

# 国土文化研究所年次報告 2021

---

VOL.20



ごあいさつ

国土文化研究所  
所長 寺井和弘

国土文化研究所は2002年4月に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」が求められるとの認識のもと、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、および人材育成の4つの事業に取り組んでいます。

### 1. 研究開発

社会資本整備に関わる最先端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、持続可能社会の構築に向けた各分野を融合する総合的技術までを研究対象とした広範なテーマを掲げ研究を推進しています。研究体制としては、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）とインフラ・ソリューション・グループ（ISG）を継続し、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年から定期クルーズ「お江戸日本橋舟めぐり」を開催してきました。このノウハウを活かして、当社の土木技術者がガイドを務めるクルーズ「江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり」を実施しています。

### 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。2021年には「正解のない時代に求められる決断とは～未知の課題を解決する科学的アプローチ」をテーマとしたオープンセミナーの開催、研究成果のプレスリリースを行ったほか、2022年6月には、書籍「子どもが遊びを通じて自ら学ぶ 水辺のプレイフルインフラ」を発刊しました。

#### 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年に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、2021年にはグループ会社を含め19名の職員が参加しました。

いま日本は、災害の多発、インフラの老朽化、地球規模の環境問題への対応など、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」や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、積極的な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 2021 (VOL.20)

## 目 次

### ごあいさつ

### 《研究報告》

研究報告要旨	1
AIを用いた土砂災害ソフト対策の高度化研究	3
自治体防災行動支援システムの開発研究	9
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	18
生産性向上に向けたAI技術活用研究	27
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	32
景観デザインの研究:美しいインフラに向けて ～鉄道の事例に対する景観デザインにおける課題と提案～	38
AR/VRを活用した観光コンテンツに関する研究	56
ニューノーマル時代の都市づくりに関する研究	61
日本橋浜町スマートシティ構築に向けたコンサルティング技術開発2	68
《国土文化研究所 オープンセミナー開催報告》 第18回 国土文化研究所 オープンセミナー 正解のない時代に求められる「決断」とは？ -未知の課題を解決する科学的アプローチを考える-	78
《第四期 国土文化カフェ開催報告》 ～未来を担うエンジニア入門講座～	79
《お江戸日本橋舟めぐりラストクルーズ開催報告》	81
《江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐりオンラインクルーズ開催報告》	83

# 研究報告要旨

---

## AIを用いた土砂災害ソフト対策の高度化研究

日本における土砂災害の危険度を伝える情報は土砂災害防止法に定められている通り、都道府県知事と気象庁により発令される「土砂災害警戒情報」が挙げられる。土砂災害警戒情報が発表された場合、市町村長は直ちに避難指示を発令するとされている。さらに、防災基本計画では、土砂災害警戒情報が発表され、市町村長が避難指示を発令する際には、「避難指示の発令対象区域は適切に絞り込むこと」とされており、各市町村により発令対象区域は決定される。ただし、避難指示の発令対象区域を適切に絞り込めていない市町村も確認され、絞り込み方法の検討が課題となっている。また避難指示発令に際しての心理的な負担も指摘されている。

本論文では、こうした点の解決に寄与するため、市町村の避難指示オペレーションを補助・補足する情報を提供することを目的として開発中の「土砂災害危険度評価システム」について報告する。

## 自治体防災行動支援システムの開発研究

近年、東日本大震災や令和元年九州北部豪雨、令和2年7月豪雨など大規模な災害が頻発しており、自治体に求められる災害対応が増大している。こうした状況に対応するため、一部の自治体では、防災行動を支援するシステムの導入を進めているものの、「情報集約」を基本としており、防災行動は地域防災計画等に基づき実施している実態がある。しかしながら、緊急性の高い災害対応では、自治体の担当者が個々の技術、システムを組み合わせて活用することは困難であることから、各種防災行動を「一括」で管理・運用できるシステムが必要と考える。

本論文では、開発2年目において実施したシステムの構築(改善)や動作検証とともに、水災害以外の災害への対応を見据え分析した地震災害等の防災行動について報告するものである。併せて、自治体や民間企業に対しシステムの営業展開についても報告する。

## 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

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年後、30年後ともに約1.3倍となる見込みである。しかし、地方自治体では技術者が不足しており、十分な河川管理ができていない。そのため、持続的・実効的なインフラメンテナンスを達成するために、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監視画像、撮影画像が挙げられる。

本論文では、持続的・実効的なインフラメンテナンスを達成するために、設置されるCCTVカメラより得られる映像及びAI(人工知能)技術を用いて、インフラメンテナンス行為の効率化に資するサービスを実現する手法を提案する。

## 生産性向上に向けたAI技術活用研究

近年、AI(人工知能)技術は急速に発展しており、各企業や研究機関において、国民生活の高度化や経済の活性化等を目的としたAI技術開発と現場導入が実施されている。当社が所属する建設コンサルタント業界においても、技術力の向上や、業務の効率化を目的に、社会インフラの劣化診断や、洪水・土砂災害等の自然災害発生予測等の、AI技術開発・既存AIサービスの導入・AIベンチャーとの業務提携等の事例が多数報告されている。当社においても、2017年よりAIの研究に着手し、各部室の技術力・生産効率向上のためのAI技術開発、並びにAI技術者の育成を実施してきた。本稿では、その2021年成果について報告するものである。

## 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

国土交通省が推進する「i-Construction」において、3次元データにより建設生産プロセスの効率化・高度化を図るためのBIM/CIMの導入が加速している。しかし、設計段階では従来の2次元設計からの変革は進んでおらず、3次元設計による設計の効率化・高品質化・高度化の恩恵を十分に得られていない。この課題に対し、3次元設計のワークフローを提案し、それを実現するためのシステム開発を行った。開発システムの事例として、橋梁下部工における詳細設計プロセスのシステムを紹介し、結果、3次元設計による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性を示す成果を得られた。

## 景観デザインの研究:美しいインフラに向けて

### ～鉄道の事例に対する景観デザインにおける課題と提案～

#### TOWARDS AESTHETIC INFRASTRUCTURE ISSUES AND PROPOSITIONS ON THE EXAMPLE OF RAILWAYS

Aesthetics means beauty and is associated with the concepts of sensitivity, creativity, convenience, elegance, attractiveness, appreciation and pleasure. Technological aesthetics is embracing advance, innovation, and breakthrough. The aesthetic infrastructure addresses both the functional aspects of the users and their positive emotional response. In this study, the main subject of infrastructure is the railway station. The aesthetic station is not only visually pleasing, but also a safe and modern facility designed for all users.

The scope of the research includes general analysis of the development of infrastructure in Japan, factors of aesthetic design of infrastructure, critical issues, survey on perception of infrastructure, and suggestions related to improvements along with the future trends. The purpose of the study is to emphasize the importance of the aesthetic design of railway stations and to show that such design creates a great potential for future urban centers. This paper is part of a comprehensive 520-pages study with 510 photos. It presents aesthetic issues at the railways and examples of their improvement. Stations aiming to become the “smart infrastructure” of “smart cities”, can achieve this goal by improving the quality of design and management and embracing new technologies. Therefore, addressing open issues requires a broader stance and the understanding and cooperation of various designers. The need for the human face in engineering design is the message of this study.

#### AR/VRを活用した観光コンテンツに関する研究

AR/VRは急成長中の技術であり、インフラ分野を含め、様々な分野への適用が行われている。本研究は、日本橋地域での活動で蓄積した知見をAR技術等を活用してアプリ開発による可視化およびアーカイブ化を行うものである。その成果を当社の社会貢献活動の一環としてPRすることで、企業価値を向上させるものである。さらに、本研究を通じて今後のインフラ業界での応用が予想されるAR技術のノウハウを社内に蓄積するとともに、既存業務(まちづくり、観光、施設点検等)と連携することで、他社との差別化や新規分野の開拓の可能性を広げるものである。

#### ニューノーマル時代の都市づくりに関する研究

COVID-19 を契機としたニューノーマル時代(新たな生活様式への転換)を迎え、国土、都市、地域のあり方、国民の価値観が大きく変革しつつある。本稿では、これらの変化に鑑み、これからの都市づくりにおいて必要となる技術や施策の提言を行うものである。

提言では、データドリブンによる都市経営、ウェルビーイング社会の実現、ヒト中心の都市空間の構築、リビング・シフトに対応した地域の魅力づくりの4つの観点から、我々CTI・都市・建築部門が取り組むべき施策や方向性を示した。

#### 日本橋浜町スマートシティ構築に向けたコンサルティング技術開発2

日本橋浜町は、小規模エリアに職・住・遊が混在し、暮らしやすい地域であることが大きな特徴である。それゆえ、58期(2020年)の研究において、まちづくりの課題・方向性を明らかにすることが難しく、適用するスマート技術の明確な設定が困難であった。

今期においては、地域住民の声や都市のICT化の進展状況を踏まえ、浜町エリアの3次元VRをベースとし、3次元デジタル空間を活用した種々の技術開発を試行した。CTIが考える浜町のまちづくりの方向性を定め、当社のスマートシティ技術開発を具体化し、浜町スマートシティモデルを構築した。

# AIを用いた 土砂災害ソフト対策の高度化研究

松原 智生<sup>1</sup>・笹山 隆<sup>1</sup>・川瀬 樹一<sup>2</sup>・戸館 光<sup>1</sup>・中西 宏彰<sup>3</sup>

<sup>1</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社砂防部（〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町1-3-8）  
E-mail: matubara@ctie.co.jp

sasayama@ctie.co.jp

h-todate@ctie.co.jp

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

<sup>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: hk-nakanishi@ctie.co.jp

日本における土砂災害の危険度を伝える情報は土砂災害防止法に定められている通り、都道府県知事と気象庁により発令される「土砂災害警戒情報」が挙げられる。土砂災害警戒情報が発表された場合、市町村長は直ちに避難指示を発令するとされている。さらに、防災基本計画では、土砂災害警戒情報が発表され、市町村長が避難指示を発令する際には、「避難指示の発令対象区域は適切に絞り込むこと」とされており、各市町村により発令対象区域は決定される。

ただし、避難指示の発令対象区域を適切に絞り込めていない市町村も確認され、絞り込み方法の検討が課題となっている。また避難指示発令に際しての心理的な負担も指摘されている。

本論文では、こうした点の解決に寄与するため、市町村の避難指示オペレーションを補助・補足する情報を提供することを目的として開発中の「土砂災害危険度評価システム」について報告する。

**Key Words** : Sediment disaster, degree of risk, evacuation, intangible measures, AI

## 1.はじめに

日本における土砂災害の危険度を伝える情報は土砂災害防止法に定められている通り、都道府県知事と気象庁により発令される「土砂災害警戒情報」が挙げられる。土砂災害警戒情報に関しては、平成26年8月の広島市を中心とした集中豪雨による土砂災害を受け、平成27年に土砂災害防止法が改正され、市町村への通知、一般への周知を義務付けられた（土砂災害防止法第5章第27条<sup>1)</sup>。さらに災害対策基本法に基づき設置された中央防災会議による防災基本計画<sup>2)</sup>（以下、「防災基本計画」）では、土砂災害警戒情報が発表された場合、市町村長は直ちに避難指示を発令するとされている。（図-1上）

また防災基本計画では、土砂災害警戒情報が発表され、市町村長が避難指示を発令する際には、「避難指示の発令対象区域は適切に絞り込むこと」とされており、

各市町村により発令対象区域は決定される。（図-1下）



### 防災基本計画 令和3年5月

市町村は、土砂災害に対する住民の警戒避難体制として、**土砂災害警戒情報等が発令された場合に直ちに避難指示等を発令する**ことを基本とした具体的な避難指示等の発令基準を設定するものとする。また、面積の広さ、地形、地域の実情等に応じて**市町村をいくつかの地域に分割した上で**、土砂災害の危険度分布等を用い、危険度の高まっている領域が含まれる地域内の全ての土砂災害警戒区域等に絞り込んで避難指示等を発令できるよう、**発令対象区域をあらかじめ具体的に設定する**とともに、必要に応じて見直すものとする。

図-1 土砂災害警戒情報と避難指示の関係

一方、「令和3年7月からの一連の豪雨災害を踏まえた避難のあり方について（報告）」<sup>3)</sup>によると、避難



指示を発令する際に「市内全域」に発令しているなど、発令対象区域を適切に絞り込めていない市町村もあることが確認でき、適切な絞り込み方法の検討が課題となっている。

また、市町村による避難情報の適切な発令に際し、上述のような技術的な課題だけではなく、避難情報の発令判断における心理的な負担からくる課題として、①避難情報を発令しても災害が起きず空振りになることで、住民の避難情報への信頼性を損なう等の懸念や、②住民に避難行動を促すことにより、立ち退き避難中にかえって住民がリスクにさらされる恐れもある、ことが挙げられている<sup>3)</sup>。

そこで本研究では上述に整理した課題のうち、技術的な課題の解決や心理的な負担の一部軽減を目指し、飛躍的に技術革新が進むAI技術を活用したうえで、市町村の避難指示オペレーションを補助する情報を提供するための「土砂災害危険度評価システム（以下、「本システム」）」の開発を、京都大学との連携により進めている。

本論文では開発中の本システムの状況を報告するものとする。

## 2. 本システムで解決を目指す課題と必要機能

本システムで必要とする機能は、現状で確認できる課題・ニーズを反転させて定義した。現状の課題は文献調査により把握し、ニーズは市町村へのヒアリングにより把握した。

現状の課題・ニーズと、それに対応する必要機能を整理する。（表-1）

表-1 現状の課題・ニーズと必要機能

	ニーズ	必要機能
①	避難指示を出す単位や状況の変化に合わせたきめ細かな危険度評価情報	町内会単位や土砂災害警戒区域単位等の細かな単位での危険度を評価する 人工崖や太陽光発電が設置されている等のリスク箇所でのピンポイントでの危険度を評価する
②	危険度の高まり、切迫さが伝わる情報	誰にでも判る表現で危険度の高まりを把握できる 土砂災害発生危険度の切迫度が専門家以外でも判りやすい表現を採用する
③	災害が起きず空振りになっても、住民の避難情報への信頼性を損なわない情報	避難指示を発令した理由を説明できる情報を付加する
④	住民が安全に避難行動をとれるための情報	危険度の高まった土砂災害警戒区域に掛かる望ましくない避難所やルートを提示する

## 3. 使用する技術と情報発信方法

### (1) 使用するデータ・技術の整理

本システムで使用するデータ・技術を以下に整理する。

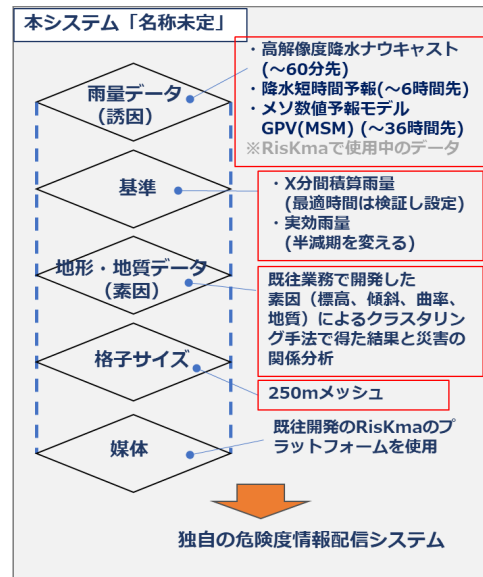


図-2 システムの使用技術の整理

### 1) 雨量データ (誘因)

誘因の評価に使用するデータは、RisKmaで使用中の「高解像度降水ナウキャスト(~60分先)」である。

また、本システムの危険度評価のうち誘因の評価に使用する指標は、雨量の影響を時間とともに減少させて土中水分量を示す実効雨量の考え方を使用することとする。

実効雨量は後述の京都大学考案の「未経験降雨指数」算出に使用されている基準であり、半減期を変えることにより、土中水分量の変化を表現し、土砂災害発生危険度(崩壊の起きやすさ)を評価している。

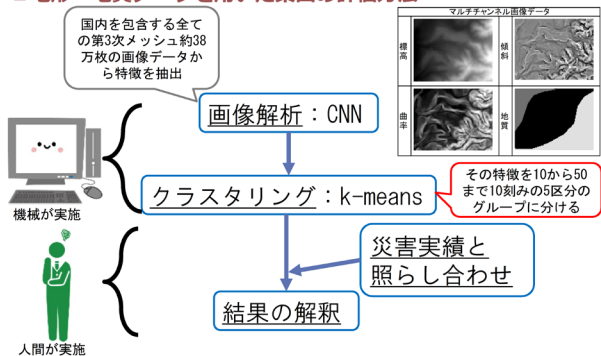
実効雨量 (半減期1h)	実効雨量 (半減期24h)
実効雨量 (半減期1.5h)	実効雨量 (半減期48h)
実効雨量 (半減期2h)	実効雨量 (半減期72h)
実効雨量 (半減期3h)	実効雨量 (半減期96h)
実効雨量 (半減期4h)	実効雨量 (半減期120h)
実効雨量 (半減期6h)	実効雨量 (半減期144h)
実効雨量 (半減期8h)	実効雨量 (半減期240h)
実効雨量 (半減期10h)	実効雨量 (半減期500h)
実効雨量 (半減期12h)	実効雨量 (半減期1000h)
	実効雨量 (半減期1500h)

### 2) 地形・地質データ (素因)

素因の評価はAI(畳み込みニューラルネットワークを用いた画像解析によるクラスタ分類)を用いて分析した既往研究の評価手法・結果<sup>4)</sup>を活用した。使用データに関しては、国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部土砂災害研究室より、当社が受託者として実施した「土砂災害発生予測における素因特性分類業務」の資料を提供して頂いた。

既往研究での素因の評価方法は図-3 に示す通りである。

### ■ 地形・地質データを用いた素因の評価方法



### ■ 画像解析に使用する学習データ

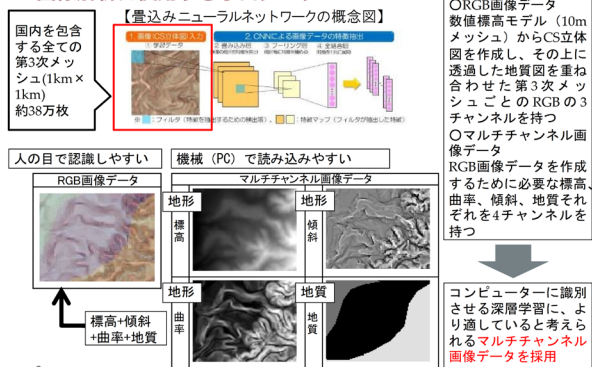


図-3 既往研究での素因の評価方法

## (2) 情報発信方法

### 1) 共同研究および技術指導

研究を進捗させるにあたり、「土砂災害の予測、ソフト対策」を専門としている京都大学小杉教授への研究方針の説明、研究進捗に伴う技術指導及び、共同研究の打診を行った。

技術指導、共同研究ともに快諾を得るとともに、土砂災害危険度評価情報を提供する上で、京都大学で下記の研究を行っているとの情報提供を受けた。<sup>5)</sup>

### 2) 適時適切な避難行動を促すと期待される土砂災害発生危険度の表現

当該技術は未経験降雨指数という専門家でもわかりやすい指標を用いており、土砂災害の危険度を正確に伝えることができ、避難行動を起こす必要性を強くアピールできるものとなっている。

そこで本研究では京都大学との共同研究として契約を行い、技術指導をいただくとともに、研究結果及びシステムのアウトプットイメージとして当該技術を適用した危険度評価とする方針とした。(図-4)

斜面や溪流ごとの土地環境や履歴の違いを考慮でき、見逃しと空振りの軽減化が期待できる土砂災害予測システムです。

### ◆ 背景

降雨により発生する土砂災害を軽減するためには、斜面崩壊や土石流的な発生予測が必要です。しかし現在の予測方法は、全国一律の雨量指標および各メッシュ一律の危険基準線(CL)に基づいており、地点ごとの土地環境(地形、地質、植生等)や履歴(性状変化の有無や時期)を考慮していません。このため見逃しと空振りを同時に少なくすることが難しく、改善が望まれていました。

### ◆ 発明概要と利点

発明者らは、各種雨量指標を様々な組合せ種々の見方で降雨の特徴を分析した上で、その結果を「未経験降雨指数」という新たな指数で表現する、独自の土砂災害予測システムを開発しました。未経験降雨指数は、「ここまで濡れば、いずれの雨量指標の組合せについても、現在時刻の雨量を上回る雨が出現する時刻」と定義します。未経験降雨指数の利点として、以下の可能性が期待できます。

#### > 見逃しと空振りの軽減

地点ごとの土地環境や履歴の違いを考慮した予測により見逃しと空振りを軽減

#### > 最新の降雨データを自動的に反映

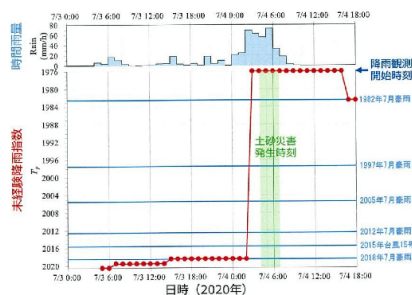
降雨データの蓄積に伴う見直し作業が不要で、常に最新の降雨記録に基づいた危険度判定を実施

#### > 避難の判断が直感的に分かるように

過去に災害を引き起こした豪雨との比較により、避難の根拠を明確化

#### > 正常性バイアスの軽減

過去の記録の豪雨を上回る規模になることを直接伝えることにより、避難行動の妨げとなる正常性バイアスを軽減



未経験降雨指数を当該豪雨にて算定した結果を示す。この指数を用いることで、観測を開始して以来、経験したことのない降雨規模になった時間帯に、土砂災害が発生していたことが分かる。未経験降雨指数を既往災害の日時と比べることで、避難行動を起こす必要性を強くアピールできると期待しうる。

図-4 適時適切な避難行動を促すと期待される土砂災害予測システム 出典：京都大学提供資料

## 4. 土砂災害データの整理・分析

### (1) 土砂災害データの収集

本研究で対象とする災害は、土砂災害警戒情報を発表する基準設定に使用する災害データと同様のものを使用することとした。

土砂災害警戒情報はCL(Critical Line)と呼ばれる基準を超過した場合に発表されるが、この基準を設定する根拠となる災害をCL対象災害と呼ぶ。

これらの災害データ情報に関しては研究開発目的としての使用許可を発注者に確認し、9都県を対象に、発注者に使用許可を依頼した。

依頼した結果を下記に整理する。

- ・ 山口県、島根県、東京都の担当者に確認し、使用許可を得た。なお、文書等を残しておく必要もあるため、営業部にも確認しながらデータ使用許可の依頼書を作成し、メールにて3県分の許可回答を得た。
- ・ 引き続き、山形県、千葉県、鳥取県、鹿児島県、群

馬県、徳島県へ同様に依頼し許可回答を得た。

表-2に災害データの研究への使用許可取得状況を整理する。

表-2 災害データの研究への使用許可取得状況

予報区分		使用許可	予報区分		使用許可
北海道0/1	北海道		近畿地方0/6	京都府	
東北地方1/6	青森県			大阪府	
	秋田県			兵庫県	
	岩手県			奈良県	
	山形県	○		滋賀県	
	宮城県			和歌山県	
	福島県		鳥取県	○	
北陸地方0/4	新潟県		中国地方2/4	島根県	○
	富山県			岡山県	
	石川県			広島県	
	福井県				
東海地方0/4	愛知県		四国地方1/4	香川県	
	岐阜県			愛媛県	
	三重県			徳島県	○
	静岡県			高知県	
関東甲信地方3/9	東京都	○	九州地方北部地方1/6(山口県を含む)	山口県	○
	栃木県			福岡県	
	群馬県	○		大分県	
	埼玉県			佐賀県	
	茨城県			長崎県	
	千葉県	○	熊本県		
	神奈川県		九州南部奄美地方1/2	宮崎県	
	長野県			鹿児島県	○
		山梨県		沖縄地方0/1	沖縄県

地方季節予報で用いる予報区分

災害データ使用許可

[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/kisetsu\\_riyou/division/kubun.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/kisetsu_riyou/division/kubun.html)

## (2) AI 解析結果から得られるCL対象災害の分析

前章で整理した素因の評価結果（クラスタリング結果）はCL対象災害とどのような関係があるか、研究使用許可を得た災害データを対象に分析した。（図-5）

分析結果の概要は下記の通りである。

- ・前述の既往業務成果と同様にクラスタ 29, 39 は災害が頻出するクラスタであることがわかる
- ・加えてCL対象災害が頻出するクラスタとして 1, 15, 17 が挙げられる
- ・対象クラスタの特徴としては、1：半固結～固結の谷底部を含む山地、15：深成岩・火山性岩類と未固結の地質境界かつ平地を多く含む氾濫域、17：火山性岩類の谷底部を含む山地 と考えられる。

## 5. 土砂災害危険度判定プログラム

### (1) テストプログラムの作成

降雨を入力条件として、土砂災害実績（発生箇所・時刻）との比較により、土砂災害危険度を判定するためのテストプログラムを作成した。当面は最適な雨量指標の

組み合わせ等の検討を行うため、操作性・改善の容易さを重視し、ExcelVBAを用いて基礎式を組み込んで作成した。将来的には処理速度を重視し、C言語等に移行する予定とする。

作成したテストプログラムは入力降雨データから複数の評価指標値を作成し、これらを任意で組み合わせ、任意形状の基準線の妥当性を一定期間における基準線超過頻度で評価できる。評価指標値作成と超過判定および超過頻度算出は自動化されており、誘因である降雨状況、地形地質等の素因、災害の特性に応じた最適な指標の組み合わせ検討を効率よく実施できる。

### (2) プログラムの検証と今後の課題

前章での整理結果（既往業務のクラスタ区分結果とCL対象災害の発生メッシュの状況）を用いて、開発した土砂災害危険度判定テストプログラムの検証を行った。

対象とするCL対象災害が発生しているメッシュは、2021年12月時点までの整理分で、日本全国約38万メッシュの内、7都県・731メッシュであった。

これらすべてのメッシュに対してテストプログラムを用いてデータを作成した。

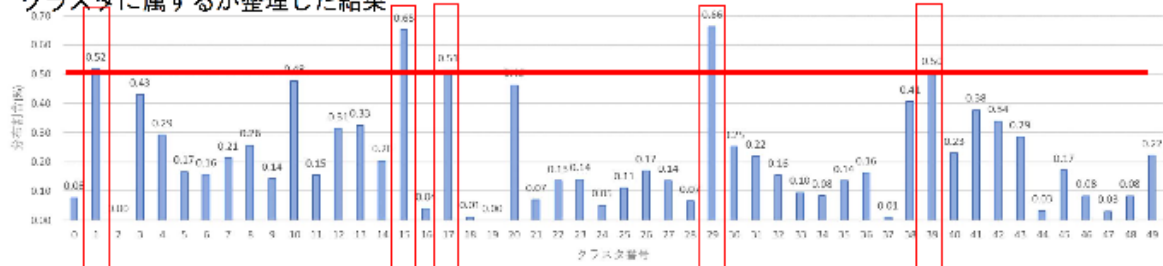
一方、テストプログラムでは、各メッシュでの情報を作成する機能しかなかったため、クラスタリング結果毎に評価する機能を追加した。この機能はWEBブラウザ上で確認できるようにした。

以上の手順から得られたクラスタリング毎の基準検討結果の一例を図-6に示す。

図-6に示すように、現行の土砂災害警戒情報に使用している基準と比較し、災害が発生している降雨が集中していることが確認できる。このように素因を考慮したクラスタ毎に基準を組み替えると災害発生降雨と未発生降雨の分類精度が向上させることができると考えられる。

この結果と3章で示した「未経験降雨指数」を組み合わせることにより、素因を考慮した、専門家でなくてもわかりやすい災害のひっ迫度を伝える情報を提供できると考えられる。

7都県のCL対象災害発生メッシュがどのクラスターに属するか整理した結果



日本全国38万の1kmメッシュを50クラスターに分類した結果

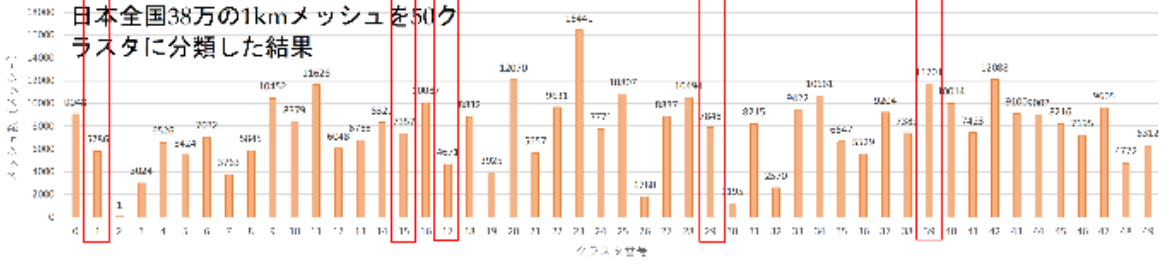
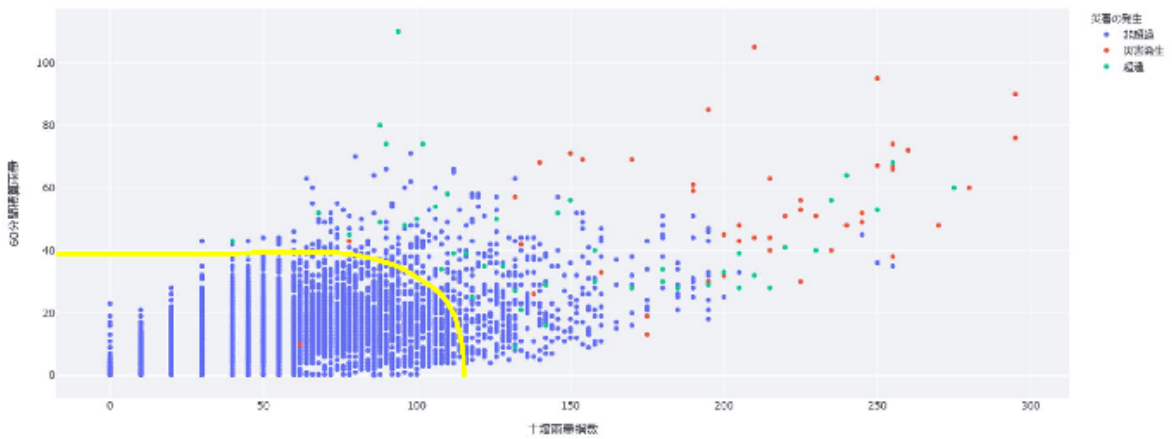


図-5 クラスタリング結果とCL対象災害の分布状況の分析

非超過・超過散布図(クラスター:29)

現行の土砂災害警戒情報に使用している基準 (クラスター29)



半減期48時間・半減期6時間散布図(クラスター:29)

新たに検討したクラスター毎の基準 (クラスター29)

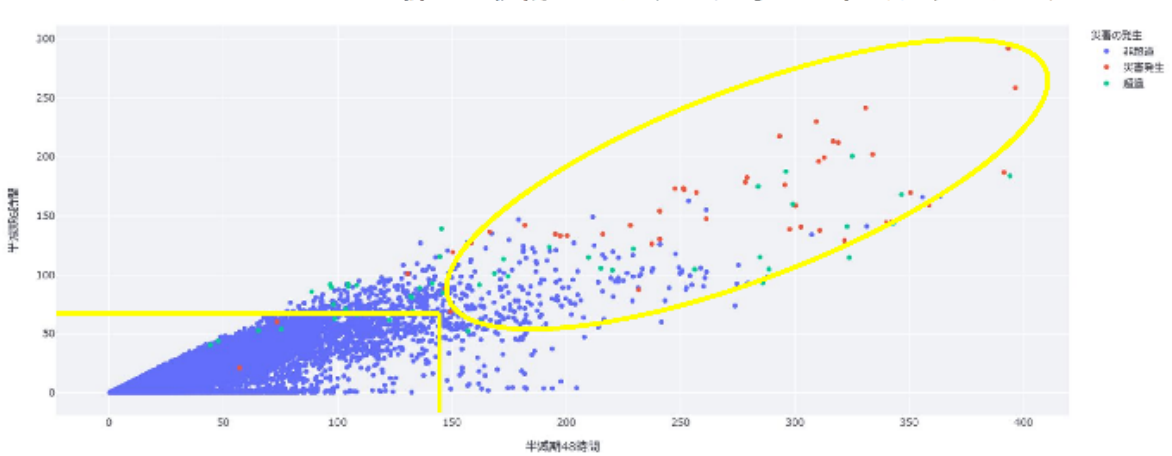


図-6 基準検討結果 (クラスター 29 の例)

## 6. 結論

本稿では、市町村の避難指示オペレーションを補助・補足する情報を提供するため開発した「土砂災害危険度評価システム」の研究結果状況について取りまとめた。それにより、下記の成果を得ている。

### 【本研究で得た成果】

- (1) 土砂災害危険度評価システムで対象とすべき手法や情報提供先を把握
- (2) 京都大学との共同研究を締結し京都大学特許技術の考え方を取り入れた情報提供方法を決定
- (3) 土砂災害情報の使用許可を7都県で得た

なお、本研究は4カ年計画の2カ年目の成果である。引き続き、研究を実施する予定としている。次年度はRiskMaに実装するための諸条件を整理し、実装に向けてインターフェース等を構築していくこととしている。また、今後も著しく進展が期待されるAI技術を降雨指標の変化パターンに取り入れた土砂災害危険度評価プログ

ラムの開発も視野に入れた検討を実施する予定である。

**謝辞：**本研究に際し、京都大学小杉教授に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)国土交通省・国土保全局砂防部(2021):気象庁予報部 都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き
- 2)中央防災会議(2021):防災基本計画
- 3)令和3年7月からの一連の豪雨災害を踏まえた避難に関する検討会(2022):令和3年7月からの一連の豪雨災害を踏まえた避難のあり方について(報告)
- 4)中西宏彰,野呂智之,野村康裕,鈴木大和,佐渡耕一郎,高橋信一,相澤明宏,家田泰弘:深層学習による素因特性分類に基づいた土砂災害危険度評価手法の検討,砂防学会研究発表会概要集2019年P-197
- 5)小杉賢一朗他(2021):スネーク曲線の既往最大値超過に基づく土砂災害発生予測-警戒・避難のための未経験降雨指数の提案-令和3年度砂防学会研究発表会概要集,15-16

## ADVANCED RESEARCH ON SEDIMENT-RELATED DISASTER INTANGIBLE MEASURES USING AI

Tomoo MATSUBARA, Takashi SASAYAMA, Kiichi KAWASE, Hikaru TODATE and Hiroaki NAKANISHI

Information that conveys the risk of sediment-related disasters in Japan includes "sediment-related disaster warning information" issued by the prefectural governors and the Japan Meteorological Agency, as stipulated in the Sediment-related Disaster Prevention Law. When the sediment-related disaster warning information is announced, the mayor of the municipality is supposed to issue an evacuation order immediately. Furthermore, in the disaster prevention basic plan, sediment-related disaster warning information is announced, and when the mayor of a municipality issues an evacuation order, it is stated that "the area subject to the evacuation order should be appropriately narrowed down" and is subject to issuance by each municipality. The target area for issuance is determined by each municipality.

However, some cities, towns and villages have not been able to properly narrow down the areas for which evacuation orders are issued, and the examination of narrowing down methods has become an issue. It has also been pointed out that the psychological burden of issuing evacuation orders has been pointed out.

In this paper, we report on the "earth and sand disaster risk assessment system" under development for the purpose of providing information that assists and supplements the evacuation order operation of municipalities in order to contribute to the solution of these points.

