

# 第31回技術セミナー

31th Construction Engineering Seminar OKUMURA CORPORATION

建設分野における AI

2019年11月



株式会社 **奥村組**

## ご 挨拶

奥村組は、本年も時節の話題を取り上げて「技術セミナー」を企画し、日頃ご指導賜っております皆様方へご案内させていただきました。本年度で31回目を迎えられましたのも、これまでにご参加いただきました皆様方や講師の先生方のご支援とご指導の賜物と深く感謝しております。

今回のテーマは、AI（Artificial Intelligence, 人工知能）への関心が高まっている中、「建設分野におけるAI」といたしました。

プログラムとしましては、大阪大学の矢吹信喜氏による基調講演、さらに同氏をコーディネーターに、横浜国立大学 櫻井彰人氏、首都高速道路株式会社 土橋浩氏、株式会社日立プラントコンストラクション 羽鳥文雄氏によるパネルディスカッションを企画いたしました。

ご出席の皆様からご意見、ご指導をいただき、ますます有意義なセミナーにしていきたいと思っております。今後とも温かいご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

2019年11月

取締役常務執行役員  
技術開発委員長  
土木本部長

小寺 健司

## 目 次

ーメインテーマー	・・・・・・・・・・・・・・・・	1
建設分野における AI		
ー基調講演ー	・・・・・・・・・・・・・・・・	3
「AI 活用による土木建築の変革の現状と展望」		
大阪大学 大学院工学研究科		
環境・エネルギー工学専攻 教授	やぶき のぶよし 矢吹 信喜氏	
ーパネルディスカッションー	・・・・・・・・・・・・・・・・	11
コーディネーター		
大阪大学 大学院工学研究科		
環境・エネルギー工学専攻 教授	矢吹 信喜氏	
パネリスト		
横浜国立大学 先端科学高等研究院 特任教授	さくらい あきと 櫻井 彰人氏	
首都高速道路株式会社 執行役員	とぼし ひろし 土橋 浩 氏	
株式会社 日立プラントコンストラクション		
事業統括本部研究開発部 CPM	はとり ふみお 羽鳥 文雄氏	
ー過去の基調テーマと講演者ー	・・・・・・・・・・・・・・・・	19

### 建設分野における AI

近年、AIやビッグデータを活用した技術は車の自動運転や家電の制御等をはじめ、企業経営や投資先選択などの判断にいたるまで、様々な分野で導入されており、今後さらなる高度化や広がりが予測されています。建設分野においても、ICTによる生産性向上を大きな柱とする「i-Construction」の取り組みが推進される中、AIをどのように活用していくかに関心が高まっています。

これらを背景として、今回の技術セミナーでは、AIに関する全般的な概要や最新の知見、建設分野を対象とした適用例などを紹介して頂き、現在の状況や今後の課題についての議論を通じて、多方面の方々から進むべき方向性を示唆していただきます。



### 「AI 活用による土木建築の変革の現状と展望」

やぶき のぶよし  
矢吹 信喜

大阪大学 大学院工学研究科  
環境・エネルギー工学専攻 教授

1982 年 東京大学工学部土木工学科卒業。米国スタンフォード大学土木工学専攻で 1989 年に M.S.(修士)、1992 年に Ph.D.(博士)を取得。電源開発株式会社、室蘭工業大学工学部助教授を経て、2008 年より現職。

国土交通省 BIM/CIM 推進委員会委員長、内閣府 PRISM 建設維持管理防災系運営委員会委員、土木学会土木情報学委員会委員長、アジア土木情報学会会長、国際土木建築コンピューティング学会副会長、buildingSMART Japan 理事、国際土木委員会委員長等を歴任。



#### 1. はじめに

現在、AI が一大ブームとなっており、AI という言葉を新聞やテレビで見ない日はないくらいであろう。以前は、囲碁ではコンピュータはプロの棋士に勝てないと考えられていたが、2016 年に世界最強と言われていたプロ棋士を五番勝負で破った（4 勝 1 敗）ことで、世界的 AI ブームを呼び起こすことになった。

本稿では、AI のこれまでを振り返り、現在ブームとなっている AI の特徴、関連するビッグデータと IoT について触れた後、土木建築における AI の利活用の現状と課題、さらに今後の展望について記す。

#### 2. AI

AI は 1956 年、コンピュータ科学者であった故 John McCarthy が米国のダートマス大学で Artificial Intelligence と題した研究会議を開催したことから始まり、1960 年代に推論と探索に関する AI の第一次ブームが起こった。しかし、簡単なおもちゃのような問題（toy problem）にしか適用できないことがわかると、冬の時代に入ってしまった。

1980年代になると、専門的な知識をルール等によって記述し、論理学の力で知的な推論を行う知識システム（エキスパートシステム）への期待が高まり、第二次ブームを迎えた。この時のAIへの期待は非常に高く、我が国でも当時の通商産業省が「第5世代コンピュータ」の開発を行い、米国からも恐れられるといった現象が起きた。当時のAIは、Allen NewellとHerbert Simonが提唱したPhysical Symbol System Hypothesis（PSSH：物理記号システム仮説）に基づいていた<sup>1)</sup>。この仮説は簡単に言えば、人間の思考は記号の処理であり、故に機械でも記号処理を行えば人間と同じような知的な思考ができるはずだ、というものである。従って、当時のAIでは人間の知識を言葉という物理記号で表現し、推論エンジンを駆動すれば人間と同じ思考ができるはずだと考えたのである。それまでのプログラムは、知識や考え方がソースコードの中に含まれる形式で作られていたので、知識と推論エンジンを完全に分離したこの手法は画期的なものであった。しかし、知識をルールに記述するためには膨大な時間と費用がかかる割に極限られた分野にしか適用が期待できないことがわかると、再び冬の時代を迎え、AIそのものはほとんど「死語」になってしまった。

