 査報告(速報)、2024、<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20240115.pdf> (参照2024-04-30)。
- 3) 西野智研：2024年能登半島地震に伴う地震火災・津波火災について(速報)、2024、https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/contents/wp-content/uploads/2024/01/Nishino_20240122_Fire-following-earthquake-aspects-of-the-2024-Noto-Peninsula-earthquake.pdf (参照2024-04-30)。
 - 4) 総務省消防庁：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<配布資料・参考資料>、2024、https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/post-148.html (参照2024-04-30)。
 - 5) 大規模地震時の電気火災の発生抑制に関する検討会：大規模地震時の電気火災の発生抑制対策の検討と推進について(報告)、2015、https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/denkikasaitaisaku/pdf/guideline_houkoku.pdf (参照2024-04-30)。
 - 6) Sekizawa, A.: Post-earthquake fires and performance of firefighting activity in the early stage in the 1995 Great Hanshin earthquake, *Fire Safety Science*, Vol. 5, pp. 971-982, 1997.
 - 7) Nishino, T.: Post-earthquake fire ignition model uncertainty in regional probabilistic shaking–fire cascading multi-hazard risk assessment: A study of earthquakes in Japan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 98, 104124, 2023.
 - 8) 日本海における大規模地震に関する調査検討会：日本海における大規模地震に関する調査検討会 報告書、2014、https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/ (参照2024-04-30)。
 - 9) Nishino, T.: Probabilistic urban cascading multi-hazard risk assessment methodology for ground shaking and post-earthquake fires, *Natural Hazards*, Vol. 116, pp. 3165-3200, 2023.
 - 10) 構造計画研究所：QUIET+、<https://site.quietplus.kke.co.jp/> (参照2024-04-30)。
 - 11) 国土地理院：空中写真判読による津波浸水域(推定)、2024、https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_oto_earthquake.html#7 (参照2024-04-30)。
 - 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を受賞

将来像検討WGの活動報告 ―日本地震工学会の将来に向けた提案―

津野 靖士 / 奥村 豪悠 / 田尻清太郎 / 徳光 亮一 / 松崎 裕
 ●東京工業大学 准教授 ●竹中工務店 研究主任 ●東京大学 准教授 ●大成建設 主席研究員 ●東京工業大学 准教授
 皆川 佳祐 / 山崎 義弘 / 東 貞成 / 山中 浩明
 ●埼玉工業大学 准教授 ●東京工業大学 准教授 ●電力中央研究所 研究アドバイザー ●東京工業大学 教授

1. はじめに

将来像検討ワーキンググループ（以下、WG）は、2023年8月22日に「日本地震工学会の将来に向けた提案」として、本WGの最終答申を将来構想委員会に提出した。その後、2023年10月13日に開催された第66回理事会において、将来構想委員会から最終報告が提出された。

将来像検討WGは、日本地震工学会（以下、本会）の数年の短期から十数年の長期の将来像を検討することを目的として、中堅の研究者を中心に2020年8月に将来構想委員会の中に設置された。将来像検討WGでは、設置から最終答申提出までの3年間、本会の現状や課題、問題点を洗い出し、あるべき将来像に向けた新たな学会の活動案を検討してきた。本WGによる最終答申の提出後、将来構想委員会は「日本地震工学会の将来に向けた提案」報告書として取り纏め、その報告書が会員ページの“日本地震工学会アーカイブデータ”の箇所に掲載されている¹⁾。本報告は、将来像検討WGの活動と最終答申の概要を会員へ紹介するものである。

2. 将来像検討WGの構成委員と検討項目

将来像検討WGは、表1に示した検討項目の担当者である委員7人と将来構想委員会の委員長（2020～2021年：山中委員長、2022～2023年：東委員長）で構成された。将来構想委員会は、会長、副会長1名、総務理事2名で構成され、3年間の本WGの活動において、2名の副会長（将来構想委員会の委員長）、3名の会長（2020年：中畑会長、2021～2022年：清野会長、2023年：高田会長）、

5名の総務理事が、直接的に本WGの活動に携わった。

将来像検討WGでは、本会の主な活動である（1）年次大会および（2）論文集、（3）会誌・ニュースレター、（4）研究委員会、（5）国際活動、（6）事業企画、（7）会員増への戦略、（8）学会運営の8項目を検討した。但し、学会運営については、本会の総務理事（2020年当時）であった徳光氏がWG委員として担当した。検討項目の現状と課題を整理・検討するに先立ち、数年の短期から十数年の長期において本会に期待するスローガンを項目ごとに掲げ（表1）、そのスローガンの下WG内において新たな活動案を模索した。本提案に関する報告として、2021年5月に開催された本会20周年記念式典にパネルディスカッション「日本地震工学会の将来を考える - 将来像検討WGでの議論から -」、2022年12月に開催された本会大会に口頭発表「将来像検討WG中間報告」を行っている。2020年8月～2021年5月までは本WG委員で本会の現状や課題、新たな活動案等を検討し、その後は、各検討項目の担当理事とヒアリングを実施し、新たな活動案の実行可能性や本会のあるべき将来像について議論を重ね、延べ18回のWGを開催した。

次章では、本WGで整理した現状と課題、本会の新たな活動案の概要を記載している。

3. 日本地震工学会の将来に向けた提案

(1) 年次大会

[現状と課題]

年次大会の参加者数が減少傾向にあり、本会の分野

表1 将来像検討WGの各検討項目とスローガン、担当委員

検討項目	スローガン	担当	所属（開始から提出時）
年次大会・シンポジウム	他学協会・海外との積極的連携	松崎委員	防衛大学校
論文集	論文投稿数増	田尻委員	東京大学
会誌・ニュースレター	会員外への情報発信の強化を	山崎委員	(国研)建築研究所
研究委員会	活性化と会員への還元強化を	津野主査	(公財)鉄道総合技術研究所
国際活動	地震工学の国際的な発展を牽引する学会に	皆川委員	埼玉工業大学
事業企画	本会の特色を活かした横断的な企画を	皆川委員	埼玉工業大学
会員増への戦略	若手と定年退職者に手厚い施策を	奥村委員	(株)竹中工務店
学会運営	柔軟・効率的かつ効果的な学会運営を	徳光委員	大成建設(株)

横断的特徴を維持しながら、参加形式に拘らず多様な議論ができるように年次大会の魅力度をより高める必要がある。また、本学会の会員数も減少傾向になる中で、他学会との連携も念頭に入れつつ、年次大会運営の効率化を図る必要がある。

[提案]

- 実行委員会の常置化による大会運営ノウハウ蓄積、ルーチン化・定型化による運営省力化
- 発表形式(口頭発表・ポスター発表)の選択制導入、ポスター発表におけるフラッシュトークの導入
- オンライン配信、オンデマンド配信の推進
- 国内外の学協会・団体との連携、合同開催

(2) 論文集

[現状と課題]

主所属学会の論文集への投稿が優先される傾向にあること、発刊までの間隔が短くはないこと、特集号の活用頻度が低いことなどが、投稿数が増加しない要因と考えられる。また、英文論文の投稿数が少なく、国際的な発信力が弱い。

[提案]

- 地震被害調査等で本会が主要投稿先となるように投稿呼びかけ、若手研究者に対する海外渡航費支援による調査成果の投稿促進
- 特集号の積極的活用、理事会主導の企画立案
- 査読プロセスの短縮化のための施策
- 英文論文発信の強化、和文論文の英文翻訳数増加、海外研究者への寄稿依頼

(3) 会誌・ニュースレター

[現状と課題]

会誌・ニュースレターは各々年3回の相互発刊であり、会員からすると2ヶ月に1回のペースでどちらかの刊行物が届くため、タイムリーな情報を提供できていると考えられる。会誌は会員のみ配布される一方、ニュースレターは電子媒体のため会員だけでなく会員外でもアクセスできるが、現状ではニュースレターの特性を活かすことができず、会員外である一般向けに情報提供を行うコンテンツが弱い。

