

日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.41

Oct.2020

特集：若手研究者・技術者から見た地震工学



<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41号 2020年10月)

Bulletin of JAEE (No.41 Oct.2020)

INDEX

巻頭言：

特集「若手研究者・技術者から見た地震工学」にあたって／永野 正行…………… 1

特集：若手研究者・技術者から見た地震工学

若手研究者・技術者を対象としたアンケート調査結果—日本地震工学会のこれからを考えるために—
／永野 正行、入江さやか、小穴 温子 …………… 3

若手中堅交流会の開催報告—若手中堅と理事会の本音の語り合い—／鳥井 信吾 …………… 7

いち研究者として若手時代に影響を受けた活動／後藤 浩之…………… 9

《若手研究者・技術者に訊く》

【地震】 山田 真澄(京都大学) ……………	11
【土木】 党 紀(埼玉大学) ……………	13
【土木】 坂井 公俊(鉄道総合技術研究所) ……………	15
【建築】 成島 慶(鴻池組) ……………	17
【津波】 福谷 陽(関東学院大学) ……………	19
【建築】 杉野 未奈(京都大学) ……………	21
【建築】 汐満 将史(山形大学) ……………	22
【機械】 塩見 謙介(IHI) ……………	23
【建築】 毎田 悠承(東京工業大学) ……………	25
【津波】 奥野 峻也(構造計画研究所) ……………	27
【防災】 劉 ウェン(千葉大学) ……………	29
【建築】 山崎 義弘(建築研究所) ……………	31
【地盤】 加藤 一紀(大林組) ……………	33
【地震・建築】 仲野 健一(安藤ハザマ) ……………	35
【地震】 久保 久彦(防災科学技術研究所) ……………	37
【地盤】 地元 孝輔(東京工業大学) ……………	39
【地震】 友澤 裕介(小堀鐸二研究所) ……………	41
【歴史地震】 中井 春香(ナカシャクリエイテブ) ……………	43
【地震】 藤田 航平(東京大学) ……………	46
【地震】 小寺 祐貴(気象庁気象研究所) ……………	47
【防災】 松本 俊明(篠塚研究所) ……………	49
【地震】 新井 健介(清水建設) ……………	51
【建築】 寺島 芳洋(竹中工務店) ……………	53

読者アンケート：

第40号特集「第17回世界地震工学会議(17WCEE)開催に向けた取り組みと展望」に
対する読者アンケート調査結果／永野 正行…………… 55

お知らせ：

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9巻 第3号(通算第28号)が2020年12月末に発刊されます／ご寄附のお願い
／問い合わせ先

編集後記

特集「若手研究者・技術者から見た地震工学」にあたって

永野 正行

●会誌編集委員長／東京理科大学 教授

日本地震工学会(JAEE)は2021年1月に20周年を迎えます。日本地震工学会の活動の重点課題の1つに、「会員減少・高齢化への対応」があります。特に、地震工学に関わる若手研究者・技術者の取り込み・育成が大きなテーマとなっております。図1(a)は2020年6月時点のJAEE正会員の年齢構成です。全正会員1040名中、50代、60代が最も多く522名で全会員の50%を占めております。一方、20代、30代の会員数は159名で全体の約15%であり、全体的に年齢層が高いことは一目瞭然であります。参考までに、日本建築学会の20代、30代の会員割合は約41%(2019年3月)¹⁾、土木学会では34%(2017年3月)²⁾ですので、日本地震工学会のこの数字はかなり低いものであると認めざるを得ません。図1(b)は2010年時点でのJAEE正会員の年齢構成です。この時点で、40歳未満の会員数の割合は約30%でも必ずしも高い数字ではないのですが、10年後にはそれが15ポイントも低減しております。全体数も減少しているため、若手会員が定着しないまま10年が経過したとも言えます。

2010年にJAEEで作成された「日本地震工学会10年の記録」³⁾では、若手会員の数が伸びない原因として、以下の2点を挙げております。『①日本地震工学会は学際的な学会であるため、自分の専門分野の学会である程度のスタンスを築くまでは入会しない。逆に、専門領域が固まった段階で学際交流を求めて日本地震工学会に入会する。すなわち、日本地震工学会は多くの会員にとって第2の学会と位置づけられている。②日本地震工学会には専門分野において指導的立場を占める会員が多い。したがって、活動実績が十分でない若手会員が入会することに心理的な壁がある。』

実際、JAEE正会員のうち、大学関係者が438名で全体の42%を占めております。40歳未満でも同様の傾向があります。日本建築学会¹⁾での「研究・教育機関」の割合は18.2%、土木学会⁴⁾での「学校・学会」の割合は11.7%ですので、JAEEでは大学関係者の割合が非常に大きいことが分かります。逆に、多数の卒業生、修士生が毎年入社する企業側からの入会が大変少ない状況になっています。20代、30代の会員が少ないことは、将来の学会運営を考えると危機的状況にあると言えます。

本特集では「若手研究者・技術者から見た地震工学」のタイトルで、若手研究者・技術者に焦点を当て、地震工学について何を考え、JAEEに何を求めているかを探ってみました。本特集を企画するにあたり45歳以下の若手研究者・技術者を対象としたアンケートを実施しました。最初にその調査結果を紹介します。これらの回答はJAEEの今後の活動方針を考えるための方向性を考えるための資料になります。次に、前・JAEE副会長で将来構想委員会委員長であった鳥井信吾氏(日建設計)に、昨年4月に実施した若手中堅交流会の開催報告を紹介していただきます。若手中堅5名と理事会で本音を語り合うディスカッションの内容を

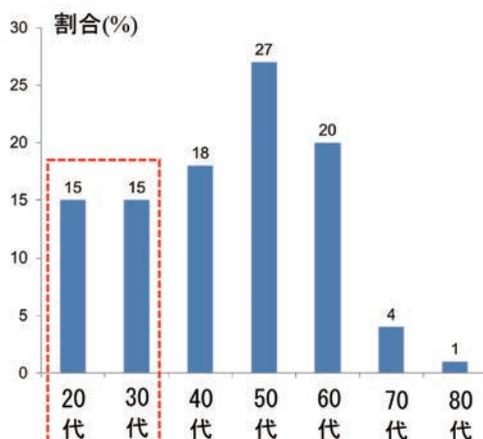
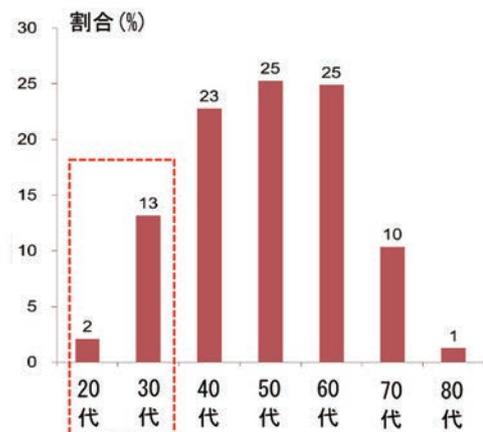


図1 JAEE正会員の年齢構成

取りまとめていただきました。次に中堅研究者の代表として、後藤浩之先生(京都大学)に若手時代に影響を受けた活動を紹介していただきます。この中では学会と独立して活動している「若手地震工学研究者の会」にも触れていただいております。

以降は本特集のメインとなる若手研究者・技術者の寄稿となります。JAEEで発表賞、奨励賞などを受賞、もしくは各方面で活躍されている40才代以下の20名以上の若手研究者・技術者にお願ひしました。主に、建築、土木、地震が多いのですが、地盤、機械、津波、防災と多岐にわたっています。なるべく同じ分野が続かないように、順不同で掲載しております。専門の研究・技術紹介に限らず、これまでの経験談や将来に向けた考え方など、論文や報告書では記さないような雑談も交えながら、若手研究者・技術者が何を考えているか、を執筆していただきました。

執筆を依頼する際には、下記の項目のうち①～③を必須とし、④～⑩から適宜自由に選択し記述していただきました。

- ①あなたの研究・取り組みを表すキーワード3～5個
- ②現在取り組んでいる研究・仕事概要、その面白さ・難しさ
- ③学会に期待すること、やってほしいこと、協力してほしいこと
- ④その専門分野に興味を持ったきっかけ・研究のモチベーション
- ⑤今に活かされている学生時代の恩師からの言葉・印象に残っている経験
- ⑥学生時代と現在とで研究・仕事に対してギャップを感じたこと、考え方が変わったこと
- ⑦自身の将来のビジョン、ちょっとした野心
- ⑧令和時代の先では地震工学はどう進んでいると思うか
- ⑨就職活動経験、進学理由などについて
- ⑩若手技術者の主張(先輩へのお願い、後輩へのアドバイスなど)
- ⑪その他

頂いた原稿を読ませていただきましたが、内容は多岐に亘っており、若手研究者・技術者の本音を垣間見ることが出来ます。前回の歴代会長のインタビューでは1995年兵庫県南部地震が最も影響を与えた地震として挙げられていました。今回はより新しい2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震等の震災体験に言及する方もおりますが、むしろ大学時代にどのような教育を受けてきたかが、現在の研究・業務への姿勢に

影響を与えたように思われます。執筆者の指導教員の多くは、地震工学に関わる先生方であります。すなわち、JAEE会員である大学等の教員による学生指導が、若手人材の育成に大変重要な役割を果たすことが読み取れます。JAEEでは本年度から「将来像検討WG」が始まっており、そこでも若手・中堅会員を中心としてJAEEの将来についての議論が進められております。

最後になりましたが、寄稿していただきました皆様には、編集委員会を代表してここに御礼申し上げます。また本特集号幹事の入江さやか委員(NHK)、小穴温子委員(清水建設)をはじめとする編集委員の皆様には、通常号よりもかなり多数の原稿を取りまとめていただきました。大変充実した内容になったと思います。皆様、是非ご一読ください。

参考文献

- 1) 日本建築学会パンフレット、
<https://www.aij.or.jp/jpn/nyukai/pdf/pamphlet/member.pdf>
(2020.7確認)
- 2) 土木学会ダイバーシティ推進小委員会：土木学会の会員構成(2017.03.31現在)、
<http://committees.jsce.or.jp/diversity/JSCE-members>
(2020.7確認)
- 3) 日本地震工学会10年の記録、
<https://www.jaee.gr.jp/wp-content/uploads/2012/02/history.pdf> (2020.7確認)
- 4) 土木学会、会員構成、
[http://committees.jsce.or.jp/member/composition\(2020.7](http://committees.jsce.or.jp/member/composition(2020.7)
確認)



永野 正行 (ながの まさゆき)

東京理科大学理工学部建築学科 教授、1988年早稲田大学大学院修了、同年鹿島建設小堀研究室、2008年より現職、日本地震工学会理事(会誌)、博士(工学)、専門分野は地震工学、建築振動学。

若手研究者・技術者を対象としたアンケート調査結果 —日本地震工学会のこれからを考えるために—

永野 正行／入江さやか ／小穴 温子

●東京理科大学 ●NHK放送文化研究所 ●清水建設

アンケート調査実施の経緯

本特集「若手研究者・技術者から見た地震工学」では、若手研究者・技術者が何を考えているかを調べるために、まず日本地震工学会の会員を中心にWebアンケート調査を実施しました。2020年7月中旬に45才以下の会員を対象にメールを送信するとともに、周辺の若手研究者・技術者への呼びかけも行いました。45才以下の会員数が275名と必ずしも多くなく、十分な回答数が得られるかどうか危惧されましたが、幸いにも76名から回答を得ることができました。

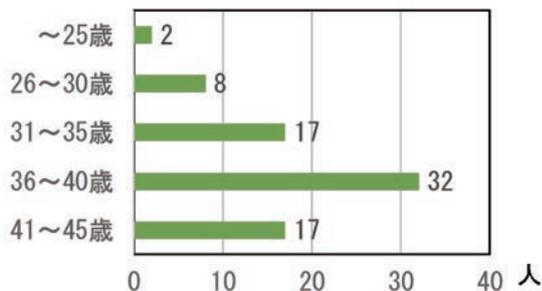


図1 年代別のアンケート回答者数

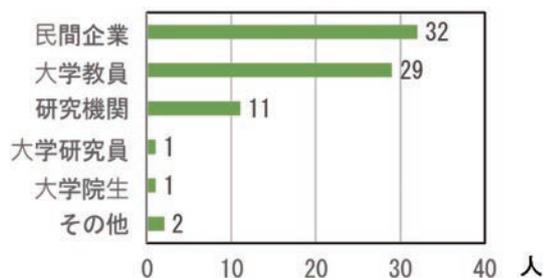


図2 回答者の職種

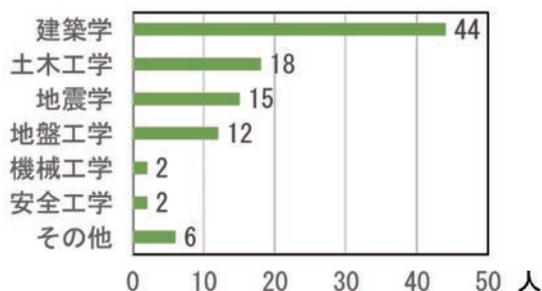


図3 主に活動している地震工学の分野（複数回答可）

アンケート回答者の属性

アンケート回答者の年齢構成を図1に示します。76名中、36～40歳が32名と最も多かったですが、30歳以下は10名と少なく、現在の日本地震工学会会員の年齢構成を反映しているといえます。職種を図2に示します。大学教員、民間企業がほぼ同数で、大多数を占めております。主に活動している地震工学の分野（複数回答可）を図3に示します。建築学が最も多く、土木工学、地震学、地盤工学がこれに続きます。所属学会もこれとほぼ同様の傾向で、日本建築学会、土木学会、日本地震学会などが多くなっていますが、これ以外では、地域安全学会のほか、物理探査学会、自然災害学会、日本コンクリート工学会も見られました。論文投稿先も活動分野、所属学会にほぼ準じます。

日本地震工学会の年次大会について

「日本地震工学会の年次大会への参加頻度はどのくらいですか。」についての結果を図4に示します。毎年参加しているとした人は9名、隔年程度との回答を合わせても22名でした。これは、全体の3割程度で、若手研究者・技術者の参加はかなり少ないと言えます。「しばらく参加していない」「日本地震工学シンポジウムのみを含め参加したことがない」という回答も34名と半数近くありました。現時点では、年次大会が若手会員の交流の場として十分に機能しているとは言い難く、これらの方々が毎年参加できるような仕組みが必要と考えられます。

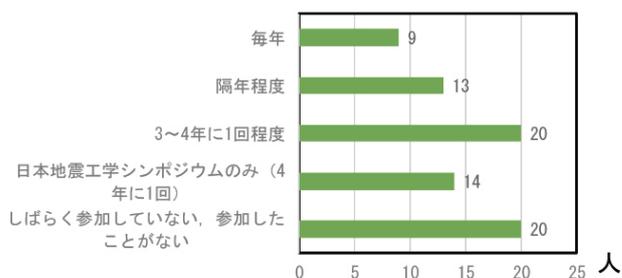


図4 日本地震工学会の年次大会への参加頻度はどのくらいですか

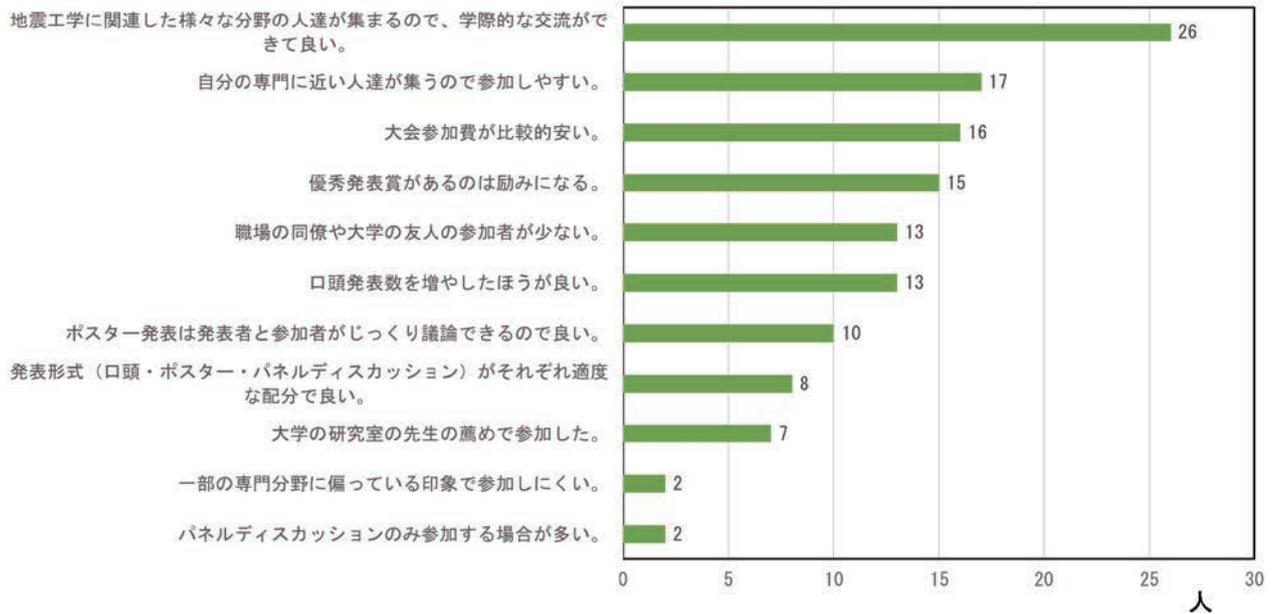


図5 日本地震工学会の年次大会に対しどのように感じるか（複数回答可）

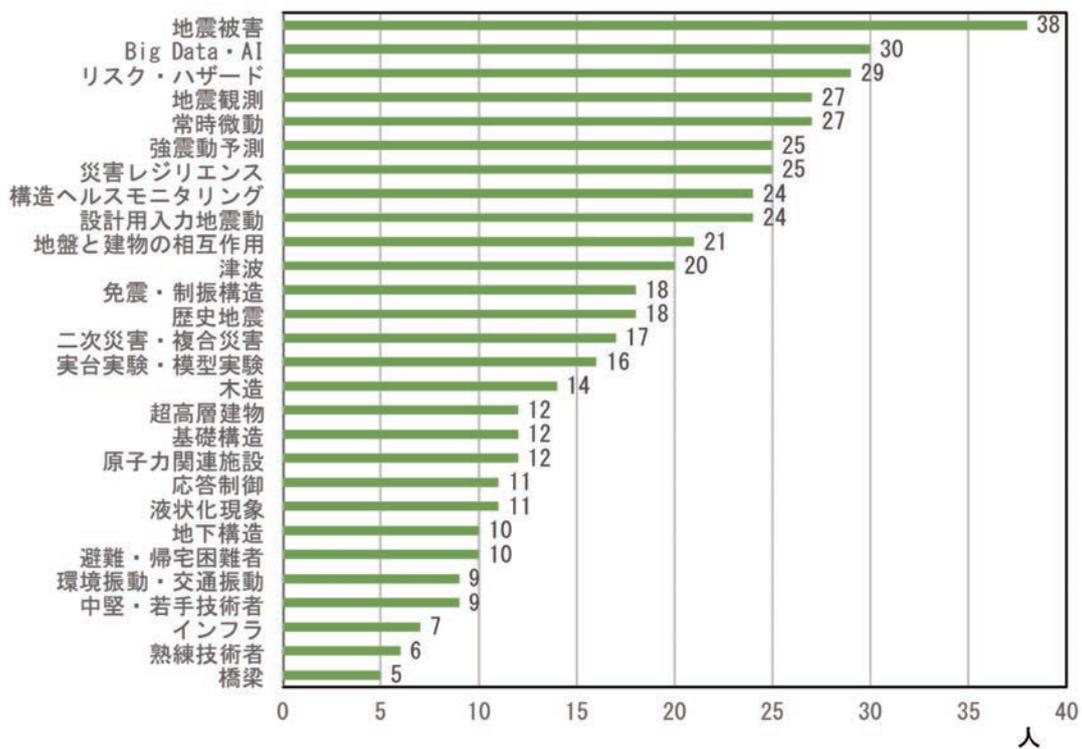


図6 会誌、NEWS LETTERで扱ってほしいテーマ（複数回答可）

日本地震工学会の年次大会に参加したことのある方を対象に、年次大会に関する印象をお伺いした結果（複数回答可）を図5に示します。地震工学に関する様々な分野での学際的な交流のメリットを挙げる回答が最も多く、日本地震工学会の特徴を反映しているとも言えます。良い点としては、「大会参加費が比較的安い」、「自分の専門に近い人達が集うので参加しやす

い」、「優秀発表賞があるのは励みになる」を多くの方が挙げておりました。一方、「職場の同僚や大学の友人の参加者が少ない」とする意見も多く見られました。ポスター発表を含む発表形式については肯定的な意見もありますが、「口頭発表数を増やしたほうが良い」との要望も多くありました。この他、「関東での開催が多い」という意見もありました。年次大会を毎年実

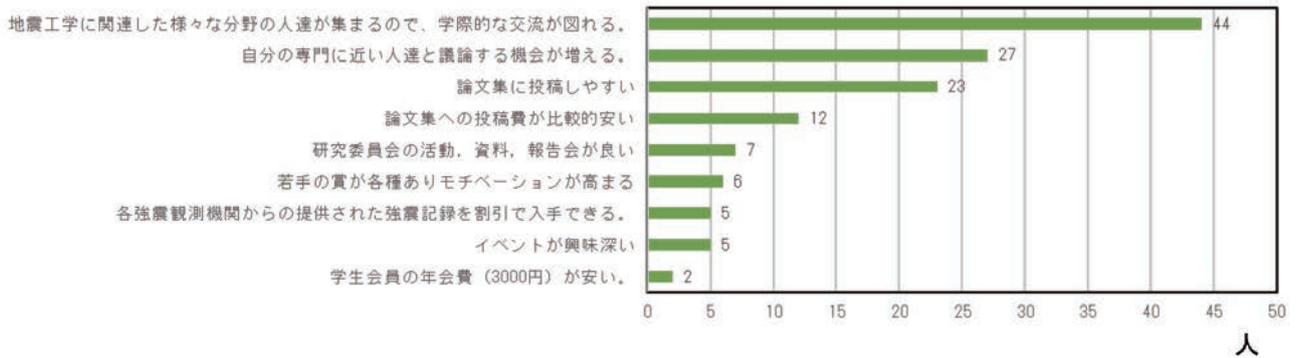


図7 日本地震工学会の会員であるメリット(複数回答可)

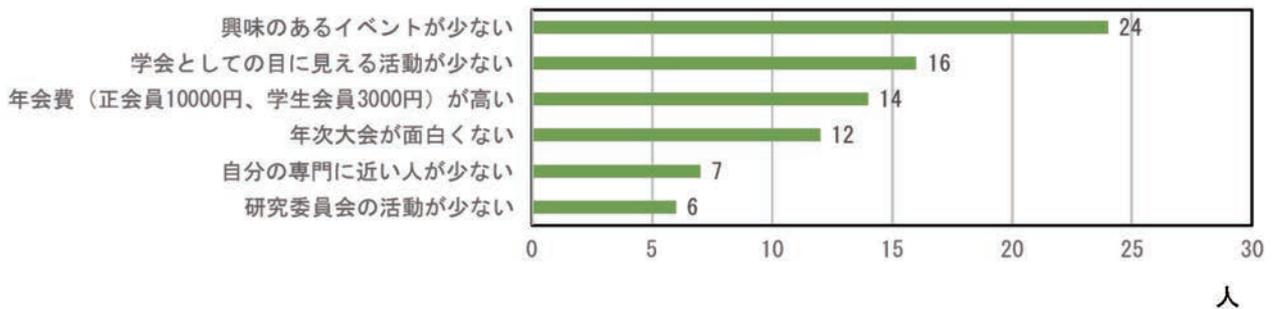


図8 日本地震工学会の会員であるデメリット(複数回答可)

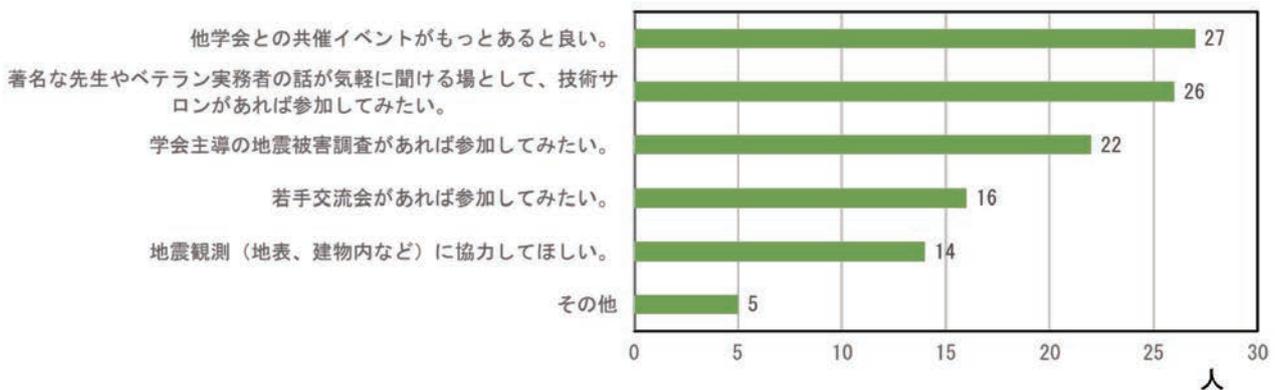


図9 日本地震工学会に期待すること(複数回答可)

施する、若手研究者・実務者の発表機会、表彰機会を提供する、という従来の方針とともに、毎年参加していただけるように魅力のある企画や運営方法を考える、等の工夫が必要と考えられます。

会誌、NEWSLETTERで扱ってほしいテーマ

会誌やJAEE NEWSLETTERで扱ってほしいテーマ、または興味・関心のあるキーワードについての回答結果(複数回答可)を図6に示します。最も多かったのが「地震被害」であり、これは若手、ベテラン関係なく、地震工学者に共通のキーワードと言えます。次いで、

「Big Data・AI」、「リスク・ハザード」、「地震観測」、「常時微動」と続きます。「Big Data・AI」などはすべての年代の研究者が関わる内容ではありますが、やはりこれからの若手地震工学者がリードしていく研究テーマなのでしょう。

日本地震工学会の会員のメリット、デメリット

日本地震工学会の会員であるメリットについての回答結果(複数選択可)を図7に示します。「地震工学に関連した様々な分野の人達が集まるので、学際的な交流が図れる」が最も多く、日本地震工学会の本来の目

的と合致していると言えます。「論文集に投稿しやすい」「論文集への投稿費が比較的安い」が上位に来ているのも、若手研究者・技術者の特徴と考えられます。日本地震工学シンポジウム特集号の発刊等を通して、研究成果を外部に発信しやすい環境も大きなメリットかと思われまます。

日本地震工学会の会員であるデメリットについての回答結果（複数選択可）を図8に示します。「興味のあるイベントが少ない」「学会としての目に見える活動が少ない」が上位に来ております。事業・企画等により学会活動をより充実させる必要があるかもしれません。「年次大会が面白くない」の意見も多く、「年次大会の参加者が少なく寂しい」とのコメントもあり、先に述べたように年次大会を如何に充実させ、参加者を増やすかが鍵となります。その他の意見として、「分野ごとの研究活動を一つの学会の中でやっているだけの印象で、地震工学会として行う必要があるのか少し気になる」「研究委員会の意義や成果がよくわからない、仲間内だけで組織されている」などの意見もありました。幅広いテーマでの研究委員会の活動、地震工学会の特色である分野横断型の研究活動も求められていると考えられます。

日本地震工学会に期待すること

日本地震工学会に期待することについての回答結果（複数選択可）を図9に示します。他学会との共催イベントや著名な先生やベテラン実務者の話が気軽に聞ける技術サロン、若手間の交流会を希望する声が多数ありました。この辺は、日本地震工学会の特徴を活かした企画も考えられるかもしれません。また、地震被害調査への参加希望も多く、若手研究者・技術者にこのような機会を設けることも必要と考えられます。この後の記事においても、若手研究者・技術者の皆さんから個々にご意見をいただいています。

最後に、日本地震工学会に望むサービス、要望、改善点について、自由記述で記載していただきました。最も意見として多かったのが、他学会との差別化ともなる分野横断的な活動の推進です。日本地震工学会の理念と全く共通したものでありますが、それが未だ十分ではないとの認識であると思われまます。古くから議論され続けている難しい課題ではありますが、それを如何に具現化するかが強く求められています。これ以外にも、年次大会における国際セッションの強化など国際的な繋がり場の提供、人材採用に関する大学と企業の橋渡し役、会員同士の技術相談・共同研究を促進するためのプラットフォームの提供、日本地震工学

シンポジウム・年次大会梗概集等の既往の資料のデータベース化、年次大会の毎年の開催による発表機会の確保、若手会員の負担の軽減などが挙げられていました。これらの意見は若手研究者・技術者に限らず、すべての年代からの共通の要望と考えられます。

本アンケート調査に回答していただいた若手研究者・技術者の皆様には、貴重なご意見を頂きました。ここに記して御礼申し上げます。



永野 正行 (ながの まさゆき)

東京理科大学理工学部建築学科 教授、1988年早稲田大学大学院修了、同年鹿島建設小堀研究室、2008年より現職、日本地震工学会理事（会誌）、博士（工学）、専門分野は地震工学、建築振動学。



入江 さやか (いりえ さやか)

1987年一橋大学社会学部卒。読売新聞社、スタンフォード大学地震工学センター、(株)日本総合研究所を経て、2000年にNHK入局。報道局社会部、災害・気象センターなどを経て2014年から現職。日本地震工学会理事（広報）、日本災害情報学会企画委員、防災士。専門分野は、災害報道・災害情報。



小穴 温子 (おあな あつこ)

2012年東京理科大学大学院修士課程修了、同年清水建設株式会社入社（株式会社大崎総合研究所兼務）。博士（工学）。2019年度日本地震工学会論文奨励賞受賞。専門分野は地震工学。

若手中堅交流会の開催報告 —若手中堅と理事会の本音の語り合い—

鳥井 信吾

●前・JAEE副会長、前・JAEE将来構想委員会委員長／日建設計

若手中堅交流会の主旨と進め方

日本地震工学会(JAEE)の理事会等で本学会の未来を議論することが多いが、若手中堅の方の意見も是非聞いてみたいということが将来構想委員会の中で話し合われた。そこで若手中堅の研究者・実務者をお呼びし、JAEE将来構想委員会メンバーと意見を交換する交流会を2019年4月12日に行った。意見は匿名で扱い、あらかじめ用意した話題例等を参考に、ざっくばらんに本音を語り合った。

開催概要

【日時・場所】

2019年4月12日(金)14:00～16:00 建築会館308会議室

【若手中堅側の参加者(五十音順)】

石井洋輔(国土技術政策総合研究所)、小穴温子(大崎総合研究所)、奥村豪悠(竹中工務店)、杉本浩一、寺島芳洋(竹中工務店)

【JAEE将来構想委員会関係者(五十音順)】

小松康典(JAEE事務局長)、佐藤吉之(竹中工務店)、鳥井信吾(日建設計)、中村洋光(防災科学技術研究所)、福和伸夫(前・JAEE会長、名古屋大)

意見交換の概要

実際の話の流れは行きつ戻りつしたので、以下では意見交換の内容を時系列ではなくテーマ毎にまとめてみた。なお文中、【若手中堅】は主として若手中堅の意見、【将来構想】はそれを受けた理事会メンバーから構成されるJAEE将来構想委員会側の意見を示す。

① 学会に入っていることのメリット

学会に入っていることのメリットの問いかけが若手中堅側から発せられた。論文投稿のため、あるいは外での発表で自分に磨きをかける、というのが各位に共通する主目的であったが、それだけではなく...

