

# 防災シミュレーション講演会のご報告

防災シミュレーション講演会事務局

## 1. はじめに

“自然災害を科学する”というサブタイトルで、「防災シミュレーション講演会」（アドバンスソフト株式会社主催）を東京都港区のトスラブ山王（山王健保会館）にて、2018年7月12日の13:20～16:40に実施し、100名弱のお客さまに参加していただくことができた。本資料では、本講演会について報告する。

地震・火山噴火・津波などの大規模な自然災害に対する防災や減災について、近年多くの方の関心が高まることと合わせ、災害の発生機構・発生可能性のリスクから避難までの広い分野での研究および対策の検討・実施が始まっている。一方で、近年のシミュレーション技術の発展と高性能計算機の普及により、防災分野におけるシミュレーション（防災シミュレーション）の可能性が大きく広がってきた。このような背景のもと、防災シミュレーションに関する講演会を開催した。本講演会では、地震・火山噴火・津波などの分野で先端的な研究をされている講師の方からご講演をいただいた。



図 1 講演会全景

講演をいただいたのは、いずれも各分野の第一線において研究・調査、提言等で各分野を引っ張っていらっしゃる先生方である。東京大学 大学

院工学系研究科原子力専攻 山口彰教授には「リスクの評価と活用ーより良い防災のあり方を考えるー」と題して、中央大学 理工学部都市環境学科 海岸・港湾研究室の有川太郎教授には「防災へのシミュレーションの活用」、名古屋大学 地震火山研究センター山岡耕春教授には「南海トラフ巨大地震の予測と防災」の講演をしていただいた。また、当社顧問でもある東京大学井田喜明名誉教授には、「地震・噴火・気象災害の予測への人工知能技術の活用」の講演をいただいた。このうち山口教授のご講演では、原子力分野での PRA が利用されてきた歴史と考え方等についてコンパクトに講演され、よく分かったという意見が多く寄せられた。有川教授のご講演では、まず高度なシミュレーション技術に驚き、それを防災対策に利用する方法、最後には防災の歴史や考え方についても述べられた。山岡教授のご講演では、同じように見える地震について、分かりやすくそのメカニズムの違いや特徴を説明された。最後の井田名誉教授のご講演では、最新のトピックスとして人工知能の可能性について触れられた。講演の最後には、総合討論として、講演に対する質問、および、参加者の方から意見をいただき活発な討論が行われた。

以下では、講師の方の講演の要旨と参加者のコメントについてまとめた。

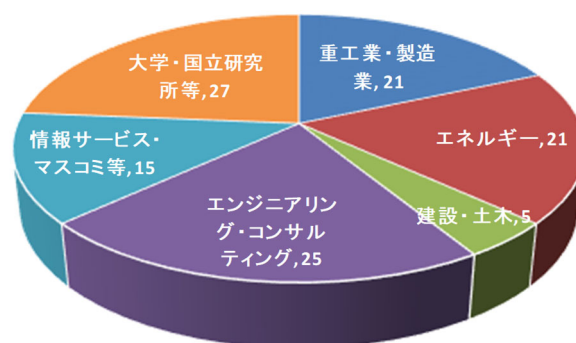


図 2 参加者分類

## 2. 講演会参加者状況

本講演会には、事前登録 111 名、当日登録 3 名と合計 114 名の参加登録をいただいた。講演会の数日前に発生した 2018 西日本豪雨の対応業務での欠席という連絡があり欠席された方も一部いらっしゃったが、ご多忙の中参加いただいた方は 85 名となり、講演会場はほぼ満杯となった。参加登録いただいた方の分野は、「重工業・製造業」「エネルギー」「建設・土木」「エンジニアリング・コンサルティング」「情報サービス・マスコミ等」「大学・国立研究所等」に分けた場合には、図の通りである。エネルギーでは原子力、エンジニアリング会社では津波防災、および、製造業等の大企業で意思決定される経営職の方も参加される等、参加者は多岐に渡る。