# 自治体防災行動支援システムの開発研究

野中 寛之<sup>1</sup>・由良 英作<sup>2</sup>・宮本 賢治<sup>3</sup>・山本 健吾<sup>4</sup>・小川 和馬<sup>5</sup>・野中 洋佑<sup>6</sup>

<sup>1</sup>技術士（建設部門） 株式会社建設技術研究所 大阪本社防災室（〒541-0045 大阪市中央区道修町1-6-7）  
E-mail: h-nonaka@ctie.co.jp

<sup>4</sup>E-mail: kng-yamamoto@ctie.co.jp

<sup>5</sup>E-mail: y-nonaka@ctie.co.jp

<sup>6</sup>E-mail: kzm-ogawa@ctie.co.jp

<sup>2</sup>技術士（総合技術監理部門，建設部門） 株式会社建設技術研究所 大阪本社水システム部  
（〒541-0045 大阪市中央区道修町1-6-7）  
E-mail: yura@ctie.co.jp

<sup>3</sup>RCCM（河川，砂防および海岸・海洋） 株式会社建設技術研究所 大阪本社水システム部  
（〒541-0045 大阪市中央区道修町1-6-7）  
E-mail: k-miyamoto@ctie.co.jp

近年，東日本大震災や令和元年九州北部豪雨，令和2年7月豪雨など大規模な災害が頻発しており，自治体に求められる災害対応が増大している．こうした状況に対応するため，一部の自治体では，防災行動を支援するシステムの導入を進めているものの，「情報集約」を基本としており，防災行動は地域防災計画等に基づき実施している実態がある．しかしながら，緊急性の高い災害対応では，自治体の担当者が個々の技術，システムを組み合わせることは困難であることから，各種防災行動を「一括」で管理・運用できるシステムが必要と考える．

本論文では，開発2年目において実施したシステムの構築（改善）や動作検証とともに，水災害以外の災害への対応を見据え分析した地震災害等の防災行動について報告するものである．併せて，自治体や民間企業に対しシステムの営業展開についても報告する．

**Key Words** : *system for supporting determination in disaster situation, municipality, flood damage*

## 1. はじめに

近年，東日本大震災や令和元年九州北部豪雨，令和2年7月豪雨などこれまで経験したことのない規模の災害が頻発しており，自治体に求められる災害対応が増大している．

自治体では，防災対応マニュアルの整備や防災行動を支援するシステムの導入など迅速な対応を可能とするための取組を実施している．しかし，現時点で自治体が導入している防災情報システムは「情報集約」を基本としており，情報を得た後の防災行動は，地域防災計画や各種災害対応マニュアル等に基づき実施している．

そのため，円滑な対応の可否は，防災部局の担当者の経験や災害時の確保可能な人数に影響され，特に職員

の少ない中小規模の自治体では，1人で複数の業務を実施するための確な対応が困難な状況にある．また，異動などで防災部局に経験者が不在となるケースも想定され，防災力の継続的な維持・向上も課題と考えられる．

以上のことから，緊急性の高い災害対応では，自治体の担当者が個々の技術，システムを組み合わせることは困難であることから，各種防災行動を「一括」で管理・運用できるシステムが必要と考える．

本論文では，昨年度基本設計を行った水災害に対応したシステムの構築（改善），動作検証ならびに，水災害以外の災害にも対応するため，地震災害等についての防災行動の分析結果について報告するものである．また，Riskma等と融合したシステムの営業展開についても報告する．

## 2. 防災行動の分析

昨年度は、モデル自治体として選定した奈良県王寺町における水害の防災行動について分析を行った。本年度は、本システムを水害以外の災害にも適用できるようにするため、王寺町における地震災害についての防災行動について整理した。

### (1) 行動項目・実施者等の検討

迅速かつ確実な防災行動を実施するためには、「いつ」、「誰が」、「何を」実施するのか明確にしておくことが重要であることから、防災行動の開始トリガー、実施者について検討した。なお、地震は水害とは異なり、地震発生からの対応となるため、開始の目標時間を設定した(図-1)。

検討にあたっては、行動項目については王寺町の地震時の防災行動の基本としている「王寺町地域防災計画」を、開始トリガー(目標開始時期)については「奈良県業務継続計画(大規模災害編)」等をもとに検討した。

### (2) タイムライン案の作成

検討した開始トリガー、実施者等を踏まえて、時系列、各課との連携についても整理したタイムライン(案)を作成した。

なお、各課の業務の大枠を示した「応急業務一覧」と職員の対応を円滑とするための「カルテ」を作成し、システムに表-1のように活用した(図-2)。

表-1 タイムラインのシステムへの活用方法

種類	内容
応急業務一覧	・防災行動の漏れ、抜けの防止を目的とした応急業務を一覧として表示
カルテ	・対応の内容を確認できる資料として掲載

■ 施設班(3/20)

記録者: \_\_\_\_\_

記録日時: (着手) 年 月 日 時 ~ (完了) 年 月 日 時

発災後	3時間	1日	3日	2週間	1ヶ月
目標時間					

業務分掌: 災害情報の収集に関すること

連携機関: 大和川河川事務所【TEL: 〇〇〇-●●●-〇〇〇〇】、奈良県郡山土木事務所

内容	チェック
① CCTVカメラ画像、テレビ、ラジオ、インターネット、関係機関等により、被害情報等を収集し整理する。	<input type="checkbox"/> 着手 <input type="checkbox"/> 完了
② 被害情報の収集可能手段を確認する。	<input type="checkbox"/> 〇時 <input type="checkbox"/> 〇時
③ CCTVカメラ画像、テレビ、ラジオ、インターネット、関係機関等より、被害情報等を収集し整理する。	<input type="checkbox"/> 〇時 <input type="checkbox"/> 〇時
④	<input type="checkbox"/> 〇時 <input type="checkbox"/> 〇時
⑤	<input type="checkbox"/> 〇時 <input type="checkbox"/> 〇時

関連資料・様式等  
CCTV操作マニュアル

図-2 カルテのとりまとめ例

### (3) 共通行動項目の整理

水害と地震において共通する防災行動は比較的多いことから、今後水害と地震の防災行動を効率的に整理するために、災害ごとに特徴(災害による実施の有無、時期の違い)のある行動を整理した(表-2)。

表-2 水害・地震における防災行動の分類

種類	内容
地震: 実施しない 水害: 実施する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気象情報等の収集</li> <li>・重要書類、データの退避</li> </ul>
地震: 発生後に実施 水害: 発生前に実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・災害対策本部の設置等</li> <li>・情報伝達に関すること</li> <li>・避難に関すること</li> <li>・児童等、施設利用者等の安全確保に関すること</li> <li>・水防活動計画や水防資材の確保、輸送に関すること</li> </ul>
地震: 実施する 水害: 実施しない	<ul style="list-style-type: none"> <li>・警戒区域の状況の伝達に関すること</li> </ul>

業務担当者		業務分類・名称		必要人員数		主作業場所		目標開始時期	必要資源	庁内連携先	外部連携先	備考						
対策部	班名	業務名	業務内容	業務実施に必要な人員数	必要資格・技能	施設(庁舎等)	階数											
危機管理室	危機管理室	避難指示等の発令に関すること	警戒レベル3、警戒レベル4の発令	3.00		やわらぎ会館	3F	3時間以内			西和消防署、西和警察署							
危機管理室	危機管理室	避難指示等の発令に関すること	気象情報や河川情報、土砂災害警戒情報等による避難情報の発令			やわらぎ会館	3F						災害対策本部					
危機管理室	危機管理室	避難指示等の発令に関すること	各関係機関から発表される情報を活用した、避難情報の発令基準の再検討			やわらぎ会館	3F						災害対策本部					
危機管理室	危機管理室	避難指示等の発令に関すること	屋内での待避その他の屋内における待避のための安全確保に関する措置(以下、「垂直避難等」という。)の指示			やわらぎ会館	3F						災害対策本部					
危機管理室	危機管理室	避難指示等の発令に関すること	警戒レベル3、警戒レベル4、警戒レベル5を発令し、又は重要避難等を実施したとき、その旨の県への報告			やわらぎ会館	3F						災害対策本部					
危機管理室	危機管理室	避難指示等の発令に関すること	警察官等が、警戒レベル4や緊急や屋内での待避安全措置の指示を行い、その旨を町長に報告してきたときの県への報告			やわらぎ会館	3F						災害対策本部					
危機管理室	危機管理室	避難指示等の発令に関すること	町長、県、西和警察署又は自衛隊が警戒レベル4を発令したとき、その内容の相互の連絡			やわらぎ会館	3F						災害対策本部					
危機管理室	危機管理室	避難指示等の発令に関すること	警戒レベル4を解除したとき、その内容の関係機関への連絡			やわらぎ会館	3F						災害対策本部					
危機管理室	危機管理室	避難の誘導に関すること	町民が安全かつ迅速に避難するための誘導		4.00		やわらぎ会館						3F	3時間以内			消防団	
危機管理室	危機管理室	避難の誘導に関すること	土砂災害が発生するおそれのある地区に住む要配慮者等の避難について、避難が夜間になびそうな場合に日没前に避難が完了できるような早期の発令				やわらぎ会館						3F					

図-1 応急業務一覧の一例

### 3. ワークショップの実施およびシステムの更新

#### (1) ワークショップ開催の背景

昨年度、王寺町（危機管理室）と共同して、システムの基本設計（第一案）を行った。ただし、本システムは王寺町の全ての課の職員が使用して、災害対応にあたることを想定していることから、表-3 観点を踏まえて、ワークショップを開催し、システムを改善することとした。なお、今回のワークショップでは観点2よりシステム設計やデザイン思考に精通している株式会社パソナテックにファシリテータを依頼した。

表-3 ワークショップの観点

No.	観点
1	・災害対応の中心となる他部署の方からも幅広い視点で意見をもらうことが重要
2	・デザイン思考に精通した第三者視点を踏まえた反映も重要

#### (2) ワークショップの内容

王寺町でのワークショップは、表-4 に示す検討項目をテーマに、計2回実施した。

表-4 ワークショップでの検討項目

ワーク	検討項目
1回目	・システムの使いやすさと必要機能等
2回目	・画面デザインの検討等

#### 1) 1回目のワークショップ

1回目のワークショップでは、参加者に本システムについて理解を深めることも含め、「システムの使いやすさ」「システムの利用者、利用場面」「Top 画面等に必要となる機能」について検討した。



図-3 ワークショップ（1日目）の様子

グループ1

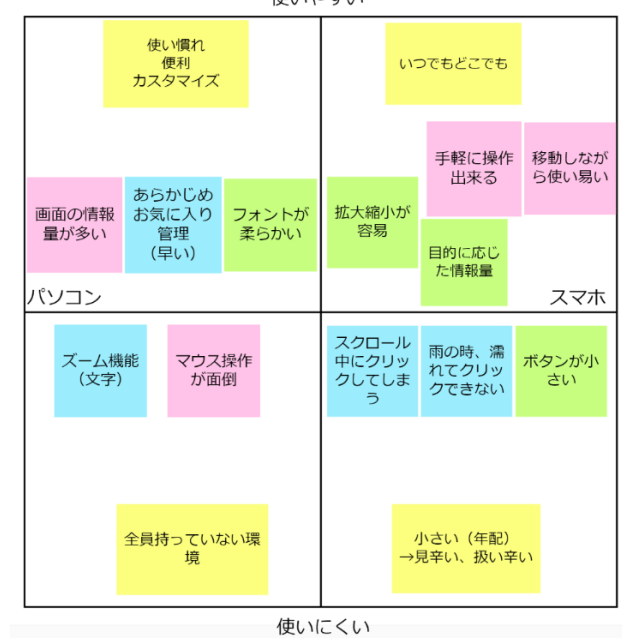


図-4 システムの使いやすさの検討結果

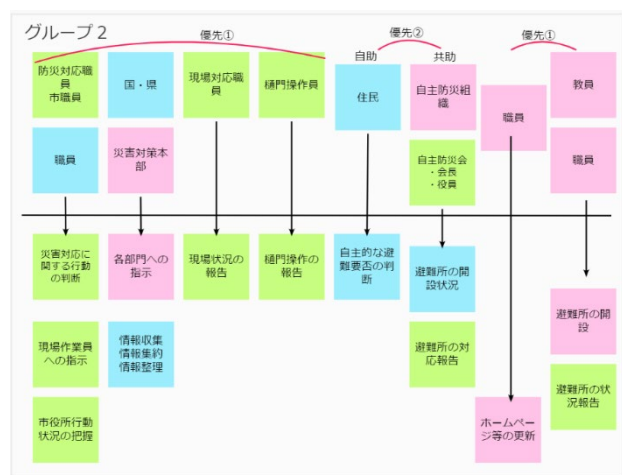


図-5 必要機能の検討結果

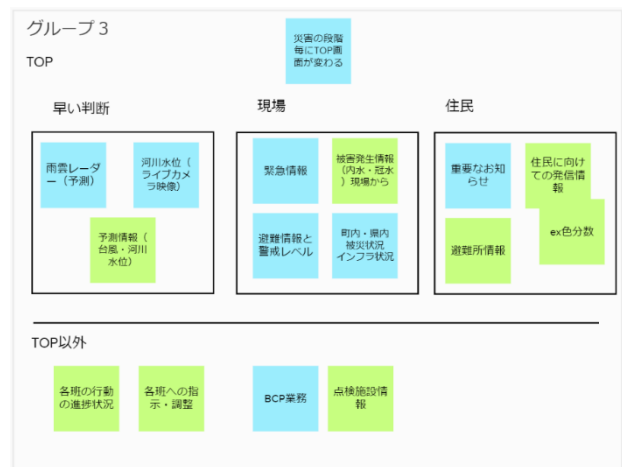


図-6 必要機能の検討結果



## 2) 2回目のワークショップ

2回目のワークショップでは、1回目で挙げられたシステムの課題等を踏まえてデザイン案を複数作成し、その中から第一案のシステムのデザイン・構成について画面デザインへの採用を検討した。



図-7 ワークショップ（2日目）の様子

グループ3		
★ 防災対応時の必要情報が集約されている		調べる項目が一度に見られるのは便利
見やすさ	使い易さ	分かりやすさ
<ul style="list-style-type: none"> <li>読み易さ → 読みの使い方がマニュアルが必要</li> <li>文字小 → 必要情報の選定</li> <li>画面の切り替え → デバイスによる適切な表示</li> <li>デザイン → 操作性に分かりやすく</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>管内概要図の切り替え → 一覧確認</li> <li>情報過多 → 情報の優先順位が分かりやすく分類する</li> <li>TOPページに概要図が複数表示されると良い</li> <li>管内概要図で凡例がスムーズに出てこない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スクロールしないと全体が見えない</li> <li>近隣の危険度を大きく表示し短時間で更新してほしい</li> <li>更新頻度の切替が多すぎる → システム上の工夫</li> <li>タイムラインの表示が分かりにくい</li> <li>共通の時計表示が欲しい</li> <li>タイムライン → 近隣の危険度を大きく表示し短時間で更新してほしい</li> </ul>

図-8 第一案のシステムに対する課題検討

図-9 システムの改善案（気象・災害情報画面）

## (3) システムの更新

ワークショップを通じて得られた意見に対して、システムへの反映方針を検討し、職員が使いやすく、見やすいデザイン・構成に更新した（表-5）。また、ワークショップを通じて得られた気づきは、今後の研究開発に生かすこととする（表-6）。

図-9に、更新したシステムの画面と改善点を示す。

表-5 ワークショップでの主な意見

得られた意見（例）	反映方針
操作性 タブレット端末では表示される情報が小さく、ボタンも押しにくい。	タブレット・スマホ用の簡易的な画面構成を検討する。
表示情報 TOP画面に情報が多く、混乱する。	TOP画面に表示する情報を絞り、見やすい画面構成を提案する。
TOP画面には、外部機関の情報だけでなく、町の実施事項についても表示してほしい。	今回のWSで町職員から挙げられた、災害時に確認したい情報をTOP画面に掲載するよう検討する。

表-6 ワークショップを通じての気づき

番号	検討項目
1	・住民直結情報の充実(住民ファーストの観点)
2	・避難所開設・混雑状況のリアルタイム共有
3	・使用者別の画面分類(幹部、庁内職員、現地職員等)
4	・PC、タブレットおよびスマホにおける閲覧情報の選別
5	・平常時の活用機能(施設点検パトロール結果の整理等)

#### 4. システムを使用した模擬訓練の実施

利用者にとって使いやすいシステムとするためには、システムの構築と並行して訓練等を通して利用者目線での操作性の確認を行うこと、更にシステムに関する意見を聴取しシステムに反映することが重要である。王寺町はシステムを用いた訓練の実施に前向きであり、今年度より調整を行っている。

今年度は、王寺町での訓練を見据え社内での模擬訓練を実施した。訓練結果を反映させた改善を実施した。

##### (1) システムを活用した模擬訓練の実施

###### 1) 訓練内容の決定

次年度実施する王寺町での訓練を見据え、模擬訓練の概要を表-7の通り整理した。訓練では、支援システムによる情報収集機能等の検証を行うため、災害対策本部だけでなく避難所等の現場からの参加もシナリオに含める。また、今後実務者視点でのシステムへの意見を収集するため、幹部・課長級に加え係長級の職員も訓練に参加いただく想定とした。

表-7 システムを用いた訓練の概要

項目	内容
訓練内容	・職員間の情報伝達 ・システムタイムラインに基づく災害対応
場所	災害対策本部、現場（避難所等）
時間	2時間程度（参加者の集中力を勘案）
参加者	・WS（第3章）に参加した8部署 ・災害対策本部：幹部・課長級 ・現場（避難所等）：係長級

###### 2) 訓練準備

社内で実施する模擬訓練に向け、1)の概要をもとに訓練シナリオを作成した。訓練シナリオは、今後の王寺町での訓練を見据え、王寺町関係課を対象とした構成とした。訓練シナリオで対象とした行動項目を表-8に示す。

訓練シナリオでは、限られた時間の中でシステムに多く触れるため、できるだけ多くの機能を使用する構成とした。

表-8 システムを用いた訓練の概要

行動項目	関係者（例）	システム画面
気象情報の確認	関係課課長	気象・災害情報
注意体制の発令	総務部理事	タイムライン
現場パトロール	建設課職員	管内概要図
水防体制の発令	副町長	タイムライン
災害対策本部設置	町長	タイムライン
水防活動の実施	消防団	管内概要図
避難所開設	避難所班等	管内概要図
高齢者等避難発令	町長	気象・災害情報

#### 3) 訓練の実施

2)で作成した被災シナリオに基づき、システムを使用した模擬訓練を実施した（表-9、図-10）。自治体の職員役はCTI社員とインターン生が担当したが、システムに関する意見集約のため、システム開発への関わりがない「システム未経験」の社員やインターン生を選定した。

表-9 模擬訓練の概要

項目	内容
実施日時	2021年9月27日 14:00~16:00
場所	CTI大阪本社 5階会議室
参加者 (下線：システム 未経験)	水システム部 由良 防災室 山本 小川 竹内 (インターン生)

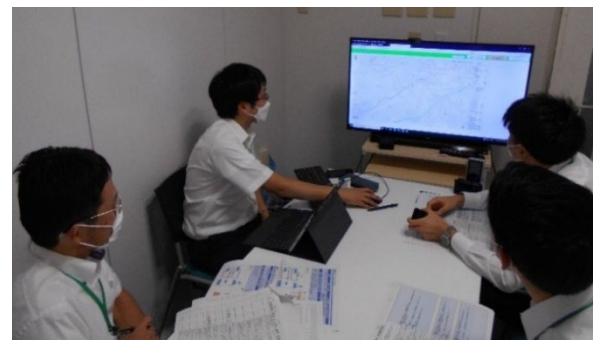


図-10 模擬訓練の様子

###### 4) 訓練を踏まえた課題の整理

模擬訓練の実施を通して得られた意見と課題を、シナリオの行動項目ごとに表-10に示す。シナリオへの意見、システム機能、に関する意見が複数挙げられた。これらへの対応方針は、次項以降で整理する。

表-10 模擬訓練で挙げられた意見と対応する課題

行動項目	意見	課題
気象情報の確認	・シナリオ中の台風情報の確認が煩雑 ・タイムラインでは注意体制の発令タイミングが不明確	・台風情報の容易な取得（リンクの記載等） ・注意体制発令に関する、タイムライン表示基準の明確化
現場パトロール	・スマートフォンから写真のアップロードができない	・写真アップロード機能の修正（OSによる誤作動）
水防体制の発令	・タイムラインでは水防体制の発令タイミングが不明確	・水位情報以外のトリガーの追加（警報など）
水防活動の実施	・管内概要図では、被害発生箇所が分からない	・被害情報の表示（調査箇所のハイライト等）
全体	・シナリオの誤字 ・ブラウザによりシステムの見え方が異なる	・（誤植対応） ・ブラウザごとの表示不具合（タイムラインの実施入力等）

## (2) 訓練結果を踏まえたシステムの更新

訓練で挙げられた意見を踏まえ、次の通りシステムの一部機能を更新を行う。

### 1) 写真アップロード機能の修正

写真アップロードは、Android に加え iOS から実施できるよう修正を実施した。

### 2) 表示の修正（ハイライト、リンク等）

現在実施している表示画面構成の更新に合わせ、今後更新を実施する。

### 3) 体制のトリガー

各種体制のトリガーについては、現行タイムラインでは河川水位を参照している。しかし、実際には各種体制の責任者による判断など、他要因による体制の発令も考えられる。今後、これら複数のトリガーについて実例も参考にしながら、システムへの実装方法を検討する必要がある。

## (3) 王寺町での訓練準備

模擬訓練の結果をもとに、今後実施する王寺町訓練に向けた以下の準備を行った。

### 1) シナリオの修正

訓練での意見を踏まえ、訓練資料の表現や文字抜け等を修正した。

### 2) システム説明時間の追加

模擬訓練では、システム未経験者が操作に迷う場面が見られた。このことから、王寺町の訓練においては、システムの活用を目的として訓練に加えシステム説明の時間を設けることとした。王寺町におけるのシステム活用訓練の流れのイメージを図-11 に示す。

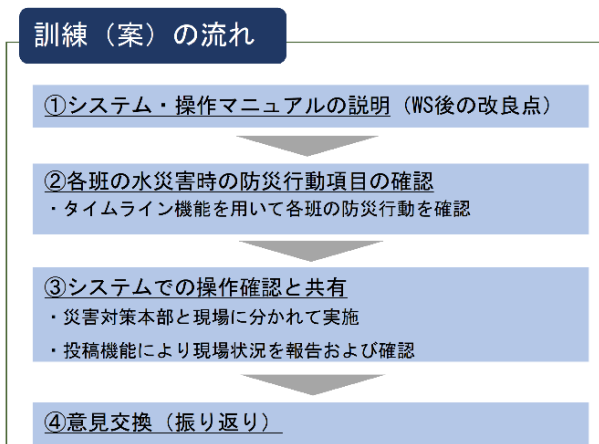


図-11 システム活用訓練の流れ

## 5. システムの営業展開

### (1) 支援システムの営業展開の方向性

本研究で開発を進める「防災行動支援システム」は、災害時に必要となる情報収集とそれに基づく意思決定を主に支援することを主眼に置いている。一方で、当社では河川水位や土砂災害リスクの予測（水害リスクマッピングシステム「Riskma」）や、収集した雨量情報に基づく浸水班員の推定（リアルタイム浸水把握システム）など、自治体への災害支援について多くのシステムを開発している。

営業活動では、これらシステムの機能を相互に組み合わせることで、顧客の要望により合致する提案が可能になると考えられる（図-12）。本年度の営業では、特に水害リスクマッピングシステム「Riskma」と連携した営業活動を通して、支援システムの営業展開ならびに顧客のニーズ把握を行った。

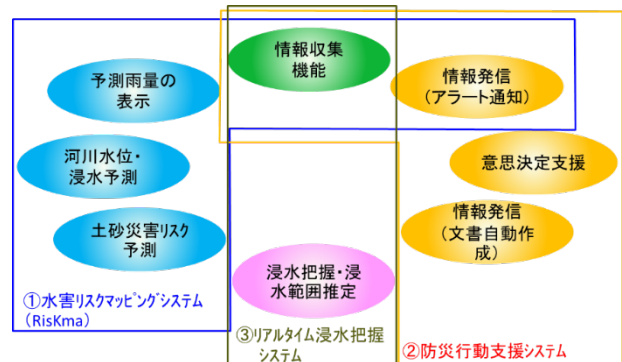


図-12 複数システムの組み合わせイメージ

### (2) 2021 年度における営業報告

2021 年度は、以下の通り営業活動を実施した。

#### 1) 建設技術展

民間企業が開発した建設に関する新技術・新工法を展示・紹介する場で産・学・官の交流を行う「建設技術展 2021 近畿」に、防災行動支援システム、Riskma、河川空間 AI 検知システムの 3 商品を合同で出展展示した。

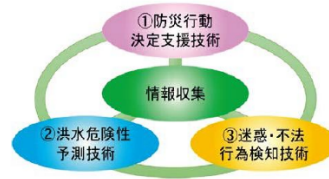
建設技術展の概要ならびに作成した資料を表-11、図-13 に示す。併せて、当日の様子を図-14 に示す。

表-11 建設技術展の概要

項目	内容
開催日時	2021 年 10 月 27 日～28 日 2 日間 両日 9:30～16:30
開催場所	インテックス大阪 4 号館
ブース来場者	2021 年 10 月 27 日：147 名 2021 年 10 月 28 日：141 名
担当部署	・防災行動支援システム、Riskma： 大阪本社水システム部、防災室、 ・河川空間 AI 検知システム：大阪本社情報・電気通信部

自治体防災行動支援システム・河川空間AI検知システム

■防災行動支援システム(①) ■「RiskMa」水災害リスクマッピングシステム(②)  
 災害対応事項や進捗状況をシステム上で一元管理し、意思決定や情報発信の支援を通し自治体が抱える経験・人材不足を解決します。先行開発した浸水予測技術(RiskMa)と連動し、気象データに基づく災害対応の意思決定を支援いたします。  
 ■河川空間AI検知システム(③)  
 既存のCCTVカメラやネットワークカメラの映像をもとに、迷惑・不法行為(ごみ投棄、ゴルフ行為及び河道内走行車両)の検知を可能とするモデルを作成し、管理者の負担軽減、環境美化に貢献いたします。



紹介技術の関連性

担当部署 (①②)	大阪本社 防災室	担当者	野中 寛之	Tel	06-6206-5183	Fax	06-6206-6027
担当部署 (③)	大阪本社 情報・電気通信部	担当者	漆谷 晃樹	Tel	06-6206-5994	Fax	06-6206-6047

**①防災行動支援システム**  
～災害対応をトータルサポート～

**意思決定支援機能**  
①被害状況や対応状況の地図表示  
②タイムラインによる各部署対応状況の一元管理

**情報発信機能**  
①次の行動内容の自動発信  
②対応報告資料を簡単出力

**②RiskMa**  
～さまざまな防災情報を集約表示～

**③河川空間AI検知システム**  
～迷惑・不法行為の削減に貢献～

<http://www.ctie.co.jp/>

図-13 ガイドブックにおける当社技術の紹介



図-14 建設技術展の様子

ブース来場者の職種別構成としては、メーカー関係者39%など民間企業が多くを占めた一方で、自治体関係者は5%にとどまり、支援システムが対象とする顧客への訴求は限定的となった(図-15)。

一方で、民間企業の来場者からも「BCPを策定しているが、あまり認識、実行できていない」など、BCP運用の支援に関するニーズがあることを確認した。

今後は、民間企業のBCP実効性向上の支援に対しても機能の充実を図り、顧客のカバー範囲を拡大していくことが必要であると考えられる。

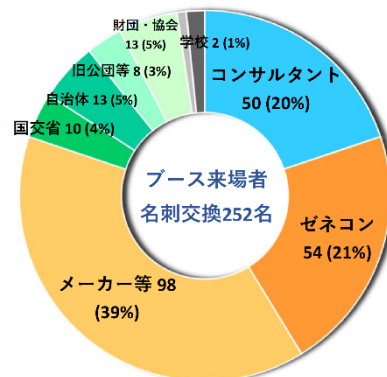


図-15 ブース来場者の構成

## 2) 自治体営業

2021年度は、表-12に示す自治体や民間企業へ、支援システムの営業を実施した。営業の内容として、Riskmaと合わせての活用を提案することによりシステムの商品価値向上を図った。営業の際は、導入時のコストや手順をイメージしやすいよう、導入フロー（図-16）などを用いて説明を行った。

山口県光市については、支援システムを含めたプロポーザルが特定され、実装に向けた検討を進めている。営業時に顧客から得られた意見や要望（表-12）を分析し、システムへの反映を今後検討する。

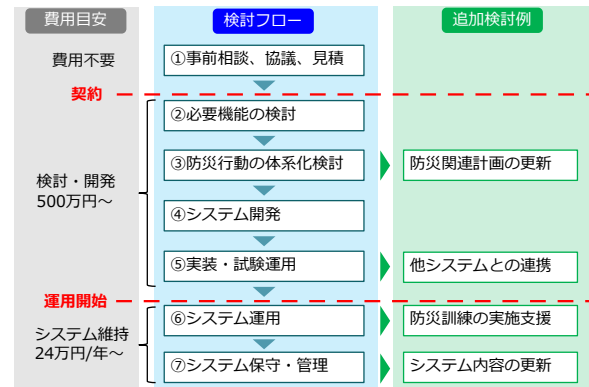


図-16 自治体向け説明資料（導入フロー・費用）

表-12 2021年度における自治体・民間企業への営業概要

対象機関	営業内容	状況・今後の展開	
自治体	群馬県	県主導で導入したRiskmaの機能説明に合わせ、各市町へシステムを提案	伊勢崎市：県へ支援システムの機能追加や導入支援要望⇒今後の動向注視
	伊勢崎市		
	中之条町		
	安中市		
	藤岡市		
	高崎市		
	館林市		
	邑楽町		
千代田町			
前橋市			
愛媛県 宇和島市	地域防災計画改訂業務と併せ、防災行動を支援するシステムを提案	公募型指名競争入札に応札	
山口県 光市	プロポーザルでRiskma、支援システムを提案（主幹：大阪水システム部）	プロポーザル特定⇒業務参画	
民間	旭化成 富士工場	Riskmaは既に導入されており、防災行動支援システムの導入について営業	システム本格導入を継続し提案

## 6. 結論

本稿では、王寺町をモデル自治体として開発した「防災行動支援システム」等の研究成果についてとりまとめた。それにより、下記の成果を得ている。

### 【本研究で得た成果】

- (1) ワークショップ、訓練を通じてより使いやすい、見やすいシステムへと更新
- (2) 地震時の防災行動、また水害時との対応の違い等について把握
- (3) Riskma等とのシステムと融合した営業展開を実施

なお、王寺町の担当課から幅広いニーズを抽出できたことで、より王寺町の災害対応にマッチしたシステムへと更新できた。

次年度以降は、出水期前に王寺町でシステムを活用した防災訓練を予定しており、改善したうえで出水期の運用を行う予定である。また、受注につなげるため、営業職員が活用できる、顧客に魅力を伝える資料・ツールの作成する予定である。

表-13 自治体・民間企業への営業から得られた意見と対応方針

項目	主な意見	対応方針
情報収集機能	・気象情報、クロノロ、写真等知りたい情報が揃っており、他社と比較して最もまとまったシステムであると感じる。	・当社開発システムの独自性をアピールした営業コンテンツ（動画等）を作成
意思決定支援機能	・発災後に対応すべき事項がわかるものが欲しい。	・タイムライン機能を強化（見せ方）
	・災害時に地域防災計画等を確認するが、情報迷子になることがある。	・関連計画、様式などをリンクさせ、閲覧できる機能を追加
その他	・新任の職員に対してどのような支援ができるか。	・操作説明動画と訓練モードを作成 ・平常時の活用方法を検討
	・もう少し具体的な費用の適用範囲を明示してほしい。	・費用、検討フローを作成
	・サーバだと準備や管理が手間になるのが気がかり。	・クラウド管理により管理負担を軽減

# RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR SUPPORTING DETERMINATION IN DISASTER SITUATION ACTED BY LOCAL GOVERNMENT

Hiroyuki NONAKA, Eisaku YURA, Kenji MIYAMOTO, Kengo YAMAMOTO and  
Yosuke NONAKA

Large-scale disasters occurring frequently these days, local government staffs need to face more and more tasks for offering public service in the cases of disaster. Some local governments have introduced the support systems for the decision at the time of disaster. However, the operating itself hasn't changed since these systems focus only on information gathering. Local government staffs have been forced to shoulder a big burden, because gathering information, knowledge into one place poses major difficulties in the situation with high urgency situations like heavy rain, big typhoon and so on. Therefore, developing the system for totally supporting the decision at the time of disaster is needed.

In this research, we have been put operating plans and manuals at the disaster like heavy rain, earthquake and tsunami into one system from last year. In this 2<sup>nd</sup> year, we had tried to check and improve the system based on opinions from workshop in Oji town and simulation training in CTI. At the same time, we had analysed operating plans in the case of the earthquake to improve the system. And we had tried to find new customers through the chance of exhibition and so on.

# 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

宇都宮 優喬<sup>1</sup>・上山 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ISP(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丁目14-5 KDX浜町中ノ橋ビル 2階)  
E-mail: ytk-utsunomiya@ctie.co.jp

<sup>2</sup>技術士(情報工学, 建設, 電気電子, 総合技術監理)  
株式会社建設技術研究所 東京本社情報・電気通信部  
(〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)  
E-mail: ucyama@ctie.co.jp

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年後、30年後ともに約1.3倍となる見込みである。しかし、地方自治体では技術者が不足しており、十分な河川管理ができていない。そのため、持続的・実効的なインフラメンテナンスを達成するために、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監視画像、撮影画像が挙げられる。

本論文では、持続的・実効的なインフラメンテナンスを達成するために、設置されるCCTVカメラより得られる映像及びAI(人工知能)技術を用いて、インフラメンテナンス行為の効率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, Recurent Neural Network, Image analysis service

## 1. はじめに

近年、集中豪雨や台風による激甚災害が頻発している。このような災害に対して、被害を防止・軽減化するためには、気象警報や避難情報の発表を受け、浸水防御、避難行動等の災害に対する備えを事前に実施する必要があるが、現状では逃げ遅れや孤立といった状況が発生している。そのため国土交通省では、氾濫の危険性が高く、人家や重要施設のある箇所には簡易型河川カメラを設置し、河川状況を確認することで、従来の情報に加えリアルタイムのある洪水状況を画像として住民と共有し、適切な避難の判断を可能にする技術確立を目指している。

「水防災意識社会」の再構築に向けた緊急行動計画<sup>1)</sup>によると、簡易型河川監視カメラを2020年度までに約3,600箇所(内訳：国1,600箇所、自治体2,000箇所)設置予定とされていた(2020年2月時点で224箇所の画像提供(図-1))。よって、河川分野においては、CCTVカメラが増大する事が想定される。加えて、簡易型河川カメラは、クラウド等のインターネット環境において映像情報を蓄積

することを前提とするケースが多く、個別機関のクローズな環境で映像蓄積される道路映像とは異なり、民間でもアクセスできる環境となる可能性も高い。

以上より、官より提供される画像・映像情報を活用してインフラメンテナンス行為の効率化、及び当該過程で併せて実施される管理・監視行為の支援を行える技術を開発することは急務であると考えられる。

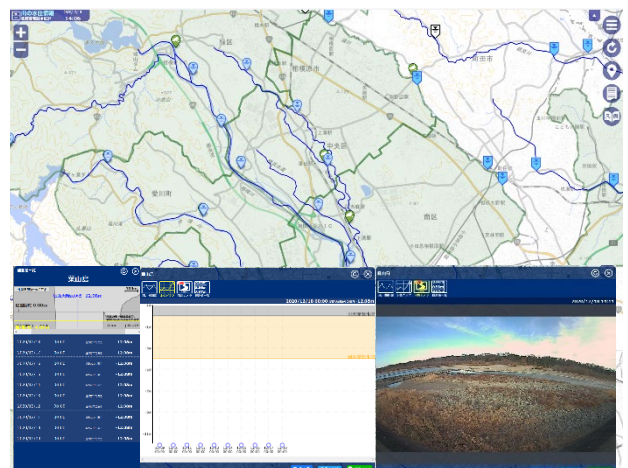


図-1 公開されている CCTV 画像例(川の水位情報<sup>2)</sup>)

## 2. 関連研究

インフラメンテナンス分野における既往画像解析サービスの事例としては、AI 技術を活用したコンクリート護岸の劣化度合いを判定するためのシステム<sup>3)</sup>、道路橋のメンテナンス効率化に向けたAIの開発<sup>4)</sup>、セキュリティ対策を目的とした防犯カメラを対象とする映像解析ソリューション<sup>5)6)</sup>等、様々な分野で技術開発されているがいずれも独自で収集している画像・映像を対象としており、官の設置する映像を用いることを前提とするサービスは確認できない。その点において、本研究のような公開されている画像・映像を対象とした画像解析サービスは独自性を認めることができると考えられる。

## 3. 検討対象

本研究では鳥取県倉吉市不入岡を起点に東伯郡北栄町を流下して日本海に至る二級河川由良川水系北条川を対象地としている。北条川は低平地を流下するため、河床縦断勾配が緩く、河道断面も小さいため、古くから河川の氾濫が常態化している。平成30年9月の台風24号襲来においても浸水被害が発生し、幹線道路が冠水して集落が孤立するなど、地域住民から被害軽減を求める声が高まっている。

一方、鳥取県は下流域を対象に河川整備計画を策定し、平成20年3月には北条川上水路が完成するなど着実に整備を進めているところであるが、北条川放水路の整備によって新たな河川管理上の課題を抱えている。

本研究では、鳥取県協力のもと、北条川流域(図-2)に内在する課題に対処し、効果的・効率的な河川管理を実現するため、AI(人工知能)技術を用いた高度な河川管理手法の確立を目指す。

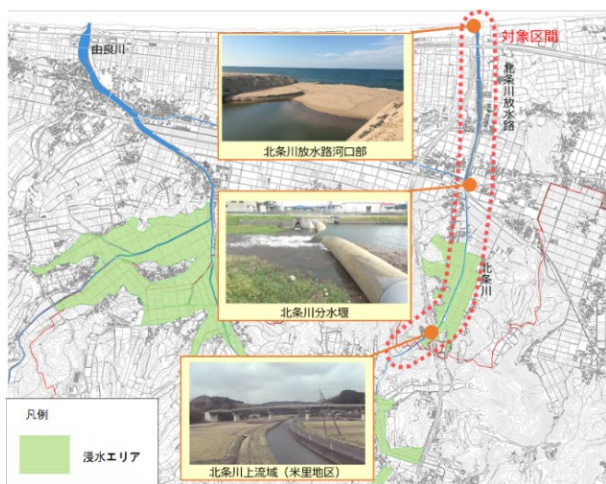


図-2 対象地(二級河川由良川水系北条川)

## 4. 北条川における河川管理上の課題

### (1) 北条川上流域(米里地区)の浸水

河川整備計画により中・下流域での河道改修が進められているが、ハード対策と並行し、上流域におけるソフト対策が求められている。現状では米里地区における水防活動及び避難行動は、地区内に設置済の水位計及びCCTVカメラ映像を活用しているが、いつ、どこで溢水が発生したのかを迅速かつ正確に把握することができていない。

### (2) 北条川放水路河口部における砂州高の評価

河口閉塞による北条川放水路の流下能力低下を防ぐため、砂州が一定の高さになり、まとまった降雨が予測される場合に砂州開削作業を実施している。現状では砂州高を定量的に計測できていないため、洪水前に的確に砂州撤去の判断をするため、現場又はCCTVカメラ映像を見て主観で判断している。

### (3) 分水堰の操作による負担

分水堰の操作にあたっては、堰倒伏開始水位への到達を常時監視する必要がある。また、気象情報や雨量観測情報を基に堰倒伏開始水位に至るまでの時間を判断(想定)し、操作への手続き及び行動を起こす必要がある。現状では堰倒伏開始水位に至るまでの時間推定は職員の経験と勘で行っており、人事異動等による運用精度の低下が懸念される。さらに、操作判断は休日・夜間にも及ぶため、職員の時間拘束による心理的負担が大きい。

## 5. 課題解決に向けたAI技術開発

本研究では上記課題解決のために、下記3項目についてAI技術を用いた研究開発を実施した。

### (1) 北条川上流域(米里地区)における溢水の監視

溢水現象を把握するために、AI技術によりCCTV映像を常時監視し、溢水の発生を判定する。

### (2) 北条川放水路河口部における砂州の監視

的確な砂州の撤去高さを判断するために、AI技術によりCCTV映像を常時監視し、砂州が撤去すべき高さになったことを判定する。

### (3) 北条川分水堰の操作支援

周辺気象、水位計・雨量計データに基づき、AI技術にて数時間後の水位予測を行い、堰を倒伏すべき時刻を予測する。



## 6. 北条川上流域(米里地区)における溢水の監視

### (1) 溢水検知モデルの構築

溢水発生の有無を判定するため、CCTVカメラ映像から河川水面領域を検出するモデルを構築した。

#### a) 学習用データの作成

学習用データとして、CCTVカメラ映像内の水面領域をモデルに学習させるためのデータセットを作成した。具体的には、表-1のCCTVカメラ映像を対象に、「河川水面」をアノテーションした画像(正解データ)を作成した。

#### b) モデルの構築

画像に含まれる水面の特徴を抽出し、通常時、増水時、溢水時の河川水面を検出するモデルを開発した。開発にあたっては、深層学習(Deep Learning)の一種であり、高度な画像解析能力を持つ畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network (以下 CNN)を活用し、その中でも、高精度かつ高速度で処理が可能なMobileNetV3<sup>3)</sup>を用いた。北条川上流域の3地点で以下の4つのモデルを開発した。

- ・北条川下流モデル
- ・北条川上流モデル
- ・北栄町米里モデル (日中・夜間用)

表-1 溢水監視モデル用の学習用データの内容

対象カメラ	①北条川下流モデル	②北条川上流モデル
カメラ映像 SD画質 640×480		
撮影日時	2020年3月4日～2021年7月9日	
画像枚数	1,652枚	1,881枚
対象カメラ	③北栄町米里 日中モデル	④北栄町米里 夜間モデル
カメラ映像 SD画質 640×480		
撮影日時	2020年6月1日～2021年7月9日	
画像枚数	日中: 2,993枚	夜間(照明有): 628枚

#### c) モデルの精度検証

構築した溢水検知モデルについて、下記の内容で学習と精度検証を実施した。

##### ① 学習方法

- ・学習用データを訓練用とテスト用に9:1で分割
- ・訓練データを用いてモデルの学習を実施

##### ② 精度検証方法

- ・テストデータで、学習済みモデルの精度を検証
- ・精度評価指標として、下記(1)(2)(3)式に示す正検知率(最適値 1.0)、誤検知率(最適値 0.0)、未検知率(最適値 0.0)を使用
- ・精度が低い場合は各種ハイパーパラメータを適宜調整し再学習を実施

$$\text{正検知率} = \frac{\text{AI が正しく正解値と予測したピクセル数}}{\text{正解値のピクセル数}} \quad (1)$$

$$\text{誤検知率} = \frac{\text{AI が誤って正解値と予測したピクセル数}}{\text{不正解値のピクセル数}} \quad (2)$$

$$\text{未検知率} = \frac{\text{AI が誤って不正解値と予測したピクセル数}}{\text{正解値のピクセル数}} \quad (3)$$

#### d) 精度検証結果

構築した溢水監視モデルの精度検証結果を表-2に示す。現状のモデルより米里下流モデルで97.7%、米里上流モデルで98.7%、北栄町米里モデル(日中用)で99.0%、(夜間用)で96.3%、河川水面の検知が可能である。

#### e) 算出水位精度

現況のモデルは①～③に示す手順により水面の検知結果から水位を算出することを可能とした(図-3参照)。

① 測量実施(天端と水面の T.P 計測)

② 同時刻の CCTV 画像上での px あたりの水位算出

③ 予測結果より水面境界の座標を取得し水位算出

精度は上流側に設置されている危機管理型水位計と比較すると平均誤差 0.03m であり高精度での水位算出が可能である。

表-2 溢水検知モデルの精度

No.	モデル	学習用データ		水面検知精度		
		合計	訓練(9割) テスト(1割)	正検知率	誤検知率	未検知率
①	米里下流	1,652枚	1,487枚	98.2%	0.6%	1.8%
			165枚	97.7%	0.8%	2.3%
②	米里上流	1,881枚	1,693枚	98.8%	1.4%	1.2%
			188枚	98.7%	1.8%	1.3%
③	北栄町米里日中用	2,693枚	2,452枚	99.1%	0.7%	0.9%
			241枚	99.0%	0.7%	1.0%
④	北栄町米里夜間用	628枚	565枚	98.0%	0.4%	2.0%
			63枚	96.3%	0.6%	3.7%



図-3 溢水監視モデルによる出力結果および算出

## 7. 北条川放水路河口部における砂州の監視

### (1) 砂州・河川水面検知モデルの構築

砂州の撤去すべき高さを判定するために、CCTVカメラ映像から砂州、河川水面領域を検出するモデルを開発した。

#### a) 学習用データの作成

砂州・河川水面検知モデルを構築するため、溢水検知モデルと同様の方法でデータセットを作成した。表-3に示すCCTVカメラ映像を対象に砂州、河川水面をアンテーションした画像(正解データ)を作成した。

#### b) モデルの構築

MobileNetV3<sup>7)</sup>モデルをベースとして、河口監視局カメラ画像に含まれる砂州と河川水面の特徴を抽出し、その検知と規模を出力するモデルを春・夏・秋モデル(日中・夜間)及び冬モデル(日中・夜間)の4モデル開発した。

#### c) モデルの精度検証

溢水監視モデルと同様の方法で実施した。

#### d) 精度検証結果

構築したモデルの精度検証結果を表-4に示す。河口砂州が、日中用モデルで89%程度、夜間用モデルで85%程度、河川水面が日中用モデルで97%程度、夜間用モデルで96%程度の検知が可能である。

表-3 砂州監視モデル用の学習用データの内容



対象カメラ	河口監視局カメラ 日中	河口監視局カメラ 夜間
カメラ映像 SD画質 640×480		
撮影日時	2020年6月1日～2021年9月27日	
画像枚数	7,622枚	6,837枚

表-4 砂州・河川水面検知モデルの精度(春・夏・秋モデル例)

No.	モデル	学習用データ		水面検知精度 砂州		
		合計	訓練(9割) テスト(1割)	正検知率	誤検知率	未検知率
1	日中用	5,327枚	4,794枚	92.1%	0.1%	7.9%
			533枚	89.2%	0.1%	10.8%
2	夜間用	5,753枚	5,176枚	90.9%	0.1%	9.1%
			577枚	85.0%	0.1%	15.0%

No.	モデル	学習用データ		水面検知精度 河川水面		
		合計	訓練(9割) テスト(1割)	正検知率	誤検知率	未検知率
1	日中用	5,327枚	4,794枚	98.1%	0.1%	1.9%
			533枚	97.2%	0.1%	2.8%
2	夜間用	5,753枚	5,176枚	97.9%	0.1%	2.1%
			577枚	96.5%	0.1%	3.5%

### e) 砂州・河川水面検知モデルの出力結果

砂州・河川水面検知モデルによる出力は、図-4に示すように砂州の高さに応じて3状態(警戒, 注意, 平常)が出力可能である。砂州高の基準線については、下記の①～③に示す手順により設定した。

- ① 測量実施(天端上部と下部のTP計測)
- ② 同時刻のCCTVカメラ画像上でのpxあたりの高さ算出
- ③ 天端からの高さを計算し、CCTVカメラ画像上での基準線位置を決定