[提案]

- 会誌(会員限定)とニュースレター(一般向け)の棲み分けに関して理事会での方針整理
- 会誌特集記事の会員向けわかりやすさの向上
- ニュースレターの一般向け記事の強化(連載講座など)
- アウトリーチ活動に関する専門委員会の設置

(4) 研究委員会

[現状と課題]

研究委員会が行う講習会・シンポジウム、大会・論文集への投稿、学会誌への報告を通じて、研究委員会の成果が会員や社会に還元されている。またそれに伴って、会員増・収益増へ繋がっていると考えられる。しかし、現状では、ある種のルーチンを持った委員会しか活動できていない。ボトムアップ型およびトップダウン型、両方の新規研究委員会が設立される必要がある。

[提案]

- 新規研究委員会の募集アナウンスの強化
- シンポジウム、オーガナイズドセッション等による成果の情報発信および情報共有の強化
- 本会がリードすべき課題に関するトップダウン型委員会の設置
- 情報アーカイブのための研究委員会、常置委員会の設置

(5) 国際活動

[現状と課題]

本会の国際活動を実施している委員会として、国際委員会(IAEE事務局支援委員会)がある。また、イベント開催に合わせて第17回WCEE運営委員会や第6回ESG(表層地盤が地震動に及ぼす影響)国際シンポジウム運営委員会などが設置される。国際委員会では、地震被害調査レポートの英文化、留学生会員へのニュースレター英文記事作成の依頼、留学生会員との交流、英文ウェブサイトの更新などを実施している。しかしながら、外国人会員は2%程度である。また、論文集は英語での投稿も可能であり、すでに論文集に掲載された日本語論文でも翻訳して英文号に掲載できる。一方で、論文集における英語論文の割合は10%以下であり、海外からの投稿はほぼない。

[提案]

- 英文コンテンツ(論文集英文号、ホームページ等)の強化
- 海外の地震工学会と継続的な連携体制の構築
- 留学生帰国後のフォローアップによる各国との連携関係の継続
- アジア西太平洋地域での合同シンポジウムや国際学会等での合同セッション企画

(6) 事業企画

[現状と課題]

本会では、事業企画委員会が主体となり講習会、講

演会、シンポジウム、見学会などを年4～7回実施している。また、調査研究委員会、地震災害対応委員会なども報告会などを企画しており、委員会の活動を会員に還元している。講演会やシンポジウムは100名規模、見学会は数十名規模で参加者が多く、会員同士の交流につながるほか、参加費収入などもある。多くの場合、会員外でも参加でき、本会のPRにもなる(見学会や学術講演会は1～2割程度が会員外)。しかしながら、タイムリーなトピックを扱う場合などは他学会と内容の重複が生じ、参加者が集まりにくい。一般向けに公開講座や出前授業を用意しているが、アピールが弱く、実施が少ない年もある(年0～7件)。

[提案]

- イベントのオンライン化、ハイブリッド化の推進
- 公開講座、出前授業等の広報活動の強化
- より広い分野との交流、分野超越型イベントの企画
- 講演、講習、シンポジウム等のアーカイブ構築

(7) 会員増への戦略

[現状と課題]

近年の入会者数は年間50人前後、退会者は年間80人前後と、会員数としては毎年30人程度(全体の3%程度)が毎年減少している。また、正会員の退会者のうちおよそ半数が60歳以上であり、定年退職に伴う退会者が多数を占めている現状が示唆される。現在、本会の60歳以上の会員は全体の4割程度と年々増加しており、今後は定年退職に伴う退会者数の増加が課題として考えられる。次に、入会者のうち、20代かつ正会員として入会した人数は、2010年前半頃は年間15人程度であったが、2019年には年間2名と若手正会員の入会者が非常に少なくなっている。このことから若手入会者の減少が課題として考えられるとともに、退会者のうち全体の約3割は学生会員であることから学生会員の正会員への定着も課題である。

[提案]

- 実務者に対する本会のプレゼンス向上
- 学会活動の情報を入手可能な無料メール会員の開設
- 学生向けの若手サロン、本会関連企業への就職斡旋活動
- シルバー会員の開設による定年退職者の本会への定着
- 複数学会員を対象としたアソシエイト会員の開設
- 法人会員に対する特典の見直し、展示会での本

会ロビー活動実施

(8) 学会運営

[現状]

本会は会長、副会長を含む20名以内の理事および2名以内の監事により運営され、会長を除くすべての理事は、業務執行理事として学会運営に従事している。また理事の他に2名の専従の事務局員を配置し、外部からの問い合わせや依頼等にもきめ細かく対応できるようにしている。こうした運営体制は、本会の創立初期以降、大きく変わっていない。一方、本会の年間の予算は2000～3000万円で、収入の大半を全会員1000人余の会費に頼っている。限られた予算で今後も大幅な収入増が見込めない中、現在の運営体制を何とか維持し、関係者のご尽力により地震工学シンポジウム、世界地震工学会議(WCEE)等の大規模イベントも主催してきた。こうした本会の学会運営の状況を踏まえ、財政、IT化への対応、理事会および事務局体制等の観点から本会の学会運営における課題を整理し、改善策を提案した。

[提案]

- 大規模イベント開催時の他学会との連携(経費負担含めた共催)
- 理事の業務執行のための新任理事への事業概要説明会の開催
- 広報機能の強化
- 運営管理システムのリニューアル

4. おわりに

本報告では、本会の数年の短期から十数年の長期の将来像を検討した将来像検討WGの活動とその最終答申「日本地震工学会の将来に向けた提案」の概要を紹介した。本WGは、本会の現状や課題、問題点を洗い出し、あるべき将来像に向けた新たな学会の活動案を提案したが、提案の中には、すでに委員会、事務局で検討を進めているものもある。本WGが提出した最終答申には、実行の制約はなく、中堅の研究者を中心として将来の本会に期待することを自由に提案した内容となっているが、会員においては本最終答申を一読して頂き、各担当理事においてはその実行を模索して頂きたいと思う。

今後、本会において新たな課題も浮き彫りになると思われるが、本会の強みである学際的な繋がりから多様なアイデアを持ち寄り、課題を解決していくことで、将来においても本会が持続的に発展することを期待したい。

謝辞

本WGの活動において、2020～2023年の将来構想委員会の委員（委員長は、山中浩明 前副会長、東貞成 副会長）、中埜良昭 前々会長、清野純史 前会長、高田毅士 会長、米澤健次 前々総務理事、西村拓也 前総務理事、小林実央 総務理事、高橋郁夫 総務理事には議論に参加いただき、大変有益なアドバイス等をいただきました。また、検討項目の担当理事であった松島信一 理事、市村強 理事、能島暢呂 理事、鳥澤一晃 理事、久保智弘 理事、松岡昌志 副会長、池田隆明 理事、肥田剛典 理事、西村拓也 理事、米澤健次 理事には、WGヒアリングに参加していただき、現状についてご教示いただくとともに、非常に貴重なご意見等をいただきました。記して、感謝致します。

参考文献

- 1) 日本地震工学会 将来構想委員会：日本地震工学会の将来に向けた提案、日本地震工学会アーカイブデータ、2023.