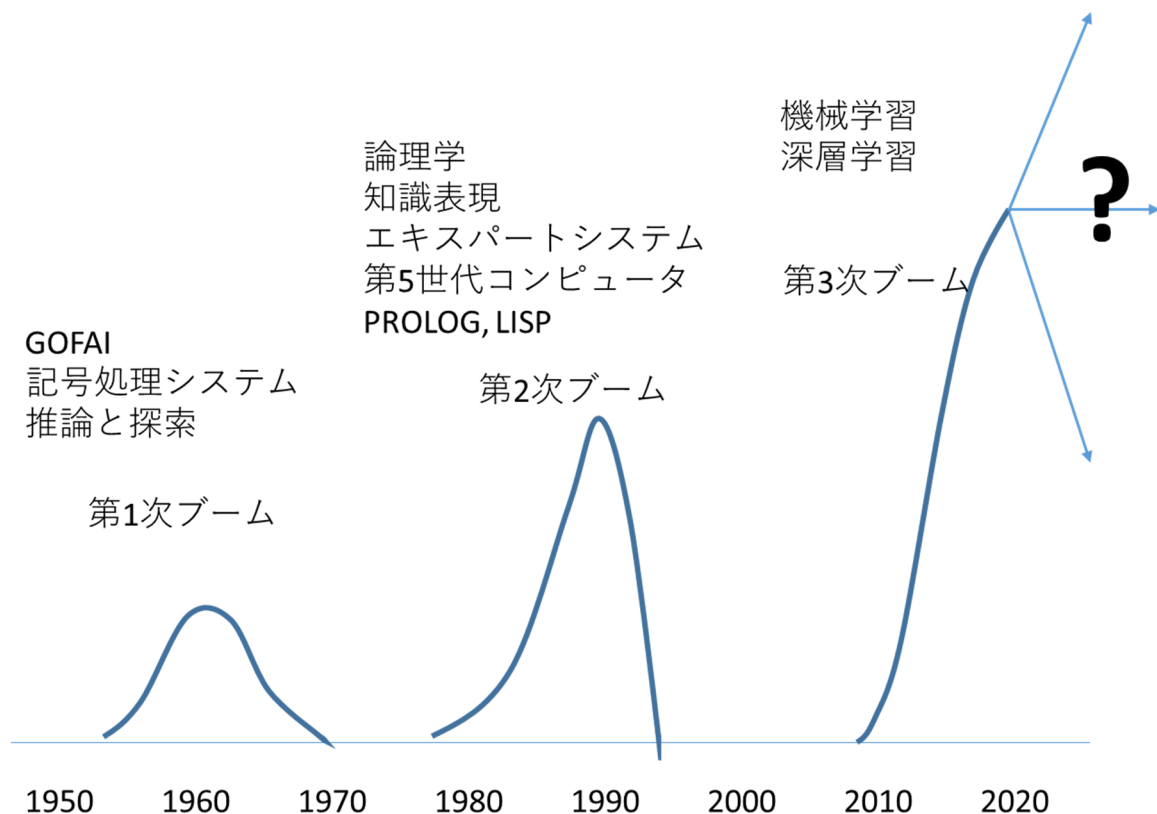
その後、画像や音のように人間にとっては認識が得意だがコンピュータには不得意な分野に、ニューラルネットワークを適用させた機械学習の研究が静かに進められた。従来の機械学習では、例えば画像に写っている物が何かをコンピュータに認識させるためには、画像の特徴量、すなわち画像の中にある輝度が大きく変化する部分の分布状況など、を人間が適切に選択する必要がある、どんなに工夫しても正解率はそれほど高くなかった。しかし、深層学習では、特徴量を人間が与えなくてもコンピュータが自然に選択できるという画期的な特長があり、精度も格段に向上した。深層学習の考え方は2006年からあったが、2012年にトロント大学の研究チームが画像認識のコンペティションで深層学習を用いたモデルで他を圧倒する成績で優勝した頃からAIの第3次ブームが始まったと考えられている。これまでのAIのブームの変遷を、筆者の経験や感触から得たイメージで表したものを図-1に示す<sup>2)</sup>。

深層学習は確かに素晴らしいアルゴリズムであるが、深層学習を行うためには膨大な量の教師データが必要であることが多い。教師データとは、例えば画像認識で言えば、予め人間が画像上の物の範囲などを特定し、それが犬、猫あるいは花であることを示したデータである。特定の少ない教師データで学習させてしまうと過学習となる可能性があるため、深層学習では教師データとなる画像が何万枚も必要なのである。

### 3. ビッグデータとIoT

AIが第3次ブームになり始めたのと同じ頃から、「ビッグデータ」という言葉を頻繁に見かけるようになった。意味は文字どおり、大きなデータであるが、従来のデータベースでは管理しきれないくらい巨大であるということが重要である。SNS（ソーシャル・ネットワークキング・サービス）で日々ユーザが入力するテキスト群や写真などのデー

タ、ネット通販における購買データ、全スマホの位置情報などはビッグデータである。防犯カメラやドライブレコーダなどの映像や画像もビッグデータである。こうしたビッグデータから意味のある情報を発掘しようとする「データマイニング」の研究が進む一方、ビッグデータが入手できるようになったことは、大量の教師データを必要とする深層学習にとって好機到来となったのである。



図ー1 これまでのAIブームの変遷（著者のイメージ）

ビッグデータと密接な関連があるもう一つの関連する用語は IoT (Internet of Things) であり、「モノのインターネット」と訳される。IoT は、様々なモノが各種センサなどを内蔵し、インターネットに常に接続され、情報交換することによって互いに働きあうような仕組みである。IoT のために様々な通信方式が提供されているが、伝送距離が数 10 km 程度まであり低電力のものは LPWA (Low Power Wide Area) と呼ばれ、今後、土木建築などの分野で幅広い利用が期待される。IoT は小型軽量で安価になるに連れ、社会のほとんどすべてのモノから大量にデータが発信され、それを蓄えることによりビッグデータとなっていくと考えられる。今後、大量の IoT の情報とともに地形や道路などの点群データおよび 3 次元の構造物や自動車などのモデルデータが融合して、仮想的なサイバー空間に「デジタルツイン」が形成され、AI の基となるとともにリアルタイムに連動して、フィジカル空間に様々な働きかけをしていくと考え



られる。

#### 4. 土木建築分野への AI の活用

現在、土木建築分野で深層学習を用いた研究に利用されるデータは、主に画像、音（振動）、テキストの3種類である<sup>3)</sup>。それぞれの主な研究は以下のとおりである。

画像は、多くの種類が様々な目的で利用されつつあるが、まずインフラ維持管理の分野では、コンクリートのひび割れや遊離石灰、鉄筋露出（図-2）、道路のひび割れやポットホール、鋼材の錆などの各種変状を深層学習で写真から認識する研究が盛んである。梁、柱、壁などの構造物の部材を施工中に認識させて出来形確認を行ったり（図-3）、作業員、建設機械の種類や動きを認識することにより、作業状況を自動的に把握する研究などもなされている。地盤関係では、デジタル写真画像から岩石の種類を自動的に判別するシステムを既に開発した会社がある。山岳トンネルでは、切羽（掘削面）のデジタル写真画像から地質状況を評価する研究が行われている。



図-2 コンクリートのひび割れ、遊離石灰および鉄筋露出（AIによって正しく検出された例）



図-3 建築物の鉄骨建て方工事現場の写真およびAIによって梁（緑）、柱（ピンク）、接合部（オレンジ）が認識され色分けされた画像

音は、コンクリートを点検ハンマーで叩いた時の打音やレーザー光線による衝撃音などからコンクリートの状態を診断する研究が維持管理関連で盛んである。また、岩石ハンマーで岩盤が露出した斜面の岩塊を叩いた時に発せられる音から岩塊の強度や安定性を評価するシステムについて、打撃音のスペクトルの卓越周波数や最大振幅から判定するものが既に発表されているが、AIを活用してさらに精度を向上させたり、岩盤の変形係数や強度などを評価できるようにする研究が行われつつある。また、水道管の流水音から漏水の有無を判断する研究なども発表されている。高力ボルトでは、熟練者が打音で緩みを検知するのを、加速度センサを設置して、加速度波形とボルトの軸力を教師データとして、深層学習を用いて素人でも緩んだボルトを探すことができるようにする研究が行われている。

テキストは、インフラ維持管理では、台帳や点検報告書などに記載されている「文字列情報を含む表形式のデータ」を対象とした推定や判別に関する研究が主である。「文章データ」からテキストマイニングなどを適用することにより、ルールを抽出したり、クラスタリングを行う研究が行われている。

その他の情報をAIに利用する研究としては、ボーリングデータや地形、周辺環境から各種地盤情報を空間推定する研究、斜面の地盤内の間隙水圧などを計測することにより地すべりを予測する研究、などが実施されている。

一方、建築設計では、BIM (Building Information Modeling) が広まるにつれ、ある程度の設計条件を与えると、AIを用いて3次元BIMモデルを自動的に作成できるシステムに関する研究が始まっている。また、BIMモデルから施工計画や工程計画を自動的に発生させる研究も行われている。現段階では、AIが作成したプランは完成品とは程遠いレベルだが、途中までできていれば、設計者は修正するだけになるので、かなりの効率化になる可能性がある。