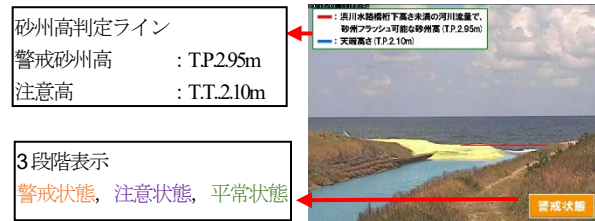


図-4 砂州・水面検知モデルによる出力結果

### (2) 砂州閉塞・開口判定モデルの構築

砂州の状況を把握するために、CCTVカメラ映像から砂州の閉塞・開口状態を判定するモデルを構築した。

#### a) 学習用データの作成

学習用データとして、CCTVカメラ画像を① 砂州閉塞、② 砂州開口、③ 不明の3クラスに分類したものを利用した(表-5)。

#### b) モデルの構築

溢水監視モデルと同様に、MobileNetV3モデルをベースとして、CCTVカメラ画像に含まれる「砂州状態」の特徴を学習させる。それにより、入力画像から① 砂州閉塞、② 砂州開口、③ 不明の3クラスの確率を算出し、最も確率の高い項目を判別結果として出力する。

#### c) モデルの精度検証

溢水監視モデルと同様の方法で実施した。評価指標としては正解率を使用した。

表-5 砂州閉塞・開口判定モデル用の学習データ内容

CASE	砂州状態	画像データ数	訓練データ数(9割)	テストデータ数(1割)
①	砂州閉塞	18,080枚	16,272枚	1,808枚
②	砂州開口	5,455枚	4,910枚	545枚
③	不明	8,775枚	7,898枚	877枚
画像データ総数		32,310枚	29,080枚	3,230枚

#### d) 精度検証結果

構築したモデルの精度検証結果を表-6に示す。95%程度で砂州閉塞・開口の判定が可能である。

e) 砂州閉塞・開口判定モデルの出力結果

砂州・河川水面検知モデルによる出力は、図-5 に示すように砂州の高さに応じて3状態(警戒, 注意, 平常)が出力可能である。砂州高の基準線については、現地での測量結果をもとにCCTVカメラ画像上で設定した。

(2) 砂州フラッシュの発生判定モデルの構築

上記で構築した「砂州・河川水面検知モデル」, 「砂州閉塞・開口判定モデル」を用いて, 砂州フラッシュの発生を判定するモデルを開発した。具体的には, これら2つのモデルの検知結果からに右記に示す水位の時系列変化等を考慮した判定基準に基づき, 砂州フラッシュの発生を判定するものとした。

a) 水位の算出

溢水監視モデルと同様の手法を用いて, 砂州・河川水面検知モデルの検知結果に基づき, 河口部の水位を算出可能とした。

表-6 砂州閉塞・開口判定モデルの判定精度

AIの学習用データ数			砂州閉塞・開口判定の正解率			
砂州状態	データ数	総数	訓練データ (9割: 5,648枚)		テストデータ (1割: 627枚)	
			全体	基準別	全体	基準別
① 砂州閉塞	18,080枚	32,310枚	100.0%	100.0%	95.3%	96.4%
② 砂州開口	5,455枚			100.0%		93.1%
③ 不明	8,775枚			100.0%		96.3%

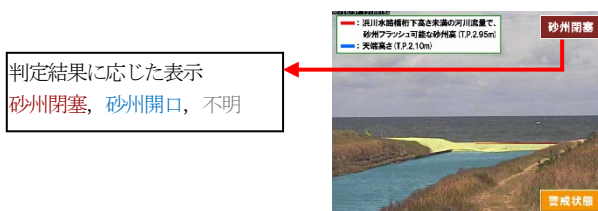


図-5 砂州閉塞・開口判定モデルによる出力結果

b) 潮位データの取得

上記で算出した水位との比較対象とするため, 近隣に位置する国土地理院験潮場「田後」の潮位をWEBから自動取得し, 検知画面に表示するシステムを開発した(図-6)。

c) 砂州フラッシュ発生の判定基準

本研究期間に確認された, 17回の砂州フラッシュ発生時のCCTVカメラ映像をモデルで解析し, 砂州フラッシュの発生判定基準を設定した。結果として, 下記2つの基準を同時に満たした場合に「砂州フラッシュ発生と判定」(図-7)するものとした。ただし, 本基準は現状の想定値であり, 今後, 他の砂州フラッシュ発生時のCCTVカメラ映像, 並びに他計測値(雨量・波浪・気温等)を用いることで, 最適な判定基準の検証を実施する。

- ① 10分前の計測時と自覚して, 河川水位の減少量が0.35m以上
- ② AI予測河川水位(T.P.)と近隣に位置する国土地理院験潮場(T.P.換算)の差が0.20m以下

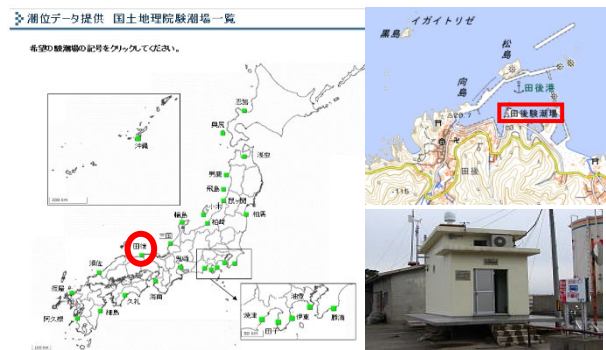


図-6 田後験潮場

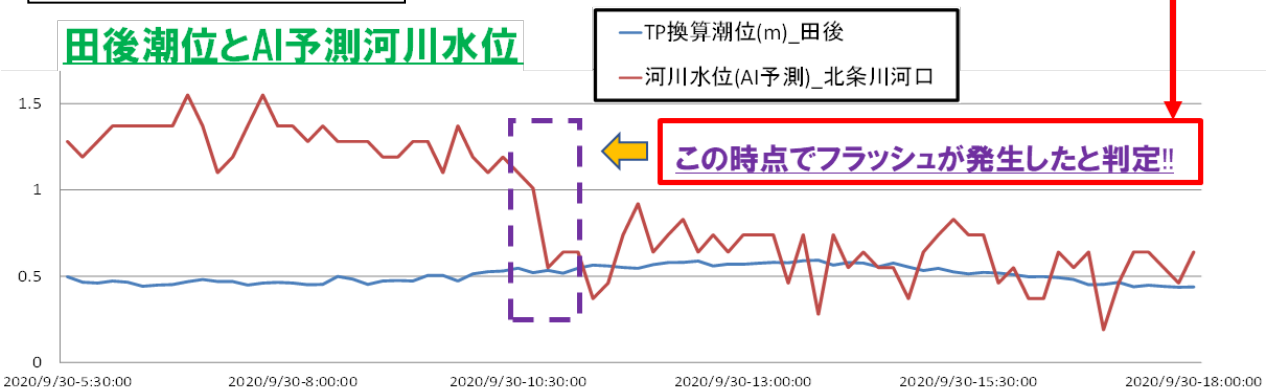


図-7 砂州フラッシュ発生判定モデルの判定事例

### (3) 河口砂州フラッシュ発生予測モデルの開発

北条川放水路では、河口部を閉塞する河口砂州の発達が生下能力の観点から問題となっている。その対策として、定期的に河口砂州の撤去工事を実施している現状である。一方で、撤去工事以外にも、河口砂州が崩壊する現象が2020年9月～2021年9月の1年間で合計17回の発生を確認している。この砂州フラッシュの予測が可能となれば、それを踏まえた効率的な実施計画が策定可能となり、維持管理費の削減が期待できる。

そこで、砂州フラッシュ発生予測モデルの開発に着手している。

#### 【河口砂州フラッシュ発生予測用AIモデル】

##### 案① 波浪フラッシュ発生予測モデル

「自然フラッシュ」の発生は、a)放水路水位による砂州崩壊と、b)波浪による砂州崩壊の異なる二つの外力要因が存在する。「b)波浪による砂州崩壊」の場合は、波圧の作用高が説明変数として一定の有用性があることが確認できたため、時系列データの高度な解析能力を有するRNN(Recurrent Neural Network)を用いて予測モデルを構築する。

##### 案② 河口砂州画像予測モデル

「河口砂州高さ」といった定量的な指標ではなく、河口監視局カメラ画像内における、河口砂州の時系列変化特徴を学習し、自然フラッシュ発生時の将来画像を予測・生成するモデルを構築する(図-8 参照)。



データセット数	訓練データ数 (90.0%)	テストデータ数 (10.0%)
2,734セット	2,460セット	274セット

図-8 教師データセットと作成イメージ図

## 8. 北条川分水堰の操作支援

### (1) 水位予測モデルの開発

堰を倒伏すべき時刻を予測するため、過去の観測雨量・水位などの実績データから、将来水位を予測するモデルを開発した。

#### a) 入力項目の選定

入力項目の選定は、分水堰に影響を与えると考えられる水位・雨量観測所を確認し設定した。表-7に設定した入力項目を示す。なお、入力データの過去時刻参照時間については、鳥取県由良川水系の基本方針検討時の洪水到達時間を参考に、5つの手法で算定された洪水到達時間(1.2～6.3時間)を概ね包括する6時間に設定した。

表-7 入力データ一覧

項目	観測所	参照時間(hr)
実績雨量	北尾	-6~3
実績水位	分水堰	-6~0
	北尾	-6~0
	米里	-6~0

#### b) モデルの構築

過去の観測雨量や水位等の実績データから、将来水位を予測するモデルを開発した。開発にあたっては時系列データの解析で高い精度が期待でき、学習速度も速いGRU(Gated Recurrent Unit)を使用し、堰起立時および堰倒伏時それぞれの状態毎に、堰操作の有無による水位リスクを予測できる下記4種類のモデルを構築した。

- ①【堰起立時】堰起立状態を続けた場合
- ②【堰起立時】堰起立状態から堰倒伏操作した場合
- ③【堰倒伏時】堰倒伏状態を続けた場合
- ④【堰倒伏時】堰倒伏状態から堰起立操作した場合

#### c) モデルの検証方法

各種条件に基づいて学習したモデルが他の洪水にも適用可能か定量的評価を含めて頑健性を確認するため、交差検証を実施した。

交差検証は標本データが比較的少ない場合の学習精度を検証する際に一般的に用いられている手法である。標本データをいくつか分割し、1つをテストデータ、残りを学習データとして学習を行う。これを、テストデータを変えながら繰り返し行い、全体としての精度を確認するものである。1つの洪水をテストデータとし、残りの洪水を学習データとして洪水数分繰り返すことで検証を行った。

#### d) 検証結果

モデルの検証は、2017～2019年に分水堰水位が3.70mを超過、もしくは堰操作を実施した10洪水を対象に検証計算を実施した。

堰倒伏開始水位に到達する洪水では、越流開始3.77m(黒破線の到達および、堰倒伏開始3.87m(黒実線)の到達を概ね3時間前に予測が可能である(図-9)。

一方、堰起立時状態から堰倒伏操作をした場合モデル②(赤破線)および堰倒伏時状態から堰起立操作をした場合のモデル④(青破線)は学習データが少ないため、精度が確保できていないことが確認された(図-10)。

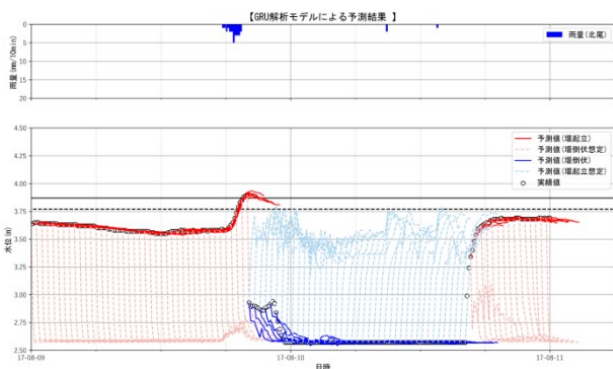


図-9 GRUによる水位予測図の一例①

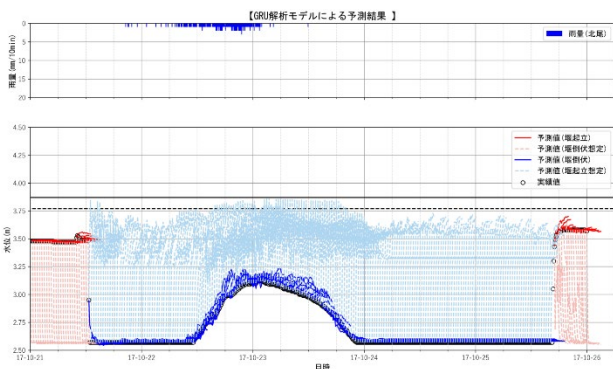


図-10 GRUによる水位予測図の一例②

#### e) モデルの切り替え

構築した堰起立モデル(①, ②)と堰倒伏モデル(③, ④)の切り替え判断は、分水堰画像からEfficientNet<sup>®</sup>で堰倒伏を判定するモデルを構築することで対応した。なお、構築した堰倒伏判定モデルは、2015～2019年の1,000枚のテストデータを対象に検証計算した結果、100%の正解率であった。

## 9. 上下水道分野での取り組み

他分野での画像解析サービスの適用を検討したところ、上下水道分野で画像解析サービスのニーズがあること、当面は民間の排水処理施設における水質異常検知等のサービスニーズが高いこと、当該検知に基づき実施される水質検査業務は当社グループである環境総合リサーチ(以下、ER&S)の主要事業であることを確認した。そこで、当社上下水道部門及びER&Sと連携し、実現可能性調査を実施することとした。

### (1) 実現可能性調査内容

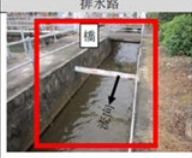


実現可能性調査として、下記項目を実施予定である。

- ① 汚水処理施設の水質異常(沈殿槽の汚泥、放水路の泡立ち・油膜、生物反応槽の泡立ち)予兆発見サービス(ER&Sが水質検査に急行すべき施設のフィルタリング)
- ② 下水処理場の水質異常発見(画像解析)・予測(気温・水温・pH等をもとに水質異常を予測)サービス(当社上下水道部門がDNA分析に急行すべき施設のフィルタリング)

### (2) カメラの設置

ユニチカ岡崎工場にカメラを3台設置した。対象地点は、排水路処理場での管理者の監視ニーズを踏まえ、排水路、凝集沈殿槽、曝気槽の3地点とした(表-8)。

表-8 入力データ一覧

地点A 排水路	地点B 凝集沈殿槽	地点C 曝気槽
		
排水路の泡立ちと油膜の状況を把握する。 橋の下部における泡立ちの到達を検知するため、橋の下部を含む撮影アングルとする。	凝集沈殿槽全体を監視し、汚泥浮きの状況を把握する。	曝気槽の泡立ちの状況を把握する。泡の発生箇所は曝気槽中央部であるため、曝気槽中央部を狙う。

### (3) 今後の予定

本年は、排水処理場にカメラを設置し、画像を収集した。来年以降、収集した画像について教師データを作成し、AIモデルの開発及び精度検証を実施する予定である。

## 10. 実験システムの開発

鳥取県防災情報、川の水位情報等からカメラ画像、水位データ等をリアルタイムで取得し、取得したデータに対して開発したAIモデルによる判定処理を行うシステムを開発した。

### (1) システムの処理手順

図-11に示すように、判定処理に必要なデータを公開されているWEBページより自動で取得し、自動で処理するシステムを開発した。データの取得については、自動で収集可能なRPAツールを開発した。処理手順は下記のとおりである。

- ① WEBページより自動で情報を取得
- ② 取得したデータに対して10分間隔で各AIモデルの自動処理を実施
- ③ 各AIモデルの判定結果の出力

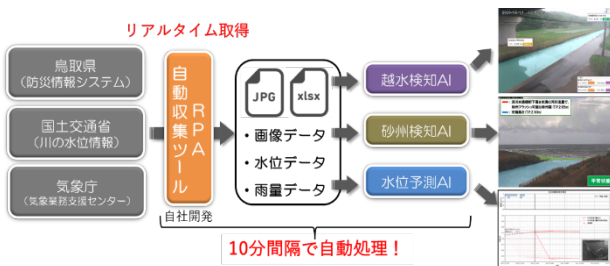


図-11 システム処理手順

### (2) 判定結果の通知

上記のシステムで処理した結果を管理者へメールもしくはWEBで表示するシステムを開発した(図-12)

メール配信はAIモデル毎にリアルタイムの判定結果画像、時刻、数値情報等を併せて配信可能である。

WEBサイトではメール配信同様、AIモデル毎のリアルタイムの判定結果画像、時刻、数値情報、さらに約6ヵ月前までの判定結果を閲覧することが可能である(図-13)。

### (3) 実運用に向けた通知基準の検討

開発したシステムは10分間隔で処理を実施するが、実運用時には、必要な時に管理者に判定結果の通知が届くようにシステムを改良する必要がある。

判定結果の通知にあたっては、例えば、警報が発令された時、水位があらかじめ設定した水位を超えた時、砂州が閉塞した時等、監視・管理上必要なタイミングでの通知基準を検討する必要がある。



図-12 メール配信画面



図-13 開発したWEB表示システム

## 11. おわりに

効果的・効率的な河川管理を実現するための AI 技術を活用した高度な河川管理手法の確立を目的として、下記の成果を得ている。

- ① CCTV カメラ映像から溢水を検知するモデルの構築
- ② 砂州・河川水面を検知するモデルおよび砂州のフラッシュを判定するモデルの構築
- ③ 堰を倒伏すべき時刻を予測する水位予測モデルの構築
- ④ 上記モデルを組み込んだシステムの開発
- ⑤ 上下水道分野での実現可能性調査のためのカメラ設置

本研究では、AI 技術を活用した河川管理およびシステムの開発によりインフラメンテナンス行為の効率化に資するサービス実現に向けた手法を確立できた。

今後は実務運用に向けた課題を整理し、実験システムやモデルについて必要な改良を行っていく。また、上下水道分野での実現可能性調査を実施する。

## 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：「水防災意識社会」の再構築に向けた緊急行動計画の改定，2017
- 2) 川の水位情報,<https://k.river.go.jp>, (入手 2020.12.18).
- 3) 齋藤彰儀, 上総虎智, 平木悠太, 天方匡純, 吉田武司：深層学習によるコンクリート護岸劣化領域検出システムの開発, 情報処理学会デジタルプラクティス, Vol.10 No.2(Jan,2019) 288
- 4) 国立研究開発法人 土木研究所：AI を活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究,<<https://www.pwri.go.jp/jpn/about/pr/press-release/pdf/20181130.pdf>> (入手 2020.12.10).
- 5) 株式会社日立製作所, 株式会社日立産業制御ソリューションズ：AI 画像解析技術を活用した高速人物発見・追跡ソリューション<<https://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/app/mvs/mvs.pdf>> (入手 2020.12.10))
- 6) 株式会社富士通研究所：商業施設・公共機関での人物探索に最適なロバスト人物探査技術<<https://pr.fujitsu.com/news/2020/10/6-1.html>>,(入手 2020.10.17)
- 7) Andrew Howard,Mark Sandler,Grace Chu,Liang-Chieh Chen,Bo Chen,Mingxing Tan:Searching for MobileNetV3,arXiv:1905.02244v5,[cs.CV],20 Nov,2019
- 8) Mingxing Tan, Quoc V. Le: EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks,arXiv:1905.11946v5,[cs.LG],28 May,2019

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF IMAGE ANALYSIS SERVICES FOR CCTV CAMERA IMAGES

Yutaka Utsunomiya, Kou Ueyama

According to the estimation results of maintenance and renewal costs in the field under the jurisdiction of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism up to the next 30 years, the long-term increase in costs is expected to increase about 1.3 times in both 20 and 30 years.. However, there is a shortage of engineers in local governments, and sufficient river management is not possible. Therefore, it is important to actively utilize new technologies and data in order to achieve sustainable and effective infrastructure maintenance. Surveillance images and captured images are typical examples of the data generated at this time.

We propose a method to realize services that contribute to the efficiency of infrastructure maintenance activities using CCTV camera images(installed for sustainable and effective infrastructure maintenance) and AI technologies.

# 生産性向上に向けたAI技術活用研究

山脇 正嗣<sup>1</sup>・清水 隆史<sup>2</sup>

<sup>1</sup>博士(工学)・技術士(情報工学部門) 株式会社建設技術研究所 国土文化研究所 ISP(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丁目14-5 KDX浜町中ノ橋ビル2階)

E-mail: ms-yamawaki@ctie.co.jp

<sup>2</sup>技術士(総合技術監理・建設部門) 株式会社建設技術研究所 技術本部  
(〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

E-mail: tk-simiz@ctie.co.jp

近年、AI(人工知能)技術は急速に発展しており、各企業や研究機関において、国民生活の高度化や経済の活性化等を目的としたAI技術開発と現場導入が実施されている。当社が所属する建設コンサルタント業界においても、技術力の向上や、業務の効率化を目的に、社会インフラの劣化診断や、洪水・土砂災害等の自然災害発生予測等の、AI技術開発・既存AIサービスの導入・AIベンチャーとの業務提携等の事例が多数報告されている。当社においても、2017年よりAIの研究に着手し、各部室の技術力・生産効率向上のためのAI技術開発、並びにAI技術者の育成を実施してきた。本稿では、その2021年成果について報告するものである。

**Key Words** : Productivity improvement, AI, Deep learning, RPA

## 1. はじめに

近年、AI・IoT・ブロックチェーン等のDX(デジタルトランスフォーメーション)による社会生活の革新が著しい<sup>1)</sup>。DXの筆頭技術の一つがAIであり、各企業や研究機関において、国民生活の高度化や経済の活性化等を目的としたAI技術開発と現場導入が実施されている。政府もまた、AIを含むDX技術革新を目的に、2021年度のデジタル関連予算を前年度大幅増の約1.7兆円計上<sup>2)</sup>し、2021年9月には新たにデジタル庁を設置して日本社会のDX化を推進する等、その成長を後押ししている。当社が所属する建設コンサルタント業界においても、技術力の向上や、業務の効率化を目的に、社会インフラの劣化診断や、

洪水・土砂災害等の自然災害発生予測等を目的に、AI技術開発・既存AIサービスの導入・AIベンチャーとの業務提携等の事例が多数報告されている。

当社においても、2017年よりAIの研究に着手し、社内の技術力と生産効率向上に貢献するAI技術の活用研究を実施(表-1参照)してきた。AI技術については、近年の第3次AIブームにおける主役技術であり、自動運転や医療診断等の一部の分野で人間と同等の処理能力を発揮しているディープラーニング(深層学習)を主に対象としている。また、PCやサーバ等の実装されたソフトウェア型のロボット技術であるRPA(Robotic Process Automation)もAIと併せて対象としている。本稿では、これらの技術活用研究を実施した2021年の成果について報告する。

表-1 当社におけるAI研究開発体制の変遷

時期	研究開発体制	研究担当部室	研究員	研究内容
55期 (2017年)	事業開発投資特命研究 (予備調査)	企画本部 事業企画部	1名	① AI新事業に関する検討 ② AI関連業務の受注・設計支援
56期 (2018年)	技術開発投資研究	技術本部 AIソリューション室	3名	① AI関連業務の受注・設計支援 ② 生産効率向上支援
57期 (2019年)	戦略的投資研究	技術本部 AIソリューション室	6名	① AI関連業務の受注・設計支援 ② 生産効率向上支援
58期 (2020年)	計画的な研究開発投資研究	国土文化研究所 ISP	6名	① AI技術開発と技術部への展開 ② 生産効率向上支援
59期 (2021年)	計画的な研究開発投資研究	国土文化研究所 ISP	7名	① 最先端の技術研究と技術部への展開 ② 社内の生産性向上 ③ 社員教育・広報



## 2. 建設コンサルタント業界におけるAIの活用状況

### (1) AIに関する土木関係コンサル業務件数の増加

近年、図-1に示すように、国土交通省や自治体等が発注する土木関係コンサル業務において、AIに関する業務が増加している。その内容は、コンクリート橋梁のひび割れ検知等の画像解析技術、ダム流入量・河川水位予測等の将来値予測技術等、多岐に渡る。2017年に総契約金額が約2億円であったものが、2021年には約10億円まで増加しており、今後もこの傾向は続くと考えられる。この中で当社では、2017年：2件、2018年：13件、2019年：19件、2020年：18件、2021年度：25件の業務を各部署が受注しており、本研究では各業務における提案書の作成とAI技術検討を担当している。その成果が認められ、これまでに10件の業務表彰を受賞している。

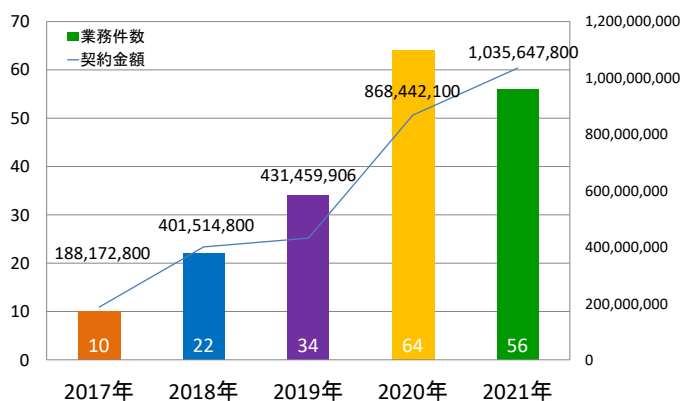


図-1 AIに関する土木関係コンサル業務件数と契約金額件数 (2017～2021年)

### (2) 同業他社のAI活用・開発状況

表-2に示すように、建設コンサル各社では、AIベンチャーや教師データを有する企業と連携し、衛星画像解析や交通事故予測等のAI技術開発を行い、技術力・営業力の拡大に積極的に取り組んでいる。また、国土交通省ではAIを活用し、今後数年以内に官庁設備設計の効率化と道路交通量調査の自動化を目指すことを掲げている。このような同業他社のAI技術の開発・活用事例は、今後も活発化していくと考えられる。

## 3. 技術力・生産効率向上のためのAI技術開発

### (1) 技術力高度化のための技術開発

当社の技術力をさらに高度化するため、表-3に示す6種類の技術開発を2021年に実施した。プログラミング言語については、世界中のAI開発現場における2大言語である「Python」と「R言語」を利用している。さらに、開発したAIは社内の各部署に提供し、若手技術者が操作、または新たにAIを構築・学習できるように育成に努めた。

### (2) 生産効率向上のための技術開発

当社の業務を効率化し、生産性を向上するため、表-4に示す5種類の技術開発を2021年に実施した。何れの技術も単純作業を自動化し、社員の労働時間削減を目的としたものである。また、これらの技術開発の一部は、当社の業務提携企業であり多数のAI技術開発実績を持つ知能技術(株)と共同で実施している。

表-2 同業他社のAI活用・開発状況(2021年1月～12月まで)

No.	企業・組織名	取組内容	発表日 (2021年)	引用元
1	日本工営	エリア一体型のAIデマンド配車システムを栃木県に導入	3/23(月)	日刊建設通信新聞
2		衛星や地図情報を用いた新しい防災情報サービスを開始	6/23(火)	日本工営HP
3		車載カメラから収集した道路施設状況等のビッグデータを道路維持管理や交通安全対策に役立てるための実証実験を開始	8/20(木)	日本経済新聞
4	日本工営 パスコ アジア航測	三菱電機(株)、スカパーJSAT(株)、(財)リモート・センシング技術センターと6社で、災害時の状況把握や平時の継続的な国土・インフラ監視等を行う「衛星データサービス企画(株)」を設立	4/19(日)	日刊建設通信新聞
5	パシフィックコンサル	(株)JX通信社と連携し、BCPコンサルティング関連サービスの提供取組を開始	10/5(月)	PRTIMES
6		(株)Synspectiveとの戦略提携で防災分野の衛星データ解析技術力を向上	10/14(水)	Synspective HP
7	八千代エンジニアリング	AI交通量計測システム「TRAVIC」にナンバープレート情報の読取り機能を追加	3/1(日)	八千代エンジニアリング HP
8	八千代エンジニアリング	河川コンクリート護岸の劣化をAIで判定するサービス「GoganGo」に、補修等の対策を判断する「劣化診断・モニタリング機能」を追加	6/4(木)	八千代エンジニアリング HP
9	八千代エンジニアリング エイト日本技術開発	ドローンを活用したインフラ点検ソリューションを提供する(株)ジャパン・インフラ・ウェイマークとAIの共同強化を加速	5/20(水)	PRTIMES
10	中央復建コンサル	(株)NTTドコモ、京急電鉄(株)等と、5GとAIを活用した鉄道インフラのリアルタイム遠隔・自動監視システムを構築	3/26(木)	IoT NEWS
11	ポータルコンサル	首都高速道路(株)らと共同で、AIによる交通事故予測技術を開発	4/20(月)	日刊建設工業新聞
12	国土交通省	官庁施設の設備設計でAIの活用・導入に向けた検討に着手	7/5(日)	日刊建設通信新聞
13		2021年度の道路交通量調査から人手による計測を完全にやめ、路上のカメラ映像をAIで解析する等、ICT活用手法に切替え	10/21(水)	日本経済新聞

表-3 AIによる技術力の高度化を目的とした技術開発(2021年1月～12月まで)

No.	技術名	関連部署	技術分野	研究成果
1	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	東京本社 情報・電気 通信部	画像解析 将来値予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CCTVカメラ映像を用いた社会基盤施設監視効率化技術を開発</li> <li>■ 鳥取県倉吉市を流れる北条川を対象に下記3技術を開発し、2021年6月より実証実験を開始 <ul style="list-style-type: none"> <li>① 河川溢水の監視</li> <li>② 砂州の監視</li> <li>③ 分水堰の操作支援</li> </ul> </li> <li>■ Riskma(リスクマ)への画像解析AI(溢水、スカム、アオコ、油膜等)の実装を検討</li> <li>■ 画像解析AIアプリの開発に着手</li> <li>■ 全国で当社開発技術の営業活動を実施中</li> </ul>
2	AIによるダム管理の効率化	東京本社 河川部 水システム部	将来値予測 強化学習	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ダム水系における洪水予測モデル、ダム操作効率化支援モデルの開発</li> <li>■ 全国で当社開発技術の営業活動を実施中</li> </ul>
3	オープンデータを活用したAIによる大気汚染物質の短期予測モデルの構築	東京本社 環境部	将来値予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 周辺をオフィスビルや高架道路等に囲まれている場合(ストリートキャニオン)下の大気汚染予測技術の開発</li> </ul>
4	ビッグデータを活用した生活道路の交通安全対策手法の研究	東京本社 交通システム部 中部支社 道路交通部	画像解析 将来値予測 強化学習	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 警視庁管内で発生する交通事故、及び最適な取締り活動実施方法を予測するAIモデルの開発</li> <li>■ 早稲田大学理工学部森本研究室との共同研究</li> </ul>
5	橋梁維持管理の効率化に関する研究	東京本社 IMC 大阪本社 構造部	自然言語解析 データマイニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 橋梁健全性の誤判定(健全性III⇒II)リスク可視化モデルの開発</li> </ul>
6	入院患者のベッド転倒・転落検知システムの開発	知能技術 (株)	画像解析 将来値予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 病院・介護施設内に設置したカメラ映像から、入院患者の転倒・転落を予測検知するシステムの開発</li> <li>■ 業務提携企業の知能技術(株)との共同開発</li> <li>■ 医療・介護施設において実証実験を実施中</li> </ul>

表-4 AIによる生産効率向上を目的とした技術開発(2021年1月～12月まで)

No.	技術名	関連部署	技術分野	研究成果
1	プロボ参加表明書作成支援システム	東京本社 各部署	画像解析 RPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 特記仕様書(pdf)を認識し、業務実施に最適な管理技術者、担当者の決定のための参考情報となる、①技術者評定点、②同種業務の有無、③表彰の有無、④手持ち業務量の整理を自動化し、技術評価点を集計するRPAプログラムを開発</li> <li>■ 関東地整版、北陸地整版の2種類を東京本社下記7部署に導入し試用検証を実施中 <ul style="list-style-type: none"> <li>①道路交通部、②河川部、③情報・電気通信部、④IMC、⑤砂防部、⑥海岸・港湾室、⑦水工部</li> </ul> </li> <li>■ 1件につき約24時間必要な作業が約5分に短縮化</li> </ul>
2	プロボ提案書作成支援システム	東京本社 環境部 情報・電気 通信部	自然言語解析 RPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 下記2部署を対象に、システム要件を整理 <ul style="list-style-type: none"> <li>①東京環境部、②東京情報・電気通信部</li> </ul> </li> <li>■ 業務提携企業の知能技術(株)と共同開発を実施中</li> </ul>
3	撮影写真の公開資料用加工の自動化ツール	東北支社 道路交通部	画像解析 RPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 撮影写真内の車のナンバープレートや、調査員・一般人の顔、沿道店舗の看板等を、公開資料用に自動的にモザイク化するツール開発を実施中</li> </ul>
4	橋梁点検調査書チェックシステム	東京本社 IMC	画像解析 RPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 橋梁点検調査書内の「様式(その9) 損傷図」と「様式(その10) 損傷写真」の入力データ内容の照合・チェックを自動化するシステムを開発</li> <li>■ 自治体版、国交省版の両方を対象</li> <li>■ 業務提携企業の知能技術(株)と共同開発を実施中</li> </ul>
5	道路・交通部門の業務効率化ツール	東京本社 道路交通部	画像解析 RPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 道路・交通部門の業務効率化用ツールを開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>① PDFのしおりつけ</li> <li>② 報告書(word)の目次作成</li> <li>③ 成果品(Docu)の出力様式の修正</li> <li>④ 公開用成果品(Pdf)の作成</li> <li>⑤ 資料(Pdf, Excel, PPT)の報告書(Word)への貼付</li> </ul> </li> <li>■ ④については、業務提携企業の知能技術(株)と共同でツール開発を実施中</li> </ul>

(3) 論文・学会誌作成

上記研究成果を取り纏めた論文・学会誌を2021年内に7本作成(表-5 参照)し、各学会で研究発表を実施した。また、2017年の研究開始からこれまでに、2017年:2本、2018年:5本、2019年:5本、2020年:5本の論文・学会誌を作成している。

4. 研究成果の広報活動

(1) 新聞・技術専門誌への取材対応

本研究の技術成果(プロボ参加表明書作成支援システム)について、建設工業新聞<sup>10)</sup>と日経コンストラクション<sup>11)</sup>の取材を受け、その記事が掲載(図-2、図-3 参照)された。

(2) 講演会発表

本研究で開発した下記3種類のAI技術について、「建設グローバル環境・防災学研究会主催シンポジウム 建設分野におけるAI活用の最前線」(山口大学地域防災・減災センター)(図-4 参照)で講演し、約400名の参加者との意見交換を実施した。

【河川カメラ監視高度化を目的に開発したAI技術】

- (1) 河川の溢水監視モデル
- (2) 河口砂州監視モデル
- (3) 河川空間内の迷惑・不法行為監視モデル

図-2 開発した技術成果の新聞掲載記事

入札に最適な管理技術者をAIが選ぶ

建設技術研究所は、グローバル方式の入札説明書を人工知能(AI)で解析して、業務の適任者を選ぶシステムを開発した(図1)。参加表明書の作成を支援する。入力だと1日を要していた参加表明書の作成がわずか数分で済む。国土交通省の関東地方整備局と北陸地方整備局の発注案件で導入した。

支援システムでは、建設技術研究所が過去10年間に受託した800件超のデータを基に、入札説明書のPDFをAIで画像解析する。数十ページの入札説明書から、参加表明書の作成に必要な項目を約1分で抽出して整理できる。項目は「同種業務」「類似業務」「必要資格」「発注者名」「同種業務検索キーワード」だ。

これらの項目を、自社の技術者の業務実績や保有資格などと照らし合わせて、複数の管理技術者の候補を自動で選ぶ。表彰や業務評定、実績などに対する評価点を技術者ごとに一覧で表示する(図2)。

手持ちの業務件数が分かるため、特定の技術者に業務が集中しないよう配慮できる。部門長などはこれらの情報を基に、管理技術者を最終判断する。従来は、案件ごとに異なる入札参加条件に合わせて、適切な実績や資格を持つ技術者を探していた。管理技術者の候補を決めたら、その技術者の保有する資格や業務実績など、参加表明書の記入事項はシステムが自動で入力する。「手動入力と比べて、記入ミスが減り作業時間が短縮した」。建設技術研究所国土文化研究所の山藤正嗣主幹は、こう話す。同社は開発したシステムを12部署で本格的に運用している。関東地整や北陸地整以外の整備局の案件に導入するには、地整ごとで異なる入札説明書のフォーマットをAIに学習させる必要がある。今後は参加表明書だけでなく、技術提案書の作成を支援するシステムの開発も目指す。参加表明書と比べて、記述の自由度が高く自動化が難しい。現在は提案書から記載漏れや記入ミスを見つけて出すシステムが試験段階まで進んでいる。(奥山 晃平)

図-3 開発した技術成果の技術専門誌掲載記事

図-4 講演会内容と発表実施状況

表-5 本研究で作成した論文・学会誌(2021年1月~12月まで)

No.	題目	掲載誌名	作成年月	概要
1	特集 さあ、AIを始めよう ~土木工学へのAI導入のススメ~	土木学会誌 2021年1月号 <sup>3)</sup>	2021年1月	■ 実務に活用するためのAI開発時の課題・ポイントについて報告
2	Q学習を活用した交通事故推計に関する研究	交通工学研究発表会 論文集 <sup>4)</sup>	2021年9月	■ 警視庁管内で発生する交通事故、及び最適な取締り活動実施方法をAIで予測する技術検討結果を報告
3	深層学習による河川空間内での迷惑・不法行為の検知に関する研究	土木情報学シンポジウム講演集 <sup>5)</sup>	2021年9月	■ 河川空間内の迷惑・不法行為をAIで検知する技術検討結果を報告
4	深層学習を用いた河口砂州監視の高度化に関する研究 -北条川の河川管理の高度化に向けて-	土木学会論文集B2 (海岸工学) <sup>6)</sup>	2021年11月	■ 鳥取県北条川河口の砂州監視を、AIで高度化する技術検討結果を報告
5	深層学習を用いた溢水監視の高度化に関する研究 -北条川の河川管理の高度化に向けて-	土木学会論文集B1 (水工学) <sup>7)</sup>	2021年12月	■ 鳥取県北条川上流域(米里地区)における溢水の監視を、AIで高度化する技術検討結果を報告
6	深層学習を用いた分水堰操作の高度化に関する研究 -北条川の河川管理の高度化に向けて-	土木学会論文集B1 (水工学) <sup>8)</sup>	2021年12月	■ 鳥取県北条川分水堰の操作支援を、AIで高度化する技術検討結果を報告
7	特集 さあ、AIを始めよう ~土木工学へのAI導入のススメ~	第64回土木計画学 研究発表会論文集 <sup>9)</sup>	2021年12月	■ 警視庁管内で発生する交通事故、及び最適な取締り活動実施方法をAIで予測する技術検討結果を報告

## 5. 結論

本稿では、2017年より実施している AI 研究開発において、2021年の研究成果を取りまとめた。本研究により、下記の成果を得ている。

### 【本研究で得た成果】

- (1) 各技術部室における既存技術力の高度化、新しい技術力の取得
- (2) 単純作業の自動化による労働時間の削減
- (3) AIに関する土木関係コンサル業務の新規受注、売上の拡大
- (4) 論文・学会誌の作成、広報活動の実施による、AIに関する当社の技術力の社外アピール

一方で、AI 技術は日進月歩で進化し続けており、これまで開発してきた技術もすぐに陳腐化してしまう。そのため、常に新技術の開発動向を把握し、AI 技術のブラッシュアップを継続しなければならない。また、同業他社も積極的に AI 技術の研究開発を実施しており、それに後れを取らないようにするため、表-6 に示すような新たな技術開発等についても、今後実施する予定である。

### 参考文献

- 1) 令和3年度情報通信白書, pp.2-26, 2021.
- 2) 2021年度「15カ月」のデジタル国家予算は大幅増の1.7兆円, 改革加速へ政策総動員, 2020.12  
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01514/122500001/>

- 3) 土木学会誌2021年1月号, pp.2-26, 2021.
- 4) 成瀬 拓海, 山脇 正嗣, 寺奥 淳, 森本 章倫: Q学習を活用した交通事故推計に関する研究, 交通工学研究発表会論文集, Vol.41, pp. 207-212, 2021.
- 5) 漆谷 晃樹, 中田 隆史, 江尻 佳弘, 山脇 正嗣, 米森 一貴, 平山 岳弥, 木村 颯希: 深層学習による河川空間内での迷惑・不法行為の検知に関する研究, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol.46, pp. 77-80, 2021.
- 6) 山脇 正嗣, 松井 俊樹, 河原 正史, 安本 善征, 上山 晃, 川添 祐, 松田 健介, 原文 文宏: 深層学習を用いた河口砂州監視の高度化に関する研究—北条川の河川管理の高度化に向けて—, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.77, No. 2, pp. I\_511-I\_516, 2021.
- 7) 川添 祐, 松井 俊樹, 河原 正史, 安本 善征, 上山 晃, 山脇 正嗣, 松田 健介, 原文 文宏: 深層学習を用いた溢水監視の高度化に関する研究—北条川の河川管理の高度化に向けて—, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.77, No. 2, pp. I\_325-I\_330, 2021.
- 8) 松田 健介, 松井 俊樹, 河原 正史, 安本 善征, 上山 晃, 川添 祐, 山脇 正嗣, 原文 文宏: 深層学習を用いた分水堰操作の高度化に関する研究—北条川の河川管理の高度化に向けて—, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.77, No. 2, pp. I\_331-I\_336, 2021.
- 9) 成瀬 拓海, 山脇 正嗣, 寺奥 淳, 森本 章倫: 逆強化学習を活用した交通事故推計に関する研究, 第64回土木計画学研究発表会論文集, 2021.
- 10) 日経コンストラクション 628号, p.25, 2021.
- 11) 日刊建設工業新聞 4月22日版, p.3, 2021.