「津波荷重評価の体系化の心得を取り纏める研究委員会」報告

有川 太郎

●中央大学 教授

1. はじめに

本委員会は、2004年のスマトラ沖地震津波を契機に、津波被害・災害に対する軽減策を検討する委員会として2005年に立ち上がった。2024年までで19年ほど続いており、その変遷は

- ▶ 第1期：津波災害の軽減方策に関する研究委員会（2005.8～2008.5, 委員長 松富英夫）
- ▶ 第2期：津波災害の実務的な軽減方策に関する研究委員会（2008.6～2011.5, 委員長 松富英夫）
- ▶ 第3期：津波対策とその指針に関する研究委員会（2011.6～2014.5, 委員長 松富英夫）
- ▶ 第4期：各種構造物の津波荷重の体系化に関する研究委員会（2015.6～2019.5, 委員長 有川太郎）
- ▶ 第5期：津波荷重の評価技術と体系化の心得に関する研究委員会（2019.6～2022.5, 委員長 有川太郎）
- ▶ 第6期：津波荷重評価の体系化の心得を取り纏める研究委員会（2022.6～2025.5, 委員長 有川太郎）となる。第6期では、取りまとめることを目指す。

表1 研究委員会メンバ

氏名	所属
有川 太郎(委員長)	中央大学
木原 直人(幹事)	電力中央研究所
浅井 竜也	東京大学
池谷 毅	東京海洋大学
井上 修作	竹中工務店
大家 隆行	パシフィックコンサルタンツ
奥田 泰雄	摂南大学(前 建築研究所)
奥野 峻也	構造計画研究所
嶋原 良典(副委員長)	防衛大学
庄司 学	筑波大学
館野 公一	鹿島建設
中埜 良昭	東京大学
長谷部 雅伸(副委員長)	清水建設
松富 英夫	秋田大学
松川 和人(新規)	東京大学
渡部 真史	南洋工科大学

2. 活動内容

これまでの活動内容では、2022年度に、17 WCEE (17th World Conference on Earthquake Engineering, 2021年10月2日)において実施した津波遡上および作用の評価に関するブラインドコンテストの成果をホームページ上に公開した。(https://sites.google.com/view/wcee2019)

2023年度は、定例委員会を5月、8月、1月に開催した。8月では、大阪産業大学の水谷夏樹教授に、津波先端、特に壁面との接触時の水理現象について講義をいただいた。また、離島における津波防災は難しいものがあり、毎年離島における津波痕跡に対する巡検を行っているが、1月では、2024年1月19日から21日に八丈島に行った。2023年10月5日に鳥海近海（八丈島の南370km付近）で発生したM6.5の地震に伴って津波注意報が発表され、八丈島の八重根(図1)で0.3mの津波が観測されている¹⁾。この計測器が設置されている場所は、漁港²⁾のなかであり、津波の水位が全体的に上昇し、0.3mを記録したと考えられるため、局所的には、1.0m程度の津波は来襲していた可能性も考えられた。他方、八丈島の中心部は、図2で示すように、山と山の間の平坦な場所にある。



図1 八丈島の八重根漁港にある験潮所



図2 八丈島の中心部(山と山に囲まれた平野部に位置している)

高い建物も少ないことから、大きな津波が来襲した場合には、かなり逃げにくい状態ではないかと想像された。図3に、避難場所地図を示す。沿岸部からかなり遠い場所に避難場所が設定されていることから、津波来襲時には、車で避難することが前提となっている様子がうかがえる。その場合、渋滞が懸念され、避難の実行可能性などを今後よく考えていく必要があるのではないかと考えられた。また、観光客に対しては情報も少ないことから逃げにくい状態となっている。このような脆弱性についてより深く議論する必要がある。



図3 八丈島の津波避難情報

3. 体系化の心得の取りまとめに向けて

取りまとめていくにあたり、

(1) 津波波力の基礎・歴史・定義WG

鳴原(主査)、奥田(副査)、中埜、庄司、渡部

(2) 津波波力(先端部)WG

大家(主査)、木原(副査)、有川、長谷部、浅井

(3) 津波波力(非先端部)WG

奥野(主査)、池谷(副査)、松富、館野、井上

の3つのWGに分かれて、焦点を絞って議論を行うこととなった。特に、先端部と非先端部をどこで線引きするのか、そもそも先端部の定義とは何かというような部分があいまいであり、その点について議論を深めている。

先端部で生じやすい衝撃波圧は、ばらつきも大きく、また、極端に大きな値がでることもあるため、設計、構造物応答で力積を考慮した評価があると使いやすいなどの意見がでたものの、力積まで載せている研究は少なく、現時点ではまとめるのが難しいと考えられることから、それぞれの技術レベルについて、明確にしていくことが一つの目標となる。

津波波力の議論を行う団体は少なく、うまくとりまとめるとともに、次の世代への引継ぎも重要な課題であり、しっかりと役割を果たしていきたい。

参考文献

- 1) 尾鼻浩一郎: 2023年10月の鳥島近海の地震活動と、地震規模に比べて大きかった津波について、研究者コラム、JAMSTEC BASE、2023.10.30、
<https://www.jamstec.go.jp/j/pr/topics/column-20231030/>
(参照2024-05-15)
- 2) 八重根漁港、東京都ホームページ
<https://www.soumu.metro.tokyo.lg.jp/09hatijou/d/d-yaenegyokou/d-yaenekou.html> (参照2024-05-15)

地震による倒壊家屋からの救助訓練プログラムに関する研究委員会2023年度活動報告

小山 真紀

●岐阜大学環境社会共生体研究センター 准教授

1. はじめに

2016年に発生した熊本地震は、近年の地震では倒壊家屋による死者数が1995年の阪神・淡路大震災に次ぐ地震であり、倒壊家屋からの救助活動と救助現場の詳細が緻密に調査された初めての地震であった¹⁾。本研究委員会は、消防・警察等の専門部隊向けの救助訓練プログラムに加え、地域住民向けの救助訓練プログラムについても検討、開発を行うことを目的として2021年6月に設置され、本年度は3年目の活動となる。

本研究委員会の活動については下記のサイトを参照されたい。

<https://www.jaee.gr.jp/research/research18/>

2. 委員会活動

本研究委員会では、救助訓練プログラム開発に係る研究についての意見交換と実装について、概ね1ヶ月に1回の定例研究会を開催している。本年度の研究委員会は以下の通りである。

- 第1回 (2023/4/28)
- 第2回 (2023/5/30)
- 第3回 (2023/7/4)
- 第4回 (2023/9/5)
- 第5回 (2023/10/24)
- 第16回日本地震工学シンポジウムにおいてオーガナイズドセッション開催 (2023/11/24)
- 第6回 (2023/11/24)
- 第7回 (2024/1/19)
- 札幌市消防局・国際緊急援助隊救助チーム医療班 厳冬期活動実証実験視察 (2024/2/17-18)
- 第8回 (2024/2/20)

これまでの研究委員会の成果を踏まえ、救助訓練プログラムの書籍化について議論されており、現在出版社と調整中である。

また、2024年1月1日の能登半島地震で、熊本地震以上の倒壊家屋が発生した。熊本地震では1回目の震度7の地震(4月14日21時26分)を受けて救助部隊が多数現地入りし、2回目の震度7の地震(4月16日1時25分)の前には、外部からの救助部隊が多数活動を行っていた。本研究委員会では、熊本地震における活動状況を踏まえて救助訓練プログラムの検討を行ってきたが、能登

半島地震では救助部隊が被災地域に入ることが難しく、救助活動の多くがその地域にいた方で行われたという状況であった。そのため、本委員会でも能登半島地震を踏まえた訓練プログラムを提案する必要があるということが指摘され、2024年度も委員会活動を延長し、能登半島地震における救助実態調査を行うこととした。

2021年の研究委員会設置以来、これまで、救助実務者との1年に1回の勉強会を継続的に開催している。本年度は2023年11月24日に開催された第16回日本地震工学シンポジウムにおいて、「OS9 災害対応訓練のあり方に関する検討」を開催した。

