

# 国土文化研究所年次報告 2024

---

VOL.23



ごあいさつ

国土文化研究所  
所長 中村哲己

国土文化研究所は 2002 年 4 月に株式会社建設技術研究所の研究開発組織として設立以来、さまざまな先端的研究や地域活動、出版活動などを展開してきました。

建設コンサルタントに要請される多様なニーズに応えるためには、従来の土木建設技術の枠を超えた広範な「総合知」が求められます。設立当初、この認識のもと、外部の有識者の参加を得ながら、心の豊かさを醸成できる空間（国土文化）を創出するために、知識、技術を結集する「シンクタンク」を目指そうとするものでした。

現在は、この設立当初の精神を引き継ぎながら、CTI グループの新事業展開のための中央研究所機能を付加した組織として、研究開発、地域・社会貢献活動、社会への情報発信、および技術系人材育成の 4 つの事業に取り組んでいます。

### 1. 研究開発

建設 DX に貢献する最先端 ICT 関連技術、新たな事業展開や生産性向上に資する技術に加え、人文・社会科学領域を融合して持続可能社会の構築に寄与する広範なテーマを掲げ、研究を推進しています。研究体制として 2020 年に設置したインテリジェンス・サービス・プラットフォーム（ISP）が AI や 3D 設計など時代の最先端の研究を行い、顧客へのコンサルティングサービスや社内の生産性の向上に大きな貢献を果たしております。

### 2. 地域・社会貢献活動

本社が所在する東京都中央区の日本橋地域の活性化に貢献することを目的に、「江戸東京再発見コンソーシアム」の一員として、2009 年から恒例となったクルーズ「お江戸日本橋舟めぐり」を開催してきました。このノウハウを生かして、当社の土木技術者がガイドを務めるクルーズ「ドボクルーズ® 江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり」を実施しています。

また、CTI グループの分野横断的な知恵を結集し、SDGs を切り口とした社会的課題の解決を目標とした「SDGs イノベーションハブ」を設置し、社会問題に関する情報発信や新規ビジネスの掘り起こしを推進しています。

### 3. 社会への情報発信

本年次報告を始め、研究成果を書籍としてまとめた出版事業やオープンセミナーの開催などを実施しています。2024 年 10 月には、「首都直下地震発生！あなたは何かができるか ～発災から 72 時間のシナリオ～」をテーマにオープンセミナーを開催しました。

#### 4. 人材育成

建設コンサルタントの担い手を将来にわたって確保していくために、とりわけ若手技術者を育成していくことは極めて重要です。当社はインフラの専門家集団ですが、社会が大きく変化するなかで、プロフェッショナルなコンサルタント・エンジニアの能力として求められるのは、今や専門的能力だけではありません。幅広い視野、関心、国際性、リーダーシップ、コミュニケーション能力、マネジメント、倫理性などが備わったエンジニアの育成が必要です。国土文化研究所では2018～2021年度に25～35歳の技術者を対象にした人材育成プログラム「国土文化カフェ～未来を担うエンジニア入門講座～」を開設し、毎年約20名の職員が参加しました。これを発展させて、2022年度から全ての若手技術者を対象に初期専門能力開発（IPD）の取り組みを開始し、技術者教育のさまざまなメニューを提供しています。

いま日本は、頻発化・激甚化する災害、インフラの老朽化、地方創生、DX推進、脱酸素社会等の実現への対応など、多くの社会的課題を抱えています。国連持続可能な開発サミットが採択した「SDGs」や、政府が提唱する「Society5.0」、AIによる最適化と革新といった時代の潮流を見据えながら、また、わが国が古来より育んできた有形無形の伝統文化に思いを馳せながら、今後も引き続き、当社グループの中央研究所としての機能を充実させつつ、積極的に社会貢献を果たしてまいりたい所存です。

# 国土文化研究所年次報告 2024 (VOL.23)

## 目 次

### ごあいさつ

### 《研究報告》

研究報告要旨-----1

CTI社内データと生成AIの連携システムの構築-----3

設計業務のミス自動検出システム構築-----9

3次元データによる構造物設計に向けた設計支援システムの開発(4)-----17

AI画像解析を活用したDX支援サービスの事業展開-----24

CTIイノベーションに向けたAI技術開発研究-----34

インフラが地域の歴史・文化・社会形成に与えた影響に関する研究-----44  
～箱根温泉と草津温泉におけるインフラ整備と温泉文化の関係～

持続可能な社会構築に向けた仕組みづくりに関する研究-----54

シン・土木広報 ～生成アイドルは偶像と成り得るか～-----64

インクルーシブデザインに配慮した設計手法(教育施設)確立の研究-----74

《地域・社会貢献 活動報告》-----84

ドボクルーズ<sup>®</sup> 第11回江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり

《人材育成 活動報告》-----85

若手技術者のコミュニケーション能力開発研修「IPDカフェ」

《セミナー・情報発信 活動報告》-----86

第21回 国土文化研究所 オープンセミナー

「首都直下地震発生！あなたは何かができるか ～発災から72時間のシナリオ～」

# 研究報告要旨

## CTI社内データと生成AIの連携システムの構築

生成AIは世界中の様々な業界に影響を与え、多様なビジネス創出やDX等で活用されているが、IT・デジタルの知識や人材の不足、機密情報や個人情報等の漏洩等の課題から、生成AIの導入に躊躇する企業もある。CTI-Gの発展のためには、当社独自の情報を安全かつ有効に活用できるCTI版生成AIを開発し、利用促進による様々な効果早期発現が必要である。そこで本研究では、上記の課題を解決し、競争力、品質、生産効率、顧客満足度等に資することを目的に、社内の技術情報に対する知見をもつ生成AI開発とAIチャットボットの構築を実施した。さらに、これらを基にしたwebアプリを開発し、生成AIの利用促進や新規受注に貢献できた。

## 設計業務のミス自動検出システム構築

構造物設計業務におけるミス防止は社内的な喫緊課題である。ミスの大半は図面の不整合などの照査不足が要因となっているが、人による網羅的なエラーチェックは多大な時間を要するとともに、人為的なミス(照査漏れ)が生じる可能性を秘めている。そこで、設計成果である「設計図面」、「設計計算書」、「数量計算書」間の不整合を自動検出するシステムの開発を行う。自動化によって設計照査や修正作業に要する時間・原価を削減し、網羅的なエラーチェックによって品質確保、エラー・クレーム防止に貢献する。また、開発したミス自動検出システムは、WEBアプリケーションにより社内に水平展開することで関連部室における品質確保及び生産性向上を図る。

## 3次元データによる構造物設計に向けた設計支援システムの開発(4)

国土交通省は生産性向上を目的として、令和5年度から全ての公共工事(直轄土木業務および工事)へBIM/CIMの原則適用を義務化した。しかし、設計段階における3次元データの利活用は限定的であることが多く、3次元モデルの構築にも時間的や人的なリソースを多大に費やしているのが実状である。この課題に対し、設計プロセスの初期段階から3次元データを活用することが可能であり、計算ツールや3D-CADソフトウェアとシームレスに連携する3次元設計支援システムを開発した。さらに、実業務へ適用することで浮き彫りになった問題点に対してシステム改良を施したことによって、本システムが詳細設計の生産性向上や品質確保、照査作業の効率化に対し有効である結果を得ることができた。

## AI画像解析を活用したDX支援サービスの事業展開

近年、我が国におけるインフラ管理費の増大、少子高齢化による働き手不足などの課題を解決するため、AI(人工知能)やIoT(Internet of Things)などの新技術を用いた積極的なDX推進が求められている。また、当社グループの事業展開として、地方自治体の受注拡大や民間企業への進出が目標として掲げられており、研究開発についてもこれを意識した技術開発・サービス展開を進めていく必要がある。

本論文では、持続的・実効的なインフラ管理を達成するために、カメラより得られる映像及びAI技術を用いて、インフラ管理の効率化・高度化に資するサービスを実現する手法を提案する。

## CTIイノベーションに向けたAI技術開発研究

AI・ICTに関連する17本の研究開発を行った。主に、①物体検知と、AI OCRや骨格検知など異なるモデルを組み合わせる教師データ不要のゼロショットモデルの開発、②画像とテキストといった異種データを同時に扱うマルチモーダルAIの開発、③深層学習に物理法則を組み込んだPINNの精度改善、④勾配降下法を用いた因果分析モデルの実装と適用、⑤データ処理にLLMを活用したモデルの開発、⑥生成AIの利活用、⑦点群(モバイル端末のLiDAR)と3D画像生成技術を組み合わせた3Dモデリング手法の開発、⑧UAVデータ(撮影画像とSfM点群)による河道管理技術の開発、⑨Webアプリの実装を行った。

## インフラが地域の歴史・文化・社会形成に与えた影響に関する研究

### ～箱根温泉と草津温泉におけるインフラ整備と温泉文化の関係～

本研究では地域のさまざまな文化がインフラとどのように関係して現在に至っているのか、インフラが文化的価値の向上や社会の形成にどのように貢献してきたのかを箱根温泉と草津温泉においてインフラと温泉文化の関係について検討したものである。

その結果、インフラの発展が集客を支えたり景観まちづくりが温泉観光地の魅力を創出するなど、インフラの整備と温泉文化は関係が強く、温泉地の発展に寄与している事を説明することができた。

## 持続可能な社会構築に向けた仕組みづくりに関する研究

福岡県赤村を対象に、地方と都市の共創的発展を実現するロジックモデル作成した。ロジックモデルを基に、耕作放棄地を活用した通い農業プログラムを軸とした事業スキームを作成した。事業スキームでは、ウェルビーイング意識の高い企業、営農希望者、エシカル消費意識の高い消費者や飲食店経営者をターゲットとし、年間収入約900万円を試算した。事業スキームに従い、通い農業を実践し、農作業によるストレス低減効果を参加者アンケートから確認した。効率化に向けて、IoTカメラを設置し、害獣の侵入経路確認や、スマートフォンでの農作物の生育監視を実現した。学校給食などの販売ルートも開拓した。駅前の空き家の活用策として、未利用の土間を改良したワーキングスペースの設置を地権者に提案し、了解を得た(年度内に着工予定)。これらの活動の基盤として、複数の地域の団体、都市企業、大学に働きかけを行い、横断的な連携を創出した。

## シン・土木広報 ～生成AIは偶像と成り得るか～

近年、土木分野における広報活動は、情報発信の対象が不明確である点や一方的な情報提供にとどまっている点、若年層へのアプローチが不足している点など、様々な課題を抱えている。本研究では、これらの課題に対応するため、生成系AIやウェブアプリケーション等のデジタル技術を活用した新たな土木広報のあり方を提案することを目的とした。

具体的には、AIアイドルキャラクターを活用した「トラフィック・エンジェルズ」プロジェクトを立案し、生成系AIを用いてキャラクターデザイン、ロゴ、静止画、楽曲、動画などのコンテンツを制作した。また、こども向けの土木広報ツールとして、生成系AIによる絵本の制作も行った。

その結果、生成系AIの活用により、従来の広報コンテンツ制作プロセスを大幅に効率化できること、また創造的な表現が可能となることを実証した。一方で、動画編集の完全自動化の困難さや、生成コンテンツの品質向上、倫理的配慮などの課題も明らかとなった。

これらの成果は、今後の土木分野における効果的な広報活動の実現に向けた基礎的知見として活用できるものと考えられる。

## インクルーシブデザインに配慮した設計手法(教育施設)確立の研究

近年、「インクルーシブ」に関する対応が注目を集めており、提案を求められることがあるが、日本全体でもインクルーシブな建築・空間の実績としては少ない状況にある。

本研究では、こうした課題を総合的に解決するため、「インクルーシブ」に対する理解を深めたのち、当事者からの課題抽出等を行い、インクルーシブな建築・空間の実現に向けて、プロセスも含めた設計手法を提案する。また「インクルーシブ」について正しい知識を社内外に発信し、インクルーシブな社会を実現する環境づくりにも貢献する。

# CTI 社内データと生成AIの連携システムの構築

高橋巧武<sup>1</sup>・安富達就<sup>1</sup>・原祐樹<sup>1</sup>・北川照晃<sup>1</sup>

<sup>1</sup>株式会社建設技術研究所 国土文化研究所ISP (〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5)

生成AIは世界中の様々な業界に影響を与え、多様なビジネス創出やDX等で活用されているが、IT・デジタルの知識や人材の不足、機密情報や個人情報等の漏洩等の課題から、生成AIの導入に躊躇する企業もある。CTI-Gの発展のためには、当社独自の情報を安全かつ有効に活用できるCTI版生成AIを開発し、利用促進による様々な効果早期発現が必要である。そこで本研究では、上記の課題を解決し、競争力、品質、生産効率、顧客満足度等に資することを目的に、社内の技術情報に対する知見をもつ生成AI開発とAIチャットボットの構築を実施した。さらに、これらを基にしたwebアプリを開発し、生成AIの利用促進や新規受注に貢献できた。

**Key Words :** generative AI, RAG, Fine-tuning, Azure, web application

## 1. はじめに

AIチャットサービスのChatGPT<sup>1)</sup>に代表されるように、生成AIは世界中の様々な業界に影響を与え、多様なビジネス創出やDX等で活用されている。一方で、IT・デジタルの知識や人材の不足、機密情報や個人情報等の漏洩、著作権侵害、情報の正確性等のリスクから、生成AIの導入に躊躇する企業もある。また、国内外の政府機関においても、生成AIの利用に関する議論が活発に実施されている<sup>2)</sup>。

当社では、CTI-G DX 戦略本部による技術情報全文検索システム (FTSS) の開発により社内情報データベース (DB) を対象とした運用が開始されているが、論文や業務報告書などは対象となっていない。

CTI-Gの発展のためには、現時点でFTSSの対象外となっている技術部門や管理系の情報、報告書DBなどの当社独自の情報を安全かつ有効に活用できるCTI版生成AIを開発し、利用促進による様々な効果 (競争力、品質、生産効率、顧客満足度等) の早期発現が必要である。

ChatGPTをはじめとする生成AIサービスは、オンライン上の膨大なデータ群を学習させたLLMをベースとして、質問に対する答えを生成している。そのため、利用上の一般的な課題として、機密情報および個人情報流出の可能性の他に、大量の情報源で訓練されたLLMは偏った学習となっている可能性、幅広い分野の質問に応答できるが専門性の高い領域に関する知見は限定的などが挙げられる。

インテリジェンスサービスプラットフォーム (ISP) では、ChatGPTを含めたLLM (大規模言語モデル) による言語の生成AI研究や、画像の生成AI研究を実施している。また、社内機密情報や個人情報等の漏洩リスクの観点から、Microsoft Azureの環境下でより安全性に配慮した研究開発を進めており、LLMの高度な利用方法や精度検証等の知見を得ている。

これらの背景を踏まえ、本研究では、技術部門の生産性向上を図るため、ISPを主体としたタスクフォースを設置し、技術提案書や業務報告書およびその概要版の素案生成を行うCTI版生成AIの研究開発を推進する。また、生成AIを安全に活用できるシステム環境を構築し、その成果を周知・共有することで社内普及を図る。さらに、当社の保有する技術情報 (技術提案書や報告書等) を効率的にDB化し、そのDBと連携させた生成AIシステムを開発する。

## 2. 関連研究および動向

### (1) 生成AIの基礎

OpenAIがChatGPTを提供したことにより、生成AIは近年急速に普及しており、これまでに様々な生成モデルが提案されている。生成モデルは主に、「確率的生成モデル」と「深層生成モデル」に分類される。

確率的生成モデルは、ベイズネットワーク<sup>3)</sup>やマルコフ連鎖<sup>4)</sup>を基盤とする古典的手法で、初期の生成AI研究の中心である。しかし、これらのモデルは計算資源や複

雑なデータ構造の処理に限界があった。

深層生成モデルは、深層学習の発展により、Variational Autoencoders (VAE)<sup>5)</sup>、Generative Adversarial Networks (GAN)<sup>6)</sup>、およびTransformerを活用したモデル<sup>7)</sup>が登場した。高品質な画像生成、自然言語生成、音声合成が実現可能となった。

これらの生成モデルの目標は、与えられたデータの確率分布を学習し、新しいデータを生成することである。GANは生成ネットワーク (Generator) と識別ネットワーク (Discriminator) の競合を通じてデータを生成し、VAEは潜在空間を学習することで新しいデータを確率的に生成する。

## (2) 当初の生成 AI 研究

生成 AI の研究は、1950 年代のルールベースのモデルに始まり、2000 年代に確率的生成モデルを中心に展開された。しかし、計算能力やアルゴリズムの制約により、初期の研究は実用性に乏しいものであった。

転機は 2014 年の Ian Goodfellow らによる GAN の提案である。GAN は、特に画像生成分野での応用が急速に進み、生成 AI 研究を飛躍的に発展させた。同時期に、WaveNet などのモデルも音声合成分野で高品質な生成を可能とし、生成 AI の実用性が大きく向上した。

## (3) 近年の生成 AI 研究

近年、生成 AI は深層学習技術との融合により飛躍的な進化を遂げた。特に注目すべき進展は以下の通りである。

- 大規模言語モデルの台頭  
Transformerに基づくGPTシリーズ (Generative Pre-trained Transformer) は、自然言語生成分野で飛躍的な進化をもたらし、文章生成、翻訳、チャットボットなど多様なタスクへの応用が可能となった。
- マルチモーダル生成モデル  
言語、画像、音声など複数のデータ形式を同時に生成できるマルチモーダルモデルが登場し、生成 AI の応用範囲がさらに広がった。
- 拡散モデル (Diffusion Models)<sup>8)</sup>  
確率的逆推定を用いた拡散モデルは、高精細な画像や音声生成において優れた性能を示しており、次世代生成モデルとして注目されている。

## (4) ドメイン知識の付与

生成 AI の実用化に向けた重要な技術として、Fine-tuning<sup>9)</sup>とRAG<sup>10)</sup>が挙げられる。

Fine-tuningは、事前学習されたLLMを特定のタスクやデータセットに適応させる手法である。少量のデータで特定分野の精度を高めることが可能で、医療や法務など

専門性の高い分野での活用が期待されている。

Retrieval-Augmented Generation (RAG) は、生成モデルに情報検索技術を統合することで、外部データベースからの情報を活用し、より正確で信頼性の高い生成を実現する。この手法は、引用元を明確にできることが利点である。

## 3. RAGおよびFine-tuningを用いた回答システムの提案

本研究では、Transformerをベースとした生成AIモデルを用いて、技術情報の回答が可能なシステムの開発を実施する。生成AIモデルは、Azure OpenAI サービス<sup>11)</sup>を利用したクラウドベースのLLM (Large Language Model) と、ローカル環境におけるLLMを組み合わせた手法を採用する。

### (1) RAG (Retrieval-Augmented Generation) の活用

本提案では、生成 AI モデルの基盤として RAG (Retrieval-Augmented Generation)を採用する。RAG は、ベクトルデータベースを利用して関連性の高い外部知識を検索し、LLM にその情報を動的に提供することで、応答の精度と関連性を向上させる手法である。具体的には、以下のプロセスを通じて RAG を構築する。

- 文書のベクトル化：技術文書を embedding model<sup>12), 13), 14)</sup>を用いて埋め込みベクトルに変換する。
- ベクトルデータベースの構築：ベクトルデータのインデックス化が可能なデータベースを活用し、高速な類似検索を実現する。
- 関連文書の検索：ユーザーのクエリを同様にベクトル化し、ベクトルデータベースを照会して関連文書を取得する。
- 生成モデルへの統合：取得した関連文書をプロンプトとして LLM に入力し、応答を生成する。

これにより、LLM 単独では取得できないドメイン固有の情報を回答に組み込むことが可能となり、特に技術分野における回答精度の向上が期待できる。

本研究では、汎用的なファイル構造に対応した RAG と、Fine-tuning と組み合わせた技術文章に特化型の RAG の 2 種類を構築した。

#### a) 汎用的な RAG

汎用的なデータに適用できる RAG の処理フローは、図-3.1.1 の通りである。PDF や word, markdown に対しては、階層構造に基づく文章分割を実施し、一連の文章として扱うべき情報として処理した。また、hybrid 検索<sup>15)</sup>を導入し、検索精度の高度化を図った。

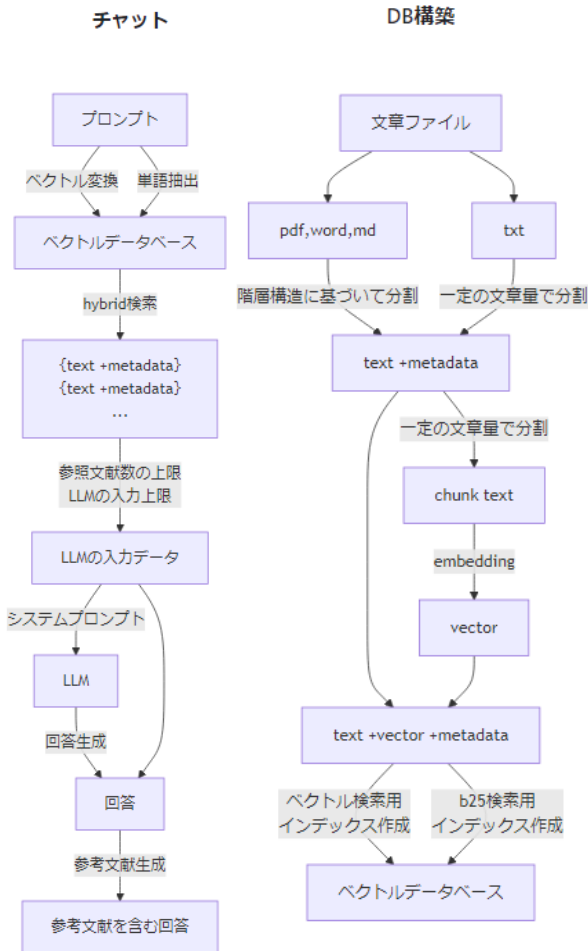


図-3.1.1 汎用的なRAGの処理フロー

### b) 技術情報に特化したRAG

技術情報に特化したRAGの構成は、図-3.1.2の通りである。Azure AI Search<sup>16)</sup>を用いたRAGの構築を実施した。これにより、Azure上のデータと高度な連携が可能となり、より複雑な検索が可能となった。さらに、RAG Fusionという手法を用いて、複数パターンの検索結果を収集することで、検索精度の向上を図った。

また、後述するFine-tuningモデルと組み合わせることにより、RAGで検索しきれなかった技術情報を補完することが可能である。

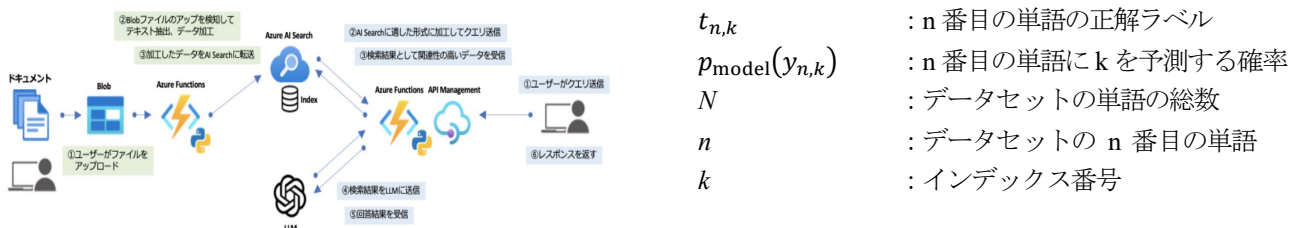


図-3.1.2 技術情報に特化したRAGの構成

### (2) Fine-tuning の実施

RAGによる情報検索に加え、生成AIモデルそのものを技術分野に特化させるため、Fine-tuningを行う。本研究では、以下の2種類のFine-tuning手法を用いる。

#### a) 継続事前学習<sup>17)</sup>

既存のLLMを技術文書に特化させるために、大量の技術文書を用いて継続事前学習を実施する。例えば、工学分野の論文やマニュアルをトークナイズし、生成モデルに追加学習させることで、ドメイン知識の基盤を強化する。この手法により、モデルは技術用語や特有の文体に精通することが可能となる。

#### b) インストラクションチューニング<sup>18)</sup>

モデルが技術的な質問に対して適切に回答できるようにするため、インストラクションチューニングを行う。この手法では、具体的な技術的質問とその回答例を学習データとしてモデルに与える。例えば、「河川の流量を計算する方法は？」という質問に対し、適切な手法や検討手順を回答する能力をモデルに付与する。

#### c) ローカルLLMへの適用

学習モデルはGoogleのGemma2<sup>19)</sup>を用いた。当初は、軽量のパラメータであるGemma2-2Bを用いたが、空白出力やハルシネーションが発生した。そのため、モデルをGemma2-9Bに変更し、学習パラメータを再調整した。変更内容は、表-3.2.1の通りである。この変更の結果、当初発生していたハルシネーションの発生が抑えられ、回答精度が向上した。

また、Fine-tuningを実施するにあたって、ドメイン領域を分けた場合と統合した場合の精度比較を実施した。比較には、河川分野と道路分野の技術文章を用いて、perplexity<sup>20)</sup>による学習結果の評価を実施した。perplexityは、モデルがテキストの確率分布をどれだけ適切に捉えているかを評価する指標であり、式(1)で算出される。

$$ppl = \exp\left(-\frac{1}{N} \sum_n \sum_k t_{n,k} \log p_{\text{model}}(y_{n,k})\right) \quad (1)$$

式(1)で用いる記号・用法を以下に定める。

#### 【記号・記法】

$ppl$	: perplexity を表す
$exp$	: 指数関数を表す
$log$	: 対数を表す
$t_{n,k}$	: n 番目の単語の正解ラベル
$p_{\text{model}}(y_{n,k})$	: n 番目の単語に k を予測する確率
$N$	: データセットの単語の総数
$n$	: データセットの n 番目の単語
$k$	: インデックス番号

評価の結果、いずれの分野においても分野を統合した学習モデルの方が高い評価を示した(表-3.2.2)。これは、

ドメインを統合することでデータ量が増加し、社内独自の表現を学習しやすくなったことが要因として考えられる。

本研究では、前述のモデルをベースとした継続的な学習が可能なシステムを構築した。これを用いて、今後当社で作成する技術情報の追加学習が可能である。

表-3.2.1 精度向上のための変更内容

	変更前	変更後
モデル	Gemma2-2B	Gemma2-9B
学習率	5e-5	1e-6
学習エポック数	3	1

表-3.2.2 精度向上のための変更内容

	評価 (河川分野)	評価 (道路分野)
河川分野を学習したモデル	624.5	1716.0
道路分野を学習したモデル	628.6	1698.9
分野を統合したモデル	598.8	1598.9

### (3) Fine-tuning モデルと RAG の組み合わせ

Fine-tuning モデルと RAG を組み合わせるにあたり、RAG を用いることによる回答精度の確認を、使用するモデルごとに確認した。精度評価は、LLM-as-a-Judge 手法を用いて実施した。この手法は、LLM が質問に対する回答の整合性を評価するものであり、今回は 5 点満点の評価を指示した。使用したモデルは、GPT-4o である。評価結果は、図-3.3.1 の通りである。評価結果をまとめると、以下の通りである。

#### a) RAG の利用効果

いずれのモデルにおいても、RAG を用いることにより精度が向上していることが確認できる。

#### b) 学習前後の比較

学習前後においては、RAG を用いた結果が同じスコアとなっている。これは、学習データとデータベース内のデータが同じであり、RAG による検索で十分網羅できていることが原因と考えられる。

#### c) GPT-4o による評価

GPT-4o の評価結果が Fine-tuning モデルを上回るスコアとなっていることについては、評価結果に自己推進バイアス（評価するモデルと同じモデルが生成した文章を好む傾向）が含まれる可能性がある。そのため、実際にどちらの結果が優れているかについては、技術者が実際に利用して確認する必要がある。

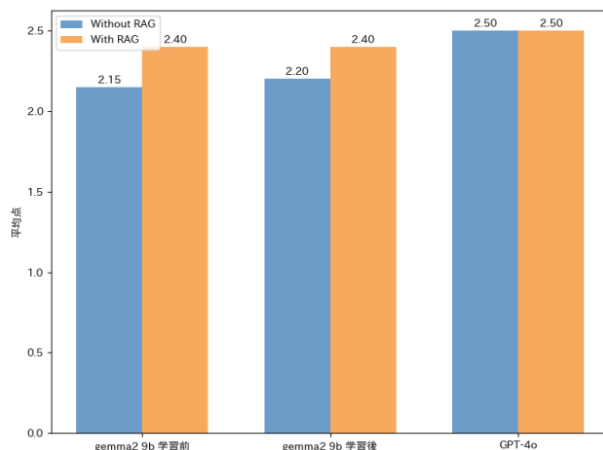


図-3.3.1 RAG の精度評価結果

### (4) 技術者の評価

RAG および Fine-tuning の評価は、一般的に前述したような定量的な指標で行われるが、これらの指標だけでは、実際の利用者の視点での実用性や使いやすさを十分に評価できない。特に技術分野では、以下の理由から定性的な評価が重要となる。

- 専門性の多様性  
技術者は異なる専門分野や実務経験を持っているため、生成される回答の適切性や有用性について異なる視点を持っている。この多様性を活用することで、システムの汎用性や幅広い応用可能性を評価できる。
- 文脈依存性  
技術的な質問や回答の適切性は、文脈に大きく依存する。技術者のフィードバックを通じて、モデルが文脈に応じた適切な回答を提供できているかを評価する。
- 実務適用性の確認  
実務における問題解決の助けとなるかどうかを評価するには、実際の利用者から直接フィードバックを得ることが最も信頼性が高い方法である。

そのため、本研究では、後述する現場の技術者が利用できる環境を準備し、フィードバックを基にした評価と機能向上を実施した。これについては、今後も継続して実施し、様々なニーズに応えられるようにアップデートする。

## 4. モデルの実用例

### (1) システムの構成概要

本研究では、社内データの機密性を保持するため、Azure を用いたネットワークインフラを構築し、バックエンドで RAG が動作する AI チャットボットを構築した。また、このシステムを web アプリとして配信し、社

内で利用できる環境を整備した。

図4.1.1 に全体構成図を示す。構築システムにおけるそれぞれの役割は、以下のとおりである。

#### a) Application Gateway

ユーザーがシステムにアクセスする場合に、最初に通過するゲートウェイである。ユーザーからのリクエストを受け取り、適切なサービスにルーティングする役割を担う。

#### b) フロントエンド

構築システムの UI を処理する。ユーザーが UI を操作することにより、API の情報を取得することができる。

#### c) バックエンド

ベクトルデータベース (ParadeDB) と接続した RAG が動作し、入力プロンプトに対する回答生成をする。

#### d) API 情報管理

Database(PostgreSQL)では、ユーザー情報や登録データなど、API で半永久的に管理するデータを保存する。

Redis は、キャッシュやセッション管理に使用されるインメモリデータベースであり、バックエンド処理の通知管理をする役割を担う。

#### e) API Management

各 API のエンドポイント管理やスケーリングをする機能をもつ。

#### f) API 処理

バックエンドとの連携や認証、管理機能などのデータ処理を実施する。

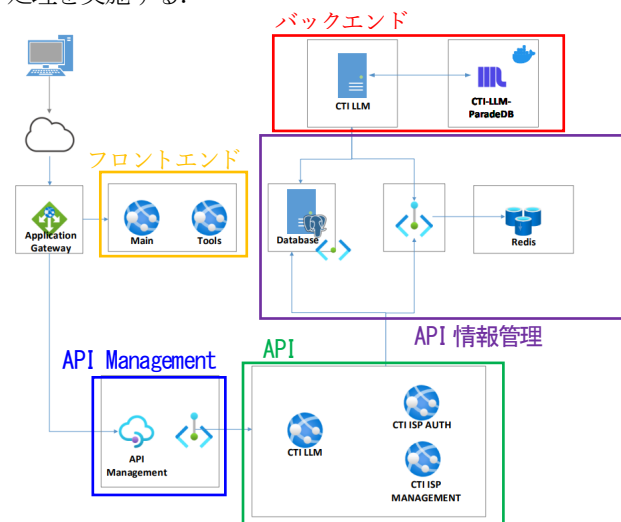


図4.1.1 システム構成図

### (2) web アプリの機能

web アプリでは、以下の機能を実装し、ユーザーが AI チャットボットを操作できるフロントエンドを構築した。

#### a) ファイルアップロード

ユーザーが参照したいファイルをアップロードする機能である。アップロードされたファイルは、バックエ

ンドに送信され、ベクトルデータベースが作成される仕組みとなっている。また、各ユーザーが管理フォルダを作成し、目的に応じたファイル管理をすることができる。

#### b) AI チャットボット

図4.2.1 のような入力画面から、AI チャットを実施することができる。「参照フォルダ」には、管理フォルダの一覧が表示され、参照したいフォルダを選択することができる。「AI モデル」には、利用可能なモデルの一覧が表示される。これらの条件を入力し、下段のチャットスペースに質問を入力することで、バックエンドで回答が生成される仕組みである。

生成された回答は、図4.2.2 のように表示される。回答に加えて参考文章ファイルを表示している。また、参考ファイルをダウンロードして確認することが可能である。



図4.2.1 チャット入力画面



図4.2.2 チャットの応答

## 5. まとめ

本研究では、Fine-tuning および RAG を適用することにより、CTI 版生成 AI の研究開発を実施した。

得られた主要な成果は、以下のとおりである。

- 社内の技術情報に対する知見をもつ生成 AI の開発
- 社内文章を基に回答する AI チャットボットの構築
- a), b)を基にした web アプリを開発

a)については、今後当社で作成される技術文章を継続的に学習できるシステムを構築した。また、上記の web アプリを社内展開することにより、生成 AI の利用促進

や新規受注に貢献できた。

今後の展望として、本研究で開発したシステムは、データベースの検索精度が重要となる。そのため、グラフデータベースなどを用いた検索精度の高度化が課題となる。生成 AI の回答能力については、近年活発に研究されている AI エージェントを導入することにより、さらに高度なシステムになることが期待される。

#### 参考文献

- 1) ChatGPT : OpenAI, <https://openai.com/>
- 2) 総務省 : 令和 5 年版 情報通信白書 第 1 部 第 3 章 第 1 節 3 (2)生成 AI を巡る議論
- 3) Pearl, J. (1985) Bayesian Networks: A Model of Self-Activated Memory for Evidential Reasoning (UCLA Technical Report CSD-850017). Proceedings of the Seventh Annual Conference of the Cognitive Science Society, Irvine, 15-17 April 1985, 329-334.
- 4) Norris, J. R. (1997). Markov Chains. Cambridge University Press.
- 5) Diederik P Kingma, Max Welling : Auto-Encoding Variational Bayes, arXiv:1312.6114, [v11] Sat, 10 Dec 2022
- 6) Ian J. Goodfellow, Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David Warde-Farley, Sherjil Ozair, Aaron Courville, Yoshua Bengio : Generative Adversarial Networks, arXiv:1406.2661, [v1] Tue, 10 Jun 2014
- 7) Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Lukasz Kaiser, Illia Polosukhin : Attention Is All You Need, arXiv:1706.03762, [v7] Wed, 2 Aug 2023
- 8) Jonathan Ho, Ajay Jain, Pieter Abbeel : Denoising Diffusion Probabilistic Models, arXiv:2006.11239, [v2] Wed, 16 Dec 2020
- 9) M. V. Koroteev : BERT: A Review of Applications in Natural Language Processing and Understanding, arXiv:2103.11943, [v1] Mon, 22 Mar 2021
- 10) Patrick Lewis, Ethan Perez, Aleksandra Piktus, Fabio Petroni, Vladimir Karpukhin, Naman Goyal, Heinrich Küttler, Mike Lewis, Wen-tau Yih, Tim Rocktäschel, Sebastian Riedel, Douwe Kiela : Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks, arXiv:2005.11401, [v4] Mon, 12 Apr 2021
- 11) Azure OpenAI Service : Microsoft, <https://azure.microsoft.com/ja-jp/products/ai-services/openai-service>
- 12) Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova : BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, arXiv:1810.04805, [v2] Fri, 24 May 2019
- 13) Brenden M. Lake, Tal Linzen, Marco Baroni : Human few-shot learning of compositional instructions, arXiv:1901.04587, [v2] Sat, 11 May 2019
- 14) Liang Wang, Nan Yang, Xiaolong Huang, Linjun Yang, Rangan Majumder, Furu Wei : Multilingual E5 Text Embeddings: A Technical Report, arXiv:2402.05672, [v1] Thu, 8 Feb 2024
- 15) Hybrid search using vectors and full text in Azure AI Search : Microsoft, <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/search/hybrid-search-overview>
- 16) Azure AI Search : Microsoft, <https://azure.microsoft.com/ja-jp/products/ai-services/ai-search>
- 17) A. Ferreri, V. Ansari, B. Brecht, C. Silberhom, P. R. Sharapova : Spatial entanglement and state engineering via four-photon Hong-Ou-Mandel interference, arXiv:2007.10056, [v1] Mon, 20 Jul 2020
- 18) Takeshi Kojima, Shixiang Shane Gu, Machel Reid, Yutaka Matsuo, Yusuke Iwasawa : Large Language Models are Zero-Shot Reasoners, arXiv:2205.11916, [v4] Sun, 29 Jan 2023
- 19) Gemma 2: Improving Open Language Models at a Practical Size : Gemma Team, arXiv:2408.00118, [v3] Wed, 2 Oct 2024
- 20) Investigating Efficacy of Perplexity in Detecting LLM-Generated Code : Jinwei Xu, He Zhang, Yanjin Yang, Zeru Cheng, Jun Lyu, Bohan Liu, Xin Zhou, Lanxin Yang, Alberto Bacchelli, Yin Kia Chiam, Thiam Kian Chiew, arXiv:2412.1652, [v1] Sat, 21 Dec 2024

## DEVELOPMENT OF A SYSTEM LINKAGE CTI CORPORATE DATA WITH GENERATIVE AI

Yoshitake TAKAHASHI, Tatsunari YASUTOMI, Yuki HARA  
and Teruaki KITAGAWA

Generative AI is impacting various industries worldwide and is being utilized for diverse business creation and digital transformation. However, some companies hesitate to introduce generative AI due to problems such as a lack of IT and digital knowledge and human resources, concerns about the leakage of confidential information and personal information. For the development of CTI-G, Early expression of various effects is necessary to develop a CTI edition of generative AI can safely and effectively utilize CTI corporate information, and to promote the use of this system. In this study, to solve the previously mentioned problems and contribute to competitiveness, quality, production efficiency, and customer satisfaction, we developed generative AI with knowledge of CTI technical information and constructed an AI chatbot. Furthermore, we developed a web application based on these to promote the use of generative AI and contribute to new orders.

# 設計業務のミス自動検出システム構築

平松佑一<sup>1</sup>・西牟田裕介<sup>1</sup>  
吉田太輝<sup>2</sup>・宇都宮優喬<sup>1</sup>・北川照晃<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 株式会社建設技術研究所 国土文化研究所 ISP (〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5)

<sup>2</sup> 株式会社建設技術研究所 国土文化研究所 ISG (〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5)

構造物設計業務におけるミス防止は社内的な喫緊課題である。ミスの大半は図面の不整合などの照査不足が要因となっているが、人による網羅的なエラーチェックは多大な時間を要するとともに、人為的なミス（照査漏れ）が生じる可能性を秘めている。そこで、設計成果である「設計図面」、「設計計算書」、「数量計算書」間の不整合を自動検出するシステムの開発を行う。自動化によって設計照査や修正作業に要する時間・原価を削減し、網羅的なエラーチェックによって品質確保、エラー・クレーム防止に貢献する。また、開発したミス自動検知システムは、WEBアプリケーションにより社内に水平展開することで関連部室における品質確保及び生産性向上を図る。

**Key Words :** *automated inspection, design drawings, quality assurance, web application*

## 1. はじめに

国土交通省では、品確法に基づいた設計成果の品質確保に向け、業務環境の改善や入札方式等改善の取り組みが進められている。その中で受注者においては、確実な照査履行のため、「詳細設計照査要領」に基づいたチェックや、設計図・設計計算書・数量計算書等について整合を確認するための「赤黄チェック」を実施している。その成果によって設計ミスは年々減少しているものの、「設計成果の品質確保」（調査・設計等分野における品質確保に関する懇談会、平成29年8月8日）によると、平成28年度の三者会議等において施工着手前に修正箇所があった設計成果は33.7%となっており、依然としてエラーの撲滅には至っていない状況である。修正箇所のうち、図面と計算書の不整合などの「図面の修正」が49%と最も多く照査時のチェック不足がエラーの主要因となっており、その解消が大きな課題である。また、労働人口の減少に伴う技術者不足が加速する建設業界において、限られた人的コスト実現できる効率的な照査システム（効率化）、先端技術を活用した確実な品質確保（高度化・高精度化）の実現が急務である。

当社における構造物設計では、上記の「詳細設計照査要領」、「赤黄チェック」による照査に加えて、ベテラン技術者や同種業務実績者の意見を聞くSRを実施しているが、照査不足に起因したミスが毎年多発している現状である。61期の年間のクレーム件数は13件と60期

の12件を上回るなど発注者からの信用失墜、社員の修補作業による負担増加が深刻な問題となっている。

これらの背景を踏まえ、これまで人の判断に頼っていた照査行為の自動化を実現し、設計成果品の品質向上を目指すシステム開発を実施する。照査のシステム化は、照査行為のヒューマンエラーの防止、照査時間の縮減、人による照査の高度化に貢献できると考えられる。照査の対象は、「橋梁」と「河川構造物」とし、設計業務の主な成果品である図面・設計計算書・数量計算書の整合確認を自動化するシステムを構築する。「橋梁」では、設計計算ソフトである Forum8 と JT-KOHKA の出力である設計計算書間の整合確認を自動で行うシステムの開発を行う。また、業務で対象となる頻度の高い下部構造に着目し、構造図・配筋図、設計計算書、数量計算書に記載されている構造寸法や配筋諸元などの整合確認を行うシステムの開発を行う。「河川構造物」では、樋門を対象に配筋諸元の整合確認を行う。また、築堤護岸を対象に、河川堤防の平面図・縦断図・横断図の整合確認や、平面図の座標線形図との整合確認を行う機能の開発を行う。

本論文の構成は、2章で他社における動向をレビューした上で本研究の位置づけについて述べ、3章で照査システムの概要について述べる。4章では橋梁と河川構造物の樋門を対象とした照査システムについて述べ、5章では河川構造物の築堤護岸を対象とした照査システムについて述べる。6章では、社内の設計関連部室への水平

展開のために開発したWEBアプリケーションの概要について述べる。

## 2. 関連研究および動向と本研究の位置づけ

### (1) 他社における動向

八千代エンジニアリング株式会社は、道路設計用「設計照査ソフトウェア」を開発している。BIM/CIMモデルから得られる情報を活用して設計計算書などとの整合性を確認するもので、照査を自動で実施できるシステムである。道路設計を対象にしているが、対象は3次元モデルであるため、2次元図面は対象外となっている。

東芝デジタルソリューションズ株式会社は「設計図書整合性チェックシステム」を開発している。設計図面から工種名称、規格、数量の拾い上げ、数量総括表との対比、整合性チェック、正誤表の出力を自動化するシステムである。設計図面上で不整合項目にチェックを入れることで「赤黄チェック」の一部を再現する機能を有している。名称が一致（部分一致も含む）している項目の整合確認機能に限定されているため、鉄筋数量やコンクリートボリューム等の数量計算を伴う数量の整合チェック機能は有していない。また、橋梁設計図面の頻出名称を対象としており、河川構造物をはじめ工種項目を網羅していない現状である。

### (2) 本研究の位置づけ

上記のように、他社においても照査システムの開発が進められているものの、限定的な機能に制限されているなど2次元設計図面の自動照査システムは運用可能なレベルには至っていない状況と想定される。

本研究では、2次元設計図面の成果品を対象に、橋梁や河川構造物を設計する上で、一般的かつ重要な要素である構造物の形状寸法および配筋情報の整合性を自動で確認するシステムの開発を行う。また、別途開発している3次元設計システムとの連動も見据えた形式で構造物の形状寸法や配筋諸元を抽出することで、将来の3次元モデル作成などへのニーズに対応できるものとした。

## 3. 自動照査システムの概要

### (1) システムの概要

自動照査システムには、設計図面のDXFファイル、設計計算書のPDFファイルをアップロードする。成果品の図面ファイルの形式は、業務ごとに異なりP21ファイル、SFCファイル、DWGファイルなどがあるため、それらを標準的な形式であるDXFファイルに一括変換するプログラムを開発し、システム上でダウンロードできる仕様とした。図面や計算書などのアップロードが完了すると、各ファイルから照査項目に該当する数値や文字情報が自動的に抽出され、抽出されたデータが照査表として整理される。システム使用者は照査表をダウンロードするだけで、不整合箇所の確認が行える。また、計算書やPDFファイルに変換した図面の抽出箇所にマーキングを行い、従来の赤黄チェックのような出力を行う機能を付けることで根拠資料の作成も可能にした。自動照査システムを構築する前提として、各ファイルからデータを抽出する機能、DXFファイルデータを編集する機能などを開発し、これらの機能を組み合わせて、「橋梁」と「河川構造物」の自動照査システムを構築した。なお、DXFファイルの取り扱いにはPythonのezdxf<sup>1)</sup>ライブラリを利用した。

### (2) セグメンテーション機能

1枚の設計図面内には、図-1に示すように複数の図や表が記載されている。そこで、DXFファイル内の図と表を認識し、それぞれを個別のファイルに保存することで、抽出に必要なデータのみを取得できるよう処理を施している。この一連の過程のことを「セグメンテーション」と定義する。セグメンテーションの基本プロセスは、まず与えられたDXFファイルから線分エンティティを抽出し、グラフ $G=(V, E)$ に変換を行う。Vはノード集合（ノード；nodes；頂点に相当）、Eはエッジ集合（エッジ；edges；辺に相当）を示す。次に線分の中点をノード（頂点）に変換し、交差する線分のノード間にエッジ（辺）を設定することで、それぞれの図面と

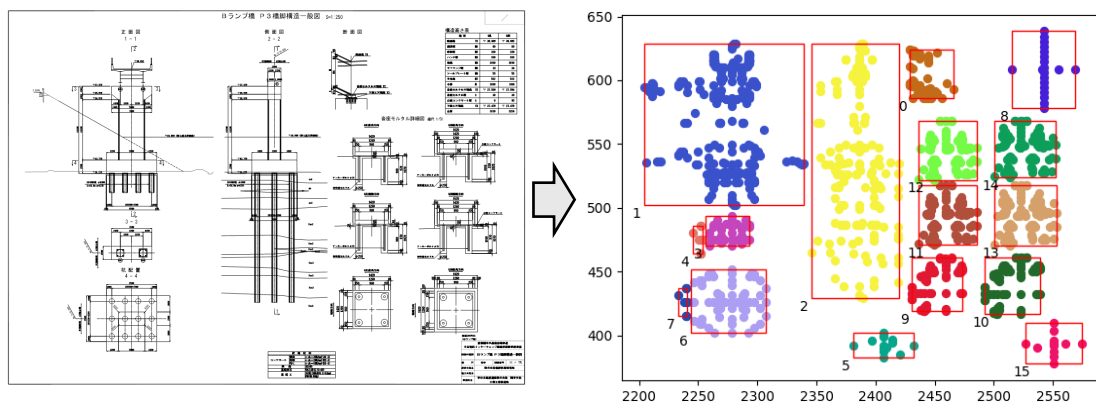


図-1 セグメンテーション例（左：橋脚構造図 右：左図面中の各図・表ごとに区分）

表は連結グラフになる。連結グラフはグラフ理論における古典的な問題であり、Python のグラフライブラリ NetworkX<sup>2)</sup>で容易に処理を行える。この基本プロセスにより、概ねひとまとまりの図あるいは表に分割した。さらに ezdx<sup>3)</sup>では各エンティティのバウンディングボックスを取得できる。表の場合は表の外枠がバウンディングボックスと一致するため、その特徴を利用して図か表かの判別を行った。なお、図面に所属しているが接続していないエンティティなどについては、別途個別の処理を行いセグメンテーションを行った。

#### 4. 橋梁、樋門の自動照査システム

##### (1) 橋梁および樋門の自動照査システムの概要

橋梁および樋門の自動照査システムは、詳細設計業務の図面、設計計算書、数量計算書の整合確認を行う機能を開発する。詳細設計業務では、数十枚〜数百枚の成果図面を作成するほか、数百枚〜数千枚となる設計計算書も作成する。担当技術者や専門照査者は、検討段階や成果品作成段階等において、適宜、図面や計算書の整合確認を行うことになるが、これらの作業は時間的コストが大きい。照査の人的労力に鑑みて、以下の4つのシステム開発を実施した。ただし、樋門についてはこれらのうち、「配筋図の配筋諸元チェックシステム」のみの実装とし、その他の機能については今後の研究開発で実装する予定である。

- ・構造設計計算書間のチェックシステム
- ・構造物の形状寸法チェックシステム
- ・配筋図の配筋諸元チェックシステム
- ・図面-設計計算書間のチェックシステム

橋梁および樋門の自動照査システムの構成を図-2に示す。

##### (2) 構造設計計算書間のチェックシステム

設計計算書間の整合チェックの対象は、静的解析計算書と動的解析計算書とする。静的解析計算書は、株式会社フォーラムエイトの「橋脚の設計・3D配筋(部分係数

法・H29道示対応)」、動的解析計算書は、JIPテクノサイエンス株式会社の「JT-KOHKA 連続高架橋の耐震設計支援プログラム」を対象とした。双方の設計計算ソフトウェアからの出力であるPDFファイル形式の設計計算書を照査システムにアップロードすると、構造寸法や配筋諸元、基礎ばね等の値が自動的に抽出される。抽出されたデータは照査表と呼ばれるexcelファイルに記入され不整合がある場合は色付き文字等でマーキングされる。システム使用者は照査表を適宜ダウンロードすることで、双方の不整合箇所を一目で確認できる。本システムにより作成した照査表の例を表-1に示す。また、照査表に記入された値の抽出箇所をPDFファイルにマーキングする仕様とした(図-3)。

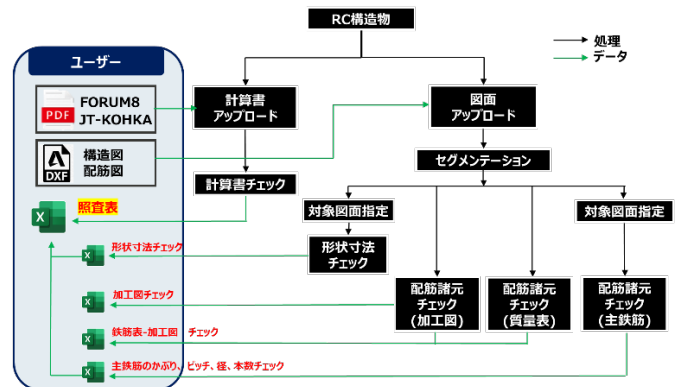


図-2 橋梁および樋門の自動照査システムの構成

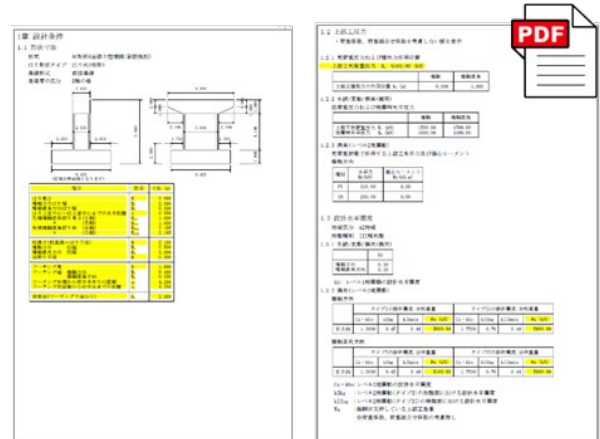


図-3 抽出箇所のマーキング例

表-1 設計計算書間の整合チェックの出力例 (基礎ばね値比較 赤色セルが相違箇所)

照査項目 照査対象	静的解析と動的解析の基礎ばね比較										
	FORUM8					JT-KOHKA					
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	
E0無し	橋脚-Ass	水平	2.734E+05	2.858E+05	2.734E+05	2.858E+05	2.734E+05	2.734E+05	2.858E+05	2.734E+05	2.858E+05
	橋脚-Arr	回転	1.774E+06	3.271E+07	1.774E+06	3.271E+07	1.774E+06	1.774E+06	3.271E+07	1.774E+06	3.271E+07
	橋脚-Avv	鉛直	1.107E+06	4.380E+06	1.107E+06	4.380E+06	1.107E+06	1.107E+06	4.380E+06	1.107E+06	4.380E+06
	橋脚-Asr	水平-回転	-3.957E+05	-9.829E+05	-3.957E+05	-9.829E+05	-3.957E+05	-3.957E+05	-9.829E+05	-3.957E+05	-9.829E+05
	橋脚-Avs	鉛直-水平	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	橋脚-Avr	鉛直-回転	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	橋脚-Ass	水平	2.734E+05	2.858E+05	2.734E+05	2.858E+05	2.734E+05	2.734E+05	2.858E+05	2.734E+05	2.858E+05
	橋脚-Arr	回転	6.336E+06	3.271E+07	6.336E+06	3.271E+07	6.336E+06	6.336E+06	3.271E+07	6.336E+06	3.271E+07
	ねじり										
	橋脚-Asr	水平-回転	-3.957E+05	-9.829E+05	-3.957E+05	-9.829E+05	-3.957E+05	-3.957E+05	-9.829E+05	-3.957E+05	-9.829E+05
橋脚-Avs	鉛直-水平	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	
橋脚-Avr	鉛直-回転	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	
固有周期算出用	橋脚-Ass	水平	1.414E+06	1.008E+06	1.414E+06	1.008E+06	1.414E+06	1.414E+06	1.008E+06	1.414E+06	1.008E+06
	橋脚-Arr	回転	2.820E+06	4.141E+07	2.820E+06	4.141E+07	2.820E+06	2.820E+06	4.141E+07	2.820E+06	4.141E+07
	橋脚-Avv	鉛直	1.523E+06	5.332E+06	1.523E+06	5.332E+06	1.523E+06	1.523E+06	5.332E+06	1.523E+06	5.332E+06
	橋脚-Asr	水平-回転	-1.178E+06	-2.185E+06	-1.178E+06	-2.185E+06	-1.178E+06	-1.178E+06	-2.185E+06	-1.178E+06	-2.185E+06
	橋脚-Avs	鉛直-水平	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	橋脚-Avr	鉛直-回転	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	橋脚-Ass	水平	1.414E+06	1.008E+06	1.414E+06	1.008E+06	1.414E+06	1.414E+06	1.008E+06	1.414E+06	1.008E+06
	橋脚-Arr	回転	9.095E+06	4.141E+07	9.095E+06	4.141E+07	9.095E+06	9.095E+06	4.141E+07	9.095E+06	4.141E+07
	ねじり										
	橋脚-Asr	水平-回転	-1.178E+06	-2.185E+06	-1.178E+06	-2.185E+06	-1.178E+06	-1.178E+06	-2.185E+06	-1.178E+06	-2.185E+06
橋脚-Avs	鉛直-水平	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	
橋脚-Avr	鉛直-回転	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	

### (3) 形状寸法チェックシステム

構造図および配筋図内の正面・側面・平面図の寸法値の整合確認を行うシステムである。セグメンテーションされた各図の中から、正面・側面・平面図を選択することで、各図に記載されている寸法を自動的に抽出する(図-4)。抽出項目は、Forum8 から出力される設計計算書の項目と統一することで、後工程の図面-設計計算書の整合性確認ができるようにした。

### (4) 配筋図の配筋諸元チェックシステム

配筋図内の鉄筋加工図の線分長と文字情報の整合性を確認する(図-5)。鉄筋加工図に記載されているタイトルの長さ(Title)と寸法線の長さ(DIM)と線分長(WCS)の差が10mm以内であれば整合しているとし、Status列が「GOOD」となる。一方、10mm以上の差があればStatus列が「NG」となるため、システム使用者は該当する鉄筋番号の鉄筋加工図のみチェックすればよい。

また、配筋図内の鉄筋質量表と鉄筋加工図に記載されている鉄筋径、本数、長さの整合確認を行う機能も付与している。整合箇所が「GOOD」となり、不整合箇所が「NG」となるため、システム使用者は該当する鉄筋番号のみ確認すればよい(図-6)。

さらに、橋脚下部工の梁、柱、フーチングの主鉄筋のかぶり、ピッチ、径、本数を抽出する機能も搭載した。形状寸法チェック時と同様に対象となる断面を使用者が指定することで、上記の情報が自動抽出できる。

### (5) 図面と設計計算書の整合チェック

図面と設計計算書の整合チェックは、それぞれから自動抽出した形状寸法や配筋情報を照査表に集約することで行う仕様とした。また、今後は別途実施している3次元設計支援システムを活用した照査機能を開発する予定である。設計計算書から抽出した構造形状や、配筋情報を3次元CADソフトに入力することで、3次元構造モデルから2次元図面を自動作成する。自動作成した図面と、従来通り作成した図面とを重ね合わせることで、図面と計算書の整合確認を行う(図-7)。

### (6) 数量計算書との整合チェック

配筋図の配筋諸元チェックシステムにおいて、配筋図内の鉄筋質量表が抽出・出力される。これにより、数量計算書における鉄筋数量との整合性確認が可能である。表形式のデータエクセルが自動出力されることで数量計算書との突合作業の省力化が可能となる。

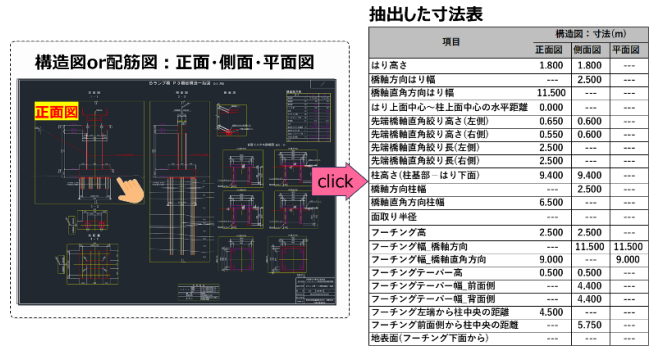
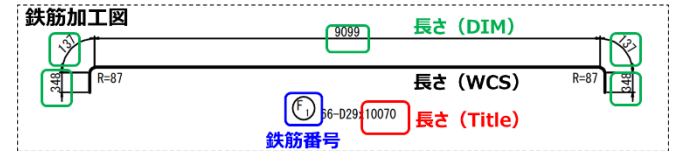


図-4 形状寸法の抽出のイメージ

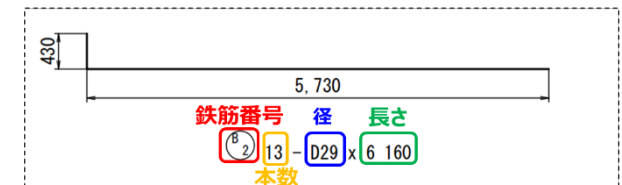


加工図照査表

	Component	Title	WCS	Dim	Status
0	F01	2530	2523.345	2523	GOOD
1	F10	9760	9846	9561	NG
2	F9	10260	10346	10061	NG
3	F8	10450	10447.59	10448	GOOD
4	F6	9000	8999.796	9000	GOOD
5	F7	5100	5091.796	5092	GOOD
6	F5	10470	10462.62	10463	GOOD
7	F4	10030	10026.87	10027	GOOD
8	F2	9000	8999.934	9000	GOOD
9	F3	4460	4458.934	4459	GOOD
10	F1	10070	10068.32	10069	GOOD

図-5 鉄筋加工図の整合性確認

### 鉄筋加工図



### 鉄筋質量表

B	径	長さ	本数	径	長さ	本数	径一致	長さ一致	本数一致
1	D29	10 500	13	5.04	52.92	688	---	---	---
2	"	6 160	13	"	31.05	404	---	---	---
3	"	8 500	6	"	42.84	257	---	---	---

鉄筋番号 径 長さ 本数

番号	鉄筋質量表			鉄筋加工図			径一致	長さ一致	本数一致
	径	長さ	本数	径	長さ	本数			
C1	D29	9530	48	D29	9530	48	GOOD	GOOD	GOOD
C2	D16	7110	96	D16	7110	96	GOOD	GOOD	GOOD
C3	D16	3470	78	D16	3470	78	GOOD	GOOD	GOOD
C4	D16	1320	468	D16	1320	468	GOOD	GOOD	GOOD
F1	D16	5400	27	D16	5400	27	GOOD	GOOD	GOOD
F2	D16	2880	27	D16	2880	27	GOOD	GOOD	GOOD
F3	D16	9270	11	D16	9270	11	GOOD	GOOD	GOOD
H1	D16	2570	16	D16	3000	16	GOOD	NG	GOOD
H2	D16	2100	24	D16	2500	24	GOOD	NG	GOOD
H3	D16	4810	4	D16	4810	4	GOOD	GOOD	GOOD

図-6 鉄筋質量表と鉄筋加工図の整合性確認

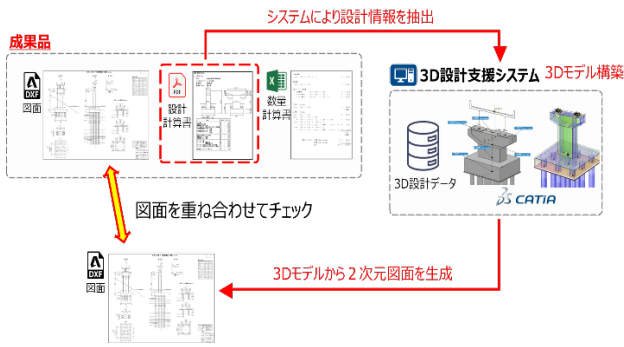


図-7 3DCAD を用いた図面と設計計算書のチェック

## 5. 築堤護岸の自動照査システム

### (1) 築堤護岸の自動照査システム

河川構造物は RC 構造物である樋門を対象構造物とした。これに加えて、受注件数が多く、チェック項目が多岐にわたる築堤護岸詳細設計業務についても自動照査システムの対象業務として追加実施した。なお、本システムは Web アプリへの追加は行わず、システム構築のみ実施した。本システムの Web アプリ化は今後の課題とする。線状構造物である河川堤防の設計では、検討した堤防構造の連続区間・計画高に基づき平面図・縦断面図・横断面図及び構造図等の各種設計図面を作成している。専門照査者にとって、これら図面間の整合確認作業は時間的コストが大きい。過去のエラー事例等を踏まえて、築堤護岸詳細設計業務には、以下の3つの機能開発を実施する。

- ・線形図のエラーチェック
- ・縦断面図のエラーチェック
- ・平面-縦断-横断の整合チェック

### (2) 線形図のエラーチェック

測量法線および設計法線の座標値が、線形平面図および平面図上に正確に描画されているかを確認する機能である。線形図面上に記載されている線形座標値の一覧表を自動抽出し、抽出した座標値から線形平面図の上から自動描画する。CAD で既に作成されている線形図と自動描画された線形図が一致すれば、平面線形図と座標値の整合が図れていると判断する。図-8 に自動描画された出力結果の例を示す。赤線でプロットしたラインが読み取った座標値から自動描画された線形図である。既に描画されている黄色の線形図と一致していることから、整合していることが視覚的に確認できる。

本機能の出力結果は、以下の3つである。

- ① 測点座標から追加描画した線形平面図
- ② 測点座標から追加描画した平面図
- ③ 各測点における線形図と平面図の座標値エクセル

### (3) 縦断面図のエラーチェック

縦断面図に記載される各測点の単・追加距離および計

画高に誤りがないかを確認する機能である。測点位置及び直線、曲線などの線形諸元から、各測点の単・累加距離を算定する。さらに縦断面図に記載されている縦断諸元から計画高などの標高を算定し、縦断面図に記載されている数値と突合する。表-2 に単距離整合性チェックの出力結果例を示す。縦断面図に記載されている単距離の数値と計算結果の整合している箇所が「GOOD」となり、不整合箇所が「NG」となる。

本機能の出力結果は、以下の2つである。

- ① 単・追加距離のエラーチェックエクセル
- ② 計画標高のエラーチェックエクセル

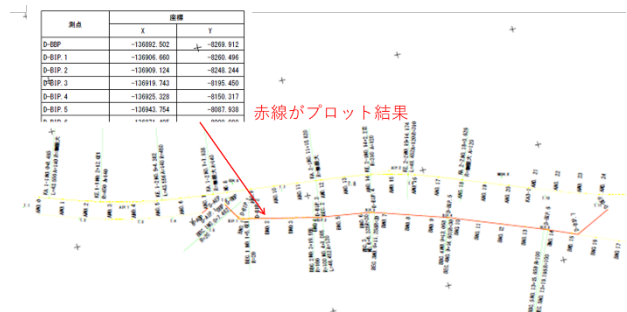


図-8 線形図のエラーチェックの出力例

表-2 縦断面図のエラーチェックの出力例

測点	追加距離 縦断面図	(A)単距離 縦断面図	(B)単距離 計算結果	(A)(B) 照合結果
MBP	0			対象外
MBC.1	8.402	8.40	8.40	GOOD
MEC.1	19.589	11.19	11.19	GOOD
MNO.1	20	0.41	0.41	GOOD
MNO.2	40	20.00	20.00	GOOD
MNO.2+2.260	42.26	2.26	2.26	GOOD
MNO.3	60	17.74	17.74	GOOD

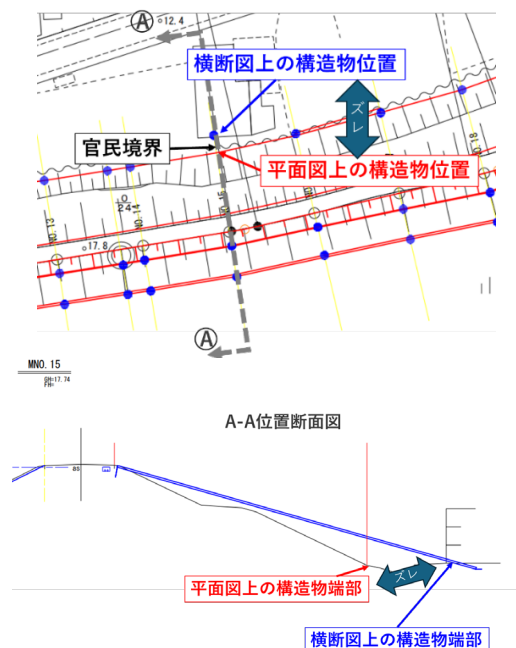


図-9 平面-縦断-横断の整合チェックの出力例

#### (4) 平面-縦断-横断の整合チェック

図面間の整合性チェック機能である。縦断図に記載されている各測点の計画標高と、横断図に描画されている標高の線分位置の整合性を確認する標高整合性確認機能、横断図に描画されている構造物の横断位置と、平面図に描画されている構造物の位置の整合性を確認する構造物設置位置整合性確認機能を有する。両者に不整合がある場合、位置のズレが図面上で確認できるような出力結果とする。図-9に平面図、横断図上に追加描画した出力結果（不整合が生じている場合のイメージ図）を示した。図中の青色の丸印が横断図上の構造物位置、赤色の線分が平面図上の構造物位置である。図中のA-A断面位置の堤内側構造物の設置位置に不整合がある。青色の丸は平面図より堤内側にずれており、官民境界を侵していないか確認する必要がある。

本機能の出力結果は、以下の3つである。

- ① 縦断図と横断図の標高整合チェックエクセル
- ② 横断図構造物位置から追加描画した平面図
- ③ 平面図構造物位置から追加描画した横断図

## 6. WEB アプリケーションの開発

### (1) WEB アプリケーションの概要

先述した自動照査システムを Web ブラウザから利用可能なアプリケーションを開発する。Web アプリケーションは、当社で推奨されている Microsoft Azure のサービスを用いて社内開発する。これにより、バックエンドシステムの更新の共有が容易となるほか、ユーザーが環境構築する必要が無いため、社内展開が図りやすいシステム構築を目指した。

### (2) システム構成

Microsoft Azure の関連サービスを使用し、図-10 に示す構成でシステムを開発した。フロントエンドおよび API の認証においては、EntraID を用いた認証を実装しており、当社の Microsoft アカウントを保持しているユーザーのみサービスを利用できる仕組みとしている。

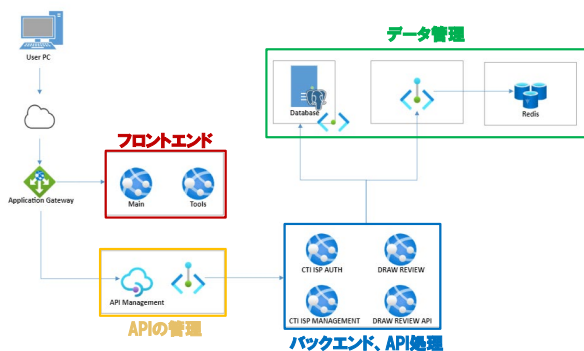


図-10 機器構成図 (一部)

### (3) フロントエンド画面の作成

フロントエンドは、図-10 のとおり、Azure App Service を用いてネットワーク上に公開する。近年、アプリ開発実績が多い React および TypeScript を用いてユーザーインターフェースを開発した。

図面照査システムの Top ページを図-11 に示す。ユーザーが Top ページにて照査項目を選択した後の大まかな流れは以下のとおりである。

【設計計算書間の整合性チェックを選択】

- ・ 図-12 の画面にて、ユーザーが FORUM8 および JT-KOHKA の設計計算書をアップロード（後者は橋梁の場合のみ）

- ・ アップロードされた計算書に対して、照査を実施

- ・ 図-13 の画面にてユーザーが照査結果をダウンロード

【図面の照査 (RC) を選択】

- ・ dwg-dxf の変換ツールのダウンロード

- ・ 図面のアップロード

- ・ 対象構造物の選択

- ・ 照査項目の選択（形状チェック or 鉄筋チェック）

- ・ 図-14 の画面にて対象図面の選択

- ・ 照査の実施・照査結果のダウンロード



図-11 図面照査システム Top ページ



図-12 設計計算書のアップロード



図-13 照査結果のダウンロード



図-14 対象図面の選択画面

#### (4) API 処理

先述したとおり、本システムのバックエンド部分は、Python を用いてプログラムを開発している。これらの背景を踏まえ、API 処理は、Python の Web フレームワークであり、リクエスト処理が高速な FastAPI を採用した。FastAPI を通じて、データベースや Azure App Service 等と連携している。

### 7. 社内への水平展開

本研究は、詳細設計業務の照査を行っている専門照査者からの意見を収集することで、現場ニーズを踏まえた効率化につながるシステム開発を実施した。研究の進捗報告や意見・要望収集のため、専門照査者を含む部門のコアメンバーに対して全3回の定例会議を実施した。

本システムの Web アプリは以下の工程でリリースした。

- ・2024/11/19 (先行版リリース)
- ・2024/12/24 (最終版リリース)

先行版リリースは構造設計計算書間の整合チェックのみの機能限定版であり、最終版ですべての機能を搭載した。なお、築堤護岸については、最終版の Web アプリリリースに合わせてコアメンバーにシステムおよび説明書を共有した。先行版リリース後に、対応できないフォーマットパターンなどの不具合報告や、使いやすいユーザーインターフェイスに関する要望などのフィードバックを受け、最終版に反映した。

また、本研究は「第27回CTI グループ技術研修会」、 「国土文化研究所研究発表会」など、社内・グループ会社での水平展開を行った。さらに、「国文研通信 (図-15)」では、システムの内容や本システムの活用によって得られるメリットなど、技術提案の参考となる説明資料を作成・公開するとともに、リリースの周知など社内広報を行った。

### 8. 結論

本稿では、橋梁と河川構造物の樋門・築堤護岸を対象に、自動照査にあたっての開発機能と照査システムの具体的な構成を示した。今後は、関連部署に試験的にリリースした照査システムのフィードバックを踏まえてユーザー目線のシステムに改良していくことで利便性を高めていく。また、将来的に中小企業などへの販売を視野に入れたシステム開発やリリース後の運用・保守体制を念頭においたアプリケーション開発を進めていく。

現状の開発は、設計成果品から必要な情報を抽出し整合性をチェックするシステムとしているが、別途、研究開発を実施している3次元設計支援システムと連携していくことによって、より高度な設計・照査システムへ機能拡充する予定である。なお、本システムは、橋梁と河川構造物を対象に開発しているが、これ以外の構造物に対してもシステム改良することによって適用できるため、部門や部署を問わずに技術展開が可能である。

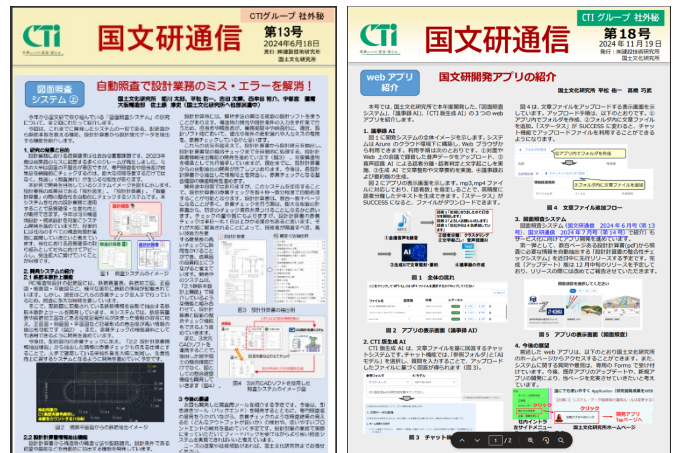


図-15 社内水平展開：国文研通信

#### 参考文献

- 1) mozman. (n.d.). ezdx.f. GitHub. <https://github.com/mozman/ezdx.f>. (Accessed: January 15, 2024)
- 2) NetworkX. (n.d.). NetworkX. <https://networkx.org/>. (Accessed: January 15, 2024).

## DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED INSPECTION SYSTEM FOR DESIGN PRODUCTS

Teruaki KITAGAWA , Yuichi HIRAMATSU , Yoshitake TAKAHASHI , Yusuke NISHIMUTA , Yutaka Utsunomiya , Taro HORIKAWA and Taiki YOSHIDA

Prevention of errors in structural design work is an urgent issue within the company. The majority of errors are caused by insufficient inspection, such as inconsistencies in drawings. However, comprehensive error checks by individuals require a significant amount of time and have the potential for human errors (oversights). Therefore, we are developing a system to automatically detect inconsistencies between design drawings, design calculations, and quantity calculations, which are the design outcome. Automation will reduce the time and cost required for design inspections and revisions, contribute to quality assurance through comprehensive error checks, and prevent errors and claims. Additionally, the developed error detection system will be horizontally deployed within the company through a web application, aiming to ensure quality and improve productivity in related departments.

# 3次元データによる構造物設計に向けた 設計支援システムの開発(4)

吉田 太輝<sup>1</sup>・堀川 太郎<sup>1</sup>・薄井 正幸<sup>2</sup>・鵜飼 隼<sup>2</sup>・古野 貴史<sup>3</sup>・坂本 達俊<sup>3</sup>

藤田 玲<sup>4</sup>・柳田 勇<sup>4</sup>

<sup>1</sup>株式会社建設技術研究所 国土文化研究所 (〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5)

E-mail: tak-yoshida@ctie.co.jp ,horikawa@ctie.co.jp

<sup>2</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社構造部 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

E-mail: usui@ctie.co.jp ,s-ukai@ctie.co.jp

<sup>3</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社水工部 (〒330-6029 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2)

E-mail: furuno@ctie.co.jp ,t-sakamoto@ctie.co.jp

<sup>4</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社技術統括部DX推進センター (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

E-mail: r-fujita@ctie.co.jp ,ism-yanagita@ctie.co.jp

国土交通省は生産性向上を目的として、令和5年度から全ての公共工事（直轄土木業務および工事）へBIM/CIMの原則適用を義務化した。しかし、設計段階における3次元データの利活用は限定的であることが多く、3次元モデルの構築にも時間的や人的なりソースを多大に費やしているのが実状である。この課題に対し、設計プロセスの初期段階から3次元データを活用することが可能であり、計算ツールや3D-CADソフトウェアとシームレスに連携する3次元設計支援システムを開発した。さらに、実業務へ適用することで浮き彫りになった問題点に対してシステム改良を施したことによって、本システムが詳細設計の生産性向上や品質確保、照査作業の効率化に対し有効である結果を得ることができた。

**Key Words:** BIM/CIM, 3d Design, 3d CAD, 3d Design Workflow, 3D Design Support System

## 1. はじめに

### 1.1 背景

国土交通省はBIM/CIMを中心とした3次元モデルの利活用を2012年から開始し、CIM制度検討会やBIM/CIM推進委員会などの議論を踏まえ、要領やロードマップ等の整備を行ってきた。近年では、BIM/CIMの試行業務や活用業務、原則適用が進められており、3次元モデルの利活用開始からさまざまな過程を経て、10年以上が経過した段階となっている。

一方でこれまでのBIM/CIMは、計画・設計～施工～維持管理に亘る建設生産システム全体の最適化と効率化を念頭に置きつつも、施工以降の下流段階における有効活用に力点が置かれていた印象がある。その中で2024年度は、3次元モデルのさらなる活用による「設計精度向上、設計の効率化」に向けて3次元モデルと連動した2次元図面を作成する3次元設計の試行が開始され、計画・設計の上流側フェーズに移行しつつある。

本稿では、このような業界全体における3次元モデル活用範囲の広がりの流れに整合し、設計行為および設計

成果品の効率化や高品質化を目指すものが本研究開発の背景である。

### 1.2 目的

BIM/CIMの原則適用の開始に伴い、3次元モデルを利活用する設計に大きな期待が寄せられているものの、多くの設計現場では2次元図面を使用した従来通りの設計手法が取られており、設計プロセスの終盤に2次元図面から3次元モデルを作成しているのが実態である。このため、3次元モデルを利活用して品質向上や生産性向上を目指すBIM/CIMの導入が、設計プロセスの工程や負担を増加している場合も見受けられる。

このような状況を踏まえ筆者らは、橋梁下部工および樋門・樋管を対象として、設計プロセスの初期段階から3次元モデルを用い、設計の効率化や高品質化を図るためのシステム開発を2020年から行ってきた<sup>1)</sup>(図-1)。本稿では、これまでの5か年に渡り実施してきた3次元設計支援システムの開発内容について報告する。

## 2. 3次元設計支援システムの概要

### 2.1 従来の設計手法の課題

システム開発にあたり、2次元図面を中心とした従来通りの設計手法の問題点を抽出した結果、次のような課題が挙げられる。

- ①複雑な形状を3次元で正確にイメージできない。
- ②複雑な形状を表現するために膨大な構造計算データや膨大な2次元図面を必要とする。
- ③3次元形状を2次元に分解した構造計算のデータ入力や図面作成の過程でミスが生じやすい。
- ④特に設計タスク間のデータ連係（例：上部工⇔下部工、構造計算⇔設計図、設計図⇔数量計算など）に人が介在することによるヒューマンエラーが生じやすい。
- ⑤膨大なアウトプットに対する照査は負担が大きく、多くの労力と時間を要する。

すなわち、本来3次元である構造物を設計の都合で2次元化することや専門性の高まりとともに設計タスクや設計ツールを細分化して効率化を図ってきたことに反して、その間のデータ連係が煩雑となり不整合が生じるリスクの顕在化に対処する必要があった。

### 2.2 開発システムの目標

前述のような課題を踏まえ3次元設計支援システムの研究開発は以下の点を目標とした。

- ①細分化した設計タスク間のデータ連係をシームレス化し、ヒューマンエラーを排除する（図-2）。
- ②詳細設計の膨大な成果品に直結できる3次元モデルに最大の価値を見出し、これを達成できる詳細度（LOD400）を有するシステムとする。
- ③これまで同様、2次元設計は当面続くとの見立ての下、2次元設計図を直接生成可能なシステムとする。
- ④システム開発による品質確保を達成することで、これまで生産活動の負担となっていた照査を省力化し、それによる業務全体の効率化も同時に達成する。

### 2.3 開発システムの概要

#### (1) 概要

BIM/CIMの原則適用により、今後さらに3次元モデルの普及が進むものと思われるが、計画・設計～施工～維持管理における2次元図面の必要性は当面続くものと考えられる。このため、3次元モデルから2次元図面を自動生成する機能や、3次元モデルと計算ツールとの連携機能を取り込み、設計プロセスの初期段階から3次元モ



図-1 3次元モデルを活用した設計プロセス



図-2 3次元設計支援システムのイメージ図

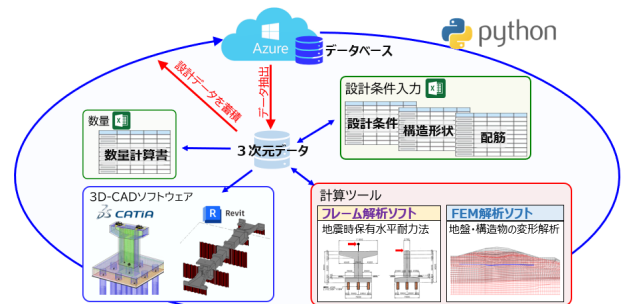


図-3 3次元設計支援システム構成図

デルを活用可能なほか、ヒューマンエラーの防止や生産性向上に寄与するシステムを目指した。本システムでは、設計に関連する情報を3次元データとして一元管理し、これと3D-CADソフトウェアや計算ツール、数量計算データを連動させることが可能となっている（図-3）。

#### (2) パラメトリックモデルの採用

構造物の3次元モデルは、パラメトリックモデルにて構築する手法を採用した。パラメトリックモデルとは、あらかじめ定義されたテンプレートに対応する寸法値等のパラメータを入力するだけで、簡易に作成及び修正が可能な3次元モデルのことである<sup>2)</sup>。

3次元パラメトリックモデルを作成するには、部材相互の関連性の情報を大量に埋め込む必要があるため相応な労力を要するが、一度完成してしまえばその後のアレンジは最小限で可能となることが最大の利点である。

土木構造物設計は一品受注生産であるが、標準的な形状についてはいくつかテンプレートを用意できれば設計現場の大部分をカバーできる可能性がある。これについては3次元データ設計に適した構造物（工種）と適さないものがあるが、例えば標準的な形状の樋門であれば10種類程度（地整別の基準数×門柱有無 など）、橋脚であれば6種類程度（代表的な柱断面形状×梁有り・無しなど）のテンプレートを用意することで、詳細度400（正確な外形形状+配筋情報）まで付与することは可能と考えられる。

### (3) 3次元モデルと連動した2次元図面の作成

2次元図面は、3D-CAD ソフトウェア上でモデルを切り出して作成する。これにより、3次元モデルと連動した2次元図面を作成することができる。3次元パラメトリックモデルから直接2次元図面を生成できるよう、断面切り出し位置や寸法引出し位置、寸法引出し規則などの図面化に必要な情報を設定する仕様とする。ここで作成した2次元図面は3次元モデルからの切り出しであるため、従来の2次元図面で生じていた正面図と断面図の不整合などは理論的に生じないことになり、照査箇所を大幅に削減できるようになる。

## 3. 橋梁下部工の3次元設計支援システムの開発

### 3.1 システム概要

本システムの対象構造物は以下である。

- ①構造形式：RC 橋脚（代表的な柱断面形状×梁有り・無し）、RC 橋台（逆T式橋台）
- ②基礎形式：直接基礎、場所打ち杭、鋼管杭、PHC 杭、鋼管ソイルセメント杭の5種類

本システムは、3次元データを中心に各種計算ツールや3D-CAD ソフトウェアが連携する仕様となっている。構造計算にて構造物形状や配筋の更新があれば、これらの情報がシステムの中心に配置される3次元データに反映され、3次元モデルや数量計算書等に反映される仕組みとなっており、3次元データの更新にともなって各ツールが更新される仕様である。

### 3.2 データベース機能

3次元データには、構造物の形状に関するデータ（詳細度300）、配筋に関するデータ（詳細度400）のほか、構造計算および解析結果等に関する情報が含まれる。橋梁単位で管理されるデータ形式であり、複数の橋脚や橋台のデータが格納される仕様となっている。

設計完了時にWEB上に3次元データをアップロードすることで、時間の経過とともにデータが蓄積されていき、データベースが形成されていくこととなる。

データベース内に保管される3次元データは時間や場所を問わず様々な環境からアクセス可能であることから現代の多様化した就労環境（国内外、社内外、テレワーク等）に対応することが可能となった。また、検索機能によって新規設計開始時にWEB上のデータベースから近似した設計データを抽出し取得することが可能となっている。これにより、過去から蓄積された既存の近似データから設計に着手することによって、類似事例を初期値として使用することができるため、最小限の設計検討で最適解を導くことができる可能性がある。

### 3.3 3次元モデリング機能

3D-CAD ソフトウェアは、橋梁下部工を詳細度400の品質でモデリングすることに対する有効性や、標準機能および独自のプログラミングツールによって、詳細度の高い3次元モデリング能力を有するDassault Systèmes社の3DEXPERIENCE CATIAを選定した。このソフトウェアを用いて、橋脚および橋台のパラメトリックモデルを構築し、このモデルが3次元データを読み込むことによって自動的に詳細度300および詳細度400の3次元モデルを構築することができる。今回作成した3次元モデルは最終的に2次元図面を切出すことを目的としていることから、製図の都合を優先した3次元モデルとしている。例えば、鉄筋の重ね継手は現場において鉄筋位置を相互にずらす必要があるが、製図上は鉄筋位置を揃えて描き、鉄筋のずらし方などを精緻に明示しない（現場に任せる）描き方であるため、これに合わせた3次元モデルとした。重ね継手も2次元図面では二重線で表現することから、本モデル内でも重ね継手を示す仮想の二重線オブジェクトを埋め込み2次元図面の体裁を優先している。3次元モデル内では鉄筋干渉も精緻にチェックできるが、これまでの2次元図面で問題としていない鉄筋干渉、例えば杭頭鉄筋とフーチング鉄筋の干渉などは敢えて干渉回避せずにそのままとしているのも同様の理由による。

### 3.4 設計図面切り出し出力

3次元パラメトリックモデルの中に2次元図面切出し用のアノテーション情報を設定することで2次元図面切出しに対応した。今回使用しているDassault Systèmes社の3DEXPERIENCE CATIAは3次元モデルから2次元図面を切出す機能が豊富に用意されており、従来図面の仕様にはほぼ対応できる印象である。3次元モデルの形状データだけでなく、杭諸元や標高、鉄筋記号など多くのテキスト情報をパラメータ引用して正しく記入できるよう設定し2次元図面の完成度を確保した。鉄筋加工図、鉄筋材料表、各部詳細図等、2次元図面の体裁にも対応済である（図-4）。

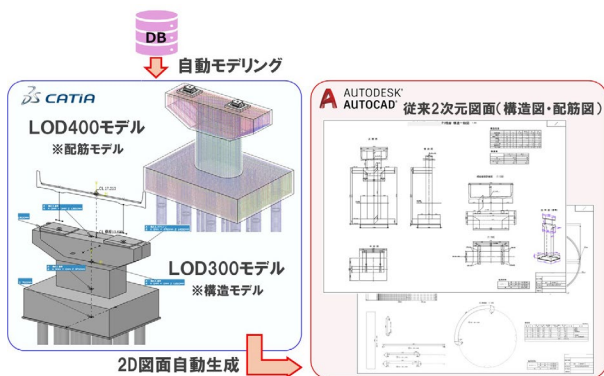


図-4 3次元モデルからの2次元図面切出し

### 3.5 計算ツールとの連携

3次元データに必要な情報を入力することで計算ツールに自動的にデータ転送する機能を開発した。また、計算ツールでの計算結果を抽出して3次元データに保存できるため、インプットとアウトプットを対で管理可能な仕様とした。

橋脚の設計では耐震設計で形状や断面など多くの設計要素が決まるため、耐震照査が極めて重要な設計プロセスになる。これに対応するために耐震照査の主な手法である動的解析の専用プログラムとの連携も実装した。地震時以外の構造計算プログラムと橋梁全体系の動的解析は別なソフトウェアで実施することが多い上に必要データ量が多く細部に亘るため、入力値の不整合などが生じやすい状況であったが本システムによりデータ連系のシームレス化が実現したと考えている。

一方、動的解析においては Rayleigh 型減衰モデルの設定作業が必要であり、通常固有振動モード解析の結果である各振動モードの変形図を見ながら主要振動モードを設計者判断で選択する作業が生じるため、データの完全な自動連系のネックになっていた。この課題に対し、AIによる Rayleigh 型減衰モデル自動設定機能を開発し、データの連係完成度を高めることができた。ただし、AIによる判断を介在させているため、自動処理された設定の妥当性を技術者が目視で確認し、その後の解析実行許可を手動で与える仕様として技術者判断を大切にした。

### 3.6 実務での活用事例および活用効果

本システムは社内リリースされ、既に複数の詳細設計業務で活用されている。以下に本システムを用いた設計事例を示す(表-1, 図-5)。従来、1橋脚の配筋図を含めた全ての図面作成に4日程度を要していたが、本システムを活用すること図面作成の所要日数は1日以下となり大幅な省力化が可能となった。これに加え、前述の通りデータ連系のシームレス化による品質向上と照査負担の軽減効果が生産環境の好循環を生み出していると感じている。

表-1 3次元設計支援システムの詳細設計使用実績

番号	橋梁形式
①	上部工：鋼6径間連続ラーメン2主鉄桁橋 下部工：RC 壁式橋脚 (W=8.0m) 基礎工：直接基礎
②	上部工：鋼5径間連続ラーメン2主鉄桁橋 下部工：RC 張出式橋脚 (W=5.0m) 基礎工：直接基礎
③	上部工：鋼7径間連続ラーメン2主鉄桁橋 下部工：RC 張出式橋脚 (W=5.5m) 基礎工：直接基礎
④	上部工：鋼4径間連続4主鉄桁橋 下部工：RC 張出式橋脚 (W=5.0m) 基礎工：杭基礎 (場所打ち杭)
⑤	上部工：鋼6径間連続2主鉄桁橋 下部工：RC 張出式橋脚 (W=3.5m) 基礎工：杭基礎 (場所打ち杭)

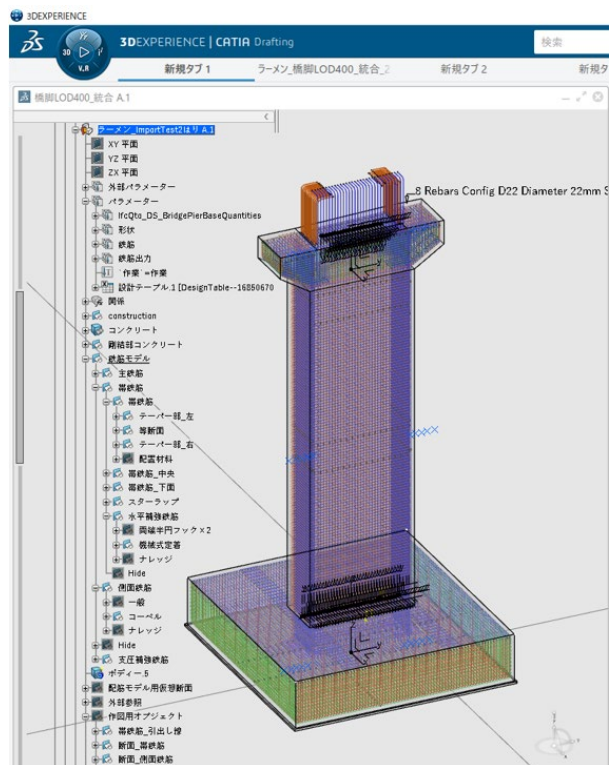


図-5 詳細設計の3次元配筋モデル作成事例(業務②)

## 4. 樋門・樋管の3次元設計支援システムの開発

### 4.1 システム概要

本システムでは、1連構造の樋門・樋管を対象としている。樋門・樋管は、以下の点が構造上の特徴となっている。

- ①基本事項の検討において、樋門・樋管の設置位置と高さを設定する必要があり、ワークフローの初期段階から、予備設計相当(詳細度 300)に近い精度で新設樋管の形状を設定し、床掘形状を検討する必要がある。
- ②樋管は形状が複雑であり、詳細度 300 では、300~400 程度のパラメータが必要となる。さらに、構造物全体の形状が構造令に適合しているよう、部材

間のパラメータの相関性に配慮する必要がある。

上記の特徴を踏まえて、樋門・樋管設計支援システムにおいては、適用基準、堤防形状、函渠断面等、基本事項の検討時に設定可能な数 10 個のパラメータから、詳細度 300 に必要な約 400 個のパラメータの初期値を推定する機能を設定している。

3次元モデル作成にあたって、上記パラメータを部材ごとに更新することが可能であるが、その際に部材間のパラメータの相関性や、基準への適合性を判定するアラート機能を設定している。

#### 4.2 警告機能

前項で記載した警告機能は、樋管の多岐に渡るパラメータ同士の関連性や基準に対する適合性を技術者が確認するための補助機能として設けており、詳細度 300、詳細度 400 それぞれについて、基準への適合性を判定している。

適合性は、表-2 のようなランクで、適合性に関する違反を警告することとしている。

表-2 適合性に対する警告機能のランクと内容

ランク	内容
A (出してはいけない警告)	必ず確認する事項。影響が大きく、明らかな違反。
B (慎重に検討すべき警告)	必ず確認する事項。影響が大きく、原則から外れるなど、解釈次第では違反。
C (確認が推奨される警告)	確認すべき事項。影響は小さいが、ミスの可能性はある。
確認 (検討に当たり確認する情報)	システムが自動設定した根拠を示した情報などで、技術者が確認しておくべき事項。

#### 4.3 3次元モデリング機能

##### (1) 概要

樋門・樋管では、ゲートや上屋など、土木だけではなく機械・建築部門とのモデル交換が必要であることから、3DCAD ソフトウェアについては、社内で広く使われている Autodesk 社の Civil3D、Revit を選定した。

これらのソフトウェアにおいては、経験が少なくても比較的簡単に使用できるビジュアルプログラミングツール Dynamo や、アドインを開発するための Revit API 等のツールが使用できる。本設計支援システムではこれらのツールを活用して、作成した構造モデリングデータや配筋モデリングデータから 3次元モデリングや 2次元図面の切り出すツールを開発した。

##### (2) 詳細度 300

詳細度 300 では、地形モデルや計画堤防線形、縦横断計画との整合を確認することを目的として Civil3D との連携機能を開発した。また、構造物の 3次元モデリング、一般図・構造図等の 2次元図面作成や数量算定、

IFC ファイルの出力等を目的として、Revit との連携機能についても開発している。

Civil3D においては、Dynamo を用いて設計支援システムで入力したパラメータから作成した構造モデルデータから樋門・樋管モデルの 3次元モデルを作成するツールを開発した。この 3次元モデルは現況地形モデル・計画堤防モデルを重ね合わせる事が可能である (図-6)。

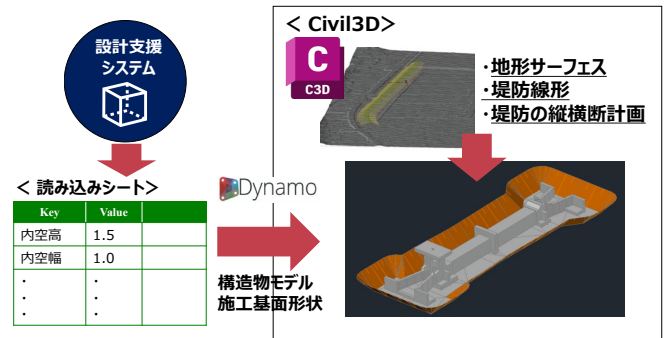


図-6 詳細度 300 における Civil3D との連携

Revit においては、樋管の部材・タイプごとの 3D モデル部品 (ファミリ) を入れたテンプレートファイルを作成した。このテンプレートファミリと構造モデルデータを Dynamo によって組み合わせることにより、数量算出および IFC 出力に必要な属性情報 (共通パラメータ) を付与した 3次元モデルを作成する機能を開発した。さらに 3次元モデリングから 2次元の一般図・構造図の切出しプラグインを開発しており、成果品用の図面出力、IFC 出力、数量の集計が可能である (図-7)。

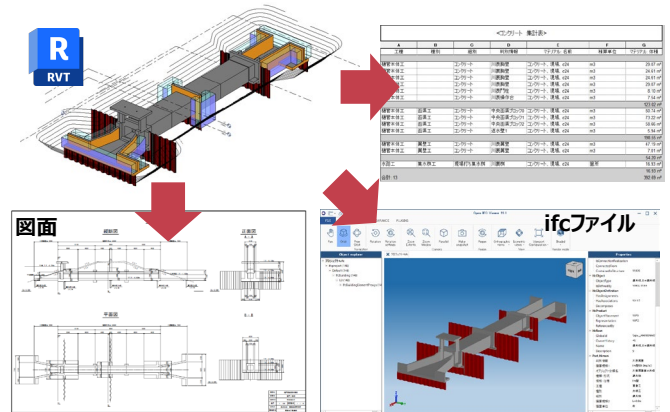


図-7 詳細度 300 における Revit からの各出力

##### (3) 詳細度 400

詳細度 400 における 3次元モデリングのワークフローを図-8 に示す。詳細度 400 については、詳細度 300 で設定した外形形状および配筋諸元 (鉄筋径、かぶり、ピッチ) から「土木構造物設計マニュアル」等に基づき、曲げ半径やフック形状、重ね継手長を自動算定し、配筋情報データを作成する。作成した配筋情報データを用いて、弊社が開発した Autodesk 社の Revit のプラグインを介し

て、Revit上で3次元鉄筋モデルを作成できる(図-8)。  
 さらに作成した3次元配筋モデルに対し、配筋図の断面切り出しを行うプラグインも併せて開発した。

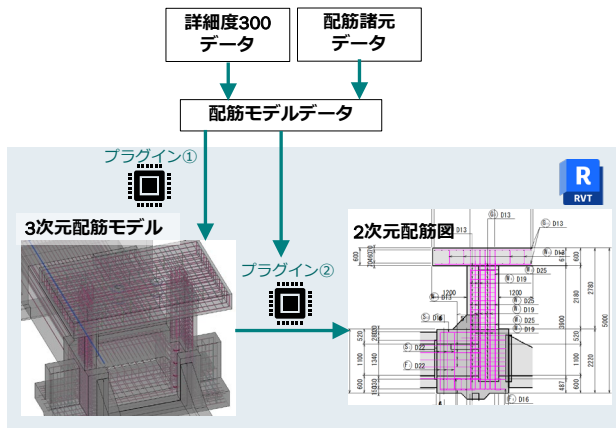


図-8 詳細度400におけるRevitからの各出力

#### 4.4 計算ツールとの連携

本設計支援システムでは、詳細度300で設定した構造系物の形状や地盤条件(地層形状・土質定数)を常時・L1地震時の構造計算ソフトと連携する機能を開発した。本設計支援システムでは、詳細度300で設定した構造物の形状や地盤条件(地層形状・土質定数)を常時・L1地震時の構造計算と連携する機能を開発した。

さらに、L2地震時には、耐震性能や設計地震動等の条件を追加入力することにより、液状化判定、自重変形解析、非線形フレーム解析と連携する機能を開発している。

#### 4.5 実務での活用事例及び活用効果

本設計支援システムは、実際の設計業務で活用しながら開発を進めた。その結果、従来の手作業による平面図・一般図の修正作業に2日程度要していた作業を0.5日程度に削減できることを確認した。

また、図面・モデル修正および案出しが短時間でできるため、トライアルがしやすく設計の最適化を進めやすくなる効果が得られている。

位置検討の活用事例を図-9に示す。本事例の対象は、無堤地区における排水樋管の詳細設計業務である。予備設計の成果を活用して、床掘形状も含めた3次元モデルを作成した結果、既設道路盛土との干渉を早期に確認し、修正案を検討することができた。

また、3次元設計の試行対象となる樋管詳細設計業務において、詳細度300レベルの3次元構造モデルに連動した2次元の一般図及び構造図図面を作成した事例を図-10に示す。

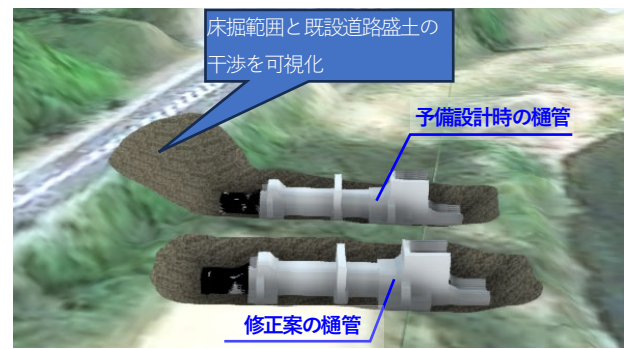


図-9 位置検討における本システムの活用事例

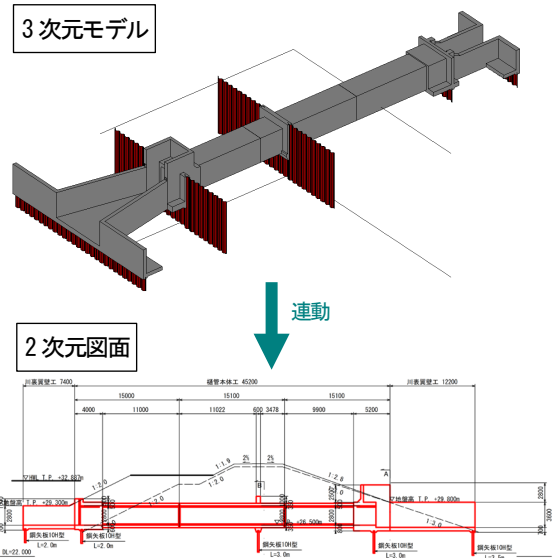


図-10 試行業務における3次元モデル及び2次元図面作成

## 5. 結論

### 5.1 成果

本研究で開発した橋梁下部工、樋門・樋管の設計支援システムについては、実際の設計業務でも試行しながら、実際の設計成果の生産に活用できるレベルにまで到達したことを確認した。

本設計支援システムは、今後、実際の業務への展開を図っていくことを想定して社内でもリリースした。

### 5.2 今後の展望

今後の展望を以下に示す。

- ① 検討事例のデータベース化による設計の効率化・高度化：本設計支援システムの活用事例を蓄積していくことにより、設計着手時に同種の構造物の事例を抽出することが可能となり、設計の効率化・高度化につながる。
- ② 他種構造物への展開：3次元データを活用した構造物設計の考え方は、擁壁構造やボックス構造等の他分野・他構造物においても有効であり、同様の手法での開発が可能と考える。

## 6. おわりに

2024年度は、国土交通省の設計業務において、3次元モデルと連動した2次元図面を作成する業務の試行が開始され、今後も各種構造物で3次元設計の適用が必要となることが考えられる。

そのためには、本研究開発の成果をメンテナンスにも対応しながら、継続・発展的に活用していくことが必要である。

今後も、建設産業界として、i-Construction2.0のもと推進するデータ連携や競争領域と協調領域への対応等に遅れないように努めなければならない。

参考文献

- 1) 3次元データによる構造物設計に向けた設計支援システムの開発(3), 2024年8月, 国土文化研究所年次報告 2023, PP19-23, [http://www.ctie.co.jp/kokubunken/annual-report/pdf/2021\\_all.pdf](http://www.ctie.co.jp/kokubunken/annual-report/pdf/2021_all.pdf)
- 2) データ交換を目的としたパラメトリックモデルの考え方(素案), 2021年3月, 国土技術政策総合研究所, <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001395569.pdf>
- 3) 3次元データによる構造物設計に向けた設計支援システムの開発(2), 2023年8月, 国土文化研究所年次報告 20, PP32-36, [https://www.ctie.co.jp/kokubunken/annual-report/pdf/2022\\_all.pdf](https://www.ctie.co.jp/kokubunken/annual-report/pdf/2022_all.pdf)

(2025.1.10 受付)

## DEVELOPMENT OF DESIGN SUPPORT SYSTEM FOR INFRASTRUCTURES 3D DESIGN (4)

Taiki YOSHIDA, Taro HORIKAWA, Tatsutoshi SAKAMOTO,  
Shun UKAI, Takashi FURUNO, Masayuki USUI, Rei FUJITA and Isamu YANAGITA

In the field of Civil engineering, "BIM/CIM" is promoted to improve the construction product process by using 3D data. However, at the design site, the workflow is assembled by 2D based design, and the benefits of design efficiency, quality, and sophistication by 3D design have not been fully obtained.

To clear this problem, we suggested new design workflows using 3D data and developed 3D design support systems for infrastructures. This year is the final year of a five-year project. As the result of the project, we show outlines of the developed 3D design support system for Bridge and Sluiceway in this paper. We applied their system to practical design project and made improvements based on the issues that emerged.

# AI画像解析を活用した DX支援サービスの事業展開

宇都宮 優喬<sup>1</sup>・中田 隆史<sup>2</sup>・木下勝也<sup>3</sup>・吉岡正樹<sup>4</sup>・水野貴文<sup>5</sup>

<sup>1</sup>株式会社建設技術研究所 国土文化研究所ISP (〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5)  
E-mail: ytk-utsunomiya@ctie.co.jp

<sup>2</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社情報・電気通信部 (〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-3-2)  
E-mail: t-nakata@ctie.co.jp

<sup>3</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社上下水道部 (〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3-15-1)  
E-mail: k-kinost@ctie.co.jp

<sup>4</sup>株式会社建設技術研究所 大阪本社道路・交通部 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)  
E-mail: m-yoshioka@ctie.co.jp

<sup>5</sup>株式会社環境総合リサーチ けいはんな事業所 (〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台2-3-9)  
E-mail:t-mizuno@ctiers.co.jp

近年、我が国におけるインフラ管理費の増大、少子高齢化による働き手不足などの課題を解決するため、AI(人工知能)やIoT(Internet of Things)などの新技術を用いた積極的なDX推進が求められている。また、当社グループの事業展開として、地方自治体の受注拡大や民間企業への進出が目標として掲げられており、研究開発についてもこれを意識した技術開発・サービス展開を進めていく必要がある。

本論文では、持続的・実効的なインフラ管理を達成するために、カメラより得られる映像及びAI技術を用いて、インフラ管理の効率化・高度化に資するサービスを実現する手法を提案する。

**Key Words** : deep learning, convolutional neural network, Image analysis service

## 1. はじめに

国土交通省所管分野における今後30年後までの維持管理・更新費の推計結果によると、長期的な費用の増加の程度は、20、30年後ともに約1.3倍となる見込みである。しかし、国土交通省、自治体等では少子高齢化により、技術者が不足・高齢化しており、十分なインフラ管理ができていない。持続的・実効的なインフラ管理を達成するために、新技術やデータの積極活用が重要となる。この際に発生するデータの代表的なものにカメラ画像が挙げられる。

社内においては、カメラ画像とAIを活用した業務の受注が増加傾向である。また、一昨年まで実施していた「CCTVカメラ映像から得られる画像解析サービスに係る研究開発」(以下、AI画像解析サービス研究)において、自治体や民間工場で実証実験を実施し、一定期間におけるシステム運用を確認でき、将来性に係る展望を得られた。一方で、導入実績を増やすこと、他分野、民間

企業へ展開すること等の課題があった。

本研究は、AI・画像解析技術を活用したインフラ管理サービスを開発する。また、開発したサービスをパッケージ化し、国土交通省事務所だけでなく、自治体、民間企業もターゲットに事業展開を検討し、当該行為で実施される管理・監視支援による対価を得るためのスキーム構築を目的とする。

## 2. 関連研究および動向

インフラ管理分野における既往画像解析サービスは、同業他社でも実施されている。今期の事例としては、3DLidarや画像等を用いた橋梁点検技術<sup>1)</sup>、衛星画像とAIを活用した不法投棄検知<sup>2)</sup>、AIによる衛星画像・航空写真の高解像度化<sup>3)</sup>、UAVや航空写真等を用いた河川の維持管理の効率化<sup>4)</sup>、自動運転バスの走行実験<sup>5)</sup>等、様々な分野で技術開発が行われている。市場調査の結果、AI画像解析を活用した研究・サービスは、自動運転に向け

た取り組み、衛星画像や航空写真を用いた事象の検知などが多く進められている。しかし、いずれもサービス提供先は、国土交通省、大都市の自治体を想定している。その点において、本研究では、国土交通省に適用可能なサービス開発・提供に加えて、地方自治体や民間企業にも適用可能な画像解析サービスを開発することは独自性があると考えられる。今期は、昨年に引き続き、下水道分野、道路・都市分野においてサービス開発を検討することとした。

### 3. 上下水道分野における水質異常検知・予測サービス

我が国の汚水処理人口普及率は、令和4年度末において92.9%（下水道81.0%、農業集落排水施設等2.4%、浄化槽9.4%）に達し、今や国民生活において下水道は無くてはならないものとなっている<sup>6)</sup>。下水道に着目すると、全国には約2,200か所の下水処理場があり、その90%は機械・電気設備の標準耐用年数15年を経過している（図3-1参照）<sup>6)</sup>。また下水道管渠の総延長は約49万kmに対し、標準耐用年数50年を経過した管渠の延長が令和4年で約7%、その20年後には約40%に達する（図3-2参照）<sup>7)</sup>。これらの施設を健全な状態に保つためには維持管理が重要となるが、その執行体制は年々減少し20年前の80%程度となっている（図3-3参照）<sup>8)</sup>。

今後、人口減少が顕著となることを踏まえ、上下水道分野では維持管理の効率化が急務となっており、民間を活用した包括的維持管理の導入が活発になっている。

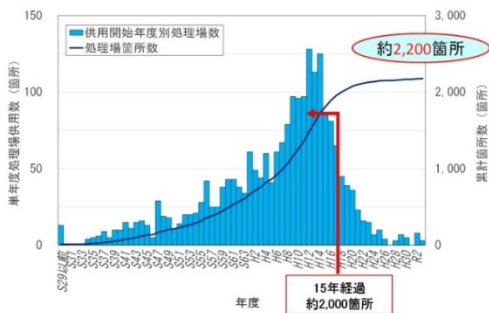


図3-1 処理場の年度別供用年数（R3末現在）

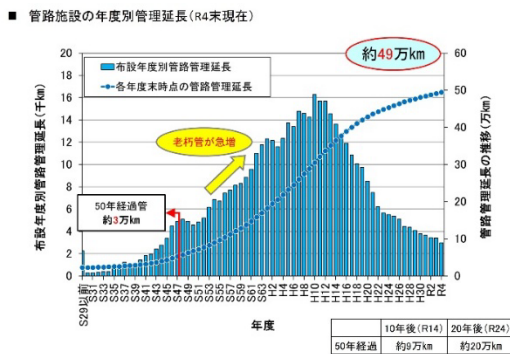


図3-2 管路施設の年度別管理延長（R4末現在）

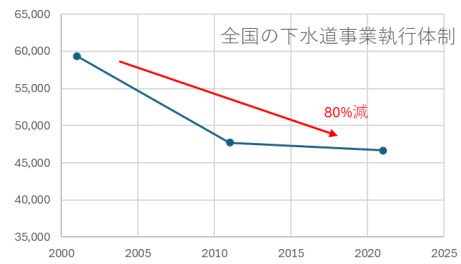


図3-3 全国の下水道事業執行体制

#### (1) 民間工場

2022年1月より民間工場の協力のもと、水質異常監視の効率化・高度化に関する実証実験を実施している。昨年までに、監視上の課題がある3地点（曝気槽、沈殿槽、排水路）を対象に、異常検知モデルを構築し、これらを活用したメール配信を開始した。今期は、上記の研究成果と管理者の要望を踏まえ、下記内容を実施した。

#### a) カメラ映像による水質異常検知サービス

##### 1) 原水槽異常検知モデルの改良

昨期、原水槽にカメラを設置したが、メンテナンスの都合上、カメラ画角を大きく変更することとなった。これにより、判定精度が低下したため、原水槽モデルに現在画角の画像を追加で学習する。異常事象の発生頻度が低いため、生成AIを用いて異常画像を作成した。しかし、今回の事象は特殊であることから期待される画像が生成できなかった（図3-4参照）ため、図3-5のように画像処理ソフトで異常画像を作成した。実際に発生した異常画像および生成画像を学習することで、判定精度の向上が期待される（図3-5参照）。今後入手した異常画像をもとに、改良モデルの精度検証を実施予定である。

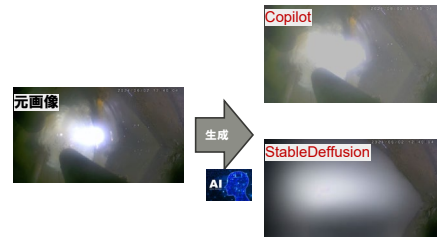


図3-4 生成AIを用いた画像生成

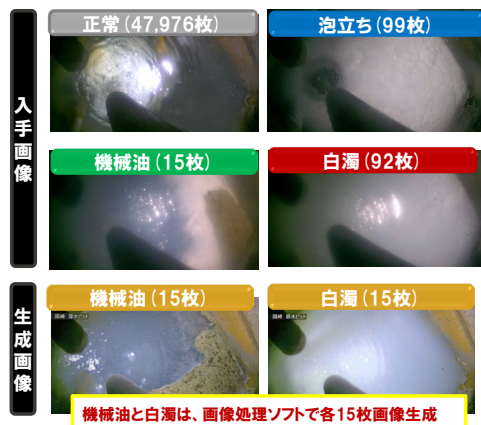


図3-5 画角変更後に入手した画像

## 2) 原水槽のアラート配信システム

一般的な排水処理施設の場合、原水槽に排水を蓄積し、曝気槽や沈殿槽などで排水処理が行われ、排水路を経由して河川に放流される。原水槽で異常を検知することで、後工程の対策を早期に講じることができ、対策コストの削減が図れる可能性がある。本研究の対象施設の原水槽は、水槽の大半が覆蓋下であり、管理者が異常に気付きにくい。そこで、1)の原水槽モデルの判定結果を活用し、管理者にメールを配信する実験を開始した。

原水槽モデルによる解析は5分間隔で実施し、メール配信基準は以下のように設定した。

- ・警報メール：原水槽モデルが異常と判定
- ・復旧メール：異常判定後に正常と判定

図 3-6 は、メール配信後に管理者が異常を発見できた事例である。これによって、管理者の巡視点検業務の負担軽減、見逃し防止が期待できる。



図 3-6 メール配信例

## 3) 排水路メール配信基準の調整

排水路のメール配信基準は、以下のように設定した。また、後述するポンプ制御は、警報および復旧警報時に ON/OFF 信号を送信する。

- ・警報メール：日中：40 個、夜間：100 個
- ・復旧警報メール：1 時間平均で上記閾値未滿
- ・注意報メール：30 個以上 40 個未滿
- ・復旧注意報メール：1 時間平均で 30 個未滿

図 3-7 に示すとおり、異常時は、白色の泡立ちが発生する。雨天時は、雨が水面に当たり波紋が生じるが、画像の場合、これが異常時の泡立ちと類似する。これにより、雨天時に図 3-8 の四角枠部分のように、現地確認では正常であるが警報メールを配信した事例が確認された。



図 3-7 雨天時の状況

雨天時の誤配信の解決策として、一定雨量を超えた際に判定ロジックを変更することとした。具体的には、気象庁 HP に公開されているアメダスの 10 分間雨量を取得し、過去の雨量データと排水路モデルの判定結果から誤判定が発生しやすい雨量を分析した。対象期間は、2023 年 6 月から 10 月および 2024 年 6 月から 7 月の雨天時とした。雨量データは、工場から約 5km 離れた観測所のデータを取得した。分析した結果、図 3-8 に示すように、10 分間雨量データが 0.5mm を超える際に誤配信が生じていることを確認した。先述したメール配信基準に以下の判定ロジックを追加して 2 か月間が経過しているが、雨天時の誤配信は発生していない。

- ・10 分間雨量が 0.5mm 以上で配信基準を超えた際、メールを配信するがポンプは稼働しない

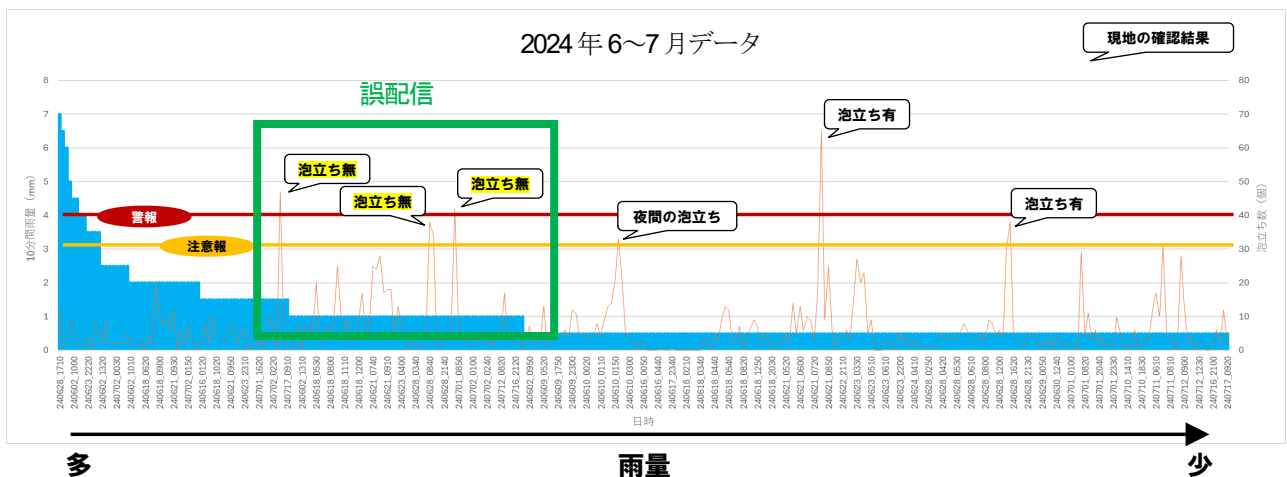


図 3-8 雨量と泡立ちの関係 (■：10 分間雨量、—：泡立ち数、吹き出し：現地確認結果)

#### 4) ポンプ制御システムの開発・現地実装

現状の運用方法は、施設管理者が定期的に排水路の状況を点検し、泡立ちがあった際に消泡剤を注入するポンプを稼働している。そこで、施設管理者の点検業務の負担軽減、見逃しによる水質異常流出の防止を目的に、排水路モデルの判定結果を活用し、排水路地点の消泡剤注入ポンプを自動制御するシステムを開発する。

昨期は、図 3-9 に示すシステム構成を検討した。今期は、ポンプ制御デバイスを開発し、図 3-10 のように現地に制御機器を設置し、試験運用を開始した。

具体的なポンプ制御方法は以下のとおりである。

- ① カメラからクラウドに画像をアップロードし、解析サーバーにて画像を取得
- ② 取得画像に対して排水路モデルが解析
- ③ 排水路モデルの判定結果を踏まえ、Azure IoT Hub 経由で現地のポンプ制御機器にポンプ信号を送信
- ④ ポンプ制御機器からポンプに ON/OFF 信号を送信
- ⑤ ポンプ制御機器からポンプの稼働結果および稼働状況を撮影した動画をクラウドに送信

現在、半年以上の稼働実績があり、大きなトラブルはなく、管理者からも評価いただいているシステムを開発できた。なお、排水路モデルは、誤検知より未検知を防ぐことを重視しているため、誤検知による薬剤添加が考えられる。誤検知による薬剤添加は環境に悪影響がないことを管理者に確認している。

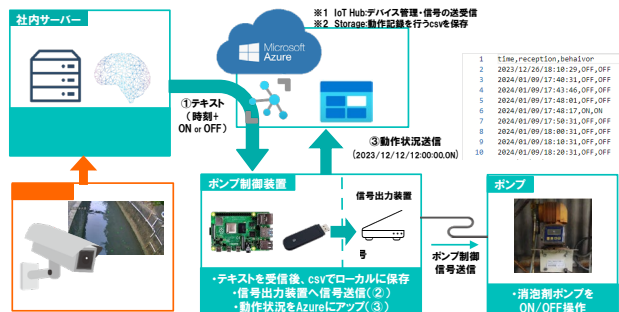


図 3-9 ポンプ制御システムのシステム構成



図 3-10 ポンプ制御システムの設置状況

#### 5) サービス化・他地点への展開

本研究において、排水路や原水槽での水質異常検知モデルを開発し、ポンプの自動制御やメール配信を実装した。試験運用の結果、管理者の業務支援・効率化に寄与できることを確認し、サービス化への可能性を示せた。

本研究で開発した原水槽監視システムについて、管理者から購入に向けて、ハードおよびソフトに関するシステム一式の見積依頼があった。見積を提出したところ、管理者の社内にて設備投資申請が承認された。来年度から水質異常検知システムの運用・保守として業務を受注できる可能性がある。

当社上下水道部、当社グループ会社である株式会社環境総合リサーチと連携し、自治体や民間工場に技術説明会や意見交換会を実施した。国内に 10 工場以上をもつ民間企業 1 社からは、見積の提出を求められ、見積もりを提出した。2026 年 2 月から現地実装の準備を進めたいとの連絡があり、現在実証実験中の工場を含め、2 社からシステム開発や運用・保守に関わる業務を受注できる可能性がある。来期も引き続き、自治体および民間工場向けに営業活動を実施予定である。

#### b) 気象条件、維持管理項目による水質異常予測サービス

排水路の泡立ちとの相関が高い維持管理項目を把握するため、重回帰分析を行った。凝集反応における PAC の添加量により沈殿時に不具合が生じていると想定されるが、水質の計測頻度（1 回/h）やデータ不足等から相関（ $r^2=0.106$ ）は低いことが確認されたことから、相関を得ることが困難であり、当初挙げていた来期以降の検討項目（日常維持管理項目による異常予測 AI モデルを開発/予測と結果の適合確認用 AI 画像監視システムを構築/施設運転の最適制御（添加剤自動制御含む）システムを構築）の構築は困難であると判断した。今後は、消泡剤添加による事後対応が可能な、泡検知による異常検知と連動した消泡剤添加ポンプ稼働の自動制御を進めることで、維持管理の効率化を図る。

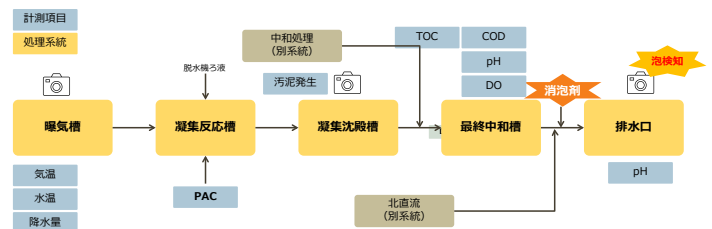


図 3-11 排水処理系統図

(2) 下水処理場および管きよ

a) 下水処理場への展開

1) 目的

下水処理場では、一般に水質等の観測項目が限られ、観測頻度も少なく、異常の発生もまれであること等により早期検知や予測システムを開発しサービス業務を展開することが困難な側面がある。ただし、大規模な下水処理場では中央監視システムで24時間常駐監視し、維持管理体制が充実しているため、大きな問題に発展しない場合が多い。

一方、小規模の下水処理場等では、大規模処理場のように維持管理体制が充実しておらず、日々定期的に職員が複数の対象施設を巡回監視している場合が多い。

画像AI技術を活用することで、巡回監視より頻繁に状況把握することができ、関係職員間で同時に情報共有でき、不具合時に適時の対応が可能になる。

ここでは小規模処理場を対象に日常の維持管理やモニタリングの効率化を図ることを目的とし研究を進めた。

2) カメラ設置概要

下水処理場の水処理は通常カバーされており、湿度が高いため、別途開発していたカメラを一部ライトを改良の上、設置した(表3-1参照)。

表3-1 調査概要

施設名	A市下水処理場
設置箇所	反応タンク, 最終沈殿池
調査期間	2024年2月1日~12月31日

3) 異常検知

日常管理における外観と異常時における要因に基づき、下水処理場で確認された異常を以下に示す(表3-2参照)。

① 外観：糸状菌/スカム/浮遊物

反応タンクでは糸状菌の発生が確認されており、また糸状菌、送風機によるばっ気以外の浮遊物を異常とした。最終沈殿池もスカム以外の浮遊物を異常と抽出した(図3-12参照)。

② 透視度

巡回監視時に毎日計測しており、透視度の連続した低下時に薬品の注入等で運用している。60cmを閾値として異常の有無を日報より判断した(図3-13)。

表3-2 日常管理における異常時の状況

反応タンク	糸状菌(初期/拡大した状態)
	曝気による泡立ち, 上記以外の浮遊物
最終沈殿池	スカム(監視が必要/全面に発生)
	濁り
	上記以外の異常(夾雑物など)
	透視度



図3-12 異常時(左:最終沈殿池, 右:反応タンク)

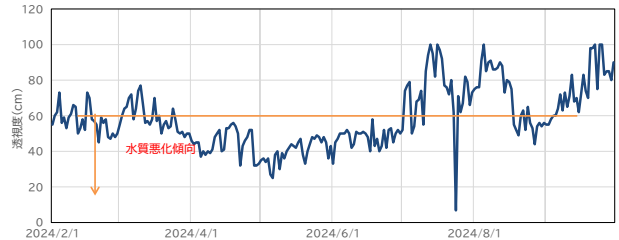


図3-13 透視度の推移(放流水)

4) AI画像解析結果

来期、異常を検知モデルおよびスカムの発生度合い判定モデルを開発し、異常のアラート発信することで維持管理やモニタリングの効率化を図るツールとして、自治体への営業展開を図る予定である。

b) 下水管きよ内水位監視サービス

1) 目的

下水道管渠内での水面を画像解析により判定することで水位を把握することを目的とする。

ここでは、水位計ではなく画像監視を行うことでオイルボールの流入やそれ以外の異常の有無を抽出できるかを合わせて確認する。

2) カメラ設置概要

オイルボールが下流のポンプ場で確認されているB市を対象に、表3-3に設置概要を示す。

水位計1か所、カメラの管頂からの距離を3パターンに分けて設置した。

表3-3 調査概要

施設名	B市下水道管路
設置管渠	管径250mm, 直線部で段差が少ない箇所
期間	2024年11月5日~12月18日

3) 水面検知

図3-14に管路内の状況を示す。来期に水面検知と水位の把握を行う予定である。

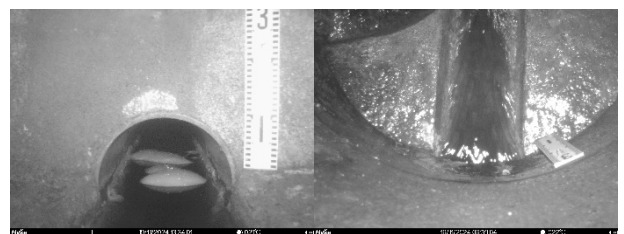


図3-14 管路内の状況

c) 貯留施設への分水機能監視サービス

1) 目的

越流状況の把握が計器のみでは困難な箇所での分水・越流状況を画像として把握する。例えば、計画降雨と類似の降雨で貯留池に計画通りに流入しているか、水位計だけでは把握できない流れの状況や雨天時の越流阻害がないか等を画像として把握することを目的とする。

2) カメラ設置概要

表 3-4 に設置概要を示す。C 市ポンプ場の越流状況を把握するため堰の左右・中心部に3か所設置した。

表 3-4 調査概要

施設名	C 市ポンプ場 (合流式)
設置箇所	雨水滞水地への分流堰
期間	2024 年 6 月 17 日～7 月 18 日 (31 日間)

3) 越流状況

図 3-15 に示すとおり越流堰を水面が超過し、越流状況を確認することができた。



図 3-15 越流状況 (左：越流時、右：通常時)

4) 解析結果

本研究では、画像の類似度を算出する AugNet を用いて越流を判定する技術を開発した。これは、学習済みの CNN モデルであり、入力した2画像の類似度をスコアで算出することが可能である。

具体的には、下記の方法で判定する。

- ① 図 3-16 のように、平常時、越流開始、越流中、越流後の4事象の画像を各5枚準備
- ② Input 画像に対して、図 3-17 の赤枠内の類似度を計測し、その平均値から類似事象を判定

- ③ Input 画像と過去画像との類似度が一定数値を超えた場合にステータスを変更

図 3-17 に示すように、越流発生時に判定ができていることを確認した。一方で、平常時に越流と判定する事例や越流中に平常時にステータスが変更する事例などが確認されたため、判定基準の工夫が必要である。監視状況をアラートすることでモニタリングの効率化を図るツールとして、自治体への営業展開を図る予定である。

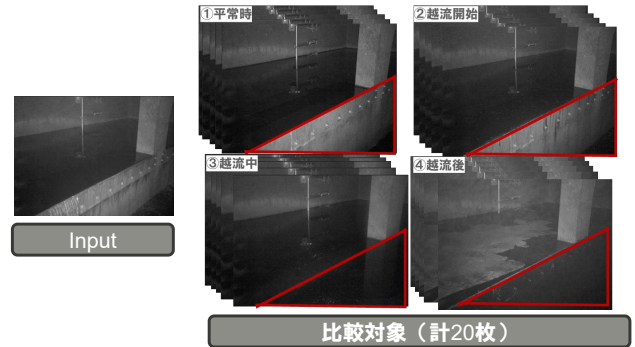


図 3-16 比較対象画像

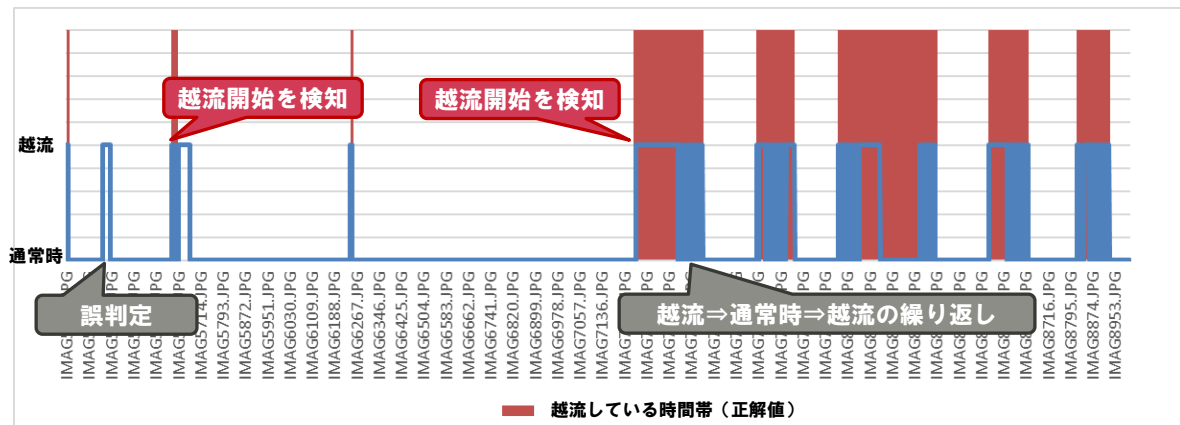


図 3-17 判定結果と越流状況の比較 (■：越流が発生した時間帯 (正解値)、—：AI 判定結果)

## 4. 都市空間の監視・評価支援サービス

### (1) ニーズ調査・データ入手

#### a) 既存研究レビューからみるサービスニーズ

都市空間の監視・評価支援サービスの研究実施にあたり、はじめに、本研究が目的とする都市空間における人の行動解析を対象とした研究として、まちの賑わい等を解析した研究をレビューした。

曽ら<sup>9)</sup>は、国内の歩行空間を対象として、画像認識技術を活用し、歩行空間の画像と歩行空間に対する印象がセットになったデータと歩行者の表情をAIで解析することで、空間性能の評価およびその要因分析を実施している。

轟ら<sup>10)</sup>は、街路空間を歩く歩行者の表情に着目し、感情認識AIを用いて取得した感情解析結果に基づく街路空間評価の検討を行っている。

高森ら<sup>11)</sup>は、歩行者の流動をより簡便、短時間で解析可能とすることを目指し、深層学習による物体検出技術と物体追跡技術を応用し、動画データから人物ごとの軌跡データ（単断面）をAIで解析している。

高森ら<sup>12)</sup>は、AIによる画像認識技術の応用により人流調査を自動化する先行研究を発展させ、ビデオ撮影画像から歩道空間内の滞在者等を「歩行者」と「サイクリスト（車種別に3区分）」に区分してデジタル化する技術開発について報告している。