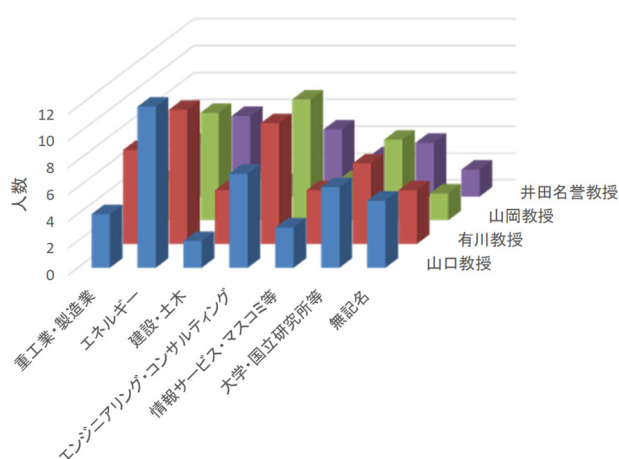


図 3 参加者の関心の分布

来場いただいた方のうち、59 名の方からアンケートに記入をいただいた。それぞれ関心を持った講演については、下記の棒グラフの通りとなった。エネルギー分野からの参加者については、山口教授のご講演への関心が非常に強かった結果となった。また、有川教授のご講演は全分野で関心を持たれた結果である。また、山岡教授のご講演は、プラントや建築土木のエンジニアリングやコンサルティングの会社方の関心が強かったようである。全般的には、「各分野の講演が、コンパクトにまとまっていて、非常に勉強になった。」というコメントをいただいた。

## 3. 山口教授ご講演

まず、最初の講演として、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授 山口彰様より「リスクの評価と活用ーより良い防災のあり方を考えるー」ということで講演いただいた。ここでは、原子力分野では当たり前になりつつある確率論的リスク評価（PRA）とリスク活用概念は、防災分野では十分に実践されていない。なぜリスク活用が社会の安全のために必要で有用なのか、外部事象に対する PRA を紹介し、防災活動に役立てる可能性を探る講演だった。特に、ここでは、原子力で有効であると考えられるシームレスなリスクの概念について説明された。

最初に、述べられたことは、歴史の長い原子力のリスク評価について、うまくいかないこともあったが、使えるところもあった。1950 年代にリスク評価の安全研究は進まず、1964 年に厳しい結果となった。1975 年には原子力災害は、他の災害よりも 2 桁リスクは低いという結果が発表された。この結果には批判があったが、結果的に、設計基準の見直し、ヒューマンエラー、外的事象という、リスクマネジメントの契機ともなり。1979 年に取り下げられた。



図 4 山口教授ご講演

圧力容器のデータはない、複雑さをイベントツリー、フォールトツリーという考えを利用することは大成功を収めた。データの欠如ということに対しては、データがないのは重要なデータである



という考え方もできた、1981年にフルスコープのPRAが実施され、安全性の基盤として認められた。

次にレベル1・2・3の説明がされ、リスクの分類・内的事象・外的事業の説明があった。ここでは、考えられるすべての事象を考えることが必要であることが示された。防災のシミュレーションは公衆のリスクである、内的事象と外的事象の評価とはまったく異なる Stress-Strain モデル。津波を調べるにはハザードカーブというかたちで徹底的に調べる。次に、脆弱リティ。多様なシナリオを考えることが重要である。

最後にリスクとは何なのか、リスクの管理活動である。このことでリスクは下がるが、リスク0にはならない。プールからの水があふれないことが重要である。ここではレベル1・2・3等があることが問題で、シームレスなリスク評価が必要である。燃料→炉心→1次系→2次系→物理障壁の健全性が失われるシナリオを想定されていた。

この講演に対しては、非常に分かりやすかったという感想が多く寄せられた。山口教授のご講演を初めて聴かせていただき、原子力のリスク評価の歴史に興味深く、よく理解できた。リスク評価実施にあたって、有効な情報を得ることができた。リスクトリプレットの具体例は説得力があった。現状のPRAについて理解をすることができた。シミュレーションの複合による評価について参考になった。シームレスリスク評価の考え方を参考にしたい、等の意見だった。