オーガナイズドセッションでは口頭発表10件、ポスター発表3件の発表がなされた。口頭発表セッションは第一部として明石市消防局の吉岡利征氏に「兵庫県下消防における震災時の自助・共助・公助に関する指針整備の試み～倒壊木造建物への対応力向上を目指して～」として基調講演をいただき、同消防局の中村昇一氏から「地震による倒壊建物内の要救助者の挟圧解除に関する研究－要救助者の下部を破壊する手法の有効性に関する検討－」、本委員会委員の日本医科大学の阪本太吾氏から「地震で倒壊した建物によって身体が受傷する障害と災害対応訓練における医療と多方面の理解・協働の必要性」について発表いただいた。これを受けて災害対応訓練のあり方に関する検討に関するパネルディスカッションを行った(モデレーター: 小山真紀、パネリスト: 吉岡利征、中村昇一、阪本太吾、宮里直也、加古嘉信、吉村晶子)。第二部では一般発表7件がなされ、活発な意見交換がなされた。基調講演の様子を図1に、パネルディスカッションの様子を図2に示す。



図1 基調講演の様子(録画映像より)



図2 パネルディスカッションの様子

ポスター発表を除いた本オーガナイズドセッションの口頭発表全10件のうち8件が委員会関係者の発表であり、これまでの研究活動の成果が報告された^{2),9)}。

3. 札幌市消防局・国際緊急援助隊救助チーム医療班厳冬期活動実証実験視察

2024年2月17日から18日にかけて、札幌市消防局・国際緊急援助隊救助チーム医療班による厳冬期活動実証実験が行われ、本研究委員会の有志で視察を行った。要救助者の設定そのものは海外における鉄筋コンクリート構造物内の閉じ込め者を想定したものであったが、積雪のある状況での安全確保、ショアリング(氷柱の考慮、ショアリングの安定化など)で検討すべきことなどの知見が明らかになった。また、救助活動時の除雪の必要性などについての意見交換を行った。



図3 積雪時のショアリングの様子

4. 今後の活動

本来の本研究委員会の活動期間は2023年度までであったが、上述した通り、2024年元日に発生した能登半島地震を受け、1年間の延長を行う。2024年度は能登半島地震における救助活動調査および書籍の出版に向けた準備を進める予定である。

参考文献

- 1) 警察庁：熊本地震における警察の救助活動に関する調査分析、2017.
- 2) 吉岡利征・山根寛隆・中村昇一・印南千尋・宮里直也・加古嘉信：兵庫県下消防における震災時の自助・共助・公助に関する指針整備の試み～倒壊木造建物への対応力向上を目指して～、第16回日本地震工学シンポジウム、G414-01、2023.
- 3) 中村昇一・吉岡利征・山根寛隆・印南千尋・宮里直也・加古嘉信：地震による倒壊建物内の要救助者の挟圧解除に関する研究－要救助者の下部を破壊する手法の有効性に関する検討－、第16回日本地震工学シンポジウム、G414-02、2023.
- 4) 阪本太吾・加古嘉信・中島康・小山真紀・井上潤一・久野将宗・横堀将司：地震で倒壊した建物によって身体が受傷する障害と災害対応訓練における医療と多方面の理解・協働の必要性、第16回日本地震工学シンポジウム、G414-03、2023.
- 5) 四井早紀・片寄圭一郎・村上ひとみ・中嶋唯貴・小山真紀：1995年兵庫県南部地震と2016年熊本地震を対象とした救助専門部隊と地域住民との救助活動の比較分析、第16回日本地震工学シンポジウム、G414-06、2023.
- 6) 片寄圭一郎・小山真紀・四井早紀・村上ひとみ・中嶋唯貴：阪神・淡路大震災の調査に基づく住民による救助時間モデルの構築、第16回日本地震工学シンポジウム、G414-07、2023.
- 7) 伊藤映美・片岡克己・沼田宗純：市民向け救助・救護トレーニングプログラムの開発と効果測定の基礎的検討、第16回日本地震工学シンポジウム、G414-08、2023.
- 8) 片寄圭一郎・小山真紀：一般住民を対象とした地震被災家屋からの救出訓練の実施に関する調査、第16回日本地震工学シンポジウム、G414-09、2023.
- 9) 印南千尋・宮里直也・岡田章・廣石秀造・鴛海昂・加古嘉信・吉岡利征：一般住民を対象とした地震被災家屋からの救出訓練の実施に関する調査、第16回日本地震工学シンポジウム、G414-10、2023.

地震を解き明かすワークショップの開催報告

井上 和真

●群馬高等専門学校 准教授

／高瀬 裕也

●室蘭工業大学 教授

1. はじめに

横浜サイエンスフロンティア高等学校（以下、YSFH）は、横浜市鶴見区にある横浜市立の全日制理数科高校である。2009年に高校が開校し、2017年には附属中学校が開校している。文部科学省よりスーパーサイエンスハイスクールやスーパーグローバルハイスクールなどに、横浜市教育委員会からは、進学指導重点校に指定されるなど、YSFHでは理数科目に重点を置いた教育が実施されている。

日本地震工学会（以下、本学会）の事業企画委員会では、YSFHの生徒を対象に「地震を解き明かすワークショップ」を開催した。本稿では、この実施内容を報告する。

2. 実施概要

表1に本ワークショップの実施概要を示す。表1に示す通り、本学会からは8名の委員が対応し、YSFHからは33名の生徒が参加した。当日のプログラムは以下の通りである。

【プログラム】

13：00～14：00 講義

全体説明（井上委員長）

防災科学技術研究所の取組とE-ディフェンスを活用した研究開発（田端委員）

鉄道分野における地震防災の研究開発（森脇委員）

表1 ワークショップの実施概要

実施日	令和6年3月12日
場 所	横浜サイエンスフロンティア高等学校
参加人数 (YSFH)	高校生・中学生 33名 教員 5名
事業企画委員会の対応委員	委員長 井上 和真（群馬高専） 副委員長 高瀬 裕也（室蘭工業大学） 委 員 王 欣（足利大学） 加藤 一紀（大林組） 田端 憲太郎（防災科研） 森脇 美沙（鉄道総研） 山本 健史（戸田建設） 山田 岳峰（鹿島建設）

群馬高専：群馬工業高等専門学校、防災科研：防災科学技術研究所、鉄道総研：鉄道総合技術研究所

14：10～15：00 ワークショップ

建築：建物の振動理論と実験

土木：液状化の理論と実験

上記の通り、参加生徒全員を対象に、講義が行われたあと、建築と土木の興味ある方に生徒がグループ分けされ、それぞれワークショップが行われた。

3. 各プログラムの実施内容

(1) 講義（地震の基礎・基本・研究事例）

写真1に講義の状況を示す。はじめに井上委員長より、本学会の概要が説明され、その後、高校で習う物理・数学が地震応答（耐震設計）や斜面崩壊など、地震工学分野の現象を説明するのに必要であることが説明された。さらに、1995年の阪神・淡路大震災から令和6年能登半島地震までの建物被害の状況や液状化被害が紹介され、本ワークショップを実施する意義が説明された。（写真1(a)）

続いて田端委員より、防災科学技術研究所の観測網やE-ディフェンスなどの実験施設を活用した研究開発のほか、自然現象が社会で起きた時に災害になり、予測・予防・回復を組合わせた防災が重要であることなどが説明された。（写真1(c)）



(a) 井上委員長の説明



(b) 会場の全景



(c) 田端委員の説明



(d) 森脇委員の説明

写真1 講義の状況

その後森脇委員より、過去に起きた地震による鉄道被害、鉄道総合技術研究所の活動、ハード対策とソフト対策の両方が重要であること、またP波とS波の速度の違いを利用して早期地震警報を開発し、これが緊急地震速報にも応用されていることなどが説明された。(写真1(d))

最後に、質疑応答の時間を設け、「E-ディフェンスでは震度いくつまで再現可能か」、「耐震補強建物のブレースは何故V字形か」などの質問があった。

(2) 建物の振動理論と実験

写真2に模型建物の振動実験の状況を示す。

本グループでは、名古屋大学福和研究室で考案された「紙ぶるる」と「電動ぶるる」¹⁾を使用した。はじめに、写真2(a)に示すように、生徒に紙ぶるるの模型を製作してもらい、その後、王委員より建築構造の静的な力学と振動学の違いをはじめ、運動方程式の構築と建物の固有周期や減衰、共振現象について説明された。(写真2(b))