野地ら<sup>13)</sup>は、渋谷を中心に歩行者の行動を分析する調査として、写真画像から歩行者とその年齢・性別・表情をAIで解析（FaceAPIを使用）している。

三浦ら<sup>14)</sup>は、歩道の利用シーンを観測した映像に対する画像処理および機械学習から取得可能な歩行者のプレイス需要に関する指標を提案し、それらの妥当性を検証している。同研究では、動画データから歩行者の挙動（滞留、立ち寄り）をAIで解析している。

前田ら<sup>15)</sup>は、画像から年齢・性別・表情をAIで解析（FaceAPIを使用）し、会話というアクティビティは、他の行動に比べて幸福な表情が増え、観察者に活気があり居心地良い印象を与えることを明らかにしている。

小倉ら<sup>16)</sup>は、動画データから空間指標（歩道・車道における動的要素（車種・人）と静的要素（ファニチャー・信号・標識等））をAIで解析（Yolo v5を使用）しクラスター分析で空間シーンを分類した上で、空間シーンを含めた空間指標と主観評価の関係について分析している。

以上の既存研究レビューより、画像解析による人の行動解析は近年、研究実績が蓄積されてきており、一定の研究ニーズがあることを明らかにした。

### b) SWOT分析

前項の既存研究レビューや、AI解析技術の全国的動向、国の次世代ITSの動向及び当社開発の既存技術等をふまえ、都市空間の監視・評価支援サービスに関するSWOT分析を実施した。この分析により、サービスの強み、弱み、機会、および脅威を明確にし、開発と実装の戦略を策定した。

以下に、SWOT分析の結果を示す。

<b>Strength (強み)</b>
・滞在・活動検知
・複数カメラによる複雑な歩行者流動計測
・生成AIを用いた居心地評価
・モビリティ検知
・禁止行為検知
<b>Weakness (弱み)</b>
・リアルタイム処理（エッジ処理）
・AIサービスのパッケージング販売
<b>Opportunity (機会)</b>
・次世代ITS（生活道路対策）
・オーバーツーリズム対策
・公共空間警備効率化ニーズの高まり
・高槻市連携協定
・Location Mindとの連携
・道路空間活用の機運の高まり
<b>Threat (脅威)</b>
・各社がAI画像解析技術をパッケージ販売（パナソニック・富士通・シャープ）
・まちなかにおける画像認識系研究の蓄積

SWOT分析の結果をもとに、次に強みとなる各要素技術の開発およびフィールド実験を進めた。以下では特に、「複数カメラによる複雑な歩行者流動計測」および「生成AIを用いた居心地評価」について述べる。

### (2) 要素技術の開発およびフィールド実験

#### a) AIによる複雑な歩行者流動計測

歩行者を含む交通流を制御する交差点は、一般に需要や特性に応じて設計されている。特に、駅前や公共施設などの歩行者横断需要が極めて多い交差点や、歩行者と右左折車両との事故の危険性が高い場合はスクランブル方式が採用されている。その中でも特に歩車分離式信号で制御されているスクランブル交差点は、様々な方向から色々な動きをする歩行者交通の計測を正確に行うことが課題であった。

本研究<sup>17)</sup>では、交通流動把握を目的にスクランブル交差点を対象に、AI技術を活用した複雑な歩行者流動を計測可能なモデルを開発する。

## 1) 研究方法

下図に本研究で提案する手法の全体像を図 4-1 に示す。  
 ①対象交差点を撮影する複数台カメラを設置し、画像を取得する。  
 ②AI の一種であり高度な画像解析能力を有する深層学習モデルを用いて画像内の人物を検知する。  
 ③画像内の検知物体を追跡する Multiple Object Tracking(MOT)を用いて歩行者をトラッキングする。  
 ④カメラ画像内の人物検知の座標(以下、ローカル座標)を鳥瞰画像内での座標(以下、ワールド座標)に変換する。  
 ⑤カメラを跨いだ移動の際、ワールド座標の位置関係、移動方向や移動速度から同一人物を特定する。  
 ⑥同一 ID のワールド座標を取得することで、交差点内の横断軌跡を取得する。

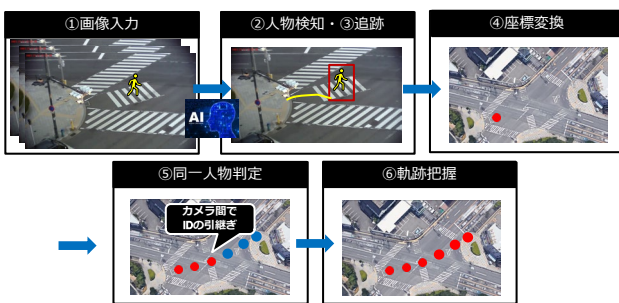


図 4-1 本手法の全体像

## 2) 結果

提案した手法により解析した結果をもとに精度を確認する。ここでは、横断人数に関する結果のみ報告する。

はじめに人物検知 AI の検知結果と目視確認結果を比較した。なお、歩行者と自転車の区別はなく人物を認識しているため、全通行者の合計を示している。表 4-1 に人物検知 AI の精度を示す。対象時間における横断者数は 146 人、人物検知 AI の計測結果は 136 人となり、人物検知 AI の精度は、95.2%と目視確認結果より少ない結果となった。表 4-1 に示す青信号の時間帯別に比較すると、数人の誤差である。計測結果の乖離が大きい 14 時 10 分頃の画像を確認した結果、人物検知 AI に検知されずに横断している事例がみられ、その多くが自転車に乗車した人物であった。

表 4-1 人物検知 AI の検知精度

時刻	横断人数 (人)	
	目視確認結果	AI判定結果
14時10分頃	34	33
14時12分頃	38	37
14時15分頃	37	34
14時18分頃	37	35
合計	146	139
検知精度	95.2%	

続いて横断パターンについて図 4-2 に示す横断パターン別に計測した。計測精度は、各横断パターンの AI 計測結果を分母、目視確認結果を分子とした精度の平均で

確認する。表 4-2 に示すとおり、目視確認結果と AI 計測結果では、最大 6 人の誤差であり、精度は 91.7%と横断人数の多寡は計測ができています。計測誤差は、人物検知 AI の未検知やオクルージョンによる ID の消失が原因であると考えられる。表 4-2 に示すとおり、②→④および④→②の斜め横断が多いことを確認した。これは、北東側(②→④の方角)に高槻市駅が存在しており、人の移動が多いことが要因として考えられる。



図 4-2 交差点の番号

表 4-2 横断パターン・横断時間計測の検知精度

横断パターン	横断人数 (人)	平均横断時間 (秒)			最大横断時間 (秒)					
		目視	AI	差	目視	AI	差			
①	②	16	10	6	14	12	2	21	17	4
	③	11	10	1	16	12	4	29	26	3
	④	5	4	1	12	6	6	9	7	2
②	①	3	1	2	14	11	3	20	11	9
	③	13	14	1	14	13	1	34	27	7
	④	17	18	1	15	14	1	34	22	12
③	①	8	9	1	16	13	3	21	19	2
	②	24	26	2	14	11	3	23	21	2
	④	4	1	3	7	6	1	7	6	1
④	①	14	17	3	22	11	11	25	15	10
	②	28	24	4	21	19	2	41	41	0
	③	3	5	2	8	7	1	8	8	0
精度		91.7%			78.5%			80.9%		

## 3) 考察

本研究では、交差点の横断時間計測における高度化・省力化を目的に、人物検知 AI およびトラッキング技術を用いた複数カメラの移動軌跡の計測手法を開発した。また、高槻市役所前交差点を対象とした実証実験を実施することで、その有効性を検証した。結果として、目視確認結果とのわずかなズレは生じたが、一定程度の精度は確認でき、現地での人手による交通量計測と比較して、調査時間やコストは削減できる可能性を示したと考える。ただし、上記では 10 分程度の撮影データを用いたが、信号現示時間は曜日や時間帯によって変わる可能性もあるため、数時間から数日の検証により高度化することも考えられる。

## b) 生成 AI を用いた居心地評価

近年、街路空間を「車中心」から「人間中心」のウォーカブルな空間に再構築し、人々が多様に活動できる場とする取り組みが世界中で進んでいる。我が国でも、大阪府大阪市の「御堂筋将来ビジョン」、兵庫県姫路市の「大手前通り活用チャレンジ」等がある。

そのような中、国土交通省では、ウォーカブルな街路空間の形成に取り組む団体の支援を目的に、「まちなかの居心地の良さを測る指標」等のガイドラインを公開した。

本研究では、AI 技術を活用し、街路空間の居心地の良さを自動的に評価するモデルを開発する。

### 1) 研究方法

当社現業部室、民間企業と連携し、実街路空間のカメラ映像、人間による街路空間の居心地の良さ評価資料等を収集する。収集した映像をもとに、生成 AI による街路空間の居心地の良さ評価モデルを開発する。

①カメラ映像と指示文章(プロンプト)に対して回答を生成する、GPT-4V 等の最新マルチモーダル生成 AI の調査・選定。

②選定した生成 AI を活用し、人間の評価形式と同様の回答を生成するモデルを開発 (図 4-3 参照)。

③適切な回答を得るための、生成 AI のハイパーパラメータチューニング、プロンプトエンジニアリング、カメラ映像の前処理等について検討。

④生成 AI と人間の評価結果を比較し、モデルの有効性を検証。



図 4-3 開発モデルイメージ図

### 2) 結果

マルチモーダル生成 AI には、最新モデルであり従来モデルよりも安価に使用できる GPT-4o を選定した。

精度検証は 2024 年 5 月に都内の公園で実施されたイベントを対象に、イベント時と平常時の画像を AI に入力し、居心地の良さを 4 段階で評価した。AI の結果とイベント来訪者に実施したアンケート結果を図 4-4 に示す。

AI とアンケート結果による評価が 2 段階以上乖離し

た項目はなく、AI による空間の評価は十分可能であることが確認された。また、AI に評価結果の理由を出力させたところ、画像内の人の年代や様子、施設や設備についても認識していることが確認された (表 4-3)。

対象期間	評価方法	Q1. 子どもを安心して遊ばせられる場所だと感じる	Q2. 滞在者・通行者同士がお互いに顔や名前を知っているように感じる	Q3. 誰でもここで好きな活動ができる場所だと感じる	Q4. 投稿用の動画撮影をしても良い場所だと感じる	Q5. ぶらぶらと歩きたい場所だと感じる
		イベント時	AI	4.00	2.00	3.00
	アンケート	3.31	2.86	3.03	3.08	3.00
平常時	AI	3.00	2.00	3.00	3.00	2.00
	アンケート	2.67	2.13	2.40	2.41	2.13

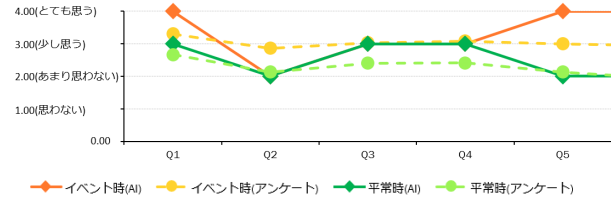


図 4-4 AI とアンケートの評価結果の比較

表 4-3 AI の評価結果と評価理由

質問	イベント時		普段	
	評価	理由	評価	理由
Q1 子どもを安心して遊ばせられる場所だと感じる	4	子どもが遊んでいる様子が見られ、安全そうな環境が整っているように見えるため	3	遊具があるため
Q2 滞在者・通行者同士がお互いに顔や名前を知っているように感じる	2	親しげに会話をしている様子は見られるが、全員が互いを知っているとは限らないため	2	小さなコミュニティの可能性はあるが、確証はない
Q3 誰でもここで好きな活動ができる場所だと感じる	3	様々な活動が行われている様子が見られるが、場所によっては制限があるかもしれないため	3	公共のスペースであるため
Q4 投稿用の動画撮影をしても良い場所だと感じる	3	撮影をしている人が見られるが、場所によっては許可が必要な場合もあるため	3	公共の場所であり、特に制限が見られないため
Q5 ぶらぶらと歩きたい場所だと感じる	4	開放的な空間で、散策に適しているように見えるため	2	広々としているが、特に魅力的な要素は見られない

### 3) 考察

AI は画像から人の様子や設備について認識しており、人がどのように感じるかという主観的な評価が可能であることを示した。一方で、表 4-3 に示す Q3 や Q4 の質問について AI は公共の場所であるということを経由して「3(少し思う)」という評価をしている。質問の意図は居心地の良さに起因して動画撮影などの活動を実施したいかであるため、評価基準が人と異なることで AI とアンケートの乖離が発生したと考えられる。

このことから、AI は質問文のみから質問の意図する内容を十分に汲み取れず、評価基準が人と異なる可能性があることが明らかになった。この課題については、質問文に評価の基準を明確に記載することで評価の精度が向上すると考えられる。今後は他地点にも適用し、入力プロンプト等の改善を図っていきたい。また、アンケート結果を蓄積し、性別や年代ごとの特徴を AI に学習させることで、指定した性別や年代目線の居心地の良さを評価するモデルの開発を実施したい。

### (3) サービス開発・営業活動

以上で開発した都市空間の監視・評価が可能な AI 解析技術シーズの社会実装に向けた営業活動を実施し、来期にいくつかのフィールドで実証実験を行う予定である。

## 5. 結論

インフラ管理の効率化・高度化に資するサービスの実現を目的として、今期は以下の成果を得られた。

また、国土文化研究所研究発表会にて研究の中間報告を行い、第 69 回土木計画学研究発表会・春大会に論文を投稿した。

- ・原水槽における水質異常検知モデルの構築およびアラートシステムの実装・実験開始
- ・排水処理施設管理者へのメール配信精度の向上
- ・ポンプ自動制御システムの実装・実験開始
- ・A 市下水処理場にカメラ設置・画像収集
- ・B 市下水管にカメラ設置・画像収集
- ・C 市ポンプ場にカメラ設置・画像収集
- ・越流判定モデルの構築
- ・高槻市役所前交差点の人流解析実験を実施
- ・都内の公園にて居心地の良さ評価実験を実施

本研究で開発したサービスにより、下記のような建設・土木分野の社会貢献が可能となる。

- ・カメラ監視作業等の単純な人力作業の自動化
- ・経験豊富な技術者の暗黙知の形式知化
- ・労働時間、人件費の削減

来期は、引き続き、水質異常検知サービス、都市空間監視サービスの開発および高度化を実施する。特に、排水処理施設における水質異常検知サービスは、今期でサービス化の目途がたち、来期はサービス化を主として、他の排水処理施設や下水処理場への展開を行っていく。さらに、保有技術を活用し、地方自治体や民間企業等をターゲットとした新たなサービスへの展開を検討する。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：メンテナンス実施現場における工夫部門「優秀賞」、[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance03activity/pdf07\\_26.pdf](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance03activity/pdf07_26.pdf) <(入手 2024.5.3)>
- 2) 株式会社パスコ：衛星画像と AI を活用して不法投棄の早期発見を目指す-茨城県と共同で目視に頼らない監視の可能性の実証に着手 - , <

- <https://www.pasco.co.jp/press/2024/download/PPR20240126J.pdf>>(入手 2024.12.4).
- 3) アジア航測株式会社：「地理空間情報×AI」の研究開発～AI による 3D 点群データの自動分類、衛星画像・航空写真の超解像、<[https://www.ajiko.co.jp/news\\_detail/1542](https://www.ajiko.co.jp/news_detail/1542)>(入手 2024.11.6).
- 4) 株式会社オリエンタルコンサルタンツ：インフラメンテナンス表彰（チャレンジ賞）の受賞、<[https://www.oriconsul.com/news/post\\_files/240305\\_newsrelease01.pdf](https://www.oriconsul.com/news/post_files/240305_newsrelease01.pdf)> (入手 2024.12.5).
- 5) ID&E ホールディングス株式会社：日本工営、八丈島で 3 種類のスマートモビリティ実証事業を実施、<<https://pdfirpocket.com/C9161/xMAT/Llo1/s14c.pdf>>(入手 2024.7.11).
- 6) 国土交通省：令和 4 年度末の汚水処理人口普及状況について、<[https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13\\_hh\\_000537.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000537.html)> (入手 2024.12.17)
- 7) 国土交通省：下水道の維持管理、<[https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd\\_sewage\\_tk\\_000135.html](https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000135.html)>(入手 2024.12.17)
- 8) 公益社団法人日本下水道協会、下水道統計, 2024, 2013, 2003.
- 9) 曾 翰洋, 鹿島 翔, 葉 健人, 土井 健司, 画像認識 AI モデルを用いた通行および滞留機能を考慮した歩行空間の性能評価の試み, 交通工学研究発表会論文集, 42 巻, 第 42 回交通工学研究発表会, p. 199-206, 2022.
- 10) 轟直希, 柳沢 吉保, 松本 詩季菜, 歩行者の表情に着目した新たな街路空間評価手法の検討, 交通工学研究発表会論文集, 43 巻, 第 43 回交通工学研究発表会, p. 383-387, 2023.
- 11) 高森 真紀子, 大久保 順一, 藤井 純一郎, 都市空間での人流解析における深層学習の応用, AI・データサイエンス論文集, 2 巻, J2 号, p. 113-120, 2021.
- 12) 高森 秀司, 吉田 龍人, 堀井 大輔, 菊池 恵和, 大久保 順一, AI による人流解析結果を介した歩道空間の特性把握の可能性に関する研究, AI・データサイエンス論文集, 4 巻, 2 号, p. 121-127, 2023.
- 13) 野地 駿吾, 岸本 達也, 画像認識による街路空間における歩行者の年齢, 男女比, 感情, および密度の分析, 都市計画論文集, 55 巻, 3 号, p. 451-458, 2020.
- 14) 三浦 詩乃, 宋 俊煥, 石塚 高秋, 画像処理および機械学習を用いた歩道に対するプレイス需要の指標構築に関する基礎的研究, 都市計画論文集, 58 巻, 2 号, p. 187-202, 2023.
- 15) 前田 旭陽, 伊藤 香織, 高柳 誠也, 都市景観要素としての人の存在, 都市計画論文集, 58 巻, 3 号, p. 1578-1583, 2023.
- 16) 小倉 悠太郎, 中村 一樹, 街路の画像認識による空間指標と主観評価の関係分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 78 巻, 5 号, p. I 153-I 161, 2022.
- 17) 宇都宮 優希, 田頭 直樹, 阿部 正太郎, 北川 照晃, 山脇 正嗣, 吉岡 正樹, スクランブル交差点における AI を活用した複雑な歩行者流動計測に関する研究, 土木計画学研究・講演集, 69 巻, 2024. (2025. 1. 10 受付)

## UTILIZING AI IMAGE ANALYSIS BUSINESS DEVELOPMENT OF DX SUPPORT SERVICES

Yutaka UTSUNOMIYA, Takashi NAKATA Katsuya KINOSHITA,  
Masaki YOSHIOKA and Takafumi MIZUNO

In recent years, Japan has been required to actively promote DX using new technologies such as AI (Artificial Intelligence) and IoT (Internet of Things) in order to solve issues such as increasing infrastructure management costs and a shortage of workers due to the declining birthrate and aging population. In addition, the CTI Group's business development targets include expanding orders from local governments and entering the private sector, and it is necessary to promote technological development and service deployment with this in mind in research and development.

In this paper, we propose a method to realize a service that contributes to the efficiency and sophistication of infrastructure maintenance activities by using images obtained from cameras and AI technology in order to achieve sustainable and effective infrastructure maintenance.

# CTIイノベーションに向けたAI技術開発研究

田頭 直樹<sup>1</sup>・平松 佑一<sup>2</sup>・高橋 巧武<sup>2</sup>・木村 拓憲<sup>3</sup>・宇都宮 優喬<sup>2</sup>・安富 達就<sup>2</sup>  
 西牟田 裕介<sup>2</sup>・原 祐樹<sup>2</sup>・早見 俊紀<sup>2</sup>・荒川 陸人<sup>2</sup>  
 コドラトウラ アフシャー<sup>2</sup>・北川 照晃<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社建設技術研究所 国土文化研究所 インテリジェンスサービスプラットフォーム  
 (〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5) E-mail: tagasira@ctie.co.jp

<sup>2</sup>株式会社建設技術研究所 国土文化研究所 インテリジェンスサービスプラットフォーム

<sup>3</sup>株式会社建設技術研究所 中部支社 道路・交通部 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1-5-13)

AI・ICTに関連する17本の研究開発を行った。主に、①物体検知と、AI OCRや骨格検知など異なるモデルを組み合わせて教師データ不要のゼロショットモデルを開発、②画像とテキストといった異種データを同時に扱うマルチモーダルAIの開発、③深層学習に物理法則を組み込んだPINNの精度改善、④勾配降下法を用いた因果分析モデルの実装と適用、⑤データ処理にLLMを活用したモデルの開発、⑥生成AIの利活用、⑦点群（モバイル端末のLiDAR）と3D画像生成技術を組み合わせた3Dモデリング手法の開発、⑧UAVデータ（撮影画像とSfM点群）による河道管理技術の開発、⑨Webアプリの実装を行った。

**Key Words** : Deep learning, multimodal, PINN, LLM, generative AI, LiDAR, 3D modeling, Web application

## 1. はじめに

近年、AIおよびデータサイエンス分野の技術発展が著しい。特に、Chat-GPTに代表される生成AI分野の技術革新により、自然言語の理解や画像生成など、従来は、人に依存していたタスクもコンピュータ上で処理できることが確認されている。また、画像検知など、従来からあるAIも様々な改良が進んでいる。これらは、コンピュータを活用したデータ駆動型の社会構築を促し、ICTを活用したDX化につながっている。また、政府の戦略においても、社会課題や災害への対応策として、さらには経済成長の原動力として、これら科学技術を用いたイノベーションへの期待が高まっている。

本研究は、上記の背景を踏まえ、自然災害への対応、社会インフラの長寿命化、調査や予測の高度化などの課題に対して、当社のAIおよびICTに関する研究開発を推進することを目的としている。本研究は、国土文化研究所に設置されたインテリジェンスサービスプラットフォームで実施しており、研究員は、複数の事業部門から派遣もしくは異動した者で構成されている。

本研究は、2023年～2025年にかけての研究となっており、2024年に実施した主な研究（進行中の研究を含む）を表-1.1に示す。本論では、これらの研究テーマうち、一番右の報告欄にチェックのついた研究を報告する。

表-1.1 主な研究テーマ (2024年)

研究名	事業部門			外部連携	報告
	流	交	環		
<b>(1) AI・データ分析技術の開発・推進</b>					
<b>識別系AI (画像、画像×テキストなど)</b>					
AI OCRによる車両の企業名自動判読	●				✓
AIを用いたアンケート集計分析の高度化	●				
骨格検知を用いた歩行者・モビリティ運搬者の判読	●				✓
マルチモーダルAIによる事故要因分析	●				
類似顔面検索AIの開発	●				
画像解析AIによる柱状図の土質区分判定		●			
野生動物検知システムの開発：クマ・イノシシ・シカ		●			
<b>予測・分析系AI (将来予測, 異常検知, 因果分析)</b>					
PINNによる波浪変形解析	●				
地震動を用いたダムのヘルスマニタリング手法の開発	●			●	
水文データの異常検知技術の開発	●				
インフラメンテナンスデータと因果分析を用いた構造物の劣化要因推定	●			●	✓
<b>言語系AI (自然言語, LLMなど)</b>					
建設資材価格調査支援システムの開発				●	✓
<b>生成系AI</b>					
生成AIによる議事録作成					✓
<b>(2) 革新的事業展開に必要な最先端CTの基盤的テーマの研究開発</b>					
<b>仮想空間技術 (デジタルツイン, 3Dモデルなど)</b>					
モバイル端末を活用したCIMモデル作成	●				✓
<b>センシングによるモニタリング技術 (IoT, UAVなど)</b>					
UAVを用いた河川管理の高度化	●			●	✓
SAR衛星を用いたモニタリング研究	●				
<b>実装技術 (エッジデバイス, クラウドなど)</b>					
Azureを用いたWebアプリ開発					✓
流: 流域・国土, 交: 交通・都市, 環: 環境・社会, 建: 建設マネジメント					

## 2. AI・データ分析技術の開発・推進

### (1) AI OCRによる車両の企業名自動判読（早見俊紀）

#### a) 研究の背景と目的

整備効果に関するアンケート・ヒアリング調査を効率的かつ効果的に行うためには、実際に道路や施設を利用した個人・事業者を特定する必要がある（図-2.1.1）。そのため、高速道路のICや施設の出入口等にビデオカメラや担当者を配置し、通過する車両を目視で確認する企業名読取調査が行われている。しかし、すべての車両を一台ずつ目視で確認しているため、時間・コストの負担が大きいという課題がある。

そこで本研究では、AIを用いてビデオカメラの映像からその地点を通過した企業名を抽出する技術を開発する。また、企業名に加え通過台数も計測することで、利用頻度の高い企業を抽出できるため、画像または文字情報から同一企業を判定し、分類する技術も併せて開発する。

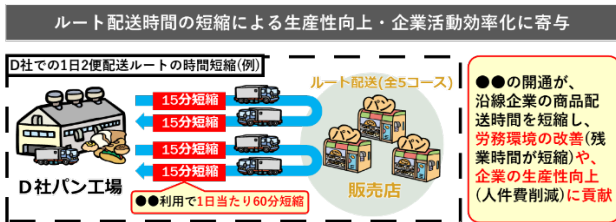


図-2.1.1 ヒアリング調査を基にした整備効果資料例

#### b) 研究の方法

- ①過年度の業務で実施した企業名読取調査において撮影したビデオカメラ映像から車両の画像を抽出する。
- ②企業名の読取にはOCRを用いて文字認識を行うため、高精度かつセキュアな Azure の AI OCR サービスを活用する（図-2.1.2）。
- ③同一企業の判定は画像と文字情報の類似度を用いる。画像のみ、文字情報のみ、画像+文字情報のうち最も精度が高い手法を採用し、同一企業の分類を行う。

解析対象は、既設カメラである CCTV カメラ（高所・低解像度）と調査時に設置したビデオカメラ（近距離・高解像度）の映像とし、最適な撮影条件についても整理する。



図-2.1.2 文字認識 AI

#### c) 結果

収集データが CCTV カメラのみだったため、その解析結果を示す。画像のみから特徴量を抽出した場合、車体

にラッピングされた文字やロゴではなく、車両の形状の影響が大きいことが確認された。そのため、企業名が記載されている荷台の背面のみを抽出する AI モデルを作成し、画像の類似度を算出した。同一企業の判定精度は向上したが、ラッピングの特徴が少ない企業の類似度が高くなる傾向があり、誤判定が多い結果となった（図-2.1.3）。



図-2.1.3 画像の類似度算出結果

文字認識 AI を用いて、車体にラッピングされている文字情報を取得した。文字認識 AI は画像内の文字をすべて抽出するため、一台の車両の画像から複数の単語が抽出される。単語同士の類似度が高い場合に同一企業として分類した（図-2.1.4）。

分類の結果、単語を正確に抽出できた場合は高い精度で同一企業を抽出できることが確認された。一方で、単語の文字と文字の間隔が広い場合は一文字ずつ別の単語として抽出されてしまい、判定精度が低下した。

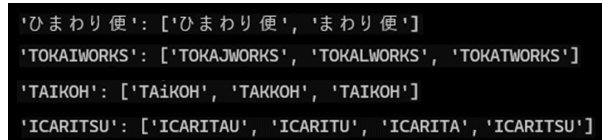


図-2.1.4 類似度が高い単語の例

#### d) 考察

車両の画像は時間帯や天候など撮影環境により特徴量に変化し、企業のロゴや文字が少ない車両の画像同士の類似度が高くなるため、画像のみで同一企業を判定することは困難であると考えられる。

文字情報は高い精度で同一企業を判定できるが、文字の認識精度は解像度に依存するため高解像度での撮影が必要である。また、同一企業の車両でも数種類のラッピングがあり、文字情報が異なる場合は、同一企業の判定が困難であることが確認された（図-2.1.5）。

今後は、文字情報が異なる場合の同一企業の判定を目的とし、画像と文字情報を組み合わせた手法について検討したい。



図-2.1.5 文字情報が異なる同一企業例

(2) 骨格検知を用いた歩行者・モビリティ運転者の判読  
(原祐樹)

a) 研究の背景と目的

近年、自動車の交通量調査ではAIを活用した検知・自動計測による業務効率化が進められている。一方で自転車歩行者の交通量調査では一般的な既往モデルの適用に課題がある。自転車運転者と歩行者が同じように検知され、令和5年には道路交通法が改正され新たに登場したモビリティは人として検知される。これらを検知・分類する場合、教師データを収集し学習することで検知する手法を用いる場合が多いが、人手と時間を要する。

本研究は新たなモビリティの出現にも迅速な対応が可能な既往モデルを活用した歩行者・モビリティ運転者の検知・分類モデルの開発を行い、受注拡大と業務効率化を図る。

b) 研究の方法

既往モデルを用いて2つの手法で検知・分類を行った。移動速度に着目した分類を手法1、手足の動きに着目した分類を手法2とした。

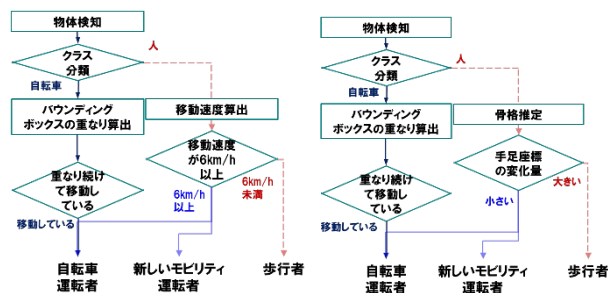


図-2.21 手法1(左)と手法2(右)のフロー

両手法ともに、①物体検知モデルで自転車と人を検知、②自転車・モビリティ運転者と歩行者との分類、③自転車と電動キックボードの運転者との分類の流れで進めた。手法2では物体検知モデルに加え、人の姿勢や動きを検知する骨格推定モデルを用いた(図-2.21)。

②と③は、表-2.2.1と表-2.2.2に示す条件を設定し分類した。手法1における運転者と歩行者の分類条件は、電動キックボードの歩道走行速度が6km/h、歩行者の一般的な速度が5km/h前後であることを踏まえ閾値を設定した。手法2では、移動時の乗り物運転者は手足をあまり動かさないことから、手足の座標の変化量の違いで分類した。両手法ともに自転車と電動キックボード運転者は、自転車と人のバウンディングが一定時間重なり続けて移動しているか否かで分類した。

表-2.2.1 手法1における分類条件

手法1 分類条件	自転車 運転者	モビリティ (自転車以 外) 運転者	歩行者
移動速度が6km/h以上	○	○	×
自転車と人のバウンディングが重なり続けて移動	○	×	×

表-2.2.2 手法2における分類条件

手法2 分類条件	自転車 運転者	モビリティ (自転車以 外) 運転者	歩行者
手足座標変化量が小さい	○	○	×
自転車と人のバウンディングが重なり続けて移動	○	×	×

c) 結果

自転車の運転者と歩行者を分類した結果を図-2.2.2、電動キックボードの運転者と歩行者を分類した結果を図-2.2.3に示す。手法1及び手法2ともに自転車と電動キックボードの運転者と歩行者を分類して検知することができた。

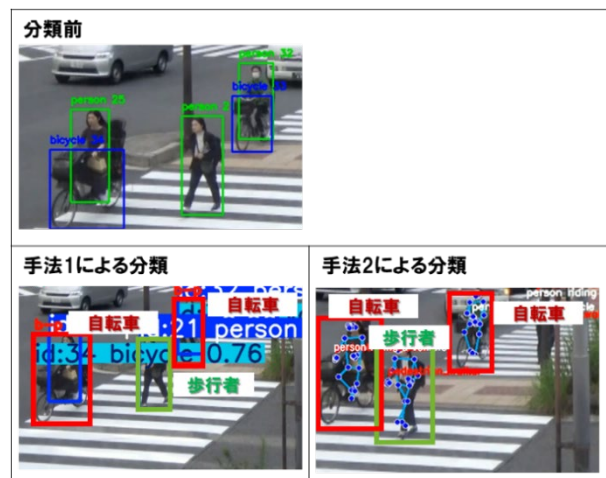


図-2.2.2 自転車の運転者と歩行者を検知・分類した結果

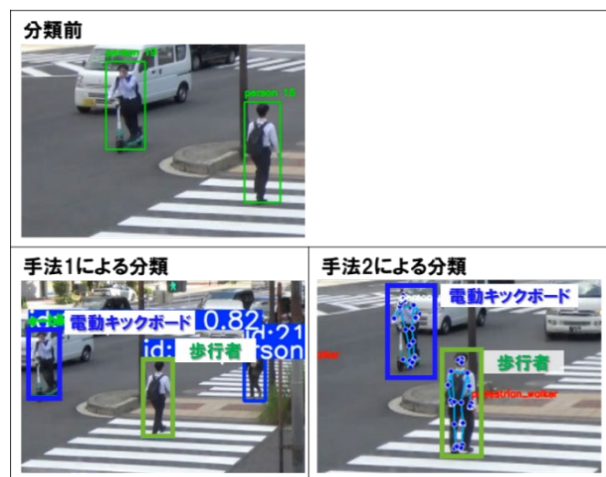


図-2.2.3 電動キックボードの運転者と歩行者を検知・分類した結果

d) 考察

大量の教師データを使用せずに、移動時の物理変化量や姿勢から自転車と電動キックボード運転者と歩行者を検知・分類することができた。一方、画角により検知・分類精度が低い場合もある。今後も既往モデルの更新状況に注視しながら精度向上を図りたい。

### (3) インフラメンテナンスデータと因果分析を用いた構造物の劣化要因推定 (田頭直樹)

#### a) 研究の背景と目的

多くの社会インフラは高度経済成長期以降に整備され、建設後 50 年以上経過する構造物が増加している<sup>2)</sup>。そのため、劣化進行前に予防保全を行い、構造物の長寿命化を図ることが期待され、道路橋では、2014 年以降 5 年間隔で近接目視の点検が実施されている。

本研究は、蓄積されつつある点検データに、マーケティング等の分野で活用されている因果分析を適用し、劣化要因の推定を行うことを目的とする。

#### b) 研究の方法

使用するデータは、全国道路施設点検データベース<sup>3)</sup>に 1 巡目と 2 巡目の道路橋点検データがある特定エリアのデータのうち、1 巡目の主桁の腐食が健全度Ⅱであるデータを対象とした。点検データは径間等で区分された部材ごとに記録されており、少数の長大橋にデータが偏重しないよう 1 橋梁から最大 3 つのデータを抽出した (N=459)。このほかに、近傍アメダスから抽出した気象データ、橋梁の交差物件といった地形データも用いた。なお、点検時に記録されている所見データは、形態素解析から抽出された重要な単語の出現状況に変換し、データに追加した。

因果分析は、健全度変化 (健全度Ⅱ→Ⅲに進行する or しない) を目的変数に、点検データ等の 52 項目を説明変数として行った。使用するモデルは、大量データの分析を得意とする NO TEARS を用いて実装した (表-2.3.1)。

また、比較対象として、同じデータを用いて決定木分析による影響要因も推定した。

表-2.3.1 因果分析の代表的なモデル

モデル	特徴	採用
ベイジアンネットワーク	条件付き独立を繰り返し実行し、変数間の関係性を特定し、ルールベース等で有向化する。ただし、全てのエッジの方向性を決定できない。	×
Direct LiNGAM	DAG (有向非巡回グラフ) の構造を直接学習 (= 因果方向も同時に推定) する手法であるため、有向化作業は必要ない。データは線形構造方程式モデルに従い、誤差項が非ガウス分布に従っている必要がある。特別な前処理は不要だが、大量データの処理には時間を要する。	×
NO TEARS	LiNGAM 同様に、DAG の構造を直接学習する。DAG の非巡回性を満たす重みの最適化を計算する。勾配降下法などの最適化手法を用いることで、大量データの計算が可能となる。	○

#### c) 結果

因果分析の結果を図-2.3.1 に示す。主桁の腐食を進行させる要因は、橋梁区分、平均年最深積雪、交差物件、所見 1 巡目キーワード、遮音壁有無、平均年降雪量、管理事務所であった。さらに、これら要因に影響を及ぼす間接的要因として、平均日最大降水量、平均年最高気温、総径間数、全幅員、桁形式区分、車線数が挙げられた。

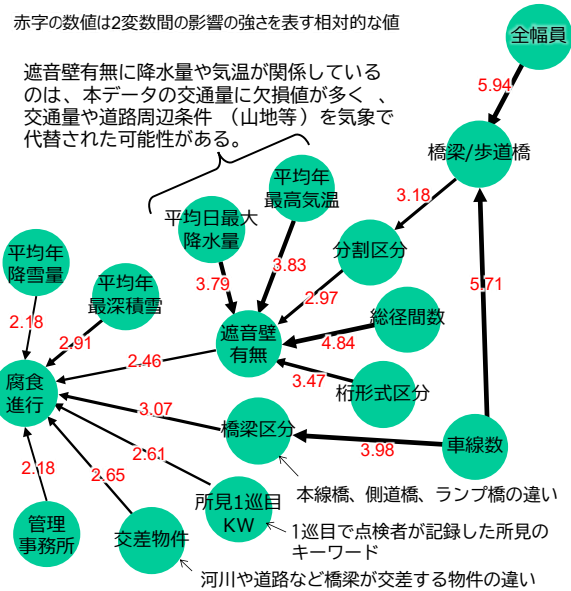


図-2.3.1 NO TEARS による因果分析結果

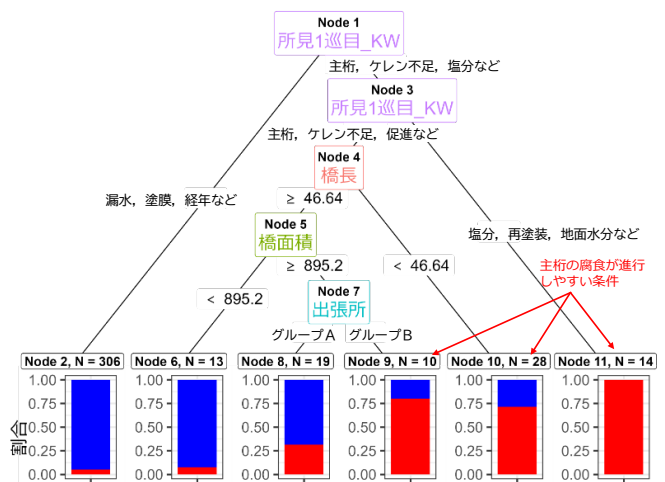


図-2.3.2 決定木による分析結果

決定木分析の結果を図-2.3.2 に示す。1 巡目の所見キーワード、橋長、橋面積、管理事務所が選定された。

#### d) 考察

因果分析で選定された影響要因のうち、1 巡目の所見キーワードと管理事務所は、決定木分析においても選定された。また、総径間数、全幅員、車線数は、決定木分析で選定された橋長や橋面積と類似する項目であり、因果分析結果を支持する結果となった。一方、決定木分析では、因果構造は把握できず、影響の強い要因に引っ張られて、因果分析に比べて影響要因の推定が限定的であり、影響要因の推定には因果分析の方が適していると考えられる。

今回実施した因果構造の探索は、変数Bは変数Aの影響要因であるといった技術者がもつドメイン知識を入れることで精度が向上する。今後は、ドメイン知識を因果分析に反映し、実用性を高めていきたい。また、推定した因果構造を基に、条件が変更となった場合の因果推定の把握も進めていきたい。

#### (4) 建設資材価格調査支援システムの開発(田頭直樹・木村拓憲)

##### a) 研究の背景と目的

適正な工事価格の積算のため、多くの建設資材は単価が決定されているが、一部の建設資材は、単価が設定されていない。このような特殊な建設資材は、個別に調査する必要があるが、資材価格は、地域性、原材料費やエネルギーコストの増減に影響を受ける。さらに、同種異名をもつ建設資材も存在するため、調査には担当する技術者の知識に依存する所が大きい。一方、経験豊富な技術者は、年々減少しており、資材価格の妥当性判断が、今後難しくなってくるのが想定される。

以上を踏まえ、本研究は、資材価格の調査支援を目的に、①過年度調査結果の有効活用、②LLMを用いた同種異名資材の検索、③主要な資材の価格帯表示を検討する(図-2.4.1)。

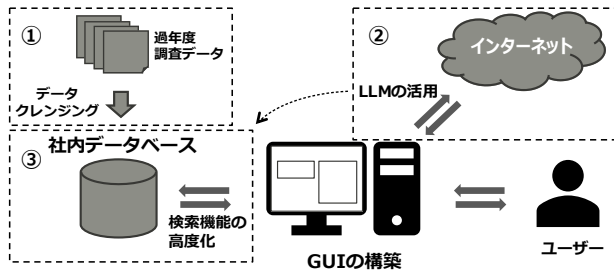


図-2.4.1 将来的な全体システムイメージ

##### b) 過年度調査結果の有効活用

過年度調査結果には、様々な表記ゆれが内在していたため、表記統一の自動化を行った。表記ゆれの修正例を表-2.4.1に示す。

表-2.4.1 主な表記ゆれの修正例

項目	修正例
全角、半角の混在	カタカナ → 全角, 英数字 → 半角
濁点、半濁点の重複	プ̣ → プ, バ̣ → バ
半濁点、記号°の混在	90° → 90° (左:半濁点, 右:記号°)
半角ハイフン、カタカタ	ロープ → ローブ (左:半角ハイフン, 右:カタカタの長音)
長音の混在	カタカナの長音
組み文字	(株) → (株), ㌔ → キロメートル
非常用漢字による誤入力	高 → 高, 横 → 横, 剥落 → 剥落など
記号の不整合	φ, Φ, ϕ → φ, X, X → X, - → -など
欠損値の統一	「-」などを空欄(nan)で統一
途中改行ある、なし	不要な改行の削除

##### c) LLMを用いた同種異名資材の検索

同種異名の建設資材の把握支援のため、LLM(大規模言語モデル)を用いたインターネット検索機能を実装した。LLMは、従来、コンピュータでは実現が難しかった自然言語を理解できる。一方、最新の知見や専門的な知識は未学習であり、これらの知識獲得には、多大な学習コストが必要となる。そこで、LLMを活用したインターネット検索により、同種異名資材の把握を支援することとした。具体的には、図-2.4.2に示す3つのQueryを事前に準備し、各Queryの{item}の部分に検索したい建設

資材名を格納し、インターネットから収集したデータから、LLMを介して、{item}と同種異名の建設資材をcsv形式で整理する。表2-4.2に検索した結果の例を示す。

Query1: 建設資材 {item} 別名

Query2: {item}の別名は、{item}の別称は、{item}の略称は、{item}の異なる呼称は

Query3: {item}と同じ建設資材で、別名又は異なる呼称又は略称がある場合は、1列目に{item}、2列目に{item}の別名又は異なる呼称又は略称、3列目に{item}の別名又は異なる呼称又は略称の説明をカンマ区切りで出力してください。

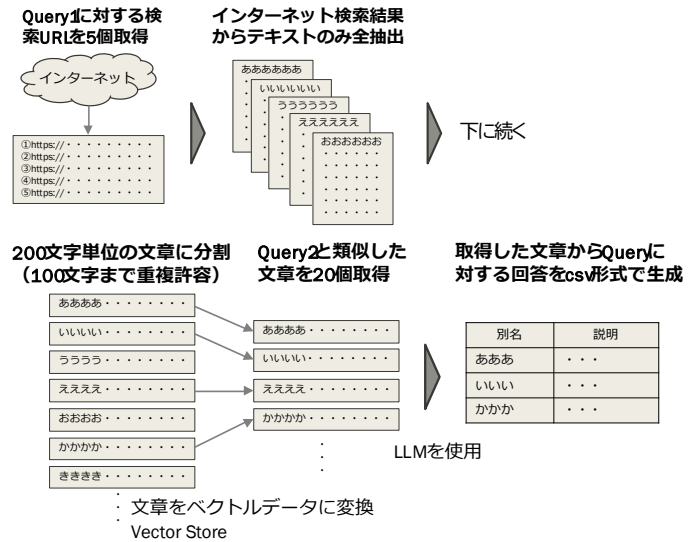


図-2.4.2 LLMを用いたインターネット検索フロー

表-2.4.2 プレキャストコンクリートの検索例

品名	別名又は略称
プレキャストコンクリート	PCa
プレキャストコンクリート	プレコン
プレキャストコンクリート	二次製品

##### d) 主要な資材の価格帯の表示

データ数の多いプレキャストL型擁壁を対象に、寸法と価格を抽出した。寸法の記載様式は多種多様であったため、正規表現を用いて抽出した。集中する価格帯では、価格が面積(長辺×中辺)に比例していた(図-2.4.3)。

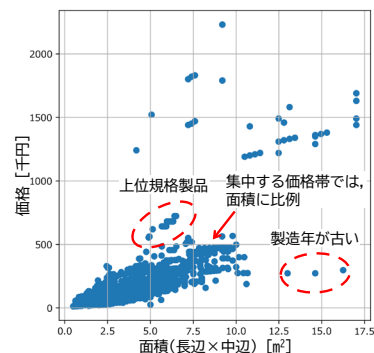


図-2.4.3 プレキャストL型擁壁の寸法と価格

##### e) 考察

正規表現を用いている部分は、LLMで代用・汎用化できる可能性もある。これらの検討を進めて、汎用性のあるシステムにしていきたい。

(5) 生成 AI による議事録作成 (高橋巧武・宇都宮優喬)

a) 研究の背景と目的

近年、音声データの利用が増加する中で、その秘匿性とセキュリティが重要な課題となっている。既存の音声処理サービスを利用する場合、音声データが外部のサーバーに送信されることが一般的であり、これによりデータの漏洩リスクが生じる。特に当社では、発注者から機密性の高い情報を含む音声データを貸与される場合があるため、既存のサービスを利用することはできない。

この問題を解決するために、音声データを社内で安全に処理できるツールを開発した。このツールは、音声データを外部に送信することなく、当社の Azure 環境内で処理を完結させることができる。これにより、データの漏洩リスクを大幅に低減し、機密性の高い情報を安全に取り扱うことが可能となる。

b) 研究の方法

本研究では、図-2.5.1 に示すようなシステム開発を実施した。このシステムは、Azure のクラウド環境下に構築され、Web ブラウザから利用できる。利用手順は次のとおりである。

- ①対面や Web 上の会議で録音した音声データをアップロード → ②音声認識 AI による話者分離・話者判定と文字起こしを実施 → ③生成 AI で文章整形や要約を実施 → ④議事録および要約版の生成

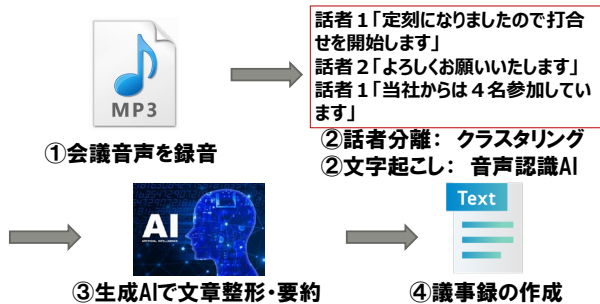


図-2.5.1 全体の流れ

話者分離は、クラスタリングを用いた話者分離手法を採用している。図-2.5.2 のように話者がどこまで発話し、どこで話者が切り替わったかを判定する。次に、話者分離した音声セグメントを、音声の特徴を基に、ユーザが事前指定した話者数に分類して、話者を判定する。

文字起こしは、OpenAI 社の Whisper を使用している。Whisper は、他の音声認識 AI と比較して高精度であり、多言語対応していることから評価が高いモデルである。また、ローカル環境でも使用でき、音声翻訳、ロボットの音声制御にも活用されている。

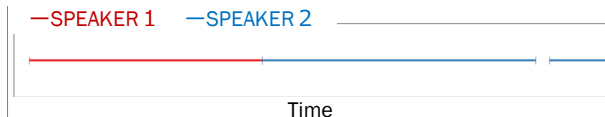


図-2.5.2 話者判定

文字起こし後のテキストは、句読点が不十分であることや、非常用漢字が使用されている課題がある。句読点については、生成 AI を用いて適切な位置に配置した。非常用漢字については、形態素解析で分割した単語に非常用漢字が含まれている場合は、生成 AI でひらがなに変換する処理を実施した (例: 雛形→ひな形)。

同一話者が連続する場合は、テキストを結合し、整形した一連のテキストに対して生成 AI による要約を実施した (図-2.5.3)。

なお、生成 AI は、入力できるデータ量に制限があるため、長時間の音声を一度に処理することはできない。そこで、本システムでは、分割文章を逐次要約する方法を採用した。

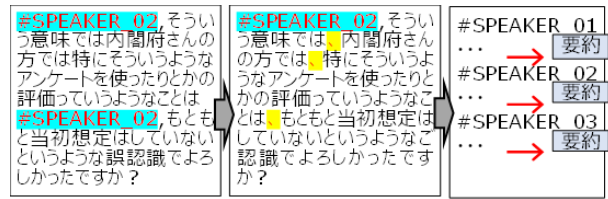


図-2.5.3 整形・要約の流れ

c) 結果

話者を分離・判定して、文字を起こした結果を図-2.5.4 に示す。音声データと比較した結果、高精度に文字起こしされ、話者判定は 100% の精度で判定できている。

十分なモデル精度が確認できたため、前述した一連の処理を Web ブラウザで実現する Web アプリを開発した。Web アプリ開発の詳細は、後述する。

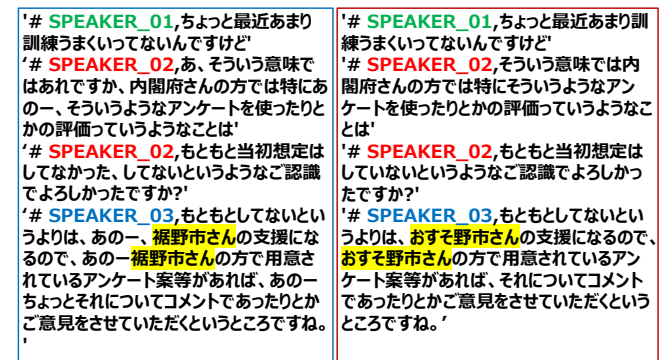


図-2.5.4 音声データと出力結果の比較

d) 考察

社内配信後には、多くの部室で活用されており、当社の需要に応えるシステムを構築できた。発注者が安心してデータを貸与することができるため、今後も利用拡大が見込まれる。

### 3. 革新的事業展開に必要な最先端 ICT の基盤的テーマの研究開発

#### (1) モバイル端末を活用した CIM モデル作成 (平松佑一)

##### a) 研究の背景と目的

近年、プロジェクト PLATEAU でオープンデータ化された 3D 都市モデルを活用し、ビジネスやコミュニケーションが可能な仮想空間が構築されるなど、建設分野においてもデジタルツインへの需要が急増している。

本研究では、デジタルツイン技術の有効な利活用を目的として、モバイル端末から取得したデータを CIM モデル化した。対象施設である開閉装置操作室 (床面積: 約 150m<sup>2</sup>) の部分改築にあたって、外形が把握できる詳細度の CIM モデルを作成した。既存の 2 次元図面から 3 次元図面を作成する際には以下の課題があるが、現地を直接スキャンする本手法を活用することで課題は解消される。

- ① 図面に未記載の設備が存在する (図-3.1.1)
- ② 高さ寸法不明な設備が存在する

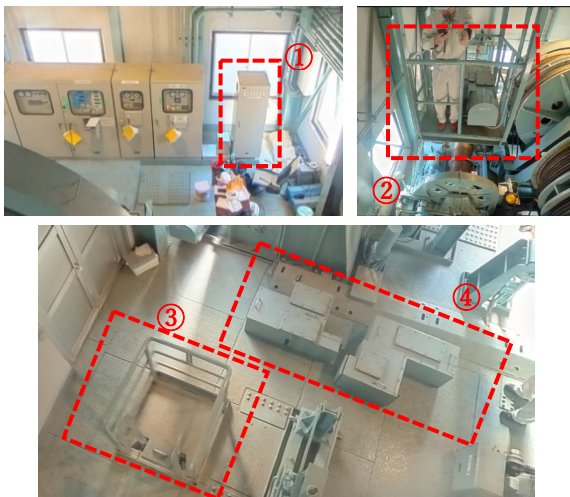


図-3.1.1 2次元図面に未記載の4設備

##### b) 研究の方法

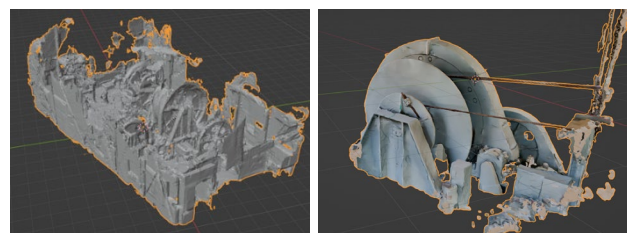
LiDAR センサ付きのモバイル端末を活用し、LiDAR 点群を取得する。LiDAR 点群データは、正確な座標情報が得られる一方で、オブジェクトの正確な形状把握のためには高密度点群の取得が必要である。高密度点群はデータ容量が大きく 3 次元化が困難であるため、低密度点群として取得している。また、モバイル端末で撮影した複数の画像を入力することで 3 次元モデルが構築できる NeRF は、現地の見た目通りの形状生成ができるものの、位置・大きさの補正が必要な相対座標で取得される。

オブジェクトの位置や大きさは、LiDAR による 3 次元データを参考に、NeRF によって生成されたオブジェクトを補正した。これにより、大きさ・位置・形状を正確に反映した 3 次元モデルを構築した。さらに形状把握可

能なレベルまで簡略化し、設備単位で形状寸法情報を付与した CIM モデルを構築した。

##### c) 結果

LiDAR 点群をメッシュ化した結果を図-3.1.2(a)に示す。LiDAR 点群をメッシュ化した場合、オブジェクトの位置は把握できるものの、点群密度の影響で、エッジ部が取得できておらず、一部欠損が見られるモデルとなった。NeRF で生成した 3 次元モデルの例を図-3.1.2(b)に示す。端部の欠損が見られるものの、現地の見た目通りの形状生成ができた。また、各設備の簡易モデル作成のため、3DCG 製作ソフトである Blender を用いて簡易的に形状を再現した。図-3.1.3 に再現したオブジェクトの例を示す。これを用いて各設備の配置座標、寸法形状を反映した 3 次元モデルを配置検討に用いる CIM モデルとして採用した (図-3.1.4)。



(a) LiDAR モデル (b) NeRF モデル  
図-3.1.2 取得した 3 次元モデル

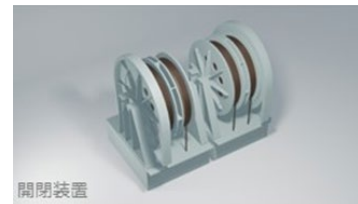


図-3.1.3 3DCG ソフトで作成したオブジェクトの例



図-3.1.4 CIM モデル

##### d) 考察

高価な測量機材を使用することなく、モバイル端末を活用して CIM モデルを構築し、検討の効率化が実現できた。2 次元図面に未記載の設備の位置や大きさが正確に再現され、外形が把握できる詳細度という要件を満たした CIM モデルの構築が可能となった。

## (2) UAV を用いた河川管理の高度化（平松佑一）

### a) 研究の背景と目的

直轄河川における河川管理施設の点検は、出水期前および台風期の年2回が基本とされている<sup>4)</sup>。目視による管内全域の点検に係る人的コストは膨大であり、効率的な河川管理手法が求められている。UAVを用いた空中写真測量は、導入コストや効率化の面からメリットが大きく、国土交通省が推奨するICT施工の一つとなっている<sup>5)</sup>。本研究では、UAVを河川管理へ活用し、効率化・高度化を目的に、UAV連続写真から得られるオルソ画像、SfM点群を用いた①河川管理施設の変状検知、②河道の局所洗堀深の特定（河道管理）に取り組んだ。

### b) 研究の方法

#### 【①河川管理施設の変状検知】

UAV撮影～変状判定・登録までの運用フローを図-3.2.1に示す。河川管理施設を画像・点群情報から自動的に抽出し、二時期の差分からその施設の動態観測を行う。低水護岸や根固工、固定堰等の河川管理施設は、現場条件に合わせた多様な特徴を持っていることを踏まえ、オルソ画像にゼロショットセグメンテーションを実施し、各セグメントのピクセル情報、点群配列などの各施設共通の特徴を抽出することで施設を自動判定している。

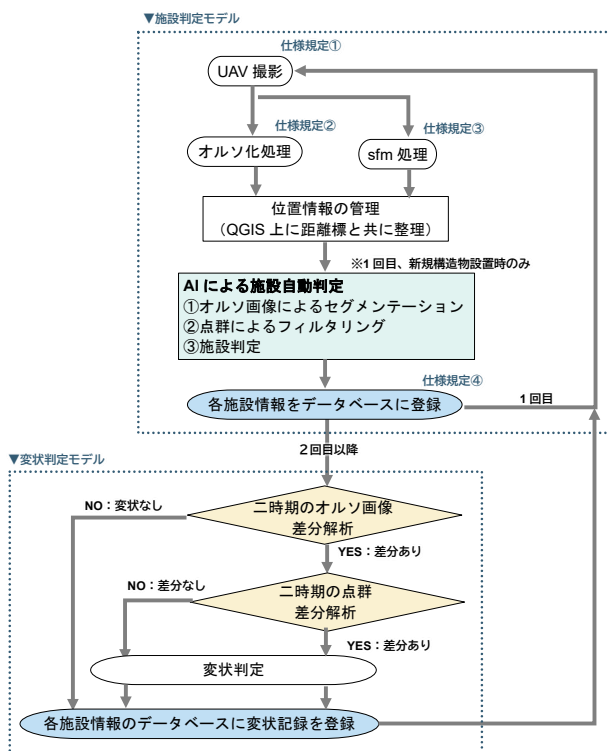


図-3.2.1 UAVを用いた変状抽出フロー

#### 【②河道管理】

検討対象箇所別途実施しているALBの結果から、正解の水深(DSMとDEMの差分)が得られている。これに対してオルソ画像、SfM点群からそれぞれ推定される水深を比較し、精度を検証した。オルソ画像から推定する方法として、推定箇所のピクセル情報を説明変数、

正解の水深を目的変数とした重回帰分析を試行した。一方で、SfM点群は、水域部で取得される点群は屈折率による補正が必要であることが報告されている<sup>6)</sup>。オルソ画像で検知した水域部のセグメントに対して、sfm点群の標高値を屈折率補正することで河床地形を推定した。水深標高と河床地形の差分から水深を算定した。

### c) 結果

#### 【①河川管理施設の変状検知】

オルソ画像に対するゼロショットセグメンテーションの結果を図-3.2.2に示す。検出対象である護岸や固定堰などの施設に加え、河道や砂州、堤防のり面といった領域に分割されている。そこで、護岸は勾配を有し規則的な凹凸がある、根固工は水面領域内で凹凸を有しているなど施設ごとに特徴を抽出し、各セグメント情報と施設の特徴を照合して自動分類するシステムを開発した。

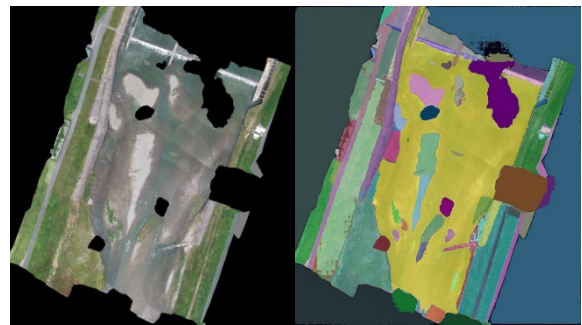


図-3.2.2 ゼロショットセグメンテーションの結果

#### 【②河道管理】

オルソ画像から重回帰分析によって作成した回帰式を適用した推定結果を図-3.2.3に示す。推定精度としてはRMSE: 0.2~0.4程度となった。また、2mを超える水深では精度が著しく低下する傾向がみられた。SfMについてはRMSE: 0.6~2.0程度で、1mを超える水深で精度が著しく低下する傾向となった。

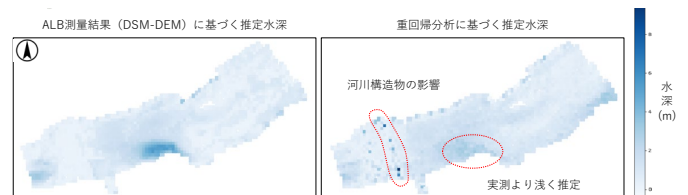


図-3.2.3 水深推定の結果（左：正解、右：推定結果）

### d) 考察

河川管理施設の変状検知は、施設の自動判定が一定の精度で可能であることが確認できた。UAVを活用して今後の河川管理に省力化できる可能性を提示できた。

河道管理は、一定水深以上では推定精度が著しく低下することが確認できた。特に、SfMの場合は、一定水深以上の場合や、水面の揺らぎ等で特徴点を検出できず、正しく点群生成ができない場合もあるため、画像からの推定と比べて十分な水深推定精度が得られなかった。今後の展開として、今回精度が得られなかった水深の大きい領域での水深推定方法を検討する予定である。

### (3) Azure を用いた Web アプリ開発 (高橋巧武・宇都宮優喬)

#### a) 研究の背景と目的

近年、企業におけるデータの重要性がますます高まる中、データのセキュリティと効率的な活用が求められる。このような背景から、web アプリ開発を実施した。実装した Web アプリは、社内データを外部に送信することなく、内部で処理を完結する。これにより、社内データの情報漏洩リスクを低減し、迅速なモデルの配布および更新を実現する。さらに、将来的には社外へのサービス提供手段としても活用でき、発注者や企業の DX を支援し、新たなビジネスチャンスを創出することが期待される。

#### b) 研究の方法

web アプリの全体構成を図-3.3.1 に示す。前述した「生成 AI による議事録作成」を対象に、Azure 環境内で web アプリ配信を目的としたシステムを構築した。フロントエンドおよび API の認証は、EntraID を用いた認証を実装しており、当社の Microsoft アカウントを利用した接続に対してのみサービスを提供する仕組みとしている。

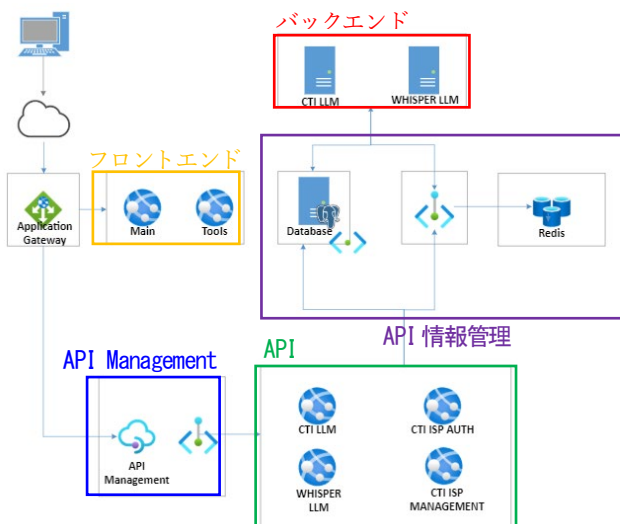


図-3.3.1 ネットワーク構成図

#### c) 結果と考察

web アプリを社内配信し、各部室で利用できる環境を整えることができ、現場の声をリアルタイムに収集することが可能となった。今後も、必要に応じて開発したモデルやシステムを公開し、利便性の向上に努めたい。

## 4. 研究全体の総括

2024 年は、進行中のものを含めて 17 の研究テーマに着手し、主に以下のようなテーマに取り組んだ。

- ①画像とテキストといった異種データを同時に扱うマルチモーダル AI の開発
- ②深層学習に物理法則を組み込んだ PINN の精度改善
- ③物体検知と AI OCR や骨格検知など異なるモデルを組み合わせ、教師データ不要のゼロショットモデルを開発
- ④勾配降下法を用いた因果分析モデルの実装と適用
- ⑤データ処理に LLM を活用したモデルの開発
- ⑥生成 AI の利活用
- ⑦点群 (モバイル端末の LiDAR) と 3D 画像生成技術を組み合わせた 3D モデリング手法の開発
- ⑧UAV データ (撮影画像と SfM 点群) による河道管理技術の開発
- ⑨Web アプリの実装

①～②は、昨年から取り組み始めたものであり、適用事例の拡大や精度改善が進んだ。③～⑨は、今期からの取り組みであり、LLM や生成 AI など新たな技術を取り入れた研究を進めた。さらに、Web アプリやマニュアル策定により、開発技術の現場への実装も進めた。今後も、最新技術の情報を収集して、研究を進めていく予定である。また、表-1.1 に示す「地震動を用いたダムへのヘルスマニタリング手法の開発」は、国土技術政策総合研究所の大規模河川構造物研究室と連携して研究を進めた。新たなモニタリング手法を開発し、社会実装につなげたい。

#### 参考文献

- 1) 内閣府：統合イノベーション戦略 2024 (2024 年 6 月 4 日閣議決定) <<https://www.8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/2024.html>>, (2024.12.25 確認)。
- 2) 国土交通省：社会資本の老朽化の現状と将来 <[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02\\_01.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html)> (2024.12.25 確認)
- 3) 日本みち研究所：全国道路施設点検データベース <<https://road-structures-db.mlit.go.jp/>> (2024.12.25 確認)
- 4) 国土交通省 水管理・国土保全局河川環境課：堤防等河川管理施設及び可道の点検・評価要領 令和 5 年 3 月, 2023.
- 5) 国土交通省：R6 ICT 活用工事 (土木) 実施要領 令和 6 年 4 月, 2024.
- 6) 齋藤正徳, 湧田雄基ら：UAV 写真測量による簡易な河川地形把握手法を活用した河道管理の検討, 河川技術論文集第 23 巻 pp.179-184, 2017.