【若手中堅】大先生やベテラン実務者の話が気軽に聞ける場があるとよい。講習会という雰囲気ではなく、例えば「建築技術について何を語ってもよい」というスタンスで講師の方に話を依頼し、2時間ぐらいの講義を受ける。併せて、若手同士が話し合う場があるとよい。月1回ぐらいのペースでよい。無料が有り難いが、低額なら問題ない。学会に入れば、大学の特別授業を受けられるというイメージである。

【将来構想】要望された特別講義のような場を開催できる可能性はある、予算は組めるが参加者で1コインでとい



写真 若手中堅交流会の様子(2019年4月12日)

う考え方もある。出席人数を絞るのもよく、サロニックに若手中堅が集まることも大賛成である。いずれも理事の企画でなく若手中堅が自主的に企画できるとよい。地方の学協会の支部などでは活発であり、企業人の多い東京でどういう形にするかは難しい側面もある。JAEEでは建築・土木・地盤・地震・機械の関係者がいるので、そのメリットを活かしたい。

【若手中堅】学生会員として入会し卒業後にやめてしまうのも、やはりメリットがないからであると言える。他学会と合わせていくつも入会するのも厳しい。

【将来構想】社員総会議決権が付与されるということは、若手にとってメリットとはいえない。さきほど要望されたような講義やサロンなどのメリットとなる企画を考えたい。メリットを知って(無料でもよいので)学生会員になってもらい、就職したら一般会員になってもらうという流れも考えられる。

② 防災減災についての議論

防災減災についていくつかの側面から議論した。

【若手中堅】都市密集の回避のため、職住近接や在宅勤務の制度などが広まる必要がある。

【将来構想】東京以外にたくさんの職住近接のサテライトがある状況を創造したい。東日本大震災の時に、少し離れた場所に備蓄があって助かった経験がある。

【若手中堅】高層の免震マンションに住んでいるが、その土地の地盤条件を考慮した上で購入した。ただし、民間企業にいると免震ありきで地盤特性や地震動特性を考慮しない顧客も多いため、説明に苦慮する場合がある。

【将来構想】学会を通して、しっかりものがいえるというの

が望ましい姿である。伝えるべきは、ユーザーもあるが都市計画関係者、意匠設計者や営業の方といえる。簡単ではないが、地道に活動を続けたい。

【若手中堅】実務で用いる設計用地震動と研究的に取り組まれている予測地震動は、必ずしも同列に扱えるものではないと思っている。技術者間・専門分野間で認識や感覚のギャップがあることを実感しており、どのように社会に伝えていくか悩んでいる。日本建築構造技術者協会(JSCA)の性能設計なども参考にしたい。なお、各所から公開される観測地震動については、その測定地点が分からず実務上困ることがある。

【将来構想】加えて、建物の実耐力の話がある。また、各種の前提条件があるなかで途中経過を飛ばしてすぐ被害の話のみが取り上げられることが多い。マスコミの報道の仕方の問題もある。国、自治体、会社(学校)、マスコミ、そして自分も含めて、どこに工夫が必要なのか冷静に考えてみたい。各自ができることから...と考えると学会などにその下地があるといえる。

③ 災害派遣(地震調査)について

災害派遣(地震調査)について、JAEEで今年はその引当金を使用していないことと絡めて、若手中堅の被害調査への興味を聞いてみた。会社の環境により、すぐ行けそうな人とそうではない人に分かれるが、被害を自分の目で確かめることの重要性については、全員が納得する所であった。

【若手中堅】少し落ち着いてから、自費でも現地入りをして。もっと早い段階で、被害調査に行きたいと思った時に、学会から依頼があったら行きやすいと思う。被災地の方々の想いやボランティア活動などに配慮しながらになると思うが、遅くなると被害の痕跡が少なくなるので、できるだけ早く行きたい。広範な被害が生じた地震以外でも調査を実施したい地震はあるが、実際に行くことは難しい。

【将来構想】本来は他学会との協働が必要だが、若手中堅の方が参画できるような独自の調査団も形成できるかもしれない。なるべく現地に詳しい経験者を一人コーディネーターとして立てることなども有力である。地盤変状・建物・橋梁・設備の被害など教訓になることは多く、このような若手中堅の意志は大切にしたい。

④ 地盤、地震動予測(防災減災)について

地盤や地震動予測(防災減災)に再び話が戻った。

【若手中堅】地盤の基礎研究が消えつつあるという問題意識がある。地震だけでなく建物応答も瞬時に公開できるようなシステムを作りたいが、南海トラフ地震が起きたあとに本当に何が起こるかは分からない。大学の先生の発表は決まり切って同じことの繰り返しが多い。といった個々に繋がりがなくとも、多様な意見があった。

【将来構想】(大学のシステムに問題もあるのは事実なが

ら)観測は自分でせず、解析プログラムも他人が作成したものを使うといった状況が増えているのも事実で、波に愛着がもてない場合がある。発表を急がされるとじっくり対応できない。強震動の勉強をもっとしないといけないが、今は見きれないぐらいの多くの情報量がある。

⑤ 耐震偽装、製品不良問題について

耐震偽装や製品不良問題にも話が及んだ。

【若手中堅】建築分野、土木分野の両方で制震ダンパー等の対策装置は活用されており、色々と考えさせられることは多い。成果主義とか経済的合理性などがどのように生産システムに影響するのか、分かっているつもりでも不明点は多い。

【将来構想】製造者だけの問題ではないということを理解頂いていた点に共感できる。また別の場でも突っ込んだ意見交換をしたい。

総括

学会や日本の将来を明るく楽しく本音で語り合うことは大切であり、どんな形であれ2年に1度ぐらいはこのような会を企画するのが、本会の発展のためにも有効であると考える。今回の話の中では、特に、①で記した講義やサロンと③の災害派遣については、具体的に何らかの形で実現したい。将来構想委員会や事業企画委員会が受け皿になるのか、若手中堅の中からリーダーを見つけていくか...このあたりの運営方法を理事会等で検討する必要がある。

なお、交流会では在宅勤務やサテライトが話題になっており、新型コロナウイルス感染症の流行も予測したかのように感じる。また、今回話題に上ったようなことを実行するにはどうしたらいいかをこの機に考えたいと思う次第である。

会誌編集委員会からの追記

交流会開催時には、了解のない限りは外部公開しないという前提で、ざっくりばらんに本音を語り合う方針でありました。当時の出席者であり今回の特集号幹事である小穴温子氏より、1年前の議論ではあるが、当時の話を関係者だけではなく、今回の特集に向けて掲載してもよいのではとの提案がありました。それを受け、すべての関係者に打診し、全員の承諾を得たうえで、今回の記事掲載に至っております。掲載にご快諾いただきました皆様にここに御礼申し上げます。



鳥井 信吾 (とりい しんご)

1985年北海道大学大学院修了、同年日建設計構造部配属、交流会開催時同社執行役員 エンジニアリング部門構造設計グループ プリンシパル、現在同社九州オフィス代表

いち研究者として若手時代に影響を受けた活動

後藤 浩之

●京都大学 准教授

1. はじめに

本会誌編集委員の方から、本特集へ執筆をお願いしますか？という依頼がありました。まだ若手研究者なのだろうか？という若干の不安を覚えました。若手研究者を卒業する立場から若手時代を振り返って下さい、という趣旨だと伺いましたので、表記のような内容でお引き受けすることにしました。感じ方は個人差のあるところだと思いますし、いち研究者の話と捉えていただければ幸いです。なお、紙面の都合上、学外の話題のみの内容となりますことをご容赦下さい。

2. 海外での研究活動

学位取得の前後2006年頃、博士研究の一環としてCarnegie Mellon University (アメリカ)を度々訪問する機会をいただきました。CMUでの研究活動そのものも大変刺激になったのですが、異なる環境を体験し実感したことが大きな意味を持ちました。機能的な学内システム、教員や学生の意識、といったこれまでと異なる環境下ではどのようなことが上手くいき、上手くいかないか、研究や教育にどのような影響があるか、を垣間見ることができました。例えば、Computer Scienceの建物が壁一面ホワイトボードで衝撃を受けたことを覚えています。もちろん、英語の理解なしでは普段の生活ができないと身をもって知ることも重要でした。

また直近の話ですが、2019年～2020年にかけてGNS Science (ニュージーランド)に長期滞在する機会をいただきました。GNS Scienceは地球物理学を中心とした第一線の研究と、そのアウトプットとしてコンサルタント業務も行う組織です。これまで大学という教育機関に長く在籍してきたので、異なる機関(環境)に身をおいてみようと思立しました。詳細は別の機会に執筆していますので、興味のある方はご覧ください¹⁾。なお、2020年3月の帰国にあたり、新型コロナウイルス感染症に伴う国際情勢の影響を大きく受けることとなります。文字通り想定外の事態でしたが、ニュージーランドの緊急対応を体験したことは、大変貴重なものとなりました。

現在の新型コロナウイルス感染症に伴う社会情勢がどれだけ続くかわかりませんが、長期にわたり海外で

研究活動することは若手研究者にとって、英語で討議する能力、世界標準の研究プロセス(速度感や連携方法)を肌で感じる機会になります。海外経験のない若手の研究者の方には、自身をステップアップさせる機会にしてもらいたいですし、若手研究者を抱える中堅研究者の皆様には、ぜひ背中を押してあげていただきたいと思います。



写真 海外でのひとこま(左:2006年 筆者は前列右端、右:2019年)

3. 分野を横断した研究活動

地震工学は、土木工学、建築学、地震学、機械工学、社会学、経済学等の多様な分野が連携しながら新しい知見を生み出す魅力的な学問分野です。一方、地震という現象によって引き起こされる問題を、各分野に軸足をもちつつ研究されている方も多いと思います。このような研究や研究者を有機的に結びつける場として、世界地震学会議(WCEE)や日本地震工学シンポジウム、そして日本地震工学会が果たして来られた役割は大きいと感じています。

いち個人としてもう1つ挙げられるのは若手地震工学研究者の会(通称、若手の会、以下同様)²⁾です。若手の会は、地震工学に関連する分野の若手研究者(40歳まで)が自発的に集まり組織されたもので、年1回開催されるセミナーが重要なイベントになります。私は2005年に初めて参加しましたが、多種多様なバックグラウンドを持つ方が集まる機会なので、毎回とても刺激を受けてきました。

若手の会には、(私の知る限り)以下のような特徴があります。

- ・40歳になると強制的に退会
- ・会員間で「〇〇先生」と呼ばない
- ・セミナーは合宿形式で行われるため、議論に時間の制約がない
- ・学会では発表できないような内容を知ることがで

きる

・その他の組織(学会等)から独立した会である

私自身、夜も含めて長い時間、分け隔てなく議論したり、学会ではまず聞けないような取り組みを見聞したり、分野を横断した知識や人の繋がりを得たり、と多くのことを吸収させて貰いました。

私自身ありがたいと思ったことは、時間の制約がない中で自由に発表させてもらえるということでした。学会発表では長くても15分くらいの短い時間でまとめなければいけません。本当に自分自身が工夫したところが、表面的にしか伝えられないもどかしさがありました。年齢を重ねると、ある程度時間をとった講演の機会もあると思いますが、若手研究者にとっては学位公聴会を除けば、一から十まで説明できるのはほぼ若手の会だけではないでしょうか。

今年度は、私がセミナー幹事長を仰せつかることになったのですが、新型コロナウイルス感染症の影響により、合宿形式のセミナーを開催することが叶いませんでした。元々、形式にとらわれない、学会等では行えないセミナーを目指す、と標榜されていますから、この機会を前向きに捉えて初のオンライン型セミナーを準備しているところです。これまでは時間の制約で参加の難しかった方々にも参加していただけるよう促しつつ、それでもなお若手の会らしいことを盛り込めるか、これから楽しみです。



写真 若手地震工学研究者の会にて(平成29年度セミナー)

もう1つ、個人的に大きな契機となった先端科学シンポジウム(FoS)を紹介します。FoSは、日本学術振興会が各国の機関と共催する最先端科学に関する分野横断的な合宿形式の国際シンポジウムです。私は縁があって、2014年に開催された第8回日仏先端科学シンポジウム(JFFoS)³⁾に参加しました。Earthquake and associated risksという枠で、性能設計を例とした意思決定プロセスについて紹介したのですが、他にはグラフェンや生命の起源といった先端科学のトピックが

数多く紹介されていました。普段は見聞きできないような他の分野の研究を知ること、そのような研究者の方々と夜通し話をする中で、自分の分野が他からどのように見えるのか、という視点を強く意識できるようになりました。なお、この場でもトピックに挙げられていたベイズ統計はその思想から教えてもらったこともあって、現在の研究に強い影響を与えています。



写真 第8回日仏先端科学シンポジウムのひとこま

分野横断型の取り組みは、その重要性もあって現在も多種多様なものが既に実施されていると思います。ここでは、2つの例を紹介しましたが、「少人数」で「発表機会」が保障されている「合宿形式」のセミナーという点が共通しているように思います。いち個人の経験に依るものではありませんが、このような機会に若手時代から触れられたのは本当にありがたかったと思っています。

参考文献

- 1) 後藤浩之：風の街で地震と向き合う - ニューゼaland ウェリントン、DPRI Newsletter、No.93、p.11、2020.
- 2) 若手地震工学研究者の会。
<http://wwwcatfish.dpri.kyoto-u.ac.jp/~gyee/>、(参照2020-08-24)
- 3) 日本学術振興会：第8回日仏先端科学シンポジウム、2014。
https://www.jsps.go.jp/j-bilat/fos_jf/jishi_08.html、(参照2020-08-24)



後藤 浩之(ごとう ひろゆき)

2006年京都大学大学院工学研究科 博士(工学)取得。2007年京都大学防災研究所助教。2015年より現職。2019-2020年GNS Science(ニュージーランド) Research Visitor。

地震

山田 真澄 (Masumi Yamada)

京都大学防災研究所 助教

2003年京都大学大学院工学研究科建築学専攻修士課程修了、2007年米国カリフォルニア工科大学Ph.D.課程修了。京都大学次世代開拓研究ユニット特定助教を経て2011年より現職。2016年日本地震工学会論文賞、日本地震学会論文賞受賞。2017年気象庁長官表彰、文部科学大臣表彰。専門分野：地震工学、地震学

専門キーワード：

緊急地震速報 地すべり地震学 強震動 地震被害 地盤構造



1. はじめに

私は、大学生の時は建築史の研究をしていました。その私が、地震工学、地震学の分野にどのようにして移ってきたか、そしてこれまでの研究活動の中で、研究分野に対してどのように感じてきたかを、書かせていただきたいと思います。

2. 歴史は何の役に立つのか

私が大学生の時に建築史の研究室を選んだ理由は、特にやりたいことが見つからず、世界遺産が好きだったからという消極的なものでした。研究室はどちらかというとのんびりした雰囲気、先輩方も各々好きな研究を楽しそうにやっていました。そんな中、私は研究テーマについてどうしても一つの疑問を拭い去ることができませんでした。

「歴史の研究は何の役に立つのか。」

私はとある飲み会で、指導教員の先生に直接この疑問をぶつけました。(当時から生意気な学生でした。笑)先生はこのように答えました。

「芸術や音楽だって、直接社会の役に立つわけではないけれど、社会にとって欠かせないものだ。歴史もそういうものなんだよ。」

当時から目的至上主義だった私は、納得はしましたが完全に理解できてはいませんでした。それで修士課程では他の研究室に移りました。

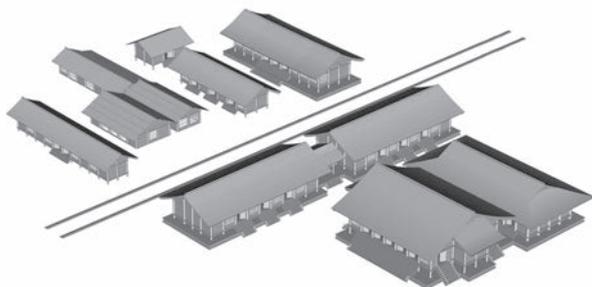


図1 建築史の設計演習で行った、長岡京東院の復原

3. 社会に役立つ研究

修士課程以降は、耐震工学、地震工学、地震学といった分野の研究をしました。修士課程の時は構造物の耐震性能評価の実験を行い、地震に強い木造建物を提案する研究をしました。博士課程ではアメリカの大学院に留学し、緊急地震速報のアルゴリズム研究をしました。私にとってこれらの分野は「社会の役に立っている」と実感でき、研究のやりがいもありました。誰に説明しても目的を理解してもらえない「分かりやすさ」があり、そういった有用性に満足していました。有り難いことに学会からも評価していただいて論文賞をいただいたり、共同開発した手法を気象庁の緊急地震速報の一部に取り入れていただいたりしました。

4. 地震学への失望

そんな自分が一番失望したのは、2011年東日本大震災の時でした。地震が発生した時、私はたまたま出張で海外にいました。建物が津波に飲み込まれ、原子炉建屋が爆発する様子をテレビでぼんやりと眺めることしかできませんでした。

帰国した時、地震学者の同僚に言われました。

「僕たち何もやることないよ。」



写真1 津波に襲われた小学校を悼む

停電で地震波形のデータもなく、解析や調査をすることもできませんでした。これまでたくさんの研究者が地震について研究してきて、私も社会の役に立つと思って地震学の道に進んだのに、こんな大震災でみんなが困っている時に何もできないとは地震学はなんて無力なんだろうと、心の底からがっかりしました。

5. コロナ危機を経験して

2020年4月、COVID-19に伴う緊急事態宣言が発令されたとき、私は何度も大学時代の恩師の言葉を思い出していました。

「芸術や音楽だって、直接社会の役に立つわけではないけれど、社会にとって欠かせないものだ。」

ライブに行けなくなって、映画館にも行けなくなって、これまで気にも留めていなかったことが如何に我々にとって大切なものだったか、という事をひしひしと感じました。逆に、役に立つと思ってきた自分の研究は特に何の貢献もできず(当たり前ですが)、また改めて無力さを感じることになりました。様々な研究分野があり、社会への貢献の仕方も違います。無駄な物など何もない！と言いきれるほどの悟りの境地には達していませんが、そういった多様性が大切で社会を豊かにするのだと、改めて強く感じました。

6. 研究のモチベーション

東日本大震災の後、日本中ががっかりしていた時に松山千春さんがこう言ったそうです。「知恵があるやつは知恵を出せ！力があるやつは力を出せ！金があるやつは金を出せ！何もないやつは元気をだせ！」

私の研究分野、特に緊急地震速報のアルゴリズム開発は研究している人が非常に少ないです。自分の貢献は微々たるものだけど、今自分ができていることをやるのが大切なんだ、とすごく勇気づけられました。私の



写真2 地震学のアウトリーチのために作成したペーパークラフト

できることは極々一部ではあるし、緊急地震速報が地震被害のすべてを解決できる訳ではないけれど、研究者である以上はその分野の発展に少しでも寄与できるよう、日々努力していくことが大切なんだと感じています。

7. 現在取り組んでいる研究

私が現在取り組んでいる研究は、緊急地震速報、地すべり地震学、強震動、と一見するとバラバラですが、私にとっては、「地震波の中から新しい発見をする」という目的で繋がっています。緊急地震速報は、地震波形の中から地震をいち早く見つけるシステムです。地すべり地震学は地震波形を使って地すべりを検知したり、地すべりの運動メカニズムを明らかにする研究分野です。大地震が発生した時には、強い揺れがどのように生まれたのか、また建物被害がどういったメカニズムで発生したのか、ということ、地震波形を使って調べたりします。新しい発見ができた時にはワクワクします。願わくばその発見が社会の役に立ち、世界を変えることに貢献できたら幸せです。

8. 地震工学のこれから

地震工学という分野は、建築や土木と違って特定の産業界との結びつきが弱く、どんな内容でも受け入れる懐の深さがあるように思います。私のようにどの分野からも主流派ではない研究者からすると、このような学会は非常に有り難いです。論文集も幅広い内容が掲載されていますし、産業界との強い結びつきがないからこそその自由度もあると思います。学会とは少し違いますが、若手地震工学研究者の会という集まりに長年参加させていただきました。そこでは普段会う事のない異なる分野(土木・建築・地震・機械など)の人たちが集まり、昼夜熱い議論を交わしていました。こういった、境界領域の架け橋となることが日本地震工学会のあり方ではないかと思っています。

2006年中国東南大学修士課程修了して、日本に留学。2010年愛知工業大学で博士後期課程修了。2011年京都大学特別研究員を経て、2013年から現職。研究分野は橋梁耐震、維持管理。

専門キーワード：
橋梁構造 免制震 UAV IoT AI



1. 現在取り組んでいる研究、その面白さ・難しさ

現在取り組んでいる研究として、概ね①橋梁免制震の研究と、②地震工学における新技術(以下スマート系と略称)の活用に分かれています。

①橋梁免制震について、2方向の問題、経年劣化、低温時の性能、機能集中の問題に関する、近年研究を進めています。ゴム支承の経年劣化の要因のひとつである機能集中問題と免震橋の想定外地震における危機耐性を念頭に、免震機能を分散した橋梁形式を提案していました(図1)。現在、その性能を検証するために、動的ハイブリッド実験を実施しています。

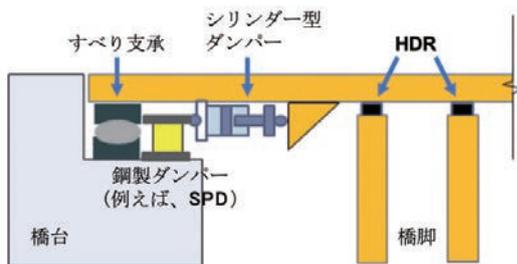


図1 機能分散型免制震橋

もう一方の②スマート系の研究では、小型無人機(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)を用いた橋梁損傷の地震後緊急点検、スマートフォンやIoTデバイスを用いた地震観測、機械学習や深層学習を用いた損傷認識などの研究も展開しています。

スマートフォンが普及し始めているのはわずか数年前のことでしたが、それから時代が変わりました。スマートフォンさえあれば、振動観測、地震観測、損壊危険度解析まで多くのサービスが可能となっています。今後もスマホアプリが重要な道具として、一方向的に緊急地震速報の情報を受けるのみならず、被害の情報を収集するクラウドソーシングにもなるのではないかと期待しています。

安くなったIoTセンシングはシングルボードコンピュータとMEMSを使って非常に低コストで地震観測ができおり、将来では高密度で3次元の地震観測を実現することが可能となります。IoT地震計はすでに販売されています。最近の研究として、スマホもしくはIoTセンシングを構造物に実装し、図2のように高密度で立体的な地震観測で地震の揺れと構造物の応答を直接測って、AIで構造

物の損傷を自動認識する方法を検討しています。まだまだ地震損傷データが少ないため、解析で損傷データを作成して訓練されたAIにより振動台実験データで検証したところ、極めて高い精度で損傷を認識できたという結果が得られています。この技術は、今後、リアルタイムの防災、橋梁の地震後の緊急通行などに大きく活用できると思われる。

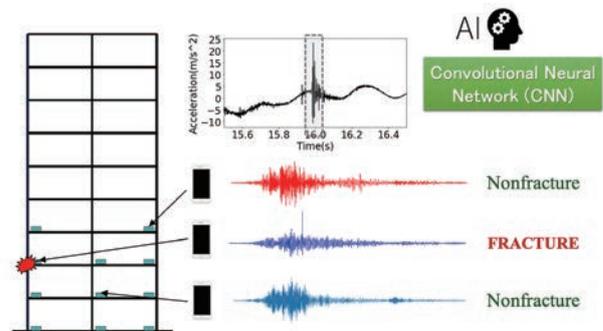


図2 スマートセンシングとAI損傷認識

2015年のネパール地震や2016年の熊本地震などではすでにUAVを用いた被害調査が行われ始めていましたが、近年の地震後の現場調査では、すでにUAVは不可欠な道具となりました。国際的にもUAVの写真から構造物の損傷をAIで自動的に抽出し評価する研究が多く行われています。今後も大きく発展されることになると思います。

新しい研究は面白いのですが、様々な方面からご意見も時々受けています。既往の論文や先人が行われてきた研究を見てみると、先生から継承したテーマをさらに発展させる必要もあり、その先を見越して、新しい知識を勉強して、従来解決できない問題に挑戦していくことも重要であると感じました。

2. 日本地震工学会に期待すること

近年では、地震工学会論文集の編集委員、年次大会の組織委員(2017)などを務め、学会の活動に参加しています。日本地震工学会論文集は無料で公開されており、英文号論文の刊行、WCEE誘致の成功など、若い学会の活力を感じております。今後は、AI、IoT、UAV、AR、VRなど研究者や技術者の関心が高い新しい技術に関して、新設研究委員会、大会での研究討論会、論文の特集号など、取り組むべき課題が多いのではないかと感じています。