また、電動ぶるるを用いて入力振動の周期が4層模型の振動モード別の応答にどのように影響するかが理解できるよう、デモ実験が実施された。

予定の時間を終えた後も、電動ぶるるのまわりに数名の学生が集まり、参加委員と地震や防災について活発に議論されていた。



(a) 紙ぶるるの作成

(b) 王委員の説明

写真2 紙模型(紙ぶるる)実験の様子

(3) 液状化の理論と実験

写真3に液状化実験の状況を示す。

本グループでは、防災科学技術研究所考案の「エッキー」²⁾を参考に、ペットボトルに飽和状態の珪砂と消しゴム片とボルトを入れた実験を実施した。はじめに加藤委員より液状化現象によって生じる被害と、そのメカニズムについて説明された(写真3(a))。乾燥状態の珪砂の入ったペットボトルを用いて、緩く堆積した砂が振動によって体積変化を起こす様子と、摩擦則を絡めて水圧上昇によって有効応力が減少することで生じる現象が説明された。続いて写真3(b)に示すよう

に、ペットボトルを用いて簡易的な液状化実験を実施し、中の砂や、消しゴム片、ボルトの挙動を観察してもらった。ペットボトルをひっくり返すことで何度も実験できることもあり、繰り返し液状化実験をする様子が見られた。中には液状化前後の地盤の高さを定規で計測している学生もおり、実験に対する同校の教育レベルの高さに驚かされた。

講義後も液状化対策や設計法に関する質疑がなされ、学生の好奇心の高さがうかがえた。



(a) 加藤委員の説明

(b) 実験状況

写真3 液状化実験の様子

4. おわりに

大規模な被害地震が多く発生する日本において、地震工学を専門とする技術者・研究者の育成は極めて重要な課題である。少子化が進むなか、如何にして中高生に地震工学に興味を持ってもらえるかは、本学会が目指す方針とも一致すると考えている。この観点において、大学で専門教育を学ぶ前の高校生や中学生を対象に、本委員会においてワークショップを開催でき、多くの生徒に地震工学に興味を持ってもらえたことは、大変有意義な活動であったと感じている。今後も、このような活動を継続し、将来、地震工学分野に進む生徒が増えることを期待している。

謝辞

この度、貴重な機会を与えていただきましたYSFHの田川貴章先生・利根川翔先生に心から感謝申し上げます。また、電動ぶるるをお貸しいただいた戸田建設様をはじめ、本ワークショップにご協力いただきました委員の皆さまに、厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 名古屋大学福和研究室: ぶるるくんのじこしょうかい、<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/data/laboFT/bururu/index.htm> (参照2024-3-14)
- 2) 防災科学技術研究所: 感性でとらえる地盤液状化の科学おもちゃエッキー、<https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/pdf/ecky2nded.pdf>(参照2024-5-23)

久保 哲夫先生を偲んで

田尻 清太郎

●東京大学大学院工学系研究科 准教授

本会の会長（2010年6月～2011年5月）を務められた久保哲夫先生（東京大学名誉教授）が本年2月21日に76歳でご逝去されました。ここに謹んで久保先生のご冥福をお祈り申し上げます。

久保先生は東京大学入学後、1968～1969年の東大紛争の最中に学部時代を過ごされたことをよくお話しされていました。1971年に東京大学を卒業、1973年に同大学院修士課程を修了、博士課程へ進学されました。1975～1976年の1年間、カリフォルニア大学バークレー校地震工学研究所の研究助手を務められ、1977年に博士課程を修了、工学博士の学位を取得されました。その後、東京大学工学部助手を2年間務められた後、1979年から建設省建築研究所（第3研究部／国際地震工学部）研究員、主任研究員を務められました。1983年に名古屋工業大学工学部助教授として着任、1993年に教授に昇任されました。その傍ら、1998～2004年の間、理化学研究所（のち防災科学技術研究所）地震防災フロンティア研究センターチームリーダーを務められました。2003年に東京大学大学院工学系研究科教授として着任され、2012年のご退職まで教育研究活動に携わられました。その後は、（一財）日本建築防災協会耐震改修支援センター センター長、（一財）日本建築センター建築技術研究所 所長などを本年まで務められました。この他、文科省地震調査委員会強震動評価部会委員、国交省社会資本整備審議会委員・同建築分科会会長なども務められました。

久保先生は建築構造学分野において、主として強震動特性の評価や鉄筋コンクリート構造の耐震構造工学について、幅広く研究、教育に携わられました。

強震動特性評価に関しては、カリフォルニア大学バークレー校のJ. Penzien教授の指導を受け、地震動の主軸方向とその特性に着目した三次元地震動の模擬モデルの作成手法を提案されました。また、強震動波形の位相が有する情報は何かとの疑問を端緒に研究を進められ、位相特性が時間軸に沿う地震動の強度分布に与える影響を明らかにされました。さらに、強震動記録に認められる周波数成分の非定常性に着目し、それが建物の地震時の弾塑性応答を成長させる機構の解明に努められるなど、地震動特性から建築物の地震時挙動まで幅広く研究成果を挙げられました。

鉄筋コンクリート構造の耐震構造工学の分野では、連層耐震壁架構の弾塑性応答、2方向地震入力時の建物の弾塑性応答、降伏機構保証設計、履歴消費エネルギーと応答の関係などの研究に取り組み、我が国の鉄筋コンクリート造建物の耐震設計の向上に大きく貢献されています。



東京大学在職時（2006.3）

また、1995年阪神・淡路大震災を機に設置された地震防災フロンティア研究センターにおいて、都市構造物の地震時破壊機構と都市の脆弱性評価に関する研究チームのリーダーを担い、地震の発生、地盤における波動の伝播と増幅、地盤から構造物への地震動入力、入力地震動に対する構造物の応答を一貫して捉えた、地震に対する都市構造物の脆弱性評価手法の開発に成果を挙げられました。

原子力発電施設の耐震設計の発展および安全性確保のための技術指針等の作成にも尽力され、日本電気協会の耐震設計分科会 会長なども歴任されました。

大学を退職された後も、ご逝去される直前まで、（一財）日本建築防災協会耐震改修支援センター センター長、（一財）日本建築センター建築技術研究所 所長などの要職を務められ、我が国の建築物の地震防災に大きな貢献を果たされました。

筆者が久保先生に初めてお会いしたのは、先生が東京大学に着任された2003年でした。私は在学中で、それ以来、現在に至るまで多大なご指導を賜るとともに、いつも気に掛けていただきました。つい昨年末まで先生の委員会で毎月ご一緒させていただき、先生の精力的なお姿を目の当たりにしていただけに、突然の訃報にただ驚き悲しむとともに、ご活躍中のご逝去まことに残念でなりません。いまはただ、心からご冥福をお祈りいたします。



行事

本会主催・共催による行事

2023年4月1日～2024年3月31日

日程	行事名	
2023年10月12日	淑徳与野高校エンカレッジ講座	主催
2023年10月16日	E-ディフェンス「コンクリートブロック塀耐震性能の検証実験見学会」	主催
2023年11月3日	日本地震学会 2023 年度秋季大会一般公開セミナー	共催
2023年11月23日～25日	第16回日本地震工学シンポジウム (16JEES)	共催
2023年11月28日	日本地震学会「強震動予測－その基礎と応用」第22回講習会	共催
2024年1月9日	令和6年能登半島地震(M7.6)に関する速報会	共催
2024年2月8日～2月9日	第28回震災対策技術展・学会展示	主催
2024年2月9日	第14回震災予防講演会「地震災害と津波災害を考える」	主催
2024年3月6日	令和6年能登半島地震調査報告会	共催
2024年3月12日	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校「地震を解き明かすワークショップ」	主催