(2025. 1. 10 受付)

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AI TECHNOLOGY FOR CTI INNOVATION

Naoki TAGASHIRA, Yuichi HIRAMATSU, Yoshitake TAKAHASHI,  
Hironori KIMURA, Yutaka UTSUNOMIYA, Tatsunari YASUTOMI,  
Yusuke NISHIMUTA, Yuki HARA, Toshiki HAYAMI, Rikuto ARAKAWA,  
Quadratullah AFSHAR and Teruaki KITAGAWA

In 2024, we initiated 17 research themes, and worked mainly on the following themes: (1) Development of multimodal AI that simultaneously handles such as images and text; (2) Improvement of PINN accuracy by incorporating physical laws into deep learning; (3) Combining different models such as object detection, AI OCR, and skeletal detection to develop a zero-shot model; (4) Implementation and application of a causal analysis model using the gradient descent method; (5) Development of models utilizing LLM for data processing; (6) Utilization of generative AI; (7) Development of a 3D modeling method combining point cloud (LiDAR on mobile terminals) and 3D image generation technology; (8) Development of river channel management technology using UAV data (captured images and SfM point cloud); (9) Implementation of web applications.

Themes (1) and (2) were started last year, and their application cases were expanded, while their accuracy was improved. Research on themes (3) to (9) began this year, and research incorporating new technologies, such as LLM and generative AI. In addition, we have also implemented development technologies into other department in our company through the creation of web applications and manuals. We plan to collect information on the latest technologies and continue our research in the future.

# インフラが地域の歴史・文化・社会形成に 与えた影響に関する研究 ～箱根温泉と草津温泉におけるインフラ整備と温泉文化の関係～

和泉大作<sup>1</sup>・篠木真千子<sup>2</sup>・田嶋千文<sup>3</sup>  
・内田大輔<sup>4</sup>・里見賢一<sup>5</sup>・荻野慎司<sup>6</sup>・秋山由季<sup>7</sup>

<sup>1,2,3</sup>株式会社建設技術研究所 国土文化研究所（〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 2-14-5）

E-mail:d-izumi@ctie.co.jp

E-mail : mck-shinogi@ctie.co.jp

E-mail : cfm-tajima@ctie.co.jp

<sup>4</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社交通システム部（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1）

E-mail : uchida@ctie.co.jp

<sup>5</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社水工部（〒330-0075 さいたま市中央区新都心 11-2）

E-mail : satomi@ctie.co.jp

<sup>6</sup>株式会社建設技術研究所 管理本部人事部（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1）

E-mail : snj-ogino@ctie.co.jp

<sup>7</sup>株式会社日総建 設計監理部（〒460-0003 名古屋市中区錦 1-5-13）

E-mail : y.akiyama@nissoken.co.jp

本研究では地域のさまざまな文化がインフラとどのように関係して現在に至っているのか、インフラが文化的価値の向上や社会の形成にどのように貢献してきたのかを箱根温泉と草津温泉においてインフラと温泉文化の関係について検討したものである。

その結果、インフラの発展が集客を支えたり景観まちづくりが温泉観光地の魅力を創出するなど、インフラの整備と温泉文化は関係が強く、温泉地の発展に寄与していることを説明することができた。

**Key Words:** *Effects of social capital development, civil engineering public relations, civil engineering heritage, regional revitalization, culture*

## 1. はじめに

インフラは、我々の生活に欠かすことのできない存在であるが、その重要性を「土木は必要だ」「インフラの整備は不可欠だ」と市民に発信しても伝わりにくく理解を得にくい。

本研究では、市民が毎日の生活や余暇の時間を過ごす中で常にインフラの恩恵を受けているという事実を、文化と関係付けることでその存在を知り、重要性や大切さに気付いてもらうことを目的とした。

本研究は2023年から2ヵ年計画で進め、1年目は山梨県内の食文化について、そして2年目は温泉文化についてインフラ整備との関係性を調査・検証した。

## 2. 研究の内容

### (1) 研究の目的

地域のさまざまな文化および社会現象の実態や要因の特徴、地域的な境界などを明らかにし、それらがインフラとどのように関係して現在に至っているのか、地域の経済的価値のみならず文化的価値の向上や社会の形成に、インフラがどのように貢献してきたのかを明らかにする。

研究の着眼点として市民にもなじみがある文化として温泉文化に焦点をあてた。温泉地は、インフラの整備がなされた歴史的背景や記録が残る地域を対象とするとともに、広く認識されている場所を選定した。そ

の結果、箱根温泉と草津温泉を対象にして研究を進めた。詳細を後述する。

## (2) 研究対象の文化について

### a) 文化の定義

「文化」については、以下に示すとおり閣議決定と文化庁で定義されている。本研究における「文化」については、閣議決定と文化庁の定義を踏まえ、③に定める通りとする。

#### ① 閣議決定

「文化」とは、最も広くとらえると、人間が自然とのかかわりや風土の中で生まれ育ち、身に付けていく立ち居振る舞いや衣食住をはじめとする暮らし、生活様式、価値観など、およそ人間と人間の生活にかかわることのすべてを意味する。また、人間が理想を実現していくための精神活動およびその成果である。

(引用：文化芸術の振興に関する基本的な方針 2007年2月19日閣議決定)

#### ② 文化庁の定義

人間が人間らしく生きるために極めて重要であり、人間相互の連帯感を生み出し、ともに生きる社会の基盤を形成するもの。より質の高い経済活動を実現するとともに、科学技術や情報化の進展が人類の真の発展に貢献するものとなるよう支えるもの。

#### ③ 本研究の文化の定義

一般社団法人日本温泉協会は「自然の恵みである温泉を通して、心と体を癒す日本国民全体の幅広い生活文化」と提言している。そこで本研究では、①と②を踏まえ、市民に理解してもらいやすいよう、泉質や利活用、宿泊施設、観光、地理的特性、気候・風土などといった温泉に関係するすべてを文化と定義する。

### b) インフラ整備と文化の関係

インフラ整備と文化の関係について、どのように関係するか進化パターンの仮説を立てた。これはインフラが先に整備されることによって文化が醸成されるのか、あるいは逆に文化があり、さらに醸成するためにインフラが必要とされるのかといった2つの仮説である。今回の研究では図-1に示す3パターンの関係があると考え、AパターンからBパターンの範囲で検証を試みた。

なお、昨年の食文化ではBパターンを仮説として設定し、証明した。

Aパターン「文化がインフラを充実させている」→人が集まり利便性や快適性といった環境を追求する。

Bパターン「インフラが文化を形成している」→交通や水利を充実させると多様な文化が生まれる。

Cパターン「人が増えインフラが必要とされる」→衛生面確保など原始的なインフラ整備。一方で都市

化が進み、やむなく整備が求められるインフラ整備も含めた。

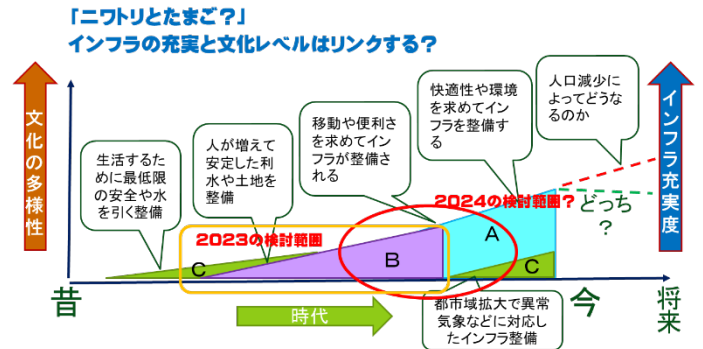


図-1 インフラ充実度と文化の多様性のイメージ

## 3. 研究対象地域（モデル地域）の選定に関する調査

### (1) 対象地域の調査の視点

#### a) 地域選定の考え方

検討にあたっては、以下の視点で各種の調査を行い、対象地域を選定した。

- ・有名な温泉地はデータも入手しやすく「インフラ」と「文化」の関係が見えやすい。さらに論文を読む人も理解しやすい
- ・インフラの整備によって何らかの変化が見える場所
- ・「インフラ」と「文化」の関係を説明できる「独自の温泉文化」がある場所
- ・温泉の成立経緯が異なっているところ（インフラの影響の違いを比較するため）

#### b) 調査対象としたインフラ

調査対象は主に、①「交流」や「移動」が生まれる交通に関するインフラ、②温泉地を自然災害から守るインフラ、③まちなみ整備などに関するインフラ、④温泉特有の配湯や水質処理に関するインフラ、⑤宿泊施設などの建築物などのインフラを対象とした。特に①については、古くからの記録が残されていると考え戦国時代以降を調査することにした。

以上の考え方を図-2にまとめた。

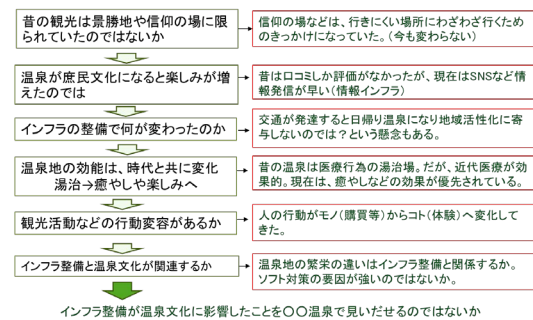


図-2 温泉地の調査対象地域の検討フロー

### c) 対象地域の特定

対象地域は交通インフラの整備状況、土地利用の変化、国立公園の指定、広域が狭小か、インフラ整備のキーマンの存在、認知度の高さなどの視点で検討した。認知度の高さについては、次のアンケート結果を参考にした。

- ・旅行雑誌のじゃらん net 会員アンケート 2023 「もう一度行ってみたい温泉地」  
1位) 箱根温泉 2位) 草津温泉
- ・観光経済新聞2024元旦号 旅行のプロが選ぶ「こっぼんの温泉100選」  
総合順位 1位) 草津温泉 8位) 箱根温泉

以上の項目を検討した結果、箱根温泉と草津温泉を対象地域とした。

## 4. 有識者・関係者ヒアリング

本研究を進めるにあたり、過去からのインフラ整備の経緯や、現在までにインフラがどのように温泉文化と関係があったのかを把握するために、インフラの専門家や対象温泉地のインフラ整備の履歴や温泉地の歴史などに詳しい有識者・関係者にヒアリングを行った。詳細は参考に記載する。

### (1) 箱根ヒアリングの概要

#### a) 箱根町郷土資料館

昔から箱根湯本は交通のボトルネックになっている。渋滞対策として南足柄市と箱根町を結ぶ「はこね金太郎ライン（県道731号）」が2021（令和3）年に開通した。

小田急線の新宿～箱根湯本を運行しているのは、現在はロマンスカーだけだが以前は急行電車も存在し輸送力が高かった。

観光客に箱根の中をどう回ってもらうのか、交通をどう結び付けるのが課題である。

箱根には江戸時代から宿場としてのインフラがあったためリゾート地として成立した。旅館は来客者の利便性のために明治初期に共同出資で道路開削などの整備をする気概があった。

#### b) 箱根町役場 都市整備課

交通の発達には箱根の繁栄に寄与しているが、道路が限られているので難しい。一般財団法人箱根町観光協会を中心に交通情報を出すなど施策を講じている。パークアンドライド（※1）については、駐車場を新設できる場所が無い。

はこね金太郎ライン（上り方面）については、国道246号のバイパス的な存在で渋滞緩和策道路ではあるが、町には副次的効果という印象である。今後必要なインフラは道路といえる。

### c) 箱根町役場 観光課

現在、オーバーツーリズムとは考えていない。ただし、従業員が不足し宿泊施設などでは稼働率80%といった状況にあるようだ。

交通渋滞によって町の人は不便を感じている。渋滞緩和策として駅前にペDESTリアンデッキを設置し、横断歩道を無くした結果、少し改善した。

駐車場不足は否めないが、国立公園のため規制がありタワー型の駐車場の新設は不可能といえる。

## (2) 草津温泉ヒアリングの概要

### a) 草津温泉の中和処理施設職員

品木ダムは、酸性水を中和することによってできた中和生成物を貯留するダムで、世界で初めて酸性河川の中和に成功した事業である。船により浚渫して土捨場に盛土して対応している。現在は、活性炭素繊維とチタン母材白金を用いて電気分解（中和）の実験が進められている。

### b) 草津観光協会

ハッ場ダム建設に伴うバイパスや上信自動車道の整備により、都心からの移動時間が約20分短縮された。

来訪者の交通手段は自家用車が多く、駐車場の不足が課題である。

観光施設事業は主に公営企業が担っており、バブル崩壊やスキーブーム衰退などの影響にも対応できている。

町長の黒岩信忠氏（2010（平成22）年～現任）は、若い女性をターゲットにすればSNS等で情報発信してくれると考え、景観に配慮することを重要視したまちづくりに取り組んでいる。

## 5. モデル地域の歴史・文化・社会形成に関する調査

### (1) 箱根温泉の概要

#### a) 地形・自然

箱根温泉は神奈川県足柄下郡箱根町の温泉の総称であり東京から約80kmの距離にある。箱根町は1936（昭和11）年に指定された富士箱根伊豆国立公園内に位置する。町の大部分は、高原と山岳地帯となっている。

#### b) 社会環境

##### ①人口・産業など

箱根町の人口は2020（令和2）年国勢調査では1万1,300人で1965（昭和40）年の2万3,500人をピークに減少傾向が続いている。

産業別就業者数は、「統計はこね」令和5年版によるとサービス業が一番多く全体の68%となっている。

観光客の動向は、入込観光客数1,951万人。内訳は宿

泊客 393 万人，日帰り客 1,557 万人となっている。うち、外国人の宿泊数は 34 万 3,826 人で宿泊客全体の 8.7% となっている（注 1）。

## ②温泉地の概要

湯本温泉の発見は奈良時代，宮ノ下温泉は平安時代とされているが，資料で確認できるのは鎌倉時代以降となる。豊臣秀吉が小田原征伐のために全国武将を集めて長期滞在したともいわれている。

【江戸】 源泉の周辺に入浴や長期滞在できる施設が整えられ，温泉集落が次第に形成された。江戸時代前期には湯本，塔之沢，堂ヶ島，宮ノ下，木賀，底倉，芦之湯の「箱根七湯」が成立していた。将軍への献上湯や大名湯治を契機に箱根温泉の名は多くの人々に知られるところとなった（注 2）。江戸時代後期になると庶民の旅が盛んになり，「一夜湯治」などと呼ばれた旅人たちの立ち寄り湯や，「七湯めぐり」といった温泉場への物見遊山の行楽も行われるようになるなど，現在の旅行の形に近い，楽しむために温泉を訪れる文化が開花していった（注 3）。

【明治～大正】 政府高官や実業家，横浜の居留地に住む外国人の保養地としての開発が進んだ。1873（明治 6）年に箱根を訪れた福沢諭吉は温泉場の繁栄のために道路整備を唱えた。この提言をきっかけに温泉場の主人たちが道路整備をはじめとするインフラ整備を行った。明治後期には別荘地の嗜好は海辺から山の方へと広がった。箱根は温泉も楽しめるとして実業家の別荘が次々と建設された。

【昭和～令和】 江戸時代は箱根七湯であったが，温泉の造成と供給，掘削，吸湯ポンプなどといったインフラ技術の向上により，現在では泉質や成り立ちが異なる十七湯の温泉場がある（一部では二十湯とする表記もあり）。

## c) 主なインフラ

### ①交通インフラ

小田原や箱根までの交通インフラの経緯を以下に列記し，変遷を図 3 に示す。

- ・江戸時代は東海道の箱根宿を整備。
- ・明治時代は東海道本線を整備，ただし御殿場線経由のため，当初は近隣に駅はない。同時期に馬車鉄道（後の箱根登山鉄道）が国府津～箱根湯本まで整備。
- ・1875（明治 8）年に国内初の有料道路（車道）として，現在の国道 1 号（箱根国道）を地元有志（旅館経営者など）の共同出資で整備。
- ・1927（昭和 2）年に小田原急行鉄道が新宿～小田原を整備。1934（昭和 9）年に丹那トンネル経由の短絡線（現在の東海道本線）が開通，小田原駅を整備。
- ・戦後に小田急電鉄は，箱根湯本までロマンスカーを乗り入れる。

- ・戦後に小田原厚木道路，西湘バイパス，箱根新道など高速ネットワークが充実。ただし東名高速道路からは外れた。

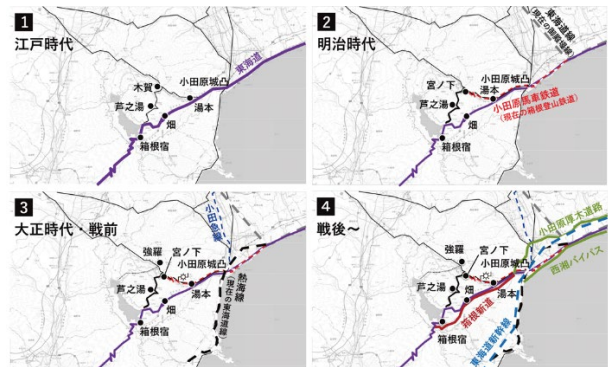


図-3 箱根温泉へのアクセスの変遷

箱根温泉エリア内の交通の変遷は，以下のとおりである。

- ・1919（大正 8）年には箱根登山電車が強羅まで達した。
- ・1950（昭和 25）年以降，ロープウェイや芦ノ湖の新たな観光船の運航など観光としても楽しめる交通機関が順次開通した。

### ②治山等のインフラ

箱根火山には 3 カ所（大涌谷，早雲地獄，湯の花沢）の噴気地帯があり，温泉地すべりが発生しやすい地帯である。これを受けて 2022（令和 4）年に火山避難計画を改定した。大涌谷での火山ガス，土石流の 24 時間計測やシェルターの設置，また，大涌谷地すべり防止施設，須沢・早雲山砂防施設などが整備されている。

### ③温泉供給のインフラ

1930（昭和 5）年に洪沢栄一らが，大涌谷の蒸気から温泉を造成して大量かつ安定的に供給する会社（箱根温泉供給株式会社）を設立した。蒸気井により造成した温泉は送湯管によって仙石原や強羅に運ばれている（写真-1）。



写真-1 大涌谷の蒸気噴出状況

### ④宿泊インフラ

箱根温泉は江戸時代後期の『七湯の枝折』には，7つ

の温泉場にあった 38 の湯宿について紹介されている。当時は原則として「三廻（みめぐり）」とあって、21 日間必要であったため、湯宿を利用するのが一般的であった（注 2）。

また幕末の開国以降、横浜居留地に住む外国人の避暑地として発展した。当時は開港場を中心に約 40km の範囲外への立ち入りは認められていなかったが、病氣療養などの理由があれば特別に行くことができた。箱根は外国人が訪れることができる数少ない保養地の一つであったため人気となり、そこに注目した横浜の実業家山口仙之助は、外国人専用ホテルとして 1878（明治 11）年に富士屋ホテルを開業した。

現在の宿泊施設数は「統計はこね」によると 2023（令和 5）年は 338 軒ある。総数として寮や保養所の閉鎖によって数が減り全体では減少傾向にあるが、旅館・ホテルは微増している。この結果、最新の町全体の収容人数は 2 万 4,000 人となっている。

#### ⑤その他のインフラ

1892（明治 25）年に温泉街に明かりを灯すために国内で 2 番目の水力発電所となる箱根電灯発電所が完成した。その結果、湯本および塔ノ沢温泉郷に供給し、200 灯の明かりを照らすことができた。また、小田原馬車鉄道（国府津～湯本）の電化のために須雲川沿いに湯本茶屋発電所を建設。1900（明治 33）年に完成し、現小田急電鉄の運行が開始された。この電気鉄道は 1919（大正 8）年に強羅まで延伸し、箱根登山電車となった。

## (2) 草津温泉の概要

### a) 地形・自然

草津温泉は、群馬県吾妻郡草津町にある温泉地で、上信越高原国立公園の区域内にあり草津白根山東麓の標高約 1,200m に位置する。そのために、冬の気候が厳しく、1897（明治 30）年までは旧暦の 10 月 9 日から翌年の 4 月 7 日まで宿を閉めて里に住む「冬住み」という風習があった。温泉は、自然湧出泉として湯量日本一であり、強酸性（pH1.6～2.1）で強力な殺菌力がある。

### b) 社会環境

#### ①人口・産業など

草津町の世帯と人口統計によると 1980（昭和 55）年の 9,341 人をピークに減少しており 2024（令和 6）年 12 月 1 日現在で町民は 6,025 人となっている。（注 4）

産業別就業者数は、草津町資料（注 5）によると宿泊業・飲食サービス業が最も多く 48% を占めている。

#### ②温泉地の概要

草津温泉は、観光経済新聞社が主催している「にっぽんの温泉 100 選」では 21 年連続 1 位を獲得している人気が高い温泉地である。

人気の要因は、強酸性で殺菌力の強い泉質が「万病に吉」とされ、療養泉・湯治場として長らく人気を誇ってきた。草津の地名が記録に現れるのは 1472（文明 4）年の本願寺蓮如の湯治記事が最初と言われている。その後江戸時代に入ると草津は徳川幕府の天領となり、「天下泰平」により多くの平民が湯治として草津を訪れ、湯屋や湯宿が整備された。その評判ゆえに遠隔地からも湯治客が訪れた（注 6）。

以降に歴史の変遷を述べる。

【江戸】 江戸時代には温泉宿が約 60 軒あり、年間約 1 万人の湯治客が訪れ、当時の温泉番付（『諸国温泉功能鑑』）では東の最高位として知られた。将軍への献上湯として江戸に運ばれた記録もあり、草津温泉のシンボルである名勝「湯畑」（湯の花の採取や湯音を調節する施設）には、現在も「将軍御扱上の湯枠」が残されている。また小林一茶や十返舎一九など著名な文人も訪れ、ゆかりのある作品を残している。

【明治】 傷や皮膚病などに効果があるとされ、全国から療養目的の湯治客が訪れた。特にハンセン病の患者が多く訪れ、現在も近郊に国立療養所や資料館が運営されている。この頃、時間湯と呼ばれる草津温泉独自の入浴法が確立された。日本に招かれたドイツ人医師のベルツ博士は、草津温泉の湯治効果を科学的に研究して国内外に論文発表するなど、医学的有効性を紹介するとともに、美しく豊かな自然に恵まれた世界第一級の温泉保養地として称賛した。

【大正～戦前】 大正末期に草軽電気鉄道が軽井沢～草津で開通すると、保養目的の観光客が増加した。近隣にスキー場が開かれると冬も楽しめる観光地となり、日本で最初の民間用リフトが設置された。

【戦後～】 周辺の国道が整備されてバス路線が充実したことで、町役場が周辺の景勝地と結び付けた総合的な開発を進め、高原リゾート地として発展していく。

### c) 主なインフラ

#### ①上水道

草津町の水道は、給水量の増加に伴い、多くの水源を開発してきた。その水源の多くは、良質な水質を求めて山林奥地の湧水とし、自然流下方式で浄水場へ導水している。すべての水源地で水道水質基準を満たしているが、一部では pH が低いため調整し消毒して供給している。草津町水道事業ビジョンによると草津町上水道事業は、1956（昭和 31）年に計画給水人口 7,890 人、計画 1 日最大給水量 1,973 m<sup>3</sup>/日の規模で創設されている（注 7）。

#### ②交通インフラ

江戸時代は、草津を通る草津道が脇往還として整備されたが、難所が少なく多くの人が通行したと言われ

ている。交通機関が導入されたのは1908（明治41）年で、渋川～草津に乘合馬車が開通している。1926（大正15）年には草津電鉄として草津～軽井沢の55.5kmが開通し草津温泉の発展につながったが1962（昭和37）年に廃線となった。また鉱石を輸送する軍需目的で開業した吾妻温泉馬車軌道が端緒となり、1945（昭和20）年に渋川～長野原（現：長野原草津口駅）間に長野原線（現：JR吾妻線）が開業、1997（平成9）年には北陸新幹線（軽井沢駅）が開業した（注8）。

現在の公共交通機関は、長野原草津口駅または軽井沢駅からの路線バスか、首都圏の主要駅から高速バスのどちらかとなるため、アクセスは至便とは言えない。交通インフラの変遷については図-4に示す。

現在の来訪者の交通手段は草津町観光協会のヒアリングによると、自家用車が最も多く、鉄道＋路線バス、高速バスの順となっている。

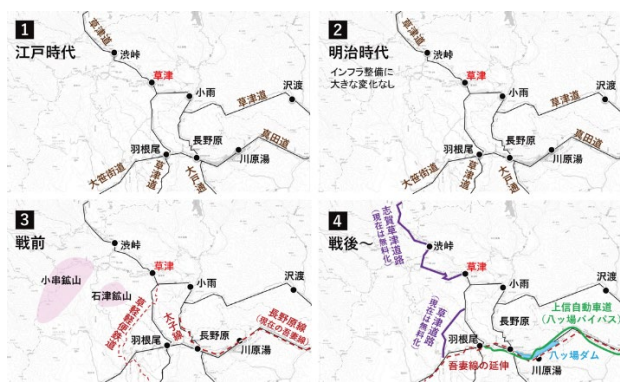


図-4 草津温泉へのアクセスの変遷

### ③治山のインフラ

浅間山や草津白根山などの火山が連なるため、土砂生産が著しく、直近では2018（平成30）年の草津白根山噴火による不安定土砂から国道292号や下流の草津温泉エリアなどを土砂災害から保全するために2024（令和6）年に振子沢砂防堰堤が完成した。

### ④温泉関係のインフラ

草津町周辺は、利根川水系の吾妻川流域に位置する。硫黄を多く含んだ草津白根山に降った雨が地下に浸透し、硫黄成分が溶け込むことで日本有数の酸性泉が湧き出し、温泉として利用された後に下流の河川に流れ込む。加えて、鉱山跡からの酸性廃水が流入することで、吾妻川は魚や昆虫も生息することができない。さらに、この酸性河川は下流のコンクリート構造物や鉄骨部材などを急速に劣化させてしまうため酸性河川の水質改善を目的とした、世界初の中和事業が1964（昭和39）年から行われており、支流に建設した2つの中和工場（草津中和工場・香草中和工場）と中和生成物を貯める品木ダムの整備により下流河川の水質の安定化を図っている（写真-2）。



写真-2 中和処理施設

草津温泉の源泉の一つである万代鉱源泉は約95℃の高温であり、プレート式熱交換器を使用して水道水と熱交換することで温度を下げ、宿泊施設などに配湯されている。

温められた水道水は温水として各家庭や宿泊施設などに給湯されるほか、道路の融雪や公共施設の暖房にも利用されている。各家庭に給湯器は必要なく、CO<sub>2</sub>削減量は年間約1.6万tCO<sub>2</sub>である。

### ⑤宿泊インフラ

湯畑周辺を中心に町が形成され、面積も狭いことから規模の小さな個人経営の宿泊施設が多く、江戸時代からの由緒ある旅館もある。後継者問題はありますが、売りに出た物件は隣人や外部からすぐに買い手が見つかる状況である。近年は、建設中を含めて大型ホテルも増加しており、観光客層の多様化に繋がっている。

### ⑥まちづくりのインフラ

現在の草津温泉の景観を印象付けるまちづくりでは、中心部の再開発が昭和50年代より一気に進められ、1975（昭和50）年に、岡本太郎の設計により湯畑が整備された。

1988（昭和63）年には「歴史と伝統を守る会和風村」が組織され、住民を中心としたまちづくりが進んだ。

バブル崩壊後の1999（平成11）年には「草津温泉ブラッシュアップ計画」が策定され、温泉文化を見直し現代風にアレンジした湯治場を再現している。

2001（平成13）年には、草津は季節を問わず、売りは温泉そのものとした「泉質主義」宣言が発表され、現在でも草津において大きく掲げられている。

近年では、リゾート開発によりき損した景観を整備するため、黒岩町長を中心に、歴史と個性を生かした景観まちづくりが住民主体で推進されている。湯畑を中心に景観形成重点地区、国道・沿道、住宅地、高原を景観形成推進地区と定めて、建物の高さや色彩など細かい景観形成基準を設けている。

2009（平成21）年に景観行政団体となり、国土交通省の「街なみ環境整備事業」を活用して補助金を受け、

2017（平成 29）年度の都市景観大賞（国土交通大臣賞）を受賞し、住民の思いが形になったボトムアップ型のまちづくりの優れた事例として紹介されている。

## 6. インフラと文化の関係性

「2. (2)b インフラ整備と文化の関係」で述べた仮説を検証するためにインフラの整備効果が地域の文化へどのような影響を与えたのかを比較するために両地区の特性を述べる。

### (1) 箱根温泉のインフラと温泉文化の関係性

箱根の温泉文化の発展には交通インフラの影響が大きい。箱根温泉は元々湯治場として利用されていたが、江戸時代に温泉場からも近い東海道が整備されて人の往来が増えていった。江戸時代後期に一夜湯治が認められてからは、温泉地が療養から慰安の場にシフトしたことで、便利な移動手段が求められていった。「5(1)c)①交通インフラ」でまとめたように、江戸時代から戦後にかけて交通インフラが充実したことにより、東京からのアクセスが向上し、箱根温泉エリア内においても、箱根登山電車、箱根ロープウェイ、観光船などの運行（航）によって周遊性が高まり、エリア内を広くカバーできるようになった。

交通インフラ以外にも、温泉文化とインフラの関係性は多岐に及ぶ。治山インフラでは、早雲山や大涌谷などの噴気地帯には砂防施設が整備されて、温泉場の安全が守られている。配湯インフラでは、大涌谷の蒸気を使って安定的に温泉を造り、強羅や仙石原に供給することにより温泉エリアの拡大にもつながっている。また、豊富な水量を有する早川や須雲川があることから、ホテルや電車の電力確保のために水力発電所が各所に整備されて現在も使用されている（写真-3）。

これらの多様なインフラを整備した結果、箱根温泉の各所の温泉やアクティビティを楽しむことが出来るようになり、国内でも著名な温泉地を作り上げてきた。



写真-3 山崎発電所取水堰（土木学会推奨土木遺産）

### (2) 草津温泉のインフラと温泉文化の関係性

草津温泉は、都心からどの交通機関を用いても3時間以上を要する不便な場所に立地する。1964（昭和 39）年に有料の草津道路（現在は無料）が完成してアクセスが容易となった。

「にっぽんの温泉 100選」で21年間連続1位（注9）になる要因は、酸性が強い泉質と日本一の自噴湧出量を誇る温泉自体である。強酸性の泉質であるため、配湯するためには腐食に強い独自の配湯インフラが必要であり、河川への排水も中和処理を行う必要がある。この中和処理施設が整備されたため、持続可能な温泉が成立している。

また、交通インフラは過去には草軽鉄道が運行した時期もあったが、廃線となり自動車交通に頼るしかない。このような中、近年八ッ場ダムで整備された付け替え道路や新規トンネルによってアクセスが向上した。現在では上信自動車道の整備が進められ、上信道・吾妻西バイパスが2024年3月20日に開通して渋川伊香保IC～草津までの所要時間が従来の1時間半から1時間に短縮され、都心からも3時間程度でアクセスできるようになった。また、多くの来訪者に対しては高速バスを増便しており、温泉中心地でのバスターミナル増設や、立体交差事業により混雑解消も実現している。

まちなみ整備については過去からこだわりがある地域で現在も若い女性をターゲットにして東京にはない空間整備を方針に掲げ、デザイン性が高い施設の整備や夜間のライトアップにも注力して新たな草津温泉の景観を創出している（写真-4）。



写真-4 景観に配慮された草津温泉の状況

### (3) 箱根温泉と草津温泉の特徴の比較

箱根と草津のインフラ整備と温泉文化の関係を述べてきたが、温泉地に行く目的という切り口から両地区の特徴を関連するインフラとともに整理したのが図-5である。



図-5 両地区の温泉地に行く目的のイメージ

温泉地の全体に対して共通していることは、人々は温泉地に非日常空間や癒しの場を求めていることである。石川理夫氏の『温泉の日本史』（注 10）には、心惹かれ、心身ともに癒される理由として、温泉の温もりや多彩な個性だけでなく「街並み景観、伝統的な建造物のたたずまいや醸し出される情緒などによって、深い安らぎと非日常の解放感を味わう」としており、「温泉地の人々が長い年月を重ねて育んできた歴史的文化的な温泉地域資産とも言えるべく、貴重な蓄積の成果そのもの」としている。歴史ある箱根と草津も温泉地の人々が景観やたたずまいを個性として大切に育んだため魅力につながっていると考えられる。

次に、それぞれの温泉地の特徴について触れながら比較した。

箱根温泉は、都心からの交通インフラに恵まれており、自動車や鉄道を利用すると 1 時間半程度で訪問することができる。草津温泉と比較すると、温泉地域は広大で、十七湯もの多種多様な温泉が点在し、さらに国立公園内であるため火山活動によって形成された地形や豊かな生態系と触れ合う自然環境がある。また、仙石原を中心とした美術館や博物館、箱根関所を含む旧街道などエリアごとに個性があり温泉以外の観光が楽しめる。エリアを周遊することが出来る多様な交通インフラが整備されていることが特徴である。

草津温泉は、都心から距離が遠く移動時間も 3 時間以上を要するが、「泉質主義」を打ち出しているように日本一の自噴湧出量と強酸性の泉質を誇るため人気を獲得している。特に湯畑は温泉の温度調節だけでなく温泉地のランドマーク的な存在にもなっている。温泉街は非常に狭小だが、温泉そのものを楽しみつつライトアップやおしゃれな店構えなど巧みに演出されたまちを気軽に散策できるなど、若い女性からも大きな評価を得ていることなどが特徴である。

箱根温泉は、温泉に加えてエリアごとの個性を楽しむことができる一方で、草津温泉は温泉そのものを楽

しむといった違いがそれぞれの特性の違いになっている。

## 7. 結論

### (1) 本年の研究のまとめ

箱根温泉と草津温泉の現在までの発展の経緯については違いがあり、それぞれにインフラの整備の方法にも違いがあることがわかった。

#### a) 箱根温泉

箱根温泉は、東海道に近かったため江戸との往来が多く知名度が高かった。そのため道路などの整備も明治初期からなされていた。さらに道路だけでなく鉄道の整備も加わって多くの人を温泉地に運ぶことが可能となった。このように箱根は交通インフラの整備が繁栄のきっかけになったことが確認できた。

さらに、温泉客の増加とともに多種多様なインフラが整備されていった。例えば大涌谷の蒸気井温泉などの整備により新たな温泉エリアが広がった。また、水量が多い地形条件を生かして水力発電所が整備され、夜間照明の充実や鉄道の電化をもたらした。

このように、箱根温泉は東京から交通インフラで結んだ結果、多くの温泉客を集め、快適かつ安全な温泉街を担保するために各種インフラが整備されたことで人気の高い温泉地になったことが確認できた。

#### b) 草津温泉

草津温泉は、道路改良や高速バスの増便により交通の利便性は向上したものの、相変わらず都内から 3 時間を要する。

しかし多くの人を魅了するのは、強酸性の泉質と独自の景観を醸し出したまちなみを有するためである。

なお、人々が求める強酸性の温泉排水は酸性河川の流下水とともに下流環境への影響も少なからずあり中和処理施設が必要であった。これにより水生生物も棲める環境が取り戻された。この中和処理施設は大規模であり、近代の土木技術がなければなし得なかった。

#### c) まとめ

今回の「インフラ整備と温泉文化の関係」研究では、温泉文化の発展とインフラの整備状況を時代の変遷と照らし合わせて分析したところ、「温泉文化がインフラを充実させている」とした A パターンであることが証明できた。

その根拠となる流れは次の通りとなる。

- ①両地区ともに恵まれた「温泉」という文化を有していた
- ②江戸時代から湯治客でにぎわいを見せていた
- ③より多くの湯治客が集まるようになると、さらに利便性や快適性を向上させるためにインフラが整備されていった

④さらに多くの人々が訪れるようになると社会的知名度も上がっていった。また、温泉に求めるものも「湯治」から「癒しや非日常体験」へと移り変わり温泉観光へと変容した

⑤行ってみたいと思わせる街づくりや観光施設の充実が奏功し、国内だけでなく世界にもその名を知られるようになり、現在ではインバウンド客も増加している状況である

以上のように、温泉文化が発端となって温泉地に求めるさまざまなニーズに応えるためインフラを整備・充実したことで現在の温泉文化（温泉地）の地位を確立したのである。結論からいうと、温泉文化の発展はインフラ整備・充実があったからだと言い切れると考えている。

## (2) インフラと文化研究の結論

### a) インフラと文化の関係

昨年はインフラと食文化の関係について研究を行った。今回の温泉文化との2年間の研究を通じて得られた結論について以下にまとめる。

食文化とインフラとの関係については、山梨県をフィールドとして研究を行った。山梨県と言えばフルーツの産地として有名であるが、そのきっかけになったのは戦国武將武田信玄が指揮を執り、耕作地を氾濫から守るための治水技術に端を発するものであった。その後には、現在のぶどう畑が広く分布するエリアに国内でも有数の大規模な砂防事業が実施されたことでぶどう園が広がりワインの生産地にもなった。

この生産物を鉄道および高速道路などの交通インフラによって都市圏に円滑に出荷ができるようになり、今の山梨県の食文化が発展していく経緯をインフラ整備と合わせて結びつけることができた。

これは仮説のBパターン「インフラが文化を形成している」を証明できた。

今年の温泉文化の研究では、前項目で述べたとおりAパターンの証明ができた。

### b) 2カ年の研究結果の総括

2カ年の研究結果を考察すると、Aパターン（温泉文化）、Bパターン（食文化）のどちらにしても、インフラが整備されたことで固有の文化が広く社会に認知され、産業にまで発展し結果として地域社会の活性化につながったと結論付けることができた。

今回の研究においては、インフラが整備されることによって、人を呼び、新たな価値観が創出され、もともとあった文化が醸成することで地域の起爆剤としての産業を成立させていったことが確認できた。

地域の祭りなどを例にとってみると文化は単独でも成立するが、インフラを整備することによって文化が多様化するということが証明されたといえる。

このようにインフラと文化は密接に関係しており、文化の繁栄が進むとさらに利便性や快適性の向上を求めたインフラが整備されていくスパイラルアップの関係にあることも突き止めることができた。

本研究で知り得た結果を生かしていくために、私たちの一連の生活において、インフラが深くかかわっていることについて、今後は広く市民に伝えていくための活動につなげていく予定である。

## (3) これからのインフラに求められる機能の提案

今後、人口減少時代や高齢化社会を迎えるなかで、インフラに求められる機能は安全・安心に加えて「真の豊かさ」を実現することが重要と考える。

その手法のひとつの例として、内閣府が唱える経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会（Society 5.0）の実現に必要なインフラ整備が考えられる。両地区の温泉のヒアリングなどから把握された現在有する課題の解決を行うことができる将来的なインフラに求められる機能を検討した。

### ①箱根温泉に求められているインフラ

箱根温泉は明治以降の交通インフラの整備により、道路・鉄道の充実が図られてきたものの、現在でも観光シーズンは激しい混雑が発生している。特に道路については、地形的条件から狭い幅員で曲がりくねった道路が多く、また狭隘（あい）な溪谷のため十分な駐車スペースが確保しづらい環境にあることから、慢性的な交通渋滞が発生している。

よって今後は、新たな交通インフラを追加整備することよりも、既存の交通インフラの有効活用を図ることが重要である。具体的には、交通需要の調整を図る「交通需要マネジメント」を積極的に活用することが求められる。既に公共機関を利用した来訪促進が実施中であるが、現在発生している交通混雑を緩和させるためには、AIによる混雑予測、そして混雑時間帯を避ける情報提供の実施や回避ルート事前に情報提供してルート変更を促すなどの仕組みを構築することが望まれている。

### ②草津温泉に求められているインフラ

草津温泉は、鉄道が敷設されていないため、自家用車か観光バスでの来訪に限定される。しかしながら温泉エリアが狭く温泉街も道路が狭いことから、温泉街の中心部には駐車場がほとんど確保されていない。

よって自家用車での来訪者は温泉地周辺の駐車場を利用するが、空き状況がわかりにくく渋滞の要因とな

っている。このことから、駐車場の空き状況が一目瞭然でカーナビゲーションやインターネット上で逐次わかるような情報インフラが要望されている。

さらに、AIカメラによる駐車場の空き予測や遠隔の駐車場から温泉市街地まで自動運転で送迎できるインフラの整備が望まれている。

※1：自宅から自家用車・軽車両で最寄りの駅または停留場まで行き、駐車・駐輪させた後、バスや鉄道など公共交通機関を利用して、都心部などの目的地に向かうシステムである。

**謝辞**：本研究に際し、箱根町役場、箱根町郷土資料館、草津町観光協会、国土交通省関東地方整備局品木ダム水質管理所に有益な助言を賜りました。ここに記して、深く感謝を申し上げます。

### 参考文献

- 注1) 箱根町企画観光部観光課：「令和5年箱根町観光客実態調査報告書」,2024
- 注2) 箱根町教育委員会：ワンコインシリーズ⑤箱根の歴史と文化 箱根温泉の歴史,2015
- 注3) 箱根町文化遺産活性化実行委員会：地図で見る箱根山の近代化,  
[https://www.hakone.or.jp/files/w007\\_2021060909001389119.pdf](https://www.hakone.or.jp/files/w007_2021060909001389119.pdf)  
(2024.8.19 閲覧)
- 注4) 草津町HP 草津町の人口と世帯数
- 注5) 第2期草津町まち・ひと・しごと創生「人口ビジョン」 「総合戦略」 令和33
- 注6) 公益財団法人 日本交通公社コラム vol.511,2024.7 山本奏音
- 注7) 草津町水道事業ビジョン 2021-2030 令和33
- 注8) 立松信孝：観光を支える社会システムとしての鉄道産業 鈴鹿国際大学紀要 No.12,2005
- 注9) 観光経済新聞社 につぼんの温泉 100選
- 注10) 石川理夫：温泉の日本史,中公新書,2018

## RESEARCH ON THE IMPACT OF INFRASTRUCTURE ON LOCAL HISTORY, CULTURE, AND SOCIAL FORMATION

Daisaku IZUMI, Machiko SHINOGI, Chifumi TAJIMA, Daisuke UCHIDA,  
Kenichi SATOMI, Shinji OGINO and Yuki AKIYAMA

This study examined the relationship between infrastructure and hot spring culture in Hakone and Kusatsu hot springs, examining how various local cultures have been related to infrastructure to the present day, and how infrastructure has contributed to improving cultural value and shaping society.

As a result, it was possible to explain that there is a strong relationship between infrastructure development and hot spring culture, and that this contributes to the development of hot spring areas, with infrastructure development helping to attract visitors and scenic urban development promoting the brand power of hot spring resorts.

# 持続可能な社会構築に向けた仕組みづくりに 関する研究

田頭 直樹<sup>1</sup>・和泉大作<sup>2</sup>・宮島泰志<sup>3</sup>・石本 俊亮<sup>4</sup>・松田光弘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社建設技術研究所 国土文化研究所（〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5）  
E-mail: tagasira@ctie.co.jp

<sup>2</sup>株式会社建設技術研究所 国土文化研究所（〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5）

<sup>3</sup>株式会社建設技術研究所 九州支社環境室（〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名2-4-12）

<sup>4</sup>株式会社CTIランドプランニング（〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名2-4-12）

福岡県赤村を対象に、地方と都市の共創的発展を実現するロジックモデルを作成した。ロジックモデルを基に、耕作放棄地を活用した通い農業プログラムを軸とした事業スキームを作成した。事業スキームでは、ウェルビーイング意識の高い企業、営農希望者、エシカル消費意識の高い消費者や飲食店経営者をターゲットとし、年間収入約900万円を試算した。事業スキームに従い、通い農業を実践し、農作業によるストレス低減効果を参加者アンケートから確認した。効率化に向けて、IoTカメラを設置し、害獣の侵入経路確認や、スマートフォンでの農作物の生育監視を実現した。学校給食などの販売ルートも開拓した。駅前の空き家の活用策として、未利用の土間を改良したワーキングスペースの設置を地権者に提案し、了解を得た（年度内に着工予定）。これらの活動の基盤として、複数の地域の団体、都市企業、大学に働きかけを行い、横断的な連携を創出した。

**Key Words** : SDGs, well-being, social issues, rural and urban area, logic model, commute farming

## 1. はじめに

都市の一極集中は、地方経済の疲弊、社会インフラの破綻を招く。現在の状態が進行すれば、食料やエネルギーの生産地、生態系サービスの供給といった役割を持つ地方が崩壊し、その負担が都市にも波及する。一方、都市では、食料やエネルギーの生産を外部に依存するという構造的な課題がある。さらに、地球温暖化の進行や新型コロナウイルスの拡大を経て、企業にはSDGsやESG経営といった責任が与えられ、個人は多拠点生活やテレワークといった新たな生活様式、ウェルビーイングへの需要が高まっている<sup>1)</sup>。これらを都市の域内だけで解決することは不可能である。そこで、中央主導で画一的な地域開発から、地域主導の内発的発展を経て、現在は、地方と都市の共創的発展が模索されている。

以上を踏まえ、本研究では、地方が抱える課題解決のため、都市のニーズを踏まえた都市の資金、ノウハウ、人材を活用する仕組みを構築し、構築した仕組みを実証的に改善していくことを目的とする。

## 2. 研究対象フィールドと過年度研究の知見

### (1) 研究対象フィールドの概要

過年度研究<sup>2)</sup>の対象地域の一つであった福岡県赤村を対象フィールドに選定した。赤村は、福岡市から車で約2時間の場所に位置する中山間地で、北九州市を中心とする圏域に属する（図-2.1）。

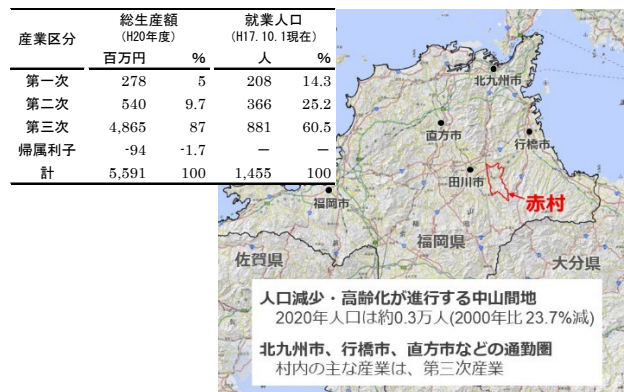


図-2.1 赤村の位置と概要



図-2.2 豊かな自然環境



図-2.3 歴史的観光資源

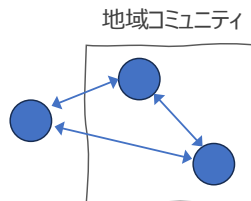


図-2.4 ゲートキーパーのイメージ

赤村では、筑豊地区で唯一炭鉱開発されず、現在でも、山林、清流、田園からなる豊かな自然環境が残存し、ホテル観賞などが可能であり、村内にある源じいの森のキャンプ場と併設の温泉は人気スポットとなっている。一方、少子高齢化により、かつての景勝地であった棚田は、現在は、耕作放棄地となっている（図-2.2）。

村内を走る平成筑豊鉄道の油須原駅は、九州最古級の木造駅舎であり（図-2.3）、油須原駅前では、平成筑豊鉄道が主催する地域イベント「月イチゆすばる」が毎月開催されている。年2回開催される農業体験イベント「Do you 農」は、人気イベントである。ただし、村内の観光施設や宿泊施設は乏しく、平成筑豊鉄道は赤字経営が続き<sup>3)</sup>、Do you 農は、受け入れ側の人手不足と高齢化で縮小傾向にある。

### (2) 過年度研究の知見

過年度研究では、地方と都市の共創的發展には、下記の5つの要素が必要であること、これらを実現するためには、ヒトとヒト、ヒトとモノをつなぐ役割となるゲートキーパーが重要であり、外部人材が担える可能性があることを確認した（図-2.4）。

- ①関係人口拡大のための交流の場や仕組みの創出
- ②地域コミュニティの変容（外向き視点、受入態勢等）
- ③都市の新たなニーズへの対応（働き方、ESG投資等）
- ④新たな価値の創出（地域資源の発掘、視点の拡大）
- ⑤イノベーション（要素技術、事業スキーム）

### 3. 研究計画

本研究の実施フローを図-3.1に示す。研究期間は2024年～2025年とし、2025年は2024年成果の実践・改善を行う予定である。

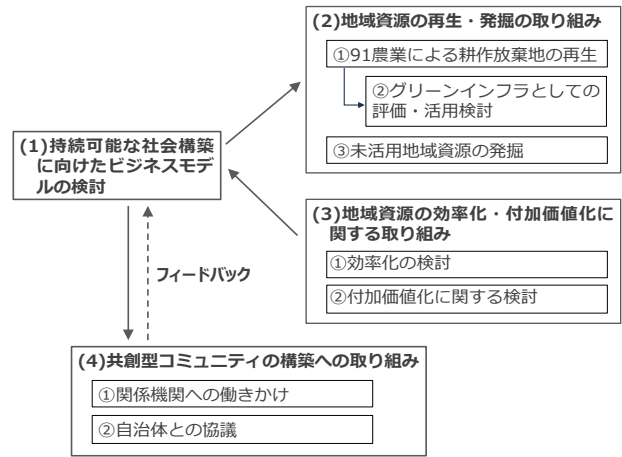


図-3.1 実施フロー

## 4. 持続可能な社会構築に向けたビジネスモデルの検討

### (1) 検討方針

本項目の検討においては、地方と都市の共創的發展を長期インパクトにしたロジックモデルを構築し、それを赤村に適用し、次章以降の検討や地域活動を実践していくこととした。

ここで、ロジックモデルについて簡単に説明する。ロジックモデルとは、事業や組織が最終的に目指す変化・成果（社会）の実現に向けた設計図であり、インプット、活動、アウトプット、アウトカム、インパクトといった要素で構成される<sup>4)</sup>。なお、一般的なロジックモデルはアウトカムまでのものが多いが、本研究は社会的課題の解決を主眼に置いているため、最終アウトカムとしてインパクトを設定した（図-4.1）。

### (2) ロジックモデルの構築

#### a) 地方と都市の共創的發展のロジックモデル

ロジックモデルの構築にあたり、図-4.2に示す仮説を設定し、今後、「地方と都市の共創的發展により、サステナブルで健康・ウェルビーイングを実現する社会」の構築が必要と導いた。また、それらの実現には、地域づくり、社会情勢、技術革新における外的変化を取り込むことが重要であると整理した。

上記を踏まえ、地方と都市の共創的發展に必要なロジックモデルを図-4.3のとおり設定した。

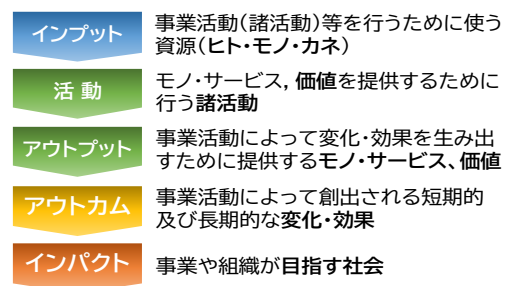


図-4.1 ロジックモデルの構成要素

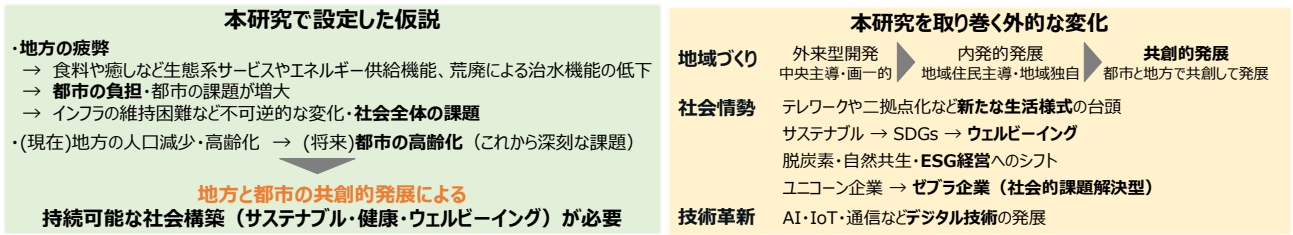


図4.2 ロジックモデルの前提条件

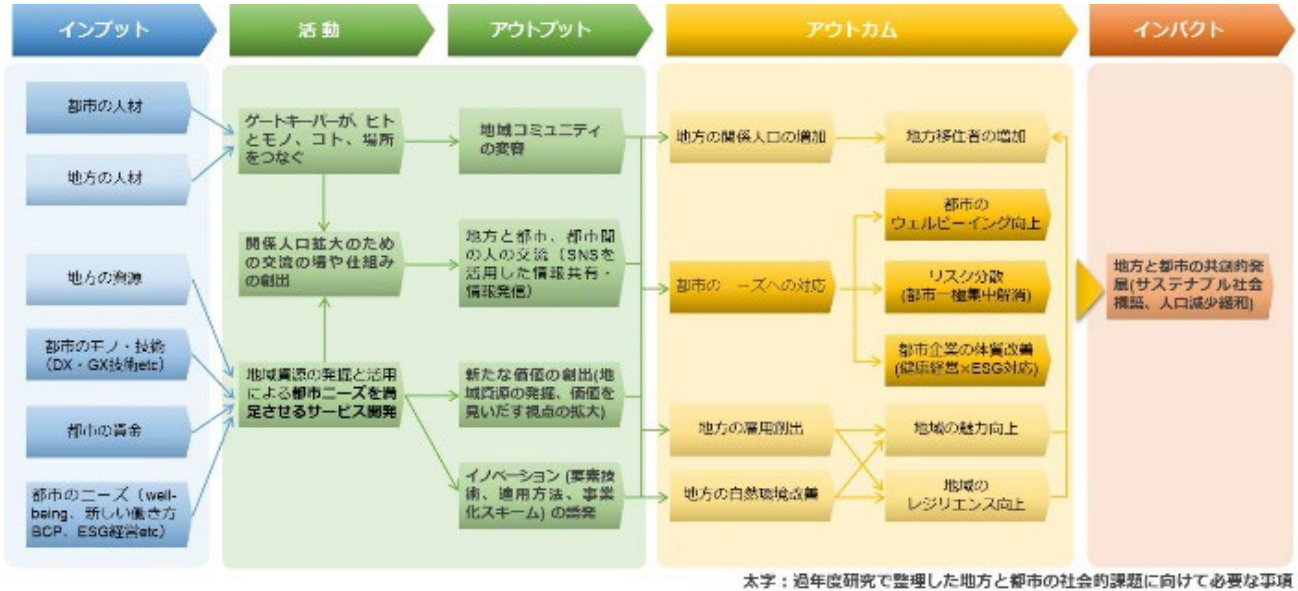


図4.3 共創的發展ロジックモデル (一般)

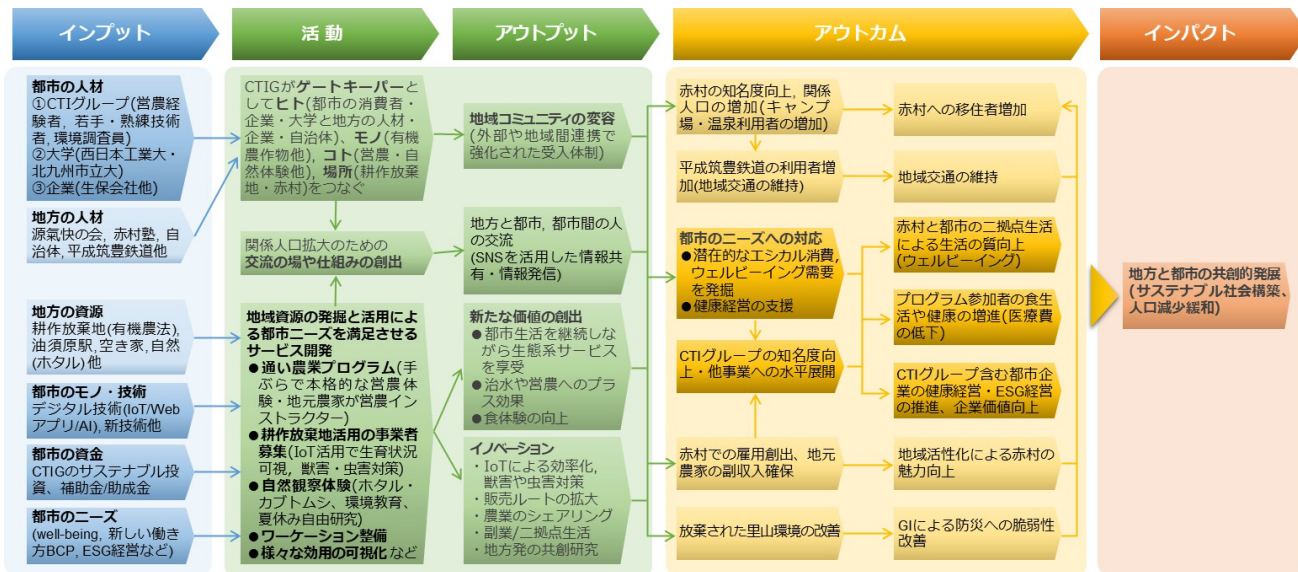


図4.4 共創的發展ロジックモデル (赤村版)

b) 赤村への適用

赤村は、自然が豊かであり、温泉併設のキャンプ場などは人気であるものの、特徴的な観光資源や宿泊施設はやや乏しいと整理される。このような地域特性を踏まえ、図-4.3のロジックモデルを赤村に適用するにあたっては、観光を主としたものではなく、観光以外の需要を用いた地方と都市の交流を創出する必要があると考えた。

そこで、筆者らは、赤村全域で 12.7ha<sup>9)</sup>ある耕作放棄地を活用することとした。耕作放棄地は、放置すると固定資産税も高くなるため、大きな初期投資がなくても借用可能であることも理由の一つである。

具体的には、赤村が福岡県で唯一の有機農業モデルタウンに指定されていること<sup>10)</sup>、農作業にストレス軽減・幸福度増加効果があることから<sup>11)</sup>、通い農業を主と

したサービスを用いて都市と地方の交流の仕組みを作ることとした。なお、本サービスの採用にあたっては、離農が進む都市部と異なり営農指導ができる人材が豊富であること、耕作放棄地の借用に大きな費用負担が発生しないこと、農業が受注生産になり営農者の経営安定につながることも選定した理由の一つである。これらのサービスを契機として、ワーケーション拠点の整備や異業種との共創による獣害対策など耕作放棄地やその他地域資源を活用したサービスの開発を図りたいと考える。なお、想定する利用者は、社会貢献・健康経営・社員のウェルビーイングを重視する企業、営農に興味のある就農希望者・食材にこだわりのある消費者や飲食店経営者といった個人を想定している（図-4.4）。

### (3) 事業スキームの検討

#### a) 事業化に向けた基本的な考え方

事業スキームの検討にあたって、基本的な考え方を以下の通り整理した。

- CTIグループの役割は、ゲートキーパーであり、都市と地方をつなぐ商社をイメージし、ゼブラ企業\*のように多様な主体との協同、地域への還元を基本的な活動理念とする。

\*ゼブラ企業とは、社会課題の解決と経済成長の両立を長期的事業スパンで目指す企業を指す。短期的な成長を追い求めて利益追求を最優先する「ユニコーン企業」と対比される。

- CTIグループから専従者は配置しない。当面は、CTIグループのCSR活動及び異業種との交流として進める。駐在が必要な場合は、国から年最大560万円/人が補助される地域活性化起業人制度の活用を検討する。
- 別途示すサービス開発を地域や大学と共同で進めて、運営費を賄える程度の収益化を目指す。

表-4.1 通い農業プログラムの想定するサービス利用者

分類	対象者
企業	健康経営、社会貢献活動、社員のウェルビーイングを意識している都市企業
個人	農家を志す人（農家への転職前に営農を試したい人）、食材にこだわる消費者、飲食店経営者

#### b) 開発を目指すサービス案

表-4.1に示す企業や個人を対象に、耕作放棄地を活用した通い農業プログラムを軸に、関連するサービス案を表-4.2のとおり整理した。また、事業スキームの全体イメージを図-4.5のとおり整理した。

#### c) 収入の概算

運営費の収益化について整理、分析した。整理にあたっては、都市近郊の貸し農園の月額利用料を参考とした（表-4.3）。貸し農園の月額利用料から、通い農業プログラムの面積当たりの利用料を120円/m<sup>2</sup>と設定した。現在、借用している耕作放棄地は、125m<sup>2</sup>であるため、利用料として年間18万円が発生する。赤村全域の耕作放棄地の5%にあたる0.635haで運用とした場合、約900万円の収入となる。

表-4.2 関連サービス案

分類	対象者
農地・農作物を活用したサービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>味噌づくりなど加工食品の体験プログラム化</li> <li>遠隔監視システム（IoTカメラ+現地人）</li> <li>赤村の柵とカブスガードを用いた獣害対策と獣害保険の開発</li> <li>竹炭を用いたバイオ炭や自然環境教育の展開</li> <li>農機具シェアリングサービスの開発</li> </ul>
その他のサービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>ワーケーション拠点の開発（源じいの森との協同）</li> <li>森林管理や再生可能エネルギーの開発</li> <li>地域モビリティの開発</li> <li>地域通貨の発行（秋祭りなどに参加→地域通貨もらえる→キャンプ場に優先して宿泊できる）</li> <li>YouTubeやInstagramなどのSNS広報</li> </ul>

表-4.3 貸農園の単価設定例

形態・名称	運営	入会金	月会費 (全国平均)	区画	単価 [円/m <sup>2</sup> ]	備考
市民農園	地方公共団体・農協	なし	620円 (0~2,000円)	10~100m <sup>2</sup> が多い	11	
農業体験農園	農家	なし	3,500円 (3,000~4,000円)	30m <sup>2</sup> に集中	117	関東中心に展開、プロの農家のアドバイスが受けられる
シェア畑	民間企業	11,000円	8,700円 (5,000~12,500円)	3~10m <sup>2</sup> が多い	1,338	関東を中心に展開、手ぶらでOKなサポート付き貸し農園
マイファーム	民間企業	11,000円	5,500円	8~30m <sup>2</sup> が多い	289	関西を中心に展開、自産自消をスローガンとする貸し農園、有機農法限定

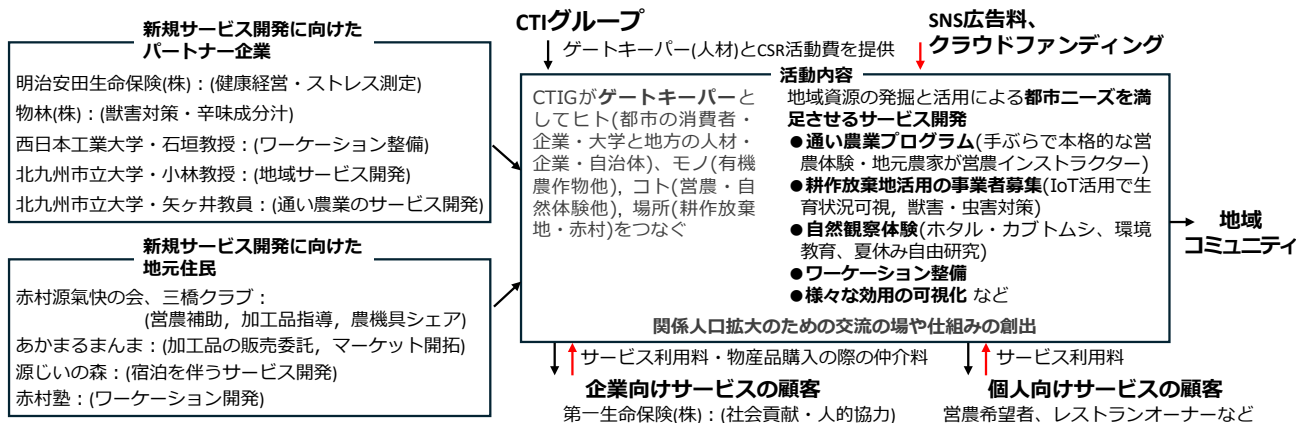


図-4.5 事業スキームの全体イメージ

## 5. 地域資源の再生・発掘の取り組み

### (1) 91 農業による耕作放棄地の再生

#### a) 91 農業の実践

本節では、第4章で設定したロジックモデル（図-4.4）を基に、赤村の各所で見られる耕作放棄地を活用した91農業を実践し、交流人口を増やすための試験的な活動を行った。91農業は、通い農業であり日常は都市域で仕事を行うスタイルである。さらに赤村は福岡県内で唯一の有機農法のモデルタウンであることに着目し、健康面、環境面において、よりエシカル消費に関心がある都市住民などからの着目にも期待して耕作放棄地の再生に取り組むこととした。

再生を試みた放棄耕作地は、赤村の観光マップに掲載されている見取地区の棚田である。水利用に関して制限があることから、現在は、ほとんど水田として活用されていない。この水田跡地で、有機農法による畑作を行うこととした。耕作は、種蒔き・植え付け・収穫などの年間栽培計画を立案した上で、可能な限り管理頻度を落とすために、根菜類などの作物に限定して、雑草の防除のためにマルチシートも活用している（写真-5.1）。

#### b) 土壌診断と作土の適正評価

耕作地の土壌採取・分析・土壌診断を行い、肥料成分の含有量を確認した。その結果、リン酸（開花・結実）とカリウム（根の生長）は適正値を示したが、石灰（カルシウム）が不足し、やや酸性土壌であることが分かった（表-5.1）。ただし、栽培予定のジャガイモは酸性土壌を好む根菜類であるため、耕作に支障がないことを確認した上で栽培を行った。

#### c) 農作物の栽培・収穫実績

農作物の栽培は、年間栽培計画に基づいて実施し、植え付けや収穫等の実施日・内容・作業状況を記録するとともに、品種ごとの植え付け個数や定期的な生育状況などを記録した（図-5.1）。また、収穫時は品種毎の個数・収量（重量）を記録し、品種毎の特性や効率性を分析した。また、遠隔監視カメラ（通信機器搭載型）を設置し、タイムラプス撮影とスマートフォンアプリの活用により、日々の生育状況の確認と写真での記録を行った。

#### d) 植付・収穫体験会の企画・運営

農作物の植付と収穫は、91農業の体験会（社会貢献活動）として、CTIグループ内へ広報し、参加者を募集した。これまでに収穫体験会2回、植付体験会1回を企画し、参加者は社員・アルバイトの家族を含む延べ48名に上った（写真-5.2、図-5.2）。ジャガイモなどの収穫物は体験会の参加者の他、CTIグループ内で配布し、大きな好評を得た。