初めて地震工学会での発表は2012年の国際シンポジウムでした。その時に、3日間の連続イベントで、65件の発表でした。昨年度、年次大会の国際セッションに参加したところ、英語の口頭発表は3点のみでした。留学生は増加していると思われませんが、彼らの研究を展示する場を用意することも重要であり、国際セッションの活発化と査読付きの英語論文特集号をペアリングして実施することも一案ではないかと思えます。

3. その専門分野に興味を持ったきっかけ・研究のモチベーション

中国での修士までは、建築構造設計の研究に取り組みましたが、日本に来て最初の研究課題は鋼製橋脚の耐震実験に関するものでした。知識や器具の使い方、考え方など新しい情報が怒濤のように頭に入ってきて、とても新鮮で刺激的でした。愛工大の耐震実験センターの隣に、地域防災センターがあり、そこの地震工学会の第5代会長の入倉先生の研究ゼミにも参加して、地震についてもとても興味深い話を聞く機会がありました。そこから、地震工学の意義を初めて意識しました。単純ですが、強震動などの理学の方がいくらかでも地震動をシミュレーションでき、構造工学の方は地震動を使って構造解析ができるから、両方理解して協力しなければならないと理解していました。しかし、その時、現在もそうかもしれませんが、構造の研究者は韌性が大事であることを理解してばかりで、地震動や振動論の知識も関心も少なかったもので、両方の知識が合わせばとこのことに魅力を感じました。

4. 今に活かされている学生時代の恩師からの言葉・印象に残っている経験

特に先生からの名言などではありませんが、学会でたくさん質問してくださいと言われていました。これを生かしたおかげで、「質問しよう」という気持ちをもって学会で他の人の発表を聞くと、分野が離れても集中して聞くことができました。「初歩的な質問でも良い」という気持ちで、聞いておけば必ず疑問が生じ、頭も考えて回転していきます。これによって、学会などで構造分野以外の知識もたくさんの勉強できたような気がします。

5. 学生時代と現在とで研究に対してギャップを感じたこと、考え方が変わったこと

学生時代は先生の意図を理解しつつ、実現できるものに集中して成果を上げることで精一杯でした。後輩にいちいち指導したり、実験方法の説明書やプログラムのマニュアルを作ったりすることが面倒ですから、自分一人でやったほうが逆に早いと思っていました。現在では学生を指導して、チームワークの力強さに驚かせまして、できるだけ学生の能力を信じて、集団的に勉強したり研究したりすることに考え、いかにいいチームを作ることに力を入れることに転換しました。

6. 自身の将来のビジョン、ちょっとした野心

現在の耐震設計のしくみでは、性能設計のように、いくつかのレベルで構造物の耐震性をチェックしています。橋梁耐震分野では、危機耐性の概念、それを配慮した設

計について、近年検討が進められています。将来ではリスクやライフサイクルコストに基づく考え方がさらに普及していくのではないかと思います。

特に決まったレベルの地震動ではなく漸増動的解析で様々な地震動を入力し、回復しやすく損失が少ない破壊モードに誘導する設計ができれば、国全体的に数十年、百年単位で考えれば経済的と思われれます。地震動も構造物も多くの不確定性がある中、このような考え方も必要ではないでしょうか？

なお、いずれAIで補助もしくは主導された耐震設計が実現されると思われれます。将来、機械学習や深層学習の理論を理解し、実用化できる能力を持つ人材が必要となる時代がくるでしょう。情報系のみならず、地震工学分野でもAIを活用して、業務を効率化し、生産性が向上されると思われれます。しかし、現状ではこの面の研究はまだまだ少なく、今後解決すべき多くの課題があると思えます。

7. 令和時代の先では地震工学はどう進んでいると思うか

個人的に地震工学とは、地震学、地盤工学、建築耐震、土木の耐震など多岐にわたる分野が交流できる場であり、それらの融和により地震などの自然災害による人間社会の損失を低減することが目的と認識しています。近年、台風や大雨による災害が顕著となり、2020年7月の大雨で橋梁も流されていました。地震工学は強震動、津波に重点を置きつつも、耐震から防災への道が見えています。その中、不確定性をはかる確率論、ビッグデータ、AIなどは共通の道具であり、分野横断というより、分野の壁が消えてゆくことが重要かもしれません。

8. 就職活動経験、進学理由などについて

最近でもないのですが、日本人が博士後期課程への一貫した進学がほぼ消えているほど少なくなっています。自分自身は留学生として、日本のような新しい世界を見たいことや、新しい知識にワクワクする感覚で進学してきました。返還不要の奨学金制度の充実やキャリアへのメリット以外に、知的好奇心を喚起する研究の魅力も必要と思われれます。

9. 若手技術者の主張

とりわけ、近年若手の技術者の不足もしばしば問題となりつつあります。海外の大学に行く時にも、「以前は日本人が多かったが、現在が珍しい」という声も聞こえます。若手へのアドバイスより、若手技術者が消えないように、とにかく大学院に進学してほしいと言いたいです。あえて言うなら、「先生から教えられた課題をいち早く卒業して、自分の時代に合わせた課題を早く見つけてください。」と言いたいです。

10. その他

2021年9月17日～20日、9th EVACES (Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering)と言う国際会議が東京で開催される予定です。特に地震工学分野は日本の強みであり、皆さんの投稿、企業展示、参加をお願い申し上げます。

公益財団法人鉄道総合技術研究所主任研究員、京都大学防災研究所非常勤講師、博士(工学)、専門分野：耐震設計法・地震工学

専門キーワード：

鉄道構造物法 耐震設計 耐震診断 設計地震動



1. 現在取り組んでいる研究・業務の概要

私は、鉄道総合技術研究所という組織で、鉄道構造物の耐震設計、耐震診断等に関する研究開発、業務等に取り組んでいます。大雑把には、大学や国立の研究所と、鉄道を運営している事業者、建設コンサルタント等の中間的な位置づけと考えるとイメージしやすいかもしれません。

研究開発では、鉄道の耐震設計や地震防災に関する各項目の高度化、実用化に主眼をおいた検討を行っており、

- ・地震作用の設定方法（設計地震動の評価、表層地盤の非線形挙動の評価）
- ・構造物の地震応答値の評価方法（主に橋梁・高架橋、盛土、開削トンネルの非線形挙動の評価）
- ・構造物の地震時要求性能、限界値の設定（使用性、復旧性、安全性、危機耐性等）

といった、地震工学に関する比較的幅広い分野に対する検討を行っています。そしてこれらの成果を鉄道構造物の設計基準¹⁾に反映させるという活動も行っています。

業務に関しては、鉄道事業者や建設コンサルタント

等から、鉄道構造物の耐震設計や耐震診断等で困っている事象や問題が発生した場合に、適宜相談を受けるとともに、必要に応じて自ら検討を行い解決する、という対応を中心に行っています。また、大規模地震が発生した時には、鉄道に関連する被害の調査や被害要因の分析等の業務も行います。

さらに近年では「今後発生が危惧される大規模地震に対して、路線全体を俯瞰して弱点箇所を抽出したい」といった相談や「中規模の地震が発生した後に鉄道施設が健全かどうかを即時的に把握したい」といった要望が増えており、これに資する検討（地震動の評価、構造物挙動の評価、地震対策の優先順位の設定等）を数多く実施しています。

そのため、研究開発、業務ともに数値解析に基づく検討はもちろんのこと、現場での計測（写真1）や各種現場作業の監督、実験の実施（写真2）、鉄道技術者を対象とした講習会の講師（写真3）など、比較的様々な役割を担わせて頂いています。

また、実務設計への展開や鉄道事業者に理解してもらうことを念頭においた結果の提示も重要であり、地震・耐震・破壊といった複雑な現象を、本質を見落と



写真1 現場での計測



写真2 実験の安全確認



写真3 講習会の講師



写真4 大切な家族の例

すことなく如何に単純に表現できるか、という観点を重視して研究開発、業務に取り組んでいます。

2. 日本地震工学会に期待すること

学会の活動を全て把握できている訳ではないので「期待する」ということを言える立場にはありません。ただ、最近いくつかの学会で活動している中で個人的に感じるのは「各自の専門分野が多様化するとともに、専門性が強くなり、それぞれがそれぞれの道を進んでいる」ということです。これは各先端分野の発展という意味で素晴らしい事だと思のですが、逆に捉えると、各自の研究成果がバラバラでかつ先鋭化しているので「他人の研究にはあまり興味がなくなってしまう」「工学において重要な要素の一つである実社会に活かすことが容易ではない(ある成果のみを取り入れた時に全体のバランスが崩れる可能性がある)」といった課題も出てくるような気がします。

例えば、構造物の耐震設計を行う際に必要な設計地震動は、震源断層モデルに基づく強震動予測手法によって「時刻歴波形」という形で評価されることが多くなっています。この時の各手法は主に地震動予測を専門とされる方々の研究成果に基づいています。しかしながら、鉄道構造物を設計する際には時刻歴波形の最大値や形等は実はそれほど重要ではありません。そのためもしかすると、構造物の設計を考える場合には、時刻歴波形という表示方法は適切ではないかもしれませんし、主に時刻歴波形や弾性応答スペクトルを適切に表現するために積み上げられた強震動予測手法を用いること自体を見直すべきかもしれません。しかしながら、地震動評価を専門にされている方が、構造物の耐震設計の実態に深い興味を持っているかは疑問に思うとともに、その逆もまた然りです。そのため、全体のバランスを考えて「設計地震動の表現方法をどうしていくべきか」等といった議論ができる場が非常に少ない(多くの人はそれほど興味が無く、かつ多少興味のある方々と話ができたとしても、各自の主眼や対象とする施設が異なるために少しずつイメージがズレてしまう)という部分で、残念な思いをすることが多々あります。

こういった多岐に渡る研究分野、研究成果を融合させて一つの方向性を見出すという役割を我々のような立場の人間が担うべきだと考えていますし、この時の仲介役として学会を活用させて頂くのも良いのではないかと考えています。この時に、多分野の研究者、技術者が集う日本地震工学会での活動は貴重な場であると捉えています。

3. 今に活かされている恩師の背中

私には恩師と呼べる人が3名(修士課程の指導教官、就職して最初の上司、博士課程の指導教官)います。各人とも非常に個性的で、研究者、技術者として活動する際の参考とさせて頂く部分が多々あるのですが、全員に共通しているのが「努力を怠らない」という点です。

学生時代、入社してすぐのタイミング等で、各人の若い頃の研究の仕方、働き方を聞かせて頂くことがあったのですが、今の時代であれば完全にNGな働き方をされていたようです。現代の会社員である私がこれを表立って真似することは難しいのですが、はるかに基礎能力の高い先輩方に追い付くためには、同じ努力量でも十分ではないことは明白です。目標である先輩方をいつかは追い越せるように、私も日々(こっそりと)努力を継続することを肝に銘じています。

4. 研究・業務のモチベーション

私はそれほど勉強熱心な学生ではなく、現在の専門分野や研究職を以前から志していた訳ではありません。ただ、縁あって今の専門分野や職業に就き、日々やりがいを感じながら研究活動、業務に取り組んでいます。

このようなモチベーションを保っている要因としては、「鉄道は社会的に重要なインフラ設備の一つであり、この鉄道の地震安全に関する研究開発、技術開発に携わっている」という勝手な使命感ではないかと考えています。この時に、上司に言われた「万が一、大地震が発生した時に大切な家族(写真4)が鉄道に乗っていたとして、その後の結果に自分が納得できるかどうか」という言葉を大事にしています。これは私にとって非常に重い言葉であるとともに、当然のように私個人でできること、やっていることにも限りがありますが、自分の取り組んだ結果に常に納得できるよう、「勝手に」に使命感を感じながら、前章で述べた「努力」を忘れずに今後も精進していきたいと考えています。

5. おわりに

最後に、私のような未熟者に執筆の機会を与えて頂いた編集委員会の皆様にお礼申し上げます。これからも地震工学の発展に少しでも貢献できるよう微力ながら精進しますので、引き続きよろしくお願い致します。

参考文献

- 1) (公財)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 2012.

建築

成島 慶 (Kei Narushima)

株式会社鴻池組 技術研究所 研究員

2017年東京理科大学大学院修士課程修了、研究テーマは超高層集合住宅を対象とした大地震時の被害推定など。現在、株式会社鴻池組 技術研究所 研究員として地震観測、構造ヘルスマニタリング等の研究に携わる。

専門キーワード：
構造ヘルスマニタリング 地震観測 耐震工学 免制震



1. はじめに

私は現在、ゼネコンの研究所に所属し、主に地震時に建物で得られた観測記録を活用した建物振動特性の分析や、構造ヘルスマニタリングに関する研究を行っています。

地震工学の分野に進んだきっかけや、学生時代の経験、現在の仕事などについて書かせて頂きます。

2. 現在の分野に興味を持ったきっかけ

私が中学生になった年、住んでいた家のすぐ近くに新しく駅が開通しました。その後、行政・企業・大学の連携による先進的なまちづくりが行われ、駅前にはショッピングモールやタワーマンションが増えたことで徐々に賑やかになり、今では人々が盛んに交流する住みやすい街になりました。住む街のそういった開発の様子を間近で感じるうちに、魅力ある建築やまちづくりなどに興味を持ち、それが大学の建築学科を志すきっかけとなりました。

大学では都市計画を中心に学ぼう、と意気込んでいた矢先、入学直前に2011年東北地方太平洋沖地震が発生しました。生まれて初めての大きな揺れに戸惑い、テレビをつけると、震源は遠い東北の三陸沖。大きな津波が建物を飲み込む様子を見てぞっとしました。震源近くはもっと大きく揺れているだろうな、自分の住む街も、いつかもっと大きな地震に見舞われた時にはどうになってしまうのか、と想像しました。

地震について当時まだ何の知識もない私は、これから建築を学ぶならば、建物の安全性や、いつ起きるか分からない大地震などの災害についてもきちんと知り、事前に備えることが大切だと感じました。大学の講義を受ける中で、建築・都市のデザイン分野の勉強よりも建築構造や耐震工学、防災の勉強の方が自分に向いていると感じ、よく学びました。研究室を選ぶ頃には、気が付いたら都市計画よりも地震工学の分野に興味が移っていました。

3. 超高層集合住宅の地震被害推定に関する研究

研究室配属後の3年間は、一貫して超高層集合住宅を対象とした大地震時の被害推定に関する研究に取り組みました。

現職に就いてからも参加している、大学・民間企業の研究グループによる「超高層集合住宅地震観測合同研究会」に当時から参加し、地震時に超高層集合住宅で得られた観測記録を使用させて頂いて分析しました。また、地震計が高価であるが故に建物での地震観測があまり行われていないことから、建物で簡易に実施可能な常時微動計測を行い、得られた記録を用いて地震前後における建物振動特性の変化や損傷箇所を把握する構造ヘルスマニタリングの研究を行いました。

修士課程では、国内に建つRC系超高層集合住宅をデータベース化し、既存超高層集合住宅の2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震時の応答分布推定、また今後発生が懸念されている南海トラフ巨大地震や首都直下地震を想定した応答分布推定を行いました。2016年に高知で行われた本会の年次大会では、熊本地震時の被害推定を中心とした研究内容を発表しました。当時は、震源近傍の超高層集合住宅の被害推定、建物

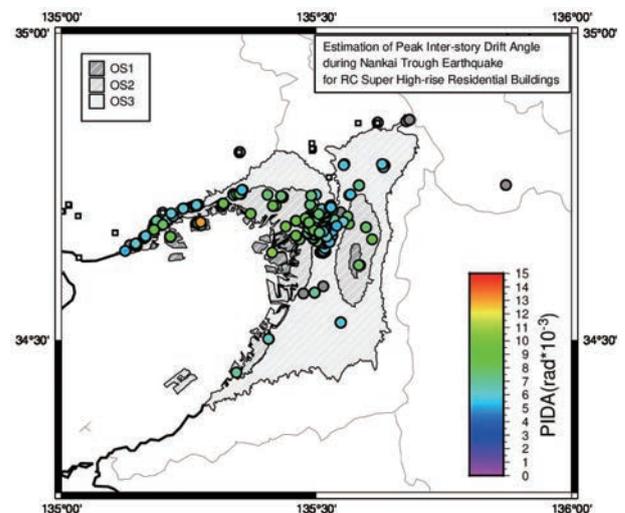


図1 南海トラフ巨大地震を想定した応答分布推定



写真1 授賞式(2018年度日本地震工学会論文奨励賞)

応答と入力レベルの相関など、地震被害の解明に少しでも結び付けばと思い取り組んでいました。地方での開催だったこともあり、観光や美味しい海産物も堪能でき、その年の大会はとても印象に残っています。その後も同研究に継続して取り組んだ結果として、光栄なことに2018年に本会の論文奨励賞を頂くことができました。地震被害を事前に見積もる研究は、社会全体の防災意識を高めて今後の減災に結び付くものであると信じ、非常にやりがいを感じています。

4. 学生時代の印象に残っている経験

2015年に発生したネパール・ゴルカ地震による現地の首都カトマンズの被害調査に同行させて頂いたことは、海外での地震による実被害を自身の目で見る大変貴重な経験でした。

調査では、外観の損傷状況をドローンで撮影し、建物内部を歩いてレンガ造壁などの損傷を確認しました。現地の建物は不整形なものが多く、エキスパンション



写真2 カトマンズの建物での常時微動計測

ジョイントのクリアランスが小さい建物同士が衝突した形跡も見られました。また、一部の高層RC造建物で常時微動計測を行い、パソコンを用いて得られた記録をその場で解析して建物の振動特性を分析するなど、当時から取り組んでいる研究を被害調査に活かすことができました。

実際の建物が地震でどのように揺れて損傷したのか、机の上で解析しているだけでは分からないことを少しでも実感できたことは、今後の研究や仕事に生きる非常に良い経験になったと思います。

5. 現在の研究・仕事について

現在取り組んでいる研究の多くは学生の頃の研究と共通しています。例えば構造ヘルスマonitoringは、弊社で施工した建物においても、地震時の即時的な構造健全性の判定や、万が一の大地震時の損傷推定による補修対策等への支援を目的に導入提案を行っています。学生時代の研究で得た知識を活かし、引き続き技術の向上を目指して取り組んでいます。

その他、弊社が保有する3次元振動台を用いた振動台実験や構造実験装置による実験等に参画しながら日々勉強しています。まだまだ基礎的な知識を蓄える段階ですが、徐々に視野を広げ、今後の社会情勢に応じた地震防災・減災に役立つ研究に携わっていかないと考えています。

6. 日本地震工学会への期待

地震工学に関する仕事や研究を通じて、社会に対して自分には何ができるのか、そのために何を学べばよいのか、まだまだ分からないことが山ほどあります。私は学生の頃から現在まで本会の会員を継続していますが、自身の専門分野の勉強だけではなかなか知る機会のない、異なる分野の取り組みにもアンテナを張ることができるのが、日本地震工学会の大変良いところだと感じています。地震災害という共通の敵に立ち向かうべく、本会に所属する様々な分野の専門の方々が連携して日々研究を積み重ねていますので、それらの取り組みを知ることとはとても勉強になります。引き続き各分野の交流の場として参加し、幅広い分野の取り組みについて学びながら、地震防災・減災に結び付くアプローチを見つけていければと思います。若手研究者向けのセミナーや勉強会の機会が増えればぜひ積極的に参加したいです。

津波

福谷 陽 (Yo Fukutani)

関東学院大学 准教授

2008年東京大学大学院理学系研究科修士課程修了後、東京海上日動リスクコンサルティング株式会社研究員、東北大学災害科学国際研究所助手等を経て現職。博士(工学)。2014年土木学会海岸工学論文奨励賞受賞。

専門キーワード：

確率論的津波ハザード評価 津波荷重 津波被害評価



1. 現在取り組んでいる研究概要

私は主に、津波を発生確率と規模の観点から評価する確率論的津波ハザード評価 (PTHA: Probabilistic Tsunami Hazard Analysis)、および、それを用いた被害評価、リスク評価に関する研究に取り組んでいます。地震動の分野では、1960年代頃から確率論的地震動予測 (PSHA: Probabilistic Seismic Hazard Analysis) に関する議論が進展してきましたが、津波の分野では、2000年代初頭以降、とりわけ、2004年に大津波を発生させたインドネシア・スマトラ島沖地震以降、急速に確率論的評価手法についての議論が活発化してきました。このような背景のもと、私は最近では、東北地方太平洋沖地震津波の知見を活用した確率論的津波ハザードの評価手法や津波浸水深の不確実性評価に関する研究を進めています。具体的には、地震動の確率予測でも古くから用いられてきた認識論的不確実性を捕捉するロジックツリーによる確率論的津波ハザード評価手法の改良¹⁾²⁾や、応答曲面法やモード分解・合成法を用いた確率論的津波浸水深評価³⁾⁴⁾等に関する研究を行っています。

ロジックツリーを用いた確率論的津波ハザード評価は、政府の地震調査研究推進本部でも研究が進められ、2020年2月にはJ-THIS津波ハザードステーション⁵⁾として計算結果が公開されたところです。しかし、この公開データの対象は、沖合の津波波高に限られています。私は、特にこの数年は、具体的な被害評価に直接適用できるよう、陸域の津波浸水深を面的に確率評価する手法の研究を進めています(例えば、図1参照)。水深50m程度以深での沖合の津波は、海底面の摩擦や地形等による影響を受けない線形波で近似できるため、多数の津波波源を考慮する際の重ね合わせが簡便な一方、陸域の津波浸水深を確率論的に評価するためには、通常、数百から数千を超える多数の非線形の津波数値計算を実行する必要があるため、多大な計算負荷が掛かります。多数のパラメータ変動を考慮しつつ、その計算負荷を軽減し、かつ、データの特徴を捉えた妥当な計

算結果を得るため、信頼性工学や流体力学の分野でも用いられてきた応答曲面法やモード分解法の技術を、確率論的津波ハザード評価に適用しました²⁾⁴⁾。これらは、主に東北大学災害科学国際研究所との共同研究に参画し議論させていただき、勉強してきました。共同研究のなかで他の研究者の方々と多様な視点から議論を深める意義・重要性について改めて認識した次第です。

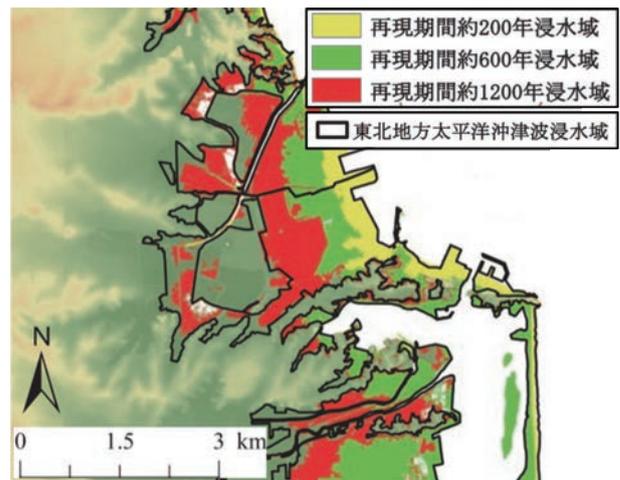


図1 不確実性を考慮した確率論的津波ハザードマップの例²⁾

2. 専門分野に興味を持ったきっかけ・研究のモチベーション

私は元々、山、川、海などの自然と触れ合うことが好きで、その繋がりや、日本で多発する自然災害に興味を持ち、修士課程では、流体(気象学)を扱う研究室に所属し、梅雨前線とそれに伴う小低気圧の活動を流体力学の視点から研究していました。その後、民間のコンサルティング会社にて、自然災害リスク評価モデルの構築や、企業現場での災害対策の助言等を行ってきました。そして、2011年の東日本大震災発生後、東北大学に赴任したことがきっかけとなり、現在の主な専門である確率論的津波ハザード評価の研究を開始しました。

確率論的津波ハザード評価の結果は、実に様々な方面で利活用されます。中央防災会議は、東日本大震災以降の津波対策として、発生頻度は極めて低いものの甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（1000年に一度程度の発生確率）と、発生頻度は高く津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波（数十年から数百年に一度程度の発生確率）の二つのレベルの津波を想定するという方針⁶⁾を示しましたが、本来、このような津波の評価では、津波の発生確率とその規模を可能な限り客観的に評価する確率論的津波ハザード評価手法の知見が非常に重要になってきます。また、現在、土木学会の小委員会でも検討している費用対効果を考慮した適切な防潮堤の高さの考え方⁷⁾、原子力安全のための確率論的リスク評価、建築物のための津波荷重評価への応用、津波ハザードマップの不確実性を明示したバッファゾーンの考え方⁸⁾、ひいては、損害保険や不動産投資・取引事業における自然災害リスクの定量評価の手法への適用など、確率論的津波ハザード評価結果の具体的な実務への適用範囲も幅広くなっています。

確率論的津波ハザード評価は、そもそもの不確実性が大きく、その評価手法や結果の解釈が困難であると理解されることが多いと感じていますが、上記に示した分野においては、このような大きな不確実性を定量化してなんとか客観的に数値で表現し、様々な意思決定をしていかなければならない、という要請があり、その意味でも研究を続けていく意義を感じ、それがモチベーションにも繋がっています。

3. 日本地震工学会に期待すること

私自身、学会には殆ど何も貢献できていない中で、学会に期待することを書かせていただくのは僭越ではありますが、敢えて挙げるとするならば、学会発表の場以外で、若手研究者が共同研究等のコミュニティを通じてプレゼンスを発揮できるような環境や何らかの場を提供してくれることを期待しています。私はこれまで、自身が所属する研究機関だけではなく、他機関の多様な研究者との共同研究に参加する機会に恵まれ、そこで様々な観点から物事を議論するうちに、多くの研究ネタやアイデアが生まれる、という実感があり、このような環境や場が、研究者のキャリア構築に重要であることを実感しています。このような環境や場は、当然、研究者自身が努力して獲得していくことが求められますが、学会が後押ししてくれるようなシステムがあれば良いのでは、と思いました。

4. おわりに

今回はこのような特集への投稿の機会を与えていただき、会員諸氏、また、会誌編集委員会委員の皆様には改めて御礼申し上げます。まだまだ若輩者ではありますが、今後ともご指導、ご鞭撻を賜りますよう宜しくお願い致します。

参考文献

- 1) Fukutani, Y., Suppasri, A., Imamura, F. : Stochastic analysis and uncertainty assessment of tsunami wave height using a random source parameter model that targets a Tohoku-type earthquake fault, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, Vol.29, No.7, pp.1763-1779, 2015.
- 2) 福谷陽、サッパシー・アナワット、安倍祥、今村文彦：確率論的津波遡上評価と津波リスクの定量化、*土木学会論文集B2（海岸工学）*、Vol.70、No.2、pp.I_1381-I_1385、2014.
- 3) 福谷陽、森口周二、寺田賢二郎、嶋原良典：津波荷重評価に用いる水深係数のモード分解による空間的不確実性評価、*土木学会論文集B2（海岸工学）*、Vol.76、No.2、2020.（印刷中）
- 4) Kotani, T., Tozato, K., Takase, S., Moriguchi, S., Terada, K., Fukutani, Y., Otake, Y., Nojima, K., Sakuraba, M., Choe, Y. : Probabilistic tsunami hazard assessment with simulation-based response surfaces, *Coastal Engineering*, Vol.160, 103719, 2020.
- 5) 国立研究開発法人防災科学技術研究所：J-THIS 津波ハザードステーション、<http://www.j-this.bosai.go.jp/>（2020年8月17日閲覧）。
- 6) 中央防災会議：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告、2011.
- 7) 土木学会減災アセスメント小委員会：減災アセスメント小委員会中間報告書、https://coastal.jp/files/201806_JSCE_gensaiassess_midtermreport.pdf、2018.（2020年8月17日閲覧）。
- 8) 福谷陽、倉橋和也、島袋宗和、志田一樹：津波ハザードマップに記載されるバッファゾーンの現状と課題—複数市町村の設定事例と平塚市での数値実験例—、*地域安全学会論文集*、No.35、pp.173-179、2019.