後援・協賛による行事

2023年4月1日～

2023年5月1日	地震防災研究会 特別講演会	後援
2023年6月16日	日本地震学会 2023年度第1回特別シンポジウム	協賛
2023年7月25日～10月12日	2023年度計算力学技術者(CAE技術者)資格認定事業	協賛
2023年8月12日	第7回日本原子力学会シンポジウム	協賛
2023年8月20日～9月10日	関東大震災100年・第11回首都防災ウィーク	後援
2023年8月30日～31日、 9月6日～7日	計算力学の基礎～有限要素解析の論理的把握がもたらす製品信頼性向上～	後援
2023年9月7日～8日	第43回地震工学研究発表会	後援
2023年11月14日	改定講習会「鉄筋コンクリート造建物の等価線形化法に基づく耐震性能評価型設計指針」	後援
2024年1月24日	地震防災フォーラム2023	協賛
2024年2月8日～2月9日	第28回震災対策技術展	後援
2024年5月26日～31日	日本地球惑星科学連合2024年大会	協賛
2024年6月26日～6月28日	安全工学シンポジウム2024	協賛
2024年6月28日	講習会「建物と地盤の動的相互作用の現象と解析」	後援
2024年8月5日～8日	第17回「運動と振動の制御」国際会議(MoViC2024)&第20回アジア太平洋振動会議(APVC2024)	協賛
2024年11月20日～21日	先進建設・防災・減災技術フェアin 熊本2024	後援
2024年11月28日～29日	第12回中部ライフガードTEC2024	協賛



会員・役員の状況

(1) 会員数 (2024年5月21日現在)

名誉会員	41
正会員	956
学生会員	61
法人会員	104

新入会者 (2023年6月16日～2024年5月21日までに承認の方)

正会員：

飯田 朋美 小堀鐸二研究所
 大塚 悠里 国立研究開発法人 建築研究所
 奥 達哉 東芝エネルギーシステムズ株式会社
 稲垣 太浩 中日本高速道路株式会社 岐阜工事事務所
 田島 礼子 原子力規制委員会
 八谷 大岳 和歌山大学
 阪本真由美 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科
 阪本 太吾 日本医科大学多摩永山病院
 土肥 裕史 国立研究開発法人防災科学技術研究所
 本多顕治郎 株式会社エーバイシー
 芝崎文一郎 国立研究開発法人建築研究所
 Trivedi Shubham Arup
 陳 引力 東京理科大学
 大村 浩之 防災科学技術研究所
 田内 雄司 地震学の間違いを公にする会
 富澤 徹弥 学校法人明治大学 生田キャンパス
 渡井 一樹 株式会社竹中工務店
 久家 英夫 株式会社竹中工務店
 佐竹 浄彦 東友エンジニアリング株式会社
 西本 昌 大成建設技術センター
 東 秀星 エム・アール・アイ リサーチアソシエイツ株式会社
 吉田 祐一 消防研究センター
 栗間 淳 東京大学生産技術研究所
 豊田 毅仁 東芝エネルギーシステムズ株式会社
 原口 晃一 株式会社セレス

学生会員：

大室 秀樹 神戸大学大学院工学研究科
 江川 慶大 大阪公立大学
 難波 宗功 京都大学生存圏研究所
 中野 結衣 神戸大学大学院
 林 郁峰 National Taiwan University of Science and Technology
 張 叶橋 東京大学
 梶山 瑞生 大阪電気通信大学
 松本 雄馬 東京大学
 溝淵 陸大 慶應義塾大学大学院
 Thinzar Yadanar 京都大学
 野口 朗 岡山大学大学院
 ガンバト ニヤム 電気通信大学
 フー
 坂本 すず 神戸大学
 橋本 真奈 神戸大学
 Sharafi Qudratullah 豊橋技術科学大学

法人会員：

一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所
 一般財団法人 徳和次世代研究所
 株式会社防災ログ

(2) 名誉会員 (2024年5月21日現在) 五十音順

青山 博之	家村 浩和	石原 研而	和泉 正哲	井上 範夫	入倉孝次郎	岩崎 敏男
大町 達夫	岡田 恒男	小谷 俊介	片山 恒雄	壁谷澤寿海	川島 一彦	河村 壮一
北川 良和	北村 春幸	工藤 一嘉	國生 剛治	後藤 洋三	小長井一男	坂本 功
笹谷 努	柴田 明德	鈴木 浩平	鈴木 祥之	高田 至郎	武村 雅之	土岐 憲三
伯野 元彦	濱田 政則	原 文雄	平田 和太	翠川 三郎	源栄 正人	安田 進
山崎 文雄	吉田 望	吉見 吉昭	芳村 学	若松加寿江	和田 章	渡辺 孝英

(3) 法人会員 (2024年5月21日現在) ご入会順

【特級】	中国電力株式会社	東北電力株式会社
大成建設株式会社	東京ガスネットワーク株式会社	株式会社構造計画研究所
清水建設株式会社	株式会社 I H I	北海道電力株式会社
鹿島建設株式会社	株式会社エイト日本技術開発	公益社団法人日本水道協会
【A級】	日本工営株式会社	株式会社三菱地所設計
一般社団法人日本建築学会	株式会社長谷工コーポレーション	株式会社 N T T ファシリティーズ
株式会社熊谷組	大阪ガスネットワーク株式会社	株式会社安藤・間
株式会社フジタ	株式会社勝島製作所	日本原燃株式会社
株式会社大林組	【C級】	株式会社アーク情報システム
株式会社竹中工務店	五洋建設株式会社	サンシステムサプライ株式会社
戸田建設株式会社	一般社団法人静岡県建築士事務所協会	株式会社日本構造橋梁研究所
電源開発株式会社	一般財団法人日本建築設備・昇降機センター	株式会社クボタケミックス
東日本高速道路株式会社	東洋建設株式会社	株式会社東京測振
エグジビジョン テクノロジーズ株式会社	一般社団法人日本建築構造技術者協会	大阪ガス株式会社
公益財団法人 鉄道総合技術研究所	東急建設株式会社	株式会社ブリヂストン
大日本ダイヤコンサルタント株式会社	一般社団法人 構造調査コンサルティング協会	西日本旅客鉄道株式会社
【B級】	中部電力株式会社	株式会社小堀鐸二研究所
一般財団法人日本建築防災協会	日本原子力発電株式会社	オイレス工業株式会社
東京鉄鋼株式会社	一般財団法人国土技術研究センター	株式会社 オリエンタルコンサルタンツ
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	東邦ガスネットワーク株式会社	西部ガス株式会社
東亜建設工業株式会社	一般財団法人 電力中央研究所	京葉ガス株式会社
一般社団法人 プレハブ建築協会	一般財団法人 GRI 財団	三谷セキサン株式会社
株式会社 ニュージェック	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	みらい建設工業株式会社
飛鳥建設株式会社	株式会社 システムアンドデータリサーチ	配水用ポリエチレンパイプシステム協会
東京電力ホールディングス株式会社	一般財団法人 日本建築総合試験所	株式会社 不動テトラ
株式会社 建設技術研究所大阪本社	株式会社 福田組	S W C C 株式会社
国土交通省 国土技術政策総合研究所	株式会社 安井建築設計事務所	株式会社 ミエルカ防災
中央復建コンサルタンツ株式会社	伊藤忠テクノソリューションズ株式会社	株式会社 四国総合研究所
東電設計株式会社	株式会社 日建設計	株式会社 浅沼組
株式会社 長大	株式会社 篠塚研究所	西日本技術開発株式会社
危険物保安技術協会	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所	株式会社 オルテック
株式会社 東京建築研究所	株式会社 阪神コンサルタンツ	株式会社 フソウ
損害保険料率算出機構	一般社団法人 日本ガス協会	株式会社 塚本
九州電力株式会社	一般社団法人 日本免震構造協会	一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所
東日本旅客鉄道株式会社	北陸電力株式会社	一般財団法人 徳和次世代研究所
白山工業株式会社	株式会社 大崎総合研究所	株式会社 防災ログ