写真-5.1 耕作地の状況

表-5.1 ジャガイモ耕作地の土壌分析結果

分析項目	赤村じゃがいも耕作地	適正值	適・不適
pH	6.1	6.0~6.5	適
電気伝導率(EC)	3.14mS/m	野菜類:30~80 葉・根菜類:20~60	不適
可給態リン酸(P205)	16 mg <sub>P205</sub> /100g dry	10~30(乾土 100%)	適
交換性カリ(K20)	33.7 mg/100g dry	30~40	適
交換性石灰(Ca0)	170 mg/100g dry	420~500	不適
交換性苦土(Mg0)	38.9 mg/100g dry	60~90	不適
陽イオン交換容量(CEC)	13.5 meq/100g dry	10~15	適
可給態ケイ酸	20.9 mg/100g	10~30	適
塩基組成	Ca0:Mg0=4.3:1	Ca0:Mg0=8.5~3.5:1(mg比)	適
	Mg0:K20=1.1:1	Mg0:K20=2.5~1:1(mg比)	

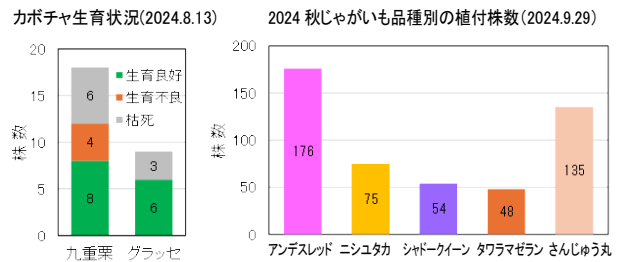


図-5.1 カボチャ・ジャガイモ品種別個数・生育状況



写真-5.2 第2回収穫体験会と収穫物

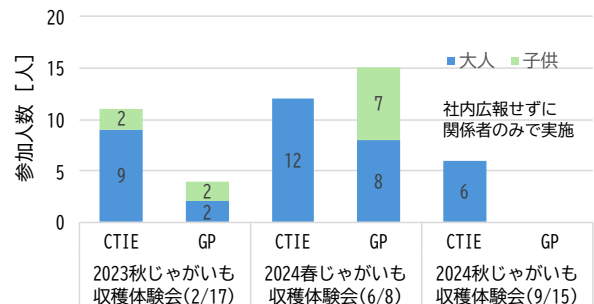


図-5.2 ジャガイモ収穫・植付体験会参加者数の推移

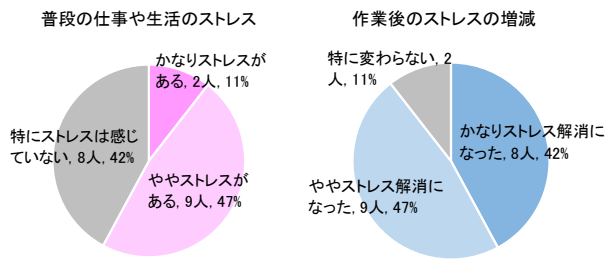


図-5.3 収穫体験前後のストレスの増減

### e) 健康経営（ウェルビーイング）効果

第2回収穫体験会後に参加者を対象としたアンケート調査を実施した。回答率は95%（19/20人）であった。普段の仕事や生活のストレスについては、58%が「ストレスがある」と回答した。体験後のストレスの増減については、89%が「ストレス解消になった」と回答し、一定の効果があることが確認された（図-5.3）。自由回答では、「土に触れたり、じゃがいもを収穫したり、普段出来ない体験ができた」、「他部室との良いコミュニケーションの場となった」などの意見が見られた。

## (2) グリーンインフラとしての評価・活用検討

### a) 水源涵養効果

耕作地の雨水浸透や水源涵養の効果を、簡易透水試験により検証を行うため、今期は、既往文献調査と実施計画の立案を行った。

既往文献<sup>9)</sup>では、下記事項が明らかにされている。

- ・旧棚田（放棄地）と棚田（水田維持）を比較すると、長期的には水田が維持された方が総浸透量は増加し、水源涵養効果を発揮するが、短期的には豪雨時の地下浸透能は低下する。
- ・透水係数で比較すると、旧棚田（放棄地）が  $5.8 \times 10^{-6} \text{m/s}$  に対して、旧棚田（畑・果樹園に再生）は  $5.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$  であり、旧棚田（畑・果樹園に再生）の方が高い

これらの既往文献を踏まえ、比較対照とするのは、畑地と耕作放棄地とする予定である。また、地権者の了解を得られる調査箇所があれば、水田も追加して調査を行うこととする。実施に向けては、サンプル数の確保が課題として挙げられるが、来年の実施に向けて、現在調整中である。

### b) 生物多様性効果

生物多様性の効果を、昆虫類に着目して検証を行うため、今期は既往知見の整理と実施計画の立案を行った。

一般的に耕作放棄地の雑草類は、カメムシ類やチョウ・ガ類などの害虫の発生源になることが知られており、耕作放棄地は生物多様性の低下をもたらすという研究成果もある。比較対照とするのは、耕作地と耕作放棄地とし、害虫を含むチョウ目、カメムシ目、コウチュウ目の種類数の視点で耕作放棄地の再生の効果を検証する。来

年の実施に向けて、現在調整中である。

### (3) 未活用地域資源の発掘

当初、合同会社「赤村源氣快の会」が運営する古民家カフェの2Fの未利用スペースを拠点に、農作業時のテレワークやコワーキングスペースへの活用方法を検討する予定としていたが、室内の状況が適さないと判断されたため、同施設は、畑地監視用カメラの基地局とした。

古民家カフェの2Fの代替として、平成筑豊鉄道の油須原駅周辺を中心に活動している「赤村塾」の古民家を検討対象とすることとした。赤村塾の空き家は、油須原駅前に位置し、宿泊等も可能であるが、普段はあまり利用されていない。駅との接続の良さもあり、テレワーク施設としてのポテンシャルが高いと判断し、活用するための検討を行った。

検討にあたっては、西日本工業大学デザイン学部建築学科の石垣教授と共同で行った。赤村塾の古民家には囲炉裏があり、隣接する土間部は物置として利用されていた。そこで、土間部に、原状回復が容易な可動式の机等を配置し、ワーキングスペースとして活用することを地権者に提案した（図-5.4）。了解を得たことから、年度内に、土間部の改良を進める予定である。

なお、油須原駅前については、西日本工業大学が九州最古級の駅舎を活かした修景整備を検討しているため、連携・支援を行うこととした（図-5.5）。また、駅前の藤棚の生育不良が住民から指摘されたため、西日本工業大学、福岡県の農林事務所と連携し、赤村塾を代表者に県の緑の募金事業の助成申請を提案した。申請は受理され、現在、藤棚の活性化が現地で進行している（写真-5.3）。

図-5.4 赤村塾1階土間部の改良イメージ



（西日本工業大 作成）



図-5.5 油須原駅前の修景イメージ（西日本工業大 作成）



写真-5.3 油須原駅前藤棚活性化に向けた整備

## 6. 地域資源の効率化・付加価値化に関する取り組み

### (1) 効率化の検討

#### a) 遠隔監視カメラによる害獣監視（遠景撮影）

91 農業の実践箇所では、シカやイノシシと思われる動物による食害が発生した（写真-6.1）。福岡県の調査による獣類による農作物の被害は、令和5年度で4億円に上り、特にイノシシとシカの被害が3.5億円となっている。赤村の住民からも、イノシシによる作物被害の話が出ていた。

以上を踏まえ、農作業を実施している畑地全体を監視するための遠隔監視カメラを設置した（写真-6.2）。設置後の9月より、アナグマやイノシシと思われる動物の活動が確認され（写真-6.3）、侵入口と思われる侵入防護柵の抜けを補強した（写真-6.4）。その後は、アナグマの活動が把握されたため、現地において侵入経路を確認し、対策を施すこととした。現状では、イノシシによる夜間のソバ畑の被害がカメラで捕捉できていないため、夜間の監視能力の強化が課題として残されている。

#### b) 遠隔監視カメラによる生育監視（近景撮影）

赤村は、福岡市内から車で1.5時間～2時間の距離にあるため、気軽に見回りにいくのが難しい。今後、通い農業体験を実現するためにも、農作物の生育監視が必要となる。そこで、生育監視用のタイムラプスカメラを設置した（写真-6.5）。タイムラプスカメラから送信された画像で、1週間でジャガイモが大きく成長する状況を捉えることができた（写真-6.6）。収穫時期のみに参加



写真-6.1 イノシシによる食害

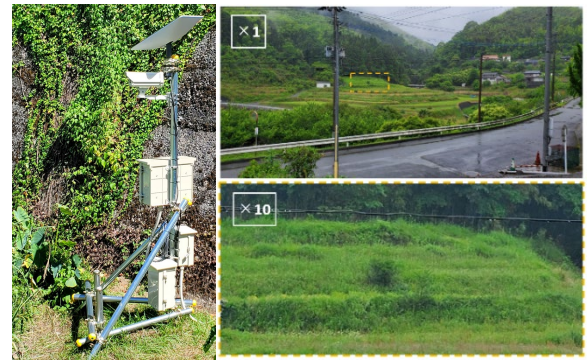


写真-6.2 遠隔監視カメラ及び監視状況



写真-6.3 撮影されたイノシシ（上）と移動経路（下）



写真-6.4 侵入防護柵の修正前（左）と修正後（右）



写真-6.5 生育監視用カメラの設置（左）と草刈り状況（右）



写真-6.6 生育監視用カメラの撮影画像（右：1週間後）

するのと違い、このようなサービスを提供することで、より本物の営農体験や価値を提供できると考える。ただし、撮影画角を確保するためには、現地での草刈り作業等は必要であった。

### c) 唐辛子エキスによる獣害対策

第4章で設定したロジックモデル(図-4.4)では、耕作放棄地活用の事業者募集もサービスの一つとした。その一つに獣害対策を試行する事業者が考えられる。林業ではシカ等の獣害対策として、唐辛子エキスを用いた対策が実施されている。

そこで、唐辛子エキスを販売している物林(株)に連絡をとり、同社のカプスガードプラス(唐辛子の20倍の辛味成分)を用いた農作物用獣害対策を、同社と共同で検討することとした。今期は、農作物へ一部散布を試行したが、散布した農作物も獣害の被害にあった。今後は、遠隔監視カメラで把握できたイノシシの侵入経路に、集中的に散布するなどの工夫を進めていきたい。

## (2) 付加価値化に関する検討

### a) 農産物の流通・販売による収益性

赤村で収穫した農作物は、CTIグループ内での自産自消を基本としたが、今後の事業化を考慮して、収益性を上げる取り組みを試行した。例えば、ミニトマトはハウスと露地の両方で栽培が可能な農作物であるが、当然ハウスの方が気候や病害虫の影響を受けにくい。しかし、耕作放棄地のような借用農地では露地栽培しか選択肢がない。気候や病害虫の影響を受けにくく、日常のメンテナンスが少ない農作物になるとジャガイモやサツマイモ等の根菜類となる。

今回、赤村で栽培・収穫したジャガイモについては、地元の古民家カフェみどりに食材として提供した。また、新たに流通ルートの開拓として、佐賀県小城市の学校給食センターや保育園等の食材として販売可能か打診し、実現できることを確認した。これは、91農業の実勢箇所のみならず、赤村全域へ展開も可能と考えられる。

貨客混載の可能性についても、平成筑豊鉄道に提案したが、運行効率が悪くなるため、実現は難しいとの回答であったため、現時点の実現は難しいと判断した。

### b) 農産物の加工・活用

これまでに赤村で栽培したのは、大豆とジャガイモといった長期保存が可能な農作物である。生鮮野菜のキャベツや白菜等の葉物類は長期保存が出来ないため自家消費に頼らざるを得ない面がある。一方、「赤村源氣快の会」から収穫物を加工したいとの要望があったことから一昨年収穫した大豆は、きな粉の原料として提供した。

今後は、加工することで長期保存が可能な大豆、ニンニク、唐辛子等の栽培を試行する予定である。

## 7. 共創型コミュニティの構築への取り組み

### (1) 関係機関への働きかけ

#### a) 地方側

地方側の関係機関として、表-7.1に示す団体及び企業に働きかけを行い、意見交換を行った。赤村塾、三橋クラブ、平成筑豊鉄道は、今期から、新たに人脈を形成した。その他、油須原区の区長や消防団と面識を作った。

赤村源氣快の会が、月イチゆすばるに合わせるなど、赤村塾の土間で手打ちそばを提供するなど、本研究の働きかけをきっかけとして、横断的な連携が芽生え始めている。また、三橋クラブは、農業体験なども実施しており、連携に前向きな回答を得た。いずれの団体も高齢化により、活動の継承が課題となっていた。

#### b) 都市側

都市側の関係機関として、表-7.2に示す団体・企業と打合せや協同作業を実施した。

西日本工業大学の石垣教授は、京築地域の森林資源の有効活用を目的に活動を行われている産官学団体「ちくらす」の中心メンバーである。連携により地元産の木材使用につながることから、連携を強化していきたい。

表-7.1 地方側の関係機関

団体・企業	説明
赤村源氣快の会	古民家カフェ運営・耕作放棄された棚田の所有者
赤村塾	油須原駅前に活動拠点・赤村出身で北九州在住メンバー多数
三橋クラブ	赤村で農業体験や耕作放棄地の再生に取り組む
源じいの森	キャンプ場・温泉・簡易宿泊施設
あかまるまんま	赤村の無農薬・無化学肥料の農産物開発する元地域おこし協力隊のベンチャー企業
平成筑豊鉄道	赤村を横断する第三セクター方式の鉄道会社 油須原駅前で月イチゆすばる主催

表-7.2 都市側の関係機関

団体・企業	説明
CTIグループ	CTI九州・CTIGPの社員と家族
西日本工業大学 建築学科・石垣教授	油須原駅前整備と赤村塾の土間整備等で協力
北九州市立大学 地域創生学群・小林教授	学生が月イチゆすばるに参加し、地域活性化活動を実践
北九州市立大学 地域創生学群・矢ヶ井教員	北九州市猪倉地区で学生が地域活性化活動や通い農業を実践
第一生命保険株式会社	社会貢献活動の観点から耕作放棄地での農作業に参加を希望
明治安田生命保険株式会社	健康経営の観点から、農業体験によるストレス低下測定で協力を検討中
物林株式会社	唐辛子の20倍の辛み成分を含む液体「カプスガードプラス」による農業への獣害対策検討で協力

表-7.3 合同会議キックオフの実施状況

日時	2024年3月18日(月) 1400~1630
場所	福岡県赤村 赤村塾(油須原駅前)
参加機関	赤村塾, 赤村源氣快の会, 元源じいの森支配人, 西日本工業大, 福岡県飯塚農林事務所*, 建設技術研究所, CTI グランドプランニング 計13名(地元関係者6名, 大学関係者2名, CTIグループ5名)

※飯塚農林事務所は, 前述した「ちくらす」メンバーとして参加



写真-7.1 地元関係者との合同会議

北九州市立大学では北九州猪倉地区で耕作放棄地の再生に14年以上にわたり, 学生が通い農業によって地域活性化を実施している。また, 専門業者と共同開発により農作物の加工を行い, 一般に市販するなどの成功事例を有しており, 赤村における今後の協働などの可能性についても意見交換を行うことが出来た。

#### c) 合同会議の開催

表7-3に示すメンバーで合同会議のキックオフ会議を実施した。その後, メンバーに平成筑豊鉄道も加わり, 計3回の合同会議を行い, 油須原駅前整備, 月イチゆすばるの活性化, 赤村塾の空き家の活用などを話し合った。(写真-7.1)

#### (2) 自治体との協議

地元自治体とのコミュニティ構築に向けて, 地元赤村役場(総務課, 産業建設課)と協議の場を3回開催しながら研究を進めた。JALから赤村への出向者とも意見交換を行った。

協議では, 赤村の課題や耕作放棄地の借用などについて意見交換を行った。また, 赤村から地元との交流に期待を寄せられていることがわかった。今後は, さらに協議の機会を設け, 村役場の幹部とも協議できるよう企画・提案をしていきたいと考えている。

## 8. まとめ

本研究では, 福岡県赤村を対象に, 地方と都市の共創的發展を実現するロジックモデル作成し, それを基に, 耕作放棄地を活用した通い農業プログラムを軸とした事業スキームを作成した。事業スキームでは, ウェルビーイング意識の高い企業, 営農希望者, エシカル消費意識の高い消費者や飲食店経営者をターゲットとし, 年間収入約900万円を試算した。事業スキームに従い, 通い農業を実践し, 農作業によるストレス低減効果を参加者アンケートから確認した。効率化に向けて, IoTカメラを設置し, 害獣の侵入経路確認や, スマートフォンでの農作物の生育監視を実現した。学校給食などの販売ルートも開拓した。その他に, 駅前の空き家の活用策として, 未利用の土間を改良したワーキングスペースの設置を地権者に提案し, 了解を得た(年度内に着工予定)。これらの活動の基盤として, 複数の地域の団体, 都市企業, 大学に働きかけを行い, 横断的な連携を創出した。

本研究は2年計画であり, 2025年は図-4.4に示すロジックモデルの実現を目指すため, 「インプット」に記載した地方の人材(地域関係者)の拡大を図りつつ, 「活動」に記載した通い農業プログラムの範囲拡大やワーケーションなどを実施し, 「アウトプット」で記載した成果を増やしていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 中込敦士: 社会的孤立・孤独感が健康やウェルビーイングに及ぼす影響, 医療と社会, Vol34(1), pp49-57, 2024.
- 2) 田頭直樹・蛭原雅之・勝山聡美・石本俊亮・佐藤康晴・北川照晃: 地方と都市の共助社会システムに関する研究, 国土文化研究所年次報告, Vol22, pp37-46, 2023.
- 3) 平成筑豊鉄道 沿線市町村から公的支援を受けたが5800万円赤字…累積赤字は2億5600万円, 読売新聞, 2024-07-03, 読売新聞オンライン (2024.12.25 確認)
- 4) 独立行政法人国際協力機構: ロジックモデル作成マニュアル, 2023.
- 5) 赤村: 赤村議会だより2023年5月号発行, p8, 2023.
- 6) 赤村: 赤村 HP<[https://www.akamura.net/government/news\\_348/](https://www.akamura.net/government/news_348/)> (2024.12.25 確認)
- 7) 一般社団法人日本食農連携機構: REPORT2021年1月1日農業・農村の新たな価値を提案する「アグリヒーリング」～順天堂大学・千葉吉史研究員<<https://fjaco.jp/report2072/>> (2024.12.25 確認)
- 8) 南部卓也・桜井亘・薬師敏宏・内田太郎・斉藤泰久: 中山間地域における棚田耕作地・耕作放棄地の浸透特性, 砂防学会誌, Vol66(4), pp3-14, 2013.

(2025.1.10 受付)

## RESEARCH ON CREATING MECHANISMS FOR BUILDING A SUSTAINABLE SOCIETY

Naoki TAGASHIRA, Daisaku IZUMI, Yasushi MIYAJIMA, Toshiaki ISHIMOTO and Mitsuhiro MATSUDA

A logic model was developed to realize co-creative development between rural and urban areas in Akamura, Fukuoka Pref. Based on the logic model, we developed a business scheme centered on a commuting agriculture program using abandoned farmland. The business scheme targets companies with a high awareness of wellbeing, prospective farmers, consumers with a high awareness of ethical consumption, and restaurant operators, and estimates an annual income of approximately 9 million yen. The project scheme was implemented as a commuter farming program, and the effect of stress reduction brought by farming was confirmed from the participants' questionnaires. In order to improve efficiency, IoT cameras were installed to check the route of invasion by vermin and to monitor the growth of crops with smartphones. Sales routes were also developed for school lunches. As a measure to utilize a vacant house in front of the station, we proposed to the landowner to set up a working space by improving an unused dirt floor, and obtained his approval (construction is scheduled to start within the fiscal year). As a basis for these activities, we approached several local organizations, urban businesses, and universities to create a cross-sectional collaboration.

# シン・土木広報 ～生成アイドルは偶像と成り得るか～

阿部 正太郎<sup>1</sup>・飯田 哲徳<sup>2</sup>・菅木 和馬<sup>3</sup>・松田 聡司<sup>4</sup>・中原 圭太<sup>5</sup>・  
高橋 恵一<sup>6</sup>・田村 香音<sup>7</sup>・田中 裕之<sup>8</sup>

<sup>1</sup>株式会社建設技術研究所 大阪本社都市部 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)  
E-mail: str-abe@ctie.co.jp

<sup>2</sup>株式会社建設技術研究所 大阪本社都市部 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)  
E-mail: y-iida@ctie.co.jp

<sup>3</sup>株式会社建設技術研究所 大阪本社都市部 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)  
E-mail: kzm-sugaki@ctie.co.jp

<sup>4</sup>株式会社建設技術研究所 大阪本社都市部 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)  
E-mail: sts-matsuda@ctie.co.jp

<sup>5</sup>株式会社建設技術研究所 大阪本社道路・交通部 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)  
E-mail: nakahara@ctie.co.jp

<sup>6</sup>株式会社建設技術研究所 大阪本社道路・交通部 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)  
E-mail: kic-takahashi@ctie.co.jp

<sup>7</sup>株式会社建設技術研究所 大阪本社道路・交通部 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7)  
E-mail: knn-tamura@ctie.co.jp

<sup>8</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社都市部 (〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町 3-3-2)  
E-mail: hry-tanaka@ctie.co.jp

近年、土木分野における広報活動は、情報発信の対象が不明確である点や一方的な情報提供にとどまっている点、若年層へのアプローチが不足している点など、様々な課題を抱えている。本研究では、これらの課題に対応するため、生成系AIやウェブアプリケーション等のデジタル技術を活用した新たな土木広報のあり方を提案することを目的とした。

具体的には、AIアイドルキャラクターを活用した「トラフィック・エンジェルズ」プロジェクトを立案し、生成系AIを用いてキャラクターデザイン、ロゴ、静止画、楽曲、動画などのコンテンツを制作した。また、こども向けの土木広報ツールとして、生成系AIによる絵本の制作も行った。

その結果、生成系AIの活用により、従来の広報コンテンツ制作プロセスを大幅に効率化できること、また創造的な表現が可能となることを実証した。一方で、動画編集の完全自動化の困難さや、生成コンテンツの品質向上、倫理的配慮などの課題も明らかとなった。

これらの成果は、今後の土木分野における効果的な広報活動の実現に向けた基礎的知見として活用できるものと考えられる。

**Key Words :** *Civil Engineering Public Relations, Generative AI, Digital Technology, Idol, Children's Picture Books*

## 1. はじめに

土木広報とは、土木分野に関連する政策、技術、事業、教育、人材育成など、幅広い内容を社会に伝え、良好な関係を構築する活動である。この広報は単なる情報発信ではなく、社会の声を取り入れ、そのフィードバックを基に活動を改善していく双方向的コミュニケーションを目指すものである。

現在の土木広報は、情報発信の対象が明確に設定されていない場合が多く、土木業界内部での広報活動にとどまり、社会との効果的なコミュニケーションが不足している。また、一方的な情報提供に終始し、受け手との関係構築が十分に図られていないという課題を抱えている。さらに、若年層や非専門家層に対する情報のわかりやすさや魅力の向上も求められており、土木分野の魅力

を社会に伝える手法の進化が急務である。

本研究においては、昨今着目されている生成系 AI やウェブアプリケーション等のデジタル技術を活用した今後の新たな土木広報のあり方を示すことを目的に、上記技術を活用した広報ツールの開発に取り組む。特に以下の成果を得ることを目標とした。

- ・社会資本整備のプラスイメージが「伝わる」土木広報を実践する

- ・昨今のデジタル技術の進化を捉え、従来の広報手段によらない、新技術による土木広報（シン・土木広報）を提案する

- ・業務効率化とは異なるベクトルで生成系 AI の活用可能性を示す

- ・土木広報のフィールドにおいて、各種コンテンツ（動画、音楽、イラストなど）を AI で出力するスキルを身につける

特に、本研究においては、生成系 AI の新たな活用方針に着目することとし、本研究の成果物だけでなくとりまとめにおいても、生成系 AI により作成することを方針とした。

## 2. 現況レビュー

### (1) 事例収集

#### 1) 広報のターゲット設定の考え方

広報活動を効果的に行うためには、一般的には二段階に分けたターゲット設定が必要である。第一に、広報内容を偶然目にする機会に依存する層を対象とし、ドラマや CM、小説、漫画などのメディアを活用してその魅力を伝えることである。第二に、既に興味を持っている層を対象に、体験型イベントや SNS、ウェブページを用いて情報を深く届けることである。

#### 2) 本研究で目指すべき広報のあり方

本研究の対象である広報は、既存の土木広報（活動）について事例収集を行い、広報活動を整理して課題を明確化することから開始し、対象者を明確に設定したうえで、それに応じた情報や手法を選択することが重要である。また、対象者からのフィードバックを収集し、広報活動の改善に役立てる必要がある。さらに、将来の担い手となる若年層、特に中高生への広報戦略を強化することが求められる。

#### 3) 事例分析

過去の土木広報大賞における受賞事例からは、映像や音声アプリによる視覚・聴覚的アプローチ、体験型イベントや観光ツーリズムを活用した実地体験、書籍や漫画、ゲームといったエンターテイメント要素を取り入れた発信など、有効な広報手法が示されている。

広報活動の効果を高めるためには、熱意を持って情報を発信する“情報アンバサダー”の活用が有効である。アンバサダーは商品やサービスの魅力を共有し、信頼性の高い広報を可能にする。

アンバサダー	インフルエンサー
自社サービスに対する熱意のあるファン ポジティブな口コミをしてくれる	特定のコミュニティで強い影響力を持つ 他ユーザーの購買行動を促進する

### (2) 先行研究レビュー

土木広報に関連する研究論文をレビューした。河井<sup>1)</sup>は、行政広報の効果が客観的に行われていないことを課題として指摘している。また、広報施策を考えるだけで市民の行動変容の着地点が整理されていないことを問題点としてあげており、費用対効果、行動変容評価、協働実現評価、関与者成長評価を要素として評価することが望ましいとしている。

葛西ら<sup>2)</sup>は、行政文書は文字が多く、硬い表現が多く、難しい印象を与えていると指摘している。若者をターゲットにするには広報印刷物はやわらかな雰囲気のものに適しているとしている。また、イラスト重視の印刷物にすることが若者への認知に有効としている。

今井ら<sup>3)</sup>は、昨今、インフラの老朽化対策の観点から DX 推進だけでなく、市民協働の重要性も広く認識されていることを指摘している。その上で、周南市で活動している橋守隊の取組についてアンケートを実施し、土木広報による市民協働の活発化が生じていることを明らかにしている。これにより、持続可能な維持管理、一般市民・子供の学び、維持管理計画への協働が促されるとしている。

### (3) 各種法制度の整理

生成 AI による生成物を商用利用する際の法解釈について、日本国内での利用を想定した場合、以下の点が重要となる<sup>4)</sup>。

著作権の考慮：AI が生成したコンテンツが既存の著作物と類似している場合、その利用は著作権侵害となる可能性がある。特に、プロンプトに特定の作家名や作品名を含めることは避けるべきである。

生成物の著作物性：AI が生成したものが著作物として認められるかどうかは、生成過程における人間の創作的寄与があるかどうかによって依存する。単純な指示で生成されたものは著作物と見なされない可能性がある。

商用利用の制限：生成 AI サービスの利用規約により、生成物の商用利用が制限される場合がある。例えば、無料会員が生成した画像は商用利用できないケースがある。

法第 30 条の 4：日本の著作権法第 30 条の 4 は、情報解析目的での著作物利用を許可しているが、商用目的での利用には注意が必要である。特に、学習データとして使用する際には、権利者の利益を不当に害さないことが求められる。

これらの点を踏まえ、日本企業が国内向けに AI 生成物を商用利用する際には、法的リスクを十分に評価した上で活用する可能性がある。

#### (4) 既存 AI サービスの整理

土木に関連する生成系 AI によるコンテンツ制作とプロモーション、及び子どもを対象とした広報ツールの作成において、どの AI サービスがどのタスクに適用可能かを調査した。調査結果を表 1 に示す。行には AI サービスの名称を、列には各タスクを示しており、生成系 AI を活用したコンテンツ制作とプロモーションにおける AI サービスの適用可能性を整理したものである。

表1 既存AIサービス（抜粋）の整理（R6年10月現在）

	広報企画検討	コンテンツの検討	生成系AIによるコンテンツ制作	料金
ChatGPT	企画のアイデア出しに利用 企画の評価も可能	コンテンツのアイデア出しに利用可能	コンテンツ作成に利用可能、コンテンツ画像を生成可能	無料でも利用可能だが特約あり
Claude 3	同上	同上	同上	同上
Suno AI	-	-	歌詞や局長を指定し音楽を生成可能	同上
Hailuo AI Video Generator	-	-	与えた画像に動きを付けることが可能	同上
lumalabs	-	-	与えた動画の続きを生成可能	同上
viggle	-	-	与えた画像の人物を踊らせることが可能	同上

横軸（列）に各タスク（広告企画検討、コンテンツの検討、生成系AIによるコンテンツ制作、料金）を、縦軸（行）にAIサービスの名称を配置した。各セルには、そのAIサービスがどのようなタスクに対応しているのか、あるいは実行可能な機能や特徴が示されている。

例えば、ChatGPTやClaude 3は、広告やコンテンツのアイデア出し・評価に活用でき、文章中心のコンテンツ生成も得意とする。一方、Suno AIは歌詞や曲調を指定しての音楽生成、Hailuo AI Video Generatorは画像に動きを付ける、lumalabsは動画の続きの生成、viggleは画像の人物を“踊らせる”アニメーション化といった形で、それぞれ得意分野の異なる生成系AI機能を提供している。

費用面は、どのツールも無料で利用可能だが、より高機能を求める場合や、回数制限の解除、商用利用を可能とする場合などは有料プランへの移行が必要である。

### 3. 道路政策を対象とした生成系AIによるコンテンツ制作とプロモーションの実証

#### (1) 広報企画検討

##### 1) 企画検討

はじめに、どのような政策を対象とし、どのような広報コンテンツを発信していくのかを検討するため、生成系 AI を活用し広報企画を検討・収集した。

収集した結果、7名から7企画が提出された。企画内容は、それぞれ個人が検討するものとし、以下の6項目について生成することとした。

- ・企画概要
- ・コンセプト
- ・対応する社会課題
- ・広報コンテンツ
- ・プロモーション活動
- ・評価方法

提出された7企画を以下に示す。



企画概要

コンセプト

対応する社会課題

広報コンテンツ

プロモーション活動

評価方法

図1 広報企画-A



企画概要

コンセプト

対応する社会課題

広報コンテンツ

プロモーション活動

評価方法

図2 広報企画-B



企画概要

コンセプト

対応する社会課題

広報コンテンツ

プロモーション活動

評価方法

図3 広報企画-C



図4 広報企画-D



図5 広報企画-E

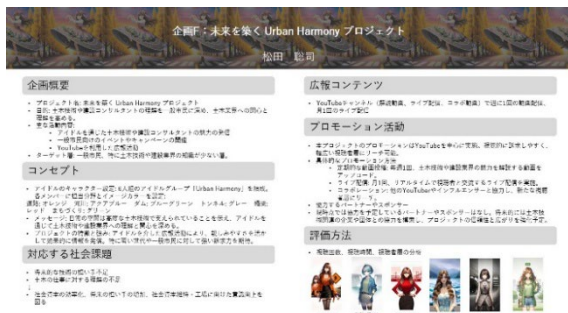


図6 広報企画-F



図7 広報企画-G

2) 評価・選定

広報 7 企画について、1 つの企画に絞り、各コンテンツの検討や製作を実施するため、各企画について、投票審査を実施した。

投票結果を以下に示す。企画を提出した 7 名で投票し、優れていると感じるものを 1 人あたり最大 3 つ選択できるものとした。

1. 以下の 7 つの土木広報企画の中で、優れていると感じるものを選んでください。  
※自身の企画以外で、最大 3 つ選択してください。1 つも、2 つも OK です。

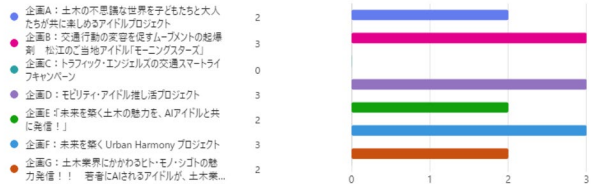


図8 企画投票結果

企画投票の結果、投票数が多いものとして、得票数 3 を獲得した以下の 3 つに絞られた。

- ・企画 B: 交通行動の変容を促すムーブメントの起爆剤 松江の御当地アイドル「モーニングスターズ」
- ・企画 D: モビリティ・アイドル推し活プロジェクト
- ・企画 F: 「未来を築く土木の魅力、AIアイドルと共に発信！」

ここで、企画を 1 つに絞るため、生成系 AI サービスである、Chat GPT と Claude を活用し、すべての企画について評価した。結果を以下に示す。なお、プロンプト文は同じものを宣言した。

Chat GPT 4o

評価項目を設定し、各企画を評価してランキングを作成します。

#### 評価項目の設定

1. **\*\*創造性\*\***: 企画の独創性と新規性
2. **\*\*実現可能性\*\***: 実際に実行できるかどうかの現実性
3. **\*\*影響力\*\***: 社会に与える影響や波及効果
4. **\*\*持続可能性\*\***: 長期的な運用と維持が可能かどうか
5. **\*\*コストパフォーマンス\*\***: 投入資源に対する成果の見込み

#### 評価とランキング

各評価項目について 5 段階評価 (1~5) で評価し、総合得点でランキングを決定します。

##### 企画 A: 土木の不思議な世界を子どもたちと大人たちが共に楽しめるアイドルプロジェクト

- 創造性: 5
- 実現可能性: 4
- 影響力: 4
- 持続可能性: 4
- コストパフォーマンス: 3
- **\*\*総合得点: 20\*\***

##### 企画 B: 交通行動の変容を促すムーブメントの起爆剤

- 創造性: 4

- 実現可能性：4  
 - 影響力：4  
 - 持続可能性：3  
 - コストパフォーマンス：4  
 - \*\*総合得点：19\*\*

#### 企画C：トラフィック・エンジェルズの交通スマートライフキャンペーン  
 - 創造性：4  
 - 実現可能性：5  
 - 影響力：5  
 - 持続可能性：4  
 - コストパフォーマンス：4  
 - \*\*総合得点：22\*\*

#### 企画D：モビリティ・アイドル推し活プロジェクト  
 - 創造性：5  
 - 実現可能性：4  
 - 影響力：4  
 - 持続可能性：4  
 - コストパフォーマンス：4  
 - \*\*総合得点：21\*\*

#### 企画E：「未来を築く土木の魅力を、AI アイドルと共に発信！」  
 - 創造性：4  
 - 実現可能性：4  
 - 影響力：4  
 - 持続可能性：4  
 - コストパフォーマンス：4  
 - \*\*総合得点：20\*\*

#### 企画F：未来を築く Urban Harmony プロジェクト  
 - 創造性：4  
 - 実現可能性：4  
 - 影響力：3  
 - 持続可能性：4  
 - コストパフォーマンス：3  
 - \*\*総合得点：18\*\*

#### 企画G：土木業界にかかわるヒト・モノ・シゴトの魅力発信！！  
 - 創造性：4  
 - 実現可能性：4  
 - 影響力：4  
 - 持続可能性：3  
 - コストパフォーマンス：3  
 - \*\*総合得点：18\*\*

### ランキング  
 1. 企画 C：トラフィック・エンジェルズの交通スマートライフキャンペーン (22 点)

2. 企画 D：モビリティ・アイドル推し活プロジェクト (21 点)  
 3. 企画 A：土木の不思議な世界を子どもたちと大人たちが共に楽しめるアイドルプロジェクト (20 点)  
 3. 企画 E：「未来を築く土木の魅力を、AI アイドルと共に発信！」 (20 点)  
 5. 企画 B：交通行動の変容を促すムーブメントの起爆剤 (19 点)  
 6. 企画 F：未来を築く Urban Harmony プロジェクト (18 点)  
 6. 企画 G：土木業界にかかわるヒト・モノ・シゴトの魅力発信！！ (18 点)

この評価は、各企画の独自性や社会的影響、実現可能性を考慮し、最も効果的かつ持続可能なプロジェクトを選定することを目指しています。

Claude 3.5

評価項目を設定し、各企画を評価します。評価項目は以下の5つとします：

1. 独創性：アイデアの新しさや斬新さ
2. 実現可能性：実際に実行できる可能性の高さ
3. 社会的影響：社会課題解決への貢献度
4. ターゲット層の明確さ：対象とする層が明確か
5. コンテンツの充実度：提供するコンテンツの多様性と質

各項目を5点満点で評価し、合計点を算出します。

企画	独創性	実現可能性	社会的影響	ターゲット層の明確さ	コンテンツの充実度	合計
A	5	3	4	4	5	21
B	3	4	4	5	4	20
C	4	4	5	4	5	22
D	5	3	4	3	4	19
E	4	5	4	3	4	20
F	3	4	4	3	4	18
G	3	4	5	4	4	20

評価結果に基づいたランキングは以下の通りです：

1. 企画C：22 点
2. 企画A：21 点
3. 企画B, E, G：20 点 (同点)

4. 企画D: 19点
5. 企画F: 18点

評価結果の詳細説明：

**1位の企画C「トラフィック・エンジェلزの交通スマートライフキャンペーン」が最も優れていると評価しました。その理由は以下の通りです：**

1. 独創性：バーチャルアイドルを交通安全啓発に活用するアイデアが斬新です。
2. 実現可能性：デジタルコンテンツやアプリを活用するため、比較的実現しやすいと考えられます。
3. 社会的影響：交通安全、渋滞緩和、環境問題など、複数の社会課題に取り組んでいます。
4. ターゲット層の明確さ：幅広い年齢層をターゲットとしていますが、特に若者層への訴求力が高いと思われます。
5. コンテンツの充実度：YouTube動画、SNS、アプリ、Eラーニング教材など、多様なコンテンツを提供しています。

生成系AIによる評価は、どちらも類似の評価項目を独自に設定しており、評価の結果は、企画C：トラフィック・エンジェلزの交通スマートライフキャンペーンが最も評価が高い結果となった。企画Cは得票が0であった企画ではあるものの、生成系AIの評価軸と人の評価軸との差異が明確に表れた結果といえる。そこで、本研究では、企画C：トラフィック・エンジェلزの交通スマートライフキャンペーンをコンセプトに、各コンテンツを検討・製作していくこととした。

## (2) コンテンツの検討

生成系AIを用いて、必要なコンテンツの種類を整理した。整理の結果、ロゴ、静止画、楽曲、動画がプロモーションの柱となると結論付けられた。

ロゴはグループ全体のテーマ性と親しみやすさを象徴するものとなるため、一目で覚えやすくメッセージ性の強いデザインを作成することとした。

静止画はSNS投稿やポスター、グッズへの展開など、さまざまなメディアで活用可能であり、イメージを伝える素材として整理した。

楽曲は若年層にリーチするための重要な要素とし、楽曲を通じて交通安全に関するメッセージを楽しく伝える工夫を盛り込むこととした。

動画はキャラクターによる交通ルールの解説や楽曲パフォーマンスを通じて、視覚的・聴覚的にメッセージを伝える主軸コンテンツとして位置付けられた。

これらの検討を通じて、交通安全のメッセージを広

範囲かつ効果的に届けるためのコンテンツ戦略を具体化した。

## (3) 生成系AIによるコンテンツ制作

近年、生成系AI技術の進展に伴い、コンテンツ制作の各プロセスにおける自動化と効率化が進んでいる。本研究では、AIの活用により従来の広報コンテンツの制作プロセスを効率化し、創造性を向上させることを目的としている。特に、キャラクターデザイン、音楽制作、モーション制作の統合的な実現に注目し、これらの領域におけるAIの適用可能性と効果を検証した。

以下の図は、本研究で試行した項目の実現状況である。複数のキャラクター画像に対して個別に振り付けを付与することは困難であった。

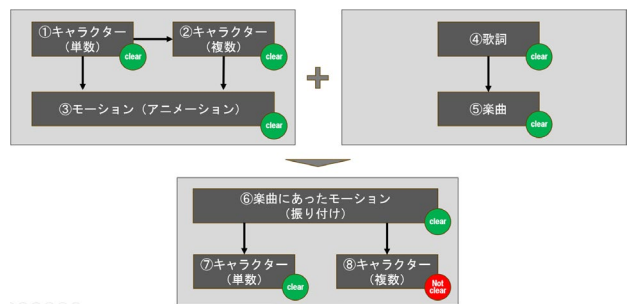


図9 生成系AIによる実現状況

### 1) キャラクターデザイン作成

生成系AIを用いて、個性的で視覚的に魅力的なキャラクターを作成した。具体的には、AIモデルを用いて多様なデザインパターンを生成し、テーマ性や物語性を持たせたキャラクターを開発した。



図10 キャラクターデザイン案

### 2) ロゴデザイン

生成系AIを活用して「Traffic Angels」を象徴するロゴを作成した。AIモデルによる多様なデザイン案を基に、以下3つのモチーフをイメージした視覚的にインパクトのあるロゴを開発した。

①天使の翼モチーフ

②中央の丸と道路の線

③アイドルグループというエンターテインメントを通じた交通安全の学び

特に、羽根や道路線をモチーフに取り入れたデザイ

ンで親しみやすさとプロジェクトの理念を表現した。

このロゴを通じて、交通安全と公共マナーを楽しく学べる取り組みとしてのブランドイメージが伝わることを目指した。



図11 作成したロゴ

### 3) 静止画作成

生成系AIを用いてプロモーション用の静止画を制作した。キャラクターやロゴを活用し、SNSやポスターに適した高解像度で視覚的に訴求力のある画像を開発した。

テーマに沿った背景や色彩設計により、ターゲット層に対して交通安全のメッセージを効果的に伝える内容を目指した。



図12 作成した静止画

### 4) 楽曲作成（作詞・作曲）

「ChatGPT」による歌詞の作成及び、「SUNO AI」による楽曲の作成を行った。AIによる自動生成プロセスを通じて、K-POPスタイルを中心とした多様な楽曲を制作し、テンポやジャンルをカスタマイズした。AIを用いた歌詞および楽曲の生成が可能になったことで、音楽の素養がなくても、誰でもが音楽制作することができるようになり、その制作時間も大幅に削減された。

[Intro][Instrumental]

[Verse 1]

未来を守る 交通の天使たち安全な道を描き出す新しい技術で  
夢を広げみんなが安心して暮らせる日々

[Chorus 1]

交通安全（安全） 守るため（ため）  
環境保護の（保護） 夢を持ち（持ち）  
地域連携（連携） 共に歩む（歩む）  
楽しく学ぶ（学ぶ） 未来を創る（創る）

[Inter Synthsolo]

[Verse 2]

スマートに移動 無駄を省きエコドライブで  
地球を守る 地域と共に手を取り合い  
みんなが幸せになるために

[Bridge]

交通事故ゼロ（ゼロ） 目指して持続可能な（可能）  
世界を次世代技術（技術）を広めて  
楽しい学び（学び） 届けよう

[Chorus 2]

交通安全（安全） 守るため（ため）  
環境保護の（保護） 夢を持ち（持ち）  
地域連携（連携） 共に歩む（歩む）  
楽しく学ぶ（学ぶ） 未来を創る（創る）

[Verse 3]

リーダーシップで先導しスマートな未来  
切り開く みんなの笑顔守るため  
交通の天使たち 笑い降りる

[Chorus 3]

交通安全（安全） 守るため（ため）  
環境保護の（保護） 夢を持ち（持ち）  
地域連携（連携） 共に歩む（歩む）  
楽しく学ぶ（学ぶ） 未来を創る（創る）

[Outro]

未来の交通（交通） 守る天使（天使）  
安心できる（できる） 道を創る（創る）  
共に歩む（歩む） 喜びを交通の天使たち（たち）  
広げていく（いく）

[Ending][Instrumental]

### 5) 動画作成

#### a) モーション制作

VIGGLEおよび「最強AIダンサー」を使用し、キャラクターのモーションを生成した。AIによるモーション生成は、楽曲のリズムやテンポに合わせた動きを自動的に生成することを可能にした。

#### b) 音楽とモーションの統合

生成された楽曲に合わせてキャラクターにモーションを付与することで、音楽と視覚表現の一体感を実現した。これにより、キャラクターが歌い踊るパフォーマンスが可能となり、視覚的・聴覚的に魅力的なコンテンツを提供することができた。

#### c) 動画編集

生成された音楽やモーション動画、画像を組み合わせたミュージックビデオの作成を実施した。当初はAIツールによる自動編集を目指し、いくつかのアプリケーションを試行したが、十分な結果が得られなかった（R6年10月現在）。図13は、市販の動画編集ソフトを使用して作成したミュージックビデオである。

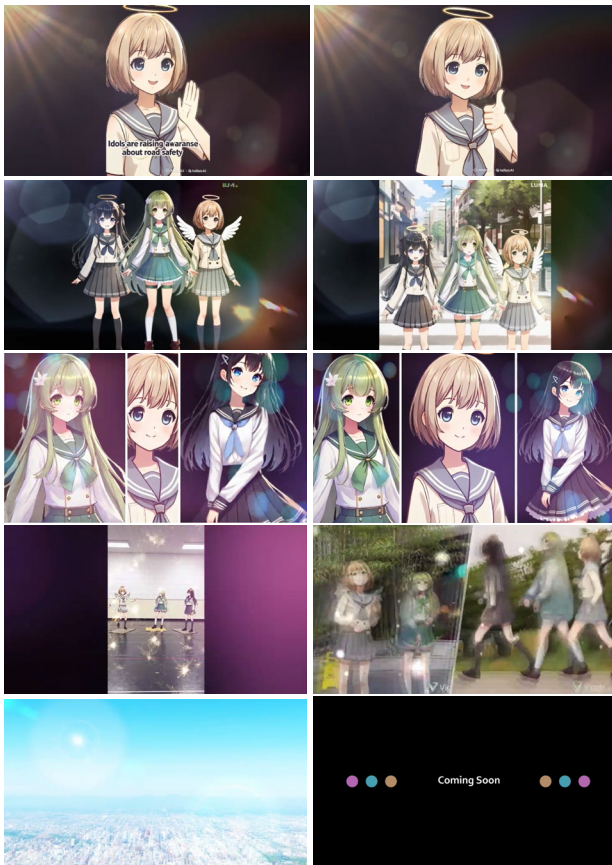


図13 作成したミュージックビデオのキャプチャ

#### 6) 活用可能性

生成系AIの導入により、従来のコンテンツ制作プロセスに比べて制作時間を大幅に短縮することができ、迅速に複数コンテンツの量産が可能となり、継続的な広報活動の負担軽減の可能性が確認できた。

また、AIが提案する多様なアイデアを活用することで、従来では考えつかなかった斬新なデザインや表現を実現した。これにより、コンテンツの創造性が飛躍的に向上し、視聴者に新たな価値の提供が可能であると考えられる。

本研究では、生成系AIを活用することで、効率的かつ創造的なコンテンツ制作が可能であることを実証した。キャラクターデザイン、歌詞と作曲、モーション制作の各プロセスにおいて、AIの有効性が確認された。今後は、生成系AIのさらなる性能向上と応用範囲の拡大を目指し、実社会での実用化に向けた研究を進める必要がある。また、生成されたコンテンツの品質向上と倫理的課題への対応も重要な課題として挙げられる。

#### (4) 配信・公開

本プロジェクトの配信・公開においては、多くのプラットフォームを活用することで幅広い層にリーチすることを目指した。具体的には、YouTube, X (旧 Twitter), Instagram, TikTok, YouTube Shorts, その他には音楽配信アプリ (Spotify等) やポスターやチャ

シなどのオフライン媒体が候補として挙げられた。

今回は1段階として、XとInstagramで配信を開始した。まずは視覚的に訴求力の高い静止画を投稿することで、ターゲット層へのアプローチを図った。また、配信内容については生成系AIを活用し、キャッチーで親しみやすい文章を作成した。これにより、交通安全というメッセージを効果的かつ魅力的に発信することを可能にした。



図14 SNSでの配信内容(左: Instagram 右: X)

### 4. 生成系AIによる子どもを対象とした広報ツールの作成

#### (1) 広報ツールの検討

令和5年4月の子ども基本法の制定や、国土交通省都市局の方でも、「子どもまんなかまちづくり」の推進などが掲げられ、子どもや保護者が歩きやすい歩行空間整備がすすめられている。また、道路空間活用の潮流としても、子どもと親が安心して楽しめるみちづくりを進められているところである。

このような中、土木全体に関しても、子どもの関心を高めることが、土木に対するポジティブなイメージの喚起や、土木産業の活性化につながるものと考えられる。そこで、本研究では、子ども向けの土木広報を検討とすることとした。具体的には、子ども向けの絵本を生成AIで作成した。

#### (2) 生成系AIによる広報ツール制作

まちづくりや交通渋滞解消などの仕事内容を子どもたちに伝えることを目的に、生成系AIを活用して絵本を作成し、その広報活動への可能性を検証した。

本研究では、AIによる物語の構築とイラスト生成を組み合わせ、親子で楽しみながら学べる内容を制作した。絵本では、まちづくりを行う上でのプロセスや、渋滞の仕組み、その解決策について、子どもにも分かりやすい形で説明を行い、人々の協力や工夫が重要であることを伝えた。また、登場人物の親しみやすいキャラクター性や物語の一貫性、視覚的な魅力を工夫し、読者の興味を引く内容とした。

このように生成系AIを活用することで、短時間で効果的な広報ツールを制作できる可能性が示され、まちづくり分野での新しい情報発信手段としての活用が期待される。



図15 絵本A



図16 絵本B

### (3) 公開・評価

以上で製作した絵本A及び絵本Bについて評価を実施した。評価はChatGPT上で、こども視点の評価者を設定し、対比評価し、採点をした。結果を以下に示す。

絵本A
<p>物語の感想 みんなで力を合わせてまちを素敵にするの、すごくいいなって思った！まちこさんがかっこよかったよ！</p> <p>絵の感想 絵は見れなかったけど、みんなが楽しそうにしてるところや、新しい公園の絵があったらいいなって思うよ！</p> <p>点数 85点！みんなの協力が大切っていうのが伝わってきたよ！</p>
絵本B
<p>物語の感想 トミーとミナが渋滞をなくすためにいろんなアイデアを出すのがすごくいいなって思った！みんなで工夫すれば、まちがもっと便利になるんだね！</p> <p>絵の感想 絵は見れなかったけど、もしトミーとミナが元気に自転車に乗ってる絵があったら、すごく楽しそうだなって思う！</p> <p>点数 90点！みんなで協力して解決するのがとってもいいお話だったよ！</p>

### 5. おわりに

本研究では、土木分野における効果的な広報活動の実現に向けて、生成系AIやウェブアプリケーション等のデジタル技術を活用した新たな広報手法の開発と検証を行った。

特に注目すべき成果として、以下の3点が挙げられる。第一に、従来の土木広報が抱えていた「情報発信の対象が不明確」「一方的な情報提供」「若年層へのアプローチ不足」という課題に対し、AIアイドルキャラクターを活用した「トラフィック・エンジェルズ」プロジェクトを通じて、新しい解決アプローチを示すことができた。

第二に、生成系 AI を活用することで、キャラクターデザイン、ロゴ作成、静止画制作、楽曲制作、モーション制作など、多岐にわたるコンテンツを効率的に制作できることを実証した。第三に、こども向け絵本の制作を通じて、生成系 AI による広報ツール作成の可能性を示すことができた。

一方で、いくつかの課題も明らかになった。動画編集における完全自動化の困難さや、生成されたコンテンツの品質向上、倫理的な配慮などが今後の検討課題として残されている。また、制作したコンテンツの効果測定や、より広範な年齢層へのリーチ方法についても、さらなる研究が必要である。

今後は、本研究で得られた知見を活かしながら、生成系 AI の技術進化に合わせて広報手法をより発展させていくとともに、土木分野の魅力を効果的に伝える新たな手法の開発を継続していく必要がある。これにより、社会資本整備に対する理解促進と、持続可能な社会の実現に貢献することが期待される。

**謝辞**：本研究に際し、ChatGPT, Claude, SUNO AI, VIGGLE, Copilot等より有益な助言を賜りました。ここに記して、深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 河井 孝仁, 行政広報の戦略評価に向けた提案, 公共コミュニケーション研究, 2016, 1 巻, 1 号, p.66-76.
- 2) \*葛西 朱里, 近藤 晶, 三寺 潤, 行政のための広報ツール「みらいのどうろのおはなし」の提案, 日本デザイン学会研究発表大会概要集, 2022, 69 巻, 日本デザイン学会 第 69 回研究発表大会, セッション IDPA-20, p.394.
- 3) 今井 努, 海田 辰将, 西本 忠章, 岡本 知也, 中越 亮太, 小山 諒子, 周南地域における橋守活動・土木広報の実践と市民協働を踏まえた維持管理に関する考察, インフラメンテナンス実践研究論文集, 2022, 1 巻, 1 号, p.70-79.
- 4) 文化庁著作権課：AI と著作権に関する考え方について, <[https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkashingikai/chosakuken/pdf/94037901\\_01.pdf](https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkashingikai/chosakuken/pdf/94037901_01.pdf)>(入手 2024.12.12).

(2024. 12. 26 受付)

## SHIN-CIVIL ENGINEERING PUBLIC RELATIONS: CAN GENERATED IDOLS BECOME TRUE ICONS?

Shotaro ABE, Yoshinori IIDA, Kazuma SUGAKI, Satoshi MATSUDA,  
Keita NAKAHARA, Keiichi TAKAHASHI, Kanon TAMURA, and Hiroyuki TANAKA

Public relations activities in civil engineering have faced various challenges in recent years, including unclear target audiences, one-way information dissemination, and insufficient approach to younger generations. This study aimed to propose new methods of civil engineering public relations by utilizing generative AI and web applications to address these challenges.

Specifically, we developed the "Traffic Angels" project utilizing AI idol characters and created various contents including character designs, logos, still images, music, and videos using generative AI. Additionally, we produced picture books using generative AI as public relations tools targeted at children.

The results demonstrated that utilizing generative AI can significantly streamline the traditional content creation process for public relations and enable creative expression. However, challenges were also identified, including difficulties in fully automating video editing, improving the quality of generated content, and addressing ethical considerations.

These findings can serve as fundamental knowledge for implementing effective public relations activities in the civil engineering field in the future.

Keywords: Civil Engineering Public Relations, Generative AI, Digital Technology, Idol Characters, Children's Picture Books

# インクルーシブデザインに配慮した設計手法 (教育施設) 確立の研究

内山信司<sup>1</sup>・勝山聡美<sup>2</sup>・田辺華名未<sup>3</sup>・杉本遥<sup>4</sup>・秋山由季<sup>5</sup>・長谷川導<sup>6</sup>・  
徳永景子<sup>7</sup>

<sup>1,2,3</sup>株式会社日総建 設計本部 企画計画部 (〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷1-34-14)

E-mail: s.uchiyama@nissoken.co.jp

E-mail: sa.katsuyama@nissoken.co.jp

E-mail: k.tanabe@nissoken.co.jp

<sup>4</sup>株式会社日総建 設計本部 設計監理部 (〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷1-34-14)

E-mail: h.sugimoto@nissoken.co.jp

<sup>5</sup>株式会社日総建 中部事務所 (〒460-0003 名古屋市中区錦1-5-13)

E-mail: y.akiyama@nissoken.co.jp

<sup>6,7</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社 都市部 PFI・PPP室 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

E-mail: osm-hasegawa@ctie.co.jp

E-mail: kik-tokunaga@ctie.co.jp

近年、「インクルーシブ」に関する対応が注目を集めており、提案を求められることがあるが、日本全体でみてもインクルーシブな建築・空間の実績としては少ない状況にある。

本研究では、こうした課題を総合的に解決するため、「インクルーシブ」に対する理解を深めたのち、当事者からの課題抽出等を行い、インクルーシブな建築・空間の実現に向けて、プロセスも含めた設計手法を提案する。また「インクルーシブ」について正しい知識を社内外に発信し、インクルーシブな社会を実現する環境づくりにも貢献する。

**Key Words :** *inclusive, inclusive design, inclusive education, workshop, person with disabilities*

## 1. はじめに

昨今、すべての人を包摂し共生する「インクルーシブ」という考え方への関心が高まっている。SDGsの目標の中に「誰一人取り残さない」「最も遅れているところに第一に手を伸ばす」という原則が掲げられており、インクルーシブに共通する考えであることが、着目されている理由の一つと考えられる。

SDGsの推進が進んだことで、人種、言語、性別、障がいのあるなしに関わらずすべての子どもがともに学ぶ「インクルーシブ教育」も着目され、文部科学省により実現・普及が進められている。インクルーシブ教育が着目されると同時に、インクルーシブに配慮した施設整備の需要が増えている一方、建築分野の事例が非常に少ないのが現状である。インクルーシブ教育の実現のために

は、合理的配慮が可能な環境整備が不可欠である。教育施設の設計においてインクルーシブデザインの在り方を定義し、インクルーシブの概念を設計に取り入れることで、インクルーシブ教育に適した建築的な提案を実践していくことが必要である。

本研究では、3年間で事例調査やワークショップを行い、教育施設の設計アイデア集を作成する。インクルーシブデザインに配慮した設計手法を確立することで、多様な学びの場の環境整備に向けた検討を行い、教育施設の設計技術を蓄積することを目的とする。またインクルーシブデザインは企画・計画段階で当事者を含めて検討するプロセスが重要視されており、設計のスキームにインクルーシブデザインを組み込むための手法についても検討をする。

\*1)インクルーシブ教育とは、障がいの有無や個々の特性にかかわらず、すべての子どもたちが同じ環境で学びあい、共生社会の実現を目指す教育である。また共生社会とは、誰もが互いの人格と個性を尊重し支えあい、多様な在り方を認めあえる全員参加型の社会である。

ユネスコ（国連教育科学文化機関）は、インクルーシブ教育を「すべての子どもを包摂する教育」と定義したうえで、すべての子どもの教育の保障を目指す理念だとしている。

\*2)インクルーシブデザイン：あらゆる人々が参加し、利用できるように設計された製品や環境のことを指す。障がい者や高齢者、子どもから成人まで、あらゆる人々の多様なニーズや能力を考慮し、誰もが自由に参加できるようにするためのデザインの手法のこと。

## 2. 研究の概要

### (1)研究の位置づけ

#### a) 背景

文部科学省では、共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システムの構築をめざしている。

一方、我が国におけるインクルーシブ教育の状況としては2022年8月22日・23日に、スイス・ジュネーブの国連欧州本部で、日本政府は「障がい者の権利に関する条約」（以下、障がい者権利条約）に関する初めての審査を受けた。2022年9月9日には権利委員会から日本政府へ勧告（総括所見）が出されており、世界的に見ても遅れていることがわかる。なお、障がい者権利条約は、2006年に国連が採択し、2014年に日本が批准した。

#### b) 当社の状況

計画設計の際や公共建築のプロポーザルで、発注者よりインクルーシブ教育対応を求められることがあるが、インクルーシブの概念を理解している担当者も多くなく、担当者の裁量による提案となっている。またインクルーシブを実現するための全体計画には至らず、バリアフリーやユニバーサルデザイン等従来の対応で完結していることも多い。本研究にてCTIグループが考えるインクルーシブについて認識を整理し、今後の提案に反映、提案力強化による新規業務の獲得につなげる。

#### c) 他社の動向

設計事務所のインクルーシブの導入状況についてはダイバーシティ、エクイティ&インクルージョン(DEI)推進宣言をしている事務所もある。設計事務所以外では遊具設計や文具・家具設計でもインクルーシブの概念が導入されており、積極的に製品に取り入れている企業もある。

#### d) 投資の妥当性

公共施設の中で教育施設が占める割合は高く、インクルーシブな教育施設を提案・実装する実績は教育施設

の企画・設計、プロポーザル等における先進的な提案につながり、受注拡大に貢献できる。また、教育施設から福祉施設、その他公共施設といった多様な分野の建築設計への適応可能性が高い。さらに、インクルーシブの需要が高まっている公園、広場設計への適応も可能であり、CTIグループ全体としての受注拡大も見込むことができる。本研究によりインクルーシブへの提案力を強化し、新規業務獲得等につなげることを期待する。

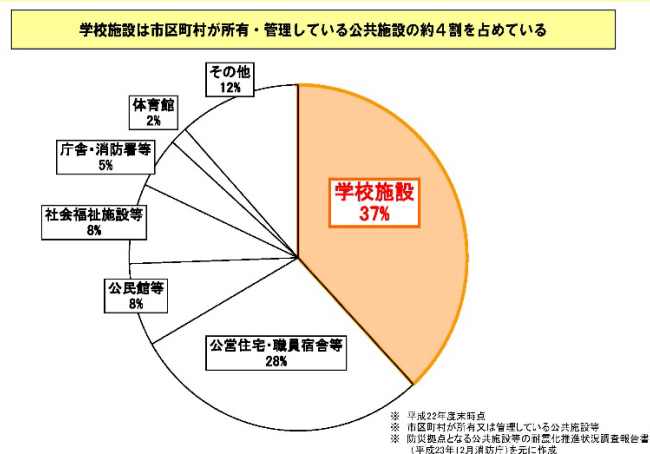


図-1 公共施設における学校施設の割合（出典：文部科学省）

#### e) 他研究との差別化

インクルーシブに関する研究については、教育分野を中心に動向の確認等をテーマにした研究が進められており、建築分野でも海外の先進的な事例での行動調査等がまとめられ、インクルーシブな空間の実現に向けての整理が進められてきた。

しかし、上記の既往研究では現状の課題の整理や先進事例の分析までを成果としており、デザインへの実装や実装後の効果の確認までをまとめた研究は確認されていないため、本研究は他研究と異なる位置づけにある。

### (2)研究の流れ

#### a) 研究スケジュール・研究方法

本研究は3カ年計画とする。今年は研究の方針を確立させることを目的とし、机上調査による国内外の動向の確認や企業のヒアリングによる実装イメージの確立等を行う。またインクルーシブを謳っている施設の視察を行い、インクルーシブな建築を実現する上で必要な事項について確認をする。2年目では1年目に確定した研究の方針や机上調査結果を基に、現状の課題の整理を行う。教育現場や自治体からインクルーシブに関する実施状況等をヒアリングした後、リードユーザーを含めたワークショップ等を実施し、建築的な配慮事項の抽出を行う。3年目では1・2年目にまとめた内容を基にデザインの実装や設計スキーム検討等を行う。

研究の最終着地点としてはCTIグループ内でインクルーシブデザインの実践事例の蓄積や設計スキームの確立を目指す。また本研究から社内のインクルーシブに対する意識改革も期待し、社内での意識調査等も積極的に実施する方針とする。

表-1 研究の流れ

1年目： 研究の方針確定	・国内外机上調査 ・企業ヒアリング ・先進事例視察	社内アンケート①
2年目： 現状/課題の把握	・国内調査 ・当事者ヒアリング ・国内ワークショップ	社内アンケート②
3年目： デザインへの実装	・国外視察 ・デザインの実装 ・設計スキーム検討	社内アンケート③
最終目標	・インクルーシブデザインの発信 ・デザイン実績蓄積 ・新規業務獲得	インクルーシブに対する意識向上

### 3. 机上調査報告

#### a) 障がいの種類の把握

事例収集を行った結果、インクルーシブな空間・建築を提案する上で、障がい種類や特徴について正しく理解する必要があると認識したため、文献より障がいの種類や特徴について整理した。<sup>1)2)3)4)</sup>

障がいについては明確に診断されるケースもあれば、複数の障がいをもっていることや、明確な診断がなく支援等を受けていないケースがあることが確認できた。

周囲の環境が自己肯定感の維持等に大きく影響し、環境づくりの一環を担う建築設計は重要な役割を持つことが確認できた。

表-2 障がいの種類と特徴（大分類）

●身体障がい・・・身体機能の一部に障がいを生じている状態
●知的障がい・・・記憶、知覚、推理、判断などの知的機能の発達に遅れがみられ、社会生活などへの適応が難しい状態 <sup>5)</sup>
●精神障がい・・・意識、知能、記憶、感情、思考、行動などの精神機能に障がいを生じ、精神が正常に働かず、行動の異常が出現する状態
●発達障がい・・・先天性の脳の機能障がいが原因で乳幼児期に生じる発達の遅れをいひ、知的障がいを伴う場合もある

#### b) インクルーシブデザイン概念・定義

本研究においてインクルーシブに関する文言の定義について明確にすることが必要不可欠であったため、文献より定義の確認・整理を行った。

##### 【インクルーシブデザイン】<sup>6)</sup>

障がいがある人や多様なバックグラウンドを持つ人、高齢者など従来の製品やサービスから排除されてきた人々をデザインプロセスの上流から巻き込み、共創する手法。現在はより広義な意味合いで使われており、身体

的、認知的、感覚的、言語的、文化的な多様性に考慮するデザインプロセスやそのデザイン自体、サービスを社会実装する際の配慮なども含めて「インクルーシブデザイン」と呼ぶ。

##### 【インクルーシブな空間や建築】

個から出発する小さな共感の輪が重なりあい、全体を包括する空間。

配慮が必要な人が、皆と同じ場で過ごすことができるデザイン。機能面だけでなく心理的にも満足できるデザインをつくることを重視。

##### 【ユニバーサルデザイン】<sup>7)</sup>

ユニバーサルデザインはあらかじめ、障害の有無、年齢、性別、人種等にかかわらず多様な人々が利用しやすいよう都市や生活環境をデザインする考え方であり、あらゆる人々を包含するためのツールであって、排除するものであってはならないという点はインクルーシブデザインと同じである。

ユニバーサルデザインは、7原則にのっとって、提案されたデザインを指している。

##### 【バリアフリーデザイン】<sup>8)</sup>

バリアフリーとは、物理的障壁の除去をいうことが多いがより広く障害者の社会参加を困難にしている社会的、制度的、心理的なすべての障壁を除去すること。

##### 【日本におけるインクルーシブ教育】

インクルーシブ教育は児童・生徒に1人1人向き合っ、観察・教育の実践、再検討を繰り返す、個人に寄り添った教育のこと。同じ場で学ぶことだけでなく、児童生徒の自立・社会参加を促すことを目指す。現状、教育システムなどのソフト面の比重が大きい。