建築

杉野 未奈 (Mina Sugino)

京都大学大学院 准教授

京都大学大学院 工学研究科 建築学専攻 修了、博士(工学)、京都大学大学院助教を経て現職、専門分野：耐震構造、木質構造、など

専門キーワード：

建築構造 耐震構造 大振幅地震動 伝統木造建物



1. 現在取り組んでいる研究概要

現在取り組んでいるテーマの一つに、大振幅地震動に対する建物安全性に関する研究があります。大振幅地震動に対する建物挙動について把握するために、建物の応答解析はもとより、地震動が建物に影響を及ぼす性質に関して研究をしています。地震動を単純なパラメータで構成される波に特性化することにより、地震動のどの特性が建物応答に影響を及ぼすか理解しやすくなると考えて、特性化法の構築を行っています。

一方、伝統木造建物の耐震安全性に関わる研究に取り組んでいます。私が身をおく京都には、京町家から寺社仏閣まで様々な伝統木造建物が残ります。来る大振幅地震動に対して伝統木造建物がどのように損傷・倒壊に至るのかを把握し、どのような対策をとるべきかを考えるための研究をしています。手法としては、実情を把握するための調査、大変形に至るまでの静的水平加力実験、応答解析などを用いています。そして、耐震性能評価法の構築に関しても取り組んでいます。その中で、文化的価値の高い伝統木造建物にも適用可能である、非破壊による耐震性能評価法に関する研究に力を入れています。具体的には、非破壊試験に基づく柱の材料強度の推定法の開発、常時微動計測を用いた耐震性能・応答評価に関わる研究が挙げられます。

2. 学生時代の印象に残っている経験

修士課程のときに担当した木造軸組架構の振動台実験(写真1)が印象に残っています。実験時には、先生方は言うまでもなく、研究室の皆さん・実験にご協力いただいた方々に多大なるお力添え、私の不手際によるご迷惑をかけたことが思い出されます。実験の主担当として、大きな実験を計画させていただけたことで、研究内容だけでなく、実験方法や段取りを含めて次に活かすことのできる貴重な経験となりました。実験では、事前に立てていた予想と異なる結果が生じることがあります。実験の前に熟考して立てた予想が外れた際に、思わぬ発見と喜ぶという姿勢を恩師の林康裕先

生からお教えいただきました。そして、実際に自分の目で見て考えることの大切さを学ばせていただきました。



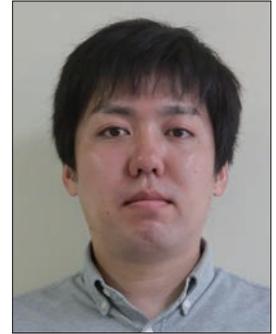
写真1 木造軸組架構の振動台実験の様子

3. 専門分野に興味を持ったきっかけ

祖父母の家は大工である曾祖父により手掛けられたものであると知り、建築や木造建物に興味を持ちました。その後、学生時代から現在まで、歴史のある建物が多く残る京都で過ごすことで、そのような建物の保全再生への興味が深まってきました。研究を通して、建物に関わらせていただけることに喜びを感じるとともに、研究成果が少しでも建物の耐震安全性の向上に活かされることが、研究のモチベーションになっています。また、分からないことが独自の方法を通して理解できたときや、解決の糸口が見つかったときに研究の面白さを感じます。

4. 日本地震工学会に期待すること

日本地震工学会では、日本地震工学会・大会や日本地震工学会論文集において、優秀発表賞や論文奨励賞をご用意いただいています。学生や若手研究者にとっては、賞をいただけることは大変な難しいことであり、私も賞をいただけることが励みになっています。そのような環境をご用意いただいていますので、学生が大会や論文集の投稿に進んで挑戦する雰囲気を盛り立てていただけますと幸いです。



筑波大学卒、同学大学院博士前期課程を修了後、大和ハウス工業株式会社、退職し同学博士後期課程に入学。同学研究員を経て現職、博士(工学)、専門分野：建築構造、木質構造

専門キーワード：
建築構造 木質構造 地震被害推定

1. 現在取り組んでいる研究概要

既存木造建物の耐震性能を評価し、これを用いて地震時の人的被害を減らすことを目的に研究を行っています。そのためのアプローチとして、実験・解析・被害調査の3つを行うようにしており、これまでは実大木造建物の振動実験(実験、写真1)や、大変形領域と繰り返し加力による劣化を再現できる復元力特性モデルの開発(解析、図1)、強震観測点周辺の被害調査等を行ってきました。現在の主な研究課題は、筋かいと面材を併用した耐力壁の履歴則に関する研究や、地震被害推定を目的とした木造建物群モデルの構築に取り組んでいます。面白さは、実験-解析-被害調査を一本の線で繋ぐ所がありますが、同時に難しさでもあると思う次第です。また、最近はAIにも手を出し、木造建物の外観写真から耐震基準を推定できるAIの開発を行っています。



写真1 実大木造建物の振動実験

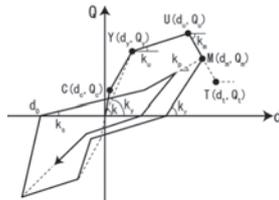


図1 開発した復元力特性モデル

2. 今に活かされている学生時代の経験

筑波大学で博士後期課程に在籍していた際、幸運にも実大木造建物の振動実験を、3回も行わせていただくことができました。実際の構造物が地震時にどの様に挙動し破壊するか、これを自分の目で確認できたことで、今行っている解析でも実物をイメージしながら取り組むことができ、大いに役立っています。また、「実験は段取り八分」と支持していた筑波大学境有紀教授に教わり、準備の大切さを身にしみて感じたため、私もゼミに所属する学生には、耳が痛くなるほど言うようにしています。ご指導と実験の機会を与えてくれた境有紀教授、そして、共同研究者としてご指導下さいました防災科学技術研究所松

森泰造氏、京都大学五十田博教授、国土技術政策総合研究所荒木康弘氏に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

3. 建築構造に興味を持ったきっかけ

1995年に兵庫県南部地震が発生した時、私(当時7歳)は神戸市の須磨区に住んでいました。私が住んでいた地域は、幸いにも震災の帯の外だったため、自宅も含め家屋の被害はほとんどありませんでしたが、発生から一週間後に親に連れられ、市営地下鉄板宿駅周辺(JR鷹取駅から約1km)へ行った時に見た光景に衝撃を受けました。至る所で家屋が倒壊し、軽微な被害に収まった住宅でも屋根にはブルーシートがかけられ、塞がっている道が多いからなのか、人が線路を通過して移動しており、幼いながら非日常的な状況に言葉を失いました。25年も前の事になりますが、これらの光景を今でも鮮明に覚えています。

この経験から、自然災害から人々を守る防災という分野に興味を持つようになり、防災について幅広く学べる高専の土木学科に進学しました。そして、5年次になり、編入学先を探すために色々な大学を調べていたところ、境教授のHPにたどり着き、ここで研究がしたいと思い進学した結果、今の専門である建築構造に進むことになりました。

4. 日本地震工学会に期待すること

前述のとおり、私は高専で土木を専攻していましたが、大学に編入学し研究室に配属された際に建築構造に移りました。違う分野ということで初めは不安がありましたが、取り組んでみると土木学科で習った知識がとても参考になり、大変驚きました。これら2つの分野は、多くの大学で学科が別れ、学会もそれぞれにあります。活かせる知識は共有できる部分が多いと実感しています。その意味で、日本地震工学会は土木・建築やその他の分野の垣根を越え、各分野の地震工学に関する研究を扱われているので大変参考になっています。今後も、分野を越えた議論が行われる場として期待しています。



2014年京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻修了、同年株式会社IHIに入社。構造物の振動問題、特に大型構造物の耐震性能評価業務に従事。専門分野：機械構造物の耐震・免震・制振

専門キーワード：
機械構造物 鉄骨造 部材破断 振動台試験

1. 「機械構造物の耐震問題」の特徴

IHI・技術開発本部に所属している塩見謙介です。構造物の振動問題、特に大型の機械構造物の耐震・免震・制振に関する研究開発を行っています。主要な業務は機械構造物の耐震性能評価であり、これまで主に、火力・原子力等の発電プラントや、クレーン等の荷役設備、タンク等の貯蔵設備の評価に携わってきました。いわゆる「機械系」の人間です。

もともと学生時代は土木工学を専攻していましたが、多種多様な製品を取り扱うことができるという点に惹かれ、機械メーカーであるIHIへの入社を決めました。取り扱う製品は土木分野とは異なりますが、基本となる学問は似ており（構造力学と材料力学、水理学と流体工学など）、大きな違和感はなく業務に入っていくと記憶しています。

機械分野の耐震問題は、土木や建築の耐震と比べても特徴的だと思います。それは、一口に機械構造物といっても形状や特性が千差万別で、求められる評価技術がそれぞれ異なるためです。例えば、発電プラントの支持鉄骨は建築構造物に近いところがありますが、配管やタンク、クレーンなどは構造や挙動が複雑で、数値解析では独特のモデリング技術が要求されます。

また製品によって、参照する関連規格や法令が異なります。例えば原子力分野はJSME（日本機械学会）・JEAC（日本電気協会）、タンクはKHK規格（高圧ガス保安協会）、クレーンはJISといった具合です。そのため、特に各製品の耐震問題を横断的に取り扱うR&D組織の人間は、様々な関連規格や法令を理解しておく必要があります。

2. 現在取り組んでいる研究

現在は、鉄骨構造物向けの耐震性能評価手法の高度化として、鉄骨部材が繰返し大荷重を受けて破壊（破断）する挙動のモデル化と、それを用いることによる、設計想定以上の巨大地震を受ける構造物の地震挙動の

解明に取り組んでいます。

近年は設計用地震動の高レベル化や「想定を超える地震に対する耐震性能」への関心の高まりから、設計領域を大きく超えた極限領域での動的挙動や耐震性能の明確化が求められています。しかしこれらの領域では、従来の数値解析では考慮されていない、地震中の部材の破断が発生する可能性が高く、これを正確に評価することが必要です。そのためまずは数値解析において、通常の弾塑性変形に加え、鉄骨部材が破断する挙動、特に長時間地震下での低サイクル疲労による破断の組み込みを行いました。鉄骨部材が繰返し荷重を受けて破断するまでの挙動は、自社が有する大型振動台によって実験的に確認しました。図1はその一例です。鉄骨構造物内の柱と梁の接合部1ユニット分の模型試験体を製作し、大型振動台に横倒しに取り付けています。これにより試験体は片持ち梁状態となっており、梁先端に車輪付きの錘をつけて水平方向に加振することで、柱・梁の接合部に繰返し動的荷重を与えます。これにより、図2のように梁の接合部付近に低サイクル疲労き裂を起点とする破断が生じるという結果を得ることができました。

この数値解析手法を用い、極限領域での構造物の耐震性能評価を行っています。具体的には、鉄骨構造物において破壊が生じる箇所をより修復しやすい部位に誘導することでレジリエンス性を高める耐震構造の実

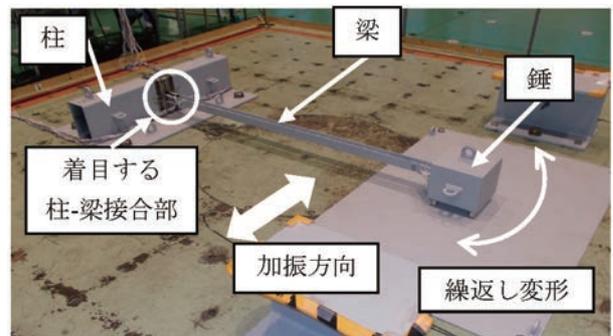


図1 振動台を用いた振動台試験

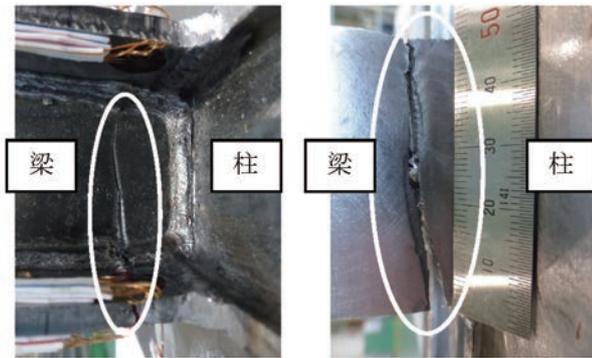


図2 柱-梁接合部で破断を生じた試験体

現や、構造物が倒壊する挙動の解明などです。これらを実現することで、構造物の真の耐震性能を精度良く見極め、より安全性の高い製品をお客さまに提案することができますと考えています。

3. 認識している今の課題

耐震技術に関する研究や実務を行う上で、特に課題と認識しているのは次の2点です。

1点目は、地震時の構造物の応答波形のデータが入手しにくいということです。近年はK-NETやKiK-netなど強震動観測網が非常に発達し、地表面波形を容易に入手できるようになりましたが、一方で構造物の応答に関する情報はなかなか得ることができません。機械構造物の解析モデルは前述の通りかなり複雑で、その妥当性を検証するためには、実応答との比較が重要です。官公庁や、鉄道・電力関係の企業では独自に自設備のモニタリングを行っているところもありますが、それらが一般に公開される例は限られています。カリフォルニア強震観測プログラム¹⁾(CSMIP)のように、産官学がうまく連携しながら、これらのデータを構築、共有できるような仕組みができるととてもありがたいと思います。

2点目も似ていますが、地震を受けた設備の被害や損傷に関する情報共有が困難なことです。機械構造物の場合、お客さまの工場や施設内部での損傷事例となるため、被害が発生してもなかなか情報を入手できないのが現状です。私自身、構造物の破壊を対象とした研究を行っていますが、「このような破壊モードが実際の地震で本当に起きうるのか、また起きたことがあるのか」という視点を忘れないようにしなければならぬと考えています。発生し得ない破壊モードを数値解析に取り込んだとしても、実務上意味がないからです。

壊れたかどうかなどは、その製品の性能や製造元の信頼性に関わる問題でもあり、非常にデリケートな問

題であると思います。しかしながら、技術の向上のために、うまく共有できる場ができないかと思います。例えば私も所属している日本機械学会の機械力学・計測制御部門では、各企業が経験した機械システムの振動トラブル事例を収集したデータベース“v-Base”²⁾が整備・更新されています。このように、特に有識者とのコネクションや知見・経験の少ない若手でも気軽に利用できるような情報共有の仕組みができれば、研究開発を進める上で大きく参考になると思います。

4. 日本地震工学会に期待すること

日本地震工学会の特長は、多くの方がおっしゃっていることではありますが、やはり「地震工学」という横串で多くの分野が横通しされていることだと思います。

機械工学において振動工学は非常にメジャーな分野ですが、その中で地震工学は相対的にややマイナーであると感じています。そのため土木・建築での地震工学はもちろん、地震学や強震動予測といった分野も含めた他分野の方々と交流し、知見をフィードバックすることが重要と考えています。そういった意味で、日本地震工学会は非常に貴重な場であると考えています。

また構造解析や振動台試験といったいわゆるハード面での技術だけでなく、災害時の避難の問題や保険業界から見た地震リスクの評価、センシング技術など、ソフト技術に関する情報が得られるのも非常に貴重なことだと感じます。ハード面での研究開発を行っている一方、ハード面での対策の限界も強く感じています。根本の目的は「地震に強い構造をつくること」ではなく「地震の被害を減らすこと」なので、幅広い分野と交流し様々な技術を組み合わせることが、これからの地震対策には不可欠と考えます。今後はさらにこういった分野横断的なイベントや、会誌・論文誌を通じた情報共有が進むことを期待したいと思います。

参考文献

- 1)Shakal, A.F. : The California Strong Motion Instrumentation Program and Recent Developments、日本地震学会ニュースレター、Vol.13、No.2、pp.50-54、2001.
- 2)v_BASE (振動工学データベース研究会)、<https://www.jsme.or.jp/dmc/Links/vbase/index.html> (参照2020-07-22)

建築

毎田 悠承 (Yusuke Maida)

東京工業大学環境・社会理工学院 助教

2015年東京工業大学大学院博士課程修了、千葉大学大学院助教、国立研究開発法人建築研究所研究員、国土技術政策総合研究所主任研究官を経て現職、博士(工学)、専門分野：建築構造、鉄筋コンクリート構造など

専門キーワード：

建築構造 コンクリート系構造 制振構造



1. 現在取り組んでいる研究概要、その面白さ・難しさ

私はコンクリート系構造物の耐震安全性に関する研究を推進している。中でも、コンクリート系構造物への制振ダンパー（以下、ダンパー）の適用に関する研究テーマ¹⁾などは、大学院修士課程で与えていただいて以来、10年以上継続している。また、最近ではUAV（Unmanned Aerial Vehicle、以下、ドローン）を建築物の災害調査に活用する研究も推進している。これらの研究に限ったことではないが、研究の面白さは自分が今までに持っていなかった知識や知見を得て、新しい技術を創造・構築することである。ダンパーそのものの特性や、ダンパーとコンクリート系部材の取り付け部の挙動、ダンパーを適用したコンクリート系構造物全体の挙動、ドローンの航行技術、ドローンに搭載するカメラの性能、ドローンでの被災建物調査手法など、大学の講義では習わないことを勉強できる。一方で、それらの知識・知見を簡単には得られないことに難しさがあり、各分野の専門家の方々と一緒に研究をしたり、ご意見を伺ったりして進めることでより良い研究とすることができる。また、それらの技術が実際の建物に採用されたり、社会実装されたりすることに喜びを感じる。

2. 日本地震工学会に期待すること

私が主に活動しているのは、日本建築学会や日本コンクリート工学会である。以上の学会では、その名の通り、建築学分野、コンクリート工学分野の研究者・技術者の方々と関わることができる。しかし、コンクリート工学以外の土木工学や、地震学、地盤工学、機械工学などの研究者・技術者の方とは普段ほとんど交流することがない。日本地震工学会は、「地震工学」をテーマとする多くの分野の方々が在籍されている。この利点を活かして、様々な分野の方々と交流する機会を増やしていただきたい。先に述べたように、例えばドローンを建築の災害時に活用しようとする、ドローンの航行技術や搭載するカメラなどの知識も必要

となってきた、自分が勉強するだけでは限界がある。そういった時に地震工学会に所属されている機械分野の研究者・技術者の方々からご指導・ご助言をいただき、一緒に研究を進められるような委員会や、シンポジウム等の意見交換の場、懇親会等がより増設されることを期待する。

3. 今に活かされている学生時代の印象に残っている経験

私が大学院修士課程1年であった2011年3月10日、つくば市内にある企業の技術研究所の実験施設で修士論文のテーマとなるダンパーを組み込んだRC部分架構実験¹⁾（写真1）の準備を開始した。その日はつくば市内のホテルに宿泊し、翌11日も実験の準備を進めていた。その最中に東北地方太平洋沖地震が発生した。つくば市は震度6弱で、非常に大きく長い揺れの地震であった。金曜日であったため、地震が起きなければ自宅に戻り、翌週からまたつくばに伺って実験を進める予定であった。しかし、地震によりつくばエクスプレスは運休、つくば市内のホテルは停電や断水等で利用できず、企業の技術研究所で一夜を過ごして、12日に帰宅した。実験は約1ヶ月中断となったが、多くの方々のご協力を得て、4月中旬から再開することができた。また、4月下旬には当時の指導教員である東京工業大学・坂田弘安先生に帯同して、宮城県内の学校施設の被災度判定・復旧支援に参加させていただいた。初めて、被災したRC造建物の損傷度評価、被災度判定を実施して、とても勉強になった。東北地方太平洋沖地震のような大規模地震の災害調査を経験できたこと、耐震構造の研究をしている最中に大地震を経験したことは強く印象に残っており、これらの経験は今の研究活動にも非常に活かされている。

4. 令和時代の先では地震工学がどう進んでいると思うか

内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム

(SIP)」の採択課題「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」³⁾では、今後、想定される大規模地震などの災害に対する防災・減災に関して研究開発が進められている。ビッグデータや、AI、IoT、人工衛星を用いたりリモートセンシング、ドローンなど様々な最先端技術を防災・減災に活用しようとするものである。こうした研究開発の成果が近い将来には社会実装され、これまでにはできなかったような迅速さ、効率の高さ、調査者の安全性の高さで地震後の建築・都市の災害調査、被災状況の把握がなされていくようになると思われる。私が今後推進する地震工学に関する研究開発においても、先人が構築された既存技術と、日進月歩で進化を続けるAI、IoT、ドローンなどの最先端技術とを融合させてより良いものにできればと考えている。

参考文献

- 1) 毎田悠承、吉敷祥一、曲哲、前川利雄、濱田真、坂田弘安、和田章：座屈拘束筋違を組み込んだ鉄筋コンクリート部分架構の力学挙動 - 鉄筋コンクリート骨組への座屈拘束筋違の活用に関する研究 その2-、日本建築学会構造系論文集、第79巻、第699号、pp.603-612、2014.
- 2) 毎田悠承、向井智久、宮内博之：災害時における被災建物調査へのドローンの活用、コンクリート工学、第57巻9号、pp.733-742、2019.
- 3) 内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 国家レジリエンス(防災・減災)の強化 研究開発計画、2020.、https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/9_resilience.pdf、(参照2020-08-11).



写真1 ダンパーを組み込んだRC部分架構実験

津波

奥野 峻也 (Shun'ya Okuno)

(株) 構造計画研究所 気象防災ビジネス室 室長

2010年東京大学卒、2012年東京大学大学院修士課程修了、同年(株)構造計画研究所入社。2016年より東京大学民間等共同研究員(出向)、2019年帰任後に現職。

専門キーワード：
非線形時系列解析 洪水予測 津波



1. はじめに

この度は「若手研究者・技術者から見た地震工学」との特集のもと、貴重な執筆の機会を頂戴し感謝申し上げます。私が日本地震工学会に入会したのは、津波被害関数に関する論文執筆¹⁾がきっかけです。入会後は「各種構造物の津波荷重の体系化に関する研究委員会」や、「情報コミュニケーション委員会」など、地震工学会の委員会活動にも参加させていただきました。現在では引き続き委員会活動に参加しつつも、地震工学とは少し離れた分野で活動しております。本稿では現在の研究・仕事の概要とそこに至る経緯、それらの経験を踏まえた学术界と産業界とのギャップ、そして最後に今後の地震工学会への期待について述べます。

2. 異分野の研究へのモチベーション

私の学生時代の専門は原子力で、流体解析や最適化を扱っていました。入社後もしばらくは津波をはじめとした流体解析を行っておりましたが、現在では分野を変え、非線形数学を応用した洪水予測の研究とその社会実装を進めています。

分野転換の契機となったのは2016年でした。この頃にはスーパーコンピュータによる大規模並列計算に対するハードルが下がりつつあり、またIaaSも台頭しはじめ、数値計算は精緻化・大規模化・複雑化の流れにありました。当時は私もこのような大規模計算に憧れていましたが、一方で疑問もありました。特に土木分野では、数値計算のインプットとなる観測値に大きな誤差が伴います。想定外力も大きな不確実性を伴い、対象とする支配方程式も半経験的なパラメータ・法則を含む場合があります。このような背景のもとでは、特に実務への適用や社会実装の観点からは、モデルの精緻化・大規模化が進んだとしても、必ずしもそのコスト(工数・計算リソース)に見合う恩恵を受けられないのではと考えていました。そこで考え方を換え、方程式を陽に解くモデルドリブンのアプローチでなく、観測データから直接シミュレーションする、データド

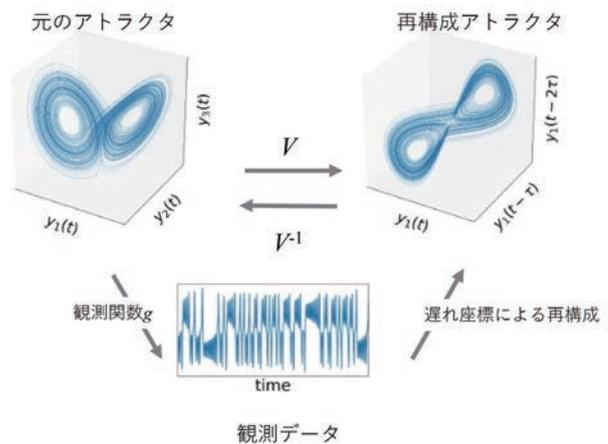


図1 埋め込み定理のイメージ図。データの一部だけが観測される場合でも、「遅れ座標」により元のアトラクタと微分同相なアトラクタを再構成できる。

ドリブンのアプローチによる防災テーマの研究を探り始めました。その後、非線形数学を得意とする研究室に出向し、民間等共同研究員という形で研究開発に取り組みました。

3. 現在の研究内容

2016～2019年に至るまで、東京大学合原研究室に出向し、力学系理論という考え方に基づくデータドリブンの時系列予測手法を研究してきました。力学系(dynamical systems)は力学(mechanics)に端を発する数学の一分野です。地震工学分野の皆様には、力学は非常に馴染みのある考え方かと思います。一方で力学系は、力学で扱うような時間発展するシステム全般を扱う数学分野で、気象予測等の文脈でよく聞く「カオス」も研究対象に含まれます。

力学系理論の中でも非常に興味深い成果として埋め込み定理²⁾があります。これはある条件のもとで観測データから元のシステムダイナミクスを再構成できる(図1)、というもので、この定理を応用し観測データのみから時系列を予測できます。この予測手法はデー

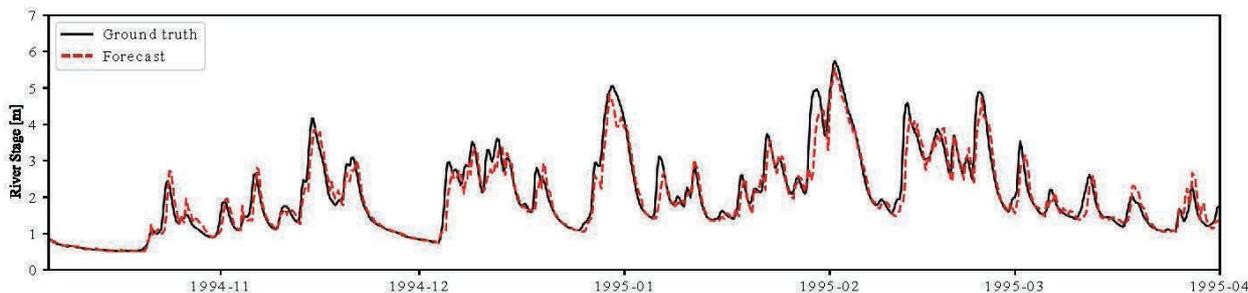


図2 河川水位予測への適用事例⁴⁾。実線が河川水位、点線が24時間後の予測水位。

タドリブンという点では機械学習に近いのですが、考え方がやや異なります。多くの機械学習手法ではブラックボックス関数を想定し、そのパラメータを訓練データに基づき最適化します。一方で力学系理論に基づく予測手法では、まず観測データが決定論的力学系から生成されると仮定して元のシステムの振る舞いを再構成、新たに入力されたデータを、再構成した過去データの振る舞いから予測します。モデルドリブンのアプローチに馴れた方には、機械学習よりむしろ馴染みのある考え方かもしれません。

最近ではこの予測手法を河川水位予測にも応用しています³⁾⁻⁵⁾(図2)。モデルドリブンの精緻化・大規模化とは違った方向の発展ではありますが、データさえあれば少ない工数で精度の良い予測モデルを作成でき、また過去経験のない規模の水位もある程度予測できるため、社会実装の観点では実用的と考えています。

一方で、データドリブンのアプローチは過去データが全く無い場合は適用できませんし、過去データがあっても全く経験したことのない振る舞いは予測できません。私見ですが、この観点から特に防災分野ではモデルドリブンのアプローチが廃れることはありませんし、いわゆるAIへの過度な期待が落ち着いた段階で、その重要性が再認識されると思います。

4. 学界と産業界とのギャップ

学生時代の経験や研究員としての活動を通じた学界と、実際の仕事とでは小さくないギャップを感じます。例えば学界では現象をより正確に理解するために、詳細な解像度で複雑な相互作用を考慮し計算を進めることもできます。一方で実務では、時間もお金も限られた中、それでも前に進むための結果を求められます。また現実の問題に対して数値計算で解決できるのは全体のごく一部であることが多く、本質的な課題は何なのかを見極めたうえで、時には大胆な仮定や近似の採用が適切な場合もあります。前述のような大規模3次元計算を実施できるケースは稀です。

このように学界で特定の領域に着目しているだけでは実態が見えづらい場合も多く、一方で利潤を追求する産業界では発展しづらい分野もあります。学界・産業界各々での専門性の追求はもちろん重要ですが、今後、両者を橋渡しするような人材もまた重要になってくると考えています。

5. 日本地震工学会への期待

現在、日本地震工学会の会員様の多くは土木学会や建築学会にも所属されていて、日本地震工学会に軸足をおいて活動されている方は必ずしも多くないと想像しております。また残念ではありますが、同僚を見ても日本地震工学会の会員の方は多くないように思います。他方、会員数が少ないからこそ、より深い議論ができる場でもあると思います。ご高名な先生方も数多く所属していらっしゃるの、そうした先生方と気軽に議論できる機会があると、非常に良い場になると考えています。

また委員会活動においても、他学会が主流となりうる指針を出す中、日本地震工学会だからこそできるユニークな活動や、思い切った提言ができると面白いなと想像しております。

参考文献

- 1) 奥野峻也、登柳正夫、山口亮、山本治貴、越村俊一：東北地方太平洋沖地震の津波被害現地調査結果に基づく非住家建物を対象とした津波損傷度曲線、日本地震工学会論文集、Vol.14、pp.5_68-5_81、2014。
- 2) Takens, F. : Detecting Strange Attractors in Turbulence, Lect. Notes Math., Vol.898, Springer, Berlin, Germany, pp.366-381, 1981.
- 3) Okuno, S., Aihara, K. and Hirata, Y. : Combining Multiple Forecasts for Multivariate Time Series via State-dependent Weighting, Chaos: An Interdiscip. J. Nonlinear Sci., Vol.29, 33128, 2019.
- 4) Okuno, S., Aihara, K. and Hirata, Y. : Forecasting High-dimensional Dynamics Exploiting Suboptimal Embeddings, Sci. Rep., Vol.10, 664, 2020.
- 5) Okuno, S., Ikeuchi, K. and Aihara, K. : Practical Data-driven Flood Forecasting based on Dynamical Systems Theory: Case Studies from Japan, arXiv: 2001.06414, 2020.