表-6 今後開発予定の AI 技術

事業部門	流域・国土部門	交通・都市部門	環境・社会部門	管理部門
最先端技術研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダムの異常検知</li> <li>・強化学習によるダム操作効率化</li> <li>・未来画像予測による災害発生事前検知</li> <li>・下水道施設の異常検知, 作業効率化技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般道の渋滞, 事故発生予測技術</li> <li>・ナンバープレートの解析技術</li> <li>・ドラレコ映像の解析技術</li> <li>・橋梁健全度判定支援技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動物の鳴き声から種別判別技術</li> <li>・迷惑行為・不法投棄の検知技術</li> <li>・人の転倒・転落検知技術</li> <li>・SNS 解析による防災・減災活動の効率化</li> </ul>	—
生産性向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロボ資料作成支援</li> <li>・pdf データ読取り</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロボ資料作成支援</li> <li>・橋梁点検調査チェックシステム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロボ資料作成支援</li> <li>・CAD レイヤ名修正</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務評定点整理</li> <li>・入札情報収集</li> <li>・積算支援システム</li> </ul>

## AI TECHNOLOGY UTILIZATION RESEARCH TO IMPROVE PRODUCTIVITY

Masashi Yamawaki, Takashi Shimizu

Recently, AI technology has been developing rapidly. Companies and research institutes are developing and introducing AI technology for improving the lives of the people and revitalization of the economy, etc.. In the civil engineering industry to which we belong, examples of AI technology development, introduction of existing AI services, business alliances with AI venture companies, such as deterioration diagnosis for social infrastructure and prediction of floods and landslides have been reported. It is aimed at improvement of technical capabilities and business efficiency.

We have been researching AI since 2017. So far, we have developed AI technologies and training of AI engineers for improvement of technology and productivity. In this paper, we report the results in 2021.

# 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

鵜飼 隼<sup>1</sup>・坂本 達俊<sup>1</sup>・古野 貴史<sup>2</sup>・薄井 正幸<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: s-ukai@ctie.co.jp, t-sakamoto@ctie.co.jp

<sup>2</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社水工部（〒330-0075 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷4-2-20）  
E-mail: furuno@ctie.co.jp

<sup>3</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

<sup>4</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社技術統括部BIM/CIM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

国土交通省が推進する「i-Construction」において、3次元データにより建設生産プロセスの効率化・高度化を図るためのBIM/CIMの導入が加速している。しかし、設計段階では従来の2次元設計からの変革は進んでおらず、3次元設計による設計の効率化・高品質化・高度化の恩恵を十分に得られていない。この課題に対し、3次元設計のワークフローを提案し、それを実現するためのシステム開発を行った。開発システムの事例として、橋梁下部工における詳細設計プロセスのシステムを紹介し、結果、3次元設計による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性を示す成果を得られた。

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

## 1. はじめに

### 1.1 背景

国土交通省が推進するi-Constructionでは、測量・調査から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、BIM/CIMに位置付けられる3次元データの活用が進められている<sup>1</sup>。また、Society5.0に向けたデジタルツインプラットフォームの活用など、設計物の3次元データに対する需要は高まりつつある。

建設コンサルタントが行う設計プロセスでは、景観検討や関係機関との協議・合意形成等を中心に3次元モデルの活用が行われているものの、設計のワークフローそのものは、依然として従来の図面をベースとして実施されている。従来のワークフローに”追加”する形でBIM/CIM対応の3次元モデルを作成しているため、3次元データは、設計プロセスそのものの生産性向上や品質確保にはほとんど寄与できていないのが実情である。

### 1.2 目的

本稿は、設計プロセスにおいて、効率化・高品質化・高度化を実現するための3次元データを活用したワークフローを提案するとともに、これを実現するための3次元設計支援システムの概要を紹介し、その効果と課

題を明らかにすることを目的としている。

本稿の構成は、2章では、現行設計(以下、2次元設計という)のワークフローの課題に対し、3次元データを使用した新しいワークフローの提案を行うとともに、弊社で開発している3次元設計支援システム概念を説明する。3章では、橋脚を対象とした詳細度の高いワークフローにおける3次元設計支援システムの実例を紹介する。

### 1.3 3次元設計のワークフロー立案と支援システム

3次元設計システムを開発するにあたり、従来の2次元設計のワークフローの整理や課題を抽出し、3次元設計のワークフローを立案、これを実現するために必要なシステムの要件を整理した。

### 1.4 従来の2次元設計の課題

3次元設計のワークフローの立案に先立ち、現行の2次元設計におけるワークフローの概況を図-1に示す。

2次元設計のワークフローでは、タスク間における設計情報（検討条件や形状情報等）の引き渡しは、人の手による手作業で行っており、Microsoft社のWordやExcel、2DCAD、構造計算プログラム等、タスク毎に様々なプラットフォームを使用して設計物の適合性・的確性の検討が行われる。そして、ワークフローが進むに

つれて、設計物の形状の複雑さ（LOD）および情報量（LOI）は高まってくが、同時に構造計算書等の技術レポートの量や設計物の形状を確認する媒体である図面の枚数も増加していく。設計物の形状がある程度確定した段階で、3次元CADを用いて、3次元モデルを図面から起こす作業が行われる。

こうした2次元設計には、以下のような課題がある。

- ①各タスク間の設計情報の引き渡しは、人の手で実施され、入力ミス等のエラーが生じやすく、タスク間の整合性の照査に多大な労力が必要である。
- ②形状を確認するための媒体が図面であり、ワークフローが進むにつれ、図面枚数が増加し、図面作成の整合性を確保するためだけでも、照査・チェックに多大な労力が必要である。
- ③ワークフローの後半になるほど、フィードバック（前タスクの修正）が時間・労力の制約上、致命的となり、設計の最適化を優先できなくなる。
- ④3次元成果を納品する場合、図面作成後（ワークフローの後半）に作成している場合が多く、設計の最適化に活かしきれない。

### 1.5 3次元設計のワークフローの提案

筆者らは、以前、前項のような課題に対し、3次元モデルを活用した設計を実施することが効果的であることを指摘している<sup>2)</sup>。これを2次元設計と対比させたイメージを図-1に整理した。以下に特徴を述べる。

- ①3次元モデル・設計情報をデータベースに集約する。  
データベースからインターフェースを介し、3D-CAD等、各タスクで用いるソフトウェアを実行させ、情報媒体として3次元モデルを有効活用する。
- ②各タスクにおいて、技術的な判断の介在しない設計情報の引き渡しを極力自動化する。技術者判断が不要で無条件に引き継がせる情報としては、例えば、設計物の形状の情報等である。これらの自動化により、

タスク間の整合性が自然と図れるようになり、ミスの減少やフィードバックにより設計の最適化を進めやすくなる。

- ③図面は、3次元モデルから切り出して使用する。このため、図面間の整合性のチェックが不要となる。
- ④データベースと連携した3D-CAD上で、常に3次元モデルを確認・更新しながら、他のタスクを進め、ワークフローを回すことで、3次元モデルが持つ優位性を設計初期から活用できる。

### 1.6 3次元設計支援システムの要件

前項のワークフローを実現可能なプラットフォーム・ソフトウェアを調査したが、現状では、単独で解決できるようなものがなかったため、以下のような仕様の3次元設計システムを独自に開発するものとした。

- ①設計情報を管理できるデータベースおよび設計のワークフローで用いる様々なプラットフォームにシームレスに引き渡せるインターフェースを持つ。
- ②データベースの情報を技術者が技術的な意図を持ってコントロールできるインターフェースを持つ。
- ③パラメトリックモデリング技術を用いて、3次元モデル作成を極力自動化する。
- ④図面は、3次元モデルから切り出し出力する。
- ⑤その他、設計に必要な情報を出力できる。

土木構造物は千差万別であり、その特性・ワークフローに応じて、最適な基幹システムを検討する必要がある。現在、弊社で開発を行っているのは、橋脚下部工、樋門・樋管であるが、基幹のシステムさえできれば、様々なプラットフォームを選択できることも強みである。例えば、3D-CADのプラットフォームは、橋脚下部工ではDassault Systèmes社のCATIA、樋門・樋管ではAutodesk社のCivil3D・Revitとしているが、インターフェース・テンプレートの開発により、橋脚をRevitに出力することも可能である。

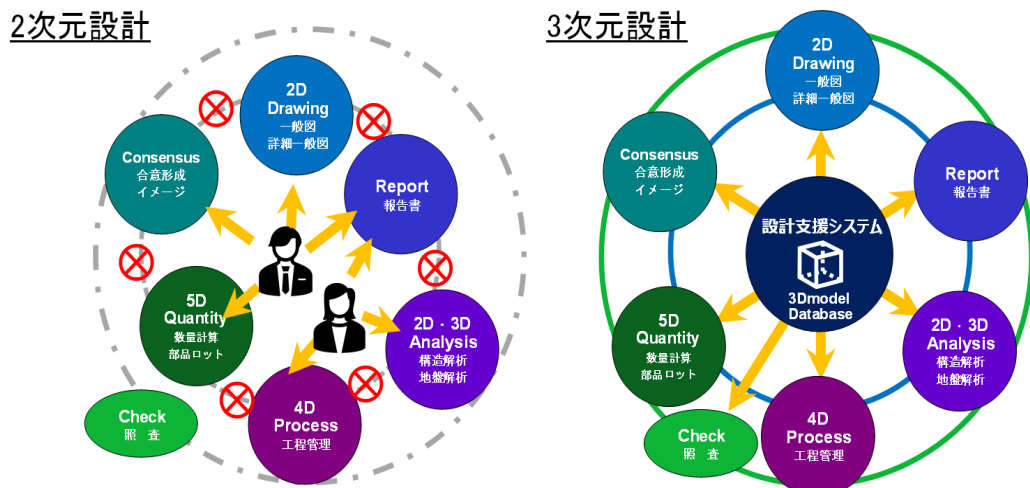


図-1 2次元設計のワークフロー（左）と3次元設計ワークフロー（右）のイメージ

## 2. 橋脚の設計支援システムの開発

本章では、具体的な事例として、設計のワークフローのうち、橋脚の詳細設計プロセスで使用するために開発した設計支援システムについて、主に各タスクで使用するプラットフォームとの連携機能を中心に紹介する。

### 2.1 橋梁下部工の3次元設計支援システムの概要

#### (1) システムのフロー

橋脚下部工詳細設計プロセスにおける3次元設計システムのフローを図-2に示す。

初めに一般図や事前検討結果を基に、基本情報(名称・基準等)、形式や形状をシステムに入力し、データベースを作成する。そこから3次元モデル作成や構造計算に必要な情報を引用しながら、各設計作業を行う。

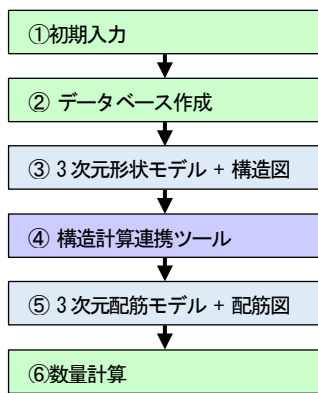


図-2 3次元設計支援システムのフロー

#### (2) 連携するプラットフォーム

本研究では、既存の3次元CADソフトウェアの中から構造物のパラメトリックモデリング<sup>2)</sup>を得意とするソフトウェアを構造物の特性に応じて選定し使用した。

本稿で扱う橋梁設計分野では、1橋梁で複数の類似橋脚を設計することに対するテンプレート機能の有効性や、標準機能や独自のプログラミング機能による詳細度の高い自動モデリング能力に着目し、Dassault Systèmes社の3DEXPERIENCE CATIAを選定し、効率的な3次元モデリングを行うためのツール及びテンプレートの作成をした。

### 2.2 設計支援システムと3次元CADの連携

#### (1) 3次元モデル (LOD300) テンプレート

構造物設計業務の計画段階で用いるツールとして、構造物の形状モデル (LOD300相当) をパラメトリックに自動作成するテンプレート及びツールを作成し、3次元モデル作成の効率化及び品質向上を図る。

テンプレートでは、事前に整理をし設計支援システムで入力した構造寸法などのパラメータをもとに、自動で3次元モデルを作成することが可能である。また、図-3

に示す様に、作成した3次元モデルをもとに構造図を作成するためのツールやテンプレートを作成し、従来型業務においても活用ができるものとした。機能概要や利点は以下の通り。

- ・構造物モデルから抽出したコンクリート体積や型枠面積を集計し、図面内の集計表や外部のExcelデータとして出力することができる。
- ・構造図に記載する主要点の座標は3次元空間上で計測した値を自動入力する。
- ・橋梁分野においては、Excelに集計した値と3次元空間における計測値より、支承位置における構造高表を自動で作成することができる。

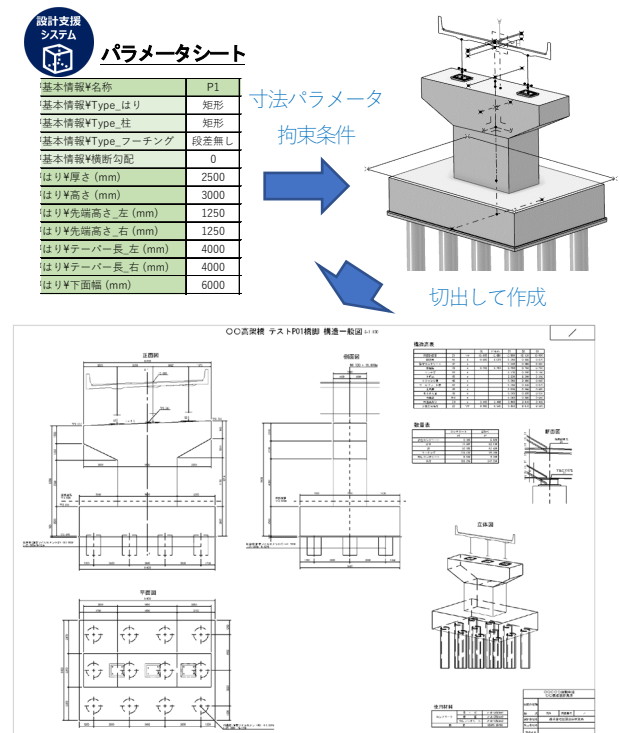


図-3 3次元橋脚モデル (LOD300) と2次元構造図

#### (2) 3次元配筋モデルのテンプレート

橋脚を例に、CATIAの配筋モデル作成機能(Concrete Structure 3D Design)および本ソフト独自のプログラミング(EKL)を使用することで、パラメータシートに整理された部材寸法、配筋諸元、材料などのパラメータをもとに、橋脚の複雑な3次元配筋モデルを自動生成できるテンプレートを作成した(図-4)。

テンプレートでは、設計支援システムで入力した形状寸法や配筋パラメータを用いて、鉄筋本数やかぶりなどを内部計算し、自動で3次元配筋モデルが作成できる。また鉄筋形状はコンクリートの部材幅や勾配、角度に合わせてパラメトリックに定義できるため、形状に追従した自動モデリングが可能となっている。

これにより、パラメータを入力するだけで設計者自身が3次元配筋モデルを作成することが可能となり、情報伝達ミスの防止や効率化が期待される。

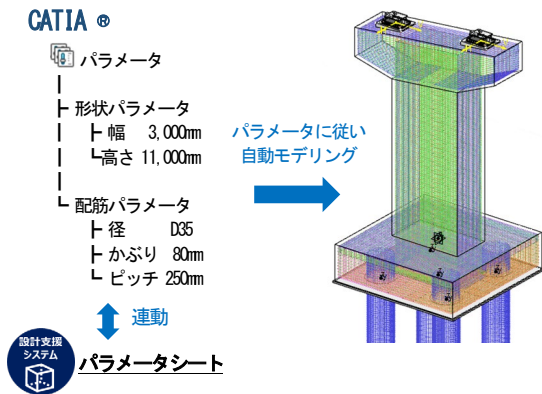


図-4 パラメトリックな3次元配筋モデル

国土交通省の「3次元モデル成果物作成要領（案）」では、部材交差部や過密配筋などの干渉が懸念される箇所のみ、部分的に鉄筋をモデル化することとしている<sup>3)</sup>。これに対し本システムでは、全ての鉄筋をモデル化している。この利点を以下に示す。

- ・鉄筋干渉箇所を漏れなく検出し回避できる（図-5）。
- ・3次元モデルをベースに図面を作成できる。
- ・3次元モデルから鉄筋数量も集計することが可能であり、設計成果の品質向上が期待される。

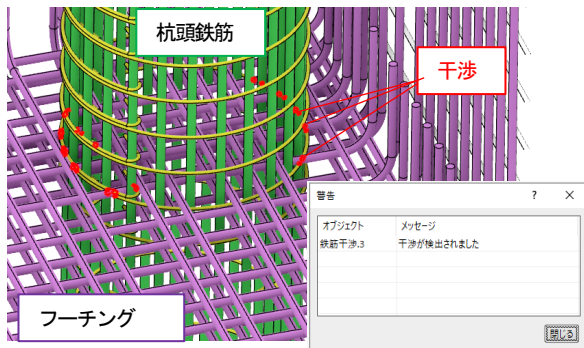


図-5 CATIAの鉄筋干渉チェック機能

### (3) 3次元モデルから図面を作成

従来は、手作業で作成した図面をもとに3次元モデルを作成しており、図面の記載ミスや3次元モデルとの不整合、工程圧迫などの課題が多い。

これに対し3次元設計のフローでは、先行して作成した3次元モデルをもとに、図面を作成するワークフローとし、3次元モデルからの図面の作成を省力化できる図面テンプレートをCATIAで作成した。このメリットを以下に示す。

- ・3次元モデルをベースとし、複雑な形状や配筋を手軽で正確に図面化することができる。
- ・複数の図面が同一の3次元モデルを参照しており、整合が確保されている（図-6）。

- ・パラメータと連動する3次元モデルを更新することで、図面の内容も最新の状態に反映される。
- ・図面に記載する鉄筋径などの情報もパラメータ値を引用しており、手入力での作業が不要とする。

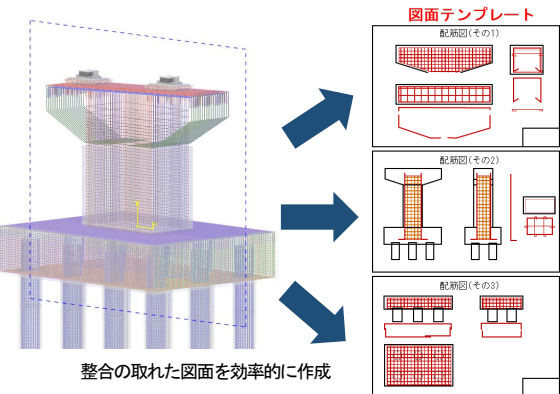
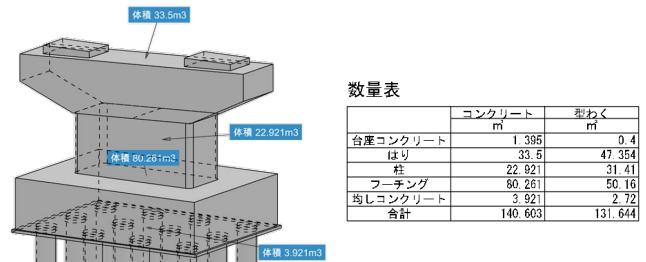


図-6 3次元配筋モデルからの配筋図作成イメージ

### (4) 数量計算への活用

作成した3次元モデル及びデータベース上のパラメータを用いて数量計算を行う方法を検討し実装した。

作成した3次元モデルを用いることで、ソフトウェアの機能によりコンクリート体積や型枠面積となるサーフェス表面積を計測し、図-7(a)の様にソフト上や属性情報として集計結果を確認することが可能である。また、これらの計測値は、図-7(b)の様に切り出して作成した構造図上にも集計表として記載することが可能であり、全体数量を簡易に把握し示すことができる。



(a) 3DCAD上で数量計測

(b) 構造図へ数量表を作成

図-7 3次元モデルから数量の算出

また、設計業務においては従来型の表計算ソフトを用いた数量計算書も今後も設計成果として必要な場面もある。このため、数量計算書を正しく効率的に作成する機能を開発した。

このシステムでは、データベースに集計された寸法パラメータから数量計算で用いる値を抽出し、あらかじめ用意した数量計算書のフォーマットへ自動記入することで、従来型の数量計算書を作成できる。また、数量計算書には計算で用いている寸法を示した参考図が必要となるため、構造物の3次元モデルをベースに挿入図を自



動作成するテンプレートも作成した(図-8(a)). この際、1つの3次元モデルに対し、足場や支保工などの概略モデルも追加モデリングすることで、本体工以外の数量計算も不整合なく効率的に行うことが可能とした(図-8(b)).

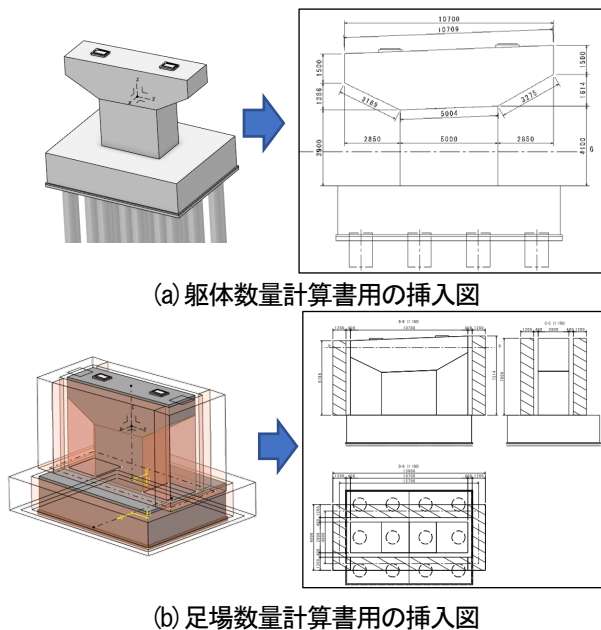


図-8 数量計算書用の挿入図テンプレート

## 2.3 設計支援システムと構造計算ソフトとの連携

### (1) 構造計算連携ツールの開発概要

構造計算の入出力作業を自動化による効率化及び品質向上を目的に、設計支援システムと構造計算ソフトとの連携を実現するためのツールを開発した(図-9)。

対象ソフトは、社内外の土木構造物の設計において広く利用されている FORUM8 社の構造計算ソフトとし、その内の『橋脚の設計 (H29 道示対応版)』を対象とした『CSVインポートツール』を同社と開発した。

### (2) 機能概要

『CSVインポートツール』では、形式や構造寸法、配筋情報、荷重条件等が所定の様式に整理された CSV データを読み込むことで、計算ソフトウェア上での手作業による入力を行わずに、設計計算データを作成することが可能である。

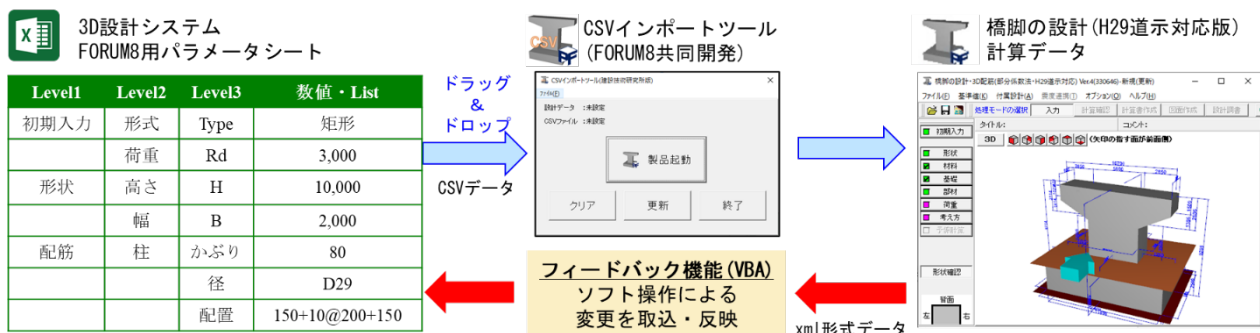


図-9 構造計算連携ツール概要図

また、実際の設計では、ツールで作成した初期計算データをもとに、計算ソフト上で配筋情報を更新してトライアル計算を行い最適な配筋量を決定する。これに対し、計算ソフト上で更新した計算データ (xml 形式) の情報を3次元設計支援システムへ取り込み、「統一データベース」や次の「3次元配筋モデル」へ常に最新情報を反映できるシステムを社内して対応した。

## 2.4 設計支援システムによるパラメータ連携

『3次元自動モデリング』や『構造計算連動ツール』を含む、各タスク用のパラメータシートを連携させるための連携システムを Microsoft Excel VBA で開発した。

システム内のパラメータシートの関係性を図-10に示す。各タスクで使う全ての情報が集約された『統一データベース』を中心とし、そこからタスクごとに必要な情報を所定の様式に書き出し、構造計算やモデル作成を行う。この構造は、正しいデータの所在を明確化し、データの流れやシステムの構成を簡略化する利点がある。

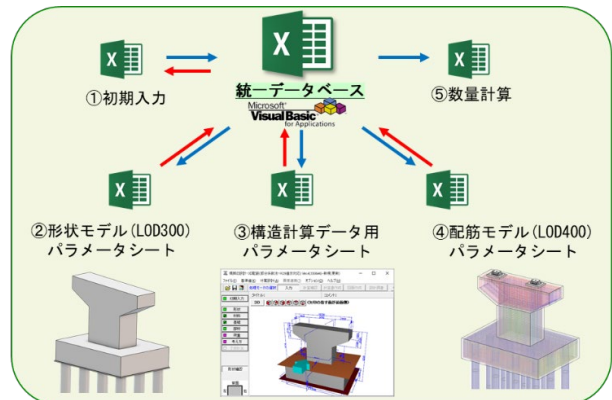


図-10 設計支援システム連携の概要図

また本システムではパラメータによる連携に加え、以下の機能を有するものとした。

- ・形状および配筋パラメータの入力用に入力ダイアログを用意することで、容易に正しい操作を可能とする。
- ・3DCAD ソフトや計算ソフト上で変更したパラメータ値をシステム内へ取り込み、他のタスクに反映する。
- ・タスクごとに複数生成されたパラメータシート同士の整合をチェックし、データ連携の照査を行う。

## 2.5 設計支援システムの効果

これらの設計支援システムを詳細設計業務でテストした。その際に確認できたシステム導入の効果を以下に整理する。

- ①パラメータシートと自動化ツールにより構造計算と3次元モデル、図面をシームレスに連携させることで、部材寸法や鉄筋諸元、材料情報などの不整合を防止し、品質向上と確保を実現できた。
- ②従来の手作業による構造図・配筋図作成と比較し、技術者自身が短時間で図面を作成することができた。
- ③3次元モデルから切り出した構造図・配筋図を正として、従来方法で作成した図面成果を照査することで、照査労力が大幅に軽減され効率化するとともに、技術者の能力や経験による照査のバラつきを解消し品質の一定化を図ることができた。
- ④3次元モデルの干渉チェック機能により、過密配筋箇所を漏れなく効率的に確認し、成果品の品質を向上させることができた。

## 3. 結論

### 3.1 成果

本稿では、現行設計のワークフローの課題を踏まえた、3次元モデルを使った新しい設計のワークフローの概念を提案した。また、これを実現するための要求仕様を概説した。3章では、具体的なシステムの事例として、橋脚下部工の詳細設計プロセスにおける開発システムの内容を外部連携機能を中心として紹介し、その導入効果を明らかにした。

これらより得られた主な結論は以下のとおりであり、詳細設計における3次元設計によるワークフローの有効性を示せたと考える。

#### (1) 3次元設計のワークフローの立案

従来の設計に追加する形ではなく、3次元モデルとデータベースを中心とした新たな設計手法を提案した。

#### (2) 3次元モデルの自動モデリング及び連携

①構造モデル(LOD300)と構造図を自動作成することで、設計の初期段階における検討の効率化や、大きな設計ミスを防止することができる。

②配筋モデルを自動作成することで、詳細設計への3次元モデルの活用性が飛躍的に高まるとともに、設計成果の品質向上に大きく寄与する。

③3次元モデルから図面を作成するフローを標準化することで、図面作成の生産性や品質も向上する。

④定型業務の効率化を図ることで、より特殊で難易度の高い設計業務へ生産力を充てることが可能となる。

### (3) 設計支援システムの開発と構造計算との連携

①構造計算と3次元モデル、図面が連携し、データ間の不整合の防止や、入力作業の効率化ができる。

②データの所在の明確化や、正確なタスク間のデータ連携や管理が可能となる。

## 3.2 3次元設計推進の課題

国交省が推進するBIM/CIMでは、施工・維持管理フェーズでの3次元成果品の利活用方法がまだ明確に決まっておらず、今後、これらのフェーズで利活用できる仕様となるよう、動向を注視しながら、開発を進める必要がある。また、3次元設計を実施するためにベースとなる現況地形、構造物、埋設物、敷地境界などは、完全に網羅された3次元データがなく、現状、設計者が手作業で丹念に作成せざるを得ない。今後、3次元設計成果物を利用したデジタルツイン等のプラットフォーム等の環境が整えば、これとの連携により、ベースの3次元データ作成作業が効率化することが期待される。

### 参考文献

- 1) BIM/CIM活用ガイドライン, 2021年3月, 国土交通省
- 2) 3次元データによる構造物の設計手法に関する基礎的な考察, 2021年6月, 国土文化研究所年次報告 19, PP25-28, [https://www.kengi.msaproxy.net/kokubunken/annual-report/pdf/2020\\_all.pdf](https://www.kengi.msaproxy.net/kokubunken/annual-report/pdf/2020_all.pdf)
- 3) 3次元モデル成果物作成要領(案), 2021年3月, 国土交通省 (2021.12.22 受付)

## DEVELOPMENT OF DESIGN SUPPORT SYSTEM FOR INFRASTRUCTURES 3D DESIGN

Shun UKAI and and Tatsutoshi SAKAMOTO  
Takashi FURUNO and Masayuki USUI and 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. As an example, this Paper introduces the 3D design support system for Bridge.

# 景観デザインの研究：美しいインフラに向けて ～鉄道の事例に対する景観デザインにおける 課題と提案～

## TOWARDS AESTHETIC INFRASTRUCTURE – ISSUES AND PROPOSITIONS ON THE EXAMPLE OF RAILWAYS

Ewa Maria KIDO 木戸 エバ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>工学博士 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: kido@ctie.co.jp

*Aesthetics* means beauty and is associated with the concepts of sensitivity, creativity, convenience, elegance, attractiveness, appreciation and pleasure. Technological aesthetics is embracing advance, innovation, and breakthrough. The aesthetic infrastructure addresses both the *functional aspects* of the users and their positive *emotional response*. In this study, the main subject of infrastructure is the railway station. The aesthetic station is not only visually pleasing, but also a safe and modern facility designed for all users.

The scope of the research includes general analysis of the development of infrastructure in Japan, factors of aesthetic design of infrastructure, critical issues, survey on perception of infrastructure, and suggestions related to improvements along with the future trends. The purpose of the study is to emphasize the importance of the aesthetic design of railway stations and to show that such design creates a great potential for future urban centers. This paper is part of a comprehensive 520-pages study with 510 photos. It presents aesthetic issues at the railways and examples of their improvement. Stations aiming to become the “*smart infrastructure*” of “*smart cities*”, can achieve this goal by improving the quality of design and management and embracing new technologies. Therefore, addressing open issues requires a broader stance and the understanding and cooperation of various designers. The need for the *human face in engineering design* is the message of this study.

**Key Words:** *aesthetics, beauty, aesthetic design of infrastructure, aesthetics of railways, space of mind, human-oriented design, new urban infrastructure*

### 1. Outline of research

#### (1) Research background and scope of study

The “*keikan dezain kenkyū*” studies are related to infrastructure, architecture, and engineering structures. “*Keikan dezain* is a design that takes into consideration the view and the outer shapes of structures and the spaces. There have been not relevant studies on aesthetics of railways. The references are mainly in consideration of buildings [1] and bridges. The difference between “*dezain*” and “*sekkei*” reflects two different “worlds” of architecture and civil engineering. To achieve better design, aesthetic townscape, and user satisfaction, these two professions need to be integrated through mutual understanding and cooperation.

The station, reaffirmed as important city node, contributes to the quality of urban life and a potential factor of attraction for the whole city [2]. Many beautiful stations have been built or renovated. Studies in Japan show the development of station and role of its spaces in urbanspace [3]. Station planning has improved but still there are many challenges related to design, management, and to the wider perspective of relationship between engineering and architecture. Infrastructure design also needs to better reflect user expectations in order to establish a link between the users and their surroundings. Therefore, apart from the *hard engineering approach*, the infrastructure must also show a *soft human attitude* for the future generations.

## (2) The purpose of research

The message of the study is that aesthetics is unquestionably required for all “*built forms*” and engineering design should be guided not only by purely structural principles, but also by aesthetic, which include functional factors. Well-designed function is synonymous with aesthetic approach. Designing with aesthetics in mind allows designers to create “*works of art*” in terms of both architecture and structure. Aesthetics is presented as a *tool* not only for a better future station but also for a better environment and a better life. The objective is to draw attention to infrastructure aesthetics, to reflect the critical issues and propose ways of improvement and to emphasize the need for “*human face*” of civil engineering. “*Human-oriented design*” is considered as a counterbalance to strictly engineering design. It aims for a better environment for people. The creation of such “*space to foster the richness of the mind*” [4] would enable the development and well-being of future generations. The example of aesthetics of railways is relevant for other infrastructure and can be related to the consulting engineering projects.

## (3) Research development method and flow of study

A deductive top-down approach is mainly used – moving from specific observations to broader generalizations and theories. The steps of the R&D include defining the aesthetic issues and problems, formulation statement regarding aesthetics of railways, collecting and analyzing data, interpretation and drawing conclusions. The thesis is that *every built form requires aesthetics and aesthetics can improve stations, their surroundings, cities and the quality of life*, and that engineering design needs to consider aesthetic and human factors, along with other practical principles. Suggestions for improvement are about how to achieve an aesthetic infrastructure.

Aesthetics is inevitable in “*human-oriented design*” of infrastructure (the importance of aesthetics has already been proven in the “*aesthetics of bridge design*”). Train stations have a history of meaningful design and functional diversity. In the past, engineers and architects worked together on architectural and engineering projects. Nowadays, the spirit of such collaboration must be revived. A social understanding of engineering design will help give new life to such collaboration. Aesthetics not only enables significant design of infrastructure, but also improves its efficiency, functional clarity, safety, and user satisfaction. In local areas, stations can function as community centers, even if they no longer serve the purpose of transportation. Aesthetics upgrades quality of life and health through “*green walls*”, open spaces, and by strengthening the city, improving functionality and urbanscape. It also educates through the promotion of art, culture and new technologies. Aesthetic stations are cultural properties. History and culture at the station can be passed on to new generations. New urban space will be shaped by modern “*neo-infrastructure*” with railway stations potentially being at the center. Therefore, it is important that modern stations will appeal to peoples’ minds and hearts. Such “*human-infrastructure*” will bring new value to urban space. The study flow reflects the comprehensive study contents – 6 chapters, part of which is included into this paper (Fig. 1).

## 2. Aesthetic design of infrastructure

### (1) Definition and meaning of aesthetics; aesthetics of infrastructure

In general, aesthetics means beautiful and showing refined taste objects that can be perceived by the senses. “Aesthetics”

refers to the theory of art and beauty – and the question of what makes something beautiful. In this study, it refers to question “what makes infrastructure beautiful”. For the purpose of this study, aesthetics is mostly interpreted as “beauty” (*utsukushisa*) – a practical result of the design rather than as philosophy of beauty (*bigaku*), which examines theoretical aspects of design. In visual terms, aesthetics includes factors such as size and scale, proportion, form and shape, space, visual weight, texture, light, color and pattern, composition, movement and rhythm, flow of space, etc.

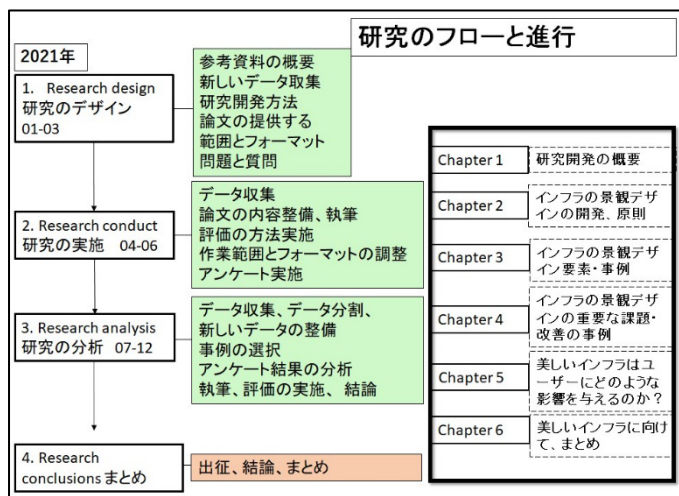


Fig. 1 Flow of study

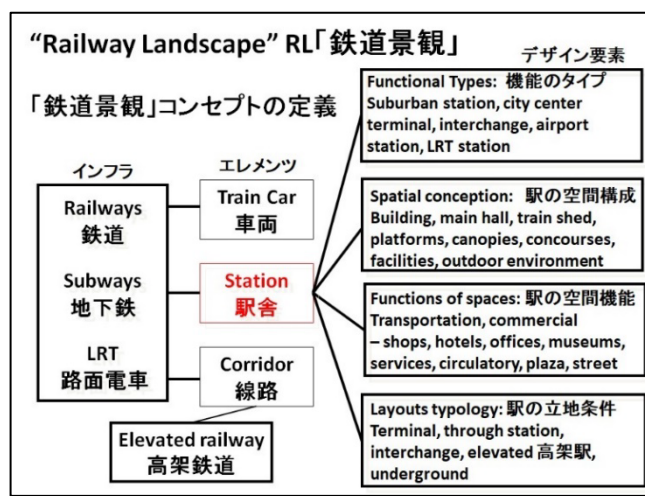


Fig. 2 Concept of “Railway Landscape”

“Aesthetics of infrastructure” means the beauty that can be identified and evaluated by analyzing aesthetic qualities of infrastructure. “Beautiful infrastructure” can be achieved by satisfying aesthetics principles. Such principles are universal; however, they might have some specifics regarding various types of infrastructure. There are various design factors, such as the relation to the surrounding, structural efficiency and innovation, appealing form, clarity of function, and comfortability for the users. Aesthetic qualities depend upon design and are examined through perception. The concept of “aesthetics” in this work extends beyond the general formalistic view associated with the visual quality of engineering structures and architecture. It also includes a personal aesthetic experience that develops when visiting a structure or architecture.

(2) How to judge and measure aesthetics?

Aesthetic quality is either deliberately addressed (by the designer) or naturally linked to the observer (natural landscape) through an “aesthetic experience” that may be simply described as “pleasure”. Aesthetics can be “judged” through the ways of perception. Objects are perceived *rationaly* by seeing them that is a visual experience. On a purely visual level objects can be estimated (their size and scale, space, daylight, lighting, color, proportions, shape, visual weight, texture, composition, movement, rhythm, and flow of space). Built forms also trigger *emotions*, which are related to *subjective* responses, such as emotional response to scale, space and shape, impression of texture, color and light, feelings of safety, visual order and disorder, harmony and contrast, simplicity and complexity, association, nostalgia, sense of place, design context, meaning, image, historical references and codes, utility, and designer intentions. There is a constant interplay between the *rational and subjective* responses, but visual qualities can be extracted to a certain point and estimated, and they can be judged – appreciated or criticized. Visual qualities can be specifically used as an objective measure of aesthetics. Therefore, aesthetic aspects of architecture and engineering structures can be described and discussed, while the subjective qualities can create additional values.

(3) Principles of aesthetics of railways

(a) “Railway landscape”

The relationship between railways and their surroundings, which affects considerably the perception of railways by their users is reflected in the concept of “railway landscape” (Fig. 2). Transportation infrastructure is one of the most dominating elements

in the cities and in the open landscape. Therefore, its design is essential; it has the power to redefine an urban landscape and its natural surroundings. “Railway landscape” refers to the landscape of railways and their facilities, as well as to all the spatial configurations in station surroundings, such as station squares and streets. Perceived in the context of visual amenity and functional efficiency it consists of a three-dimensional network of railways, subways, and LRT (Light Rail Transit), which contain the three basic elements of rail infrastructure – railroads, stations and train cars. It includes, as its elements, both the agreeability of the station (an element depending largely on the form and function), as well as the safety and accessibility (convenience) of the station.

(b) “Aesthetics of railways”

Aesthetics of built forms depends very much on the relations between form, function and beauty. “*Aesthetics of railways*” can be defined as a balance between the exterior and interior of a station, and between building architecture, engineering structure and transportation function – in consideration of its planning, layout, details, and context [5]. Other station functions need to be sensitively distributed and clearly distinguished from those that are purely transportation related. An aesthetic station must be clear, easily approachable, and easy to understand, but at the same time it needs to provide a rich environment. The important factors necessary to be fulfilled are a meaningfully designed station building with sufficient space and clearance, with easy-to-understand passengers’ moves, with commercial facilities and other functions which do not interfere with pedestrian corridors, with advertisements that do not interfere with signs and railway information, and with a barrier-free access [6]. An appropriate coordination between station architectural form and structure with function is reflected in related criteria of form and function. Aesthetic factors of station facility include objective qualities, such size and scale, proportion, form and shape, space, visual weight, light, texture, color, composition, movement, unity and rhythm [1]. It is important to consider not only these formal qualities of architecture or structure, but also possible emotional reactions such as awe, excitement, fear, the impact of associations, the reactions inspired by symbolism, etc. Therefore aesthetics relies also on subjective evaluation of formal features, image-based factors (representation of the railways, brand design), landmarks features, inclusion of art, signs and advertisements. Currently, railway companies are engaged in implementation of aesthetics through their policies, including amenity improvement programs, new concepts of corporate design, involvement of public, and pursuance of modern architectural designs achieved through the involvement of architects.