(4) 2024 年度 役員一覧

会長	高田 毅士	日本原子力研究開発機構
副会長	※大堀 道広	滋賀県立大学
副会長	中村いずみ	東京都市大学
副会長	年縄 巧	明星大学
理事(総務)	高橋 郁夫	防災科学技術研究所
理事(総務・会員)	※本多 剛	竹中工務店
理事(会計/会員)	前川 晃	大阪産業大学
理事(会計)	※渡邊 和明	大成建設
理事(情報/広報)	※隈本 邦彦	江戸川大学
理事(情報/IC)	※上田 遼	トーマツ
理事(情報/会誌)	皆川 佳祐	埼玉工業大学
理事(学術・調査研究/国際)	阿部 慶太	日本大学
理事(学術・調査研究/論文)	向井 洋一	神戸大学
理事(事業/大会)	中嶋 唯貴	北海道大学
理事(事業/大会)	※丸山 喜久	千葉大学
理事(事業/企画・調査研究)	高瀬 裕也	室蘭工業大学
理事(事業/企画)	※上田 恭平	京都大学
理事(地震災害対応)	※吉見 雅行	産業技術総合研究所
監事	永野 正行	東京理科大学
監事	室野 剛隆	鉄道総合技術研究所

無印：就任 令和5年5月23日

※：就任 令和6年5月21日

(5) 2024 年度 委員会 及び 研究委員会

将来構想委員会	委員長 大堀 道広	副会長・滋賀県立大学
地震災害対応委員会	委員長 吉見 雅行	理事・産業技術総合研究所
地震被害調査関連学会連絡会	委員長 吉見 雅行	理事・産業技術総合研究所
情報コミュニケーション委員会	委員長 上田 遼	理事・トーマツ
会誌編集委員会	委員長 皆川 佳祐	理事・埼玉工業大学
国際委員会	委員長 阿部 慶太	理事・日本大学
I A E E 事務局支援委員会	委員長 阿部 慶太	理事・日本大学
大会実行委員会	委員長 中嶋 唯貴	理事・北海道大学
研究統括委員会	委員長 年縄 巧	副会長・明星大学
・地震による倒壊家屋からの救助訓練プログラムに関する研究委員会	委員長 小山 真紀	岐阜大学
・津波荷重評価の体系化の心得を取り纏める研究委員会	委員長 有川 太郎	中央大学
論文集編集委員会	委員長 向井 洋一	理事・神戸大学
特集号「第16回日本地震工学シンポジウム」	委員長 永野 正行	東京理科大学
OS1：特集号「第16回日本地震工学シンポジウム 免震・制振」	委員長 小林 正人	明治大学
OS3：特集号「地震時の盛土被害に関する調査・設計・点検・対策方法」	委員長 安田 進	東京電機大学
OS9：特集号「災害対応訓練のあり方に関する検討」	委員長 小山 真紀	岐阜大学
事業企画委員会	委員長 高瀬 裕也	理事・室蘭工業大学
功績賞選考委員会	委員長 高田 毅士	会長・日本原子力研究開発機構
功労賞選考委員会	委員長 高田 毅士	会長・日本原子力研究開発機構
論文賞選考委員会	委員長 年縄 巧	副会長・明星大学
論文奨励賞選考委員会	委員長 向井 洋一	理事・神戸大学
優秀発表賞選考委員会	委員長 中嶋 唯貴	理事・北海道大学
名誉会員選考委員会	委員長 高田 毅士	会長・日本原子力研究開発機構
選挙管理委員会	委員長 渡邊 和明	理事・大成建設
役員候補者推薦委員会	委員長 年縄 巧	副会長・明星大学



出版物在庫状況

刊行図書

2024.05.08現在

刊行日	題名	在庫	頒布価格(税込み)		
			会員	非会員	学生会員
2006.06.20	性能規定型耐震設計現状と課題(性能規定型耐震設計研究委員会編/鹿島出版会)	○	¥3,520	¥3,520	¥3,520
2014.03.01	東日本大震災合同調査報告 共通編1 地震・地震動(日本地震工学会発行/丸善出版発売)	○	¥6,600	¥8,800	¥6,600
2015.01.15	東日本大震災合同調査報告 原子力編(日本地震工学会発行/丸善出版発売)	○	¥7,700	¥9,900	¥7,700

資料集・報告書

2001.05.29	エルサルバドル地震・インド西部地震講演会	△	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2003.01.31	第7回震災対策技術展「地震調査研究の地震防災への活用」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2003.02.07	第7回震災対策技術展「第2回国土セイフティネットシンポジウム-広域・高密度リアルタイム地震ネットワーク構築へ向けて」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2005.04.04	2004年12月26日スマトラ島沖地震報告会梗概集	△	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2007.03.01	地震工学系実験施設の現状と課題 平成18年度報告書	○	¥3,000	¥4,000	¥2,000
2007.11.20	実例で示す木造建物の耐震補強と維持管理	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.04.11	セミナー-強震動予測レシビ「新潟県中越沖地震や能登半島地震などに学ぶ」資料	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.04.22	セミナー-地震発生確率-理論から実践まで-	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.05.31	津波災害の軽減方策に関する研究委員会報告書(平成20年5月)	△	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2009.02.23	セミナー(第2回)「実務で使う地盤の地震応答解析」資料	△	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2009.04.14	セミナー-構造物の地震リスクマネジメント-	△	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2011.10.21	講演会「東日本大震災の津波被害の教訓」	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2011.12.14	「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会」報告書	○	¥8,000	¥10,000	¥8,000
2012.03.04	One Year after the 2011 Great East Japan Earthquake	○	¥3,000	¥3,000	¥1,500
2012.11.08	Proceedings of the first International Symposium on Earthquake Engineering	○	¥6,000	¥10,000	¥6,000
2013.01.24	東日本大震災と南海トラフの巨大地震	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2013.02.15	東北地方太平洋沖地震の地震動と地盤に関する国内ワークショップ	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2013.10.23	システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価研究委員会報告書	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2014.03.20	原子力安全のための耐津波工学に関するシンポジウム	△	¥3,000	¥4,000	¥2,000
2014.07.31	津波対策とその指針に関する研究委員会報告書	△	¥5,000	¥7,000	¥3,000
2015.03.31	原子力安全のための耐津波工学-地震・津波防御の総合技術体系を目指して-	○	¥10,000	¥12,000	¥10,000
2015.05.15	2014年長野県北部の地震に関する調査団報告	○	¥3,000	¥5,000	¥1,500
2016.03.31	「首都圏における地震・水害等による複合災害への対応に関する委員会」最終報告書	○	¥3,000	¥5,000	¥1,500
2016.03.31	津波などの突発大災害からの避難の課題と対策に関する研究委員会報告書	○	¥3,000	¥5,000	¥1,500
2017.02.03	第7回震災予防講演会「熊本地震に学ぶ首都圏の地震防災」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2017.03.07	システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価(Phase2)研究委員会報告書	○	¥3,000	¥4,000	¥1,000
2017.11.11	「強震動評価のための表層地盤モデル化手法」講演会	○	¥7,000	¥10,000	¥3,000
2018.02.09	第8回震災予防講演会過去の大震災の復興から学ぶ地震防災	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2018.03.19	シンポジウム南海トラフ巨大地震の広域被災に備える減災活動の現状と将来	○	¥5,000	¥7,000	¥2,000
2018.03.30	地域の災害レジリエンス評価に関する研究最終報告書	○	¥3,000	¥4,000	¥1,000
2019.02.08	第9回震災予防講演会 近年の豪雨災害の教訓と震災予防	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2019.02.22	各種構造物の津波荷重の体系化に関する研究委員会	△	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2019.03.04	シンポジウム 現代都市の複合システムにおける性能設計と耐震性能評価	○	¥5,000	¥7,000	¥2,000
2019.06.27	日本地震工学会セミナー「実務で使う地盤の地震応答解析」	○	¥8,000	¥12,000	¥2,000
2019.09.30	原子力発電所の地震安全の原則～地震安全の基本的な考え方とその実践による継続的安全性向上～	△	¥5,000	¥7,000	¥3,000
2019.10.21	平成28年(2016年)熊本地震とESG研究シンポジウム資料	△	¥6,000	¥9,000	¥3,000
2020.02.07	第10回震災予防講演会 直下地震と地震防災	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2021.03.18	第11回震災予防講演会 生誕150周年記念 今村明恒と関東大震災-震災予防講演会40回のルーツ-	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2022.02.04	第12回震災予防講演会 首都直下地震と都市防災-	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2022.3.31	ESG研究会「ESG6の国際プラインド予測結果からESG研究の将来を考える」	○	¥5,000	¥8,000	¥1,000
2023.3.17	日本地震工学会・地中構造物に作用する地盤反力に関する研究委員会報告会(琉球大学)	○	¥5,000	¥5,000	¥5,000