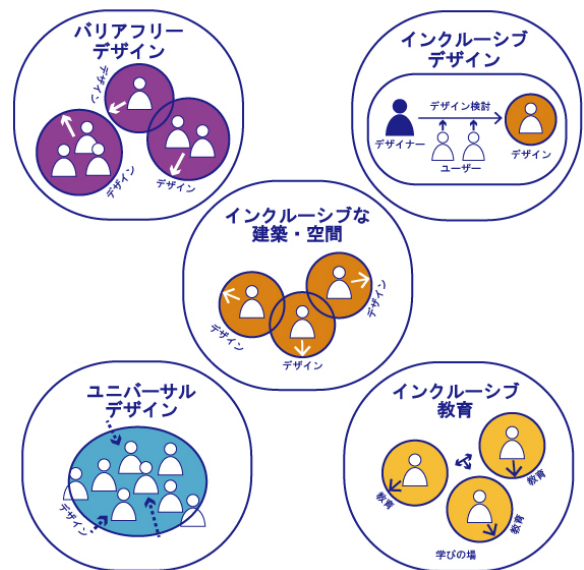


図-2 各概念の定義ダイアグラム

#### c) インクルーシブ教育実践事例確認

現在の日本の教育施設におけるインクルーシブデザ

インの動向を把握するため、机上調査を行った。国内におけるインクルーシブ教育の現状については文部科学省が提示している事例<sup>9)</sup>を収集し、分析を行った。

事例の中で多く見られた特色としては、合理的配慮協力員の配置、児童・生徒の観察記録・情報交換、個別の教育支援計画の作成、保護者との合意形成等があった。

学校における「インクルーシブ教育」とは、児童・生徒1人1人に寄り添った教育のため、個々の障がい特性に合った指導方法が必要であり、それぞれの自立・社会参加を促すことを目指していることが確認できた。また、保護者との関係性の構築、保健センター等の支援施設との連携の強化を行っている学校やタブレット端末の活用や教材開発により授業を工夫している例も多くみられた。文部科学省が提示している実践事例を確認した結果、インクルーシブ教育は運営面での対応を指しており、建築等のハードの対応については特に言及されていないことが確認できた。また企画・計画段階での当事者参加を重要視するインクルーシブデザインとは意味合いが異なることが確認できた。

表-3 インクルーシブ教育システム構築モデルスクール事例

特色	学校	取組内容
児童・生徒支援のしくみづくり	武蔵野東第一幼稚園	幼児の障がい特性にあわせ、情報のコントロールや視覚支援などを行い身辺自立に向けた保育を実践
	長崎玉成高等学校	就労支援、教職員の専門性向上のための研修環境の整備、キャリア教育、観察法や心理検査の実施
	長野県阿智高校	アセスメントシートの作成、ソーシャルスキルトレーニング等の職員研修生徒理解や具体的な支援のための専門性の向上
学びの工夫	小中一貫三戸学園三戸町立三戸小・中学校	特別支援学級に在籍する児童を対象とした理科実験授業（元スーパーサイエンスティーチャーによる自作教材づくり）
	千葉県印西市立内野小学校	教職員を対象とした資質向上研修会やICT活用事例研修等を企画・運営 タブレット型端末の活用や教材開発についての指導・助言
研究・連携	相模女子大学幼稚部	大学の子育て支援センターとの連携、市町村の保健・療育センターとの連携強化
	小中一貫三戸学園三戸町立三戸小・中学校	発達障がいのある児童生徒や発達障がい疑われる児童生徒については、保護者の同意を得てWISC-III知能検査を実施し、必要に応じてS-M社会生活能力検査を実施

#### d) インクルーシブな施設の事例

建築雑誌やホームページより、インクルーシブの概念を導入している施設の事例収集を行った。<sup>10)11)12)13)14)</sup>

様々な特徴を持つ人が選択して快適な空間を選べるように多様な場を設計されており、心理的に落ち着く色合いや照明の工夫、広がりのある空間でのびのびできるような設計の工夫がされている施設が多くあった。

大々的にインクルーシブを謳った建築は少なかったが、インクルーシブに近い考え方を設計に組み込んでいる事例は確認できた。

表4 インクルーシブの概念を導入している施設

<p>エルビザの里（設計・監理：O・A+C）<sup>10)</sup></p> 	<p>運営側のソフト面と建築側のハード面が融合し、多様なイベントが演出される環境を作ることで、重度の障がいのある人々でも地域社会への繋がりの中で生活できる場となるだけでなく、地域で暮らす人々の障がいへの理解の醸成や共生を体現。</p>
<p>SLPセンターアーク（日比野設計）<sup>11)</sup></p> 	<p>児童発達支援・保育・診療・相談を同一建物で行うインクルーシブな環境を整え、皆が地域を身近に感じ、利用者だけでなく家族も安心して暮らせる社会を作ることを目的としたプロジェクト。1階には中庭を挟んで児童発達障がい支援と保育園を配置し、集中して療育と保育が行える環境を整えている。</p>
<p>宮下どろんこ保育園 +つむぎ×TSUMUGI CAFE+ちきんえつぐ (ユニップデザイン株式会社)<sup>12)</sup></p> 	<p>保育園に児童発達支援施設を併設し、保育室同様に指導訓練室を設け、健常児も障がい児も分けてなく保育を行う「インクルーシブ保育」を目的とした施設。子育て支援や発達支援の保護者の待合として地域住民とも交流ができるカフェを併設している。地域社会への参加・包括（インクルージョン）の考えを具現化する取り組みを行っている。</p>
<p>フジ虎ノ門子どもセンター (積水ハウス株式会社)<sup>13)</sup></p> 	<p>社会医療法人青虎会と御殿場市が連携し、医療・福祉・教育・保育など子どもに関わる様々な機関と共に、子どもを総合的にケアすることを目的に設立した先駆的施設。多様な立場の交流を促す空間がインクルーシブ教育の考えを体現しているとの高い評価を受けている。</p>



イェナプラン教育を取り入れた全国初の公立校「福山市立常石ともに学園」の改修設計。サークル対話がしやすくなるベンチや壁面の一部を教室ごとに異なる色で塗装したり、イェナプランの思想を大切に空間にも反映している。  
 ※イェナプラン：それぞれの学びに合った形で、自律と多様な人たちが共に生きることを学ぶ教育。インクルーシブに近い発想。

### e) インクルーシブなインフラの事例確認

建築分野以外のインクルーシブデザインの浸透状況を把握するため、インフラにおけるインクルーシブ事例の調査を行った。その結果、インフラ分野の中でも公園整備におけるインクルーシブデザインの導入が進んでおり、国土交通省や東京都、福岡市においてインクルーシブな遊び場についてのガイドラインが作成されていることがわかった。それらのガイドラインでは、子どもや保護者、子育てや福祉などの関係団体、地域住民や専門家等の多様な主体が、計画段階から管理運営段階まで参画することが重要であり、公園整備後も利用実態調査等を実施し、管理運営に反映することで、遊び場を育てることが大切としている。

#### 【評価モデルの事例】

東京都の「『だれもが遊べる児童遊具広場』整備ガイドライン」<sup>15)</sup>では、各整備段階において適切な内容であるかのチェックが大切であるとして、「遊具・施設のユニバーサルデザイン度チェックリスト」を参考に計画段階のチェックを行うとしている。福岡市の「インクルーシブな子ども広場整備指針」<sup>16)</sup>では、インクルーシブな子ども広場の構成要件を6つに設定し、構成要件ごとに整備時の共通配慮事項と個別配慮事項を整理し、可能な限り満たすような整備を行うとしている。

本研究においても、先進的にインクルーシブデザインが導入されている公園分野での整備プロセスや評価モデルを参考に、インクルーシブな教育施設における評価モデルの作成を今後検討する。

区分	NO	チェック項目	チェック			総合評価
			X:不可	△:可	○:良	
遊具と遊びの空間	1	遊具は、「都市公園における遊具の安全確保に関する指針(改訂第2版)」に準拠していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X:不可 △:可 ○:良
	2	遊具は「遊具の安全に関する規程(JPFA-SP-S2014)」に準拠していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	3	海外から輸入された遊具は、日本の基準に準拠していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	4	主として幼児が遊ぶゾーン、主として小学生が遊ぶゾーン、両者が混在して遊ぶゾーンについて配慮していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5	ニーズに応じて、身体的な遊び、感覚的な遊び、社会的な遊びに対応する遊具や空間をバランスよく導入していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	6	遊具は、だれもが安全、快適、容易に利用できるよう、機能に応じて適切な場所に配置されていますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	7	遊具利用の際に発生する複数の動線の交錯回避に配慮していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	8	車いすから移乗して遊ぶ遊具では、移乗しやすいデッキや手すり、スペースなど、安全、快適、容易な利用システムに配慮していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	9	落下等の危険がある遊具設置面は、衝撃緩和と舗装材等で舗装していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	10	遊具設置面の色彩は、空間認識しやすい色彩に配慮していますか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

図3 遊具・施設のユニバーサルデザイン度チェックリスト

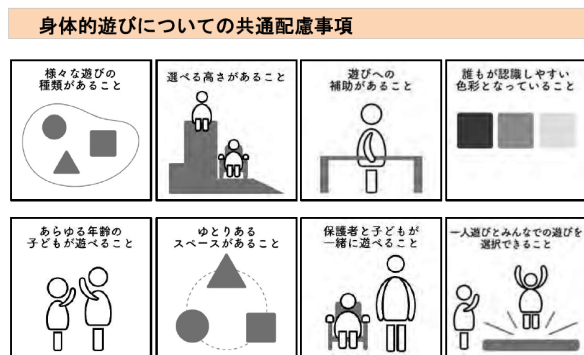


図4 福岡市「インクルーシブな子ども広場整備指針」

## 4. メーカーヒアリング

### a) 目的

インクルーシブの概念をデザインに落とし込むプロセスやユーザーへのヒアリング方法等を確認するために先進的に取り組みをしている企業にヒアリングを行った。

ヒアリングは①遊具設計、②家具・文具メーカー③コンサルティング、④大学を対象に行った。

表-5 ヒアリングした企業一覧

① 遊具メーカー		③ コンサルティング	
② 家具・文具メーカー		④ 大学	

### b) ヒアリング結果

#### ①遊具メーカー

インクルーシブな空間を実現する要素を細分化し、条件や環境・目的に応じて製品を何種類かカスタマイズできるような仕組みが確立されていた。

インクルーシブなデザインを発信してからの効果の

確認方法については利用者のヒアリングを一般向けに行っており、ヒアリングでの内容を製品に反映することを実践していた。広範囲を対象としたアンケートでは、ヒアリングしたい対象から回答をもらえるとは限らず、期待する回答が得られない事例が多くあったことから利用者との対面のヒアリングを推奨していた。

## ②文具・家具メーカー

インクルーシブデザインは、あくまで初期段階からユーザーを含めてデザイン検討をするプロセスを指し、ユニバーサルデザインやバリアフリーデザインとは意味が異なることがヒアリングより確認できた。

インクルーシブデザインに落とし込むまでのプロセスとしては、グループ会社に障がい者雇用を積極的に行っている子会社を有しており、製品の開発の際はグループ会社とのワークショップを実施してワークショップでの意見を製品にフィードバックするというインクルーシブデザインのスキームを確立していた。

## ③コンサルティング企業

インクルーシブデザインのプロセスを踏んだソフト開発がメインであるが、インクルーシブデザインの導入を検討している企業にリードユーザーを繋げる業務を行っていたり、課題の抽出等を目的とするワークショップの進め方について助言をするという活動もしていた。またインクルーシブデザインについて発信することを目的としたワークショップも開催していた。

## ④大学

医学、心理学、音響、グラフィック、交通計画、都市計画、まちづくり等多様な分野を専門とするメンバーによってインクルーシブキャンパスを実現するプロジェクトが実施されていた。キャンパス内の駐車場やサイン、アート等をリードユーザーとともにデザインし、実装されていた。効果の確認方法としてはプロジェクトメンバーである各専門家とリードユーザーの協力のもと、実験を行い、実験データを基に効果の確認を行っていた。

## c) 考察

ヒアリングした結果、インクルーシブデザインを導入し、製品開発に実践している企業・団体はそれぞれ、ユーザーとコンタクトをとる方法が確立されており、本研究でもインクルーシブデザインを実装する上で配慮事項を確認するリードユーザーとのコンタクトの取り方等を検討する必要があると感じた。また本研究の当初、全国へのアンケート配布等も視野に入れていたが、ヒアリングにより母数よりも、ユーザーからの具体的な意見抽出が重要であることが確認できたため、ユーザーとのつながりの構築も2年目以降進める。

そのため本研究ではインクルーシブデザインを建築設計に導入する上で必要なリードユーザーの意見抽出と

設計への反映を実際の業務でどのように実現させていくか等のスキームの確立も研究の成果の対象とする。

デザインの実装イメージとしては必要な配慮の分析から、何パターンかのデザインを検討し、組み合わせて設計に落とし込めるアイデア集が必要であるという結論に至った。

## 5. 先進事例視察

### a) 目的とスケジュール

国内でインクルーシブを謳った建築が乏しいなか、2022年に竣工されたインクルーシブプレイスコパルは、インクルーシブをテーマとした児童遊戯施設であり、インクルーシブな空間実現・竣工後の効果を確認するため施設視察を行った。

表-6 インクルーシブプレイスコパル視察報告書抜粋-1  
(施設視察スケジュール)

日時	2024年8月2日(金) 14:00~16:00
場所	シェルターインクルーシブプレイスコパル
参加者	日総建: 4名 CTI: 3名

#### (施設概要)

用途	児童遊戯施設	階数	2階
所在地	〒990-2316 山形市大字片谷地 580-1	構造	RC造、S造(一部木造屋根)
敷地面積	22,295.30㎡	構成企業	PFI事業: 夢の国 代表企業・建設: 株式会社シェルター 設計・監理: 株式会社オーブラスエイチ 運営: 合同会社ヴォーチェ 特定非営利活動法人 障がいスポーツ振興会
建築面積	3,334.81㎡	利用者	児童(18歳未満)とその保護者
延床面積	3,175.90㎡	営業時間	9:00~18:00(最終入館17:30)

### b) 視察報告

#### ■施設内確認

施設内には創造会議(※当事者を対象にしたワークショップ)で抽出した意見や配慮事項が、空間の構成やディテールに反映されていた。

インクルーシブデザインでの相互理解という概念が空間に反映されており、障がいの有無に関わらず、すべての子どもが楽しめる遊び場として機能していた。

表7 インクルーシブプレイスコパル視察報告書抜粋-2

	
車椅子利用者が、車いすから降りてそのまま滑ることができるデザイン	遊びながら手摺を認識し、配慮が必要な人を理解するデザイン
	
自閉症等を持つ子が興奮した際に落ち着かせるクールダウンスペース	体格に合わせて選択できる遊具

■設計の進め方

通常の公共施設設計の場合、自治体や施設の担当者として設計者間での協議によって設計の内容を確定するが、シェルターインクルーシブプレイスコパルの場合、当事者を対象としたワークショップ（創造会議）が設計～施工期間内に計 10 回開催されており、障がい別の配慮事項等を細かく設計に反映していることが、他の建築と大きく異なる点であり、インクルーシブデザインのプロセスを踏んでいると言える。

表8 ヒアリング内容（※令和6年8月2日時点）

<ul style="list-style-type: none"> <li>山形市内の既存遊戯施設が飽和状態のため、市内南側にも屋内で遊べる遊戯施設をつくるという趣旨で計画された。</li> <li>設計～施工の期間で計10回のワークショップを実施し、各回、対象者や実施内容を変えて行った。</li> <li>コンソ内にて、設計やワークショップを重ねることで「インクルーシブとは何か」を考え続けた結果、個々の課題解決になるデザインが、他の個も使いやすい様々な人に向けたデザインになるという考えに至った。</li> <li>今計画では遊びを触発する使い方を決めない独自の遊具を設計している。実際、想像していなかった面白い使われ方がされているとのことである。</li> <li>大型遊戯施設は、「年齢」で遊ぶ場所のエリア分けをするのではなく、「自身の身体能力」で選択できるように配慮している。</li> <li>危ないと思われる箇所は危機管理能力を養うため、あえて残していくようにした。運営が設計から参入しているため、危ない箇所は把握しながら運営を行っている。</li> <li>当初は安全見回りのスタッフを多く配置していたが、子ども達は自然と気を付けながら遊んでいるため、衝突の事故はほぼ無い。現在は、保護者に見守りをお願いするという管理に変更した。</li> </ul>
--

c) 考察

今回視察を行った施設は民間団体が運営する遊戯施設ということもあり、運営面でのサポートが前提でインクルーシブな空間が実現できている面もあるため、管理者の人員不足が深刻な教育施設の現場でのインクルーシブな空間の導入について今後検討する方針とする。

6. 自治体ヒアリング

自治体によって特別支援学級・通級指導教室の方針が異なることを机上調査により確認したため、自治体の取組みについて調査する方針とした。また、現在の教育施設におけるインクルーシブな視点での課題を確認するため、自治体へのヒアリングを来期に実施する。

日総建実績の教育施設より管轄している自治体を選出し、その中でインクルーシブの取組みが行われている自治体に絞りヒアリングをする予定である。

表9 日総建実績教育施設と自治体の整理

NO.	日総建実績ヒアリング候補	自治体	インクルーシブが本筋	図面等	備考
1	中野区立鷺の杜小学校（鷺宮小学校・西中野小学校統合新校）	中野区	×中野区 ○東京都	○	特別支援学級（知的障がい）
2	西東京市立ひばりが丘中学校（西東京第10中学校）	西東京市	×西東京市 ○東京都	○	特別支援教室
3	名古屋市立笹島小学校・笹島中学校（笹島小中一貫校）	名古屋市	×名古屋市 ○愛知県	△	特別支援学級（知的障がい、自閉症・情緒障がい）
4	八尾市立南山本小学校	八尾市			
5	天理市立南中学校	天理市			
6	飯塚市立小中一貫校穂波東校	飯塚市			
7	飯塚市立小中一貫校穂波東校	飯塚市			
8	世田谷区立深沢中学校	世田谷区	○世田谷区	○	特別支援教室
9	廿日市市立大野中学校				
10	川崎市立大谷戸小学校	神奈川県（川崎市）	×川崎市 ○神奈川県	○	
11	野々市市立野々市小学校（野々市町PR事業）				
12	世田谷区立桜小学校	世田谷区	○世田谷区	△	特別支援教室
13	尼崎市立大田中学校	尼崎市			
14	富山市立中央小学校（富山市3小学校統合校整備中）	富山市			
15	鏡野町立鏡野中学校	鏡野町			
16	逗子市立逗子小学校	神奈川県（逗子市）	×逗子市 ○神奈川県	△	特別支援学級
17	取手市立白山小学校	取手市	×	○	取手小学校カブ 100%

表10 神奈川県へのヒアリング項目（予定）

<p>【共通質問】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>現状の特別支援学級と通級学級の位置づけや、受け入れる障がいの区分についてご教示下さい。</li> <li>上記学級にて、教育現場の実態についてご教示下さい。</li> <li>特別支援学級におけるメリットデメリット、通級学級におけるメリットデメリットと考えられる点についてご教示下さい。</li> <li>インクルーシブ教育を実施するにあたり、学校施設（ハード面）での課題点や展望はありますでしょうか。（普通教室、特別教室、体育館、校庭、学校全体）</li> </ol>
<p>【「みんなの教室」モデル事業の取り組みについて】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>事業取り組み時の工夫の事例があれば具体的にご教示ください。（授業中、お昼ご飯、休み時間、登下校）</li> <li>事業取り組み時の課題点等あればご教示ください。</li> <li>事業取り組み時の学校施設（ハード面）での課題点等あればご教示ください。</li> </ol>
<p>【インクルーシブ教育実践推進校について】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一般高校と、学校施設（ハード面）での違いがあればご教示ください。</li> <li>学校施設（ハード面）での課題点等あればご教示ください。</li> <li>工夫の事例があれば具体的にご教示ください。（授業中、お昼ご飯、休み時間、登下校）</li> </ol>

## 7. 社内アンケート

### a) 目的

現状の社内でのインクルーシブについての認識を確認するため、インクルーシブに関するアンケート調査を行った。

### b) アンケート結果と考察

アンケート調査の結果より、現状インクルーシブに対しての社内的な認識は高くなく、定義についても曖昧であることが確認できた。

「『インクルーシブデザイン』という言葉を知っているか。また定義について説明できるか」という質問については、全体を通して「定義まで説明できる」と回答した割合は3割、「言葉自体を知らない」「知っているが定義がわからない」と回答した割合は全体の7割となった。分野別にみると、都市部では約半数が「定義まで説明できる」と回答しており、建築分野よりも都市計画分野の方でインクルーシブデザインが浸透しているという結果となった。

「インクルーシブデザインとユニバーサルデザインの違いについて把握しているか」、「インクルーシブデザインとバリアフリーデザインの違いについて把握しているか」という質問については、全体では約6割～7割が把握していないという結果となった(図-5)。

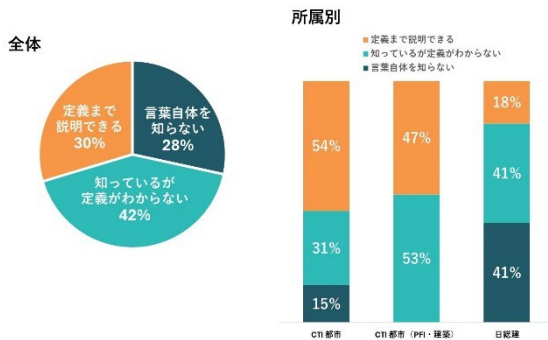


図-5 Q2. 「インクルーシブデザイン」という言葉を知っているか、また定義について説明できるか。

「インクルーシブデザインの提案を発注者から求められたことはあるか」という質問では、1割のみが「ある」と回答した(図-6)。「ある」と回答した中での提案内容としては、インクルーシブ遊具についての提案、プロポーザルの中での提案課題、特別支援学級の配置検討についての提案等があった。

「インクルーシブに関するワークショップを実施、または参加した経験があるか」については、全体の0.2割のみが「ある」と回答した。

「インクルーシブな遊び場、インクルーシブ遊具について知っているか」という質問では、全体の約5割が「言葉自体を知らない」と回答した(図-7)。分野別では、日総建で「言葉自体を知らない」と回答した割合が約6割と最も多く、都市計画分野、建築分野での違いが大きいことが分かった。

「『インクルーシブ教育』という言葉を知っているか。また定義について説明できるか」については、全体で半数以上が「言葉自体を知らない」と回答しており、「定義まで説明できる」と回答したのは2割にとどまった(図-8)。「インクルーシブ教育」という言葉自体の認

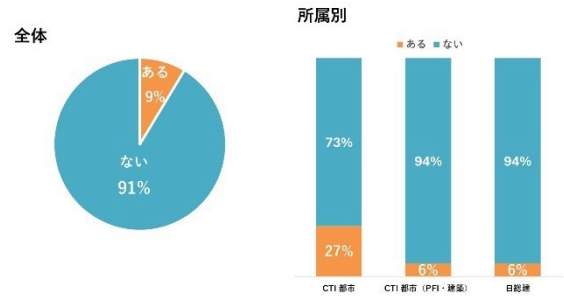


図-6 Q5. インクルーシブデザインの提案を発注者から求められたことはあるか。

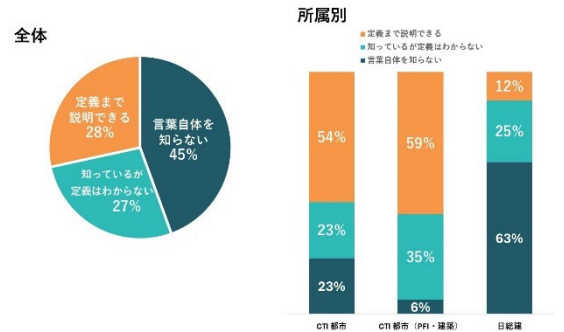


図-7 Q9. インクルーシブな遊び場、インクルーシブ遊具について知っているか。

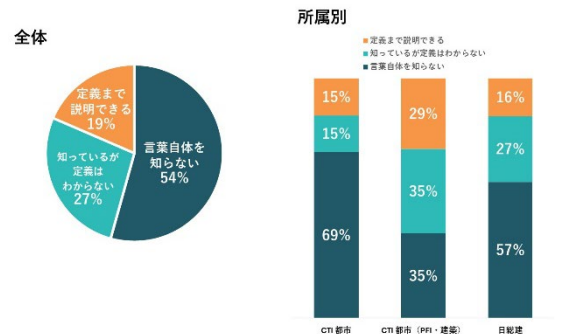


図-8 Q10. 「インクルーシブ教育」という言葉を知っているか、また定義について説明できるか。

知度が低く、建築分野でもまだ浸透していないことがわかる。

「インクルーシブ研究開発に期待する事項」についてアンケートを取ったところ、「設計への活用を整備してほしい」、「公共性の保持という観点からは必要不可欠な要素でもあるため、設計・コンサルタントとして全員が認知すべき知識である」という、研究内容についての成果、認知活動への期待や、「自治体や発注者が言葉の定義を正しく理解していない」「発注者教育も必要」という、設計・コンサルタント側のみではなく、発注者への認知活動についても言及する意見があった。

意欲としては企画計画段階でインクルーシブデザインのプロセスを踏むこと自体は前向きな回答であったため、今後受注業務の中の企画設計段階でリードユーザーへのヒアリング・ワークショップ等を実施しインクルーシブデザインの実装につなげることを目指す。また社内の意識調査として社内アンケートは継続的に実施する方針とする。

Q14. インクルーシブ研究開発に期待すること

(自由記述回答抜粋)

- ・公園に関しては、2年ほど前にブームがあった。その際は自治体発注者及び議員含め、「インクルーシブ＝流行りの言葉、インクルーシブ遊具をとりあえず入れて欲しい」と言う場合が多く、正しく定義を理解していないと感じた。
- ・インクルーシブの定義は非常に幅広く、ジェンダーやダイバーシティとの連携やこれらとの違いについても理解したうえで業務に当たることが今後求められると考える。今後の社会資本整備のあり方におけるインクルーシブの概念、適用性、可能性等についても共有してもらい機会があるとよい。
- ・公共性の保持という観点からは必要不可欠な要素でもあるため、設計・コンサルとしては全員が認知すべき最低限の知識ではあり、幅広く認知活動をしてもらえると良い。
- ・実現させるのが目的であれば設計者としての研究も大事だが、その内容を発注者に説明して理解してもらうための発注者教育も重要だと思う。
- ・社会で言われているような定義や意義に乗るのではなく、「本当にインクルーシブな考えは必要なのか？」から考え、障がいを持つ側（弱者側）にとって、より良くなるように考えてほしい。
- ・インクルーシブ研究開発と弊社の設計に関する活用について、同時並行で整備してほしい。

図-9 アンケート結果

8. 結論

今年度は研究の方針を確定することを目標として先進事例の調査を主に進めてきた。

先進的に取り組みを実施している企業へのヒアリングより企画・設計段階で当事者と共に計画するプロセスを含めることがインクルーシブデザインであり、インクルーシブな空間・建築の実現のために必要不可欠であることを確認できた。

インクルーシブデザインに関しては実装までのプロセスにリードユーザーを含めたかという点が重要視されるため、ワークショップを実施しリードユーザーの意見を取り入れながら検討を進めていくこととする。

9. 今後の展望

来期以降は当事者を対象としたワークショップの実施やインクルーシブの取り込みを実施している自治体へのヒアリングから現状の課題や配慮事項の整理を行う。

ヒアリング等から抽出した配慮事項から実装のアイデアを検討し、アイデア集をまとめる方針とする。

最終着地点としては配慮事項からデザインの実装までつなげ、CTIグループでのインクルーシブデザインの蓄積につなげる。

また、インクルーシブデザインを導入する上で必要となる過程や発注形態についても確認をし、インクルーシブデザインを実現する為の設計スキームの確立も行う方針とする。

インクルーシブ建築のアイデア集（成果品イメージ）

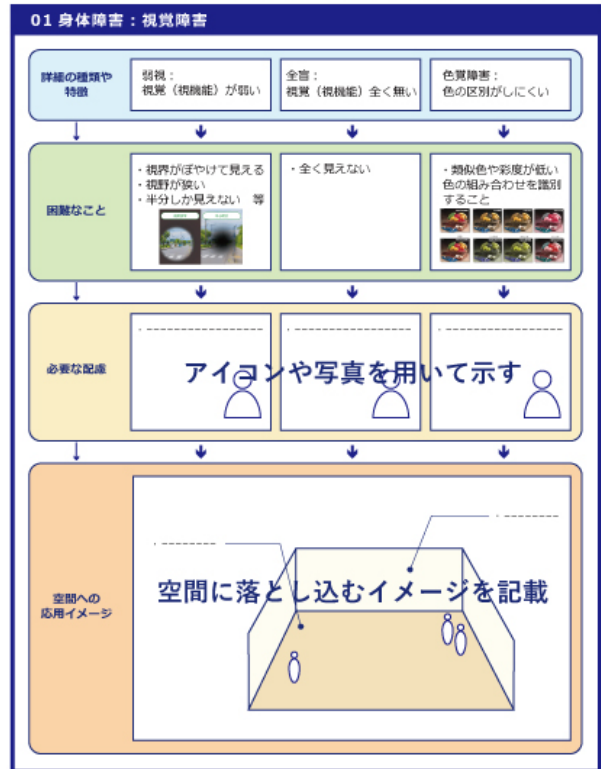


図-10 アイデア集イメージ

- ・障害ごとに1ページずつ作成
- ・どのような障害があり、どのような特徴を持つかを整理
- ・当事者へのヒアリングやワークショップを通じて困難なことを抽出
- ・当事者へのヒアリングやワークショップ、観察や建築事例により、配慮の要素を整理、提案
- ・配慮の要素を組み合わせ、アイデア集として仮の空間イメージを提案

謝辞：本研究に際し、株式会社コトブキ 伊藤様 福田様、コクヨ株式会社 松下様 林様、PLAYWORKS 株式会社 タキザワ様、九州大学 羽野様に有益な助言を賜りました。ここに記し深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 文部科学省：学校施設を取り巻く状況  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shisetu/036/shiryo/icsFfiles/afieldfile/2014/12/02/1353511\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/036/shiryo/icsFfiles/afieldfile/2014/12/02/1353511_01.pdf)
- 2) 厚生労働省：障がい者の範囲（参考資料）  
[https://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/10/dl/s1031-10e\\_0001.pdf](https://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/10/dl/s1031-10e_0001.pdf)  
(2024年11月25日 参照)
- 3) 東京都福祉局：内部障がいの方への情報保障  
<https://www.fukushimetro.tokyo.lg.jp/tokyoheart/jouhou/naibu.html>  
(2024年11月25日 参照)
- 4) 厚生労働省：知的障害児（者）基礎調査：結果の概要  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000546194.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000546194.pdf)  
(2024年11月25日 参照)

- 5) 厚生労働省：知的障がい児（者）基礎調査  
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/101-1b.html>  
 (2024年11月25日 参照)
- 6) unprinted：インクルーシブデザインを実現するには？  
 豊富な実績を持つ「CULUMU」に制作手法を聞いた  
<https://www.unprinted.design/articles/how-to-achieve-inclusive-design-culumu-shares-methods-and-expertise/>  
 (2024年12月19日 参照)
- 7) TOPPAN CREATIVE：ユニバーサルデザインの7原則の原文・意味とその具体例  
[https://solution.toppan.co.jp/creative/contents/dentatsuclinic\\_column07.html](https://solution.toppan.co.jp/creative/contents/dentatsuclinic_column07.html)  
 (2024年11月25日 参照)
- 8) NIJIBOX BLOG：ユニバーサルデザインとバリアフリーの違いとは？  
[https://blog.nijibox.jp/article/universal\\_design\\_barrier\\_free/](https://blog.nijibox.jp/article/universal_design_barrier_free/)  
 (2024年11月25日 参照)
- 9) 文部科学省ホームページ：共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システム構築のための特別支援教育の推進（報告）平成24年7月23日  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/044/houkoku/1321667.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/044/houkoku/1321667.htm) (2024年11月25日 参照)
- 10) architecturephoto®：ゼロ・アーキテクトプラスコンサルティングによる、千葉市の福祉施設『エルピザの里』  
<https://architecturephoto.net/142088/> (2024年11月25日 参照)
- 11) 日比野設計福祉施設研究所：SLP センターアーク  
[https://hibino-fukushi.com/works/日本語/handicapped\\_jp/slp\\_center\\_ark/](https://hibino-fukushi.com/works/日本語/handicapped_jp/slp_center_ark/)  
 (2024年11月25日 参照)
- 12) GOOD DESIGN AWARD 2019グッドデザイン賞：  
 保育園 宮下どろんこ保育園+つむぎ×TSUMUGI CAFE+ちきんえつぐ  
<https://www.g-mark.org/gallery/winners/9e19363f-803d-11ed-af7e-0242ac130002?companies=a3f8b294-df64-473f-8dff-a599e433053f&years=2019> (2024年11月25日 参照)
- 13) 積水ハウス株式会社：児童発達総合ケア施設  
<https://www.sekisuihouse.co.jp/medical/welfare/example/toranomon/>  
 (2024年11月25日 参照)
- 14) UDS株式会社：福山市立常石ともに学園  
<https://uds-net.co.jp/project/tsuneishi-tomonigakuen/>  
 (2024年11月25日 参照)
- 15) 東京都建設局：だれもが遊べる児童遊具広場の整備  
[https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/park/tokyo\\_kouen/kouen0086](https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/park/tokyo_kouen/kouen0086)  
 (2024年11月25日 参照)
- 16) 福岡市：インクルーシブな子ども広場について  
[https://www.city.fukuoka.lg.jp/jutaku-toshi/koenkensetsu/midori/inclusive/inclusive\\_park\\_in\\_FukuokaCity.html](https://www.city.fukuoka.lg.jp/jutaku-toshi/koenkensetsu/midori/inclusive/inclusive_park_in_FukuokaCity.html) (2024年11月25日 参照)

(2024. 12. 26 受付)

## RESEARCH INTO DESIGN METHODS ( EDUCATIONAL FACILITY ) AND INCLUSIVITY

Shinji UCHIYAMA, Satomi KATSUYAMA, Kanami TANABE,  
Haruka SUGIMOTO, Yuki AKIYAMA, Osamu HASEGAWA,  
and Keiko TOKUNAGA

In recent years, there has been growing interest in and requests for ‘inclusive’ design methods. Despite this, there have been few achievements related to inclusive architecture in Japan.

To address these issues, this study seeks to deepens understanding of inclusive architecture, identify relevant challenges, and proposes to promote inclusive architecture and spaces in educational facilities. Moreover, the study aims to raise awareness about inclusive architecture and contribute to creating an environment that supports inclusivity.

# 第17回 EDO ART EXPO 共催イベント 「ドボクルーズ® 第11回 江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり」

## 開催報告

当社の土木技術者が案内役を務めるクルージングイベント「江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり」は、2013年に当社の株式会社設立 50周年を記念して始まり、今年で11回目となりました。毎年秋に開催する NPO 法人東京中央ネット主催「EDO ART EXPO」の共催イベントとして、一般の皆さまを参加費無料で招待しています。

この舟めぐりは、土木や建設コンサルタントについて一般の皆さまに知っていただく機会を提供する土木広報の場であるとともに、案内役を務める土木技術者の人材育成の場でもあります。2024年からは初期専門能力開発 (IPD: Initial Professional Development) 研修の一環として東京本社と大阪本社所属の若手技術者 10名が案内役を担当しました。案内役は土木に関する知識だけでなく、歴史や文化などコースにまつわるさまざまな知識が求められます。また、どのように伝えれば参加者に伝わるのか、案内をする中でどのように質問に答えるのかなど、コミュニケーション力や対応力といった能力が養われる良い機会にもなります。

「EDO ART EXPO」会期中の 2024年 9月 20日 (金) から 10月 8日 (火) までの間に計 8日間開催し、4コース 14便を運航しました (図-1)。定員 112名に対し、応募は 728名にもなり、全コース抽選で参加者をご招待しました。



【図-1 コース概要】

新コースとして、「隅田川コース—夜の景観を知る—」を運航しました。初めての夜便(18時~)でしたが、ライトアップによって橋の裏側のディテールが浮かび上がって見えるなど、昼間とは違ったインフラの楽しみ方を伝えることができました。

参加者からは、「普段見ることのできない舟からの景色を楽しめて、トリビアがいっぱいでした。橋や埋め立て地、河川をつくった方々に思いを馳せることができました。」(60代・千葉)、「橋の構造や歴史を解説いただきながら夜景を楽しめて充実した時間になりました。」(50代・福島)などの感想をいただきました。

### 【ガイドを担当した土木技術者の感想】

- 業務を通じて会得してきた知識とは別の分野(歴史や河川等)を学習する機会が得られたことで、自分の技術力の幅が広がられたと思います。本番を通じて、舟の速度に合わせて「臨機応変に説明する力」や参加者へ「わかりやすく伝える力」が鍛えられました。
- 調べ始めるとたくさん学びがあり、自分の知識も向上し、インフラの面白さを感じることができました。乗船された皆さんにもその面白さを伝えるために、機会があればもう1回挑戦したいと思いました！



(左上) 船内で案内する様子 (左下) 隅田川コース(竹芝地区船着場より) (右) 下から見上げるレインボーブリッジ

# 若手技術者のコミュニケーション能力開発研修「IPDカフェ」

## 実施報告

当社は、若手技術者の成長スピードを上げること、国際的に通用する資質を有する技術者を育てていくことを目的として、初期専門能力開発（IPD：Initial Professional Development）による若手技術者の能力開発の仕組みを全社的に導入し、2022年度の試行を経て2023年度から本運用を開始しています。これにより全社的な若手技術者育成の仕組みが整った一方で、2018～2021年に開催していた「国土文化カフェ」が終了したことで、部門や階層を越えてディスカッションする機会がなくなっている状況にありました。

このことから、若手技術者のコミュニケーション能力の開発を主たる目的として、新しい形での「IPD カフェ」の取り組みを2024年度から開始しました。

「IPD カフェ」とは、講師から提供される話題（テーマ）に沿って若手技術者同士がグループ形式でディスカッションすることにより、IPDの能力開発項目のうちコミュニケーション分野の能力を開発することを目的としています。参加者がお茶を飲みながらリラックスして話し合いをする場で、基本的に異分野のメンバーでグループを構成するため、人脈が広がるきっかけにもなります。以下、開催概要を紹介します。

### 1. 対象者

技術部門、管理部門、営業部門の若手社員（希望者）

### 2. 開催地、開催日程、参加者数

東京会場 2024年6月20日（木） 27名  
大阪会場 2024年7月2日（火） 17名  
中部会場 2024年7月19日（金） 17名  
九州会場 2024年10月23日（水） 4名  
東北会場 2024年10月29日（火） 9名 計74名

### 3. 研修の流れ

話題提供 30分、グループ討議 60分、全体討議 20分を1セットとして、1日に2セットを行いました。

### 4. 話題提供

- (1) 科学技術の目的としての Well-being
- (2) 地域再生の根拠と必須条件を考える

### 5. 参加者の声

異分野の社員とディスカッションする体験が貴重と評価する社員が多数いました。また、「伝達力／発信力（説明力）」「柔軟性（包摂性）」の項目では半数以上の社員がIPDカフェに参加することで開発につながったと評価しています。これらのことから、研修の目的は一定程度達せられたと評価できます。

### 6. 今後の方向性

次年度は、他事業所・異分野の技術者と討議できるようなグループ編成、討議時間の増加などの点を改善して開催します。 以上



写真：  
上段左から東京会場、  
大阪会場、中部会場

下段左から九州会場、  
東北会場

各会場の様子

## 第21回 国土文化研究所オープンセミナー 「首都直下地震発生！あなたは何かができるか～発災から72時間のシナリオ～」開催

### 実施報告

#### 第21回 オープンセミナー

#### 「首都直下地震発生！あなたは何かができるか～発災から72時間のシナリオ～」

開催日時：10月17日（木）13時30分～16時40分

場 所：日本橋社会教育会館 参加者：337人（会場：65人、Web：272人）

後 援：中央区、公益社団法人土木学会

#### セミナーの流れ

- 1) 趣旨説明：中村哲己氏（国土文化研究所所長）
- 2) 内閣府提供動画：「首都直下地震 そのとき何が起こるのか」
- 3) 基調講演：「東京直下地震で、首都圏はどうなる？どうする！」  
中林一樹氏（東京都立大学名誉教授、明治大学復興・危機管理研究所客員研究員）
- 4) 話題提供：「大規模地震に備え、私たちは何をすべきか」  
古賀崇司氏（東京消防庁防災部長）
- 5) てい談：「首都直下地震が発生した時、あなたはどう行動するか」  
中林一樹氏、古賀崇司氏、中村哲己氏（兼コーディネーター）

国土文化研究所は、市民向けにオープンセミナー「首都直下地震発生！あなたは何かができるか～発災から72時間のシナリオ～」を2024年10月17日に開催しました。セミナーでは、「M7以上の地震が30年以内に発生する確率70%」とされる首都直下地震を中心に、都市圏で起こり得る災害に対して、自分や大切な人を守るための備えや発災後の適切な行動について一緒に考えました。また、今回から会場とウェビナーのハイブリッド形式で開催し337人が参加しました。

❖内閣府提供動画視聴：「首都直下地震 そのとき何が起こるのか」

冒頭、中村哲己所長がセミナーの趣旨説明を行いました。次いで、発生した際にどういったことが起こるのかを、より具体的にイメージし参加者と共有するため、内閣府提供の動画を視聴しました。

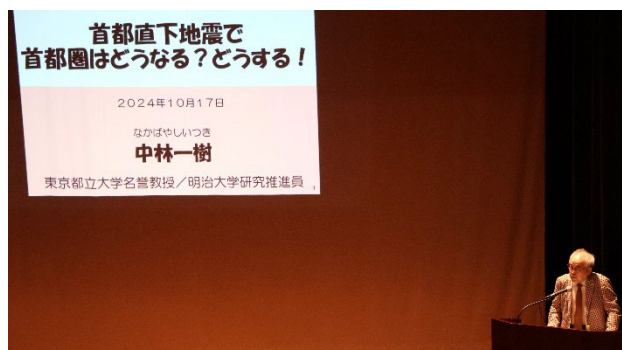


趣旨説明する中村氏



❖基調講演：「東京直下地震で、首都圏はどうなる？どうする！」

東京都立大学名誉教授の中林一樹氏は、21世紀に



基調講演する中林氏

入り自然災害が増加し、高齢化社会が災害時に脆弱であることを指摘。地震は予測が難しく、突然発生するため、平時からの備えが必要であることを強調しました。また、建物の耐震化や不燃化が被害を減らすカギであることや、帰宅困難者問題について企業が従業員の自宅の防災対策を支援することの重要性についても言及しました。

❖ 話題提供：「大規模地震に備え、私たちは何をすべきか」



話題提供する古賀氏

東京消防庁防災部長の古賀崇司氏から、防災対策についてお話いただきました。通常でも、救急対応は1日に何千件しか対応できないのに、発災時には重傷者が1万4,000人いることを考えると全く対応できないことを説明。火災発生時の初期消火や家具の転倒防止策など自らできることを行ってほしいと訴えかけました。

❖ てい談：「首都直下地震が発生した時、あなたはどうか行動するか」

てい談では、「地震発生直前」、「地震発生」、「地震発生～5分」、「地震発生～24時間」、「地震発生～72時間」、そして「事前防災」といった6テーマで話を進めました。司会からテーマごとに起こる可能性がある事象について写真を交え説明した上で、参加者全員に関連する質問を「〇×クイズ形式」で行いました。少し難しい質問もありましたが、答えが出るたびに会場から「そうなんだ」「なるほど」といった声があがっていました。登壇者から質問の解説と補足説明をしたあと、身の回りで起こり得る

事象への心構えと今できる備えなどを共有しました。

❖ アンケート結果

「災害時を想定してリアルに想像できたのが良かった」「Q&A方式でてい談を進めたことで自分事として捉えられた」といった声が聞かれました。  
※アンケートの集計結果を次ページ以降に示します。

❖ 最後に

セミナーでは、首都直下地震で私たちの身の回りで起こること、最悪な事態もあり得ること、被災を最小限にするために事前防災が必要であることなど、さまざまな気付きをもたらすきっかけになりました。地震は必ず発生します。それが、もしかしたら明日かもしれません。来場者だけではなく私たちスタッフ全員、常に災害に目を向け備えることの重要性を学ぶ機会になりました。



# 2024年度 第21回 国土文化研究所オープンセミナーアンケート集計結果

2024年10月17日(木) 13:30~16:40

「首都直下地震発生！あなたは何かができるか ～発災から72時間のシナリオ～」

- 1) 基調講演：「東京直下地震で、首都圏はどうなる？どうする！」中林 一樹 氏（東京都立大学名誉教授）
- 2) 話題提供：「大規模地震に備え、私たちは何をすべきか」古賀 崇司 氏（東京消防庁防災部長）
- 3) てい談： 「首都直下地震が発生した時、あなたはどのよう行動するか」

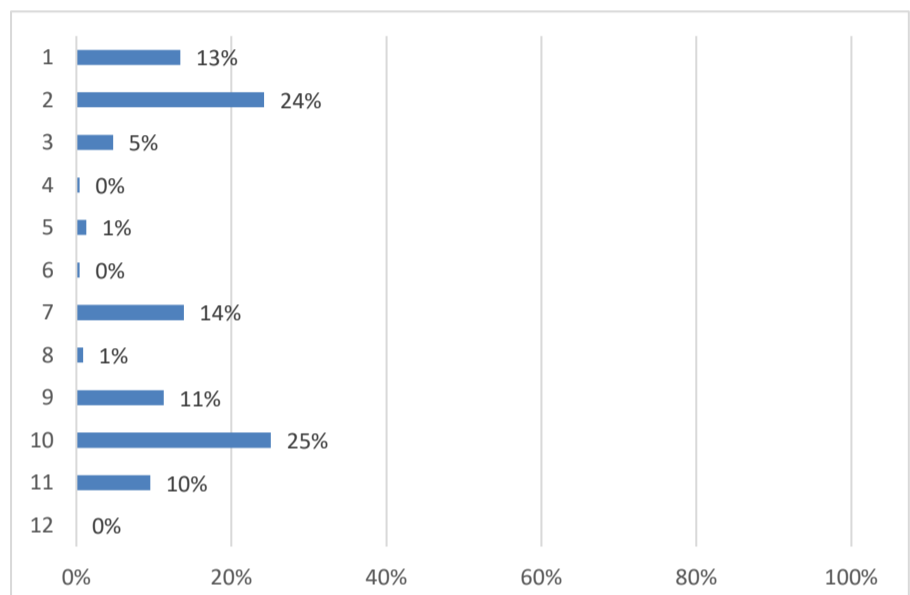
パネリスト>中林 一樹 氏、古賀 崇司 氏、中村 哲己 氏（兼コーディネーター、株式会社建設技術研究所 代表取締役会長 国土文化研究所所長）

参加者数	337	社内	126	社外	211
		会場	65	WEB	272
回答者数	231	社内回答者数※	63	社外回答者数	168

※質問「◆あなた自身についてお聞かせ下さい。②職業」に「7.CTIグループ」と回答された方の数としています

(1) 本日のセミナーをどのようにお知りになりましたか。※複数回答可

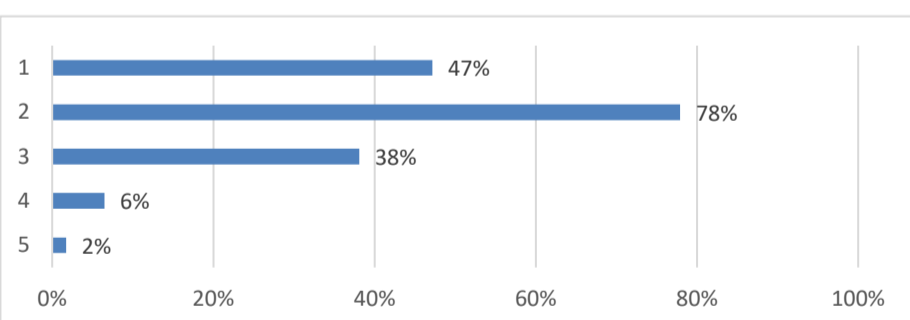
	件数
1. 弊社からのご案内（郵送）	31
2. 弊社からのご案内（メール）	56
3. 中央区の公共施設（図書館、社会教育会館など）	11
4. 町内会・自治会の回覧板やご紹介	1
5. 中央区のイベント	3
6. 中央エフエムHello! Radio Cityの放送	1
7. お知り合い、友人からの紹介	32
8. 新聞記事	2
9. 弊社や国土文化研究所のホームページ	26
10. 弊社内のイントラ掲載情報	58
11. その他	22
12. 無回答	0



11.その他 日本測量協会(本部)設置のパンフレット、消防庁からの案内、CTIの社内共有、土木学会イベント申し込み、勤務先の会社からの案内、日本防災士会のお知らせ、インターンシップ参加後の案内、JSTT会員からの紹介、第21回国土文化研究所オープンセミナー のメールでのご案内

(2) 本日のセミナーに参加された動機をお聞かせ下さい。※複数回答可

	件数
1. 自己研鑽のため	109
2. 講演内容に興味があったから	180
3. 仕事や生活に役立ちそうだから	88
4. 講師に興味があったから	15
5. その他	4



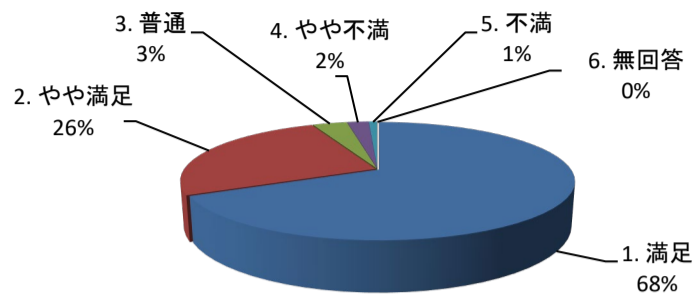
5.その他

- ・新宿区在住のため危機有り
- ・報道や自治体からのアナウンスが増えており、首都直下地震やその他災害の危険性が高まっていると感じているため
- ・地域の防災組織で参考になると思った
- ・地震防災セミナー講師としての知見を深めるため

(3) 基調講演（中林氏）について

①「基調講演」に対する満足度

	件数
1. 満足	157
2. やや満足	59
3. 普通	8
4. やや不満	5
5. 不満	2
6. 無回答	0



②「基調講演」に対するご感想、ご意見がありましたらご自由にご記入ください。

**会場参加者回答**

・私のいる江東5区ゼロメートル地帯には250万人が生活し、1階と地下階にあるスーパーとコンビニに食料を依存している。大型台風、直下地震で堤防が破損し、荒川氾濫、隅田川氾濫が発生する。その課題こそ大問題で、対策が聞きたかったがなかった。高層マンションの大問題も無視された感がある。本当の事態の予想を期待したい。
・経験他色々知識で上手な説明、感激しました。
・さまざまな想定を知ることができました。徐々に安全は増しているようだが、それでも不安を覚えます。2011年3月11日の品川の写真、印象に残りました。
・被災者や火災件数というものを数字で見ると、今後予測されている直下型地震にいかにも備えが必要であるのかを実感しました。テレビや新聞だけでは得られなかった情報を知ることができた貴重な機会でした。
・ジェンダーバイアスが気になる。後半の定性的被害を重点的に聞きたかった。
・書類によるデータが渡されているのは良かったが、話が多岐にわたり聞く方としてはもう少し数点にポイントをしばってやっていただければよかったと思う。
・地震発生場所の想定について知ることができとても良かった。
・分かりやすかった。
・長い時間立ったままで貴重なお話をしてくださってありがとうございました。勉強になりました！
・レジュメの文字が細かくて見づらい。内容はとてもためになりました。
・大変勉強になりました。今後引用させていただきます。もっと長くわしくお話をしていただきたかった。
・さまざまなデータに基づいた講演により、防災に対する考え方の勉強になりました。
・液状化について知りたかった。
・講演時間が短い →もっと長く、わかりやすくする。
・内容は素晴らしいもので、今後の防災講話に役立てていきたいと思えます。もう少し時間に余裕があれば、良かったと思料します。
・認識の改まるよい話でした。
・過去の災害から今と近未来の防災を準備する。
・理解し易い講演でした。
・様々な地震の被害と比較して首都直下地震の被害が述べられていた。
・内容からは時間が短かった。

**WEB参加者回答**

・丁寧な説明で分かりやすかった。
・説得力のある内容で興味をもって聞かせていただきました。有難うございました。
・土木構造物に関する地震被害の講演はよく聞きますが、一般住宅や火災などの想定はあまり知らなかったので非常に勉強になりました。
・とても面白く拝聴しました。
・要点のみを話してほしかったです。
・とてもためになりました。ありがとうございました。
・先生から伝えられる情報が多すぎて、なかなか頭に入りませんでした。
・首都直下型地震特有の被害想定、現状の対策内容を知ることが出来て良かった。
・大規模地震に関する様々な発生事象について、分かりやすく解説頂き勉強になりました。
・基本的なことなのに、知らない災害時の常識がたくさんあり、それらを知ることができたので、大変興味深かったです。ありがとうございました。
・直下型の被害想定が思った以上に大きく、阪神大震災や東北地震との比較で分かりやすかった。
・地震災害の振り返りや災害発生の実情について、改めて認識できる良い機会となったと考える。
・わかりやすい解説どうもありがとうございました。

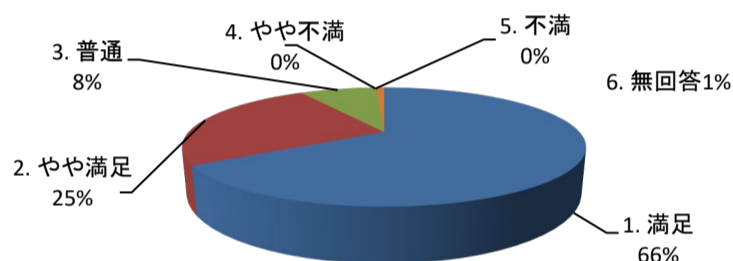
<ul style="list-style-type: none"> <li>・首都直下型地震、新たな発見（どこで起きるかわからない、震源地近くは震度7になるなど）があつてよかった。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・例え帰宅できる距離で被災したとしても、落ち着いた行動で家に帰宅するといった行動が正しい判断かどうか一回考えることが必要なのだと思った。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・Teamsでの開催を希望します。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・近年の震災や災害の発生状況について知ることができました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・途中の楽しい余談が多かったのか、最後の方が駆け足になったのが少し残念だったが、興味深い内容だった。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・とても熱い思いがある方なのだなと感じました。</li> </ul> <p>首都直下地震の想定図が飽くまで首都が震源だった場合であり、それ以外の場所で起きた場合の想定図とは異なることを初めて知りました。このような情報は是非とも世間にも広めてほしいなと感じました。</p> <p>逆に残念だったのは、熱い思いでお話し頂く中で時間が押してしまったために進行に少し影響が出てしまったのが勿体ないなと感じました。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・非常に興味深いお話でした。個人的には帰宅困難者について、考えが足りていないと気付くことができました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・内容的には大変役に立つもので良かったが、時間オーバーでもマイペースで講演を続けるタイプの方は苦手。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震時の対策、対応についてデータに基づいて丁寧に説明してくださいました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震や火災に対して、あらためて備えるようにしたいと思いました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・貴重な講演ありがとうございました。特に、家屋などの耐震化を進めることで、被害(震度6以上)を最小限に抑えられることをグラフ(視覚化)で確認できたことは、よかったです。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・背景も含め大変興味深い話であった。他の内容についてもお話を聞ける機会があれば聞いてみたい。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・再確認する事項等日常の生活に役立てたいと思います。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京で直下型地震が発生した場合に、首都圏の想定被害状況等の内容が理解できた。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・帰宅困難を問題としない対策については、首都直下型地震に限らず地震国ニッポンは必要であり、重要な視点だと思った。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・やや冗長に見えましたが会場参加だったら気にならなかったかもしれません。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・自宅は東日本大震災を経験していますので、地震を経験すればするほど耐震性は落ちるのは気になるところだと感じました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・自助なくして公助なし。自分に余裕がなければ他人を助けることなどできないと感じました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・資料を共有いただくと助かります。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・東日本大震災で被災したものです。被災して初めて感じるものが数多くありました。とにかく目の前の事で精一杯でしたが、常に知識として持っていれば、また違う取り組みが出来たのではと深く感じました。</li> </ul> <p>良い講話、ありがとうございます。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・とても興味深い講演を頂き満足しております。</li> </ul> <p>講演時間が短く、もう少しスライドを見せてもらいながら、途中省かれた部分の講演内容も聞きたかったです。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・自助・共助の重要性が改めて理解しました。超高齢化社会における共助のやり方の難しさをもっと真剣に取り組まないといけない現実を伝えてもよいと思いました。町会のコミュニティも担い手不足で弱体化していく中で誰がまとめていくのか自治体も検討していかなければならないと考えます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震の周期の図などを示してくれて、とてもわかりやすかった。東京直下の1回を注意しておけばいいと、テレビなどのニュースを聞くと思いがちだが、実際に元禄型などの発生歴を見ていき、3回直下型の地震に備える必要があるのだと、今日初めて学ぶことが出来た。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・大変わかりやすく、前向きに地震に備える知識を得ることができました。頭からすぐに抜けていく情報でなく、今から避難方法や備蓄について見直しを始められる貴重な講演でした。ありがとうございました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・トルコの地震のお話から日本とトルコの小学生の発災時の避難行動の違いから本論へという流れで、その後のお話がスムーズに入ってきました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・数値などを提示していただきながらの説明だったので、わかりやすかったです。</li> </ul> <p>ちょっと怖くなりましたが、逃れられない状況なのでしっかり頭に叩き込みました。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震に対する備えはすべきだと強く感じた。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・お話がわかりやすくして理解できた。資料がもっと長く見たいものもあったが時間の都合上しかたあるまい。</li> </ul> <p>FMで続編もあるとの事なので、注目していこうと思います。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域で防災に関する情報を集めているが、より多くの事項について情報を得た。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・データや数値を示してご説明されていて、大変わかりやすかった。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・講演時間が、もう少しあればよかった。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・自助、共助の課題の多いことが興味深かった。そのための日頃のコミュニティの活動が重要だと思う。</li> </ul> <p>消防訓練のように日頃からその種のコミュニティができていれば出来ることがより多くなるかと思う。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・話がわかりやすかった。新しい知見が得られた。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・とても分かりやすい説明でした。私は、政府及び東京都の報告書に基づき「首都直下型地震にあなたはどうか備えますか」という勉強会を20回近く開催してきましたが、都の委員長として作っておられる中林一樹名誉教授からのご発表は、理解が深まり大変参考になりました。感謝申し上げます。</li> </ul>

・お話しの方々にとても示唆に富む気付きや考え方が確認出来ました。ただし、時間が長く感じました。最初に骨格を説明してから各論に入って、かつ前半がかなり冗長と感思しました。
・とても丁寧にわかりやすく説明していただきました。
・首都直下型地震の被害想定地参考になりました。
・わかりやすかった。
・講演内容が国や自治体クラスの大規模すぎてよく分かりませんでした。
・東京直下型地震が発生した場合の被害想定が、具体的な数値が提示され理解しやすかった。
・講演で常々自助が大事であるとおっしゃっており、なかなか行政職員としては言いにくいことを住民目線から話していただくのは非常に効果があると思思思。
・本講演は対象を東京にしぼり、それに周辺の情報を付加している方法が良かった。
・先生のご講演では、既発表の想定被害の数字の連呼のイメージが残りました。 ご発表の持ち時間が短すぎたのか、アドリブのコメントが多すぎたためなのかは？でしたが、伝えたい情報がたくさんありすぎるのかと感思しました。事務局との事前調整をもう少し念入りにした方がよりメリハリのある講演内容になったのではないかと残念な気持ちになりました。
・講演者の説明をもう少し聞きたかった。（沢山伝えたい講演者＞時間）
・私の立ち位置は地盤環境防災工学〔構造力学〕ですので、社会科学的立場からの防災の考え方を聴けたのは大変有益でした。

(4) 話題提供 (古賀氏) について

① 「話題提供」 に対する満足度

	件数
1. 満足	153
2. やや満足	58
3. 普通	18
4. やや不満	0
5. 不満	0
6. 無回答	2



② 「話題提供」 に対するご感想・ご意見がありましたらご自由にご記入ください。

会場参加者回答

・自らの対策不足を痛感させられた。
・何か問題点があった場合古賀さんに連絡します。ただし、月島、湾岸消防署を通してから。
・2011年3月11日の消防庁の様子、記憶に残りました。
・偏見ではありますが、現代の若者は事前に対策することにあまり興味が無いと感思しており、SNS等の活用による若い世代への注意を促す必要性があると思思思。大学生である自分にとって“参加できて、お話が聞けた”ことはとても良い経験になりました。
・動画、アニメに興味有り。
・短時間だが、現実感のあるプレゼンだった。
・優先的に実施すべき防災対策が明確になった。
・消防署が防災に協力していることがよくわかった。映像もよかった。
・20の対策が非常に有効であると思思思。
・＜希望＞感震ブレーカーを配布してほしい。東京都で！（ここに書くことではないかもしれないが。）
・2つのことをとにかく頑張ろうと思思思！！周りにも広げます！何か困ったら古賀さんにTelします！ありがとうございました！！
・簡潔でわかりやすかった。最後のビデオがやけに記憶に残った。
・ホームページ等確認し利用させていただきます。また、施設見学（四谷）もさせていただきます。
・経験からの具体的な対策を教えてください、とても勉強になった。
・講演時間が短い →もっと長く、わかりやすくする。高層ビルの対応？
・①電気火災消火対策・初期消火能力の向上（住宅でも消火器の設置促進）
・②家具転倒策の推進、その後の震災後の生活を確保するため、ケガをしない。
・動画資料を元にした説明がわかり易かったので、参考にして、これから防災講話をしていきたい。
・自宅の再点検を行います。
・少し時間が短かった。
・スライドの資料があると良い。

・家具の転倒、落下、移動防止対策の必要性が良く分かった。

#### WEB参加者回答

・とても良い

・気さくな話し方で好感がもてた。

・実務の観点からやはり興味深くお伺いいたしました。いつもお疲れ様です。

・災害に関して、少しでもいいから日ごろから意識することが重要であることを再認識できました。

・本音が聞けてよかったです。

・おもしろかったです。

・提供内容がコンパクトにまとまっていて、わかりやすかったです。

・公助の取り組みの状況・課題と、自助・共助の重要性を判りやすく解説頂き、大変勉強になりました。

・事例とともに実践的な内容が紹介されており、わかりやすかったです。

・電気における火災が多いことがよくわかった。

・日常生活における地震への備えと、万が一発災した場合における対応について、改めて見つめ直す機会となった。

・興味深い内容でした。ありがとうございました。

・実体験に即したご説明で分かりやすかったです。どうもありがとうございました。

・東南海地震を気にしていたので、共通して対策を取れそうな内容が多く参考になった。

・家に帰って事前防災を確認します。

・地震となるとどうしても建物の倒壊などがイメージ的に多いと思っていたが、火災も多いと知り火災対策についても考えることが必要だと思った。

・各個人でできる事前の備えが重要であることを知ることができました。

・具体的な用例が提示され、イメージしやすかった。

・東京消防庁の立場から具体的にどのような状況になるか、対策をすべきかご指摘くださり、自身も早急に対策をしなければという気持ちになりました。

・現場で指揮されている方の話題は説得力がありました。

・震災後の火災原因としては、ガスによるものだと思っていましたが、電気によるものだと改めて知ることができました。地震時のブレーカー切断を覚えました。

・取り組み内容がよく分かった。具体的な現場での話等がもう少し聞きたかった。

・自主防衛に努めたいと思います。

・大規模な地震に備えて、日ごろから備えておくべき内容について理解が進んだ。

・地震その時の10のポイントを事前理解することによって自助ができ、困った人を共助できることを理解できた。

・ネガティブな情報（救急が来ない等）もはっきり言明されてよく理解できました。

・自助・共助についてとても興味深かったです。自身でできることから対策していき共助に迎えるようにしたいと感じました。

・助けたくても助けられない状況が想定されることから、自分でできることを考えて準備しなければならないと感じました。

・常に最前線でご苦労をされていることと思います。ありがとうございます。日々の生活の中で防げるが多いことを改めて感じました。東日本大震災当時の記憶が薄れゆくなか、再認識致しました。ありがとうございます。

・消防庁としての対応など興味深いお話を聞かさせていただき、またビデオも紹介いただき勉強になりました。

・消防の方は大変苦労されていると思います。日頃取り組まれている防災対策をもっと宣伝してほしいと思います。

・防災に関してのお話をしてくださりましてありがとうございました。

・分かりやすい動画を共有いただき、ありがとうございました。

・避難所と避難場所などの違い、自助そして共助と平時と非常時の違いが分かりやすかった。

・身近な例題を出して説明してくださったので、とても分かりやすかったです。

・地震に対する備えはすべきだと強く感じた。

・つい頼りたくなってしまうが消防側の事情もあるので、自助の認識を強化しなければと思いました。

・過去の地震の際の経験に基づく説明が大変参考になった。

・実際の災害現場での経験等を踏まえてご説明されていて、大変わかりやすかった。

・電気器具による火災の発生が一番多いというご指摘があり、避難の際にはブレーカーを落とす、発火の際には初期消火に努める、ことの重要性を認識しました。

・どのように行動するかを改めて考えた。

・消防からの話はダメダメが多いですね（本人のお話しのとおり）。でも、中国の衝撃映像をみていると日本の常識では考えられない危険行為がまかり通っている（マンホールへの花火投下、蓄電池の発火など）。防災意識向上が必要であり、それを常識として捉えられるようになりたいものだ。