防災

劉 ウェン (Wen Liu)

千葉大学大学院工学研究院 助教

2013年千葉大学大学院工学研究院修了、JSPS外国人特別研究員(東京工業大学)を経て現職、博士(工学)、専門分野:リモートセンシングデータを用いた都市防災。

専門キーワード:
リモートセンシング 防災 都市環境 地理空間情報



1. 現在取り組んでいる研究概要

私は、航空写真や衛星画像などの広域画像データを用いて、都市モデルの構築と自然災害後の被害把握に関する研究を行っています。大きく3つのテーマに取り込んでいます。まずは、高解像度リモートセンシング画像を用いた都市モデルの構築と人工物の観測です。高さや面積を含む建物情報と建替えなどの変化は、都市計画や環境マネジメントにおいて必要不可欠なものです。近年の衛星画像の高解像度と撮影の特性を利用して、建物インベントリ情報を抽出し、都市モデルの構築を目指しています¹⁾。建物以外にも、合成開口レーダ(SAR)画像における橋梁の後方散乱特性を検討し、2011年東北地方太平洋沖地震・津波による橋梁被害の抽出も行いました²⁾。平常時における都市データベースの更新や人工物の状況の把握は、地震・津波災害後の緊急被害対応に有効と考えられます。

2つ目のテーマは、多時期の衛星SAR画像を用いた地盤変状と地殻変動の把握です。2011年東北地方太平洋沖地震においては、地震前後に得られた高解像度衛星SAR画像から、無被害建物の位置のずれに注目した地殻変動の検出手法を提案しました。この手法を宮城県と福島県の沿岸部を撮影した多時期の画像に適用し、高精度で地殻変動量の面的な検出に成功し、日本地震工学会から平成24年度論文賞を受賞することができました³⁾。また、2016年熊本地震においては、本震前後の航空レーザー計測データを用いて、布田川断層付近の地殻変動を検出しました⁴⁾。地震による地殻変動以外に、長期間に撮影された多時期衛星SAR画像を用いて、地盤変状のモニタリングも行っています⁵⁾。

3つ目は、マルチセンサを用いた自然災害による被害把握です。東北地方太平洋沖地震では、衛星SAR画像と光学画像のそれぞれを用いた津波浸水域の推定手法を提案しました。また、高解像SAR画像を用いた津波によって流失した建物の抽出に関する論文は、日本地震工学会から平成24年度論文奨励賞を受け賜りました⁶⁾。熊本地震では、2時期の航空レーザー計測データと衛星

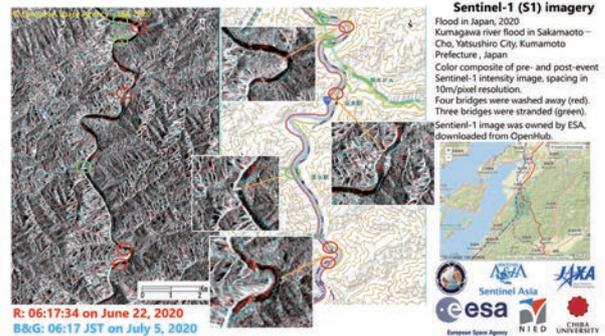


図1 令和2年7月豪雨前後の衛星SAR画像を用いた熊本県球磨川における橋梁被害の判読

SAR画像から倒壊建物の抽出を行いました^{7,8)}。災害観測の国際協力の枠組「国際災害チャータ」や「センチネルアジア」に参加し、最近では令和元年東日本台風と令和2年7月豪雨の緊急対応に応じました。これらの気象災害では河川増水による橋梁被害の判読と浸水域の検出を行いました(図1)。現在では、現地調査の結果に基づき、検出手法の改善と結果精度の検証を行っています。

学生時代から研究に熱意を持っていたため、博士課程まで進めました。現在、研究者としての仕事に就き、まさに天職だと思います。もちろん問題にぶつかり、思い通りに研究が進まないときも多々ありますが、難関を突破した度を感じる喜びも大きいです。それに、防災に関わる一研究者として、災害の発生後いち早く被害情報を提供するように、休日でも作業することを心がけております。

2. 防災に興味を持ったきっかけ

私が生まれ育った中国浙江省杭州市は、とても環境に恵まれて、地震はもちろん、台風もほとんど通過しない都市です。そのため、来日した当初は防災に関心がほとんどありませんでした。修士課程までは都市環境のモニタリングを中心に研究を行っていました。

博士後期課程に進学して1年後の3月に、東北地方太平洋沖地震とそれに伴う巨大津波が日本を襲いました。地震が発生したときは、大学の研究室にいました。

最初は揺れを気にしませんでしたでしたが、次第に揺れが大きくなり本棚も倒れそうになり、慌てて机の下に隠れました。揺れが収まったあとも天井の落下や市原市の製油所の爆発など、かつてない出来事を経験しました。まだ防災意識が薄かった分、その後食料や水を確保するのに苦労しました。

地震の3ヶ月後、指導教員と一緒に津波被災地の岩手・宮城を訪れ、現地調査を行いました。ニュースでも被害の甚大さが報じられていましたが、多くの建物が水に流れ、瓦礫が散乱し、何かの腐敗臭が漂ってくる悲惨な光景を目の当たりにし、大きな衝撃を受けました。沿岸の道路が寸断され、目的地にたどり着くため、迂回路を探さざるを得ませんでした。震源から遠く離れる場所にいた私でさえ、地震の影響であれだけ狼狽したのに、被災地の皆様にはどれだけ苦労したのでしょうか。想像をするたびに、何か被災地の力になれることがないかと考えました。

東北地方太平洋沖地震のような大規模災害では、被災地域が広域であり、また道路の寸断によってアクセスが困難なことも多くあります。早期の現地調査が極めて困難になるからこそ、広域で観測できるリモートセンシング技術の災害対応における必要性和有効性を強く感じました。それから、研究の重点を防災にシフトしていきました。

3. 恩師からの言葉

学生時代の指導教員である山崎文雄先生(千葉大学名誉教授)には、研究室の配属から現在までずっと大変お世話になっております。13年間の研究生活のなかで、最も印象深いことは「もっと現場を見ろ」という先生の言葉です。リモートセンシング画像の解析を行う私は、ほぼパソコンに向けて黙々と作業する日々でした。現地に行かなくても情報が得られることはリモートセンシングの利点の1つだからです。そのため、私も研究対象地域に行くという発想がありませんでした。一方、山崎先生はとてもフットワークが軽く、災害が発生すると真っ先に現地に出向きます。東北地方太平洋沖地震以降も、被災各地に何度も同行させていただきました。リモートセンシング画像だけでは説明できない現象や解析結果については、現地へ行くことで答えが得られたことはたくさんありました。自分の足で被災地へ行き、自身の目で現場を見る貴重な経験は代えがたいものであると、先生のお言葉が気づかせてくれました。災害だけでなく、工事や実験などにも、同じことが言えるのでしょうか。これからもこのお言葉を糧に、研究を進めたいと思っております。

4. 日本地震工学会に期待すること

ここ最近、主な研究テーマが台風や豪雨被害となったため、この2,3年間は日本地震工学会の学会活動に参加する機会がなく、誠に残念でした。日本地震工学会では専門分野に特化した研究の発表が多く、私のような研究テーマが地震工学とちょっと毛色が異なる人間にはやや参加しにくいこともあります。そのため、学会には、もうすこし活動の幅を広げていただけないかと期待しております。

この原稿の執筆にあたり、学会ホームページの記事をいろいろ拝読しました。そこで「若手地震工学研究者の会セミナー」の存在を初めて知りました。被災地での現地調査の経験など、ほかの若手研究者や特別講演を行うベテランの研究者と交流できる貴重なセミナーです。最後の参加報告は2018年でしたが、現在もまだ活動を継続中でしょうか。ぜひこのような交流活動やセミナーを続けて、そしてより多くの若手研究者に知っていただけたらと思います。

一研究者として、今後も地震のみならず都市防災の各分野に貢献できるよう、研究に精進してまいります。

参考文献

- 1) リュウ・ウエン、山崎文雄：高解像度SAR画像の強度と位相情報を用いた高層建物の高さ推定、日本リモートセンシング学会誌、vol.38, no.2, pp.149-162, 2018.
- 2) Liu, W. and Yamazaki, F.: Extraction of Collapsed Bridges Due to the 2011 Tohoku-Oki Earthquake from Post-Event SAR Images, Journal of Disaster Research, vol.13, no.2, pp.281-290, 2018.
- 3) リュウ・ウエン、山崎文雄：2011年東北地方太平洋沖地震前後のTerraSAR-X強度画像を用いた地殻変動の検出、日本地震工学会論文集、vol.12, no.4, pp.3-13, 2012.
- 4) Moya, L., Yamazaki, F., Liu, W. and Chiba, T.: Calculation of coseismic displacement from Lidar data in the 2016 Kumamoto, Japan, Earthquake, Natural Hazards Earth System Science, vol.17, no.1, pp.143-156, 2017.
- 5) Aimaiti, Y., Yamazaki, F. and Liu, W.: Multi-sensor InSAR analysis of progressive land subsidence over the coastal city of Urayasu, Japan, Remote Sensing, vol.10, issue 8, no.1304, 2018.
- 6) リュウ・ウエン、山崎文雄、郷右近英臣、越村俊一：高解像度SAR画像を用いた東北地方太平洋沖地震における津波湛水域と建物被害の抽出、日本地震工学会論文集、vol.12, no.6, pp.73-85, 2012.
- 7) Liu, W. and Yamazaki, F.: Extraction of collapsed buildings due to the 2016 Kumamoto earthquake based on multi-temporal PALSAR-2 data, Journal of Disaster Research, vol.12, no.2, pp. 241-250, 2017.
- 8) Moya, L., Yamazaki, F., Liu, W. and Yamada, M.: Detection of collapsed buildings from Lidar data due to the 2016 Kumamoto earthquake in Japan, Natural Hazards Earth System Science, vol.18, no.1, pp.65-78, 2018.

建築

山崎 義弘 (Yoshihiro Yamazaki)

国立研究開発法人建築研究所 主任研究員

2012年東京工業大学博士課程修了、学振特別研究員PD、東京工業大学助教を経て現職、博士（工学）、専門分野：木質構造物の耐震性評価

専門キーワード：
建築構造 木質構造 耐震工学 CLT 制振



1. 現在取り組んでいる研究・仕事概要

現職には2019年7月に就き、前職は東京工業大学で助教をしていました。博士課程修了から数えて8年、研究職として仕事に取り組んでいます。

まず始めに、建築研究所の紹介をさせていただきます。建築研究所は、公的研究機関としての公平・中立な立場を活かし、国の関連行政施策の立案や技術基準の策定等に反映できる研究開発を行っています。災害時の被害調査、建築基準の解説書の作成など、政策課題への技術支援も重要な業務です。

私自身は木質構造が担当です。学生時代から、木造建築物の動的挙動を振動台実験や地震応答解析によって明らかにすることがテーマです。写真1は低層の木造住宅を模擬した試験体の振動台実験で、複数回の地震動を与えることで性能劣化を生じさせ、地震後の継続使用性の評価を行いました。最近の研究課題は、CO₂削減のための国産木材の利用促進が国策¹⁾として進められていることを受け、これまで小規模建築が中心であった木質構造を、中高層化、大規模化するための技術開発がメインです。直交集成板 (CLT) は近年建築分野で頻りに耳にする新材料で、中高層木造、大規模木造を実現し得る新たな建築材料として注目を浴びています。写真2は最近実施したCLTパネル工法による



写真2 CLTパネル工法による垂れ壁付きフレームの実験 (@建築研究所)

る垂れ壁付きフレームの実験の様子です。

中高層木造建築の実現に関しては、日本は海外より遅れを取っています。地震国である我が国とは耐震基準が異なること等を鑑みると致し方ない部分はありますが、持続可能な社会形成のためには木材利用の活発化は不可欠ですので、海外の先行事例²⁾に学び、これを国内の設計条件に合うよう応用・展開する姿勢も必要だと感じております。例えば、CLTの利用について

も純木造建築に拘らず、鉄骨造、鉄筋コンクリート造との併用により設計条件をクリアし易くなることがあり得ます。また、建築への木材活用による炭素固定化、ひいては地球温暖化防止に貢献するには、建築物を長期利用できなければ意味がありません。海外の先行事例は、これらの課題解決に向けた実験的事例の意味合いもあるので、耐震のみならず、耐久性、維持管理なども含め、総合的な研究開発を要します。

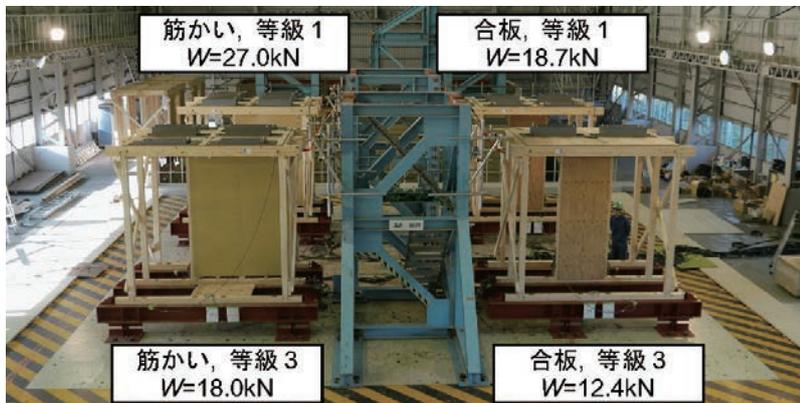


写真1 低層木造住宅の地震後の継続使用性評価のための振動台実験 (@防災科学技術研究所)

2. JAEEに期待すること、やってほしいこと、協力してほしいこと

日本地震工学会大会梗概集が会員限定でも良いので自由に閲覧できたり、あるいはタイトル・著者名・キーワード等で検索できるよう、まずはデータベース化されると良いと思っています。学生の卒論・修論などで先行研究を調べる際、日本地震工学会大会梗概集が調査対象になっていないのではないのでしょうか。現状では梗概集を購入する必要があるので、少しハードルが高いように思います。分野横断の役割を担うからには、新規参加のし易さ、情報（論文、成果報告など）へのアクセスのし易さ、は非常に重要です。

また、私はこれまで日本地震工学会の会誌編集委員会（2013～2015年）、情報コミュニケーション委員会（2018～2020年）に委員として参加し、学会としての情報発信に関わっておりました。これらの経験を踏まえ、最近その重要性をつくづく感じております。例えば、試しにご自身の関連分野について、動画投稿サイトやSNS等で検索すると、信憑性のない情報にも容易にアクセスできてしまうことが分かります。学会は多様な意見をもった会員が集い、議論する場であることが健全ですが、学術的に分かっていること／いないこと、既存技術でできること／できないこと、等の正しい情報の普及とともに、専門家ではない一般の方の素朴な疑問にも応えるコミュニケーションの努力が必要ではないかと思えます。

3. 専門分野に興味を持ったきっかけ・研究のモチベーション

おぼろげながらに「社会の役にたつ仕事がしたい」というモチベーションを昔からもっていましたが、建築学科に所属していた学生時代の私が受けた専門科目の中で、「人命」に関わることを強く意識したのが「木質構造」の講義でした。1995年の阪神・淡路大震災のときは当時小学生でしたが、多数の木造住宅が倒壊した映像をテレビで見た記憶は残っており、大学の講義で再びその映像に触れたとき、建築を学んだ人間として何らかの貢献がしたい、人命や財産を護るための仕事がしたい、という思いを強くしました。最初に関心をもったのは「耐震補強」でした。費用、手間、効果の評価など、色々な難しさがある中で普及が進まない状況を知り、様々な耐震補強工法がある中で、当時まだ黎明期にあった住宅用制振ダンパーに興味をもち、大学院に進学して制振技術について学ぶことにしました。「制振」は「免震」と同様に、「耐震」の高等技術のように位置付けられていますが、「免震」は機構の違

いが明快である一方、「耐震」と「制振」の境界は非常に曖昧です。しかし、両者の設計上の取り扱われ方は異なるため、横並びでの性能比較がされにくく、正当な評価を受けにくいところにもどかしさがあります。技術の健全な普及には、その評価法・設計法の開発も不可欠であり、法令や指針類の整備といった中立な立場として係わるべき仕事へのやりがいを見出し、現職に至りました。

参考文献

- 1) 公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律(平成22年法律第36号)、2010.5
- 2) 木の建築フォーラム：NPO木の建築49号、pp.1-5、2020.9

2014年早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻博士後期課程修了、2015年博士(工学)、株式会社大林組入社。日本地震工学会事業企画委員会委員。

専門キーワード：

地盤耐震工学 遠心模型実験 液状化 側方流動



1. 地震防災分野に興味を持ったきっかけ

2005年の大学1年生の後期に同じ学部の先輩達が行っていた防災教育活動を知り、そこで聞いた話が私のスタート地点です。

それは2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震において、引き波によって浜辺に打ち上げられた魚を捕りに行った大勢の子ども達が、津波の犠牲になったというエピソードです。知らないことで失われる命があることを、この時知りました。同時に日本では防災知識はあっても失われる命があるということに考えがおよび、これに対して何かできることはないだろうかという気持ちから、小中学生を対象とした防災教育活動等に取り組むこととなります(写真1)。

大学4年生の時、前出の防災教育団体を立ち上げられた濱田政則先生の研究室に所属し、東京湾をはじめとした臨海部コンビナートの防災性を高める研究に惹かれ、地震防災工学の道へと進みました。



写真1 防災教育の様子

2. 現在取り組んでいる研究概要

入社してからは、主に遠心模型実験装置(写真2)を用いた地中構造物の耐震、液状化対策に関する研究を行ってきました。最近、国土強靱化に関連した臨海部の液状化対策、原子力関連の断層変位による構造物への影響や飽和密地盤の動的挙動に関する実験的研究に従事しています。



写真2 遠心模型実験装置

大学時代にはあまり意識しておりませんが、1年間の現場監督の経験を経て、改めて研究活動はものづくりの現場とは異なり成果が見えにくく、目に見える成果にしていくことが難しいと感じています。

技術開発については、成果に結びつけるためのスピードがますます求められるようになってきている昨今、先達が実践してきたように研究成果をどのように社会に迅速に実装していくかも意識するようになりました。

3. 印象に残っている経験・恩師からの言葉

特に印象に残っていることが3つあります。

1つ目は被災者に関することです。どうしてよいかわからなかった、そして未だにわからない経験が2つあります。

1つは阪神・淡路大震災を経験した方が、小さな地震が引き金となって、辛い記憶がよみがえり、体が強張り動けなくなってしまったところを見た時。もう1つは、東日本大震災の広域避難者に対する支援活動を展開する中で、故郷を追われ東京に避難してきた方の一人が「原子力で作られた電気は使いたくない」と涙ながらに語っていた時です。

被害を減らすための視点として、犠牲者の要因分析が重要である一方で、生き残った人の中にも目に見えない被害が残っていて、それはその人の人生や、社会の合意形成に影響を与えうるということを知りました。これらはいずれも耐震技術だけで解決できる問題ではなく、地震防災が分野横断的でなければならない理由

の1つであると感じる出来事でした。

2つ目は作り手に関する事です。某防災イベントの打ち上げで、耐震補強推進協議会に所属する方の一人が、「自分や親父が作った家で人を殺したくない」と仰っていました。それまで私は耐震技術の向上と適用は、犠牲者を減らすことに貢献すると考えておりましたが、作り手が抱く「自分の作ったものが壊れること」に対する意識に触れたとき、責任感の強い作り手が自信を持って仕事をするということにも、貢献しているのだと知りました。

3つ目は技術者に関する事です。恩師の言葉¹⁾でもありますが、専門分野の殻に閉じこもってはいけません。三助(自助・共助・公助)のすべてに技術者が関わって社会貢献する必要がある。ということです。

言うは易く行は難しとはまさにこのことだと痛感する日々ですが、失敗を糧とし、出来る範囲から少しずつ挑戦していきたいと考えております。

4. 日本地震工学会に期待すること

期待するだけでなく、微力ながらも私も力となれることを中心に私見を述べさせていただきます。

私は今、本学会の事業企画委員会の委員をしております。そこで学生会員の定着が芳しくないことと、退会理由が「所定の目的(論文発表の機会)を果たしたから」というものであることを知りました。

会員数の減少という観点では、学生会員数の問題というよりは我が国の人口が減少局面にある事実を受け入れていかざるを得ない問題だと考えます。二酸化炭素排出ベースで現実的かつ持続可能な適正人口が約4,500万人であるという試算²⁾もある中、会員数が仮に現行の1/3程度となっても機能するような仕組みを早々に築き上げておくことが必要不可欠と考えます。

他方、学生会員の退会理由は、本学会が果たすべき役割を十分に発揮しきれていないことを示唆しているように感じます。論文発表や投稿の機会はもちろん重要ですが、地震防災分野が担うべき役割としては不十分なのではないでしょうか。

2011年東北地方太平洋沖地震の発生後、土木系の学科を志望する学生が増えたという話を耳にしました。こうした防災に強い関心を持って入学した学生は今どうしているのでしょうか。定量的な分析が必要とは思いますが、上記のような退会理由が散見される背景には、学生の初心に応えられるような場や機会が、十分に提供できていないことが考えられます。

学生に技術の社会実装の成功例あるいは失敗例を広く情報提供することで、技術の実践を通して、三助に

貢献することを示すことが重要だと思います。

さらに子どもたちへの情報発信も担い手確保の点で重要と考えます。子どもたちはSNSやテレビを通して災害現場で活躍する自衛隊等を見て、多かれ少なかれ将来を考える際の参考とすることでしょう。そこに対して社会を支える、災害から生活を守るための技術はどこでどのように生み出されているのかを発信していくことは、多様な社会貢献のあり方を示すという点で大切だと思います。こうした取り組みは、子どもたちが抱く「勉強は何のためにするのか」という問いに、1つの考え方を提供することにも繋がると思います。

Society5.0³⁾に代表されるように新しい革命が実社会に影響を与えつつある中、人口減少への対応も並行させながら、本学会に参画する人の専門分野の幅や、すそ野を広げていくことは、この分野の質を担保する意味でも重要であると考えます。

本学会がこれまで以上に人と人とを結びつけられるような、多様なプレイヤーが参画する場となることを期待してやみません。

参考文献

- 1) 濱田政則：地盤耐震工学、丸善出版株式会社、pp.i-iv、2013.
- 2) 安宅和人：シン・ニホン、株式会社ニューズピックス、pp.380-382、2020.
- 3) 内閣府：Society5.0-科学技術政策、2016.
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/ (参照2020-08-11)

2011年大阪工業大学工学部建築学科卒業、2013年京都大学大学院工学研究科建築学専攻修士課程修了後、現職。博士(工学)。主な研究課題は強震動評価・予測。

専門キーワード：

スペクトルインバージョン 強震動評価・予測 構造物の振動応答解析
リスクコミュニケーション



1. まえがき

コロナ禍による在宅勤務も明けた6月末、今後の学会運営や研究者を志す学生に向けて“若手研究者の声を聞かせてほしい”と、本誌への寄稿を依頼された。筆者には革新的な提言や適切なアドバイスはできないが、これまでの経験や将来に対して感じていることをお伝えすることで、与えられた務めを果たそうと思う。本稿が少しでも読者の興味をひけば、ひいては何かの参考になれば望外の喜びである。

2. 現在取り組んでいる研究

現在筆者は、免震建物や超高層建物の設計用入力地震動(サイト波)評価への展開を目的に、特に強震動の評価や予測に関する研究に取り組んでいる。強震動は震源特性、伝播特性、サイト特性の3つの特性でモデル化して簡便に扱うことが多い。サイト特性は基盤に対する地盤増幅率と定義されることもある。筆者はスペクトルインバージョン(Generalized Inversion Technique ; GIT)に関する研究に精力的に取り組んできた¹⁾²⁾。この手法は多数の強震記録から3つの強震動特性を逆問題的に同時に求めるものである(図1)。

紙面の都合から詳細は既報¹⁾²⁾に譲り、ここではGITで推定したサイト特性について紹介する。図2に、GITで求めた地盤増幅率とSH波鉛直下方入射仮定の1次元理論増幅率の比較を示す²⁾。地盤構造モデルはPS検層データと地震調査研究推進本部の深部地盤構造モデルから

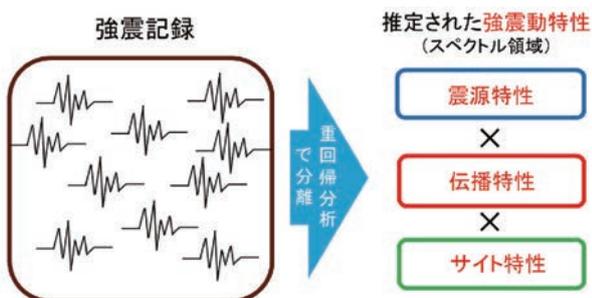


図1 スペクトルインバージョンの模式図

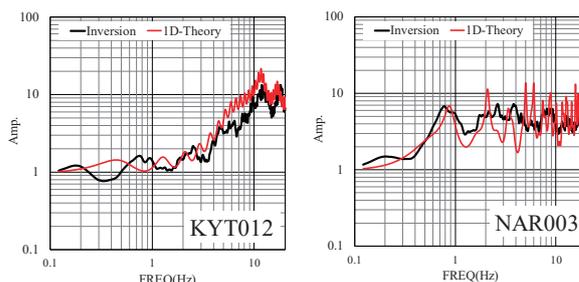


図2 GITで求めた地盤増幅率と理論増幅率の比較²⁾

作成した²⁾。両者は概ね整合していることから、GITの妥当性を確認できただけでなく、強震記録さえあれば、ボーリング調査等を行わずに対象地点直下の地盤増幅率を評価できることを示している。また、理論的に求めるのが困難な3次元堆積盆地の影響を含む長周期成分を考慮したサイト特性評価も可能である²⁾。GITは地震像の俯瞰的把握・経験的な強震動特性評価において強力なツールであり、強震記録の充実に伴い、その活用ニーズは今後も高まると期待される。