今後は、国土交通省が開発中のインフラデータプラットフォーム、文部科学省のSIP4D (府省庁間連携災害情報システム) などに貯蔵されるビッグデータと、AIとを連動させながら活用する研究が土木建築分野から次々に発表されることが期待される。

## 5. AIの活用の課題

深層学習は前述のように大量の教師データを必要とする。この点に関しては、画像からある特定の分野のモノを自動認識するシステムを構築する際、既に他の研究機関が構築した優れた画像認識モデルを借りてきて、ニューロンの重みを変更するファインチューニングや転移学習という方法を用いれば、少ない教師データでも高い精度で新しいモノを認識できるシステムができるが、すべてのモノでこの方法が適用できるというわけではなく限界はある。従って、専門的な分野においては、大量のデータセットが必要となる。ところが、最も多くのデータを持っているインフラ管理者は通常、データを提供したがない。また、データから教師データを作成するのに多大な労力と

時間、コストがかかる。そのため、研究者は自分が作成した教師データを公開しながら、といった課題がある。こうした課題に対して、最近の情報科学分野、特に AI の分野では、大量で良質の教師データの公開提供者を学術的な意味で高く評価しよう、という動きがある。土木建築分野でも、オープンなデータ整備と共有ルールの構築を行っていくことが重要である。

第2次ブームの AI、すなわちエキスパートシステムは、システムがなぜそのような答を導いたのか、人間が理解できる言葉で論理的に回答することができた。しかし、現在の機械学習の AI は、数式と用いたデータセットで回答するだけで、人間と同じ言葉で説明することができない。そのため、特に研究者や技術者のような専門家は、AI に対して疑念を抱き、利活用することをためらうという課題がある。

この課題に対しては、AI システムの答が正しかったのかどうかを丹念に確認していき、フィードバックしながら AI を改善していき、ほぼ間違いがないというユーザとしての経験を蓄積することによって、社会認知度の向上を図ることが重要だと考えられる。この課題は、コンピュータの黎明期、コンピュータが出す計算結果に専門家が懐疑的だったのと似ている。

米国では3年連続で、なりたい職業の No. 1 がデータサイエンティストだと報告されている。データサイエンティストは統計学も含めて AI に関する専門家と理解される。我が国では、AI の教育や研究において米国や中国に周回遅れを取っているという危機感から、人材育成に力が入り始めている。一方で、こうした AI 専門家と土木建築分野の技術者が協働していくことが重要で、そのためには土木建築工学側の技術者も最低限のデータサイエンスリテラシーを身に付けていく必要がある。そのためには、大学などの土木建築系学科において、情報系カリキュラムを強化することが望まれる。さらに、建設に携わる技術者が「社会人学び直し」をしていくことが重要だと考えられる。

## 6. AI と土木建築への応用の将来展望

AI の現在のブームは一過性の短いもので終わるのか、ずっと長く続くのかは「神のみぞ知る」である。一部の方々は、「そろそろ AI ブームも陰りが出始めている」と述べているが、筆者は、第2次ブームの時に比べれば、まだまだ長く強く続くのではないかと考えている。その理由は以下のとおりである。

エキスパートシステムがターゲットとした課題は専門家の高度な知識を必要とするもので比較的狭い範囲であり、専門家の知識をルール化するためには、専門家を長期間ある意味「拘束」するようにしてインタビューする必要があった。一方、現在の深層学習では、対象が画像からの物体認識のように比較的単純で広範囲であり、専門家を長期間拘束することもなく、データさえ集めれば、学習そのものはコンピュータに長時間計算させれば良いからである。さらに、各分野の専門家が、深層学習の仕組みと利

用方法を勉強して理解すれば、これまで AI 研究者が思いもよらなかった活用分野が次々に発掘できると予測され、その活用分野は相当に広く深いと感じている。

もう一つの理由は、エキスパートシステム構築の際に必要な知識ベースの量は前述のように容易には増えなかったが、深層学習で必要とされるデータセットは、IoT の発達と社会への浸透のお蔭でビッグデータとして入手可能になる可能性が高いことも挙げられる。

政府は、「超スマート社会」としての Society 5.0 を実現することを成長戦略の中心に位置付けている。現在、国土交通省が進めている i-Construction や BIM/CIM といった施策が広く一般化していけば、計画、設計、施工のプロセスにおいて、3次元プロダクトモデルを受発注者が共有しながら仕事を進めて行き、生産性は格段に向上すると予測される。さらに、各種センサで計測されたすべてのデータは3次元モデルと紐づいた形で、維持管理に引き継がれていき、最先端の各種テクノロジーを駆使して維持管理業務を実施していくようになるであろう。その中で AI が果たす役割の大きさは計り知れない。筆者が描いている将来の維持管理におけるデータ流通イメージを図-4 に示す。

## 7. おわりに

AI は人間の仕事を奪うのではないかと心配する人が多い。これまでの歴史を振り返れば、技術革新によって多くの仕事がなくなってきたことがわかる。江戸時代のカゴ屋や飛脚はもういない。図面のトレーサ、和文タイピスト、ワープロ打ち込み業も最近ほとんど見ない。AI によって、このように全くその仕事が無くなったり、著しくその仕事に携わる人口が減ったりすることはあり得るだろう。同時に、トレーサがいなくなった代わりに、2次元 CAD オペレータが生まれたように、新しい仕事ができるだろうと筆者は楽観視している。

アルビン・トフラーが 1980 年に書いた『第三の波』<sup>4)</sup>の中で、彼は、第一の波が農業革命、第二の波が産業革命、第三の波が情報革命だと喝破していた。そして、それらの革命の前と後とでは、技術革新によって生産性が桁外れに大きくなり、社会そのものの構造、価値観、生活スタイルなどがガラリと変わってしまうのだ、と記している。イスラエルの歴史学者であるユヴァル・ノア・ハラリが 2015 年に上梓した『ホモ・デウス』<sup>5)</sup>は、『第三の波』の 35 年後に書かれた本であるが、まさに「第四の波」と言っても良いのではないかと思われる程、未来を予測した書物として高く評価されるべきだと感じている。

AI は結局のところ、アルゴリズムにしか過ぎない。しかし、そのアルゴリズムが世界を革命的に変えようとしている。その先に何があるのか、もう少し生きて見てみたいと思う。