・よく理解できた。

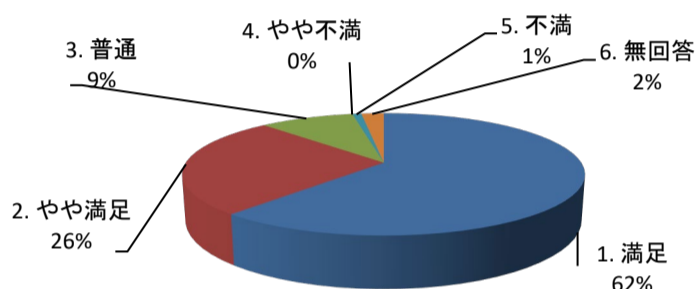
・中林先生の後でやりにくかったかと思いますが、地震火災に関する追加的な情報がより詳しく分かり、とても良かったと思います。

・映像は初めて観るものもあり有益でした。複合型集合住宅における消防計画と防災計画との違いなどもお聞きしたかったです。
・具体的なお話も混ぜて説明があり、わかりやすく興味深く聞けました。
・地震発生時の対応に関して役に立った。
・簡潔で良かった。
・身近で役に立つ防災グッズや豆知識などを知りたかったです。
・地方の行政の防災担当職員の身として、東京消防庁が作成した「地震その時10のポイント」が大変参考になりました。他にも、災害時は行政の手が回らないということを率直に伝えていただいたことで我々が町民に言うよりも説得力があって、賛同を得られやすいので、非常にありがたかったです。
・知っていることもあったが、そうでない部分は大変興味深い内容だった。
・シンプルな説明と短めのビデオで発生時の対応など、ポイントを伝えてくださったと思いました。
・よく知っている内容だった。
・おさらいとして有益でした。
・資料を頂けると、同僚や友人へ共有できるので助かります。

(5) てい談について

① 「てい談」に対する満足度

	件数
1. 満足	142
2. やや満足	61
3. 普通	21
4. やや不満	0
5. 不満	2
6. 無回答	5



② 「てい談」に対するご感想・ご意見がありましたらご自由にご記入ください。

会場参加者回答

・きめ細かい耐震説明に感謝します。
・Q&Aが良かった。
・質問で進める形式、内容がとても良い。自分事になった。質問の設定、微妙な言い回しは、もう工夫できるのではないかな。
・クイズに参加することで自分ごとと考えやすい。
・この企画により講演がよく理解できた。
・クイズがあり、面白く聞くことができた。
・中林氏の説明：強さと大きさを混同していて間違い、説明が要領を得ない。○×の問いは面白い。自助・共助の話は良かった。
・前提条件があることがびっくりした。もっと良い前提条件は無いのか？
・台湾で地震が起こった際公共の準備が行き届いて感心した。自助もちろん大切だが、限界がある。日本国東京都は、台湾に劣らない助けができるだろうか。
・勉強になりました！
・事例が有用。
・災害時を想定していて、リアルに想像できたのがよかった。
・自らの状況を設定していざという時に役立つ足がかりになると考えます。
・話が具体的で良かったです。自助・共助の考え方がわかりました。
・耐震設計（家）の手続・費用etc.の説明が足りない。
・クイズ形式と内容がマッチしていて、新たな気づきがあった！首都直下地震で被害が大きいのは縦揺れ？横揺れ？横揺れの方が大きい。非常に勉強になりました。（中林先生の説明が分かり易かった）
・おもしろかったです！
・中林先生の話、もっと長く聞いていたかったです。
・事前防災の重要性を理解できた。
・各登壇者が持ち分を存分に発揮して、きわめて効率的に有用情報/知識が共有されたと思う。
・自助の大切さ、心配を強く感じ、実施したいと思います。
・P波、S波について若干誤解していました。横揺れ>縦揺れ
・大変良かった。

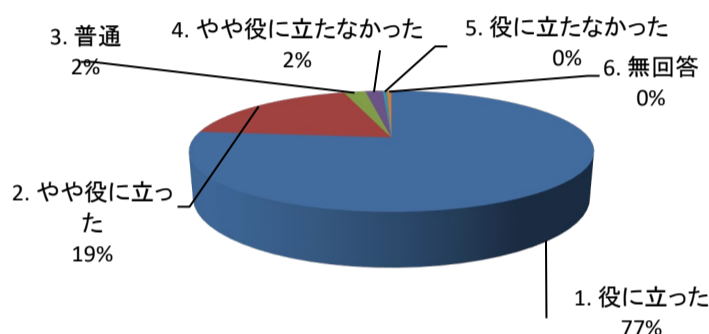
## WEB参加者回答

・とても良い。
・話が少しくどかった。
・クイズ形式に興味をもって参加できました。
・クイズを取り入れて参加者との一体感があったのは良かった。
・分かりやすかったと思います。
・クイズ形式をとったのは面白い。
・丁寧に熱く説明いただき、何が重要かが伝わってきました。
・今日の話は第二の能登半島地震に有効でしょうか？
・やはり長すぎる気がしました。
・クイズが楽しかった。
・楽しく参加できました。
・Qに対する解説が非常にわかりやすく、気付きも多かったです。
・Q&A形式で参加者を巻き込むスタイルは話をよく聞ききっかけにもなり良かったと思います。
・問題形式がよかった。
・興味深い内容でした。ありがとうございました。
・スムーズな進行で分かりやすい回答をいただいていたと思います。
・質問回答など、参加型が非常によかった。
・〇×形式でいい話に参加しやすかった。
・ストーリーに基づく会場参加型であり、進め方がよかった。災害時には自助の余裕が共助を可能とすることを知ることができました。
・〇×式のクイズが興味深かった
・いい話はお三方の意見交換のような談話が聞けるのかなと思っていたため、少し残念でした。
・現状と二次災害等に関する目標を知ることができました。この目標の達成のために2段階の促進があったのですが、そこについて詳しく知りたいと考えました。
・ウェブ視聴者もクイズに参加できて、一体感のある良い企画だったと思うが、一つのテーマに解説の時間とりすぎ。その分もっと問題を多く出してほしかった。
・クイズなどを交えて参加しながらお話をお聞きすることができました。
・"自助無くして共助無し"を学びました。災害用品のたくわえを再度確認したいと思います。
・参加型の仕組みが自分の取り組みとして考えやすかった。先生方の説明が丁寧でよかった。
・首都圏で直下型地震が発生した場合、どういう行動を心がけるべきかの認識が深まった。
・火災から身を守る（出火防止、不燃化、初期消火、避難）は事前防災が大事だと感じた。
・『自助なくして、共助なし』を意識して生活の中で準備を行い、いざというときには消防で働く側の方の妨げにならないような行動を心掛けようと思いました。
・専門性の高い話が聞いて良かったと思います。
・おなじアパートに住んでいても、半分は付き合いが全くないので自分たちでまず何とかしなければならぬということを改めて感じました。
・詳しい説明で分かりやすかったです。
・自助があって共助 とても心に響きました。東日本大震災時同様の光景が我地域にありました。あれから13年。居住者も変わってきており、同じようなことが出来るかどうか。人を頼ることなく、まずは自分自身を守ること。大事ですね。
・クイズ形式で実施していただき、Q&Aでのお話が興味深く集中して話を伺うことができ良かったです。
・防災対策とまちづくりをテーマにした内容があるとよかったです。
・クイズ形式にしてもらったので、講演内容の振り返りにもなった。縦揺れ横揺れどっちのほうが被害が大きくなるのかに関してですが、首都直下型地震のイメージが強すぎて、縦揺れのほうが被害がでかいのかと思った。横揺れのほうがひどいということなので、縦揺れであそこまでの被害想定がなされるということは、地震の大きさだけでなく、環境などもあるのだなと改めて実感した。
私が勤務する会社は海よりなので、ぜひ気を付けたい。また、マンションの揺れは上の階のほうがひどいというのは、東日本の時に自分の家に戻った時に体感している。特にL字型だったので、ひどかった。東日本の地震を思い出し、あらためて気を付けようと思いました。
・疑問に思っていたことがお話にいくつも出てきて、なるほどと腑に落ちることがたくさんありました。
・事前防災は、居安思危。自助そして共助。自助なくして共助なし。とても 身近にできることがイメージできました。
・自分に置き換えての考えながらのクイズ形式は楽しかったですが、はずれた問題もあったので気を引き締めたいと思います。
・クイズ形式で聞きやすかった。
・実際に起こったこと、幅広い研究に基づいた示唆に富む内容であった。

・ストーリー仕立てで、クイズもあり、聴講者もただ聞いているだけではなく、参加している感じがかった。
・避難場所と避難所は、言葉は似ているが、それぞれ役割が全く異なるということを知りました。
・オンラインの参加でも、〇×形式で参加できてよかった。
・基本的なテストに、土木技術者が間違えるの？、と思いましたが、一般の方々も多数いたんですね。納得。
・面白かった。特に中林先生の解説がよかった。
・クイズ（質問）から入る進め方はそれまでの流れを変える斬新な方法でした。ネット視聴者からの質問も受け付けてもらえると良かったです。
・クイズ式が楽しかったです。
・てい談の意義を感じることができました。
・クイズについて、職員はわかっているけど町民との認識の差があることで理解を得られていないことを出題されていて、認識を改める方も多くいたのではないかと思います。
・時間不足な感じで、3人のキャッチボールがあまりなかった印象でした。
・一般社会通念として、防災事項がどのように認識されているか？の掘り起こし、大変おもしろかったです。
・資料を頂いて、私の周りの同僚や友人へ共有にいき、自助・共助を進めたいです。

(6) 今回のセミナーを聞いて、自分事として今後の地震対策に役に立ちましたか。

	件数
1.役に立った	177
2.やや役に立った	43
3.普通	5
4.やや役に立たなかった	4
5.役に立たなかった	1
6.無回答	1



(7) セミナー全体に対するご感想、ご意見がありましたらご自由にご記入ください。

**会場参加者回答**

・江東5区ゼロメートル地帯の水害を避けている。同様に、高層マンションの大問題（断水、停電、トイレ・・・）を無視されている。火災ばかりが注目しているが、水害の方が問題と思う。
・改めて防災について考えるきっかけとなりました。
・知らなかった事も〇×の解答で知識が増えました。
・防災については、日頃忘れがちになるので、勉強になりました。
・運営がスムーズでした。
・セミナー、特に後半のてい談がとても良かった。
・全体として素晴らしい企画であった。
・地震時の対応が中心であったが、その後の生活がもっと大変なことになる。交通が途絶して食料を巡って悲惨な状況が起こると考えられるので、その点の考察も必要。
・言葉にまどわされないことの大切さを知った。参加して良かった。
・家具を固定しようと思いました。
・自分事/事前防災 考え方・行動
・できれば中央区の役所の方の意見や情報も聞きたかった。
・大変充実した内容で勉強になりました。今後活用させていただきます。
・気づきがあり、良かったです。
・勉強になりました。
・また、災害対策等のセミナーがあれば、ぜひ参加して聴講したい。
・他の災害についてもやってほしい。（例；水害）
・中央区で開催したのはたまたまか？内容は明らかに日本国民全体にとって有益なものであり、主催者には広報等についてさらに検討していただきたい。（Online視聴の拡大？等）
・有意義であり、町会の中で何ができるか考えていきたい。
・参加型で良かったです。まずは自宅ですることから始めます。
・大変良かった。

## WEB参加者回答

・参加者を対象にしたクイズ形式はよかった。
・震災があったらブレーカーを落とすということを初めて知った。
・長時間のセミナーなので、合間にもう少し休憩時間があると嬉しかったです。
・首都直下型地震について、具体的に考える機会となり、大変ありがたかったです。
・小さな子どももいるので、備蓄物など今も備えていますが、もっとしっかりと地震対策をしようと思いました。
・オンライン参加のため、セミナー使用資料の事前配布もしくは事後配布ができるのであればお願いしたいと思います。本日は貴重なお話をいただきましてありがとうございました。
・非常にわかりやすく、このセミナーが減災につながると感じました。
・とてもためになりました。
・WEB参加者に発言者の手元が見えないほうがよいと思いました。原稿を読んでいるのがわかるのはどうかと。
・とてもためになる講演で、今後職務や生活に役立つものでした。ありがとうございました。
・有意義なセミナーの企画を有難うございました。
・本日紹介されたような災害時の「常識」が広く住民に普及するよう各方面が尽力することが今後非常に重要と感じました。
・各講師の話も分かりやすく、聞いていても飽きが来なくて良かった。
・事前防災の準備が以下に大事か改めて感じることができた。
・防災士としていろいろと勉強はしているつもりであるが、足りないところもあり、このようなセミナーを受けることにより、大変勉強になりました。
・首都直下型地震に対しての危機感や発災前後の対応について改めて考えさせられる良い機会となりました。防災について学んでいても東京都内での対応の仕方などより詳しい防災について学ぶことができました。
・災害への備え方を学ぶことが出来ました。ありがとうございました。
・長時間ではありましたが、内容が充実しており時間配分はいたしかたないというより、適切だったのかなと思います。
・web参加による〇×解答が、送信まで間に合わない時が多々あった。質問が表示されている時から回答ができると（あと数秒表示がながければ）、送信までできると思った。
・今後も、このような身近な話題提供をお願いします。
・動画での説明や〇×形式での参加が、話が入りやすかつたし分かりやすかつたです。
・全体として具体的な事例も多く、いつ起こるか分からない災害に対して、改めて考え備える必要性を痛感した。
・全体的に時間が押してしまったのが勿体ないなと感じました。
・全体として非常に勉強となるセミナーとなりました。
・自助について早速、ブレーカーの遮断機をアマゾンで購入しました。消火器は届出が必要らしいので、検討します。
・まさしく具体的に自分の身に起きることとして対策をしなければならぬという気持ちになりました。家具の転倒防止や消火器の購入、十分な備蓄などを備えて十分な自助体制をとりたいと思います。
・予期しない自然災害にたいして、日ごろの備えやインフラ整備も大切であると、あらためて感じました。
・質問に答える参加型のセミナーは良かったと思います。また、解答後に、パネラーからの情報提供など非常に理解しやすかつたです。
・検討の内容等のお話があり興味深かつた。
・複数の講演があっても良いのでは。
・地震に関して認識が深まりました。
・首都圏での帰宅困難者や被害者を少なくするためにも、本セミナーのような啓発は継続的に必要であると思う。
・身に迫る内容なので、興味深く、聞きやすかつたです。ありがとうございました。
・自分事として考えさせる工夫のある良い企画でした。
・長かつたですが、興味深く聞くことができました。今一度自分の地震対策も見直していきたいと思います。
・起こる起こるといわれて起きていないので、どうしても実感がわかないのですが、いざ大地震が起こった場合は家族を含めて助かることができるよう、準備しなければならぬと実感しました。
・本日から考えていきたいです。
・首都直下地震発生による自分ができること（やるべきこと）について再認識させていただきとても勉強になりました。
・わかりやすく説明していただきまして、ありがとうございました。
・音声もとても聞きやすく、また資料もはっきりと確認できてとてもよかつたです。
・とても 参考になった。
・題名にインパクトがありすぐに申込をしました。
・本日は視聴させていただきありがとうございました。大変有意義な講演内容でした。
・今後も有益な情報提供をお願いします。
・行政（国や自治体）の取組みについての紹介があると良かったと思います。
・自助、共助を具体的にどうしていくか、どうするかなどより考える機会になりました。ありがとうございます。

・今後、内閣府、東京都、住んでいる区から得られる地域特有な情報などと絡めて事前準備を行うよう努めたい。『自助なくして共助なし』を地域の人たちと話し合いたいと思った。
・時間配分もぴったりで、素晴らしいご進行で凝っていて飽きることなく拝聴できました。
・中林先生がやや長時間話していましたが、話を途中で打ち切るでもなく、そのまま続けられていて、他の登壇者の方も皆様紳士的で、穏やかな進行でよかったと思います。最後の片づけが忙しくなってしまったようで、お疲れさまでした。
・自助なくして共助なし、が一番刺さりました。
・地震という身近な問題がテーマだったので、興味がありとてもよかった。
・地震災害が各地で起きています。東京の次は大阪で、札幌で、福岡で、と各地で開催し、防災意識向上のアピールを行うことも重要かと思います。
・お話が非常にわかりやすかった。
・大変貴重なセミナーでした。
・中央区、港区も集合住宅、特に高層マンション世帯比率、人口比率が全国よりも圧倒的に高いわけで、かつ事業所も多く、昼間人口も多いことからそれに特化したBCP、BCMさらにはLCP、LCMのテーマで、今度は実際に自助、共助を行っている実務家を招いて、建設技術研究所のBCMや危機管理の話も入れてより実務的な内容のシンポジウムを期待します。
・とてもよかったです
・通常想定しない被害であり、過小評価しておりました。
・分かりやすいようにこなれた内容であり準備が大変だと感じた。
・もう少し早い時間で休憩を希望します。
・こちらの機材の問題かもしれませんが、音声にエコーがかかったりかからなかったりして聞き取りにくい部分がありました。それ以外はとても興味深い内容で非常にためになる研修でした。ありがとうございました。
・進行もスムーズでとても気持ちよく拝聴させていただきました。
・今回と同様の準備で実施するのであれば、別のテーマでも残念な感じが残ってしまうのかなぁと思いました。
・地域防災活動に携わっているが、その立脚点や取組みに誤りがないことが分かった。
・① ちらし裏面のプログラムに時間配分や休憩時間の目安が書かれているとよかった。 ② アンケートの存在も、ちらしに注記してあった方がよかった。 ③ 基調講演の講演資料は、公開してもらえないのでしょうか？
・阪神淡路大震災を経験していますが、時間の経過とともに地震に対する備えが薄れてきていましたが、改めて準備したいと思いました。ありがとうございました。
・自助・共助を進めたい上で、自治体や町内会等への提案できるようにご指導いただけると助かります。

(8) 今後、どのようなテーマのセミナーに参加してみたいですか？ご希望のテーマや講師がありましたらご自由にご記入ください。今後のセミナー開催の参考とさせていただきます。

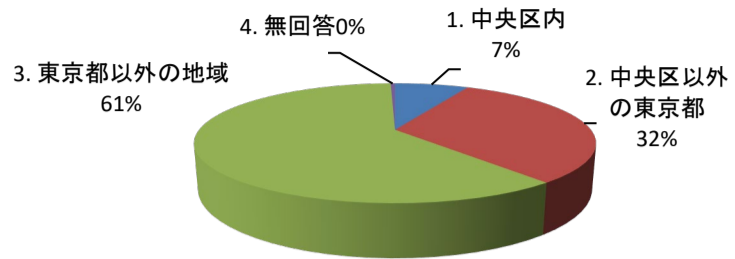
・荒川氾濫、隅田川氾濫、地下鉄崩壊、電柱地中化（ゼロメートル地帯）、スーパー・コンビニに依存の食生活崩壊
・医療関係の豆知識、高齢者のケガの予防、介護保険のしくみと利用目的、料金の設定他。
・都市の再開発と緑の増加。
・日本橋地下化の計画について。
・興味深いテーマはいろいろあるが、いざ参加の行動（申込）を起こすことにちょっとしたバリアがあるのではないのでしょうか？
・災害時に役立つツールの具体的なものの学び。携帯電話の充電の方法、エレベーターの代わりになるものはあるか。
・再生エネルギー拡大とエネルギーの削減。
・備蓄（震災備蓄、災害備蓄、長期備蓄）などについて聞きたい。
・ハザードマップの正しい読図法、利用活用についての解説。土地利用図、土地条件図など他の主題図と合わせての利用活用について。
・救急体制の充実についての取り組みについて →“つなぐ”？
・自治体等、消防をからめた災害対策本部の取り組み。
・気候変動及び噴火災と災害対策（事前）。日本及び世界（欧州、米国、アジア、南米）
・甚大被害化する気象現象について。対策も。
・ゲリラ豪雨など浸水、洪水に備える日常生活の取り組み
・防災・災害対策等
・老後の資産運用について
・過去の災害によるインフラの被害状況（特に下水道施設）を取りまとめたセミナーがあれば参加したい。
・交通文化、河川文化
・能登の豪雨が記憶に新しいです。震災後の豪雨に限らず激甚化する水害、ゲリラ豪雨等、当社の得意とする分野であらためて最新の防災・減災に関する研究・情報をご提供いただければと思います。

・地球温暖化防止、あなたは何ができるか
・身近に潜む課題はまた参加してみたいです。
・今回のような地震や豪雨など災害に関連するテーマは、実生活でも役立つので、今後も定期的に企画してほしい。
・南海トラフ地震についても同様のセミナーを行ってほしい。
・関連災害として、洪水および津波に対する備えについても、同様なセミナーに参加できたらと思います。
・行政以外の地域防災での取り組みについての話に興味がある。
・異常気象、災害関連等の原因分析、対策等に関するセミナー。
・PFAS関連。
・防災関係に興味があります。BOPの事例（災害時に機能したかどうか）紹介。
・豪雨災害について。
・少子高齢化が進むなか、インフラをどのように維持するか。
・避難所のあり方や、避難所運用についてがあれが助かります。
・今後とも地域社会に関する課題等についてのセミナーをお願いします。
・中林先生の話はとても興味があります。復興まちづくりのテーマがあると参考になります。
・地震の種類別の仕組みとか、プレート同士が動くことに対して力が反発しあうなどの理由で、地震は起こるけれども、プレート同士が動くのを防ぐ方法はないのかななどの可能性を聞きたい。地震の歴史を振り返りながら、それぞれの地震の特徴を教えてください。
・中央区出身で中央区勤務、東京都以外の地域在住です。首都圏の近隣地域（神奈川、千葉、埼玉等）の防災ご担当者も交えて、通勤都民向けのセミナーを受講してみたいです。
・災害におけるドボク視点での御社の実績と展望。
・今回のような身近なテーマだと興味を惹かれます。
・官民連携・ウォーターppp動向や事例、脱炭素・カーボンニュートラル関連技術。
・日本の地形とりわけ火山活動と噴火による災害・防災に関する話題。
・今回はテーマが首都直下型地震だったので、阪神淡路大震災や東日本大震災などの事例の説明が多かったですが、最近の事例の能登半島地震についても参考になることがあれば教えていただきたいと思いました。
・職務上、災害対応に関する事柄を扱っております。豪雨災害における大規模土砂災害に関する研究や自治体等の取り組みの最新動向などに興味を持っておりますので、かかるテーマもご検討していただくとありがたいです。
・例えば、風水害や液状化等に的を絞って話して頂くなど。
・福和伸夫名大名誉教授の都内の建築物に関する現況の被害想定の問題点の講演をお聞きしたい。
・同上のような内容や登壇者、進め方など。
・更新された情報、中央区の状況など。
・能登半島地震と豪雨のような、二大災害の相乗による被害対策について。
・最新の知見。
・地球規模の気候変動への我々の役割（心がけ）
・ITサポート、心理カウンセリング。
・地球温暖化、エネルギー取得方法（火力以外で）、雨の話（今一体どうなっているのか、日本、アメリカ、フランス、インド等）。
・① 市民にできる危機管理
・② 災害伝承の活用
・自治体や町内会等への参加することで、自助・共助関係を強力にしたいと考えています。

◆あなた自身についてお聞かせ下さい。

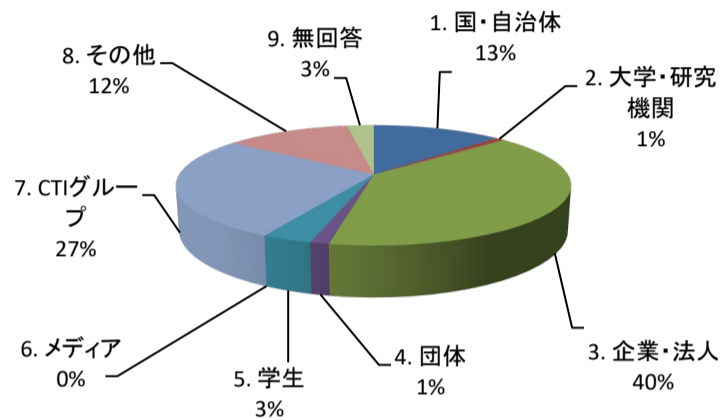
①お住まい

	件数
1. 中央区内	17
2. 中央区以外の東京都	73
3. 東京都以外の地域	140
4. 無回答	1



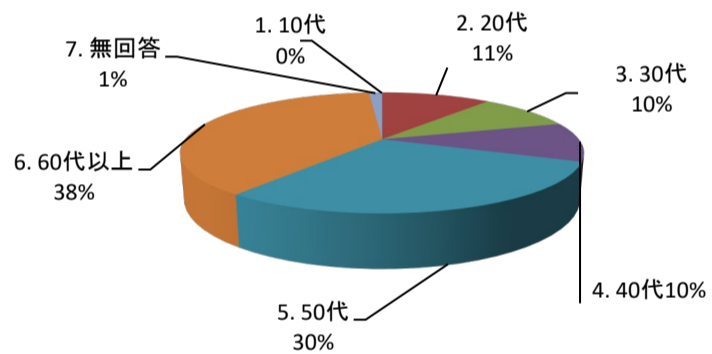
②職業

	件数
1. 国・自治体	29
2. 大学・研究機関	2
3. 企業・法人	91
4. 団体	3
5. 学生	8
6. メディア	0
7. CTIグループ	63
8. その他	28
9. 無回答	6



③年代

	件数
1. 10代	0
2. 20代	25
3. 30代	22
4. 40代	24
5. 50代	68
6. 60代以上	88
7. 無回答	3



❖オープンセミナー講演録

◆セミナー趣旨説明

(株)建設技術研究所国土文化研究所所長 中村 哲己氏

本日のセミナーのタイトルは、「首都直下地震発生！あなたは何かができるか～発災から72時間のシナリオ～」です。

皆さんご存知のとおり、能登半島地震によって多くの方がたがお亡くなりになりました。また、能登では9月の線状降水帯による大雨で、さらに多くの被害が発生しました。

この場をお借りしまして、被災された方がたにお見舞いを申し上げたいと思います。

また、日向灘を震源とする地震が発生し、南海トラフ地震臨時情報が発出されました。これらのニュースを聞かれて、皆さん、いつにも増して危機感を持たれたのではないのでしょうか。

本日のセミナーのテーマである首都直下地震では、マグニチュード7以上の地震が、今後30年以内に発生する確率は70%となっています。これは相当に大きな数字で、発生すると甚大な被害がでることが想定されます。

そこで、セミナーでは首都直下地震が発生した場合、都市圏において起こり得る災害の状況、発災後の適切な行動、そして、事前準備の大切さについて、皆さんと一緒に考えたいと考えております。本日はどうぞよろしく願いいたします。

【司会】では、最初に、内閣府が作成しました動画、「首都直下地震 そのとき何が起こるのか」をご覧ください。実際に何が起こるのかが想像できる内容となっております。

【動画視聴 首都直下地震全体版 13分18秒】

[https://wwwc.cao.go.jp/lib\\_012/syuto\\_all.html](https://wwwc.cao.go.jp/lib_012/syuto_all.html)

◆基調講演

「東京直下地震で、首都圏はどうなる？どうする！」  
東京都立大学名誉教授

明治大学復興危機管理研究所客員研究員 中林 一樹氏

内閣府の動画で大部分が説明されていましたが、改めて被害想定に関わってきた者として、お話をさせていただけようと思います。

1. 自然が荒ぶり社会が脆弱化する21世紀

まさしく21世紀に入って、地震あり、風水害ありで、本当に自然が荒ぶっていると思います。しかも、20世紀に対して21世紀というのは、われわれのつくっている社会、特に日本は世界最速で高齢社会に向かって突っ走っている高齢者が多い社会です。日常はまだしも、異常時や災害時には非常に脆弱になっているのではないかと危惧（ぐ）されています。

災害に備えるべきパワーが脆弱化して、自然の災害が荒ぶるということは、リスクがますます高まっているということにほかならないと思います。

今、高齢化が急速に進んでいて、防災の要であるコミュニティ、地域社会のつながりは、大都市でも大きな問題ではありますが、それ以上に地方でコミュニティが崩壊しているといった状況です。なぜかと言えば、若者がどんどんいなくなって、長年、地域社会を支えてきた中心人物が80歳を超えてしまって、「もうできません」ということで引退されると、次に担う方がいなくて、町内会や自治会など、地方で言うと行政会とか、部落会が消滅してしまうといった事態が、今、われわれに降りかかろうとしています。

国際化もコロナで少しブレーキダウンしましたが、また復活してきて、今後ますます高齢化社会の活力を何とか維持するためにも、インバウンドを招いてある意味では多文化共生型にすることで、社会構造全体の高齢化を緩和せざるを得ないと思います。働ける若い力を外国の方にも依存しながら共生していくのです。そういう社会にならざるを得ないような状況にあるかと思います。

この国際化が、災害や防災の目で見ると、一つの大きな課題になり得ます。特に、日本における災害の大部分を占め、「大災害」と言うと必ず出てくる

のが地震です。この地震を知らない外国人は、実は結構います。ヨーロッパは、ほとんど地震を知りません。いわゆるユーラシア大陸というのは、ほとんど動かない大陸です。一方で、海洋型の周りの海の方のプレートはどんどん動きますから、先ほどあったように、日本では近海で発生するものも含めて、世界の2割強の割合で大きな地震が起きているのです。

中国からロシア、ヨーロッパまでのユーラシア大陸はほとんど地震が発生しない状況ですので、揺れた経験をしていないため地震が分からないです。地震で揺れるときは初めの縦揺れでドンドンというような音がします。すると、ヨーロッパの方は、ミサイルが落ちたのかと思うようです。

1999年にトルコで大きな地震がありましたが、私はそれから10年間、ずっとトルコの復興を追いかけてきました。1999年以降、トルコ政府は建物の耐震性を上げなくては行けないということで、耐震設計基準を見直したのです。それ以前の建物は、非常にもろく粘り強さがないので、被災地に行くと半壊がなく、建っているか潰れているかのどちらかなのです。多くの小学校も潰れてしまうのですから、トルコの教科書には、「地震で揺れたと思ったら、とにかく一目散に外へ出る」というように書かれていますが、これが子どもたちに対する地震防災の第一の教えなのです。

一方、日本の建物には耐震性があります。特に小学校は発災後、避難場所・避難所にも使うので、文部科学省が「子どもたちの命を守るために」と言いますが、「避難場所・避難所に使うためにより耐震性を高めて設計しています」としていることから、まず壊れません。そのため、揺れを感じたら、「机の中に頭を入れて、体も入れて、揺れが収まるまでじっとしていきましょう」というのが日本の防災教育の地震対策なのです。

トルコやヨーロッパの子どもたちと日本の子どもたちが一緒に学校にいる場合、早くしっかり教育しておく必要があります。なぜならば、トルコの人たちは、揺れたら途端に一斉に逃げ出すのです。日本の子どもたちが机の下に潜っているというような状況の中、教室から校庭に向かって逃げ出す子どもがいるということは、階段で1人こければ、群衆雪崩

的に次々と転がり落ちますし、入り口が狭ければ、脱出パニックが起きて、そこでもまた人が人を踏むような事態になってしまう。そのようなことも含めて、様々なことで災害に対するマナーや考え方が違うと、混乱が生じてしまうということも十分考えておかなければいけない状況になっていると思います。

最近では、能登もそうですが、地震や水害の後に避難している方は、ほとんどが70代以上の高齢者です。揺れや火災からせつかく命が助かったけれども、避難所や仮住まいで体の具合を悪くして亡くなった方も、地震がなければ死ななくてすんだはずだと、阪神・淡路大震災の後、声が上がっていきましました。つまり避難所や仮設住宅で体調を崩して亡くなる方がたくさんいました。ちまたの声として、「あのじいちゃん、ばあちゃんも、地震がなければこんな死に方はしなかった。犠牲者だ」という声が大きく上がって、マスコミもバックアップして、国もそれを聞き入れて、そういう方の御遺族にも災害弔慰金を支払いましょうということで「災害関連死」が制度化されました。つまり、犠牲者とみなすことで、国から災害弔慰金を御遺族に支払うということになったのです。

## 2. 阪神・淡路大震災以降、連発している震度7の地震

この阪神・淡路大震災とは、日本で最も強い揺れという震度7が公式に適用された初めての震災でした。

その9年後の2004年10月23日に発生した新潟県中越地震が2度目の震度7を記録し、新潟県旧山古志村を中心に中越の中山間地域が大きく被災しました。その7年後の2011年3月11日に東日本大震災が発生しました。宮城県北部では震度7が記録されましたが、これは、太平洋の中の太平洋プレートと、ユーラシアプレートというよりも北米プレートとのプレート境界いわゆる日本海溝で起きた地震で、巨大津波によって沿岸に大きな被害をもたらしました。

その5年後の2016年に熊本地震が発生しました。この地震では、ほぼ同じ場所で震度7が2回も起きています。熊本市も揺れましたが、その周辺の農村地域、あるいは阿蘇の麓の山間地域が主たる被災地になりました。

その3年後の2019年に北海道胆振東部地震が発生し

ました。

9年、7年、5年、3年と来て、次は1年後かなと思ったのですが、首都直下地震も南海トラフ地震も発生しませんでした。しかし、4年半後の今年（2024年）の1月1日に能登半島地震が発生しました。この30年間で、これほど地震がたくさん起きて、しかも、全体を平均するとどんどん間隔が縮まっているというのが、今の日本の地震の現状だと思っています。

この震度7の地震では、いずれも直接亡くなった方と同時に、その後、避難所や仮住まいの中で命を縮められた関連死の方がいます。その中で、特に高齢化の進んだ地域を襲った新潟県中越地震、熊本地震では、直接亡くなった方よりも、災害関連死で亡くなった方のほうが多いという結果になっています。

新潟県中越地震では、直接亡くなった16人の約3.5倍の52人が災害関連死です。熊本地震では、直接亡くなった50人の約4.5倍の223人が災害関連死です。そして、新潟県中越地震や熊本地震、最近の地震についても関連死を含めて、8割から9割が高齢者です。高齢者が被災して、在宅でも避難所でも厳しい避難生活の中でいつもの生活ができなくなりますし、いつも飲んでた薬が飲めなくなるなどで体調を崩して命を縮める時代に向かっているのだと思います。

昔は家を耐震化して守るというのは、下敷きになって死なないためでした。しかし、今ではそれ以外にも、地域が断水すれば水道は出ないしトイレが使えなくなります。地域が停電すれば、我が家が大丈夫でも電気が使えません。ガスが使えなくなれば、台所で食事を作ることもままならない。そういう状況で生活をせざるを得なくなる。そういう在宅での避難生活における災害関連死もあるのです。

熊本地震の223人の災害関連死も、熊本県の公表資料によると、最終的に亡くなった場所は在宅の方が大部分でした。避難所で具合が悪くなって救急搬送されて、一応、病院で回復して、あとは在宅でということですが、とても避難所へは帰れない、帰りたくもないということで、我が家に戻っても結局は在宅避難生活になるのです。

しかし、今の避難所運営マニュアルというのは、避難所へ行かないとサービスを提供してもらえないということになっています。高齢者や障害を持たれ

ている方にとって避難所はきついです。車いすの方も、避難所に行ったら身動きが取れないです。車いすの方は仮設のトイレに入れません。高齢者も、実は仮設のトイレを嫌がるのです。なぜかと言うと、建設現場の仮設トイレを使っていますから、和式でしゃがむのです。高齢者の方は、1回しゃがんだら立てないです。

能登の被災地でも、ニュースをみていたら、おばあさんがトイレを開けて、「あっ、和式だ。だめだ」と言って閉めていきました。トイレに来たのに入れないから、「避難所では生活できない」ということになって自宅に戻られる方も多くて、熊本地震の災害関連死は自宅で亡くなった方が多いです。つまり、自宅で在宅避難生活されている方に対して誰も見守りに来てくれないし声を掛けに来てくれない、といった状況が、地方や農村部でも起こっていると考えられます。

### 3. 都心南部地震だけが首都直下地震ではない

今、われわれが迎え打たなければいけないのは首都直下地震と言っています。次のM8クラスの関東地震が相模湾の中で起きるとされていますが、その前に、首都圏のどこかの内陸直下で起きる地震、例えば大正関東地震の前ですと、首都圏一円で名前をついた地震が6つ起きています。同じように考えると、次の関東大震災までに発生する内陸直下の地震は、3つでは済まなくて、4つ、5つ、6つかもしれません。その最初の1つ目の直下地震が、30年以内に70%の確率で発生するとされているのです。

先ほどの動画にもありましたが、この首都直下地震とはどこで起きるか分かりませんので、全ての街で、ここでM7クラスの地震が起きたらあなたの街はどれくらい揺れるのかということすべて出すのが、つまりすべての人が防災に取り組むための基本ですけれども、内閣府も経費の関係で19の地震を設定して、震度分布だけを公表しました。（図3-1）

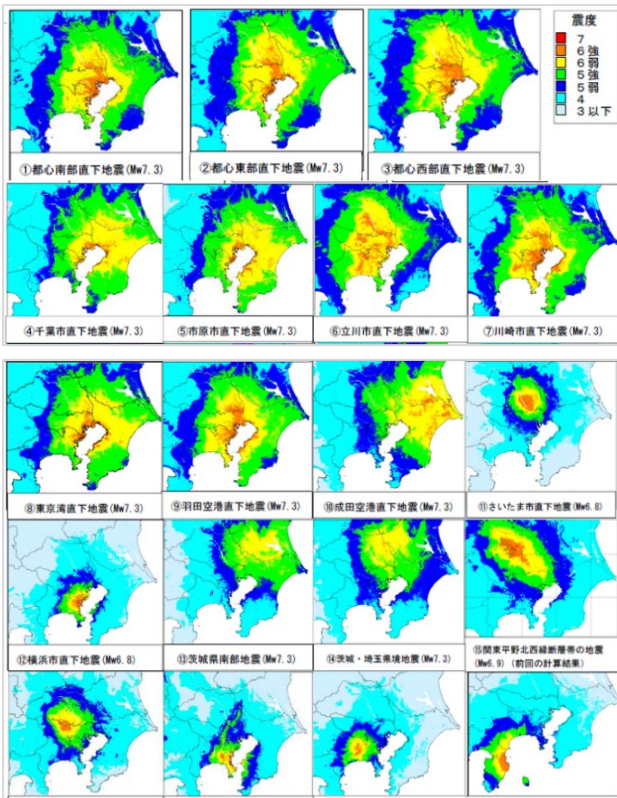


図3-1 中央防災会議が設定した首都直下地震の被害想定のための19の直下地震とその分布想定図

この19の地震の震度分布を基に、地盤状況を勘案してそれぞれの街の直下でM7クラスの地震が起きたら、その真上はどれぐらい揺れるのかということ想定した図を作ってもらいました。首都直下地震想定震度は、地震学ではなく、防災対策を研究している私が被害想定委員会をお願いして作成してもらったものですが、今でも茨城県に住んでいる学生が都心南部直下地震の震度分布をみて、「首都直下地震は東京が大変だよ。茨城は首都直下と言ったって、ほとんどが5強です」と言うのです(図3-2)。実は、可能性がある茨城直下では震度6強どころか震度7が発生することを、国が細かく被害想定した都心南部地震の震度分布図では忘れさせてしまうのです。被害規模最大となる都心南部地震とは、政府が対策を考えるために細かく被害想定をしたのであって、次に起きる首都直下地震だからではないのです。

実際には、あなたの街の直下で起きたら、これだけの揺れになる。茨城県南部では蓮田がいっぱいあるようなところは地盤が緩いですから、対策もしないで埋め立てたら震度7の揺れになりますよ、ということを知らせています。

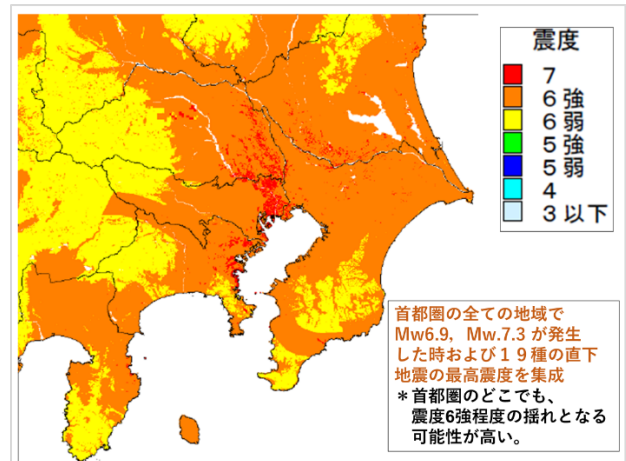


図3-2 首都直下地震想定震度

東京も、東京東部、特に下町低地地盤の直下を震源にすれば、震度7の強い揺れがもっと広い範囲で起きても不思議ではないのです。

では、首都圏はどのような備えをしたらいいのでしょうか。あなたの住んでいるところ、あなたの大事な人が住んでいるところ、あるいはあなたの仕事場になっているところ、そこはどのような揺れになるのでしょうか。首都圏に住む私たちは、図3-2のように、全てにおいて震度6強を前提にして、首都直下地震の対策と準備をしておかなくてははいけません。最初の1発目がどこで発生するのかわかりませんが、次の2発目、3発目はそれぞれ別の場所になります。いずれ自分の真下で起きるとするのが現状だ、ということになります。

国は、なぜこの都心南部直下地震を細かく被害想定したのでしょうか。

一般に首都直下地震とは、首都圏のどこでも起きる地震ですが、この都心南部の港区、品川区、大田区の辺りの直下に震源を設定した地震は、北部よりも南部で発生する方がプレート境界が浅くなりますから、フィリピン海プレートも浅くなります。従って、より揺れが地表に強く伝わるので、23区を中心に首都圏全体で発生する被害の半分が、ほぼ区部を中心に東京都で発生して、全被害の和である被害総量が最も多くなります。さらに、霞ヶ関や大手町を含めた日本の首都機能、経済の中核機能に最も大きな影響を与える地震ということで、国が首都直下地震対策を考えるための都合上、この最大規模の被害想定をきちんとやっておこうということにした

けなのです。ですから、都心南部地震が次に起きる地震で、それ以外の地震は起きません、多摩の人も安心してください、千葉県北部の人も安心してくださいということとは全く言っていませんのに、まだまだ“次に起きるのは都心南部地震”だという認識を持たれている人が少なからずおられるかと思います。

#### 4. 地震は予知できない

地震は突然来ます。しかし、風水害と違って地震に関する事前に出される情報は全くありません。今年(2024年)8月8日に宮崎県日向灘でM7.1の地震が発生しました。この後1~2週間くらいの中に、本震としてM9クラスの大きい地震が起きる可能性があるとして、初めて「南海トラフ地震臨時情報」として「巨大地震注意」という情報が出されました。

そして、その通りに1週間後にM9の大きな地震が起きていれば事前予知されて、注意報が出されて1週間の間にみんなが備えをしていれば、被害が減ることにつながっていたはずでした。しかし実際には地震が起きませんでした。地盤観測など各種の地震観測データに全く変化が表れなかったため、しばらくは起きないだろうということで2週間後に注意報は解除になったのです。

実は、あの臨時情報を作るきっかけとなったのは、2011年の東日本大震災です。東日本大震災が3月11日の午後2時46分にM9の地震として発生しましたが、その2日前に、同じ三陸沖でM7.3の地震が発生していました。そのときは、かなり強い揺れでしたが、被害は出ませんでした。今年、2024年の8月8日に発生した宮崎県日向灘の地震と一緒に、おそらく東北の皆さんはいよいよM8級の宮城県沖地震が近づいているかもしれないというのが、そのときの東北の思いだった。しかし、その2日後にM9の東北地方太平洋沖地震が発生しました。こういうことが、海溝型というプレート境界の巨大地震では起きる可能性があることから、同じ機構で発生する南海トラフ地震が、もし震源想定域内でM7くらいの地震が起きると、数日後にM9の巨大地震が起きる可能性もあるのではないかと、注意報を発出しようということになったのです。

#### 5. 突発する地震対策の基本は建物の耐震化

基本的に、地震は事前情報がないと考えておいた方がいいと思います。だからこそ、今から、平時のうちから備えておかなければいけないのです。ある日突然地震が発生して地面が揺れる、その揺れが強い、もしくは建物の固有周期と合ってしまうと、揺れ始めから数秒後、十数秒後、1分後に、ばたばたと建物が倒れていくといった地震動被害が発生します。図5-1は阪神・淡路大震災時の建物の築年別の全壊率に最近のデータを一部加えたグラフですが、最近、被害想定するときに使う全壊率曲線とされているものです。横軸に計測震度とありますが、建物の建っていたところの地震計の揺れの強さです。

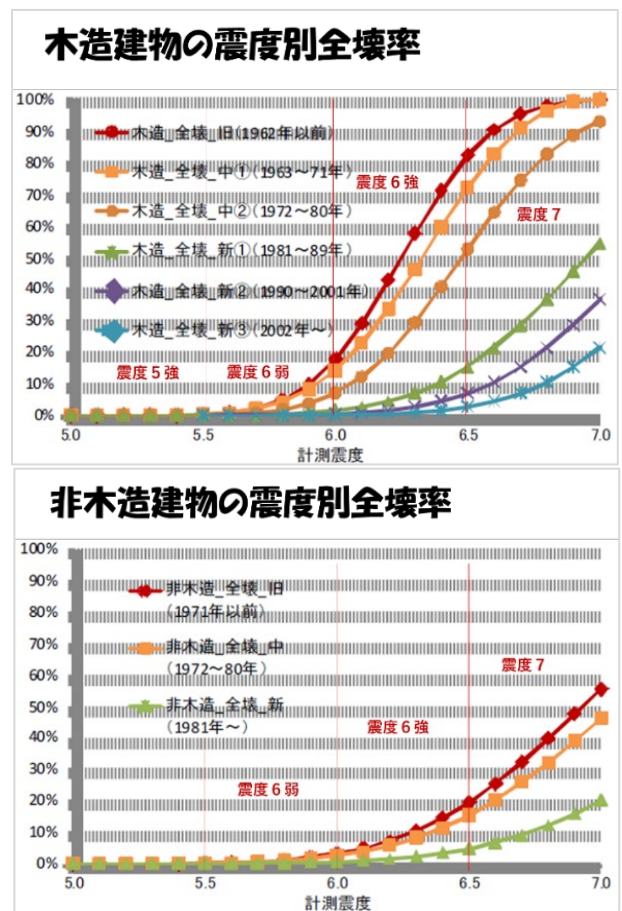


図5-1 木造・非木造建物の震度別・築年別全壊率曲線

震度6.0を境に、それより下(図の左側)が震度6弱。それより上が震度6強。四捨五入して7になるのを震度7。だから、計測震度6.5というのは、実は震度7に相当するほどの強い揺れということになります。かつの震度6強というのは、5.5以上6.5未満で、その



兵庫区の被害状況は図6-2です。赤が全壊家屋で、当時は震度6になると気象庁の専門官が現地に入って調査し、街区単位で全壊が30%以上の区域を震度7と設定したので、地震の数日後に最大震度7と公表されました。また黒がその後の火災での焼失家屋です。火災が燃え広がっている市街地が3カ所ありますが、これらは全て揺れの直後に火災が発生し初期消火が全くできなかったところ。黄色が半壊、緑が一部損壊、あるいは外見上無損の家屋です。これは建築学会と都市計画学会が全国から5,000人以上の学生を動員して全域を歩いて調べたものです。

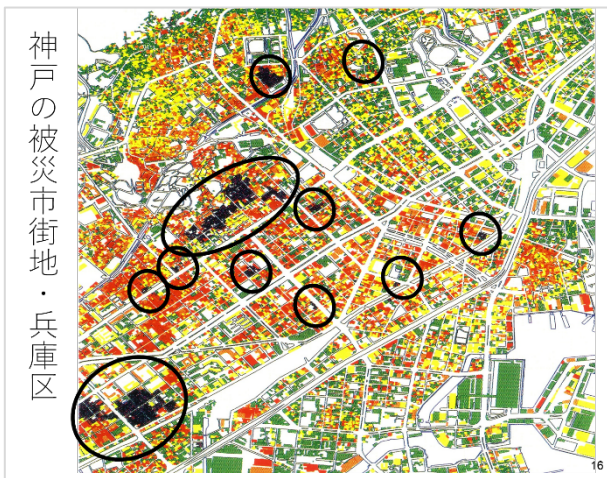


図6-2 神戸市兵庫区の建物被害状況

この2カ所は、出火直後の初期消火もできず、救出救助も間に合わず、火災で焼失した家屋の焼け跡から御遺体を発見したということもあって、元の街に戻すのではなく新しい街づくりを目指して、区画整理で復興しようということになりました。それは、路地を広げて避難や初期消火、救出・救助活動がしやすい街にしようという復興街づくりに取り組んだ場所です。

地震火災の出火は表6-1（下段）のように10日間で285件で、地震直後の15分間に全体の30%が出火し、その後の2時間で20%が出火しています。大きく延焼した大火災は直後の出火が多く、それ以降の出火の大部分は、1、2棟や数棟程度の小規模火災が多かったといえます。

神戸市の全出火285件の原因ですが、つぶれた家屋内の出火や避難して誰もいない家屋からの出火で原因不明が約半数ですが、最も多かったのは電気関係が85件で、それは不明を除く出火原因の60%に達し

### 阪神大震災の火災状況と「首都の出火想定」

出火原因	電気関係	ガス関係	火種関係	石油関係	灯火	その他	不明	合計
件数	85	13	12	6	5	18	146	285
東京	242	37	34	17	14	51	415	811

出火日時	1月17日5時46分				18日	19日	20～26日	合計
	～6時	6～8時	8～12時	12～24時				
件数	87	54	42	22	21	20	39	285
東京	248	154	119	63	60	57	167	811

表6-1 阪神大震災の火災状況と「首都の出火想定」

ていました。出火原因が突き止められたものの6割くらいが電気火災ということでしたが、電気は安全と信じられていたので、地震保険をめぐって裁判までして電気が地震火災の原因になると認められたのです。地震の揺れを感じたら火災を防ぐために、みなさんが避難などで自宅を離れる時にはブレーカーを落として、通電を止めてくださいと言われていたと思います。でも地震で仰天していると忘れるので、自動で全部のブレーカーを切れば、地震火災の出火の6割を減らすことができるため、いろいろな感震ブレーカーが開発されています。工事不要の製品も市販されています。

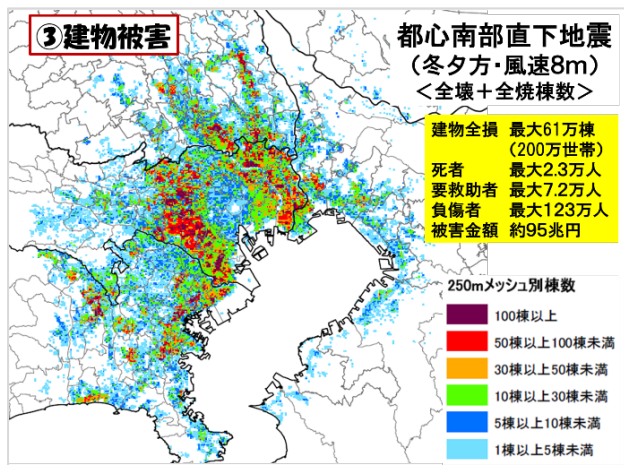
東京の被害想定（2012）による出火想定は811件です。阪神・淡路大震災と同じ出火原因の分布とすると、約240件の火災が電気関係から発生します（表6-1）。しかも同時多発火災とよく言われますが、どういう時間帯で発生するかというと、地震発生から15分間で全体の火災の3割が発生し、その後、2時間で2割が発生して、地震から2時間15分間に全体火災の1/2が断続的に発生します。その後も10日間ほど、次々と火災が発生するという“連続火災”が地震火災です。

消防署が一生懸命頑張っても、「ああ、消し終わった」と思ったら、またどこかで火の手が上がる。そういうことが1日、2日、3日とつながっていくのが地震火災で、だんだんその間隔が減っていくと完全に平時の火災状況に戻るのです。最大の問題は、直後は次々と火の手が上がり、完全に消防力を上回る出火件数になってしまうことなのです。消

防が間に合いません。初期消火を失敗してしまうと、どんどん燃え広がってしまうのです。これが地震火災の実相ということです。結果として、数日後からは大きく延焼拡大させないで、ほぼほぼ火災を抑えることができます。

### ②首都圏全体の建物被害と人的被害

東京の都心を取り囲む木造密集市街地の大部分は火災によって焼け落ちてしまう可能性があります。図6-3の青い部分には大規模火災が発生しておらず、全壊の建物がばらばらと発生しているという状況です。



### 都心南部直下地震における建物等の被害想定

被害想定項目		冬・深夜	夏・昼	冬・夕方
全壊	地震動		175,000棟	
	液状化		22,000棟	
	急傾斜地崩壊		1,100棟	
地震火災での焼失	風速3m/s	49,000棟	38,000棟	268,000棟
	風速8m/s	90,000棟	75,000棟	412,000棟
全損建物 (全壊・焼失)	風速3m/s	247,000棟	236,000棟	465,000棟
	風速8m/s	287,000棟	272,000棟	610,000棟
ブロック塀等の転倒数			80,000件	
自動販売機の転倒数			15,000件	
屋外落下物発生建物			22,000棟	

(註) ガレキ:重量換算 9,800万トン 体積換算 8,500万立方メートル

図6-3 都心南部地震における建物被害の分布と被害量の想定

図6-3が建造物の被害想定全体で、地震の揺れによる被害に比べ、火災は気象条件、時間帯、季節によって、出火率も変わりますし、燃え広がり方も変わるため、被害想定するときには冬の夕方という時間帯を使いますが、その理由は一番火災が発生する時間帯と季節であるということです。風速は冬の季節風と

して北西の8m/秒です。

被害想定(2013)でも、その前提ですと火災による焼失は41万棟でした。しかし、もし阪神・淡路大震災と同じように、風がなくて、早朝、まだ未明の暗い朝5時に地震が発生していれば、4万9,000棟くらいの焼失棟数になるので、その格差は8倍くらいで、それは起きてみないとわからない、季節や時間帯、気候で決まってしまうということです。ですから、最大規模の被害を前提に対策を検討するために、最悪の被害想定を活用するのです。

この被害が最大規模になった都心南部直下地震、区部の都心南部に震源を設定した被害想定ですが、全域での被害総量41万棟の約半分が東京、残りの半分が神奈川、埼玉、千葉を中心とした周辺で発生するということになりました。

人的被害も、建物による被害が多いところほど直接死は増えます。最大で死者2万3,000人、負傷者12万3,000人です。倒壊した家やエレベーターに閉じ込められて、自分では脱出できないのが7万2,000人くらい発生するのではないかとということです。そして人的被害も、都心南部直下地震ですと約半分が東京で、残り半分が周辺県ということです。

### 7. 東京都の新被害想定(2022)にみる定量的被害想定とその課題

2022年5月に東京都が新しい被害想定を出しました。それでは、従来からの、何棟全壊し、焼失し、何人死亡するかという被害の規模を定量的に想定する「定量的被害」と、どのような被災状況が生じるのか、どのような被災様相が起きるのかを定性的にシナリオ化する、「定性的想定」とに取り組みました。

#### ①10年間で2/3に軽減した建物の全壊焼失棟数

この10年間で、東京で建物被害が3分の2に減りました。建物被害が大幅に減少した理由は、東京ではものすごいスピードで建物が建て替わっているということにほかならないのです。表7-1は2012年の被害想定の時と2022年の被害想定時の10年間に、東京都の建物はどれくらい建て替わったかを示す表です。減ったのは、木造では1981年以前の旧耐震の建物が10年間で約27万棟取り壊されて、2001年以降の新基

準で建てられました。非木造でも、古いビルが約2万棟取り壊されて、約4万棟が新しいビルに建て替わっている。この建物の建て替えによる耐震化の進展が、被害量を大きく減らした要因です。

建物倒壊に関する被害想定基礎データ(固定資産税台帳ベース)に見る  
**2010-20年の建物現況の変化**

	2010		2020		増減棟数	
	建物棟数	構成比	建物棟数	構成比		
木造	旧築年	234,211	11.70%	161,228	8.18%	-72,983
	中築年	731,373	36.50%	531,638	26.96%	-199,735
	新築年(1981-00)	1,039,998	51.90%	614,279	31.15%	+239,380
	新築年(2001以降)			664,899	33.71%	
	合計	2,005,582	100.0%	1,972,044	100.0%	-33,538
非木造	旧築年	59,566	7.30%	53,739	6.45%	-5,827
	中築年	139,278	17.10%	124,193	14.92%	-15,085
	新築年	614,937	75.60%	654,605	78.63%	+39,668
	合計	813,781	100.0%	832,538	100.0%	+18,757
	総計	2,819,363	-	2,804,582	-	-14,781

※ 固定資産税台帳の基準日はR4、H22/1/1データ  
 ※ 旧/中/新の各築年区分は次のとおり。  
 木造：～S37/S38～S55/S56～H12/H13以降  
 非木造：S45以前/S46～S55/S56以降

1981～2000年までに着工された木造建物の耐震性の補強・強化を検討すべきで、全て2000年基準を満たすと被害激減!