3. 進学や専門分野を選択した理由・モチベーション

筆者は1995年1月17日阪神淡路大震災で被災した。幸いにも家族は皆無事だったが木造2階の住家は全壊した。家財道具を持ち出す際に同行したが、柱の木材や土壁の下地材があちこちで壁から飛び出しており家中惨憺たる有様であった。「もうここには住めない」と父母が話していたことを今でも鮮明に覚えている。

大学では建築学科に進んだが、やはり上記の経験が大きかったように思う。卒業論文では地震と建物振動の研究室(堀家正則教授(当時))で偏心高層建物の振動解析手法の整備に取り組んだ。その後大学院に進み、指導教官(川瀬博教授(当時))と研究テーマを相談する中で最も気になったのが、先に述べたGITに関する研究である。当時の筆者は阪神淡路大震災における地震被害の原因が「建物」だけでなく「地震動」にもあるらしいことは把握していたので、「建物」の次は「地震動」

という理由で選んだように記憶している。

地震動（強震動）分野では、数多くの研究者の精力的な取り組みが続けられているが、未だ不明瞭なことが多く、依然として未知の世界と言えよう。このことは、地下深くの地盤構造を直接的に実験等に供することは難しく、強震動で扱う地理的領域は広範かつその地下構造は極めて複雑なためである。この研究分野に取り組んでいて自身の勉強不足・力不足に悩むことはあるが、難しくも新しいことを知ることはやはり楽しく、これが筆者のモチベーションになっている。

4. 地震工学の将来雑感

近年南海トラフ地震をはじめとした巨大地震の発生が懸念されており、今後も地震ハザードやそのリスクと付き合っていく必要がある。建物や社会インフラの供用期間に比べて巨大地震の発生間隔は極めて長く、適切なハザード評価には精度の高い予測技術の構築に関して長期的かつ継続的な取り組みが欠かせない。

大きな方向性として、日々蓄積される観測データ等の情報資源を最大限活用する取り組みがさらに注目されると推察される。強震動分野では、観測データに基づく、統計的手法（基礎的検定や機械学習等）を用いた予測モデルの構築は一層進むものと考えられる（物理的解釈と併せて）。一方、HPC（High-Performance Computing）技術やスーパーコンピューターの整備が進み、大規模な波動シミュレーションがより身近なものになると推測されるが³⁾、膨大な検討結果の解釈、不確実性の取り込み方や工学分野・実務での扱い等について、地震工学の研究者は知恵を絞る必要がある。また、数値計算のための地下構造モデルの高精度化・面的高密度化の重要性はより高まると推察される。

地震工学の社会的ニーズの高まりや説明責任の重要性に応じ、専門家としての知見を他者に伝える場面は今後多くなると考えられる。それは一般人を含めた関

係各所との意思決定プロセス全般においても、リスクコミュニケーションを意識する必要があるということである。その際には、一種の教育も重要となると筆者は考えている⁴⁾（図3）。

5. 地震工学会に期待すること

様々な分野の専門家が集う学会である特色を活かした取り組みを期待したい。具体的には、1)共通基盤技術、2)地震工学分野の知見に基づく耐震性評価の実態、3)アウトリーチの3つの方向性があると考えている。

まず1)について、振動問題に関係する研究者・技術者には振動計測、波形処理（統計処理含）、振動応答・波動シミュレーション、情報通信技術等が共通の基盤技術であるから、それらの情報共有を行うことで特に若手学会員の技術力の底上げに繋がると考えられる。

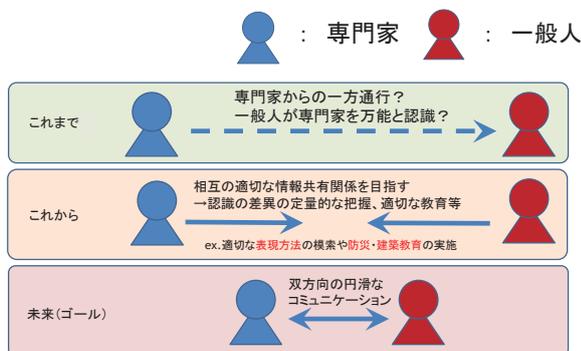
次に2)について、地震工学の研究者が培った知見は、分野ごとに独立に規準等に反映されているのが実情と思われ、各分野の実務設計等に携わっている設計者や技術者と研究者が一堂に会し実態を共有する場があってもよいのではないだろうか。両者が一緒に専門的な研究に取り組む機会があってもよいと考える。

最後に3)であるが、ここでは相互的な地震工学への社会的認知・理解を促す活動と捉えて頂きたい。一般人を対象にした単発的な勉強会のみならず、例えば中学・高校の理科や物理等の授業の社会的活用事例として防災や地震工学の専門授業を企画しても面白いのではないだろうか。寺田⁵⁾が提案した時代に比べ技術的事情が異なり、また社会情勢からもインターネットを通じた相互通信可能な学習体制構築は進むと期待され、そのような環境が整えば、人的負担を抑えつつ全国的な共通授業としての実施も可能ではないかと推察される。

以上はあくまで私案であるが長期的な防災・減災に関する社会還元や地震工学の社会的理解・認知に繋がるものと想像する次第である。

参考文献

- 1) 仲野健一、川瀬博、松島信一：スペクトルインバージョン手法に基づく強震動特性の統計的性質に関する研究 その2 分離した特性に対する詳細分析、日本地震工学会論文集、Vol. 15, No. 1, pp. 38-59, 2015.
- 2) 仲野健一、川瀬博、松島信一：1988年から2016年までに観測された強震記録から分離したサイト特性に関する研究、日本地震工学会論文集、Vol. 19, No. 2, pp. 1-24, 2019.
- 3) 地震調査研究推進本部：新たな科学技術を活用した地震調査研究に関する専門委員会、https://www.jishin.go.jp/reports/board/material_kagaku_chousa/（参照:2020-7-12）
- 4) 仲野健一、井上超、喜々津仁密、向井智久、佐久間博文、田野健治：一般人と若手技術者の建築構造・防災についての認識に関する調査研究、日本地震工学会・大会、2017.
- 5) 寺田寅彦：津波と人間、鉄塔、1933.



地震

久保 久彦 (Hisahiko Kubo)

防災科学技術研究所 研究員

2010年神戸大学卒、2012年神戸大学大学院修士課程修了、2015年京都大学大学院博士後期課程修了。
防災科学技術研究所 特別研究員を経て現職。博士(理学)。専門分野：強震動・地震の断層破壊過程

専門キーワード：

地震の断層破壊過程 強震動 観測記録 機械学習



1. 取り組んでいる研究

私は地震による揺れ(地震動)を用いた研究を主に
行っており、中でも地震の断層破壊過程に関する
研究は学生時代から継続して取り組んでいます。国内
外の観測記録に基づいて、大地震の断層破壊がどのよ
うに始まり、どのように成長し、どのように収束してい
くのか、という解析を、2010年代以降の主な地震を対
象として行ってきました^{例えば1),2)}。平成28年熊本地震の
際には最大前震の直後から解析をスタートし、最大前
震および本震の断層破壊モデルを適宜アップデートし
つつ、政府の各種委員会への報告やWebでの情報発信
を行いました(図1)。

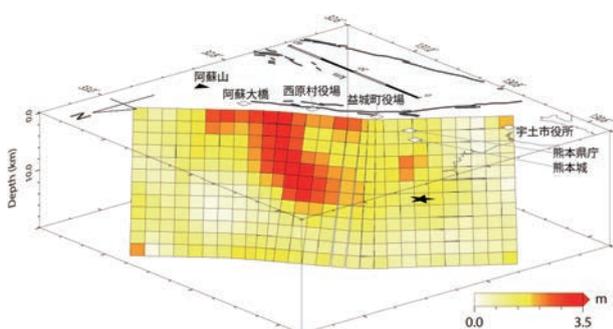


図1 平成28年熊本地震本震(M7.3)の断層すべり分布
(Kuboら²⁾の図を改変)

また、観測された地震動記録を調べ、どのようなメ
カニズムで強震動が生成されたのか、どうすれば精度
よく地震動を予測できるのか、という研究も行ってい
ます^{例えば3),4)}。久保ら³⁾では小笠原諸島周辺で発生する、
深さ300km以上の深発地震による日本全国での揺れを
詳しく調べました。そして深発地震による地震動の伝
播特性が地域ごとに異なることを見出した上で、新た
な地震動予測式を作成し、深発地震による揺れの予測
を実現しました。

地面の下で起きている地震の断層破壊および地震波
の伝播を実際に見ることはできません。そのような現
象を地表でとらえた観測記録から調べることはどうし

ても困難を伴いますが、一つ一つ解き明かしていく過
程はとても面白く、知的好奇心は尽きません。

2. 学生時代と現在とで考え方が変わったこと

観測記録に対する考え方は学生時代と現在とでは変
わってきたと思います。自分が研究の道に入ったのは、
現在の地震観測網がある程度整備された後です。学生
時代は1ユーザーとして観測記録を使っていたけれど、
全国を高密度に網羅する地震観測網の観測記録を
Web経由でフリーかつ簡単に取得できることは「当
たり前」という感覚がどこかにあったことは否めませ
ん。

現在私は防災科学技術研究所が有する強震観測網の
運用にも携わっていますが、現在の地震観測網が多く
の人の努力によってここまで整備されたものであり、
安定かつ継続的な観測を維持することの大変さを日々
感じています。また毎日多くのデータが取得・蓄積さ
れていく一方で、そのデータが使い切れていないこと
に歯がゆい気持ちを持っています。この膨大なデータ
を骨の髄まで食らいつくしていく必要があると考えて
います。

3. 日本地震工学会への期待・令和以降の地震工学

地震工学のすそ野は広く、理学・工学・社会科学と
いった幅広い分野の研究者が参画しています。地震工
学をさらに発展させていくには、幅広い分野の人材を
集め、連携していく場が重要です。日本地震工学会は
そのような場として今後も継続していくことがまずは
大事だと思います。また分野横断的な取り組みもど
んどん進めていってほしいと思います。

次の南海トラフ巨大地震の発生タイミングや規模を
正確に予測することは現時点ではできませんが、これ
までの履歴からはある程度の周期で起きていること
が分かっており、今後数十年以内に我々が遭遇する可
能性は非常に高いと考えます。この巨大地震に向けて、
わが国の防災力・減災力・回復力を向上させていくこ
とは、令和以降の地震工学における最重要課題だと思

います。

4. ちょっとした思い

近年、ディープラーニングをはじめとする人工知能・機械学習は発展著しく、様々な分野で成功を収めています。地震工学の分野でも機械学習の適用が進んでおり、私も機械学習を用いた研究を進めています^{例えば^{5),6)}}。Kuboら⁵⁾では地震動予測式でこれまで行われてきた地震動指標の予測に機械学習を導入しました。そして、既存の地震動予測式と機械学習をハイブリッドして予測することで、それぞれの長所を生かした予測が可能となり、単一の手法よりもよりよい予測ができることが分かりました(図2)。機械学習はこれまでのアプローチとは異なる視点での解析ができるため、機械学習を積極的に活用していくことはデータを食らいつくすことにつながると思います。また機械学習だけでなく、ほかの新たな技術にも積極的に取り組んでいきたいと思っています。

最後にですが、地震工学という分野が今後も継続していくには、若い人がどんどん参画していく状況を作っていくことが重要です。地震災害の防災・減災はもちろん大きなモチベーションですが、それだけでは魅力ある科学分野と見なしてはもらえないのではと最近感じています。地震工学研究の楽しさやワクワク感をもっと押し出していくことも重要だと思います。

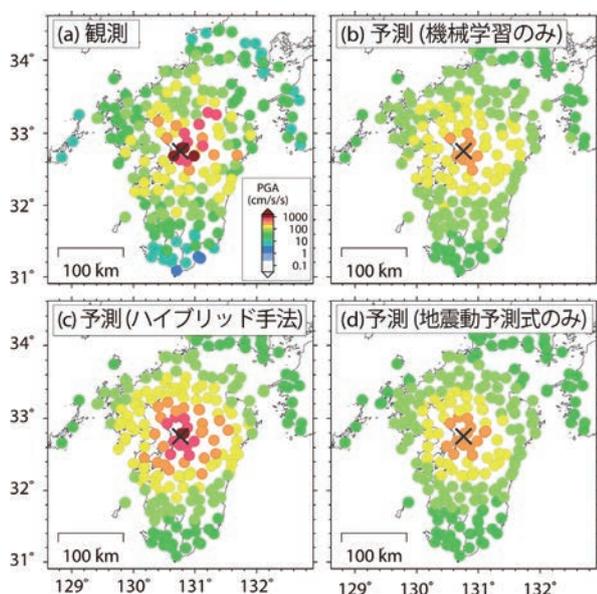


図2 平成28年熊本地震本震(M7.3)における地表最大加速度の観測分布と三つの異なる手法(機械学習・ハイブリッド手法・地震動予測式)による予測結果(Kuboら⁵⁾の図を改変)

参考文献

- 1) Kubo, H., Asano, K., and Iwata T. : Source-Rupture Process of the 2011 Ibaraki-oki, Japan, Earthquake (Mw 7.9) Estimated from the Joint Inversion of Strong-Motion and GPS Data: Relationship with Seamount and Philippine Sea Plate, *Geophysical Research Letters*, Vol.40, pp.3003-3007, 2013.
- 2) Kubo, H., Suzuki, W., Aoi, S., and Sekiguchi, H. : Source rupture processes of the 2016 Kumamoto, Japan, earthquakes estimated from strong motion waveforms, *Earth Planets Space*, Vol.68, 161, 2016.
- 3) 久保久彦、鈴木亘、功刀卓、青井真：小笠原諸島周辺の深発地震による地震動の距離減衰特性、*日本地震工学会論文集*、Vol.17、No.4、pp.13-29、2017.
- 4) Kubo, H., Nakamura, T., Suzuki, W., Kimura, T., Kunugi, T., Takahashi, N., and Aoi, S. : Site amplification characteristics at Nankai seafloor observation network, DONET1, Japan, evaluated using spectral inversion, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, Vol.108, No.3A, pp.1210-1218, 2018.
- 5) Kubo, H., Kunugi, T., Suzuki, W., Suzuki, S., and Aoi, S. : Hybrid Predictor for Ground-Motion Intensity with Machine Learning and Conventional Ground Motion Prediction Equation, *Scientific Reports*, Vol.10, 11871, 2020.
- 6) 久保久彦、功刀卓、鈴木亘、木村武志、青井真：説明可能な地震動指標のランダムフォレスト予測器の構築に向けた取り組み、2020年度人工知能学会全国大会、4Rin1-94、2020.

2013年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。2013年東京工業大学大学院総合理工学研究科助教、2016年から東京工業大学環境・社会理工学院建築学系助教。2015年度日本地震工学会論文奨励賞受賞。

専門キーワード：

地下構造 サイト増幅 微動 強震動 データ処理



1. 現在取り組んでいる研究

大学院生からずっと同じ研究室で研究活動をしています。最近では研究室に所属する学生と研究を一緒に進めたり、教科書や論文を一緒に読んだりしています。かなり自由な時間がありますので、自分の研究を進める時間がほとんどです。自身の研究内容としては、地震動、微動記録の分析により地下構造モデルを推定することが主です。最近では富士川河口断層帯の重点調査で強震動予測の高度化に取り組んできました。基本的には、自分たちで微動や強震動を観測してそのデータ分析をして地下構造を推定するというところに面白さを感じています。たぶん目隠しして箱の中身を言い当てるゲームのようなところがあるからです。記録の中には不十分なデータもあって解析することが難しいことがあります。それが面白さに変わることもしばしばです。



北海道胆振東部地震後にK-NET 鶴川の前で微動観測機材のチェック

2. 日本地震工学会にやってほしいこと

最近、学会の研究委員会のひとつの「強震動評価のための深部地盤モデル化手法の最適化に関する研究委員会」に参加させていただいています。日本を代表する研究者の方々と深く濃い研究・議論ができることがとても楽しいです。日本で開催予定のESG国際シンポジウムではブラインドプレディクションが目玉のひとつです。研究委員会で観測して集めたデータに対して提出されたものを取りまとめるとどのような結果になるのか楽しみです。このような実り多い研究・議論の

場を提供していただいていることはとてもありがたいことと思います。

3. 地下構造に興味を持ったきっかけ

修士課程では地震波干渉法を使って微動の相互相関を計算してその分析によって関東平野の3次元S波速度構造モデルの検証を行いました。それなりに当初の目的を達成したと思います。しかし、なかにはうまくいかなかった場合もありました。いろいろと計算のパラメータを変えたり、データを増やしたりして当時はなんとかしましたが、なぜうまくいかなかったのだろう、逆になぜうまくいったのだろうと思うようになり、当初の目的よりもそっちの方に興味がわいてきました。

博士課程ではもっぱらその興味にまかせて、地震波干渉法の理論背景をもとに、自分なりに独自に適切なデータ処理の方法を明らかにしたこと、手法の適用限界を明らかにしたことが結果的に学位論文の屋台骨となりました。

大学院生時代に興味をもったことは今でも同じです。博士課程を修了したあと、立川断層帯の重点調査に参加しました。そのときは微動アレイを使って断層帯周辺の地下構造モデルを推定しました。しかし、このときやはり解析がうまくいくときとそうでないときがあります。実はSPAC法は地震波干渉法と兄弟のような関係にあることがわかっていましたので特に興味を持ち、それらの理論背景をもとに深く考察したり、SPAC法を一般化したCCA法がなぜSPAC法よりも長波長を推定することができるのか、理論と観測結果から考察したりしました。

最近では強震記録の地震波干渉法によって地震基盤反射波を抽出する手法に取り組みました。これも右も左もわからず解析を始めると、パラメータの設定に頭を悩ませます。そのとき見つけた理論背景の論文が救いでした。undulation周波数という新しい理論をもとにしたデータ処理方法を提案することによって、美しい地震基盤反射波を抽出することに成功しました。

4. 将来の研究への興味

このように私の興味はどうやら強震動とか地下構造そのものではなくてデータ処理になってしまっているのですが、立川断層帯や富士川河口断層帯の重点調査での貴重な経験によって、地下構造モデルが強震動予測に与える影響が大きいことも感じています。今では日本全国の3次元地下構造モデルが推定されていますが、改良の余地があることもわかります。現在のモデルは、ほとんどわかっていなかった全国各地の地下構造モデルを、時代ごとに新しい推定手法を開発しながら一から築き上げてきた成果を集めて作られたものです。今後はそのモデルを基本として引き続き従来のような調査を重ねて地道に改良されていくことでしょうか。すなわちモデルをいかに改良していくかが重要な課題になっているのではないかと思います。同じやり方では果てしない時間と労力がかかるのは容易に想像されますから、すでにあるモデルの検証・改良を効率的にできるなにか頭を柔らかくした発想が待たれているのかもしれない。

それから、2016年熊本地震は私にとって少なくはない影響を与えました。阪神淡路大震災のときに小学生だった私が、初めて地震動による甚大な被害を目の当たりにした地震です。実際に目の当たりにした地震被害という現象は想像をはるかに超えていました。当時話題になった県道28号と秋津川に挟まれた震災の帯。転倒をはるかに超えて吹っ飛んだ墓石。地表断層、地すべり。そして益城町役場と西原村役場の被害の差。特技のデータ処理を駆使してでもアプローチできないかなどと思いを巡らせているところです。

地震

友澤 裕介 (Yusuke Tomozawa)

小堀鐸二研究所 課長

2009年東京大学大学院修士課程修了、鹿島建設技術研究所を経て小堀鐸二研究所に勤務、専門分野：地震動予測式、伝播経路特性、震源特性、サイト増幅特性

専門キーワード：

地震動予測式 伝播経路特性 震源特性 サイト増幅特性



1. 現在取り組んでいる研究概要

地震動は、震源特性・伝播経路特性（地震波が伝播するに従って地震動振幅が減衰する特性）・サイト増幅特性の三つの特性で表現されることが多いです。この三つの特性を詳細に知ることは、地震動評価の高精度化に資するものであり、耐震設計上重要な課題です。筆者は、多数の強震観測記録を用いてこの三つの特性を分離する研究を行っています。

地震観測記録を分析すると、伝播経路特性は空間的に一様ではありません。伝播経路特性には不均質がある、と言い換えることができますが、この不均質が生じる要因としては大きく二つのことが考えられます。一点目は、マグマが活火山直下にあることによって周辺よりも高減衰の領域があること。二点目は、地震波が減衰性の異なるプレート内を伝播する影響です。不均質減衰構造を推定した例を図1に示します。このような空間的に不均質な伝播経路特性と、各地震の震源特性、各地点のサイト増幅特性を同時に評価できることが、筆者の開発手法の特徴です^{1),2)}。

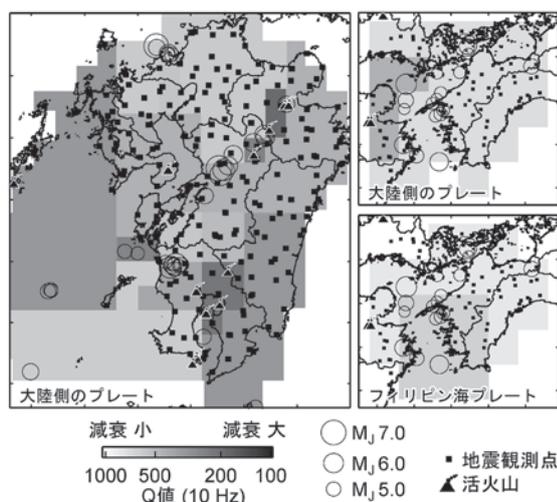


図1 不均質減衰構造の例^{1),2)}

また、推定した不均質減衰構造を地震動予測式に組み込む研究も行っています。地震動予測式は、いわゆ

る距離減衰式と呼ばれるもので、マグニチュード、距離、地盤条件などの少ないパラメータを用いて地震動の最大値や応答スペクトルを経験的に評価できるのが利点です。

伝播経路特性が均質と仮定した場合と、不均質と仮定した場合の地震動予測式概念図を図2に示します。推定した不均質な減衰構造を加味することで、より現実に近い複雑な伝播経路特性を表現することができ、予測精度が向上した地震動予測式を構築できます¹⁾。

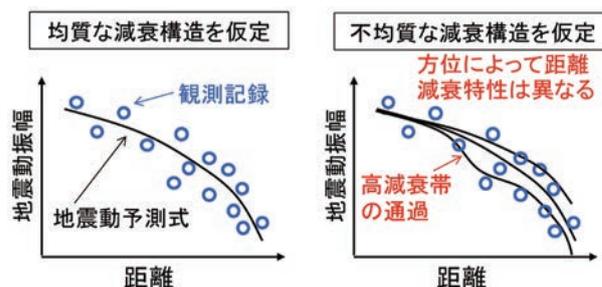


図2 地震動予測式の高度化の概要

2. 不均質減衰構造に興味を持ったきっかけ

伝播経路特性の不均質性を考慮せず、検討対象とする領域に対して均質な減衰構造を仮定する解析手法は、既に確立^{3),4)}されていました。これらの既往手法を用いて、筆者は全国の様々な地域の解析を行ったことがあります。既往研究において扱っていた観測記録数と比較すると、近年の検討に用いることができる記録数は大幅に増えています。にもかかわらず、その評価精度（観測／計算）は改善していないということに気がつきました。

そこで、既往研究の定式化には反映されていない現象があるだろうと考え、観測記録の特徴を詳細に観察したり、残差の特徴を分析したりしました。その際に、伝播経路特性の空間的な不均質性に興味を持ちました。そして新たに解析上の仮定や工夫を加えることによって、現状の記録数で推定可能な分解能で、観測記録を

減衰構造の不均質性・震源特性・サイト増幅特性に分離することができました。また、伝播経路特性の不均質性を考慮することで評価精度が向上しました。

このような研究は、大量の観測記録が蓄積され、それらを簡便に利用できる環境が整ったことで可能となりました。

3. 観測記録を蓄積し続ける意義について

日本における強震観測の歴史は、1953年に始まったとされています⁵⁾。その後、防災科学技術研究所により、K-NET、KiK-net⁶⁾が整備され、1996年の運用開始以来、非常に多くの観測記録が公開されています。

筆者が大学で研究を始めた頃、インターネットを用いた強震観測記録の取得は既に一般的になっていました。観測記録が無料で使えるのが当たり前という環境で育ったため、当初は地震観測に伴う苦勞を知りませんでした。しかし、地震観測点の視察に行ったり、様々な先輩方からお話を伺ったりするうちに、観測体制の立ち上げ、運営、維持管理には多大な労力がかかっていることを知りました。ご尽力された多くの方々に深く感謝いたします。

貴重な強震観測記録を有効に活用することは、地震防災に関わる者としての社会的な責務であると感じます。観測記録が増えることで、解析手法の工夫次第では、評価精度が向上したり、新しい現象がより深く理解できたり、といった改善が期待されることから、まだまだやるべきことは多く残されています。

4. 日本地震工学会に期待すること

実務者側からのニーズをくみとれるような学会、分野間連携ができる学会であってほしいと期待します。地震動予測式に不均質減衰構造を考慮することで予測精度が向上することは、前述のとおりです。より精緻に、より精度よく、というのは研究を行う上でのモチベーションの一つだと思います。先に述べた研究成果を筆者が所属する建築分野で活用するとした場合、評価精度は十分なのか、土木分野ではどのような議論がなされているのか、という観点で検討ができれば、研究成果をより発展的に社会に活かせるのではないかと思います。

5. 今後の課題、将来のビジョン

不均質減衰構造の推定については、現在限定的な地域を扱っているのみなので、今後、日本全域での検討を行い、全国にまたがる不均質減衰構造マップを作成したいと思っています。さらに、推定した日本全域の

不均質減衰構造を用いて地震動予測モデルの高度化を行うことも課題です。

将来のビジョン、というほどではないですが、こうなしてほしいという期待も込めて最後に述べさせていただきます。建築分野の設計用入力地震動の作成では、告示波において地震地域係数が考慮されていますが、地震活動の地域による違いや伝播経路特性の不均質性を直接的に反映したものとはなっていません。また、告示波は、「稀に発生する地震動」、「極めて稀に発生する地震動」と定義されており、その発生頻度を推察できるものの、どの程度の再現期間を想定して地震荷重を規定しているかについては明記されていません。今後、より合理的な設計とするためには、サイト固有の評価へ移行すること、及び、地震ハザード評価結果を活用することが必要と考えられます。強震動分野の研究成果が社会に活かされるように、これからも励みたいと思います。

参考文献

- 1) 友澤裕介, 加藤研一, 糸井達哉, 高田毅士: 不均質減衰構造を考慮した経験的地震動予測式, 日本建築学会学術講演梗概集, 21041, 2020.
- 2) 友澤裕介, 加藤研一, 塩田哲生: フィリピン海プレートの形状を踏まえた伊予灘周辺の震源特性・不均質減衰構造・サイト増幅特性の推定, 日本地震工学会第14回年次大会梗概集, P2-02, 2019.
- 3) 岩田知孝, 入倉孝次郎: 観測された地震波から、震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み, 地震2, 第39巻, 第4号, pp.579-593, 1986.
- 4) Kato, K., M. Takemura, T. Ikeura, K. Urao, and T. Uetake: Preliminary Analysis for Evaluation of Local Site Effects from Strong Motion Spectra by an Inversion Method, Journal of Physics of the Earth, Vol.40, No.1, pp.175-191, 1992
- 5) 功刀卓, 青井真, 藤原広行: 強震観測-歴史と展望-, 地震2輯, 第61巻特集号, pp. S19-S34, 2009.
- 6) 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.