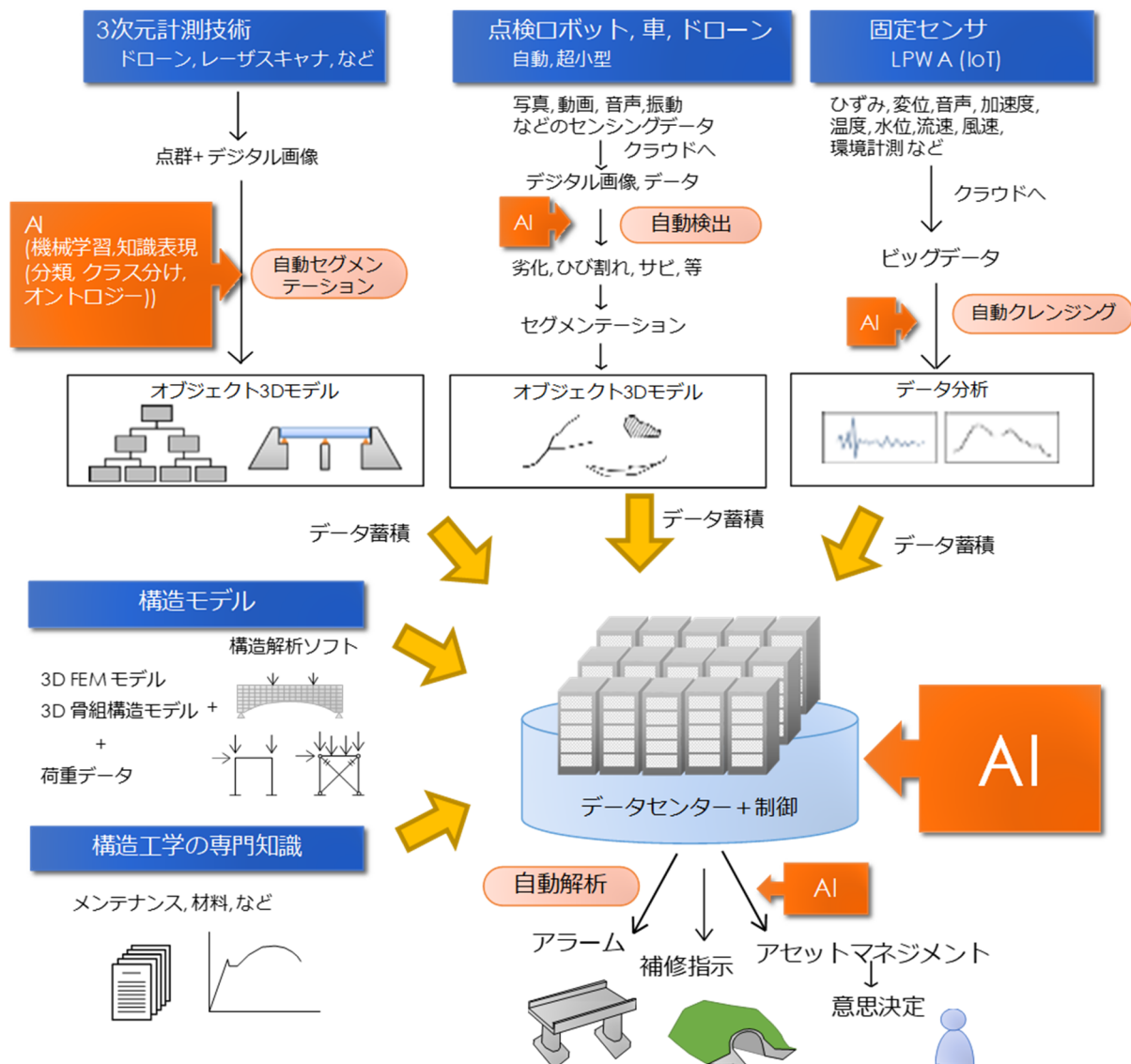


図-4 AI や ICT を駆使した将来のインフラや建築物の維持管理におけるデータ流通イメージ

## 参考文献

- 1) Michael R. Genesereth and Nils J. Nilsson: Logical Foundations of Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann Publishing, Inc., 1987.
- 2) 矢吹信喜: 地盤工学における AI とビッグデータ, 地盤工学会誌, pp.1-3, June 2019
- 3) SIP インフラ連携委員会: インフラ維持管理への AI 技術適用のための調査研究報告書, 土木学会技術推進機構, 2019.
- 4) Alvin Toffler: The Third Wave, Bantam Books, 1980.
- 5) Yuval Noah Harari: Homo Deus: Brief History of Tomorrow, Dvir Publishing, (in Hebrew), 2015. Translated in UK (2016), USA (2017), Japan (2018).

### ■コーディネーター

やぶき のぶよし  
矢吹 信喜

大阪大学 大学院工学研究科  
環境・エネルギー工学専攻 教授



(経歴は前掲)

## ■パネリスト

さくらい あきと  
櫻井 彰人

横浜国立大学 先端科学高等研究院 特任教授  
慶應義塾大学名誉教授

1977 年東京大学大学院情報工学研究科 修士課程修了。  
イリノイ大学留学。東京大学博士(工学)を取得。日立製作所、北陸先端科学技術大学院大学教授、慶應義塾大学教授を経て、2018 年より現職。

人工知能学会理事、日本プラント・ヒューマンファクター学会理事、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)担当等を歴任。



### 1. AI 技術の基盤としての深層学習、そしてデータ

AI は皆さんご存じのように、2010 年代に急速な進展をみました。今回は、第 3 次 AI ブームであると言われていています。過去 2 回のブームとの大きな違いは、実用面での成果が著しいこと、分野によっては人間を凌駕する力をつけたと思われることです。しかし、現在の AI 技術にも偏りがあり、どこにでも使えるというわけではありません。現在の AI ブームの源は、新たに誕生した深層学習を含む機械学習です。深層学習は、ニューラルネットワーク（以下 NN と記します）を大規模化した深層 NN というものを用いた機械学習方法をいいます。

機械学習では、一般に多くのデータを用います。このデータは、対象物の外面を記述するものです。現在よく用いられているタイプの機械学習は、通常、ある観測データ値から他の観測データの値を推測するモデル（ある関数）を作成する技術です。

コンクリート床版に発生するクラックの認識・分析を行う課題を例としましょう。床版上のクラックには発生メカニズムがあります。そのメカニズムに従ってできる紋様か否かで、床版上の紋様がクラックであるか否かを判定することができます。しかし、機械学習は、そうした原理を考慮することなく、与えられた、クラックである紋様とクラックでない紋様とを大量に見て、その見た目の違いを発見し、その違いだけによりクラックか否かを判定するような関数を構成します。

従来の機械学習も深層学習もこのストーリーは同じです。両者の最大の違いは、入力値である画像を分析して得る特徴量（画素の値を入力とするある関数）が、従来の機械学習においては、研究者・技術者が開発しプログラムしたのに対し、深層学習はこれも機械学習することです。そして、深層学習の方が、手作りの特徴量+従来の機械学習よりよい結果を出すようになってしまったのです。

今の AI ブームにおける技術的インパクトの一つは、この「特徴量も学習する」点にあります。この結果、プログラマは、極端な話、プログラムする必要がなく、データを用意するだけでよいことになりました。

## 2. データに対する要請事項とインフラ

さて、この深層学習では、通常の機械学習より多くの学習データを必要とします。その原因を三点あげます。一点目は、特徴量も学習することです。学習すべき項目が多ければ、データも多く必要とします。

二点目は、どのような関数も表現できるようにするために、調節可能なパラメータを多く用意したことです。パラメータ数は、例えば、画像認識で基本的とされる VGG16 という深層 NN では、1 千万を越えています。こうした機械学習モデルのパラメータを、学習により最適な値に設定するには、理論上パラメータ数の何倍かの学習データが必要であるとされています。しかし、深層学習では、この制約を緩める工夫を行うことにより、画像・課題によっては数千枚、数百枚の画像でも学習できることが分かっています。

三点目は、学習結果の一般性、つまり応用性が要求され、そのためにデータに網羅性がないといけないことです。例えば、画像のある部分が人物であると認識させるには、着衣が何であっても、メガネをかけていてもいなくても、人物であると教える（そうしたデータを揃える）必要があります。こうした特徴があれば人物だと認めてよいといった条件が網羅されていない学習データの場合、例えば、チューバッカやヨードは、人物として認識されない可能性が高くなります。網羅性は、対象物だけでなく背景についても要請されます。背景は無視すべきものです。無視すべきものをすべて教えるのは不可能でしょうが、無視する条件を網羅している必要はあります。

なお、機械学習プログラムには十分な一般化能力があります。しかし、それは必ずしも人間が持つ一般化能力と同じ方向性を持つものではありません。同じ画像集合を見ても、人間と機械学習プログラムとは異なる一般化を行うのが普通です。