(c) Aesthetics and economy

Aesthetics and economy have often been considered to contradict each other. Since the separation of architectural and engineering professions, some engineers believed that satisfying aesthetic requirements involved additional cost – however there are many examples of structures and buildings being equally beautiful and economical. But in some cases, there is an additional cost of aesthetics. For, example in relation to public art at the stations, in Europe some transport agencies have introduced a “*1% for art*” policy, allocating 1% of the total budget to new art development. Many planners associate aesthetics with increased design and construction costs. Whether it is so, and the degree to which it is, varies widely depending on the size of project, and other specifics. The designer’s obligation is rather to seek the best combination of “3F” – “*efficiency*” (minimum use of materials), “*economy*” (minimum cost), and “*elegance*” (maximum expression) [7].

(d) Concept of aesthetics in architecture and civil engineering

Until modern times, there was no clear distinction between *architecture* and *civil engineering*. Some infrastructural project deal more with forms, like bridges or dams, and some with space, like parks and waterfronts. The difference between architecture and engineering in Japan is reflected in the word “*design*”. It comes from the Latin word “*designare*”, meaning “to direct” or “to indicate”. “Design” has two meanings: planning (creation) of ideas and materialization (arrangement, decoration, cosmetic design) of ideas. It is used in relation to architectural works. In Japanese, the English translation of “design” is “*sekkei*”, which stands for design, planning and layout and is used in Japan for civil engineering works. In addition, the loan word “design (*dezain*)” has a slightly different meaning because it also includes a visual impression. However, “design” in fact incorporates

not only the meaning of decoration, but also the creative process of embodying the designer's intentions. It simply emphasizes the aesthetic aspect of the built forms. Engineering design (*doboku dezain*) is primarily aimed to fulfill a certain *function*. The second consideration comes about the *cost*, and finally the *form* is considered. Engineers employ often the concept of “3E” for aesthetic infrastructure. In architectural design (*kenchiku dezain*) expression is the most important. There is however the equivalent of “*aesthetic design*” in engineering world and it is called “*keikan dezain*” (or “*civic design*”). The understanding of architects and engineers by common language is necessary for better infrastructure.

#### (e) Aesthetics principles of railways

“*Aesthetics*” refers to a set of “*principles*” underlying the works of a particular theory, art movement, and other fields of creativity. Aesthetic principles that characterize railways comprise a range of formal and artistic elements and attributes, such as high-quality design, total/integrated design, landmark quality, landscaping with sense of place (station plaza), providing greenery, excellent structural design (elevated railways), modern, safe, up-to-date, and architecturally accomplished design (stations, spaces below the elevated railways). Principles include also objective-visual qualities (size and scale, space, proportion, form, visual weight, texture, admission of daylight and artificial light, color and pattern, composition, movement and rhythm, flow of space), and use of space to convey values, capture emotions, create unity within an art piece, and communicate meanings that draw to subjective-emotional qualities (responses to size and scale, space, form, texture, light and color, feelings of physical security and safety, responses to visual order and disorder, harmony and contrast, simplicity and complexity, associations, sense of place, context, meaning, historical references, and designer intentions). Some other principles that increase the appeal of station facilities are associated with prestige of railway brands that translate their image into high-quality and relevant graphic elements, such as signs, advertisements, art, various details, and quality of train cars. Subjective response depends also on implementation of culture at the railways, distribution of functions, and accessibility.

The principles of aesthetics are relevant to station building, plazas and elevated railways. Station plaza evolved from “*traffic plaza*” into “*traffic plaza + amenity*” [8]. Distinguishable plaza should underline the station identity relating to the *sense of place*. Providing *greenery* is important principle of station design. Sometimes greenery can be in form of “*vertical gardens*” or “*green walls*”. The most essential factor of aesthetic design of elevated railways is an *excellent structural design*. Important aspects are view of the girders, their size, shape, color, and texture, shape of the piers, and height of the elevation [9], as well as the function of the spaces below, and the re-use of viaducts. Signs, along with visual arts and advertising, are graphic elements that fulfill functions. They need to be *informative and aesthetic*. Public art plays a very significant role in enhancing the image of railways. Art (visual art, and music and performing arts) is one of the aesthetic design factors that refer to the station space [10]. Retail provides convenience, but it also needs to be properly distributed. The basic principle is the *separation* of shops and restaurants and other facilities, from transportation. It has been recognized that customer satisfaction increases with better-designed stations, comfortable waiting areas, clear information signs, as well as with public artworks, cultural and community events, and other activities that enrich the contemporary concept of travel experience. Another element, which is directly connected with the quality of travel are train cars. The aesthetic principles associated with the train cars are the coordination of design of the outside with the interior, color coordination, high-quality of materials, functionality, and comfortability.

#### (4) Principles of *machi-zukuri*

Aesthetics is the objective of “*machi-zukuri*” – a community-based planning promoting design with aesthetic considerations. “*Machi-zukuri*” is a *soft way of planning*, which combines the building activity with the community-based process, in contrast to traditional, *top-down process of “toshi keikaku”*, which is highly centralized model of urban planning. Aesthetic principles of *machi-zukuri* comprise of respect for the natural environment, preservation of historical heritage, restraint of new constructions, and adherence to design code and other regional characteristics. *Machi-zukuri* is focused on improving the living conditions of the local community, so it is necessary to balance preservation and modernization, originality, and coordination, private and

public, pedestrians and vehicles, use of regional materials and conservation of nature. Tamura [11], listed the nineteen universal principles of *machi-zukuri*; some of them can be related to stations: respect the natural terrain and make the best use of it; reflect the characteristic natural mountains, rivers, seas, lakes; respect the historical heritage; control the sky above the city as a space for the citizens; establish a view point to give the residents an opportunity for a panoramic view of the city; balance the cityscape, as a collaborative outcome of individual works; give the pedestrians the priority on the roads and expand the pedestrian space; create a symbol of the city satisfying all residents; increase greens, flowers, and water for urban comfort and relaxation; use art and well-designed street furniture in the town; use local materials as much as possible to maintain regional colors; create a place where people can enjoy, move with peace of mind, and have a rest, and deepen interaction with citizens; maintain citizen's cooperation; pursue the possibility of creating a new buildings with new materials and technologies.

*Machi-zukuri* had a considerable effect on improvement of the public-private sector stations. The characteristic feature of such stations was that municipal facilities have been located at the station buildings. Stations have been characterized by two techniques: (1) construction of a free corridor (*jiyū tsūro*) connecting both sides of the station in order to prevent local areas being dissected by the tracks, and (2) provision of facilities, such as meeting halls, civic plazas, local products museum, organized at the station to reflect character of the local community and to attract residents [12]. Stations like Takaosan-guchi (2015; Kengō Kuma), Jōshū-Tomioka (2014; Makoto Takei, Chie Nabeshima), and Shin-Hakushima (2015; arch. Kazuhiro Kojima, Kazuko Akamatsu) have very outstanding designs and were conceived by private operators in cooperation with local authorities. Jōshū-Tomioka designed by Makoto Takei and Chie Nabeshima (TNA) in brick and steel, reinterprets the surrounding architecture of brick and timber frame. It links the station with local industrial heritage. There are also many examples of meaningful JR stations, “*gates*” to their towns, which projects were developed with the collaboration with local authorities and residents: Hyūga-shi (2008; Hiroshi Naitō), Ryūō (2008; Tadao Andō), Hōshakuji (2008; Kengō Kuma), Kōchi (2009; Hiroshi Naitō), Iwamizawa (2009; Hiroshi Nishimura), Asahikawa (2011; Hiroshi Naitō), Hitachi (2012; Kazuyo Sejima), and Onagawa (2015; Shigeru Ban). Currently, *machi-zukuri* projects have three characteristic features: small scale of projects often involves a single a neighborhood; projects focus on improving public space, and residents actively participate in building a strategy and making decisions [613].

### 3. Critical issues of aesthetic design of infrastructure and examples of improvement

Transportation infrastructure, including railways, is a part of a visually prominent urban structure, forming relevant lines and nodes, as stipulated by Kevin Lynch [14]. Therefore, various aesthetic issues should be solved benefiting cities and people. Some issues and improvements have been discussed and illustrated in previous yearly reports, such as in regard the *use of space below the elevated railways* and *station plaza* [7], as well in relation to the application of *art, signs and advertisements* [15].

#### (1) Aesthetic issues and improvements of railway design

##### (a) Station form, its originality and relation to the surrounding, façade and entrance

Important features of station building include architectural *form and style*, architectural *quality* represented by buildings and materials, clearly *visible façade*, innovative structure, regional identity, coordination of new structures and historic architecture, city *landmarks*. However, some stations lack clear, well-designed forms and originality. Among various issues are lack of style, poor quality, and unrecognizable façades overwhelmed by other buildings. The numerous stations have standard or chaotically arranged buildings. Sometimes they are less visible than the commercial centers nearby (e.g., 3<sup>rd</sup> Kagoshima Chūō Station, 2016). Large station buildings that developed in Japan in the 1960s and the 1970s have often indistinguishable facades made up of department stores. At such stations as Ikebukuro, it is difficult to see the entrance (Fig. 3); they are also complicated, with many entrances. Shinjuku, the world's largest railway station, does not yet have any distinctive building.





Fig. 3 Ikebukuro Station, Seibū side, 1980 – entrance and name *not visible*



Fig. 4 Kyoto Station, 1997 – *clear entrance*

As a good example can serve Kanazawa Station (2015) designed by Yūzō Shirae, which has characteristic elements reflecting both tradition and modernity. Aesthetics can be accomplished on both large and small stations. Kyoto Station (1997) and Hita Station (2015) have buildings with clearly visible facades and names. The design of Kyoto Station by Hiroshi Hara was a big challenge. Large volumes have a well-defined shape and are visually smaller when divided into parts. The entrance area is clearly distinguished (Fig. 4). Eiji Mitooka oversaw the design of the Hita Station building. Locally produced cedar is used for the lattice, louvers, and flooring. The exterior resembling traditional Japanese architecture is in a subdued gray color (Fig. 5).



Fig. 5 Hita Station, Ōita Pref., 2015 – *visible station name*

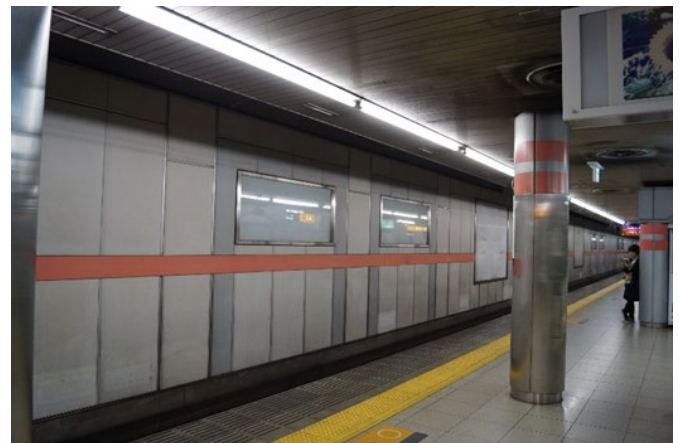


Fig. 6 Sanjō Station, Keihan Line, Kyoto, 1997 – *lack of design*

(b) Station interior – distribution of function, universal design and brand design

Stations with good architectural form have usually well-planned interiors. The objective of interior design is *design consistency* between exterior and interior, and *adequate space*. The platform walls at subway stations should have a proper arrangement. Transportation function should be clearly *distinguished* from the commercial function. Interior design should enable *comfortable and speedy circulation* from the station entrance to the platform. Sometimes the space is small, chaotic, with mixed transportation and commerce (e.g., Ikebukuro). Municipal Kyoto or Osaka Subways stations, or stations on other lines are lacking interesting arrangement and colors (Fig. 6). Existing interiors can be improved. The newly renovated Yaesu side concourse at Tokyo Station (2021) has the shopping area aside from transportation (Fig. 7). Good design means also universal access. Elements of UD, such as elevators, can enhance aesthetics. UD improves the image of rail operator. Brand image is a set of associations that form the perception of the brand by the users. The elements of *brand design* are *visual*, such as logos, signs, equipment, and various graphics. They are also *verbal* elements and specific *sounds*, such as station announcements and music. Lack of brand design decreases the attractiveness of stations. Proper management and maintenance of railway facilities greatly raises the awareness of railway operators. The station interior must be designed for *barrier-free* access, exhibiting features and

quality as a part of the *brand image*, and related with the *surroundings*. Kyoto Station has an interesting interior that perfectly matches the exterior. There are also many local accomplished stations, newly built or renovated, such as Iwaki-Hanawa (1993), Keihan Uji (1995), Shimoyoshida (1929), and Hyūga-shi (2008).

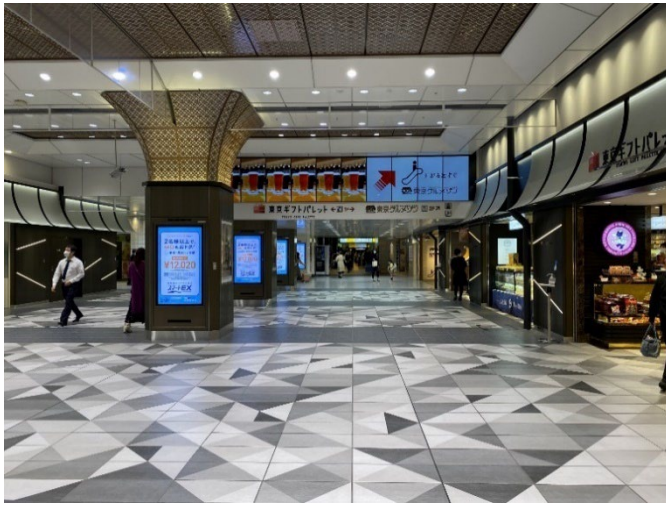


Fig. 7 Tokyo Station renovated concourse, 2021 – shops are distinguished from transportation



Fig. 8 Ginza Station concourse – before renovation – lack of design, colors and quality



Fig. 9 Aoyama Ichōme Station on Ginza Line, 2020 – contrast between ceiling above the tracks and the platform

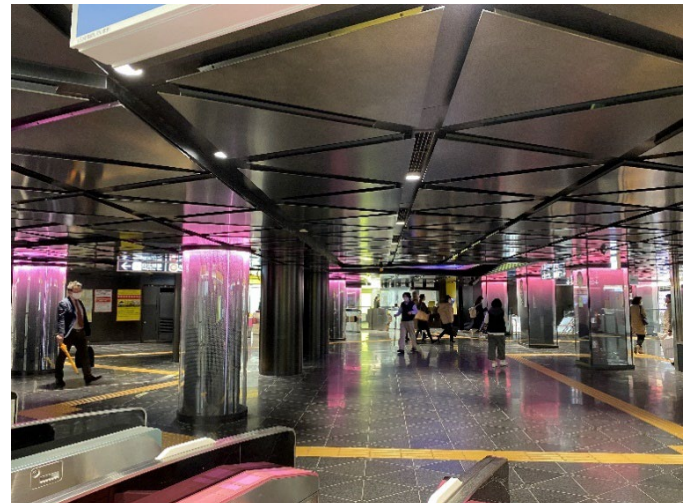


Fig. 10 Ginza Station concourse – after renovation, 2020 – design by means of textures, materials, light and colors

(c) Aesthetic visual qualities and emotional response

Except for the uninteresting shape of the station building, lack of space is a common flaw, especially in subway stations. It stands out especially at Tokyo Metro Ueno Station on Ginza Line (1927), which is the oldest subway line in Tokyo (Fig. 8). Other challenges include complicated, unattractive, dull, and dark underground spaces. Concourses are sometimes obscure, boring, with walls *lacking composition, color*, and interesting *lighting*. Lack of platform wall composition, lack of relation to the ground-level environment, makes subway stations (e.g., Kokkai-gijidōmae) less attractive. Also at subways, the ceiling above the platform is usually excluded from design. At Aoyama Ichōme (Fig. 9), it was not included even after the renovation in 2020. In result, the “*structural*” part of design (rough concrete) contrasts with the “*architectural*” part” (wooden finish). The problem of the subways in the city centers is how efficiently connect underground with the basements of the surrounding buildings, and with the space above the ground. The challenges include also greenery – how to provide contact with nature. Improvement project at Ōtemachi Station was part of the *machi-zukuri* initiative with the participation of rail operator, urban planning authorities, private developers, non-profit organizations, and residents [16]. The Tōzai Line concourse was widened, and large underground plaza was built as an integrated space of the “Ōtemachi Tower” [17]. Transportation space was developed, enlarged,

and improved through the multiple task that connected transportation planning with architectural design of office buildings, street planning, landscape design, and community planning. Subway station passage (public space) was linked via barrier-free to commercial center “Ōtemori” (2014) and underground plaza in the basement, and continuously to the “Ōtemachi no Mori” (private) – a recreated “*forest*” on the ground level, that can be used by the public [18]. Ginza Line also has undergone a remarkable transformation. Different colors are applied for different lines and areas. At the main concourse the ceiling has black patterns and images of surrounding buildings. Colorful columns at the concourses and on the platforms are highlighted (Fig. 10). The ceiling became also a part design of some stations, for example at Ginza Station (Marunouchi Line, 2020), and at Shibuya Station (Fukutoshin Line, 2008). Shibuya Station of the Ginza Line (2020) received a new attractive appearance by Hiroshi Naitō. The coordinated design is based on the expression of the structure, which includes also the ceiling.

Subjective response can contain feelings that are directly results of the design. Sometimes stations are too large and platforms too huge, like at Shenzhen North (2011) in China. The stations that are monotonous and ill-organized can be *oppressive*. The size of station depends on its location and type. The scale should be related to “*human scale*” and the facility should be user-friendly. Colors, which can be created by using colorful materials and artificial lighting can also stimulate perception. Bright colors visually increase space; warm colors increase the feelings of safety. Colors are also used to express the design concept such as “*blue*” to create image of “*sea*”, or “*red*” reminiscent for a “*gate*” or “*shrine*”. Colors can be used as guides and safety tools. For example, railings and elevators can be highlighted with distinctive colors. On the contrary, the colorless station (Fig. 6) has no emotional impact on the user. Very important are feelings of *safety* at the transportation venues. Safety and security are basic requirements, but their perception is subjective. In “Osaka Station-City”, some passengers may be concerned about the height of the stairs. Some people feel uneasy when walking in a glass elevator or on a glass floor. The *sense of security* may also be related to the high open concourses. *Emotions* such as fear, claustrophobia – for example at deep underground stations, and agoraphobia, should be considered in the interior design and their occurrence minimized.

Feelings such as *associations, senses of place, and meaning* relate to *symbolism*. By expressing the image of a railroad company, it may be possible to connect it symbolically to a specific *brand* of the rail operator. Symbolism also contributes to the landmark quality. But, when the quality of design is low, applied directly symbolism do not improve the image of the station. Therefore, the way of applying symbols requires skills. Local train stations in Japan are inspired by local products, such as sake, whisky, and pottery. For example, Arita Station (1996) in Saga Prefecture is inspired by local pottery – *Arita-yaki*. The design of the station building is based on the image of an Arita porcelain kiln. Similar design with the motif of the white walls and the chimney of the kiln influenced by a pottery – *Imari-yaki* displays Imari Station (2002). On the other hand, Mōka Station (1997) in Tochigi Prefecture, looks like a steam locomotive (Fig. 11). Since 2013, the station was planned as a new tourist attraction of the SL locomotive museum. Stations are also inspired by local temples and shrine and traditional architecture. The “*shrine and temple style*” (*shaji-fū*) is widely used even by the means of color, e.g., at Fushimi-Inari Station and Usa Station. Fushimi-Inari Station (1919) in Kyoto of Keihan Electric Railway was renovated in 1986 with the design inspired by Fushimi Inari-taisha (Fig. 12). However, applied on standard block building, it did not improve its appearance. Even more direct implementation of *shaji-fū* can be observed at Yahiko (2013), Katase-Enoshima (1929), Dazaifu (1991), Takao (1924) and many other stations in Japan. Katase-Enoshima (Fig. 13) in Kanagawa Prefecture has a new station building completed in 2020. The station inherited the *temple-style* station building design of the previous generation and incorporated the technique of “*ryūgū-zukuri*” used for shrines (like Enoshima Shrine) and temples. Sometimes *symbols* may be applied *too directly*. Actually, Katase-Enoshima Station doesn't look like a station. On the other hand, it is colorful and pretty. Yahiko Station also looks more like a shrine than a station and Mōka very closely resembles locomotive. Many stations in Japan are also influenced by traditional architecture, for example Kakunodate, Sawara, Gujō Hachiman, Seki, and Ueda stations. Sawara Station (2011) is in a merchant town with traditional buildings located along a historical canal. Station building with traditional large gable roof, tiles and wooden screens on the elevation closely resembles a traditional Japanese architecture (Fig. 14). On the other side, there are modern looking stations that

*transform the ideas* of traditional architecture and apply them in a new, modern way. Takayama Station (2016) in Gifu Prefecture was rebuilt as a modern building designed by architect Hitoshi Naitō and Yasushi Onodera (landscape design). It resembles traditional architecture of “Hida Takayama” [19]. The building has a black grid on the outer wall (Fig. 15). The entrance leads to the East-West Free Passage “Takumi-dōri” made of local cypresses (*hinoki*), where traditional artifacts are displayed. Other *inspired designs* of stations include Keihan Uji Station (1995), Takaosan-guchi (2015), and Sangubashi Station (2021). Takaosan-guchi Station is the gateway to Mt. Takao. In reference to the mountain, Kengō Kuma proposed a large roof structure made of cedar wood, which is typical for the mountain. The platform was also refurbished and equipped with soft lighting resembling traditional lanterns and wooden furniture and details.



Fig. 11 Mōka Station, Tochigi Pref., 1997 – *inspired* by the SL locomotive



Fig. 12 Fushimi-Inari Station, Kyoto, 1986 – standard building with symbolic color



Fig. 13 Katase-Enoshima Station, Kanazawa Pref., 2020 – directly *inspired* by temple style



Fig. 14 Sawara Station, Chiba Pref., 2011 – directly *inspired* by traditional merchants houses

#### (d) Train cars

Trains are a major part of the rail experience, and their aesthetics is vital. They need to be clean, comfortable, well equipped (toilet), reasonably fast, and well displaying information. The entrance level should be on the same height that the platform height to enable a smooth access. *Cleanliness* is a basic requirement. Trains are exceptionally clean in Japan. Seats should be comfortable – particularly ergonomic and wide enough. The colors of seats, interior walls, and other elements should be coordinated. Windows should provide daylight and be possible to open. The lighting should be nice, and not too bright. Information is essential for a safe travel. There is both visual and verbal *information*. Information is also often bilingual for long-distance trains, and in some cases, in more than one language. In Japan, there are usually *advertisements* on the train. The problem with advertising is that it distorts attention from the signs. Too many ads on the train can be visually confusing. A calm atmosphere

is when there are no ads. If advertising is unavoidable, it is necessary to limit its amount. The best solution is probably to apply *limited number of advertisements*, which would not make the interior chaotic and at the same time will introduce some dose of excitement. From the exterior, train should also look “*like a train*”. Sometimes there are too many ads with a childish design. Fujikyū Railway has its “*Thomasland Train*” (Fig. 16). *Doraimon* is particularly popular character at stations and trains. It also appears as a motif of the decoration on the Odakyū Noborito Station. In the opposite spectrum are leisure trains which have elegant designs. Probably the best-designed train in Japan is the “*Laview*”, operated by Seibū Railway since 2019. Architect Kazuyo Sejima chose a curved design with huge windows for passengers to enjoy the view. Each window is much larger than on regular commuter trains to allow passengers to enjoy large panoramic “*views*”. There are still opportunities to develop original trains in terms of design, and also to increase the range of services.



Fig. 15 Takayama Station, Gifu Pre.f, 2016 – *inspired* by traditional town houses



Fig. 16 “Thomasland Train” of Fujikyū Railway

(2) Aesthetic issues of civil engineering structures (economy, inconspicuous designs, color, symbols and mascot, maintenance and design consistency)

Engineering design is primarily aimed to fulfill a certain *function*. *Cost* is also important consideration and to lesser extend the *form*. The best results are achieved in simultaneous deliberations. In bridge design many factors must be taken into consideration but there should be a parallel thinking about technology and aesthetics. Aesthetic considerations are based on formal qualities of a structure, but also relate to possible emotional reactions. The *potential for people's reaction* to structures and all constructed forms should be treated as an engineering design objective. It is important to integrate these considerations with practical ones such as transmission of force by the most “*direct*” route, optimum use of materials with relation to structural type, and considering economy. Sometimes engineering structures are not only *unnecessary costly but also unpleasant* at the same time. And in opposite, beautiful structures not always are the most expensive. For bridges, appropriate structures need to be applied to combine aesthetics and technical efficiency. For example, at impressive location, the bridge must have equally striking central span. At slope location – a balanced structural system should be used, without striking sections, with constant girder depth – not to dominate over the landscape. Because of the suspected increased cost, engineers sometimes try to *avoid original concept*. However, a truly innovative design can bring together a pleasing visual look at a reasonable cost. Inconspicuous design can be also aesthetically pleasing and may be desirable in certain situations. The key word is “*harmony*” – engineering structures must be in harmony with their surroundings.

Aesthetics of bridges is very much concerned with colors. For instance, in Tokyo, after the Great Kanto Earthquake in 1923, several steel bridges across the Sumida-gawa were built according to a specific manner which gave each of them individual features but, simultaneously, referred to other bridges of the group as far as their scale, materials and details were concerned [17].

The bridges built in the 1920s and 1930s in Osaka, around Nakanoshima Island, were treated similarly [120]. The choice of color is relevant for large structures, such as water barriers and dams. Very exceptional in sense of design is the Thames Barrier (1984) in the UK, designed by Roger Walters, which as has an original and powerful appearance. The *red color* has a symbolic meaning in Japan. The gates of shrines were red, and the traditional arches leading to temples and shrines, the *taiko-bashi*, were often painted red. That symbolism was often exploited to various extend at stations applying the “*shrine and temple style*”. Therefore, the choice of red should be done with *caution*.

Symbolism often appears problematic in architectural and engineering design. The expression is achieved not by the structural considerations but by the *decoration* or by additional elements, not belonging to the actual structure, such as *mascots*. For example, the concept of Kaeru Ōhashi (1994) in Wakayama Prefecture relies on various meaning of the word “*kaeru*” [20]. However, the *decoration* applied on this symbolic bridge costs and it does not contribute to the structural elegance (Fig. 17). Moreover, it lacks structural rationality [21]. The true structure of the bridge looks, as it is a girder not an arch. In this case, while the principle of “*economy*” was not applied, the quality of “*elegance*” was not achieved. The bridge was conceived as part of the revitalization of the town in the era of the bubble economy. The concept related to frog was supported by residents who did not understand engineering design. It was extended even to the station. At the nearby JR Inami Station, which was renewed in 2019, frog “*objects*” are displayed. In civil engineering, a *rationalist* approach is prevailing. Symbolism is used when it is necessary to deliver particular concept. The danger from symbolic design is that sometimes symbols are *directly applied*, like at the Kaeru Ōhashi. It is better in sense of design that unlike in direct symbolism, symbols are expressed through *metaphors*. The Python Bridge (2001) in Amsterdam, a 90-meters long steel truss designed by architect Adriaan Geuze, displays structural expression through a dynamic form with symbolic reference and color (Fig. 18).



Fig. 17 Fig. 430 Kaeru Ōhashi, Wakayama Pref., 1994 – *decoration* applied for the bridge design

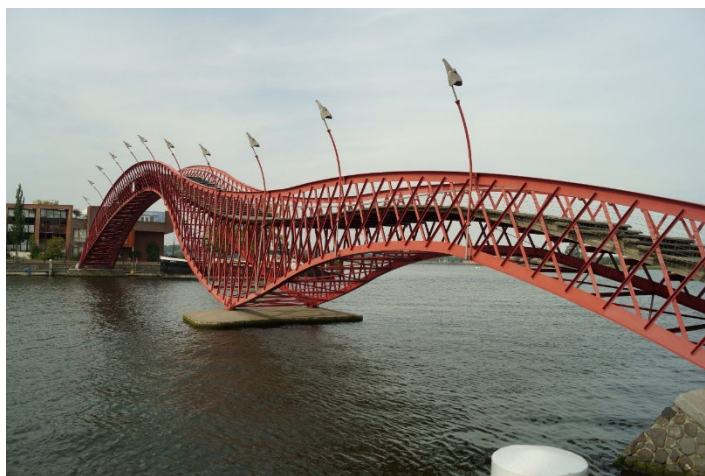


Fig. 18 Python Bridge, 2001, Amsterdam – *symbolic truss*

Noticeable is also an extreme way of using symbols as “*characters*” and “*mascots*”. They appear at the buildings and on various infrastructure (railway stations, trains, *michi no eki*, dams). The problem with mascots is that sometimes the efforts that should be put on design infrastructure are put into the design and display of various fictional characters. Consulting engineers are put into position of accommodating such designs. Mascot cannot however make structures and buildings more beautiful or interesting. Mascots are at the stations, for example at Kikonai Station (2016) in Hokkaidō. At Kesenuma Station (2012) in Miyagi Prefecture “*Pikachū*” is standing at the station entrance. “*Pokémon with you train*” is a Pokémon themed train commuting between Ichinoseki and Kesenuma on the Ōfunato Line, introduced as a part of the JR recovery efforts to promote tourism in Kesenuma. Mascots can be a tool to attract the attention of the younger generation and can be used in some cases, but they are *not comparable to good design*. The use of mascots is understandable in situations such as post-disaster recovery and special trains, but in general, the architecture and structure should speak for themselves.

The consistency of design and its visual impact are often spoiled during the *maintenance*, which refers to the *use of facility*. Hachinohe is an example of the station, which design has been greatly altered comparing with original project (Fig. 19). There are many graphic displays, such as posters, banners, signs and drawings on the floor, stands, photo stands, traditional displays, etc., which together produce the image of a *lack of taste*. There are numerous other examples of ill-arranged space, and the overuse of details (e.g., Shin-Minamata, Ōdate, Kamaishi, Aomori, and Otaru).



Fig. 19 Hachinohe Station, Aomori Pref., 2002 – original design lost  
original design lost due to maintenance



Fig. 20 Large new generation plaza-type design – “Niigata  
Station South Plaza”, 2020

#### 4. Towards aesthetic infrastructure

(1) New trends in infrastructure design (resilience and safety, sustainability, collaboration, AI, “green spaces”, “station-urban space”)

(a) Resilience and safety, sustainability

The *role of consumers*, who will have a larger option in their infrastructure choice is growing. In relation to the users is the recent feature of commitment to *resilience* and *safety*. Resilience is the ability to mitigate the potential and impact of “extreme” events. Rail facilities can play an important role in preparing for such events by dissemination of information, preparation of station squares and stations for evacuation centers. Seismic retrofitting of elevated railways is also one of the measures. Station squares are going to be transformed into *of safe open spaces*. A project that reflects *future trends*, is the development of Niigata Station, including “Niigata Station South Square” (Fig. 20) and “Niigata Station Bandai Square” on the north. The concept in accordance with *machi-zukuri* is to conceive space related to the station and reflecting urban identity of Niigata, as the “*connection between water and greenery*”. Also, measures for realizing SDG (Sustainable Development Goals) will include the use of materials produced in the prefecture, as well as barrier-free and genderless design of toilets [22]. Station plaza will provide a comfortable walking space and will be full of greenery. Urban and visual *connection* with the *city* and with *people, openness, and greenery* will be important factors of future *new generation station squares*. Landscaped plazas, integrated plaza will not only be visually *beautiful* but also will enforce *resilience and safety* and provide information. The “*green*” element at the station squares and SDG will particularly appeal to the people as a factor of “*human-oriented design*”. A good example of such a project is Shin-Yamaguchi Station with its two plazas – the “Vertical Garden” (2016) and the north station plaza “0 ban-sen” (2019). Through a collaborative work at early stage, a unique “*green space*” was realized at the station.

Very important safety measure that already have been undertaken at many stations is installing *platform doors*. The goal of safety embraces also the aesthetic design of station. The design of platform doors is an important element of interior design. For example, at subway stations transparent doors visually increase the interior space. In some case they are carefully included into interior design. Another trend is *sustainability*, which is already embedded in public consciousness. Many companies are also

investing into new, “cleaner” revenue streams in order to diversify their portfolios away from non-ESG (*Environmental, Social, and Governance*) compliant assets in the future and this is also important for the future of railways. In the “JR East Group Integrated Report 2020”, many sustainability initiatives are related to society [23]. JR East, within his management vision “Move Up 2027” (2018) and its adjustment since the Covid-2019, stresses the need of providing new services related to new lifestyles and the need of addressing social issues to achieve the SDG. Among the sustainability measures is the *creation of a comfortable environment*. Stations are designed *for people* and trains are running *for passengers*, as well as all the other station functions, including commercial are *for customers*. Therefore, the relationship with customers is very important. By utilizing social media and other sources, JR is analyzing passenger feedback. Some of the measures addressed to improve customers’ satisfaction, are related to aesthetics of stations. Elevators and other equipment of barrier-free design are also important factors of aesthetic design. Among other moves are designated queuing areas at the platforms and no-stopping zones to ensure the smooth flow of passengers, as well as various initiatives related to hospitality and service (e.g., rental umbrellas). Sustainability, which means satisfying the needs of customers, is also related to *cultural activities* at the stations. The problem of the decline of local stations due to the small number of train users can be solved by assigning *new functions* to such stations. Particularly art can be attractive (e.g., “station-piano”) and work as a tool for town development linking new media of advertising, art and culture. Alongside with LED illumination, projection mapping technique is very popular for various events.

(b) Collaboration, AI, “green spaces”, “station-urban space”

New models and decentralization enhance *collaboration* and give *consumers’ greater role* in developing new models of infrastructure. Residents can be easier involved in a series of smaller, more flexible and future-enabled projects that add incremental value to their lives. Therefore, *smaller projects are the future* of infrastructure development. JR East among other initiatives in regard to sustainability values strengthening collaboration with communities. The fact that station facilities must be *for people* is reflected in infrastructure design. JR still develops large-scale terminal stations while modernizing also areas around the stations through the *collaboration with local governments and residents* [129]. JR is involved in town development where the stations resonate into the “station town space” (“*eki machi kūkan*”). Projects involving town development include revitalization, urban planning projects, etc., for example at the vicinity of Akita, Niigata, Iwaki, and Aomori stations. These redevelopment project will deliver better stations and solve some aesthetic problems.

Also, at the JR, station traditional space is being extended into *e-space* through the “Beyond Stations Concept” strategy of transforming railway stations from transportation hubs into platforms for “connected lifestyles” in which people, products, and services are interconnected. The aesthetics can be extended into *future e-spaces*. The nature of future collaboration will change into *virtual world*. The use of data will be increased in the infrastructure projects. According to Forbes, one of the trends in the infrastructure development is also *Artificial Intelligence* (AI) that is being used in engineering software for generative design, material selection and robotic process automation (RPA) [24]. AI robots are used at railway stations; for example, several robots are at Takayama Gateway and AI-based guide robots at four stations in the Tōhoku region and at Kaihin-Makuhari Station. Takayama Gateway Station (2020) is an example of the eco-friendly station (*ecoste*), which exemplifies the application of the SDG. It also serves as a showcase of the *future station*, providing a testbed for cutting-edge technology and station service equipment (by Panasonic), such as robot guide and other robots, unstaffed convenience store with automated *AI payment systems*, ticket gates with QR code scanners, and a large-scale digital signage called the “Railway Terrace Vision”.

Very important aspect of the new trends in infrastructure is finding *environmentally-friendly ways*, through creation for example various “green spaces” – green rooftops, green alleys, green walls, and green lawns – all of which can be accommodated at the railway stations. Some stations have abundant greenery, even gardens, for example Asahikawa Station, which is facing a park near the river, and Gifu Station (1997), which has a water garden alongside its south elevation and a rooftop garden. The “green” element at the station squares and SDG will particularly appeal to the people as a factor of “*human-oriented design*”. A good



example of such a project is Shin-Yamaguchi Station with its two plazas, where a unique “*green space*” was realized through a collaborative work at early stage. There are various modern undertakings to improve urban space by creating truly “*green infrastructure*”. JR started “*ecoste*” (Environment Earth Conscious Station of East Japan Railway Company) in 2011, as a part of the “JR East 2020 Vision – idomu”. According to this plan, JR intends to equip railway stations with a variety of “Eco-Menu” environmental conservation technologies (energy conservation, renewable energy). One of the first projects was at Yotsuya Station of Chūō Line where green space and *green wall panels* were created at the boundaries between the railroads and roads, as well as the LED lighting and skylights [68]. In addition, in the Tokyo Metro section of Yotsuya, greenery was added to the station. *Elevated railroads*, which are not used for the railways have big potential of delivering urban greenery [69].

Also, in future, railway stations surrounded by the “*green station squares*” that will play the role of *urban centers* even stronger than today. Conceived as a part of urban regeneration projects and *machizukuri*, station will play a *central role* in linking city and transportation to their users [89]. The trend is to develop railway stations as the focus of modern urban centers. Railway space is evolving as the “*station-urban space*” (“*eki machi kūkan*”). All station elements, such as station building with platforms, plaza and rail tracks, including elevated railways, should be *well linked* with their relevant urban counterparts. Station building should be viewed as important *public facility* with interior spaces for transportation, commerce, services, public art and various events. The station itself, by acquiring the leading role in the urban development, will improve greatly in sense of form (better architecture and structure, greenery, landmark quality), function (more effective commercial function, cultural function), and management (maintenance, proper signs and advertisements management). Stations, being at the center of the urban space, have the potential of *improving the space, regenerating and developing*. The development of station buildings and plazas at the center of urban development will be possible by satisfying the aspirations for resilience and safety, sustainability, and collaboration.

## (2) Human-oriented design

The trend is towards change from the role of the *consumer* at the station to the *user*, which can collaborate and have an influence on directions of the station-urban development. The main requisite characteristic of future infrastructure such as safety, resilience, and sustainability are all related to *human factor*. “*Human-oriented design*” is an approach that involves human perspective in all steps of the problem-solving or creative process. System development focus on users, their comfortability, needs and requirements. Infrastructure has been already connected deeply with people throughout the years and the development of infrastructure changed peoples’ life. It is important role of engineers to develop infrastructure that will improve peoples’ lives and satisfy all aesthetic requirements. In aesthetic design, creations related to human-oriented design consider convenience, clarity, coordination and beauty. For example, stations by adopting interesting lighting not only look better but also it better guide people. By adopting bright colors and white tiles, the station looks neat and comfortable. The attitude of a human approach does not have to be more expensive. It mainly needs to change the way designers think. Future designers should consider the visual factors of aesthetic design and the psychological reactions they can cause.

## (3) High-quality “*smart infrastructure*” due to design, management, art and nature – “*neo-infrastructure*”

Future infrastructure must be *smart*; therefore, the transportation nodes will become “*smart stations*” in “*smart cities*” – intelligent and resilient. Many efforts are made now in this direction. “*Smart infrastructure*” is a *high-quality* infrastructure, which together with other elements (smart mobility, smart environment) form the foundation of the smart governance of smart city. Aesthetic design and use of technology improve stations features and add value. “*Smart infrastructure*” is designed as the “*station-urban space*” with broad area of influence and wide time-span perspective. “*Smart stations*” should be *coherent, useful and efficient* part of infrastructure linking it with services and users in a sustainable way. For aesthetic station being smart means that it is a source of innovation, suited to local community and has other specifics that have the potential of extra value. *High-quality stations* are distinguished by their *architecture*. High-quality is one of *principles* of aesthetics of railways. Architecture of station

should reveal the city, its attractiveness and symbolic. Railway stations need to be advanced in terms of facilities and sustainable solutions (e.g., implementing eco-cooling, solar panels). As “smart stations”, they are harmoniously integrated into the surroundings and represent a *value* in terms of design and details. An example of a *comfortable space* due to design are the platforms at Hannō Station (2019) in Saitama Prefecture, where a forest-like landscape was created in association with the Finnish theme park “Metsä” (Fig. 21). Inside the station, a membrane ceiling that imitates wood is installed, emphasizing the direction from the platform to the stairs. Also, platforms are redesigned with “trees” made of natural wood, arranged as design motifs.