#### 4. 有川教授ご講演

次に、「防災へのシミュレーションの活用」というテーマで、中央大学 理工学部 都市環境学科 海岸・港湾研究室 教授 有川太郎様に講演いただいた。ここでは、当たり前に行える津波・防災シミュレーションを前提として、どのように防災や避難に生かすかについて論じられた。特に、沿岸の防災について、「防護水準をどこにするのか」と「そのためにシミュレーションをどのように活用していくのか」について話された。



図5 有川教授ご講演

沿岸の防護の変遷については、既往最大の災害への対応という考えで1956年に海岸法ができ、東日本大震災以降は科学的根拠による予測への対応から2015年の水防法に改正された。この中で津波・高潮での死者数は海岸法が設定されて以来、急激に小さくなっている。しかし、世界の中でも最も大きな釜石の防波堤が、東日本大震災で半分流されたことから、東日本大震災以降、防護をするのは困難という考えも広がった。

これまでは、より国土を強靱化していきましょうという時代だった。しかし、インフラが整備されていくにつれ、自然災害に対する意識がずいぶんと低下したのかなというように感じる。そうすると22世紀の少子高齢化といわれている中でのインフラ整備はどういった方向性になるのかを今後考えていくことが必要である。

有川教授が研究された防災に関するシミュレーションの現状の説明があった。ここでは、流体は構造物を連成して、どの程度まで予測できるということだった。より詳細なシミュレーションには、より計算時間がかかるが必要に応じてシミュレーションすることができるという話もあった。また、避難シミュレーションには、シミュレーションから提供できる情報の例が示された。現在は、国からの資金で、避難に関するデータベースを作

成しており、避難誘導の仕組みを作成し、皆さんにどのように伝えるかの研究をされている。

最後に、避難意識とインフラ整備のあり方でまとめられた。文明依存すれば災害意識が低下する。また、災害を受容することも重要である。しかし、チリでは実は適切な避難の方法の確立がなされており、その自然に対して堤防に頼らないでも人間の適応能力というものが上がっているなどというふうに感じる。今後、「個人と地域」と「国の便益」のバランスの水準を検討することにシミュレーションを活用できると考えている。

有川教授のご講演に対しては、シミュレーションの精度向上を感じる一方、自然災害の対策に十分に活用されていないことに歯がゆさを感じる。有効な活用方法を探っていきたい。シミュレーションでできること、できないことが分かり参考になった。資料にはないスライドに教授の知見が多くあった。有川教授の実験と 5 つのシミュレーションの連成がすごいと思った。避難の課題がおもしろかった。避難シミュレーションのことをもっと聞きたかった。等の意見が寄せられた。

## 5. 山岡教授ご講演

3 番目の講演として、「南海トラフ巨大地震の予測と防災」について、名古屋大学環境学研究科 地震火山研究センター 教授 山岡耕春様から、南海トラフの巨大地震を地震の研究者がどのように考えているかというお話をされた。ここでは、南海トラフ沿いでは、歴史的には 200 年前後の間隔でマグニチュード 8 程度の地震が繰り返し発生してきた。次回の地震は今後 30 年間に 70~80% の確率で発生すると予測されている。もし地震の震源域が南海トラフ全域に及ぶと、マグニチュードが 9 前後になり、強い揺れと高い津波が西南日本や四国を襲う恐れがある。この地震にどう備えるか、最新の情報を用いて議論する。

南海トラフで起きる地震も、最大規模になると、東北の地震に匹敵するくらいのものが起きるということで、南海トラフの「すべりに関する共通

認識」というかたちでその仕組みの説明があった。また、21 世紀の初め頃発見された「低周波地震微動」について。また、21 世紀になってからのもう 1 つの重要なデータは、日本列島 1300 か所に GPS という観測点ができて地殻変動が分かるようになったことである。



図 6 山岡教授ご講演

これらのことから、海底の地殻変動の成果が 10 年分くらい蓄積してきて、海底のどこが固着つまり普段からくっついていて場所かというマッピングができるようになってきた。一応 10 年くらいやると矢印が見えてきて南東から北西に向けて全体として動いているのが分かってきた。それを解析していくと、固着をしているところ、そうでないところというのが見えてきた。例えば東海沖・四国沖辺りに大きな固着域がある、つまり巨大地震を起こすような一気にすべるようなものがこういった場所にあるということが見えてきたわけである。