こうしたこと、つまり、網羅性が要請されるように様々かつ大きな変異があることは、大規模かつ、建設後の環境条件が一件毎に大きく異なる上に、長期間存在するという事情があるインフラでは必ず発生するものです。一点ものという言葉がありますが、インフラ系で特に年月を経たものは、間違いなく一点ものであり、そのため、機械学習の対象とするには、データを準備するのが難しい場合が多いと言えます。

他の難しさの一つに、専門家に暗黙の共通認識が存在することが挙げられます。これは、例えば、点検記録に現れます。専門家の定性的評価だけでなく、数値以外のほとんどの用語に現れます。これらは、人間なら対応可能でも、機械学習では対応できない、しかし貴重なデータです。

量不足のデータに基づき深層学習を行うために、データを増量する方法が用いられています。物体認識ではアフィン変換等が用いられますが、インフラについては特別な工夫が必要と考えられます。一つの候補として GAN (Generative Adversarial Networks) と呼ばれる学習方法があります。GAN の学習目的は、学習データとは異なるが、その仲間に入れても不思議ではないようなデータを生成することであるため、一点もののように、学習データが少ない時のデータ生成方法と考えられるからです。また、専門家の知識を組み込むには、構造を学習する GNN (Graph Neural Networks) 等と用語のベクトル化手法との組み合わせも考えられます。今後の研究がまたれます。



## ■パネリスト

どばし ひろし  
土橋 浩

首都高速道路株式会社 執行役員

1985年東京大学大学院工学系研究科 修士課程修了。  
カリフォルニア大学大学院留学、東京大学博士(工学)を  
取得。首都高速道路公団 神奈川建設局、東京建設局、  
首都高技術株式会社、保全・交通部を経て、2018年より  
現職。

東京大学 生産技術研究所 ICUS 客員教授、土木学会  
国土・土木と AI 懇談会委員、トンネル工学委員会委員長  
等を歴任。



### 1. インフラマネジメントにおける生産性向上に向けた AI の活用

高度経済成長期以降に集中的に建設されたインフラの高齢化が急速に進む一方、少子高齢化にともなう生産年齢人口の減少により、将来、インフラの維持管理などを担う技術者不足が懸念されている。このように社会環境や構造が大きく変化するなか、効率的にインフラのマネジメントを実施し、安全、安心を確保することが求められている。このためには、異分野技術の融合や画像解析技術、AI（人工知能）等を活用した点検・診断技術の高度化により、生産性の向上を図ることが急務である。さらに、近年目覚ましい進歩をとげている ICT（情報通信技術）、IoT（Internet of Things）を活用し、各種既存の台帳、点検データ、センシングデータ、交通量や軸重データ、環境条件等を有機的に統合し、課題の「見える化」を可能とするデータプラットフォームの構築も重要である。このプラットフォームに統合されたビッグデータに対して、AI エンジン等を用いることにより構造物の性能や性状を効率的かつ高精度に評価することが可能となる。この結果、維持管理の効率化、省力化、生産性の向上、ライフサイクルコストの最小化、持続可能なインフラを実現することができるものと考えられる。

### 2. 先端技術を活用した点検技術の高度化

平成 31 年 2 月に改訂された道路橋定期点検要領では、新技術の導入による点検方法の高度化や効率化が示され、非破壊検査や近接目視と同等の診断技術の活用推進が求められている。今後ますます点検における AI などの先端技術の活用が期待される。例えば、コンクリート構造物の接近点検では、近接目視によりひび割れ等を、またハンマーを用いた打音検査により構造物の状態や変状を把握している。近年、機械学習やディープラーニング（深層学習）の適用により、特に画像の判別精度が飛躍的に向上したことから、コンクリートのひび割れ、浮きや剥離などの損傷の抽出に効果を発揮し、点検の高度化が図られている。一方、打音検

査では、従来、計測した打音エコーの卓越周波数を用いてコンクリート状態評価の指標（特徴量）として変状を推定することが一般的であったが、ピーク周波数に加え、位相や時間 - 周波数面での動的遷移領域の情報を特徴量とし、周波数帯域にわたる多くの特徴を持った分布パターン情報を用いて学習させることにより精度の向上が図られている。

また、コンクリート構造物同様、舗装のひび割れにも画像解析を活用したひび割れ検出技術の開発が進められている。近年、舗装の点検に、MMS（Mobile Mapping System）に搭載したレーザースキャナーで取得した三次元点群データにより舗装のわだち掘れ量や平坦性を自動算出するとともに、ラインセンサカメラにより取得した画像から AI を用いて舗装のひび割れを自動検出する技術が開発されている。これらの点検結果から舗装の維持管理指数（例えば MCI や IRI）等を自動計算して、損傷ランクの判定から補修が必要な範囲の抽出、補修計画策定までの一連のプロセスを自動化している。

このように画像解析、機械学習、ディープラーニング等を用いることにより、熟練技術者が不足するなか、熟練度によらず一定の点検精度を確保することが可能となるとともに、点検・診断の効率化、省力化、生産性の大幅な向上が期待できる。

### 3. データプラットフォームによる一元管理と AI の活用および今後の展望

画像解析や AI など先端技術を用いて得られた点検・診断結果を、構造物の基本情報や補修履歴等の情報と合わせて、GIS（地理情報システム）をベースとするデータプラットフォーム上に統合し、一元的に管理することにより構造物の状態を総合的、俯瞰的に把握することができる。この統合されたビッグデータに対してディープラーニング、機械学習を用いて解析、分析することにより、異常の兆候パターンを迅速かつ定量的に把握することも可能となる。この結果、変状の評価や劣化の推定が大幅に効率化される。過去の点検・診断結果、変状や不具合事例等から、AI により異常の発現可能性を検出することが可能となり、劣化・変状の 1 次スクリーニング技術として機能する。最終的には、技術者がデータや診断結果を正しく理解、判断し、経験知を踏まえた最適解を導く、すなわち、デジタルとアナログの融合である。また、このデータプラットフォームに地震時等異常時の情報を統合することにより、維持管理に加え防災情報システムとしても機能する拡張性がある。災害時の情報の共有、現場状況の把握、対策の立案に有効なプラットフォームとして機能することが期待できる。

さらに、IoT 化の進展と AI 技術の進化によって、フィジカル（現実）空間から膨大な情報がサイバー（仮想）空間に集積される。サイバー空間ではこれらのビッグデータが、AI 等で解析・評価され、その結果をフィジカル空間のヒトやインフラ、生活に様々な形でフィードバックされる。すなわち、このデータプラットフォームはサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたデジタルツイン（Society5.0）を実現する。加えて、このデータプラットフォームの高い拡張性により、防災プラットフォームなど各種システムと連携が可能である。この結果、これまでにはなかった新たな価値が創造される。この価値創造に時空間を超えて AI の有効活用がいま求められている。

## ■パネリスト

はとり ふみお  
羽鳥 文雄

株式会社 日立プラントコンストラクション  
事業統括本部研究開発部 CPM

1991 年東京電機大学工学部卒業。2017 年大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻にて博士を取得。日立プラント建設、日立プラントテクノロジー、日立製作所インフラシステム社を経て、2018 年より現職。



### 1. 建設現場における課題

2018 年 6 月に「働き方改革関連法案」が成立し、これまで適用対象外だった建設業に対しても、時間外労働の罰則付き上限規制が適用されるようになった。建設業界には 5 年間の猶予期間が設けられているものの、長時間労働を是正し、週休 2 日を確保していく為には、様々な業務改革や生産性向上対策が必要であり、各社その対応に迫られている状況である。一方で「働き方改革」によって建設業界の長時間労働体質を改善しなければ、社会インフラ維持にも大きく関与する建設業界を担う若手技術者の確保はますます困難になり、本改革への取組みは将来に向けた重要課題であると捉えている。