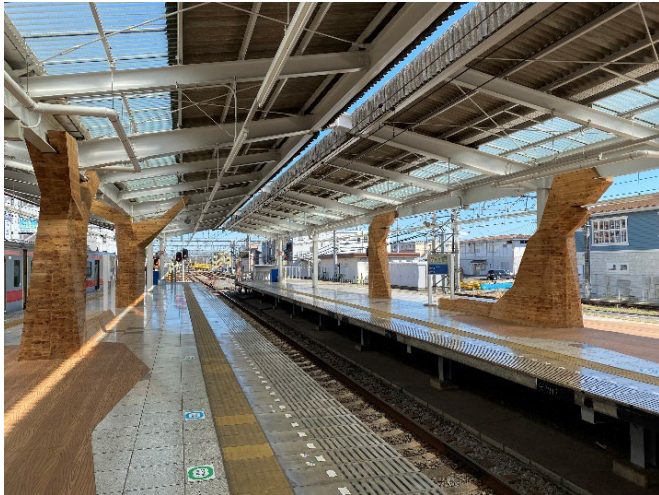


Fig. 21 *Value of design* – Hannō Station platforms, Saitama Pref., 2019



Fig. 22 *Open space and greenery at the station* – Minami-Machida Granberry Park Station, 2019

“*Smart management*” has its roots in the “*station renaissance*” that has evolved since the 1980s. It improves the railway business by improving stations and trains. As smart management includes the activities of station managers and the involvement of residents, it is important that consumers and managers understand the essence of the station's aesthetics. Some challenges relate to *interior maintenance* after the project is completed. Sometimes, a clearly designed and aesthetic interior turns into chaotically arranged space, with too many objects that are detrimental to aesthetics and safety (e.g., Hachinohe, Saga Arashiyama). Often there are too many warning signs, unsightly barriers (e.g., Tokyo Station Marunouchi Plaza). Aesthetics lies in the *subtle application of all details* and the innovative handling of warning signs. “*Smart management*” is related also to *commercial function* at the station. Shops should be compatible with station environment. Smart stations should not compete with other services but offer alternative experience, such as for example *unique shops* or unique brands. Stations need to provide *comfort on many levels*, not only by seamless transportation but also through culture and art, events and comfortable environment with nature. *Culture and arts*, which are in line with new trends in infrastructure are linked to various events. *Events* at the stations, such as concerts, exhibitions, happenings, project mappings, and events related to the prevention of disaster, can be seen as efficient way of creating interest in stations and also as way of advertising rail business. The railways have succeeded in the cultural world more than other modes of transportation, using creativity of writers, photographers, graphic designers, and painters. Art is also related to *nature* (e.g., “*vertical gardens*”). Contemporary metropolises are characterized by urban planning aimed at including “nature” in the urban fabric (for example, through “vertical gardens”; *jardin à partager* – shared garden that helps maintain biodiversity in urban areas; “*agritecture*” intervention through forms of hybridization between agriculture and architecture, like High Line in New York; or urban agriculture on the rooftops of buildings). One of station development that includes *nature* is Minami-Machida Granberry Park Station (2019) in Machida city, which is a very exceptional example of a station *connected directly to the park*. It is a part of the new urban development (*machi-zukuri*) project that includes “Minami-Machida Granberry Park”. By removing the concourse of the former station, open space and direct access to recreational and commercial facilities was created (Fig. 22). Landscaping of the platform space with greenery is also an unusual feature of this station. It is designed as a gateway to the city, to integrate the city and its station *for people to experience nature* in the planted area and the water space.

#### (4) Conclusions

Beautiful stations not only look good, although 96.7% pay attention to the appearance of the stations [89]. Aesthetic design provides a wide range of important roles for stations and railways, such as safe infrastructure; integrated hub for urban mobility; “station-town space” for future change and development; “public art and culture stage”; gateway and local landmark; and business advertising of the railway operator. 95% of responders think that aesthetic station improves orientation [89]. Numerous elements are incorporated into the “concept of aesthetic design”. Firstly, thanks to various aesthetic factors, the railway has the ability to create spaces that appeal to the human “heart”. Secondly, to create the “infrastructure for people” it is important to deepen mutual understanding between the architects and engineers. Such understanding and collaboration are vital for new projects. Railways are the central part of the “station-town space” developments, which needs to be integrated as the centers of the new urban infrastructure. Thirdly, design targets should not only include advancement of infrastructure but also the improvement of the environment around it. Therefore, engineers through their projects form potentially the “space of the future”. The fourth objective of “human-oriented design” in regard to engineering project can succeed in realizing public facilities that are a “high-quality infrastructure”. The “new urban space” that is not only physically sound and “smart” but also speaks to people’s hearts as the “space of mind” should be the target of next-generation infrastructure projects centered on transportation hubs.

By properly approaching the role of the engineer in society, the engineer's work can be made closer to people and the understanding of engineering in the social context can be deepened. Designers can educate the general public about the importance, scope and quality of engineering projects. As a result, different “symbols” will be used more wisely, and the management will get better. User expectations for beautiful infrastructure will increase. Infrastructure design for more aesthetically conscious users will improve. The discussion of the beauty of engineering structures will certainly contribute to a broader understanding of engineering. Proper attitudes need to regain the “human face” of engineering and deeper social understanding. Therefore, displaying the names of engineers in the field of civil engineering, as practiced in the field of architecture, can give them a high sense of responsibility, motivate them and broaden their awareness of their role. By establishing the attitudes of “education”, “research” and “recognition” by engineers, “human-oriented design” will be strengthened, and “neo-infrastructure” will be implemented as a new “infrastructure for people”.

#### References

- [1] Holgate, A. (1992): *Aesthetics of built form*, Oxford University Press, Oxford, New York, Melbourne.
- [3] Maillard, M. (1995): *Changing roles of stations; reinventing the railway station*.
- [5] Takayuki, K. (2004): Stations of the future, changing station space.
- [6] [http://www.ctie.co.jp/kokubunken/pdf/publication/2016\\_02.pdf](http://www.ctie.co.jp/kokubunken/pdf/publication/2016_02.pdf) (01.10.2021).
- [47] Kido, E. M. (2005): 「鉄道景観デザイン」及び形態と機能と美との関連性」 Aesthetic of railways and the relation between form, function and beauty, *Japan Railway Engineers' Association (JREA)*, Vol. 48, No. 11, 31226-31232.
- [48] Kido, E. M. (2014) Stations for people – important factors in station design 「人々のための駅・駅デザインの要素」, *IABSE Symposium Madrid 2014 Report*, pp. 850-851(abstract), CD-ROM pp. 3158-3165 (full version).
- [11] Billington, D. (1983): *The tower and the bridge: The new art of structural engineering*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- [50] Kido, E. M. (2019): Challenges of the new urban railway space: elevated railroads and station plazas 新しい鉄道都市空間の挑戦—高架鉄道と駅前広場—, *Report of Research of Center for Sustainable Communities*, CTI Engineering Co., Ltd., Tokyo, Vol. 17, pp. 42-63.
- [17] Kido, E. M. (1995): Aesthetics and philosophy of structural design in the context of Japanese bridges, *Doctor Dissertation*, University of Tokyo.
- [54] Kido, E. M. (2019): Art at the railway stations, as a part of the research on aesthetics of infrastructure 「鉄道駅に関するインフラ景観デザインの研究」, *Report of Research of Center for Sustainable Communities*, CTI Engineering Co. Ltd., Tokyo, Vol. 17, pp. 21-31.
- [58] Tamura, A. (2005): *Town development and landscape (まちづくりと景観)*, Iwanami Shinsho.
- [62] Tsuchihashi, K. (2003): Evolution theory of train stations (駅の進化論), *Contemporary Architecture*, Vol. 57, No. 3, pp. 84-85.
- [65] Sorensen, A., Koizumi, H. and Miyamoto, A. (2008): *Machi-zukuri, civil society, and community space in Japan*, Routledge.
- [96] Lynch, K. (1960): *The image of the city*, MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts and London.
- [89] Kido, E. M. (2021): The potentials of aesthetic infrastructure – art and culture at the railways 「鉄道駅芸術と文化に関するインフラ景観デザインの研究」, *Report of Research of Center for Sustainable Communities*, CTI Engineering Co., Ltd., Tokyo.
- [98] 公益財団法人 都市づくりパブリックデザインセンター. パブリックスペース研究会 (2020): *Public spaces in Tokyo*, 新建築社.

- [99] <https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001351569.pdf> (18.11.2021).  
[100] <http://pdf.irpocket.com/C8804/HJXQ/chQ7/wsoc.pdf> (18.11.2021)  
[101] <http://design-prize.sakura.ne.jp/archives/result/1466> (21.11.2021).  
[121] [https://www.town.wakayama-inami.lg.jp/contents\\_detail.php?frmId=493](https://www.town.wakayama-inami.lg.jp/contents_detail.php?frmId=493) (01.07.2021).  
[122] <http://www.engineer-architect.jp/specialissue/member/%E4%BA%8C%E4%BA%95-%E6%98%AD%E4%BD%B3/892/> (01.07.2021).  
[130] <https://www.nikoukei.co.jp/node/10687145> (11.12.2021).  
[132] [https://www.jreast.co.jp/e/environment/pdf\\_2021/p040-065.pdf](https://www.jreast.co.jp/e/environment/pdf_2021/p040-065.pdf) (11.12.2021).  
[133] <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/05/05/six-trends-driving-the-architecture-engineering-and-construction-industry/?sh=78801a4779da> (12.12.2021).

2021.12.22

## 景観デザインの研究：

### 美しいインフラに向けて～鉄道の事例に対する景観デザインにおける課題と提案～

木戸 エバ

インフラストラクチャーの美しさは、駅前広場や高架鉄道などの鉄道駅、その施設、およびその周辺の例で分析されます。環境への配慮も考慮されており、緑地（「持続可能な建築」）の使用や「スマートシティ」や「スマートマネジメント」に焦点を当てた他の多くの活動を通じて達成されています。インフラユーザーの反応に関する2つの調査は、美しいインフラ、特に駅、高架鉄道、橋、駅の芸術の必要性を反映しています。ユーザーの美的な捉え方（96.7%が駅の外観に注意を払っている）は、この研究の重要性と関連性を強調しています。

研究の目的は、鉄道駅の景観デザインの重要性を強調し、そのようなデザインが都市の中心として将来の駅に大きな可能性を生み出すことを示すことです。鉄道の美的概念には、質の高い建築とインテリア、優れた構造設計、デザイン調整、駅舎の画期的な品質、そして都市の緑地と都市景観を豊かにする全体的な鉄道デザインが含まれます。景観デザインの特定の要素は、駅の構成とそのデザインのさまざまな側面に従って、またコストとのバランスを考慮して分析されます。重要な問題に加えて、改善の例も示されています。課題は、駅のデザインの独創性、周囲との関係性、さまざまな鉄道空間（インテリア、駅の広場、高架鉄道、車両）のデザインの健全性、視覚的品質の欠如、感情的な反応及び駅のアート、サイン、広告に関連しています。

「スマートインフラストラクチャ」に照らして、また視点から、インフラデザインの人的要因を考慮に入れて、インフラの新しいトレンド（たとえば、復元力、セキュリティ、持続可能性）そして土木技師の職業に関連して、より良いインフラストラクチャーを実現する方法に関するさまざまな調査結果が提示されます。

「駅まちデザイン」街づくりの中核となる現在の都市開発動向に合わせて、駅の役割を強化することができます。駅の可能性は、安全なインフラ；都市のモビリティのための統合ハブ；将来の変化と発展のための「駅まち空間」；「パブリックアートと文化的側面」；ゲートウェイとローカルランドマーク；鉄道事業者のビジネス広告などのさまざまな役割にも反映されています。多くの要素が美的デザインの概念に組み込まれています。さまざまな要素のおかげで、鉄道は「心の空間」を創り出すことができます。インフラのデザインに対する人々の対応は、将来の開発に不可欠です。知識と概念の理解が必要です。

技術者の「教育」「研究」「認識」など多くの努力が「人間志向のデザイン」を強化し、「新しい都市インフラ」の実現につながる可能性があります。「スマートシティ」の「スマートインフラ」を目指す鉄道駅は、デザインと管理の品質を向上させ、新しいテクノロジーを採用することで、この目標を達成できます。したがって、解決すべき課題に取り組むには、より広いスタンスとさまざまな設計者の理解と協力が必要です。鉄道の例は、橋や道路などの他のタイプのインフラにも関連しています。将来のインフラのデザインには、形式的な環境への配慮と、美観とコストの観点からのバランスの取れたアプローチが必要です。土木デザインにおける表情の必要性は、この研究のメッセージです。

# AR/VRを活用した観光コンテンツに関する研究

和田 亨<sup>1</sup>・新山 悠紀<sup>2</sup>・宮 加奈子<sup>3</sup>・二階堂 竜司<sup>4</sup>  
松田 光弘<sup>5</sup>・神保 正暢<sup>6</sup>

<sup>1</sup>株式会社CTIグランドプランニング 計画グループ国土情報室 (〒810-0041 福岡市中央区大名2-4-12 CTI福岡ビル2F)  
E-mail: t-wada@fukuoka.ctie.co.jp

<sup>2</sup>株式会社CTIグランドプランニング 計画グループ国土情報室 (〒810-0041 福岡市中央区大名2-4-12 CTI福岡ビル2F)  
E-mail: y-shinyama@fukuoka.ctie.co.jp

<sup>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: k-miya@ctie.co.jp

<sup>4</sup>技術士(総合技術監理・建設部門) 株式会社建設技術研究所 海岸・港湾室  
(〒330-6030 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2)  
E-mail: nikaidou@ctie.co.jp

<sup>5</sup>技術士(総合技術監理・建設部門) 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: mt-matud@ctie.co.jp

<sup>6</sup>技術士(総合技術監理・建設部門) 株式会社建設技術研究所 海岸・港湾室  
(〒330-6030 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2)  
E-mail: jinbo@ctie.co.jp

AR/VRは急成長中の技術であり、インフラ分野を含め、様々な分野への適用が行われている。本研究は、日本橋地域での活動で蓄積した知見をAR技術等を活用してアプリ開発による可視化およびアーカイブ化を行うものである。その成果を当社の社会貢献活動の一環としてPRすることで、企業価値を向上させるものである。さらに、本研究を通じて今後のインフラ業界での応用が予想されるAR技術のノウハウを社内に蓄積するとともに、既存業務(まちづくり、観光、施設点検等)と連携することで、他社との差別化や新規分野の開拓の可能性を広げるものである。

**Key Words :** Augmented Reality, Virtual Reality, tourism, application, Unity, Nihonbashi

## 1. はじめに

世界におけるAR/VRの市場は急速に伸びており、今後一層成長することが予測されている<sup>1)</sup>。AR技術は、「ポケモンGO」などのエンタメ・ゲーム分野で特に有名であるが、ファッション、インテリア、観光などのほか、インフラ分野への適用も行われており、今後はさらに人々の生活にARが浸透すると考えられる。

本研究は、日本橋地域での活動で蓄積した知見をAR等の技術を活用してアプリ開発による可視化およびアーカイブ化を行い、その成果を当社のCSR活動の一環としてPRすることで、企業価値を向上させるものである。

また、本研究を通じて今後のインフラ業界での応用が予想されるAR技術のノウハウを社内に蓄積するとと

もに、既存業務(まちづくり、観光、施設点検等)と連携することで、他社との差別化や新規分野の開拓の可能性を広げるものである。

具体的な手順は図-1のフローに従って実施した。

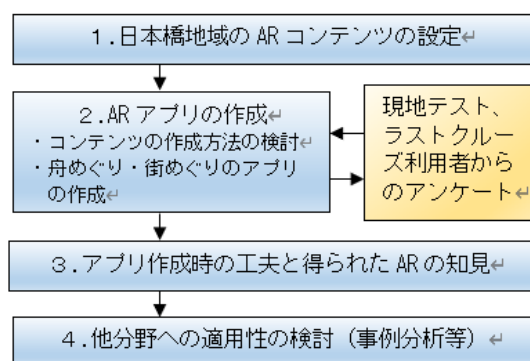


図-1 検討フロー

## 2.日本橋地域のARコンテンツの設定

本検討で対象とするコンテンツは、「舟めぐり」と「街めぐり」の2通りとし、それぞれの概要は表-1のとおりである。

舟めぐりは日本橋船着場を起点とした日本橋川、神田川、隅田川、亀島川の周遊1時間45分のクルーズであり、街めぐりは2つの運河跡のルート（①楓川、八丁堀、②龍閑川、浜町川、箱崎川）を徒歩でめぐるものである。

対象のルートとコンテンツ一覧は、舟めぐりが図-2、街めぐりが図-3であり、いずれも対象とするコンテンツは歴史や観光に関する場所・施設等であるが、それぞれの移動特性に応じたセルフガイド方法としている。

## 3.ARアプリの作成

### (1) 構築環境

本アプリはスマートフォンでの利用を想定していることから、iOS、Android 双方の開発を視野に入れるとともに、AR開発の工数削減を図るためにSDK（ソフトウェア開発キット）の利用を検討したが、使い勝手の良いSDKは高価であること、iOSではARKit、AndroidではARCoreとスマートフォンのOSに応じて異なるSDKを用いる必要があることから、無料かつiOSとAndroidの双方の開発 plug-in を有する開発用ゲームエンジン Unity<sup>2)</sup> (Ver.2021.2.5f1) を使用することとした。Unityは、年商

\$100,000 以下は無料利用可能であり、開発言語は、Unity で用いられている C#.Net を用いた。

なお、当初はARコンテンツを簡単に制作できるサービス「COCOAR (ココアル)<sup>3)</sup>」を使用することを検討したが、年間355万円（初期費用55万円+25万円/月で最低1年の継続利用）も必要であること、社内に知識が蓄積されにくいことから、使用しない方針とした。

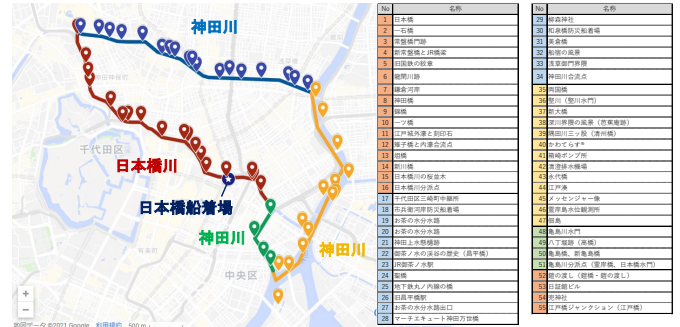


図-2 舟めぐりのルートとコンテンツ一覧



図-3 街めぐりのルートとコンテンツ一覧

表-1 対象コンテンツの概要（「舟めぐり」と「街めぐり」）

	【水上から街を知る】 舟めぐり	【街に水辺を感じる】 街めぐり版
ルート	・日本橋船着場を起点とした、日本橋川、神田川、隅田川、亀島川の周遊1時間45分のクルーズセルフガイド（平均速度3.5knt）。（図-2）	・ルートは2つ。1つ目は「楓川、八丁堀の運河跡を歩く」（約1.9km）、2つ目は「龍閑川、浜町川、箱崎川の運河跡を歩く」（約3.2km）。（図-3）
コンテンツ主旨	・川から見える河川構造物、広がる街、埋め立てられた運河などを中心に案内。 ・アプリのルートマップ上に表示された約50か所程度の案内スポットを使用者自らが任意で起動させ、歴史音声案内や、その場所の浮世絵や、図解などを通して、現地を知ることが出来る。	・舟めぐりでも通過する、かつてあった今姿を消した運河を中心に江戸東京を感じてもらえる街歩きセルフガイド。 ・各運河跡周辺の名所旧跡などを20か所程度ピックアップして、使用者自らがヒントからそれを探して歩く。最後に達成度に応じて点数が表示される。
ターゲット	・当該ルート上を運航する民間クルーズの参加者 ・レンタルボート利用者等	・街あるきが出来ると、誰でも参加可能 ・宝探しゲームに近いので、歴史に興味がなくとも楽しめる要素がある。
開発方法とAR技術	・アプリ内のルートマップ上にマーカーを表示しコンテンツを収集。使用者が自らのペースで興味のある場所で可視化された情報を得ることが出来る。 ・その他、AR技術としては、スマホ内蔵カメラを通して、現実世界に桜吹雪、花火等を重ねたり、カメラの自撮り機能を使い自分の顔に歌舞伎役者の隈取などを重ねたりしてビジュアル的に楽しめる。	・ピックアップした各運河跡周辺のスポット約20か所程度の名称板や、石板、案内板などをARのマーカーとしてコンテンツ作成。 ・アプリのカメラ機能を活用し、画像認識により、探し当てたマーカーが正解かどうかの採否判定をする。正解の場合は紙吹雪や特典のARが表示される。 ・街めぐりは自分で自由に動き回れることにより、よりAR技術の特性を活かしたアプリ内容となった。

表-2 Unityにインストールが必要な plug-in パッケージ

Plug-in パッケージ	用途
Addressables	画像や動画、音声ファイルの呼び出しと格納の軽量化を行う。
AR Foundation	iOS (ARKit), Android (ARCore) 双方の機能を統一させたワークフローを有するフレームワーク
ARCore XR Plugin	ARに必要なAndroid端末の機能を使用するのに必要
ARKit XR Plugin	ARに必要なiOS端末の機能を使用するのに必要
ARKit Face Tracking	顔認証をするのに必要
Core RP Library	グラフィックAPI操作, レンダリング操作, シェーダー操作などの制御
Mathematics	制御関数ライブラリー
Shader Graph	シェーダー作成のフレームワーク
Universal RP	グラフィックの最適化
Visual Effect Graph	エフェクト機能

また、Unityにインストールが必要な plug-in パッケージとそれぞれの役割を表-2に示す。plug-in パッケージはUnity上からインストール可能で、本研究で使った plug-in パッケージ以外にも多種多様な plug-in パッケージが用意されている。ツールバーの Window → Package Manager の順で Package Manager を起動し、表-2 の plug-in パッケージのインストールを行う。

Unityは情報が多く、plug-in パッケージそれぞれのプロパティ設定はUnityオフィシャルのマニュアル<sup>4)</sup>が存在するうえ、Qiita<sup>5)</sup>などのエンジニアに関する知識を記録、共有するためのサービスを利用する。また、Unityを使用したAR作成に関する書籍も存在する。

本研究では、これらの情報を適宜収集し、ARアプリの作成を行った。

## (2) 作成したアプリの概要

作成したアプリ名は、「マチカシ江戸東京」とした。「マチカシ」=「街」+「可視」・「河岸」であり、「江戸東京」はその地域と歴史を感じられるものとした。

作成したARアプリの画面の一例を図-4~図-7、主な操作方法を以下に示す。なお、使用した写真は本研究で撮影したもの、浮世絵は著作権フリーな「シカゴ美術館」に公開されているもの、背景地図は国土地理院発行の地図（地理院の承認済み：R3JHs538）を用いており、いずれも著作権の問題がないものである。

### 【共通】

- アプリの起動時には、CTIとGPのロゴが表示される（図-4の左側）
- アプリの開始画面で、「舟めぐり」と「街めぐり」のどちらかを選択する。また、左上のアプリの説明・免責事項を表示できる。（図-4の右側）

## 【舟めぐり】

- 舟めぐりを選択した場合は、現在地とコンテンツがある位置の図が表示される。アプリ利用者が見たい地点を選択すると、その地点に応じたコンテンツ（その地点の音声・文章の説明、その地点の浮世絵、江戸時代の風景のイラスト等）が表示される。（図-5）
- また、地点によってはARらしきとして、花火（江戸時代に神田川で花火が実施されたことに由来）、桜吹雪（春に桜が見られる地点で表示）、人の顔に歌舞伎メイクをした写真撮影ができるARが表示される。（図-6）



図-4 ARアプリの起動時・開始時の画面



図-5 舟めぐりのコンテンツの一例（セルフガイド）



図-6 舟めぐりのコンテンツの一例  
(ARらしさのコンテンツ)



図-7 街めぐりのコンテンツの一例

#### 【街めぐり】

- ・街めぐりを選択すると、2つのうち、どちらかのルートを選択する。(図-7の左側)
- ・ルートに応じたコンテンツの位置が表示され、アプリ利用者が各地点を選択すると、その地点のヒントとARカメラで探す対象物が表示される。(図-7の中央)
- ・アプリ利用者がその地点に行き、対象物をARカメラでかざすと、正解の場合は達成数に応じた点数や紙ふぶきの画面が表示される。

### 4. ARアプリ作成時の工夫と得られた知見

ARアプリは、作成、現地テスト、改善を繰り返しながら作成した。

当初はARコンテンツを盛り沢山としたアプリを作成したが、利用者がスマホにくぎ付けになり、クルーズを楽しみにくい課題があった。このため、ユーザマップ上に表示されるコンテンツを自由に選択できる仕様に変更した。その際、視覚だけでなく、音声も利用できるものとした。

AR技術の課題に関して、舟めぐりでは、クルーズに乗った利用者が移動するため、GPSの精度等でARを表

示したい位置にピタリと合わせるのが困難であった。このため、位置座標が多少ずれることを許容する見せ方にする事とした。さらに、約100名のラストクルーズ利用者に本アプリ(途中版)を使用してもらい、頂いた意見をもとに改善を行った。なお、ラストクルーズ利用者の全体としては「普通」と「満足」という評価が多かったが、コンテンツのズレ、文字が小さくて見にくいなどの意見があった。

また、街めぐりでは、対象物をARカメラでかざして点数を稼ぐ仕様としているが、対象物によってはARカメラが認識しない場合があった。認識しない対象物は3Dの物体(例えば、地藏など)や石板である。そのため、3Dの物体は対象外とし、石板は石の質感・色味が認識を妨げていたため、石板の文字のみの写真を加工し、Unityで読み込ませて認識させることで、改善を図った。

### 5. 他分野への適用性の検討(事例分析等)

本研究では観光分野でのARアプリを作成したが、他分野への適用の可能性を検討するため、どのようなARの使われ方をしているかを、HP等から事例収集した。建設コンサルタントでのインフラ分野では、施設完成後の状況<sup>6)</sup>や浸水被害<sup>7)</sup>をARで表示することで利用者に視覚的にわかりやすく伝えるもの、過去の点検履歴等のデータベースをARで視覚化<sup>8)</sup>することで維持管理を容易にするものなどがあった。

これらのARは、当社の既存分野においても適用可能であり、今後インフラ分野にもARが浸透した場合に備えて、当社でもAR技術を進めておくことが望ましい。そのためには、各技術部門へのAR/VR活用に関するアンケート調査、社内セミナー(講習会)等を行う方法が考えられる。

### 6. 結論

本稿では、当社の日本橋地域での活動で蓄積した知見をAR技術で可視化したアプリを作成した。また、AR技術を用いたアプリ作成における方法を示した。得られた主要な成果は、以下のとおりである。

- a) 当社の日本橋活動に関する知見をアーカイブ化することができた。また、このアプリを一般公開し利用いただくことで、CSR活動を通じて当社の企業価値が向上すると考えられる。
- b) 本研究のARアプリ開発を通じて、ARに関する技術・知見を習得した。ARに関する市場は顕著に伸びていることから今後の発展の可能性が非常に高く、す



にインフラ分野での適用も始まっている。AR 技術による他社との差別化や新規分野の開拓に向けて、1 歩前進することができた。

今後の課題としては、本研究で開発した AR アプリを一般公開した後、OS のバージョンアップ等に伴う不具合への対応、ユーザー満足度向上のための改良など、保守が必要と考えられる。また、本アプリを社会に PR することで、一層の企業価値の向上を見込むことができる。そのため、広報室を通じたプレスリリース、観光協会への営業や都内各観光案内所へのチラシの設置依頼、民間クルーズ運営者や都内マリーナ企業でのチラシ設置依頼、日本橋に関する既存研究との連携のための社内 PR 等を行うことを検討する必要があると考えられる。

#### 参考文献

- 1) XR の「知」を共創するメディア,国内と海外の AR/VR 市場規模予測と本格普及への課題,<https://xr-hub.com/archives/446>
- 2) Unity,<https://unity.com/download>
- 3) COCOAR,<https://www.coco-ar.jp/>
- 4) Unity ユーザーマニュアル  
<https://docs.unity3d.com/ja/2019.4/Manual/index.html>
- 5) Qiita,<https://qiita.com/>
- 6) 株式会社オリエンタルコンサルタンツのウェブサイト:  
<https://www.oriconsul.com/service/product/matsuyama-ar.html>
- 7) weathernews のウェブサイト:<https://jp.weathernews.com/news/32399/>
- 8) TECTURE MAG のウェブサイト:  
<https://mag.tecture.jp/business/20200413-2139/>

## STUDY ON CONTENTS TOURISM APPLING AR/VR

Toru WADA, Yuki SHINYAMA, Kanako MIYA, Ryuji NIKAIDO  
Mitsuhiro MATSUDA and Masanobu JIMBO

AR/VR has been rapid growth and these are applied to various fields including infrastructure field. This study developed AR application visualizing and archiving knowledge about CTI's activity in Nihonbashi. The achievements will contribute to improve corporate value by public relations as corporate social responsibility. Moreover, we accumulated knowledge about AR, has possibility to open new business fields by cooperating with existing business such as city planning, tourism and facility inspection.

# ニューノーマル時代の都市づくりに関する研究

高橋 富美<sup>1</sup>・長谷川 翔生<sup>2</sup>・植村 真雄<sup>3</sup>・福田 裕恵<sup>4</sup>  
伊藤 義之<sup>5</sup>・阿部 正太郎<sup>6</sup>・佐藤 俊行<sup>7</sup>

<sup>1</sup>技術士（建設部門）・博士（緑地環境科学） 株式会社建設技術研究所 東京本社都市部  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）, E-mail: f-sugiyama@ctie.co.jp

<sup>2</sup>技術士（建設部門） 株式会社建設技術研究所 東京本社都市部  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）, E-mail: k-hasegawa@ctie.co.jp

<sup>3</sup>株式会社建設技術研究所 東京本社都市部  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1）, E-mail: ms-uemura@ctie.co.jp

<sup>4</sup>技術士（総合技術監理・建設部門） 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: h-fukuda@ctie.co.jp

<sup>5</sup>技術士（建設部門） 株式会社建設技術研究所 東北支社都市室  
（〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町4-1-25）, E-mail: itou-yoshiyuki@ctie.co.jp

<sup>6</sup>技術士（建設部門）・博士（工学） 株式会社建設技術研究所 大阪本社道路・交通部都市室  
（〒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>7</sup>技術士（建設部門） 株式会社建設技術研究所 九州支社道路・交通部都市室  
（〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名2-4-12）, E-mail: tsy-sato@ctie.co.jp

COVID-19 を契機としたニューノーマル時代（新たな生活様式への転換）を迎え、国土、都市、地域のあり方、国民の価値観が大きく変革しつつある。本稿では、これらの変化に鑑み、これからの都市づくりにおいて必要となる技術や施策の提言を行うものである。

提言では、データドリブンによる都市経営、ウェルビーイング社会の実現、ヒト中心の都市空間の構築、リビング・シフトに対応した地域の魅力づくりの4つの観点から、我々CTI・都市・建築部門が取組むべき施策や方向性を示した。

**Key Words :** *new normal society, smart city, data driven, well-being, open street, quality of life*

## 1. はじめに

COVID-19を契機に、テレワークの急速な普及、自宅周辺での活動時間の増加等、人々の生活様式が大きく変化し、それに伴いワークライフバランスの重視等、「働き方」や「暮らし方」に対する意識や価値観が変化・多様化している。更に、「働く」「暮らす」場である都市に対するニーズも、職住遊学の融合、自宅以外のワークスペース、ゆとりある屋外空間の構築などが求められている。デジタル化の急速な進展もふまえ、人々のライフスタイルに応じた多様な働き方・暮らし方の選択肢を提供し、持続的で健康や幸せを感じられる都市環境の形成が今後の都市政策に必要となっている。

本稿は、こうした社会の変革をふまえ、ニューノーマルに対応した都市づくりの実現に向け、1)データドリブンによる都市経営、2)ウェルビーイング社会の実現、3)ヒト中心の都市空間の構築、4)リビング・シフトに対

応した地域の魅力づくり、の4つの観点から、我々CTI都市・建築部門が、今後取り組むべきビジョンとして、提言をとりまとめたものである。

なお、提言の作成にあたっては、令和3年9月段階で、行政・学協会等から公表されている33のニューノーマルに関連した提言等を収集・整理した（参考文献参照）。その結果、国土政策、インフラ、交通、都市計画、まちづくり、観光、健康・福祉、地方自治等、関連分野は多岐にわたった。なお、国土交通省におけるニューノーマルに対応した新たな都市政策のあり方<sup>10</sup>として、「都市政策の観点からは、都市の集積を図る上で、ゆとりあるオフィス空間やオープンスペース等の確保によるニューノーマルへの対応をいかに進めるかという課題に対応する必要」、「リアルな場ならではの価値の充実などを図る必要」、「様々な背景を持つ人々の多様性（ダイバーシティ）を受け入れるインクルーシブな都市として皆が居心地の良さを感じられる空間とするとともに、都市機能の高度化を

徹底的に追求した拠点を形成する必要」が指摘されている。

## 2. ニューノーマル時代の都市づくりに向けて

### (1) データドリブンによる都市経営

#### a) 背景

COVID-19 の感染拡大に伴い、都市における過密を避ける目的から働く、学ぶ、買い物、帰省、会議・面談・決裁、娯楽等、活動・コミュニケーションの大部分がオンライン・デジタルで代替されることとなった。このような生活様式のデジタル化や、国民の ICT に対する許容が進むのと併行し、都市分野においては、官民データの収集・利活用を促進する、いわゆる「データ駆動型社会」の構築に関連した施策展開がニューノーマルな都市政策として進んでいる。従来、デジタルガバナメントやスマートシティといった都市のデジタル化は試行されていたが、COVID-19 によりその動きが一気に加速したといえる。

官民の保有するビックデータのオープン化・一元化による都市 OS の構築を通して、データ分析に基づく都市活動（生産・消費・移動・余暇等）の効率化・最適化を図り、地域・地方・国等の境界を越えた、施策の全体最適化が探求され、サーバー空間（仮想都市）での、都市政策の分析・評価施策提案（EBPM：Evidence Based Policy Making）による都市経営的視点による都市政策の推進が求められている。

#### b) 都市データの一元化、オープン化による都市経営に係る技術・サービス

IoT、ロボット、AI、ビッグデータといった社会の在り方に影響を及ぼす新技術の実装が進むなか、これらをまちづくりに取り込み、都市の抱える課題解決を図る取組が進んでいる。ICT 等の新技術を活用しつつ、マネジメント（計画、整備、管理・運営等）が行われ、全体最適化が図られる持続可能な都市として、スマートシティの取組みが展開されている。

そのため、CTI 都市・建築部門では、1) 法定都市計画・まちづくり計画等、行政計画におけるデータを活用した EBPM の推進、2) ビッグデータを活用した都市分析・評価モデルの構築、3) オープンデータ・行政データ・民間データ等の活用可能性や都市 OS の構築、4) 集約型都市構造の効果分析、面的な施策評価等のモデル化、5) 都市構造分析のプロトタイプモデルの構築、6) 将来予測シミュレーションに取り組んでいく。

本研究では、スマートシティの先進事例を調査し、これらの実現にあたっては、従来のコンパクトシティ（立地適正化計画等）の評価指標である人口等の静的データにくわえ、人流データ等の動的データを付加し、都市データプラットフォームを構築することが必要である

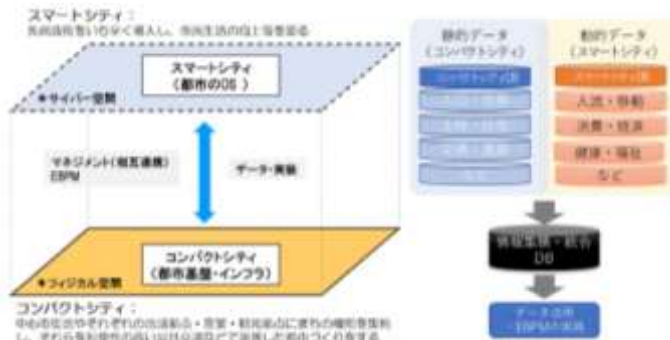


図-1 都市OS構築のイメージ

また、ビッグデータ等の官民データのオープン化とその分析・解析技術がCOVID-19の流行でより一層加速する中で、これらをまちづくりに取り入れることにより、市民生活、都市活動の大幅な質の向上や、行政サービスの効率化・高度化が期待される。

本研究では、大阪府高槻市において、ビッグデータの1つであるICカードログデータを活用し、COVID-19流行時における利用実態を把握することで、ビッグデータ分析の実務上の必要性を検証した。券種別にトリップ数の推移を集計した。通勤定期、高齢者乗車券、障がい者割引利用者、その他の交通系ICカードに利用者分類して分析した結果（図-2）、障がい者割引を利用したトリップは、他の券種と比べてトリップ数の変動幅が小さく、「交通弱者」に分類されることが多い障がい者は、自動車の運転が難しいなどの理由から外出時は公共交通に依存せざるを得ないため、トリップ数が減少しにくいと推察された。一般的に、公共交通は利用総数の減少に対してサービス水準を低下させる傾向にあるが、COVID-19流行時においても公共交通移動を必要とするエッセンシャル・トリップが一定数存在する事から、ビッグデータをうまく活用することで多様な客観的データに基づいた施策判断を行い、きめ細かいサービスの見直しを進めることが重要である事を検証することができた。

### (2) ウェルビーイング社会の実現

#### a) 背景

物の豊かさよりも心の豊かさが求められ、身体の健康や幸せ・喜びを感じられる状態に、思いやりや共感によるより良い人間関係が調和したウェルビーイング（Well-being）に関心が高まっている。特に、COVID-19により、デジタル化や効率性が進化した中で、個の自立性や人間関係の重要性を改めて実感する生活場面が増加（例：在宅勤務・オフィス不要論・混雑を避ける通勤・ジョブ型雇用等）し、ウェルビーイングを醸成するためには、様々なコミュニケーションを可能とするテクノロジーや、年代・身体的特徴等に関わらずその人らしさをいつでも発揮することができる社会基盤の形成が求めら

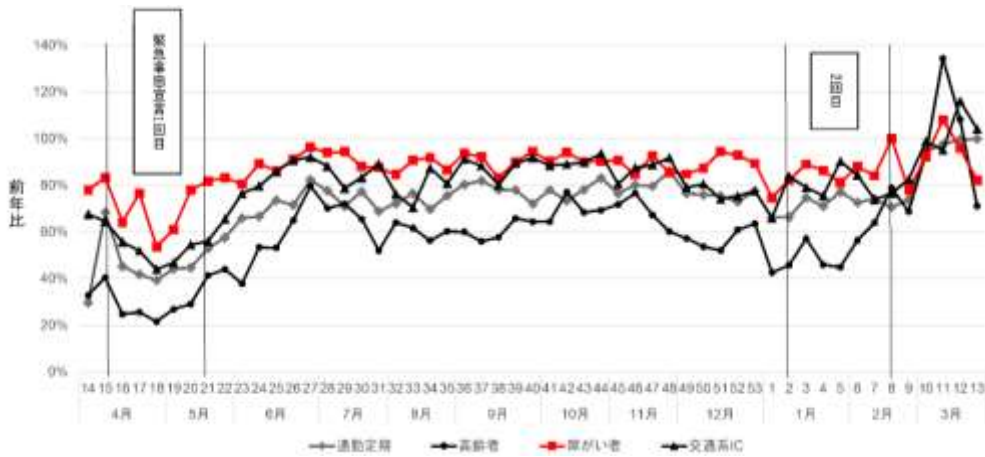


図-2 令和元年度に対する令和2年度の券種別トリップ数の割合

れている。

### b) 多様な属性を考慮したウェルビーイング社会構築に貢献する技術開発

デジタルシフトが進む都市づくりにおいて、対面での意見交換の機会が減少するなかでも、ICTを活用した様々なコミュニケーションツールの開発・活用が求められる。本研究では、これまで東京都市部で試行していたゲームエンジンによる三次元モデルを共創型コミュニケーションツールとして実装することを試行した。

まちづくりにおける市民参画において、行政計画等を市民へ説明する情報提供のフェーズでは、これまで平面図や横断面図、パースといった2次元の表現手法による紙媒体資料を使用してきた。しかし、図面等に接する機会の少ない市民にとっては理解がしにくく、都市やまちの変化もリアルに認知することが困難な状況であったことは否めない。また COVID-19 の影響により対面での会議が困難な中、オンラインによるワークショップの開催を余儀なくされる場合も多い。国土交通省が構築した PLATEAU による都市データの3次元化による可視化ツールの浸透に代表されるように、ICTを活用して都市の現状や将来像をわかりやすく提示することが求められている。

本研究では、松江河川事務所が実施する宍道湖のミズベリング会議や、国土交通省道路局の推進する歩行者利便増進道路制度（ほこみち）の普及啓発イベント等に、本システムを導入し、発注者からも高い評価を得た。



図-3 VRを活用したワークショップの様子(上)・VR画面(右)

さらに、多様性(ダイバーシティ)を受け入れるインクルーシブな都市形成に向け、移動機会が減少しつつある高齢者、障がい者に着目し、障がい当事者参加による道路空間の現地点検を実施した。大阪大学・石塚裕子特任助教の協力のもと、神戸市三ノ宮地区において9月20日、車いす利用者(3名)、視覚障がい者(2名)、聴覚障がい者(1名)、神戸ユニバーサルツーリズムセンター(1名)の参加のもと、障がい者の視点からの現地点検を行った。その結果、COVID-19の影響により外出機会が減少している障がい者にとって、道路空間に休憩できる場所があることは非常に有用であり、自転車との交錯等の安全を確保した都市空間の必要性に対する意見を多数把握することができた。また、上記の結果は、交通まちづくり学研究会主催の第47回講演会にて発表し、自治体、同業他社等、約80名の参加のもと、新たな都市空間形成の必要性、ユニバーサルデザインに配慮した空間形成の必要性を提言した。



図-4 現地点検の様子

### (3) ヒト中心の都市空間の構築

#### a) 背景

COVID-19を契機に、従来の自動車中心の高密度都市から、人中心の都市への転換など、適度な密度が保持された、滞在することに価値のある、居心地の良い空間形成がより一層求められる事となった。都市のあらゆる空間活用の可能性が広がりつつあるなか、既存の官民の区分を超え、官民が連携して利活用することを通じ、ゆとりある空間形成と魅力向上を図る施策(例:道路局(道路空間再編等)・都市局(ウォークブル))が展開されている。さらに移動においては、安全性・速達性だけでなく、魅力的な目的地、魅力的な移動の創出が求められ、移動する目的の多様化や、単なる移動から、楽しむ移動