歴史地震

中井 春香 (Haruka Nakai)

ナカシャクリエイテブ株式会社

2011年奈良大学文化財学科卒、ナカシャクリエイテブ株式会社に入社後、歴史災害に興味を持ち、名古屋大学減災連携研究センター受託研究員として歴史地震研究に携わる。現在は会社にて防災関連業務や共同研究、Web活用などを実施。分野：歴史地震、三河地震、石碑調査、被害データ

専門キーワード：

歴史災害 歴史地震 三河地震 石碑調査 被害データ分析



1. 歴史地震研究との出会い

三河地震から75年、今地域で地震の記憶を伝えるための模索が続いている――。

1945年三河地震は、愛知県の三河地域で発生した深溝断層を起因とする直下型地震であった。三河地震の特徴は、1944年東南海地震の約1か月後に発生したこと、戦時中の地震であったこと、そして倒壊家屋数の割に死者が多い地震であることがあげられる。

しかし、出身が三重県である私は、就職と同時に名古屋へ来たこともあり、三河地震についてはあまり知らず、地震や防災についてもニュースを通して知るくらいであった。そんな私が、防災研究について興味を持ち始めたのは、会社の先輩が業務で名古屋大学減災連携研究センターにて受託研究員としてライフライン防災を学び始めたことがきっかけであった。定期的開催される、防災アカデミーや減災カフェなどの行事に通ううちに、防災研究は、幅広い分野の集合であり、様々な分野の知見を持ち寄り研究を実施することが求められていて、情報共有や横のつながりが大事であることを知った。そんな時に、武村雅之先生や北原糸子先生の講演を聴講し、歴史災害という分野があることを知り、衝撃を受けた。特に、「歴史を学ぶ意味」の中に、歴史から防災を学ぶことで、人の命を救うことができるかもしれないという、今まで感じたことがない気づきを得たことで、大きな感銘を受けた。そんな折に、勤め先の会社が歴史文化財や古文書の解説などを取り扱っていることから、私も受託研究員として約3年間、武村雅之先生に歴史地震研究のご指導をいただけることとなった。東海地域で最も直近で発生し、多くの死者を出した地震として、飯田汲事先生の研究以降震度分布などの再考がなされていない三河地震に着目した。そして、かつての手書きデータからGISを用いて震度分布図を作成することから、三河地震研究を開始した。濃厚な3年間をここで語りつくすことはできないが、宇佐美龍夫先生の歴史災害の古文書調査に同行させていただき、実際の記録から「地震」とい

う言葉を探すことや、石碑調査で現地へ足を運ぶことでリアルな記憶に触れられること、学会やシンポジウムでの発表、査読論文の執筆、GISを用いた地理空間分析など様々な経験をさせていただいたことは、私にとって人生の宝物となっている。

現在は、減災連携研究センター時代にお世話になった兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科の阪本真由美先生と共同研究を開始し、防災教育、地域災害の認知度と学校教育への展開について、1945年の三河地震を事例に実施している。この研究では、学校教育において歴史災害がどの程度教えられているのかを把握するために、愛知県内の高校生、高校教員を対象に質問票に基づき実施した¹⁾。愛知県内で被害が発生した歴史災害に対する認知度が低く、三河地震を「知らない」と回答した教員が54%に上った。濃尾地震、東南海地震も類似の傾向であった。一方で、伊勢湾台風で「知らない」と回答した教員は5%、阪神淡路大震災は0%となり、多くの教員が知っていた。また、授業において教えたことがあるという回答は9%であり、教員の多くは歴史災害を知らず、知識を持っていないことが分かった。そのことが、地域の災害を知っている高校生が少ないことに影響していると考えられる。今後は、学校教育の中でどのように地域の災害史を取り入れていくかが課題であり、その部分についても実証実験を実施していきたい。

2. 1945年三河地震研究について^{2),3)}

1945年1月13日に発生した三河地震の特徴としては、東南海地震の約1か月後に発生した地震であること、戦時中であったこと、そして家屋喪失数に対して死者数が多い地震であることがあげられる。飯田先生(1985年)のデータにおける三河地震の被害として一般的に用いられている数値は調査データの最大値の総括であり、市町村単位の内訳に戻れないことが判明したため、1945年1月14日の愛知県警備課による統一的なデータも用いながら各市町村のデータを算出し、GIS

を用いて震度分布図を作成した(図1)。その結果、沖積低地である岡崎平野や矢作川流域では被害が大きく、幡豆山地などの丘陵地に属する地域は被害が小さいことが分かった。また、地盤による震度や被害の影響は、東南海地震と類似していたことがわかった。家屋喪失数に対して死者数が多い地震であることの要因を明らかにするために、戦時中であったこと、地表地震断層が現れたこと、1944年東南海地震(M=7.9)の約1か月後に発生したこと等に着目した。

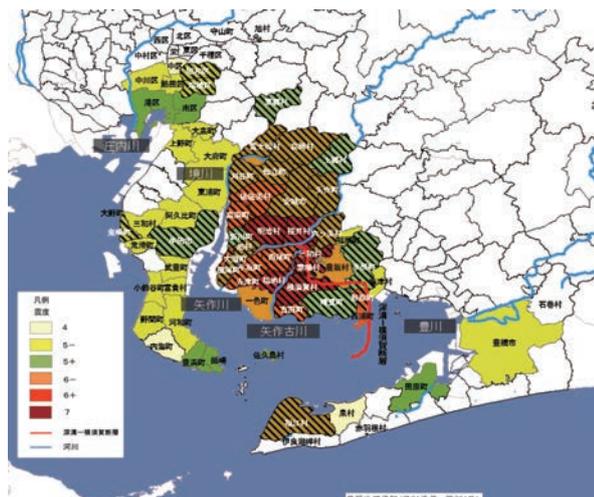


図1 住家の全潰率から評価した三河地震の震度分布(中井・武村2015) ※斜線部は37日前の東南海地震と震度が同じかより高かった地域⁶⁾。

そこで、それらの要因を定量化するため全潰家屋数を死者数で割ったNk値を用いて検討した。三河地震のように震動を主な被害要因とする地震では、通常Nk値は10程度となるが三河地震はNk=3.1である。戦争の影響についてデータを元に検討した結果、その影響は少なくとも0.4程度Nk値を引き上げることが分かった。次に被害町村を死者数が多い順とNk値が低い順にそれぞれ並べた表を作成した。死者数では震度7となる岡崎平野に位置する町村が上位に並び、地表地震断層が通った地域が必ずしも上位に並ぶわけではない。一方、Nk値が低い順に並べた場合は地表地震断層が明瞭に現れた町村が上位に多いことが分かった。そこで地表地震断層近傍の町村を一旦除き、三河地震のNk値を算出すると、Nk値は3.9となり0.8程度Nk値を引き上げることが分かった。詳細については、日本地震工学会論文集に2本の論文を投稿しているの、そちらを参照いただければと思う^{2),3)}。

3. 民間企業で研究を続けるということ

名古屋大学減災連携研究センター受託研究員を卒業後は、会社にて展示会や防災関連業務に携わった。ハザードマップの情報を活用する際に、過去の土地の成り立ちを考えることは重要である。そこで「ヒストリカルハザードマップ」として、過去の地図と現在のハザードマップをGIS上で重ね合わせるができるマップを作成し、名古屋市消防局へ提供した。名古屋市熱田区の南海トラフ地震の津波浸水範囲の過去最大予測と明治24(1891)年の旧版地形図を重ね合わせたものが図2である⁴⁾。

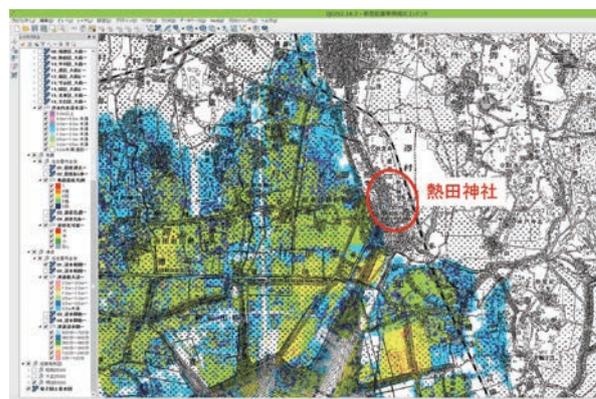


図2 QGIS上でのヒストリカルハザードマップ(津波浸水範囲過去最大と明治24年旧版地形図)

また、愛知県内の古墳の位置と津波浸水範囲についても重ね合わせた結果、古墳は津波浸水域を境目として陸側に分布し、浸水域と重なるものは今回の検証では存在していない。古墳や貝塚などは、当時人々が居住可能であったエリアに位置しており、湿地や海ではなく陸域にあったためと考えられる。上記のような結果から、神社や古墳のような人文・歴史的要素をマップに付加することで、住民に身近な史跡との関連で防災を考えるきっかけを与えることができた。

昨年、名古屋で開催された、内閣府主催の『ぼうさいこくたい2019』に出展し、福祉避難所シミュレーションゲームの紹介、周知を実施した。民間企業で研究を続けていくには、社内での情報共有や相互理解を図りながら業務と両立し、大学や学会との関係を維持していくという難しさがある。今まで、研究ができたのは会社の理解と環境があってこそであると感じている。

4. 日本地震工学会に期待すること

工学については、文系である私にとって知識もなく、未知の分野である。ただ、構造物として、その建物の

基礎の下にある大地が揺らぐという「地震の歴史」を歴史学的視点で紐解くことは、その上に立っている構造物に少なからず影響を与える。そこに歴史地震研究が少しでも貢献できれば幸いであると感じている。

また、歴史災害研究から紐解くといった視点があることを知ってもらうこと、伝えることの大切さを理解し、協力していただければと感じる。

5. 過去から学び、未来へ「つなぐ」

2013年10月より三河地震についての研究を始め、2015年には70周年の節目に研究の成果を報告する機会を、講演会や冊子掲載などのかたちでいただいた。こういった活動を通して、70年という時間は“生きた記憶”を残すタイムリミットの迫る時間であることを現実として思い知らされた。まさに、戦争の記憶をいかに未来へ残していくのかという課題に日本中が注目をしており、メディアや新聞など各社で多くの記事が取り上げられていた最中であった。この“生きた記憶”を伝える最後のチャンスにあたり、今何を知り、未来へ何を残すべきなのかを深く考えるきっかけとなった。

その一つが、各地に残されている慰霊碑や史跡の存在をもう一度調べ直し、後世へより正確でまとまった情報として残すことである。そこで、三河地震に関する石碑の現時点で見つけられるものに関しては全て調査を実施し、碑文についても原文を現地で確認することで、より正確な情報を未来の研究者へ残すことを目的として報告書を作成した。調査の中で、矢作川の治水と向き合いながら長い年月をかけて豊饒な土地を築き上げてきたことや、三河地震などの自然災害の復興を通してさらなる土地改良が行われてきた歴史を見つめなおすこととなった。



図3 室場土地改良碑⁵⁾

そして、見えてきたものは、被災者の家族や地域の人々の弔いの想いと、力強く復興してきた人々の未来への祈りであった。もう一度この想いをこの報告書を

通して多くの方に感じていただくことで、さらなる地域の発展と、日々の防災対策につながれば幸いであるとの思いで、当時、石碑調査報告書を作成した。

Withコロナ時代、様々な変革の中、私たちは防災についても考えていかななくてはならない。そんな中、地道であるが、災害記念碑や被害データなどの観点から地域の歴史災害を紐解く、歴史地震研究の知見を学びながら、過去の災害を未来の防災へ活かす手法を研究していきたい。歴史を学ぶ意味や歴史を学ぶことそのものが、人の命を救う可能性を信じたいと思う。そして、この活動は人生を通して続けていきたい。私自身が「歴史」と「防災」が繋がったことで、歴史地震研究と出会ったように、誰かにとって大切な「〇〇」と「防災」を繋げることで、興味のない人にも防災を伝える方法になり得るのではないかという、コロナの先に来る未来への期待を今感じている。

参考文献

- 1) 中井春香、阪本真由美：1945年1月13日三河地震の認知度と教育への展開～学校教育における歴史災害意識調査からの考察～、歴史地震研究会論文集、2019.
- 2) 中井春香、武村雅之：1945年1月13日三河地震の広域震度分布の再評価とその特徴、第14回日本地震工学会論文集特集号Vol.5 (2015) No.7, pp.220-229、2015.
- 3) 中井春香、武村雅之：1945年1月13日三河地震における全潰家屋数と死者数の関係—なぜ多くの犠牲者を生み出したのか？—、日本地震工学会論文集17巻2号 p.2_23-2_37、2017.
- 4) 中井春香、久世晋一郎、陶俊：過去地図と史跡から災害を考えるヒストリカルハザードマップ、日本災害情報学会論文集、pp.719-720、2017.
- 5) 中井春香、武村雅之：三河地震の慰霊碑・記念碑・遺構、2017.
- 6) 松岡敬二編集：古地図で楽しむ三河、2016.

地震

藤田 航平 (Kohei Fujita)

東京大学 地震研究所 助教

2014年3月東京大学大学院工学系研究科 博士課程修了、日本学術振興会 特別研究員 (PD)、理化学研究所 計算科学研究機構 特別研究員を経て現職、博士 (工学)、専門分野：高性能計算に基づいた大規模地盤震動解析

専門キーワード：

地盤震動 三次元解析 高性能計算 有限要素法



1. 現在取り組んでいる研究概要

筆者は、地震工学における連続体力学問題の求解のための、スーパーコンピュータに適した大規模三次元有限要素法の開発に関する研究を進めている。大規模数値解析技術というと地震工学から少し離れるように聞こえるかもしれないが、地震動や地盤震動などの数値シミュレーションにおける数値解の収束による解析結果の信頼性保証、多数ケース解析による不確実性分析やデータ同化・地下構造最適化のための基盤となる技術である。また、適切な問題設定により対象問題をある切り口からきれいに縮約して低コストで解いてきた方法に対して、大規模数値解析技術は計算コストはかかるものの切り口の取り方によらず同じ答えが得られる方法に進む技術開発ととらえられる。IoT・Society 5.0・デジタルツインといった高度な情報化時代における分析の自動化と親和性が高く、地震工学分野においてこれらの情報技術の革新を取り入れる際の基盤技術の一つになると期待している。

地震工学分野では、一般的な工学分野では板材・シェル材といった薄い部材を主な対象とするのに対して、地震工学分野では地盤・コンクリートといった三次元的に詰まった問題を対象とするため、問題の自由度が飛躍的に増加する。従って、この問題の実直な計算は他分野の計算からみてもかなり高いコストとなり、既開発の手法を使うだけでは間に合わない。こういった背景のもと、東京大学地震研究所・計算地球科学研究センターでは、市村強教授がアルゴリズム開発をし、優秀な学生とともに筆者が計算機特性に応じた実装開発と大規模シミュレーション実施と役割分担し各専門の共同研究者の力をかりながら大規模有限要素法シミュレーションの研究開発を進めてきた。これにより、2011年に世界ランキング一位を獲得した京コンピュータといった世界有数のスーパーコンピュータの性能を出しきり、1300億自由度といった超巨大な地盤震動解析を実現してきた（高性能計算分野において国際的な賞の一つであるゴードンベル賞のファイナリストに三回選ばれている）。筆者は、本年稼働し始めたスーパーコンピュータ富岳等において大規模シミュレーション技術をさらに発展させることで、



図1 大規模三次元有限要素解析による地盤震動解析と、その結果を用いて実施した建造物の応答解析例

地震工学関連分野においてIoTなどによる高解像度・大規模データを活用しうる基盤技術の開発を進めていく計画である。

2. 現在取り組んでいる研究に興味を持ったきっかけ

筆者は学生時代、卒論・修論・博論でシェル構造・津波・地盤震動などの数値解析に取り組んだが、大規模シミュレーションの魅力には気づいていなかった。転機となったのは先述のゴードンベル賞への挑戦と、博士課程修了後における京コンピュータが設置してある理化学研究所への就職である。ここで世界有数の規模の大型計算機の性能を出し切ることに魅力を感じ、博論まで進めてきた地震工学分野の問題に対し、現在では国内のみならず海外のスーパーコンピュータを使った研究を進めている。

3. 日本地震工学会に期待すること

DX(デジタルトランスフォーメーション)やIoTなどの情報技術革新が進む中、地震工学分野の活性化と他分野からの認知度向上のためには、計測・通信・計算など様々な要素技術を使うだけでなく、要素技術を一部でも作ることが重要になると考えられる(例えば、デジタル革新時代における、対象問題に即した新しいセンサーデバイス開発)。そのための基礎的な技術開発や、開発した技術の情報発信を学会として推進することが若手にとってプラスになると期待している。

地震

小寺 祐貴 (Yuki Kodera)

気象庁気象研究所 研究官

2013年東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了、気象庁地震火山部地震津波監視課を経て現職、修士(理学)、専門分野：地震動即時予測

専門キーワード：

地震動即時予測 緊急地震速報 強震動 機械学習



1. 現在取り組んでいる研究概要

気象庁で運用している緊急地震速報システムの高度化を目指して、地震動即時予測の研究に取り組んでいます。

従来の地震動即時予測でよく採用される方法は、各観測点でのP波到達時刻と振幅をもとに点震源モデルを推定し、地震動予測式を使って対象地点の地震動の大きさを計算する、というやり方です。しかしながらこの方法では、様々な技術的課題が顕在化することが知られています。例えば、巨大地震発生時には長大な震源断層を点震源モデルでは正確に表現できないため、揺れを過小評価する恐れがあります。また、活発な地震活動が起きると、同時多発地震を1つの大きな地震と誤認して揺れを過大評価する恐れが生じます。さらに、地震波の重なり合いによってP波の自動検測が正常にできなくなる恐れもあり、その場合は地震の発生自体を見逃してしまいます。これらの技術的課題を解決するひとつの手段として、震源推定を介さずに、観測された揺れから直接、将来の揺れを予測する方法論¹⁾が提案されました。私たちはその概念を緊急地震速報システムに導入するために、PLUM法²⁾という、容易に実装可能な計算アルゴリズムで揺れから揺れの予測を計算できる手法を開発しました。2011年東北地方太平洋沖地震やその後の余震活動等でPLUM法の検証を重ねた結果、緊急地震速報の主要アルゴリズムの1つとして採用されることが決まり、平成30年3月から実システム上で運用が開始されました(図1)。

最近ではPLUM法の迅速性をより高めるために、強震動生成域からのP波の活用や、減衰する波動伝播モデルの導入といった、新たな手法を開発しています。



図1 PLUM法²⁾の導入に伴い発行された緊急地震速報の広報ポスター³⁾

2. 地震動即時予測に興味を持ったきっかけ・研究のモチベーション

学生のとき、地震学のほか、ひととき数学の面白さにはまったことがあり、応用数学や情報科学を駆使して地震のデータ解析をしてみたいと思っていました。修士課程では自動処理をテーマのひとつにし、地震波のフェーズを音声認識と同様の機械学習の手法で読み取るといったことに取り組んでいました。

その後、より直接的に地震と社会とのつながりがある場に関わりたと思ったため、気象庁への就職を希望し入庁しました。面接等で「緊急地震速報といった自動処理に興味がある」と言っていたためか、気象庁

地震火山部の緊急地震速報システムの運用・開発を担うチームに配属されました。仕事に携わる中、地震動即時予測の防災上の重要性を再認識するとともに、限られたデータを最大限使って近い未来を予測する面白さ・難しさを実感し、地震動即時予測の技術開発により深く関わりたいと思うようになりました。また、地震動即時予測システムの開発・運用は世界各国で精力的に行われており、国際的な場で各国の研究者や政府関係者と関わる機会が多いところも面白いと思いました。

3. 学生時代と現在とで研究・仕事に対してギャップを感じたこと

いろいろな分野でよく言われていることですが、基礎的な研究成果として得られたものと、実運用の現場で要求されているもの間には大きな隔りがある、という点です。特に地震動即時予測システムの場合、24時間365日絶えず安定的に連続運用させることが必須であるため、基礎的な研究レベルでは軽視されがちな非常に稀なケースも、実用段階では対策を検討する必要に迫られることがあります。研究から実用化までの道のりには異なる種類のハードルがいくつもあり、非常にシビアな世界だと感じることがありますが、その分、実運用まで辿り着けたときの達成感は大きいです。

4. 自身の将来のビジョン

地震動即時予測を高度化する上では、地震動予測の精度を高める方向と、予測の迅速性を高める方向の大きく2つがありますが、私は迅速性を高めることに、より強く意識を向けています。海域で発生する地震に対しては、昨今整備された大規模な海底地震観測網のデータを活用することで、従来よりも迅速な情報発表が可能になると期待されます。同様に、内陸で発生する地震に対しても、ブラインドゾーン(情報発表がS波到達の後になる領域)を更に小さくしていく取り組みが必要ではないかと思っています。内陸の直下型地震は震源近傍でS-P時間が高々数秒程度しかないため、1秒でも早く情報を出せるかどうかの方がより重要になります。震源近傍の地震波の特徴を詳細に把握するなどして、内陸地震に対する迅速性の向上につなげていきたいと考えています。

また、地震動即時予測に何らかの形で機械学習の処理を導入して高度化を図ることも考えています。現在では、入力される観測点データの品質管理処理に機械学習技術が応用できないか、検討を進めています。

5. 日本地震工学会に期待すること

地震動即時予測は、純粋な地震学のみならず、様々な分野との接点を持っています。例えば、現地観測点から観測データをリアルタイムで収集する段階においてはハードウェア的な知識が必要となりますし、予測情報をユーザーに発信する段階においては受け手側の視点から情報の利活用方法についてあらかじめ考えておく必要もあります。また、前述したように基礎的な研究成果を実用化するためのノウハウも求められます。日本地震工学会には多様なバックグラウンドを持つ方々が在籍していらっしゃると思いますので、他の学会とは違った様々な視点からアドバイス等をいただける場になればとてもありがたく思います。

参考文献

- 1) Hoshiya, M.: Real-time prediction of ground motion by Kirchhoff-Fresnel boundary integral equation method: Extended front detection method for earthquake early warning. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118, 1038–1050, 2013.
- 2) Kodera, Y., Yamada, Y., Hirano, K., Tamaribuchi, K., Adachi, S., Hayashimoto, N., Morimoto, M., Nakamura, M. and Hoshiya, M.: The propagation of local undamped motion (PLUM) method: A simple and robust seismic wavefield estimation approach for earthquake early warning. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108(2), 983–1003, 2018.
- 3) ポスター「進化し続ける緊急地震速報」、https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/eew_poster/index.html

防災

松本 俊明 (Toshiaki Matsumoto)

株式会社篠塚研究所 主任研究員

1987年4月生まれ。2010年工学院大学卒業、2012年同大学院修士課程修了後、株式会社篠塚研究所入社。修士(工学)。大学・大学院時代は強震動予測手法に関する研究を行う。篠塚研究所入社後は、主に、地震危険度評価、地震リスク評価、ライフラインの地震時供給支障解析の業務に従事。2019年度日本地震工学会論文奨励賞受賞。

専門キーワード：

地震 レジリエンス 復旧曲線 ストック システム信頼性



1. 本稿の執筆にあたって

このたびの令和2年7月豪雨により被害にあわれた皆様に心よりお見舞い申し上げます。そして、新型コロナウイルス感染症に罹患された皆様、生活に影響を受けている皆様に心よりお見舞い申し上げます。

災害対応やコロナ対応等、諸事ご多用の最中、本稿の執筆の機会を与您にいただいた日本地震工学会誌編集委員の皆様にご礼申し上げます。

2. 現在取り組んでいる研究の概要

近年頻発する自然災害に対して、都市機能のレジリエンスの評価が求められています。しかしながら、その評価方法は必ずしも確立されているとは言い難いのが実状です。また、災害用の備蓄、各種の貯水、分散型電源、さらに製造業の仕掛品など、各所に散在するストックは地震によって喪失した機能を補う役割を持つと考えます。つまり、災害時の都市機能のレジリエンスを改善する効果があると考えられますが、ストックの効果を検討したレジリエンスの評価方法は未整備であると言えます。このような背景のもと、自然災害のうち地震に着目し、都市機能のレジリエンスの評価方法の整備を目標に研究を進めています。都市機能のレジリエンスは、都市を構成する様々な建築物、土木施設、鉄道、ライフライン、情報通信等が有機的に連結しているシステムと捉え、システム信頼性を用いた確率論的な地震リスク評価手法により、定量的に評価できると考えます。

私はこれまで、生産工場¹⁾²⁾、配電網³⁾の機能性に関するレジリエンス評価を行ってきました。これらの文献では、各所に配置されているストック(仕掛品、分散型電源)が考慮され、ストックによって地震時の機能性が改善することを、復旧曲線等を用いて示しています。復旧曲線とは、被災したシステムが完全復旧するまでの経時的プロセスを表す曲線です。システムを構成する要素の健全・不健全の組み合わせ事象により、無数の復旧曲線を想定することができますが、実現す

るであろう曲線を特定できないことから、平均的な曲線(期待値)として表します。

図1にはストックを含むシステムモデルの例を示します。図中、□で示しているのが損傷の対象とする要素で、例えば、生産工場であれば部品・製品の製造装置を表します。■はストックを表しており、製造装置Bが損傷した場合にストックSを消費するものとします。

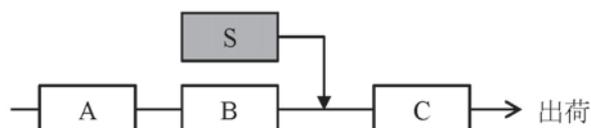


図1 ストックを含むシステムモデルの例

図2にはストックを考慮した復旧曲線の例を示します。比較のためストックがない場合の復旧曲線を併記しています。ストックを消費することで、地震時の性能低下が改善されていることが分かります。ストックの効果は、ストックありの復旧曲線とストックなしのそれで囲まれる領域の面積により表されます。

復旧曲線の比較によりストック消費の効果を定量化し視覚的に把握できることから、事業継続計画(BCP)や意思決定のレベルに合わせてどの程度のストックを

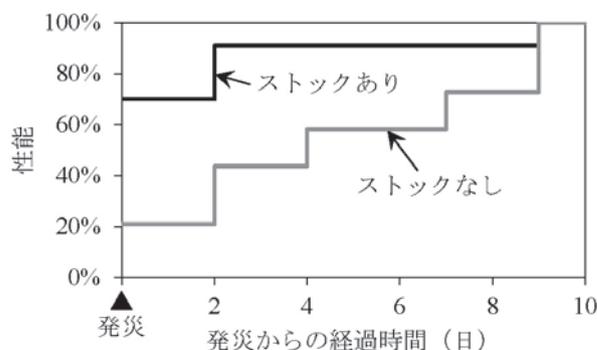


図2 ストックを考慮した復旧曲線の例

持てばよいか、イメージしやすくなる利点は大きいと考えます。

今後の取り組みとして、建築物の受水槽や高置水槽の貯水をストックと見立てた給排水設備の地震時レジリエンスの評価を検討中です。

3. 今に活かされている学生時代の経験

工学院大学・大学院在籍時代は、久田嘉章教授の研究室に所属し、強震動予測手法に関する研究を行いました。研究の一環として、強震動予測手法に関するベンチマークテスト⁴⁾のプロジェクト(大学・大学院在籍時に行われたStep1～Step6まで)に参加しました。このプロジェクトを通じて、多くの研究者や技術者の方々と交流の機会があり、研究者・技術者としての倫理観の一端を学ぶことができました。

特に思い出深いのが、Step5,6のベンチマークテストの成果報告⁵⁾を、筆頭著者として執筆したことです。このことは、大変なプレッシャーを感じるものでしたが、久田先生をはじめ共著者の皆様にご指導いただきながら最後までやり通すことができ、非常に励みになったことを覚えています。

4. 将来のビジョン

昨今の自然災害の頻発によって、BCPや地震防災に高い関心が寄せられています。具体的に何から手を付ければよいか分からない、対策の優先順位が分からない等、不安を抱えている事業者は少なくないと考えます。このような不安を解消するためのツールとして、ストックを考慮した都市機能のレジリエンス評価方法を確立・実用化しBCPの策定や防災対策の意思決定の支援に貢献したいと考えています。

また、研究の成果は自己の利益のためではなく、社会に還元され、地震工学や地震防災の発展のためにあることを忘れず、謙虚な姿勢で研究に取り組むことができる研究者へ成長していきたいと考えます。

5. 日本地震工学会に期待すること

現代は情報を精査することが難しくなりつつある時代だと思います。例えば、新型コロナウイルス感染症をめぐるのは、デマとされる情報もあり、国民一人一人が情報の本質を見抜く力を問われているように思えます。

地震災害に関する情報についても同じことが言えると思います。各方面から発信される膨大な量の情報に翻弄されることなく、地震時に適切な行動をとるためには、国民一人一人が地震防災の知識を一定程度身に着けるとともに、相互に助け合う意識を持つことが大切なのだと考えます。

日本地震工学会は創立から20年を迎え、これまで多くの知見を蓄積し、地震工学、地震防災の発展に寄与してきました。これからの時代は、これまでに蓄積した豊富な知見を社会や国民のためになる情報として発信し、地震工学、地震防災の啓発に努め、国民一人一人の地震防災に対する意識の向上に役立てられることを期待します。

参考文献

- 1) 松本俊明、中村孝明：損傷相関を考慮したストックモデルの地震時復旧曲線、日本地震工学会論文集、第16巻、第2号、pp.1-11、2016.
- 2) 松本俊明、中村孝明：ストックを考慮した生産施設の地震時復旧曲線に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第82巻、第732号、pp.155-162、2017.
- 3) 松本俊明、植竹富一、色摩康弘、中村孝明：分散型電源のある配電網の地震時レジリエンス評価方法に関する研究、日本地震工学会論文集、第19巻、第7号、pp.14-26、2019.
- 4) 強震動予測手法に関するベンチマークテストwebページ、<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/newhp/project/new/index.html>、(参照2020-08-09)
- 5) 松本俊明、久田嘉章、永野正行、野津厚、浅野公之、宮腰研、田邊朗仁：強震動予測手法に関するベンチマークテスト：理論的手法の場合(その3)、日本建築学会技術報告集、第19巻、第41号、pp.71-76、2013.