建設業界における技能労働者の高齢化と若手技術者の不足から生じる技術継承の問題は一部において既に顕在化しはじめている。弊社は原子力発電プラントの建設や保守にも関わっているが、2011 年の東日本大震災時の福島第一原発事故から原子力発電プラントの国内建設は停止し、既存の原発プラントも再稼働しているのは一部に限定されている状況である。原子力発電プラント建設やその運転・保守という特殊技術においては既に 8 年ものブランクが生じている状況であり、高齢化する熟練者がその技術やノウハウを伝授する機会が無いままに退職してしまうという問題に直面している。ここでは熟練者のみが保有する知識は暗黙知から形式知へと変換していく必要があり、熟練者のみが保有する匠のような技術については継承が困難であれば、自動化・スキルフリー化・ロボット化等を考えていかなければならない。

### 2. 建設現場のデジタル化推進

前述した課題に対応するため、国交省はその施策の 1 つとして“i-Construction の推進等を通じ、建設生産システムのあらゆる段階における ICT の活用等により生産性の向上を図る。”と述べており、建設現場の ICT 活用・デジタル化の推進に大きな期待が寄せられている。特に人工知能 (AI: Artificial Intelligence) への期待は高まるばかりであり、現在

は第3次 AI ブームとも呼ばれ、建設分野においても様々な検討が始められていると考える。弊社においてもデジタル化への取組みについて幾つか検討を進めており、以下にその一例を紹介する。AI 活用については、まだまだ研究開発段階のものも多く、試行錯誤しているのが実態である。

- ① 屋内位置検知技術：BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンと携帯端末を利用した作業者の屋内位置検知技術。作業者の動線を分析する事で作業効率改善に期待。
- ② 拡張現実感 (AR : Augmented Reality) 技術の活用：BIM を用いた施工シミュレーション結果を実現場に重畳する事で事前に干渉確認が出来る。
- ③ AI 技術を活用した写真の抽出・分類：Deep Learning の物体検出技術による現場写真の自動抽出・分類技術 (従来は人が写真を見ないと検索や整理ができなかった)。熟練者が保有するノウハウ関連写真の抽出に活用。
- ④ 視線計測技術：熟練者と非熟練者の作業時の視線を比較する事で、安全面や施工品質確保面での重要項目を形式知化出来る事に期待。

いずれの技術も一定の効果は得られつつあるものの、やはり建設現場特有の課題も見えてきた。特に、建設現場は工場等に比べ繰り返し性が少なく、同じ作業でも作業条件が異なる等、同一条件での大量データが集めにくい。施工記録写真等は大量に撮影はしつつも何の写真かというラベルが付いていなく、AI 活用するにはいかに効率よく教師データを作成するかがカギとなる。今後はスマートフォン利用によるリアルタイムデータ収集やカメラを利用したモニタリング技術等が積極的に活用されると思われる。建設業界における、いわゆる“ビッグデータ”をどのように集めるかを早急に検討する必要がある。また、最先端 AI 技術を有するような人材の数も現時点では限られており、このような人材と建設現場の知見を持つ者とをどうチーム化するかも技術開発中での課題である。

技術的な課題だけでなく、体質的な観点での改革も必要であると感じている。建設現場の生産性を抜本的に高めるためには、建設が始まってから現場で行う合理化対策だけでは不十分である。現場の残業を減らすためだけの生産性向上ではなく、工期短縮や建物のライフサイクルコストの低減等の抜本的改善に向け、発注者である顧客メリットを視野に入れ、顧客と協創しながらプロジェクトを進める等の体制が必要になってくると考えている。BIM を用いた施工計画・シミュレーション技術や施工後の保守管理システムへの活用等、建物のライフサイクルコスト低減を実現するためのプラットフォーム技術は出来つつある。AI 等の最新技術の活用含め、顧客である発注者と施工事業者がお互いに Win-Win となるビジネスモデルを構築する事が真の「働き方改革」に繋がる道だと考えている。



## 過去の基調テーマと講演者

### 第30回（平成30年）～ 第1回（昭和63年）

（敬称略、役職名は当時）

第30回	<p>平成30年11月16日（水）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：強靱な社会をつくる ～国と企業の危機管理対策とは～</p> <p>基調講演「強く、しなやかな国、日本」を目指して</p> <p>対談</p> <p>「強靱化へ向けた危機管理の要諦とは」</p>	<p>京都大学大学院 工学研究科 教授</p> <p>京都大学レジリエンス実践ユニット長</p> <p>同上</p> <p>経済産業省 商務情報政策局 情報技術利用促進（ITイノベーション）課長</p>	<p>藤井 聡</p> <p>藤井 聡</p> <p>中野 剛志</p>
第29回	<p>平成29年11月1日（水）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：都市型大規模火災への備えとは</p> <p>基調講演「都市型災害の進化と大規模火災のリスク」</p> <p>パネルディスカッション 「都市型大規模火災への備えとは」</p> <p>コーディネーター</p> <p>パネリスト</p>	<p>兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 研究科長・教授</p> <p>同上</p> <p>早稲田大学創造理工学部 教授</p> <p>東京大学生産技術研究所 准教授</p> <p>消防庁消防研究センター 主任研究官</p>	<p>室崎 益輝</p> <p>室崎 益輝</p> <p>長谷見雄二</p> <p>加藤 孝明</p> <p>鈴木 恵子</p>
第28回	<p>平成28年11月21日（月）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：イノベーションが拓くインフラ産業の未来 ～新たな挑戦と成功へのヒント～</p> <p>基調講演「イノベーションが拓くインフラ産業の未来」</p> <p>「イノベーションの実践 -QPMIサイクルを回せ-」</p> <p>パネルディスカッション 「イノベーションが拓くインフラ産業の未来 ～新たな挑戦と成功へのヒント～」</p> <p>コーディネーター</p> <p>パネリスト</p>	<p>京都大学大学院工学研究科教授</p> <p>株式会社リバネス代表取締役CEO</p> <p>京都大学大学院工学研究科教授</p> <p>株式会社リバネス代表取締役CEO</p> <p>阪神高速道路株式会社技術部技術推進室</p> <p>(株)奥村組東日本支社土木技術部</p>	<p>木村 亮</p> <p>丸 幸弘</p> <p>木村 亮</p> <p>丸 幸弘</p> <p>篠原 聖二</p> <p>木下 茂樹</p>
第27回	<p>平成27年11月20日（金）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：大規模水災害への備えとは</p> <p>基調講演「水害と日本人のアイデンティティ」</p> <p>パネルディスカッション 「大規模水災害への備えとは」</p> <p>コーディネーター</p> <p>パネリスト</p>	<p>特定非営利活動法人日本水フォーラム 代表理事・事務局長</p> <p>同上</p> <p>中央大学理工学部教授</p> <p>一般財団法人水源地環境センター理事長</p> <p>公益財団法人リバーフロント研究所理事</p>	<p>竹村公太郎</p> <p>竹村公太郎</p> <p>山田 正</p> <p>森北 佳昭</p> <p>土屋 信行</p>
第26回	<p>平成26年12月11日（木）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：インフラ産業の未来を創る ～魅力の発見・創造・発信～（(一社)計画・交通研究会との共催）</p> <p>基調講演「デザイン力で公共を変える」</p> <p>「対話する社会基盤」</p> <p>パネルディスカッション 「インフラ産業の未来を創る ～魅力の発見・創造・発信～」</p> <p>コーディネーター</p> <p>パネリスト</p>	<p>前橋工科大学工学部教授</p> <p>東京大学大学院工学系研究科教授</p> <p>フリーアナウンサー</p> <p>前橋工科大学工学部教授</p> <p>東京大学大学院工学系研究科教授</p> <p>NPO法人「道普請人」常務理事</p> <p>(株)奥村組東日本支社リニューアブル技術部</p>	<p>韓 亜由美</p> <p>羽藤 英二</p> <p>青山 佳世</p> <p>韓 亜由美</p> <p>羽藤 英二</p> <p>福林 良典</p> <p>西山 宏一</p>