表7-1 2010-20年の建物現況の変化

しかし、減少したといっても東京全体で全壊が約8万棟強、焼失が約12万棟強で、合計で約21万棟が全壊焼失というのが想定された被害なのです。この東京の建物被害は、阪神・淡路大震災の全壊焼失11万2,000棟、東日本大震災の12万2,000棟の1.9～1.8倍なのです。

2025年度公表に向けて、内閣府でも新しい首都圏全体の被害想定を検討していますが、能登半島地震でちょっと中断していると聞いています。しかし、揺れ方は変わりませんので、全域での建物被害は40万棟くらいになると思います。それは、都心南部直下地震で想定していますから、東京の被害の2倍の規模になると思います。それが首都直下全体での被害想定規模だろうというイメージがあります。

## ②エレベーターの閉じ込め

マンション居住世帯が過半数を占めてきた東京では、エレベーターの停止による閉じ込めが問題になります。地震が発生したら全てのエレベーターが止まるとお考えください。エレベーターは安全のために止まるのです。古いエレベーターは、地震を感じたら階の途中で止まってしまうから閉じ込めが起きていますが、新しいエレベーターは地震を感じた瞬間、フロアのある場所まで移動して止まるのでドアが開き、閉じ込めのリスクは減ります。

それでも、古いエレベーターが閉じ込めを起こすので、出勤に向かう時間帯が一番多く閉じ込められるのではないかと想定されています(表7-2)。

**エレベーター等からの救出が必要となる閉じ込め者** (内閣府2013)

エレベーター閉じ込め者数	8時	12時	18時
事務所	4,700	17,300	9,700
住宅	2,100	100	1,400
合計(人)	6,800	17,400	11,100

	閉じ込め発生建物(棟)	閉じ込め発生エレベーター(台)
事務所	4,900	18,400
住宅	10,000	11,700
合計	14,900	30,100

揺れによる倒壊建物への閉じ込め者 5～12万人

表7-2 エレベーター等からの救出が必要となる閉じ込め者

## ③ライフラインの被害とその様相

それから、ライフラインの被害についてです。これも被害率はどんどん減ってきていますが、被害率の想定のみではなく、復旧までの時間がどのくらいかかるのかということが都民にとっては重大な問題になりますから、復旧率を定量的に想定してみました(表7-3)。参考に、阪神・淡路大震災と東日本大震災での復旧日数も提示しました(表7-4)。

**⑤ ライフラインの被害と復旧状況**

	単位	対象規模	被災直後	被災1日後	1週間後	1ヶ月後
上水道	千人	46,562	14,440	13,545	8,516	1,402
	%	(100)	(31)	(29)	(18)	(3)
下水道	千人	38,580	1,499	1,499	1,199	50
	%	(100)	(4)	(4)	(3)	(0)
電力供給	万kw	5,300	2,700	-	2,800	5,000
	%	(100)	(51)	-	(52)	(94)
固定電話	千回線	9,683	4,687	4,653	-	916
	%	(100)	(48)	(48)	-	(9)
携帯電話	%	(100)	(4)	(46)	-	(9)
	千戸	9,390	1,587	1,505	1,257	485
都市ガス	%	(100)	(17)	(16)	(13)	(5)

註 1)電力供給は、夏場のピーク需要に対する電力の供給量を示す  
 2)携帯電話は、「停波基地局率」をしめす

表7-3 ライフラインの被害と復旧状況

上水とガスは長期化し、下水でも通信でも1週間ではなかなか戻ることがないのですが、電気は人々の生活に必要な所には1週間くらいで復旧すると思いますが、全面的に電気を元に戻すには1カ月くらい要するというのが被害想定での一つの目安ではありません。

す。

既往震災のライフラインの復旧日数		
項目	阪神・淡路大震災	東日本大震災
電 気	<ul style="list-style-type: none"> <li>停電約260万戸</li> <li>倒壊家屋等を除き<b>発災6日後復旧完了</b></li> </ul>	【東北電力管内】 <ul style="list-style-type: none"> <li>停電約466万戸(3/11)</li> <li>発災後3日で約80%の停電を解消</li> <li>発災後8日で約94%の停電を解消</li> </ul>
固 定 電 話	<ul style="list-style-type: none"> <li>交換機系:約28万5千回線不通1日後復旧完了</li> <li>加入者系:約19万3千回線不通14日後に復旧完了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不通約100万回線(3/13)</li> <li>発災後約1週間で約80%の不通を解消(4/20約20万回線)</li> <li>発災後約2週間で約90%の不通を解消(4/26約10万回線)</li> </ul>
都 市 ガ ス	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給停止戸数約84万5千戸</li> <li>倒壊家屋等を除き<b>発災85日後に復旧完了</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給停止約46万戸</li> <li>発災後約1カ月で約80%の供給停止を解消(4/15約10万戸)</li> <li>発災後約2カ月で約90%の供給停止を解消(5/4約6万戸)</li> </ul>
上水道	<ul style="list-style-type: none"> <li>断水約127万戸</li> <li>発災42日後に復旧完了</li> <li><b>発災91日後に全戸通水完了</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>断水約160万戸(1週間後:3/17)</li> <li>断水約30万戸(3週間後81%:3/31)</li> <li><b>断水約10万戸(6週間後94%:4/20)</b></li> </ul>
下水道	<ul style="list-style-type: none"> <li>被災管きよ総延長約180km(兵庫県)</li> <li><b>発災42日後に復旧完了</b></li> <li>発災94日後に全戸通水完了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害管路延長約960km</li> <li>震災当初稼働停止処理施設48箇所のうち、津波等で約3カ月後も18箇所が停止(6/6現在)</li> </ul>

表7-4 ライフラインの復旧日数

それから、みなさんの不安をかき立てるのは、スマホが使えなくなる、情報が入ってこなくなる、友達とのLINEがつながらなくなるという情報の遮断ですが、LINEなどのパケット通信、文字情報の送受信はかなり使えるということです。

ただし、スマホの最大の課題は、使っているうちに電池が消耗してしまうけれど、充電ができなくなれば不安が増すということです。充電できないかもしれないことを考えて必要最小限の利用にして、決して間違った情報を拡散するようなことに電源を使わないでください。

また、火災で焼失した市街地は携帯電話もつながらなくなります。携帯電話は、一番近くのアンテナまで空中を飛んでいるだけで、そのアンテナからは通信線を使っています。火災が起きてしまうと通信線が全部燃えてしまいますから通信が途絶えてしまいます。これは、東日本大震災の津波の現場でも同じような状況になりました。

都市ガスは、場所によっては1カ月から2カ月くらいはガスが戻ってこないケースもあります。これは、危険物ですので完璧に漏れていないことを確認しないとガスは供給できませんから安全確認に時間がかかります。被災者の皆さんも自宅で回復するときにガス漏れしないか、協力して取り組まないと復旧が遅れます。

水道も同じで、水圧をかけて水を送りますから、漏れているとトラブルを引き起こします。そのため、漏れていないことを確認するまで水道を流せないの

で、復旧まで1カ月から場合によっては2カ月近くかかるかもしれません。

下水は、自然流下ですので常に流れています。ただ、液状化などによって凸凹になってしまうと、流れにくくなり、場合によって、マンホールの浮き上がりによって逆流するなどして地表に汚水があふれることがあります。

#### ④道路や交通の被害とその様相

交通ですが、液状化が発生したところでは車道がガタガタになって車が通れなくなります。それに直後は、泥水で普通の車ではなかなかスイスイとは走れないですし、水が引いて乾くともものすごい砂ぼこりになりますので、衛生的に非常に厳しい環境となります。

道路で一番課題になるのは橋梁です。道路の大きな被害とは橋梁の落下によるものと考えていいです。橋が落下することによって、多くの道路が使えなくなる可能性があります。これは、直すまでに少し時間がかかります。また、橋が落下しなくても橋の手前で道路が沈下して段差や隙間が生じる場合もありますが、深くなければ土のうを積みば何とか車が通行できる可能性もあります。

また、表通り以外は、倒壊した建物や火災による焼失物で街路が閉塞されて、人は歩けても車は通れないという状況が、木造密集市街地と言われる東京周辺区部ではいたるところで発生します。緊急車両の通行を確保するために、主要な道路にあるがれきを除去する道路啓開は迅速に取り組む必要がありますが、すべての道路啓開には多くの日数がかかるため、裏路地は当分は徒歩でも使えないと考えるべきでしょう。

#### ⑤帰宅困難者の想定とその対応の基本

災害時には、限られた表道路を使って家に帰ろうとする帰宅困難者を含む帰宅者がたくさんいると思いますが、東京では「発災から3日間は帰ろうとしないで都心にとどまってください」としています。この3日間は、木造密集市街地で火災が発生して、消火活動や倒壊建物での救出救助の時間帯です。その木造密集市街地が東京の都心をぐるりと取り囲んで

いますから、郊外に歩いて帰るということは、木造密集市街地の火災現場を通り抜けて郊外へ出るということです。その幹線道路というのは、帰宅のための道路ではなくて、東京消防庁や応援で首都圏外から応援に来ている緊急消防隊の消防車がずらりと並んで、救出・救助活動、消防活動をする活動空間なのです。まず火を消す、救出・救助することを最優先にするので、都心部にいる人は安全な都心のビル街にとどまってください。郊外にいる人は、「状況によっては通れる道路を探して帰ってもいいです」と帰宅困難者条例で規定しています。

実は、帰宅困難者の概念とその定義を1983年ころにしたのは私です。帰宅困難者問題の元祖なのです。当時東京都は、区部と多摩地域とを別々に被害想定していましたが、1983年には多摩地域の被害想定をしていました。そのときに、当時の東京都の総務局長の「東京らしい被害想定をしてほしい」という要請に応じて、区部だったら中枢機能問題ですが、「多摩地域で東京らしい被害想定とは何だろう」と考えたときに、私が思ったのが、「お父さん、お母さんがその日に帰ってこないかもしれない」ということでした。電車が全部止まり、立川まで歩いて帰ろうとすると、相当な距離です。そのため、多摩地域に住んで都心で仕事をしている人は、平日のお昼や午後などに地震が起きた場合、「その日はお父さんもお母さんもお兄さんも帰ってこないかもしれない、ということを前提に、自助、共助で一晩頑張ってください」というメッセージを被害想定として出そうと「帰宅困難者」の概念を提起し、それを定義して推計したのが最初でした。

では、帰宅困難者は発災時にどこにいるのかと言うと、ほとんどが区部、特に都心6区、8区にいます。そうすると多摩地区には「男手がないし、頼りになる人がいない。最初の不安な震災の日の夜を高齢者と子供とお母さん方みんなで助け合って過ごしてください。そういう助け合う体制を地域でとってください」という思いが、帰宅困難者の最初の提案でした。ですから、最初は帰宅したくても帰宅できない居住者「帰宅困難居住者」が多摩の各市町にどれくらい発生するのか、を推計したのです。同時に、都心区にはその人たちが“帰宅困難滞留者”として溢れ

るであろう。でも、私は、それらの人々は最も元気な若年層の人達ですから、公的支援をしなくても生き延びる体力があると考えていました。

ところが、その次に東京都が取り組んだ被害想定は区部の被害想定でしたが、そのときに都が注目したのは、「多くの人が都心にあふれたら大混乱になるのではないか、どうしよう」という帰宅困難滞留者の混乱を問題にしたのです。

しかし、私としては、お父さん、お母さんが帰ってこない、都心南部、都心の周辺で火災が発生すれば、火災現場を横切っては帰ってこられない、一斉帰宅をしてはいけなくなると、「我が家の備えをしっかりと、お父さんが帰ってこなくても、お年寄りや子どもだけで頑張って生き延びていけるように、家を守り、災害対応ができるような自助の取り組みを実践しなくてはいけない」と、改めて「帰宅困難者ほど我が家の自助に取り組まなければならないのだ」と、都も強く訴えていくことが必要ですし、考えていくべき状況にあると思っています。

都心に人があふれることが問題と言っていますが、本当はそこだけが問題ではないのです。実は、一番元気な人があふれているのです。みなさん、家族の安否確認をしたら安全が確認できると思い込んでいますが、もし「否」を確認したらどうしますか。

「本棚が倒れてお母さんが大けがをしてしまった。119番通報しても救急車は来てくれない。どうしよう、お父さん」。そうすると、お父さんは、いくら一斉帰宅をするなど言っても帰ろうとするでしょう。

そうならないためには、あなたの家の防災対策をしっかりとする必要があります。9月1日に会社は社員に対して防災給付金を出して、「自宅用の家具をしっかり固定しておきなさい」ということをしておけば、慌てて帰らなくてもよくなりますので、帰宅困難者が混乱しなくなります。

帰宅困難は宿命です。しかし、それを問題にしないような対策こそ、これから取り組まなければいけない課題だということを、ぜひ自分事として考えていただきたいと思っています。

画像7-1は、東日本大震災の当日の夜の警視庁の写真ですが、不思議な写真です。自動車にピントが合っていて、歩いている人のピントがぼけています。

## 東日本大震災時の帰宅困難者

東日本大震災では都内で約352万人、首都圏で約515万人の帰宅困難者が発生（東京都の帰宅困難者対策の基本的考え方(平成24年1月13日)より。推計値）

<帰宅困難者> 3月11日の国道15号品川駅付近（警視庁撮影）



画像7-1 東日本大震災時の帰宅困難者

つまり、車は止まっていて、人は動いているからピンぼけしているのです。しかし、このときは東京では、木造密集市街地で延焼拡大するような火災は発生しませんでした。また千葉県や茨城県方面以外では被害もほとんどなく、従って、皆さん落ち着いて徒歩帰宅しました。それはこの日が金曜日で、翌日から土・日で会社が休みだから、みんな帰ろうとしたのです。地震が発生したのが木曜日であれば、東京はそれほど被害がないし翌日も会社だから徒歩帰宅しなかった人も多数いたのではないかなと思います。

職住分離の通勤都市である大都市では、帰宅困難は必ず発生します。ですから、帰宅困難を問題化しないような対策こそ、本来、我々がやるべき帰宅困難対策です。帰宅困難になっても無理して帰宅しなくてよいような対策を、ぜひ皆さん、自分事として考え、取り組んでいただければと思います。

### ⑥情報障害・デマの流布と情報対策の基本方向

情報も、SNS、X、LINEなどいろいろとありますが、今、一番心配なのはフェイクニュースです。どれくらいフェイクニュースが出るのかは想像もつきません。それもAIで見分けのつかないものが作り出されていくと思うのです。

そういう意味では、クラシカルですけれども、災害伝言ダイヤルやWEB171など、確認したい人との間

で確実に安否確認ができるようなものを1つや2つ、しっかり家族で共有しておくことが大事です。基本的に災害伝言ダイヤル171は、携帯電話で入ることはできますが、伝言を聞くだけになってしまいます。基本的な操作は固定電話ですので、誰かの電話番号を使わせてもらわなくてははいけません。

### ⑦災害関連死の被害想定とその試み

私は、東京は急速に高齢社会に向かっていますから災害関連死を定量的に被害想定しておこうと提案していたのですが、今回は見送りとなりました。災害関連死のほとんど、ほぼ90%以上が高齢者です。熊本地震では直接死に比べて災害関連死は4.5倍でしたし、新潟県中越地震では3.5倍です。都心南部地震(2013)の首都圏での想定では、直接死が2万3,000人でしたから、その4.5倍となると10万人を超える関連死の発生ということになります。中越地震のケースでも8万人を超えるのです。特に熊本地震では避難所で発病しても最終的に自宅で亡くなった方が多くいたのですから、避難所対策の充実だけではなく、地域ぐるみで隣近所の在宅避難者を見回らないと、多くの在宅避難生活をされている高齢者や障害者が関連死として亡くなってしまう可能性があるのです。

具合が悪くても、自分で出かけられなくて治療を受けられない方は自宅で孤独死します。遺族が災害弔慰金の申請をすると認められれば「災害関連死」になるのですが、遺族がおられないと「孤独死」のまま葬られてしまうのです。災害時は何よりも避難所のみならず在宅の避難生活者にも地域ぐるみで、隣近所の目配り、気配り、心配りと共助の支援が大事だと考えています。関連死がどれくらい発生したかというのが、あなたの街でどれぐらいのコミュニティーがあったのか、地域の共助ができたのかという証にもなるのだと思っています。

### 8. 東京都の新被害想定(2022)における定性的被害とその様相

そういう物的な定量的被害だけではなく、首都直下の後、首都圏でどのようなことが起きるのかということをしつかりシナリオ化して対策を考えていくことが重要であるということになり、定性的被害想

定を充実させようということになりました。（スライド8-1、表8-1）例えば、定量的被害想定できなかつた関連死もどのような状況の中で発生するのか、長周期地震動で東京の超高層タワーマンションは定量的な被害なしで終わってしまうのですが、どのような事態が発生するのだろうか、といったことを40項目ほど定性的に想定したのです。ライフラインやエレベーターが止まってしまうから、都民としてどのような生活になるのかを見える化しておくことで、自分事としてどうするか考えてもらおうと、被害想定をつくる立場として考えたのです。なぜなら、起きる可能性がある事態を放置しないで、言うておかなければいけません。交通ターミナルはどんなことになるのか、長周期地震動で何が起きるのか、燃料はどうなってしまうのかなど、様々な被害想定を文章でシナリオ化し、読んでもらうことで「見える化」しました。

例えば、直下地震でどのような事態が発生し推移するのかを、スライド8-2に、書き出してみました。

### 直下地震の被害様相をイメージする

- ①短い強い揺れ……阪神大震災では「十数秒」
- ②建物の倒壊・家具の転倒・家財の散乱
- ③屋外に待避、余震多く屋外に滞留。安否確認！
- ④下敷きで死傷者・閉じ込め(脱出困難)者の発生
- ⑤負傷者等のトリアージ(救護所へ搬送)
- ⑥「出火」……同時多発、以降も断続的に出火
- ⑦救出救助よりも、先に「初期消火」を！
- ⑧初期消火に失敗した火災が「延焼拡大」していく
- ⑨広域避難……避難場所に助け合って避難
- ⑩「焼死者」の発生
- ⑪火災鎮火まで、避難場所に留まる避難者
- ⑫徒歩帰宅者も、火災鎮火まで地域に留まる、あるいは、広域避難する
- ⑬自宅か会社に戻って、被害程度を確認。
- ⑭ライフラインの被害状況……いつ復旧するか
- ⑮会社で被災状況の把握、業務継続の判断
- ⑯BCP要員を残して、徒歩帰宅
- ⑰企業BCP:移動か、現地で継続か
- ⑱出勤困難で、1泊2日、2泊3日の勤務態勢
- ⑲行政BCP:応急対応から復旧・復興へ

### 4. 被害想定「見える化」が必要

- ・「被害想定見える化」とは「自分事としての認識化」と「映像としての視覚化」の両方ある。
- ・東京都の新しい被害想定でおこなった「シナリオ想定」が前者で、今後技術的にも期待できる「防災分野DX」は後者。
- ・「見える化の必要性」とは、自助・共助・公助も、都民、企業、基礎自治体(市区町村)それぞれに「自分で頑張る“自助”」「仲間に助けてもらう“共助”」「行政に助けてもらう“公助”」があるが、個々の被害軽減と、災害直後の市区町村には、都や国の支援が来るまで「自助=BCP」で頑張らねばならない。
- ・しかし、被害想定で被害が減って、市区町村が“やる気をなくす・安全になったと気が緩む”ことがもっとも危惧される。
- ・被害が大きく減ったかのような今回の「新しい東京都の被害想定は、都民にとって、地域での防災を進めるうえで、どんなものなのか。どう「見える化」すれば、地域の防災対策に繋がられるか」などの議論したい。……8月31日午後 zoomシンポジウム中

スライド8-2 直下地震の被害様相イメージ

短い揺れが一瞬できて建物が倒れます。家屋などの下敷きで死傷者が出ますし、エレベーターの閉じ込めが起きるかもしれません。負傷者を救護車で搬送しなければいけないような事態も出るかもしれません。同時に、ところどころから火災が発生して、断続的に燃え広がっていきます。救出・救助と初期消火をして、何としてでも命を守るために皆さんで分担してやらなければいけません。しかし、初期消火に失敗して火災が燃え広がれば、もう素人には消せませんので、プロに任せて、避難場所へ避難する必要があります。東京都では、火災から命を守るために広域の避難場所として221カ所（2022年7月現在）を指定しているのです。

スライド8-1 被害想定シナリオ化

### 東京都被害想定(2022)の想定項目 (\*は定性的評価)

想定項目	想定内容	
地盤被害	液状化/急傾斜地崩壊	
建物被害	揺れ	全壊・半壊(地震動/液状化/急傾斜地崩壊)
	火災	出火(全数・炎上)/焼失
	津波	津波高・浸水区域・浸水深/全壊・半壊
人的被害	死者・負傷者・重傷者(揺れ/急傾斜地/火災/津波/家具転倒/ブロック塀/落下物)	
交通	橋梁/細街路閉塞/緊急輸送道路の交通支障・渋滞区間	
施設	鉄道・港湾・空港	橋梁・高架橋/橋脚/港湾施設/空港施設*
ライフライン	被害(電気/通信/ガス/上水道/下水道)・復旧*	
生活への影響	避難者(避難所・避難所外)/滞留者・主要ターミナル駅滞留者・/帰宅困難者/エレベーター被害・閉じ込め者/災害時要援配慮者(死者)/自力脱出困難者/震災廃棄物/緊急物資震災関連死*/交通施設・交通ターミナル*/長周期地震動*/燃料*/移動・物流支障*/治安*/医療施設*	
地域別等のシナリオ*	繁華街・地下街/ターミナル駅/超高層ビル街/タワーマンション/木密地域/江東デルタ/堤防等の沈下/山間部/孤立集落/地域コミュニティ/行政機能/経済被害(直接被害・影響)	
複合災害のシナリオ*	浸水被害(高潮・河川氾濫)/火山噴火/感染症	

表8-1 定性的想定項目

一方、ビル化が進んだ千代田区は、横に燃え広がる火災は発生しないのでそこにとどまっていたのが一番安全です。昔は、北の丸公園や日比谷公園も避難場所に指定していましたが、今は避難場所ではなく、都心で行く当てのない帰宅困難者が身を寄せる滞留場所になっています。

木造密集市街地では、火災が収まるまで避難場所にとどまる、あるいは都心にとどまるということ

すし、その間、会社に戻って会社で事業継続計画（BCP）を頑張るというのも、一つのサラリーマン、ビジネスマンの対応かもしれません。会社を守る、日本経済を守るということにもつながっていきます。

このような身の回りで起こる事態を、たとえば、ライフラインやインフラの復旧、飲食・物資・物流・トイレ・衛生といった生活全般、救出・救助などの対策、避難所の状況などをシナリオにしています。ぜひ、東京都のホームページで被害想定を一度みてください。皆さんの、自分の身の回りで起きそうなことを確認しておいていただければと思います。

9. 終わりにー地震対策の基本は自宅の耐震化ですー

1981年以前に建てられた建物は、最低でも1981年以降の新耐震基準に合わせるように補強する必要があります。木造住宅については、2000年に耐震基準が強化されたので、この2000年基準に則って2000年以降に建築された住宅は、ほとんど全壊するものではありません。よほど地盤が悪い場合は別ですが、全壊の被害は1万棟を下回るくらいに減ると思います。1981年以降の新耐震時代でも、80年代、90年代に建てられた木造住宅は、耐震診断をしてみてください。耐震補強が必要な住宅も少なくないといわれています。

東京都では、2023年からこの1981年以降で2000年以前の木造住宅についても、耐震不足の木造住宅に対する補助制度を設けましたので、ホームページを見てください。

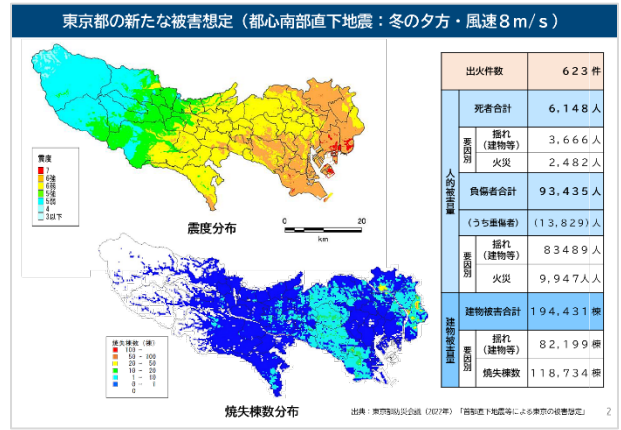
一人一人が耐震化や不燃化などに取り組むことによつてのみ、被害が減ります。被害を減らすのは、知事でも総理大臣でも、国の省庁でもありません。私たちが、我が家をどうするかという自助の取り組みを実行して初めて、公助として都が応援する、区が応援する、国も応援するということです。この被害想定を減らすのは、私たち国民一人一人だということを肝に銘じてください。どこに住んでも日本では地震は来ますし、台風も来ますので、一人一人が我が家、我が家族を守っていければと思っています。

◆話題提供「大規模地震に備え、私たちは何をすべきか」

東京消防庁防災部長 古賀 崇司氏

先ほど、中林先生が最後に、「皆さんに対策してもらわなければいけない」ということをお話ししていただきましたが、私はその点を中心にお話しさせていただきます。

私たち消防機関は、消防団と一緒に普段は消防活動をしています。私たちだけしか火災の対応はできないです。これは、震災のときもそうです。



図① 東京都の新たな被害想定（都心南部直下地震：冬の夕方・風速8m/s）

東京都の被害想定はちょうど2年前に東京都が出していますが、あくまでも東京都内だけの被害です（図①）。出火件数が623件となっていますが、これは初期消火ができなかった火災の件数になります。その中で、焼失棟数は11万8,734棟で、12万棟くらいの建物が火災で失われます。消防機関の一員である私からしてみると、こんなに燃やしてたまものかと普段から思っていますが、恐らく実際に火災が発生して、地震で道路の状況も悪くなり、街は車が動けなくなります。まさしく東日本大震災のときはそうでした。もし万が一、これだけ火災が発生してしまうと、消防の力を想定に入れても、12万棟が火災で焼失しています。

私たちが日々訓練をしながら、新しい資機材を入れるなどしたことにより何とかこれよりも絶対に件数を抑えられるのではないかと考えていますが、しかし、何としても減らすためには皆さんの力が必要

だということになります。

また、この中の負傷者を見ていただくと、9万3,435人、約10万人がけがをして、そのうちの1万4,000人が重傷になります。

私たちは、いつも救急搬送をしており重傷者だけではなくて軽傷者や中等症も多く運んでいます。1日最大で3,400件くらいしか運んだことがありません。普段の救急隊に、予備の車もあるので、そこに人員を配置して対応しても、実を言うとそのくらいしか搬送できていません。丸1日の数字ではないので、もう少し運べるのかもしれませんが、東日本大震災のときも道路が車と歩行者であふれている中で、119番が相当入ってきました。取り切れないものもありますけれども、取ったものは救急隊がいなくて出せないの、今、どこで、どういう人が待っているのかというメモを残していましたが、その紙がどんどん山積みになっていきました。

私はちょうど東京都千代田区大手町の本部庁舎で、どういう災害対応の部隊運用をするのかということをしている部署にいましたので、119番を受けるところに行くとき対応できていない紙が山積みになっていました。

それで、実際に救急隊が現場に駆けつけます。順々に回っていますから、1時間くらいたってから到着すると、通報された方がいらっしやらないのです。それから、私たちが119番にかけてくれた方に、1回折り返しの電話をして、「これから行きます。お待ちいただいていたね。すみません」と言うと、ほとんどの方が、「いや、もう結構です。大丈夫です」と言われるのが実情です。

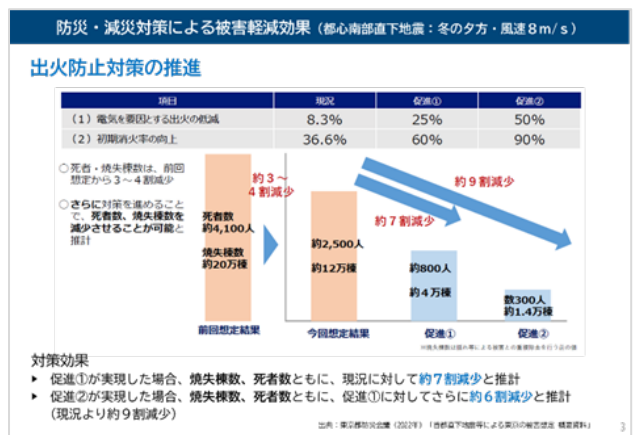
あまり件数などを取っていないので具体的には言えませんが、そういう状況下で、1日に何千件しか対応できないのに、ひとたび地震が発生すると重傷者が1万4,000人もいるので全て対応できないということが容易に想像できるのではないかと思います。

自分もこの被害想定は、前回の想定よりもかなり数は減っているので何とか対処したいのですが、消防機関としてはなかなか対処し切れないというのが実情であることをご理解いただきたいです。私が皆さんにお話しする機会があると、「期待してもらってもなかなか行けないです。来たらラッキーという

くらいだと思います」と言わざるを得ません。その理由は、ふだんの消防署のマンパワーが平時の基準で配置されているからです。

現状でも救急は結構厳しい状況がありますが、普段、救急車が行けないときは消防車を行かせて処置しようということもしていますので、全然来ないということはないと思いますが、震災のときは「来てくれたらラッキー」というくらいの感覚になってしまうというのを認識いただきたいと思います。

次に、「出火防止対策の推進」について、「電気を要因とする出火の低減」については、感震ブレーカーの設置状況ということになります(図②)。



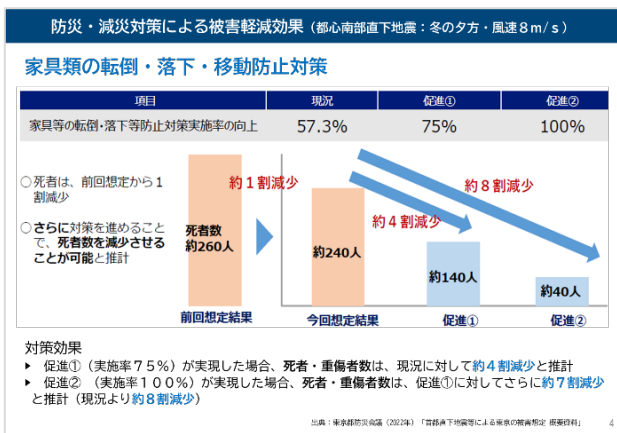
図② 防災・減災対策による被害軽減効果 (出火防止対策の推進)

現在、8%くらいです。これを25%にしましょう。今は大体3割から4割ぐらいが初期消火してもらえるとして、それが6割になったら、被害は12万棟から4万棟になりますし、火災による死者が2,500人だったのが800人になります。もっと進めばもっと少なくなります。

私が、一つ地域の皆さんにお願いしたいと思っているのは、初期消火ができるように、ふだんから消火器の使い方だけでなく自宅にも消火器を用意してもらいたいと思っています。消火器を使うと、水をかけたりするよりも手軽ですし、消火能力も高いので、ぜひ皆さんに消火器もご用意いただいて、使えるようにしていただきたいです。

次に2つ目のお願いですが、「家具類の転倒・落下・移動防止対策」についてですが、これは、家具の固定です(図③)。重いものが上にあると、それ

も落ちてきてけがにつながってしまいます。家具類の転倒・落下・移動防止対策実施率は22年の公表資料で57.3%となっていますが2年たった今でもあまり変わっていません。私たちの広報の力が足りないのではないかと思っていますが、それが75%になると、240人の死者が140人に減ることになり、けが人は重傷者が1,400人から800人くらいに減少します。つまり、大体同じ割合で減っていくのです。だからこそ、家の中を安全にして、万が一、出火した時に火を消してもらおうというのが地域の皆さんに一番お願いしたいことです。



図③ 防災・減災対策による被害軽減効果（家具類の転倒・落下・移動防止対策）

実際にご自宅が安全でなくて、もしけがをしようとして共助と言っていながら助けられる側になってしまいます。そう考えると、自宅と会社の安全化をしていただく必要があります。地震があったときにけがをしない。その後、自分たちで何かできるという体制をとってもらおうということです。

ほかにもいろいろありますけれども、まずはこの2つを皆さんに覚えていただいて、自宅での対策につなげていただければと思っています。私たち東京消防庁の立場では「行けません」と言うのは苦しいですが、恐らくそうなります。

私も、自宅で家具類の転倒・落下・移動防止対策などを行っていますが、台所の食器棚の中から物が落ちてきてしまいます。最近の新しい家具は扉がしっかり閉まります。揺れがあっても開かないというものもありますが、少し私の家のものは古くて、結婚当時に買ったものなので、もう二十何年前のものがありまして、手でロックがかけられるものを購入

して自分でつけて閉めます。しかし、家に帰ると開いているのです。

妻に「これ、面倒くさい」と言われますが、「これは私の愛情だよ」と言って閉めるのですが、また開いているという状況で、なかなか私の家でも対策はできていません。しかし、少しでも皆さんと一緒に被害を減らすことで、地域の安全につながればと思っていますので、先ほどの初期消火をやっていこうということと、家具類の転倒・落下・移動防止対策をぜひやっていただきたいことを私からお願いしたいと思います。

動画「10の備えと10のポイント（地震その時10のポイント?）」を流します。2023年に、関東大震災から100年でしたので、それを踏まえて作りました。【動画】「地震その時10のポイント【詳細編】」  
<https://www.youtube.com/watch?v=sEnTiuEuko>

「地震に対する10の備えと地震その時10のポイント」をみてチェックしてほしいと思いますが、全部で20個あるので、最低限、先ほどの2つを心にとどめておいてもらいたいと思います（図④）。

**地震に対する10の備え**

- 身の安全の備え
  - 家具類の転倒・落下・移動防止対策をしておこう
  - けがの防止対策をしておこう
  - 家屋や壁の強度を確認しておこう
- 初動対応の備え
  - 消火の備えをしておこう
  - 火災発生時の早期発見と防止対策をしておこう
  - 非常用品を備えておこう
- 確かな行動の備え
  - 家族で話し合っておこう
  - 地域の危険性を把握しておこう
  - 防災知識を身につけておこう
  - 防災行動力を高めおこう

**地震時10のポイント**

地震だ！ まず身の安全

- 揺れを感じたら、緊急避難場所を離れた際は、身の安全を最優先に行動する
- 文字やテーブルの下、物や落ちてこない「隠れてください」の場所を確保し、空間に身を寄せ、揺れが収まるまで身をを守る
- 「隠れてください」空間に身を寄せ、揺れが収まるまで身をを守る
- 避難時には、揺れが収まるまで待機する
- 大きく揺れ続いたら、緊急避難場所・落下する危険に注意し、安全な場所を確保する

**地震直後の行動**

- 落ち着いて火の元確認 初期消火
  - 火を消している間は揺れが収まるまで待機する
  - 揺れが収まらないうちに、揺れが収まるまで待機する
  - 揺れが収まらないうちに、揺れが収まるまで待機する
- あわてた行動 けがのもと
  - 室内で転倒・落下した家具類は、揺れが収まるまで待機する
  - 揺れが収まらないうちに、揺れが収まるまで待機する
- 扉や壁を開け 出口を確保
  - 揺れが収まった後に、確認ができるよう出口を確保する
- 門や扉には 近づかない
  - 揺れが収まった後に、プロックや扉などには近づかない

**地震後の行動**

- 確かめ合おう わが家の安全 隣の安全
  - 10の備えを再確認し、地震発生時の被害軽減のために確認し合う
- 協力し合っ て 火の元確認 初期消火
  - 火元確認は、揺れが収まるまで待機する
  - 火元確認は、揺れが収まるまで待機する
- 正しい情報 確かな行動
  - 地震発生後、自治体などから提供される正しい情報を受け取る
  - 地震発生後、自治体などから提供される正しい情報を受け取る
- 避難の前に 安全確認 備え・入力
  - 避難前に、避難場所へのルートを確認し、避難場所へのルートを確認する
  - 避難前に、避難場所へのルートを確認し、避難場所へのルートを確認する
- 火災や津波 被害を軽減
  - 火災や津波発生時の被害を軽減するための備えを確認する
  - 火災や津波発生時の被害を軽減するための備えを確認する

図④ 地震に対する10の備えと地震その時10のポイント

自治体によっては、建物の耐震診断や耐震補強に助成を出しているところもありますし、消火器や家具類の転倒・落下・移動防止対策に補助を出しているところもあります。逆に、自治体の皆さんも、地元の消防署に「こういうことをやっています」と言っただけであれば、私たちが防災訓練のときにお手伝いができますので、私たちの力も使っていただき、皆さんと一緒に地域を守っていきたくと思っていますし、連携してやっていきたいと考えています。

地元の企業の皆さんもお昼に震災があると、自宅にお父さんやお母さんがいらっしやらない、子どもたちも学校に行っている、うちにはほとんど誰もいない、おじいちゃんとおばあちゃんしか残っていないという状況になる可能性が十分あります。以前はお母さんが結構自宅にいることも多かったのですが、私たちがお母さん方にすごく積極的に関わって、女性の力を借りて防火をやっつけようとしていたのですが、今、皆さん一緒に働きに出るという世帯が非常に増えて、地域で昼間に活動できる人が非常に少なくなっていると感じています。

地元の地域の皆さんを助けるために企業の皆さんとも連携していきたくと思います。取り組みについて消防署に御相談していただき、ぜひ一緒にやっていきたくと思います。

いろいろな取り組みを通して、何としても皆さんに伝えていきたくと日頃から思っていますので、まずは興味を持っていただき、来場して下さっている皆様と一緒に地域の安全を実施していこうと考えていますので、今後ともよろしくお願ひします。どうもありがとうございました。

【司会】休憩中に東京消防庁から提供していただきました「地震による電気火災」の動画を御覧いただきたいと思ひます。

【動画】「地震による電気火災」

<https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=%E5%9C%B0%E9%9C%87%E3%81%AB%E3%82%88%E3%82%8B%E9%9B%BB%E6%B0%97%E7%81%AB%E7%81%BD%e3%80%80%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E6%B6%88%E9%98%B2%E5%BA%81&mid=787A>

◆鼎談「首都直下地震が発生したとき、あなたはど  
う行動するか」

中林 一樹氏、古賀 崇司氏

中村 哲己氏（コーディネーター）

【中村】大規模地震は必ず起こる。そして、巨大災害になると専門家の方々が何度も言っただけじゃありません。先ほど放映しました内閣府の動画でも想定される事象が散りばめられていました。どれも恐ろしい事象です。ひとたびこの地震が発生すると私たちの日常が一変する事態となります。

今日のてい談では、首都圏で大規模な地震が発生したらどうなるのか、どう行動するのか、そのために私たちはどう備えるべきなのかについて議論をしたいと思っています。災害について、自分事として真剣に考えてみようといった視点で話を進めていきたくと考えています。

【司会】では、まず初めに地震に関する前提条件を説明いたします。

震源を東京の都心の南部に設定しました。M7.3の都心南部直下地震。発生の際や気象状況は、冬の夕方、風速8mとします。風速8mの風というのは、風としてはかなり強く、傘を差していると風に押されることがありますし、壊れてしまう可能性もあります。落ち葉やごみが巻き上がったたりもします。

2022年5月に公表された東京都の新たな被害想定によりますと、震度6以上の範囲が区部の6割、被害は東京だけで、揺れや火災で全壊・全焼する建物が19万4,431棟、死者は6,148人にも上るとされています。

◇地震発生直前

地震発生直前。この段階では、直後に地震が起こるとは誰も思っただけじゃありません。毎日の生活がそこにあります。会社帰りで電車に乗っている人もいれば、夕食を作っている人もいるでしょう。会社の帰りに飲みに行こうと思っただけじゃありません。そういうごく普通の日常です。

しかし、地震は前触れもなく突然やってきます。地震発生。冬のある日、午後6時、風がかなり強

く吹く中、都心南部直下でM7.3の地震が発生します。想像を絶する激しい揺れが起こります。場所によっては、震度7になるところもあります。私たちは立ってられない状態になります。

擁壁の崩壊、地盤沈下、地割れ、液状化などが起こります。道路を歩いているとガラスが降ってくるかもしれませんし、ビルが横倒しになるかもしれません。

脱線する電車があります。また、市街地の道路では、地割れや液状化で上下水道も寸断されます。さらに、電柱も傾いたり、沈み込んだりして、電気や通信網も途絶します。私たちの生活に欠かせないインフラが損壊し、社会全体が機能不全に陥ります。

さて、皆さんに問題です。

第1問。

地震には縦揺れと横揺れがありますが、縦揺れのほうが被害は少ない。マルかバツか、10秒以内でお答えください。

会場はバツのほうが多いようです。ウェブで参加されている皆さんの回答状況いかがでしょうか。

【スタッフ】ウェブはマルが32、バツが75で、バツの方が多いです。

【中村】バツが多いという回答ですけども、中林さん、答えはどちらでしょうか。

【中林】答えは、マルです。縦揺れのほうが被害は少ないです。

地震で地面が動く現象を地震動と言うのですが、それは波です。波はいろいろな種類の波があるのですが、大きく分けると伝搬速度の速いP波と、ちょっと遅いS波の2つですが、前者が縦揺れ、後者が横揺れと言われているものです。

縦揺れというのは周期が短い揺れです。最初、ガタガタガタと来て、そのあとにユッサユッサと大きい揺れになるでしょう。あの最初にガタガタガタと来るのが縦揺れです。その後、ユッサユッサと来るのが横揺れです。

実はもう一つ地震の波があつて、もう少し後か

らもつとゆっくりユッサユッサと来るのが長周期地震動という大きな横揺れです。

波形の幅を波長というのですが、揺れる速度を周期といい、波の強さとは波長と速度の積のような概念です。早く大きく揺れる波が強い波といえます。そもそも縦揺れというのは波長があまり大きくないので強い波ではなく、影響を与えないです。

それよりも、家や建物さらに土木構造物等すべてのものには、固有の周期があるのです。木琴は木の長さで音階を作るのですが、その音階とはその木片の固有周期によって決まるのです。短い、小さいものが高い音、長いものが低い音。あれは、木琴の長さの固有周期で音を出しているため、大きい、長大なものほど低い音、つまり、ゆっくりした大きい波なのです。小さいものほどキンキンという高い音、あるいは短い周期のピッピッという音なのです。

そして、地震で家が壊れるとか、建物が壊れるというのは、地震波の周期と建物や構造物の固有周期が同じになったときに同調し、その構造物や建物が大きく揺れてしまうので、壊れるのです。

また地震の波は、中期の短い波よりも周期の長い波のほうが遠くまで伝わるのです。これは、陸上競技で例えると、100mランナーや400m、800m、3,000m、1万mそしてマラソンランナーまで多彩ですが、短距離ランナーが周期の短い縦揺れのP波です。その次のユッサユッサというS波が多様な中距離ランナーで、ダッシュは弱いけれど、結構速く走る。さらにゆっくりなんだけど、遠くまで走るマラソンランナーが、長周期地震動です。

地震の揺れは、100mランナーも、中距離ランナーも、マラソンランナーも用意ドンで一斉に走り出す、つまり縦横同時に揺れははじめます。そうすると、100mランナーがビューッと最初に行つてへばりますが、その後から中距離ランナーが次々と追い抜いていき、最後にマラソンランナーが短距離も中距離も追い抜いて、最も遠くまで走っていくのです。その走路の途中に家が建っていて、自分の家の固有周期と同じ周期の地震の波が通るときに同調して激しく揺れて、破壊されるのです。

つまり、木造住宅は0.8から2秒くらいの揺れをそもそも持っているのです。だから、1.5秒くらいの揺れが来ると、あっ、俺の揺れだというので一緒に同調して揺れてしまうのです。それで壊れるのです。それを「共振」というのですが、地震に同調して最大限動いて壊れてしまう。超高層ビルや長大なつり橋などは固有周期が10秒以上の長周期なので、東日本大震災のときに新宿の超高層が揺れたのは5秒、10秒、さらにもっと長い、ユーツサユサというゆっくりした揺れです。だから東日本大震災の震源で、大阪の府庁舎の超高層が揺れるくらい遠くまで長周期地震動だけが伝わっていくのです。

ただ、先のクイズで何でバツが多かったかと言うと、直下地震というのは震源が近いので、100mランナーも、中距離ランナーも、マラソンランナーも、あまり差がつかないで一斉に来てしまう。だから、上下左右に3次元に揺れるのですが、問題は、その中の様々な周期の強い揺れに同調した、固有周期の建物が壊れるのであって、揺れの方向ではないのです。

東日本大震災のときに、皆さん、P波のガタガタを感じなかったでしょう。東京にいた人は、何かわからないうちに横に揺れ出して、おかしいなと感じたのではないのでしょうか。ガタガタのP波が来ないで、ユサユサ横揺れのS波が来たのです。さらに長周期地震動が来たから、東京・新宿の超高層群が外から見ても分かるくらい大きく揺れていました。

首都直下地震では3種類の揺れが一度に来るので、さまざまな建物が上下左右に動きます。だから、何となく縦揺れでひどかったから揺れたのだと思っているのですけれども、実は横揺れで建物というのは壊れていくのです。しかも、0.8から2秒くらいまでの短周期の揺れがたくさんあると、バタバタと木造建物が壊れていくのです。

#### ◇地震発生から5分

**【司会】**地震発生から5分。地震によって起こり得る災害の状況がイメージできたでしょうか。

では、そのとき、皆さんはどこにいらしたのでしょ

うか。いる場所によって、皆さんの行動は大きく変わります。地震発生時の皆さんの周りの状況を想像してみましょう。

今、自分の周りでは、家具の転倒、ガラスの飛散、エレベーターの停止、建物の損壊・半壊、擁壁の崩壊などが発生しているかもしれません。また、これらによってけがをしてしまった人、大型家具の下敷きになっている人、建物内に閉じ込められて脱出できなくなっている人がいるかもしれません。さらに、人々は恐ろしさと不安でパニックや混乱を引き起こします。

さて、皆さんに問題です。

第2問。

建物は、1度目の地震で倒れなかったら、2度目の地震でも倒れない。マルかバツか。

会場は圧倒的にバツが多いようですが、ウェブの皆さんの状況はいかがでしょう。

**【スタッフ】**ウェブはマルが3で、バツが122ですので、バツの方が多いです。

**【中村】**バツが多いということですが、中林さん、答えはいかがでしょう。

**【中林】**バツです。これは、皆さんは分かったかと思いますが、実際に言うと、先ほど、耐震性能は建てた年度によって違いますが、最初の強い地震でどれくらい揺れたかによって、バシッと壊れるものもあれば、半分壊れるものもあり、一部損壊で終わるものもあります。

では、次に、また大きい地震が来ると、建物は一部損壊したことによって、本来持っていた耐震性能が低下します。耐震性が地震前に10だったとしたら、一部損壊で8くらいに落ちています。そして、また揺れて7に落ちて、さらに6に落ちる。だから次に少し大きい揺れが来たら壊れてしまうのです。

例えば、熊本地震は28時間おいて震度7が2回あったと先ほど言いましたけれども、家の下敷きなどで直接50人が亡くなっています。最初の震度7で何人亡くなったと思いますか。50人のうちのわ

ずか9人だったのです。そして2回目の震度7で50人のうちの41人も亡くなっているのです。

建物というのは、何度も揺されるとだんだん被害がひどくなって、最後は全壊する可能性があります。その危険を避けるために、建物の応急危険度判定をして、「この建物は建っていますが、余震が来ると危ないから入らないでください」という場合は赤紙を貼ります。「この建物は大丈夫と思われるけれど、注意しなさい」という場合は黄色紙を貼ります。こういう応急危険度判定というのは、大きな余震で危ない可能性がありますよ、だから入るのは注意してください、入らないでくださいということを示しているものなのです。

【古賀】 続けて揺れが来ることで、東日本大震災のときに、神奈川に住んでいる友人は建物に被害が出て地震保険が下りたと喜んで人がいましたけれど、建物が何度も揺れることで被害につながっていく可能性があるのも、どういう被害を受けているのかということも皆さんも地震の後に建物を十分チェックして、ひびがないかを確認する必要がありますと思います。

【中村】 この話題の中で、身の安全をどう守るかというところもテーマになっていますが、これについて何かございますか。

【中林】 傷んだところを探して応急修理ができればいいのですが、地震はそれほど間をくれません。数分で次の余震、また数分で次の余震が来ますし、熊本地震は震度7が2回ありましたが、1回目の震度7より2回目の震度7の方が地震のマグニチュードが大きかったです。マグニチュードは最初がM6.8でしたが、2番目がM7.3と大きいので、そちらを主震と言います。

しかし、地震の神様以外は今回の強い揺れが前震で、次にもっと強いのが来るなんて誰も分らないです。そういう意味では、繰り返す地震に対して建物をもたせるためには最初の揺れで壊されないように、1981年の新耐震基準をクリアしておく必要があります。新耐震基準は最初の一瞬で全壊してもペシャンコにしない、倒壊はさせない、

人の命は守る強さにする、というものなのです。

木造住宅については、2000年の耐震基準はさらに厳しくなり、強い地震動でも半壊程度となっているほどで、必ず繰り返し地震は起きますから、命を守るためには、2000年の新耐震基準を守り、基準を満たしていなければ耐震改修をしておくことが一番大事です。

【中村】 身の安全を守るということに関しましては、お住まいの耐震化が大変重要だということをお話しいただきましたので、ぜひ参考にしていただければと思います。

#### ◇地震発生から24時間

【司会】 地震発生から24時間。大きな揺れによって火災が発生します。同時に多発する火災によって街が火に覆われることが想定されています。阪神・淡路大震災でも、神戸市長田区などでは火災が広がり、多くの人が亡くなりました。

周りを見渡すと、様々な場所から出火し、断続的に出火が増えているかもしれません。同時多発火災の始まりです。

東京都の想定によると、都心南部直下地震による火災の建物被害は11万2,232棟、死者は2,482人に上るとされています。

さて、問題です。

#### 第3問。

火災発生が一番の原因はガスによるものだ。マルかバツか。いかがでしょうか。

会場はバツが多いようですけれども、ウェブで参加されている皆さんの状況はいかがでしょう。

【スタッフ】 マルは14で、バツが113ですので、バツの方が多いです。

【中村】 バツが圧倒的に多いということですが、古賀さん、答えはいかがでしょうか。

【古賀】 バツになります。

電気による火災が非常に多いです。今、ふだんでも電気の火災がどんどん増えています。電気を

使う機会が多く、また、物は劣化していきまじし、地震のときはそれに加えて揺れによる被害が出るので、おおむね6割くらいと言われています。

東日本大震災はそれほど被害がありませんでしたが、火災が32件発生して、その原因は、電気だろうと思われるものが19件で6割を占めています。

中身をお伝えすると、寒い時期だったので、電気ストーブが9件ありました。観賞魚用のヒーターも3件あり、水が漏れてヒーターから出火したもので、地震のときは電気の火災が非常に多いというのが統計的にも出ています。

【中林】東日本大震災は津波による被害だと言われていますが、330件の火災が認知されていて、そのうちの6割くらいは電気によるものとなっています。

ただ、電気ではないけれど、津波で車が流されて、車のバッテリーからショートして火災が起きていて、津波の瓦礫（がれき）が集まったようなところから燃え広がるといったことも起きていたようです。

それから、ガスは車のガソリンと一緒に、可燃物で爆発的に燃えます。ただし、自らは出火しません。ガスがあるところに火種があると、爆発的に火災が起きてしまうというものです。

ガス漏れを匂いで感じたら絶対に電気をつけてはいけませんし、コンセントも抜いてはいけません。その時の一瞬の火花で着火します。そして、まずガスを止めて空気を入れ替えて、それから、電気は大丈夫か、あるいは、ガスの元栓を切るなどしたらいいです。

夜ですと、「ガス臭い」と思って慌てて電気をつけると、その瞬間に火花で爆発的に火災が起きてしまうことがあります。

原因は出火です。燃えるかどうかは、何があるかで決まります。爆発的によく燃えるものがガスであったり、灯油であったりします。

【中村】地震発生するときには火災が大変リスクとなっていますが、実は浸水被害も想定されています。

特にゼロメートル地帯では、堤防の沈下や亀裂、構造物の沈下などによって、外水、川、あるいは海からの水が侵入して浸水します。そこに高潮や津波、大雨も含めて重なると、とんでもない被害が拡大していくこともありますので、頭の中に入れておいていただきたいと思います。

【中林】命を守るために避難する場所を「避難場所」と言います。自宅で生活ができなくなって生活するための場所が「避難所」です。水害などでは、警報が出て、特別警報が出ると避難してくださいという避難指示が出ますが、その時に行くところは「避難場所」ですが、水害のときと地震火災のときでは行く避難場所が違いますので、避難場所を確認して、2つ覚えておいてください。水害と地震時の兼用の場合もあります。

地震のときは、ほとんどの小・中学校は避難場所ではなく避難所となります。

水害のときは、小・中学校の2階や3階まで逃げてください。「体育館は水が来るかもしれないので、校舎の2階へ避難してください」となっているのが東京の下町の区ですので、確認しておくいいです。

【古賀】電気は最初に止まって、結構早い段階で復旧します。一旦電気が止まって停電すると電気器具は動かないです。電気が復帰して通電して、火災になることもありますので、感震ブレーカーを落として電気がこないようにしてください。例えば、皆さんが御自宅から避難するときも、電源のブレーカーを落としていくことは、冷蔵庫の中のものが非常にもったいないとは思いますが、火災防止のためにも落としていただきたいです。

また、火災については、ふだんは私たち消防機関に任せてもらえばいいのですが、いかに早い段階で消火するかということが被害を広げない一番のキーポイントとなります。しかし、火が天井まで届くような状態になってしまうと消すのは厳しいですし、危ないと言われているので、そういうときはすぐに避難してください、天井に火が届く前の少し燃え出したときには消火してください。

また、気づいたらすぐ消火というのが一番大切だと思います。

【中村】初期消火がとても大事ということですね。

【古賀】はい。そのとおりです。

【中林】火災対策には4つあります。

1つ目は、電気から火花を散らさないためにブレーカーを落とすのですが、自動的に落とす感電ブレーカーが皆さんの自宅についていますか。

(会場 挙手) 何人かおられる。

でも、今の普及率は平均8%です。災害時に家を離れて避難するときには、忘れないでブレーカーを落としてから避難してください。また、留守中にも感震ブレーカーは、自宅からの出火を防いでくれます。

2つ目は、家を燃えにくくする、難燃化、不燃化をすることです。木造でも、石膏ボード、マンションで使うような壁で内側も外側も燃えない壁材を貼ると、準耐火構造と言って、かなり火事に強くなります。

3つ目が、火が出たら初期消火をすることです。これは、消防署はできません。火元にいる皆さんが自分でやるのが初期消火です。

4つ目は、失敗して炎が自分の背より高くなってしまったら、命を守るためにもう逃げるしかないです。それが避難。地震のときは、避難場所が決まっています。特に23区は東京都が区界に関係なく町丁目ごとにどこに避難場所を置くのかを決めていますから、隣近所のお年寄りも助けて、みんなで避難することが大切です。

出火防止、不燃化、初期消火、そして避難。この4つを行えば必ず誰も死なない、焼き死なないです。

#### ◇地震発生から72時間

【司会】地震発生から72時間。地震発生時にはどのように人が行動するのかについても考えなくてはけません。

東日本大震災では、東京は震源から遠かったにもかかわらず、多くの人々が家に帰ろうとして、道

路は車や人であふれ返り、緊急車両の通行の妨げになりました。

首都直下地震では、首都圏全体で大きく被災することが想定されますので、より大きな混乱が起こると考えられています。

さて、次の問題です。

第4問。

東京都中央区で働いているが、隣の千代田区の自宅まで近いから歩いて帰ってもよい。マルかバツか。いかがでしょうか。

大体半々という感じでしょうか。

ウェブで参加されている皆さんの状況はいかがでしょう。

【スタッフ】マルが46で、バツが69ですので、バツの方が多いです。

【中村】バツが若干多いということですが、古賀さん、答えはいかがでしょう。

【古賀】私としては、ちょっと迷うところもあったのですが、やはりバツでお願いしたいと思っています。

近くなので、家も心配ですし、帰りたいという気持ちもよく分かるのですが、実際、街がどういうことになっているかわかりません。東日本大震災のときは間違いなく歩いて帰れるような状況でしたけれども、震度7の地震が起こったときに、本当に安全に帰れるのかどうかというのは、恐らく分からないと思います。それに加えて、帰ろうとする方が増えれば増えるほど、先ほどの、まさしく東京で起こった東日本大震災のように、人がたくさんあふれて車も動かなくなります。そうすると、災害活動にも支障が出てしまうこともあるので、家庭も心配ですが、みんなで家庭のことを確認できるようなツールを持ってもらって、しばらくはどういう状況かというのをしっかり見極めてから帰宅するという形をとっていただきたいと考えております。

【中林】これは、私も含めてなかなか悩ましい問題

をよく作ったと思うのですが、すぐ帰るとするのはバツです。どういう状況なのかを確認することが大事で、その状況に合わせて家族の安否確認をします。安否確認ができたなら、慌てて帰る必要はないかもしれません。まず安否確認で家族とつながることと、どういう状況なのかを確認してから行動することが安全だと思います。もし帰る途中で火災が発生していたら、消火活動で辺り一体が通行禁止になりますから、迂（う）回しなくてはなりません。とにかく状況判断してから、最大限の安全を確保して、「どうしても帰る必要があれば帰る」ということにしていただきたいです。

先ほど、東京23区は東京都が全部避難場所を指定していますと言いましたが、千代田区は避難場所がありません。なぜかと言うと、ほとんどがビル化して、木造がぽつんぽつんと残っている程度です。神田の辺りでもせいぜい10件が密集している程度ですので、それほど遠くの広場まで避難しなくても、ビルに囲まれた小さい公園でも安全だからです。ビルに遮られるため熱も来ないので、地区内残留地区とって、その地域の中にとどまっていたのが一番安全です。どこが安全かは自分で確認してとどまってください。ビルの中でも大丈夫ということになっています。

中央区も、銀座をはじめ、都心寄りの大部分がビル街ですから、ここも地区内残留地区になっていますので、家族の安否確認ができて、自分の安全も確認できたら、まずは落ち着いて、全体の状況を見てどうするかを判断してください。

#### ◇事前防災、自分事として捉える

【司会】事前防災、自分事として捉える。

さて、ここからが今回のセミナーの特に大事な局面になります。

地震が発生したときにけがをしないようにして、適切な行動をとるために何ができるのかについて「事前防災」という概念があります。これは、事前に対策、例えば、自宅の耐震化、避難経路の確認、火災対策、家族との連絡など、様々なことを準備しておくことが大切です。

それから、何より大切なのは心の準備です。震

災について家族で話し合い、起こったときの状況や行動などを考えておくことによって、慌てないですし、動揺しにくくなって、適切な判断で動くことができます。また、食料や薬などの備蓄、防災訓練への参加なども大切です。

まず、自分でできること、つまり、自助について考える必要があります。そして、みんなで助け合う共助も必要になってきます。

では、最後の問題です。

第5問。

災害時には避難場所に行くとき必ず食料や薬がもらえる。マルかバツか。いかがでしょうか。

会場は圧倒的にバツのほうが多いようですが、ウェブで御参加の皆さんはいかがでしょう。

【スタッフ】ウェブはマルが8、バツが123ですので、こちらバツの方が多いです。

【中村】バツが圧倒的に多いということですが、中林さん、答えはいかがでしょう。

【中林】避難場所というのは、緊急避難をするときの行き先、避難先です。緊急避難というのは何かと言うと、まず命を守る、そのために避難をするので、そこに行って命を守ることはできても水や食料が用意されているわけではありません。だから、本当に緊急避難をするときに、大火災だと一晩はとどまらなければいけないでしょうから、飲み水や少しの食料、例えば、チョコレートなどを持って緊急避難をしていただくことが大事だと思います。

そのために緊急避難のときの非常持ち出しについて、少し高齢で、例えば、糖尿病や血圧が高いという方は、飲まなくてはいけない薬があると思いますので、それも持って避難ができるように準備しておくといいです。

ただし、持ち過ぎは駄目です。持ち過ぎは、かえって邪魔になります。関東大震災のときに、みんないろいろな家財道具まで持って避難しました。なぜかと言うと、当時は庶民のほとんどは借家暮らしだったのです。家が燃えてしまうのは大家の

家だからいいけれど、せっかく買ったたんすや布団が燃えるのは嫌だと、大八車に家財道具を積んで逃げたのです。

ところが、火の粉が降ってくると、その家財道具に火がついて、それを引っ張って逃げているのに、気がついて振り向いたら自分の荷物が火事になっていた。だから、墨田区の被服廠（ひふくしょう）は、何もなかったところにみんなが燃え草を持って避難したのだから火事場になって火災旋風も引き起こし、ほとんどの人が命を落とすことになってしまったのです。

また、場合によったら、携帯トイレも一つ、二つ、持って避難した方がいいかもしれません。

【古賀】避難所に行けば、ある程度、提供してもらうこともあると思いますが、それも自治体の皆さんや、本当に避難されてきた方が準備をして、それで皆さんに提供するという形になるので、何でも出てくるというのではなくて、ふだんから何か起こったときにどうするのかということを、先ほどお話しした第一段階の避難と、その次の避難所、もし御自宅が安全であれば、御自宅に残って避難するということもあり得ますので、ふだんから考えておくことがすごく大事だと思っています。

【中村】ここでは、事前防災ということで、少し深掘りしたいと思いますが、個人で何ができるのか、あるいは地域で何ができるのか、あるいは企業として何ができるのかといういろいろな捉え方があると思いますが、まずは個人で何ができるのかについて、何かあればお願いします。

【古賀】事前に何をを用意するのかということをしっかり考えてもらって、お薬がないと困る方は当然大事ですし、自分にどういう対策が必要なのかというのに加えて、根本的に自分がどうやったら助かるかということを考えてもらえばいいと思います。

例えば、家具の転倒・落下・移動防止対策については寝室を見ていただいて、倒れてきそうなものが自分の寝ているほうに倒れなければ大丈夫かもしれないです。御自身の寝る場所なども、少し

工夫するだけで自分の身を守ることにつながるので、機会があるたびに振り返ってもらえるといいです。

【中村】例えば、私のベッドですが、最初、真上にクーラーがありました。もしかしたらこれが落ちてくる可能性があると思い、向きを変えて頭を遠いところに設置する。そういうことも、家の中でできる工夫が必要だということでしょうか。

【古賀】まさしくそのとおりです。家族に、「何かうちで安全にするところはある？」と言われたので、ちょうど寝室に、子どもたちの漫画の本棚が頭の位置に置いてありました。「これは少し危ないよ」と言うと、次に帰ったらなくなっていたので、本当にそういう簡単どころからでも安全対策につながると考えています。

【中林】事前防災は非常に広い概念です。防災というのはもっと広い概念なのですが、例えば防災と言うと事前にやる防災として、災害対策基本法という法律で、「各自治体は地域防災計画をつくりなさい」ということで全都道府県・市区町村が地域防災計画をつくっています。これは、もちろんご当地の東京都中央区でも作っています。

それを見ると、『第1編、事前に行う災害予防編』。これも防災。『第2編、災害が起きたときにどう対応するかという災害対応編』。これも防災。『第3編、復旧・復興』。これも防災。防災というのは、災害が起きる前から起きて後始末するまで、全部防災なのですが、その中で特に「地震が起きる前にしっかりやっておかなければいけないよ」ということを強調するために、事前防災という言い方が出てきたのです。

災害が起きる前に何をしておくのが事前防災として大事なのかは、大きく2つあって、一つは被害を減らす取り組み、もう一つは事前準備の防災です。例えば、住まいで言えば、耐震基準を満たしているかどうかです。2000年以降に建てた家、木造の家、マンションはともに多分大丈夫です。1981年以降で2000年以前の場合、木造はちょっと心配があるかもしれませんがマンションは大丈

夫です。つまり、マンションは1981年以降だと耐震性が確保されていますから、補強する必要はないです。しかし、1981年以前に建てたマンションや2000年以前の木造住宅は耐震性が低い設計になっていますから、耐震改修をしてください、という事前防災です。

これには、マンションにも、木造にも、各区や東京都からさまざまな補助があります。診断は無料です。マンションだとお金がかかりますが、結構手厚い補助があります。とにかくまずは建物を守る事が大切です。

それから、耐震性がある建物も揺れますから、家具を固定してください。これは、2000年以降も、昨年建てたような新しい家でも同じです。また、倒れても大丈夫な向きにしてから固定してください。固定しても、何回も揺れていると抜けて倒れることがありますから、安全な向きにして固定することが大切です。

マンションは上階ほど大きく揺れます。東京消防庁で、東日本大震災の後に調べた家具の移動調査で言うと、1階や2階は地面の揺れ方と同じでした。いわゆる気象庁が発表する震度6強と言うと、1階、2階は震度6強で揺れていて15%くらい家具が動いていました。マンションの6階から10階を平均すると31%くらい動いていました。つまり、6~10階では地上の揺れの2倍大きく揺れていた、ということになります。さらに11階以上の平均を見ると、46%くらい動いているので地上の揺れの3倍揺れた、ということになります。つまり、マンション居住者の方は多いと思いますが、上に住んでいる人ほどしっかりと家具を固定してください。

家具の固定は、体を守る、けがをしないというだけではありません。せっかく備蓄品をいろいろと貯め込んだのに家具の一番下の段に置いていることが多く、家具が倒れたら取り出せなくて、結局、何も取り出せずに避難所に行かなくては行けないといったことが起こります。備蓄品を有効に使うためにも、家具はしっかりと固定しておくことが大切です。

もう一つの事前防災が事前準備です。被害を減らすという事前防災と同時に、災害が起きた後、

必要なことを準備しておくことも重要な事前防災です。食料や水、薬や携帯トイレといった備蓄は、被災後の準備のための事前防災です。トイレがいつ使えるか分かりません。携帯トイレがあれば、個室があっても水が使えなくても用を足すことが可能です。人は、飲む、食べる、イコール排泄することですから、携帯トイレを避難所に持って行く、そのためにも家具は固定して、倒れないところに備蓄しておくことが大事であって、これが事前防災の基本だと思います。

【中村】次は、共助に対して事前に何ができるのかについて、何かございましたらお願いします。

【中林】1995年の阪神・淡路大震災ですが、その1年前に、アメリカのカリフォルニア、ノースリッジで大きい地震があつて、高速道路がバタバタ落ちました。「日本の高速道路はこんなことないよ」と言っていた1年後に、阪神高速道路が倒れてしまいました。

ノースリッジに調査に行ったときに、物すごく感心したことがありました。断水していたのですが、「食事はどうされましたか」と聞くと、「毎日バーベキュー大会だったよ」と話していました。何を言っているのだろうと思ったのですが、アメリカの人はすごく大きい冷蔵庫にお肉をキロ単位で持っています。今日は〇〇さんの家でバーベキュー、あしたは△△さんの家でバーベキューといった感じで、地域の人たちで助け合い、顔を合わせて話しをするので、だんだん元気が出てくるのです。ああ、これは本当に共助の原点だと思います。つまり、誰が助ける側か、誰が助けられる側かというのは、<sup>あいみだがい</sup>相身互いで、本当は助ける側にも、助けてもらう側にも、みんながなれるのが一番いいのです。

それを日本で自助、共助と言うと、共助は自助と別物のようにはありますが、私は「自助があつて初めて共助が可能になる」と思っています。自助で被害を減らし備蓄も持っていて、余力があつて、その余力が隣家を助けることを可能とするのです。

みんなが家具が倒れて備蓄が出せない、家が倒れて避難所へ行かなければいけない、何も持たないで行くしかないと困っていると、誰も助け合えない。自助で被害を免れた人のみが、近隣の人に「うちの備蓄食を少しだけれど、1食分どうぞ」と言ってあげられるのでしょうか。でも全員には手が回りませんよね、一人では。どうでしょうか。つまり、自助で余力が出た、いろいろな形で余力が出た人がたくさんいないと共助なんてできない。困っている人を助けるのが共助と定義すると、みんなが自助をやって、みんなが余力を持っていたら共助ができます。

ところが、うちの町は町内が仲よくて、醤油の貸し借りでもできます。だから、いざとなったら誰かが助けてくれると町会の人全員が思ったらどうなるでしょうか。地震の後、“みんなが助けて”となると共助は成り立たないのです。助ける人がいなければ、共助は成り立たないのですから。そういう意味で災害のときの共助というのは、自助をどれだけやっているかで決まるということを、みなさんで共有することが大事だと思います。

自助の余裕が共助を可能にする。だから、『自助なくして共助なし』なのです。『街の共助は皆の自助の塊』ですと取り組むことで、共助が可能になるということだと思っています。

【中村】 そういう小さな地域、コミュニティーから、もう少し広げた地域、例えば、消防関係の地域といったところの共助としての事前防災、あるいは、その中に企業もたくさんありますので、その辺りで何かありますか。

【中林】 もう少し広げると、コミュニティー同士より、もう少し上のレベルで、今、行政がいろいろな自治体と相互応援協定を結んでいます。あれは、実は自治体の共助連盟をつくっているのです。

自治体という単位で見ると、どれだけ備蓄を持っているのかは、その自治体の自助努力となります。それで、「自助で3日は頑張るけれども、4日目になったら助けに来てね」という協定を結んでおくことが、今の自治体の総合応援協定で、自治

体の共助を約束するという取り組みです。

消防も一緒に、大きい災害で火災が大変だとか、救急救助が大変だとすると、あれは国が決められている組織ではあるのですが、緊急消防応援隊ということで、全国の近いところから順番に駆けつけて応援に行きます。あれもプロの消防組織の共助体制なのです。

それから、企業もサプライチェーンや下請といった、産業ネットワークでやっとなつの製品ができます。これは、実は系列の関連会社が仲間として助け合わないと産業が成り立たないという共助ネットワークでもあるわけです。そういうことを、例えば、街の商店街で横につながっていれば、震災の後に商店街として立ち上がることができます。つまり、個人個人が助け合うという自助、その先に共助、というのと同様に、法人のような組織や、自治体のような組織でも、自助があつて初めて共助ができるのです。

みなさん、政府が何かをやってくれるのが公助だと思いませんか？でも、国には公助がないのです。自助だけなのです。つまり、一番の原点は、やはり国も、自治体も、企業も、自助をやつて初めて共助を有効に活用して生き延びていけるのではないかと思います。

【古賀】 消防としては、今、そういう街の皆さん、地域の方、学校など、例えば、商店街の皆さん、そういう街全体の皆さんをうまくつなぎ合わせて、持っているそれぞれの力を集結させることで、少しでも被害が発生した後の対応を迅速にできるようにやっていきたいと思っています。もし興味があれば、ぜひ消防署に声をかけてもらって、何か反応が悪かったら、私のほうに、「ぜひこういうことをやりたいです」と言ってきてください。

私は、消防は災害時になかなか行けないと何度も言っていますが、皆さんの手に負えないところは私たちに任せてください。皆さんの手に負えるところは、ぜひ皆さんでやってもらいたいという気持ちをお伝えしたいと思います。

【中村】ここでうちの会社の話をさせていただければと思います。

当社は、日本橋浜町エリアマネジメントという団体に入っております、そこで地域の企業あるいは住民と連携した、LINEを活用した防災情報の提供を行っております。何かありましたらLINEで見てください。

情報の内容は、まだまだこれから改善するべきところがたくさんありますので、ぜひ興味のある方がいらっしゃればおっしゃってください。

大分時間も迫ってまいりましたので、事前防災ということで、自助、共助、あるいは公助というところまでお話をいただきました。一番自分事として捉えていただきたいのは、中林先生がおっしゃっていました、「自助なくして共助なし」です。これは大変重要なことだと思いました。やはり自助で自分の身を守ってこそ共助に対応することができるということで、本当に心に残る、身に染み込んだ言葉ではないかなと思いますので、ぜひ皆さんもそういう思いで、事前防災についても考えていただければと思います。

#### ◇質疑応答

【質問者】先ほどの自助、共助の話ですが、例えば、日本にはインバウンド、海外の人が非常に多いです。そういった方が被災したときに、誰が保護するのでしょうか。また、これは私の提案ですが、例えば、電力についてですが、地区ごとにソーラーシェアリングみたいなものを作って、地震によって電気が止まってしまった場合、使用するとよいのではないかと思います。バッテリーで1件10<sup>7</sup>あれば、LEDで結構明るいのです。そういったことも考えられたらいいのかなという、私の感想です。

【中村】インバウンドで外国の方々がたくさん来ていますが、そのような方々が被災をされたときにどう対応できるのかということですがいかがでしょうか。

【中林】インバウンドについてですが、外国の観光客にとって被災時に一番頼りになるのは、ホテル

を拠点にして活動していますから、ホテルを頼りに戻ろうとします。

そういう意味では、ホテルへ戻って、ホテルの方がお客にどのように対応するのかということになると思います。

また、国内に居住されている外国籍の方ですが、生まれも育ちも日本という方もいれば、ここ3、4年住んでいる方もいらっしゃいます。日本に居住されている方というのは、基本的にはその地域の一員であるという対応をしていかないと難しいと思っています。というのも、自分が逆にアメリカなど、どこかに行っていて災害に遭ったときに、自分はどうするだろうと考えると、1つ目は大使館を頼って、「日本人です。どうしたらいいでしょうか」と、聞きに行くかもしれません。2つ目は、滞在先にいる同国の仲間や知り合い、そういうネットワークの中でどうしようかというのがあると思います。3つ目は、自分が拠点にして住んでいるところの周りはどうなっているのかということがあると思います。そういう状況の中で、外国の方が日本にいて困ることと、日本人が外国に行つて困る状況とは同じなのだとことを理解した上で、地域で何ができるのか、何をしてもらえるのかを考える必要があります。

それにも、やはり居住されている方がどれだけ地域に顔見知りがいるかによって、かなり対応が違ってくると思いますので、隣近所にそういう外国の方がお住まいであれば、「おはようございます」といった挨拶から声かけをして顔見知りになっておいて、どういう人柄かを理解しておく必要があります。そうしておかないと、いざ災害が起きてもどこからどうすればいいのか心配になります。しかし、別のネットワークをしっかりと持っているのであれば、そちらのネットワークで生きていってもいいかもしれません。

でも、こちらを向いてくれる人は仲間として、地域の中で対応できることは一緒にやりましょう。そして、あなたも決してお客さんではありませんということです。避難所へ来たら「あなたも手伝ってくださいね」といった対応が必要なのではないかと思います。そういう方は、災害をきつ

かけに、本当に町会へ入ってくれるかもしれません。

【中村】 それでは、本日は皆様、長い時間お付き合いくださいまして、ありがとうございました。また、中林さん、古賀さん、本日は貴重なお話をどうもありがとうございました。

首都直下地震だけではなくて、多くの災害が日本の各地で発生しております。残念なことに、そのたびごとに亡くなる方がいらっしゃいます。そういう現状に心を痛めているのが実情だと思います。

当社の場合は、それらを少しでも少なくするために、インフラ整備を担う会社として災害に対して防災訓練計画や避難計画の検討、また、河川や橋、道路、上下水道などのインフラの強靱化に向けて日々業務を行っているところであります。

しかし、本日の話にありましたように、災害に対して一番大切なのは「我が身に起こることとして、自分事として考えること」、この1点に尽きると思います。

皆様、ぜひ今日の話それぞれの家庭や会社に持ち帰っていただいて、いろいろと話し合ってもらえればと思います。

中林様、古賀様、ありがとうございました。

以上



# 国土文化研究所年次報告 2024 (VOL.23)

---

2025(令和7)年6月30日 発行

編集・発行 株式会社建設技術研究所 国土文化研究所

〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-14-5 (KDX 浜町中ノ橋ビル)

TEL 03-3668-0451(大代表)

URL <https://www.ctie.co.jp/kokubunken/>