への転換等の必要性が提唱されている。加えて、過密回避の観点から、人・モノの移動の自動化・無人化に相應する、道路空間・交通結節点・駐車スペースや交通モード等の再構築、公共交通からパーソナルモビリティへの転換が加速している。COVID-19に伴うデジタルの促進の一方で、仮想では代替できない、リアルな真価が問われるなか、エッセンシャルトリップ（必需的交通）を維持しつつ、移動の選択と集中の必要性が高まっている。

#### b) 新たなモビリティを考慮した、多面的なシステム導入による公民空間の活用技術

道路空間を活用したオープンカフェや道路空間再編の社会実験が各地で実施され、ウォーカブルなまちなかの賑わいを創出するための国の補助や支援制度がCOVID-19を契機に拡充しつつある。その一方、歩行者の回遊性向上による賑わい創出のためには、ある特定の区間のみを検討するのではなく、地区（もしくは都市）全体の交通システムの再構築が重要となる。そのためには、人々の移動手段の選択の自由度を向上させるマルチモーダルな交通環境を整えていくことが望ましい。今後は、バスやLRT/BRT等の乗換え拠点となるマルチモーダル・ステーションの整備促進を提案する。現在普及しつつある自転車や小型モビリティのシェアリングサービス、超小型モビリティといった多様な移動手段を確保することによって、利便性の高い移動環境のみならず、ヒト中心の魅力的で賑わいのある都市空間創出に寄与するものと考えられる。ソフト的にはMaaSとの連動も想定される。



図-5 マルチモーダルステーションのイメージ

さらに、重要な要素であるにも関わらず、これまで具体的な検討項目として挙がる事が少ない、駐車場・物流に着目することも重要である。

都市の中心市街地は、まちなか居住を推進するエリアとも重なる場合が多いため、住民や事業者の駐車場については、附置義務台数の緩和、見直しを行うことにより、駐車場配置適正化区域の外縁部への隔地化（隔地駐車場）や集約化（集約駐車施設）を行うことが望ましい。隔地化や集約化により駐車機能を廃止する駐車場については、広場化を図ることにより地域活動やにぎわい創出の場としていくことが考えられる。一方、附置義務駐車場の集約先の駐車場など今後も必要性の高い駐車場については、地域の課題解決に貢献できるように、駐車場へ

の新たな付加価値の創造など、駐車場の「質」を高める取組みを進めることが望ましい。例えば、駐車場予約システムの整備や観光情報発信のためのデジタルサイネージの設置、災害時の避難拠点として利用できるよう備蓄倉庫等の設置、都市環境の向上のために緑化すること等が考えられる。また、平面駐車場の広場化を図る際には、隣接する街路の空間再編との連携や、建築敷地における公開空地等との調和等、様々な「平面部分」が統一感を持って景観形成がなされるように配慮することも重要である。

また、都市空間における荷捌きや運送等の物流交通については、従前の荷捌き位置や横持ち距離等を考慮し、エリア外縁部の路外駐車場の一部を荷捌き用に転用し、荷捌き車両の駐車スペースとして確保することが提案される。また、一方通行化による歩行者空間の拡大と車線減にあわせた荷捌きスペース（荷捌き帯）の確保、既存の路上駐車場の一部を荷捌き車両専用とする等、路上荷捌きスペースの確保を図ることが重要である。時間帯によって荷捌き車両の使用を認める時間と一般車両が駐車できる時間とを使い分けるような効率的な路上駐車場の整備も有効である。エリア内への車両の通行抑制をより強力に進めるため、上記の個別の荷捌きスペースの確保だけでなく、共同集配送システムの導入が考えられる。地区の外縁部等に共同集配送センターを整備し荷物を集約し、エリア内の配送を車両を使わずに行うことで、エリア全体での荷捌き車両の通行や、エリアの外周道路での荷捌き車両の駐車を抑制することが可能となる。

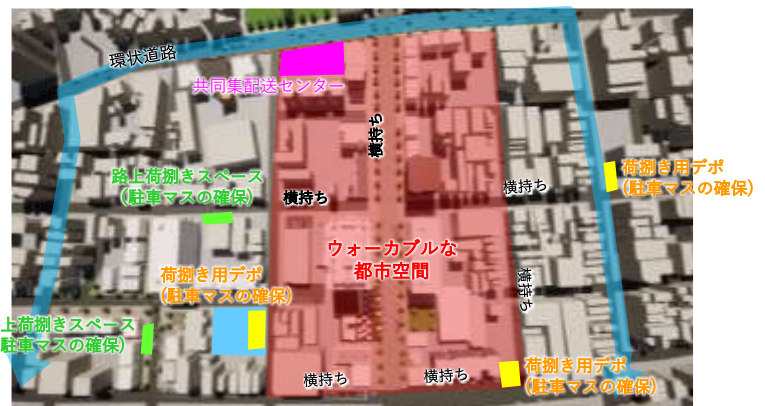


図-6 マルチモーダルステーションのイメージ

#### (4) リビングシフトに対応した地域の魅力づくり

##### a) 背景

COVID-19の蔓延に伴い、在宅勤務の拡大という形態で、テレワークが進展した。居住形態・ライフスタイルの変化に伴い、既存の住居やオフィスは、テレワーク・在宅勤務を前提とした施設への更新・リノベーションを模索している。また、ワーケーションや二地域居住等も進み、地方都市を中心に転職なき移住が実現しつつある。過疎地域等への移住は途上である一方、地方中核都市への移

住ニーズは増加傾向にあり、新たな観光のあり方とあわせて、この動きを地方創生につなげていくことが必要となっている。

**b) 地方の魅力を活かした新たな価値の創出、多機能化に向けた施策提案や評価手法の確立**

その場所の特色を見出し、新たな価値の創出や多機能化、持続可能な観光の仕組みづくりなどを通じて実現することで、都市・地区・エリア・場所の各単位での魅力・資源の磨き上げを行うことが求められている。特に地方部においては、これまでの大都市一極集中を打破するきっかけとして、アフターコロナを見据えた魅力づくりが必要となる。加えて、テレワークやワーケーション・二地域居住、在宅学習を前提とした都市空間、建築物のあり方についても以下の視点からの研究・開発が求められる。本研究では、福島県富岡町と、道の駅ゆふいんの2箇所でも実証的な検討を行った。

富岡町は、東日本大震災及び福島第一原子力発電所事故を受け、全町避難を余儀なくされ、令和3年3月現在の住民登録数 12,289 人、帰還率 13% (町内居住人口 1,585 人)。現在は廃炉と復興工事の拠点に変貌し、地価上昇率は 2.9%と 2019 年度の福島県内第 1 位を記録した。しかしその一方で、町内居住人口の半数以上を新住民が占め、以前の“つながり”を維持しながら、新たな価値観にもとづいたまちづくりが求められていた。CTI は平成 27 年度より本町から複数の業務を受注するだけでなく、富岡町職員とともに町の復興とは何かを議論を続けており、様々な活動をプロボノ (例：とみ Rock 開催、国家公務員初任者研修受入れ、農作物試験栽培 etc.) を展開していた。このような経緯をふまえ、本研究の一環として、町や社とみおかプラスとの協働で、観光庁補助事業 (地域の観光資源の磨き上げを通じた域内連携促進に向けた実証事業) に申請・採択され、資源の磨き上げによる“共感”・“感動”・“希望”の再構築をめざす議論や施策検討を進めていた。COVID-19 の拡大に伴い、域外来訪者増加の施策展開が困難になったことから、事業を辞退する結果となったが、本研究を通じて「エデュケーションal ツーリズム」の提案を行い、次年度に事業の再申請や実証実験に取り組むこととなった。

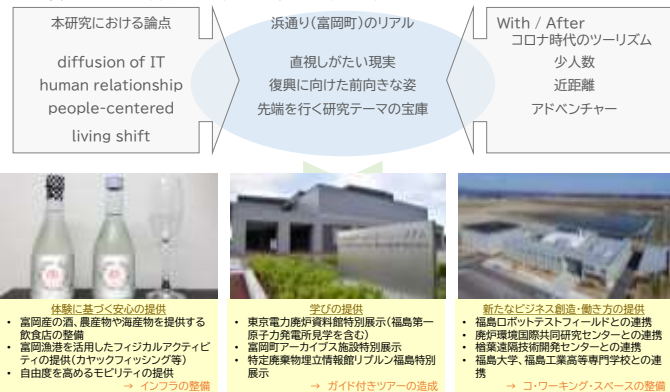


図-7 エデュケーションal ツーリズムの提案 ※R3年度の実証実験は見送り、R4年度に実施予定。

感染リスク防止の観点から、自動車移動は公共交通機関での移動と比較して安全な移動手段としての認識が高まり、自動車移動に対する需要が高まりを見せている。一方、道の駅は道路利用者の休憩施設としての役割を果たすとともに、2020 年からは第 3 ステージに進んでおり「地方創生・観光を加速する拠点」をコンセプトに取組を進めているところである。また全国道の駅連絡会は令和 2 年 5 月に「全国道の駅の「ニューノーマル」を見据えた進化について」を緊急提言として提出しており、ニューノーマルに対応した進化を推進している。ニューノーマル時代の道の駅は、地方部と都市部の間に位置するという立地特性を生かし、感染リスクに配慮しながら地域の観光振興に寄与する拠点としての役割が期待される。本研究では道の駅ゆふいん (大分県由布市) をモデル道の駅として、九州の代表的な観光地である湯布院と都市部からの観光客をつなぐ道の駅としての施策提案を行った。提案した施策については本年度国土交通省大分河川国道事務所発注業務において提案し、実現に向けた検討や関係者協議を進めているところである。



図-8 観光地湯布院と都市をつなぐ「道の駅」の提案

一方、まちづくり関連施策の評価指標として、人口や人口密度、通行者・来訪者数の増加といった指標のみでは、ニューノーマル社会における都市政策の評価は困難であり、新たな評価指標の構築も求められている。QoL (Quality of Life : 生活の質) は、人により異なる生活環境に対する価値観 (何を重視するか) を考慮した上で、生活環境を定量的に測る指標<sup>34</sup>であり、価値観が多様化するニューノーマル社会において、「量」だけでなく「質」を評価でき、都市計画関連政策の有用な評価ツールになると考えた。本研究では、東洋大学情報連携学部・加知範康准教授のアドバイスを頂き、宇都宮市で実施する集約型都市構造構築の取組み (立地適正化計画) について QoL 指標を用いて評価する手法について研究した。

本研究では、QoL の居住地の生活環境を「交通利便性」、

「居住快適性」, 「災害安全性」の3つの視点に分類し、それぞれの評価要素を、定量的データを用いて500mメッシュで数値化することで、誘導区域内外の差を把握した。併せて、居住者の価値観についてアンケート調査により把握することとし、設問項目を加地准教授の指導のもと構築した。この結果をもとに、ペルソナ（高齢者、主婦等の特徴的な回答者属性）に重みづけを行うコンジョイント分析の手法についても知見を頂いた。

なお、上記のQoL指標による施策評価は、業務委託を受けている宇都宮市に提案し、業務内で実施することとしたため、アンケート調査の実施・分析等は、業務として実施することとした。しかし、都市施策評価をQoL指標で評価する手法は既往文献や実務事例でも少ないことから、本研究の成果として、次年度以降、論文投稿する予定である。

## 6. 提案と今後の課題

### (1) 本研究を通じた提案

都市分野では、まちづくりにおいて、小さなアクション（社会実験）をつみかさねる事で、現段階で最適な施策を実施し、段階を踏んで進めていく方向性にシフトしている。また、都市DXが進む中では、機動性の高い業務履行が必要になるといわれている。これらをふまえ、従来の調査→計画→設計→事業といった一連のスキーム（ウォーターフォール型）ではなく、それぞれの段階でイテレーションをまわしていくアジャイル型へ転換し、社会変化に柔軟に適応していくことを提案する。これらの実現にあたっては、ICTスキル等の導入によるDX化を推進し、より効率的・スピード感のある業務履行が必要となる。さらに、専門的個別分野での対応ではなく、一連のサイクルをまわすことができる多様な部門（スキル）の統合が求められる。

### (2) 今後の課題

本研究は都市・建築部門のメンバーで研究を実施したため、主に都市・建築分野に係る提言に留まった。しかし、ニューノーマル社会への対応は、社会インフラ全般と深く関わりがあり、防災・インフラ・維持管理・健康福祉等、関連分野は多岐にわたる。さらに、CTIグループ行動憲章でもあるSDGsにも連動しており、今後は、他部門と連携しながら、CTI全体としての方向性の検討が重要であると考えられる。

**謝辞:** 本研究に際し、研究メンバー以外の都市・建築部門社員、道路部門、国土文化研究所には多大なるご支援を頂きました。また、学識経験者・行政職員等の方々にも有益な助言を賜りました。ここに記して、深く感謝申

上げます。

## 参考文献

- 1) 内閣府：経済財政運営と改革の基本方針2020～危機の克服、そして新しい未来へ～、内閣府、2020。
- 2) 国土審議会政策部会長期展望委員会：国土の長期展望：国土交通省、2020。
- 3) 世界交通学会（WCTRS）：新型コロナウイルス感染症についての政策決定に関する提言、2020。
- 4) 土木学会パンミック特別検討会：COVID-19 災禍を踏まえた社会とインフラの転換に関する声明―新しい技術と価値観による垂直展開―、2020。
- 5) (一社)建設コンサルタンツ協会、インフラストラクチャー研究所：コロナ後の「新しい社会」とこれを支えるべき「社会インフラ」について―「社会インフラ」に関わる技術者の視点から―、2020。
- 6) (一社)全国道の駅連絡会、全国道の駅プロジェクト推進委員会：全国道の駅の「ニューノーマル」を見据えた進化について、2020。
- 7) (一社)日本モビリティ・マネジメント会議：交通崩壊を防げ！～新型コロナから暮らしと街を守るには？～、2020。
- 8) 国土交通省社会資本整備審議会、道路分科会国土幹線道路部会：持続可能な国土幹線道路システムの構築に向けた取組 中間とりまとめ(案)、2020。
- 9) 国土交通省社会資本整備審議会計画部会：新型コロナウイルス感染症拡大に伴う社会資本整備・交通政策への影響と課題、新たな時代を築く持続可能で質の高い社会資本整備、2020。
- 10) 公益社団法人日本交通計画協会交通計画研究所：目に見えない脅威と新たな時代のまちと交通のあり方、2020。
- 11) 一般社団法人日本みち研究所：「With コロナ After コロナ社会の道しるべ」―緊急報告書―、2020。
- 12) 世界資源研究所（World Resources Institute）：How Will COVID-19 Affect Urban Planning?、2020。
- 13) 国土交通省都市局まちづくり推進課：新型コロナがもたらす「ニュー・ノーマル」に対応したまちづくりに向けて、2020。
- 14) 国土交通省都市局まちづくり推進課：新型コロナ危機を契機としたまちづくりの方向性、2020。
- 15) デジタルの急速な進展やニューノーマルに対応した都市政策のあり方検討会：ニューノーマルに対応した新たな都市政策はいかにあるべきか、国土交通省都市局、2021。
- 16) 一般社団法人都市計画コンサルタント協会 2050年都市ビジョン研究会：Urban+Planning VISION2050 ノート アフターコロナを見据えた 2050年の社会像・都市像と都市・地域計画領域におけるアプローチ（論点）、2021。
- 17) 環境省：ウイズコロナ・アフターコロナでの持続可能でレジリエントな地域づくりについて、2020。
- 18) 特定非営利活動法人日本 PFI・PPP 協会：PFI 事業の継続のために―新型コロナウイルス感染症（COVID-19）に対する日本 PFI・PPP 協会からの提言―、2020。
- 19) 一般社団法人関西経済同友会地方分権委員会：コロナ禍の今、地方自治を問う、2021。
- 20) 一般社団法人日本経済団体連合会：with/post コロナの地方活性化―東京圏から地方への人の流れの創出に向けて、2020。
- 21) 岡山商工会議所：日本一住みたい「ウェルビーイングな都

- 市（まち）」おかやまへ、2021.
- 22) 神戸市：ポストコロナ時代に適合した持続可能な神戸のまちづくり、2021.
- 23) 一般社団法人東北経済連合会：ポストコロナ・5つの提言ー東北が地方分散のトップランナーとなるためにー、2020.
- 24) 観光庁観光戦略課：観光ビジョン実現プログラム 2020ー世界が訪れたいくなる日本を目指してー、2020.
- 25) 一般社団法人新経済連盟：観光立国復活に向けた緊急提言、2020.
- 26) 日本商工会議所：提言書「地域の観光産業がコロナ禍を乗り越え、前に進むために」、2020.
- 27) 東京の観光振興を考える有識者会議：ともにつくる新しい観光～東京 2020 大会後を見据えた施策の方向性～、東京都、2020.
- 28) 東京都千代田区：地域の変化やコロナを超えて、新しい価値を生み出すための「16の問い」～ちよだコミュニティラボ 2020 報告レポート、2020.
- 29) Smart Wellness City 首長研究会、日本老年学的評価研究機構ほか：With コロナによる健康二次被害を社会参加やスポーツで
- 予防し国民を“健幸”にするための緊急提言、2020.
- 30) 株式会社日建設計：新型コロナウイルスによりもたらされる新しい社会に向けて～with, afterそしてnext Corona～、2020.
- 31) パシフィックコンサルタンツ株式会社：アフターコロナ時代の変化の先を走り続け、都市とインフラの未来を考える「アフターコロナの提言」、2020.
- 32) 株式会社地域計画建築研究所：「コロナに負けるな！頑張ろう地域!!～メインストリート・ジャパンプロジェクト」ポータルサイト、2020.
- 33) 三菱総合研究所：ポストコロナを俯瞰するコロナウイルス(COVID-19) 危機対策：分析と提言、2020.
- 34) 「人と場所からみた都市の持続性評価」研究会：「人と場所からみた都市の持続性評価」研究会、pp.6, 2017.
- 35) 加知範康, 加藤博和, 林良嗣, 森杉 雅史：余命指標を用いた生活環境質(QOL)評価と市街地拡大抑制策検討への適用, 土木学会論文集D, 62 巻, 4 号, pp. 558-573 2006.

(2021. 12.22 受付)

## PROPOSAL FOR ADAPTING TO THE NEW NORMAL AS SOCIETY CHANGES WITH THE COVID-19 PANDEMIC

Fumi TAKAHASHI, Kakeo HASAGAWA, Masao UEMURA,  
Hiroe FUKUDA, Yoshiyuki ITO, Shotaro ABE and Toshiyuki SATO

The dawn of the New Normal era (shift to a new lifestyle), brought about by the COVID-19 pandemic, has led to a transformation in people's values and ideas about how the country, cities, and rural areas should be. In light of these changes, this paper proposes the technologies and policies necessary for the urban planning of the future.

In this proposal, we demonstrate the direction and measures that CTI, cities, and the building sector should undertake from the following four points of view: data-driven urban management using urban data; the creation of a well-being society; development of people-centred urban spaces; and enhancing the appeal of rural areas in response to people's shift in lifestyles.



# 日本橋浜町スマートシティ構築に向けた コンサルティング技術開発2

長南政宏<sup>1</sup>・岡田泰祐<sup>2</sup>・西崎将<sup>3</sup>・古賀将<sup>4</sup>  
蓮見和紀<sup>5</sup>・米澤和泉<sup>6</sup>・吉田颯人<sup>7</sup>

<sup>1</sup>技術士（総合技術監理・建設部門） 株式会社建設技術研究所 都市部 PFI・PPP室  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1, E-mail: tyounan@ctie.co.jp）

<sup>2</sup>技術士（建設部門） 株式会社建設技術研究所 都市部  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1, E-mail: ta-okada@ctie.co.jp）

<sup>3</sup>技術士（建設部門） 株式会社建設技術研究所 都市部  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1, E-mail: nisizaki@ctie.co.jp）

<sup>4</sup>株式会社建設技術研究所 都市部  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1, E-mail: sm-koga@ctie.co.jp）

<sup>5</sup>株式会社建設技術研究所 都市部  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1, E-mail: kz-hasumi@ctie.co.jp）

<sup>6</sup>技術士（建設部門） 株式会社建設技術研究所 都市部 PFI・PPP室  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1, E-mail: izm-yonezawa@ctie.co.jp）

<sup>7</sup>株式会社建設技術研究所 都市部 PFI・PPP室  
（〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1, E-mail: hyt-yoshida@ctie.co.jp）

日本橋浜町は、小規模エリアに職・住・遊が混在し、暮らしやすい地域であることが大きな特徴である。それゆえ、58期（2020年）の研究において、まちづくりの課題・方向性を明らかにすることが難しく、適用するスマート技術の明確な設定が困難であった。

今期においては、地域住民の声や都市のICT化の進展状況を踏まえ、浜町エリアの3次元VRをベースとし、3次元デジタル空間を活用した種々の技術開発を試行した。CTIが考える浜町のまちづくりの方向性を定め、当社のスマートシティ技術開発を具体化し、浜町スマートシティモデルを構築した。

**Key Words : Smart City, Ctiy OS, 3D VR, Evacuation Guidance, People Flow Data**

## 1. 研究概要

### (1) 研究背景

近年、IoT（Internet of Things）、ロボット、人工知能（AI）、ビッグデータといった社会の在り方に影響を及ぼす新たな技術の開発が進んできており、今後、イノベーションの進展による経済社会構造の大きな変革は世界的な潮流として進んでいくと考えられる。

当社東京本社のある日本橋浜町エリアは、立地の良さ等が見直され再開発が進み、定住人口・交流人口ともに増加傾向にある。交通機関の連携やまちの活性化、地域資源の活用等により、価値を高められるエリアである。

今後の地域発展のために、IoT等の技術を活かして、生産性の向上を図るとともに、限られたリソースの有効活用が必要となる。これを踏まえ、日本橋浜町エリアを対象にCTIとしてのスマートシティを具体化する。

### (2) 研究目的

58期においては「日本橋浜町まちづくり構想」、高精度3次元基盤地図整備、実験フィールドの推進等の動きを検討した。

59期は3次元VRをベースに3次元デジタル空間を活用した種々の技術開発を試行することにより、浜町のスマートシティとしてのまちづくりの方向性を定め、当社の技術開発を具体化し、本エリアにおける『浜町スマートシティ』モデルを構築する。

さらに、検討成果をメーカーやまちづくり関係者等に幅広く活用してもらうことをめざし、オープンイノベーションのスキームを検討する。

### (3) 本研究の対象エリア

本研究の対象エリアは、58期で検討した「日本橋浜町まちづくり構想」の対象である日本橋浜町エリア（浜町及び人形町エリア。以下、「浜町」という。）とする。

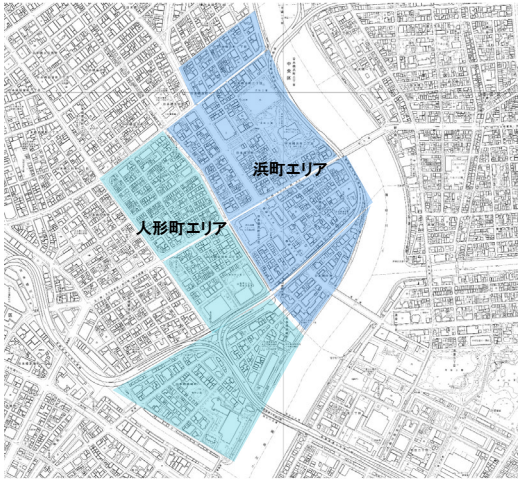


図-1 本研究の対象エリア

## 2. 浜町スマートシティのめざす方向性

浜町の特徴や課題、想定される将来のすがた、都市のICT化に関する動向等から、浜町スマートシティのめざす方向性を検討した。

### (1) 浜町の特徴と課題

大丸有や日本橋は商業・ビジネスが中心のまちであり、平日・休日ともに賑わっている地域である。一方、浜町は住宅も含めて用途が混在しており、昔からの住民も多く、下町的な雰囲気が漂っている。

また、浜町は比較的利便性が高い地区であり、解決すべき喫緊の課題は多くない。ただし、住民の声を聞くと、下記に対する不安感を持っていることがわかった。

- ・ 高齢者単身世帯の増加
- ・ コミュニティ（新旧住民、住民とワーカー等）の希薄化・孤独化の進行
- ・ 浸水被害や内水氾濫、地震等、災害発生時の対応への不安

### (2) 2040年の浜町のすがた

将来の浜町がどのような地域になるのか、どのような地域にしたいのかを、都市・建築部門の若手技術者も含めて議論を行い、以下のように、「2040年の浜町のすがた」をとりまとめた。

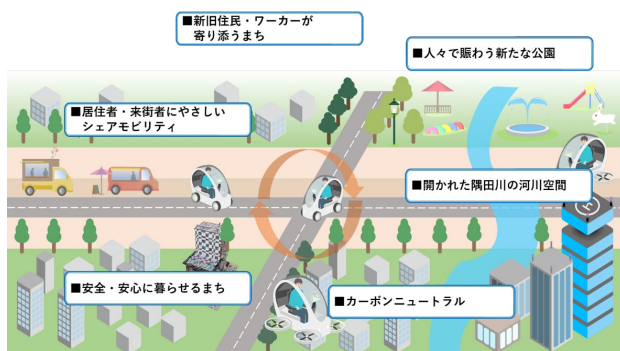


図-2 2040年の浜町のすがたイメージ図

表-1 2040年の浜町のすがた

<b>新旧住民・ワーカーが寄り添うまち</b>
・ ICT を通じてさまざまな人が属性を超えて身近に繋がるシステムの構築
<b>居住者・来街者にやさしいシェアモビリティ</b>
・ 誰でも使えるシェアモビリティの普及
・ 車道は自動運転専用レーンとパーソナルモビリティ用レーンに
<b>安全・安心に暮らせるまち</b>
・ 災害に備えて ICT 技術を使った支援システムを構築
<b>人々で賑わう新たな公園</b>
・ 民間活力導入によりサービスの向上や新たな価値の付加
<b>開かれた隅田川の河川空間</b>
・ 隅田川の水辺空間をカフェや買い物だけでなく、憩いの場に
<b>カーボンニュートラル</b>
・ 地域内エネルギー活用により地域内のカーボンニュートラルを実現

### (3) 都市のICT化に関する動向

都市を取り巻くICTの活用やDX環境が大きく進歩していることも、検討を進める上で考慮する必要がある。

国土交通省は2019年5月に都市・地域課題を解決するスマートシティモデル事業の公募を行い、全国から21の事業を先行モデルプロジェクトとして選定した。先行事例では、浜町の特徴や住民の不安の声と類似した課題解決に向けて、都市空間の整備等の分野でスマートシティに取り組む自治体が明らかとなった。

一方で、スマートシティの企画・実施主体は不動産会社、ICT機器の製造メーカーや大学等の研究機関が自治体と連携して実施しており、不動産やICT技術を一体的に企画・整備することが可能な実施主体が主体的に関わっていることが確認できた。コンサルタント会社として、スマートシティの実現化にどの様にかかわるか、参画の役割を明確することが課題であることが明確となった。

### (4) 浜町スマートシティのめざす方向性

「2040年の浜町のすがた」においては、安全安心だけでなく、モビリティや賑わい創出等、浜町での生活のあり方全般について、方向性を検討した。また、先行事例においては、まちづくりにかかるさまざまな課題に対して、ICT技術を活用して解決を模索している状況を把握した。一方、浜町の住民からは、コミュニティの希薄化・孤独化の進行、浸水被害や内水氾濫、地震等の災害発生時の対応への不安の声が多く聞かれた。

そこで、本研究においては、「2040年の浜町のすがた」のうち、浜町全体の防災への対応力、平常時における新旧住民・ワーカー等のつながり強化の向上に寄与することに重点を置いて「浜町スマートシティ」モデルの検討を行うこととした。これらの地域の潜在課題をICT技術で解決し、2040年のすがたを見据えた取り組みを行うことを目標とした。さらに、検討した成果について、メーカーやまちづくり関係者等に幅広く活用してもらうことをめざし、オープンイノベーションのスキームを検討した。

### 3. 浜町スマートシティにかかる研究開発

58期に検討した『スマートシティ技術を活用した「日本橋浜町まちづくり構想」』及び高精度3次元基盤地図等を基に、浜町スマートシティモデルの作成に向けた研究開発を行った。

#### (1) 浜町OSの検討

##### a) 開発の目的と概要

スマートシティの構築・運用においては、様々なICT技術の活用が不可欠であり、浜町における取り組みにおいても、その基盤となる都市オペレーションシステム(OS)の検討が必要である。

このことから、内閣府の「スマートシティリファレンスアーキテクチャ」や他自治体等の先進事例より、まず、浜町における都市OS「浜町OS」の検討を行った。

##### b) 検討内容

#### ① スマートシティリファレンスアーキテクチャ

##### 1) 概要

スマートシティにおいては、様々なデジタル技術の活用が必要であり、どのように取り組みを進めていくのがよいのか、どのようなシステム構成にすればよいのかなど、検討事項が多く、その推進が難しい状況である。

そのため、内閣府はスマートシティを推進する各自治体等が参考にできるシステムのアーキテクチャとして、「スマートシティリファレンスアーキテクチャ」を提示している。

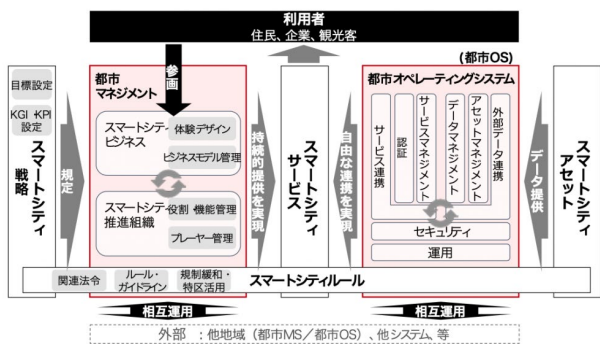


図3 スマートシティリファレンスアーキテクチャ全体像  
(出典：スマートシティリファレンスアーキテクチャホワイトペーパー)

##### 2) 活用による効果

内閣府では、スマートシティリファレンスアーキテクチャを活用した際の効果を下記のようにまとめている。

- ・ スマートシティをはじめる際の手順がわかる
- ・ やるべきことの抜け漏れを防いで、持続的なまちづくりを実現するための仕掛けを備えることができる
- ・ 共通的な指針や言語のもとで行うため、単独の取り組みとなることを防ぐ。そのため、成果の再利用や都市間・分野間の相互運用を実現しやすくなる

### 3) 4つのコンセプト

また、スマートシティリファレンスアーキテクチャコンセプトとして、以下の4つを提示している。

#### i. 利用者中心の原則

全てのスマートシティに関与する者は、常にスマートシティサービスの利用者を意識してスマートシティの取り組みを進めること。

#### ii. 都市マネジメントの役割

スマートシティを構築して、持続的に運営され続けるために、地域全体のマネジメント機能を有すること。

#### iii. 都市OSの役割

都市OSを通じてスマートシティサービスを提供することで、データやサービスが自由かつ効率的に連携されること。

#### iv. 相互運用の重要性

日本全体で効率よくスマートシティ化を推進するためには、他地域や他システムとの相互運用を効率よく行える必要があること。

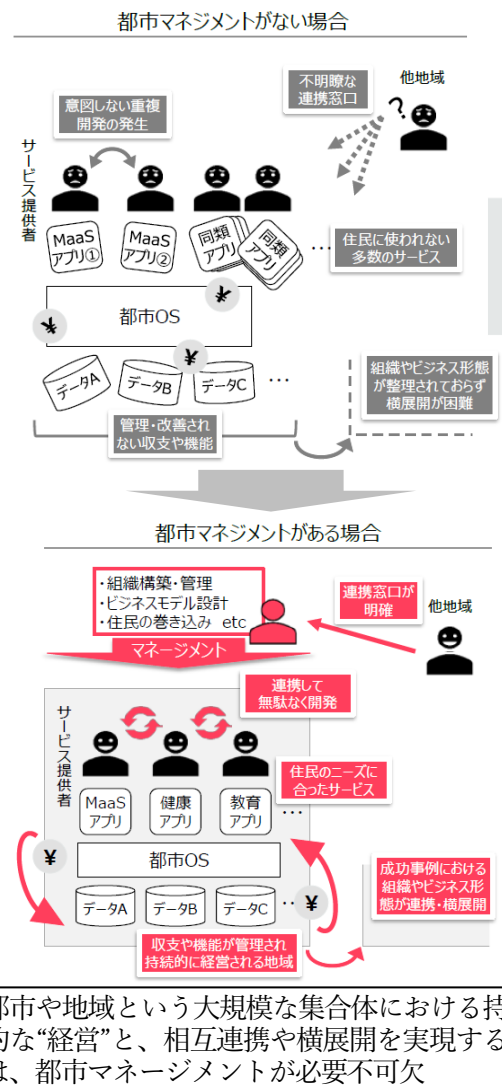


図4 都市マネジメントの必要性  
(出典：スマートシティリファレンスアーキテクチャホワイトペーパー)

## ② 浜町OSの検討

### 1) 検討の背景

前述の通り、地域のニーズとして、浜町全体の防災への対応力、平常時における新旧住民・ワーカー等のつながり強化が求められている。また、シーズ・外的要因として、都市DXの進展や当社がRiskma等の防災に対するシステムを構築済みであること、防災に対する技術・知見を有していること等から、本研究においては、特にスマートシティリファレンスアーキテクチャのうち、浜町における都市OSを構築し、それを通じてスマートシティサービスを提供することが、有用であると考えた。

そこで今期は、ICT技術を用いて、防災に関するデータ収集・分析・提供・伝達について、重点的に検討した。

### 2) めざすべき浜町を実現するための浜町OSとICT技術

めざすべき浜町を実現するために必要となるICT技術のシステム基盤を「浜町OS」と定義し、その基盤として3次元VRを位置付けることとした。

活用するデータとしては、人流データ、3次元点群データ、防災関連データを想定。アプリケーションとしては、防災、MaaS、地域クーポン等が想定されるが、今期は防災に焦点をあてて検討を行った。

その中から、優先順位の高い以下のICT技術を検討・開発し、浜町の住民やワーカー等に「浜町スマートシティ」モデルとして、サービスを提供することとした。

- ①高精度3次元基盤地図を活用したVR
- ②LINEを活用した防災支援システムの開発
  - ②-1 避難誘導支援システム
  - ②-2 防災情報伝達システム
- ③人流データ取得システム

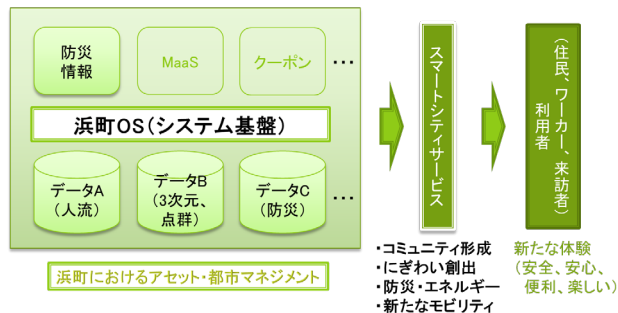


図-5 浜町OS概念図

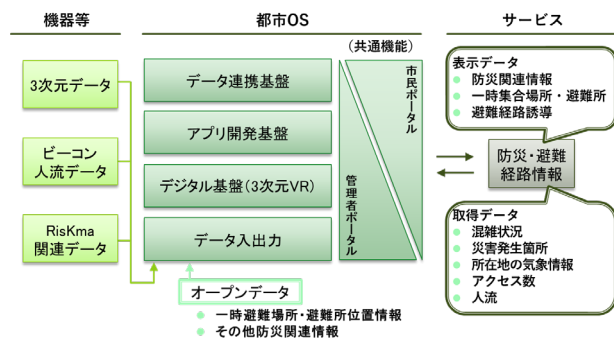


図-6 システム構成図

## (2) 技術開発の実施

前述のとおり、下記の3つの技術に着目し、下記の目的より浜町スマートシティを構築する3つの要素として開発を進めた。

表-2 今期の開発技術の主な目的

今期の開発技術	主な目的
①高精度3次元基盤地図を活用したVR	浜町スマートシティのプラットフォームとなる情報基盤を開発し、今後の土台を築く。
②LINEを活用した防災支援システム ②-1 避難誘導支援システム ②-2 防災情報伝達システム	誰でも使いやすいツールとしてLINEを活用したシステムを開発し、防災情報普及に繋げる。
③人流データ取得システム	浜町スマートシティの構築には必要不可欠である、浜町における人流データを取得する。

### a) 高精度3次元基盤地図を活用したVR

#### ①開発の目的と概要

58期に計測した日本橋浜町における高精度3次元基盤地図データの活用方法について検討し、VRを情報基盤として活用した技術開発の試行を行うことで、当社のスマートシティ技術開発を具体化することを目的とした。

検討の結果、高精度3次元基盤地図データは、データ処理の重さ、データクリーニングの負担、継続的ライセンス契約の必要性など、当初の想定よりも使い勝手に課題が多いことが確認された。そのため、近年活発に整備・公開されている3次元オープンソースを活用したVRを情報基盤として活用する方が汎用性、機能性等の面から有用と判断し、日本橋浜町まちづくり構想のフィールドとして、リアルで高精度な浜町のVRモデルを構築した。

構築したVRモデルは「一般社団法人日本橋浜町エリアマネジメント(以下「浜町エリマネ」という。)」のまちづくり協議の場において試験的に活用し、アイデアの創出や新たなイメージの喚起等に繋がることを確認でき、まちづくりにおける議論や合意形成における活用可能性が高いことがわかった。

さらに、ノウハウを活かし、実務(令和3年度道路における賑わい創出に関する調査検討業務)に展開した。

#### ②想定する利用対象者

VRワークショップは、当社職員及び浜町エリマネのメンバーを対象とする。

#### ③開発内容

点群データの活用を検討し、PLATEAU等のオープンデータを活用し、トルナーレ広場や浜町緑道におけるVRを先行的に構築した。

作成したVRを用いて、一般社団法人浜町エリマネのまちづくり協議の場において、新たな合意形成プロセスとしてVRワークショップを試験的に実施し、仮想空間の活用可能性について検証を行った。

### 1) 高精度3次元基盤地図データの活用可能性

58期に計測した日本橋浜町における高精度3次元基盤地図データを用い、スマートシティのシステム基盤とし、それにさまざまな都市情報レイヤーを重ねる等、めざすべき浜町を実現する仮想空間モデルとしての活用方法について検討を行った。

しかしながら検討を進めるにつれて、データ処理の重さ、データクリーニングの負担、継続的ライセンス契約の必要性等、想定よりも使い勝手に課題が多いことが確認された。

これより本技術開発においては、3D都市モデル(PLATEAU)や基盤地図情報等、国により近年活発に整備・公開されている3次元オープンソースを活用したVRを情報基盤として活用する方向に検討を転換した。

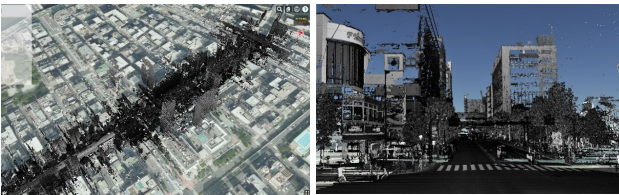


図-7 日本橋浜町における高精度3次元基盤地図データ

### 2) 浜町3次元VRの構築

日本橋浜町まちづくり構想のフィールドとして、CIM設計で用いられるAutodeskソフトウェアに加え、ゲームエンジンであるTwinmotionを活用し、よりリアルで高精度な浜町のVRモデルを構築した。

用いたデータは、国交省により整備された基盤地図情報5mメッシュデータより基盤地形データを構築し、また近年活発に整備・公開が進む3D都市モデル(PLATEAU)等を用いて精度の高い建物を再現した。

これにより道路空間や公開空地、建物等の地物との位置関係が明確となり、活用可能な空間の規模感や自由な視点場から見える景色などが再現可能となった。



図-8 浜町3次元VRの構築

### 3) 浜町3次元VRを活用した新たな合意形成プロセス検証

安田不動産や当社職員等が多数参加する浜町エリマネのまちづくり協議の場において、浜町3次元VR空間及びTwinmotionを用いた新たな合意形成プロセスとしてのVRワークショップを試験的に実施した。

公開空地の規模や道路や地物との関係性等、より現実に近いトルナーレやHamaHouse周辺の仮想空間を舞台に、既成概念にとらわれない自由な発想をその場でカタチにすることで、活発な地域のアイデアや新たなまちづくりイメージが連鎖的に発意された。

浜町エリマネのまちづくり協議の場において試験的に活用し、アイデアの創出や新たなイメージの喚起等に繋がることが確認され、まちづくりにおける議論や合意形成における活用可能性が高いことがわかった。

表-3 VRワークショップ参加者の意見

主な意見	自由記述
まちづくり協議に関する意見	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HamaHouseの前に大きな植栽を設置し、前面道路は芝生にしたい。</li> <li>・トルナーレ広場まで芝生を繋げる。トルナーレの壁面緑化も面白い。</li> <li>・浜町ホテルなどCAD図面があるので、立ち上げが可能</li> </ul>
VRに対する評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トルナーレの下にアートや遊び場を設置する際に、周りの建物とのスケール感が重要となるので、モデルで可視化できるのは非常にわかりやすい。</li> <li>・現在の店舗などに影響しそうなイベントの検討では視覚的に状況を示せるので有効である。</li> </ul>
VRの活用に関する意見	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トルナーレの協議の際にも活用したい。</li> <li>・ドールの前の活用法などの検討にも使いたい。</li> <li>・浜町緑化計画を3Dで再現し、VRでモデル内を疑似体験したい。</li> <li>・江戸時代の仮想体験を浜町で行いたい。当時の湿地や隅田川を再現したい。</li> </ul>