第25回	<p>平成25年12月2日（月）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：より良い国土を次世代へ引継ぐために ～社会資本の整備、維持管理・更新はどうあるべきか～</p> <p>基調講演「社会資本の思想 ―国土学を考える―」 一般財団法人国土技術研究センター 大石 久和 国土政策研究所長</p> <p>パネルディスカッション コーディネーター 同上 大石 久和</p> <p>「より良い国土を次世代へ引継ぐために パネリスト 京都大学経営管理大学院特定教授 田村 敬一 ～社会資本の整備、維持管理・更新は 一般財団法人橋梁調査会専務理事 西川 和廣 どうあるべきか～」 東日本旅客鉄道株式会社鉄道事業本部 奥石 逸樹 設備部企画担当部長</p>
第24回	<p>平成24年12月7日（金）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：災害に強い国土づくりとシステムの進化 ～これまでとこれから～</p> <p>報告「東日本大震災における奥村組の対応について」 (株)奥村組東北支店復興プロジェクト室 福知 克美</p> <p>基調講演「災害に強い国土づくりとシステムの進化」 東京大学大学院工学系研究科教授 家田 仁</p> <p>パネルディスカッション コーディネーター 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 本田 利器</p> <p>「災害に強い国土づくりとシステムの進化 パネリスト 東京大学大学院工学系研究科教授 家田 仁 ～これまでとこれから～」 京都大学大学院工学研究科教授 木村 亮 国土交通省大臣官房技術審議官 深澤 淳志 株式会社三菱総合研究所参与 村上 清明 (株)奥村組東北支店復興プロジェクト室 福知 克美</p>
第23回	<p>平成23年11月2日（水）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：首都直下型地震に立ち向かうために ～最悪のシナリオを想定した備えとは～</p> <p>基調講演「首都直下型地震で被災しないために」 関西大学社会安全学部長・教授 河田 恵昭</p> <p>パネルディスカッション コーディネーター 同上 河田 恵昭</p> <p>「首都直下型地震に立ち向かうために パネリスト 東京大学生産技術研究所教授 目黒 公郎 ～最悪のシナリオを想定した備えとは～」 明治大学政治経済学研究科特任教授 中林 一樹 東京海上日動リスクコンサルティング 主席研究員 指田 朝久</p>
第22回	<p>平成22年12月2日（木）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：社会基盤を速く造るために（東京大学グローバルCOEプログラム「都市空間の持続再生学の展開」との共催）</p> <p>基調講演「契約発注の工夫によるリードタイム短縮の可能性」 東京大学生産技術研究所長 野城 智也</p> <p>「施工改革がもたらす時間・コストの縮減と環境負荷低減」 東京大学教授 前川 宏一</p> <p>パネルディスカッション コーディネーター 東京大学准教授 福井 恒明</p> <p>「社会基盤を速く造るために」 パネリスト 東京大学生産技術研究所長 野城 智也 東京大学教授 前川 宏一 アジア航測(株) 武藤 良樹 (株)奥村組技術研究所長 栗本 雅裕</p>
第21回	<p>平成21年12月2日（水）</p> <p>（東京国際フォーラム ホールD7）</p> <p>基調テーマ：環境リスクの低減に向けて～土壌汚染の現状と対策～</p> <p>基調講演「土壌地下水汚染対策の現状と課題」 和歌山大学理事 平田 健正</p> <p>パネルディスカッション コーディネーター 同上 平田 健正</p> <p>「環境リスクの低減に向けて パネリスト 土壌環境センター 北岡 幸 ～土壌汚染の現状と対策～」 国際環境ソリューションズ 中島 誠 日本不動産研究所常勤顧問 山本 忠</p>
第20回	<p>平成20年12月5日（金）</p> <p>（中央区築地 浜離宮朝日ホール）</p> <p>基調テーマ：首都直下地震～減災コミュニケーションに向けて</p> <p>基調講演「首都直下地震の震災像と防災上の問題点 ―自助公助による減災を目指して―」 関東学院大工学部 社会環境システム学科教授 若松加寿江</p> <p>パネルディスカッション コーディネーター 同上 若松加寿江</p> <p>「首都直下地震 パネリスト 東京大学大学院情報学環総合防災研情報 大原 美保 ～減災コミュニケーションに向けて」 研究センター准教授 工学院大学工学部建築学科教授 久田 嘉章 都市防災研究所事務局長 守 茂昭</p>

第19回	平成19年11月30日 (金) 基調テーマ：事業継続計画 (BCP) を根付かせるために 基調講演「事業継続計画 (BCP) を根付かせるために」 パネルディスカッション 「事業継続計画 (BCP) を根付かせるために ～実効性を高める取り組みとは～」	～実効性を高める取り組みとは～ 京都大学教授 同上 (株)日立製作所上席コンサルタント 協立化学産業(株)取締役生産統括 (株)奥村組BCP専門チームリーダー	(港区港南 コクヨホール) 丸谷 浩明 丸谷 浩明 梶浦 敏範 金田 秀文 鶴谷 雅之
－ 平成18年は、創立百周年記念講演会開催のため、技術セミナーは開催せず －			
第18回	平成17年11月8日 (火) 基調テーマ：災害への抵抗力を高める防災・減災工学 基調講演「環境学としての構造安全論」 パネルディスカッション 「災害への抵抗力を高める 防災・減災工学」	～自然災害から社会資本を守る～ 東京大学新領域創成科学研究科教授 同上 東京大学地震研究所助教授 福岡大学工学部建築学科教授 ABS Consulting シニアテクニカルマネージャー	(墨田区横網 KFCビルホール) 神田 順 神田 順 工藤 一嘉 高山 峯夫 川合 廣樹
第17回	平成16年10月21日 (木) 基調テーマ：巨大地震の震源像、地震動、予想される災害 基調講演「巨大地震の震源像、地震動、予想される災害」 パネルディスカッション 「巨大地震の震源像、地震動、 予想される災害」	～やや長周期地震動の脅威と対応～ 京都大学副学長 同上 京都大学原子炉実験所助教授 消防研究所基盤研究部長 京都大学大学院工学研究科助教授 (株)奥村組建築設計部	(中央大学駿河台記念館) 入倉孝次郎 入倉孝次郎 釜江 克宏 座間 信作 清野 純史 舟山 勇司
第16回	平成15年11月4日 (火) 基調テーマ：世紀を超えるコンクリート構造物への挑戦 基調講演「世紀を超えるコンクリート構造物への挑戦」 パネルディスカッション 「世紀を超えるコンクリート 構造物への挑戦」	京都大学大学院工学研究科教授 東洋大学工学部環境建設学科 鹿児島大学工学部海洋土木工学科助教授 東日本旅客鉄道(株) 宇部生コンクリート(株) (株)奥村組技術研究所	(中央大学駿河台記念館) 宮川 豊章 福手 勤 武若 耕司 津吉 毅 吉兼 亨 東 邦和
第15回	平成14年12月5日 (木) 基調テーマ：都市防災と危機管理 基調講演「都市防災と危機管理」 パネルディスカッション 「都市防災と危機管理」	京都大学防災研究所 巨大災害研究センター長・教授 同上 NHK解説委員 東京都立大学大学院都市科学研究科教授 慶應義塾大学商学部助教授	(中央大学駿河台記念館) 河田 恵昭 河田 恵昭 藤吉洋一郎 中林 一樹 吉川 肇子
第14回	平成13年11月8日 (木) 基調テーマ：都市再生 基調講演「今、何故、何が都市再生なのか」 パネルディスカッション 「都市再生」	計量計画研究所理事長 東京工業大学 名誉教授 同上 日本開発構想研究所研究本部長 オリエンタルコンサルタンツ顧問 日本プロジェクト産業協議会	(中央大学駿河台記念館) 黒川 洸 黒川 洸 阿部 和彦 秋口 守國 成田 高一