一方、東北の 2011 年の地震で地震学者はあんな地震が起きるのかと打ちのめされたという事実はあったが、その研究成果から見えてきたものもあった。その後、東北と南海トラフでは仕組みが違うという説明もあった。一体その海溝沿いが大きく動くということについて、簡単なモデルでの説明があった。

最後にまとめとして、次のようなことを述べら



れた。自分が生きるか死ぬかなので、自分で判断して決めるしかない。そのためには、情報が提供される必要がある。ただ、情報を理解する能力の高い人ほど、生き残る可能性が高いということになる。なので、自分の命をお上任せにしないというのが、自助ではとても大事である。公助の考え方としては、とにかく数としての犠牲者を減らす。自助では、自分が「生きるか・いつ死ぬか」は自分で判断するというのが基本的な考え方かなと最近思っている。

山岡教授のご講演は、専門的なことを一般人に分かる言葉で表現され理解しやすかった。というコメントがあった。

## 6. 井田顧問ご講演

最後の講演として、東京大学 名誉教授 アドバンスソフト株式会社 研究顧問 井田喜明より、「地震・噴火・気象災害の予測への人工知能技術の活用」について講演した。天気予報は現状でも気象災害の防止に大きな役割を果たしているが、さらに精度の向上が望まれる。地震予知や噴火予知はいまだに予測の基盤が脆弱である。この現状を、人工知能技術の活用でどれだけ改善できるだろうか。各国の研究者が進めている人工知能技術の活用事例をみながら、予測方法の将来を探る。



図 7 井田名誉教授ご講演

参加者からのコメントとして、井田名誉教授の

調査は勉強になり、レビューを非常に興味を持って聴かせてもらった、という意見が寄せされた。

## 7. まとめ

4 人の先生方から、最新の研究に動向、今後の防災の考え方、それに対するシミュレーションの利用方法等につき、有用なご講演があった。本日の先生方のご講演の内容は、皆さまの事業等に重要な情報となるのではないかと考えている。

改めて説明する必要もなく、日本にとって防災・減災は重要な課題となっている。一方で、日本で進められている防災に関する取り組みは、日本から世界に発信し、日本が世界に貢献できるテーマとして、重要な価値があるのではないだろうか。



図 8 質疑応答風景

## 8. ご講演いただいた講師の経歴

東京大学 大学院工学系研究科原子力専攻教授 山口 彰 様

東京大学大学院工学系研究科博士課程修了後、動力炉・核燃料開発事業団、大阪大学大学院教授を経て、東京大学大学院教授。文部科学省原子力科学技術委員会委員長、経済産業省自主的安全向上・技術・人材 WG 座長、日本原子力学会リスク専門部会長、国際 PSAM 組織委員会理事歴任。専門は原子炉工学・リスク評価など。

中央大学 理工学部 都市環境学科 海岸・港湾  
研究室 教授 有川 太郎 様

東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻博士課程修了後、2015 年まで独立行政法人港湾空港技術研究所研究官。この間、横浜国立大学非常勤客員准教授、津波防災研究センター主任研究官、アジア・太平洋沿岸防災研究センター上席研究官等を歴任。現在中央大学教授。専門は海洋工学で、国内外の津波の被災調査を精力的に行うとともに、現場、実験、数値計算を組み合わせ、現象の解明の研究を行っている。

名古屋大学環境学研究科 地震火山研究センター 教授 山岡 耕春 様

名古屋大学大学院理学研究科博士課程を修了後、東京大学地震研究所助手として伊豆大島火山の研究を行い、1990 年名古屋大学理学部助教授、2003 年東京大学地震研究所教授を経て、名古屋大学教授。現在名古屋大学大学院環境学研究科地震火山研究センター教授、日本地震学会 会長。

東京大学 名誉教授 アドバンスソフト株式会社 研究顧問 井田 喜明

マンツルの物性とダイナミクス、地震の震源過程のモデル化、マグマの移動や噴火の発生機構の理論などを研究。東京大学物性研究所、同大学海洋研究所、同大学地震研究所を経て同大学名誉教授。その間、日本火山学会会長、火山噴火予知連絡会会長も務め、現在はアドバンスソフト株式会社研究顧問。