○在庫あり △在庫僅か

送料は別途実費でいただきます。

定期刊行物

2010.11.17	第13回日本地震工学シンポジウム (DVD版)	○	¥5,000	¥10,000	¥3,000
2014.12.06	第14回日本地震工学シンポジウム (DVD版)	○	¥5,000	¥10,000	¥3,000
2018.12.06	第15回日本地震工学シンポジウム (USB版)	○	¥5,000	¥10,000	¥3,000
2024.01.22	第16回日本地震工学シンポジウム (DVD版)	○	¥5,000	¥10,000	¥3,000
2005.11.21	日本地震工学会大会-2005 梗概集	○	¥6,000	¥10,000	¥2,000
2008.11.03	日本地震工学会大会-2008 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2009.11.12	日本地震工学会大会-2009 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2011.11.10	日本地震工学会大会-2011 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2012.12.01	日本地震工学会大会-2012 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2013.11.12	日本地震工学会大会-2013 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2015.11.19	日本地震工学会大会-2015 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2017.11.13	日本地震工学会大会-2017 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2019.09.19	日本地震工学会大会-2019 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2020.12.02	日本地震工学会大会-2020 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2021.11.30	日本地震工学会大会-2021 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2022.12.15	日本地震工学会大会-2022 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2023.06.30	日本地震工学会誌No. 49特集：関東大震災から100年—過去を振り返る—	○	¥2,000	¥3,000	¥2,000
2023.10.30	日本地震工学会誌No. 50特集：2023年トルコ・シリア地震	○	¥2,000	¥3,000	¥2,000
2024.02.29	日本地震工学会誌No. 51特集：関東大震災から100年を経て考える、これからの地震工学・地震防災	○	¥2,000	¥3,000	¥2,000

○在庫あり △在庫僅か

送料は別途実費でいただきます。

強震記録データ

2024.06.10現在

題名	在庫	頒布価格(税込み)			
		会員 /学生会員	法人会員	非会員(個人)	非会員(法人)
東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所における強震データ全地点全記録等<改訂版>	○	¥6,000	¥14,000	¥10,000	¥22,000
中部電力(株)浜岡原子力発電所における「2009年8月11日駿河湾の地震」の観測記録	○	¥3,000	¥6,000	¥5,000	¥10,000
東京電力(株)福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所において観測された平成23年3月11日東北地方太平洋沖地震の本震記録<改訂版>	○	¥5,000	¥10,000	¥10,000	¥20,000
東北電力(株)女川原子力発電所における「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の加速度時刻歴波形データ	○	¥5,000	¥10,000	¥10,000	¥20,000
東北電力(株)女川原子力発電所における「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震等の加速度時刻歴波形データ<追加>	○	¥5,000	¥10,000	¥10,000	¥20,000
日本原子力発電(株)東海第二発電所における「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の加速度時刻歴波形データ(CD-ROM)	○	¥5,000	¥10,000	¥10,000	¥20,000
「南関東・福島県太平洋沿岸における岩盤の鉛直アレー観測網 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の本震・余震等の加速度時刻歴波形データ」	○	¥5,000	¥10,000	¥10,000	¥20,000
北陸電力(株)志賀原子力発電所における「令和6年1月1日(2024年)に発生した能登半島地震」の観測記録(CD-ROM)	○	¥5,000	¥10,000	¥10,000	¥20,000
兵庫県南部地震における強震記録データベース	○	●大学等公共機関 ¥40,000 ●民間機関 ¥80,000			

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ください。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っ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。

■ JAEE Newsletter 第13巻 第2号 (通算第39号) が2024年8月下旬に発刊されます。

8月発刊の第13巻 第2号では日本地震工学会各賞の受賞者のコメントを特集するとともに、博士課程学生の座談会を通じて若手の研究と抱負を取り上げる予定です。

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/stack/1925-2/>

最新号(第13巻 第1号)では、「特集/地震により発生する様々な被害形態」と題して能登半島地震に関し、液状化、津波、道路閉塞、地震動、地震保険の様々な立場の方々よりご寄稿いただきました。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。

■ 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。是非とも皆様方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/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

編集後記：

本号では、2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震を特集し、地震や津波の発生メカニズム、強震動、地震による被害状況に関して、各分野の専門家の皆様にご執筆頂きました。執筆者の方々にはメカニズムや被災状況などの速報に加え、今後の地震防災の課題や、あるべき方向性などについても、時間的制約が厳しい中でご執筆頂きました。ご多忙中にもかかわらず執筆を快諾頂きました著者の皆様に深く御礼申し上げます。

今回の地震においては、地震による家屋倒壊や土砂災害、津波、火災、液状化など、多種多様な被害が生じた点が特徴的であると考えています。今回の特集が、地震、津波の発生メカニズムや強震動の生成要因、多種多様な被害の状況やその要因などに対する理解を深め、次の地震に対する防災・減災を考えるきっかけとなれば幸いです。

最後になりますが、令和6年能登半島地震で犠牲になられた方々のご冥福をお祈り申し上げますとともに、被災された方々に心よりお悔やみとお見舞いを申し上げます。

土井 達也(鉄道総合技術研究所)

今号は、2024年元日に発生した令和6年能登半島地震を急遽特集記事としました。執筆者におかれましては調査等でご多忙な中の執筆となりましたが、おかげさまで地震後半年弱で発刊する運びとなりました。執筆者の皆様には御礼申し上げます。

この能登半島地震では建物倒壊だけでなく、津波や火災による被害も発生しております。また、道路事情等による復興の遅れ等の社会的な課題もあがっております。今号で特集しました能登半島地震の記事をきっかけとして、今後の課題抽出やこれからどうあるべきか等の討議につながれば幸いです。

当方の感想になりますが、改めて「災害は時を選ばない」事を痛感しました。最後に、この度の令和6年能登半島地震により被災された方々へお見舞いするとともに、一日も早い復興をお祈り申し上げます。

藤井 中(竹中工務店)

会誌編集委員会

委員長	皆川 佳祐	埼玉工業大学	委員	浅井 竜也	東京大学生産技術研究所
幹事	土井 達也	鉄道総合技術研究所	委員	入江 さやか	松本大学
幹事	藤井 中	竹中工務店	委員	大野 卓志	高圧ガス保安協会
			委員	北原 優	東京大学大学院
			委員	久保 久彦	防災科学技術研究所
			委員	小阪 宏之	戸田建設
			委員	田附 遼太	長谷工コーポレーション
			委員	中村 武史	電力中央研究所
			委員	鍋島 国彦	神戸大学大学院
			委員	仁田 脇雅史	清水建設
			委員	横山 遼	安井建築設計事務所

日本地震工学会誌 第52号 Bulletin of JAEE No.52

2024年6月30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 2024

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