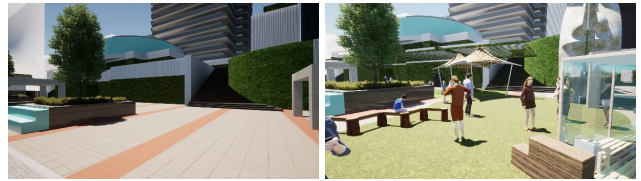


図-9 浜町トルナーレ前のVRワークショップモデル

### 4) 業務への発展(歩行者利便増進道路制度)

本検証結果を受け、当技術の向上やその他副次効果、また通常業務への付加価値の可能性を検証するために、履行中である別途業務内で本技術を提案し、VRワークショップを実施した。

対象業務の目的は、「道路空間を街の活性化に活用したい」「歩道にカフェやベンチを置いてゆっくり滞在できる空間にしたい」など、道路への新しいニーズが高まりを受け、新たに創設された「歩行者利便増進道路(通称:ほこみち)制度を地方自治体へ認知、普及させることであり、本技術との親和性が高いものであった。

道路管理者(国、自治体)や地域に深いかかわりを持つ一般の方々等が多数参加され、その結果、道路のみならず建物同士をつなぐモノ、高さを活かした3次元ならではの新たな空間の使い方等、活発なアイデアが生まれ、浜町エリマネのまちづくり協議時以上の反響となり、場所を変え本年内2回実施するまで至ることとなった。

VRワークショップという新たな仕掛けは、まちづくりの機運を生み出し、また加速化させる効率的効果的な合意形成プロセスとして大きな効果が期待されるものである。今後はさらなるVR技術向上に取り組むとともに、地域と構築したモデルを一般公開するシステムの開発を進める。

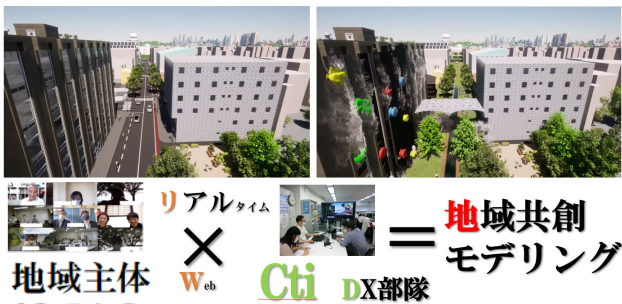


図-10 ほこみち版VRワークショップ

#### ④まとめと今後の改善点

3次元空間とゲームエンジンを活用したVRワークショップという新たな仕掛けは、まちづくりの機運を生み出し、また加速化させる効率的な合意形成プロセスとして大きな効果が期待されることが実践を通じて確認された。

3次元VRを今後のスマートシティ及び都市DXの基盤とし、今後はこれを基盤としてエリマネや様々な情報を付加していくとともに、更なるVR技術開発に取り組む。またこのモデルを広く一般に公開し、“だれもが”“いつでも”“どこでも”まちづくりを楽しみ身近に感じられるシステムの検討を進める。

### b) LINEを活用した防災支援システムの開発

#### ①避難誘導支援システムの開発

##### 1) 開発の目的と概要

災害時には、迅速な避難が必要であるが、いざというときに、どのような行動を取ればよいのか、どこに避難すればよいのかを住民・ワーカーが冷静に判断することは難しいことが想定される。そこで災害発生時に、浜町の住民・ワーカーを一時集合場所・避難所等に誘導する、避難誘導システムを開発した。

##### 2) 想定する利用対象者

浜町エリマネが運営するHAMACHO.JP公式LINEアカウントの友達登録者を対象とした。

##### 3) 開発内容

LINEのトーク画面から周辺の一時集合場所・避難場所等の情報が表示され、そこまでの経路案内をが地図上と音声で実施される。

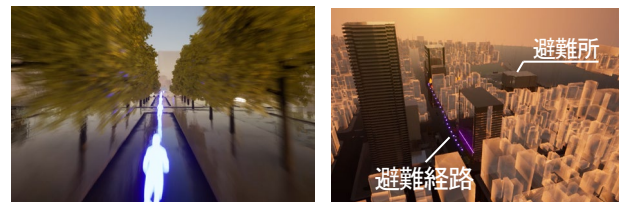


図-11 公式LINEアカウントの避難情報画面

#### 4) まとめと今後の改善点

災害時には、多くの人がLINEを使用して家族や友人の安否を確認すると考えられる。この避難経路案内によって同じツール内で避難経路の確認が実施できる。今後は利用者別、災害別に避難所を発信するなど、情報の精度向上に取り組む。

本技術開発における避難誘導システムは2次元での表現であったが、浜町エリマネとのVRワークショップ等を通じて、没入感や規模感を体感する仮想空間の有用性が得られたことから、今後は現避難誘導システムの発展として、地区防災訓練などにおける災害時の行動支援としてVRによる疑似体験ツール等の開発を進めていく。



↑避難所までのVR動画案内    ↑立体都市空間における案内

図-12 避難誘導システムVR

### ②防災情報伝達システムの開発

#### 1) 開発の目的と概要

浜町は浸水が想定される地域もあり、防災に対する住民の関心は非常に高いものの、必要な情報をまとめて入手する手段がない。特に、浜町で働くワーカーの多くは区外から通勤しており、浜町の防災情報の浸透が課題である。様々な機関が提供している防災情報を、手軽に閲覧できる情報伝達システムを開発することで、浜町の地域防災に寄与することを目的として開発を行った。

#### 2) 想定する利用対象者

Hamacho.jp公式LINE友達登録者のうち、防災の知識が少ない、または防災に関する情報を自主的に収集していない人を想定する利用対象とした。

#### 3) 開発内容

住民の関心の高い防災について、提供すべき防災コンテンツを検討するとともに、特定アプリを必要としない汎用性の高いLINEを活用した防災情報提供システムを構築した。加えて、防災情報提供システムを周知するため、LINEアカウントのタイムラインへ投稿を行った。投稿の際、Google Formsによるアンケート調査へのリンクを掲載し、防災機能についてのアンケート調査を行い、サービス評価を行った。

提供すべき防災コンテンツの検討においては、想定する仮想的な利用対象（ペルソナ）を設定し、各ペルソナから想定される防災についての課題を導き出すことで、各課題を解決すると考えられるコンテンツを整理した。

表-4 ペルソナから導き出した提供コンテンツの案



仮想的な利用対象 (ペルソナ)	想定する対象から考えられるコンテンツ
対象1 浜町在住 40代女性 マンション住まい 夫、子ども(保育園)、犬 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防災の準備は少ししているが、準備が十分なのか自信がない</li> <li>→具体的な行動を起こすことで自信に繋げる【①備蓄のCHECK&amp;GO】</li> <li>・行動フローは確認したことはあるが、いざというときに動けるのか不安</li> <li>→思い出したときにいつでも確認できる【②災害時の行動フロー-FIRST&amp;GO】</li> <li>・防災はシリアスな響きがあり、楽しそうなイメージが少ない</li> <li>→浜町の情報と併せて、楽しみながら防災の知識を得られる【④メールマガジン・⑤防災クイズ】</li> </ul>
対象2 浜町勤務 30代男性 電車通勤(片道約30分) 都内マンション1人暮らし 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・忙しい生活の中で防災の優先度が低い</li> <li>ため、最低限の情報だけ仕入れたい</li> <li>・浜町だけでなく、居住地、通勤時の情報も必要</li> <li>→帰宅困難者対策情報や、中央区と居住自治体の防災情報をすぐに確認【③防災情報リンク一覧FRY&amp;GO】</li> </ul>

表-5 公式LINEアカウントにおける防災提供情報

防災情報メニュー	リンク先コンテンツ (作成元)
i. 防災情報リンク一覧	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央区防災マップ (中央区) ②③</li> <li>・雨量予報 (Riskma) ③</li> <li>・気象情報注意報 (気象庁) ③</li> <li>・わが家わがまちの地震防災 (中央区) ②</li> <li>・BRIDGE 特別号 みんなで学ぶ、わたしたちの防災、2020年9月発行 (浜町エリマ) ③</li> <li>・通れた道マップ (TOYOTA) ③</li> </ul>
ii. 我が家に必要な備蓄を調べる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京備蓄ナビ (東京都) ①</li> </ul>

※○数字は表-4内の○数字の内容と一致している。

#### 4) まとめと今後の改善点

住民(子育て世帯、高齢者等)だけでなく、ワーカーや来訪者も対象とした防災情報の提供は、安全・安心なまちづくりに欠かせない。特に一人様世帯には重要な情報である。そこで、提供すべき防災コンテンツを検討するとともに、個別アプリを必要とせず、普及率の高いLINEを活用したシステムを構築した。当社開発のRiskmaも一つのコンテンツとして配信し、LINEからRiskmaへアクセスしたことにより、Riskmaの閲覧者も増加した。

Hamacho.jpの公式LINEをベースに、情報を発信した結果、LINEの友達登録者数が3週間で100人(9%)程度増加した。また、アンケート調査(回答者数 n=25)からは8割近い満足度を得ることができた。「普段目にしてない情報がスマホで簡単に見ることができ助かる」といったコメントも寄せられた。

今後の改善点として、中央区を中心とした防災情報提供に加え、災害時に中央区の防災対応が受けられない区外在住のワーカーを対象とした情報提供や機能の更なる充実、継続的に防災情報への関心や防災情報提供システムの認知度を高められるような工夫が挙げられる。

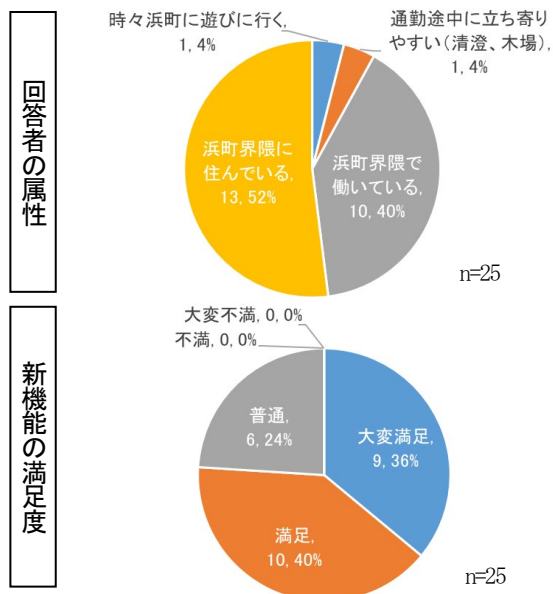


図-13 公式LINEアカウント提供防災情報の評価

表-6 公式LINEアカウント提供防災情報に対する意見

主な意見	自由記述
提供サービスに対する感想	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初めて見た機能や城があり、ここまでLINEで見れることに感動しました。</li> <li>・防災サイトがまとまっているので調べやすくて良かった。防災備蓄品リストも参考になった。</li> <li>・普段目にしてない情報がスマホで簡単に見れて助かります。</li> <li>・今回のご案内で初めて防災画面にアクセスしました。いいところの優れものだと思います。</li> </ul>
新しいコンテンツの要望	<ul style="list-style-type: none"> <li>・LINEに緊急情報が入って来れば言うことなし。</li> <li>・防災関連での新機能のリクエスト：簡単に作れる防災メシのレシピ動画(紹介者：富士屋本店、Session、カゴメさん、ケンギの防災メシに詳しい社員など)</li> </ul>
リンク先情報の感想	<ul style="list-style-type: none"> <li>・なんとなく備蓄してるつもりで缶詰など買っていたが、全然足りていないことに気がきました。</li> </ul>

#### c) 人流データ取得システムの構築

##### ①開発の目的と概要

人流データを取得し活用することで、より詳細な地域の現状分析や、幅広いスマートシティサービスの展開が可能になる。例として、docomoが提供するモバイル空間統計といったサービスは膨大な人流データにより人々の移動を可視化している。しかし、これ等のデータは非常に高額であり、また生活用式の変化等によって日々変化する。人流データの活用によってスマートシティサービスを持続的なものとするためには、より“安価に”“継続的に”データを取得することが必要である。そこで、LINEアプリ及びビーコンを用いた通行者の人流データを把握するしくみを構築した。

##### ②想定する利用対象者

Hamacho.jp公式LINE友達登録者

##### ③開発内容

Fタワーおよび浜町内のカフェ (HamaHouse) にビーコン端末を設置した。システム構成は下記のようになっ

ており、ビーコン端末に近づいたHamacho.jp公式LINE友達登録者の情報がグーグルスプレッドシートに反映され、BIツールを用いてリアルタイムで可視化される。

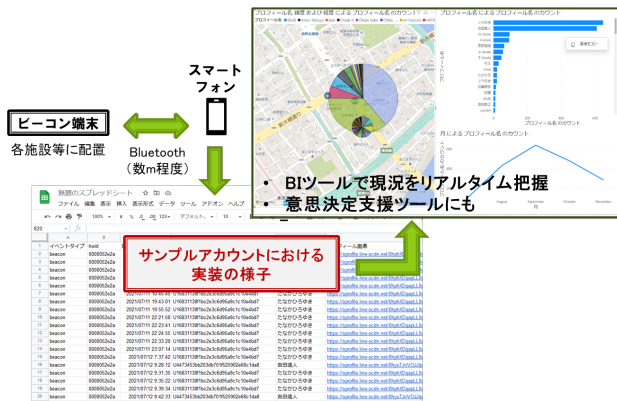


図-14 人流データ取得のシステム構成

#### ④まとめと今後の改善点

それほど人通りの多くない路地への設置であったが、3週間で90人程度のデータの取得ができた。友達登録者のうち、7%の人流データが把握できた。LINEアプリでの防災コンテンツの提供により、登録者数が増えていることから、今後把握できる人流データも増えると思込まれる。

具体的な活用方法としては、拠点間の人の移動や、政策・イベント等による変化等を把握し、必要な人にピンポイントで情報を発信すること等が考えられる。今後は、現在申請中の短期的研究開発投資「都市DX」において、ビーコン設置箇所数を増やし、検証を行うことを想定する。

また、下記のようにRiskmaと組み合わせて、浸水区域にいる人にピンポイントで待避勧告を出す等の仕組みについて、水システム部と協力しながら引き続き開発することを検討する。



図-15 Riskmaとの連携方策イメージ

#### 4. オープンイノベーションのスキームの検討

本研究成果を基にして、新たな技術開発の発見可能性を高めるため、先行事例等を検証し、3次元VR等の公開スキームの運用方法について検討を行った。

##### (1) 先行事例における3次元データプラットフォーム

先行事例における、3次元データプラットフォームを整理すると、収集された3次元データを公開し利用可能

としているサービスは複数存在する。また対象物は都市等の大規模なものから、建築物や構造物といった小規模のものまでさまざまであった。

一方、これらのデータについては、いずれのプラットフォームでも有効な活用方法が見つかるわけではなく、活用可能性を秘めていると言える。

国土交通省では令和元年12月に、民間企業より3次元点群データの新たな利活用案を公募し、適用性、妥当性、有用性、先進性、実現性の5つの観点から評価している。

プラットフォームを通じて提供されるデータは大きな活用可能性を秘めているが、一方で適切かつ効果的な活用方法を見出す作業は非常に困難である。プラットフォーム整備側がデータ利用者のニーズを把握するとともに、データ利用者と情報の共有や公開を通じて活用可能性を模索できるようなしくみ作りが重要となる。

##### (1) 想定する提供プラットフォーム

一般公開されている3次元データプラットフォームについて、それぞれの特徴を示す。

表-7 3次元点群データプラットフォームの特徴

事例	特徴	閲覧可否
1. PLATEAU	・大規模な都市モデルをブラウザ上で閲覧可能。加えて人口や建物データの可視化も可能。	○
2. ICT 活用工事 3D 点群データ	・土木工事にて納品された 3 次元データを公開。データのみ提供。	×
3. G 空間情報センター	・有償・無償問わず地理空間情報データを提供。(都営大江戸線 都庁前駅 3D 点群データ等)	△
4. Shizuoka Point Cloud DB	・静岡県内の地形・道路データを公開。	×
5. 3DDB Viewer	・3D データベース用に開発された Web ユーザーインターフェースで、様々な三次元データを検索/表示/ダウンロードすることが可能。	○
6. 国土交通データプラットフォーム	・国土に関するデータ、経済活動に関するデータ及び自然現象に関するデータを検索、表示、ダウンロードすることが可能。今後、各種データと API 連携し、データ連携の順次拡大が予定されている。	○
7. Open Heritage	・内部を含む建造物のデータを Web サイト上で閲覧、ダウンロード可能。	○

事例調査で分かった特徴として、プラットフォーム内でのデータの閲覧可否がある。「PLATEAU」や「国土交通データプラットフォーム」ではデータの提供だけでなく、ブラウザ上でそれらを自由に表示・組み合わせることで利用者が求めるデータの作成が可能となる。これにより活用可能性や汎用性は一段と向上するが、提供者側はブラウザ上でのビューワー開発等も求められ技術的ハードルが一段と高くなる。一方、「Shizuoka Point Cloud DB」や「ICT活用工事3D点群データ」はいわゆるデータの提供に特化しているため、収集したデータをサ



ーバーへアップし自由にダウンロード可能にすることで実現可能である。利用者はダウンロードしたデータの編集や加工に別途ソフトウェアが必要となるが、提供者側は既存ソフトに合わせたデータを提供するのみなので技術的なハードルは低い。

今後、浜町エリマネ等でデータプラットフォームを実現する場合、実現可能性を考慮し、まずはデータの提供のみに注力、ノウハウの獲得や需要の把握を適切に行ったうえで必要であれば閲覧可能なビューワー等を整備し、総合的なプラットフォームの開発へと繋げる流れが適切であると考えている。また提供するデータについても、YouTubeと連携したVR動画の提供の提供のように既存のプラットフォームを活用した提供方法も考えられる。

## 5. まとめ

本研究において構築した高精度 3 次元 VR を「浜町 OS」の基盤と位置付け、それに LINE を活用した防災支援システム、人流データの取得システムを組み合わせた、「浜町スマートシティモデル」を作成した。これにより、浜町の住民・ワーカーにコミュニティの活性化や災害時の安全安心等を提供することができた。

今期の研究で得られた成果は、以下のとおりである。

- a) 高精度 3 次元基盤地図を活用した VR については、それを基に 3 次元空間とゲームエンジンを活用した VR ワークショップという新たな仕掛けを実現した。試行したワークショップでは、具体的なイメージを即座に VR 上に反映でき、一般的なワークショップよりも活発かつ建設的な意見交換がなされた。これにより、今後浜町において、住民・ワーカーを含めたまちづくり・コミュニティ活性化の機運を醸成し、またそれを加速化させる効率的・効果的な合意形成プロセスとして大きな効果を発揮することが期待できる。
- b) LINE を活用した防災支援システムについては、まずは避難誘導支援システムの開発は、LINE アプリを用いて避難経路を確認できるしくみを構築した。これにより、発災後の混乱時にも、利用者は冷静に一時集合場所もしくは避難所に移動できるツールとして活用できることとなった。実装に向けては中央区や地元自治会等との調整が必要なことから、今後も調整を行うこととする。また、防災情報伝達システムの開発は、日本橋浜町の住民、ワーカーや来訪者が必要とする防災情報を検証し、普及率の高い LINE を活用した防災情報伝達システムを構築した。その結果、LINE の友達登録者数が 3 週間で 100 人 (9%) 程度増加した。また、アンケート調査からは 8 割近い満足度を得ることができた。今まで情報が

届いていなかった人々に情報を伝達することができ、地域の防災力の向上に一定程度寄与することができた。双方のシステム開発について、利用者が多く、汎用性が高い LINE アプリを使うことで、さまざまな属性の利用者にサービス提供を容易に行うツールを開発できた。

- c) 人流データ取得システムの構築については、LINE アプリ及びビーコンを用いた通行者の人流データを把握する仕組みを構築した。それほど人通りの多くない路地への設置であったが、3 週間で 90 人程度のデータの取得ができた。友達登録者のうち、7%の人流データが把握できた。これにより、今後はピンポイントでの観光・イベント情報やゲリラ豪雨時の緊急避難情報等のプッシュ配信の実現可能性が高まったことから、さらに地域活性化や安全安心を高めるためのしくみづくりを継続して検討していきたい。
- d) オープンイノベーションのスキームの検討については、基盤地図等公開のスキームや実験フィールドの運用方法の検討を行った。浜町エリマネ等でデータプラットフォームを実現する場合、まずはデータの提供のみに注力してノウハウの獲得や需要の把握を適切に行ったうえで、必要であれば閲覧可能なビューワー等を整備し、総合的なプラットフォームの開発へと繋げる流れが適切であると検討した。提供するデータについても、YouTubeと連携した VR 動画の提供の提供のように既存のプラットフォームを活用した提供方法も考えられる。

## 6. 今後の展開

今期中、当研究は終了となるが、都市/建築部門においては、今後も都市 DX に関連した技術開発は必須であることから、以下のような展開を進めることを検討する。

### (1) 都市関連業務におけるVR技術実装による差別化展開

本研究で検討した 3 次元 VR 技術のさらなる深化を図り、都市関連業務で多く実施される、整備計画段階の比較検討や基本構想を仮想空間で 3D 化を進める。

関係者間の合意形成や市民対話技術へのツールとして VR の実装を検討する。

### (2) DX推進による新たなビジネスモデル構築

都市分野に限らない幅広い視点で、公共事業への実装などを軸とした新たなサービスによるビジネススキームを提案する。

#### a) PLATEAUを活用した公共施策3次元評価ビジネス

- ・ PLATEAU 空間と動的データ (交通・人流・気象・日照・植栽等) を組合せた意思決定支援 3D ツールビジネス

#### b) 3D仮想モデルを活用した新たな事業展開

- ・ 災害発生時の被災状況、復旧規模把握支援サービス
- ・ RisKma と人流データを組み合わせた、ピンポイント型気象・災害情報提供サービス

(2021.12.22 受付)

## CONSULTING TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR THE CONSTRUCTION OF NIHONBASHI HAMA-CHO SMART CITY

Masahiro Chonan, Taisuke Okada, Shou Nishizaki, Susumu Koga,  
Kazunori Hasumi, Izumi Yonezawa, Hayato Yoshida

Nihonbashi Hama-cho is a small area where business, housing, and entertainment are mixed. It is a major feature that Hama-cho is a comfortable area to live in. Therefore, in the 58th term research, it was difficult to clarify the issues and directions of city development. In addition, it was delicate to clearly set the smart technology to be applied in Hama-cho.

In this term, based on the opinions of local residents and the development status of urban digital transformation, etc., we tried various technological developments utilizing 3D digital space based on 3D VR in the Hama-cho area, and consider the city development of Hama-cho. Through this research, We set the direction and embodied our smart city technology development.

***Key Words : Smart City,Ctiy OS,3D VR,Evacuation Guidance,People Flow Data***

## 第18回 国土文化研究所 オープンセミナー

### 正解のない時代に求められる『決断』とは？

#### 開催報告

国土文化研究所は、学識経験者や専門家などをお招きして、社内・社外の皆さまに興味をもっていただけるような幅広いテーマを取り上げて「オープンセミナー」を毎年開催しています。国土文化研究所の設立趣旨「心の豊かさを醸成できる空間を創出する」ための知識・技術を一般に還元していく」に基づき、当社の地域・社会貢献活動の一環として、2008年度から地域の皆さまにもご参加いただいております。このセミナーでは、社会におけるシンクタンク（≒目利き役）として、マスコミなどの既存情報によらないモノの見方を一般の方々にご提案しています。

今年は、「正解のない時代に求められる『決断』とは？—未知の課題を解決する科学的アプローチを考える—」をテーマとして、福岡市科学館館長・(一社)九州オープンユニバーシティ理事である矢原徹一氏を講師にお招きして、基調講演と、参加者を含めたディスカッションを行いました。



矢原徹一氏の基調講演

昨年はコロナ禍を考慮して完全オンライン開催としましたが、今回はお客さまに会場にご来場いただき、CTIグループ社員向けにはオンライン中継を行いました。会場とオンライン合わせて約100名にご参加いただきました。

矢原氏の基調講演では、新型コロナウイルス感染拡大と人間の行動に関する「決断科学」的な分析、直観と理性をどう使うか、世界を良くする方法などについて、具体

的な事例も交えながらわかりやすくお話いただきました。

参加者とのディスカッションでは、

- ・植物に個性や性格はあるか？
- ・正常性バイアスに陥りやすい人をどのように啓発すればよいか？
- ・コロナウイルスに関してさまざまな論評がなされているが、どのような点に気をつけて情報を取捨選択すればよいか？
- ・リーダーに求められる能力とは？

ほか多数の質問があり、活発な討議が行われました。



会場の様子

#### 【開催概要】

- 開催日時: 2021年11月30日(火)14:00~16:30
- 開催場所: 日本橋浜町 F タワープラザ 3階ホール
- 主催: (株)建設技術研究所 国土文化研究所
- テーマ: 正解のない時代に求められる『決断』とは？—未知の課題を解決する科学的アプローチを考える—

#### ■プログラム:

- 第一部 基調講演 福岡市科学館館長・(一社)九州オープンユニバーシティ理事 矢原 徹一氏
- 第二部 参加者とのディスカッション  
矢原 徹一氏、(公社)日本技術士会会長 寺井 和弘氏、国土文化研究所次長 松田 光弘氏

以上

## 第四期 国土文化カフェ

### ～未来を担うエンジニア入門講座～

#### 開催報告

2018年から「国土文化カフェ～未来を担うエンジニア入門講座～」(以下、国土文化カフェ)を開催しており、今年には第四期国土文化カフェを開催しました。

#### 1. 目的

国土文化カフェは、建設コンサルタントにおける初期専門能力開発(Initial Professional Development: IPD)を目的とし、専門的能力のみならず、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、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、倫理性などを備えた、将来の建設技術研究所を担うことができる若手エンジニアの育成を目的としたものです。

#### 2. 開催概要

##### (1) 日程, 研修時間

6月～10月に計6回、4時間/回で開催しました。

##### (2) 研修テーマ

宗教と文明, SDGs, AI, 地方創生など、エンジニアを取り巻く多様な視点からテーマを設定しました。

##### (3) 開催形式

コロナ禍の影響があり、第1回～第5回はWEB会議形式で開催しました。第5回は、事務局スタッフ2名が「道の駅保田小学校」の現地へ赴き、現地から中継するというスタイルを採用しました。第6回は緊急事態宣言解除後であり、唯一の集合形式で開催しました。これまでの対話は画面上だけでしたが、最後にようやく直接お互いに話して交流することができました。

事前の連絡から本番まで、参加者や事務局のコミュニケーションは全てMicrosoft Teamsを利用しました。

##### (4) 参加メンバー

参加条件は、おおむね25～35歳のCTIグループ会社の社員(最低でも3年程度の実務経験)であり、6回全てに出席できる方としました。公募の結果、事業所推薦を含めて若手技術者19名が参加しました。グループ

会社では、日本都市技術(株)と(株)CTI グランドプランニングからの応募がありました。

##### 第四期国土文化カフェの講師および研修テーマ

日程	講師	研修テーマなど
6月2日(水)	池田駿介氏(東京工業大名誉教授)	はじめましての国土文化カフェ 国土文化カフェの趣旨と技術者に期待すること
6月25日(金)	橋爪大三郎氏(東京工業大学名誉教授)	人のつながりから文明を考える
7月30日(金)	近藤真一氏(ベシヤワール会元駐在員)	SDGsで捉える、世界と日本
8月27日(金)	井口圭一氏(HEROZ(株)取締役CTO)	AI将棋の成功プロセスと今後の展望～技術からサービスへの展開～
9月24日(金)	大塚克也氏(道の駅保田小学校校長)	地方創生の現場
10月29日(金)	—	各回の振り返り、参加者1人1人の発表と全体討論

##### 第四期国土文化カフェメンバーの所属

東北支社 道路・交通部
東北支社 環境室
東北支社 地圏環境室
東京本社 海岸・港湾室
東京本社 機電設備部
東京本社 道路・交通部
東京本社 道路・交通部
東京本社 マネジメント技術部
中部支社 河川部水工室
中部支社 道路・交通部
中部支社 環境室
大阪本社 水システム部上下水道室
大阪本社 情報・電気通信部
大阪本社 資源循環・温暖化対策室
九州支社 河川部
九州支社 道路・交通部
日本都市技術(株) 東日本支社東日本区画整理部東日本換地課
日本都市技術(株) 西日本支社西日本都市整備部西日本都市整備課
(株)CTIグランドプランニング 計画グループ国土情報室

##### (5) 各回の流れ

第1回から第5回は、講師から話題提供をいただいた後、4名前後からなるグループに分かれて討議を行い、最後に発表と意見交換を行いました。各グループでは、回ごとにファシリテータを決めて対話を進め、意見交換においてもそのファシリテータが仕切る形としました。

最終回は参加者それぞれが5回の講座を振り返り、学んだことや成長を感じるところ、10年先に向けた取り組みや目標などについてプレゼンテーションを行い、参加者

の所属部室長のコメントもいただきつつ意見交換を行いました。

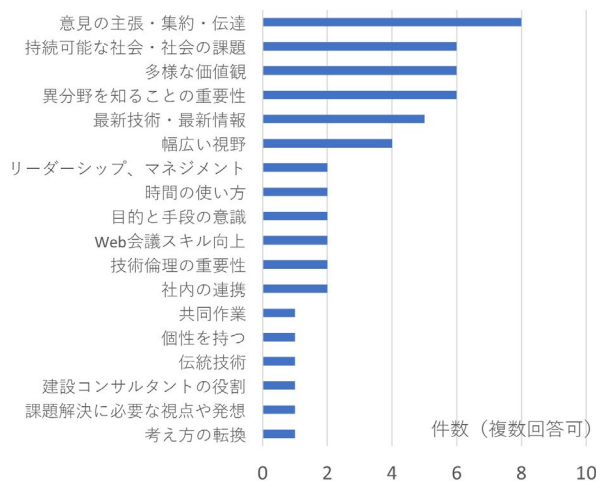
カフェ方式のディスカッションは、本来は参加者全員がリラックスした状態で自由に「対話」を行い、対話を通じて参加者がそれぞれ「気づき」を得るというものです。しかしながら、ほぼWEB会議となってしまったことから、自由な対話の雰囲気になりにくかったところが反省点です。

### 3. 参加者の主な意見

最終回での参加者のプレゼンテーションから、キーワードをピックアップして集計しました。

#### (1) 国土文化カフェから学んだこと

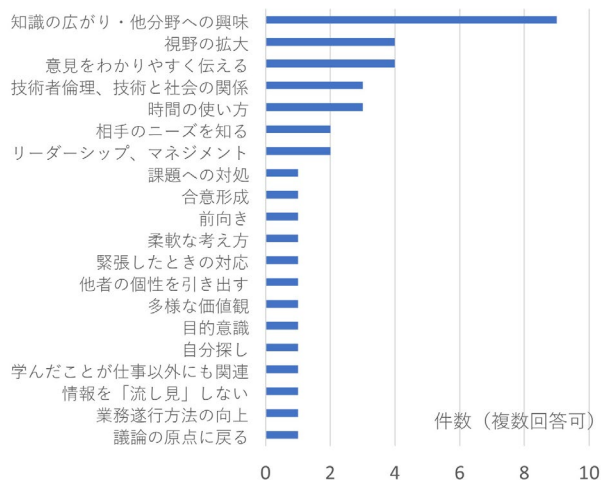
「意見の主張・集約・伝達」「社会課題」「多様な価値観」「異分野を知る」などが多く挙げられました。



国土文化カフェから学んだこと

#### (2) 技術者として成長を感じる点

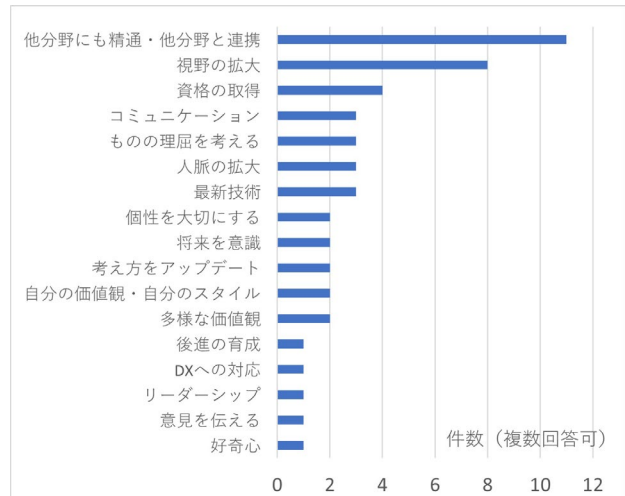
「知識の広がり・他分野への興味」「視野の拡大」「意見をわかりやすく伝える」などが多く挙げられました。



技術者として成長を感じる点

#### (3) 10年先に向けた取り組みや目標

「他分野にも精通・他分野と連携」「視野の拡大」などが多く挙げられました。

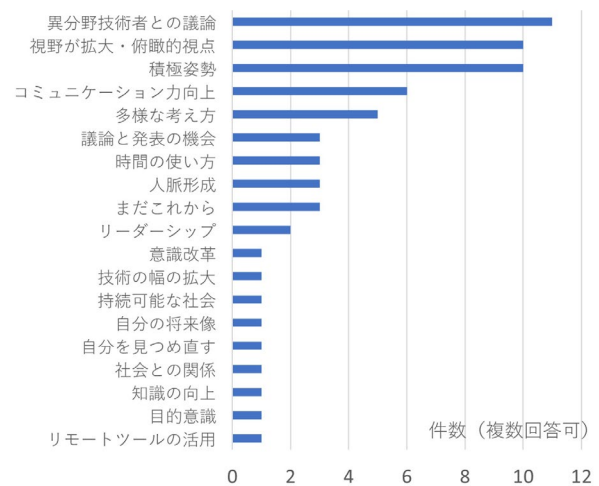


10年先に向けた取り組みや目標

### 4. 上司の主なコメント

終了後、参加者の上司からコメントをいただきました。主なキーワードとして、「異分野の方との議論」「視野の拡大」「積極性の向上」が多く上げられ、参加者自身の意見とほぼ同じ傾向となりました。

幅広い視野を持ち、人脈も広げるという国土文化カフェの目的に沿った結果になったと思います。



上司からのコメント

### 5. 今後に向けて

これまでの4年間は、選抜メンバーを対象として実施してきましたが、今後当社は、全若手技術者を対象とした初期専門能力開発(IPD)の研修システムを2023年度から本格的に導入します。2022年度はそのための試行を始めています。4年間で得たノウハウを生かして、さらに人材育成に力を入れていきます。

以上

# ありがとう「お江戸日本橋舟めぐり」ラストクルーズ

## 開催報告

江戸東京再発見コンソーシアムの一員として 2009 年から実施してきた歴史クルーズ「お江戸日本橋舟めぐり」のラストクルーズを、2021 年秋に開催しました。これまでの実績を振り返り、事業終了の理由、今後の舟めぐりの取り組みについて報告します。

### 1. 舟めぐり事業の開始（2008年～）

2008 年、NPO 法人東京中央ネットが中心となり、都心の観光開発を目的として「江戸東京再発見コンソーシアム」が結成され、当社も参加しました。このコンソーシアムにおいて、当社が中心となって、2009 年 9 月より常盤橋防災船着場発着の歴史クルーズ「お江戸日本橋舟めぐり」（有料運航）と銘打った舟めぐり事業を、他社に先駆けて開始しました。中央区において通年で実施する定期的観光舟運が実現したのは、この事業が初めてとなり、川を行き交う船の景観に一般市民が恒常的に触れる機会を増やしました。

当社の舟めぐり事業に対して、TV などの撮影協力や取材を受けた件数は、2009～2020 年で 149 件にのぼります。当初は、東京都心での観光舟運活動のパイオニアとしての取材を多く受けました。その後、建設コンサルタントによるユニークな社会貢献活動として取り上げられる機会も増えました。

2009～2020 年までの運航便の累計は 2,442 便、乗船者数の累計は 15,840 人にのぼります。



常盤橋防災船着場にて(2010年10月)

### 2. 舟めぐり事業の拡大（2011年～）

2011 年、日本橋美人博覧会(現 EDO ART EXPO)の開催期間中に、都心回遊の目玉の一つとして、この年に供用開始した日本橋船着場発着とした舟めぐりの特別クルーズを運航し、当船着場の PR に貢献しました。また、2013 年から、株式会社設立 50 周年を記念して、当社の土木技術者がガイドを務める「江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり」を開始しました。

江戸東京再発見コンソーシアムに関する大半の活動(他社実施)は 2011 年 3 月末で終了しましたが、「お江戸日本橋舟めぐり」については、広域的な連携を実現する都心の水辺づくりが、国土文化研究所の目指す「心の豊かさを醸成できる空間の創出」につながる活動となることを考慮して、当社の地域・社会貢献活動として東京中央ネットと協働で事業を継続してきました。また、観光舟運「お江戸日本橋舟めぐり」とは別に、「CTI らしさ」を活かした独自の舟運事業に着手し、「扇橋閘門親子体験会」「江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり」「江東区大島・旧中川そらまめクルージング」「おしなり公園水上演奏会」などを実施し、舟めぐりは当社の社会貢献活動の大きな柱の一つとして確立していきました。このほか、舟めぐりから派生した活動が多々生まれました。



扇橋閘門親子体験会(2015年8月)

### 3. 事業の終了

江戸東京再発見コンソーシアムによる舟めぐり事業の開始後、公共の船着場の一般開放など東京都心の水辺

の開放が進み、民間の舟運業者も増え、地域のにぎわいが増してきたことから、当社が実施運営する舟めぐり事業は一定の役割を果たせたと判断できます。このため、コンソーシアムの代表団体である東京中央ネットと十分な協議のうえ、「お江戸日本橋舟めぐり」事業にひと区切りをつけることで合意しました。

#### 4. ラストクルーズ

「お江戸日本橋舟めぐり」としての舟の運航は、2021年9月24日から10月9日まで開催した「ありがとう『お江戸日本橋舟めぐり』ラストクルーズ」が最後となりました。申込開始からわずか1日で予約が満席となりました。



ラストクルーズ(2021年10月)

このクルーズでは、国文研研究「AR/VRを活用した観光コンテンツに関する研究」で開発したAR観光アプリ「マチカシ江戸東京」のβ版を乗船客全員に使っていただきました。舟めぐりで蓄積した歴史・文化・土木などの観光情報を見ることができるアプリです。このアプリの使用感に関するアンケートをアプリ開発にフィードバックし、アプリは2022年4月14日に、App Storeに公開しました。現時点ではiPhone専用で、無料でダウンロードいただけます。

#### 5. 今後の舟めぐりの取り組み

当社主催で開催している、土木技術者がガイドを務める「江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり」や、関係者向けの特別クルーズは、今後も継続する予定です。また、舟運連絡会や船着場協議会など、江戸東京再発見コンソーシアムで築いてきた対外ネットワークの意義は大きいことから、東京中央ネットとの協力体制は今後も継続し、引き続き日本橋地域の活性化に貢献していく予定です。



アプリ「マチカシ江戸東京」トップ画面



おしなり公園水上演奏会(2016年7月)

以上

## 第8回江戸東京・川のなぜなぜ舟めぐり

### オンラインクルーズ

#### 開催報告

当社は、無料のクルージングイベント「江戸東京 川のなぜなぜ舟めぐり～シビルエンジニアから聞く川にまつわる話～」を、2013年から主催してきました。これは、毎年秋に開催されている 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、一般市民を対象に、当社の土木技術者が都市のインフラに関する専門的な内容を、舟の上からわかりやすくご案内するものです。建設コンサルタントとしての社会的役割などを広く一般の皆さまに知っていただくきっかけを提供してきました。

2020年は、残念ながら新型コロナウイルスの感染拡大の影響を受けて、開催を見送りましたが、2021年は、コロナ禍を逆手にとり、新しい形の舟めぐり「オンラインクルーズ」にチャレンジしました。一般公開の動画配信とすることで、より多くの方にクルージングの魅力を知っていただき、来年以降に復活予定の「リアル」な舟めぐりと並ぶ新しい情報発信ツールとして、今後も活用していきます。

動画は、「コース1『分水路』って何だろう？ 神田川・隅田川の水害と防災を学ぶ」、「コース2『親水』って何だろう？ 都市の水辺空間が果たす役割を学ぶ」の2本です。



コース1は、日本橋船着場から日本橋川を遡り、神田川と隅田川を下り、再び日本橋川を遡って日本橋船着場に戻るコースです。当社が設計に携わった「お茶の分水水路」や「防災船着場」など都市河川の水害・防災対策

をご案内します。ガイドは大川重雄氏（東京本社河川部）が務めました。



コース2は、日本橋船着場から日本橋川を下り、隅田川、小名木川、横十間川、北十間川を経て、おしなり公園船着場に至ります。途中、「舟のエレベーター」こと、扇橋開門を通ります。かつては重要な交通路であった河川が、市民の安らぎの場として大変身しつつある現場をご覧いただけます。ガイドは内田大輔氏（東京本社交通システム部）が務めました。

動画(YouTube)はこちらの QR コードからご覧いただけます。2人の土木技術者、それぞれの観点からのガイドをお楽しみください。



オンラインクルーズ(YouTube再生リスト)の  
QRコード

以上





# 国土文化研究所年次報告 2021 (VOL.20)

---

2022(令和4)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2階)

TEL 03-3668-0451(大代表)

URL <http://www.ctie.co.jp/kokubunken/>