第13回	平成12年11月10日 (金) 基調テーマ：ITと建設 基調講演「ネットワーク時代のビジネスモデル」 パネルディスカッション 「ITと建設」	慶應義塾大学教授 同上 国際大学GLOCOM教授 千葉工業大学工業デザイン学科助教授 富士通(株)物流ソリューション部部长	國領 二郎 國領 二郎 宮尾 尊弘 寺井 達夫 仲村 光文	(中央大学駿河台記念館)
第12回	平成11年9月9日 (木) 基調テーマ：都市と環境 基調講演「これからの環境アセスメント」 パネルディスカッション 「環境・市民と都市の社会基盤整備」	東京工業大学大学院教授 東京大学大学院教授 東京工業大学大学院教授 運輸政策研究機構調査役 ランドブレイン(株)都市計画部長補佐 応用地質(株)理事	原科 幸彦 家田 仁 原科 幸彦 加藤 浩徳 紙田 和代 高木 泰	(中央大学駿河台記念館)
第11回	平成10年9月8日 (火) 基調テーマ：都市と環境 基調講演「地球環境の将来見通し」 パネルディスカッション 「地球環境負荷削減：都市と生活の改造は可能か？誰が実施するのか？」	京都大学大学院教授 名古屋大学大学院教授 弁護士・気候ネットワーク代表 (財)電力中央研究所上席研究員 (株)日建設計土木事務所設計室長	松岡 譲 林 良嗣 浅岡 美恵 丸山 康樹 杉山 郁夫	(中央大学駿河台記念館)
第10回	平成9年9月2日 (火) 基調テーマ：都市と地震防災 基調講演「防災に関する緊急的課題とその解決の方向」 パネルディスカッション 「地震防災の将来像」	名古屋大学大学院教授 埼玉大学教授 (株)システムアドバイザー社社長 前橋工科大学教授 東京大学大学院教授	松尾 稔 渡邊 啓行 中村 豊 那須 誠 小谷 俊介	(中央大学駿河台記念館)
第9回	平成8年9月10日 (火) 基調テーマ：設定せず 講演 都市トンネル技術の動向 近代都市建設にみる先人たちの知恵	東京都立大学名誉教授 作家	山本 稔 田村 喜子	(中央大学駿河台記念館)
第8回	平成7年11月30日 (木) 基調テーマ：設定せず (久保慶三郎先生追悼講演会として開催) オープニングスピーチ 講演 直下型地震の危険性と予知 砂地盤の液状化現象とその対策 建物の耐震性と地震対策 世界と日本の地震災害 地震工学への1、2の宿題	東京大学教授 東京大学教授 東京工大名誉教授 東京大学教授 京都大学教授 元東京大学教授	片山 恒雄 阿部 勝征 吉見 吉昭 岡田 恒男 土岐 憲三 金井 清	(全共連ビル)
第7回	平成6年9月13日 (火) 基調テーマ：災害に強い都市づくり 基調講演「都市の変貌と防災 -多様化する都市型災害への対応」 パネルディスカッション	京都大学教授 東京大学名誉教授 東京工業大学教授 東京大学助教授 京都大学助教授	亀田 弘行 久保慶三郎 大町 達夫 山崎 文雄 林 春男	(中央大学駿河台記念館)

<p><b>第6回</b></p>	<p>平成5年9月14日（火）</p> <p>基調テーマ：21世紀の豊かな都市環境の創造に向けて</p> <p>基調講演「21世紀の豊かな都市環境づくりへの課題」</p> <p>パネルディスカッション</p>	<p>日本大学教授</p> <p>東京大学名誉教授</p> <p>名古屋大学教授</p> <p>立命館大学教授</p> <p>先端建設技術センター常務理事</p>	<p>（中央大学駿河台記念館）</p> <p>新谷 洋二</p> <p>久保慶三郎</p> <p>林 良嗣</p> <p>塚口 博司</p> <p>佐々木 康</p>
<p><b>第5回</b></p>	<p>平成4年8月20日（木）</p> <p>基調テーマ：社会基盤整備と地下利用</p> <p>基調講演「社会資本の歴史と将来展望」</p> <p>パネルディスカッション</p> <p>「都市地下空間と インフラストラクチャー」</p>	<p>東京大学教授</p> <p>東京大学名誉教授</p> <p>立命館大学教授</p> <p>東京工業大学教授</p> <p>㈱奥村組東京支社</p>	<p>（中央大学駿河台記念館）</p> <p>中村 英夫</p> <p>久保慶三郎</p> <p>春名 攻</p> <p>木村 孟</p> <p>畠山 哲雄</p>
<p><b>第4回</b></p>	<p>平成3年9月10日（火）</p> <p>基調テーマ：ライフラインと地震対策</p> <p>基調講演「ライフラインと地震対策」</p> <p>パネルディスカッション</p> <p>「ライフライン・地盤・都市防災」</p>	<p>東京大学教授</p> <p>東京大学名誉教授</p> <p>京都大学教授</p> <p>東海大学教授</p> <p>都市防災研究所</p>	<p>（中央大学駿河台記念館）</p> <p>片山 恒雄</p> <p>久保慶三郎</p> <p>亀田 弘行</p> <p>浜田 政則</p> <p>小川雄二郎</p>
<p><b>第3回</b></p>	<p>平成2年8月29日（水）</p> <p>基調テーマ：最新物体挙動解析法を中心に</p> <p>基調講演：「粒状体の運動」</p> <p>パネルディスカッション</p> <p>「地震防災の最近のトピックスと 将来への提言」</p>	<p>東京大学教授</p> <p>東京大学名誉教授</p> <p>日本大学教授</p> <p>京都大学教授</p> <p>埼玉大学教授</p> <p>(株)奥村組筑波研究所</p>	<p>（中央大学駿河台記念館）</p> <p>伯野 元彦</p> <p>久保慶三郎</p> <p>能町 純雄</p> <p>土岐 憲三</p> <p>渡辺 啓行</p> <p>中江新太郎</p>
<p><b>第2回</b></p>	<p>平成元年8月23日（水）</p> <p>基調テーマ：Flow Slideと土木用新材料</p> <p>基調講演「LIQUEFACTIN - INDECED FLOW SLIDE OF EMBANKMENTS AND RESIDUAL STRENGTH OF SILTY SAND」</p>	<p>東京大学教授</p>	<p>（茗溪会館）</p> <p>石原 研而</p>
<p><b>第1回</b></p>	<p>昭和63年8月30日（火）</p> <p>基調テーマ：設定せず</p> <p>基調講演「第9回世界地震工学会議をふりかえって」</p> <p>「ダムおよび斜面の耐震設計」</p>	<p>東京大学名誉教授</p> <p>埼玉大学教授</p>	<p>（麴町会館）</p> <p>久保慶三郎</p> <p>渡辺 啓行</p>

【メモ】





「第 31 回技術セミナー」お問い合わせ先

株式会社 奥村組 技術セミナー事務局

〒545-8555 大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2

TEL:06-6625-3788 FAX:06-6625-3901