## 9. 「防災シミュレーション」講演会 質疑応答概要

### 9.1. 講演 1「リスク評価と活用—より良い防災のあり方を考える—」東京大学 山口彰様

Q1：リスク評価に AI（人工知能）を活用する予定があるか、またはその可能性に関してご意見をいただきたい。

A1：レベル 1 では知見が重要でその分析、理解が重要である。またレベル 2 では事象範囲が広

がり、シナリオ分類が悩ましいという問題がある。現在はこれらを人間が判断しており、その知見によるところが大きい。AI の学習機能を利用することにより世界的に標準化させることへの期待は大きいと思う。

Q2：事故シーケンスのイベントツリーについて、イベント事象の最終的な確率は掛け合わせでよいのか。

A2：掛け合わせでよい。ただし、解析者の知見によって異なるイベントツリーが作られ、成功や失敗などの確率解は変わってくる。現在は時間とともにイベントツリーも変更される、ダイナミックイベントツリーが多く使用されている。分岐の PRA の精緻化のためにシミュレーションの活用が考えられる。

Q3：AI はリスク評価に活用できるか、まだ難しい段階か。

A3：リスク評価で大切なのはしっかりした知見を得ることというお話しをしたが、レベル 2 や 3 ではレベル 1 と異なり、システムが決まっているわけではなく、事象進展が非常に広がる上に相互作用が出てきて、シナリオの分類が悩ましいものになってくる。現在はそこを人間が人間の判断でやっているわけだが、そこに学習機能を持たせて普遍的な考え方で統一的なやり方ができれば、世界中で PRA の共通標準化というものができると思うし、非常に効果が大きいと考えられる。その点では非常に活用の余地はあると思う。

### 9.2. 講演 2「防災へのシミュレーションの活用」中央大学 有川太郎様

Q1：堤防の配置計画では、実際に本日の講演内容に示すような計算を取り入れて計画が立てられているのか？

A1 : 堤防の配置計画では、計算がすでに行われているが、簡易な計算である。避難時間を稼ぐなどのためには今後は3次元のシミュレーションも必要となる。

Q2 : 避難シミュレーションについて、避難する人の種類（一般人と弱者の違い）等は考慮されているのか。

A2 : 避難に要する時間は、ランダムか一律の入力として与えている。ある地域のシミュレーションを行う場合に、常時の行動で誰がどこにいるのか等の情報は、個人情報保護法の関連から定義するのが難しい。「ある地区に、どの程度の方々が住んでいるのか」のレベルでなら考えられるが、やはり法的な問題との関連から線引きが難しい。

Q3 : 防波堤のシミュレーションでは、流体のエネルギーのみを考慮しているが、地震動によるエネルギーの影響を取り入れる必要性について。また堤防が歯抜けに決壊した原因について、土壌工学的な原因や施工不良などは考えられないか。

A3 : 地震の影響について、波力の評価を行っており地震と津波の連成についても行えるようになった。地震による地盤との連成にはまだ時間がかかると思われる。歯抜けの原因については、水位差の違いによるものなどが考えられているが、特定はできていない。施工不良について、残った堤防の設置部を海から実際にみているが非常に綺麗であり、可能性は低いと考えている。

### 9.3. 講演3「南海トラフ巨大地震の予測と防災」名古屋大学 山岡耕春様

Q1 : 地震発生確率の求め方について、および確率はリアルタイムで求めているのか。

A1 : 国の発表では、過去の活断層データ（平均的地震間隔と最近の活動）と対数正規分布を用いた統計モデルにより 30 年で何%の確率で発生するかなどを発表している。問題は過去のデータの正確性によるところであり、活断層のデータは精度が十分かというような問題もあり、個人的には活断層確率より「今後 30 年に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率」の方が、意味があるという考えを持っている。10%の確率というのは、相場観のようなものである。

※ 技術情報誌アドバンスシミュレーションは、アドバンスソフト株式会社 ホームページのシミュレーション図書館から、PDF ファイルがダウンロードできます。（ダウンロードしていただくには、アドバンス/シミュレーションフォーラム会員登録が必要です。）