地震

新井 健介 (Kensuke Arai)

清水建設株式会社

2011年筑波大学大学院システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻博士前期課程修了。清水建設株式会社。専門分野：強震動評価、地震ハザード評価

専門キーワード：
地震防災 原子力 地震動 地震ハザード



1. 現在取り組んでいる仕事

入社以来、主に原子力発電所を対象にした地震動評価、地震ハザード評価に携わっています。私の仕事の成果物によって、社会的に非常に重要で影響の大きい原子力発電所の設計が行われるため、日々責任感を感じながら仕事に取り組んでいます。原子力発電所の地震動評価においては、施設に影響の大きいと考えられる活断層等の震源を抽出し、その震源による施設の地震動を推定するわけですが、震源の想定についても、地震動の計算についても多くの不確かさ要因があります。そのような中で、どれだけの不確かさを考慮するかということは非常に難しい問題です。不確かさの考慮が足りないことで地震動を過小評価してしまうことは絶対にあってはなりません、不確かさを考えすぎることによって非現実的な地震動となってしまうことも避けなければいけません。地震という自然現象について、まだまだ分からないことが多いことを謙虚に受け止め、いろいろな可能性を想定することを心がけています。

その他にも、地震動予測手法に関する研究も行っています。その中で、多くの先生方に指導していただく機会があり、日々仕事を通じて自分が成長できる非常に良い環境に置いていただいていると感じます。

2. 専門分野に興味を持ったきっかけ

高校まで部活動に明け暮れていた私は、将来これがやりたいという明確な目標はなく、理系か文系かなら理系かなという程度でした。理系でいろいろ選べそうなところということで進学先を決め、結局大学入学後も、将来どんなことをやりたいかを深く考えることもなく、サークル活動が中心の生活を送っていました。あつという間に3年生も終わろうというころになり、卒業論文のための研究室を選ばないといけない時期になりました。ここで初めてなにか分野を選ぶという問題に直面したわけです。友人に流されるように建築系の授業を中心に履修していましたし、高校時代から力

学は比較的好きでしたし、そう言えば構造力学の授業は面白かったなという記憶もあり、とりあえず建築構造系にしぼることにしました。建築構造系の研究室のホームページをいろいろ眺めるなかで、境有紀先生の研究室が目に残りました。なぜ興味を持ったのかは正直よく覚えていませんが、地震防災というキーワードに興味を持ったことや、取り組んでいる研究テーマが多岐にわたっておりいろいろなことができそうだということがきっかけだったような気がします。この段階でもまだひとつに絞ることを避けていたのかもしれませんが。実際に先生にお話を伺ってみると、研究テーマも興味深いものばかりでしたし、学生に主体的に取り組ませ、成果を出せば研究以外にもいろいろやることは自由というルールも魅力的でした。

研究テーマに取り組む始めてからは、非常に充実した毎日を過ごすことができました。それまでは、すでに分かっていることを勉強してきましたが、まだ分かっていないことを研究するということは、私にとって非常に新鮮で面白かったということもありますし、先生はお忙しい中研究の相談に乗ってくださり、自分で考えてやったことに対してその道の第一人者からフィードバックがいただけるということも嬉しかった記憶があります。

大学、大学院時代は地震直後の被害推定に関するテーマに取り組んでいましたが、その際に非常に貴重なデータとなるのが過去の被害の記録です。どのような地震動が観測された周辺で被害があったのか、また逆に被害がなかったのかというデータを分析することで、将来地震が発生した際の被害推定をより正確なものにすることができると考えられます。実際に地震が起こると、そのような貴重なデータを集めるために被害調査に出かけます。私自身も、研究室に在籍していた際に、2008年岩手・宮城内陸地震の調査に同行させていただきました(図1)。3日間にわたり、日の出から日没まで調査を続けるというハードな日程ではありましたが、実際の被害状況を自分の目で見るこ

でき、非常に貴重な経験となりました。この地震では、幸い建物の大きな被害は少なかったものの、被災された方々は余震への恐怖や日常生活において不便なことがあるにも関わらず、快く対応していただいたのも感動しました。

そのように充実した日々を過ごしていましたが、次は就職先を選ばなければなりません。取り組んできた研究テーマを活かせるような就職先を探そうとはしていましたが、なかなかこれといったものを見つけられずにいました。私が所属していた学科は様々な分野が学べるようなところだったので、自動車メーカーに就職した友人もいますし、パイロットになった友人もいました。そのように選択肢の幅が広がったということも悩んでしまった理由のひとつだと思います。そんな中、企業説明会に参加した際に原子力という分野があることを知ります。原子力発電所は一般建築物よりも高い安全性が要求されるため、地震に対しても非常に多くの検討をしなければなりません。ここならば自分のやってきたことが活かせるのではないかと考え、志望しました。説明して下さった担当者の方が誠実で、このような人がいる場所で仕事をしてみたいと思ったのも理由のひとつです。幸運なことに無事採用していただき、現在に至ります。

3. 今に活かされている学生時代の恩師からの言葉

学生時代には、境先生に非常に丁寧にご指導いただきました。研究テーマに関することはもちろんですが、その他にも、様々な興味深いお話を伺うことができました。その中でも、特に印象に残っている言葉があり

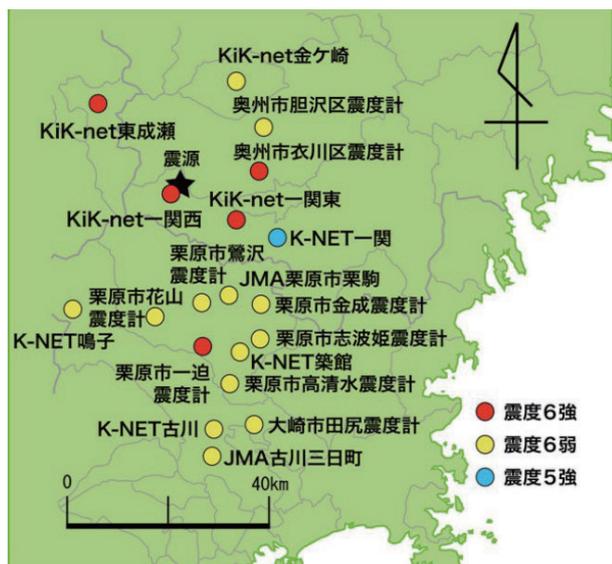


図1 被害調査を行った強震観測点¹⁾
(KiK-net一関西とKiK-net東成瀬は対象外)

ます。それは、大学院を修了し就職する際に研究室のメンバーから寄せ書きをいただいた際に先生が書いてくださった言葉で、「これから学生時代とは違って大変なことも出てくると思うけど、そんなときも自分の頭で考えて何事も楽しめばきっと大丈夫」というものです。日々仕事に取り組んでいくなかでは、楽ではないことばかりですが、その中でも自分なりに面白さを見出し、楽しむことを心がけています。

4. 日本地震工学会に期待すること

せっかくこのような記事を書く機会をいただいたので、私自身がどのようにして今に至ったのかを振り返ってみました。人生における様々な重要な選択をする局面で、かなり行き当たりばったりな判断をしてきたことが文章になってしまい、お恥ずかしい限りです。ただ、そのように行き当たりばったりで行き着いた先ではありますが、今の仕事や環境には満足していますし、日々充実しています。それは、その都度人との出会いに恵まれていたからだと思います。研究室に悩んでいた際に先生に出会ったこと、就職先に悩んでいた際に今の職場の採用担当の方に出会ったこと、日々楽しい時間や様々な刺激をくれる友人に出会ったことで今の私があります。

日本地震工学会は、地震工学というキーワードのもとに様々な分野の研究者、技術者が集まっている組織ではないかと思っています。目の前の研究や仕事に集中していると、自らの専門分野にこもってしまうということになりがちですが、様々な分野の人と出会い、交流することで、思いがけない発見やコラボレーションが生まれることもあるのではないのでしょうか。そのような交流が私達の視野を広げることにつながると思いますし、最終的には地震防災という大きな目的にも繋がっていくような気がします。ですので、日本地震工学会は、そのような様々な分野の人々が繋がる場であって欲しいと考えています。私自身も、学会という場を積極的に活用させていただき、様々な人と出会い、繋がってきたいです。

参考文献

- 1) 境有紀、青井淳、新井健介、鈴木達也:2008年岩手・宮城内陸地震における強震観測点周辺の状態と発生した地震動との対応性、日本地震工学会論文集、第10巻、第4号、2010。



2014年名古屋大学大学院修士課程修了、株式会社竹中工務店技術研究所研究員を経て現職、専門分野：長周期地震動

専門キーワード：

長周期地震動 震源位置による地震動の変化 数値解析 地震観測記録

1. 現在取り組んでいる研究・仕事概要

建設会社技術研究所の研究員として入社し、現在は社内研修制度の一環で特許関連業務や開発技術の活用展開を担う知的財産部で勤務しています。現在の仕事は地震工学の分野とは離れていまして、主に建設現場における管理業務のDX(デジタルトランスフォーメーション)に寄与する情報システムの開発および事業展開を担当しています。また、社会人として勤務しながら、母校の名古屋大学の博士後期課程に在籍をしています。現在の担当業務は今回の会誌とあまり関係がありませんから、研究員として実施してきた内容や大学で取り組んでいる内容について紹介します。

現在、私は長周期地震動の震源位置による変化について研究をしています。関東平野などの大規模な堆積平野では、不整形な地下構造に起因して震源の位置により地震動の伝播経路が異なります。その結果、同じサイトでも震源の位置によって長周期地震動の励起の特徴が異なり、図に示すように振幅や継続時間に差異が生じます(図は数値解析の例)。私の研究では、この

性状を超高層建物や免震建物の設計に使用する設計用入力地震動の作成にどう反映するかの検討を行っています。このテーマは、学部生時代の卒業研究から実施しており、今年が10年目になります。当時から色々と悩みながら進めてきて、やっと少し方向性が見えてきたかなと感じています(まだまだ悩みは尽きないと思いますが・・・)。

2. 印象に残っている恩師からの言葉

私は名古屋大学および大学院の卒業で、学部4年生から修士2年生まで福和伸夫先生の研究室でご指導いただきました。当時から現在まで続けている研究についても先生にご指導いただいております。先生との関係もそろそろ10年となります。学部生/修士課程でいただいた言葉で特に印象に残っているものと、数年前に私の結婚式で乾杯のご挨拶をいただいた際に送っていただいた言葉を紹介します。

1つめは「よく勉強したね」です。面識がある方はご存じだと思いますが、福和先生は熱烈峻厳にご指導

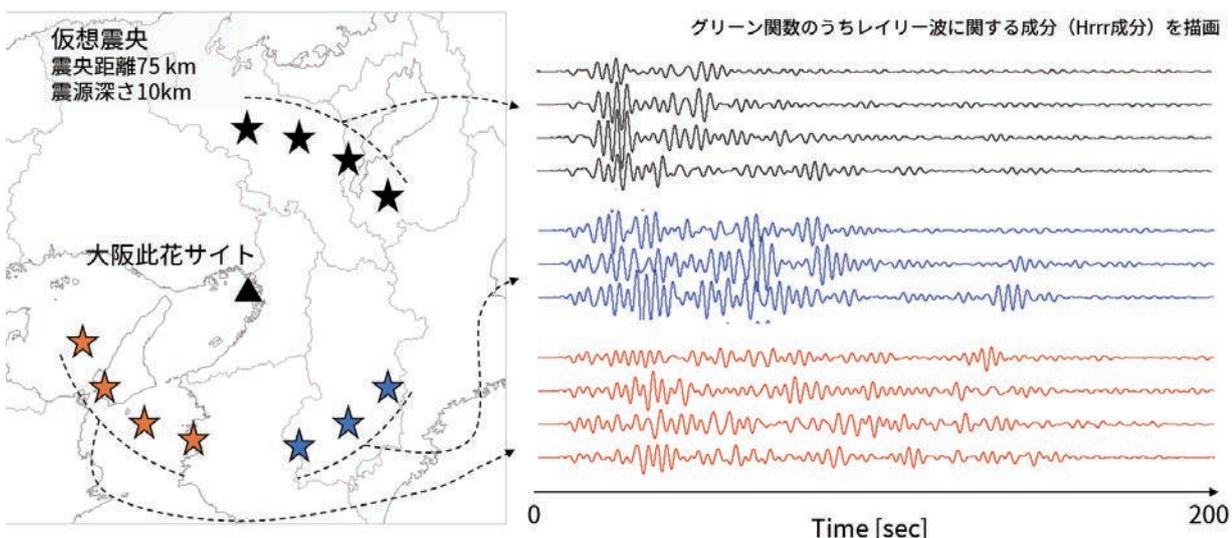


図 震源方位により長周期地震動の性状が変化する様子(大阪平野を例として)

される先生です。ゼミなどで研究内容について発表する際も先生を納得させないと決して認めていただけません。私那不勉強な部分が多く、厳しい叱咤激励の言葉をいただく機会も多かったのですが、研究内容についてしっかり調べて、じっくり考えてゼミで発表すると「よく勉強したね」といただけることもありました。気を抜いた発表・報告はすぐに見抜かれてしまうだけに、褒める言葉をいただけたときは大変うれしく励みになったことを覚えております。今でも、先生とお話する際はもちろんですが、会社で仕事の話をする際にもしっかり調べてじっくり考える癖ができました。

2つめは「人生、“あたま”が大切」です。「あたま」は頭を使いなさい、などの意味ではなく、「明るく」「楽しく」「前向きに」の頭文字で、この3つを大事に、という意味です。研究や仕事では、正直なところしんどいと思うこともあるのですが、そんな場合でも“あたま”を思い出して、面白い点や今後に役立つ点を見つけるようにすると、頑張れたり乗り越えられたりするように思います。この3つの中でも私は「楽しく」がとて好きな言葉です。

先生からいただいたお言葉で印象に残っているものは数多く、その場の情景も明確に思い出せるくらいです。その中でも特に印象に残っている2つの言葉を紹介させていただきました。

3. 日本地震工学会に期待すること

今回執筆の機会をいただいた企画は「若手研究者・技術者」が主役となる企画で、以前の会誌第39号の企画は「歴代学会長」のお話を聞く企画でした。こうなると、両者の中間くらいの年齢である大学の先生方や民間企業部課長の皆様のお話も伺えるとよろしいかと思ひます。もっと言ひますと、今のところは記事形式で一方通行の意見となっていますので、実際にお顔を突き合せて様々なディスカッションの機会があると学会も盛り上がるのではないのでしょうか。

学会としては、若い研究者・技術者の会員増加が課題だと聞いておりますので、これらの方を巻き込んで地震工学分野を盛り上げていけると良いと思ひます。

4. 令和時代の先での地震工学について

平成時代までの地震工学の常識が破壊されるような研究・技術開発が出てくると良いと思ひております。私も研究者の端くれですから、そんな研究・技術開発ができるように思ひをはせています。

例えば、超高層建物などの耐震設計を考えると、現在は対象サイトの地震動を予測して、その予測地震動を用いて構造物の設計をします。これに対して、そもそも地震動の予測をしなくとも耐震設計をしなくとも地震に対して安全な建物ですとか、私自身が取り組んでいる研究テーマの方向性とは反しますが、そういった技術が出てくると面白いのではないのでしょうか。

諸先輩方にはお叱りの言葉をいただくかもしれませんが、現在の地震工学では種々の専門について研究が進んできていることもあり、専門領域がかなり細分化していると思ひますので、専門領域を深めていく研究のみならず新しい専門領域を作っていけると素晴らしいと思ひます。

5. 結びに

このような執筆の機会をいただき、大変光栄に思ひております。日本地震工学会会誌編集委員会の皆様、ありがとうございました。

地震災害のない未来に向けて「明るく」「楽しく」「前向きに」進んでいきましょう！

第40号特集「第17回世界地震工学会議(17WCEE)開催に向けた取り組みと展望」に対する読者アンケート調査結果

永野 正行

●会誌編集委員長／東京理科大学 教授

読者アンケート調査について

会誌の編集・発刊は日本地震工学会の中で重要な活動の1つとして位置づけられ、日本地震工学会と会員の皆様の橋渡しをする唯一の紙媒体であります。日本地震工学会の全体の年間予算の何割かが会誌編集に使われております。一方、会誌がどのくらい読まれ、活用されているかはあまり把握されておられません。私自身もこの役職に就くまでは、日本地震工学会だけではなく、他の学会についても学会誌をしっかりと読む習慣はありませんでした。そのため、まずは現状分析として、第40号特集「第17回世界地震工学会議(17WCEE)開催に向けた取り組みと展望」について、Webを利用した読者アンケートを実施いたしました。

若手アンケートと同様のアプローチにより、2020年7月はじめに、日本地震工学会の全会員を対象にメールを発信し、Web上でアンケートに回答していただきました。

アンケート回答者について

今回のアンケート調査では、75件の回答を得ることができました。アンケート回答者の属性を図1に示します。アンケート回答者の多くは、30歳代～50歳代でありました。主な活動分野は建築が半数以上であり、やや偏りがあるかもしれません。民間企業がほぼ半数、大学教員が1/3程度でありました。

前回(第40号)特集について

特集「第17回世界地震工学会議(17WCEE)開催に向けた取り組みと展望」に対する全般的な感想を5段階評価で図2に示します。17WCEE自体は1年延期となりましたが、特集については「大変面白かった」と「面白かった」を合わせて7割弱であり、肯定的な意見が多かったようです。

興味深いと感じた記事を、複数選択可能で選んでいただきました。その中で、「世界地震工学会議と私～片山恒雄先生に聞く～」が45票と最も票数を集めました。インタビュー記事でエッセイのように読みやすい内容であったこと、片山恒雄先生のWCEEや地震工学とのかかわり方に関心が集まったものと考えられます。研究や業務に利用している読者も多い「地形・地

盤分類250mメッシュマップの更新」についても、多くの票を集めました。このような特別寄稿を会誌に掲載することも大いに意義があります。

会誌をどの程度読んでいるか

年3回送付している会誌をどの程度の頻度で読んでいるかについて、5段階評価で選んでいただきました。結果を図3に示します。「毎号ほぼ欠かさず、すべての記事を読んでいる」、「毎号、興味ある記事があれば読んでいる」を合わせて7割近くおり、幸いなことに、多くの会員の皆様に目を通していただいているようです。一方、「時々、ざっと何が書いてあるか見る程度」、「ほとんど読まない」の回答も1割強ありました。

会誌で取り上げてほしい話題、内容、全般的な感想

今後、日本地震工学会誌で取り上げてほしい話題、内容、全般的な感想について、表1のような自由意見を頂きました。今回の特集で紹介した「若手研究者・技術者を対象としたアンケート調査結果」と一部被るところはありますが、AI等をキーワードとしたコメントもいくつかいただいております。日本地震工学会誌は現在の紙媒体による配布が始まる2004年まではオンラインだけの発刊でしたが、Web配信だけでも十分では、というご意見もありました。

おわりに

限られた回答数での結果ではあるものの、特集「第17回世界地震工学会議(17WCEE)開催に向けた取り組みと展望」については、肯定的な意見を多数頂きました。また会誌には、ある程度目を通して頂いていることもわかりました。頂いたご意見をもとに、会誌をより充実した内容にしていきたいと考えております。アンケートに回答していただきました皆様には、会誌編集委員会を代表して御礼申し上げます。

表1 会誌で取り上げてほしい話題、内容、全体の感想(原文ママ)

研究の紹介は、大まかにその分野を理解するために役立つので、継続的に紹介して欲しい。(50歳代・建築・大学教員)
見学会の報告、福島原子力発電所のその後の状況、東北の復興状況、水害と地震災害との関連(共通の課題、異なる課題など)(50歳代・建築・民間企業)
学会誌として書籍で残すものは後々本としても出版できるようなものが良いように思います。情報共有、研究情報はウェブのほうが便利ですね。(50歳代・建築・大学教員)
オンラインでも発行してもらえるとありがたいです(されていたら申し訳ありません)。(40歳代・建築・大学教員)→[編集委員会注:HPに会員向けに掲載しています。]
地震学で特に、地震予知グループが行っているように、会員が皆参加し、予算を得て研究・調査をするような中期的なプロジェクトを運営できる資金調達を試みなければ、じり貧になるでしょう。ただ、目の自転車操業的運営だけでは、先がありません。人が雇える資金確保が必要です。(60歳代・地震・研究機関)
これから地震工学や関連する学問を志す学生や若手が受け入れやすいような話題がいいのではないかと思います。例えば、地震工学とは何か?地震工学を構成する各分野・各要素技術の相関図のようなものを作って分かり易くイメージしてもらう。など、(30歳代・地震・民間企業)
新しい生活様式とこれからの地震・津波防災(60歳代・建築・研究機関)
数式やプログラミングに関するコラムなどがあると面白いと思います。(40歳代・地震・研究機関)
時機を得たテーマ、AI、IoT、ビッグデータなど(40歳代・土木・大学教員)
水害、避難、3密対策、それから最先端の土木・建築技術、でしょうか?(50歳代・建築・大学教員)
災害があれば、その調査の報告的な内容やそこからどのような研究に派生していくかといったこと。また、災害調査のプロセス(準備・計画・情報収集、調査方法、地震観測・微動観測(地盤、構造物とも)を行うプロセス、調査のまとめ方等)や大規模実験を行う際のプロセス、大規模数値計算を行うためのプロセスや要点について(大規模数値計算を主体に行なっている研究者に伺ったなど)といったことがあると面白いかもしれません。(40歳代・建築・研究機関)
講座的な連載があっても良い。(50歳代・地震・大学教員)
Web配信のみでも良いのではないのでしょうか?印刷物をカラーにすると費用がかさむんでしょか?(思い付きですが)論文集のサマリーを載せたりするのはどうなのでしょう?・・・載せるとしたらカラー図版、写真などヴィジュアル重視のキャッチーな表現法で、読む気を起こさせるものが良いように思います。(50歳代・建築・民間企業)
掛け声ではresilientという言葉が使われますが、ホントのところどこまで社会はresilientになってきたのか、現在の静的なピンポイント情報ではなく、動態と今後の予測も含めて(どのように改良されてきこれからどのように進化するのかの"ベクトル"で)紹介してほしい。座談会を組んで記事にするのもありか。
地震防災においてAIはどれくらい使えるのか(役に立つ/立っているのか)、防災技術に入り込んでいるのか(単に応用されているというだけではなく、なくてはならない存在になっているのか)、なども、ホントのところを知りたい。(50歳代・建築・研究機関)
海外の情勢(70歳代・土木・大学教員)
会誌は電子版でもよいと思います。(40歳代・土木・民間企業)

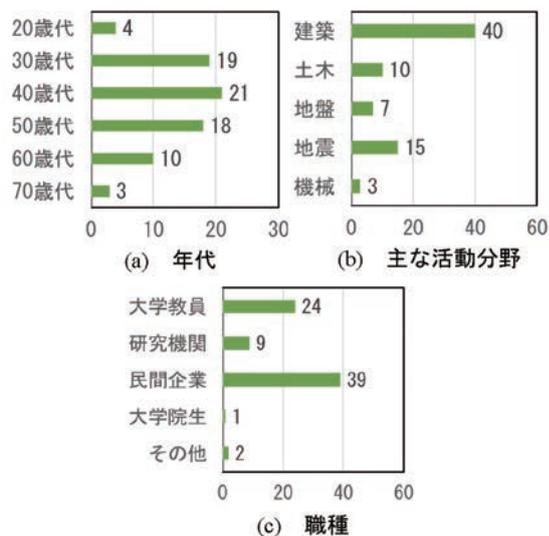


図1 アンケート回答者の属性

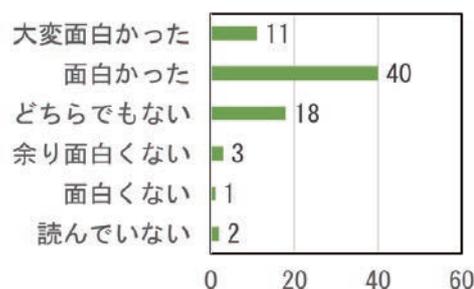


図2 特集「第17回世界地震工学会議(17WCEE)開催に向けた取り組みと展望」に関する感想



図3 会誌をどの程度読んでいるか

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/>) 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9巻 第3号 (通算第28号) が2020年12月下旬に発刊されます。

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9巻 第2号)では、今年度の論文賞、功績賞、功労賞、論文奨励賞を受賞された皆様からの声を掲載しております。コロナ禍のため、イベントが実施できない状況が続きましたが、オンライン媒体による情報発信ですので、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：

第39号（2月刊行）と第40号（6月刊行）の特集では、日本の地震工学を支えてこられた先生方にご登場いただきました。打って変わってこの第41号では、これからの地震工学を支える気鋭の研究者・技術者の特集です。分野の枠にとらわれず地震工学の新たな地平を切り拓こうとしている若い方々の言葉の中から、日本地震工学会のさらなる可能性を読み取っていただければ幸いです。お忙しい中にも関わらず原稿をご執筆くださった皆様、編集・校正作業に携わってくださった学会誌編集委員の皆様、中でも共に本号の幹事を務めていただいた小穴委員に心より御礼を申し上げます。

入江さやか（NHK放送文化研究所）

今回の第41号では、本学会を活気づけるきっかけ作りとして、若手技術者をターゲットとした特集を企画しました。執筆者の皆様から、専門の研究・技術紹介に限らず、これまでの経験談や将来のビジョンなど、論文や報告書では記さないようなエピソードも発信していただけたと思います。おそらく、日頃書き慣れている文章とは異なる性質のものということで、各記事の執筆者の皆様にはいつもと違うご負担をおかけしてしまったかもしれません。ただ、お陰様で、出来上がった特集記事は実にバラエティーに富んだ内容となり、皆様の個々のキャラクターや熱量を感じ取ることができました。また、編集作業を進めながら時折にやけたり、同世代として考えさせられたりしました。読者の皆様におかれましても、ご自身の専門分野のみならず、他分野の方々の取り組みを知るきっかけにいただけたら幸いです。

改めまして、ご多用のところご協力いただきました執筆者の皆様と心より御礼を申し上げます。また、通常よりも記事数が多かったにもかかわらず、円滑に滞りなく工程を進めていただきました編集委員の皆様にも心より感謝申し上げます。

小穴温子（清水建設）

会誌編集委員会

委員長	永野 正行	東京理科大学	委員	浅野 公之	京都大学防災研究所
幹事	入江さやか	NHK放送文化研究所	委員	岩田 直泰	鉄道総合技術研究所
幹事	小穴 温子	清水建設	委員	王 欣	東京理科大学
			委員	大西 直毅	東京大学
			委員	大野 卓志	高圧ガス保安協会
			委員	木下 貴博	竹中工務店
			委員	鳥澤 一晃	関東学院大学
			委員	成田 修英	戸田建設
			委員	肥田 剛典	東京大学
			委員	平井 敬	名古屋大学減災連携研究センター
			委員	湯山安由美	電力中央研究所

日本地震工学会誌 第41号 Bulletin of JAEE No.41

2020年10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 2020

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